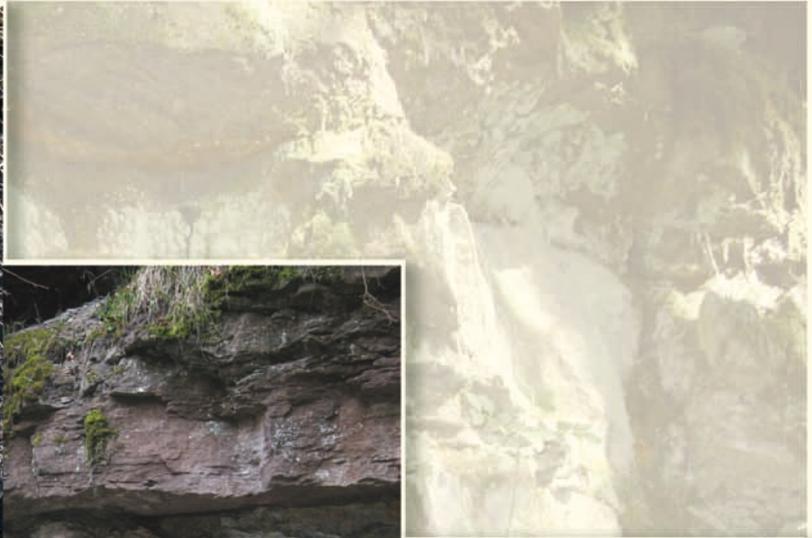




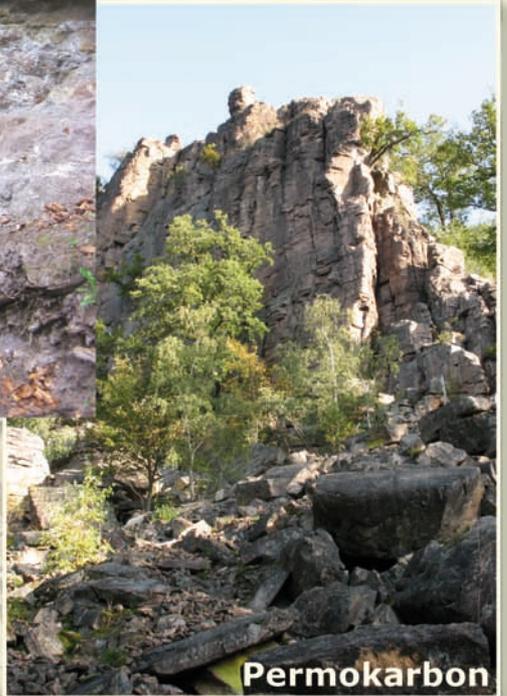
Beiträge zur Lithostratigraphie in Baden-Württemberg



Opalinuston-Formation



Buntsandstein



Permokarbon



Titelbilder: **Abb. 1:** Zillhauser Wasserfall in der Opalinuston-Formation; oberster Abschnitt der Teufelsloch-Subformation und unterer Abschnitt der Zillhausen-Subformation (Foto: T. HUTH, 1991).

Abb. 2: Aufschluss in der Wutachschlucht bei der Schattenmühle. Paläobodenhorizont im Buntsandstein (Foto: H. BOCK, 2008).

Abb. 3: Battert-Felsen bei Baden-Baden. Verkieselte Porphyrkonglomerate der Michelbach-Formation (Rotliegendes) (Foto: E. NITSCH, 2007).



Beiträge zur Lithostratigraphie in Baden-Württemberg

Beiträge von:

EDGAR NITSCH & HUBERT ZEDLER

Oberkarbon und Perm in Baden-Württemberg

Mit einem palynologischen Beitrag von CHRISTOPH HARTKOPF-FRÖDER, Krefeld

THEO SIMON, MARTIN BARTENBACH, HELMUT BOCK, JOCHEN LEPPER,
MANFRED MARTIN & MATTHIAS REIMANN

Ergebnisse der Forschungsbohrung Wutachschlucht (Kreis Breisgau-Hochschwarzwald, Baden-Württemberg)

MATTHIAS FRANZ & EDGAR NITSCH

Zur lithostratigraphischen Gliederung des Aalenium in Baden-Württemberg

LGRB-Informationen	22	146 S.	53 Abb.	5 Tab.	Freiburg i. Br. September 2009
--------------------	----	--------	---------	--------	-----------------------------------



ISSN 1619-5329  – Informationen

Herausgeber: REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG – Abteilung 9
LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU (LGRB)
Albertstraße 5, 79104 Freiburg i. Br.
Telefon: (07 61) 208-30 00
Telefax: (07 61) 208-30 29
E-Mail: abteilung9@rpf.bwl.de
Internet: <http://www.rp-freiburg.de>

Bearbeiter: Dr. HELMUT BOCK, Dr. MATTHIAS FRANZ, Dr. EDGAR NITSCH,
Dr. MANFRED MARTIN, Prof. Dr. THEO SIMON, HUBERT ZEDLER (alle RPF-LGRB)
sowie
MARTIN BARTENBACH (Tübingen), CHRISTOPH HARTKOPF-FRÖDER (Krefeld),
Dr. JOCHEN LEPPER (Hannover), Dr. MATTHIAS REIMANN (Iphofen)

Graphik: JÜRGEN CROCOLL, BETTINA SCHMÜCKING, MARIA WEIKERT (alle RPF-LGRB)

Satz und Layout: BRIGITTE WOLF (RPF-LGRB)

Druck: Bahnmayer GmbH, Druck & Repro,
Weißensteiner Straße 58, 73525 Schwäbisch Gmünd

Ausgabe: September 2009

© 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

Die Lithostratigraphie beschäftigt sich mit der Einteilung der Schichtenfolge in abgrenzbare Einheiten und deren Beziehungen zueinander. Ihre Ergebnisse tragen zum Verständnis der Bildungsvorgänge und der zeitlichen Einordnung der Gesteine bei. Lithostratigraphie wird in Baden-Württemberg schon seit dem Beginn des 19. Jahrhunderts betrieben. Viele Kenntnisse wurden seither gewonnen, aber auch Irrtümer begangen.

Im Zuge der Erstellung eines digitalen, blattschnittfreien Kartenwerks im Zielmaßstab 1 : 50 000 ergab sich die Forderung, die Schichten des Oberkarbon und des Perm nach den neuesten Erkenntnissen zu gliedern. Hierbei mussten besonders Beckenarchitektur und Diskordanzen berücksichtigt werden. Als Ergebnis liegen nun für alle oberkarbonisch-permischen Becken klare, auch in Karten leicht darstellbare Gliederungen vor.

Seit über 150 Jahren sind die Schichtbezeichnungen für den Jura in Baden-Württemberg in Gebrauch. In vielen Fällen fehlt bis heute eine modernen Ansprüchen genügende Definition der als Formationen bezeichneten Gesteinseinheiten. Diese Lücken werden hier für den unteren Teil des Mittleren Jura geschlossen.

Für die Randfazies des Buntsandsteins im südlichen Baden-Württemberg lagen widersprechende lithostratigraphische Einordnungen bezüglich ihrer Korrelation mit dem Buntsandstein im nördlichen Baden-Württemberg vor. Die Forschungsbohrung in der Wutachschlucht hat gezeigt, dass nur die oberen Teile sicher mit der Beckengliederung korreliert werden können.

Mit dem vorliegenden Heft werden für die bearbeiteten geologischen Einheiten neue Definitionen gegeben. Kartierung und angewandte Geologie haben nun ein zuverlässiges lithostratigraphisches Fundament, auf dem sie mit ihren Arbeiten aufbauen können.

Prof. Dr. Ralph Watzel
Abteilungsdirektor





Inhalt

1 Oberkarbon und Perm in Baden-Württemberg

EDGAR NITSCH & HUBERT ZEDLER

Mit einem palynologischen Beitrag von CHRISTOPH HARTKOPF-FRÖDER, Krefeld 7

2 Ergebnisse der Forschungsbohrung Wutachschlucht (Kreis Breisgau-Hochschwarzwald, Baden-Württemberg)

THEO SIMON, MARTIN BARTENBACH, HELMUT BOCK, JOCHEN LEPPER,

MANFRED MARTIN & MATTHIAS REIMANN 103

3 Zur lithostratigraphischen Gliederung des Aalenium in Baden-Württemberg

MATTHIAS FRANZ & EDGAR NITSCH 123





LGRB-Informationen	22	S. 7 – 102	37 Abb.	2 Tab.	Freiburg i. Br. September 2009
--------------------	----	------------	---------	--------	-----------------------------------

Oberkarbon und Perm in Baden-Württemberg

EDGAR NITSCH & HUBERT ZEDLER

Mit einem palynologischen Beitrag von CHRISTOPH HARTKOPF-FRÖDER, Krefeld

Inhalt

1	Einführung	10
2	Erforschungsgeschichte	15
3	Paläogeographischer Rahmen	18
	3.1 Allgemeine Entwicklung	19
	3.2 Beckengliederung	19
	3.3 Klimaentwicklung	26
4	Altersstellung	26
	4.1 Bisherige Altersdaten	26
	4.2 Palynologische Befunde (CHRISTOPH HARTKOPF-FRÖDER)	30
5	Faziesentwicklung	31
	5.1 Ablagerungsräume des Oberkarbons	31
	5.2 Rotliegend-Magmatite	32
	5.3 Ablagerungsräume der Rotliegend-Sedimente	33
	5.4 Ablagerungsräume des Zechsteins	35
6	Lithostratigraphische Gliederung	36
	6.1 Allgemeine Bemerkungen	36
	6.2 Steinkohlen-Gruppe (co) (Oberkarbon)	39
	6.2.1 Oberrheinische Steinkohlen-Untergruppe (cOR) (Älteres Oberkarbon: Namur-Westfal)	39
	6.2.1.1 Berghaupten-Formation (coB)	40
	6.2.2 Kohlen-Arkosen-Untergruppe (cKA) (Jüngeres Oberkarbon: Stefan)	43
	6.2.2.1 Staufenberg-Formation (coS)	43
	6.2.2.2 Oppenau-Formation (coO)	46
	6.2.2.3 Hohengeroldseck-Formation (coH)	48



6.2.2.4	Tierstein-Formation (coT)	49
	Tierstein-Arkoseschichten (coTa)	51
	Neuwiesen-Subformation (coTt)	51
6.2.2.5	St. Peter-Formation (coSP)	52
6.2.2.6	Weiach-Formation (coW)	52
6.3	Rotliegend-Gruppe (r) (Unterperm)	54
6.3.1	Rotliegend-Magmatite (rM)	55
6.3.1.1	Schriesheim-Formation (rMS)	55
	Altenbach-Subformation (rTa)	56
	Dossenheim-Quarzporphyr (DQ)	56
	Wachenberg-Quarzporphyr (WQ)	57
6.3.1.2	Lichtental-Formation (rML)	57
	Oostal-Subformation (rTo)	60
	Baden-Baden-Quarzporphyr (BQ) (Subformation).....	60
	Gallenbach-Quarzporphyr (BQg)	60
	Pinitporphyr (BQp)	61
6.3.1.3	Geisberg-Formation (rMG)	61
	Weißmoos-Subformation (rTw)	63
	Brandeck-Quarzporphyr (BRQ) (Subformation)	64
	Mooswald-Quarzporphyr (MWQ) (Subformation)	64
6.3.2	Rotliegend-Sedimente (rS)	65
6.3.2.1	Michelbach-Formation (rSM)	67
6.3.2.2	Rebberg-Formation (rSR)	71
6.3.2.3	Schramberg-Formation (rSS)	71
6.3.2.4	Ibenbach-Sedimente (rSi)	73
6.3.2.5	Weitenau-Formation (rSW)	74
6.4	Zechstein-Gruppe (z) (Oberperm)	75
6.4.1	Mitteleuropäisches Becken	77
6.4.1.1	Kirnbach-Formation (zK)	77
	Sommerberg-Subformation (zKs)	78
	Oberweier-Subformation (zKo)	79
	Merkur-Subformation (zKm)	79
6.4.1.2	Zechsteindolomit-Formation (zD)	81
6.4.1.3	Langental-Formation (zL)	83
6.4.1.4	Tigersandstein-Formation (zT)	84
6.4.2	Burgundisches Becken	87
6.4.2.1	Wiesental-Formation (zW)	87
7	Schlussbemerkungen	88
	Literatur	88



LGRB-Informationen	22	S. 7 – 102	37 Abb.	2 Tab.	Freiburg i. Br. September 2009
--------------------	----	------------	---------	--------	-----------------------------------

Oberkarbon und Perm in Baden-Württemberg

EDGAR NITSCH & HUBERT ZEDLER

Mit einem palynologischen Beitrag von CHRISTOPH HARTKOPF-FRÖDER, Krefeld

Schlagworte: Karbon, Westfal, Stefan, Perm, Rotliegend, Zechstein, Lithostratigraphie

Kurzfassung

Gesteine des späten Karbon und Perm sind im Untergrund von Baden-Württemberg weit verbreitet. An der Oberfläche streichen sie jedoch nur in einigen vergleichsweise kleinen Vorkommen im Schwarzwald und im Odenwald aus. Es handelt sich um Sedimentgesteine und Vulkanite, die bereits im 19. Jahrhundert, im Rahmen der ersten geologischen Landeskartierung, intensiv bearbeitet worden sind und denen Eck (1884, 1887, 1892) ein erstes stratigraphisches Gerüst gab. Dieses Gerüst wurde im 20. Jahrhundert nur wenig verändert, zumal die Mehrzahl der Untersuchungen an jungpaläozoischen Gesteinen Südwestdeutschlands sich auf begrenzte Arbeitsgebiete oder kurze stratigraphische Intervalle beschränkt haben.

Mit der vorliegenden Arbeit stellen wir, nach einer kurzen Zusammenfassung des Forschungsstandes zu Alter und Faziesbeziehungen, eine revidierte lithostratigraphische Gliederung der spätkarbonischen bis spätpermischen Abfolgen in Baden-Württemberg vor. Orientiert an der Beckenarchitektur und an Diskordanzen innerhalb der Schichtenfolge können 20 Formationen unterschieden werden. Von den sieben Formationen der spätkarbonischen Steinkohlen-Gruppe weist nur eine ein Alter von spätem Namur oder Westfal (Bashkirium) auf, die Mehrzahl der karbonischen Formationen, zusammengefasst als Kohlen-Arkosen-Untergruppe, gehört dem Stefan an (Kasimovium bis Gzhelium). Sie werden von spätest-karbonischen bis frühpermischen Rotliegend-Vulkaniten durchschlagen und überlagert, insbesondere von rhyolithischen Ignimbriten. Das Rotliegende in Baden-Württemberg setzt sich aus drei vulkanischen und fünf sedimentären Formatio-

nen zusammen, deren letztere jeweils die Sedimente eines Beckens repräsentieren. Spätpermische Ablagerungen der Zechstein-Gruppe überlagern diskordant diese frühpermische vulkanosedimentäre Abfolge und die zwischen den Sedimentbecken aufragenden tektonischen Schwellenregionen. Sie bilden breite Faziesräume in alluvialer, fluvialer, ephemer-lakustriner und eingeschränkt mariner Ausbildung, die sich lithologisch ebenfalls als eigenständige Formationen ansprechen lassen.

[Upper Carboniferous and Permian rocks in Baden-Württemberg]

Keywords: Carboniferous, Westfalian, Stefanian, Permian, Rotliegend, Zechstein, lithostratigraphy

Abstract

Late Carboniferous and Permian rocks occupy large areas in the subsurface of Baden-Württemberg. At the surface, however, they only are visible in small outcrop areas in the Schwarzwald and Odenwald mountains. The sedimentary and volcanic rocks of this succession have been intensively studied in the 19th century, mainly in the course of the first detailed geologic mapping campaigns in these areas, and a first general stratigraphic concept has been established by Eck (1884, 1887, 1892). During the 20th century, most studies carried out on late Palaeozoic rocks of SW Germany focussed on local geology or on short stratigraphic intervals, so little has been changed in the stratigraphic scheme for more than a century.

After a short review of the current knowledge on age and facies relationships, we propose in this study a revised lithostratigraphic subdivision of the late Carboniferous to late Permian succession of

**Abb. 1:****Oben:**

Die harten Quarzporphyre des Rotliegenden bilden vielfach markante Härtlingsberge; hier der Rauhkasten gegenüber der Hohengeroldseck.

Unten:

Das Rotliegende von Schramberg streicht in einem schmalen Streifen zwischen der Schichtstufe des Buntsandsteins (Anstieg rechts, Standort im Niveau der Kirnbach-Formation) und den Höhen des Triberg-Granits (im Hintergrund) aus und wurde von der Schiltach mehr als 100 m tief ausgeräumt. Blick vom Sommerberg nach Norden in den Schramberger Talkessel.

Baden-Württemberg. According to basin architecture and stratigraphic unconformities, 20 formations can be distinguished. Seven of them belong to the Late Carboniferous Steinkohlen Group. Most of them are Stefanian (Kasimovian to Gzhelian) in age (Kohlen-Arkosen Subgroup), only one formation has a late Namurian to Westphalian (Bashkirian) age. They are crosscut and superseded by latest Carboniferous to Early Permian Rotliegend volcanics, mainly rhyolitic ignimbrites. Three volcanic and five sedimentary formations, representing individual basins, make up the Rotliegend Group in Baden-Württemberg. Late Permian sediments of the Zechstein Group unconformably cover these Early Permian volcano-sedimentary succession as well as intermittent structural highs. These Zechstein sediments form extensive realms of alluvial, fluvial, playa and restricted marine facies, which can be distinguished from each other as distinct formations.

1 Einführung

Zwischen dem variskisch deformierten Grundgebirge und den flach darüber liegenden mesozoischen und känozoischen Sedimenten des Deckgebirges streichen im Schwarzwald und Odenwald graue und rotbunte Gesteine des späten Karbon und Perm zutage aus. Größere Flächen nimmt ihr Ausstrich allerdings nur am Nord- und Süden des Schwarzwaldes ein, um Baden-Baden und in den Weitenauer Vorbergen. Ansonsten deuten sich

permokarbone Gesteine auf geologischen Übersichtskarten allenfalls durch ein dünnes, mehrfach unterbrochenes Band am Rande der Buntsandstein-Verbreitung und durch einige kleine Flecken im Kristallgebiet an (Abb. 1). Zahlreiche Tiefbohrungen in den übrigen Landesgebieten haben allerdings gezeigt, dass permokarbone Sedimente unter dem Deckgebirge mehr als die Hälfte der Landesfläche einnehmen und in verschiedenen Regionen Mächtigkeiten von mehr als 500 m aufweisen (Abb. 2, 3).

Die sedimentären und vulkanischen Abfolgen nehmen eine Schlüsselstellung innerhalb der südwestdeutschen Erdgeschichte ein. Sie entstanden in der tektonischen Übergangsphase von der variskischen Kollisionstektonik und Gebirgsbildung, deren letzte Überschiebungen noch die Berghaupten-Formation erfassten, in die kimmerische intrakontinentale Plattformentwicklung, deren erste geologische Dokumente sich in den Ablagerungen des Zechsteins finden (Abb. 4). Viele der in den Mächtigkeitsverteilungen der spätkarbonischen und permischen Sedimente erstmals sichtbaren tektonischen Bewegungsachsen erscheinen seither immer wieder als Vorzeichnung für mesozoische und känozoische Strukturen (RUPF & NITSCH 2008).

Die stratigraphische Gliederung dieser Serien hat sich jedoch, trotz zahlreicher Einzeluntersuchungen (zuletzt insbesondere LÖFFLER 1992, SITTING 2003), seit den monographischen Werken von ECK (1884, 1887, 1892) und STERZEL (1895, 1907)



kaum fortentwickelt (Tab. 1). Insbesondere die im 19. Jahrhundert noch übliche Ansprache von „Autun“-Pflanzengesellschaften als permisch und die dadurch begründete Zuordnung gewisser Schichten in das Rotliegende entspricht seit einigen Jahrzehnten nicht mehr dem Kenntnisstand (BROUTI et al. 1986, 1990). Seit der Festlegung eines weltweit gültigen Typusprofils für die Karbon – Perm-Grenze in einer marinen Abfolge Kasachstans (DAV DOV et al. 1998, Du 2001) lässt sich die Basis der permischen Schichten für Baden-Württemberg angenähert mit dem Maximum des Rotliegend-Vulkanismus (früher als „Mittelrotliegend“ bezeichnet) angeben, dessen älteste Eruptionen im ausgehenden Karbon begannen und der bis in das früheste Perm anhielt. Die etwas älteren, lithologisch ohnehin in „karbonischer“ Fazies entwickelten Schichten des bisherigen Schwarzwälder „Unterrotliegenden“ sind, aus heutiger Sicht, auch biostratigraphisch dem Karbon zuzurechnen, weshalb die einstigen Gründe für ihre – nirgends kartierbare – Trennung vom Oberkarbon heute entfallen. Die überwiegend

terrestrische Fazies des Zechsteins wurde lange teils zum Rotliegenden und teils zum Buntsandstein gestellt, doch herrscht über dessen Abgrenzung seit längerer Zeit weitgehende Einigkeit, was sich in differenzierten Kartiereinheiten niederschlagen hat (GLA 1995).

Mit der folgenden Darstellung werden die bisher überwiegend noch pauschal als „Stefan-Schichten“ oder „Rotliegendes“ bezeichneten Abfolgen der verschiedenen Sedimentbecken in Baden-Württemberg nach den Vorgaben der Stratigraphischen Richtlinien der Deutschen Stratigraphischen Kommission (STEIGER PILLER 1999) als Formationen beschrieben und definiert. Bei Alterseinstufung, Bildungsweise und paläogeographischen Zusammenhängen der meisten Einheiten stehen noch wichtige Fragen offen. Die Literaturhinweise sind zwar nicht vollständig, aber doch so umfassend angegeben, dass die Bibliographie zu jeder hier vorgestellten Formation eine rasche Übersicht erlaubt.

Tab. 1: Historische Gliederungen des Permokarbon in Baden-Württemberg.

QUENSTEDT 1843, LEONHARD 1846	ECK 1884, 1892	GLA 1995	Neugliederung	
Bunter Sandstein	Mittlerer Buntsandstein mit Conglomerat	Unterer Buntsandstein: Eck'scher Horizont	Buntsandstein Eck-Formation	Permokarbon
unten: Tigersandstein	Unterer Buntsandstein: Tigersandstein	Tigersandstein-Fm.	Zechstein-Gr. Tigersandstein-Formation	
Zechstein ?	Zechstein	Zechsteindolomit-Fm. <i>im Schwarzwald: Karneoldolomithorizont</i>	Langental-Fm. Zechsteindolomit-Fm. Kirnbach-Fm.	
Todtligendes	Oberes Rotliegendes	Oberrotliegendes	Rotliegend-Gr. Rotliegend-Sedimente (5 Formationen)	
	Mittleres Rotliegendes	Rotliegend-Vulkanite	Rotliegend-Magmatite (3 Formationen)	
	Unteres Rotliegendes	Unterrotliegendes	Steinkohlen-Gruppe Kohlen-Arkosen-Untergruppe (6 Formationen)	
Steinkohlen-Gebirge	Oberes Steinkohlenegebirge	Stefan-Schichten	Berghaupten-Formation	
	Mittleres Steinkohlenegebirge	Namur-Westfal-Schichten		
	Unteres Steinkohlenegebirge	Unterkarbon	Unterkarbon (Formationen der Badenweiler-Lenzkirch-Zone)	

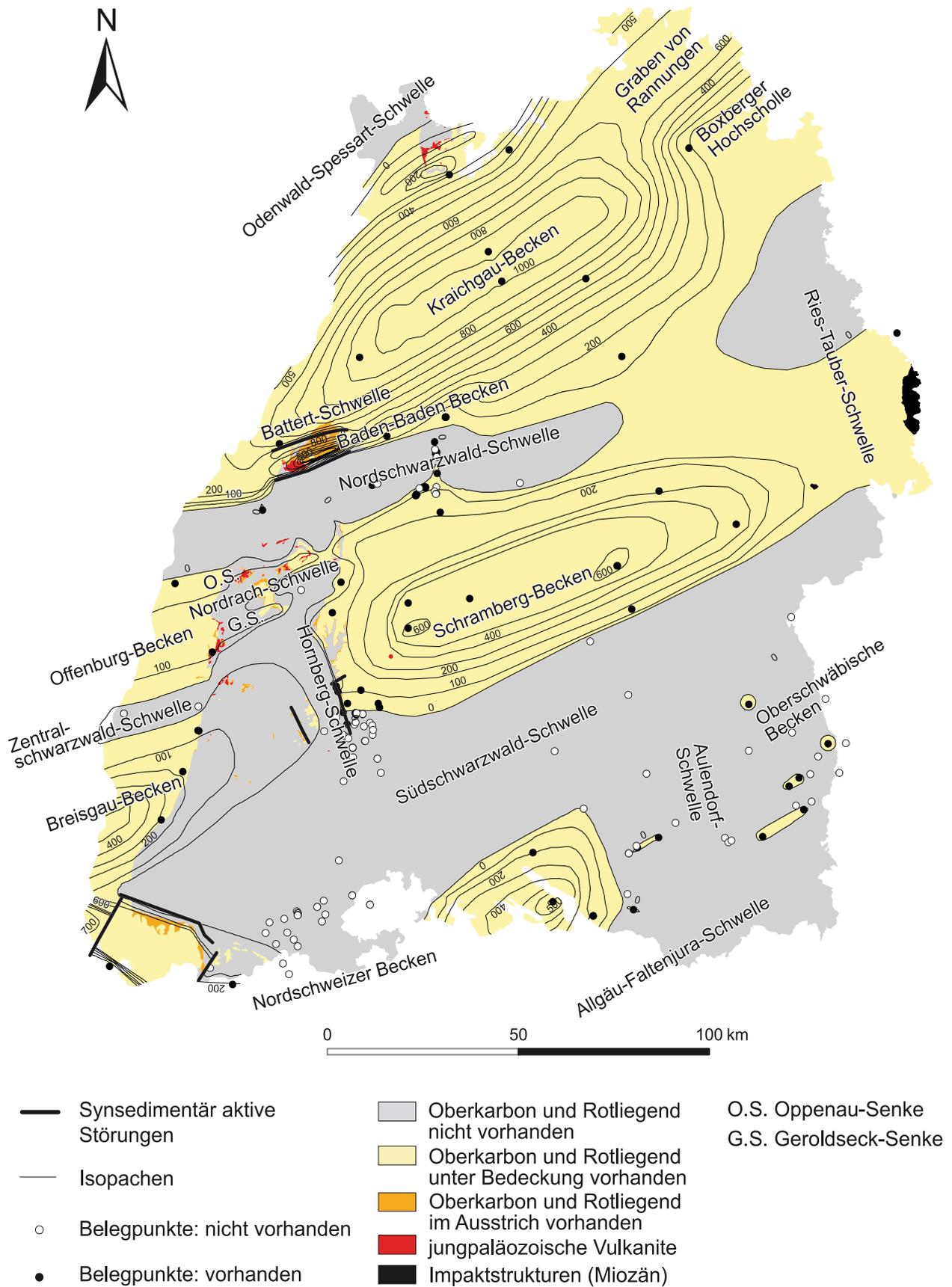
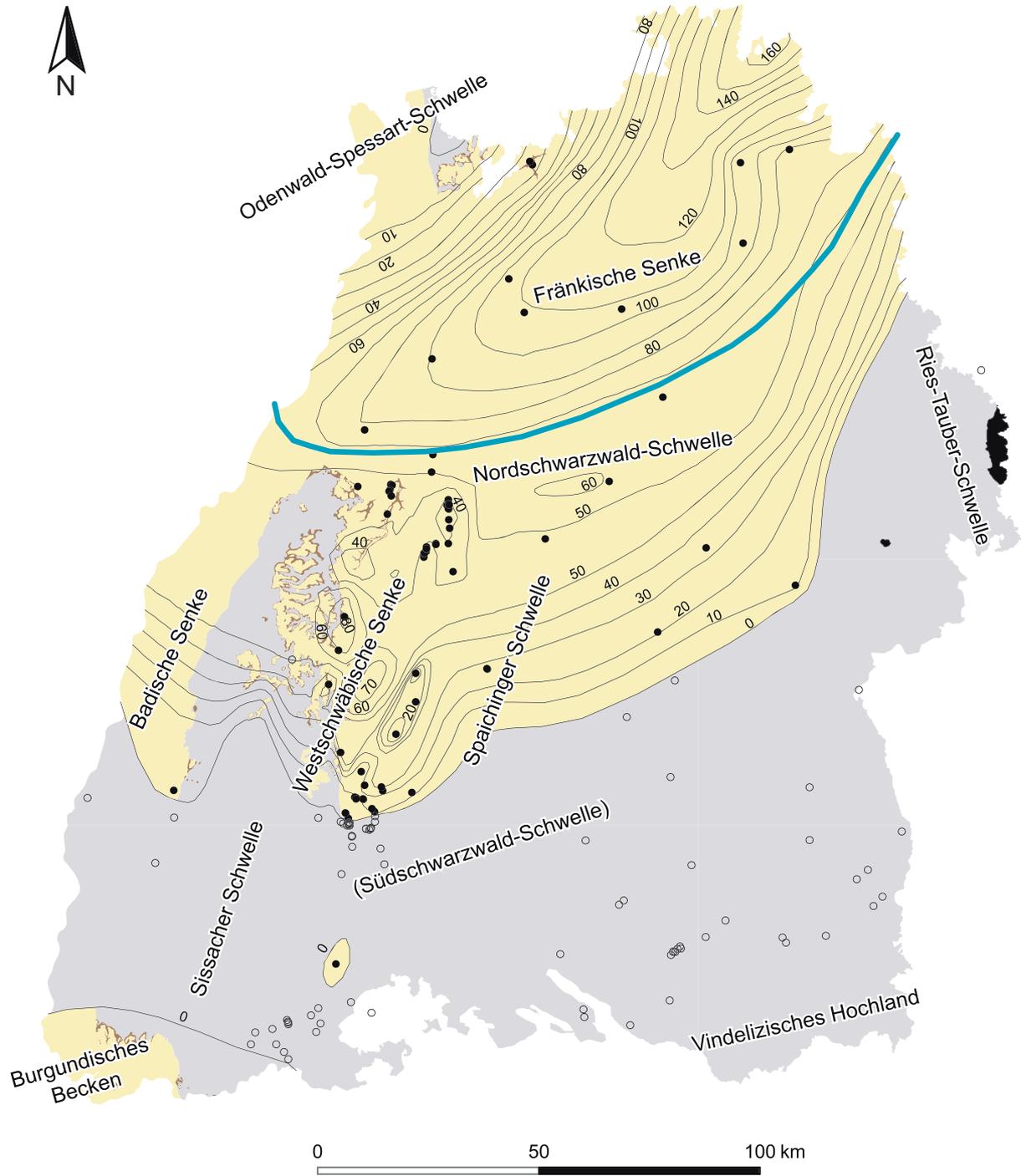


Abb. 2: Verbreitung und Mächtigkeiten von stefanisch-frühpermischen Sedimenten (jüngeres Oberkarbon, Rotliegend) in Baden-Württemberg (nach RUPF & NITSCH 2008, aktualisiert).



- | | | | |
|--|------------------------------|--|-------------------------------------|
| | Südgrenze mariner Zechstein | | Zechstein nicht vorhanden |
| | Isopachen | | Zechstein unter Bedeckung vorhanden |
| | Belegpunkte: nicht vorhanden | | Zechstein im Ausstrich vorhanden |
| | Belegpunkte: vorhanden | | Impaktstrukturen (Miozän) |

Abb. 3: Verbreitung und Mächtigkeiten von spätpermischen Sedimenten (Zechstein) in Baden-Württemberg (nach RUPF & NITSCH 2008).

Paläotektonische Epochen in SW-Deutschland

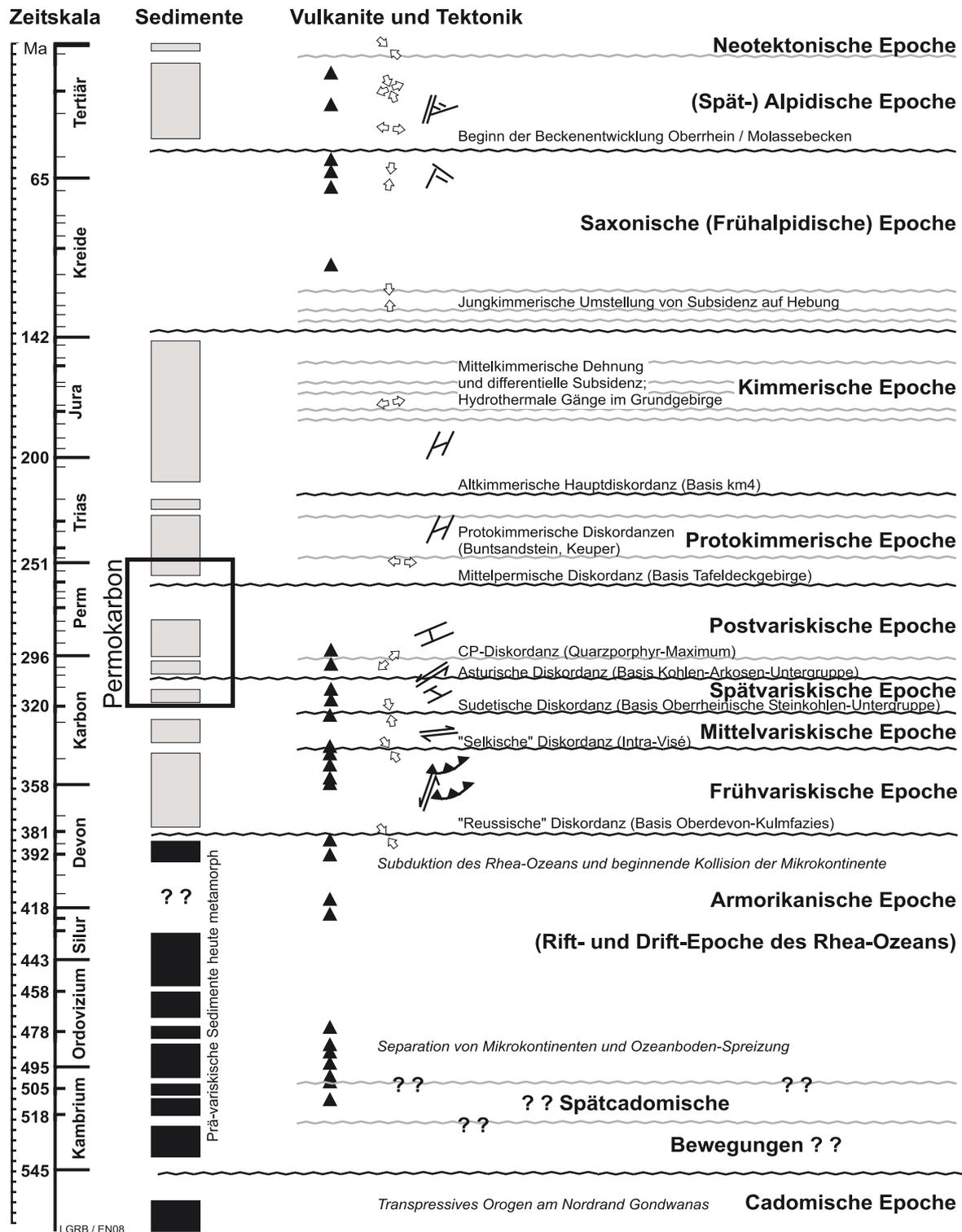


Abb. 4: Übersicht über die paläotektonischen Epochen in Baden-Württemberg. Zeiträume verringerter bis ausbleibender Sedimentation machen sich überregional als Diskordanzen bemerkbar. Wenngleich die tektonischen Bewegungen während dieser Zeiten heute nicht mehr auf globale Aktivitätsphasen zurückgeführt, sondern als Ausdruck nur der mitteleuropäischen Entwicklung aufgefasst werden dürfen, sind die einst von STILLE (1924) dafür geprägten Begriffe zumindest als Namen für diese Überlieferungslücken weiterhin nützlich.



2 Erforschungsgeschichte

„Die Steinkohlen-Formation des Schwarzwaldes im Allgemeinen, wie in der Gegend von Baden im Besonderen, ist mehr von theoretischem, als praktischem Interesse“, resümierte KNOP (1879) die zu jener Zeit schon fast ein Jahrhundert überspannenden Untersuchungen zum Permokarbon im Nord-schwarzwald. Er fügte jedoch hinzu, dass immerhin die harten Porphyrbrekzien des Rotliegenden ein ausgezeichnetes Material „für Beschotterung der Landstrassen“ abgeben. Das wirtschaftliche Interesse an den Steinkohlen dieser Formationen, das noch wenige Jahrzehnte zuvor intensive Untersuchungen und teure Tiefbohrungen veranlasst hatte, war dagegen schon damals weitgehend vererbt. Auch heute stehen von den Gesteinen des Permokarbons nur einige Vorkommen von Quarzporphyren und verkieselten Tuffen in Abbau zur Gewinnung von Schotter und Splitt für den Straßen- und Bahnbau (WERNER & KESTEN 2006).

Erste geognostische Beobachtungen an den Sedimenten und Quarzporphyren dieser Einheiten, die auf Reisen zu den Bädern und Erzlagern des Schwarzwaldes notiert wurden (BEYER 1794, SELB 1805, STRUVE 1807), waren noch ganz dem stratigraphischen System ABRAHAM WERNERS verpflichtet. So wurden die grauen, Steinkohle führenden Schichten gewöhnlich der „Steinkohlen-Formation“ zugewiesen, während man die heute als Rotliegendes, Zechstein und Buntsandstein bekannten Rotsedimente des Schwarzwaldes insgesamt für „Rothen Sandstein“ hielt, der damaligen Bezeichnung für Rotliegendes. Die Fortsetzung des Thüringischen Zechsteins vermutete man erst im „Rauchgrauen Kalkstein mit Steinsalz“ (eigentlich: Muschelkalk) der Neckargegenden. Auch die ersten geologischen Karten von Deutschland (KEFERSTEIN 1821) sowie von Baden und Württemberg (KEFERSTEIN 1822) zeigen noch diese Zuordnung.

Von 1820 an widersprachen insbesondere MERIAN (1821) und HAUSMANN (1823) dieser Ansicht und unterschieden erstmals das Rotliegende vom eigentlichen Buntsandstein. Nach mehrjähriger Diskussion über die Stellung der roten Sedimente und des darüberfolgenden Deckgebirges im Schwarzwald (KEFERSTEIN 1824, 1828, OEYNSHAUSEN et al. 1825, ALBERTI 1826, BRONN 1830, MERIAN 1831) fand sich ihre Sicht bestätigt und wurde zur Grundlage der nachfolgenden Untersuchungen. Entsprechend sind für WALCHNER (1832a,b), ALBERTI (1834), QUENSTEDT (1843), BACH (1843) oder LEONHARD (1846) die grauen Kohlen-Arkosen, die roten Brekzien mit Porphyrrümmern und die Quarzsandsteine darüber bereits eindeutig Schichten des

„Steinkohlengebirges“, des Rotliegenden und des Buntsandsteins (Tab. 1).

Der marine Zechstein des Odenwaldes wurde wegen seiner geringen Mächtigkeit zunächst übersehen oder zumindest für unbedeutend gehalten. Weder OEYNSHAUSEN et al. (1825) noch BRONN (1830) erwähnen ihn als besondere Schicht zwischen Granit und Buntsandstein. Erst LEONHARD (1846: 73) führt nahe des Heidelberger Schlosses zumindest in einer Fußnote eine „kleine Schichte von Zechstein-Dolomit“ an. Doch noch STIZENBERGER (1851) stellt Funde von *Bakevella antiqua* und *Schizodus obscurus*, die sich bei der Neckarbrücke „unter dem bunten Sandstein [in] Mergel[n] und Dolomite[n]“ fanden, in das Rotliegende. Erst mit den Dissertationen von BENECKE (1869) und COHEN (1871) fand die permotriassische Schichtenfolge des südlichen Odenwaldes eine eingehende Bearbeitung und dauerhafte stratigraphische Zuordnung (BENECKE & COHEN 1881, ANDRAE & OSANN 1893). Eine wesentliche Veränderung ergab sich hier erst wieder 1993, als die inzwischen als permisch anerkannten Bröckelschiefer (heute: Langental-Formation) formell aus dem Buntsandstein ausgegliedert und dem Zechstein zugeordnet wurden (LEPPER 1993).

Dagegen wurden die terrestrischen Sedimente des Zechsteins im Schwarzwald, je nach Anteil von Arkosen oder Quarzsandsteinen, teils dem Rotliegenden, teils dem Buntsandstein zugerechnet. Lediglich ALBERTI (1826: 254) hatte einen Zusammenhang zwischen dem „Dolomit in der Berneck“ – der Kirnbach-Formation – und dem Zechstein erwogen, die Schicht dann aber 1834 doch beim Rotliegenden belassen. Zwar hat auch FRAAS (1882) diese Verbindung noch einmal aufgegriffen, wurde dafür jedoch von ECK (1884) heftig kritisiert. Noch für SAUER (1897) blieb es rätselhaft, warum diese jüngste Schicht des „Rotliegenden“ diskordant auf das Kristallin außerhalb der eigentlichen Rotliegend-Becken übergreift, während er andererseits eine konkordante Überlagerung des vermeintlichen Rotliegenden durch den „Unteren Buntsandstein“ (Tigersandstein) beobachtete, wo doch – aus damaliger Sicht – der Zechstein fehlte. Wenig später diskutierten allerdings BRÄUHÄUSER (1909, 1910), SCHMIDT & RAU (1910) und MEYER (1911) offen eine Korrelation des „Karneoldolomits“ mit dem Zechstein, wobei nicht mehr nur die Anwesenheit von Dolomit, sondern insbesondere die Lagerungsbeziehungen im Liegenden und Hangenden die wichtigsten Argumente lieferten. Seit der neuerlichen Bearbeitung durch LEIBER & MÜNZING (1979, 1985) und RÖPER (1980) kann die Zuordnung dieser „Karneoldolomite“ des Schwarzwaldes zumindest nach lithostratigraphischen Kriterien als zuverlässig

gelten und ist, zusammen mit der Einbeziehung des Tigersandsteins in den Zechstein (als randliches Äquivalent der Bröckelschiefer; LEPPER 1993), inzwischen gängige Praxis (GLA 1995).

Die karbonischen Ablagerungen des Schwarzwaldes wurden dagegen, trotz anfänglicher Fehleinstufungen für bestimmte Vorkommen (SELB 1805, RENGGER 1824), wegen der darin auftretenden Kohleflöze schon sehr früh korrekt der „Steinkohlen-Formation“ zugewiesen (MARX 1835; HAUSMANN 1843, 1845, QUENSTEDT 1843, 1845, 1846, KURR 1846, LUDWIG 1857). Die Steinkohle der Berghaupten-Formation wurde bereits seit 1753 bei Zunsweiher, im Jahr darauf bei Berghaupten und seit 1814 bei Diersburg bergmännisch gewonnen (HAUMANN 1856). Die Fördermenge des kleinen Reviers erreichte in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts zeitweise mehr als 10000 t/a. Die letzten Stollen wurden 1925 geschlossen (zur Bergbaugeschichte s. KESSLER & LEIBER 1994). Auch an der Hohengeroldseck baute man zwischen 1751 und 1784 vorübergehend Steinkohle der Hohengeroldseck-Formation ab. Versuchsstollen, in denen 1830 weitere Flöze erkundet werden sollten, blieben jedoch ohne Erfolg (KETTNER 1843, PLATZ 1867). Im Nordschwarzwald wurden die geringmächtigen Kohleflöze der Staufenberg-Formation sogar schon seit 1748 in kleinen Gruben nahe Umwegen und später auch bei Varnhalt südwestlich von Baden-Baden gewonnen, erlangten aber nie die Bedeutung der Berghauptener Steinkohle (ECK 1892). Der Bergbau förderte hier auch in den besten Zeiten kaum mehr als 200 t/a und wurde kurz nach 1820 eingestellt. Wiederholte Erkundungen und Versuchsstollen in den folgenden Jahrzehnten blieben ohne Erfolg (BILHARZ 1934). Der Bergbau brachte zahlreiche Pflanzenfossilien zutage (BRONGNIART 1829), die GEINITZ (1857, 1865) eine nähere Einstufung der Berghauptener Kohlen in das ältere, der Kohlen von Baden-Baden und Hohengeroldseck in das jüngere Oberkarbon erlaubten.

In Württemberg warb insbesondere QUENSTEDT (1845, 1846) dafür, die Fortsetzung der badischen Kohlevorkommen unter dem Deckgebirge des schwäbischen Schichtstufenlandes durch Tiefbohrungen zu erkunden. Von 1829 bis 1890 wurden zu diesem Zweck in Württemberg und Hohenzollern rund 6000 Bohrmeter abgeteuft, wobei die Tiefbohrungen Ingelfingen (gebohrt 1857 – 1864, Endteufe 815 m) und Sulz (gebohrt 1888 – 1890, Endteufe 901 m) lange die tiefsten Bohrlöcher Südwestdeutschlands waren (vgl. O. FRAAS 1859, SCHÜBLER 1860, 1861, ECK 1887, 1891, A. SCHMIDT 1912, HENNIG 1923). Durch die Bohrungen wurden zwar keine neuen Kohlelagerstätten entdeckt – ebenso wenig wie eine 1912 – 1913 abgeteuft Bohrung bei Erlenbach

(Endteufe 856 m) das gesuchte Zechsteinsalz antraf (E. FRAAS 1914) –, doch sie brachten erstmals unmittelbare Informationen über die Verbreitung von Rotliegendem und Zechstein im Untergrund des Landes, die bis heute von großer Bedeutung sind.

Mit zunehmender Industrialisierung während des Wirtschaftsaufschwunges der 1850er Jahre nahmen auch die Bemühungen um eine flächendeckende geologische Landesaufnahme zu und wurden nun unmittelbar von staatlicher Seite gefördert. In Baden vergab die großherzogliche Innenverwaltung ab 1856 Aufträge zur Erstellung geognostischer Karten, deren Bearbeitung SANDBERGER (1856, 1859, 1861, 1863), PLATZ (1861, 1867) und SCHILL (1862, 1867) sowie VOGELGESANG (1872) zu nahezu allen Permokarbon-Vorkommen des Landes führte. Nur wenig später begann PAULUS (1866 a, b, 1868, 1875) mit der geologischen Kartierung des Schwarzwaldrandes auf württembergischer Seite (REIFF 1992) und ECK (1884, 1891, 1892) mit Neuaufnahmen im gesamten Gebiet des Schwarzwaldes.

Insbesondere neue Pflanzenfunde durch SANDBERGER (1864, 1866) gaben Anlass zu Überlegungen, ob nicht ein Teil der Kohlen-Arkosen mit den „Kuseler Schichten“ des Saar-Nahe-Beckens (heute Teil der Glan-Untergruppe des dortigen Rotliegenden, überwiegend karbonischen Alters) zu vergleichen und ebenfalls als „Unterrotliegendes“ zu betrachten sei (SANDBERGER 1866, 1890, ECK 1875, 1884, 1886/87, 1887, 1891, 1892, SAUER 1897). Die erhaltenen Florenelemente zeigen Anklänge einerseits an karbonische Floren, andererseits an „Autun“-Floren (die zu jener Zeit generell als permisch galten), jedoch keine Formen, die als Leitfossil eine klare Zuordnung erlauben. Entsprechend bezeichnete selbst ECK (1887: 334) die Schichten von Karbon und „Unterrotliegend“ als eigentlich „nicht abtrennbar“ und die Zuordnung der fossilarmen Serie zum „Unterrotliegend“ als in „gleichem Grade willkürlich“, wie es eine Zuordnung zum Karbon gewesen sei (ECK 1892: 336).

Wegen der noch offenen Altersfrage und aufgrund neuer Aufsammlungen von Pflanzenfossilien, im Rahmen der Neukartierung von Blatt Oppenau durch SCHALCH (1895), beauftragte die Badische Geologische Landesanstalt im Jahr 1894 den Paläobotaniker JOHANN TRAUOGOTT STERZEL in Chemnitz mit einer Neubearbeitung der bislang bekannten Karbon- und Rotliegend-Floren des Schwarzwaldes. Die Ergebnisse dieser Revision (STERZEL 1895, 1907) stellen bis heute den Ausgangspunkt aller späteren Bearbeitungen dar, die insbesondere in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts die Karbonfloren von Diersburg – Berghaupten

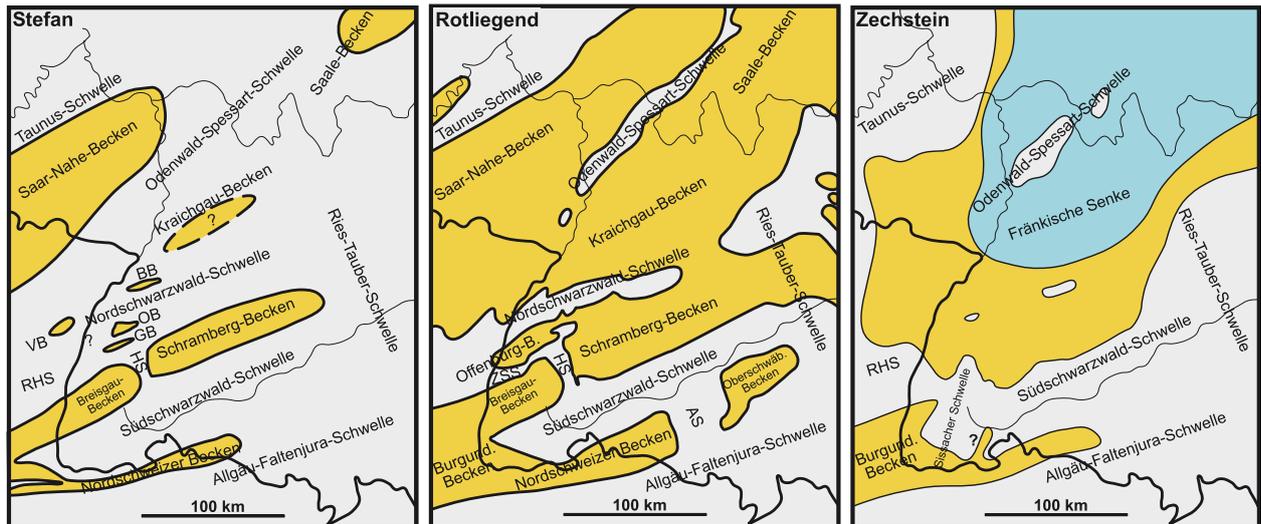


Abb. 5: Paläogeographie im späten Karbon und Perm Südwestdeutschlands; zusammengestellt nach FALKE (1971), PAUL (1985), BGLA (1996), LGRBP (2005), RUPF & NITSCH (2008).

BB Baden-Baden-Becken	GB Geroldseck-Becken	HS Hornberg-Schwelle	OB Oppenau-Becken
RHS Rheinische Hauptschwelle	VB Villé-Becken	ZSS Zentralschwarzwald-Schwelle	

(MOOSBRUGGER et al. 1981, STEPANEK et al. 1983, STEPANEK & VOGELLEHNER 1985, STEPANEK 1987) und von der Hohengeroldseck (CZYGAN 1964, VOGELLEHNER 1967, MOOSBRUGGER & VOGELLEHNER 1986) betrafen.

Stratigraphisch bestätigte STERZEL (1907) das stefanische Alter der kohleführenden Schichten bei Baden-Baden, Hinterohlsbach und an der Hohengeroldseck und erkannte in einem schon von SANDBERGER aufgesammelten Fossil aus Zwischensedimenten der Rotliegend-Vulkanite Baden-Badens den Farnsamer *Autunia conferta*, der damals als Leitform des frühen Perm betrachtet wurde (nach heutiger Kenntnis jedoch schon im Karbon einsetzt). In den bislang umstrittenen grauen Arkosen zwischen Stefan und Rotliegend-Vulkaniten folgte er grundsätzlich der Korrelation ECKS zum Unterrotliegend der Saar-Nahe-Senke als wahrscheinlichste Einstufung, konnte hier jedoch ebenfalls keine unzweifelhaften Leitformen entdecken. Die nur aus dem Fehlen (!) klarer Leitformen heraus als „Autun“ eingestuft Kohlen-Arkosen vom Durbach, von Oppenau und von Schramberg-Tierstein sowie ein Teil der grauen Arkosen von Baden-Baden galten seither als „altes, eben ins Karbon überleitendes Unterrotliegendes“ (BRÄUHÄUSER 1909).

Neben der vertikalen Gliederung der Abfolge war bereits ECK (1887) aufgefallen, dass die Sedimente des Karbons und des Rotliegendes nicht gleichmäßig im gesamten Schwarzwald anzutreffen waren, sondern offenbar in verschiedenen Gebieten unter dem Buntsandstein fehlten. Während noch BRÄUHÄUSER (1910) annahm, die Rotliegend-Sedi-

mente seien ursprünglich weiter verbreitet, jedoch vor Ablagerung des Buntsandsteins wieder teilweise abgetragen worden, und STRIGEL (1912, 1922) aufgrund ähnlicher Gedanken die „permische Abrasionsfläche“ unter dem damaligen „Unteren Buntsandstein“ (Tigersandstein-Formation, Langental-Formation) im gesamten Schwarzwald und Odenwald kartierte, rekonstruierte STILLE (1928) erstmals die Sedimentbecken und Kristallinschwellen des späten Karbon und frühen Perm als Mulden und Sättel eines in großem Maßstab gefalteten variskischen Fundaments. In den nachfolgenden Jahren ergänzten WILFARTH (1932), BILHARZ (1934), FREYBERG (1935) und WEYL (1936, 1938b) die paläogeographischen Kenntnisse durch weitere Beobachtungen, die schließlich durch FRANK (1937) und später von FALKE (1971, 1977) und GEYER & GWINNER (1991) zusammenfassend dargestellt wurden.

Im 20. Jahrhundert führten weitere Neuaufnahmen im Rahmen der amtlichen geologischen Kartierung sowie Diplomarbeiten und Dissertationen, besonders an den Universitäten Freiburg, Karlsruhe und Heidelberg (vgl. Zitate in den Formationsbeschreibungen), immer wieder zu der Beobachtung, dass zwischen Oberkarbon und „Unterrotliegendem“ eine Grenze „in der Natur nicht überall eindeutig bestimmt werden“ könne (BILHARZ 1934), „eine eindeutige Grenzziehung nicht möglich ist“ (CZYGAN 1964) und beide Einheiten „sedimentologisch eine Einheit bilden“ (BACKFISCH 1981). Erst LÖFFLER (1992) vollzog jedoch den Schritt, die seit nunmehr über 100 Jahren als Oberkarbon und „Unterrotliegendes“ unterschiedlich bezeichneten, aber in der Praxis

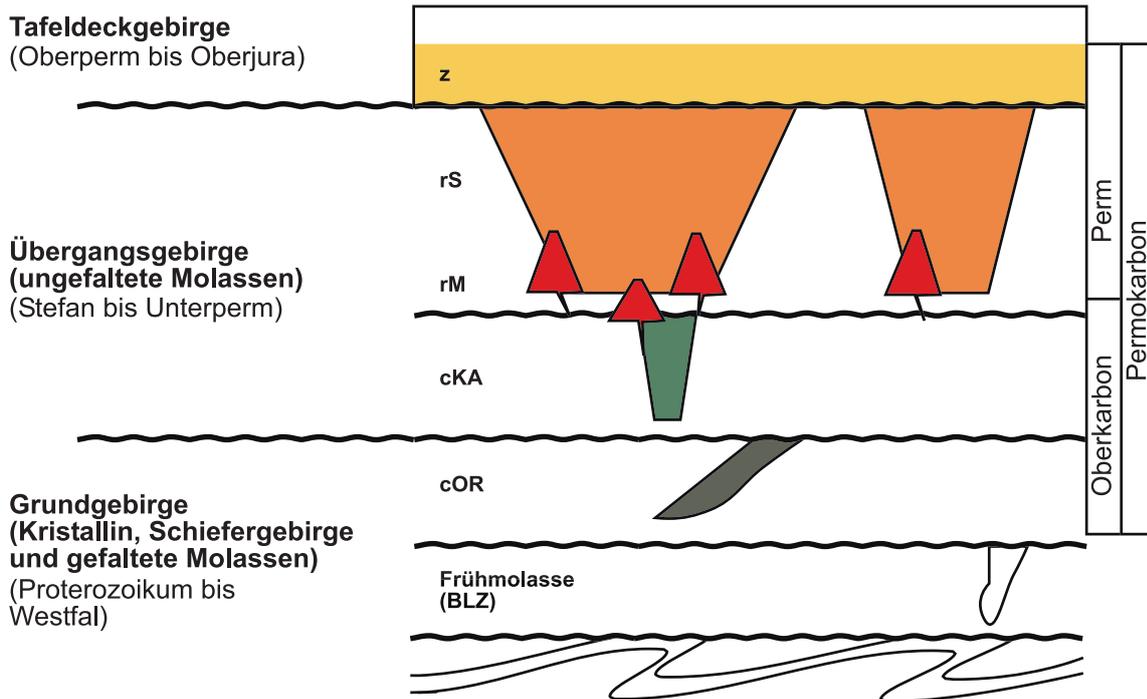


Abb. 6: Strukturelle Stockwerke im Gebirgsbau von Baden-Württemberg. Das Grundgebirgsstockwerk umfasst neben anchi-metamorphen bis schwach metamorphem Schiefergebirge und höhergradig metamorphem und magmatischem Kristallin auch die gefalteten und verschuppten Fröhmolassen der Badenweiler-Lenzkirch-Zone (BLZ) und die von Kristallin überschobenen Serien der Oberrheinischen Steinkohlen-Untergruppe (cOR). Das nicht mehr gefaltete Übergangsgebirge beginnt postasturisch mit der Kohlen-Arkosen-Untergruppe (cKA) und setzt sich in den Rotliegend-Magmatiten (rM) und Rotliegend-Sedimenten (rS) fort. Mit dem Zechstein (z) beginnt die Plattformentwicklung des Tafeldeckgebirges.

nicht gegeneinander abgrenzbaren Einheiten im Baden-Baden-Becken zu nur einer Formation (der Staufenberg-Formation) zusammenzufassen. Er definierte zudem mehrere Formationen für Rotliegendes und den Zechstein des Baden-Badener Raumes, die heute, in Teilen revidiert durch SITTIG (2003), die Grundlage für die Formationsgliederung im Nordschwarzwald bilden (Kap. 6).

Die seit Beginn der 1970er Jahre vor allem an der Universität Heidelberg durchgeführten Altersbestimmungen an den Vulkaniten des Rotliegenden hatten zunächst zu geringe Alterswerte zwischen 270 und 290 Ma geliefert, was teilweise auf die anfangs verwendeten zu hohen Zerfallskonstanten (korrigiert ab 1978) zurückzuführen war und teilweise auf mesozoische hydrothermale Alterationen, deren Bedeutung erst seit den 1980er Jahren erkannt wurde. Die inzwischen korrigierten Werte zwischen 290 bis 298 Ma (DRACH 1978, LIPPOLT et al. 1982, 1983, HESS & LIPPOLT 1996) sowie Altersdaten aus Tufflagen des Oberkarbons von etwa 298 bis 300 Ma (HESS et al. 1983, SCHALTEGGER 1997) erlauben einen Bezug zur Karbon-Perm-Grenze, deren Alter MENNING et al. (2005a, b) mit etwa 296 Ma angeben. Die

physikalischen Altersbestimmungen werden durch palynostratigraphische Ergebnisse aus den Bohrungen Urach 3 (BUNTEBARTH et al. 1979), Winterlingen und Weiach (HOCHULI 1985) ergänzt, die einerseits die biostratigraphische Gliederung nach Makroflora bestätigt haben, andererseits heute eine Einstufung des südwestdeutschen „Autuns“ der Kohlen-Arkosen in das ausgehende Karbon erlauben (Kap. 4).

3 Paläogeographischer Rahmen

Die sedimentären und vulkanischen Einheiten des jüngeren Oberkarbons und Rotliegenden liegen als Innenmolassen des Variskischen Gebirges in mehreren bruchtektonisch begrenzten Beckenstrukturen als „Übergangsgebirge“ zwischen dem variskisch deformierten Grundgebirge und dem flächenhaft ausgebreiteten Tafeldeckgebirge, das mit den Sedimenten des Zechsteins beginnt und sich im Mesozoikum fortsetzt (Abb. 5, 6). Nach strukturellen Gesichtspunkten sind dabei die gefalteten



und mit dem Kristallin verschuppten Sedimente des älteren Oberkarbons (Berghaupten-Formation) noch dem Grundgebirge zuzurechnen, auch wenn nur deren unterer (anthrazitführender) Abschnitt die Grenze zur beginnenden Metamorphose knapp überschritten hat. Dabei kann der strukturelle Unterschied zwischen Berghaupten-Formation und Kohlen-Arkosen-Untergruppe – ein unmittelbarer stratigraphischer Kontakt besteht nicht – als Ausdruck einer asturischen Diskordanz angesprochen werden. Die strukturelle Position der Berghaupten-Formation in einer spätvariskischen transpressiven Scherzone ähnelt damit eher jener der nochmals älteren terrestrischen Karbonsedimente der Badenweiler-Lenzkirch-Zone (Viséum – ? Serpukhovium, Frühes Karbon; SAWATZKI & HANN 2003).

3.1 Allgemeine Entwicklung

Die variskische Kollisionstektonik führte im südwestdeutschen Raum vom späten Devon bis in das Viséum zu umfangreichen Deckenüberschiebungen und zur tektonischen Aufstapelung tieferer bis mittlerer Krustenbereiche. An der damaligen Oberfläche wurde dies von einer – nur noch in Relikten erhaltenen – Flyschentwicklung (Schönau-Tonstein- und Protocanitengrauwacken-Formation, Frasnium bis Viséum, Grauwackenserien der Südvogesen) und von bimodalem andesitischem und rhyodacitischem Vulkanismus begleitet (Tournaisium bis Viséum). Noch im Viséum führten regionale Transversal-Scherzonen zur Anlage erster syntektonischer Sedimentbecken, die terrestrische Grobklastika aufnehmen (Frühmolasse von Badenweiler-Lenzkirch, Viséum bis frühes Serpukhovium). Sie wurden bis in das Serpukhovium von anhaltenden Scherbewegungen deformiert und von syn- bis posttektonischen Graniten durchsetzt (STAMPFLI et al. 2002, SAWATZKI & HANN 2003, HANN & ZEDLER 2008).

In der Spätphase der variskischen Einengungstektonik bildeten sich im Bashkirium (spätes Namur, Westfal) im heutigen Oberrheingebiet (Schwarzwald, Vogesen) mehrere kleine Sedimentbecken aus, die terrestrische und limnische Sedimente aufnahmen (Oberrheinische Steinkohlen-Untergruppe). Sie wurden im Zuge asturischer Blockbewegungen im Moskovium (spätes Westfal), die hier als die jüngsten variskischen Bewegungen gelten können, transpressiv von Gneisen und Graniten des schon weitgehend freigelegten Kristallins überschoben. Im Schwarzwald sind davon mit der Berghaupten-Formation Reste eines solchen Beckens erhalten (KESSLER & LEIBER 1994). Nach paläomagnetischen Daten aus dem Oberrheingebiet, den Ardennen und auch der Böhmisches Masse erfuhr die mit-

teleuropäische Kruste im Zuge dieser Bewegungen eine Rotation um etwa 40° im Uhrzeigersinn (EDEL & WICKERT 1991).

Anstelle der bisher vorherrschend (nach heutigen Koordinaten) NNW – SSE orientierten Einengung drehte sich dabei die Hauptspannungsrichtung auf NW – SE, wobei NE – SW orientierte transtensive Dehnung die Oberhand gewinnt (ZIEGLER & DÉZES 2005, RUPF & NITSCH 2008, NITSCH & RUPF 2008). Auf die asturischen Blockbewegungen folgte nun eine postvariskische Dehnungsepoche, in der spätvariskisch angelegte Scherzonen teilweise mit gleichem, teilweise mit umgekehrtem Bewegungssinn reaktiviert wurden (Abb. 7). Zwischen langgestreckten und tief absinkenden Sedimentbecken stiegen schmale Kristallinschwellen auf und unterlagen rascher Abtragung. Die stefanisch-frühpermische tektonische Situation wurde daher mehrfach mit der heutigen Basin-and-Range-Provinz im westlichen Nordamerika verglichen (LORENZ & NICHOLLS 1976, 1984). Das zuvor wahrscheinlich auf über 2000 m Meereshöhe angehobene variskische Orogen kollabierte tektonisch zu einem Mittelgebirge und wurde dabei rasch unter tropisch-warmen, jedoch zunehmend trockenen Klimabedingungen abgetragen (MÉNARD & MOLNAR 1988, ZIEGLER & DÉZES 2005, ROSCHER & SCHNEIDER 2006).

3.2 Beckengliederung

Vom Kasimovium (frühen Stefan) an werden im Gebiet Südwestdeutschlands mehrere tektonisch angelegte kleinere Depressionen zu Sedimentfallen, die sich bis in das frühe Perm zu immer größeren Sedimentbecken weiterentwickeln (DSK 2005). Das größte spätkarbonische Becken im Landesgebiet ist offenbar das Schramberg-Becken (mit der Tierstein-Formation), das sich vom östlichen Zentralschwarzwald bis unter die Ostalb über mehr als 100 km Distanz nachweisen ließ und das im frühen Perm (mit der Schramberg-Formation) eine Ausdehnung von mehr als 400 km² erreichte (Abb. 2, 5, 12, Tab. 2). Ob sich unter den – bisher im Depozentrum nicht durchteuften – frühpermischen Ablagerungen des Kraichgau-Beckens ebenfalls ein größeres Karbonbecken befindet, ist noch offen. Permische Sedimente des Kraichgau-Beckens (Michelbach-Formation) streichen übertägig nur an dessen Rändern im südlichen Odenwald, in der Südpfalz (vor bzw. im Randbereich der Odenwald-Spessart-Schwelle) und im Nordschwarzwald (vor der Nordschwarzwald-Schwelle) aus. Im Nordschwarzwald überdecken sie dabei diskordant ein kleines eigenständiges Karbon-Becken, das Baden-Baden-Becken (mit der Staufenberg-Formation, Abb. 8, 9). Dieses Becken entwickelte sich als isoliertes kleines

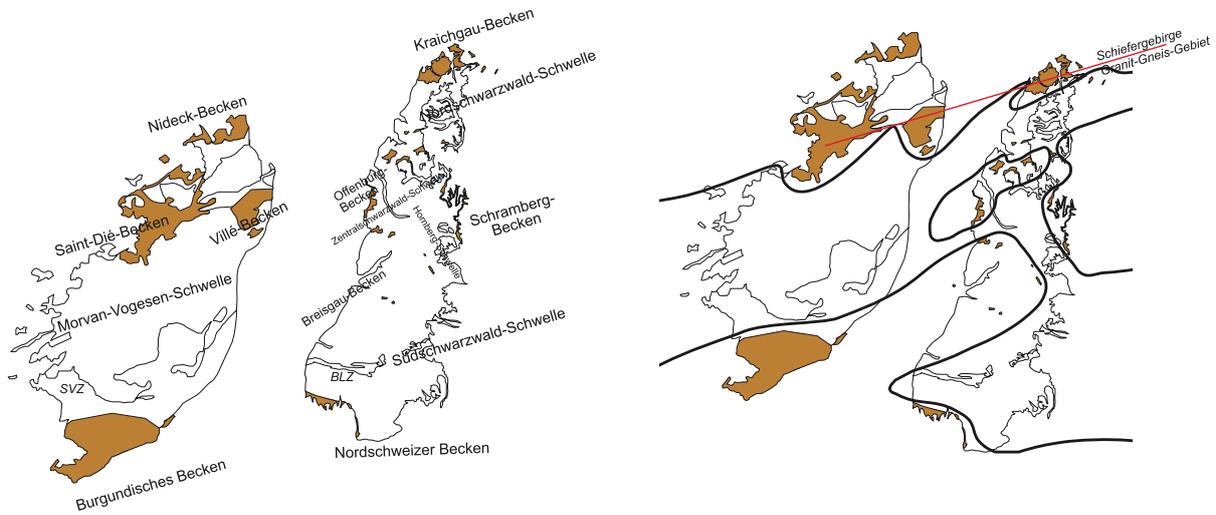
Tab. 2: Nomenklatur der Stefan-Rotliegend-Becken und -Schwellen in Baden-Württemberg.

Schwelle / Becken	Definition	Name	Synonyme (Auswahl)
Odenwald-Spessart-Schwelle	Erosionsgebiet im Karbon und Perm über der Mitteleuropäischen Kristallinzone, von Sedimenten des Unteren Buntsandsteins erstmals vollständig überdeckt.	BOIGK & SCHÖNEICH (1970): „Odenwald-Spessart-Schwelle“.	„Spessart-Achse“ (BRANDES 1919), „Spessart-Schwelle“ (STILLE 1928), „Haardt-Spessart-Schwelle“ (DSK 2005).
Kraichgau-Becken	Akkumulationsraum frühpermischer Sedimente über dem Nordbadisch-Fränkischen Schiefergebirge zwischen Odenwald und Nordschwarzwälder Granitgebiet; Anlage im späten Karbon möglich (keine Daten). Im Zechstein und Mesozoikum von Sedimenten des Mitteleuropäischen Beckens überdeckt, in dessen Mächtigkeitentwicklung sich über dem Kraichgau-Becken eine „Fränkische Senke“ als regionales Senkungsfeld abzeichnet.	WILFARTH (1932): „Kraichgau-Senke“.	„Senke von Heidelberg“ für Nordrand (WILSER 1933), „Potenfelscher Mulde“ (BILHARZ 1934), „Oos-Saale-Trog“ (FREYBERG 1935), „Weiler-Oos-Main-Saale-Trog“ (FALKE 1974), „Vogesen-Kraichgau-Main-Becken“ mit „Haardt-Odenwald-Senke“ und „Baden-Badener Senke“ (GEYER & GWINNER 1991).
Battert-Schwelle	Schmale Grundgebirgsschwelle am Südrand des Nordbadisch-Fränkischen Schiefergebirges. Erosionsgebiet im späten Karbon, im frühen Perm von Sedimenten des Kraichgau-Beckens überdeckt.	BILHARZ (1934): „Battert-Sattel“.	–
Baden-Baden-Becken	Akkumulationsraum spätkarbonischer Sedimente am Nordrand des Nordschwarzwälder Granitgebietes, im frühen Perm diskordant von randlichen Sedimenten des Kraichgau-Beckens überdeckt.	WILFARTH (1932): „Senke von Baden-Baden“.	„Oos-Trog“ (STILLE 1928; nicht von Kraichgau-Becken unterschieden), „Lichtentaler Mulde“ (BILHARZ 1934), „Oos-Senke“ (KRULL in DSK 2005).
Nordschwarzwald-Schwelle	Erosionsgebiet im späten Karbon und Perm im Bereich des Nordschwarzwälder Granitgebietes, von Sedimenten des Zechstein weitgehend, von Unterem Buntsandstein ganz überdeckt. Nordarm der „Rheinischen Hauptschwelle“.	STILLE (1928): „Nordschwarzwald-Schwelle“.	Teil der „Rheinischen Hauptschwelle“ (FREYBERG 1935).
Oppenau-Becken	Schmales Akkumulationsgebiet im späten Karbon, am Südrand des Nordschwarzwälder Granitgebietes, von Rotliegend-Sedimenten (Offenburg-Becken) oder Zechstein diskordant überdeckt.	RUPF & NITSCH (2008): „Oppenau-Senke des Offenburg-Beckens“.	Meist nicht vom Offenburg-Becken unterschieden.
Nordrach-Schwelle	Erosionsgebiet im jüngeren Teil des Späten Karbon, etwa im Bereich des Nordrach-Leptinitkomplexes, enthält auch das asturisch überschobene Vorkommen der Berghaupten-Formation; von Rotliegend, örtlich von Zechstein, diskordant überdeckt.	RUPF & NITSCH (2008): „Nordrach-Schwelle“.	–
Geroldseck-Becken	Schmales Akkumulationsgebiet im späten Karbon, entlang einer Störungszone südlich der Nordrach-Schwelle.	WEYL (1936): „Geroldseck-Senke“.	Meist nicht vom Offenburg-Becken unterschieden.
Offenburg-Becken	Akkumulationsgebiet gering mächtiger Rotliegend-Sedimente zwischen Nordschwarzwald- und Zentralschwarzwald-Schwelle, überlagert diskordant Oppenau-Becken, Nordrach-Schwelle und Geroldseck-Becken. Ostbegrenzung durch Vulkanite des Rotmurgtales, westliche Fortsetzung unter dem Oberrheingraben verborgen.	STILLE (1928): „Offenburger Trog“, ursprünglich undifferenziert einschließlich der karbonischen Becken.	„Mooswald-Senke“ (WILFAHRT 1932), „St.-Pilt-Offenburger Trog“ (FALKE 1971), „Weiler-Offenburg-Teinacher Senke“ (GEYER & GWINNER 1991).
Zentralschwarzwald-Schwelle	Erosionsgebiet im späten Karbon und frühen Perm zwischen Schweighausen und Freudenstadt, Sudarm der „Rheinischen Hauptschwelle“. Überdeckt von Sedimenten des Zechstein.	FALKE (1971): „Zentralschwarzwald-Schwelle“.	Teil der „Rheinischen Hauptschwelle“; „Mittelschwarzwälder Schwelle“ (FREYBERG 1935), „Kniebis-Schwelle“ (WEYL 1938).
Breisgau-Becken	Akkumulationsgebiet im späten Karbon und frühen Perm, im südwestlichen Zentralschwarzwald und unter der Freiburger Bucht, als Ausleger des Burgundischen Beckens, heute nur in wenigen Relikten erhalten.	GEYER & GWINNER (1991): „Burgund-Breisgau-Senke“.	Als Teil des „Schramberger Troges“ (STILLE 1928), „Triberger Becken“ (FREYBERG 1935).
Hornberg-Schwelle	Erosionsgebiet im späten Karbon (?) und frühen Perm (!) zwischen Schramberger und Triberger Störungszone; teilweise überdeckt von Zechstein, ganz von Unterem Buntsandstein.	RUPF & NITSCH (2008): „Hornberg-Schwelle“.	Als nicht benannte Schwelle seit FREYBERG (1935) häufig dargestellt.
Schramberg-Becken	Akkumulationsgebiet im späten Karbon und frühen Perm vom westlichen mittleren Schwarzwald bis in das Gebiet der Schwäbischen Alb, diskordant überlagert von Zechstein und Buntsandstein.	STILLE 1928: „Schramberger Trog“.	„Schiltacher Becken“ (WILFARTH 1932), „Schramberg-Urach-Ries-Senke“ (GEYER & GWINNER 1991).
Südschwarzwald-Schwelle	Erosionsgebiet vom späten Karbon bis in die frühe Trias im Südschwarzwald und NE anschließenden Gebieten, nach W zwischen Breisgau- und Nordschweizer Becken auskeilend. Überdeckt von Mittlerem bis Oberem Buntsandstein.	STILLE 1928: „Südschwarzwälder Schwelle“.	„Süddeutsche Hauptschwelle“ (FREYBERG 1935), „Burgund-Breisgau-Senke“ (GEYER & GWINNER 1991).
Burgundisches Becken	Akkumulationsgebiet spätkarbonischer und permischer Sedimente südlich der Vogesen, an der Südschwarzwald-Schwelle nach NE in Breisgau- und Nordschweizer Becken aufspaltend.	STILLE 1928: „Burgundischer Trog“.	Nach dem Ausstrichgebiet in den Südvogesen auch „Becken von Ronchamp“.
Nordschweizer Becken	Akkumulationsgebiet spätkarbonischer und permischer Sedimente südlich des Schwarzwaldes und im Bodensee-Gebiet, diskordant von Zechstein (gebietsweise) bis Oberem Buntsandstein überdeckt.	MÜLLER et al. (1984): „Nordschweizer-Permokarbon-Trog“.	Teil des „Burgundischen Troges“ (STILLE 1928 u. a.); „Schopfleimer Bucht“ (WILFARTH 1932), „Tafeljuratrog“ (SCHMASSMANN & BAYRAMGIL 1946, LEMCKE 1961, FALKE 1974), „Bodensee-Trog“ (BOIGK & SCHÖNEICH 1970, FALKE 1974), „Hochrhein-Bodensee-Senke“ (GEYER & GWINNER 1991).
Aulendorf-Schwelle	Im späten Karbon und Perm sedimentfreies Gebiet im Raum Aulendorf (Oberschwaben), trennt das Nordschweizer vom Oberschwäbischen Becken.	RUPF & NITSCH (2008): „Aulendorf-Schwelle“.	–
Oberschwäbisches Becken	Akkumulationsgebiet permischer Sedimente im Raum Oberschwaben (bis nördliches Allgäu?), nur durch wenige Bohrungen bekannt.	RUPF & NITSCH (2008): „Oberschwäbisches Becken“.	Bisher meist hypothetisch mit dem Nordschweizer Becken verbunden.
Allgäu-Faltenjura-Schwelle	Erosionsgebiet im späten Karbon und Perm südlich von Nordschweizer und Oberschwäbischem Becken, mesozoisch überdeckt.	RUPF & NITSCH (2008): „Allgäu-Faltenjura-Schwelle“.	–



Heutige Rotliegend-Vorkommen und Lage der paläogeographischen Elemente

Mögliche Beckenkonfiguration bei ca. 30 km post-permischem Versatz am Rheinlineament



Paläotektonische Deutung

Asturische Anlage als transpressives System
Moskovium (Westfal)

Postvariskische transtensive Reaktivierung
Kasimovium bis Sakmarium (Stefan und Rotliegend)

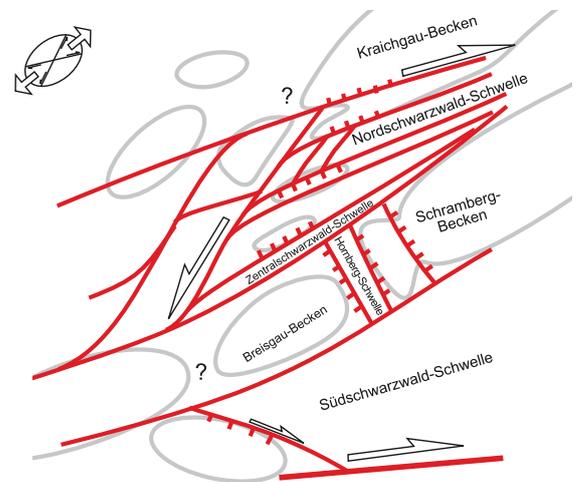
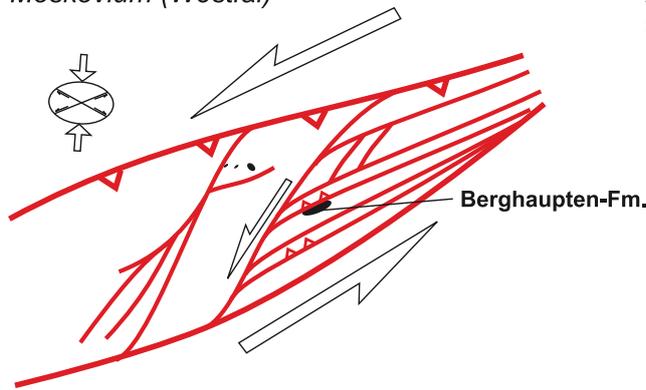


Abb. 7: Heutige Lage der Permokarbon-Vorkommen im Oberrheingebiet (oben links) und mutmaßliche spätpaläozoische paläogeographische Konfiguration. Im oberen rechten Bild wurde der linkslaterale Versatz entlang des Oberrheingrabens graphisch zurückgeführt. Unten eine modellhafte Deutung der Beckengeometrien im Sinne des spät- bis postvariskischen Scherzonensystems. Nach dieser Deutung ist die Mehrzahl der postvariskisch aktiven Scherzonen bereits während asturischer Transpressionstektonik (oder früher) angelegt worden (unten links) und wurde unter verändertem Schersinn während der postvariskischen Dehnung reaktiviert und in ein System von Horst- und Grabenschollen zerlegt (unten rechts). Während des späten Perms und Mesozoikums wurden einige Segmente dieser Scherzonen nochmals in geringerem Umfang wiederbelebt und von neuen Strukturen überlagert. Der relative Versatz zwischen Schwarzwald und Vogesen erfolgte nach dieser Deutung im Wesentlichen erst im Känozoikum.

Abkürzungen: **SVZ** Südvogesen-Zone **BLZ** Badenweiler-Lenzkirch-Zone



Abb. 8: Das Baden-Baden-Becken ist das kleinste, dabei aber fast vollständig zugange ausstreichende Permokarbon-Becken in Baden-Württemberg. Es wurde im frühen Perm als Randsenke an das Kraichgau-Becken angeschlossen. Blick vom Battert (Battert-Schwelle) nach Süden über das Gebiet des Karbon-Beckens.

Links: Merkur und kleiner Staufenberg (mit Buntsandstein-Kappe). **Rechts:** Iberg-Massiv (Pinitporphyr), rechts unten Baden-Baden. In der Bildmitte bilden die vor dem Beckenrand herausgehobenen Arkoseabfolgen der Staufenberg-Formation bewaldete Hügel im Anstieg zum Höhenzug des Nordschwarzwälder Granitgebietes (Nordschwarzwald-Schwelle) im Hintergrund.

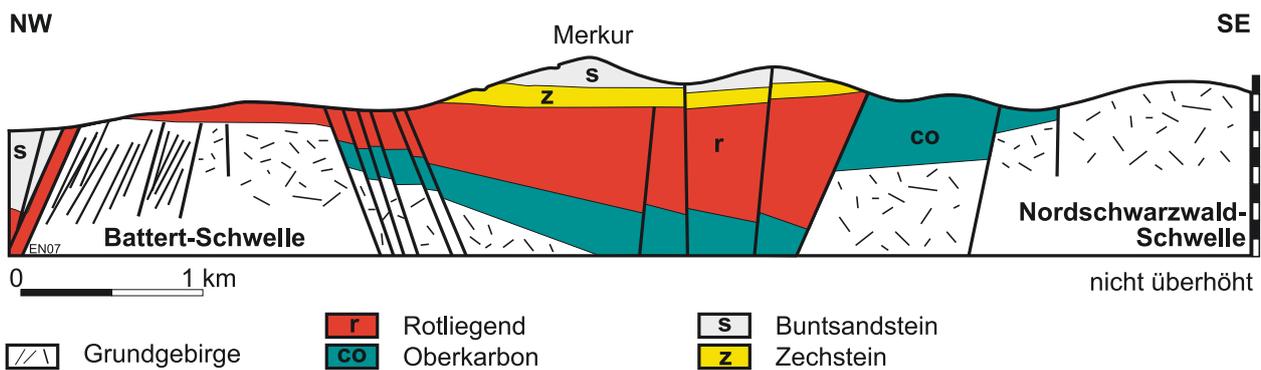


Abb. 9: Schematischer Nord-Süd-Schnitt durch das Baden-Baden-Becken (verändert nach BILHARZ 1934 und LÖFFLER 1992).

Becken über einer verkippten Kristallinscholle und gehörte im Perm, nach einer Phase vulkanischer Aktivität (Lichtental-Formation), zum Randbereich des Kraichgau-Beckens (LÖFFLER 1992).

Südlich an das Baden-Baden-Becken schließt sich im späten Karbon und Perm mit der Nordschwarzwald-Schwelle ein lang gestrecktes Abtragungsgebiet an, das erst von Zechstein, stellenweise sogar erst von Buntsandstein überdeckt wird. Es stellt den bis zu 20 km breiten nördlichen Arm einer aus dem französischen Zentralmassiv herüber streichenden „Morvan – Vogesen-Schwelle“ dar, die im Gebiet von Vogesen und Schwarzwald auch als Rheinische Hauptschwelle bekannt ist und deren schmaler südlicher Arm als Zentralschwarzwald-Schwelle etwa von Schuttertal nach Freudenstadt den Schwarzwald quert. Zwischen diesen beiden Teilschwellen entwickeln sich vom Kasimovium an

zwei kleine Sedimentbecken entlang zweier NE – SW streichender Scherzonen (Abb. 10, 11). Es handelt sich um das Oppenau-Becken im Norden (Oppenau-Formation) und das Geroldseck-Becken im Süden (Hohengeroldseck-Formation). Deren Sedimentmächtigkeiten variieren kleinräumig erheblich zwischen wenigen Metern und annähernd 100 m (DRESSLER 1983, KESSLER & LEIBER 1994). Zwischen den beiden stefanischen Sedimentbecken liegt die Nordrach-Schwelle – in der auch die asturisch überschobenen Reste der Berghaupten-Formation stecken. Diese Schwelle blieb im Karbon Abtragungsgebiet und lieferte noch der Oppenau-Formation Sedimentmaterial (SAUER 1894), wurde jedoch im frühen Perm von Rotliegend-Sedimenten (Rebberg-Formation) eingedeckt, was beide Becken im Perm zu einem geschlossenen Offenburg-Becken vereint.



Abb. 10: Mächtigkeitskarten für die Kohlen-Arkosen-Untergruppe in Oppenau- und Geroldseck-Becken (Beckenkomplex von Oppenburg). Im Bereich der Nordrach-Schwelle ist das Ausstrichgebiet der Berghaupten-Formation eingezeichnet (nach DRESSLER 1983, KESSLER & LEIBER 1994 und Geologische Karte von Baden-Württemberg 1 : 25 000, Blätter 7514, 7515, 7613 und 7614).

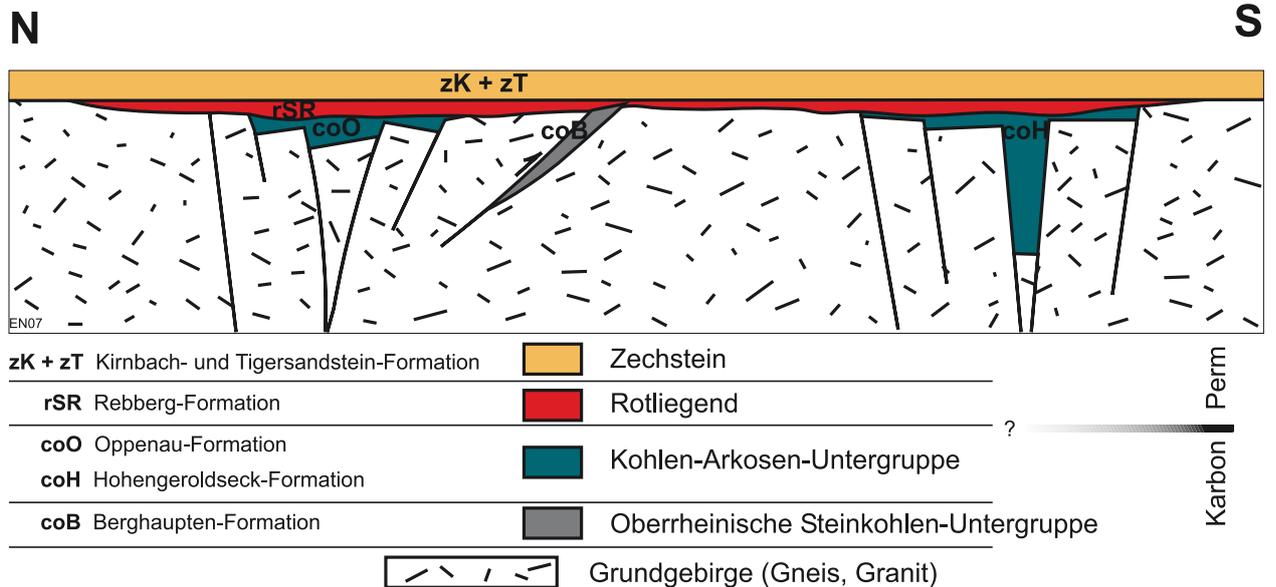
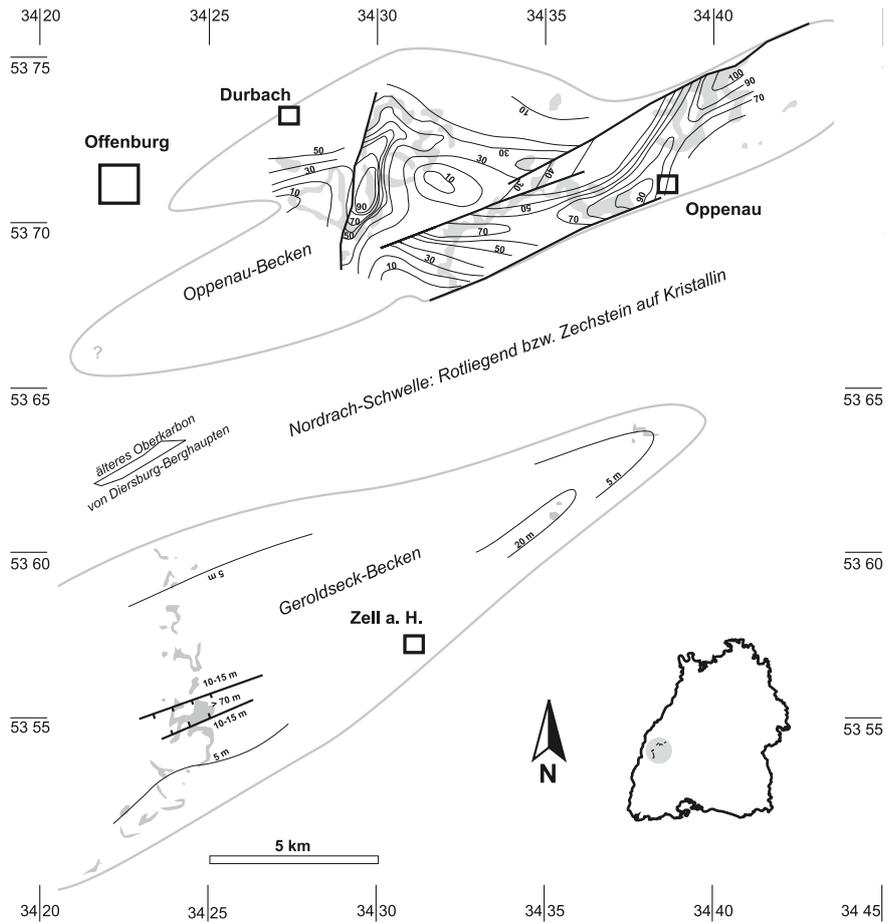


Abb. 11: Schematischer Nord-Süd-Schnitt durch den Beckenkomplex von Oppenburg (nicht Maßstäblich). Die prä-asturischen Sedimente von Diersburg-Berghaupten (Berghaupten-Formation, coB) sind durch eine längere Überlieferungslücke und strukturell von den Ablagerungen der Kohlen-Arkosen-Untergruppe (coH, coO) zu unterscheiden, deren zwei transtensiv angelegte Becken (Geroldseck- und Oppenau-Becken) wiederum diskordant durch die Rotliegend-Sedimente des eigentlichen Oppenburg-Beckens überlagert werden (Rebberg-Formation, rSR). Mit dem Zechstein in terrestrischer Fazies (zK, zT) greift das Tafeldeckgebirge nochmals flach diskordant über das Oppenburg-Becken hinweg.

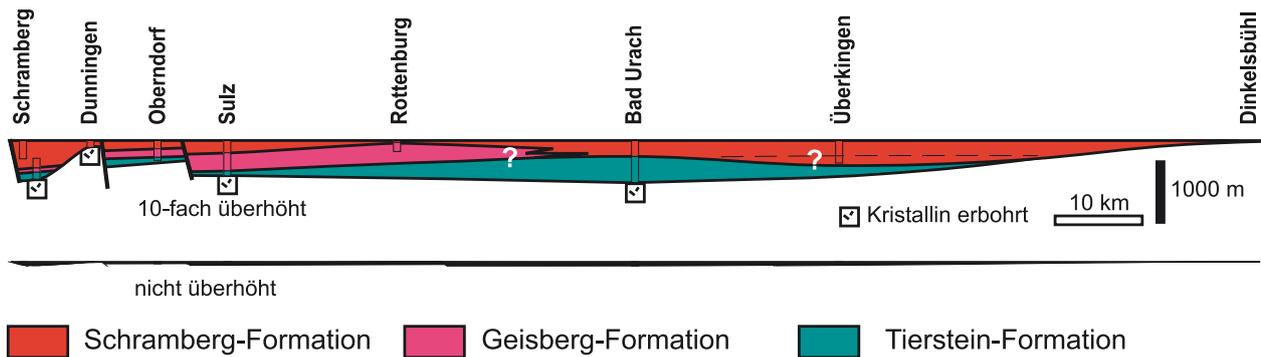


Abb. 12: Schematischer West-Ost-Schnitt durch das Schramberg-Becken nach den vorliegenden Bohrprofilen (Literatur s. Text). Im unteren Teil der als Rotliegend-Sedimente angesprochenen Abfolge in der Bohrung Überkingen verbergen sich möglicherweise Anteile der Kohlen-Arkosen-Untergruppe, weshalb die Grenze hier noch nicht als gesichert gelten kann.

Die Ausweitung der Sedimentationsgebiete fand hier, ähnlich wie im Nordschwarzwald, zu Beginn des Perms statt. Die Dehnungstektonik war von umfangreicher saurer Magmenförderung begleitet, deren Produkte (Geisberg-Formation) sich heute als Zentralschwarzwälder Vulkangebiet über ein Areal von mehr als 3000 km² verteilen. Die Vulkanite dieser Episode finden sich nicht nur im Gebiet der Sedimentbecken selbst, sondern auch in sedimentfreien Räumen dazwischen, insbesondere auf der Zentralschwarzwald-Schwelle und in der ansonsten erst von Zechstein überdeckten Zone zwischen dem Oppenau-Becken und dem Nordrand des Schramberg-Beckens.

Südlich der Zentralschwarzwald-Schwelle finden sich im westlichen Zentralschwarzwald nur spärliche Reste eines weiteren Beckens, das eine nordöstliche Randsenke des großen Burgundischen Beckens darstellt und heute meist als Breisgau-Becken bezeichnet wird. Ob hier im Karbon Verbindungen zum nordöstlich gelegenen Schramberg-Becken bestanden, ist ebenso unklar wie die Frage, ob die kleinen Vorkommen überhaupt auf ein zusammenhängendes Becken oder auf mehrere kleine Einzelsenken zurückzuführen sind. Für das Perm ist jedoch zwischen Hornberg und Schramberg eine NNW – SSE streichende Hornberg-Schwelle belegt, die den Westrand und ein Liefergebiet der Rotliegend-Sedimente des Schramberg-Beckens darstellt und dieses vom Breisgau-Becken weiter westlich trennt (Abb. 2). Sie verbindet die Zentralschwarzwald-Schwelle mit der Südschwarzwald-Schwelle (RUPF & NITSCH 2008).

Die Südschwarzwald-Schwelle bildet südlich von Breisgau- und Schramberg-Becken ein bis zu 25 km breites permokarbones Abtragungsgebiet, das erst mit dem Oberen Buntsandstein vollständig unter Sedimenten versinkt. Im Gebiet dieser

Schwelle treten nur kleinräumig (wenige Ar bis Hektar Ausstrichgebiet) rotbraune Arkosen zwischen Kristallin und höherem Buntsandstein auf, die bislang nach der Fazies als „Rotliegend“ kartiert wurden (SAWATZKI 2005). Es könnte sich zwar um Reste lokaler Sedimentfallen aus dem frühen Perm handeln, doch stellen diese kleinen Vorkommen wahrscheinlicher randliche Arkosen des Zechsteins oder tieferen Buntsandsteins dar. Anders als in den Kristallinschwellen weiter nördlich stehen im Südschwarzwald neben variskischen Metamorphiten und Plutoniten auch frühkarbonische Sedimentgesteine und Vulkanite an (Badenweiler-Lenzkirch-Zone, Münstertal-Ignimbrit, subvulkanische Rhyodacit-Gänge), die das Geröllspektrum in den angrenzenden Becken zusätzlich bereichern und eine Deutung teilweise erschweren.

Im Süden grenzt die Südschwarzwald-Schwelle an das komplex gegliederte und dabei schmale Nordschweizer Becken, dessen Sedimente am Schwarzwald-Südrand und unter dem Bodensee (Weiach-Formation, Weitenau-Formation) auf das Landesgebiet herüberreichen (Abb. 2, 13). Nach seismischen Untersuchungen ist das Becken vor allem im Süden halbgrabenartig von steil einfallenden Störungen begrenzt und wurde teilweise durch die alpidische Einengung invertiert (LAUBSCHER 1987, DIEBOLD 1988, DIEBOLD et al. 1991, MARCHANT et al. 2005). Westlich Auggen verjüngt sich die Südschwarzwald-Schwelle zu einem schmalen Sporn, wobei sich weiter südwestlich Breisgau- und Nordschweizer Becken zum eigentlichen Burgundischen Becken NE-Frankreichs vereinen. Südlich des Nordschweizer Beckens stellt eine nur aus Bohrungen und Tiefenseismik bekannte Allgäu-Faltenjura-Schwelle östlich des Bodensees den Südrand der permokarbonen Sedimente in Baden-Württemberg dar und ist unter Oberschwaben offenbar durch eine breite NNW – SSE

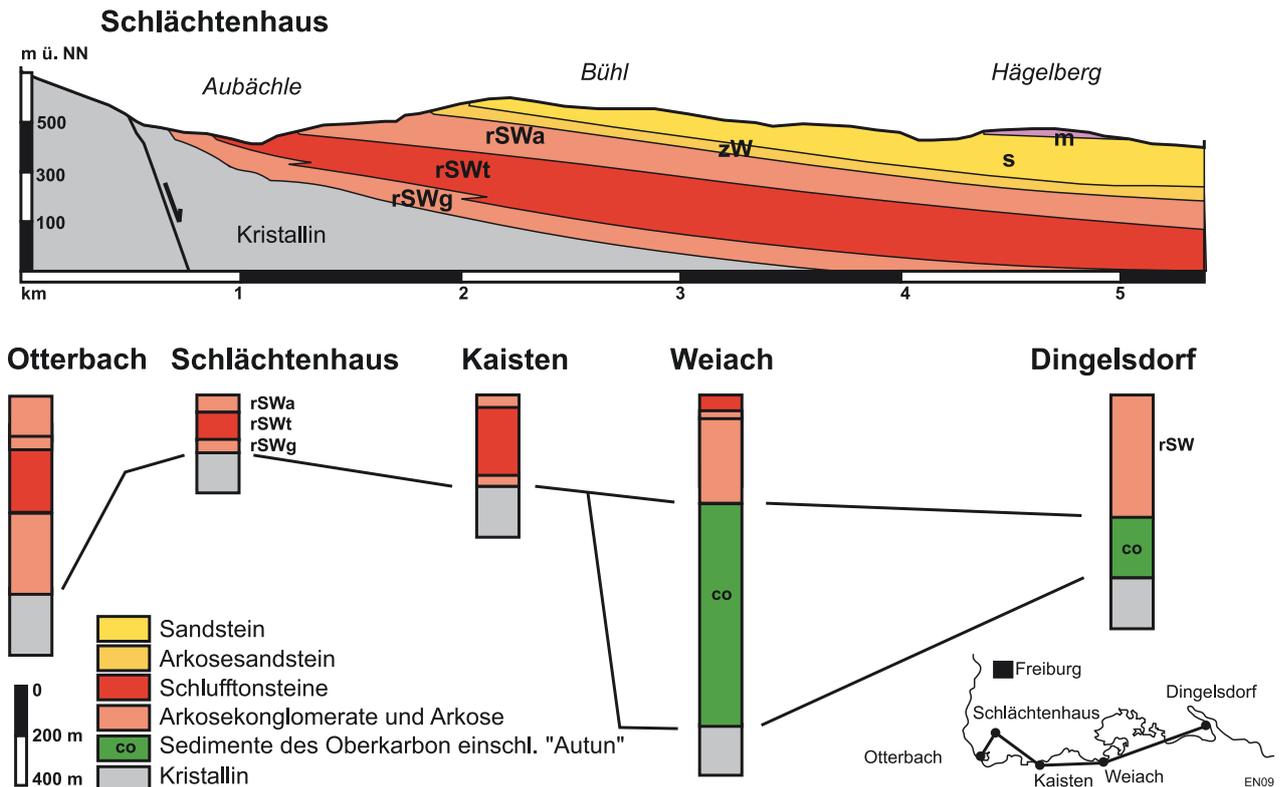


Abb. 13: Nord-Süd-Profil durch die Weitenauer Vorberge bei Schlächtenhaus NE Lörrach (nach STELLRECHT 1963 a, verändert). Darunter Mächtigkeitsvergleich zu Bohrprofilen der Nordschweiz (nach THURY & DIEBOLD 1987, MATTER 1987) und am Bodensee (Dingelsdorf; nach LEMCKE & WAGNER 1961).

co Oberkarbon (ungegliedert) rSWg, rSWt, rSWa Subformationen der Weitenau-Formation (rSW, vgl. Text)
 zW Wiesental-Formation s, m Buntsandstein und Muschelkalk.

streichende Aulendorf-Schwelle mit der Südschwarzwald-Schwelle verbunden (RUPF & NITSCH 2008). Einige aus tiefen Bohrungen bekannte Vorkommen von „Rotliegend-Sedimenten“ unter dem östlichen Oberschwaben repräsentieren möglicherweise ein weiteres Oberschwäbisches Becken östlich dieser Schwelle. Ob es sich dabei allerdings tatsächlich um frühpermische Ablagerungen oder um spätpermische Zechstein-Äquivalente in Rotliegend-fazies handelt, ist bislang offen.

Mit dem Zechstein ändert sich die paläogeographische Situation grundlegend. Im mittleren Perm wird die NE – SW gerichtete transtensive Dehnung der Kruste von einer dagegen fast um 90° abweichenden WNW – ESE orientierten langsamen und diffusen Dehnung abgelöst, die sich in mehreren, lateral jedoch nur unscharf begrenzten NNE – SSW streichenden Senken und Schwellen ausdrückt. Die Beckenkonfiguration des späten Perm entspricht bereits weitgehend den kimmerischen Strukturen, die über Trias und Jura hinweg die Mächtigkeitsverteilung der Sedimente kontrollieren und deren Beginn gewöhnlich mit den altkimmerischen Bewegungen in der späten Trias angesetzt wird (RUPF &

NITSCH 2008). Das tektonische Regime des späten Perm und der frühen bis mittleren Trias kann daher als protokimmerische Epoche der vorherigen post-variskischen Epoche gegenübergestellt werden.

Diskordant über die vormaligen Rotliegend-Becken und -Schwellen übergreifend, entsteht im Zechstein erstmals ein zusammenhängendes Sedimentationsgebiet nördlich der Südschwarzwald-Schwelle. Es kann als südliche Randsenke des spätpermisch-mesozoischen Mitteleuropäischen Beckens (Germanischen Beckens) betrachtet werden. Als während des spätpermischen Meeresspiegel-Hochstandes (HALLAM 1992) auch der norddeutsche Raum von Meerwasser geflutet wurde, erreichte die Südküste des Zechsteinmeeres vorübergehend die nördliche Abdachung der Nordschwarzwald-Schwelle. Im Gebiet der Odenwald-Spessart-Schwelle und der Nordschwarzwald-Schwelle ragten inselartig nur noch einzelne Hochlagen als Bergkuppen und lokale Schuttliefergebiete über den Sedimentationsraum hinaus. Auch die Südschwarzwald-Schwelle zeichnet sich im Zechstein ähnlich deutlich wie für das Rotliegende als Abtragungs- bzw. Schwellengebiet ab und trennt das Mitteleuropäische Becken

vom Burgundischen Becken im Südwesten. Dessen spätpermische Sedimente (Wiesental-Formation) greifen diskordant über das Rotliegende des Nordschweizer Beckens hinaus bis in die Weitenauer Vorberge und lassen sich über dieser älteren Beckenstruktur ebenfalls bis in den Bodenseeraum verfolgen.

Im Zentralschwarzwald deutet sich im späten Perm erstmals ein NNE – SSW streichendes Hochgebiet als Sissacher Schwelle (FRANK 1937, „Schwarzwald-Schwelle“ bei ILLIES 1965) durch eine Einbuchtung des Beckenrandes an. Es lieferte bis in den höheren Zechstein groben Schutt und wurde erst von Buntsandstein überdeckt. Dessen Sedimente folgen weithin konkordant über dem Zechstein, greifen jedoch in mehreren Schritten auch auf die Südschwarzwald-Schwelle über, deren bis in die Trias frei liegende Hochlagen eine Decke aus Oberem Buntsandstein oder Muschelkalk tragen.

3.3 Klimaentwicklung

Die im Schwarzwald durch Grausedimente und Steinkohlen dokumentierten feuchtwarmen Klimabedingungen vom Viséum (Badenweiler-Lenzkirch) bis in das Bashkirium (Diersburg-Berghaupten) entsprechen ganz der damaligen äquatorialen Breitenlage. Die z. T. beachtlichen Geröllgrößen in den Konglomeraten der Südschwarzwälder Frühmolasse (bis über 1 m) und auch noch in der Berghaupten-Formation (bis über 20 cm) belegen eine zeitweise hohe Transportkraft der fluvialen Systeme und entsprechend hohe Reliefenergie zu den umgebenden Abtragungsgebieten. Die größeren Blöcke haben allerdings wahrscheinlich nur einen sehr kurzen aquatischen Transport erfahren und sind mit Schuttströmen als bereits rundliche Kernsteine tiefgründig verwitterter Bodenbildungen in die Sedimentationsgebiete gelangt. Der hohe Anteil mechanisch transportierten Sedimentmaterials und dessen erst im Ablagerungsraum einsetzende siallitische Verwitterung können dabei als Hinweis auf ein tropisch-humides Gebirgsklima mit zumindest kurzer trockener Jahreszeit gewertet werden (CECIL et al. 2003, Kap. 5.1).

Der südwestdeutsche Raum driftete im Karbon über den Äquator hinweg nordwärts und befand sich während des gesamten späten Karbons und bis in das frühe Perm hinein weniger als 10° vom Äquator entfernt (EDEL & WICKERT 1991). KONRAD & NAIRN (1972) bestimmten die paläomagnetische Breitenlage der Schwarzwald-Region an Vulkaniten und Sedimenten des Rotliegenden bei (umgerechnet) etwa 7° – 8° N, was auch die Messungen von EDEL (1987) und EDEL & SCHNEIDER (1995) an Rotliegend-

Vulkaniten des Schwarzwaldes und der Vogesen bestätigen. Durch fortschreitende Norddrift erreicht Südwestdeutschland am Ende des Perms bereits eine Position von 10 – 15° N. Den nördlichen Wendekreis erreicht die Region erst in der Trias.

Der isostatische Aufstieg des jungen Gebirges dürfte ein wichtiger Faktor für die vom Gzhelium an zunehmende Trockenheit gewesen sein (BOY & SCHINDLER 2000, ROSCHER & SCHNEIDER 2006). Ein weiterer Faktor ist die mit der variskischen Kollision veränderte paläogeographische Situation, da vom späten Karbon an die Kontinente der Nord- und Südhalbkugel zum Pangäa-Großkontinent verschmolzen sind (ROWLEY et al. 1985) und zudem das Inlandeis der spätkarbonen Vergletscherung der Südhalbkugel im frühen Kasimovium fast vollständig abgeschmolzen war (FRAKES et al. 1992). Mit der anschließenden globalen Erwärmung im späten Kasimovium und Gzhelium (Stefan) stellte sich ein stärker monsunales geprägtes Windsystem ein. Dessen Monsunwinde querten den Äquator weithin über die Landmassen von Pangäa und brachten keine maritime Feuchte in die tropische Zone des Großkontinents.

Über das gesamte Perm hinweg herrschte in unserem Raum ein monsunales beeinflusstes tropisches Trockenklima mit langen, wohl auch häufig mehrjährigen Trockenzeiten (Rotfärbung, Krustenbildungen) und saisonal auftretenden, heftigen Niederschlägen (Alluviale Sedimente, Schichtfluten, Schuttströme, ephemere Seen). Sucht man nach heutigen Beispielen, die zumindest einen Eindruck von Klima und Landschaften des südwestdeutschen Permokarbons geben, wird man für das späte Karbon vielleicht an die nur jahreszeitlich trockenen Bergländer von Borneo und Sumatra, für das Perm mehr an die tropischen Wüsten Ostafrikas (Somalia, Djibuti, Äthiopien) denken – trotz vieler geographisch-tektonischer Unterschiede in den Einzelheiten.

4 Altersstellung

4.1 Bisherige Altersdaten

Biostratigraphisch verwertbare Fossilien hat das Permokarbon Baden-Württembergs bislang vor allem aus seinem ältesten Abschnitt, dem Oberkarbon, geliefert (MAASS & VOGELLEHNER 2005). Bereits am Ende des Karbons wird die Fossilführung spärlich und verwertbare Leitfossilien werden immer seltener, um im Perm auf einzelne Fundpunkte beschränkt zu bleiben (LÖFFLER 1992). Ergänzend



treten hier jedoch einige physikalische Datierungen an Rotliegend-Magmatiten hinzu. Im Folgenden soll der Stand der Altersbestimmungen kurz zusammengefasst werden (Abb. 14, 15), wobei für ausführlichere Literaturhinweise auf die Abschnitte der jeweiligen Formationsbeschreibung verwiesen wird (Kap. 6). Einige bislang unveröffentlichte palynologische Ergebnisse aus dem Nordschwarzwald werden in Kap. 4.2 vorgestellt.

Die älteste Einheit des Oberkarbons im Schwarzwald, die Berghaupten-Formation (Oberrheinische Steinkohlen-Gruppe), überlagert diskordant Metamorphite und Magmatite des kristallinen Grundgebirges, die auch das Sedimentmaterial dieser Formation geliefert haben. Metamorphose bzw. Kristallisation dieser Gesteine sind radiometrisch in das frühe Karbon datiert (330 bis 320 Ma: spätes Viséum bis Serpukhovium; DRACH et al. 1974). Die artenreiche Makroflora der Berghaupten-Formation umfasst Arten, die für das jüngere Namur und für das ältere Westfal charakteristisch sind (STEPANEK 1987, MAASS & VOGELLEHNER 2005) und kann daher dem Bashkirium der internationalen Karbongliederung zugeordnet werden. Da hier jedoch alle Fossilfunde aus Haldenmaterial stammen, ist noch unklar, ob die Mischung von Florenelementen des Namur und Westfal im Sammlungsmaterial auf eine kontinuierliche Abfolge im Grenzbereich oder auf zwei getrennte Sedimentationsepisoden hindeutet.

Dagegen führen Staufenberg-, Oppenau-, Hohengeroldseck-, Tierstein- und Weiach-Formation (Kohlen-Arkosen-Untergruppe) in ihren älteren Abschnitten Makroflora und/oder Palynomorphen

des frühen bis mittleren Stefan (Kasimovium bis frühes Gzhelium), die in der tieferen Oppenau- und Hohengeroldseck-Formation auch durch einzelne biostratigraphisch verwendbare Schablenflügel bestätigt wurden. Radiometrische Alter von ca. 300 Ma (frühes Gzhelium) für einen Tuff der Staufenberg-Formation (HESS et al. 1983) sowie 298 und 303 Ma für zwei Tufflagen in der Weiach-Formation (SCHALTEGGER 1997) stehen damit gut in Einklang, selbst wenn eine mögliche geringfügige „Verjüngung“ durch hydrothermale Alteration in Rechnung gestellt wird.

Die Florenreste in den höheren Abschnitten der Formationen sind dagegen biostratigraphisch nicht näher einzuordnen. Sie tragen bereits den Charakter des sich vom tieferen Stefan an zunehmend verbreitenden „Autun“-Ökotyps, der früher irrtümlich ausschließlich dem Perm zugeschrieben wurde (BROUTIN et al. 1986, 1990, BOY & FICHTER 1988). Auch die Flora von Oppenau (Lierbach-Schichten der Oppenau-Formation) „enthält keine unzweifelhaft reine Rotliegendform, aber auch keine Art, [die] bisher nur im Carbon vorgekommen wäre. Es liegt also kein genügender Grund vor, sie [biostratigraphisch!] dem einen oder dem anderen zuzurechnen“ (STERZEL in SCHALCH 1895: 42). Insbesondere Funde von *Pterophyllum blechnoides* in der Oppenau-Formation haben lange zu einer Einstufung dieser Schichten in das frühe Perm geführt, da sich *Pterophyllum*-Arten weithin erst mit den zunehmend trockeneren Bedingungen der Rotliegendzeit bis in die Tiefländer ausbreiten. CZYGAN (1964) fand jedoch eingeschwemmte Reste von *Pterophyllum* auch im – nach der übrigen Flora früh- bis mittelstefanischen – Oberen Schiefertone

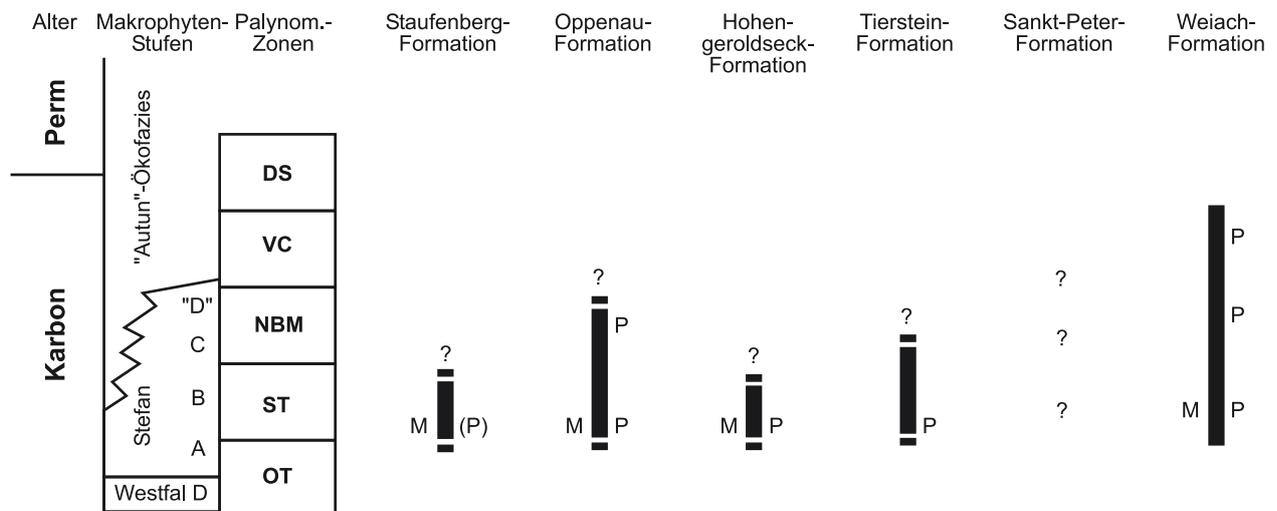


Abb. 14: Biostratigraphische Einstufung der Formationen der Kohlen-Arkosen-Untergruppe nach den bisher vorliegenden Daten aus Makrophytenresten (M) und Palynomorphen (P); Einzelheiten und Literatur s. Text. Palynomorphen-Zonen nach CLAYTON et al. (1977).

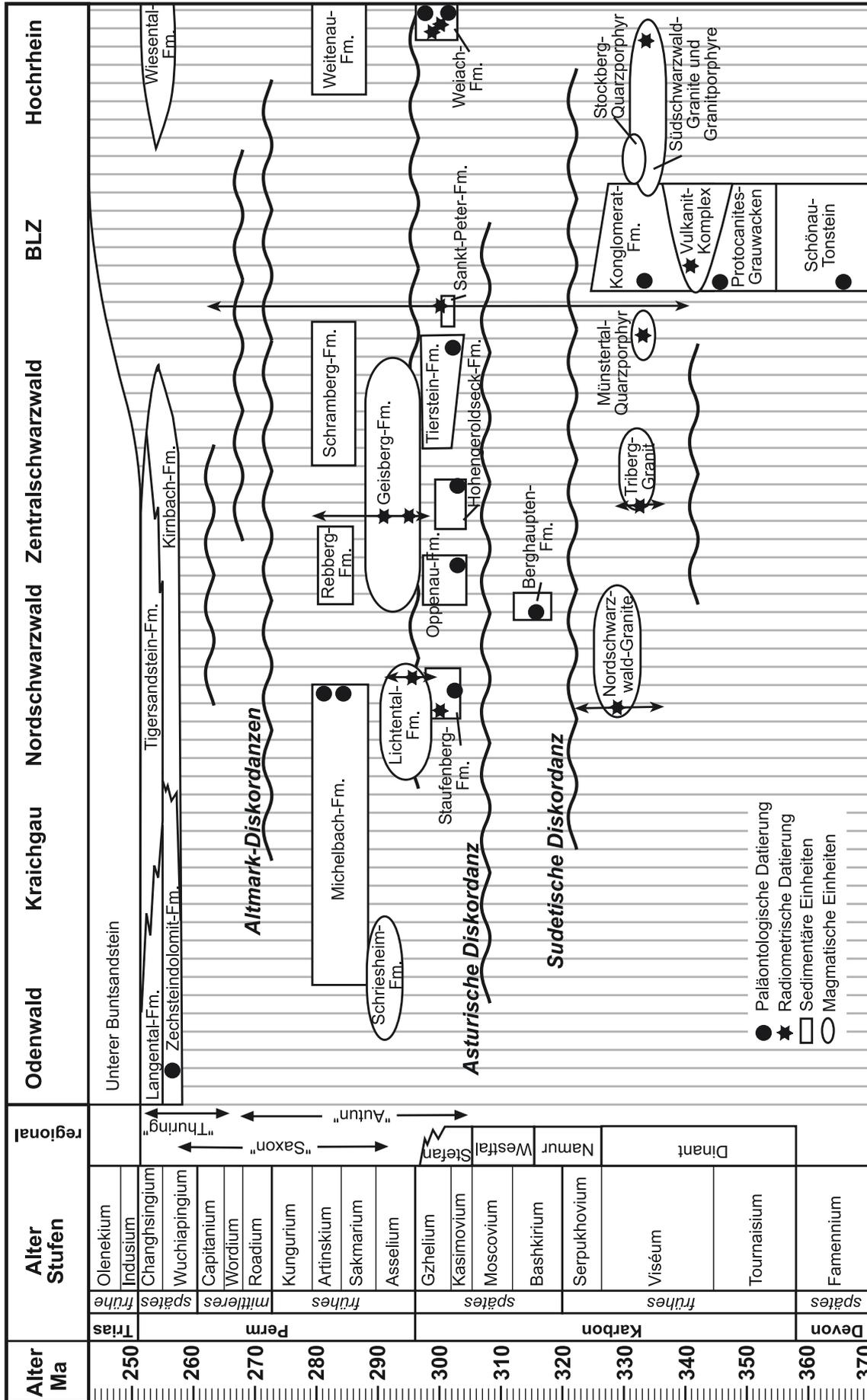


Abb. 15: Chronostratigraphische Übersicht der sedimentären und magmatischen Gesteinseinheiten aus Karbon und Perm in Baden-Württemberg.



der Hohengeroldseck-Formation und konnte damit frühere Angaben von ECK (1884, auch zitiert von SANDBERGER 1890 und STERZEL 1907) bestätigen. Eine Probe, die aus einem *Pterophyllum* führenden tonigen Schluffstein der Oppenau-Formation gewonnen wurde, führt nach HARTKOPF-FRÖDER (Kap. 4.2) ebenfalls eine für das höhere Stefan charakteristische Palynomorphen-Assoziation. Offenbar hatte sich die Gattung im Hochland bereits im späten Karbon entwickelt und trat in den intramontanen Becken Süddeutschlands früher in Erscheinung als in den topographisch niedriger gelegenen Randsenken Mittel- und Norddeutschlands.

Die Weiach-Formation umfasst nach HOCHULI (1985) Palynomorphen-Zonen des Stefan (ST-/NBM-Zone nach CLAYTON et al. 1977) und die *Vittatina costabilis*-Zone, die früher in das Perm gestellt wurde. In der Bohrung Wintersingen stellte HOCHULI (1985) einen möglichen Übergang in die darüber folgende *Disaccites striatilis*-Zone fest. Das international gültige Typusprofil der Karbon-Perm-Grenze in Kasachstan (DAVYDOV et al. 1998) zeigte inzwischen, dass diese Grenze erst innerhalb der *Disaccites striatilis*-Zone liegt (DUNN 2001). Dementsprechend ist heute die gesamte Weiach-Formation noch als karbonisch anzusehen. Dies kann auch auf die Bohrung Dingelsdorf übertragen werden, für deren schlecht erhaltene Mikroflora aus langlebigen Taxa zwar zunächst „möglicherweise Westfal“ in Erwägung gezogen wurde (GREBE 1960, LEMCKE & WAGNER 1961), deren Formen sich aber auch in den reichhaltigeren Mikroflora des Nordschweizer Stefans wieder finden.

Gleiches gilt wohl auch für die Tierstein-Formation, deren ältester Abschnitt im Beckeninneren (Bad Urach) palynologisch in das frühe bis mittlere Stefan datiert werden konnte, während der jüngere Abschnitt, der bei Schramberg in Randfazies zutage ausstreicht, keine verwertbaren Leitfossilien mehr lieferte. Mit *Lycospora pusillis* ist jedoch auch in der Neuwiesen-Subformation ein typisches Element der spätkarbonischen Sumpfland-Floren nachweisbar (BUNTEBARTH et al. 1979). Dies entspricht der von BOY & SCHINDLER (2000) vertretenen klimastratigraphischen Korrelation der lakustrinen Serie in der höheren Weiach-Formation und der lakustrinen Fazies der Neuwiesen-Subformation mit einer „stephano-autunischen, vorherrschend lakustrinen Phase“, die im Saar-Nahe-Becken der Altenglan-Formation (dort zur Glan-Untergruppe des Rotliegenden gerechnet) und im Saale-Becken der höheren Möhrenbach-Formation (zum Oberkarbon gerechnet) entspricht. Die extrem fossilarme Sankt-Peter-Formation ist möglicherweise ganz diesem nicht näher datierten jüngeren Abschnitt zuzuordnen, doch fehlen hier biostratigraphische Daten vollständig.

Lithostratigraphisch zeigen sich auch diese jüngeren und in der Regel undatierten Abschnitte älter als die Rotliegend-Magmatite, da sie von diesen überlagert werden und keine Gerölle daraus enthalten – allein der wahrscheinlich bereits spätkarbonische Gallenbach-Quarzporphyr, der nach seiner Lithologie stratigraphisch zur Lichtental-Formation gerechnet wird, könnte hierin eine Ausnahme darstellen (s. Kap. 6.3.2). Da zumindest die radiometrisch datierten Vulkanite offenbar nahe der internationalen Karbon-Perm-Grenze (Gzhelium-Asselium-Grenze) entstanden, ist auch für die undatierten („Autunischen“) Abschnitte der genannten Formationen ein spätkarbonisches Alter (mittleres bis spätes Gzhelium) als wahrscheinlich zu betrachten.

Aus dem Rotliegenden liegen bisher nur für die Lichtental- und Michelbach-Formation biostratigraphische Daten vor. Aus einer Arkose der Lichtental-Formation stammt der einzige Fund von *Autunia conferta* in Baden-Württemberg (STERZEL 1907), deren stratigraphische Reichweite (höheres Stefan bis mittleres Perm) zumindest mit den für die begleitenden Vulkanite radiometrisch bestimmten Altern (spätestes Gzhelium oder Asselium: 298 – 293 Ma, DRACH 1978, Kap. 6.3.1.2) gut übereinstimmt. Die bisherigen Altersdaten aus den Quarzporphyren der Rotliegend-Magmatite sind zwar bislang noch sehr unsicher, da die hierfür verwendeten Rb-Sr-Isotopensysteme durch die spätere hydrothermale Überprägung der Gesteine (Kap. 5) teilweise deutlich gestört wurden. Die ältesten und damit mutmaßlich am wenigsten „verjüngten“ Alter der Rotliegend-Magmatite fallen jedoch meist in den Zeitraum 296 – 290 Ma (LIPPOLT et al. 1983, HESS & LIPPOLT 1996) und damit in das Asselium oder, falls geringfügig verjüngt, in das ausgehende Gzhelium (älteste Daten bis 298 Ma: DRACH 1978; Alter der Stufengrenzen nach STD 2002). Das Alter der Rotliegend-Magmatite in Baden-Württemberg entspricht einem in Mitteleuropa weit verbreiteten magmatischen Ereignis um 296 Ma, das in zahlreichen Rotliegend-Becken die Vulkanite des tieferen Rotliegenden hervorgebracht hat (SCHNEIDER et al. 1995). Auch die paläomagnetischen Messungen von KONRAD & NAIRN (1972), DACHROTH (1976), EDEL (1987) und EDEL & SCHNEIDER (1995) legen für die Rotliegend-Magmatite und -Sedimente eine Entstehung im ausgehenden Karbon oder frühen Perm nahe.

Der nach ihrer Lagerung sicher jüngeren Michelbach-Formation weisen Conchostraken und Trittsiegel von Landwirbeltieren ein frühpermisches Alter zu, wobei Sakmarium und Artinskium als wahrscheinlichstes Alter gelten dürfen (KOZUR 1981, KOZUR & SITTIG 1981, LÖFFLER 1992). Palynologische

Untersuchungen stehen mit diesem Ergebnis im Einklang (Kap. 4.2), erlauben aber im frühen Perm keine Feingliederung. Die übrigen Rotliegend-Sedimente sind nicht unmittelbar datiert, können jedoch nach ihrer stratigraphischen Position ebenfalls zumindest generell dem frühen Perm zugewiesen werden.

Aus dem späten Perm stammen die Fossilien der Zechsteindolomit-Formation. Eine nähere Einstufung innerhalb der Zechsteinstratigraphie ist anhand der Fossilien (Muscheln, Brachiopoden, Foraminiferen; Liste bei TRUSHEIM 1964) nur nach ökostratigraphischen Gesichtspunkten möglich und bleibt unsicher.

Das Artenspektrum spricht insgesamt für eine Korrelation mit dem Werra-Karbonat (Ca1). Nach Mächtigkeitsvergleichen mit Bohrprofilen aus Franken und Hessen schließen CARLÉ (1956) und TRUSHEIM (1964) auf eine Korrelation der mächtigen Zechsteindolomit-Formation von Bad Mergentheim und Boxberg mit den Folgen z1 – z3, während KÄDING (1978) darin lediglich eine Vertretung der Folge z1 sieht. Bei Neuaufnahmen am Kern der Bohrung Kraichgau 1002 ließen sich tatsächlich keine Hinweise auf einen signifikanten Hiatus innerhalb der Zechsteindolomit-Formation erkennen, der bei einem Ausfall der Folge z2 zu erwarten gewesen wäre.

Auch die geringmächtige Ausbildung des Schwellenrandes im Odenwald wurde von BACKHAUS (1980) und SCHWEISS (1984) den Folgen z1 – z3 zugeordnet. Nach PAUL (1985) gehen die dabei als Folgen Grenzen gedeuteten Karsthorizonte jedoch auf Meeresspiegelschwankungen innerhalb der Folge z1 zurück. Demnach dürfte die Zechsteindolomit-Formation allein als Äquivalent des Zechsteinkalks (Werra-Karbonat, Ca1) anzusehen sein.

Die Kirnbach-Formation des Schramberger Raumes bringen LEIBER & MÜNZING (1979, 1985) sowie RÖPER (1980) zyklustratigraphisch mit den Folgen z1 – z3 in Zusammenhang, wobei sie im hangenden Abschnitt Äquivalente höherer Folgen nicht ausschließen. Langental- und Tigersandstein-Formation umfassen offenbar regional unterschiedliche Abschnitte des höheren Zechsteins, wobei noch offen ist, ob alle aus dem norddeutschen Raum bekannten Folgen hier durch Sedimente vertreten sind. Die geochronologische Grenze zwischen Perm und Trias wird nach magnetostratigraphischen Ergebnissen erst geringfügig über der Faziesgrenze zwischen Zechstein-Randfazies und Buntsandstein erreicht und fällt in Baden-Württemberg in die Untere Eck-Formation des Schwarzwaldes bzw. in den Heigenbrücken-Sandstein des Odenwaldes (SZURLIES et al. 2003, JUNGHANS 2003).

4.2 Palynologische Befunde

CHRISTOPH HARTKOPF-FRÖDER

Ergänzend zu den bereits publizierten Altersdaten können hier einige bislang unpublizierte Befunde an Proben aus dem nördlichen Schwarzwald gegeben werden. Die Probennahme erfolgte in den Jahren 1987/1988 in Sedimenten des Baden-Baden- bzw. südlichen Kraichgau-Beckens, des Oppenau-Beckens und des Geroldseck-Beckens. Die Mehrzahl der Proben lieferte nur schlecht erhaltenes, kaum aussagekräftiges Material. Einige Proben erlauben jedoch eingeschränkte stratigraphische Aussagen. Sie werden ergänzt durch eine Probe von Oppenau aus Sammlungsmaterial des LGRB Freiburg.

1. Hohengeroldseck-Formation,
Unterer Schiefertone: Ostabhang der
Hohengeroldseck, Seelbach-Geroldseck,
TK 25-Nr. 7613: R 34 24 920, H 53 55 190

Proben aus dem nördlichen Quellbach des Emersbaches lieferten eine schlecht erhaltene und artenarme Mikroflora. In einer Probe aus dem Unteren Schiefertonehorizont kommen *Lycospora* und *Torispora* selten vor, während *Potonieisporites* noch zu fehlen scheint. Eine Einstufung in das Stefan A/B oder älter ist damit für diesen Horizont wahrscheinlich.

2. Oppenau-Formation, Hinterohlsbach-Schichten: Proben aus einer Halde E Lindle,
Ohlsbach-Hinterohlsbach, TK 25-Nr. 7514:
R 34 28 800, H 53 69 800

Die Mikroflora führt häufig zahlreiche trilete Miosporen (z. B. *Lycospora*) sowie monolette Miosporen (*Torispora*, *Punctatosporites*, *Spinisporites* und *Thymospora*). *Potonieisporites* fehlt dagegen. Diese Assoziation ist typisch für die OT- bzw. ST-Miosporenzone nach CLAYTON et al. (1977), wobei wegen des regelmäßigen Vorkommens von *Spinisporites* die Miosporenzone ST wahrscheinlicher ist. Damit wäre das Vorkommen in das Stefan A/B einzustufen.

3. Oppenau-Formation, Liebbach-Schichten:
Probe aus einem Handstück mit *Pterophyllum blechnoides* auf einer Schichtfläche,
Sammlung des LGRB (7415/F37).
Herkunft: Liebbachtal N Oppenau,
TK 25-Nr. 7415: R 34 39 800, H 53 74 100

Die Probe aus dem Liebbachtal lieferte eine Assoziation mit zahlreichen saccaten Formen, unter anderem mit *Potonieisporites*. Diese Assoziation ist am ehesten in die NBM-Miosporenzone nach



CLAYTON et al. (1977) einzustufen, d.h. in das Stefan C/"D". Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die Datierung nur auf einer Probe beruht. Da die Zusammensetzung der Miosporensassoziationen des hohen Oberkarbons in erheblichem Maß von ökologischen Bedingungen gesteuert wird (z.B. Klima, Wasserversorgung der Pflanzen), sind Einstufungen, die auf wenigen Proben beruhen, mit gewissen Unsicherheiten behaftet.

4. Michelbach-Formation, Unterer Tonstein:
Proben aus der Aufschlussbohrung
Sulzbach 1981 (BO 7116 / 319),
TK 25-Nr. 7116: R 34 52 610, H 54 07 789

Die Mikrofloraassoziation aus der Bohrung Sulzbach wird dominiert von mono- und bisaccaten Gattungen. Häufig ist *Potoniopsisporites*, zusätzlich kommen aber auch bisaccate taeniata Formen vor. Damit ist diese Assoziation sicher die jüngste von allen untersuchten und in das Perm einzustufen.

5 Faziesentwicklung

5.1 Ablagerungsräume des Oberkarbons

Die Sedimente des Oberkarbons bestehen überwiegend aus alluvialen bis fluvialen Rinnensedimenten, die mit sandigen und schluffig-tonigen Ablagerungen der Überflutungsflächen abwechseln. Die größten Gerölldurchmesser werden in der Berghaupten-Formation mit bis zu 20 cm großen Blöcken erreicht. In den Formationen der Kohlen-Arkosen-Untergruppe herrschen Gerölle der Fein- bis Mittelkiesklasse vor. Die Hauptmasse der Sedimente besteht jedoch aus groben Arkosen, in denen die kantigen Feldspatklasten heute zu Ton oder Serizit zersetzt sind.

Die Rinnenfüllungen in den Formationen der Kohlen-Arkosen-Untergruppe zeigen eher kleine Dimensionen von selten mehr als 2 m Mächtigkeit und nur wenigen Metern Breite, wobei die unebenen und erosiven Basisflächen der Rinnensedimente die Schichtungsgefüge beherrschen (SESSLER 1979, DRESSLER 1983; Abb. 21, 22). Zwischengeschaltete Schlufftonsteine führen teilweise kleine flache Arkoselinseln mit undeutlicher Schrägschichtung (Einzelrippeln, Abb. 23 a, b) oder wechseln mit dünn horizontalschichtigen feinkörnigen Arkosebänken. Diese Ablagerungen stammen wohl aus regelmäßig überfluteten Zwischenrinnen-Bereichen und stellen Hochwasser- und Dammbuch-Sedimente dar. Der Grundwasserstand war hoch

und führte zu Gleysol-artigen frühdiagenetischen Überprägungen in den Sedimenten, wobei Pyrit- und Hämatitkonkretionen wechselnd reduzierende und oxidierende Porenwässer belegen. Die meist eher grau-violetten Farben weisen ebenfalls auf wechselhafte Redoxbedingungen im Sediment und Bildung geringer Mengen von Hämatit hin. Wurzelspuren sind nur in der Berghaupten-Formation häufiger und wurden in der Kohlen-Arkosen-Untergruppe bisher nur aus der Oppenau-Formation bekannt (Lierbachtal). Reifere Paläoböden scheinen, bis auf die Torfakkumulationen der Steinkohlenbänke (Histosole), ganz zu fehlen. Die Uferbänke der Rinnen blieben offenbar instabil und jedes neue Hochwasser änderte den Verlauf der einzelnen Wasserläufe. Da trogförmige Schrägschichtungsmuster gewöhnlich fehlen, schloss bereits SESSLER (1979: 192) auf „reißende Bergbäche“, deren Hochwässer das schlecht sortierte Sedimentmaterial mit Austritt in die flachen Schwemmfächer des Sedimentbeckens rasch absetzten.

Unter den Tonmineralen herrscht Illit vor, während Kaolinit nur in den Kohle führenden Schichten etwas häufiger auftritt, was eher auf subhumide als auf humid-tropische Verwitterungsbedingungen im Hinterland hinweist (SESSLER 1979). Auch am fast allgegenwärtigen weißen Zersatz der Feldspäte ist nur vereinzelt Kaolinit beteiligt, meist handelt es sich um sekundäre (teilweise in den Jura datierte) hydrothermale Serizitisierung. Die großen Mengen mechanisch erodierten Kristallingruses weisen darauf hin, dass das Klima im süddeutschen Segment des Variskischen Gebirges, trotz seiner äquatorialen Lage, bereits im Westfal und noch deutlicher im Stefan jahreszeitlich trocken gewesen sein dürfte. Nach den Untersuchungen von CECIL & DULONG (2003, CECIL et al. 2003) spielt in tropisch-warmen Klimaten das Relief der Abtragungsgebiete für die Zusammensetzung der Sedimentfracht eine geringere Rolle als die Niederschlagsmenge und insbesondere deren Verteilung im Jahreslauf. Während die für immerfeuchte Tropen charakteristische chemische Verwitterung auch im Gebirge nur wenig grobes Material liefert, zeigen Flussbetten mit subhumidem, jahreszeitlich trockenem Hinterland starke Schüttungen aus wenig verwittertem Sand und Kies, wie sie auch für die spätkarbonischen Gebirgsbecken typisch waren.

Bereits FRENTZEN (1931 a) hatte aus den Jahresringen in spätkarbonischen Kieselhölzern auf ein wechselfeuchtes Klima zumindest in den Hochgebieten geschlossen. Die Torfbildung in den Flussniederungen, die in den Becken als Kohleflöze überliefert ist, und die darin dokumentierte Moorflora sprechen nicht gegen eine trockene Jahreszeit, sondern lediglich für einen dauerhaft hohen

Grundwasserspiegel. Rotbraune Sedimentfarben finden sich im höheren Teil der Abfolge als lokal entwickelte, dabei aber stets nur wenig bis sehr wenig gereifte Initialböden und deuten auf eine wachsende Bedeutung der jährlichen Trockenzeit zum Ende des Karbons. Dabei kam es im süddeutschen Gebirgsland jedoch nicht zur Entwicklung ausgeprägt semiarider Paläoboden-Gesellschaften mit Pedocretes und rotbraunen Vertisolen, wie sie aus dem Stefan der nordwestdeutschen subvariskischen Vorlandmolasse bekannt sind (SELTER 1989, RÖSSLER 1995).

Sedimente größerer stehender Gewässer sind bislang nur aus dem Baden-Baden-Becken, dem Nordschweizer Becken sowie insbesondere aus dem Schramberg-Becken bekannt, doch treten auch im Geroldseck- und Oppenau-Becken metermächtige Stillwassersedimente zwischen den Rinnenarkosen auf (Abb. 20, 23d). Die Mehrzahl der See- oder Teichsedimente schaltet sich in nur geringer Mächtigkeit und lateraler Ausdehnung in die alluvialen Sedimente ein und wurde vermutlich in kleineren stehenden Gewässern innerhalb einer Alluvialebene abgelagert. Hierbei handelt es sich in allen Fällen um schwarzgraue bis graue feingeschichtete Schluffsteine bis Schlufftonsteine.

Die mächtigsten und ausgedehntesten Seesedimente sind aus dem Schramberg-Becken bekannt (Bad Urach, Oberndorf, Sulz). Es sind Wechselfolgen von Schlufftonsteinen mit Dolomitsteinbänken (Neuwiesen-Subformation der Tierstein-Formation). Sie verzahnen sich gegen den Beckenrand mit alluvialen Arkosen (Tierstein-Arkoseschichten). Nach den Untersuchungen von KRJUTSCHKOW (2006) handelte es sich zeitweise um einen tieferen See, auf dessen Grund dünne schluffig-feinsandige Turbiditlagen mit laminierten Seetonen abwechseln. Im mittleren Teil zeigen sich pedogene Merkmale eines palustrinen Ufersaumes, die auf stark schwankende Ausdehnung der Wasserfläche hindeuten. Die hydrologischen Bedingungen wechselten offenbar zwischen eutrophen Hochständen mit anoxischem Hypolimnion – die sich in schwach bituminösen und Pyrit führenden laminierten Tonstein-Schichten niederschlagen – und evaporitisch geprägten Tiefständen, in denen dolomitische Tonsteine, geringmächtige Dolomitsteinbänke und geringe Mengen von Gips entstanden. Seine größte Flächenausdehnung dürfte der „Neuwiesen-See“ in seinem älteren Abschnitt erreicht haben. Dort kann mit einer Ausdehnung von mehr als 100 km² gerechnet werden. Zum Hangenden zeigen sich auch in Bad Urach immer mehr braune und rotbraune Farben in den Tonsteinen, was auf zunehmende Spiegelschwankungen zurückzuführen sein könnte.

Distale Aschenfälle weisen mit zentimeter-, höchstens dezimeterstarken Tufflagen auf entfernten Vulkanismus hin (maximal 1,5 m in Bohrung Urach 3: KRJUTSCHKOW 2006). Die Eruptionszentren können sich in nicht datierten Quarzporphyren unter der fränkischen Alb (Treuchtlingen, Daiting), des Schwarzwaldes (Gallenbach-Quarzporphyr?) und der Vogesen (und in deren heute verdeckten Umgebung) verbergen sowie im intermediären Ohmenkirch-Phyrit der St. Peter-Formation, der nach den Verbandsverhältnissen ebenfalls gegen Ende des Karbons entstanden sein dürfte. SCHALTEGGER (1997) vermutet für die spätestkarbonischen Tuffe des Nordschweizer Beckens die vulkanische Quelle im Aarmassiv.

5.2 Rotliegend-Magmatite

Bei den Quarzporphyren des Rotliegenden handelt es sich um hydrothermal alterierte Rhyolithe bis Rhyodacite, von denen sowohl Stöcke und Gänge mit steil stehenden Fließgefügen als auch stark verschweißte Ignimbrit-Decken vorliegen. Vielfach sind noch Relikte der Primärgefüge zu erkennen. Sie zeigen an, dass viele Gesteine vor der hydrothermalen Alteration als Glas (Pechstein) vorlagen, wenn auch oft mit felsitischen Partien (Kugelpechstein). Die Alterationen umfassen Serizitisierung und Verquarzung bzw. Verkieselung, teilweise auch durchgreifende Bleichung. Weitere sekundäre Mineralbildungen sind Dickit, Nakrit, Seladonit, Epidot, Turmalin, Apatit, Fluorit, Baryt, Karbonate und Goethit (MAUS 1967b). Die Alterationen betreffen auch einen Teil der Tuffe. Das Alter dieser Überprägung ist bislang nicht direkt bestimmt und wurde lange in Zusammenhang mit einer Spätphase des Vulkanismus gesehen. Die insbesondere beim Grünberg-Quarzporphyr vor der Verkieselung bereits weit fortgeschrittene Alterung des Gesteinsglases – zu Pechstein bzw. Kugelpechstein (Felderstruktur, Kugelgefüge; MAUS 1965) – spricht jedoch für einen größeren zeitlichen Abstand. Wahrscheinlicher als eine noch permische Alteration ist daher ein direkter Zusammenhang mit – aus dem begleitenden Sedimentgesteinen belegten – jurassischen (kimmerischen) hydrothermalen Serizitisierungen und Verquarzungen (ZUTHER & BROCKAMP 1988, BROCKAMP et al. 1994, 2003; weitere Literatur s. WERNER & DENNERT 2005). Entsprechend der durchgreifenden hydrothermalen Alteration sind die Isotopensysteme dieser Gesteine heute deutlich gestört und haben noch keine zuverlässigen Altersbestimmungen zugelassen. Die Altersdaten der Rb-Sr-Untersuchungen (LIPPOLT et al. 1982, 1983) ergaben dementsprechend stark streuende Werte zwischen dem Ende des Karbon und dem späten Perm (Kap. 4.1).



Der rhyolithische bis rhyodacitische und nach den Förderprodukten wohl überwiegend explosive Vulkanismus der Rotliegend-Magmatite Baden-Württembergs erfolgte – ähnlich wie in den Vogesen (SCHNEIDER & EDEL 1995) – im transtensiven Regime der postvariskischen Intraplattentektonik. Die Schmelzbildung fand bei den Porphyren der Geisberg-Formation, nach petrologischen und geochemischen Ergebnissen von SCHLEICHER et al. (1980, SCHLEICHER & LIPPOLT 1981), in der mittleren Kruste in 8 – 12 km Tiefe statt. Eingehende geochemische Untersuchungen stehen jedoch noch aus. Als primäre vulkanische Fazies können unterschieden werden: (heute alterierte) Glasstöcke in Zufuhrkanälen, möglicherweise als Erosionsrumpf von Staukuppen, deckenartig ausgebreitete Ignimbrite und Aschenfälle. Hinzu treten (lokal) autoklastische Brekzien und gering umgelagerte „Porphyragglomerate“, wohl aus dem Krater- und Böschungsbereich der Vulkanbauten, epiklastische Vulkanit-Konglomerate mit tuffitischer Matrix (insbesondere in der Lichtental-Formation) in Rinnen- und Schuttstrom-(Lahar)-Fazies und verschwemmte Tuffite aus Aschenmaterial mit untergemischten nichtvulkanischen Komponenten. Die Zufuhrkanäle zeigen oft nur einmalige Förderung, teilweise jedoch mehrfache Reaktivierung (Gottschlägtal bzw. Eichhaldenfirst bei Ottenhöfen; MAUS 1965) und dabei meistens steil einfallende, häufig bis in den Zentimeterbereich verfaltete Fließtexturen (Abb. 28 d). Einige Stöcke weisen einen zum Zentrum hin zunehmenden Gehalt an Einsprenglingen auf, andere waren offenbar vor ihrer hydrothermalen Überprägung nur schwach vitrophyrisch bis vitritisch. Die Quarzporphyr-Stöcke sind dabei oft in ein säuliges oder orthogonales System von Abkühlungsklüften zersprungen, das Beziehungen zur Orientierung der Fließgefüge und zu den Schlotwänden zeigt (DRESSLER 1983, FLICK 1986; Abb. 28 c).

Die Ignimbrit-Decken waren in ihrem unteren Abschnitt glasig verschweißt und zeigen nahe der Obergrenze örtlich noch Blasen- bzw. Mandelsteingefüge (Hoher Geisberg; THÜRACH 1901, MAUS 1965). Die mächtigeren Deckenkomplexe bestehen dabei aus Absätzen mehrerer Eruptionen, die durch geringmächtige Tuffschichten getrennt, aber auch unmittelbar aufeinander folgen und untereinander verschweißt sein können (Dossenheim, Baden-Baden, Geisberg). Die Zuordnung der Eruptionsdecken zu einzelnen Porphyrstöcken (Förderzentren) ist noch spekulativ. Nach den geochemischen Daten von ARIKAS (1986) zeigen manche Proben des Dossenheim-Quarzporphyrs Ähnlichkeiten zu den Schloten des Raubschlösschens und Daumberges, während andere Proben auch eine Beteiligung des Wachenberg-Schlotes

möglich erscheinen lassen – weitere unter dem Mesozoikum verdeckte Förderzentren sind jedoch nicht auszuschließen. In den Tuffen und Tuffiten sind häufig pedogene Horizonte erkennbar, meist als Krustenböden und durch tonigen Zersatz der Vulkanaschen (LEIBER 1972), die auf längere Pausen zwischen den Akkumulations- bzw. Eruptionsereignissen hinweisen.

5.3 Ablagerungsräume der Rotliegend-Sedimente

Die fazielle Gliederung der Rotliegend-Becken zeigt trotz jeweils individueller Züge für alle Becken (mit Ausnahme des Breisgau-Beckens) ein recht einheitliches Muster (Abb. 16). Sedimentologische Untersuchungen (FRANK 1934, STROMBURG 1964, LINDINGER 1984, MATTER 1987, MATTER et al. 1988, LÖFFLER et al. 1988, BLÜM 1989, LÖFFLER 1992, BACKHAUS & BÄHR 1992, FRÖHLER & LEBEDE 1994 und unveröffentlichte Schriften, vgl. Hinweise in den Formationskapiteln) dokumentieren immer wieder eine grobe Randfazies aus Schuttfächern, die beckenwärts in alluviale Arkosesande eines ariden Glacis und tonige Playa-Sedimente übergeht.

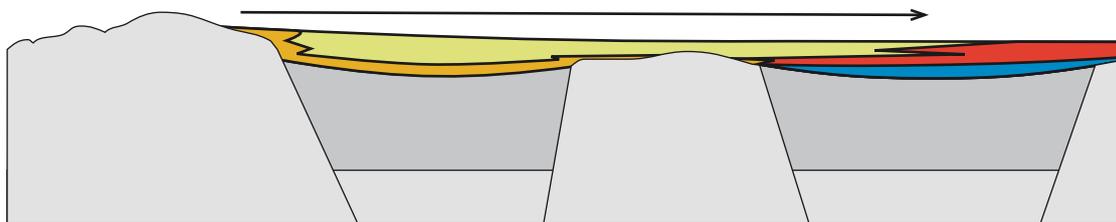
Den Beckenrand gegen die anschließende Kristallinschwelle bildeten offenbar in den meisten Fällen synsedimentär aktive Störungszonen, an denen der Reliefunterschied zwischen Abtragungsgebiet und Sedimentationsgebiet ständig erneuert wurde. Die Sedimente setzen teilweise unmittelbar an der Randstörung ein und können hier sogleich mehrere hundert Meter Mächtigkeit erreichen (SCHRAMBERG; Abb. 32). Örtlich greifen sie jedoch auch als Füllung von Erosionsrinnen mehrere Kilometer weit auf die Kristallinschwellen über oder erscheinen dort als isolierte und geringmächtige Vorkommen in Erosionshohlformen (Odenwald, Nordschwarzwald-Schwelle, möglicherweise Südschwarzwald-Schwelle – Alterseinstufung meist unsicher). Als äußerste Randfazies erscheinen Schuttströme aus schlecht bis nicht sortierten matrixreichen Brekzien (Abb. 30, 31 a – c). Deren aufgestapelte Einzellöben von höchstens wenigen Metern Breite und einer Mächtigkeit von einigen Dezimetern oder nur Zentimetern erscheinen im Aufschluss wie eine unregelmäßige und undeutliche Linsenschichtung (z. B. Aufschlüsse in Schramberg, bei Loffenau, Bohrungen um Bad Teinach u. a.). In längeren Sedimentationspausen und auf zeitweise stillgelegten Flächen der Schuttfächer wurde das Sediment offenbar zu einem Steinpflaster ausgeblasen, wie die gelegentlich anzutreffenden und meist nochmals umgelagerten Windkanter nahelegen. Nennenswerte äolische Ablagerungen sind bislang aber aus dem Rotliegenden von Baden-Württemberg noch nicht dokumentiert.

Schräggeschichtete Rinnenfüllungen aus kaum besser sortiertem Material schalten sich dicht am Beckenrand noch sehr untergeordnet ein. Mit wachsender Entfernung vom Liefergebiet nimmt der Anteil sandiger, schräggeschichteter Sedimente und gerundeter größerer Komponenten jedoch rasch zu. Nach einigen Kilometern gehen die Ablagerungen in eine Wechselfolge von alluvialen Rinnen- und Schichtflut-Sedimenten (Konglomerate und Arkosen) mit wechselnden Schrägschichtungsmustern über. Bis in eine Entfernung von mehreren Kilometern vom Beckenrand können jedoch noch Schuttstrom-Körper eingelagert sein (Michelbach-Formation).

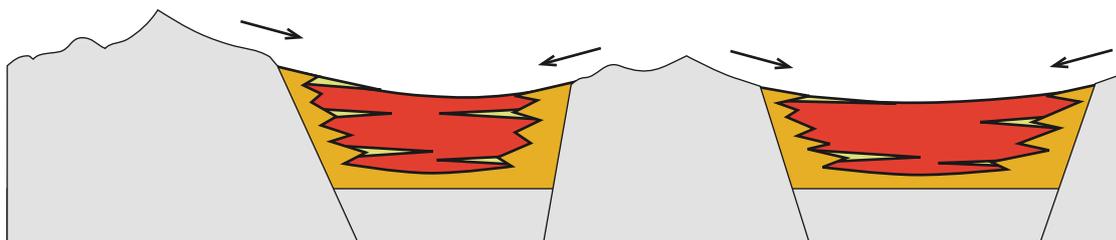
Im westlichen Kraichgau-Becken hat die Bohrung Kraichgau 1002 distale Schwemmfächersedimente erschlossen, in denen dünn-schichtige grobsandige Schichtflut-Ablagerungen mit ungeschichteten bis schräggeschichteten, Feinkies und grobe Tongerölle führenden Rinnenfüllungen (bis 50 cm mächtig) abwechseln (Abb. 31 d, e). Sie können als Ablagerungen eines sandigen Binnendeltas („Flowout“) gedeutet werden, in dem sich die Rinnen der randlichen Alluvialsysteme in kleine Verteilerarme aufspalten und ihre Begrenzung auf Einzelgerinne mit Annäherung an die zentrale Playa schließlich ganz aufgeben. Bis auf einige undeutliche Wurzelspuren in einer dünnen Tonsteinlage (Abb. 31 f.) erscheint die Abfolge fossilleer. In dünnen eingeschalteten Tonsteinlagen und in den Tonsteingeröllen zeigen sich jedoch vielfach wellige Harnischflächen, die auf frühdiagenetische Peloturbations-Prozesse schließen lassen. Ähnliche Sedimente sind offenbar auch im zentralen Schramberg-Becken ausgebildet (Bohrungen Urach 3 und 4) und leiten hier von feinsandig-tonigen Playa-Schluffsteinen in konglomeratische Schutfächer-Ablagerungen über.

Die Ablagerungen der zentralen Playa setzen zeitweise kaum 2 km vom Beckenrand entfernt als „Tonsteinhorizont“ (Michelbach-Formation) oder „Schluffstein-Feinsandsteinschichten“ (Weitenau-Formation) ein und verzahnen sich dann mit

Zechstein



Rotliegend



- | | | |
|------------------|--------------------|---------------|
| Grundgebirge | Schutfächer-Fazies | marine Fazies |
| ältere Sedimente | fluviale Fazies | Playa-Fazies |

Abb. 16: Stark vereinfachtes Schema zur Faziesgliederung in Rotliegend und Zechstein (nicht Maßstäblich). Die Rotliegend-Sedimente verteilen sich noch auf verschiedene, voneinander weitgehend unabhängige Becken und stellen darum mehrere unterschiedliche Ablagerungssysteme dar, deren Wasser- und Sedimentzufuhr auf die unmittelbar benachbarten Schwellengebiete zurückgeführt werden können. Im Zechstein sind die Sedimente im mittleren und nördlichen Baden-Württemberg Teil eines einzigen, sehr viel größeren Beckens und die Sedimentströme und Faziesmuster über die einstigen Schwellengebiete hinweg auf dessen Zentrum hin ausgerichtet. Die Senkungsbereiche der vormaligen Rotliegend-Becken rufen hierbei lediglich regionale Senken (im Sinne erhöhter Mächtigkeiten) innerhalb des Beckens hervor.



den randlichen Schuttfächern. Seltener dringt die Playa-Fazies entlang von Rinnen bzw. Talzügen des permischen Paläoreliefs bis in das Gebiet der Kristallinschwellen vor (BACKHAUS & BÄHR 1992). Die Playa-Fazies besteht überall aus recht einheitlich entwickelten rotbraunen Schlufftonsteinen mit wechselndem Sandgehalt. Sie ist insbesondere aus dem Kraichgau-Becken (Neibsheim, Baden-Badener Ausstrichgebiet), dem Schramberg-Becken (Bad Urach) und dem Burgundischen bzw. Nordschweizer Becken (Weitenauer Vorberge, Hochrhein) bekannt. Feinsandlinsen und -streifen belegen die vorübergehenden Überflutungen, stellen teilweise vielleicht aber auch Relikte der hier nicht dauerhaft akkumulierten Windfracht dar. Die roten Farben und stellenweise erkennbare Schrumpfungsrisse dokumentieren dagegen die immer wiederkehrenden Trockenzeiten. Auch die spärliche Fossilführung aus Süßwasserkrebsen, Landwirbeltier-Fährten und verschwemmten Resten von Landpflanzen, die bislang vor allem aus der Michelbach-Formation bekannt ist, entspricht dem sedimentologischen Befund einer ephemeren gefluteten Tonpfanne. Seltene graue Tonsteinhorizonte, wie die Conchostrakenschichten von Gaggenau-Sulzbach (KOZUR & SITTIG 1981), stellen dabei wohl vorübergehende feuchtere Episoden dar.

Frühdiaagenetische Bodenbildungen sind insbesondere aus dem südlichen Kraichgau-Becken bekannt. SUTTOR et al. (1988) beschreiben aufgestapelte Kleinzyklen, in denen über karbonatarmen Schlufftonsteinen zunächst der fein verteilte Dolomitgehalt im Sediment nach oben zunimmt, um dicht unter der Bodenoberfläche in einem Horizont aus Dolomitstein-Knauern oder in einer zusammenhängenden Dolomitstein-Bank zu kulminieren. SCHNEIDER (1966) hatte diese Dolomitsteine noch als Küstenablagerungen des Zechstein-Meeres gedeutet. LINDIGER (1983) wies jedoch bereits darauf hin, dass solche Bildungen auch in den älteren Tonsteinserien des Rotliegenden auftreten. SUTTOR et al. (1988) interpretierten die Abfolgen als spätdiaagenetische Kleinzyklen unter „StauhORIZONTEN“, ohne eine pedogene (und somit terrestrisch-frühdiaagenetische) Entwicklung in Betracht zu ziehen. Dagegen deutet LÖFFLER (1992) die Dolomitkrusten nach weiteren mineralogischen und geochemischen Untersuchungen als frühdiaagenetische Bildungen (LÖFFLER et al. 1998). Sie können als Dolomitkrustenböden (Dolocrete bzw. Aridisol) angesprochen werden, die sich im trocken gefallenem Playa-Sediment aus verdunstendem Grundwasser abschieden. Zusätzlicher Dolomit und Quarz wurde jedoch auch mesogenetisch (versenkungsdiagenetisch) als Zement in den Arkosen abgeschieden (BLÜM 1987, LÖFFLER 1992). Dagegen sind die häufigen grauen oder blassgrünen Bleichungsstellen

in den rotbraunen Arkosen und Grobsedimenten des Rotliegenden und Zechsteins offenbar erst telogenetisch (verwitterungsdiagenetisch) entstanden, als saures und ggf. reduzierendes Grundwasser den färbenden Hämatit in Lösung brachte und abführte (SUTTOR et al. 1988).

5.4 Ablagerungsräume des Zechsteins

Die Faziesentwicklung des Zechsteinbeckens zeigt in Baden-Württemberg erstmals die daraufhin auch in der Germanischen Trias regelmäßig anzutreffende Gliederung in eine fluviale bis alluviale, sandig-konglomeratische Randfazies (Kirnbach- und Tigersandstein-Formation) und eine tonig-dolomitische, teilweise marine Beckenfazies (Zechsteindolomit- und Langental-Formation, Abb. 16). Lediglich die Entwicklung im Burgundischen Becken (Wiesental-Formation) wiederholt nochmals das bereits aus dem Rotliegenden bekannte Faziesmuster isolierter intramontaner Becken.

Im tieferen Zechstein wurde die Fränkische Senke aus Nordosten über den Graben von Rannungen, möglicherweise auch aus Norden über Durchbrüche der Odenwald-Spessart-Schwelle hinweg, von Meerwasser überflutet und bildete eine etwa 100 auf 200 km weite Bucht des norddeutschen Zechsteinmeeres. Aus der marinen Beckenfazies sind weder bedeutende Einlagerungen von Sand noch Wellen- oder Strömungsmarken bekannt. Nahe der Basis können jedoch zentimeterstarke Sandsteinlagen über aufgearbeitetem Rotliegendematerial auftreten. Eine Kupferschieferfazies ist nicht entwickelt und nur in der Bohrung Boxberg als millimeterdünne schwarze Lage überhaupt angedeutet. Ob es sich bei den Dolomitsteinbänken um Sturmlagen handelt, ist noch offen. Sie stellen wahrscheinlich Flachwasserbildungen dar, wobei die Bohrung Kraichgau 1002 (Gemmingen) eine regressive Abfolge von sublitoralen Tonstein-Dolomitstein-Wechselschichten in litorale bis supra-litorale Dolomitstein-Tonstein-Abfolgen mit Tipi-Strukturen und Sulfatknollen erschlossen hat (Abb. 35). Die Dolomitsteinbänke rücken im Odenwald – in Schwellenposition – zu einem durch mehrere Verkarstungsflächen gegliederten Zechsteindolomit zusammen (BACKHAUS 1980, PAUL 1985, HUG & VERO 2008). Besonders im höheren Teil und entlang der Odenwald-Spessart-Schwelle treten auch oolithische Gesteine auf. Auch gegen den Südrand der Fränkischen Senke rücken die Dolomitsteinbänke offenbar zu einem wenig mächtigen und dichten Zechsteindolomit zusammen (Neibsheim: HARK 1961). Dagegen ist an der Westküste eine ebenfalls geringmächtige, jedoch

teilweise sandige Randfazies entwickelt, die Linguliden führt (Rothenberg-Schichten, Rheinland-Pfalz: LGBRP 2005).

Südlich der marinen Einflüsse bildeten sich unter semiaridem bis aridem Klima Karbonatkrustenböden (Karneoldolomite) in vergrustem Kristallin und auf Rotliegend-Sedimenten. Bereits WEYL (1936) erkannte die sandigen und geröllführenden Dolomitsteine der Kirnbach-Formation als Krustenböden und deutete sie als Zeichen für ein arides bis semiarides Klima während ihrer Bildungszeit. RÖPER (1980) dokumentierte bei seiner petrographischen Bearbeitung dieser Abfolge in den Dolomitsteinen intensive Verwachsungen von Dolomit mit Calcit, authigenem Quarz, Karneol und vereinzelt eingestreuten Anhydritnadeln. Die eingeschlossenen detritischen Sand- und Kieskörner sind häufig korrodiert, teilweise aber auch ganz oder teilweise von Eisenoxiden umkrustet. Frühdiagenetische, mit Karneol oder Kalzit zementierte Mikrorisse, verschiedene Dolomitgenerationen, die teils von Karneol verdrängt wurden, teils Risse und Mikroklüfte im Karneol auffüllen und der schon makroskopisch sichtbare Wechsel von wolkig-knaue-rigen und lagigen Dolomitgefügen belegen die frühdiagenetischpedogene Bildung dieser „Karneoldolomite“ (Abb. 36 d, e). Besonders in den Gebieten der vormaligen Rotliegend-Becken haben alluviale Prozesse und Schuttströme die Krustenbildung jedoch mehrfach unterbrochen. Weitere Konglomerate, Brekzien und Arkosen trennen mehrere Krustenbildungen voneinander und führen zu einer zyklischen Abfolge aus Pedocretes und Zwischensedimenten (RÖPER 1980). Weitgehend oder vollständig unterdrückt wurde die Bildung der Bodenkrusten offenbar im Bereich mächtiger Schuttfächer, die von Kristallinauftragungen (Paläo-Bergen) im Gebiet der Nordschwarzwald-Schwelle (Hornisgrinde, Raum Magstadt) und von herausstehenden Felsen aus Quarzporphyr (SE Lahr) in deren Umgebung geschüttet wurden.

Im höheren Zechstein breitet sich mit der Tigersandstein- und der Langental-Formation ein deutlich abweichendes Ablagerungssystem über das Landesgebiet aus. Nur unmittelbar am Beckenrand zeigen sich noch grobe Schuttströme in der Fazies der Kirnbach-Formation. Schon wenige Kilometer nördlich folgt eine fluviale Fazies aus bleichen, gut sortierten Rinnensandsteinen im Wechsel mit rotbraunen Feinsandsteinen und Schluffsteinen der Zwischenrinnenbereiche (Abb. 36 b). Initiale Bodenbildungen beschränken sich in den Rinnensedimenten weitgehend auf Bleichung, Dolomitonkretionen und Eisen-Mangan-Abscheidungen unter Grundwassereinfluss sowie auf Rotfärbungen im Auftauchbereich, was an Gleysol- bzw.

Fluvisol-artige frühdiagenetische Bedingungen denken lässt. Pedogene Krustenbildungen finden sich nur noch lokal und vor allem nahe des Beckenrandes (LEIBER 1970 a). Im Gebiet von Calw und Bad Teinach sind auch sehr gut gerundete fluviale Sande (mit äolischer Vorgeschichte) und geringmächtige äolische Dünen-sande (JUNGHANS 2003) eingeschaltet. Im Gebiet der Fränkischen Senke werden die fluvialen Rinnensandsteine nach Norden zunehmend von gradierten Schichtflut-Bänken abgelöst, die über die feinsandigen rotbraunen Schlufftonsteine der Langental-Formation progradieren (JUNGHANS 2003). Die Schlamm-sedimente der Langental-Formation stellen hierbei offenbar eine Playa-Fazies dar, deren feinlagige oder durch Feinsandlinsen angedeutete Schichtung vielfach von Peloturbation beeinträchtigt oder zerstört wurde (JUNGHANS 2003, HUG & VERO 2008).

6 Lithostratigraphische Gliederung

6.1 Allgemeine Bemerkungen

Die folgende Beschreibung der lithostratigraphischen Einheiten orientiert sich an den empfohlenen Richtlinien der Deutschen Stratigraphischen Kommission (STEININGER & PILLER 1999 und www.stratigraphie.de). Grundeinheiten sind dabei die Formationen, die hier nach einheitlichem Muster definiert und beschrieben werden. Die Einheiten wurden soweit als möglich zusammengefasst und die Zahl der neu definierten Formationen damit auf ein Mindestmaß begrenzt. Da die Ausstrichgebiete selten mehr als einige wenige Quadratkilometer umfassen, wurden auch lithologisch gut unterscheidbare fazielle Einheiten (z.B. Schuttfächer- und Playa-Sedimente im Rotliegenden) nur im Rang von Subformationen unterschieden und als Füllung eines gemeinsamen Sedimentbeckens zu einer Formation zusammengefasst. In einzelnen Fällen erwies es sich dadurch als sinnvoll, auch die Subformationen ausführlich nach gleichem Muster wie die Formationen zu beschreiben, während in anderen Fällen eine kurze Charakterisierung ausreichend erschien.

Das Permokarbon (als Sammelbegriff für Oberkarbon und Perm) gliedert sich in der Neufassung in drei lithostratigraphische Gruppen (Steinkohlen-Gruppe, Rotliegend-Gruppe, Zechstein-Gruppe) mit insgesamt 19 Formationen und einer vorläufigen informellen Einheit im Formationsrang. Die Abgrenzung der Gruppen erfolgt dabei an den beiden wichtigsten Diskontinuitäten der allgemeinen tektonischen und faziellen Entwicklung nahe der



Karbon-Perm-Grenze (Gzhelium – Asselium) und im mittleren Perm (Guadalupium). Bei der Kartierung sind diese Einheiten meist gut unterscheidbar und wurden auch seit Beginn der geologischen Landesaufnahme im 19. Jahrhundert fast überall als unterschiedlich erkannt, allerdings aus systematischen Gründen – nach der jeweils üblichen stratigraphischen Einteilung – teilweise wiederum zusammengefasst dargestellt.

Die Steinkohlen-Gruppe des Oberkarbons gliedert sich in zwei Untergruppen. Die ältere ist die **Oberrheinische Steinkohlen-Untergruppe**, deren Sedimente diskordant auf variskischen Metamorphiten und Magmatiten liegen und selbst wiederum von Gneis oder Granit überschoben wurden.

Die Ablagerungen der **Kohlen-Arkosen-Untergruppe** stellen strukturell dagegen bereits post-variskische Sedimente dar. Da in ihrem höheren Abschnitt bereits erste rotbraune Farben auftreten und die bis dahin vorherrschenden Sumpfpflanzen allmählich aus der Flora verschwinden, galt der höhere Abschnitt dieser Abfolgen lange als „Unterrotliegend“ (Kap. 4). Die Unterscheidung von Oberkarbon und „Unterrotliegend“ erfolgte jedoch vor allem nach der spärlichen Fossilführung und ist nicht mit einem auffälligem Fazieswechsel verknüpft. Für mehr als einhundert Jahre schien es dadurch unmöglich, eine klare und kartierbare Grenze zwischen Oberkarbon und Rotliegendem zu ziehen. Einige wörtliche Zitate beleuchten die Situation:

Baden-Baden-Becken: *„Die Grenze gegenüber dem Oberkarbon kann in der Natur nicht überall eindeutig bestimmt werden [...]“* (BILHARZ 1934); *„Deutlich wird in dieser Profilfolge vor allem die Tatsache, daß die Rotfärbung der Sedimente nicht horizontgebunden ist, vielmehr offenbar faziesgebunden auftritt.“* (LÖFFLER 1992); *„Eine biostratigraphische Unterscheidung zwischen cs und ru ist in der fossilarmen Abfolge nicht möglich.“* (LEBEDE & FRÖHLER 1996).

Oppenau- und Hohengeroldseck-Senke: *„Es lagern dem Grundgebirge bei Hinterohlsbach Gesteine der oberen Stufe des produktiven Kohlengebirges auf, nicht abtrennbar von unterem Rotliegendem.“* (ECK 1887: 334); *„Die oberkarbonischen Sedimente gehen nach oben kontinuierlich in die des Unterrotliegenden über, so daß eine eindeutige Grenzziehung nicht möglich ist.“* (CZYGAN 1964).

Schramberg-Becken: *„Verband und Lagerungsverhältnisse ergeben, soweit sie bekannt wurden, keinerlei Veranlassung, den tieferen, die schwarze Kohlentonlage führenden Horizont von den grauen*

und grau violetten Arkosen des Unterrotliegenden abzutrennen und dem Oberkarbon zuzurechnen.“ (SAUER 1897); *„In Gesteinsart und Lagerungsweise stehen sich im Kinziggebiet Oberkarbon und Unterrotliegendes immer sehr nahe. [...] Von Schramberg darf somit gesagt werden, daß hier altes, eben ins Karbon überleitendes Unterrotliegendes zutage geht.“* (BRÄUHÄUSER 1909).

In der hier vorgestellten Gliederung werden die bislang nicht befriedigend abgrenzbaren Abschnitte deshalb wieder zusammengefasst, wie es der ursprünglichen Kartierpraxis der frühen badischen Landesaufnahme entsprochen hatte (SANDBERGER 1856, 1859, 1861, 1863, 1864, KNOP 1879). Die so als Kohlen-Arkosen-Untergruppe zusammengefassten Einheiten sind lithologisch und faziell über alle Vorkommen des Schwarzwaldes hinweg recht einheitlich ausgebildet und unterscheiden sich erkennbar von den Sedimenten des darüberfolgenden Rotliegenden.

Vulkanite zeigen sich in der Kohlen-Arkosen-Untergruppe nur ganz untergeordnet als hydrothermal überprägte rhyolithische und andesitische Aschentuffe und einen metasomatisch überprägten Andesit (Porphyrit) bei St. Märgen. Ob unter den noch nicht datierten massiven Quarzporphyren des Zentral- und Nordschwarzwaldes einzelne bereits der stefanischen Erupitonsphase um 300 bis 298 Ma angehören (z.B. Gallenbach-Quarzporphyr, Teile der Geisberg-Formation), ist weiterhin offen. Nach ihren Produkten sind sie lithostratigraphisch als Rotliegend-Magmatite zusammengefasst, deren Basis wahrscheinlich als diachron gelten muss und örtlich noch karbonisches Alter besitzt. Im Unterschied zum Rotliegenden treten in den Sedimenten der Kohlen-Arkosen-Untergruppe Quarzporphyr-Gerölle daher nur vereinzelt auf und sind überwiegend oder ganz von unterkarbonischen („Älteren“) Quarzporphyr-Gängen und Vulkaniten (rhyodacitischer Münstertal- und Stockberg-Quarzporphyr, Rhyodacit-Gänge) abzuleiten.

Diese „Älteren Porphyre“ (SANDBERGER 1859, 1861) lassen sich gewöhnlich schon im Handstück von den Porphyrytypen des Rotliegenden unterscheiden und sind in mächtigeren Gängen meist als Granitporphyr bis Granophyr ausgebildet. In geringmächtigen Gängen sind jedoch örtlich auch felsitische oder sphärolitische (primär glasige) Gesteine anzutreffen, die nur durch unmittelbare Datierungen von denen des Rotliegenden zu unterscheiden sind (KESSLER & LEIBER 1994, SAWATZKI & HANN 2003). Für den Stockberg-Quarzporphyr des Südschwarzwaldes könnte das von LIPPOLT et al. (1983) ermittelte Rb-Sr-Alter von 307 ± 5 Ma (Moskovium bzw. Westfal) zwar auf eine genetische

Verbindung mit den Tufflagen der Berghaupten-Formation hinweisen, doch hat sich das ähnliche Rb-Sr-Alter des Münstertal-Quarzporphyrs inzwischen als sekundär verjüngt erwiesen. Dieser lange für permisch angesehene Quarzporphyr ist heute – ebenso wie verschiedene Granitporphyr-Gänge des Südschwarzwaldes – aufgrund von U-Pb-Datierungen durch SCHALTEGGER (2000) in das Unterkarbon (333 Ma) zu stellen. Dies steht in Einklang sowohl mit den paläomagnetischen Ergebnissen von KONRAD & NAIRN (1972), nach denen die primäre Feldorientierung des Münstertal-Quarzporphyrs eher ein frühkarbonisches als ein permisches Alter nahe legt, als auch mit den bereits von MURAD (1975) erkannten genetischen Parallelen zu den – teilweise von unterkarbonischen Sedimenten überlagerten – Granitporphyren der weiteren Umgebung. Dagegen bestehen geochemische Unterschiede zu den Rotliegend-Quarzporphyren des Zentralschwarzwaldes, Nordschwarzwaldes und Odenwaldes (ARIKAS 1986). Auch der in Badenweiler im Wechsel mit Lamprophyren unter Rotliegend erbohrte „Quarzporphyr“ (möglicherweise Granitporphyr?) und die Quarzporphyr-Gänge des Wutachtales (Räuberschlosschen u. a.) dürften eher dieser älteren Porphyrgeneration angehören, vielleicht auch die „Reste von Deckenporphyr“ bzw. „Ergussporphyr“ auf den Blättern 7816 und 7916 (SCHALCH 1897, 1899). Ob es neben den frühkarbonischen Gängen im Südschwarzwald auch permische Rhyolitgänge gibt, wie KONRAD & NAIRN (1972) annehmen, bleibt jedoch weiter unsicher.

Die Obergrenze der Kohlen-Arkosen-Untergruppe gegen das **Rotliegende** entspricht damit der seit jeher gut erkennbaren Grenze des ehemaligen „Unterrotliegenden“ (des Schwarzwaldes!) und dem „Mittel-“ bzw. „Oberrotliegenden“ der bisherigen Gliederung. Auch im Odenwald beginnt das Rotliegende mit den Pyroklastika und Porphyren der Schriesheim-Formation, überlagert hier jedoch unmittelbar das variskische Kristallin. Wo die Vulkanite fehlen, fällt die Grenze gewöhnlich mit einer Winkeldiskordanz zusammen, deren Überlieferungslücke nach den bisherigen Daten annähernd die heute gültige Karbon-Perm-Grenze enthält (Kap. 3). Die Diskordanz wurde früher als „Frankonische“ (nach WALTHER 1921) oder „Saalische Diskordanz“ (nach STILLE 1924) bezeichnet und zwischen vulkanischem und postvulkanischem Rotliegendem verortet, wird aber im Typusgebiet bei Halle an der Saale, nach heutigem Kenntnisstand, nicht mehr als paläotektonisch bedeutsame Diskordanzfläche gedeutet (MENNING et al. 2005 a). Die im Schwarzwald mehrfach zu beobachtende CP-Diskordanz zwischen den Sedimenten der Kohlen-Arkosen- und solchen der Rotliegend-Gruppe entspricht dagegen einer Überlieferungslücke, die gerade die Phase

intensivierter vulkanotektonischer Aktivität ausblendet. Zwischen Baden-Baden und Gernsbach sind nach SITTIG (2003) gleich zwei Diskordanzen ausgebildet, eine an der Basis der Rotliegend-Magmatite (Lichtental-Formation) und eine darüber an der Basis der Rotliegend-Sedimente (Michelbach-Formation). Die jüngere dieser beiden Erosionsflächen entspricht zumindest der Definition der Frankonischen Diskordanz, doch bleibt eine Korrelation in andere Gebiete problematisch.

Im Süden des Landes fehlen die Rotliegend-Quarzporphyre, weshalb hier lediglich auf die diskordante Überlagerung des vorherrschend grau-violetten bis braunen Oberkarbon durch vorwiegend rotbraunes Rotliegendes zurückgegriffen werden kann. Rotbraune bzw. grau-violette Farben sind allerdings untergeordnet auch in jeweils der anderen Gruppe anzutreffen und als alleiniges Kriterium nicht ausreichend. An der Grenze zeigt sich in fast allen Faziesbereichen ein Sprung zu größerem Sedimentmaterial, der sich selbst in den durchgehend tonigen Zentralbereichen eines Beckens noch in einer plötzlichen Zunahme des Schluffgehaltes abbildet (Bohrung Urach 4, zentrales Schramberg-Becken). Diese Grenze fällt nach Inkohlungsdaten mit einer veränderten thermischen Entwicklung der Schichten zusammen, wobei die Sedimente der Kohlen-Arkosen-Untergruppe durch erhöhten Wärmefluss stärker inkohlt sind, als ihrer Versenkungsgeschichte entspricht, und eine deutliche Diskontinuität des Inkohlungsgrades an der Grenze zum Rotliegenden ausgebildet ist (WOLF & HAGEMANN 1987).

Über dem Rotliegenden und den im frühen Perm noch sedimentfreien Schwellengebieten folgen Sedimente des **Zechsteins**. Da der Kupferschiefer als Leithorizont in Baden-Württemberg nicht entwickelt ist, muss die Basis des Zechsteins hier nach einem anderen Kriterium definiert werden als in den weiter nördlich gelegenen Gebieten. Im Bereich der Fränkischen Senke kann die Basis der marinen Zechsteindolomit-Formation zugleich als Basis der Gruppe angesehen werden. Sie stellt ein randliches Äquivalent des tieferen Zechsteins der Norddeutschen Senke dar (Folge z1). Die Zechsteindolomit-Formation wird südlich etwa einer Linie Pforzheim – Schwäbisch Hall von rotbraunen Fanglomeraten und Arkosen in terrestrischer Fazies abgelöst (Kirnbach-Formation), die lange für Rotliegendes gehalten und erst Mitte der 1990er Jahre formell dem Zechstein zugeordnet wurden. Hintergrund dieser Umstufung – trotz unzweifelhafter „Rotliegend-Fazies“ der betroffenen Ablagerungen – ist der Wunsch, im stratigraphischen System zumindest auf der Ebene der Gruppen altersgleiche Einheiten zusammenzufassen und rein lithologisch definierte Einheiten, mit stark diachronen Fazies-



grenzen, erst auf der Ebene der Formationen (und darunter) zu verwenden. Dies erleichtert die Darstellung erdgeschichtlicher Zusammenhänge, kann aber bei faziell ähnlichen Ablagerungen unterschiedlichen Alters zu Schwierigkeiten bei der Zuordnung ungenügend datierter Formationen führen.

Da im Schwarzwald marine Sedimente fehlen, bietet sich hier als Basis der Zechstein-Gruppe die auffällige innerpermische Diskordanz an, mit der spätpermische Sedimente diskordant teils auf Rotliegendem und teils auf Kristallin liegen. In dieser Schwarzwälder Hauptdiskordanz, in der das Mittelperm ausfällt und über der die epikontinentale Entwicklung des Mitteleuropäischen (Germanischen) Beckens beginnt, sind offenbar sämtliche aus dem Norddeutschen Becken bekannten Altmark-Diskordanzen (PLEIN 1993) in einer Fläche zusammengefasst.

Die genauere Datierung dieser Sedimente innerhalb des späten Perms ist nach wie vor unsicher. Da sie faziell dem Rotliegenden ähneln, können sie nicht nur als Randfazies des Zechsteins aufgefasst, sondern auch mit dem „Oberrotliegend II“ der Norddeutschen Senke verglichen werden, das dort, über den Altmark-Diskordanzen, die protokimmerische Entwicklung des Mitteleuropäischen Beckens schon vor der Zechstein-Transgression mit terrestrischen Sedimenten einleitet (PLEIN 1993, DSK 1995). Zumindest für die Randbereiche der Fränkischen Senke lässt sich nicht ausschließen, dass die Rotsedimente der strukturell definierten Zechstein-Gruppe auch Altersäquivalente jenes „Oberrotliegend II“ umfassen. Im Nordschwarzwald ist hierbei insbesondere an die Merkur-Subformation (formal Teil der Kirnbach-Formation) zu denken, die nach Beobachtungen von JENKNER (1986) erosiv, nach SITTIG (2003) am Kleinen Staufenberg sogar diskordant von der Tigersandstein-Formation überlagert wird. Auch die Queich-Schichten (zQ) in Rheinland-Pfalz, die nach ihrer strukturellen Position zum Zechstein gestellt werden, aber unter randmarinen Äquivalenten der Zechsteindolomit-Formation liegen (LGBRP 2005), sind möglicherweise mit „Oberrotliegend II“ zu korrelieren, ohne dass sich eine Korrelation mit dem Beginn der Zechstein-Transgression nach heutigem Kenntnisstand ganz ausschließen ließe. Ob dies auch für einige früher als „Weißliegendes“ angesprochene terrestrische Sedimente der Fränkischen Senke (TRUSHEIM 1964) im Liegenden der Zechsteindolomit-Formation gilt, muss noch dahingestellt bleiben.

Eine weitere Schwierigkeit besteht in der Zuordnung kleiner Vorkommen auf Kristallin. Für eine Mehrzahl der hier in die Kirnbach-Formation des Zechsteins gestellten Rotarkosen mit Karneol-

dolomit-Krusten ist ihre Position über der mittelpermischen Diskordanz (Basis Tafeldeckgebirge) aus der Kartierung gut belegt. Einige räumlich isolierte „Rotliegend“-Vorkommen sind nach Lagerung und Fazies jedoch nur allgemein in das Perm zu datieren und können sowohl Rotliegend als auch terrestrischen Zechstein darstellen (im Süden örtlich auch solche einer arkosischen Buntsandstein-Randfazies). Jedoch ist Karneol im Schwarzwald noch nicht zuverlässig aus frühpermischen Karbonatkrusten belegt, sondern nur aus spätpermischen (über der Diskordanz) und aus fraglichen Vorkommen. Entsprechend wurden hier alle permischen Karneol führenden Rotarkosen vorläufig dem Zechstein zugeordnet.

Der jüngere Abschnitt des Zechsteins (Folgen z4 – z7) ist dagegen – soweit nicht Schichtlücken vorliegen – landesweit (sofern überhaupt vorhanden) durch graue und rotbraune Sand- und Tonsteine in terrestrischer Fazies vertreten (Tigersandstein- und Langental-Formationen). Ähnlich wie die „Bröckelschiefer“ in Hessen und Thüringen, mit denen diese Serie korreliert wird, wurden diese Gesteine früher generell dem Unteren Buntsandstein zugeordnet (RICHTER-BERNBURG 1974). Allerdings wurde schon lange vermutet, dass diese „Bröckelschiefer“ lediglich ein randliches Altersäquivalent des im Beckeninneren noch Steinsalz führenden höheren Zechsteins sind (TRUSHEIM 1963, mit Angaben zu älterer Literatur). Seit den 1980er Jahren gelang es schließlich, ihr spätpermisches Alter bio- und magnetostratigraphisch zu belegen (LEPPER 1993, KOZUR 1999, KÄDING 2000, JUNGHANS et al. 2002, SZURLIES et al. 2003).

6.2 Steinkohlen-Gruppe (co) (Oberkarbon)

6.2.1 Oberrheinische Steinkohlen-Untergruppe (cOR) (Älteres Oberkarbon: Namur-Westfal)

Im Gebiet von Schwarzwald (Diersburg – Berghaupten) und Vogesen (St. Hippolyte, Roderen) sind Ablagerungen des späten Namur und frühen Westfal (Bashkirium der internationalen Karbongliederung) nur in wenigen kleinen Vorkommen bekannt. Sie sind im Gefolge der asturischen Scholentektonik (Moskovium-Kasimovium) stark gestört und mit dem Grundgebirge verschuppt. Zur Unterscheidung gegenüber der Kohlen-Arkosen-Untergruppe können die verschiedenen Vorkommen als Formationen einer gemeinsamen Oberrheinischen Steinkohlen-Untergruppe aufgefasst werden. Ob es sich bei diesen Einzelvorkommen

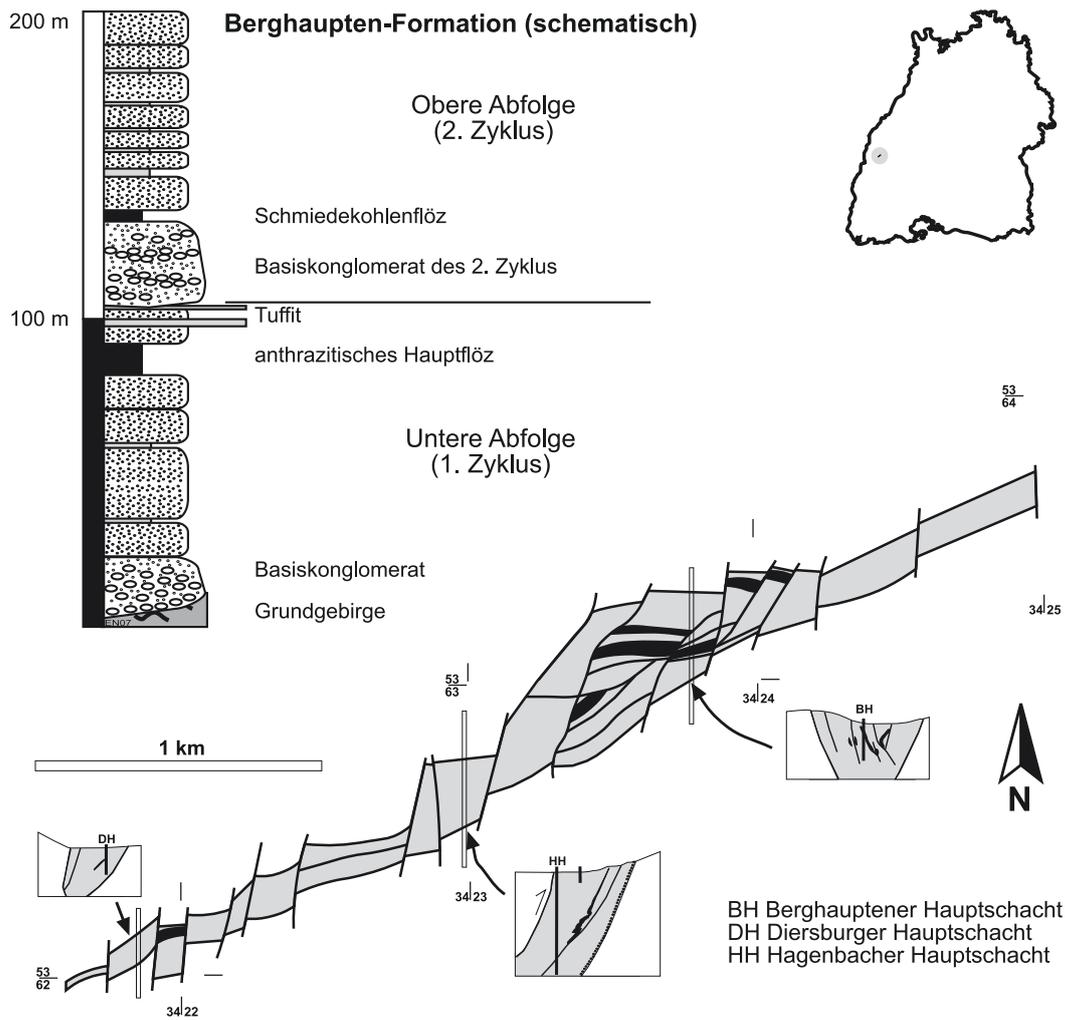


Abb. 17: Profil und Ausstrich der Berghaupten-Formation (nach KESSLER & LEIBER 1994).

um Fragmente eines ursprünglich zusammenhängenden Karbonbeckens handelt oder, wahrscheinlicher, schon primär um kleinere Sedimentfallen entlang von Störungszonen, ist noch immer unklar. In Baden-Württemberg stellt das Vorkommen von Diersburg-Berghaupten die einzige Formation des älteren Oberkarbons dar und wird hier als **Berghaupten-Formation** angesprochen.

6.2.1.1 Berghaupten-Formation (coB)

Name: Neuer Name, nach Berghaupten, Ortsnaumkreis. Erste geognostische Beschreibung durch SELB (1805), Revision bei KESSLER & LEIBER (1994).

Bisherige Namen und Symbolik: Steinkohleengebirge von Offenburg bei Berghaupten und Diersburg (LEONHARD 1846, LUDWIG 1857), Steinkohlenformation von Diersburg und Berghaupten (PLATZ 1867), Mittleres Kohleengebirge von Diersburg,

Hagenbach, Berghaupten (ECK 1884), Steinkohlenvorkommen von Berghaupten-Diersburg (SAUER 1902), Steinkohleengebirge von Diersburg-Berghaupten (ZIERVOGEL 1914), Namur-Westfal (c n-w) zwischen Diersburg und Berghaupten (KESSLER & LEIBER 1994), Namur-Westfal-Schichten cnw (GLA 1995).

Typuslokalität: Nicht festgelegt, da Grubenbau geschlossen. Typusregion ist das Grubenfeld Himmelreichstollen, Berghaupten; TK 25-Nr. 7513: ca. R 34 23 500, H 53 63 100 (KESSLER & LEIBER 1994).

Untergrenze: Auflagerung auf Grundgebirge (Gneis, Granit), teilweise tektonisch abgeschert.

Hangendes: Tektonisch von Grundgebirge überschoben. Kein Kontakt zu jüngeren paläozoischen Sedimenteinheiten. In der Kohlebohrung



Oberweier-Ost zeigte sich die Berghaupten-Formation tektonisch von 60 m Gneis und dieser sedimentär von Rotliegendem und Zechstein überlagert (KESSLER & LEIBER 1994: 249).

Verbreitung: Ausstrich als schmaler, maximal 400 m breiter Streifen von ca. 3,5 km Länge zwischen Hohberg-Diersburg und Berghaupten, untertägig nach Nordwesten unter das Kristallin einfallend; TK 25-Nr. 7513, 7613.

Mächtigkeit: Rekonstruierte Mächtigkeit bis ca. 200 m, meist tektonisch reduziert.

Gesteinsbestand: Vorherrschend lithische Arkosen und Grauwacken, grau bis weißgrau, teilweise schwach kohlig, dann schwarzgrau. An der Basis und in der Mitte Konglomerate aus Grundgebirgsmaterial (Gneis, Granit) mit Geröllgrößen bis 20 cm. In verschiedenen Niveaus sind Steinkohleflöze eingeschaltet, im älteren Teil als anthrazitische Steinkohle, im jüngeren als Mager- bis Esskohle (Abb. 17). Die wichtigsten, früher gewonnenen Flöze sind das „anthrazitische Hauptflöz“ (bis über 4 m) und ein bis mehrere „Schmiedekohlenflöze“ (bis 2 m). Die Kohleflöze treten gewöhnlich im Verband mit pflanzenführenden, stark kohligen Schlufftonsteinen („Kohlenschiefer“; Abb. 18) und sandigen Schluffsteinen („Schieferton“) auf. Im mittleren Teil der Abfolge sind verkieselte Tuffite eingeschaltet (KESSLER & LEIBER 1994).

Lithostratigraphische Gliederung: Nach KESSLER & LEIBER (1994) lässt sich die Formation in eine „Untere“ und eine „Obere Abfolge“ gliedern, die jeweils mit Konglomeraten beginnen und nach oben in Kohle führende Arkosen übergehen (Abb. 17). Wegen der deutlich abweichenden Inkohlung der jeweiligen Steinkohleflöze ist mit einem Hiatus zwischen Unterer und Oberer Abfolge zu rechnen.

Fazies: Alluviale bis fluviale Rinnensedimente mit Einschaltungen von Moorsediment (Steinkohle) und limnischen See- oder Teichsedimenten (Schlufftonsteine). Örtlich Wurzelböden. Der Geröll eintrag erfolgte von Süden oder Osten (KESSLER & LEIBER 1994). Untergeordnete Einschaltungen von umgelagerten Aschenfall-Ablagerungen (Tuffite).

Fossilinhalt: Als Fossilien wurden bislang nur Landpflanzenreste bekannt, insbesondere aus den grauen Schlufftonsteinen. Es handelt sich um Reste von Farnen und farnähnlichen Samenpflanzen (*Alloiopteris*, *Pecopteris*, *Sphenopteris*, *Alethopteris* u. a.), Schachtelhalmgewächsen (*Calamites*, *Asterophyllites*, *Calamostachys*, *Sphenophyllum*) und den baumgroßen Bärlappgewächsen *Sigillaria* und *Lepidodendron* (STERZEL 1907, MOOSBRUGGER et al. 1981, STEPANEK et al. 1983, STEPANEK & VOGELLEHNER 1985, STEPANEK 1987, MAASS & VOGELLEHNER 2005). Wurzelböden belegen Pflanzendickichte im Ablagerungsraum („Röhrichtböden“; SELB 1805, ZIERVOGEL 1914, STEPANEK et al. 1983).



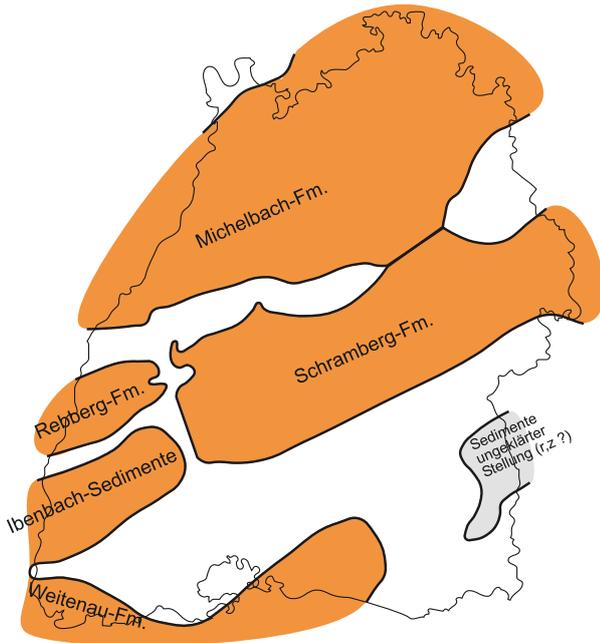
Abb. 18: Gesteine aus der Berghaupten-Formation. **Links:** Grauwacke, **rechts:** Kohlenschiefer (stark kohliges Schlufftonstein) mit Pflanzenresten, von der Halde des Berghauptener Hauptschachtes (Sammlung LGRB, gleicher Maßstab).

Biostratigraphie: Die Pflanzenfossilien erlauben eine Einstufung in das Bashkirium (höheres Namur A bis tiefes Westfal; MAASS & VOGELLEHNER 2005). Da das Fundmaterial aus Bergwerkshalden stammt, lässt sich über eventuelle Lücken innerhalb der Abfolge nichts feststellen.

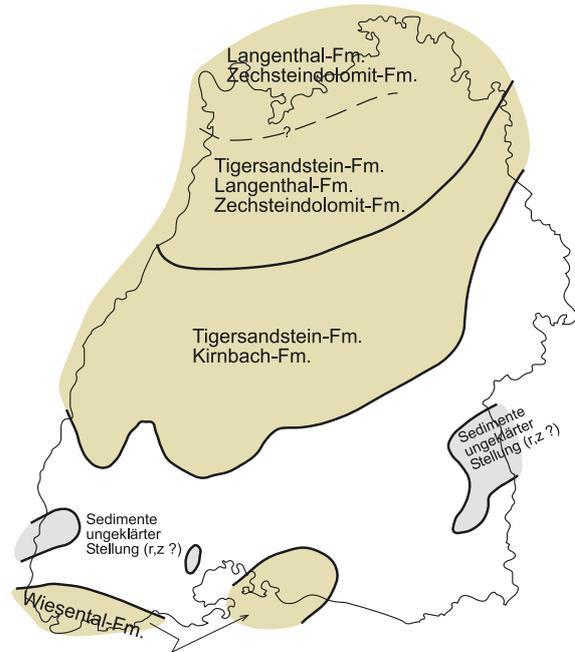
Radiometrische Daten: Keine.

Literatur: SELB 1805; OEYNSHAUSEN et al. 1825; BRONGNIART 1829; HAUSMANN 1843, LEONHARD 1846, 1861; KURR 1846; STITZENBERGER 1851; HAUMANN 1856; SANDBERGER 1856, 1859, 1861, 1890; LUDWIG

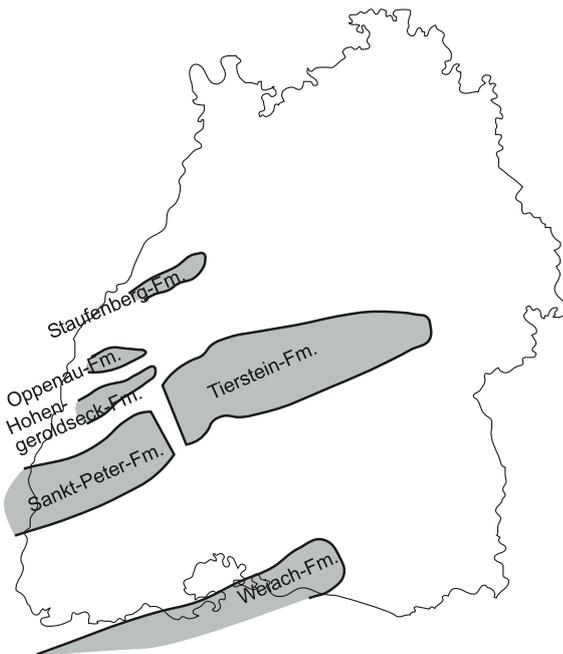
Formationsgliederung, Rotliegend-Sedimente



Formationsgliederung, Zechstein



Formationsgliederung, Kohlen-Arkosen-Untergruppe



Formationsgliederung, Rotliegend-Magmatite

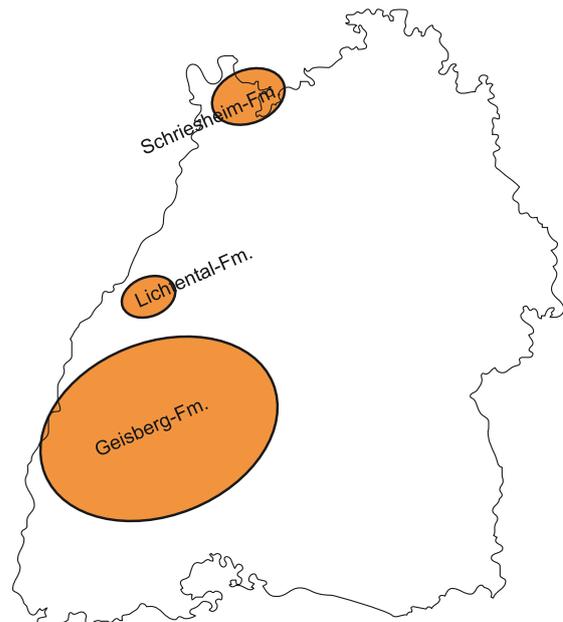


Abb. 19: Verbreitungskarten zur Formationsgliederung im Stefan, Rotliegend und Zechstein.



1857; GEINITZ 1857, 1865; PLATZ 1867; ECK 1884 (mit Bibliographie 1612 – 1883), 1891; SAUER 1902; STERZEL 1907; ZIERVOGEL 1914; DEECKE 1916; STILLE 1928; FRENTZEN 1928/1931, 1930/1931, 1931 a, b; WILSER 1935; FREYBERG 1935; METZ 1960, 1971; FEDERER 1969; FALKE 1971; ALBIEZ 1974; MOOSBRUGGER et al. 1981; STEPANEK et al. 1983; STEPANEK & VOGELLEHNER 1985; STEPANEK 1987; KESSLER & LEIBER 1994 (mit Hinweis auf zusätzliche Archivalien); MAASS & VOGELLEHNER 2005.

6.2.2 Kohlen-Arkosen-Untergruppe (cKA) (Jüngerer Oberkarbon: Stefan)

Die Gliederung der Kohlen-Arkosen-Untergruppe in Formationen orientiert sich an der paläogeographischen Gliederung der Sedimente in mehrere Becken, wobei jeweils die Ablagerungen eines Beckens als eine Formation aufgefasst werden (Abb. 19). Ob im Depozentrum des Kraichgau-Beckens unter den Rotliegend-Sedimenten ebenfalls oberkarbonische Abfolgen vorhanden sind, ist noch unbekannt. Das nördlichste bekannte Oberkarbon-Vorkommen in Baden-Württemberg findet sich daher im Baden-Baden-Becken (**Staufenberg-Formation**). Südlich der Nordschwarzwald-Schwelle folgen Oppenau- und Geroldseck-Becken (**Oppenau- bzw. Hohengeroldseck-Formation**), die gemeinsam mit der sie trennenden Nordrach-Schwelle von den Rotliegend-Sedimenten des Offenburger-Beckens überlagert werden. Südlich der Zentralschwarzwald-Schwelle ist das Schramberg-Becken (**Tierstein-Formation**) im Osten durch die Hornberg-Schwelle vom westlich anschließenden Breisgau-Becken (**Sankt-Peter-Formation**) getrennt, das sich wie das südlich der Südschwarzwald-Schwelle gelegene Nordschweizer Becken (**Weiach-Formation**) nach Südwesten in das Burgundische Becken Frankreichs fortsetzt.

6.2.2.1 Staufenberg-Formation (coS)

Name: Nach Gernsbach-Staufenberg, Kreis Rastatt. Name nach LÖFFLER (1992), Umfang hier modifiziert.

Bisherige Namen und Symbolik: Jüngere Steinkohlenbildung [4] (SANDBERGER 1861); Oberes Steinkohlengebirge (d) und unteres Rothliegendes (e) (ECK 1887, 1892); Obercarbon (cb) und Unterrotliegendes (ru) (BILHARZ 1934, FRANK 1936), Staufenberg- und Gernsberg-Formation (LÖFFLER 1992, SITTIG 2003).

Typuslokalität: Wegen der starken blocktektonischen Zerlegung ist kein durchgängiges

Profil anzugeben. Typusgebiet ist das Waldgebiet zwischen Staufenberg und Müllenbach; TK 25-Nr. 7215: ca. R 34 48 160, H 54 01 150 bis R 34 49 675, H 54 03 200 (LÖFFLER 1992). Referenzprofil ist die Bohrung Staufenberg T3a, TK 25-Nr. 7215: R 34 48 696, H 54 03 089: 548,6 – 920,54 m (BACKFISCH 1981, 1984; LGRB 7215/441).

Untergrenze: Diskordante Auflagerung auf Grundgebirge.

Hanges: Diskordante Überlagerung durch Rotliegendes (Lichtental-Formation, örtlich Michelbach-Formation) oder Zechstein (Kirnbach-Formation, Merkur-Subformation); im Referenzprofil Staufenberg T3a Winkeldiskordanz von 30° (BACKFISCH 1981, SITTIG 2003).

Verbreitung: Baden-Baden-Becken (i.e.S. = Lichtentaler Senke). Ausstrich auf TK 25-Nr. 7215, 7216.

Mächtigkeit: Wechselnd, um Gernsbach mehr als 200 m. Durch starke blocktektonische Zerlegung nicht sicher zu ermitteln.

Gesteinsbestand: Graue, hellgraue und violettgraue Arkosekonglomerate, Grobarkosen und Sandarkosen mit wechselndem Feldspatanteil (häufig als Feldspat führende Sandsteine ausgebildet), Gerölle angerundet bis schlecht gerundet, bis faustgroß, vorherrschend aus Granit und dessen Bestandteilen sowie Gangquarz, untergeordnet Granitporphyr (auch „Pinit“ führend), jedoch kein Pinitporphyr (sensu Kap. 6.3.1.2). Im jüngsten Abschnitt möglicherweise Gerölle von Gallenbach-Quarzporphyr (nach ECK 1892, BILHARZ 1934), wobei es sich nach LEBEDE & FRÖHLER (1996) jedoch um einen feinkörnigen Granitporphyr handeln könnte. Zwischengeschaltet sind graue bis schwarzgraue kohlige Schlufftonsteine und Schluffarkosen, meist als Wechsellagerung klastischen und umgelagerten biogenen Materials, vereinzelt geringmächtige Steinkohlen-Flöze. Örtlich sind rotbraune Schlufftonsteine und Sandarkosen geringer Mächtigkeit ausgebildet (petrographische und geochemische Untersuchungen s. SESSLER 1979, MÜLLER 1981, BACKFISCH 1981, 1984). Eingeschaltet sind einzelne geringmächtige Aschentuffe und Lapillituffe sowie (selten) laminierte kohlige Hornsteine. Insbesondere nahe des südlichen Beckenrandes sind die Arkosen und Konglomerate hydrothermal verkiegelt (Waldbachtal im Stadtwald und Gernsberg bei Gernsbach), gebietsweise in geringem Umfang vererzt, was zu Prospektionen Anlass gab (ERTLE et al. 1976, 1977), die jedoch nach kurzer Zeit wieder eingestellt wurden.

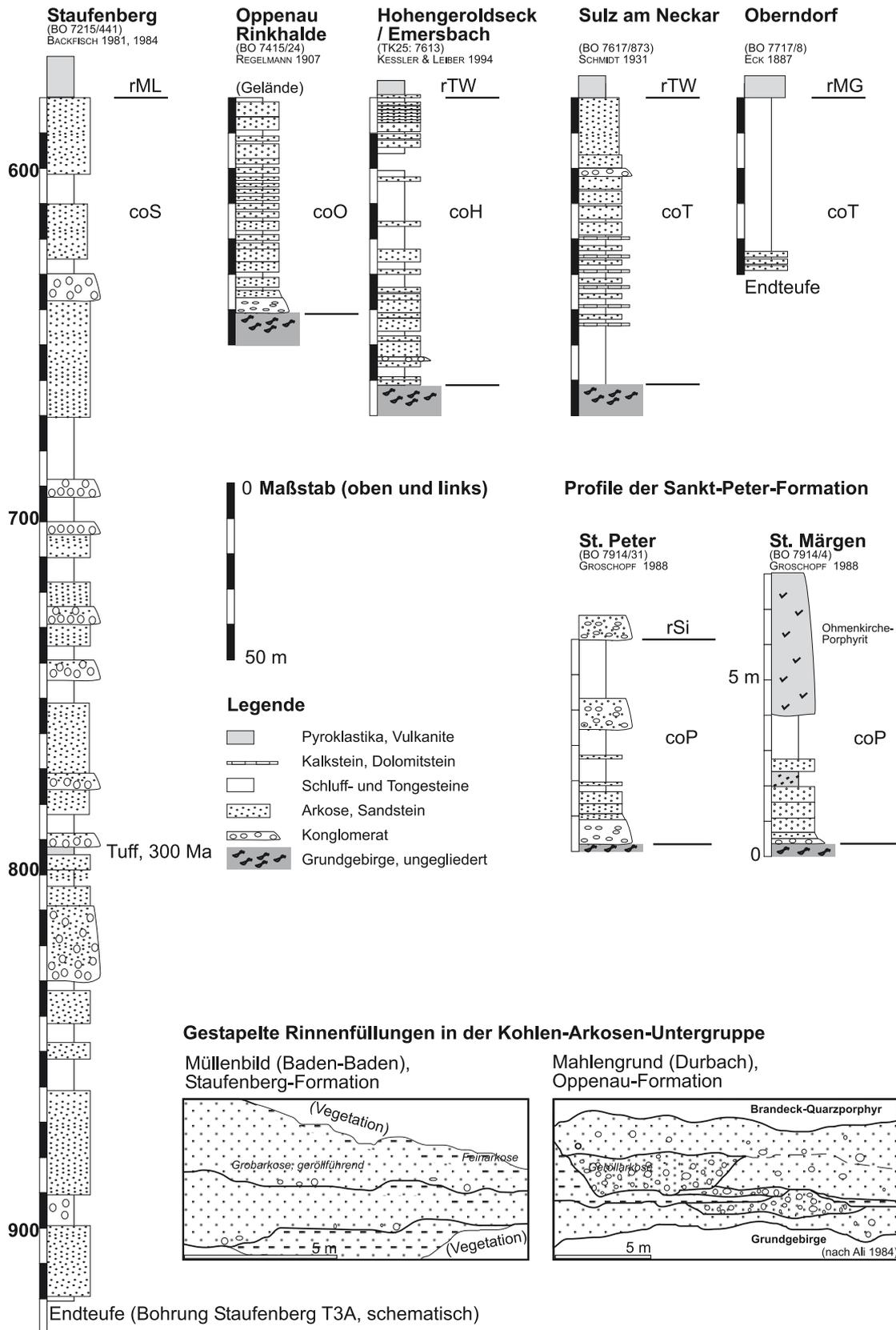


Abb. 20: Profile der Kohlen-Arkosen-Untergruppe (schematisch).

Oben: Profile aus verschiedenen Becken in gleichem Maßstab (nach ECK 1887, REGELMANN 1907, SCHMIDT 1931, BACKFISCH 1981, 1984, GROSCHOPF 1988, KESSLER & LEIBER 1994). Die Mächtigkeit der erhaltenen Abfolgen schwankt erheblich zwischen wenigen Metern und einigen hundert Metern. Mitte: Profile der St. Peter-Formation in größerem Maßstab (nach GROSCHOPF 1988). Unten: Aufschluss-Skizzen aus alluvialen Sedimenten der Staufenberg-Formation bei Müllensbild (Baden-Baden, LGRB) und der Oppenau-Formation bei Mahlengrund (Durbachtal, nach ALI 1984). Die Arkosen und Geröllarkosen bilden vielfach Rinnenfüllungen und unebene Bänke aus seitlich akkumulierten Rinnenabsätzen mit erosiver Basis. Feinarkosen und Schluffsteine erscheinen dazwischen als Ufer- und Hochflutsediment. Die Schichtungsgefüge wechseln lateral daher auf kleinem Raum erheblich.



Lithostratigraphische Gliederung: Keine. Die früher übliche Abtrennung eines älteren pflanzenführenden Abschnittes von einem jüngeren „Unterrotliegend“ ist in der Praxis bislang weder im Kartierbefund noch in Profilaufnahmen überzeugend gelungen. Rotbraune Gesteine treten in unterschiedlichen Abschnitten der Profile auf, ohne eine korrelierbare Grenze innerhalb der Schichtfolge auszuweisen (LÖFFLER 1992).

Westlich und südwestlich Gernsbach treten sekundär (jurassisch?) verkieselte graue Sand- und Grobarkosen auf (Gernsberg, Stadtwald), die LÖFFLER (1992) als eigene „Gernsberg-Formation“ aufgefasst hat. Er hielt sie für eine ältere, diskordant von der Staufenberg-Formation überlagerte Einheit. Insbesondere der von LÖFFLER (1992) angeführte Aufschluss bei Gernsbach, in dem er einen Kontakt zu unverkieselter Staufenberg-Formation sah, zeigt weder in der Korngrößenverteilung noch in den Schichtungsgefügen wesentliche Unterschiede zwischen verkieselten und unverkieselten Sedimenten. Auch die von LÖFFLER (1992) hier angegebene Diskordanz ließ sich bei der Neuaufnahme nicht wieder finden, sofern sich die Angabe nicht auf eine erosive Rinnenbasis bezieht. Die Abgrenzung der verkieselten gegen die nicht verkieselten Sedimente ist daher eher als hydrothermal-epigenetische Alterationsfront zu sehen, die in Zusammenhang mit Albitisierung und Serizitisierung von Feldspäten und einer örtlichen Uran-Imprägnation der Sedimente des südlichen Baden-Baden-Beckens steht (MÜLLER 1981, BROCKAMP & ZUTHER 1983). Eine Ausgliederung dieser „Gernsberg-Kieselarkosen“ als eigene Subformation erscheint daher nicht sinnvoll.

Fazies: Nahe der Südrandstörung herrscht eine Wechselfolge von konglomeratisch-grobsandigen alluvialen Rinnenfüllungen und Murenabsätzen (debris flows) vor. BACKFISCH (1981) beschreibt auch einen geröllführenden Tonstein, bei dem es sich wahrscheinlich um einen Schlammstrom handelt. Nordwestlich davon überwiegen konglomeratische und grobsandige alluviale bis fluviale Rinnensedimente (Abb. 20, 21). Gegen Norden sind zunehmend sandige bis tonig-schluffige oder mittel- bis feinsandige Hochwasserabsätze zwischengeschaltet („Schiefer-ton“-Zwischenmittel, dünnplattige Sandsteine), teilweise reich an Pflanzenresten. Einige Tonsteine bzw. Schlufftonsteine enthalten verwittertes Tuffmaterial und können teilweise als Tuffit angesprochen werden (BACKFISCH 1981). Entlang der Beckenachse sind neben normal gradierten (fining-upward) Rinnenfüllungen lokal auch feingeschichtete graue bis schwarzgraue Schlufftonsteine und Kohlen der Zwischenrinnenbereiche anzutreffen. Im höheren Teil der Schichtenfolge

schalten sich mehrfach rotbraune und oft grünfleckige feingeschichtete Schlufftonsteine, Feinsandsteine und Grobsandsteine ein.

Fossilinhalt: Mehrere Fundschichten haben eine artenreiche Flora erbracht (STERZEL 1907, FRENTZEN 1928/1931, 1931 a, b, SCHNEIDER 1966, MAASS & VOGELLEHNER 2005). Sie umfasst Keilblattgewächse (*Sphenophyllum*), Schachtelhalme (*Calamites*, *Annularia*, *Asterophyllites*), Lycopodien (*Sigillaria*, *Syringodendron*, ?*Lepidodendron*), Fiederblätter von Farnen und Farnsamern (*Pecopteris*, *Cyclopteris*, *Neuropteris*, *Linopteris*, *Odontopteris*, *Sphenopteris*, *Callipteridium*, *Diplotmema*), Cordaiten (*Cordaites*), Koniferen (*Lebachia*, *Lepidostrobus*), verschiedene Samen (*Trigonocarpus*, *Cardiocarpus*, *Colpospermum* „*Carpolithes*“) und Holzreste („*Dadoxylon*“). Im höheren Abschnitt treten offenbar nur Kieselhölzer auf. Palynomorphen zeigten sich in den bisher untersuchten Proben nur spärlich und schlecht erhalten. In einer Probe aus der Bohrung Staufenberg T3a (bei 920 m) fand GREBE (zitiert nach BACKFISCH 1981) Sporen der Formen *Lycospora pusilla*, *Lophotriletes commisuralis* und *Cyclogranisporites leopoldi*. Dagegen fehlen bislang gesicherte tierische Fossilien. Mögliche Conchostrakenschalen erwähnt LÖFFLER (1992) aus Dünnschliffen kohlgiger Hornsteinlagen.

Biostratigraphie: Im tieferen bis mittleren Teil der Formation Pflanzenreste des Stefan A/B (MAASS & VOGELLEHNER 2005, Kasimovium bis frühes Gzhelium). Die wenig spezifische, aber sicher spätkarbonische Sporenssoziation steht damit in Einklang.

Radiometrische Daten: Sanidine aus einer Kristalltufflage in der Bohrung Staufenberg T3a ergaben ein Ar-Ar-Alter von $300 \pm 3,7$ Ma (HESS et al. 1983). Nach STD (2002) entspricht dies frühem Gzhelium (Stefan B/C), was mit den pflanzenstratigraphischen Daten korrespondiert. Ob Verbindungen zum (noch nicht datierten) Gallenbach-Quarzporphyr (Kap. 6.3.1.2) bestehen, oder zu altersgleichen Vulkaniten der Vogesen, ist noch offen. Für das Alter der hydrothermalen Alteration geben ZUTHER & BROCKAMP (1988) aufgrund von K/Ar-Daten authigener Serizite einen Wert von 150 Ma (später Jura) an.

Literatur: BEYER 1794; OEYNSHAUSEN et al. 1825; WALCHNER 1832 a, b; MARX 1835; HAUSMANN 1845; LEONHARD 1846, 1861; KURR 1846; SANDBERGER 1859, 1861, 1864, 1890; PLATZ 1861; GEINITZ 1865; KNOP 1879; ECK 1887, 1891, 1892; STERZEL 1907; DEECKE 1916; STILLE 1928; FRENTZEN 1928/1931, 1930/1931, 1931 a, b; BILHARZ 1934; FRANK 1935; FREYBERG 1935; METZ 1960, 1971; SCHNEIDER 1966;

VOGELLEHNER 1967; FALKE 1971; SITTIG 1974, 1995, 2003; HAUPTMANN 1976; ERTLE et al. 1976, 1977; KNEUPER et al. 1977; SESSLER 1979; BACKFISCH 1980, 1981, 1984; KIRCHHEIMER 1981; MÜLLER 1981; ZUTHER 1982, 1983; HESS et al. 1983; HAGEMEISTER 1983; BROCKAMP & ZUTHER 1983; LINDINGER 1983, 1984; BROCKAMP et al. 1987; ZUTHER & BROCKAMP 1988; LÖFFLER 1992; FRÖHLER & LEBEDE 1994; LfU 2000; MAASS & VOGELLEHNER 2005.

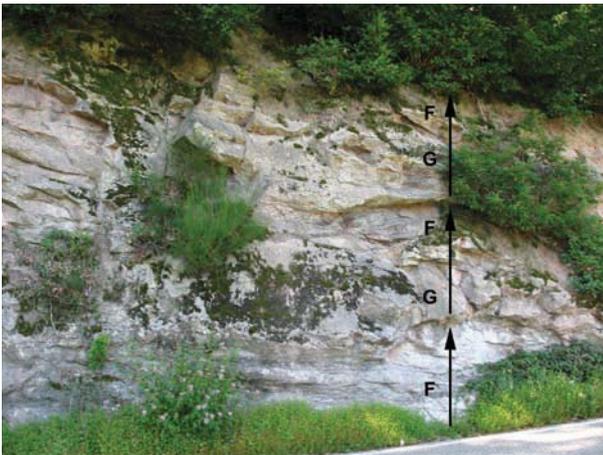


Abb. 21: Rinnensedimente aus geröllführenden Arkosen der Staufenberg-Formation bei Müllenbild SE Baden-Baden. Die geröllführenden Grobarkosen (G) setzen jeweils mit erosiver Basis ein und gehen nach oben in Feinarkosen (F) über. Die Mächtigkeit dieser alluvialen Sohlbank-Zyklen schwankt hier um 2 m.

6.2.2.2 Oppenau-Formation (coO)

Name: Neuer Name, nach Oppenau, Ortenaukreis.

Bisherige Namen und Symbolik: Steinkohlenformation (SANDBERGER 1863); Unterrotliegendes nebst Obercarbon ruc, ru (SAUER 1894).

Typuslokalität: Nicht festgelegt, da die komplexen stratigraphischen Verhältnisse des Beckens weitere Untersuchungen erforderlich machen. Typusgebiet ist die Umgebung von Hauskopf und Rotenkopf N Oppenau. Referenzvorkommen sind Villa Lindle bei Ohlsbach-Hinterohlsbach, TK 25-Nr. 7514: ca. R 34 28 755, H 53 69 740; Steinbruch am Durbach, TK 25-Nr. 7514: ca. R 34 29 610, H 53 71 350; Lierbachtal N Oppenau, TK 25-Nr. 7415: ca. R 34 39 730, H 53 74 750; Rothenbachtal beim Holzplatz NE Oppenau, TK 25-Nr. 7515: ca. R 34 40 280, H 53 73 670.

Untergrenze: Diskordante Auflagerung von grauen bis grauvioletten Arkoskonglomeraten oder Arkosen auf Grundgebirge.



Abb. 22: Dickbankige Arkosen und Schluffsteine der Oppenau-Formation am Holzplatz bei Oppenau (Bildausschnitt etwa 3 m hoch).

Hanges: Basis Rotliegendes (Geisberg-Formation).

Verbreitung: NE streichende Oppenau-Senke zwischen Nordschwarzwälder Granitgebiet und Nordrach-Leptinitkomplex, Hauptvorkommen heute am Brandeckkopf (SE Durbach, Hinterohlsbach), am NW Mooswald und bei Oppenau (Lierbachtal). Ausstrich auf TK 25-Nr. 7415, 7514, 7515.

Mächtigkeit: Meist 10 – 50 m, nach DRESSLER (1983) örtlich bis über 90 m.

Gesteinsbestand: Arkose, überwiegend grobkörnig, oft konglomeratisch, grau bis grau violett, teilweise rötlich, teilweise weißlichgrau; Konglomerat, fein- bis grobkörnig, abgerundet bis schlecht gerundet, grau, Geröllgröße bis über 20 cm, Gerölle aus Kristallin der Nordschwarzwald- und der Nordrach-Schwelle (SAUER 1894), ohne Quarzporphyr; im Wechsel mit Schluffstein, tonig, sandig bis Tonstein, schluffig, sandig, teilweise kohlig, dunkelgrau, teilweise grau violett bis rotbraun, örtlich und lagenweise reich an Pflanzenresten, besonders im tieferen Abschnitt. Die Gesteine, insbesondere die kohligen Schluffsteine, sind um Oppenau sehr schwach Uran führend (BECK, zitiert in: DRESSLER 1983), ohne dass von einer Vererzung gesprochen werden könnte.

Lithostratigraphische Gliederung: Nach dem derzeitigen Bearbeitungsstand ist keine Gliederung in Subformationen möglich. Die Beckenfüllung ist offenbar komplex aus unterschiedlich alten, sich teilweise überlagernden Einheiten zusammengesetzt. Die durch Makroflora und Palynomorphen datierten stefanischen Sedimente von Hinterohlsbach gehen offenbar kontinuierlich

in die nicht datierten Ablagerungen am Durbach über, die früher als „Unterrotliegendes“ kartiert wurden. Die Beziehungen zu den Sedimenten am Mooswald sind unklar, die Geröllanalysen von SAUER (1894) legen aber ein gemeinsames Ablagerungssystem nahe. Die Sedimente am Lierbach, Hauskopf und Holzplatz sind nach der Fossilführung etwas jünger, eine lithologisch begründbare Abgrenzung gegen die „Hinterohlsbach-Schichten“ ist bislang nicht möglich.

Fazies: Alluviale Rinnensedimente (Arkosen, Konglomerate) und zwischengeschaltete Hochwasserabsätze (dünnsschichtige Arkosen, Schluffarkosen, Schluffsteine und Schlufftonsteine; Abb. 20, 22 und 23) mit untergeordneten Moorbildungen (Kohleflöze).

Fossilinhalt: Aus der Oppenau-Formation sind drei fossile Florengemeinschaften bekannt, die eine Unterscheidung von drei informellen und



Abb. 23: Sedimente der Kohlen-Arkosen-Subgruppe.

- a) Wechsel von groben Arkosen (Rinnensedimente) und Schluffarkosen (Überflutungsbereiche) am Holzplatz bei Oppenau.
- b) Ausschnitt aus a), Zwischensediment mit Rippelzügen aus Arkosesand (Hammerspitze als Maßstab).
- c) Verkieselte mittel- bis feinkörnige Arkose der Staufenberg-Formation, Gernsbach. Maßbalken 1 cm.
- d) Kohlige Schlufftonsteine der Hohengeroldseck-Formation im Rebio-Steinbruch bei Geroldseck.
- e) Grobarkose der Tierstein-Formation, Schramberg-Tierstein. Maßbalken 1 cm.

unscharf gegeneinander abgrenzbaren Ökozonen erlauben. In den basalen Schichten der Formation bei Hinterohlsbach (Villa Lindle) identifizierte STERZEL (1907) Farnsamere (*Pecopteris*, *Odontopteris*, *Neuropteris*, *Linopteris*), Keilblattgewächse (*Sphenophyllum*), Schachtelhalme (*Calamites*, *Asterophyllites*, *Annularia*), Lycopodien (*Sigillaria*), Cordaiten (*Cordaites*), Koniferen (*Dicranophyllum*) und verschiedene Samen. Palynologische Untersuchungen (HARTKOPF-FRÖDER, Kap. 4.2) belegen eine vergleichsweise reichhaltige Sporenssoziation. Das Artenspektrum dieser „Hinterohlsbach-Schichten“ entspricht einer etwas eingeschränkten Sumpfland-Flora.

Aus den konkordant darüber anschließenden Schichten am Durbach beschreibt STERZEL (1907) eine ähnliche, aber artenärmere Flora aus Farnsamern (*Pecopteris*, *Odontopteris*, *Neuropteris*, *Cyclopteris*), Schachtelhalmen (*Calamites*, *Annularia*, *Palaeostachya*), Cordaiten (*Cordaites*, *Artisia*), Koniferen (*Lebachia*, *Dicranophyllum*), Kieselhölzern und Samen. Die Flora zeigt deutlich trockenere Standorte und möglicherweise ein stärker saisonales Klima an („Durbach-Schichten“).

Am Holzplatz und im Liehbachtal bei Oppenau fanden sich neben verschiedenen farnartigen Fiederblättern (*Sphenopteris*, *Pecopteris*, *Callipteridium*, *Odontopteris*, *Neurocallipteris*, *Dityopteris*, *Mixoneura*), Schachtelhalme (*Calamites*, *Asterophyllites*, *Annularia*), Keilblattgewächse (*Sphenophyllum*), Cordaiten (*Cordaites*, *Cordaixylon*), Cycadophyten (*Pterophyllum blechnoides*) und Koniferen (*Walchia*, *Dicranophyllum*), sowie verschiedene Samen (STERZEL 1895, 1907). Im Palynomorphenspektrum treten – anders als in den basalen Schichten – saccate Pollen deutlich hervor (HARTKOPF-FRÖDER, Kap. 4.2). Wurzelhorizonte sind vom Hauskopf und aus dem Liehbachtal bekannt (STERZEL 1895, DRESSLER 1983). Die Pflanzenstandorte dieser „Liehbach-Schichten“ dürften wieder etwas weniger trockenen Bedingungen zuzuschreiben sein, die jedoch weiterhin deutlich trockener blieben als im Ablagerungsraum der Hinterohlsbach-Schichten.

Tierfossilien beschränken sich auf zwei Funde von Schabenflügeln, die als *Sterzelia steinmanni* (STERZEL 1907) und *Anthracoblattina megalis* BRAUCKMANN & HAHN (1983) bestimmt wurden und von Fundstellen bei Hinterohlsbach stammen.

Biostratigraphie: Der ältere Teil (Hinterohlsbach-Schichten) lässt sich nach den Pflanzenresten und Schabenflügeln dem Stefan A/B zuordnen (BRAUCKMANN & HAHN 1983, MAASS & VOGELLEHNER 2005). Die Palynomorphen-Assozia-

tion deutet auf eine Einstufung in die Zone ST (oder etwas älter) hin (HARTKOPF-FRÖDER, Kap. 4.2). Für den unmittelbar hangenden Abschnitt (Durbach-Schichten) erlauben die bisher bekannt gewordenen Florenelemente keine sichere Zuordnung. Die jüngsten Ablagerungen der Formation im Raum Oppenau (Liehbach-Schichten) zeigen mit *Pterophyllum blechnoides* Anklänge an die Trockenfloren des Rotliegenden (STERZEL 1907), sind aber nach der Palynomorphenflora offenbar noch in das höhere Stefan (Gzhelium, NBM-Zone nach CLAYTON et al. 1977) einzuordnen (HARTKOPF-FRÖDER, Kap. 4.2).

Radiometrische Daten: Keine.

Literatur: WALCHNER 1832a, b; LEONHARD 1846, 1861; SANDBERGER 1863, 1864, 1866, 1890; GEINITZ 1865; ECK 1875, 1884, 1891; SAUER 1894; SCHALCH 1895; STERZEL 1895, 1907; REGELMANN 1907; HANDLIRSCH 1908; DEECKE 1916; FRENTZEN 1928/1931, 1930/1931, 1931a, b; STILLE 1928; FREYBERG 1935; REST 1951; METZ 1960, 1971; FALKE 1971; BRAUCKMANN & HAHN 1983; DRESSLER 1983; ALI 1984; ATIKZADA 1985; SAVAŞ 1990; STORCH 1992; LfU 2005.

6.2.2.3 Hohengeroldseck-Formation (coH)

Name: Neuer Name, nach der Burg Hohengeroldseck bei Seelbach-Geroldseck, Ortenaukreis. Erste geognostische Beschreibung der Einheit bei SELB (1805), Revision bei KESSLER & LEIBER (1994).

Bisherige Namen und Symbolik: Steinkohlenablagerung von Geroldseck (PLATZ 1867), oberes Kohlengebirge von Hohengeroldseck und Unteres Rotliegendes (ECK 1884), Stefan cst und Unteres Rotliegendes ru an der Hohengeroldseck (KESSLER & LEIBER 1994).

Typuslokalität: Mangels Aufschlüssen nicht festgelegt; Typusgebiet ist Ausstrich im Emersbachtal zwischen Hohengeroldseck und Rebio; TK 25-Nr. 7613: ca. R 34 24 900, H 53 05 075.

Untergrenze: Auflagerung von grauen bis grau-violetten Arkosekonglomeraten oder Arkosen auf Grundgebirge.

Hangendes: Basis Rotliegendes (Geisberg-Formation).

Verbreitung: Mehrere kleinflächige Vorkommen am Südrand des Nordrach-Leptinitkomplexes, die ein längliches Geroldseck-Becken nachzeichnen (Wittelbach, Rebio, Hohengeroldseck,



Oberharmersbach, Langhard; Geroldseck-Senke nach WEYL 1936). Die größten Mächtigkeiten treten entlang einer erzgebirgisch streichenden Grabenfüllung im Gebiet der Hohengeroldseck auf (Hohengeroldseck-Graben; KESSLER & LEIBER 1994). Ausstrich auf TK 25-Nr. 7514 (als „ru“), 7613 („cst“, „ru“), 7614 („ru“), 7713 („ru“ der N-Blatthälfte).

Mächtigkeit: Im Bereich des synsedimentär eingebrochenen Hohengeroldseck-Grabens bis etwa 70 m, sonst 5 – 25 m.

Gesteinsbestand: Dunkel- und hellgraue bis grauviolette Arkosen und Arkosekonglomerate im Wechsel mit grauen oder schwarzgrauen tonigen Schluffsteinen („Schieferthonen“; Abb. 20), örtlich mit dünnen Steinkohlenflözen. Verbreitet sind kleine Pyritkonkretionen, die verwitterten Gesteinen ein rostfleckiges Aussehen verleihen. Nach oben zunehmender Anteil rotbrauner, violetter und grünlicher Farben und häufigere Einschaltung von Arkosekonglomeraten (CZYGAN 1963a, 1964, KESSLER & LEIBER 1994).

Lithostratigraphische Gliederung: Bislang keine formale Gliederung. An der Hohengeroldseck wechseln jeweils mehrere Meter mächtige Abschnitte, in denen Arkosen oder Schluffsteine überwiegen (PLATZ 1867, CZYGAN 1963a, 1964, KESSLER & LEIBER 1994). Die Wechsel weisen möglicherweise auf eine Gliederung in drei Kleinzyklen hin. Über einer 2 – 3 m mächtigen „Unteren Arkose“ mit Gneisgeröllen folgt ein „Unterer Schieferton“ (ca. 3 m) mit Pflanzenresten und dünnen Kohlelagen. Über einer etwa 20 m mächtigen „Mittleren Arkose“ folgt ein „Oberer Schieferton“ (bis 8 m) mit weiteren lokalen Steinkohlenflözen (Fettkohle) und Pflanzenresten. Über einer wenige Meter mächtigen „Oberen Arkose“ folgen wechselhafte, 20 – 30 m mächtige „Hangende Arkose-Schieferton-Schichten“, eine Wechsellagerung von grauen, grüngrauen und violettgrauen sandigen Schluffsteinen mit Pflanzenhäcksel und geringmächtigen grauen bis braunen Arkosen mit Pyritknoten (oberflächennah zu braunen Flecken verrostet) mit einzelnen Geröll-Lagen. Innerhalb des Hohengeroldseck-Grabens wurden diese „Hangenden Arkose-Schieferton-Schichten“ bisher als „Stefan-Schichten“, auf den Grabenschultern als „Unterrotliegend“ angesprochen (KESSLER & LEIBER 1994).

Fazies: Alluviale bis fluviale Rinnensedimente (Arkosen, Geröllarkosen) im Wechsel mit Hochwasserabsätzen und Sedimenten flacher perennierender Seen und Moore im Zwischenrinnenbereich („Schieferton“, Kohle). Seltene Stigmarien belegen den autochthonen Pflanzenwuchs.

Fossilinhalt: Überwiegend Pflanzenreste, insbesondere von Keilblattgewächsen (*Sphenophyllum*), Schachtelhalmen (*Calamites*, *Annularia*, *Asterophyllites*, *Macrostachya*, *Palaeostachia*, *Pinularia*), Lycopodien (*Lepidodendron*, *Sigillaria*, *Asolanus*, *Syringodendron*), Farnen (*Acitheca*, *Cyathocarpus*), Fiederblättern oft unsicherer botanischer Zugehörigkeit (*Aphlebia*, *Schizopteris*, *Sphenopteris*, *Alloiopteris*, *Dactylothea*, *Pecopteris*, *Callipteridium*, *Neuropteris*, *Reticulopteris*, *Linopteris*, *Odontopteris*), Cordaiten (*Cordaites*, *Rhabdocarpus*, *Cordaianthus*) und Holzresten („*Dadoxylon*“). Die Palynomorphen sind meist schlecht erhalten (HARTKOPF-FRÖDER, Kap. 4.2). Bemerkenswert sind Funde von *Pterophyllum* im Oberen Schiefertone, die dessen Auftreten im Stefan B belegen (CZYGAN 1963a, 1964; zuerst erwähnt bei ECK 1884: 69). Tierfossilien beschränken sich auf nicht näher bestimmte Schabenflügel (CZYGAN 1963a) und mögliche Fischreste (KETTNER 1843; CZYGAN 1963a, b) sowie auf Spurenfossilien (*Planolites*: CZYGAN 1963a).

Biostratigraphie: Nach den Pflanzenresten höheres Stefan A oder Stefan B im Unteren Schiefertone, Stefan B im Oberen Schiefertone (CZYGAN 1963a, 1964, VOGELLEHNER 1967, MOOSBRUGGER & VOGELLEHNER 1986, MAASS & VOGELLEHNER 2005). Die Palynomorphen-Assoziation bestätigt diese Einstufung für den Unteren Schiefertone (HARTKOPF-FRÖDER, Kap. 4.2) und zeigt auch in den Hangenden Arkose-Schieferton-Schichten (früher als „Unterrotliegend“ angesprochen) noch starke Ähnlichkeiten mit stefanischen Assoziationen (HARTKOPF-FRÖDER, zitiert in: KESSLER & LEIBER 1994: 97, 99).

Radiometrische Daten: Keine.

Literatur: SELB 1805; RENGGER 1824; KETTNER 1843; LEONHARD 1846, 1861; REUSS 1850; STIZENBERGER 1851; PLATZ 1858, 1867; GEINITZ 1865; ECK 1884, 1891; SANDBERGER 1890; THÜRACH 1897; STERZEL 1907; DEECKE 1916; FRENTZEN 1928/1931, 1930/1931, 1931a, b; STILLE 1928; FREYBERG 1935; WEYL 1936; METZ 1960, 1971; CZYGAN 1963a, b, 1964; VOGELLEHNER 1967; FALKE 1971; KESSLER 1984; MOOSBRUGGER & VOGELLEHNER 1986; KESSLER & LEIBER 1994; LfU 2005; MAASS & VOGELLEHNER 2005.

6.2.2.4 Tierstein-Formation (coT)

Name: Neuer Name, nach Schramberg-Tierstein, Kreis Rottweil.

Bisherige Namen und Symbolik: Steinkohlengebirge (QUENSTEDT 1843); oberes Steinkoh-

lengebirge und unteres Rotliegendes (ECK 1887); unteres Rotliegendes (SAUER 1897, 1899); Unterrotliegendes ru, einschließlich Oberkarbon (BRÄUHÄUSER 1909, LEIBER & MÜNZING 1979).

Typuslokalität: Hammergraben und Weg zum Rappenfelsen N Schramberg-Tierstein; TK 25-Nr. 7716: ca. R 34 54 050, H 53 44 825 (heute weitgehend verwachsen). Referenzprofil ist die Bohrung Urach 4 (TK 25-Nr. 7422: R 35 27 684, H 53 74 423): 1 175 – 1 605 m (Archiv LGRB: BO 7422/322).

Untergrenze: Diskordante Auflagerung von grauen bis grau violetten Arkosekonglomeraten oder Arkosen auf Grundgebirge.

Hanges: Rotliegendes, örtlich terrestrischer Zechstein (Schramberg-Tierstein).

Verbreitung: Schramberg-Becken, weitgehend unter jüngerer Überdeckung. Ausstrich auf TK 25-Nr. 7716; erbohrt auf TK 25-Nr. 7422 (Bad Urach), 7617 (Sulz), 7716 (Schramberg), 7717 (Oberndorf). Möglicherweise ist im „Rotliegenden“ der Bohrung Bad Überkingen (TK 25-Nr. 7324; CARLÉ 1971, 1982a) ein bis zu 100 m mächtiger Anteil der Tierstein-Formation zuzuweisen.

Mächtigkeit: Bei Schramberg bis über 180 m (LEIBER & MÜNZING 1979), Bohrung Oberndorf 49 m, davon an der Basis 6 m Tierstein-Arkoseschichten, 43 m Neuwiesen-Subformation (ECK 1887), Bohrung Urach 4 ca. 430 m.

Gesteinsbestand: Arkosen und Arkosekonglomerate, grau bis schwarz, auch violett oder weißgrau, mit geringmächtigen Einschaltungen von sandigen Schluffsteinen oder Schlufftonsteinen, grau bis schwarz, z.T. Kohle führend. Im Beckeninneren mächtige Abfolgen von grauen bis schwarzgrauen Schlufftonsteinen mit Bänken und dünnen Lagen von Grauwacken oder weißgrauem Sandstein sowie mehreren Lagen von sauren Tuffen, seltener von grauem oder graugrünem Kalkstein. Örtlich Einschaltung rotbrauner Tonsteine.

Lithostratigraphische Gliederung: Die aus den Tiefbohrungen Sulz, Oberndorf sowie Urach 3 und 4 bekannt gewordene lakustrine Tonstein-Dolomitstein-Fazies stellt eine offenbar nur im Beckeninneren entwickelte lakustrine Fazies dar, die wegen ihrer deutlichen lithologischen Unterschiede hier als **Neuwiesen-Subformation (coTt)** ausgegliedert wird (s.u.). Die sonst vorherrschenden Wechselfolgen von Arkosen, Konglomeraten und untergeordneten kohligem Tonsteinen können dagegen als **Tierstein-Arkose-**

schichten (coTa) zusammengefasst werden. Es handelt sich dabei um faziell definierte Einheiten, die sich lateral vertreten und daher in unterschiedlicher Reihenfolge übereinander auftreten können (Abb. 20). Über die weitere räumliche und fazielle Gliederung dieser Tierstein-Arkoseschichten ist wegen der spärlichen Aufschlussbedingungen wenig bekannt.

Fazies: Die Tierstein-Arkoseschichten setzen sich aus alluvialen Schuttfächer-Konglomeraten und -Arkosen (Schuttströme, Schichtflutabsätze, flache Rinnenfüllungen) zusammen, die beckenwärts in fluviale Sandsteine bzw. Arkosesandsteine, oft mit konglomeratischen Basislagen, übergehen. Untergeordnet schalten sich Tonsteine und tonige Kohleflöze kleiner Seen und Sümpfe (Zwischenrinnenbereich) ein. Die Feldspäte sind teils kaolinisiert, teils noch frisch, Glimmer ist teils zersetzt, teils frisch, die Gesteine meist grau bis grau violett und (bergfrisch) Pyrit führend. In der Neuwiesen-Subformation herrschen Ablagerungen eines Binnensees mit stark wechselndem Wasserstand vor (graue und schwarze Tonsteine mit turbiditischen Sandlagen; rotbraune dolomitische Tonsteine und Sulfatgestein; Kap. 5.1). Dolomitsteine treten möglicherweise sowohl als Hochstands- (sedimentäre Bänke) wie als Tiefstands-Marken (Bodenkrusten) auf.

Fossilinhalt: In geringmächtigen Schiefertönen sind in und bei Schramberg mehrfach Pflanzenreste gefunden worden (SANDBERGER 1890, ECK 1891). Nach STERZEL (1907) handelt es sich fast ausschließlich um Reste von Schachtelhalmen (*Calamites*) und Gymnospermen (*Dicranophyllum*, *Cordaites*, verschiedene Früchte, Holzreste). Das von SANDBERGER (1890) als Schabenflügel („*Blattina*“) bestimmte Fossil hält STERZEL (1907) nach Einsicht des Originals für einen pflanzlichen Geweberest. SCHMIDT (1912) erwähnt verdrückte Ostrakodenschalen aus dem Bohrloch Sulz. In der Bohrung Urach 4 ist nahe der Obergrenze (1 178 m) ein nicht näher bestimmter Conchostrake (möglicherweise Nachfall aus dem Rotliegenden) im Schichtenverzeichnis erwähnt; das Stück ist leider verloren.

Biostratigraphie: Die an trockene Standorte angepasste artenarme Flora von Schramberg lässt keine nähere Alterseinstufung zu (STERZEL 1907). Sie trägt ökofaziell „Autun“-Charakter (allerdings ohne *Autunia conferta*) und kann damit ein Alter von Stefan (Kasimovium – Gzhelium) oder jünger aufweisen. Die Schichten sind hier, nahe am Beckenrand, wahrscheinlich ein Altersäquivalent (als Randfazies) der Neuwiesen-Subformation des Bad Uracher Raumes.



Die Tierstein-Formation der Bohrung Urach 3 führt nach BUNTEBARTH et al. (1979) zwischen 1582 und 1605 m u. Gel. artenreiche Palynomorphen-Assoziationen des „unteren bis mittleren Stefan“, also Stefan A/B (Kasimovium bis frühes Gzhelium). Monolete und trilete Sporen herrschen hier vor, Pollen erreichen kaum zwei Prozent der bestimmbareren Spezies. Aus Proben bei 1260 m und 1286 m beschreiben BUNTEBARTH et al. (1979) zwei Palynomorphen-Assoziationen, die sie wegen ihres xerophytischen Charakters als „Autun“ ansprechen. Die Probe aus 1286 m zeigt noch „Anklänge an das Stefan“ durch Vorherrschaft trileter und monoletter Sporen (*Lycospora pusilla*, *Granulatisporites minutus*, *Spinospores spinosus* u.a.) vor disaccaten und seltenen mono-saccaten Pollen. Die jüngere Probe wird von mono- und disaccaten Pollen dominiert, führt aber untergeordnet auch trilete Sporen, die noch für Gzhelium-Alter sprechen (*Lycospora pusilla*, *Endosporites* sp.).

Radiometrische Daten: Keine.

Literatur: QUENSTEDT 1843, 1846; PAULUS 1875; ECK 1887, 1891; SANDBERGER 1890; SAUER 1897; STERZEL 1907; BRÄUHÄUSER 1909, 1910, 1933, 1996; A. SCHMIDT 1912, 1931; STILLE 1928; FREYBERG 1935; FALKE 1971; BUNTEBARTH et al. 1979; DIETRICH 1982; SCHÄDEL 1982; BACKFISCH 1984; LfU 2005; KRJUTSCHKOW 2006.

Tierstein-Arkoseschichten (coTa)

Name: Neuer Name, nach Schramberg-Tierstein, Kreis Rottweil, und der Gesteinsausbildung.

Bisherige Namen und Symbolik: Im Aufschlussgebiet wie Tierstein-Formation; in Bohrung Urach 3 nach Palynomorphenspektrum als Oberkarbon (Stefan) eingestuft, ohne formellen lithostratigraphischen Namen.

Typuslokalität: Hammergraben bei Schramberg-Tierstein, wie Tierstein-Formation; Referenzprofil ist Bohrung Urach 4 (Archiv LGRB 7422/322): 1486 – 1605 m.

Untergrenze: Diskordante Auflagerung auf Kristallin oder (als „Hangende Tierstein-Arkosen“) auf Tongesteinen der Neuwiesen-Subformation (Bohrung Sulz).

Hangendes: Im Beckeninneren über „Liegenden Tierstein-Arkosen“ Tonsteine der Neuwiesen-Subformation (Bohrungen Oberndorf, Bad Urach), sonst Basis Rotliegendes.

Verbreitung: Schramberg-Becken; Ausstrich auf TK 25-Nr. 7716; erbohrt auf TK 25-Nr. 7422 (Bad Urach), 7617 (Sulz), 7716 (Schramberg), 7717 (Oberndorf).

Mächtigkeit: Bekannt bis 120 m (Bad Urach).

Gesteinsbestand: Vorherrschend Arkose und Geröllarkose, grobkörnig bis feinkörnig, grau bis grauviolett, in Rinnenfüllungen und Schichtbänken, im Wechsel mit Arkoseschluffsteinen, Tonschluffsteinen und etwas unreiner Steinkohle, dunkelgrau bis schwarzgrau.

Neuwiesen-Subformation (coTt)

Name: Neuer Name, nach dem Gewinn Neue Wiesen im Ermstal (Bohrung Urach 4) nördlich Bad Urach, Kreis Reutlingen.

Bisherige Namen und Symbolik: Unterrotliegend, obere 50 – 70 m in Bohrung Urach 3 wegen einzelner rotbrauner Lagen bislang zum Oberrotliegend gerechnet (VILLINGER 1982).

Typuslokalität: Bohrung Bad Urach 4 (Archiv LGRB 7422/322): 1175 – 1486 m.

Untergrenze: Konkordante (?) Auflagerung vorherrschend toniger Abfolgen auf groben Arkoseabfolgen der Tierstein-Arkoseschichten.

Hangendes: Basis Rotliegendes; in Urach 4 Aufarbeitungslage mit Dolomitsteinklasten (Diskordanz?); zugleich Aussetzen der schwarzen Dolomitstein-Einlagerungen.

Verbreitung: Innere Zone des Schramberg-Beckens, vollständig unter jüngerer Überdeckung verborgen. Die Einheit streicht nicht über Tage aus. Erbohrt unter TK 25-Nr. 7422 (Bad Urach), 7617 (Sulz), 7717 (Oberndorf).

Mächtigkeit: Bekannt bis 310 m (Bad Urach).

Gesteinsbestand: Vorherrschend Tonstein und Schlufftonstein, grau, braun, untergeordnet schwarz, violett oder rotbraun, mit Dolomitstein und Kalkstein, grau bis schwarz; geringmächtige Einlagerungen von Arkose, rotbraun und Sandstein, mittel- bis feinkörnig, grau oder rotbraun, Glimmer führend, im Wechsel mit sandigen und glimmerigen Ton- und Schluffsteinen, horizontweise Einlagerungen von Anhydritstein, grau. In verschiedenen Niveaus Einlagerungen vulkanogener Materials (Tuffe, Ignimbrite, Tuffite) saurer, untergeordnet auch basischer Zusammensetzung (KRJUTSCHKOW 2006).

6.2.2.5 Sankt-Peter-Formation (coSP)

Name: Neuer Name, nach kleinen Vorkommen um St. Peter östlich von Freiburg. Frühere Beschreibung der Einheit bei SCHILL (1862), SAUER (1899), SCHNARRENBERGER (1906), GROSCHOFF (1988).

Bisherige Namen und Symbolik: Todtliegendes ohne Quarzporphyr-Gerölle (SCHILL 1862); Unterrotliegendes ru (VOGELGESANG 1872, SAUER 1899, SCHNARRENBERGER 1906, GROSCHOFF 1988) und Vulkanite des Rotliegenden rp (GROSCHOFF 1988). Einige in der Literatur als „Unterrotliegend“ angesprochene Vorkommen von Arkosen mit Quarzporphyr-Geröllen werden hier zum Rotliegenden (Ibenbach-Sedimente, Kap. 6.3.2.4) gestellt.

Typuslokalität: Kartierungsbohrung am Scheuerwald NW St. Peter; TK 25-Nr. 7914: R 34 27 850, H 53 20 850 (GROSCHOFF 1988: Bohrung 4).

Untergrenze: Diskordante Auflagerung auf Grundgebirge.

Hängendes: Basis Ibenbach-Sedimente (mit Quarzporphyrgeröllen).

Verbreitung: Breisgau-Becken, mehrere kleine Reliktorkommen E und NE Freiburg und im Hirzwald SE Triberg. Das nördlichste Vorkommen findet sich am Hohen Geisberg unmittelbar südlich der Zentralschwarzwald-Schwelle; Ausstrich auf TK 25-Nr. 7713 (Südost-Hälfte), 7714 („ru“ am Geisberg), 7814, 7815, 7913, 7914, 7915.

Mächtigkeit: In den Ausstrichgebieten bis 10 m.

Gesteinsbestand: Grüngraue und braun- bis blauviolette Arkosen und Arkosekonglomerate, örtlich verkieselt (Hirzwald), im Wechsel mit rotbraunen bis violetten oder grauen Schlufftonsteinen und Tonsteinen, sowie braunvioletten und grüngrauen Feinsandsteinen. Bei St. Märgen liegen über basalen Sedimenten pyroklastische Einschaltungen (porphyritischer Lapillituff) und ein mehrere Meter mächtiger effusiver, jedoch hydrothermal stark alterierter Vulkanit von primär wohl andesitischer Zusammensetzung (Ohmenkirche-Porphyr; SCHNARRENBERGER 1906, GROSCHOFF 1988; Abb. 20).

Lithostratigraphische Gliederung: Die kleinen Vorkommen von Sedimenten mit örtlich eingeschalteten Tuffen entziehen sich einer weiteren Gliederung. Ausgeschieden wird ledig-

lich der intermediäre Vulkanit von der Ohmenkirche SW St. Märgen als **Ohmenkirche-Porphyr (coPp)**. Der Vulkanit überlagert hier ca. 4,3 m Sedimente und eine porphyritische Lapillituff-Lage und stellt den jüngsten Teil der Formation unter der Geländeoberfläche dar. Rotbraune Gesteine finden sich sowohl dicht über der Basis (GROSCHOFF 1988) als auch im höheren Teil der Formation (SAUER 1899) und erlauben daher keine stratigraphische Orientierung.

Fazies: Sedimente überwiegend fluvial bis fluvialakustrin, grobsandig-konglomeratische Rinnenablagerungen, sandig-tonige Hochwasserabsätze und tonig-schluffige Sedimente flacher Seen oder Hochflutebenen. Magmatite: Der Ohmenkirche-Porphyr ist nach seinem Modalbestand (Plagioklas, Quarz, Chloritpseudomorphosen nach Pyroxen, Chloritmasse nach Glas: GROSCHOFF 1988) als stark alterierter Andesit zu deuten.

Fossilinhalt: In den Feinsandsteinen und Tongesteinen fanden sich mehrfach unbestimmbare Pflanzenreste als kohliges Häcksel (GROSCHOFF 1988). E St. Peter sind auch verkieselte Koniferenhölzer gefunden worden (FISCHER 1858, SCHNARRENBERGER 1906), die FRENTZEN (1931b) als *Dadoxylon schrollianum* (GÖPPERT) FRENTZEN bestimmte.

Biostratigraphie: Keine Leitfossilien bekannt.

Radiometrische Daten: Der Ohmenkirche-Porphyr ergab stark streuende, durch Alteration verjüngte Rb-Sr-Alterswerte zwischen 250 ± 75 Ma und 300 ± 34 Ma (LIPPOLT et al. 1983).

Literatur: FISCHER 1858; LEONHARD 1861; SCHILL 1862; VOGELGESANG 1872; SAUER 1899; THÜRACH 1901; SCHALCH & SAUER 1903; SCHNARRENBERGER 1906, 1909; DEECKE 1916; STILLE 1928; FRENTZEN 1931a, b; FREYBERG 1935; WEYL 1938b; LEIBER 1964, 1972; GROSCHOFF & SCHREINER 1980; LIPPOLT et al. 1983; ORTHMAYR 1986; GROSCHOFF 1988; LfU 2005.

6.2.2.6 Weiach-Formation (coW)

Name: Neuer Name, nach der Tiefbohrung Weiach (Schweiz). Nach freundlicher Auskunft von Dr. PETER JORDAN (Schweizerisches Komitee für Stratigraphie) ist der Name in der Schweiz noch nicht okkupiert. Im Gebiet der Schweiz sind diese Schichten keiner formal definierten Formation zugewiesen. Beschreibung der Einheit bei SCHMASSMANN & BAYRAMGIL 1945, 1946, HOCHULI (1985), MATTER (1987), MATTER et al. (1988), NAGRA (1989).



Bisherige Namen und Symbolik: „?Oberkarbon“, „Autunien“ und „Saxonien“ (SCHMASSMANN & BAYRAMGIL 1945, 1946); Oberkarbon und Unterrotliegendes (co/ru; HOCHULI 1985, MATTER 1987, MATTER et al. 1988).

Typuslokalität: Bohrung Weiach (Schweiz): 1 169,62 – 2020,40 m (NAGRA 1989). Die Typuslokalität gilt als Referenz für Bohraufschlüsse in Baden-Württemberg.

Untergrenze: Auflagerung von arkosischen Sedimenten auf Kristallin.

Hangendes: Überlagerung durch rotbraune Arkosen, Konglomerate und Brekzien des Rotliegenden (mit Porphyrgeröllen).

Verbreitung: Hauptsenke des Nordschweizer Beckens, in Baden-Württemberg im Untergrund des westlichen Bodenseegebiets erbohrt auf TK 25-Nr. 8220 (Dingelsdorf). Ausstrich: Keiner.

Fortsetzung der Schichten unter Schweizer Gebiet.

Mächtigkeit: Bohrung Weiach ca. 850 m (1 169,62 – 2020,40 m); Bohrung Dingelsdorf ca. 205 m (Bohrstrecke 229 m: 2419 – 2648 m); Bohrung Wintersingen ca. 190 m (230,7 – 421 m); Bohrung Weiherfeld 35 m (331,75 – 366,75 m).

Gesteinsbestand: Graue und grauviolette Arkosen und Arkosekonglomerate sowie Brekzien im Wechsel mit grauen bis schwarzgrauen, teilweise kohligem Schluff- und Schlufftonsteinen, untergeordnet Steinkohle. Im oberen Abschnitt gebietsweise braune und rotbraune Einschaltungen. Vereinzelt Einschaltung von geringmächtigen Tuffen und Tuffiten.

Lithostratigraphische Gliederung: Die durchgängig graue Serie des Typusprofils (Stefan und „Unterrotliegend“) wurde von MATTER (1987, MATTER et al. 1988) sedimentologisch in mehrere Abschnitte unterteilt, jedoch nicht formell in lithostratigraphische Einheiten gegliedert. Seine Gliederung erlaubt jedoch eine Dreiteilung in eine liegende, fluvial geprägte Kohlendstein-Einheit („unteres anasomosierendes fluviales System“), die nach MATTER (1987) aufgrund der Schichtungsmuster weiter in sechs Untereinheiten gegliedert werden kann, eine mittlere lakustrine Tonstein-Einheit („See“ mit „lakustriner Serie“ bei MATTER 1987) und eine hangende alluviale Schuttfächer-Einheit („graubraune bis grauschwarze zyklische Serie“ bei MATTER 1987).

Die nur biostratigraphisch zu bestimmenden „Vittatina-Schichten“ (Zonen VCI und VCI bei HOCHULI 1985) umfassen demnach den höchsten Teil der Kohlendstein-Einheit und die beiden hangenden Einheiten. An der Basis der „Vittatina-Schichten“ (1428 – 1437 m) treten nach MATTER (1987) mehrere Tufflagen auf (s. u., radiometrische Daten).

Eine in Bohrung Wintersingen 93,5 m mächtige (230,7 – 324,2 m) und wegen erster rotbrauner Einschaltungen zunächst dem Oberrotliegenden zugeordnete Wechselfolge von überwiegend grauen Arkosen mit Mergeln und Kalksteinen („unteres Oberrotliegendes A und B“, bei STELLRECHT 1963b „ro1“) ist wahrscheinlich, zusammen mit dem dortigen „Unterrotliegenden“, noch in die Kohlen-Arkosen-Untergruppe zu stellen und entspricht möglicherweise dem „Unterrotliegenden“ von Dingelsdorf (2419 – 2492 m). Sie wird hier als Teil der Weiach-Formation aufgefasst („Wintersingen-Einheit“). Nach HOCHULI (1985) sind sie altersgleich oder jünger als die durchgehend grauen „Vittatina-Schichten“ im oberen Teil des Profils Weiach.

Fazies: Fluviale und alluviale Geröllarkosen und Arkosen im Wechsel mit Hochwasserabsätzen und Moorsedimenten (Schluffsteine, Kohle). Abschnittsweise Einschaltungen von lakustrinen Tongesteinen. Sedimentologische Bearbeitung durch MATTER (1987).

Fossilinhalt: In den Bohrungen fanden sich immer wieder Spross- und Blattreste von Landpflanzen sowie Sporen und Pollen. REMY (in MATTER et al. 1988) bestimmte in der Bohrung Weiach Reste von *Sphenophyllum*, *Stylocalamites*, *Linopteris*, *Neuropteris*, *Eusphenopteris*, *Alethopteris*, *Callipteridium*, *Odontopteris*, *Pecopteris* und *Cordaites* im tieferen bis mittleren, *Annularia*, *Taeniopteris* und *Walchia piniformis* im höheren Teil der Formation. In palynologischen Untersuchungen von HOCHULI (1985) zeigten sich zahlreiche Arten von Sporen der Sumpfland-Vegetation und nach oben zunehmend Gymnospermenpollen. Daneben sind auch Pilzsporen nachgewiesen. Zahlreiche Wurzelböden belegen den autochthonen Wuchs zumindest eines Teils dieser Pflanzen. In mehreren Lagen deuten Fusit-Partikel auf Waldbrände hin (MATTER et al. 1988). In Wintersingen fanden sich in mehreren Lagen Reste von Ganoidfischen, die ERNI (1940) als *Amblypterus* sp. bestimmte. Auch aus der Bohrung Weiach wurden zahlreiche Fischreste gefunden (MATTER et al. 1988); MÜLLER et al. (1984: 38) bilden einen fast vollständigen Ganoidfisch ab. Daneben werden Conchostraken und Ostrakoden erwähnt (SCHMASSMANN & BAYRAMGIL 1946, MATTER et al. 1988). Gelegentlich zeigten sich Wühlspuren wirbelloser Tiere.

Biostratigraphie: Der ältere Abschnitt enthält eine artenreiche Palynoflora des Stefan A bis „D“ (Zonen ST und NBM, HOCHULI 1985). Im jüngeren Abschnitt („Vittatina-Schichten“) wird sie von einer artenarmen und spärlichen, pollendominierten Flora vom „Autun“-Ökotyp abgelöst, jedoch mit einzelnen *Lycospora* und *Verrucosporites* neben *Vittatina* (Zonen VC I und VC II nach HOCHULI 1985). In Wintersingen zeigt sich möglicherweise der Übergang in die Zone DS (HOCHULI 1985), innerhalb derer die internationale Karbon-Perm-Grenze liegt (DUNN 2001). Auch die Pflanzenreste der Bohrung Weiach weisen nach REMY (in MATTER et al. 1988) Stephan A für den älteren Anteil der Formation nach, darüber nicht näher gliederbares Stephan und im höheren Abschnitt eine „Autun“-artige Flora ohne Leitformen. Das Alter der Weiach-Formation kann daher mit der Endphase des Karbons angegeben werden. Ob lokal Teile der lakustrinen Tonstein-Einheit oder der hangenden Schuttfächer-Einheit noch geringfügig bis in das frühe Asselium (ältestes Perm) hineinreichen, kann bislang nicht entschieden werden; die bisher bekannten Palynofloren sind, gemessen am globalen Stratotyp, noch karbonisch. Auch der *Amblypteris* von Wintersingen ist ohne nähere Bestimmung nicht sicher auf die heute gültige Karbon-Perm-Grenze zu beziehen. Für die übrigen Fischreste, Ostrakoden und Conchostraken liegt bislang noch keine biostratigraphische Auswertung vor.

Die basale Graufazies des Oberkarbons (2492 – 2648 m) in der Bohrung Dingelsdorf wurde palynologisch von GREBE (1960) untersucht. Die schlecht erhaltene Sporenflora enthielt demnach *Lycospora* und *Laevigatosporites*, daneben nur mit Vorbehalt bestimmbare Formen von *Cyclogranisporites*, *Calamospora*, *Planisporites* und *Florinites* und ließ sich damit nur grob in das späte Karbon einstufen. Alle Gattungen treten bereits im Westfal auf, erreichen aber auch das höhere Stefan (einige das Perm) und sind (bis auf *Planisporites*) auch im Stefan der Nordschweizer Bohrungen vertreten (HOCHULI 1985).

Radiometrische Daten: Eine Tufflage im unteren Teil „Vittatina-Schichten“ von Weiach (1432,26 m; Großzyklische Grobsandstein-Ton-Serie nach MATTER 1987, oberste Kohlendstein-Einheit) weist nach SCHALTEGGER (1997) ein U-Pb-Alter von 298 ± 1 Ma (mittleres bis spätes Gzheium) auf. Ihr Alter legt eine Korrelation mit den stefanischen Tuffen von Baden-Baden und Magmatiten des Aarmassivs nahe (SCHALTEGGER 1997), möglicherweise auch mit dem Ohmenkirche-Porphyr von St. Märgen, und belegt zumindest für diesen älteren Abschnitt mit „Autun“-Ökofazies ein noch karbonisches Alter.

Frühpermische Vulkangebiete

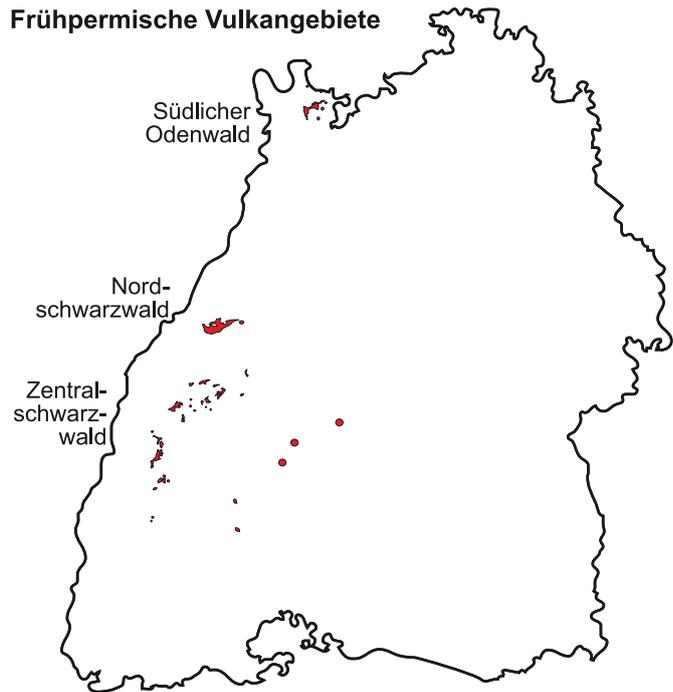


Abb. 24: Verbreitung bisher bekannter Rotliegend-Vulkanite.

Ein weiterer Tuff aus der mittleren Kohlendstein-Einheit der Bohrung Weiach aus 1586,52 m Teufe (Kohle-Serie nach MATTER 1987, Zone NBM bzw. Stefan C/D nach HOCHULI 1985) erbrachte einen Alterswert von 303 Ma (Kasimovium). Detritische Zirkone belegen über die gesamte Abfolge hinweg Liefergebiete mit devonischen und frühkarbonischen Kristallingesteinen und stammen wahrscheinlich aus den Gebieten des Südschwarzwaldes und Aarmassivs (SCHALTEGGER 1997).

Literatur: ERNI 1940; SCHMASSMANN & BAYRAMGIL 1946; LEMCKE 1961, 1975; LEMCKE & WAGNER 1961; STELLRECHT 1963 a, b; LUTZ 1964; FALKE 1971; BACKFISCH 1984; MÜLLER et al. 1984; HOCHULI 1985; SPRECHER & MÜLLER 1986; MATTER 1987; LAUBSCHER 1987; THURY & DIEBOLD 1987; NAGRA 1988, 1989, 1990; MATTER et al. 1988; DIEBOLD 1988; DIEBOLD et al. 1991; SCHALTEGGER 1997; MARCHANT et al. 2005.

6.3 Rotliegend-Gruppe (r) (Unterperm)

Die Gliederung der Rotliegend-Gruppe folgt in Baden-Württemberg der paläogeographischen Aufteilung der Vorkommen in mehrere Vulkangebiete und Sedimentbecken (Abb. 19). Für die Kartierung hat sich dabei eine zusammenfassende Einteilung in Rotliegend-Magmatite (rM) und Rotliegend-Sedimente (rS) bewährt, die jeweils mehrere Formationen umfassen.



6.3.1 Rotliegend-Magmatite (rM)

Die Vulkanite des Rotliegenden verteilen sich auf drei Vulkangebiete mit jeweils recht einheitlichem Gesteinsbestand (Abb. 24). Die vulkanischen Gesteine dieser drei Gebiete lassen sich daher als **Schriesheim-Formation** (Südlicher Odenwald), **Lichtental-Formation** (Nordschwarzwald) und **Geisberg-Formation** (Zentralschwarzwald) zusammenfassen. Unter dem oberschwäbischen Molassebecken deutet sich am Rande der Aulendorf-Schwelle ein weiteres Vulkangebiet an, das bislang jedoch nur durch einen ca. 20 m mächtigen Quarzporphyr in der Bohrung Mönchsrot (BOIGK 1981) belegt ist und deshalb hier nicht berücksichtigt wurde.

6.3.1.1 Schriesheim-Formation (rMS)

Name: Neuer Name, nach Schriesheim, Rhein-Neckar-Kreis.

Bisherige Namen und Symbolik: Älterer und Jüngerer sowie Wagenberg-Porphyr und mittleres Rotliegendes (BENECKE & COHEN 1881); mittleres Rotliegendes rm und Porphyre des mittleren Rotliegenden P (ANDREAE & OSANN 1896, THÜRACH 1918), Quarzporphyre P (KLEMM 1905), Rotliegend-Vulkanite rV (GLA 1995).

Typuslokalität: Ölberg bei Schriesheim; TK 25-Nr. 6518: ca. R 34 76 500, H 54 81 700.

Untergrenze: Kristallines Grundgebirge (vielfach unter Paläosolit).

Hanges: Rotliegendes (lokal) oder Zechstein.

Verbreitung: Südlicher Odenwald; im Landesgebiet Ausstrich auf TK 25-Nr. 6418, 6518.

Mächtigkeit: Bis ca. 120 m.

Gesteinsbestand: Tuffe, Lapillituffe und -steine, Ignimbrite und Laven rhyolithischer Zusammensetzung, in wechselndem Umfang hydrothermal alteriert (Abb. 25). An der Basis vielfach Kieselkrusten in granitischem Regolith oder in dünnen Arkose- und Brekzienlagen.

Lithostratigraphische Gliederung: Nach dem Gesteinsbestand in unverschweißte bis gering verschweißte Pyroklastika (**Altenbach-Subformation, rTA**), stark verschweißte Ignimbrite (**Dossenheim-Quarzporphyr, DQ**) und autoklastische Schlotfüllung (**Wachenberg-Quarzporphyr, WQ**). Die verkieselten Brekzien und Arkoselagen im Liegenden der Vulkanite (südlich deren Verbreitung von Rotliegend-Sedimenten überlagert) werden als **Basis-Paläosolit (rps)** formal mit in die Formation aufgenommen.

Fazies: Überwiegend Aschenfall- und Surge-Ablagerungen plinianischer Eruptionen, teilweise als verschweißte Ignimbrite, örtlich stockförmige Laven als Füllung von Förderschloten (Wachenberg-Quarzporphyr). Der Basis-Paläosolit (PRIER 1963, 1975) stellt offenbar eine Kieselkruste (Durisol, Silcrete) in aufgelockertem Saprolith bzw. Regolith oder in kaum transportiertem Streuschutt dar.



Abb. 25: Vulkanite der Schriesheim-Formation im südlichen Odenwald.

- Geschichtete Tuffe und Lapillituffe der Altenbach-Subformation zwischen Schriesheim und Wilhelmsfeld.
- Dossenheim-Quarzporphyr im Steinbruch am Ölberg bei Dossenheim; Aufnahme M. KLEINSCHNITZ (LGRB). Die Ignimbrit-Decke zeigt hier deutliche säulige Abkühlungsklüfte.

Fossilinhalt: Nicht bekannt.

Biostratigraphie: Entfällt.

Radiometrische Daten: Ar-Ar-Altersbestimmungen an Biotit und Sanidin aus Lapillituffen der Altenbach-Subformation ergaben nach HESS & LIPPOLT (1996) ein wahrscheinliches Eruptionsalter von 290 Ma (höheres Asselium). Altersdaten weiterer Sanidin-Proben um 296 und 300 Ma gehen demnach auf gestörte Isotopensysteme oder Aufnahme von Fremdmaterial zurück, Muskovitkristalle mit Ar-Ar-Altern um 325 bis 330 Ma sind offenbar aus dem umgebenden frühkarbonischen Heidelberg-Granit aufgenommen (HESS & LIPPOLT 1996). Für Wachenberg- und Dossenheim-Quarzporphyr liegen bislang noch keine Datierungen vor. Da der Basis-Paläosolit unter der Altenbach-Subformation bereits Merkmale semiarider bis arider Klimabedingungen während seiner Bildung aufweist, erscheint nach Vergleich zu entsprechenden Sedimenten im Schwarzwald oder im Saar-Nahe-Becken ein frühest-permisches Alter (290 Ma) glaubhafter als eine Entstehung im frühen Gzhelium (300 Ma).

Die hydrothermale Alteration der Gesteine fand offenbar überwiegend im späten Jura statt. K-Ar-Altersdaten aus der benachbarten Schauenburg-Störungszone, an der Dossenheim-Quarzporphyr gegen Granit versetzt ist, erbrachten Serizit- bzw. Illit-Alter um 152 Ma und Hinweise auf eine Reaktivierung im Paläogen (MARBACH 2002, SCHLEICHER 2005).

Paläomagnetik: Die Mehrzahl der untersuchten Proben ist revers magnetisiert, zwei Proben aus Tuffen der Altenbach-Subformation ergaben eine normale Magnetisierung (DACHROTH 1976).

Literatur: OEYNSHAUSEN et al. 1825; BRONN 1830; WALCHNER 1832 a, b; LEONHARD 1846, 1861; BENECKE 1869; COHEN 1871; BENECKE & COHEN 1881; ANDREAE & OSANN 1893, 1896; SAUER 1893; KLEMM 1905, 1910; RUSKA 1908; BROSS 1910; DEECKE 1916; THÜRACH 1918; VOELCKER 1926, 1927; RÜGER 1928; RÖTH 1935; PRIER 1963, 1969, 1975; KONRAD & NAIRN 1972; DACHROTH 1976; REIMANN 1977; SCHWEIZER & KRAATZ 1982; FUCHS 1985; FLICK 1986; FUCHS & FLICK 1986; ARIKAS 1986; HESS & LIPPOLT 1996; MARBACH 2002; SCHLEICHER 2005; SEELING 2005.

Altenbach-Subformation (rTa)

Name: Neuer Name, nach Schriesheim-Altenbach, Rhein-Neckar-Kreis.

Bisherige Namen und Symbolik: Unterrotliegendes (ANDREAE & OSANN 1893), Mittelrot-

liegendes rm (BENECKE & COHEN 1881, ANDREAE & OSANN 1896, THÜRACH 1918), Tuffe und Tuffite (PRIER 1963, 1975).

Typuslokalität: Kipp bei Altenbach; TK 25-Nr. 6518: ca. R 34 81 200, H 54 82 900 (PRIER 1963, 1975).

Untergrenze: Einsetzen von Tuffmaterial über kristallinem Grundgebirge oder Basis-Paläosolit.

Hängendes: Dossenheim-Quarzporphyr, Rotliegend-Sedimente oder Zechstein.

Verbreitung: Südlicher Odenwald; Ausstrich auf TK 25-Nr. 6418, 6518.

Mächtigkeit: Bis ca. 120 m.

Gesteinsbestand: Geschichtete bis bankige Aschentuffe, Kristalltuffe, Lapillituffe und -steine und Tuffbrekzien von rotbrauner, gelblicher und blassgrauer Farbe, oft auch gefleckt. Untergeordnet treten Tuffite und Lahare aus rhyolithischem Material auf. Die Gesteine sind örtlich verkieselt (PRIER 1963, 1969, 1975, FUCHS & FLICK 1986). Die Lapillituffe und besonders die Tuffbrekzien führen häufig Gesteinsfragmente (Metamorphite, Granit) und daraus abgelöste Einzelkristalle (Muskovit, Quarze).

Dossenheim-Quarzporphyr (DQ) (Subformation)

Name: Nach Dossenheim, Rhein-Neckar-Kreis. BROSS (1908, 1910): Dossenheimer Quarzporphyr (bei BENECKE & COHEN 1881 und ANDREAE & OSANN 1896 für eine Varietät bereits „Porphyry von Dossenheim“).

Bisherige Namen und Symbolik: Jüngerer Porphyry (BENECKE & COHEN 1881), Porphyre des mittleren Rotliegenden P (ANDREAE & OSANN 1896, THÜRACH 1918).

Typuslokalität: Sporenberg bei Dossenheim; TK 25-Nr. 6518: ca. R 34 77 000, H 53 79 000.

Untergrenze: Auflagerung von deckenförmigem Quarzporphyr auf Tuffen der Altenbach-Subformation oder Grundgebirge.

Hängendes: Rotliegend-Sedimente oder Zechstein.

Verbreitung: Raum Dossenheim-Schriesheim; Ausstrich auf TK 25-Nr. 6518.

Mächtigkeit: Bis über 100 m.



Gesteinsbestand: Felsitischer, teilweise hydrothermal verkieselter Quarzporphyr, rotbraun bis graurot, mit wechselndem Gehalt von Alkalifeldspat- und Quarz-Einsprenglingen (einsprenglingsreiche und -arme Varietäten) und Pseudomorphosen nach Pyroxen. Örtlich in autoklastische Brekzien übergehend („Porphyrbrekzie von Dossenheim“: ANDREAE & OSANN 1893). Petrographische Bearbeitung bei BROSS (1910), geochemische durch ARIKAS (1986).

Wachenberg-Quarzporphyr (WQ) (Subformation)

Name: Nach dem Wachenberg bei Weinheim, Rhein-Neckar-Kreis. Nach BENECKE & COHEN 1881: „Wagenberg-Porphyr“.

Bisherige Namen und Symbolik: Wagenberg-Porphyr (BENECKE & COHEN 1881); Quarzporphyre P (KLEMM 1905).

Typuslokalität: Wachenberg bei Weinheim; TK 25-Nr. 6418: ca. R 34 77 800, H 54 90 400 (FLICK 1986, FUCHS & FLICK 1986).

Untergrenze: Intrusivkontakt (Eruptionsschlote) zum kristallinen Grundgebirge.

Hängendes: Nicht mehr überdeckt.

Verbreitung: Mehrere Quarzporphyr-Stöcke E und SE Weinheim (Wachenberg, Raubschlösschen, Daumberg u. a.); Ausstrich auf TK 25-Nr. 6418.

Mächtigkeit: Schlotdurchmesser des Wachenberges bis ca. 1 km. Weitere kleinere Stöcke in der Umgebung (KLEMM 1905).

Gesteinsbestand: Rhyolith mit dichter bis feinkörniger Grundmasse und wechselndem Gehalt an Einsprenglingen (4 – 22 %) von Quarz, Kalifeldspat, Biotit und etwas Plagioklas (FLICK 1986, FUCHS & FLICK 1986). Saiger stehende und verfältelte Fließgefüge herrschen vor, daneben treten örtlich brekziöse oder ignimbritische Gefüge auf. Xenolithe sind nicht selten. Das Gestein zeigt deutliche Absonderung in säuligen Abkühlungsklüften und ist hydrothermal meist nur gering bzw. ungleichmäßig alteriert.

6.3.1.2 Lichtental-Formation (rML)

Name: Nach Baden-Baden-Lichtental, Kreis Baden-Baden (SITTIG 2003).

Bisherige Namen und Symbolik: Mittelrotliegendes rm – womit teilweise jedoch bei Eck

1892 und ähnlich bei HASEMANN 1934, FRANK 1935, 1936 auch der Untere Tonstein rt1 der Michelbach-Formation gemeint sein kann (SITTIG 1974, LÖFFLER 1992), „jüngeres Unterrotliegendes“ (nach SCHNEIDER 1966, mit gleicher Einschränkung), Porphyrfanglomerate des Oberrotliegenden teilweise (BILHARZ 1934, Abgrenzung s. SITTIG 2003), Rotliegend-Vulkanite rV (GLA 1995).

Typuslokalität: Wegen der örtlich wechselhaften Ausbildung ist kein zusammenfassendes Typusprofil vorhanden; Typusregion ist die Region zwischen Baden-Baden-Lichtental und dem Iberst, TK 25-Nr. 7215. Referenzprofile für den Nordteil des Verbreitungsgebietes sind das Schlossberg-Profil (R 34 44 140, H 54 03 770; SITTIG 2003), für den Ostteil die Bohrung Staufenberg T3A (R 34 48 696, H 54 03 089, 0 – 548,5 m u. A.; BACKFISCH 1981, SITTIG 2003) und für den Südwestteil der Südhang des Iberges (R 34 41 200, H 53 98 800 bis R 34 41 240, H 53 99 540).

Untergrenze: Diskordante Auflagerung von vulkanogenen Gesteinen auf den Arkosefolgen der Staufenberg-Formation oder auf Grundgebirge.

Hängendes: Diskordante Auflagerung der Michelbach-Formation.

Verbreitung: Umgebung von Baden-Baden und Varnhalt; Ausstrich auf TK 25-Nr. 7215.

Mächtigkeit: Bis ca. 900 m (SITTIG 2003).

Gesteinsbestand: Tuffe, Lapillituffe, Lapillisteine und vulkanogene Brekzien rhyolithischer Zusammensetzung, teilweise tonig zersetzt, Quarzporphyr mit ignimbritischen und fluidalen Gefügen (Abb. 26), vulkanoklastische Grobsedimente (Konglomerate, Lahare) und Tuffite. Petrographische Untersuchungen durch MAUS (1965, 1967a, b), LEBEDE & FRÖHLER (1994), geochemische durch ARIKAS (1986).

Lithostratigraphische Gliederung: Die pyroklastischen und epiklastischen Ablagerungen der Formation werden hier nicht weiter untergliedert und als **Oostal-Subformation (rTO)** zusammengefasst (Abb. 27). SITTIG (2003) unterscheidet darin fünf stratigraphische Zyklen sowie drei isolierte Vorkommen, deren kartographische Erfassung teilweise noch aussteht (s. u.).

Eingelagert in diesen Verband und mit ihm verzahnt sind mehrere deckenartig (BILHARZ 1934), z. T. ggf. auch Lakkolith-artig (LEBEDE & FRÖHLER 1994) ausgedehnte Körper von Quarzporphyr, die unter dem Namen **Baden-Baden-Quarzporphyr (BQ)**, LGRB



Abb. 26: Baden-Baden-Quarzporphyr in Baden-Baden-Geroldsau. **Rechts** etwa 1 m hoher Bildausschnitt mit gut sichtbarem subhorizontalem Flächengefüge („Fließgefüge“). Aufnahmen von R. BUSCH (LGRB).

2007) im Sinne einer Subformation zusammengefasst werden. Seit SANDBERGER (1861) werden zwei lithologische Typen unterschieden: **Gallenbach-Quarzporphyr (BQg)** und **Pinitporphyr (BQp)**, über deren Unterscheidung in konkreten Einzelvorkommen und weitere Untergliederung jedoch teilweise abweichende Ansichten vorgebracht wurden (BILHARZ 1934, MAUS 1965, 1967 a, LÖFFLER 1992, LEBEDE & FRÖHLER 1996, SITTIG 2003). Der zweifellos ältere Gallenbach-Quarzporphyr ist noch nicht datiert, aber möglicherweise altersgleich mit jüngeren Anteilen der Staufenberg-Formation – die entsprechenden Befunde werden noch kontrovers diskutiert (BILHARZ 1934, LEBEDE & FRÖHLER 1996, SITTIG 2003).

Fazies: Lateral und vertikal stark variable Wechselfolge von Aschen- und Lapillfall-Ablagerungen, Ignimbriten und autoklastischen Rhyolith-Brekzien mit Schuttstrom-Sedimenten, alluvialen Rinnen- und Schichtflut-Ablagerungen.

Fossilinhalt: SANDBERGER (1863, 1890) fand auf grauen Arkosen „in blassrothem hartem Thonsteine“ am Herchenbach (Herrigbach) teilweise verkieselte Schachtelhalm-, Farnsamer- und Koni-

ferenreste, die STERZEL (1907) neu bearbeitete und als *Calamites cruciatus*, *Callipteris conferta* (heute *Autunia conferta*), *Taeniopteris* sp. und *Walchia piniformis* bestimmte. Diese früher als „Oberrotliegendes“ bezeichneten Schichten sind nach SITTIG (2003) in die Lichtental-Formation zu stellen.

Biostratigraphie: Jünger als die fossilführenden Sedimente der Staufenberg-Formation (Stefan A/B) und älter als die Sedimente der Michelbach-Formation (Sakmarium – Artinskium). Der Farnsamer *Autunia conferta* (STERNBERG-KERP) breitet sich vom mittleren Stefan an stark diachron über Mitteleuropa aus und galt früher als „Leitform“ für das Untere Rotliegende. Im Saar-Nahe-Becken erscheint die Form erstmals in der Glan-Untergruppe des Rotliegenden.

Radiometrische Daten: DRACH (1978) ermittelte Rb-Sr-Alter aus einem Ignimbrit (Pinitporphyr) im Steinbruch Peter SW Baden-Baden (MAUS 1965, LEBEDE & FRÖHLER 1996). Er berechnete die Alterswerte für zwei verschiedene Zerfallskonstanten für ^{87}Rb (DRACH 1978: 98 f.), wobei er die bis dahin übliche höhere Zerfallskonstante, die zu geringeren Alterswerten führt, favorisierte. Um



die Alterswerte mit den Angaben von LIPPOLT et al. (1983) und STD 2002 vergleichbar zu machen, müssen die Daten jedoch heute auf die dort ebenfalls verwendete verbesserte Rb-Zerfallskonstante von $1,42 \cdot 10^{-11} \text{a}^{-1}$ bezogen werden. Da sich heute noch geringere Werte für die Rb-Zerfallskonstante abzeichnen, können auch diese Werte nur als Mindestalter betrachtet werden.

Die von DRACH (1978) für diese Zerfallskonstante angegebenen Rb-Sr-Mineral-Alter streuen zwischen $293 \pm 1,0$ und $298 \pm 0,9$ Ma (Biotit) bzw. zwischen $295,9 \pm 2,3$ und $297,1 \pm 1,6$ Ma (Kalifeldspat). Das Eruptionsalter dürfte somit annähernd mit demjenigen der geochronologischen Karbon-Perm-Grenze (STD 2002: etwa 296 Ma, möglicherweise bis zu 3 Ma abweichend) zusammenfallen oder dieses sogar etwas übersteigen. Dieses Alter liegt deutlich über dem häufig zitierten, nach der höheren (und seit 1977 sonst nicht mehr verwendeten) Zerfallskonstante berechneten Alter von „286 Ma“, das DRACH (1978) in seiner Zusammenfassung angibt, das aber nur mit älteren (vor 1978) Altersdaten verglichen werden darf – nach diesen älteren Daten wurde für die Karbon-Perm-Grenze ein Alter von 286 Ma berechnet (z. B. DNAG 1983).

Für den Gallenbach-Quarzporphyr liegen noch keine Altersbestimmungen vor. Er ist älter als der Pinitporphyr, lagert der Staufenberg-Formation auf und lieferte Gerölle in die Michelbach-Formation. ECK (1892), BILHARZ (1934) und SCHNEIDER (1966) leiten darüber hinaus auch Gerölle der jüngsten Staufenberg-Formation aus dem Gallenbach-Quarzporphyr ab, LEBEDE & FRÖHLER (1996) halten jedoch eine Verwechslung mit einem ähnlichen älteren Granitporphyr für möglich, SITTIG (2003) die Ansprache der

Gerölle für zumindest „nicht bewiesen“. Ein karbonisches Alter um 300 Ma ist für diesen Porphyrit somit ebensowenig auszuschließen wie eines um 296 Ma.

Das Alter der hydrothermalen Serizitisierung und Verquarzung der Vulkanite und Nebengesteine ist nach K-Ar-Daten von BROCKAMP et al. (1987) überwiegend jurassisch und in Zusammenhang mit jungkimmerischen tektonischen Bewegungen zu bringen. Das von DRACH (1978) ermittelte jurassische Gesamtgesteinsalter von ca. 178 Ma weist ebenfalls auf diese hydrothermalen Alterationsvorgänge hin. Möglicherweise überlagert diese mesozoische hydrothermale Alteration jedoch zumindest in einigen Fällen eine bereits frühpermische (synvulkanische) hydrothermale Aktivitätsphase. BILHARZ (1929b) beschreibt für einige Hornsteingänge bei Gaggenau eine erosiv-diskordante Überlagerung durch Sedimente der Michelbach-Formation, die ein frühpermisches Alter dieser hydrothermalen Spaltenfüllungen nahe legen.

Paläomagnetik: Die bisher untersuchten Proben sind revers magnetisiert (KONRAD & NAIRN 1972).

Literatur: BEYER 1794; WALCHNER 1832 a, b; MARX 1834, 1835; HAUSMANN 1845; LEONHARD 1846, 1861; SANDBERGER 1859, 1861, 1864, 1890; KNOP 1879; ECK 1887, 1892; DEECKE 1916; BILHARZ 1929 a, b, 1934; FRANK 1935; WEYL 1938 a, b, 1940, 1943; METZ 1960, 1971; MAUS 1965, 1967 a, b; KONRAD & NAIRN 1972; SITTIG 1974, 1988, 1995, 2003; BACKFISCH 1980, 1981, 1984; HAGEMEISTER 1983; LINDINGER 1983, 1984; ARIKAS 1986; SUTTOR 1986; BROCKAMP et al. 1987; SUTTOR et al. 1988; LÖFFLER 1992; FRÖHLER & LEBEDE 1994; LEBEDE & FRÖHLER 1996.

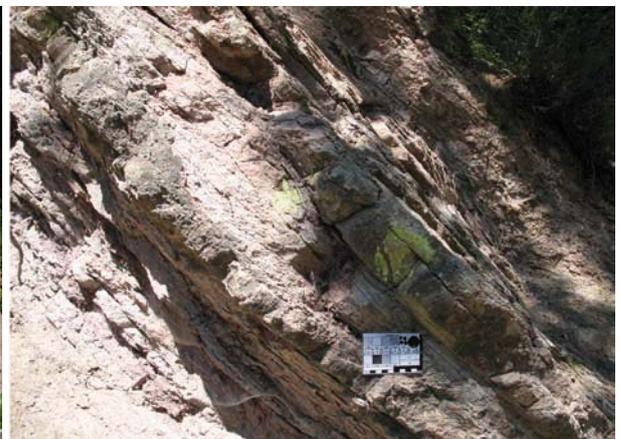


Abb. 27: Oostal-Subformation (Märzenbach-Zyklus) der Lichtental-Formation am Schnarrenberg westlich Gernsbach. Horizontal- und schräggeschichtete Geröllarkosen und Konglomeratbänke aus Granitschutt und vulkaniklastischem Material im Wechsel mit dünn-schichtigen Arkosen mit wechselnden tuffitischen Anteilen.

Oostal-Subformation (rTo)

Name: Neuer Name, nach dem Tal der Oos bei Baden-Baden, Kreis Baden-Baden.

Bisherige Namen und Symbolik: In älteren Darstellungen meist dem „Oberrotliegenden“ zugeordnet, teilweise dem „Mittelrotliegenden“. Bei LÖFFLER (1992) werden die entsprechenden Gesteine teilweise zur Michelbach-Formation, teilweise zu seiner „Langhärde-“ und „Yburg-Formation“ gerechnet. Bei SITTIG (2003) Aufgliederung nach verschiedenen Profiltypen in acht „Subformationen“, die hier in der Oostal-Subformation zusammengefasst werden. Es handelt sich dabei um fünf vulkanosedimentäre Zyklen mit nach oben abnehmendem pyroklastischem Anteil (Märzenbach-, Watschenbach-, Weisestein-, Heimbach-, Falkenbach-Zyklus) sowie um drei isolierte Vorkommen am Rand der Battert-Schwelle mit eigenem Profiltyp (Hungerberg-, Hasensprung-, Sophienruhe-Einheit).

Typuslokalität: Typusregion sind die Talflanken der Oos zwischen Leopoldshöhe, Benzenwinkel und Märzenbach; TK 25-Nr. 7215: ca. R 34 44 400, H 54 01 500 (SITTIG 2003).

Untergrenze: Basis der pyroklastisch-epiklastischen Schüttungen mit Bezug zum Baden-Baden-Porphyr, insbesondere Basis des „Heubergwegtuffes“ und Äquivalente.

Hangendes: Michelbach-Formation.

Verbreitung: Umgebung von Baden-Baden und Staufenberg; Ausstrich auf TK 25-Nr. 7215.

Mächtigkeit: Bis 900 m.

Gesteinsbestand: Tuffe, Lapillituffe, Lapillisteine und vulkanogene Brekzien rhyolithischer Zusammensetzung, teilweise tonig zersetzt, vulkanoklastische Grobsedimente (Konglomerate, Lahare) und Tuffite.

Baden-Baden-Quarzporphyr (BQ) (Subformation)

Name: Nach Baden-Baden, Kreis Baden-Baden. MAUS (1965): „Baden-Badener Porphyre“.

Zusammenfassende Bezeichnung für massive Rhyolithoide des Baden-Baden-Beckens. Seit SANDBERGER (1861) werden zwei Varietäten unterschieden, Gallenbach-Porphyr und Pinitporphyr.

Gallenbach-Quarzporphyr (BQg)

Name: Nach Baden-Baden-Gallenbach, Kreis Baden-Baden (SANDBERGER 1861).

Bisherige Namen und Symbolik: Violetter Quarzporphyr (SANDBERGER 1859), Porphyr von Gallenbach (SANDBERGER 1861), Gallenbacher Porphyr Pg (BILHARZ 1934). BILHARZ (1929a) bezeichnete einige schlecht aufgeschlossene und als Gänge gedeutete Vorkommen von Gallenbach-Porphyr W von Baden-Baden als „Michelbacher Porphyr“. Zumindest teilweise kann es sich dabei um Reste des von LEBEDE & FRÖHLER (1996) beschriebenen brekziösen Ignimbrits handeln, der Komponenten von Gallenbach-Quarzporphyr und Pinitporphyr führt.

Typuslokalität: Aufgelassener Steinbruch bei Ebenung 1 km N Baden-Baden-Gallenbach; TK 25-Nr. 7215: R 34 40 110, H 54 01 560.

Untergrenze: Auflagerung auf Staufenberg-Formation (Grünbachtal) oder Friesenberg-Granit (Michelbachtal).

Hangendes: Im Ausstrich: Quartär. BQg-Gerölle finden sich in den Sedimenten der Michelbach-Formation, nach ECK (1892) und BILHARZ (1934) auch in den jüngsten Anteilen der Staufenberg-Formation, was jedoch LEBEDE & FRÖHLER (1996) nicht bestätigen konnten. Ein mögliches, jedoch nicht gesichertes Vorkommen von BQg unter BQp geben LEBEDE & FRÖHLER (1996) vom SW-Abhang des Iberges (Salmensgrund) an.

Verbreitung: Kleine Vorkommen beiderseits des Grünbachtals N Gallenbach und im Michelbachtal unweit des Waldsees W Baden-Baden; Ausstrich auf TK 25-Nr. 7215.

Mächtigkeit: Erosionsrelikte bis ca. 30 m mächtig.

Gesteinsbestand: Felsitisch rekristallisierter und hydrothermal-metasomatisch überprägter Rhyolith-Porphyr. Quarz-Einsprenglinge bis 4 mm Größe stellen etwa 11 % des Gesteins, bilden nach MAUS (1965) gelegentlich Aggregate aus mehreren Kristallen und zeigen stets magmatische Korrosion. Die Feldspat-Einsprenglinge (bis 6 mm) treten mit 7 – 8 % gegenüber Quarz etwas an Häufigkeit zurück und sind überwiegend serizitisiert. Die stets gebleichten Biotit-Einsprenglinge erreichen höchstens 0,25 mm Durchmesser und stellen etwa 0,6 % des Gesteinsvolumens. Daneben treten Hämatit-Einsprenglinge auf, die möglicherweise magmatische Magnetit-Kristalle pseudomorph ersetzen (MAUS 1965). Die



Grundmasse besteht aus sehr feinkörnigem Quarz mit Korngrößen um 0,08 mm. Feldspat und Hämatit ist in geringen Mengen eingestreut.

Pinitporphyr (BQp)

Name: Nach dem Mineralnamen Pinit (Serizit-Pseudomorphosen nach Cordierit, SANDBERGER 1861).

Bisherige Namen und Symbolik: Pinitporphyr Pi (BILHARZ 1934), Yburg-Formation (LÖFFLER 1992); eine als Werkstein verwendete Varietät ist der „Leisberg-Porphyr“ (GRIMM 1990, WERNER & KESTEN 2006); ein kleines Vorkommen SE Baden-Baden auch „Michelbacher Porphyr“ (BILHARZ 1929, LEBEDE & FRÖHLER 1996).

Typuslokalität: Südhang und Gipfel des Iberges E Varnhalt; TK 25-Nr. 7215: R 34 41 200, H 53 98 800 bis R 34 41 240, H 53 99 540.

Untergrenze: Im Süden Auflagerung auf Staufenberg-Formation, sonst z.T. Pyroklastika der Lichtental-Formation. Lage- und Altersbeziehungen zum Gallenbach-Quarzporphyr unklar.

Hangendes: Pyroklastische oder epiklastische Gesteine der Oostal-Subformation.

Verbreitung: S und SE von Baden-Baden; TK 25-Nr. 7215.

Mächtigkeit: Bis ca. 250 m einschließlich zwischengeschalteter Pyroklastika und Epiklastite (Iberg).

Gesteinsbestand: Felsitisch rekristallisierter und hydrothermal-metasomatisch überprägter (verquarzter und serizitisierter) Rhyolith-Porphyr mit bis zu 5 mm großen Einsprenglingen von teilweise zersetztem Feldspat, Quarz und stängeligen Serizit-Pseudomorphosen, die meist auf Cordierit zurückgeführt und daher als Pinit angesprochen wurden (MAUS 1965, von MARX 1834 als „Oosit“ bezeichnet), heute jedoch alternativ auch als serizitisierte Pyroxene interpretiert werden. Feldspat-Einsprenglinge überwiegen mit 12 – 23 % gegenüber Quarz-Einsprenglingen (etwa 10 % des Gesteins). Die Quarze sind häufig zerbrochen oder rundlich korrodiert (MAUS 1965). Die Feldspäte sind in unterschiedlichem Maße serizitisiert, Kalifeldspäte sind stärker betroffen als Albit. Die gebleichten oder oxidierten Biotit-Einsprenglinge bleiben zumeist unter 0,3 mm Durchmesser und stellen weniger als 0,5 % des Gesteinsvolumens. Die Grundmasse, mit Korngrößen um 0,01 mm, besteht vorwiegend aus Quarz und Serizit. Feldspat und Hämatit ist in geringen Men-

gen eingestreut. Hydrothermal gebildete Sekundärminerale, insbesondere auf Klüften und Hohlräumen: Quarz und Chalzedon in verschiedenen Farbvarietäten, Kalzit, Dolomit, Siderit, Seladonit. Die Gesteine liegen in mehreren stark verschweißten Ignimbrit-Decken im Verband mit anderen pyroklastischen Gesteinen vor. Örtlich säulige oder kugelige Absonderungen an Abkühlungsklüften. Der Pinitporphyr gliedert sich nach den Kartierergebnissen von BILHARZ (1934) in mehrere Lavadecken (z. T. Ignimbrit-Decken: MAUS 1965, 1967a, LÖFFLER 1992, LEBEDE & FRÖHLER 1996).

6.3.1.3 Geisberg-Formation (rMG)

Name: Einheit und Name neu. Nach dem Hohen Geisberg SE Schutttert, Ortenaukreis.

Bisherige Namen und Symbolik: Mittelrotliegendes rm, Rotliegend-Vulkanite rV (GLA 1995); Kartiereinheiten s. Subformationen.

Typuslokalität: Hoher Geisberg bei Schutttert; TK 25-Nr. 7713: R 34 25 530, H 53 44 440.

Untergrenze: Auflagerung von Tuff, Tuffit oder Quarzporphyr auf Oberkarbon oder Grundgebirge; Beginn der pyroklastisch-epiklastischen Rotliegend-Abfolgen über den Arkose-Abfolgen des Karbon.

Hangendes: Basis der Rotliegend-Sedimente ohne Pyroklastika oder jüngerer Schichten.

Verbreitung: Mittlerer Schwarzwald und benachbarte Gebiete unter Deckgebirge; Ausstrich auf TK 25-Nr. 7316, 7414, 7415, 7416, 7514, 7515, 7613, 7614, 7615, 7616, 7713, 7714, 7716, 7813, 7814, 7815, 7816, 7913, 7915, 7916; erbohrt auf TK 25-Nr. 7517 (Dettingen), 7519 (Starzach-Wachendorf bei Rottenburg), 7617 (Sulz), 7716 (Schramberg, Dunningen), 7717 (Oberndorf).

Mächtigkeit: Im Schwarzwald bis zu 120 m mächtig als Erosionsrelikte aufgestapelter Tuffe und Porphyridecken (Hoher Geisberg, Langhärde). Stockförmige und gangartige Vorkommen im Kristallin mit Durchmessern bzw. Gangweiten zwischen einigen zehn und ca. 600 m (Hinterer Geisberg, Gottschlägtal und Eichhaldenfirst). In Starzach-Wachendorf bei Rottenburg traf eine Tiefbohrung Quarzporphyr vom Typ des Brandeck-Quarzporphyrs von wenigstens 150 m Mächtigkeit an. Ob es sich um einen Stock oder eine Decke handelt, ist nicht bekannt; die stark reduzierte Mächtigkeit der hangenden Rotliegend-Sedimente (rSS) könnte auf einen verdeckten Vulkanbau hindeuten.

Gesteinsbestand: Alterierte Laven, Ignimbrite und andere Pyroklastika primär rhyolithischer bis rhyodacitischer Zusammensetzung, örtlich auch Gang- oder Stock-Intrusionen von Quarzporphyr im Grundgebirge. Überwiegend graue, violette, rote und weiße Quarzporphyre mit wechselnder hydrothermal-metasomatischer Alteration (Serizitisierung, Verquarzung, Bleichung, Neubildungen von

Erzmineralen, Karbonaten, Phosphaten), z. T. mit Übergängen in Kieselgesteine (Metasomatite). Das Gefüge ist in stock- und gangförmigen Vorkommen meist von gefalteten Fließlamellen geprägt, dabei kleinräumig wechselnder Gehalt an Einsprenglingen. Örtlich brekziiert und mit Nebengestein vermischt („Porphyragglomerate“, „Trümmerporphyr“; WEYL 1937, LEIBER 1964, 1972). Ignimbritische Decken

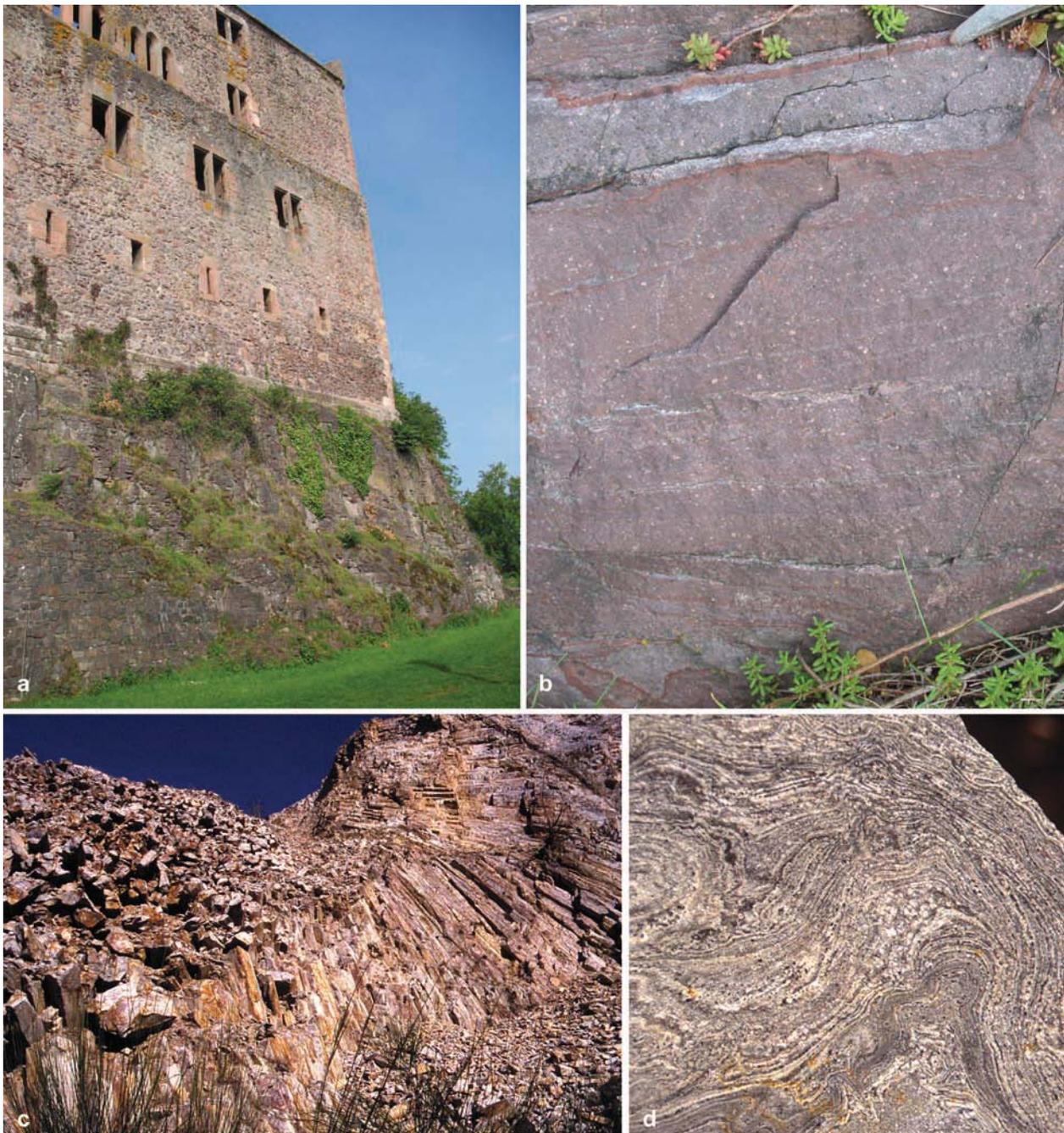


Abb. 28: Vulkanite der Geisberg-Formation.

- a) und b):** Brandeck-Quarzporphyr an der Hohengeroldseck. Auf der Nahaufnahme rechts sind die charakteristischen Einsprenglinge und ein Flächengefüge (Fließgefüge) zu erkennen (Hammerspitze als Maßstab).
- c) und d):** Grünberg-Quarzporphyr im Steinbruch Ottenhöfen, ein sphärolitischer Quarzporphyr mit gefalteten Fließgefügen; Aufnahmen c) und d): W. WERNER, LGRB; Bildausschnitt d) ca. 12 cm breit. Die säulige Absonderung ist hier gegen die Schlotwände hin orientiert und daher stark geneigt.



erscheinen oft massig bis bankig, teilweise mit erkennbarem Flämmchengefüge, im oberen Abschnitt auch mit Blasen- oder Mandelstein-Gefüge. Örtlich zu rotbraunen Kristalltonsteinen zersetzte Tuffe und Lapillituffe, teilweise mit Dolomitstein-Knauern oder -bänken, daneben blassgraue verkieselte Tuffe, Lapillituffe, Lapillisteine und pyroklastische Brekzien. Petrographische und geochemische Untersuchungen durch MÜLLER (1962), MAUS (1965, 1967a, b), SCHLEICHER & LIPPOLT (1981) und ARIKAS (1986).

Lithostratigraphische Gliederung: Untergliederung in mehrere Subformationen nach der effusiv-pyroklastischen und hydrothermalen Fazies: **Weißmoos-Subformation rTW** (nicht-ignimbrische Pyroklastika), **Brandeck-Quarzporphyr BRQ** (Ignimbrite und Laven mit Quarz- und Feldspat-Einsprenglingen), **Grünberg-Quarzporphyr GRQ** (einsprenglingsfreie, oft verkieselte Ignimbrite und Laven) und **Mooswald-Quarzporphyr MWQ** (durchgreifend serizitisierte und gebleichte Quarzporphyre). Die Subformationen unterscheiden lithologische Typen, von denen mehrere zu einer Eruptionsphase gehören können (Tuffe, porphyrische Ignimbrit-Decke, felsitischer oder gebleichter Lavenstock) und die in petrographisch ähnlicher Ausbildung in unterschiedlichen Eruptionen entstanden sein können (verschiedene Eruptionsschlote mit primär glasig erstarrtem Grünberg-Quarzporphyr).

Fazies: Stock- und gangförmige Förderzentren; Absätze von pyroklastischen Strömen (Ignimbrite) und von Aschenfällen (Tuffe); alluvial umgelagertes vulkanodetritisches Material und eingeschaltete Rinnensedimente (Tuffite, Arkosen).

Fossilinhalt: Nicht bekannt.

Biostratigraphie: Entfällt.

Paläomagnetik: Die Mehrzahl der bisher untersuchten Quarzporphyre des Zentralschwarzwaldes ist revers magnetisiert (KONRAD & NAIRN 1972; EDEL 1987). Der Mooswald-Quarzporphyr vom Sauerstein bei Gengenbach („Forstköpfe“) weist nach KONRAD & NAIRN (1972) eine normale Magnetisierung auf. Der von EDEL (1987) nicht näher benannte normal magnetisierte Quarzporphyr des Zentralschwarzwaldes ist nach der Alters- und Literaturangabe möglicherweise derselbe.

Radiometrische Daten: Nach LIPPOLT et al. (1983) sind die Rb-Sr-Systeme der Quarzporphyre im Gefolge der hydrothermalen Alteration teilweise stark gestört worden. Die scheinbaren Alterswerte streuen von 315 bis 162 Ma. Auch die häufigsten Werte um 285 bis 287 Ma stammen

von Proben mit gestörtem Rb-Sr-Verhältnis und dürften ebenfalls verjüngt sein. Da sie auch in sekundären Mineralen gemessen wurden (Topas, Apatit), repräsentieren sie vielleicht eher die Endphase der hydrothermalen Aktivität als den Zeitpunkt der Eruption. Die am wenigsten gestörten Altersdaten bestimmten LIPPOLT et al. (1983) an gebleichten Quarzporphyren vom Rautschwald bei Schweighausen (291 ± 5 Ma) und von Tenenbronn (296 ± 5 Ma). Die Eruptionen begannen demnach spätestens an der Wende Karbon-Perm (296 Ma: STD 2002), möglicherweise sogar bereits etwas früher im späten Gzhelium. Da die Schlote des Grünberg-Quarzporphyrs die Sedimente der Oppenau-Formation durchschlagen, ohne ihnen Gerölle zu liefern, ist ein höheres Alter unwahrscheinlich. Weißmoos-Subformation und Brandeck-Quarzporphyr überlagern zudem Sedimente von Hohengeroldseck- und Tierstein-Formation (Gzhelium) und liefern Gerölle in die Reberg-Formation und möglicherweise in die Ibenbach-Sedimente (Rotliegend, nähere Datierung ungewiss).

Die durchgreifende Serizitisierung und Verquarzung der Gesteine ist wahrscheinlich erst jungkimmerisch im späten Jura erfolgt. Dies legen Serizit-K-Ar-Alter um 145 Ma aus den angrenzenden Permokarbon- und Buntsandstein-Sedimenten nahe (BROCKAMP et al. 1994, 2003).

Literatur: OEYNHAUSEN et al. 1825; WALCHNER 1832a, b; LEONHARD 1846, 1861; SANDBERGER 1863; FISCHER 1858; PLATZ 1858, 1867; PAULUS 1868, 1875; VOGELGESANG 1872; ECK 1875, 1884, 1887; SAUER 1893, 1894, 1895, 1897, 1899; SCHALCH 1895, 1897, 1899; THÜRACH 1897, 1901; SCHALCH & SAUER 1903; REGELMANN 1903, 1907, 1911, 1935; SCHNARRENBURGER 1909; BRÄUHÄUSER 1909, 1910, 1933, 1996; A. SCHMIDT 1912, 1931; BRÄUHÄUSER & SAUER 1913; DEECKE 1916; VOELCKER 1927, 1928; WEYL 1936, 1937, 1938a, b, 1940; REST 1951; METZ 1960, 1971; MÜLLER 1962; CZYGAN 1963a, 1964; LEIBER 1964, 1972; MAUS 1965, 1967a, b; KONRAD & NAIRN 1972; DRACH 1973; SCHLEICHER et al. 1980; SCHLEICHER & LIPPOLT 1981; LIPPOLT et al. 1983; ARIKAS 1986; ORTHMAYR 1986; SITTIG 1988; KESSLER & LEIBER 1991, 1994; BROCKAMP et al. 1994, 2003.

Weißmoos-Subformation (rTw)

Name: Neuer Name, nach der Weißmoos SE Schuttertal, Ortenaukreis.

Bisherige Namen und Symbolik: Mittelrotliegendes rm (überwiegend), tieferes Oberrotliegendes bzw. Tuff- und Tuffitschichten rot, roT (KESSLER & LEIBER 1994); Langhärde-Formation z. T. (LÖFFLER 1992).

Typuslokalität: Steinbruch Faisst an der Weißmoos bei Schuttertal; TK 25-Nr. 7713: R 34 24 360, H 53 43 920 (LEIBER 1964, 1972).

Untergrenze: Auflagerung von Tuff- oder Tuffitmaterial auf Sedimenten der Kohlen-Arkosen-Untergruppe, auf Quarzporphyr oder Kristallin.

Hangendes: Überlagerung durch Sedimente ohne Tuffanteil oder durch Quarzporphyr. Am Geisberg unter und zwischen den beiden Quarzporphyrdecken.

Verbreitung: Kleine Vorkommen im Zentralschwarzwald und unter dem östlich anschließenden Deckgebirge; Ausstrich auf TK 25-Nr. 7415, 7416, 7514, 7515, 7613, 7616, 7713, 7714, 7715, 7716, 7814, 7815, 7914, 7915; erbohrt auf TK 25-Nr. 7517 (Dettingen), 7617 (Sulz), 7716 (Schramberg, Dunningen), 7717 (Oberndorf).

Mächtigkeit: Meist nur wenige Meter, bekannt bis ca. 50 m.

Gesteinsbestand: Tuffe, Lapillituffe und Brekzientuffe sowie pyroklastische Brekzien und Lapillisteine, teilweise verkieselt oder zu Ton verwittert, örtlich mit eingeschalteten Zwischensedimenten. Nach der Erhaltung können zwei petrographische Varianten unterschieden werden.

Als **Langhärde-Tuff (rTL)** lassen sich rotbraune, örtlich grauviolette oder gelblich-blassgraue tuffogene Tongesteine mit Relikten von magmatischen Kristallkörnern (Quarz, Feldspat, Glimmer, daneben Magnetit, Apatit, Zirkon) und Vulkanit-Bruchstücken, teilweise mit Ton-Pseudomorphosen nach gebogenen Glassplittern (shards) zusammenfassen. Diese roten Tuffe und Tuffite sind meist nicht oder nur grob geschichtet und können Zwischenlagen arkosider Sedimente enthalten, örtlich auch geröllführende Grobarkosen (REGELMANN 1907: 57 f.). Die Abfolgen sind häufig von pedogenen Karbonatkrusten (Dolomitstein-Knollen oder -Knauerbänke) durchsetzt (Langhärde bei Oberharmersbach, Weißmoos bei Schuttertal, Rohrbach bei Schiltach u. a.).

An verschiedenen Stellen (Kesselberg bei Triberg, Heuberg bei Schweighausen, Überknie bei Oppenau u. a.) finden sich tuffogene hydrothermalmetasomatische Kieselgesteine mit pyroklastischen Reliktstrukturen, hellgrau gebleicht, mit wechselnder Verfestigung. Sie lassen sich als **Kesselberg-Tuff (rTK)** zusammenfassend ansprechen. Nach dem meist noch gut sichtbaren Primärgefüge lassen sich Aschentuffe, Lapillituffe, Tuffbrekzien und pyroklastische Brekzien unter-

scheiden. Petrographische Bearbeitungen geben SAUER 1899, REGELMANN 1903, WEYL 1936, MÜLLER 1962, MAUS 1965, LEIBER 1964, 1972.

Brandeck-Quarzporphyr (BRQ) (Subformation)

Name: Nach dem Brandeckkopf S Durbach, Ortenaukreis (SAUER 1893).

Bisherige Namen und Symbolik: Lendersbacher Porphyr (SANDBERGER 1863); Quarz- armer Porphyr, Mittelrotliegendes rm (ECK 1884, 1892), Brandeckporphyr Pß (SAUER 1893, 1894, THÜRACH 1901), Schweighauser Porphyr (MAUS 1965), Steinfirst-Porphyr (LIPPOLT et al. 1983), Geisberg-Porphyr rot (LIPPOLT et al. 1983).

Typuslokalität: Brandeckkopf bei Durbach; TK 25-Nr. 7514: ca. R 34 28 100, H 53 70 400.

Untergrenze: Auflagerung von Quarzporphyr auf Gesteinen der Weißmoos-Formation, auf Sedimenten des Oberkarbon oder auf kristallinem Grundgebirge.

Hangendes: Am Geisberg Weismoos-Subformation und Mooswald-Quarzporphyr, sonst Zechstein oder Buntsandstein.

Verbreitung: Verstreute Vorkommen im westlichen Zentralschwarzwald: Brandeckkopf, Hoher Geisberg, Weißmoos, Steinfirst, Rauhkasten, Hohengeroldseck, Rebio, Kallenwald. Der in der Bohrung Starzach-Wachendorf bei Rottenburg angetroffene Quarzporphyr ist nach der Bohrgutbeschreibung lithologisch ebenfalls diesem Typus zuzuordnen und steht wahrscheinlich mit den in Sulz und Oberndorf erbohrten Porphyren in Verbindung. Ausstrich auf TK 25-Nr. 7514, 7613, 7614, 7713, 7714, 7613, 7713, 7714; erbohrt auf TK 25-Nr. 7519 (Rottenburg), 7617 (Sulz), 7717 (Oberndorf).

Mächtigkeit: Als Decke maximal ca. 120 – 150 m, meist reduziert.

Gesteinsbestand: Felsitischer Rhyolith- bis Rhyodacit-Porphyr, violettgrau bis rotbraun, örtlich hydrothermal gelbbraun oder schlierig-rotbraun zersetzt, mit etwa 2 – 5 % Einsprenglingen von Alkalifeldspat, teilweise serizitisiert, seltene Quarz-Einsprenglinge, serizitisierte und teilweise vererzte Pyroxen-, seltener Biotit-Einsprenglinge (MAUS 1965). Nach den Gehalten an Spurenelementen unterschied ORTHMAYR (1986) innerhalb der als BRQ kartierten Quarzporphyre einen Geisbergporphyr vom eigentlichen Brandeckporphyr,



der sich auch durch häufigere Pyroxen-Pseudomorphosen und seltenere Quarz-Einsprenglinge petrographisch unterscheiden soll, was KESSLER & LEIBER (1994) jedoch im Geländebefund nicht nachvollziehen konnten. Im oberen Abschnitt – sofern erhalten – offene und mandelsteinartig verfüllte Blasengefüge. Kleinräumig sekundär (hydrothermal) verkieselt („Quarz-Putzen“); bei starker und durchgreifender Verkieselung Übergang in Mooswald-Quarzporphyr (s. d.).

Grünberg-Quarzporphyr (GRQ) (Subformation)

Name: Nach dem Grünberg bei Oberkirch-Giedensbach, Ortenaukreis (SAUER 1893).

Bisherige Namen und Symbolik: Plattenporphyr (SANDBERGER 1863); Mittelrotliegendes rm, Grünbergporphyr P_γ, Hauskopf-Porphyr, Sphärolithporphyr P_s, Rappenschrofenporphyr (WEYL 1937), Porphyr von Ottenhöfen (MAUS 1965), Gottschlägporphyr, Simmersbachporphyr. Teilweise als Namen für Einzelvorkommen (Förderzentren) weiter verwendbar.

Typuslokalität: Grünberg bei Oberkirch-Giedensbach, TK 25-Nr. 7514: ca. R 34 35 000, H 53 72 000.

Untergrenze: Auflagerung von Porphyr auf Tonsteinen oder Dolomitstein der Weißmoos-Subformation, auf Sedimenten des Oberkarbon oder auf kristallinem Grundgebirge. Örtlich diskordant als Förderschlot (Hauskopf) oder Gangspalte (Gottschlägtal bzw. Eichhaldenfirst) in Nebengestein.

H a n g e n d e s: Zechstein oder Buntsandstein.

Verbreitung: Verstreute Vorkommen im westlichen Zentralschwarzwald: Grünberg, Kleiner Schärtenkopf (TK 25-Nr. 7514); Alberstein, Eckenfels, Hauskopf (TK 25-Nr. 7515); Schlote von Ottenhöfen (Rosenstein, Eichkopf), Rappenschroffen (TK 25-Nr. 7414); Eichhaldenfirst/Gottschlägtal, Rotenkopf, Rotmurgtal (TK 25-Nr. 7415).

M ä c h t i g k e i t: Bis ca. 100 m, meist reduziert.

Gesteinsbestand: Örtlich felsitischer Rhyolith-Porphyr, violettgrau oder weißgrau bis rotbraun, weitgehend frei von Einsprenglingen (vgl. MAUS 1965). Häufig sekundär (hydrothermal) verkieselt mit kugeligen Sphärolith-Pseudomorphosen, dann vorwiegend metasomatisches Kieselgestein („Sphärolithporphyr“). Gelegentlich mit Fließtexturen, teilweise mit brekziösen Reliktstrukturen.

Mooswald-Quarzporphyr (MWQ) (Subformation)

Name: Nach dem Mooswald an der Westflanke der Moos oberhalb Gengenbach-Haigerach und -Sondersbach, Ortenaukreis (SAUER 1893).

Bisherige Namen und Symbolik: Mittelrotliegendes rm z. T., Haigerachporphyr (SANDBERGER 1863); Mooswaldporphyr P_μ (SAUER 1893, 1894, THÜRACH 1901, MAUS 1965), Krystallreiche Porphyre in Gängen P_K (SAUER 1894), Riesenwald-Porphyr (MAUS 1965), Simmersbachporphyr, Typ Sesselfelsenporphyr (WEYL 1937), Geisberg-Porphyr, weiß (LIPPOLT et al. 1983).

Typuslokalität: Sauerstein oberhalb von Gengenbach-Haigerach; TK 25-Nr. 7514: ca. R 34 31 900, H 53 66 450.

Verbreitung: Verstreute Vorkommen im westlichen Zentralschwarzwald: Hoher und Hinterer Geisberg, Weißmoos, Mooswald, Riesenwald, Krähenneck, Schwärzenbach. TK 25-Nr. 7514, 7713, 7714

M ä c h t i g k e i t: Schlotdurchmesser bis über 500 m (Hinterer Geisberg), Deckenmächtigkeit bis über 50 m (Mooswald).

Gesteinsbestand: Hellgraue bis weiße, hydrothermal-metasomatisch alterierte Rhyolithoide, in rundlichen Stöcken und in Gängen sowie als Teile von Decken. Meist arm an Einsprenglingen (unter 10 %; Subtyp Sauerstein), in Schlotfüllungen teilweise Übergang in einsprenglingsreiche Varietät (über 30 %, Subtyp Riesenwald). Einsprenglinge von Quarz (bis 5 mm), serizitisierendem Feldspat (bis 15 mm), teilweise durch Kalzit oder Fluorit ersetzt, muskovitisierter Biotit (Lepidomelan, bis 3 mm). Grundmasse von ähnlicher primärer und sekundärer Zusammensetzung (MAUS 1965). Am Riesenwald konnte MAUS (1965) einen Teil der Feldspäte anhand von Reliktstrukturen als Oligoklas bestimmen, was ebenso wie die Biotit-Einsprenglinge eine primär rhyodacitische Zusammensetzung vermuten lässt. Örtlich mit Fließtexturen.

6.3.2 Rotliegend-Sedimente (rS)

Die Rotliegend-Sedimente verteilen sich auf fünf Sedimentbecken, die jeweils ähnliche, aber eigenständige Ablagerungssysteme darstellen. Da der größte Teil dieser Abfolgen unter dem Deckgebirge verborgen liegt, können sie zu fünf Formationen zusammengefasst werden (Abb. 19): **Michelsbach-Formation** (Kraichgau-Becken; Abb. 29, 30),

Heidelberg
(BO 6518/251)
Archiv LGRB

Boxberg
(BO 6523/17)
TRUSHEIM 1964

Ingelfingen
(BO 6623/72)
CARLÉ 1955b

Neibsheim
(BO 6918/308)
BACKFISCH 1984

Gaggenau-Michelbach
(TK25: 7215)
SITTIG 1974, JENKNER 1986

Allmersbach
(BO 7022/54)
CARLÉ 1970

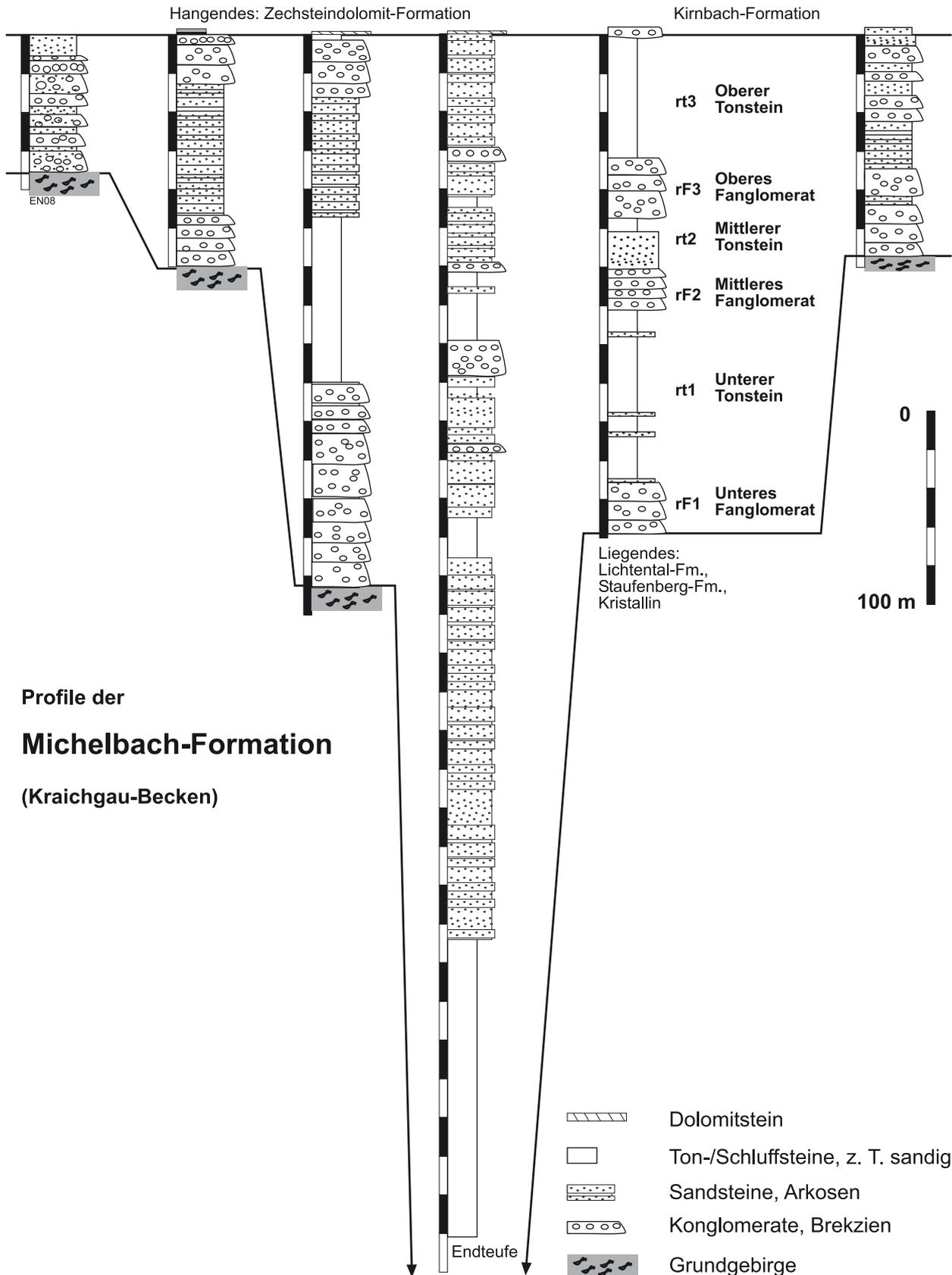


Abb. 29: Profile aus den Rotliegend-Sedimenten des Kraichgau-Beckens (vereinfacht).



Rebberg-Formation (Offenburg-Becken), **Schramberg-Formation** (Schramberg-Becken), **Ibenbach-Sedimente** (Ablagerungen im Breisgau-Becken mit noch unsicherer stratigraphischer Stellung) und **Weitenau-Formation** (Nordschweizer bzw. Burgundisches Becken). Ein weiteres, ganz unter der oberschwäbischen Molasse verborgenes Rotliegend-Becken ist mangels genauerer Daten nicht formell in dieser Gliederung erfasst.

6.3.2.1 Michelbach-Formation (rSM)

Name: Nach Gaggenau-Michelbach, Kreis Rastatt. Name nach LÖFFLER (1992); hier eingeschränkt auf Rotliegend-Sedimente des Kraichgau-Beckens.

Bisherige Namen und Symbolik: Oberrotliegendes ro (hier ohne die Anteile der heutigen Lichtental-Formation; ECK 1892, BILHARZ 1934, HASEMANN 1934, FRANK 1935, 1936), Oberrotliegendes ro1 – ro2 (HAGEMASTER 1983, JENKNER 1986). Die Tonsteine von Sulzbach (rt1) hatte BRONN (1850) irrtümlich der „Steinkohlen-Formation“ zugeordnet. ECK (1892), HASEMANN (1934) und FRANK 1935, 1936) hielten diese Tonsteine für „Mittelrotliegendes“, doch konnte SITTIG (1974) ihre stratigraphische Position über dem Unteren Fanglomerat (rF1) belegen.

Typuslokalität: Typusregion ist die Umgebung von Gaggenau-Michelbach. Ein durchgehend aufgeschlossenes Profil der gesamten Formation besteht nicht. Die Typusprofile der Subformationen stellen damit jeweils Referenzprofile dar (SITTIG 1974, LÖFFLER 1992): Felsböschung am Amalienberg bei Gaggenau, TK 25-Nr. 7215: ca. R 34 50 350, H 54 06 640 (rF1); Sportplatz und Rote Steige NW Gaggenau-Sulzbach, TK 25-Nr. 7116: ca. R 34 52 300, H 54 07 700 bis R 34 52 950, H 54 08 140 (rt1); Katzenbusch NE Gaggenau-Sulzbach, TK 25-Nr. 7116: ca. R 34 53 830, H 54 08 380 (rF2, rt2, Basis rF3); Quellgebiet des Michelbaches E Gaggenau-Michelbach, TK 25-Nr. 7116: ca. R 34 55 600, H 54 09 500 (rt2, rF3 und rt3).

Untergrenze: Einsetzen rotbrauner Grob- und Feinsandsteine mit Komponenten aus Rotliegend-Magmatiten über kristallinem Grundgebirge, über den vorherrschend grauen Sedimenten des Oberkarbon, oder über den Vulkaniten der Schriesheim- oder der Lichtental-Formation.

Hängendes: Zechstein (Merkur-Subformation der Kirnbach-Formation oder Zechsteindolomit-Formation).

Verbreitung: Kraichgau-Becken, überwiegend untertägig, Ausstriche im südlichen Odenwald und im Nordschwarzwald; Ausstrich auf TK 25-Nr. 6518, 7115, 7116, 7117 (zK?), 7215, 7216; erbohrt auf TK 25-Nr. 6523 (Boxberg), 6524 (Bad Mergentheim), 6623 (Ingelfingen), 6819 (Gemmingen), 6821 (Erlenbach), 6918 (Neibsheim), 7016 (Waldbronn), 7019 (Dürrenz), 7022 (Allmersbach a. W.). Die Arkosekonglomerate von TK 25-Nr. 7121 (Bad Cannstatt) und 7217 (Calw) dagegen sind wahrscheinlich vollständig der Kirnbach-Formation (zK) zuzuordnen (Kap. 6.4.1).

Mächtigkeit: Um Heidelberg bis über 100 m, nach Süden zunehmend, im Raum Schriesheim nach Norden auskeilend. Im Kraichgau-Becken mehrere hundert Meter (bis über 800 m). Im Baden-Badener Ausstrichgebiet bis ca. 350 m, südlich Gernsbach nach Süden auskeilend.

Gesteinsbestand: An der Basis und nahe am Beckenrand herrschen Brekzien und Konglomerate mit arkosischer Matrix vor, teils matrix-, teils geröllgestützt, mit Geröllen aus Quarzporphyr und Granitzersatz, örtlich mit weiteren Gesteinen. Die Gerölle sind vereinzelt zu Windkantern überschliffen (SALOMON 1911, zum Geröllbestand im Raum Baden-Baden SITTIG 1983, LINDIGER 1984). Bemerkenswert sind einsprenglingsfreie Felsit-Gerölle bis 40 cm Durchmesser, deren Ähnlichkeit mit dem Grünberg-Quarzporphyr des Zentralschwarzwaldes Anlass zu Spekulationen über das Liefergebiet gegeben hat (SITTIG 1983, LEBEDE & FRÖHLER 1996). Ähnliche Gesteine sind aus der Nachbarschaft des Baden-Baden-Beckens nicht bekannt, treten aber als Xenolith im Pinitporphyr auf (MAUS 1965, 1967a). Nach ihrem Gefüge können sie als rekristallisierte ehemalige Pechsteine (bzw. Obsidiane) angesprochen werden und repräsentieren daher keinen eigenen „Laventyp“, sondern eine Erstarrungsfazies rhyolithischer Lava, wie sie grundsätzlich in jedem Rhyolithvulkan auftreten kann und keine Zuordnung zu einem bestimmten Eruptionszentrum erlaubt. Eine Verbindung der z. T. recht großen Felsit-Gerölle mit den Vulkaniten der Geisberg-Formation ist aus dem Gefüge daher nicht abzuleiten. Es liegt näher, sie auf oberflächennah erstarrende Spaltenintrusionen oder heute unzugängliche (erodierte, überdeckte) Effusiva des örtlichen Iburg-Vulkans zurückzuführen (MAUS 1967a).

Gegen das Beckeninnere werden die groben Schuttsedimente zunehmend ersetzt von grob- bis feinsandigen Arkosen sowie teilweise sandigen Schluffsteinen und Schlufftonsteinen mit Mächtigkeiten von einigen Metern (im Süden) bis mehr als 100 m (im Norden). Die Rundung der Sandfraktion



Abb. 30: Schuttstrom-Sedimente in der Michelbach-Formation.

- Oben:** Schlossgraben-Subformation am Heidelberger Schloss, nördliche Randfazies zur Odenwald-Spessart-Schwelle, mit Geröllen von Dossenheim-Quarzporphyr. Die Schichtfuge am Scheinwerfer ist an der Auflagerung auf den Heidelberg-Granit ausgebildet.
- Unten:** Oberes (3.) Fanglomerat (Battert-Subformation) am Battert bei Baden-Baden, südliche Randfazies vor der Nordschwarzwald-Schwelle, mit Geröllen von Baden-Baden-Quarzporphyr. Bildausschnitt unten rechts etwa 1 m hoch.

ist im allgemeinen gering, im tieferen Abschnitt der Formation jedoch meist besser als über dem Mittleren Fanglomerat (JENKNER 1986). LÖFFLER (1992) beschreibt aus einer geringmächtigen Arkose des unteren Tonsteins (rt1) eingestreute Dolomit-Ooide. Die Schlufftonsteine führen örtlich Dolomitsteinknauern oder -bänke, teilweise Anhydrit oder Gips führend (SCHNEIDER 1966). Farben der Grobsedimente überwiegend rotbraun, vielfach mit grau-grünen Bleichungsflecken, entlang von Störungen auch durchgreifend violettgrau gebleicht. In den vorherrschend rotbraunen Schlufftonsteinen örtlich graue bis schwarzgraue Zwischenlagen.

Lithostratigraphische Gliederung: Im Raum Gaggenau und Michelbach ist seit ECK (1892, revidiert durch SITTIG 1974) eine Gliederung in sechs Subformationen aus drei „Fanglomeraten“ (Porphyrkonglomerat-Schichten) im Wechsel mit drei „Tonsteinen“ (Schlufftonstein-Schichten) üblich (Namen in Klammern nach Vorschlägen von SITTIG): **Unteres Fanglomerat (rF1)** (Amalienberg-Subformation), **Unterer Tonstein (rt1)** (Sulzbach-Subformation), **Mittleres Fanglomerat (rF2)** (Scheibenberg-Subformation), **Mittlerer Tonstein (rt2)** (Katzenbusch-Subformation), **Oberes Fanglomerat (rF3)** (Battert-Subformation), **Oberer**

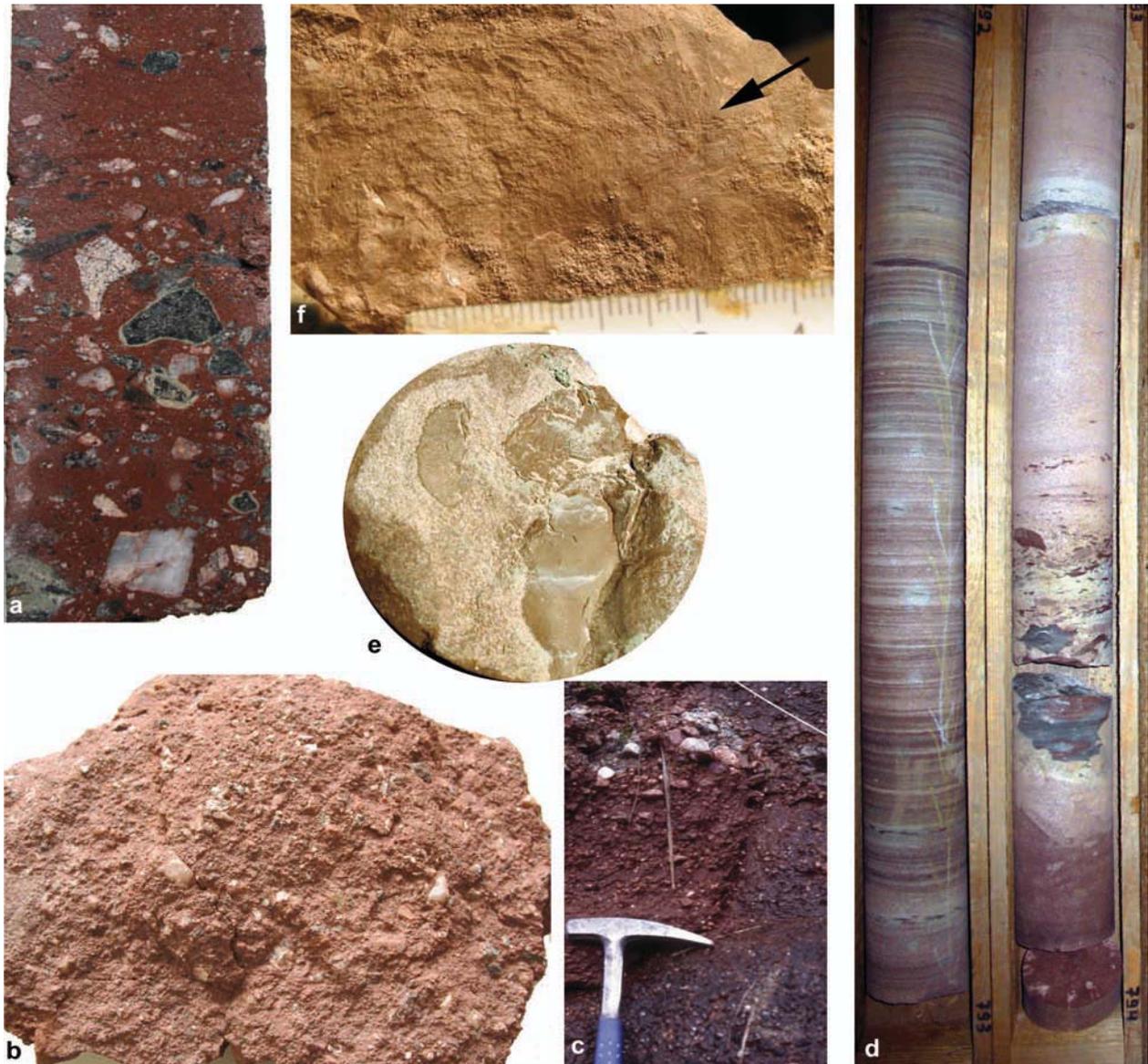


Abb. 31: Sedimente verschiedener Faziesbereiche des Rotliegendes.

- a) Normal gradiertes, stark sandiges Schuttstrom-Sediment (Arkosesandstein mit kantigen Grundgebirgs-Klasten) der Michelbach-Formation, Bohrung Allmersbach am Weinberg (703 m u. Gel.).
- b) Schluffig-arkosisches Schuttstrom-Sediment nahe des Beckenrandes, Schramberg-Formation, Schramberg.
- c) Invers gradiertes Schuttstrom-Sediment (Mure) am Sportplatz Schramberg, Schramberg-Formation.
- d) Schichtflut-Sedimente (dünnschichtig) mit eingelagerten flachen Rinnen (schichtungslos-gradiert, mit Tonstein-Geröllen), Michelbach-Formation, Bohrung Kraichgau 1002, Gemmingen (792 – 794 m u. Gel.).
- e) Tonstein-Intraklasten im Rinnensediment, ebendaher (810 m).
- f) Schlufftonstein (Playa-Fazies) mit undeutlicher Wurzelspur (Pfeil) und sandgefüllten Wühlgefügen, ebendaher (798,2 m).

Tonstein (rt3) (Kohlwiesen-Subformation). Im Raum Heidelberg streichen am Nordrand des Beckens konglomeratische Brekzien aus Granitgrus mit Kristallingeröllen aus, die Gerölle des Dossenheimer-Quarzporphyrs führen. Liefergebiet ist hier das Kristallingebiet der Odenwald-Spessart-Schwelle und das Schriesheimer Vulkangebiet. Da für die Abgrenzung einer selbstständigen Formation insbesondere nach Süden noch nicht genügend Kenntnisse der Sedimentkörper im Beckeninneren vor-

liegen, werden die Heidelberger Rotliegend-Sedimente vorläufig als **Schlossgraben-Fanglomerat (rSg)** der Michelbach-Formation zugeordnet.

Bohrungen im inneren Bereich des Kraichgau-Beckens zeigen abweichende Profigliederungen, die wegen der nur punktuellen Befunde noch nicht zu einer formalen Gesamtgliederung herangezogen werden können. Die Basis der Formation ist nur in Ingelfingen, Boxberg und Allmersbach a. W.

erbohrt. Die Formation beginnt hier mit geröllführenden Arkosesandsteinen und Arkosen über Kristallin (Abb. 31 a). Die Bohrung Neibsheim ist in einer mächtigen Tonsteinserie eingestellt worden, die wohl den mittleren Abschnitt der Formation einnimmt, in anderen Bohrungen aber nicht erreicht wurde oder nicht entwickelt ist (BACKFISCH 1984). Den oberen Teil nehmen in allen Bohrungen mittel- bis grobkörnige Arkosesandsteine mit Tonstein-Geröllen und untergeordneten Tonstein-Zwischenlagen ein, die informell als Kraichgau-Arkosesandstein zusammengefasst werden können.

Die Bohrung Kraichgau 1002 (Gemmingen) erschloss die obersten Meter dieser Arkosesandsteine in einer nur durch einzelne geringmächtige Rinnenfüllungen unterbrochenen Folge von Schichtflut-Ablagerungen (Abb. 31 d–f). Das Liefergebiet dieser Schüttungen ist noch nicht ermittelt, die Einbeziehung in die Michelbach-Formation daher vorläufig. Denkbar sind auch Beziehungen zu „Oberrotliegend II“ oder ältestem Zechstein, bzw. zu den Queich-Schichten der Haardt („Oberer Sandstein“: HENTSCHEL 1963, zQ: LGBRP 2005) oder zu den Fanglomeraten der Merkur-Subformation (Kap. 6.4.1).

Fazies: Nahe am südlichen und nördlichen Beckenrand sowie als Basisschichten des Beckeninneren herrschen Schuttstrom- und Schichtflut-Ablagerungen aus Brekzien und Konglomeraten vor („Fanglomerat-Schüttungen“, „Alluvialfächer-Fazies“). Gegen das Beckeninnere werden sie von geröllarmen bis -freien Arkosesandsteinen abgelöst, in denen flache Rinnenfüllungen und Schichtflutsedimente zu eintönigen Sandsteinabfolgen aufgestapelt sind. Schlufftonsteine ephemerer Seen („Playa-Fazies“) schalten sich regional zwischen die Schutt- bzw. Sandschüttungen ein. Sie sind bisher nur aus dem Nordschwarzwald und dem südlichen Kraichgau bekannt, doch treten ähnliche Gesteine offenbar auch an der Ostabdachung der Odenwald-Schwelle auf (BACKHAUS & BÄHR 1992). Arkosische Sandsteine schalten sich hier als Schichtflut-Absätze und in kleinen Rinnen ein (JENKNER 1986, LÖFFLER 1992, LÖFFLER et al. 1998). Besonders im Unteren Tonstein um Michelbach weist die Sandfraktion etwas bessere Rundung und teilweise mattierte Oberflächen auf (JENKNER 1986), was, ebenso wie Windkanter im Unteren Fanglomerat (SALOMON 1911), auf Umlagerungen durch Sand- und Staubstürme hindeuten dürfte.

Fossilinhalt: Im Gebiet von Sulzbach und Michelbach (Nordschwarzwald) fanden sich Conchostraken (*Pseudoestheria fritschi*, *Megasitum tenellum*, *Protolimnadia sulzbachensis*; zur Nomenklatur s. KOZUR & SITTIG 1981, HOLUB & KOZUR 1981,

MARTENS 1982, LÖFFLER 1992), syncaride Krebse (*Uronectes fimbriatus*) und Süßwasserquallen (*Medusina limnica*; KOZUR 1981, HAGEMEISTER 1983, 1985, LÖFFLER 1992). Die von ECK (1892; entsprechend bei STERZEL 1907, HASEMANN 1934, FRANK 1935, 1936) als „Mittelrotliegendes“ aufgefassten „Schichten mit *Gampsonyx fimbriatus* und *Estheria tenella*“ (revidierte Namen s. o.) entsprechen dem ersten Tonstein der Michelbach-Formation (SITTIG 1974, LÖFFLER 1992). Die Landfauna zeigte sich bisher nur in Saurierfährten (*Laoporus*, *Microsauropus*; LÖFFLER 1992). KOZUR et al. (1994) beschrieben zudem Spuren von Landskorpionen als *Paleohelcura badensis*. Pflanzenreste beschränken sich weitgehend auf Koniferenzweige (*Walchia*) und „*Dadoxylon*“-Kieselhölzer. Entsprechend herrschen Gymnospermen-Pollen unter den Palynomorphen vor. In einer dünnen Tonsteinlage im Kraichgau-Arkosesandstein der Bohrung Kraichgau 1002 fanden sich Wurzelspuren, die möglicherweise von Schachtelhalmen stammen.

Biostratigraphie: Frühes Perm nach der Palynomorphen-Assoziation (HARTKOPF-FRÖDER, Kap. 4.2) und nach den Saurierfährten (LÖFFLER 1992). Die Conchostraken deuten nach KOZUR & SITTIG (1981) für den 1. Tonstein auf den Grenzbeereich Sakmarium – Artinskium oder auf Artinskium. Die von LÖFFLER (1992) vorgetragene Annahme von Kungurium für die höheren Subformationen bleibt vorerst fraglich.

Radiometrische Daten: Keine.

Paläomagnetik: Alle bisher untersuchten Proben sind revers magnetisiert (KONRAD & NAIRN 1972, DACHROTH 1976).

Literatur: BEYER 1794; WALCHNER 1832 a, b; MARX 1835; HAUSMANN 1845; LEONHARD 1846, 1861; BRONN 1850; SANDBERGER 1859, 1861, 1864, 1890; O. FRAAS 1859; SCHÜBLER 1860, 1861; PLATZ 1861; PAULUS 1868; KNOP 1879; ECK 1887, 1891, 1892; STERZEL 1907; SALOMON 1911; E. FRAAS 1914; DEECKE 1916; STILLE 1928; WILFARTH 1932; BILHARZ 1933, 1934; HASEMANN 1934; FRANK 1934, 1935, 1936, 1952; FREYBERG 1935; CARLÉ 1955 a, b, 1956, 1970; BREYER 1956; METZ 1960, 1971; SCHNEIDER 1963, 1966; TRUSHEIM 1964; BOIGK & SCHÖNEICH 1970, 1974; CARLÉ & WURM 1971; KONRAD & NAIRN 1972; SITTIG 1974, 1983, 1988, 1995, 2003; DACHROTH 1976; BACKFISCH 1980, 1981, 1984; KOZUR & SITTIG 1981; HOLUB & KOZUR 1981; MARTENS 1982; HAGEMEISTER 1983, 1985; LINDINGER 1983, 1984; JENKNER 1986; KOZUR 1984; SUTTOR et al. 1988; WOLFF 1988; BOY & FICHTER 1988; LÖFFLER et al. 1988; LÖFFLER 1992; KOZUR et al. 1994; FRÖHLER & LEBEDE 1994. Für den südlichen Odenwald: BRONN 1830; LEONHARD



1846, 1861; BENECKE 1869; COHEN 1871; BENECKE & COHEN 1881; ANDREAE & OSANN 1893, 1896; KLEMM 1905, 1910; RUSKA 1908; DEECKE 1916; THÜRACH 1918; RÜGER 1928; PRIER 1969, 1975; DACHROTH 1976; SCHWEIZER & KRAATZ 1982; BACKHAUS & BÄHR 1992; SEELING 2005.

6.3.2.2 Rebberg-Formation (rSR)

Name: Neuer Name, nach dem Rebberg NE des Typusprofils, NE Seelbach, Ortenaukreis (mit kleinen Vorkommen; der Name „Eichberg-Formation“, nach dem Typusprofil naheliegend, ist durch eine ordovizische Formation präokkupiert und kann daher hier nicht verwendet werden; näheres s. FRANZ & NITSCH (im vorliegenden Heft) zur Achdorf-Formation des Mitteljura, ehemals ebenfalls Eichberg-Formation). Einheit von KESSLER & LEIBER (1994) als „sandig-konglomeratisches Oberrotliegendes“ ausgewiesen.

Bisherige Namen und Symbolik: Fanglomeratisches Oberrotliegendes (DRESSLER 1983), Rotliegend obere Einheit (SAVAS 1990), sandig-konglomeratisches Oberrotliegendes ros (KESSLER & LEIBER 1994), Konglomeratische Schichten roK (GLA 1995).

Typuslokalität: Ehemaliger Steinbruch am Eichberg über der Ludwigstraße NE Seelbach; TK 25-Nr. 7613: R 34 22 750, H 53 54 600.

Untergrenze: Auflagerung auf Vulkaniten der Geisberg-Formation (z. B. auf Grünberg-Quarzporphyr, am Rappenschrofen) oder Grundgebirge, örtlich auf Sedimenten der Kohlen-Arkosen-Untergruppe.

Hängendes: Diskordant überlagert durch Kirnbach-Formation (Oberweier-Subformation).

Verbreitung: Ausstrich in mehreren kleinen Vorkommen im westlichen Schwarzwald zwischen Acher, Rotmurg und Schutter; Ausstrich auf TK 25-Nr. 7414, 7415, 7513, 7514, 7515, 7613, 7614, 7615, 7713 (Nordhälfte).

Mächtigkeit: Bis 40 m, örtlich auskeilend.

Gesteinsbestand: Im Typusgebiet rotbraune geröllführende Sandsteine und sandige Konglomerate mit Quarzporphyr-Geröllen, insbesondere vom Brandeck-Quarzporphyr. Ähnliche „Porphyrfanglomerate“ sind vom Rappenschrofen bei Ottenhöfen bekannt (WEYL 1937). Die von WAGER (1931) erwähnten, nicht weit davon gelegenen Arkosen aus Grundgebirgsmaterial dürften ebenfalls hierher gehören.

Lithostratigraphische Gliederung: Keine.

Fazies: Syn- bis postvulkanische alluviale Schuttsedimente.

Fossilinhalt: Nicht bekannt.

Biostratigraphie: Entfällt.

Radiometrische Daten: Keine.

Literatur: PLATZ 1858, 1867; REGELMANN 1907; SANDBERGER 1863; ECK 1884; SAUER 1894; SCHALCH 1895; THÜRACH 1897; DEECKE 1916; STILLE 1928; WAGER 1931; FREYBERG 1935; WEYL 1936, 1937; REST 1951; METZ 1960, 1971; CZYGAN 1963a, 1964; DRESSLER 1983; ATIKZADA 1985; SITTIG 1988; SAVAS 1990; KESSLER & LEIBER 1994; LfU 2005.

6.3.2.3 Schramberg-Formation (rSS)

Name: Neuer Name, nach Schramberg, Kreis Rottweil. Abgrenzung der Einheit als „oberes Rotliegendes“ bei SAUER (1897) und BRÄUHÄUSER (1909, 1910).

Bisherige Namen und Symbolik: Oberrotliegendes ro (ohne ro δ ; BRÄUHÄUSER 1909, 1910; BRÄUHÄUSER & SAUER 1913). Bei CARLÉ (1982a) teilweise als Zechstein und Buntsandstein interpretiert.

Typuslokalität: Wegen der großen Mächtigkeit ist ein durchgängiges Typusprofil nicht festzulegen. Typusregion ist das Stadtgebiet Schramberg. Referenzprofil ist die Felswand am Sportplatz Schramberg, TK 25-Nr. 7716: ca. R 34 54 550, H 53 42 300.

Untergrenze: Einsetzen rotbrauner Sedimente mit erkennbarer Kornvergrößerung gegenüber grau-violetten oder braunen Liegendsedimenten des Karbon (Raum Königfeld, Bohrung Urach 4) bzw. über Quarzporphyr oder Tuff der Geisberg-Formation (Schramberg, Oberer Neckar).

Hängendes: Zechstein (Kirnbach-Formation), im östlichen Schramberg-Becken Buntsandstein (ECK-Formation). Die obersten 1 – 2 m der Sedimente sind vielfach durch Dolomitkrusten zu einem Paläoboden überprägt und werden dann bereits zur Kirnbach-Formation gerechnet.

Verbreitung: Ausstrich um Schramberg; Untertägig im Schramberg-Becken großräumig verbreitet. Ebenfalls hierher gehören die von CARLÉ (1982b)

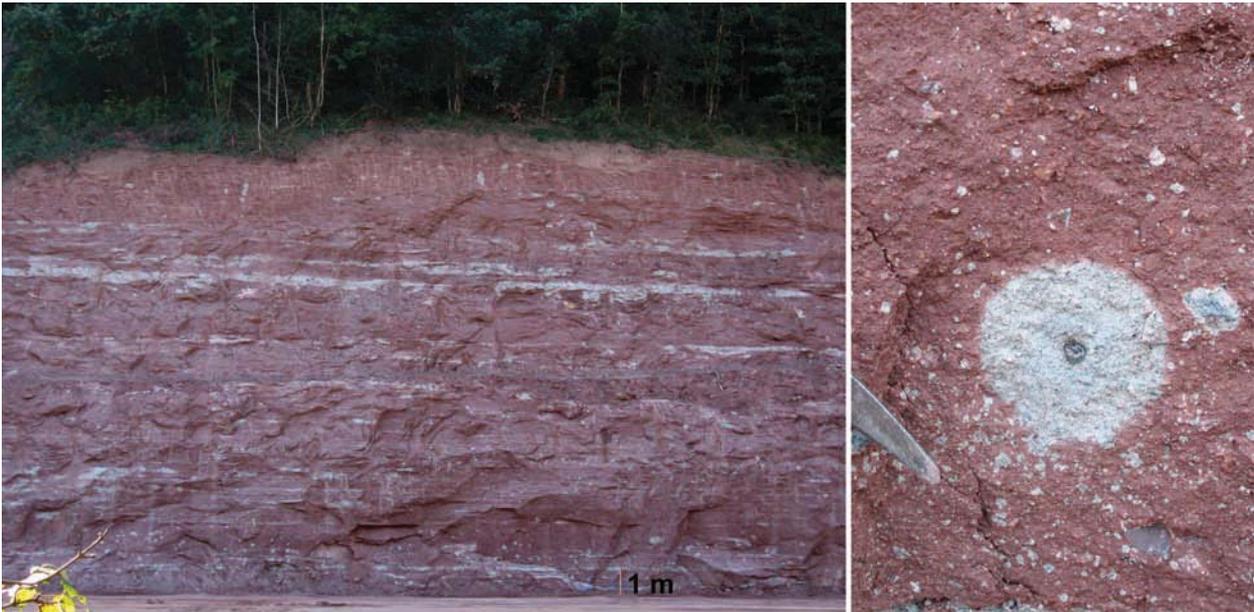


Abb. 32: Bleichungsflecken im Aufschluss am Sportplatz Schramberg (Schramberg-Formation); **rechts:** Detail (Hammer Spitze als Maßstab). Die Bleichungsflecken bilden kugelige bis längliche Höfe um einzelne Sedimentpartikel oder annähernd horizontale, dabei jedoch nicht immer an bestimmte Schichtungskörper gebundene Farbbänder unterschiedlicher Dimension.

ursprünglich als Ausläufer des Offenburg-Beckens gedeuteten Rotliegend-Sedimente von Bad Teinach, die am Nordrand des Schramberg-Beckens abgelagert wurden (RUPF & NITSCH 2008). Ausstrich auf TK 25-Nr. 7316 (zK?), 7416, 7515, 7516 (zK?), 7615, 7616, 7716, 7816 (zK?) (Anmerkung: In den älteren Karten beziehen sich Angaben zum „Oberrotliegenden“ häufig auch auf die Kirnbach-Formation, zK); erbohrt auf TK 25-Nr. 7218 (Hirsau, Calw; beide möglicherweise zK), 7318 (Bad Teinach), 7324 (Bad Überkingen), 7422 (Bad Urach), 7517 (Dettingen), 7519 (Starzach-Wachendorf bei Rottenburg), 7617 (Sulz), 7716 (Schramberg, Dunningen), 7717 (Oberndorf).

Mächtigkeit: Schramberg bis über 400 m, Oberndorf ca. 255 m, Sulz ca. 245 m, Starzach-Wachendorf 30 m über mächtigen Vulkaniten (rMG), Bad Urach ca. 265 m (überwiegend Tonsteine), Bad Überkingen 370 m (untere 100 m möglicherweise auch Karbon in Rotfazies).

Gesteinsbestand: Unmittelbar vor den westlichen und nördlichen Randstörungen (Schramberg, Bad Teinach) Brekzien und Konglomerate, schlecht sortiert, überwiegend matrixgestützt, rotbraun, häufig mit blassgrauen Bleichungsflecken (Abb. 31 b, c, 32). Die Korngrößenverteilung weist ein ausgeprägtes Maximum in der Fein- bis Mittelkiesfraktion und ein schwächeres Nebenmaximum im Mittelsandbereich auf (STROMBURG 1964). Blockkies und Blöcke halten sich dicht an die

Randstörungen des Beckens. Der Rundungsgrad ist sehr unterschiedlich, im selben Sedimentkörper stark durchmischt gut gerundete bis kantige Gerölle; vereinzelt Windkanter und polierte Gerölle (M. SCHMIDT 1905, SALOMON 1911, BRÄUHÄUSER & SAUER 1913, CARLÉ 1982b). Kornbestand überwiegend Gesteinsbruchstücke (Granit, Granitporphyr, Quarzporphyr, Gneis) und Einzelminerale aus Granitzersatz sowie Gangquarz (Quarz, Feldspäte, Glimmer), deren Zusammensetzung das unmittelbar anschließende Kristallingebiet (mit Porphyrgängen) abbildet. Örtlich sind geringmächtige Linsen lithischer Sandarkose eingeschaltet.

Etwa 0,8 – 1,5 km von der Randstörung entfernt werden die Randfanglomerate von Geröllarkosen, Arkosen und Arkosesandsteinen mit eingeschalteten Schluffsteinen und Tonsteinen abgelöst (Bad Teinach). Beckenwärts gehen sie in rotbraune Arkosesandsteine und Schlufftonsteine über (Oberndorf, Sulz). Im Beckenzentrum (Bad Urach) überwiegen rotbraune Schlufftonsteine mit Einschaltungen von Arkosesandstein. Nach Osten schalten sich in Annäherung an die Ries-Tauber-Schwelle wieder stärker Arkosesandsteine und Geröllarkosen ein (Bad Überkingen, CARLÉ 1971, 1982a).

Lithostratigraphische Gliederung: Die sandigen und pelitischen Fazies sind in größerer Mächtigkeit nur aus Bohrungen bekannt und streichen nicht zutage aus. Sie können hier als **Schluffstein-Arkose-Schichten (rSSt)** im Sinne



einer Subformation aufgefasst und dem **Schramberger Randfanglomerat (rSSg)** gegenübergestellt werden.

Fazies: Am Beckenrand (Schramberg, Teinach, Königsfeld) grobe Schuttfächer-Sedimente in aufgestapelten flachen Schüttungszungen von wenigen Metern Breite und 10 – 30 cm Mächtigkeit (STROMBURG 1964, CARLÉ 1982 b). Innerhalb der Schüttungskörper keine oder nur schwach ausgeprägte normale Gradierung, vielfach undeutliche Schrägschichtung. STROMBURG (1964) deutet die Sedimente als Sturzflut-Ablagerungen nach Unwettern, wobei die Schuttfracht nach Austritt der sedimentbeladenen Wasserfluten aus den Tälern der angrenzenden Granitschwelle in das flachere, absinkende Becken rasch auf einem Schwemmkegel bzw. einer „Schwemmrampe“ abgesetzt wurde. Die Kornverteilung und die gelegentlich auftretenden Windkanter weisen auf eine Beteiligung von Winderosion und -transport des Feinmaterials hin (STROMBURG 1964). Einzelne Lagen sind revers gradiert (Murensedimente). Nach NE Übergang in alluviale Arkosesandsteine, überwiegend in Schichtflutfazies, und ephemere-lakustrine Schlufftonsteine (Playa-Fazies). Im tieferen Teil sind hier tonig verwitterte Tufflagen eingeschaltet (Sulz, Oberndorf), die den Übergang von Rotliegend-Vulkaniten zu Rotliegend-Sedimenten als diachrone Faziesgrenze ausweisen.

Fossilinhalt: Nicht bekannt.

Biostratigraphie: Entfällt.

Radiometrische Daten: Keine.

Literatur: ALBERTI 1826, 1834; WALCHNER 1832 a, b; QUENSTEDT 1843; SCHÜBLER 1860; PAULUS 1866 a, 1875; ECK 1887; SAUER 1895, 1897; SCHALCH 1897; M. SCHMIDT 1905; BRÄUHÄUSER 1909, 1910, 1933, 1996; REGELMANN 1907, 1911, 1935, 1991; SALOMON 1911; A. SCHMIDT 1912, 1931; BRÄUHÄUSER & SAUER 1913; DEECKE 1916; STILLE 1928; FREYBERG 1935; STROMBURG 1964; CARLÉ 1971, 1982 a, b; DIETRICH 1982; SCHÄDEL 1982; BACKFISCH 1984; LEIBER & MÜNZING 1985; SITTIG 1988; LfU 2005; KRJUTSCHKOW 2006.

6.3.2.4 Ibenbach-Sedimente (rSi)

Im Schwarzwälder Ausstrichgebiet des Breisgau-Beckens und in den südlichen Emmendinger Vorbergen sind an verschiedenen Stellen geringmächtige Arkose-Sedimente erhalten, die Gerölle von Quarzporphyr oder Quarzporphyrtuff führen. Ob es sich bei den Porphyngeröllen tatsächlich überall um Rotliegend-Porphyre handelt (z. B. Brandeck-

Quarzporphyr), ist allerdings nicht sicher. Möglicherweise stammen die Gerölle mancher Vorkommen vom südlich gelegenen frühkarbonischen Münstertal-Quarzporphyr. In diesem Fall wäre auch eine Einbeziehung der Sedimente in die Sankt-Peter-Formation gerechtfertigt. Sie wurden bislang teilweise als „Unterrotliegendes“, teilweise als „Oberrotliegendes“ eingestuft. Fazial ähneln sie den grau-violetten Arkosen der Sankt-Peter-Formation und lagern ihr örtlich auf, möglicherweise diskordant, örtlich greifen sie direkt auf Kristallin über (GROSCHOPF 1988, GROSCHOPF et al. 1996). Das von THÜRACH (1901) und HEIZMANN (1960) beschriebene „Unterrotliegende“ des Heidburggebietes, das – anders als das des Geisberges – „fluidalgestreifte Porphyre“ enthält und wohl nur nach der Farbe so eingestuft wurde, ist hier ebenfalls dem Rotliegenden zugeordnet.

Insbesondere die Vorkommen der südlichen Emmendinger Vorberge führen zudem häufig aufgearbeitete Karneolbruchstücke (BAILER 1951, BUDWILL 1957, GROSCHOPF et al. 1996). Die Grenze zur Kirnbach-Formation ist nach den bisherigen, meist älteren Profilaufnahmen nicht klar zu ziehen, möglicherweise sind daher einige „Rotliegend“-Vorkommen des Rheingrabenrandes ganz oder zumindest teilweise dem Zechstein zuzuordnen, ebenso die rotbraunen dolomitführenden Arkosen des Lorettoberges (GUENTHER 1935). Die teils rotbraunen, meist jedoch grau-violetten bis violettgrauen Arkosen des Breisgau-Beckens mit Porphyngeröllen werden daher vorläufig als Ibenbach-Sedimente zusammengefasst und, entsprechend ihrer Geröllführung, in das Rotliegende gestellt.

Name: Neuer Name, nach den Vorkommen oberhalb des Ibenbaches SE St. Peter, Kreis Breisgau-Hochschwarzwald.

Bisherige Namen und Symbolik: Todt-liegendes des Hügellandes (SCHILL 1862); Unterrot-liegendes (ru; TK 25-Nr. 7714, 7813, 7913; THÜRACH 1901, HEIZMANN 1960, GROSCHOPF & SCHREINER 1980, KESSLER & LEIBER 1991), Oberrotliegendes (ro; TK 25-Nr. 7914; SCHNARRENBURGER 1906, GROSCHOPF 1988, GROSCHOPF et al. 1996).

Typuslokalität: Keine (vorläufige informelle Einheit).

Untergrenze: Basis der Quarzporphyr-Gerölle führenden Arkosen auf Sedimenten der Sankt-Peter-Formation oder auf Grundgebirge.

Hängendes: Im Norden des Beckens Kirnbach-Formation, südlich davon Buntsandstein. Im Schwarzwald meist quartäre Deckschichten.

Verbreitung: Mehrere sehr kleine Erosionsreste im Raum St. Peter („Oberrotliegend“) sowie grauviolette Arkosen mit Quarzporphyrtuff-Geröllen zwischen Freiburg und Emmendingen („Unterrotliegend“); Ausstrich auf TK 25-Nr. 7713 (Südosthälfte), 7714 (ru des Heidburggebietes), 7813, 7814(?), 7815 (zK?), 7913, 7914, 7915, 8012 (Norsinger Bach), 8013 (zK?); erbohrt auf TK 25-Nr. 7913 (Freiburg-Herdern), 8012 (Bollschweil), 8212 (Badenweiler).

Mächtigkeit: Biereck und Heidburg (TK 25-Nr. 7714) bis 50 m, sonst in den Restvorkommen des Schwarzwaldes meist nur wenige Meter. Rotliegend-Sedimente des Breisgau-Beckens erreichen unter dem Oberrheingraben jedoch Mächtigkeiten von bis zu 100 m und mehr (Badenweiler 61 m, Thermalwasserbohrung Freiburg 113 m, jeweils mit unbekanntem Anteil, zK). Gegen den Burgundischen Trog im SW nehmen die Mächtigkeiten links des Rheins rasch auf über 500 m zu (BOIGK & SCHÖNEICH 1970, 1974).

Gesteinsbestand: Arkose, grobkörnig, geröllführend mit Porphyrgeröllen, violettgrau, örtlich rotbraun, mit Übergängen zu Konglomerat, fein- bis mittelkörnig, violettgrau. Zwischenlagen aus Arkose, mittelkörnig bis feinkörnig, violettgrau, örtlich rotbraun. Geröllbestand vorwiegend örtliches Kristallin, Gangquarz, Quarzporphyr. Ob die von THÜRACH (1901) beschriebenen rotbraunen sandigen Tonsteine und „weichen Arkosen“ ebenfalls hierher oder noch zur Sankt-Peter-Formation gehören, muss einer Neuuntersuchung vorbehalten bleiben. Die hangende karneolführende „Sandsteinbank“ ist bereits der Kirnbach-Formation zuzuordnen.

Lithostratigraphische Gliederung: Keine

Fazies: Schuttströme und alluviale Rinnensedimente.

Fossilinhalt: Keine.

Biostratigraphie: Entfällt.

Radiometrische Daten: Keine.

Literatur: LEONHARD 1861; SCHILL 1862; VOGELGESANG 1872; THÜRACH 1901; SCHALCH & SAUER 1903; SCHNARRENBERGER 1906, 1909; DEECKE 1916; STILLE 1928; FREYBERG 1935; GUENTHER 1938; BAILER 1951; BUDWILL 1957; HEIZMANN 1960; SAUER 1960, 1965, 1974; LEIBER 1964, 1972; HÜTTNER & WIMMENAUER 1967; BOIGK & SCHÖNEICH 1970, 1974; GROSCOPF & SCHREINER 1980; GROSCOPF 1988; KESSLER & LEIBER 1991; GROSCOPF et al. 1996.

6.3.2.5 Weitenau-Formation (rSW)

Name: Neuer Name, nach Steinen-Weitenau, Kreis Lörrach.

Bisherige Namen und Symbolik: Rotliegendes (ECK 1887); Oberrotliegendes ro (PFAFF 1893); Thuringien bzw. Zechstein-Äquivalent (SCHMASSMANN & BAYRAMGIL 1945, vgl. dazu STRIGEL 1950); Oberrotliegendes bzw. Thuringien, Untere Abteilung C bis Obere Abteilung (SCHMASSMANN & BAYRAMGIL 1946); Oberrotliegendes ro2 – ro4 (STELLRECHT 1963b; die dort als ro1 bezeichneten Schichten werden hier aus faziellen Gründen der Kohlen-Arkosen-Untergruppe zugeordnet); in GLA (1995) drei Einheiten Arkoseschichten roA, Schluff- und Feinsandsteinschichten roS, Arkose- und Fanglomeratschichten roAF, die hier als Subformationen geführt werden.

Typuslokalität: Ein durchgehend aufgeschlossenes Profil besteht nicht. Typusregion ist das Gebiet zwischen Schrohühle und Heuberg bei Steinen-Schlächtenhaus, Kreis Lörrach; TK 25-Nr. 8312: ca. R 34 04 725, H 52 83 715 bis R 34 04 740, H 52 83 710 (STELLRECHT 1954, 1963a, b).

Untergrenze: Diskordante Auflagerung von rotbraunen Arkosebrekzien auf Grundgebirge, im Hochrheingebiet und unter dem Bodensee auf Karbon (Weiach-Formation) des Nordschweizer Beckens.

Hangendes: Karneol-Anhydrit-Horizont der Wiesental-Formation oder Buntsandstein.

Verbreitung: Weitenauer Vorberge und angrenzendes Hochrheingebiet sowie im südlichen Oberrheingraben südlich etwa Kandern im tieferen Untergrund, setzt sich links des Rheins fort, dort teilweise diskordant unter Zechstein bzw. Buntsandstein gekappt; auch unter dem westlichen Bodensee erbohrt; Ausstrich auf TK 25-Nr. 8212, 8312, 8313, 8412, 8413; erbohrt auf TK 25-Nr. 8220 (Dingelsdorf), 8411 (Otterbach) sowie in den angrenzenden Gebieten der Schweiz und Frankreichs (MATTER 1987, NAGRA 1988). Die nach der Fazies als „Rotliegend“ eingestuften Arkosebrekzien im Bereich der Südschwarzwald-Schwelle (unmittelbar überlagert von Oberem Buntsandstein, z.B. TK 25-Nr. 8215) sind wahrscheinlich dem Zechstein oder Buntsandstein zuzuordnen.

Mächtigkeit: Im Landesgebiet 150 – 200 m, nach Süden zunehmend. Bohrung Otterbach II (HÄRING 2002, LGRB: 8411/416) 805 m, darin möglicherweise ca. 60 m Wiesental-Formation einbezogen.



Gesteinsbestand: Im Liegenden rotbraune grobe Brekzien und Konglomeratbrekzien im Wechsel mit Arkosen und untergeordneten Schlufftonsteinen, darüber rotbraune bis weinrote, Glimmer führende tonige Schluffsteine mit Einschaltungen von arkosischen tonigen Feinsandsteinen, örtlich Arkosen, vereinzelt mit pedogenen bzw. frühdiagenetischen Karbonatkrusten („Knauerlagen“; STOBER 1954), im Hangenden rotbraune bis hellrote Arkosen mit brekziös-konglomeratischen Einschaltungen. In den vorherrschend rotbraunen Gesteinen treten grüne oder bleiche Entfärbungsflecken auf, die mehrere Zentimeter Durchmesser erreichen können. Aus Tiefbohrungen wurden auch geringe Einlagerungen von Gipsstein bekannt.

Lithostratigraphische Gliederung: Gliederung in drei übereinanderfolgende, teilweise miteinander verzahnte Subformationen: unten **Arkose-Fanglomerat-Schichten rSWg** (untere Schichten bei ECK 1887; ro2 bei STELLRECHT 1963b; Unterer Schuttfächer bei NAGRA 1988) bis ca. 40 m; darüber **Schluffstein-Feinsandstein-Schichten rSWt** (mittlere Schichten bei ECK 1887; ro3 bei STELLRECHT 1963b; Playa-Serie bei NAGRA 1988), ca. 100 bis über 200 m; oben **Arkose-Schichten rSWa** (obere Schichten bei ECK 1887; ro4 bei STELLRECHT 1963b; Oberer Schuttfächer bei NAGRA 1988) bis ca. 70 m.

Fazies: Alluviale Schutt- und Sandfächer-sedimente (rSWg, rSWa) und angrenzende Playa-Ablagerungen (rSWt). KONRAD & NAIRN (1972) diskutieren paläomagnetische Hinweise auf hohe Akkumulationsraten der mächtigen Playa-Fazies.

Fossilinhalt: Nicht bekannt.

Biostratigraphie: Entfällt.

Radiometrische Daten: Keine.

Paläomagnetik: Die bisher untersuchten Proben sind revers magnetisiert (KONRAD & NAIRN 1972).

Literatur: MERIAN 1821, 1831; LEONHARD 1861; SCHILL 1867; ECK 1887; PFAFF 1893; NEUMANN 1912; WILSER 1913, 1914, 1933; DISLER 1914; DEECKE 1916; TREFZGER 1925; STILLE 1928; FREYBERG 1935; SCHMASSMANN & BAYRAMGIL 1945, 1946; STRIGEL 1950; STELLRECHT 1954, 1961, 1963a,b; STOBER 1954; LUTZ 1955, 1958, 1964; METZ & REIN 1958; LEMCKE 1961, 1975; LEMCKE & WAGNER 1961; KONRAD & NAIRN 1972; RAUBER 1979; BACKFISCH 1984; MÜLLER et al. 1984; SPRECHER & MÜLLER 1986; MATTER 1987; BLÜM 1987; THURY & DIEBOLD 1987; MATTER et al. 1987, 1988; SITTIG 1988; NAGRA 1988, 1989, 1990; DIEBOLD 1988; PETERS et al. 1989; DIEBOLD et al. 1991; HÄRING 2002; MARCHANT et al. 2005; LfU 2005.

6.4 Zechstein-Gruppe (z) (Oberperm)

Die Sedimente des Zechsteins verteilen sich in Baden-Württemberg auf zwei Sedimentbecken (Abb. 19). Nördlich der Südschwarzwald-Schwelle gliedern sich die Sedimente des Mitteleuropäischen Beckens in vier Formationen, wobei die sandig-konglomeratische fluvial-alluviale Randfazies (**Kirnbach-Formation** und **Tigersandstein-Formation**) im Süden von einer jeweils altersgleichen tonig-dolomitischen Beckenfazies (**Zechsteindolomit-Formation** und **Langental-Formation**) im Norden unterschieden wird (Abb. 33). Im Randbereich des Burgundischen Beckens, der die südlichen Landesgrenzen um einige Kilometer überschreitet, ist aus dem späten Perm noch eine weitere sandig-konglomeratische Fazies mit südwardigen Schüttungen entwickelt (**Wiesental-Formation**).

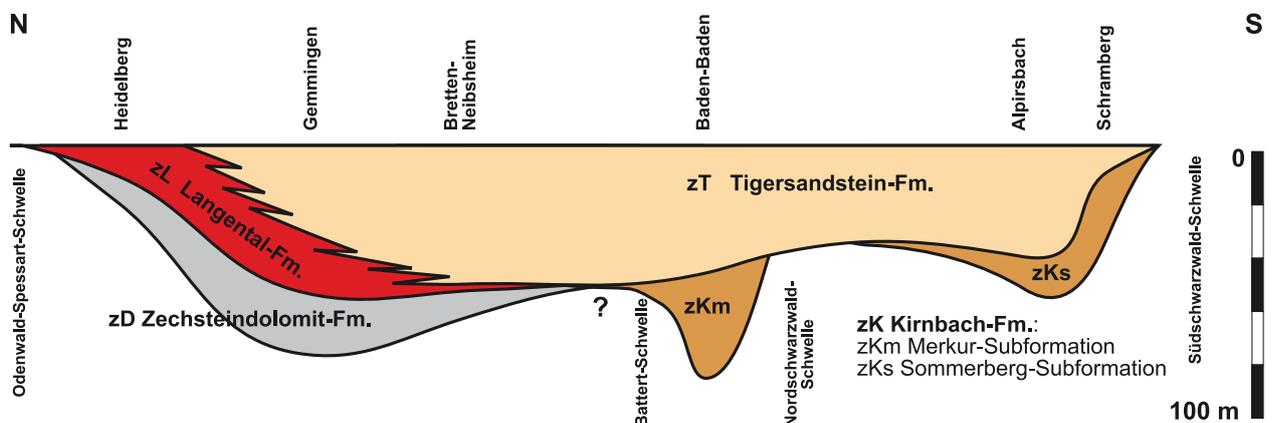


Abb. 33: Übersicht zur Fazies- und Mächtigkeitsentwicklung des Zechsteins in Baden-Württemberg (schematisch).

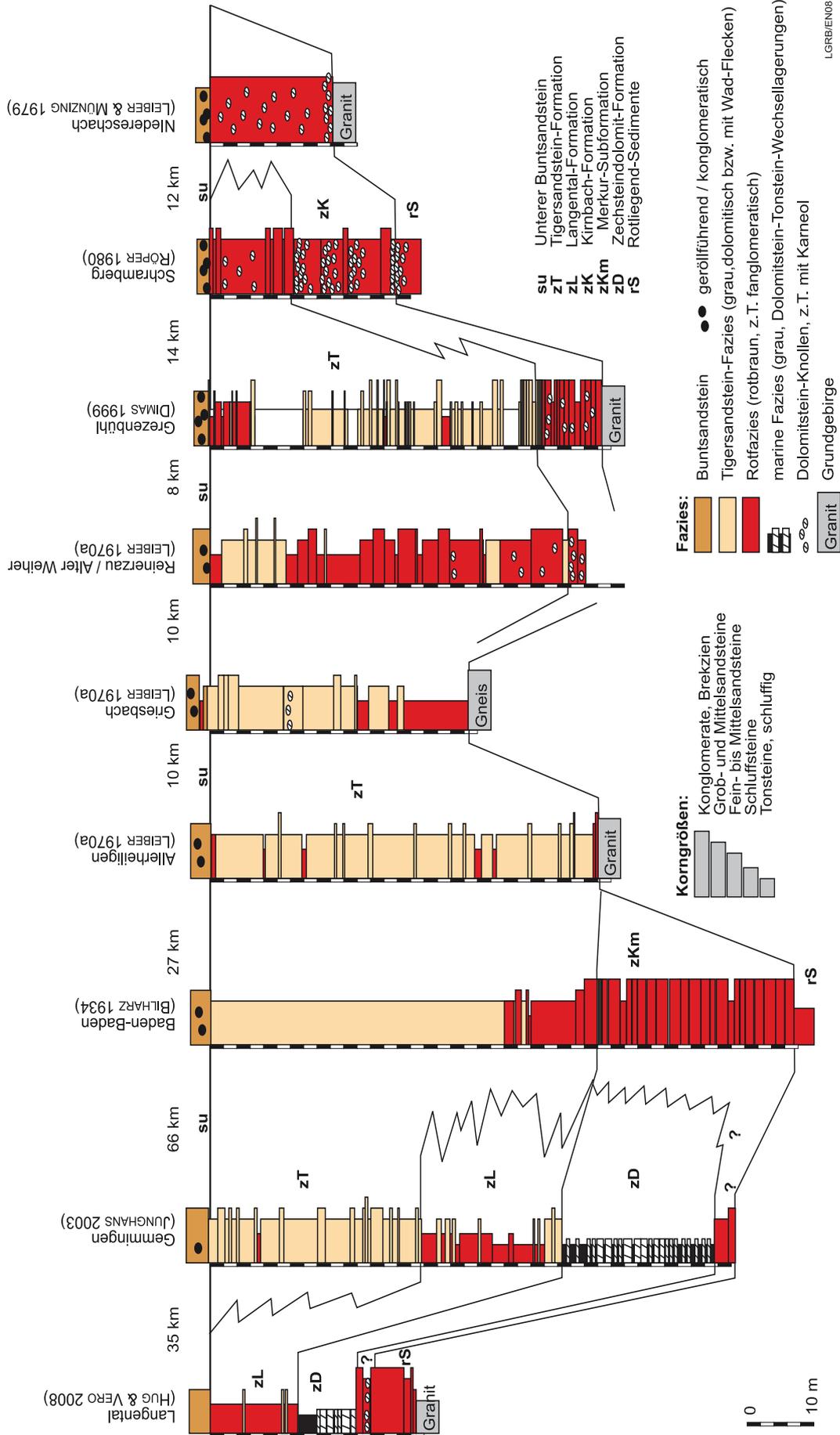


Abb. 34: Profile des Zechsteins im Odenwald, Kraichgau und Schwarzwald (nach Bilharz 1934, Leiber 1970a, Leiber & Münzing 1979, Röper 1980, Dimas 1999 a, Jungmans 2003, Hug & Vero 2008).



6.4.1 Mitteleuropäisches Becken

6.4.1.1 Kirnbach-Formation (zK)

Name: Neuer Name, nach dem Kirnbachtal S Schramberg, Kreis Rottweil. „Dolomit im Rotliegenden von Kirnbach“ bei ALBERTI (1834). Beschreibung der Einheit bei LEIBER & MÜNZING (1979), RÖPER (1980).

Bisherige Namen und Symbolik: „Trümmergesteine und Braunkalk mit Jaspis“ (ALBERTI 1826), „Karneolreiche Zwischenbildung“ (MERIAN 1831), bei O. FRAAS (1882) „Zechstein“; seit ECK (1892) meist dem Rotliegenden zugeordnet, als „Rotliegendes“ über Kristallin (z. B. TK 25-Nr. 7215, 8013), „Oberrotliegendes“ mit Karneol-Bruchstücken (HEIZMANN 1960) oder als „oberes Oberrotliegendes“ über Rotliegend-Sedimenten (z. B. TK 25-Nr. 7215, 7716); Einzelheiten s. Subformationen.

Typuslokalität: Rechte Talflanke des Kirnbach-Tales am Sommerberg südlich Schramberg, Kreis Rottweil; TK 25-Nr. 7716: R 34 55 900 – 860, H 53 41 220 – 330 (RÖPER 1980: Profil 1 und 2).

Untergrenze: In Schwellengebieten Auflagerung auf Kristallin, wobei pedogene Krusten in dessen Vergrusungsbereich eingreifen und bereits zu zK gerechnet werden (Abb. 35, 36). Über Rotliegendem setzen pedogene Krustenbildungen (Dolomitknauern, Karneole) im Dachbereich (oberste 1 – 2 m) der Rotliegend-Sedimente ein und werden ebenfalls bereits zu zK gerechnet (pedogen überprägte Zone unter der Basisdiskordanz des Zechsteins). Bei deren Fehlen wird die Untergrenze an die Basis von Sedimenten abweichender Zusammensetzungen gelegt, deren diskordantes Übergreifen auf das Kristallin außerhalb der Rotliegendbecken bekannt ist.

H a n g e n d e s: Basis Tigersandstein-Formation, bei deren Fehlen: Basis Buntsandstein. Zwischen Kirnbach- und Tigersandstein-Formation ist möglicherweise eine weitere Diskordanz ausgebildet. Im Raum Schramberg lagert die Tigersandstein-Formation örtlich wechselnd auf zK und auf Grundgebirge. Nach Kartierungsergebnissen von SITTIG (2003) fehlt die Merkur-Subformation am Kleinen Staufenberg unter der Tigersandstein-Formation. Ob hier ein spätpermisches Paläorelief passiv eingedeckt oder Teile der Kirnbach-Formation vor Ablagerung des Tigersandsteins wieder abgetragen wurden, muss durch weitere Untersuchungen noch geklärt werden.

Laterale Äquivalente: Dicht am Beckenrand vertritt die Kirnbach-Formation offenbar den

gesamten Zechstein, im Raum Schramberg und nördlich davon nur deren ältere Anteile (z1 – z4, nach RÖPER 1980 ggf. z6) während die höheren Anteile in die Fazies der Tigersandstein-Formation übergehen. In der Fränkischen Senke und im Odenwald Vertretung durch Zechsteindolomit- und Langental-Formation.

Verbreitung: Schwarzwald und Untergrund des Schichtstufenlandes und Oberrheingraben, im Bereich der Nordschwarzwald-Schwelle und südlich davon bis zur Südschwarzwald- und Ries-Tauber-Schwelle. Auf Südschwarzwald-Schwelle möglicherweise örtlich ausgebildet, doch können die so gedeuteten Gesteine auch frühtriasische Krustenböden darstellen (extreme Buntsandstein-Randfazies?; z. B. „Rotliegend“ auf TK 25-Nr. 8215). Ausstrich auf TK 25-Nr. 7117 (?), 7215, 7216, 7217, 7314, 7315, 7316, 7317, 7414, 7415, 7416, 7514, 7515, 7516, 7613, 7614, 7615, 7616, 7713, 7714, 7715, 7716, 7813, 7815, 7816, 8012 (?), 8013 (?); erbohrt auf TK 25-Nr. 6918 (Neibsheim ?), 7016 (Waldbronn ?), 7019 (Dürrenz ?), 7022 (Allmersbach a. W.), 7121 (Bad Cannstatt), 7218 (Hirsau und Calw – beide fraglich), 7318 (Bad Teinach), 7324 (Bad Überkingen), 7422 (Bad Urach), 7517 (Dettingen), 7519 (Starzach-Wachendorf bei Rottenburg), 7617 (Sulz), 7716 (Schramberg, Dunningen), 7717 (Oberndorf), 7816 (um Königsfeld), 8116 (Münchingen – fraglich), 8212 (Badenweiler, möglicherweise zu zW zu stellen). Die Stellung geringmächtiger Vorkommen von „Karneoldolomit“ im südlichen Odenwald ist bislang fraglich (BENECKE & COHEN 1881, ANDREAE & OSANN 1893, 1896, THÜRACH 1918).

Mächtigkeit: 0 – 40 m. Königsfeld: um 10 m, Kirnbachtal: um 20 m, Schramberg: um 30 m, Reinerzau: 10 – 15 m, Allmersbach a. W.: 35 m. Besonders in Schwellengebieten zeigen kleinräumige Mächtigkeitsunterschiede die Topographie des zugedeckten Paläo-Reliefs an (z. B. Hornberg-Schwelle W Schramberg, Rand der Südschwarzwald-Schwelle bei Königsfeld).

Gesteinsbestand: Schlecht sortierte Brekzien und Schuttkonglomerate im Wechsel mit Sandsteinen und Arkosesandsteinen, in wechselndem Maße zementiert durch konkretionäre Dolomitsteine mit roten Hornsteinen (Karneol, Abb. 36c–e). Die Korngrößenverteilungen ist regional unterschiedlich, teils vorherrschend Sande, nahe der marinen Fazies auch bioturbirt (Allmersbach a. W.), teils vorherrschend Schuttfächer-Konglomerate (Baden-Baden). Örtlich sind massive Bänke bzw. Stöcke von fein- bis zuckerkörnigem Dolomitstein eingelagert. Petrographische Bearbeitung durch ORTLAM (1971), RÖPER (1980).

Lithostratigraphische Gliederung: Gliederung in mehrere regionale Subformationen nach dem Geröllbestand und pedogener Überprägung: **Sommerberg-Subformation (zKs)** mit karneolführenden Dolomitsteinkrusten (Typusgebiet); **Oberweier-Subformation (zKo)** (Oberweier-Fanglomerat) mit Geröllen von Brandeck-Porphyr (E Offenburg); **Merkur-Subformation (zKm)** (Merkur-Fanglomerat) ohne bedeutende Pedocretes, vorherrschend aus Granitschutt (Raum Baden-Baden – Michelbach). Aus Tiefbohrungen sind weitere lokale und regionale Sonderentwicklungen bekannt, wurden bislang aber nicht formell benannt (Allmersbach, Bad Cannstatt, Calw-Hirsau).

Fazies: Zyklische Abfolge von alluvialen Sedimenten (Schuttströme, Sturzflutablagerungen, Schichtflutsande) mit hochreifen pedogenen Horizonten (Pedocretes, „Karneoldolomite“). RÖPER (1980) unterscheidet bei Schramberg vier korrelierbare Krustenhorizonte (SKDH1 – SKDH4), deren ältester im Substrat des Liegenden (Granitgrus, Rotliegend) entwickelt ist. In der Bohrung Allmersbach a.W. wurden Sandsteine mit Wühlspuren angetroffen, die offenbar eine Küstenebene des Zechsteinmeeres repräsentieren.

Fossilinhalt: Körperfossilien sind nicht bekannt. Aus Bohrung Allmersbach a.W. erwähnt CARLÉ (1970) nicht näher bestimmte „Wurmsspuren“.

Biostratigraphie: Entfällt.

Radiometrische Daten: Keine

Paläomagnetik: Drei Proben aus der unteren Merkur-Subformation zeigten reverse Magnetisierung (DACHROTH 1976). Eine Deutung des Befundes ist bislang mangels Vergleichsdaten aus anderen Profilschnitten und ohne biostratigraphische Daten nicht möglich.

Literatur: PAULUS 1866a, 1868, 1875; VOGELGESANG 1872; O. FRAAS 1882; ECK 1892; A. SAUER 1894, 1895, 1897, 1899; SCHALCH 1895, 1897; THÜRACH 1897, 1901; REGELMANN 1907, 1913, 1935, 1991; BRÄUHÄUSER 1909, 1910, 1933, 1996; SCHMIDT & RAU 1910; MEYER 1911; STRIGEL 1922, 1929; SCHMIDT 1912, 1931; BRÄUHÄUSER & SAUER 1913; DEECKE 1916; WILFARTH 1932; WILSER 1933; WEYL 1936; BILHARZ 1933, 1934; FRANK 1934, 1935, 1936; BAILER 1951; BUDWILL 1957; HEIZMANN 1960; FRANZEN 1963; LEIBER 1964; SCHNEIDER 1966; HÜTTNER & WIMMENAUER 1967; CARLÉ 1970, 1971, 1975; CARLÉ & WURM 1971; ORTLAM 1971, 1974; KONRAD 1971, 1975; K. SAUER 1974; DACHROTH 1976; KÄDING 1978; LEIBER & MÜNZING 1979, 1985; RÖPER 1980; GROSCOPF & SCHREINER 1980; HAGEMEISTER 1983; DRESSLER 1983; BACKFISCH 1984; ATIKZADA

1985; JENKNER 1986; SAVAŞ 1990; ANSARI 1991; LÖFFLER 1992; KESSLER & LEIBER 1991, 1994; GROSCOPF et al. 1996; PLINNINGER 1998, PLINNINGER & THURO 1999; DIMAS 1999a, b; SCHRADER 2000.

Sommerberg-Subformation (zKs)

Name: Nach dem Sommerberg am Kirnbachtal bei Schramberg. Name nach LÖFFLER (1992), dort als Formation, hier im Rang modifiziert.

Bisherige Namen und Symbolik: „Trümmergesteine und Braunkalk mit Jaspis“ (ALBERTI 1826), karneolreiche Zwischenbildung (MERIAN 1831), Dolomit mit Jaspis (PAULUS 1866a), Karneoldolomit-Horizont rođ Karneoldolomithorizont zK (GLA 1995); Sommerberg-Formation (LÖFFLER 1992).

Typuslokalität: Talflanke des Kirnbach-Tales am Sommerberg, S Schramberg (Abb. 35); Profile 1 u. 2 bei RÖPER (1980). TK 25-Nr. 7716: R 34 55 900 – 860, H 53 41 220 – 330, ca. 620 m ü. NN

Untergrenze: Einsetzen pedogener Krustenbildungen (Dolomitknauern, Karneole) im Dachbereich des Rotliegenden oder im Vergrusungsbereich des Kristallins (pedogen überprägte Zone unter der Basisdiskordanz des Zechsteins).

Hängendes: Basis Tigersandstein-Formation, bei deren Fehlen: Basis Buntsandstein.

Verbreitung: Streicht im Raum Alpirsbach – Schramberg – Triberg aus. Untertägige Verbreitung ungenügend bekannt. Die um Königsfeld erbohrten Vorkommen (LEIBER & MÜNZING 1979, 1985) sind möglicherweise bereits (teilweise?) als extreme Randfazies des zuletzt nördlich davon ausgebildeten Tigersandsteins aufzufassen, ebenso das Vorkommen in der Bohrung Oberndorf. Auch das „Rotliegende“ des Lorettobergtunnels in Freiburg dürfte zumindest teilweise hierher gehören. SAUER (1974) erwähnt einen 1 m mächtigen „Karneol-Horizont“ in Bohrungen in Badenweiler.

Mächtigkeit: Bis 40 m.

Gesteinsbestand: Schlecht sortierte Brekzien und Schuttkonglomerate, untergeordnet Arkosesandsteine, mit wechselnden Anteilen konkretionärer Dolomitsteine und roter Hornsteine (Karneole; Abb. 36 d, e). Örtlich massive Bänke bzw. Stöcke von fein- bis zuckerkörnigem Dolomitstein. Petrographische Bearbeitung durch RÖPER (1980).

Fazies: Terrestrische Resedimente als alluviale und untergeordnet äolische Palimpsest-Sedimente mit starker pedogener Krustenbildung.



Abb. 35: Marine Tonstein-Dolomit-Wechselagerungen der Zechsteindolomit-Formation, Bohrung Kraichgau 1002, Gemmingen. **Rechts oben:** Schlufftonsteine aus dem oberen tonigen Abschnitt der Formation (Inter- bis Supratidal, mit initialer pedogener Überprägung). **Rechts unten:** Dolomitstein mit Sulfatknollen aus dem mittleren dolomitischen Abschnitt (Sebcha-Fazies).

Oberweier-Subformation (zKo)

Name: Neuer Name, nach Friesenheim-Oberweier, Ortenaukreis. Abgrenzung der Einheit bei KESSLER & LEIBER (1994).

Bisherige Namen und Symbolik: Rotliegendes bei Lierenbach (BILHARZ 1933), Fanglomeratisches Oberrotliegendes rof (KESSLER & LEIBER 1994), Fanglomeratschichten zFS (GLA 1995)

Typuslokalität: Wasserbohrung Lahr 1957 (BO 7613/379), R 34 17 105, H 53 56 460: 68,8 – 99,3 m u. A. (KESSLER & LEIBER 1994, Profil 20).

Untergrenze: Diskordante Auflagerung auf Rebberg- oder Geisberg-Formation.

Hanges: Tigersandstein-Formation.

Verbreitung: Gebiet um Lahr, Nordrach und Durbach, Mooswald; Ausstrich auf TK 25-Nr. 7314, 7514, 7613

Mächtigkeit: Bis 40 m, örtlich auskeilend.

Gesteinsbestand: Grobe Brekzien und Konglomerate aus kantigem, z. T. auch gerundetem Quarzporphyr-Schutt mit wechselnden Anteilen von Grundgebirgsmaterial und verkieselten Tuffen in sandig-toniger Matrix. Örtlich sind Arkosen oder Arkosesandsteine eingeschaltet. Im höheren Teil örtlich Dolomitknollen und Karneol führend.

Fazies: Überwiegend Hangschutt bzw. Schuttächer-Fazies.

Merkur-Subformation (zKm)

Name: Nach dem Merkur bei Baden-Baden. Name nach LÖFFLER (1992), dort als Formation, hier im Rang modifiziert.

Bisherige Namen und Symbolik: 4. Conglomerat P (ECK 1892), 4. Porphyrconglomerat Pc4 (BILHARZ 1933, 1934), 4. Fanglomerat-Folge (SITTIG 1974), Oberrotliegendes ro3 (HAGEMEISTER 1983, JENKNER 1986), 4. Alluvial Fan Member AFM4 (LÖFFLER 1992), 4. Fanglomerat zF4 (GLA 1995).

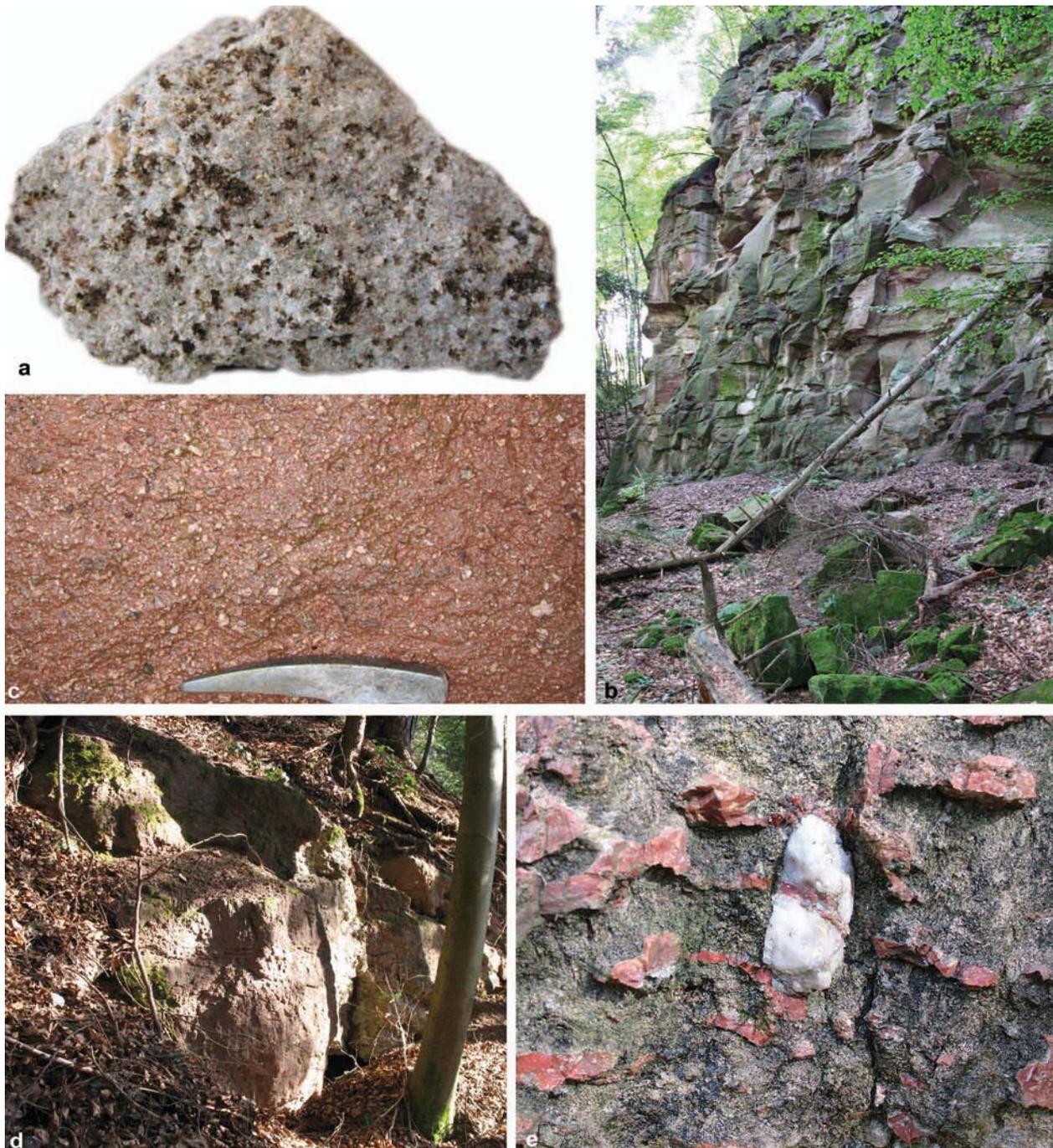


Abb. 36: Terrestrische Sedimente des Zechsteins in Baden-Württemberg.

- a) Grobkörniger Tigersandstein mit Wad-Flecken, Merkur bei Baden-Baden, Handstück ca. 8 cm breit.
- b) Aufgelassener Steinbruch in dickbankigem Tigersandstein, ebenda.
- c) Arkosekonglomerat der Merkur-Subformation (Kirnbach-Formation) am Merkur bei Baden-Baden.
- d) und e) 2 – 3 m mächtiges „Karneoldolomit“-Pedocrete der Sommerberg-Subformation (Kirnbach-Formation) am Sommerberg bei Schramberg; Bildausschnitt in e) ca. 20 cm hoch: Dolomitkruste mit Karneol in Arkose mit weißem Quarzgeröll.

Typuslokalität: Kohlweise E Michelbach (nach LÖFFLER 1992): TK 25-Nr. 7116 Malsch, R 34 55 500, H 54 09 500.

Untergrenze: Diskordante Auflagerung auf Grundgebirge und auf Michelbach-Formation (Oberes Fanglomerat und Oberer Tonstein), örtlich auf

Lichtental-Formation. Im Profil über Rotliegendem durch Einsetzen von Granitschutt-Fanglomeraten mit geringem bis fehlendem Anteil an Porphyrgeröllern erkennbar.

H a n g e n d e s : Basiskonglomerat des Tigersandsteins, Tigersandstein-Formation.



Verbreitung: Gebiet des Baden-Baden-Beckens, der Battert-Schwelle und Nordrand der Nordschwarzwald-Schwelle zwischen Bühl und Bad Wildbad.

Mächtigkeit: 30 – 60 m.

Gesteinsbestand: Feinkies-Brekzien und konglomeratische Brekzien aus Grundgebirgs-Schutt (Gangquarz, Feldspat, Granitgrus, Gesteinsbruchstücke; Abb. 36 c). Quarzporphyr-Gerölle sind seltener als in den Grobsedimenten der Michelbach-Formation. Die Sedimente sind meist nur undeutlich geschichtet, örtlich treten geringmächtige Einlagerungen von Arkosesandstein oder Schlufftonstein auf. FRANK (1935) erwähnt seltene sandige Dolomitstein-Knollen. Liefergebiet ist das Nordschwarzwälder Granitgebiet und in geringerem Umfang freiliegende Partien des Baden-Baden-Quarzporphyrs.

Fazies: Schuttfächer-Sedimente (Fanglomerate), überwiegend aus Schuttstrom-Ablagerungen mit Einschaltungen von Ablagerungen fließenden Wassers.

6.4.1.2 Zechsteindolomit-Formation (zD)

Name: Nach Korrelation zum norddeutschen Zechstein und dem Gesteinsbestand. Name nach LEONHARD 1846 („Zechstein-Dolomit“), modifiziert in GLA (1995).

Bisherige Namen und Symbolik: Zechstein (BENECKE & COHEN 1881), Zechstein z (ANDREAE & OSANN 1896, THÜRACH 1918, HASEMANN 1928), Zechsteindolomit-Formation zD (GLA 1995, LGRB 2007).

Typuslokalität: Schlosshang Heidelberg; TK 25-Nr. 6518: R 34 79 720, H 54 74 895 (ANDREAE & OSANN 1896, THÜRACH 1918). Referenzprofil für die innere Fränkische Senke sind die Bohrungen Boxberg 1 südlich Boxberg, Main-Tauber-Kreis (Archiv LGRB 6523/17), TK 25-Nr. 6523: R 35 46 370, H 54 81 350: 487 – 533,52 m (TRUSHEIM 1964) und Kraichgau 1002 bei Gemmingen, Kreis Heilbronn (Archiv LGRB 6819/83), TK 25-Nr. 6819: R 34 97 565, H 54 47 183: 737,65 – 783,4 m.

Untergrenze: Einsetzen grauer oder schwarzgrauer mariner bzw. paralischer Sedimente über den terrestrischen (örtlich grüngrau oder weißgrau entfärbten) Klastika des Rotliegenden.

Hangendes: Farbumschlag zu rotbraunen Tongesteinen an der Basis der Langental-Formation,

in der Fränkischen Senke häufig Überlagerung durch Sandsteine an der Basis der Langental- oder Tigersandstein-Formation.

Laterale Äquivalente: Am Westrand der Fränkischen Senke (Südpfalz) fazielle Vertretung durch die dolomitischen Sandsteine und sandigen Dolomitsteine der Rothenberg-Schichten (HENTSCHEL 1963, LGBRP 2005). Bei Baden-Baden, Bad Cannstatt, Allmersbach a.W. und südlich der Nordschwarzwald-Schwelle vertreten durch die Kirnbach-Formation. Nördlich des Odenwaldes geht die Zechsteindolomit-Formation in die Dolomit- und Kalksteine des Werra-Karbonats (Ca1, „Zechsteinkalk“) über (PAUL 1985). CARLÉ (1956) sah in schräggeschichteten grobkörnigen Dolomitsteinen im oberen Abschnitt der Formation von Bad Mergentheim ein mögliches Äquivalent des Leine-Karbonats (Ca3, „Plattendolomit“), worin ihm TRUSHEIM (1964) folgt. Eine Beteiligung von Ca3-Karbonat-Äquivalenten bleibt für die nordöstliche Fränkische Senke vorerst unsicher, im westlichen Abschnitt der Senke (Bohrung Kraichgau 1002, Gemmingen) zeigen sich keine Hinweise darauf.

Verbreitung: Nördliches Baden-Württemberg (Fränkische Senke, Odenwald), südliches Hessen; Ausstrich auf TK 25-Nr. 6418 6419, 6518, 6519; erbohrt auf TK 25-Nr. 6523 (Boxberg), 6524 (Bad Mergentheim), 6623 (Ingelfingen), 6819 (Gemmingen), 6821 (Erlenbach), 6918 (Neibsheim), 7016 (Waldbronn), 7019 (Dürrmenz).

Mächtigkeit: Südlicher Odenwald weniger als 10 m bis mehr als 20 m, kleinräumig schwankend, örtlich auskeilend; Ingelfingen 57 m, Boxberg 46 m, Erlenbach 24 m, Gemmingen 22 m, Neibsheim 10 m, Waldbronn 12 m..

Gesteinsbestand: Wechselfolge von grauen Dolomitstein-Bänken mit grauen schluffigen Tonsteinen. Die schluffigen Tonsteine sind häufig „glimmerstaubig“ und wechselnd dolomitisch, teilweise führen sie Dolomitstein-Knollen. Untergeordnet sind Anhydritknollen (bzw. Gipsknollen) eingelagert (Abb. 35). Die Mächtigkeit der Tonstein-Lagen schwankt zwischen millimeterstarken Zwischenmitteln und mehrere Dezimeter mächtigen feingeschichteten Tonsteinfolgen, besonders im basalen und im hangenden Abschnitt. Die Dolomitstein-Bänke sind meist 1 – 40 cm mächtig, dicht bis feinkristallin, teilweise oolithisch, vereinzelt Schill führend und örtlich feinsandig. An der Basis der Formation können lokal graue dolomitische Feinsandstein-Lagen auftreten, die wohl aufgearbeitetes Rotliegend-Material darstellen. Oolithische Gesteine sind vor allem aus dem Odenwald bekannt geworden (HASEMANN 1928, SCHWEISS 1984,

HUG & VERO 2008), aus der Bohrung Bad Mergentheim beschreibt CARLÉ (1956) grobkörnig-kristalline Dolomitsteine mit Schrägschichtungsgefügen. Dünne Schilldolomit-Lagen mit erosiver Basis finden sich in der Bohrung Kraichgau 1002 (Gemmingen) vor allem im tieferen und mittleren Teil des Profils. Dolomitsteine und Tonsteine können eingesprengte Metallsulfide führen (Galenit, Chalkopyrit, Pyrit). Am Südrand der Odenwald-Schwelle schließen sich im unteren Teil zahlreiche Dolomitsteinbänke zu einer bis zu 23 m mächtigen Dolomitabfolge zusammen, in der fossile Verkarstungsflächen sowie Mangan- und Brauneisen-Abscheidungen auftreten (SALOMON 1903, MEYER 1913, BECKSMANN 1958, PAUL 1985).

Lithostratigraphische Gliederung: Die in Hessen verwendete Gliederung in liegenden Zechsteindolomit (zDd) und hangenden Zechsteinton (zDt) lässt sich im Odenwald auch in Baden-Württemberg erkennen (Abb. 34). Im Gebiet der Fränkischen Senke deutet sich dagegen eher eine Dreiteilung in eine untere Wechselfolge, einen mittleren dolomitischen Abschnitt und einen oberen tonigen Abschnitt an.

Fazies: Im Beckeninneren im unteren Teil flachmarin-sublitoral, dabei mäßig bis deutlich hypersalinar (eingeschränkte kleinwüchsige Fauna), darüber und in Schwellengebieten inter- bis supralitorale Oolithe und Dolomitsteine in Sebchafazies (Trockenrisse, Tipi-Strukturen, Anhydritknollen; Abb. 35). Am Odenwald (auf Odenwald-Spessart-Schwelle) finden sich Hinweise auf zeitweilige Verkarstung innerhalb der Zechsteindolomite (BECKSMANN 1958, PAUL 1985, HUG & VERO 2008), die wohl ähnlich wie die auf einzelnen Schichtflächen auftretenden Landpflanzenreste (CARLÉ 1956) auf wiederholte kurzzeitige Süßwasserzuflüsse zurückzuführen sind. Bei den Dolomitstein-Bänken im Beckeninneren handelt es sich wahrscheinlich überwiegend um Sturmlagen, doch lassen die homogen zu mikrosparitischem bis sparitischem Dolomitstein rekristallisierten Gesteine kaum noch Sedimentstrukturen erkennen. Immer wieder sind jedoch noch Schillanreicherungen auf unebenen Erosionsflächen anzutreffen. Die schräggeschichteten groben Dolomitsteine von Bad Mergentheim (CARLÉ 1956) stellen möglicherweise diagenetisch rekristallisierte Oolithe dar. Im hangenden Abschnitt (Zechsteinton) schluffige graue bis violettgraue Tonsteine mit Trockenrissen und pedogenen Gleitharnischen, die auf gelegentliches Trockenfallen im Küstenbereich hindeuten (Supralitoral).

Fossilinhalt: Nach CARLÉ (1956) und TRUSHEIM (1964; Nomenklatur hier aktualisiert): Pflanzen-

reste (*Archaeopodocarpus germanicus* WEIGELT, *Ullmannia bronni* GÖPPERT, *Voltzia* sp., kohlige Zweigreste, Nadeln, Pollen und Sporen), sowie Foraminiferen: *Glomospirella umbilicata* (CUSHMAN & WATERS), *Cornuspira kinkeli* SPANDEL; Muscheln: *Astartella vallisneriana* (KING), *Aviculopinna prisca* (MÜNSTER), *Bakevella antiqua* (MÜNSTER), *Bakevella ceratophaga* (SCHLOTHEIM), *Bakevella sedgwickiana* KING, *Edmondia elongata* (HOWSE), *Elimata permiana* (KING), *Janeia biarmica* (VERNEUIL), *Liebea squamosa* (SOWERBY), *Nuculopsis beyrichi* (SCHAUROTH), *Wilkingia elegans* (KING), *Wilkingia mackrothi* (GEINITZ), *Parallelodon striatus* (SCHLOTHEIM), *Permophorus costatus* (BROWN), *Phestia speluncaria* (GEINITZ), *Pseudomonotis speluncaria* (SCHLOTHEIM), *Schizodus obscurus* (SOWERBY), *Schizodus schlotheimi* (GEINITZ), *Schizodus truncatus* KING; Dentalien: *Laevidentalium speyeri* (GEINITZ); Schnecken: *Anomphalus permianus* (KING), *Loxonema* cf. *altenburgensis* (GEINITZ), *Naticopsis minima* (BROWN), *Omphaloptychia* sp., *Straparollus* („*Serpula*“) *planorbis* (GEINITZ), ?*Polytropis* cf. *obtusus* (BROWN) und unbestimmbare Fischreste (in Koprolithen).

In der oberen tonigen Einheit der Bohrung Kraichgau 1002 fanden sich einige juvenile Muscheln, die nach der Schalenmorphologie der Gattung *Palaeonodonta* angehören dürften, was jedoch noch an Funden mit Schlosserhaltung überprüft werden muss. Falls sich die Zugehörigkeit zu den Anthracosiidae bestätigen sollte, stellen sie, wie die ebenfalls noch nicht abschließend bestimmten Muscheln mit „Unioitesähnlicher“ Schalenform aus der basalen Langental-Formation von Langental (HUG & VERO 2008), möglicherweise einen Hinweis auf stärkeren Süßwassereinfluss im Dach der Formation dar.

Biostratigraphie: Spätes Perm nach Brachiopoden, Muscheln und Palynomorphen. Die vergleichsweise artenreiche Fauna spricht nach ökostratigraphischen Gesichtspunkten für eine Einstufung in die z1-Folge (Äquivalent des Werra-Karbonats Ca1; PAUL 1985).

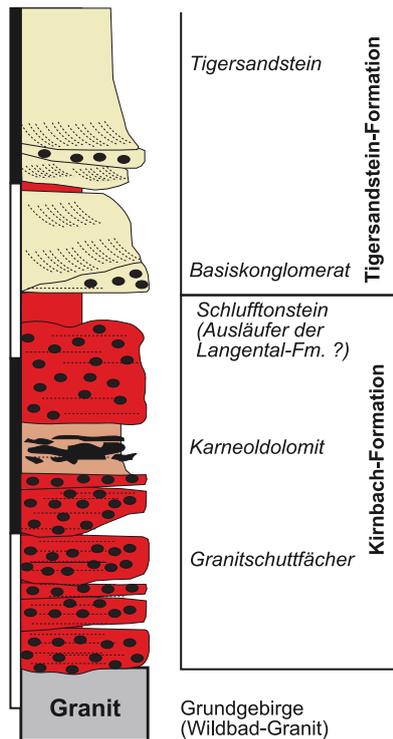
Radiometrische Daten: Im Landesgebiet keine. Der norddeutsche Kupferschiefer (Basis Zechstein) ist auf 257 Ma datiert (BRAUNS et al. 2003), das Alter der Zechsteindolomit-Formation dürfte demnach in den Zeitraum 257 – 256 Ma fallen.

Paläomagnetik: Alle bisher untersuchten Proben sind normal magnetisiert (JUNGHANS 2003).

Literatur: QUENSTEDT 1843; LEONHARD 1846, 1861; STIZENBERGER 1851; O. FRAAS 1859, 1882;



Bad Wildbad



Schramberg (Sommerberg)

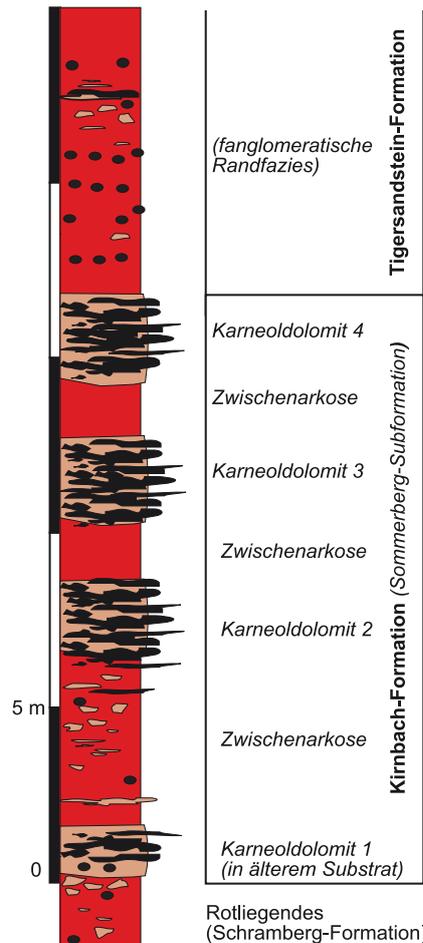


Abb. 37: Schematische Profile der Zechstein-Basis bei Bad Wildbad (nach PLINNINGER 1997, 1998), am Sommerberg bei Schramberg (nach RÖPER 1980).

SCHÜBLER 1860; BENECKE 1869; BENECKE & COHEN 1881; ANDREAE & OSANN 1893, 1896; SALOMON 1903; RUSKA 1908; KLEMM 1910; STRIGEL 1912, 1929; MEYER 1913; E. FRAAS 1914; DEECKE 1916; THÜRACH 1918; RÜGER 1928; WILFARTH 1932; FREYBERG 1935; CARLÉ 1955 b, 1956; BREYER 1956; HARK 1961; TRUSHEIM 1964; DACHROTH 1976; KÄDING 1978; BACKHAUS 1980; SCHWEIZER & KRAATZ 1982; SCHWEISS 1984; PAUL 1985; WOLFF 1988; JUNGHANS et al. 2002; SEELING 2005; HUG & VERO 2008.

6.4.1.3 Langental-Formation (zL)

Name: Nach Hirschhorn-Langental, Odenwaldkreis, Hessen (HUG & VERO 2008).

Bisherige Namen und Symbolik: Rötelschiefer (ANDREAE & OSANN 1893), Bröckelschiefer (im badischen Odenwald), Schieferletten (im hessischen Odenwald).

Typuslokalität: Kernbohrung Langental BK2/05 bei Hirschhorn-Langental, Odenwald-

kreis (Hessen); TK 25-Nr. 6519: R 34 89 202, H 54 81 807 (HUG & VERO 2008).

Untergrenze: Farbumschlag von grauviolett (Zechsteindolomit-Formation, Zechsteinton) nach rotbraun (Langental-Formation).

Hangendes: Basis der Unteren Eck-Formation (Heigenbrücken-Sandstein im Odenwald).

Laterale Äquivalente: In der südlichen Fränkischen Senke Verzahnung mit der Tigersandstein-Formation (Abb. 33, 34), die im Schwarzwald und östlich davon die gesamte Langental-Formation vertritt. Übrige laterale Grenzen außerhalb Baden-Württembergs.

Verbreitung: Nördliches Baden-Württemberg (Fränkische Senke, Odenwald), südliches Hessen. Ausstrich auf TK 25-Nr. (hier nur für Baden-Württemberg): 6418, 6419, 6518, 6519; erbohrt auf TK 25-Nr. 6523 (Boxberg), 6524 (Bad Mergentheim), 6623 (Ingelfingen), 6819 (Gemmingen), 6821 (Erlenbach), 7019 (Dürrmenz), 7022 (Allmersbach a. W.).

Mächtigkeit: Im Odenwald bis ca. 15 m; im Typusprofil 13,4 m, nach Süden zunehmend. Unter Nordwürttemberg bis um 25 m (Erlenbach 26 m, Allmersbach a. W. 23 m), jedoch südwärts allmählich von Tigersandstein-Formation ersetzt. In Bohrung Neibsheim (TK 25-Nr. 6918) noch etwa 1 m „Bröckelschiefer“ unter Tigersandstein, in Dürrenz (TK 25-Nr. 7019) jedoch nach O. FRAAS (1859) ca. 44 m Tonsteine mit Sandstein-Einschaltungen (Zuordnung unsicher).

Gesteinsbestand: Schlufftonsteine, feinsandig, rotbraun, im tieferen Teil meist feingeschichtet, nach oben zunehmend ungeschichtet mit Polygonalgefügen und Schmierharnischen; mit eingeschalteten Lagen und dünnen Bänken von Feinsandstein, schluffig, braun bis rotbraun.

Lithostratigraphische Gliederung: Keine formale Gliederung. Der basale Abschnitt besteht verschiedentlich (Langental, Boxberg) aus feingeschichteten rotbraunen Schlufftonsteinen, in die graue oder rotfleckige Dolomitsteinbänke eingeschaltet sein können.

Fazies: Die Abfolge wird von pedogen überprägten (peloturbaten) Peliten beherrscht, in der sich offenbar eine meist trocken liegende, nur gelegentlich in Schichtfluten von Süßwasser überspülte Randzone zu den Playa-Sedimenten weiter nördlich abbildet. Sie stellt damit eine Übergangsfazies zwischen den fluvialen Schwemmebenen der Tigersandstein-Formation und den Evaporitpfannen des norddeutschen höheren Zechstein dar. Bei den laminierten roten Tonsteinen an der Basis der Formation handelt sich wahrscheinlich um randmarin abgelagerte Sedimente, die sich faziell an die liegende Zechsteindolomit-Formation anschließen, vor der weiteren Überdeckung jedoch eine schwache pedogene Überprägung erfahren und dadurch farblich den hangenden nichtmarinen Ablagerungen ähneln.

Fossilinhalt: In feinsandigen Lagen treten verschiedentlich Wühlgefüge auf. Im feingeschichteten unteren Abschnitt fanden HUG & VERO (2008) Muschelabdrücke, die an *Schizodus* (vorläufige Mitteilung durch SCHNEIDER, zitiert in: in HUG & VERO 2008), aber auch an *Palaeonodonta* erinnern, und deren abschließende Bestimmung noch aussteht.

Biostratigraphie: Keine Daten.

Radiometrische Daten: Keine.

Paläomagnetik: Proben der Langental-Formation von Heubach (Odenwald; DACHROTH 1976) und aus der Bohrung Kraichgau 1002 (JUNGHANS

2003) sind normal magnetisiert, decken jedoch nur einen Teil der Formation ab.

Literatur: O. FRAAS 1859; BENECKE 1869; BENECKE & COHEN 1881; ANDREAE & OSANN 1893, 1896; THÜRACH 1918; STRIGEL 1912, 1929; DEECKE 1916; WILFARTH 1932; CARLÉ 1955b; TRUSHEIM 1964; BACKHAUS 1975; SCHWEISS 1984; WOLFF 1988; HUG & VERO 2008.

6.4.1.4 Tigersandstein-Formation (zT)

Name: Nach der Ähnlichkeit der hellen, dunkel gefleckten Sandsteine mit einem Leopardenfell (um 1840 volkstümlich als „Tigerfell“ bzw. „getigert“ bezeichnet). Name nach QUENSTEDT (1843): „Tigersandstein“, modifiziert in GLA (1995): „Tigersandstein-Formation zT“.

Bisherige Namen und Symbolik: Unterer Buntsandstein; Löchersandstein (HEIZMANN 1960). Homonym wegen ähnlicher Wadflecken ist der „Tigersandstein“ (= Heigenbrücken-Sandstein) im unteren Buntsandstein des Odenwaldes.

Typuslokalität: Roter Schliff im Ochsenwald bei Oppenau-Allerheiligen, Ortenaukreis; TK 25-Nr. 7415: ca. R 34 41 650, H 53 78 200 (LEIBER 1970a, b). Referenzprofil für die Grenze zur Kirnbach-Formation ist die Klinge SW des Grezenbühlhofes bei Alpirsbach-Ehlenbogen, Kreis Freudenstadt; TK 25-Nr. 7616: R 34 55 990, H 53 58 050 bis R 34 56 200, H 53 58 100 (LEIBER 1970a, b, DIMAS 1999a, b).

Untergrenze: Auflagerung von quarzreichen Sandsteinen oder Geröllsandsteinen auf Fanglomerat oder oberster Dolomitkruste der Kirnbach-Formation oder über den Ton- und Schluffsteinen der Langental-Formation. In Schwellenpositionen Auflagerung auf Grundgebirge, dann oft mit geringmächtigem Basisfanglomerat (Typusprofil). Geringmächtige Ausläufer (bis ca. 3 m) der Langental-Formation werden im Nordschwarzwald (Raum Calw, Bad Wildbad) der Kirnbach- oder der Tigersandstein-Formation zugeordnet, da sie im Ausstrich gewöhnlich nicht mehr kartierbar sind. Im Gebiet der Fränkischen Senke kann die Grenze gegen die Langental-Formation mit dem ersten Sandstein gesetzt werden, über dem Schluffsteine weniger als die Hälfte des Profils ausmachen. Im mittleren Schwarzwald nehmen Feldspat-Anteil und Geröllführung nach Süden zu, besonders im unteren Teil, nahe am Beckenrand Übergang in rotbraune Arkosebrekzien mit lokalen Karneoldolomit-Krusten. Die Grenze kann, wo noch unterscheidbar, über dem obersten durchhaltenden Pedocrete der Kirnbach-Formation gezogen werden.



Die südlichsten Äquivalente der Formation liegen in der Fazies der Kirnbach-Formation vor und müssen dieser zugerechnet werden.

Hangendes: Überlagerung durch Grobsandsteine und Geröllsandsteine der Eck-Formation des Buntsandsteins mit deutlich besser gerundeten Quarzsandkörnern.

Laterale Äquivalente: Im Süden keilt die Tigersandstein-Formation aus (etwa Emmendingen – Schramberg – Überkingen), wobei sie randlich und in Nachbarschaft von Kristallinauftragungen in die Fazies der Kirnbach-Formation übergeht (Abb. 36). In der südlichen Fränkischen Senke Verzahnung mit der überwiegend tonig-feinsandigen Langental-Formation, die sie im Odenwald bereits vollständig vertritt. Linksrheinisch (Vogesen, Südpfalz) werden die überwiegend hellgrauen Tigersandsteine von den vorherrschend rotbraunen, sonst jedoch ähnlichen Sandsteinen der Annweiler-Schichten (HENTSCHEL 1963, KONRAD 1971, LGBRP 2005) abgelöst. Altersgleiche und faziell ähnliche Ablagerungen südlich der Südschwarzwald-Schwelle sind in der Wiesental-Formation (Kap. 6.4.2.1) zusammengefasst.

Verbreitung: Mittlerer und nördlicher Schwarzwald und westlich angrenzender Oberrheingraben, Untergrund der Oberen Gäue, Mittleren Alb und des Schwäbischen Waldes. Ausstrich auf TK 25-Nr. 7115, 7116, 7117, 7215, 7216, 7217, 7218, 7314, 7315, 7316, 7317, 7414, 7415, 7416, 7514, 7515, 7516, 7613, 7614, 7615, 7616, 7713, 7716, 7813, 7815; erbohrt auf TK 25-Nr. 6523 (Boxberg), 6524 (Bad Mergentheim), 6623 (Ingelfingen), 6819 (Gemmingen), 6821 (Erlenbach), 6918 (Neibsheim), 7016 (Waldbronn), 7019 (Dürrmenz), 7022 (Allmersbach a. W.), 7121 (Bad Cannstatt), 7324 (Bad Überkingen).

Mächtigkeit: Bis ca. 70 m, im Süden gegen die Südschwarzwald-Schwelle auskeilend, nach Norden von Langental-Formation faziell ersetzt. Besonders im Gebiet der Rotliegend-Schwellen treten kleinräumige Mächtigkeitsschwankungen von mehr als 10 m über wenige Kilometer Entfernung auf, bedingt durch Paläorelief des Untergrundes. Schramberg 10 m, Emmendingen 20 m, Calw-Hirsau 20 m, Griesbach 34 m, Harmersbach 36 m, Oppenau 56 m, Allerheiligen 57 m, Baden-Baden 50 – 60 m, Bad Überkingen 9 – 12 m, Bad Cannstatt 62 m, Erlenbach 54 m, Boxberg 50 m.

Gesteinsbestand: Sandstein, feinkörnig bis mittelkörnig, lagenweise auch grobkörnig bis feinkiesig, Sandkörner eckig bis schlecht gerundet, blassgelblich bis weißgrau, untergeordnet lokal

rotbraun, dolomitisch oder kieselig zementiert, mit kleinen Dolomitkonkretionen oder, als deren Auslaugungsreste, schwarzvioletten Wadflecken („Tigersandstein“ i. e. S.; Abb. 36 a, b). Sortierung wechselnd von sehr gut bis schlecht bei generell positiver Schiefe der Kornverteilung (LEIBER 1970 a, b). In unterschiedlicher stratigraphischer Position schalten sich Schmitzen, Linsen oder lokale Bänke von Feinsandstein, schluffig-tonig, rotbraun und Tonstein, schluffig, rotbraun ein („Bröckelschiefer“; „Rote Fein-Fazies“ bei DIMAS 1999 a, b). An der Basis geröllführender Grobsandstein oder Arkosebrekzie („Basiskonglomerat“ bei EISSELE 1957 und LEIBER 1971; „Grob-Fazies“ bei DIMAS 1999 a, b), weißgrau-fleckig oder rotbraun. Südlich Gengenbach Einschaltung von Lagen oder Bänken von Grobsandstein, teilweise mit Feinkies, um Alpirsbach und weiter südlich von Geröllsandsteinen. Am Beckenrand (Schramberg) konglomeratische Brekzien, rotbraun, mit dünnen Karneol führenden Dolomitsteinkrusten. Petrographische Bearbeitung durch EISSELE (1955, 1957), LEIBER (1970 a, b, 1971), DIMAS (1999 a, b).

Lithostratigraphische Gliederung: Fazielle Gliederung in Basiskonglomerat (geröllführende Arkosen und Grobsandsteine mit Übergängen zur Kirnbach-Formation, rotbraun oder grau), Feinsediment (Schlufftonsteine innerhalb der Tigersandstein-Formation, meist rotbraun) und Tigersandstein (vorherrschend blassgraue Sandsteine, örtlich rotbraun) mit diachronen Faziesgrenzen. Die Arkosekonglomerate des „Basiskonglomerats“, die nach sedimentologischen Kriterien den Beginn der Tigersandstein-Formation darstellen, leiten dabei ohne scharfe Grenze zur Kirnbach-Formation über. So sind häufig die Basiskonglomerate, wo sie unter geringmächtigen Ausläufern der Langental-Formation („Bröckelschiefer“) auftreten, noch dem Liegenden zugerechnet worden, wodurch die Tigersandstein-Formation hier erst mit Einsetzen der Tonsteine begonnen wurde (TK 25-Nr. 7117, 7217; PLINNINGER 1998).

Die Gesteinsfarben hängen von den örtlichen faziellen Gegebenheiten ab. Nördlich Reinerzau ist der größte Teil der Formation rotbraun gefärbt und bleiche Tigersandsteine finden sich erst in den obersten 10 – 12 m (LEIBER 1970 a, b), während bei Alpirsbach die Formation überwiegend in Tigersandstein-Fazies vorliegt und rotbraune schluffige Feinsandsteine und Bröckelschiefer nur nahe der Hangendgrenze mit weißen Tigersandstein-Bänken wechsellagern (DIMAS 1999 a, b). Eine über größere Gebiete korrelierbare vertikale Profilgliederung, wie sie EISSELE (1966) aus den Farb- und Korngrößenabfolgen im Raum Freudenstadt ableiten wollte, ist bislang nicht gelungen.

Fazies: Die Tigersandstein-Formation umfasst überwiegend fluviale Sedimente, die gegen den südlichen Beckenrand und lokale Kristallinauftragungen von den alluvialen Schuttfächern der Kirnbach-Formation abgelöst werden und im Gebiet der Fränkischen Mulde in das Playa-System der Langental-Formation übergehen. Südlich Schramberg sind unmittelbar am Beckenrand alluviale Schuttfächer-Sedimente in kleinen, lateral rasch wechselnden und schlecht sortierten Rinnenfüllungen und Schuttströmen ausgebildet, örtlich mit pedogenen Dolomitkrusten und Karneoführung, die auf zeitweilige Stilllegung von Akkumulationsflächen zwischen stabilen Zufuhrinnen hinweisen. Die Fazies steht bereits als Grenzfall derjenigen der Kirnbach-Formation nahe. Besonders im unteren Abschnitt greifen die alluvialen Einschaltungen mit grobsandigen und feinkiesigen, teilweise geröllführenden Rinnen- und Schichtflut-Sandsteinen und -Arkosen als „Basiskonglomerat“ örtlich bis in den Nordschwarzwald vor (Baden-Baden; LEIBER 1970 a, b), wobei Kristallinauftragungen der vormaligen Nordschwarzwaldschwelle im Hornisgrinde-Gebiet und bei Magstadt zusätzliche Liefergebiete bildeten.

Bereits wenige Kilometer vom Beckenrand entfernt überwiegen im Zentralschwarzwald fein- bis mittelkörnige fluviale Rinnensandsteine im Wechsel mit rotbraunen Schlufftonsteinen und Schluffsandsteinen der Überflutungsebenen. Die Rinnenfüllungen zeigen über einer erosiven Basis meistens Mächtigkeiten von 1–2 m und weisen an der Rinnenbasis häufig Tonsteingerölle, gegen Süden zunehmend auch Kristallingerölle auf. Zusammen mit den Feinsedimenten der Überflutungsebenen, die sich aus meist rotbraunen sandigen Schlufftonsteinen und Feinsandsteinen zusammensetzen, gliedern sie die Profilabfolge in zahlreiche, meist 2–4 m mächtige Ablagerungszyklen, deren Anzahl von Profil zu Profil schwankt (LEIBER 1970 a). Die Lage der einzelnen Rinnen war offenbar sehr instabil, Bodenbildungen sind in der fluvialen Fazies nicht über eine initiale Rotfärbung hinaus gekommen, Hinweise auf stabilisierende Wurzelmatte fehlen vollständig. Echte Dammsedimente bleiben offenbar unbedeutend und wurden wohl meist frühzeitig als Dammsbruchsande über die Überflutungsflächen verteilt.

Im Nordschwarzwald und unter dem Kraichgau und dem Schwäbisch-Fränkischen Wald verlieren die fluvialen Sedimente ihre Begrenzung auf Rinnenformen und verzahnen sich in einer Art Binnendelta mit den Schichtflut- und Playa-Sedimenten der Langental-Formation, deren südlichste, nicht mehr kartierbare Ausläufer bis etwa Bad Wildbad und Calw nachweisbar sind (REGELMANN 1913,

1991). Die Grenze zur Langental-Formation ist daher fließend und pragmatisch nach der überwiegenden Korngröße im Fein- bis Mittelsand- bzw. im Schluff- bis Tonbereich zu ziehen. Im Tigersandstein der Fränkischen Senke bauen gradierte Schichtflut-Sandsteine mit nach oben kleiner werdenden Schrägschichtungen die Formation nach Norden zunehmend auf und Rinnensandsteine treten stark in den Hintergrund (JUNGHANS 2003).

Wegen der überwiegend schlechten Kornrundung ist, anders als im hangenden Buntsandstein, eine stärkere Beteiligung äolischer Prozesse bei Transport und Aufbereitung der zuletzt fluvial abgelagerten Sande unwahrscheinlich. Örtlich kamen dennoch auch äolisch transportierte Sande zur Ablagerung. In der Bohrung Kraichgau 1002 (bei Gemmingen, Kreis Heilbronn) deutet JUNGHANS (2003) einen etwa 2,4 m mächtigen gut sortierten Sandstein als fluvial aufgearbeiteten Dünensand. Ähnliche gut sortierte Sandkörper mit fluvialen Sedimentstrukturen schalten sich auch im Schwarzwald gelegentlich in die ansonsten meist schlecht sortierten Sandsteine ein. Am Südrand der Nordschwarzwald-Schwelle trafen mehrere Bohrungen bei Bad Teinach gut sortierte Dünensande in geringer Mächtigkeit an, die noch großmaßstäbliche, flach einfallende Schrägschichtung zeigen (HORNING 1994, JUNGHANS 2003). Auch aus Calw-Hirsau sind gut gerundete Grob- und Mittelsandfraktionen im schlecht sortierten „Grundkonglomerat“ aufgenommen und in alluvialer Fazies abgesetzt worden.

Fossilinhalt: Örtlich fanden sich in einzelnen Lagen Spurenfossilien (Stopftunnel, *Planolites*), LEIBER (1964) nennt auch Spreitenbauten (*Corophioides*). SANDBERGER (1863) erwähnt Schachtelhalm-Reste. Gelegentlich eingestreute Kieselholzgerölle stammen wohl aus dem Rotliegenden.

Biostratigraphie: Keine Leitfossilien bekannt.

Radiometrische Daten: Keine.

Paläomagnetik: Proben aus dem Tigersandstein des Nordschwarzwaldes sind (über revers magnetisierter Merkur-Subformation) im basalen Teil normal, im höheren revers magnetisiert (DACHROTH 1976). Der Befund an der Bohrung Kraichgau 1002 (JUNGHANS 2003) zeigt normale Magnetisierung in der Zechsteindolomit-, Langental- und basalen Tigersandstein-Formation, darüber reverse und wechselnde Magnetisierung und wiederum normale Magnetisierung in der höheren Tigersandstein-Formation. An der Grenze zum Buntsandstein (nach LEIBER, Kurzprofil in JUNGHANS 2003: 171) folgt ein Wechsel zu reverser



Polarisierung, kurz darüber ließen sich nur widersprüchliche Ergebnisse erzielen (JUNGHANS 2003: 112). Nach den Untersuchungen von SZURLIES et al. (2003) im nordöstlichen Becken wechseln im höheren Zechstein normale und reverse Magnetisierung mehrfach ab, wobei reverse Zonen im Grenzbereich z3/z4 und im unteren z7 ausgebildet sind. Eine Korrelation der Ergebnisse ist bislang noch nicht möglich.

Literatur: ALBERTI 1826, 1834; MARX 1835; QUENSTEDT 1843; PAULUS 1866a, 1868, 1875; ECK 1892; SAUER 1894, 1895, 1897; SCHALCH 1895, 1897; THÜRACH 1897; REGELMANN 1907, 1911, 1913, 1935, 1991; BRÄUHÄUSER 1909, 1910, 1933; SCHMIDT & RAU 1910; BRÄUHÄUSER & SAUER 1913; E. FRAAS 1914; DEECKE 1916; STRIGEL 1922, 1929; WILFARTH 1932; WILSER 1933; BILHARZ 1934; HASEMANN 1934; FRANK 1934, 1935, 1936; CARLÉ 1955b; EISSELE 1955, 1957, 1966; BUDWILL 1957; HEIZMANN 1960; FRANZEN 1963; TRUSHEIM 1964; LEIBER 1964, 1970a, b, 1971, 1972; SCHNEIDER 1966; CARLÉ 1971, 1982a, b; KONRAD 1971; DACHROTH 1976; KÄDING 1978; LEIBER & MÜNZING 1979, 1985; RÖPER 1980; ATIKZADA 1985; SAVAŞ 1990; ANSARI 1991; KESSLER & LEIBER 1991, 1994; HORNUNG 1994; GROSCOPF et al. 1996; PLINNINGER 1998, PLINNINGER & THURO 1999; DIMAS 1999a, b; SCHRADER 2000; JUNGHANS et al. 2002; JUNGHANS 2003.

6.4.2 Burgundisches Becken

6.4.2.1 Wiesental-Formation (zW)

Name: Neuer Name, verkürzt aus Wiesental-Arkosesandstein (LGRB 2007), nach dem Tal der Wiese um Zell i.W. und Schopfheim, Kreis Lörrach.

Bisherige Namen und Symbolik: Teil des Rotliegenden (DISLER 1914), unterer Buntsandstein (WILSER 1914), unterer und z.T. mittlerer Buntsandstein (STELLRECHT 1954, STOBER 1954, LUTZ 1955), Wiesentäler Arkosesandstein zW (GLA 1995), Wiesental-Arkosesandstein zW (LGRB 2007)

Typuslokalität: Mangels geeigneter Aufschlüsse noch nicht festgelegt. Referenzprofil ist der Südhang des Luchskopfes NW Steinen-Hägelberg, Kreis Lörrach; TK 25-Nr. 8312: etwa R 34 03 450, H 52 81 880 (STELLRECHT 1954).

Untergrenze: Einsetzen von karneolführenden Dolomitkrusten über Rotliegend-Sedimenten.

Hängendes: Quarzsandsteine und Geröllsandsteine des „Diagonalschichtigen Sandsteins“ bzw.

Hauptkonglomerats des Mittleren Buntsandsteins (Hiatus).

Verbreitung: Weitenauer Vorberge, Dinkelberg, im Hochrheingebiet gebietsweise unter Mittlerem Buntsandstein diskordant fehlend; als geringmächtiger Karneol-Anhydrit-Horizont unter dem Bodenseegebiet erbohrt (Dingelsdorf). Ausstrich auf TK 25-Nr. 8211 8212, 8213, 8214, 8312, 8313, 8314, 8315, 8412, 8413, 8414.

Mächtigkeit: In der Schopfheimer Bucht und im Hochrheingebiet um 40 – 45 m, maximal 50 m. Bohrung Dingelsdorf ca. 4 m (nur Karneol-Anhydrit-Horizont unter Muschelkalk-Randfazies).

Gesteinsbestand: Graue, nahe der Basis auch grauviolette oder rotbraune fein- bis mittelkörnige Sandsteine und Arkosesandsteine mit wechselndem Grobsand- und Feinkiesgehalt, örtlich mit dunklen Wadflecken. Gelegentlich umgelagerte Windkanter. Im hangenden Abschnitt örtlich Karneolgerölle. Die Gesteine sind örtlich verkiegelt, sonst dolomitisch und anhydritisch zementiert und dann im Ausstrich mürbe und absandend. Sandsteine dünnsschichtig bis bankig, teilweise schräggeschichtet, jedoch überwiegend massiv erscheinend. An der Basis 1 – 6 m mächtige Dolomitstein-Krusten mit Karneolführung, in Tiefbohrungen teilweise mit Anhydrit („Karneol-Anhydrit-Horizont“: LEMCKE & WAGNER 1961).

Lithostratigraphische Gliederung: Der basale Karneol-Anhydrit-Horizont (zWk) bildet einen wichtigen Leithorizont für die Abgrenzung gegen das Rotliegende. Das Alter entspricht möglicherweise einem oder mehreren der Karneol-Dolomit-Horizonte der Kirnbach-Formation (tieferer Zechstein nördlich der Südschwarzwald-Schwelle).

Fazies: Alluviale Sandfächer- und Rinnensedimente, z. T. mit Krustenböden (Pedocretes).

Fossilinhalt: Nicht bekannt.

Biostratigraphie: Entfällt.

Radiometrische Daten: Keine.

Literatur: PFAFF 1893; NEUMANN 1912; WILSER 1913, 1914, 1933; DISLER 1914; SCHMASSMANN & BAYRAMGIL 1946; STRIGEL 1922, 1929, 1950; STELLRECHT 1954, 1961, 1963a; STOBER 1954; LUTZ 1955, 1958, 1964; METZ & REIN 1958; LEMCKE & WAGNER 1961; LEMCKE 1975; RAUBER 1979; NAGRA 1988; LfU 2005.

7 Schlussbemerkungen

Die Revision der lithostratigraphischen Einheiten in Oberkarbon und Perm in Baden-Württemberg profitierte von zahlreichen anregenden Diskussionen mit Mitgliedern der Subkommissionen Karbon und Perm-Trias der Deutschen Stratigraphischen Kommission sowie mit Kollegen im LGRB, denen wir unseren Dank aussprechen möchten. Besonderer Dank gilt Dr. NICOLA HUG vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie für die frühzeitige Information über die Definition der Langental-Formation und die konstruktiven Diskussionen über die Zechsteingliederung im Gebiet der gemeinsamen Landesgrenze, sowie Prof. Dr. EBERHARD SITTIG (Rheinstetten) für wertvolle Diskussionen im Gelände und für seine

kritische Durchsicht des Manuskripts. Wir danken auch Dr. UTE GEBHARDT (Karlsruhe) für wertvolle Diskussionen und Anregungen für den Vergleich mit anderen Regionen.

Gliederungsschema und Vorgehensweise wurden im Mai 2007 vor der Subkommission Karbon in St. Wendel und vor der Subkommission Perm-Trias (SKPT) in Potsdam vorgestellt und diskutiert. Die Gliederung des Zechsteins wurde noch einmal gesondert mit der Arbeitsgruppe Zechstein der SKPT im Januar 2008 in Kassel, diejenige des Rotliegenden mit der Arbeitsgruppe Rotliegend im April 2008 in Thallichtenberg bei Kusel erörtert.

Literatur

- ALBERTI, F.A. VON (1826): Die Gebirge des Königreichs Württemberg in besonderer Beziehung auf Halurgie. – 326 S.; Tübingen und Stuttgart (Cotta).
- (1834): Beitrag zu einer Monographie des Bunten Sandsteins, Muschelkalks und Keupers und die Verbindung dieser Gebilde zu einer Formation. – 366 S.; Tübingen (Cotta).
- ALBIEZ, G. (1974): Das Steinkohlenbergwerk Berghaupten unter C. A. Ringwald. – Bad. Heimat, **54**: 291–308; Freiburg i. Br.
- ALI, G.E.H. (1984): Geologie insbesondere der postvariszischen Auflagerungen im Bereich von Durbach–Brandeck. – Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. Freiburg: 73 S., 2 Beil. – [unveröff.]
- ANDREAE, A. & OSANN, A. (1893): Beiträge zur Geologie des Blattes Heidelberg. – Mitt. Ghzgl. Bad. L.-Anst., **2**: 346–388; Heidelberg.
- & OSANN, A. (1896): Erläuterungen zu Blatt Heidelberg (Nr. 23). – Geol. Specialkt. Ghzgt. Baden, Erl. Bl. 23: 60 S.; Heidelberg.
- ANSARI, M. (1991): Lithostratigraphie des Buntsandsteins und Tektonik des Deckgebirges zwischen Bad Rippoldsau und Bad Griesbach (mittlerer Schwarzwald). – Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. Freiburg i. Br.: 70 S., 2 Taf., 1 Beil. – [unveröff.]
- ARIKAS, K. (1986): Geochemie und Petrologie der permischen Rhyolithe in Südwestdeutschland (Saar – Nahe – Pfalz-Gebiet, Odenwald, Schwarzwald) und in den Vogesen. – Habil.-Schr. Univ. Hamburg; Pollichia-Buch, **8**: 321 S.; Bad Dürkheim.
- ATIKZADA, K.Z. (1985): Geologie und Tektonik des Moosgebietes nordöstlich von Gengenbach (Mittl. Schwarzwald). – Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. Freiburg, 67 S. – [unveröff.]
- BACH, H. (1843): Geognostische Karte von Württemberg, Baden und Hohenzollern mit drei Durchschnitten im Maaßstab 1 : 700 000. – 1 Bl.; Stuttgart (Ebner).
- BACKFISCH, S. (1980): Geologische Kartierung der südwestlichen Baden-Badener Senke Blatt 7215 – Dipl.-Kart. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Heidelberg: 65 S., 5 Taf., 2 Kt. – [unveröff.]
- (1981): Petrographische und Mineralogische Untersuchungen des Jungpaläozoikums der Baden-Badener Senke an Hand der Tiefbohrung T 3A. – Dipl.-Arb. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Heidelberg : 182 S., 1 Beil. – [unveröff.]
- (1984): Die Petrographie der Rotliegendesandsteine Südwestdeutschlands: Ein Beitrag zur Diagenese vulkanoklastischer Sandsteine. – Diss. Univ. Heidelberg: 220 S., 14 Taf. – [unveröff.]
- BACKHAUS, E. (1975): Der Buntsandstein im Odenwald. – Abschluss, Sonderh. **27**: 299–320; Heidelberg.
- (1980): Relikte des Zechstein-3-Karbonats (Ca₃, Plattendolomit) im Odenwald. – Geol. Jb. Hessen, **108**: 95–102; Wiesbaden.
- & BÄHR, R. (1992): Schwemmfächer-Playa-Sedimentation in einer Rotliegend-Rinne des Böllsteiner Odenwaldes. – Geol. Jb. Hessen, **120**: 37–65; Wiesbaden.
- BAILER, G. (1951): Der Mauracher Berg bei Denzlingen i. Br. – Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. Freiburg: 78 S., 1 Beil. – [unveröff.]
- BECKSMANN, E. (1958): Verkarsteter Zechstein-Dolomit unter der Ziegelhäuser Neckarbrücke und die Ziegelhäuser Störungszone. – Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **3**: 123–137; Freiburg i. Br.
- BENECKE, E.W. (1869): Lagerung und Zusammensetzung des geschichteten Gebirges am südlichen Abhang des Odenwaldes. – 58 S.; Heidelberg (Mohr).



- & 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).
- BEYER, A. (1794): Beytraege zur Bergbaukunde. – 316 S., 6 Taf.; Dresden (Walther).
- BGLA (1996): Bayerisches Geologisches Landesamt [Hrsg.]: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 500 000 (4. Aufl.). – 329 S.; München (BGLA).
- BILHARZ, A. (1929a): Das Vorkommen des Michelbacher Porphyrs bei Baden-Baden. – Bad. geol. Abh., **1**: 39–44; Karlsruhe.
- (1929b): Hornsteingänge bei Gaggenau im Murgtal. – Bad. geol. Abh., **1**: 45–50; Karlsruhe.
- (1933): Die Schollen am westlichen Gebirgsrand des nördlichen Schwarzwaldes zwischen Malsch und dem Renchtal. – Bad. geol. Abh., **5**: 81–120; Karlsruhe.
- (1934): Erläuterungen zu Blatt Baden (Nr.67). – Geol. Spezialkt. Baden, **67**: 144 S., 2 Beil.; Freiburg i.Br. – [Nachdruck 1985: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Bl. 7215 Baden-Baden; Stuttgart].
- BLÜM, W. (1987): Diagenese permischer Schuttfächer-Sandsteine der Nordschweiz. – Eclogae Geol. Helv., **80**: 369–380; Basel.
- (1989): Faziesanalyse im Rotliegenden des Nordschweizer Permokarbon-Trogs (Hochrhein-Region zwischen Basel und Laufenburg). – Eclogae Geol. Helv., **82**: 455–489; Basel.
- BOIGK, H. (1981): Erdöl und Erdölgas in der Bundesrepublik Deutschland. – 330 S.; Stuttgart (Enke).
- & 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).
- & SCHÖNEICH, H. (1974): Perm, Trias und älterer Jura im Bereich der südlichen Mittelmeer-Mjösen-Zone und des Rheingrabens. – In: ILLIES, J.H. & FUCHS, K. [eds.]: Approaches to Taphogenesis, IUCG Sci. Rep., **8**: 60–71; Stuttgart.
- BOY, J.A. & FICHTER, J. (1988): Zur Stratigraphie des höheren Rotliegenden im Saar-Nahe-Becken (Unter-Perm; SW-Deutschland) und seiner Korrelation mit anderen Gebieten. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **176**: 331–394; Stuttgart.
- & SCHINDLER, T. (2000): Ökostratigraphische Bioevents im Grenzbereich Stephanium/Autunium (höchstes Karbon) des Saar-Nahe-Beckens (SW-Deutschland) und benachbarter Gebiete. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **216**: 89–152; Stuttgart.
- BRANDES, T. (1919): Die varistischen Züge im geologischen Bau Mitteldeutschlands. – N. Jb. Miner. Geol. Paläont., Beil.-Bd. **43**: 190–250; Stuttgart.
- BRAUCKMANN, C. & HAHN, G. (1983): Ein Schaben-Flügel aus dem Ober-Karbon des Schwarzwaldes. – Oberrhein. geol. Abh., **32**: 69–74; Karlsruhe.
- BRÄUHÄUSER, M. (1909) mit Beitr. v. SAUER, A.: Erläuterungen zu Blatt Schramberg (Nr. 129). – Erl. Geol. Spezialkt. Kgr. Württ., **Bl. 129**: 130 S.; Stuttgart. – [Nachdr. 1971: Erl. Geol. Kt. 1 : 25 000 von Baden-Württ., Bl. 7716 Schramberg; Stuttgart].
- (1910): Beiträge zur Kenntnis des Rotliegenden an der oberen Kinzig. – Mitt. Geol. Abt. Württ. Stat. L.-Amt, **7**: 11–36; Stuttgart.
- (1933): Blatt Schramberg (Nr. 129) (2. Aufl.). – Erl. Geol. Spezialkt. Württ., Bl. 129: 147 S.; Stuttgart. – [Nachdr. 1978: Erl. Geol. Kt. 1 : 25 000 von Baden-Württ., Bl. 7716 Schramberg; Stuttgart].
- (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 i.Br.
- & SAUER, A. (1913): Erläuterungen zu Blatt Alpirsbach (Nr. 117). – Erl. Geol. Spezialkt. Kgr. Württ., Bl. 117: 134 S.; Stuttgart. – [Nachdr. 1971: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden Württ., Erl. Bl. 7616 Alpirsbach; Stuttgart].
- BRAUNS, C.M., PÄTZOLD, T. & HAACK, U. (2003): A Re-Os study bearing on the age of the Kupferschiefer black shale at Sangerhausen (Germany). – 15. Int. Congr. Carbonif. Perm. Strat., Utrecht 2003, Abstr. volume: **66**; Utrecht.
- BREYER, F. (1956): Ergebnisse seismischer Messungen auf der süddeutschen Großscholle besonders im Hinblick auf die Oberfläche des Varistikums. – Z. Dt. geol. Ges., **108**: 21–36; Hannover.
- BROCKAMP, O. & ZUTHER, M. (1983): Das Uranvorkommen Müllenbach/Baden-Baden, eine epigenetisch-hydrothermale Imprägnationslagerstätte in Sedimenten des Oberkarbon (Teil II: Das Nebengestein). – N. Jb. Miner. Abh., **148**: 22–33; Stuttgart.
- , CLAUER, N. & ZUTHER, M. (1994): K-Ar dating of episodic Mesozoic fluid migrations along the fault system of Gernsbach between the Moldanubian and Saxothuringian (Northern Black Forest, Germany). – Geol. Rdsch., **83**: 180–185; Berlin.
- , CLAUER, N. & ZUTHER, M. (2003): Authigenic sericite record of a fossil geothermal system: the Offenburger Trough, central Black Forest, Germany. – Geol. Rdsch., **92**: 843–851; Berlin.
- , ZUTHER, M. & CLAUER, M. (1987): Epigenetic-hydrothermal origin of the sediment-hosted Müllenbach uranium deposit (Baden-Baden, W. Germany). – Monogr. Ser. Miner. Deposits, **27**: 87–98; Berlin.
- BRONGNIART, A. (1829): Prodrome d'une histoire des végétaux fossiles. – 223 p.; Paris (Dufour & d'Ocange).
- BRONN, H.G. (1830): Gaea heidelbergensis oder mineralogische Beschreibung der Gegend von Heidelberg. – 237 S., 1 Kt.; Heidelberg (Groos).
- (1850): Ueber *Gampsonyx fimbriatus* JORDAN, aus der Steinkohlen-Formation von Saarbrücken und vom Murgthal. – N. Jb. Min. Geol. Petrefaktenk., **1850**: 574–583; Stuttgart.

- BROSS, H. (1908): Die Grundmasse des Dossenheimer Quarzporphyrs. – Cbl. Miner. Geol. Paläont., **1908**: 8–9; Stuttgart.
- (1910): Der Dossenheimer Quarzporphyr. Ein Beitrag zur Kenntnis der Umwandlungserscheinungen saurer Gesteinsgläser. – Jh. Ver. vaterl. Naturk. Württ., **66**: 64–114; Stuttgart.
- BROUTIN, J., DOUBINGER, J., FARJANEL, G., FREYTET, P., KERP, H., LANGIAUX, J., LEBRETON, M., SEBBAN, S. & SATTI, S. (1990): Le renouvellement des flores au passage Carbonifère Permien: approches stratigraphique, biologique, sédimentologique. – C. R. Acad. Sci. Paris, **311 (II)**: 1563–1569; Paris.
- , DOUBINGER, J., LANGIAUX, J. & PRIMEY, P. (1986): Conséquences de la coexistence de flores à caractères stéphaniens et autuniens dans les bassins limniques d'Europe occidentale. – Mém. Soc. Géol. France, N. S. **149**: 15–25; Paris.
- BUDWILL, H. (1957): Geologie der Emmendinger Vorberge Südteil. Kartierung 1 : 25 000. – Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. Freiburg i. Br.: 84 S., 2 Taf., 1 Kt. – [unveröff.]
- BUNTEBARTH, G., GREBE, H., TEICHMÜLLER, M. & TEICHMÜLLER, R. (1979): Inkohlungsuntersuchungen in der Forschungsbohrung Urach 3 und ihre geothermische Interpretation. – Fortschr. Geol. Rheinland u. Westfalen, **27**: 183–199; Krefeld.
- CARLÉ, W. (1955a): Bau und Entwicklung der Südwestdeutschen Großscholle. – Beih. Geol. Jb., **16**: 272 S., 4 Taf.; Hannover.
- (1955b): Eine neue Deutung des Profils der Tiefbohrung Ingelfingen mit Hilfe der Tiefbohrung Bad Mergentheim. – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver., N. F. **37**: 112–119; Stuttgart.
- (1956): Die wissenschaftlichen Ergebnisse der Tiefbohrung in Bad Mergentheim (Buntsandstein, Zechstein, Mineralwasser). – Jb. Stat. Landeskd. Baden-Württ., **1956**: 229–260, 7 Taf.; Stuttgart.
- (1970): Die Schichtenfolge der Tiefbohrung Allmersbach am Weinberg, Landkreis Backnang, Baden-Württemberg. – Jh. Ges. Naturk. Württ., **125**: 61–69; Stuttgart.
- (1971): Die Tiefbohrungen auf mineralisiertes Thermalwasser in Bad Überkingen, Landkreis Göppingen, Baden-Württemberg. – Jh. Ges. Naturk. Württ., **126**: 36–87; Stuttgart.
- (1975): Die Thermalwasser-Bohrung von Stuttgart-Bad Cannstatt. – Jh. Ges. Naturk. Württ., **130**: 87–155; Stuttgart.
- (1982a): Geologie und Hydrogeologie der Mineral- und Thermalwässer von Bad Überkingen, Landkreis Göppingen, Baden-Württemberg (II). – Geol. Jb., **C31**: 3–72; Hannover.
- (1982b): Vorkommen und Genese der Mineral-Säuerlinge und des Thermalwassers von Bad Teinach, Stadt Bad Teinach-Zavelstein, Landkreis Calw, Baden-Württemberg. – Geol. Jb., **C31**: 73–225, 2 Beil.; Hannover.
- & WURM, F. (1971): Die wissenschaftlichen Ergebnisse der Tiefbohrung Allmersbach am Weinberg, Landkreis Backnang, Baden-Württemberg (Stratigraphie, Petrographie, Paläogeographie, Hydrologie). – Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **13**: 171–221; Freiburg i. Br.
- CECIL, C. B. & DULONG, F. T. (2003): Precipitation models for sediment supply in warm climates. – SEPM Spec. Publ., **77**: 21–27; Tulsa.
- , DULONG, F. T., HARRIS, R. A., COBB, J. C., GLUSKOTER, H. G. & NUGROHO, H. (2003): Observations on climate and sediment discharge in selected tropical rivers, Indonesia. – SEPM Spec. Publ., **77**: 29–50; Tulsa.
- CLAYTON, G., COQUEL, R., DOUBINGER, J., GUEINN, K. J., LOBOZIAK, S., OWEN, B. & STREEL, M. (1977): Carboniferous miospores of Western Europe: illustrations and zonations. – Meded. Rijks Geol. Dienst, **29**: 1–71; Haarlem.
- COHEN, E. (1871): Die zur Dyas gehörigen Gesteine des südlichen Odenwaldes – nebst einer geologischen Karte und einem Blatte mit Gebirgsprofilen. – Diss. Univ. Heidelberg: 133 S.; Heidelberg (Winter).
- CZYGAN, W. W. (1963a): Geologie des Gebietes um die Hohengeroldseck östlich Lahr. – Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. Freiburg: 93 S., 2 Beil. – [unveröff.]
- (1963b): Problematische Mikrofossilien (Otolithen oder Ossiolithen?) aus dem Stefan des Mittel-Schwarzwaldes. – Ber. naturf. Ges. Freiburg i. Br., **53**: 133–140; Freiburg i. Br.
- (1964): Das Jung-Paläozoikum an der Hohengeroldseck bei Lahr im mittleren Schwarzwald. – Ber. naturf. Ges. Freiburg i. Br., **54**: 87–106; Freiburg i. Br.
- DACHROTH, W. (1976): Gesteinsmagnetische Marken im Perm Mitteleuropas (Ein Beitrag zur Anwendungen gesteinsmagnetischer Daten in der Stratigraphie). – Geol. Jb., **E10**: 3–63; Hannover.
- DAVYDOV, V. I., GLENISTER, B. F., SPINOSA, C., RITTER, S. M., CHERNYKH, V. V., WARDLAW, B. R. & SNYDER, W. S. (1998): Proposal of Aidaralash as Global Stratotype Section and Point (GSSP) for the base of the Permian System. – Episodes, **21**: 11–18; Beijing.
- DEECKE, W. (1916): Geologie von Baden (I/II). – 782 S.; Berlin (Borntraeger).
- DIEBOLD, P. (1988): Der Nordschweizer Permokarbon-Trog und die Steinkohlenfrage der Nordschweiz. – Vierteljahresschr. naturf. Ges. Zürich, **133**: 143–174; Zürich.
- , NAEF, H. & AMMANN, M. (1991): Zur Tektonik der zentralen Nordschweiz, Interpretationen aufgrund regionaler Seismik, Oberflächengeologie und Tiefbohrungen. – NAGRA Techn. Ber., **90–04**: 277 S., 41 Beil.; Wettingen.
- 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). – Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. Freiburg: 75 + 40 S., 2 Beil. – [unveröff.]
- (1999b): Profile des Thuringiums aus dem Mittleren Schwarzwald. – Ber. naturf. Ges. Freiburg i. Br., **88/89**: 223–248; Freiburg i. Br.



- DISLER, . (191) Stratigraphie und Tektonik des Rotliegenden und der Trias beiderseits des Rheines zwischen Rheinfeldern und Augst. – Verh. naturf. Ges. Basel, 96 S., 2 Taf. Basel.
- D AG (198) Decade of North American Geology – Geologic time scale. – 1 Tab. Washington (Geol. Soc. Am.).
- DRA H, V. VO (19) Das Rotmurgtal. – Dipl.-Kart. Geol. Inst. Univ. Heidelberg 52 S., 1 Taf., 1 Kt. – unver ff.
- (19 8) Mineral-Alter im Schwarzwald die jüngere Geschichte der variscischen Gebirgsbildung auf Grund isotopischer Alterbestimmungen. – Diss. Univ. Heidelberg 2 S. – unver ff.
- , LIPPOLT, H. J. BREWER, M. S. (19) Rb-Sr-Altersbestimmungen an Graniten des Schwarzwaldes. – Jb. Miner. Abh., 1 8–62 Stuttgart.
- DRESSLER, M. (198) Geologie des Liepachtales bei Oppenau (Schwarzwald) unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse im Rotliegenden. – Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. Freiburg 5 S., 2 Beil. – unver ff.
- DSK (1995) Stratigraphische Kommission Deutschlands Hrsg. , PLEI , E. (Red.) Stratigraphie von Deutschland I. Norddeutsches Rotliegend-Becken. – Geol. Forsch.-Inst. Senckenberg, 1 19 S. Frankfurt a. M.
- (2005) Deutsche Stratigraphische Kommission Hrsg. Stratigraphie von Deutschland V. Das Oberkarbon (Pennsylvanien) in Deutschland. – Geol. Forsch.-Inst. Senckenberg, 5 S. Frankfurt a. M.
- Du , M. T. (2001) Palynology of the Carboniferous – Permian boundary stratotype, Aidaralash Creek, Kazakhstan. – Rev. Palaeobot. Palynol., 11 1 5–19 Amsterdam.
- E K, H. (18 5) Über die Umgegend von Oppenau. – Jb. Min. Geol. Palaeont., 1 0– 2 Stuttgart.
- (188) Geognostische Karte der Umgegend von Lahr 1 : 25 000 mit Profilen und Erläuterungen. – 11 S., 1 Beil., 1 Kt. Lahr (Schauenburg).
- (1886 188) Geognostische Übersichtskarte des Schwarzwaldes 1 : 200 000. – 2 Bl. Lahr (Schauenburg).
- (188) Bemerkungen über die geognostischen Verhältnisse des Schwarzwaldes im Allgemeinen und über Bohrungen nach Steinkohlen in demselben. – Jh. Ver. vaterl. Naturk. Württ., 22– 55 Stuttgart.
- (1891) Bemerkungen zu Herrn v. SA DBERGERS Abhandlung „Über Steinkohlenformation und Rotliegendes im Schwarzwald und deren Floren“. Notiz über das Bohrloch bei Sulz. – Jh. Ver. vaterl. Naturk. Württ., 119–129, 22 –22 Stuttgart.
- (1892) Geognostische Beschreibung der Gegend von Baden-Baden, Rothenfels, Gernsbach und Herrenalb. – Abh. kgl. Preuss. Geol. L.-Anst., 1. F. 686 S., 1 Kt. Berlin.
- EDEL, J.-B. (198) Paleopositions of the western Europe Hercynides during the Late Carboniferous deduced from paleomagnetic data consequences for „stable Europe“. – Tectonophysics, 1 1– 1 Amsterdam.
- 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., 1 858–8 6 Oxford.
- WIKERT, F. (1991) Paleopositions of the Saxothuringian (Northern Vosges, Pfalz, Odenwald, Spessart) in Variscan times paleomagnetic investigation. – Earth Planet. Sci. Lett., 1 10–26 Amsterdam.
- EISSELE, K. (1955) Sedimentpetrographische Untersuchungen am Buntsandstein des Schwarzwaldes. – Diss. TH Stuttgart 89 S., 1 Tab., 21 Abb. – unver ff.
- (195) Sedimentpetrographische Untersuchungen am Buntsandstein des Schwarzwaldes. – Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., 69–11 Freiburg i. Br.
- (1966) Zur Gliederung des Schwarzwälder Buntsandsteins. – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver., 1 1– 158 Stuttgart.
- ERL, A. (19 0) Unterpermische Ganoidfische aus der Bohrung Wintersingen (Kt. Baselland). – Eclogae Geol. Helv., 2 0–252 Basel.
- ERTLE, J. J., GERLACH, R. MÜLLER, H. (19) Die Versuchsgrubbe Müllenbach als Testfeld für Prospektions- und Explorationstechnik sowie Strahlenschutz im Uranerzbergbau. – Erzmetall, 526–5 0 Lausthal-Zellerfeld.
- , K EUPER, G. MÜLLER, H. (19 6) Prospektion einer sedimentären Uranerzlagerstätte im Oberkarbon des Schwarzwaldes. – Glückauf, 11 1 1–6 Essen.
- FALKE, H. (19 1) Die Paläogeographische Entwicklung des Oberkarbons in Süddeutschland. – Fortschr. Geol. Rheinland u. Westfalen, 1 16 –1 2 Krefeld.
- (19) Zur Paläogeographie des kontinentalen Perm in Süddeutschland. – Abh. Hess. L.-Amt f. Bodenforsch., 22 –2 Wiesbaden.
- FEDERER, O. (1969) Beitrag zur Morphologie und Tektonik des unteren Kinzigtals. – Diss. Univ. Freiburg 28 S. – unver ff. .
- FISCHER, H. (1858) Geognostische Notizen über die Gegend von St. Peter und St. Märgen auf dem Schwarzwald. – Ber. Verh. Ges. Naturwiss. Freiburg, 1 5 9–5 Freiburg i. Br.
- FLICK, H. (1986) Permokarboner Vulkanismus im südlichen Odenwald. – Heidelberger Geowiss. Abh., 121–1 8 Heidelberg.
- FRAAS, E. (191) Das Bohrloch von Erlenbach bei Heilbronn. – Jh. Ver. vaterl. Naturk. Württ., 1 – 2 Stuttgart.
- (1859) Vergleichendes Schichtenprofil in den Bohrlöchern Dürrmenz-Mühlacker und Ingelfingen. – Jh. Ver. vaterl. Naturk. Württ., 1 29– 5 Stuttgart.
- (1882) Geognostische Beschreibung von Württemberg, Baden und Hohenzollern. – 21 S. Stuttgart (Schweizerbart).

- FRAKES, L. A., FRANCIS, J. E. & SYTKUS, J. I. (1992): Climate modes of the phanerozoic. – 274 p.; Cambridge (CUP) – [Reprint 2005].
- FRANK, M. (1934): Erläuterungen zu Blatt Neuenbürg (Nr. 53). – Erl. Geol. Spezialkt. Württ., Bl. 53: 154 S., 1 Beil.; Stuttgart. – [Nachdr. 1963, 1982: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Erl. Bl. 7117 Birkenfeld; Stuttgart].
- (1935): Gliederung und Bildung des Rotliegenden in der Badener Mulde (Oos-Trog). – Mitt. geol. Abt. Württ. Stat. L.-Amt, **16**: 46 S., 3 Taf.; Stuttgart.
- (1936): 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., Erl. Bl. 7216 Gernsbach; Stuttgart].
- (1937): Paläogeographischer Atlas von Südwestdeutschland – Mitt. Geol. Abt. Württ. Stat. L.-Amt, **17**: 111 S.; Stuttgart.
- (1952): Die Mineralwässer von Bad Ingelfingen im Kochertal (Hydrologie und Chemismus). – Jh. Geol. Abt. Württ. Stat. L.-Amt, **2**: 39–66; Stuttgart. – [mit Bohrprofil]
- FRANZEN, J. (1963): Geologie der Umgebung von Mariazell (Nordost-Abschnitt von Blatt 7816 Königfeld/Baden). – Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. Freiburg: 100 S., 2 Beil. – [unveröff.]
- FRENTZEN, K. (1928/1931): Beiträge zur Kenntnis der fossilen Flora des südwestlichen Deutschland VI: Zur Kenntnis der Carbonflora von Baden-Baden. – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver., N.F. **17**: 1–114, Nachtrag in N.F. **20**: 18–31; Stuttgart.
- (1930/1931): 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.
- (1931a): Die paläogeographische Bedeutung des Auftretens von Zuwachszonen (Jahresringen) bei Hölzern der Sammelgattung *Dadoxylon* ENDL. aus dem Carbon und dem Rotliegenden des Oberrheingebietes. – Centralbl. Min. Geol. Paläont., **1931 B**: 617–624; Karlsruhe.
- (1931b): Beiträge zum Oberrheinischen Fossilienkatalog Nr. 6: Studien über die fossilen Hölzer der Sammelgattung *Dadoxylon* ENDL., Teil II. – Abh. Heidelberger Akad. Wiss., Math.-nat. Kl., **19**: 51 S., 5 Taf.; Berlin.
- FREYBERG, B. VON (1935): Zur Paläogeographie des Jungpaläozoikums in Deutschland. – Z. Dt. geol. Ges., **87**: 193–209; Berlin.
- FRÖHLER, S. & LEBEDE, S. (1994): Das vulkanosedimentäre Permokarbon südwestlich von Baden-Baden, Nordschwarzwald. – Ber. naturf. Ges. Freiburg i. Br., **82/83**: 47–77; Freiburg i. Br.
- FUCHS, K. (1985): Gefügedaten und Effusivvorgänge am Wachenberg-Rhyolith bei Weinheim. – Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. Heidelberg: 76 S. – [unveröff.]
- & FLICK, H. (1986): Ein permokarboner Ignimbrit-Förder-schlot im Wachenberg bei Weinheim/Bergstraße. – Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **28**: 31–42; Freiburg i. Br.
- GEINITZ, H. B. (1857): Ueber die Pflanzenreste in der Badenschen Steinkohlen-Formation. – Jb. k. k. geol. Reichsanst., **8**: 350–351; Wien.
- (1865): Die Steinkohlen des Schwarzwaldes im Grossherzogthume Baden. – In: GEINITZ, H. B., FLECK, H. & HARTIG, H.: Die Steinkohlen Deutschlands und anderer Länder Europas, **1**: 118–123, Taf. 9; München (Oldenbourg).
- GEYER, O. F. & GWINNER, M. P. (1991): Geologie von Baden-Württemberg (4. Aufl.). – 482 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- GLA (1995): VILLINGER, E. & FLECK, W. (1995), UNTER MITARB. V. BOCK, H., BRUNNER, H., ELLWANGER, D., ETZOLD, A., FRANZ, M., FRITZ, C., GROSCHOFF, R., HUMMEL, P., KESSLER, G., KUPSCH, F., LEIBER, J., OHMERT, W., SAWATZKI, G., SCHLESINGER, S., SIMON, T., STORCH, D. H. & WURM, F.: Symbolschlüssel Geologie (Teil I) und Bodenkunde Baden-Württemberg. – GLA-Informationen, **5**: 69 S.; Freiburg i. Br.
- GREBE, H. (1960): Mikrofloristischer Untersuchungsbericht über Proben aus der Bohrung Dingelsdorf 1. – 2 S., Archiv des Geol. Dienstes Nordrhein-Westfalen, Krefeld, sowie Archiv des Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Freiburg i. Br., zu Bl. 8220 Überlingen (BO 8220/04). – [unveröff.]
- GRIMM, W.-D. (1990): Bildatlas wichtiger Denkmalgesteine der Bundesrepublik Deutschland. – Arbeitsh. Bayer. L.-Amt f. Denkmalpfl., **50**: 255 S.; München.
- GROSCHOFF, R. (1988): Erläuterungen zu Blatt 7914 St. Peter. – Geol. Kt. 1 : 25 000 von Baden-Württ., Bl. 7914: 98 S., 2 Beil.; Stuttgart.
- & SCHREINER, A. (1980): Erläuterungen zu Blatt 7913 Freiburg i. Br.-Ost. – Geol. Kt. 1 : 25 000 von Baden-Württ., Bl. 7913: 112 S., 5 Beil.; Stuttgart.
- , 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 (3., erg. Aufl.). – 364 S., 7 Taf., 1 Beil.; Freiburg i. Br.
- GUENTHER, E. (1935): Der geologische Aufbau der Freiburger Bucht. – Bad. geol. Abh., **7**: 10–64; Karlsruhe.
- (1938): Der geologische Bau der Vorbergzone im Breisgau zwischen Staufen und dem Schönberg. – Ber. naturf. Ges. Freiburg i. Br., **36**: 59–81; Freiburg i. Br.
- HAGEMEISTER, A. (1983): Geologie und Tektonik im Bereich Baden-Baden – Ebersteinburg (Nordschwarzwald). – Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. Freiburg: 91 S., 3 Beil. – [unveröff.]
- (1985): Ein weiteres Vorkommen von *Medusina limnica* Müller im Oberrotliegenden von Baden-Baden/Nordschwarzwald. – Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **27**: 17–23; Freiburg i. Br.
- HALLAM, A. (1992): Phanerozoic sea-level changes. – 266 S.; New York (Columbia Univ. Pr.).
- HANDLIRSCH, A. (1908): Die fossilen Insekten und die Phylogenie der rezenten Formen. – 1430 S.; Leipzig (Engelmann).



- HANN, H. P. & ZEDLER, H. (2008): Black Forest. – In: McCANN, T. [ed.]: The geology of Central Europe, vol. 1: 606–611; London (Geol. Soc.).
- HARK, H.-U. (1961): Die westdeutsche Erdöl- und Erdgasexploration im Jahre 1960. – Erdöl und Kohle, **14**: 245–260; Hamburg.
- HASEMANN, W. (1928): 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., Erl. Bl. 6519 Eberbach; Stuttgart]
- (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., Erl. Bl. 7116 Malsch; Stuttgart]
- HAUMANN, C. P. (1856): Ausführlicher Bericht über die Steinkohlengruben Berghaupten bei Offenburg. – Bergwerksfreund, **19**: 686–691; Eisleben.
- HAUPTMANN, A. (1976): Zur Petrographie und Radioaktivität des Kirchheimerstollens. – Dipl.-Arb. Miner. Inst. Univ. Freiburg: 84 S. – [unveröff.]
- HAUSMANN, J. F. L. (1823): Über Steinsalzlager in den Neckargegenden. – Göttingische gelehrte Anzeigen, **196**: 1953–1959; Göttingen.
- (1843): Bemerkungen über das Steinkohlen-Vorkommen zwischen Offenburg und Lahr im Großherzogthum Baden. – Notizenbl. d. Göttingischen Ver. Bergmänn. Freunde, **43**: 3–4; Göttingen.
- (1845): Geologische Bemerkungen über die Gegend von Baden bei Rastadt. – Abh. Kg. Ges. Wiss. Göttingen, **2**: 3–42; Göttingen. – [Sonderabdruck 1844]
- HEIZMANN, G. (1960): Geologie des Heidburggebietes nördlich Elzach. Kartierung 1 : 10 000. – Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. Freiburg: 42 S., 2 Kt. – [unveröff.]
- HENNIG, E. (1923): Geologie von Württemberg nebst Hohenzollern. – 381 S., 9 Taf., eingeh. Abb. ohne Pagin.; Berlin (Borntraeger).
- HENTSCHEL, H. E. (1963): Die permischen Ablagerungen im östlichen Pfälzer Wald (Haardt) zwischen Neustadt-Lambrecht und Klingenstein-Silz. – Notizbl. Hess. L.-Amt Bodenforsch., **91**: 143–176; Wiesbaden.
- HESS, J. C. & LIPPOLT, H. J. (1996): Numerische Stratigraphie permokarbonischer Vulkanite Zentraleuropas, Teil III: Odenwald. – Geol. Jb. Hessen, **124**: 39–46; Wiesbaden.
- , BACKFISCH, S. & LIPPOLT, H. J. (1983): Konkordantes Sanidin- und diskordantes Biotitalter eines Karbontuffs der Baden-Badener Senke, Nordschwarzwald. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., **1983**: 277–292; Stuttgart.
- HOCHULI, P. A. (1985): Palynostratigraphische Gliederung und Korrelation des Permokarbons der Nordschweiz. – Eclogae Geol. Helv., **78**: 719–831; Basel.
- HOLUB, V. & KOZUR, H. (1981): Revision einiger Conchostraken-Faunen des Rotliegenden und biostratigraphische Auswertung der Conchostraken des Rotliegenden. – Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, **11**: 39–94; Innsbruck.
- HORNUNG, J. (1994): Sedimentologie und quantitative Fazies-Analyse in Bohrungen des unteren und mittleren Buntsandsteins von Bad Teinach. – Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. Tübingen: 161 S. – [unveröff.; Kurzf. in Sediment '95 (Freiberg), Kurzf. der Vorträge und Poster: 84–85; Freiburg.]
- HUG, N. & VERO, G. (2008): Ein vollständiges Zechstein-Profil im südlichen Odenwald: die hydrogeologische Erkundungsbohrung Langental BK2/05. – Geol. Jb. Hessen **145**: 25–45; Wiesbaden.
- HÜTTNER, R. & WIMMENAUER, W. (1967): Erläuterungen zu Blatt 8013 Freiburg i. Br. – Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Erl. Bl. 8013: 159 S., 3 Beil.; Stuttgart. – [Nachdruck: 1972, 1990]
- ILLIES, H. (1965): Bauplan und Baugeschichte des Oberrheingrabens. – Oberrh. geol. Abh., **14**: 1–54; Karlsruhe.
- JENKNER, B. (1986): Ein Vorschlag zur Neugliederung des sedimentären Oberrotliegenden in der Baden-Badener Senke und ihrer nordöstlichen Fortsetzung (Nordschwarzwald). – Diss. Univ. Freiburg 1985: 145 S., 7 Taf.; Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **28**: 49–159; Freiburg i. Br.
- JUNGHANS, W.-D. (2003): Fazies, Zyklizität, Petrophysik und Paläomagnetik im Buntsandstein der Bohrung Kraichgau 1002 (SW-Deutschland). – Diss. Univ. Tübingen, Tübinger Geowiss. Arb., **A 69**: 171 S., 1 Beil.; Tübingen.
- , 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. oberrh. geol. Ver., N. F. **60**: 223–252; Stuttgart.
- (2000): Die Aller-, Ohre-, Friesland- und Fulda-Folge (vormals Bröckelschiefer-Folge). – Kali und Steinsalz, **13**: 86–96; Kassel.
- KEFERSTEIN, C. (1821): General-Charte von Teutschland auf der von Hauptmann Weiland gezeichneten Charte geognostisch begränzt. – 1 Kt., in: KEFERSTEIN, C.: Teutschland geognostisch-geologisch dargestellt und mit Charten und Durchschnittszeichnungen erläutert, **Bd. 1**; Weimar (Landes-Industrie-Comptoir).
- (1822): Charte von dem Königreiche Württemberg und dem Grossherzogthume Baden, entworfen von F. W. STREIT, im Jahr 1818 aber nach der neuesten Kreis-Eintheilung von Württemberg und Baden berichtigt. – 1 Kt., in: KEFERSTEIN, C.: Teutschland geognostisch-geologisch dargestellt und mit Charten und Durchschnittszeichnungen erläutert, **Bd. 2**; Weimar (Landes-Industrie-Comptoir).
- (1824): Versuch einer vergleichenden Darstellung der geognostischen Verhältnisse in Württemberg und Norddeutschland, besonders in Hinsicht des Steinsalzgebirges. – Correspondenzbl. würtemb. Landw. Ver., **5**: 331–360; Stuttgart.
- (1828): Charte von dem Königreiche Württemberg, dem Grossherzogthume Baden und den Ländern der Fürsten von Hohenzollern, entworfen von C. F. WEILAND, gest. von CARL JOS. MAEDELSEN. – 1 Kt., in: KEFERSTEIN, C.: Teutschland

- geognostisch-geologisch dargestellt und mit Charten und Durchschnittszeichnungen erläutert, **Bd. 5**; Weimar (Landes-Industrie-Comptoir).
- KESSLER, G. (1984): Die Entstehung des geologischen Untergrunds der Burg Hohengeroldseck und ihrer Umgebung. – Geroldsecker Land, **26**: 46–55; Lahr.
- & LEIBER, J. (1991) mit Beitr. v. KÄSS, W.: Erläuterungen zu Blatt 7813 Emmendingen (2., erg. Aufl.). – Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Erl. Bl. 7813: 155 S., 3 Taf., 2 Beil.; Stuttgart.
- & LEIBER, J. (1994): Erläuterungen zu Blatt 7613 Lahr/Schw.-Ost. – Geol. Kt. 1 : 25 000 von Baden-Württ., Bl. 7613: 305 S., 5 Beil.; Stuttgart.
- KETTNER, F.W. VON (1843): Beschreibung des badischen Murg- und Oosthales oder des Forstamtsbezirkes von Gernsbach, mit besonderer Rücksicht auf die für Forstwirtschaft wichtigen Verhältnisse. – 179 S., 1 Beil.; Frankfurt a. M. (Sauerländer).
- KIRCHHEIMER, F. (1981): Ein uranvererzter inkohlter Holzrest aus dem Oberkarbon von Baden-Baden (Schwarzwald). – Z. Dt. geol. Ges., **132**: 277–522; Hannover.
- KLEMM, G. (1905): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen im Maßstabe 1 : 25 000, Blatt Birkenau (Weinheim). – 75 S.; Darmstadt [2. Aufl. 1929; Nachdruck 1994]
- (1910): Führer bei geologischen Exkursionen im Odenwald. – 248 S.; Berlin (Borntraeger).
- KNEUPER, G., LIST, K.H. & MAUS, H. (1977): Geologie und Genese der Uranmineralisation des Oos-Troges im Nordschwarzwald. – Erzmetall, **30**: 522–526; Clausthal-Zellerfeld.
- KNOP, A. (1879): Uebersicht über die geologischen Verhältnisse von Baden-Baden. – 38 S., 1 Kt.; Karlsruhe (Braun).
- KONRAD, H. J. (1971): Über die Verbreitung von Unterem Buntsandstein in den Nordvogesen. – Abh. Hess. L.-Amt Bodenforsch., **60**: 258–262; Wiesbaden.
- (1975): Diskussionsbeitrag zu: „Inhalt und Bedeutung fossiler Bodenkomplexe in Perm und Trias von Mitteleuropa“ von D. ORTLAM. – Geol. Rdsch., **64**: 993–998; Stuttgart.
- & NAIRN, A. E. M. (1972): The Palaeomagnetism of the Permian Rocks of the Black Forest, Germany. – Geophys. J. R. astr. Soc., **27**: 369–382; London.
- KOZUR, H. (1981): Weitere Beiträge zur Paläontologie und Stratigraphie des Perm. – Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, **11**: 243–257; Innsbruck.
- (1984): Die Verbreitung der limnischen Meduse *Medusina limnica* MÜLLER 1978 im Rotliegenden Mitteleuropas. – Paläont. Z., **58**: 41–50; Stuttgart.
- (1999): The correlation of the Germanic Buntsandstein and Muschelkalk with the Tethyan scale. – Zbl. Geol. Paläont., I **1998**: 701–725; Stuttgart.
- & SITTIG, E. (1981): Das „*Estheria*“ *tenella*-Problem und zwei neue Conchostraken-Arten aus dem Rotliegenden von Sulzbach (Senke von Baden-Baden, Nordschwarzwald). – Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, **11**: 1–38; Innsbruck.
- , LÖFFLER, M. & SITTIG, E. (1994): First evidence of Paleohelcura (arthropod trackway) in the Rotliegend of Europe. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., **1994**: 618–632; Stuttgart.
- KRJUTSCHKOW, A. (2006): Die Geothermie-Bohrung Urach 3: Becken- und Faziesentwicklung des Rotliegend abgeleitet von Petrographie und Geophysik. – Dipl.-Arb. Inst. Geol. Univ. Würzburg: 89 S. – [unveröff.]
- KURR, J. G. VON (1846): Über die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens von Steinkohlen in Württemberg. – Jh. Ver. vaterl. Naturk. Württ., **2**: 170–173; Stuttgart.
- LAUBSCHER, H. (1987): Die tektonische Entwicklung der Nordschweiz. – Eclogae Geol. Helv., **80**: 287–303; Basel.
- LEBEDE, S. & FRÖHLER, S. (1996): Die permischen Vulkanite der Badener Senke. – Ber. naturf. Ges. Freiburg i. Br., **84/85**: 151–176; Freiburg i. Br.
- LEIBER, J. (1964): Geologie der Umgebung von Schweighausen bei Lahr (Hünersedel-Massiv, Mittlerer Schwarzwald). – Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. Freiburg: 78 S., 3 Taf., 1 Kt. – [unveröff.]
- (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: 246 S., 6 Taf. – [unveröff.]
- (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.
- (1971): Zur Gliederung des „Tigersandsteins“ (Unterer Buntsandstein, Trias) im Schwarzwald. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., **1971**: 461–167; Stuttgart.
- (1972): Das Deckgebirge im Bereich des oberen Schutertales zwischen Dörlinbach und Schweighausen (Lahr-Emmendinger Vorberge, Schwarzwald). – Ber. naturf. Ges. Freiburg i. Br., **61/62**: 59–75; Freiburg i. Br.
- & MÜNZING, K. (1979): Perm und Buntsandstein zwischen Schramberg und Königfeld (Mittlerer Schwarzwald). – Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **21**: 107–136; Freiburg i. Br.
- & — (1985): Geologische Ergebnisse einiger Buntsandsteinbohrungen bei Königfeld (Mittlerer Schwarzwald). – Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **27**: 25–40; Freiburg i. Br.
- LEMCKE, K. (1961): Ein jungpaläozoischer Trog unter dem Süddeutschen Molassebecken. – Z. Dt. geol. Ges., **113**: 176–181; Hannover.
- (1975): Molasse und vortertiärer Untergrund im Westteil des süddeutschen Alpenvorlandes. – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver., N. F. **57**: 87–115; Stuttgart.
- & 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).



- (1861): Geognostische Skizze des Großherzogthums Baden (2. Aufl.). – 168 S., 1 Kt.; Stuttgart (Schweizerbart).
- LEPPER, J. (1993): Beschlüsse zur Festlegung der lithostratigraphischen Grenzen Zechstein/Buntsandstein/Muschelkalk und zu Neubenenennungen im Unteren Buntsandstein in der Bundesrepublik Deutschland. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., **1993**: 687–692; 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.
- (2005): Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Geotope im Regierungsbezirk Freiburg. – Bodenschutz, **18**: 387 S.; Karlsruhe.
- LGBRP (2005): Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz [Hrsg.] mit Beitr. von BOY, J., DITTRICH, D., DREHER, T., FLICK, H., GAD, J., GOLDSCHMITT, M., HANEKE, J., HAUENSTEIN, M., HOHBERGER, K.-H., JAHNEL, C., KRIMMEL, M., LORENZ, V., LOTHAMMER, H., NAGEL, J., REQUADT, H., ROGAL, M., SCHREIBER, U., SCHÄFER, P., WEHINGER, A. & WEIDENFELLER, M.: Geologie von Rheinland-Pfalz. – 400 S., 162 Abb., 36 Tab., 3 Anl.; Stuttgart (Schweizerbart).
- LGRB (2007): Symbolschlüssel Geologie Baden-Württemberg. Verzeichnis Geologischer Einheiten, Stand: 30.07.2007. – Internet-Publikation unter <http://www.lgrb.uni-freiburg.de>
- LINDINGER, M. (1983): Geologische Bearbeitung des Paläozoikums der Baden-Badener Senke westlich von Gaggenau und Gernsbach (Nordschwarzwald). – Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. Freiburg: 96 + 2 S., 4 Taf. – [unveröff.]
- (1984): Sedimentologische Untersuchungen des Jungpaläozoikums westlich von Gaggenau und Gernsbach. – Ber. naturf. Ges. Freiburg i.Br., **74**: 73–103; Freiburg i.Br.
- LIPPOLT, H. J., SCHLEICHER, H. & RACZEK, I. (1982): Rb-Sr investigations on minerals and whole-rock samples from Permian rhyolites in the Schwarzwald/Germany and the relation of late orogenic plutonism and subsequent volcanism. – Terra cognita, **2**: 6; Strasbourg.
- LIPPOLT, H. J., SCHLEICHER, H. & RACZEK, I. (1983): Rb-Sr systematics of Permian volcanites in the Schwarzwald (I/II). – Contrib. Miner. Petrol., **84**: 272–280, 281–291; Berlin.
- LÖFFLER, M. (1992): Das Permokarbon des Nordschwarzwalddes. – Eine Fallstudie am Beispiel des Beckens von Baden-Baden. – Diss. Univ. Karlsruhe: 284 S.; Karlsruhe (Selbstverlag).
- , SITTIG, E. & SMYKATZ-KLOSS, W. (1998): An ancient sabkha-like environment in the Permian intermontane basin of Baden-Baden. – In: ALSHARHAN, A. S., GLENNIE, K. W., WHITTLE, G. L. & KENDALL, C. G. S. C. [eds.]: Proc. Int. Conf. „Quaternary deserts and climatic change“, Al Ain (UAE), 9.–11. Dec. 1995: 583–589; Rotterdam (Balkema).
- LORENZ, V. & NICHOLLS, I. A. (1976): The permocarboniferous basin and range province of Europe. An application of plate tectonics. – In: FALKE, H. [ed.]: The continental Permian in central, west, and south Europe, Proc. NATO ASI, MAINZ & ERICE **1975**: 313–342; Dordrecht (Reidel).
- & NICHOLLS, I. A. (1987): Plate and intraplate processes of hercynian Europe during the late Paleozoic. – Tectonophysics, **107**: 25–56; Amsterdam.
- LUDWIG, R. (1857): Die Steinkohlen-Formation von Offenburg im Großherzogthume Baden. – Jb. k. k. geol. Reichsanst., **8**: 334–349; Wien.
- LUTZ, M. (1955): Geologie des Deckgebirges zwischen Hausen und Hasel (Blatt 8313 Wehr NW 1 : 10 000). – Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. Freiburg: 131 S., 1 Kt., 1 Taf. – [unveröff.]
- (1958): Stratigraphische und tektonische Untersuchungen am südwestlichen Schwarzwaldrand. – Diss. Univ. Freiburg: 126 S., 3 Taf. – [unveröff.]
- (1964): Stratigraphische und tektonische Untersuchungen am südwestlichen Schwarzwaldrand zwischen Wiesental und Hochrhein. – Oberrh. geol. Abh., **13**: 75–122; Karlsruhe.
- MAASS, R. & VOGELLEHNER, D. (2005): Das Oberkarbon des Schwarzwaldes. In: DSK [Hrsg.]: Stratigraphie von Deutschland V: Oberkarbon. – Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, **254**: 395–402; Frankfurt a.M.
- MARBACH, T. (2002): Fluid/rock Interaction History of a Faulted Rhyolite-Granite Contact, Eastern Rhine Graben Shoulder, SW-Germany: Alteration Processes Determined by Sr-Pb-Isotopes, Th/U-Disequilibria and Elemental Distributions. – Diss. Univ. Heidelberg: 140 S.; Internet (<http://archiv.ub.uni-heidelberg.de/volltextserver/volltexte/2003/3117/pdf/These-Thierry.pdf>).
- MARCHANT, R., RINGGENBERG, Y., STAMPFLI, G., BIRKHÄUSER, P., ROTH, P. & MEIER, B. (2005): Paleotectonic evolution of the Zürcher Weinland (northern Switzerland), based on 2D and 3D seismic data. – Eclogae Geol. Helv., **98**: 345–362; Basel.
- MARTENS, T. (1982): Zur Taxonomie und Biostratigraphie neuer Conchostrakenfunde (Phyllopora) aus dem Permokarbon und der Trias von Mitteleuropa. – Freiburger Forschungsh., **C 375**: 49–82, 15 Taf.; Freiburg.
- MARX, C. M. (1834): Oosit, ein neues Mineral. – J. prakt. Chem., **3**: 216–217; Leipzig.
- (1835): Geognostische Skizze der Umgegend von Baden im Grossherzogthum. – 72 S., 6 Taf.; Karlsruhe (D. R. Marx).
- MATTER, A. (1987): Faciesanalyse und Ablagerungsmilieus des Permokarbons im Nordschweizer Trog. – Eclogae Geol. Helv., **80**: 345–367; Basel.
- , PETERS, T., ISENSCHMID, C., BLÄSI, H.-R. & ZIEGLER, H.-J. (1987): Sondierbohrung Riniken. Geologie. – NAGRA Techn. Ber., **86-02**: 198 S., 34 Beil.; Baden (Schweiz).
- , PETERS, T., BLÄSI, H.-R., MEYER, J. & ISCHI, H. (1988): Sondierbohrung Weiach. Geologie. – NAGRA Techn. Ber., **86-01**: 438 S., 110 Beil.; Baden (Schweiz).
- MAUS, H. (1965): Petrogenetische Typen der Schwarzwälder Quarzporphyre. – Diss. Univ. Freiburg: 214 S. – [unveröff.]
- (1967a): Ignimbrite des Schwarzwaldes. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., **1967**: 461–489; Stuttgart.

- (1967b): Sekundäre Minerale in Schwarzwälder Quarzporphyren. – Ber. naturf. Ges. Freiburg i. Br., **57**: 119–132; Freiburg i. Br.
- MÉNARD, G. & MOLNAR, P. (1988): Collapse of a Hercynian Tibetan Plateau into a late Palaeozoic European Basin and Range province. – *Nature*, **334**: 235–237; London.
- MENNING, M., BENEK, R., BOY, J., EHLING, B.-C., FISCHER, F., GAITZSCH, B., GAST, R., KOWALCZYK, G., LÜTZNER, H., REICHEL, W. & SCHNEIDER, J.W. (2005a): Das Rotliegend in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2002. – „Paternoster-Stratigraphie“ auf dem Rückzug. – *Newsl. Stratigr.*, **41**: 91–122; Stuttgart.
- , WEYER, D., WENDT, I. & DROZDZEWSKI, G. (2005b): Eine Numerische Zeitskala für das Pennsylvanum in Mitteleuropa. – *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, **254**: 181–198; Frankfurt a.M.
- MERIAN, P. (1821): Beiträge zur Geognosie, Erster Band: Übersicht der Beschaffenheit der Gebirgsbildungen in den Umgebungen von Basel mit besonderer Hinsicht auf das Juragebirge im Allgemeinen. – 156 S.; Basel (Schweighauser).
- (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.
- (1971): Mineralogisch-landeskundliche Wanderungen im Nordschwarzwald, besonders in dessen Bergbaurevieren. – *Aufschluss, Sonderbd.* **20**: 516 S., 1 Beil.; Heidelberg (VFMG).
- & REIN, G. (1958): Erläuterungen zur geologisch-petrographischen Übersichtskarte des Südschwarzwaldes 1 : 50 000. – 126 S., 1 Kt.; Lahr (Schauenburg).
- MEYER, H.L.F. (1911): Über Vertretung von Zechstein bei Schramberg. – *Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver., N.F.* **1**: 47–49; Stuttgart.
- (1913): Ueber den Zechstein im Spessart und Odenwald. – *Centralbl. Miner. Geol. Paläont.*, **1913**: 742–751; Stuttgart.
- MOOSBRUGGER, V. & VOGELLEHNER, D. (1986): Systematisch-Taxonomische und phylogenetische Untersuchung der Pecoeteriden-Taphoflora des Stefans an der Hohengeöldsee bei Lahr (Mittlerer Schwarzwald). – *Palaeontographica*, **B 199**: 91–192; Stuttgart.
- MOOSBRUGGER, G., MOOSBRUGGER, V. & VOGELLEHNER, D. (1981): Die Floren des Oberkarbons im Schwarzwald. Ein Beitrag zu ihrer Erforschungsgeschichte. – *Mitt. Bad. Landesver. Naturk. Natursch., N.F.* **12**: 205–220; Freiburg i. Br.
- MÜLLER, G. (1962): Zur Petrographie und Genese der hydrothermal veränderten rotliegenden Quarzporphyr-Tuffe des Kesselbergs bei Triberg (Schwarzwald). – *Chem. Erde*, **21**: 375–397; Jena.
- MÜLLER, H. (1981): Die Optimierung des Explorationsprogrammes aufgrund eines geologischen Konzeptes für die Entwicklung der Uranlagerstätte in der Lichtentaler Senke. – *Diss. TU Berlin*: **X**, 186 S. – [unveröff.]
- MÜLLER, W. H., HUBER, M., ISLER, A. & KLEBOTH, P. (1984): Erläuterung zur Geologischen Karte der zentralen Nordschweiz 1 : 100 000. – *NAGRA Techn. Ber.*, **84-25**: 234 S., 5 Beil., 1 Kt.; Baden (Schweiz).
- MURAD, E. (1975): Note on the geochemistry of Hercynian dykes and volcanics from Münstertal, Black Forest, Germany. – *N. Jb. Mineral. Mh.*, **1975**: 57–70; Stuttgart.
- NAGRA (1988): Sedimentstudie – Zwischenbericht 1988: Möglichkeiten zur Endlagerung langlebiger radioaktiver Abfälle in den Sedimenten der Schweiz. – *NAGRA Techn. Ber.*, **88-25**: 456 S.; Baden (Schweiz).
- (1989): Sondierungsbohrung Weiach. Untersuchungsbericht. – *NAGRA Techn. Ber.*, **88-08**: 197 S., 104 Beil.; Baden (Schweiz).
- (1990): Sondierungsbohrung Riniken. Untersuchungsbericht. – *NAGRA Techn. Ber.*, **88-09**: 137 S., 87 Beil.; Baden (Schweiz).
- NEUMANN, R. (1912): Geologische Untersuchungen am Schwarzwaldrand zwischen Kandern und Wehr. – *Mitt. Ghzgl. Bad. Geol. L.-Anst.*, **6**: 703–732; Heidelberg.
- NITSCH, E. & RUPF, I. (2008): Paläogeographie und Tektonik in Baden-Württemberg seit dem Perm: erste Ergebnisse aus dem Digitalen Geologischen Landesmodell des LGRB. – *Geotectonic Research*, **95**, Spec. Issue **1**: 122–124; Stuttgart.
- OEYNSHAUSEN, C. VON, DECHEN, H. VON & LA ROCHE, H. VON (1825): Geognostische Umriss der Rheinländer zwischen Basel und Mainz mit besonderer Rücksicht auf das Vorkommen des Steinsalzes. – 323 S.; Essen (Baedeker).
- ORTHMAYR, I. (1986): Geochemische Untersuchungen an den Quarzporphyren des mittleren Schwarzwaldes. – *Dipl.-Arb. Min.-Petrogr. Inst. Univ. Freiburg*: 78+19 S. – [unveröff.]
- ORTLAM, D. (1971): 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.
- (1974): Inhalt und Bedeutung fossiler Bodenkomplexe in Perm und Trias von Mitteleuropa. – *Geol. Rdsch.*, **63**: 850–884; Stuttgart.
- PAUL, J. (1985): Stratigraphie und Fazies des südwestdeutschen Zechsteins. – *Geol. Jb. Hessen*, **113**: 59–73, 1 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- PAULUS, K.E. (1866a): Begleitworte zur geognostischen Spezialkarte von Württemberg. Atlasblatt Freudenstadt mit den Umgebungen von Freudenstadt, Dornstetten, Dornhan, Sulz und Alpertsbach. – 26 S.; Stuttgart (Kgl. stat.-topogr. Bureau).
- (1866b): Begleitworte zur geognostischen Spezialkarte von Württemberg. Atlasblatt Liebenzell mit den Umgebungen von Liebenzell, Hirschau, Weil der Stadt, Heimsheim, Mönshausen und Pforzheim. – 10 S.; Stuttgart (Kgl. stat.-topogr. Bureau).



- (1868): Begleitworte zur geognostischen Spezialkarte von Württemberg. Atlasblatt Wildbad mit den Umgebungen von Wildbad, Herrenalb, Loffenau, Dobel und Neuenbürg. – 21 S.; Stuttgart (Kgl. stat.-topogr. Bureau).
- (1875): Begleitworte zur geognostischen Spezialkarte von Württemberg. Atlasblatt Oberndorf mit den Umgebungen von Oberndorf, Rottweil, Schramberg, Dunningen etc. – 17 S., 1 Taf.; Stuttgart (Kgl. stat.-topogr. Bureau).
- PETERS, T., MATTER, A., MEYER, H.-J., ISENSCHMID, C. & ZIEGLER, H.-J. (1989): Sondierbohrung Kaisten. Geologie. – NAGRA Techn. Ber., **86-04**: 286 S., 86 Beil.; Baden (Schweiz).
- PFÄFF, F. (1893): Untersuchungen über die geognostischen Verhältnisse zwischen Kandern und Lörrach im badischen Oberland. – Ber. naturf. Ges. Freiburg i. Br., **7**: 117–152; Freiburg i. Br.
- PLATZ, P. (1858): Geognostische Beschreibung des Unteren Breisgaus von Hochburg bis Lahr. – 29 S., 2 Taf.; Karlsruhe (Müller).
- (1861): Geologische Beschreibung der Umgebungen von Forbach und Ettlingen (Sectionen Forbach und Ettlingen der topographischen Karte des Großherzogthums Baden). – Beitr. Stat. d. inneren Verw. Ghzgt. Baden, **33**: 40 S., 2 Kt., 3 Taf.; Karlsruhe (Müller).
- (1867): Geologische Beschreibung der Umgebungen von Lahr und Offenburg. – Beitr. Stat. d. inneren Verw. Ghzgt. Baden, **25**: 64 S., 2 Taf., 2 Kt.; Karlsruhe (Müller).
- PLEIN, E. (1993): Bemerkungen zum Ablauf der paläogeographischen Entwicklung im Stefan und Rotliegend des Norddeutschen Beckens. – Geol. Jb., **A 131**: 99–116; Hannover.
- PLINNINGER, R. J. (1997): Meisterntunnel Bad Wildbad/Schwarzwald: Regionalgeologische und ingenieurgeologische Erkenntnisse im Zuge der Auffahrung des innerstädtischen Entlastungstunnels. – Dipl.-Arb. Geol. Inst. TU München: 130 S., 12 Anl., 4 Beil. – [unveröff.]
- (1998): Die geologisch-ingenieurgeologischen Verhältnisse beim Vortrieb des Meisterntunnels Bad Wildbad/Schwarzwald. – Münchner Geol. Hefte, **B 7**: 138–147; München.
- & THURO, K. (1999): Die geologischen Verhältnisse beim Vortrieb des Meisterntunnels Bad Wildbad/Nordschwarzwald. – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver., N.F. **81**: 325–345; Stuttgart.
- PRIER, H. (1963): Das pyroklastische Rotliegende im südlichen Odenwald. – Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **6**: 301–335; Freiburg i. Br.
- (1969): Das pyroklastische und sedimentäre Rotliegende im Bereich der Bergstraße des südlichen Odenwalds. – Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **11**: 279–298, 2 Abb. o. pag., Taf. 13–15; Freiburg i. Br.
- (1975): Tuffe und Sedimente des Rotliegenden im Odenwald. – Aufschluss, Sonderbd. **27**, 285–298; Heidelberg.
- QUENSTEDT, F. A. (1843): Das Flözgebirge Württembergs. Mit besonderer Rücksicht auf den Jura. – 560 S.; Tübingen (Laupp).
- (1845): Über die Hoffnung auf Kohlen in Württemberg. – Jh. Ver. vaterl. Naturk. Württ., **1**: 145–150; Stuttgart.
- (1846): Über die Kohlenformation mit Bemerkungen zu vorstehenden Einwendungen (durch KURR 1846). – Jh. Ver. vaterl. Naturk. Württ., **2**: 173–183; Stuttgart.
- RAUBER, U. (1979): Geologie des Gebietes zwischen Steinen – Maulburg – Kloster Weitenau (Weitenauer Vorberge/Südbaden). – Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. Freiburg: 56 S., 2 Beil. – [unveröff.]
- 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).
- (1907): Erläuterungen zu Blatt Obertal-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.]
- (1911): Erläuterungen zu Blatt Enzklosterle (Nr. 78). – Erl. Geol. Spezialkt. Kgr. Württ., Bl. 78: 107 S.; Stuttgart. – [Nachdruck 1934, 1973: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Erl. Bl. 7316 Forbach; Stuttgart.]
- (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., Erl. Bl. 7217 Bad Wildbad; Stuttgart.]
- (1935), neu bearb. von 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., Erl. Bl. 7416 Baiersbronn; Stuttgart.]
- (1991) mit Nachtr. von 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.
- REIFF, W. (1992): Zur Geschichte des Geologischen Landesamts Baden-Württemberg. – Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **34**: 7–191; Freiburg i. Br.
- REIMANN, C. (1977): Petrochemie und Mineralogie des Dosenheimer Rhyoliths. – Dipl.-Arb. Univ. Hamburg: 104 S. – [unveröff.]
- RENGGER, A. (1824): Beyträge zur Geognosie, besonders zu derjenigen der Schweiz und ihrer Umgebungen, **1**. – 254 S.; Stuttgart, Tübingen (Cotta).
- REST, H. (1951): Beiträge zur Geologie der Vorbergzone zwischen Lahr und Offenburg. – Diss. Univ. Freiburg: 119 S., 21 Taf., 1 Kt. – [unveröff.]
- REUSS, G. C. (1850): ESER'S Petrefacten-Sammlung systematisch verzeichnet. – Jber. Realanst. Ulm, **6**: 55 S.; Ulm (Geuß).
- RICHTER-BERNBURG, G. (1974): Stratigraphische Synopsis des deutschen Buntsandsteins. – Geol. Jb., **A 25**: 127–132; Hannover.
- RÖPER, H.-P. (1980): Zur Petrographie und Genese des Karneol-Dolomit-Horizontes (Grenze Rotliegend/Buntsand-

- stein) im Gebiet des Mittleren Schwarzwaldes. – Diss. Univ. Heidelberg: 289 + 62 S., 4 Beil. – [unveröff.]
- RÖTH, H. (1935): Vom Porphyr des Hellenbachtals bei Heidelberg. – *Bad. Geol. Abh.*, **7**: 131–132; Karlsruhe.
- ROSCHER, M. & SCHNEIDER, J.W. (2006): Permo-Carboniferous climate: Early Pennsylvanian to Late Permian climate development of Central Europe in a regional and global context. – *Geol. Soc. London Spec. Publ.*, **265**: 95–136; London.
- RÖSSLER, R. (1995): Litho- und Biofaziesmuster des kontinentalen Oberkarbon und Rotliegend in Norddeutschland – Grundlagen für die stratigraphische Interpretation von Tiefbohrungen. – Diss. TU Bergakad. Freiberg: 122 S., 22 Anl. – [unveröff.]
- ROWLEY, D.B., RAYMOND, A., PARRISH, J.T., LOTTES, A.L., SCOTSE, C.R. & ZIEGLER, A.M. (1985): Carboniferous paleogeographic and paleoclimatic reconstruction. – *Int. J. Coal Geol.*, **5**: 7–42; Amsterdam.
- RÜGER, L. (1928): Geologischer Führer durch Heidelbergs Umgebung (Odenwald – Bauland – Kraichgau – Rheinebene). – 351 S., 3 Taf.; Heidelberg (Winter).
- 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.
- RUSKA, J. (1908): Geologische Streifzüge in Heidelbergs Umgebung. – 208 S.; Leipzig (Nägele).
- SALOMON, W. (1903): Der Zechstein von Eberbach und die Entstehung der permischen Odenwälder Manganmulme. – *Z. Dt. geol. Ges.*, **55**: 419–431; Berlin.
- (1911): Windkanter im Rotliegenden von Baden-Baden. – *Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver.*, N.F. **1**: 41–42; Stuttgart.
- SANDBERGER, F. (1856): Übergangsformation des südlichen Schwarzwaldes und die Steinkohlenbildungen der Gegend von Baden-Baden. – *N. Jb. Miner. Geogn. Petrefaktenk.*, **1856**: 334–335; Stuttgart.
- (1859): Über die offiziellen geologischen Aufnahmen Baden'scher Bäder. – *N. Jb. Miner. Geogn. Petrefaktenk.*, **1859**: 129–152; Stuttgart.
- (1861): Geologische Beschreibung der Gegend von Baden (Sektionen Rastatt und Steinbach der topographischen Karte des Großherzogthums Baden). – *Beitr. Stat. d. inneren Verw. Ghzgt. Baden*, **11**: 66 S., 2 Kt., 3 Taf.; Karlsruhe (Müller).
- (1863): Geologische Beschreibung der Umgebungen der Renchbäder (Sektion Oppenau der topographischen Karte des Großherzogthums Baden). – *Beitr. Stat. d. inneren Verw. Ghzgt. Baden*, **16**: 53 S., 1 Kt., 2 Taf.; Karlsruhe (Müller).
- (1864): Die Flora der oberen Steinkohlenformation im Badischen Schwarzwald. – *Verh. Naturwiss. Ver. Karlsruhe*, **1**: 30–36; Karlsruhe.
- (1866): Bemerkungen über fossile Pflanzen aus dem Rotliegenden des badischen Schwarzwaldes. – *Würzburger Naturwiss. Z.*, **6**: 74–77, Taf. V; Würzburg.
- (1890): Über Steinkohlenformation und Rothliegendes im Schwarzwald und deren Floren. – *Jb. k. k. Reichsanstalt*, **40**: 77–102; Wien.
- SAUER, A. (1893): Porphyrstudien. – *Mitt. Ghzgt. Bad. Geol. L.-Anst.*, **2**: 793–836; Heidelberg.
- (1894): Erläuterungen zu Blatt Gengenbach (Nr. 82). – *Geol. Specialkt. Ghzgt. Baden, Erl. Bl.* 82: 87 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1985: *Geol. Kt.* 1 : 25 000 Baden-Württ., Erl. Bl. 7514 Gengenbach; Stuttgart.]
- (1895): Erläuterungen zu Blatt Oberwolfach-Schenkenzell (Nr. 88/89). – *Geol. Specialkt. Ghzgt. Baden, Erl. Bl.* 88/89: 76 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1986, 1995: *Geol. Kt.* 1 : 25 000 Baden-Württ., Erl. Bl. 7615 Wolfach; Stuttgart.]
- (1897): Erläuterungen zu Blatt Hornberg-Schiltach (Nr. 94/95). – *Geol. Specialkt. Ghzgt. Baden, Erl. Bl.* 94/95: 60 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1986, 1996: *Geol. Kt.* 1 : 25 000 Baden-Württ., Erl. Bl. 7715 Hornberg; Stuttgart.]
- (1899): Erläuterungen zu Blatt Triberg (Nr. 100). – *Geol. Specialkt. Ghzgt. Baden, Erl. Bl.* 100: 48 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1984: *Geol. Kt.* 1 : 25 000 Baden-Württ., Erl. Bl. 7815 Triberg im Schwarzwald; Stuttgart.]
- (1902): Das Steinkohlenvorkommen von Berghaupten – Diersburg im Schwarzwald. – *Jh. Ver. vaterl. Naturk. Württ.*, **58**: 94–96; Stuttgart.
- SAUER, K. (1960): Einige geologisch aufschlussreiche Bohrungen in Freiburg i.Br. und seiner weiteren Umgebung. – *Mitt. Bad. Landesver. Naturk. Natursch.*, **7**: 423–433; Freiburg i.Br.
- (1965): Die Freiburger Thermalwasserbohrung und ihre Geschichte. – *Freiburger Jahreszeiten*, **1(2)**: 67–71; Freiburg i.Br.
- (1974): Die Vergrößerung des Thermalwasserdargebotes in Badenweiler. – *Geologische Voraussetzungen und Ergebnisse der Arbeiten 1962 bis 1973*. – Heilbad & Kurort, **26**: 15–23; Gütersloh.
- SAVAŞ, Ü. (1990): Geologie, Stratigraphie, Tektonik des Gebietes zwischen Mooskopf, Edelmannkopf, Nordrach-Fabrik und Kornebene östlich von Gengenbach (mittlerer Schwarzwald). – *Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. Freiburg*: 119 S., 2 Beil. – [unveröff.]
- SAWATZKI, G. (2005): Erläuterungen zu Blatt 8215 Ühlingen-Birkendorf. – *Geol. Kt.* 1 : 25 000 Baden-Württ., Erl. Bl. 8215: 106 S., 5 Beil.; Freiburg i.Br.
- & HANN, H.P. (2003): Badenweiler-Lenzkirch-Zone (Süd-schwarzwald). Erläuterungen zur Geologischen Karte von Baden-Württemberg 1 : 50 000. – 182 S., 2 Beil.; Freiburg i.Br. (LGRB).
- 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. (1895): Erläuterungen zu Blatt Petersthal-Reichenbach (Nr. 83/84). – Geol. Specialkt. Ghzgt. Baden, Erl. Bl. 83 & 84: 81 S., 1 Beil.; Heidelberg. – [Nachdruck 1985: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Erl. Bl. 7515 Oppenau; Stuttgart.]
- (1897): Erläuterungen zu Blatt Königsfeld-Niedereschach (Nr. 101/102). – Geol. Specialkt. Ghzgt. Baden, Erl. Bl. 101 & 102: 88 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1986: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Erl. Bl. 7816 St. Georgen im Schwarzwald; Stuttgart.]
- (1899): Erläuterungen zu Blatt Villingen (Nr. 110). – Geol. Specialkt. Ghzgt. Baden, Erl. Bl. 110: 78 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1984: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Erl. Bl. 7916 Villingen-Schwenningen-West; Stuttgart.]
- & SAUER, A. (1903): Erläuterungen zu Blatt Furtwangen (Nr. 109). – Geol. Specialkt. Ghzgt. Baden, Erl. Bl. 109: 35 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1984: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Erl. Bl. 7915 Furtwangen; Stuttgart.]
- SCHALTEGGER, U. (1997): The age of an Upper Carboniferous/Lower Permian sedimentary basin and its hinterland as constrained by U-Pb dating of volcanic and detrital Zircon (Northern Switzerland). – Schweiz. Min. Petrogr. Mitt., **77**: 101–111; Zürich.
- (2000): U-Pb geochronology of the Southern Black Forest Batholith (Central Variscan Belt): timing of exhumation and granite emplacement. – Geol. Rdsch., **88**: 814–828; Berlin.
- SCHILL, J. (1862): Geologische Beschreibung der Umgebungen der Bäder Glotterthal und Suggenthal. – Beitr. Stat. d. inneren Verw. Ghzgt. Baden, **12**: 72 S., 1 Kt., 1 Taf.; Karlsruhe (Müller).
- (1867): Geologische Beschreibung der Umgebungen von Waldshut. – Beitr. Stat. d. inneren Verw. Ghzgt. Baden, **23**: 92 S., 1 Kt., 4 Taf.; Karlsruhe (Müller).
- SCHLEICHER, A.M. (2005): Fluid-rock interaction in fractured crystalline rocks of the Rhine rift system: Case studies from the Soultz-sous-Forêts granite (France) and the Schauenburg Fault (Germany). – Diss. Univ. Heidelberg: 104 S.: Internet (<http://archiv.ub.uni-heidelberg.de/volltextserver/volltexte/2005/5562/pdf/Diss-schleicher.pdf>)
- SCHLEICHER, H. & LIPPOLT, H.-J. (1981): Magmatic Muscovite in felsitic parts of rhyolites from southwest Germany. – Contr. Miner. Petrol., **78**: 220–224; Berlin.
- , LIPPOLT, H.-J. & RACZEK, I. (1980): Untersuchungen zum Auftreten von Muskovit in rhyolithischen Permvulkaniten des Schwarzwaldes. – Fortschr. Miner., **58**, Beih. 1: 116–117; Stuttgart.
- SCHMASSMANN, H. & BAYRAMGIL, I.O. (1945): Stratigraphie des Perms im schweizerischen Tafeljura. – Eclogae Geol. Helv., **38**: 380–385; Basel.
- & BAYRAMGIL, I.O. (1946): Stratigraphie, Petrographie und Paläogeographie der Perm-Formation im schweizerischen Tafeljura und die Steinkohlenfrage der Nordschweiz. – Tätigkeitsber. naturf. Ges. Baselland, **15**: 12–136; Liestal.
- SCHMIDT, A. (1912): Drei Tiefbohrungen auf Steinkohle am oberen Neckar. – Württ. Jb. Stat. Landesk., **1912**: 162–173; Stuttgart.
- (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., Erl. Bl. 7617 Sulz am Neckar; Stuttgart.]
- SCHMIDT, M. (1905): Mitteilungen über einige kleinere Funde aus dem östlichen Schwarzwald und dessen Umgebung. – Ber. Vers. oberrh. geol. Ver., **38** (1904): 28–29; Stuttgart.
- & 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., Erl. Bl. 7516 Freudenstadt; Stuttgart.]
- SCHNARRENBERGER, C. (1906): Erläuterungen zu Blatt St. Peter (Nr. 108). – Geol. Specialkt. Ghzgt. Baden, Nr. 108 (7914): 25 S.; Heidelberg.
- SCHNARRENBERGER, K. (1909): Erläuterungen zu Blatt Elzach (Nr. 99). – Geol. Specialkt. Ghzgt. Baden, Erl. Bl. 99: 60 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1985: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Erl. Bl. 7814 Elzach; Stuttgart.]
- SCHNEIDER, H. (1963): Geologische Kartierung in der Rotenfelsener Senke (Grundgebirge des Nordschwarzwaldes) und der angrenzenden Vorbergzone zum Oberrheingraben. – Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. Heidelberg: 156 S. – [unveröff.]
- (1966): Sedimentation und Tektonik im Jung-Paläozoikum der Baden-Badener Senke (Stefan, Rotliegendes, Zechstein). – Diss. Univ. Heidelberg: 112 S. – [unveröff.]
- SCHNEIDER, J.W., RÖSSLER, R. & GAITZSCH, B. (1995): Time lines of the Late variscan volcanism – a holostatigraphic synthesis. – Zbl. Geol. Paläont., **1** 1994: 477–490; Stuttgart.
- SCHRADER, D. (2000): Kartierung des permotriassischen Deckgebirges nördlich von Alpirsbach (Mittlerer Schwarzwald) und eine Lithofaziesanalyse der Sandgrube Nagel. – Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. Freiburg: 61 S., 5 Beil. – [unveröff.]
- SCHÜBLER, G. VON (1860): Über die Ergebnisse der Bohrarbeiten auf Steinkohle in Württemberg. – Jh. Ver. vaterl. Naturk. Württ., **16**: 44–50; Stuttgart.
- (1861): Zusammenstellung der in den letzten Jahren durch bergmännische Arbeiten gewonnenen Aufschlüsse. – Jh. Ver. vaterl. Naturk. Württ., **17**: 47–54; Stuttgart.
- SCHWEISS, D. (1984): Sedimentpetrographische Untersuchungen an Rotsedimenten des Grenzbereiches Perm/Trias am südwestlichen Beckenrand. – Geol. Jb. Hessen, **112**: 83–126, 25 Abb., 4 Tab.; Wiesbaden.
- SCHWEIZER, V. & KRAATZ, R. (1982): Kraichgau und südlicher Odenwald. – Slg. Geol. Führer, **72**: 203 S. Berlin (Borntraeger).
- SEELING, J. (2005): Heidelberg. Wanderungen durch die Erdgeschichte. – 159 S.; Frankfurt a. M. (Seeling).
- SELB, J.C. (1805): Geognostische Beschreibung des Kinzigerthals mit Hinsicht auf das Hauptgebirge des Schwarzwaldes. – Denkschr. vaterl. Ges. Aertzte Naturforsch. Schwabens, **1**: 324–430; Tübingen.



- SELTNER, V. (1989): Paläoböden im obersten Westfal bis Stefan des nordwestdeutschen Oberkarbon-Beckens. – Z. Dt. geol. Ges., **140**: 249–258; Hannover.
- SESSLER, G. (1979): Sedimentologie der Uran-führenden Oberkarbonschichten des Kirchheimer- und Sauerbusch-Stollens in der Senke von Baden-Baden. – Diss. Univ. Heidelberg: 311 S. – [unveröff.]
- SITTIG, E. (1974): Die Schichtenfolge des Rotliegenden der Senke von Baden-Baden (Nordschwarzwald). – Oberrhein. geol. Abh., **23**: 31–41; Karlsruhe.
- (1983): Eine Geröllbestandsaufnahme im grobklastischen Oberrotliegenden der Senke von Baden-Baden. – Oberrhein. geol. Abh., **32**: 45–68; Karlsruhe.
- (1988): Rotliegendes of the Schwarzwald Mountains. A reappraisal. – Z. geol. Wiss., **16**: 1003–1012; Berlin.
- (1995): Geologie. – In: Kreisbeschreibungen des Landes Baden-Württemberg, Der Stadtkreis Baden-Baden: 10–25; Sigmaringen (Thorbecke).
- (2003): Die Lichtental-Formation von Baden-Baden und das Normalprofil des Schwarzwälder Rotliegenden. – Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **39**: 177–238; Freiburg i. Br.
- SPRECHER, C. & MÜLLER, W. H. (1986): Geophysikalisches Untersuchungsprogramm Nordschweiz: Reflexionsseismik 82, NAGRA Techn. Ber., **84-15**: 168 S., 32 Beil.; Baden (Schweiz) (NAGRA).
- STAMPFLI, G., RAUMER VON, J. & BOREL, G. D. (2002): Paleozoic evolution of pre-Variscan terranes: From Gondwana to the variscan collision. – Geol. Soc. Am. Spec. Paper, **364**: 263–280; Boulder/Co.
- STD (2002): Deutsche Stratigraphische Kommission [Hrsg.]: Stratigraphische Tabelle von Deutschland 2002: 1 Bl. (Poster-format); Potsdam.
- STEININGER, F. F. & PILLER, E. (1999): Empfehlungen (Richtlinien) zur Handhabung der stratigraphischen Nomenklatur. – Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, **209**: 1–19; Frankfurt a. M.
- STELLRECHT, R. (1954): Beiträge zur Geologie zwischen Kandern und Schlächtenhaus. – Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. Freiburg: 128 S., 3 Beil. – [unveröff.]
- (1961): Stratigraphische und tektonische Fragen am Südennde des Schwarzwaldes. – Z. Dt. geol. Ges., **113**: S. 607; Hannover.
- (1963a): Zur Stratigraphie und Tektonik der Weitenauer Vorberge am Südostende des Oberrheingrabens. – Oberrh. geol. Abh., **12**: 119–127; Karlsruhe.
- (1963b): Über das Oberrotliegende im Gebiet der Schopheimer Bucht. – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver., N.F. **45**: 1–11; Stuttgart.
- STEPANEK, I. (1987): Die Flora des unteren Oberkarbons von Diersburg-Berghaupten bei Offenburg (Mittlerer Schwarzwald), III. – Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **29**: 169–208; Freiburg i. Br.
- & VOGELLEHNER, D. (1985): Die Flora des unteren Oberkarbons von Diersburg-Berghaupten bei Offenburg (Mittlerer Schwarzwald), II. – Ber. naturf. Ges. Freiburg i. Br., **75**: 71–90; Freiburg i. Br.
- , MOOSBRUGGER, V. & VOGELLEHNER, D. (1983): Die Flora des unteren Oberkarbons von Diersburg-Berghaupten bei Offenburg (Mittlerer Schwarzwald), I. – Ber. naturf. Ges. Freiburg i. Br., **73**: 47–75; Freiburg i. Br.
- STERZEL, J. T. (1895): Die Flora des Rotliegenden von Oppenau im badischen Schwarzwald (Blatt Peterstal-Reichenbach). – Mitt. Ghzgl. Bad. geol. L.-Anst., **3**: 259–352; Heidelberg.
- (1907): Die Karbon- und Rotliegendefloren im Großherzogtum Baden. – Mitt. Großherzogl. Bad. Geol. L.-Anst., **5**: 345–892, Taf. 14–68; Heidelberg.
- STILLE, H. (1924): Grundfragen der vergleichenden Tektonik. – 443 S.; Berlin (Borntraeger).
- (1928): Die oberkarbonisch-altdyadischen Sedimentationsräume Mitteleuropas in ihrer Abhängigkeit von der variscischen Tektonik. – Congr. Stratigr. Carbonifère, Heerlen **1927**: 697–730, pl. 17; Liège.
- STIZENBERGER, E. (1851): Uebersicht der Versteinerungen des Grossherzogthums Baden. – 144 S.; Freiburg (Diernfellner).
- STOBER, G. (1954): Geologie der Umgebung von Schlächtenhaus und Wieslet. – Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. Freiburg: 97 S., 3 Taf., 1 Kt., 3 Beil. – [unveröff.]
- STORCH, D. H. (1992): Pterophyllum blechnoides aus dem Unterrotliegenden des Schwarzwaldes. – Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **34**: 383–394; Freiburg i. Br.
- 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, N.F. **12**: 63–172, 5 Kt.; Heidelberg.
- (1922): Zur Paläogeographie des Schwarzwaldes. Die Abrasionsfläche als klimatisch-tektonisches Problem des oberen Perms. – Verh. Naturhist.-Med. Ver. Heidelberg, N.F. **15**: 155 S., 5 Beil.; Heidelberg.
- (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**]
- (1950): Perm und Trias am Südrande des Schwarzwaldes. – Mitt. Bad. Geol. Landesanst., **1949**: 12–16; Freiburg i. Br.
- STROMBURG, G. (1964): Mineralogisch-petrographische Untersuchungen an den Sedimenten (Schichtflutflanglomeraten) des Oberrotliegenden von Schramberg. – Beitr. Miner. Petrogr., **11**: 20–48; Berlin.
- STRUVE, H. C. G. VON (1807): Mineralogische Beiträge, vorzüglich in Hinsicht auf Würtemberg und den Schwarzwald. – 202 S.; Gotha (Ettinger).
- SUTTOR, H. (1986): Korrelation geologischer Kartierung und mineralogisch-sedimentpetrographischer Untersuchungen im Nordostteil der Baden-Badener Senke (Südwestteil Blatt 7116 Malsch). – Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. Karlsruhe: 130 S. – [unveröff.]



- , SMYKATZ-KLOSS, W. & SITTIG, E. (1988): Sedimentpetrographische Untersuchungen am Rotliegenden der Baden-Badener Senke (BRD). – Chem. Erde, **48**: 19–34, Taf. I; Jena.
- SZURLIES, 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.
- THÜRACH, H. (1897): Erläuterungen zu Blatt Zell am Harmersbach (Nr. 87). – Geol. Specialkt. Ghzgt. Baden, Erl. Bl. 87: 76 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1984: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Erl. Bl. 7614 Zell am Harmersbach; Stuttgart.]
- (1901): Erläuterungen zu Blatt Haslach (Nr. 93). – Geol. Specialkt. Ghzgt. Baden, Erl. Bl. 93: 43 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1984: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Erl. Bl. 7714 Haslach im Kinzigtal; Stuttgart.]
- (1918): Erläuterungen zu Blatt Heidelberg (Nr. 23) (3. Aufl.). – Geol. Specialkt. Ghzgt. Baden, Erl. Bl. 23: 149 S.; Heidelberg. – [Nachdruck 1984, 1995: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Erl. Bl. 6518 Heidelberg-Nord; Stuttgart.]
- THURY, M. & DIEBOLD, P. (1987): Überblick über das geologische Untersuchungsprogramm der Nagra in der Nordschweiz. – Eclogae Geol. Helv., **80**: 271–286; Basel.
- TREFFZGER, 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. (1963): Zur Gliederung des Buntsandsteins. – Erdoel-Z., **1963** (7): 277–292; Wien.
- (1964): Über den Untergrund Frankens. Ergebnisse von Tiefbohrungen in Franken und Nachbargebieten 1953–1960. – Geol. Bavarica, **54**: 92 S., 13 Beil.; München.
- VILLINGER, E. (1982): Hydrogeologische Aspekte zur geothermalen Anomalie im Gebiet Urach-Boll am Nordrand der Schwäbischen Alb (SW-Deutschland). – Geol. Jb., **C 32**: 3–41; Hannover.
- VOELCKER, I. (1926): Die Ausbruchsstellen der Heidelberger Porphyre. – Cbl. Miner. Geol. Paläont., **1926 B**: 257–259; Stuttgart.
- (1927): Untersuchungen über die Klüfte und Fluidaltexturen der Porphyre im östlichen Odenwald und mittleren Schwarzwald. – Cbl. Miner. Geol. Paläont., **1927 B**: 251–263; Stuttgart.
- (1928): Zum Porphyre vom Simmersbachtal. – Cbl. Miner. Geol. Paläont., **1928 B**: 549–263; Stuttgart.
- VOGELGESANG, W. M. (1872): Geologische Beschreibung der Umgebungen von Triberg und Donaueschingen. – Beitr. Stat. d. inneren Verw. Ghzgt. Baden, **30**: 133 S., 2 Kt., 2 Taf.; Karlsruhe (Müller).
- VOGELLEHNER, D. (1967): Die Flora des Stefans an der Hohengeroldseck bei Lahr (Mittlerer Schwarzwald). – Ber. naturf. Ges. Freiburg i. Br., **57**: 133–168, 245–266; Freiburg i. Br.
- WAGER, R. (1931): Über ein in der Literatur nicht angeführtes Vorkommen von Rotliegendem im Achertal (nördlicher Schwarzwald). – Bad. geol. Abh., **3**: 105–108; Karlsruhe.
- WALCHNER, F. A. (1832a): Handbuch der gesamten Mineralogie in technischer Beziehung, zweiter Band: Geognosie. – 1 104 S.; Karlsruhe (Groos).
- (1832b): Geognostische Carte von Baden 1 : 50 000. – 1 Bl. – [unveröff., handkolorierte Kopien in Umlauf.]
- WALTHER, J. (1921): Geologie von Deutschland (3. Aufl.). – 489 S., 2 Beil.; Leipzig (Quelle & Meyer).
- WERNER, W. & DENNERT, V. (2005): Lagerstätten und Bergbau im Schwarzwald. Ein Führer unter besonderer Berücksichtigung der für die Öffentlichkeit zugänglichen Bergwerke. – 334 S.; Freiburg i. Br. (LGRB).
- & KESTEN, D. (2006): Die mineralischen Rohstoffe des Landes Baden-Württemberg und ihre Verwendung. – LGRB-Informationen, **18** (Rohstoffbericht 2006): 12–80; Freiburg i. Br.
- WEYL, R. (1936): Stratigraphie und Tektonik der Grundgebirgsgrenze zwischen Kinzig und Elz im mittleren Schwarzwald. – Bad. geol. Abh., **8**: 46–126; Karlsruhe.
- (1937): Der Porphyre im Simmersbachtal bei Ottenhöfen im Schwarzwald. – Bad. geol. Abh., **9**: 3–17; Karlsruhe.
- (1938a): Die weißen Porphyre des Schwarzwaldes. – N. Jb. Miner. Geol. Paläont., **BBA**: 193–201; Stuttgart.
- (1938b): Die Entwicklung des Rotliegenden Vulkanismus im Schwarzwald. – Z. Dt. geol. Ges., **90**: 367–380; Berlin.
- (1940): Bewegungsspuren in Schwarzwälder Quarzporphyren. – Oberrhein. geol. Abh., **11**: 79–92; Karlsruhe.
- (1943): Entglasungs- und Bewegungsbilder an Quarzporphyren des Schwarzwaldes. – Natur und Volk, **73**: 49–58; Frankfurt a. M.
- WILFARTH, M. (1932): Epirogenese und Altersbestimmung permischer Sedimente im Schwarzwald. – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver., N. F. **21**: 15–65; Stuttgart.
- WILSER, J. L. (1913): Die Perm-Triasgrenze im südwestlichen Baden. – Ber. naturf. Ges. Freiburg i. Br., **20**: 59–80; Freiburg i. Br.
- (1914): Die Rheintalflexur nordöstlich von Basel zwischen Lörrach und Kandern und ihr Hinterland. – Mitt. Ghzgl. Bad. Geol. L.-Anst., **7**: 485–640; Heidelberg.
- (1933): Paläogeographie der Perm-Trias-Profile am südöstlichen Rand des Rheintalgrabens. – N. Jb. Min. Geol. Paläont., Beil.-Bd. **71 B**: 1–17; Stuttgart.
- (1935): Südgerichteter Schuppenbau und carbonischer Vulkanismus im mittleren badischen Schwarzwald. – N. Jb. Miner. Geol. Paläont., Beil.-Bd. **73 B**: 341–383; Stuttgart.
- 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. – Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Erl. Bl. 6623: 169 S., 4 Taf., 7 Beil.; Stuttgart
- ZIEGLER, P.A. & DÉZES, P. (2005): Evolution of the lithosphere in the area of the Rhine Rift system. – Geol. Rdsch., **94**: 594–614; Berlin.
- ZIERVOGEL, H. (1914): Das Steinkohlengebirge von Diersburg-Berghaupten im Amtsbezirk Offenburg. – Mitt. Bad. Geol. L.-Anst., **8**: 3–62; Heidelberg.
- ZUTHER, M. (1982): Das Uranvorkommen Müllenbach/Baden-Baden, eine epigenetisch-hydrothermale Imprägnationslagerstätte in Sedimenten des Oberkarbon. – Diss. Univ. Göttingen: 87 S. – [unveröff.]
- (1983): Das Uranvorkommen Müllenbach/Baden-Baden, eine epigenetisch-hydrothermale Imprägnationslagerstätte in Sedimenten des Oberkarbon (Teil I: Erzmineralbestand). – N. Jb. Miner. Abh., **147**: 191–216; Stuttgart.
- & BROCKAMP, O. (1988): The fossil geothermal system of the Baden-Baden trough (northern Black Forest, F.R. Germany). – Chem. Geol., **71**: 337–353; Amsterdam.



LGRB-Informationen	22	S. 103 – 122	6 Abb.	1 Tab.	Freiburg i. Br. September 2009
--------------------	----	--------------	--------	--------	-----------------------------------

Ergebnisse der Forschungsbohrung Wutachschlucht (Kreis Breisgau-Hochschwarzwald, Baden-Württemberg)

THEO SIMON, MARTIN BARTENBACH, HELMUT BOCK, JOCHEN LEPPER,
MANFRED MARTIN & MATTHIAS REIMANN

Inhalt

1	Einleitung	105
2	Lage und Bohrverfahren	107
3	Schichtenfolge	107
	3.1 Quartär	107
	3.2 Mittlerer Muschelkalk	107
	3.3 Unterer Muschelkalk	107
	3.3.1 Wellenkalk-Formation	107
	3.3.2 Freudenstadt-Formation	109
	3.3 Buntsandstein	109
	3.3.1 Oberer Buntsandstein	111
	3.3.1.1 Rötton-Formation	111
	3.3.1.2 Plattensandstein-Formation	114
	3.3.2 Oberer/Mittlerer Buntsandstein	114
	3.4 Grundgebirge	114
4	Gamma-Ray-Messungen	116
5	Geochemische Untersuchungen	116
6	Schlussfolgerungen	117
7	Geologisches Profil der Forschungsbohrung	117
	Literatur	121

Anschrift der Autoren: Prof. Dr. THEO SIMON (theo.simon@rpf.bwl.de) • Dr. HELMUT BOCK (helmut.bock@rpf.bwl.de) • Dr. MANFRED MARTIN (manfred.martin@rpf.bwl.de) • Regierungspräsidium Freiburg (Abt. 9) – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau • Postfach • 79095 Freiburg i.Br. • MARTIN BARTENBACH (m.bartenbach@gmx.net) • Institut und Museum für Geologie und Paläontologie • Sigwartstraße 10 • 72076 Tübingen • Dr. JOCHEN LEPPER (dres.lepper@web.de) • Ahldener Straße 10E • 30625 Hannover • Dr. MATTHIAS REIMANN (matthias.reimann@knauf.de) • Knauf Gips KG • Postfach 10 • 97343 Iphofen





LGRB-Informationen	22	S. 103 – 122	6 Abb.	1 Tab.	Freiburg i.Br. September 2009
--------------------	----	--------------	--------	--------	----------------------------------

Ergebnisse der Forschungsbohrung Wutachschlucht (Kreis Breisgau-Hochschwarzwald, Baden-Württemberg)

THEO SIMON, MARTIN BARTENBACH, HELMUT BOCK, JOCHEN LEPPER,
MANFRED MARTIN & MATTHIAS REIMANN

Schlagworte: Muschelkalk, Buntsandstein, Lithostratigraphie, Paläoböden, Randfazies, Geochemie, Schwarzwald, Baar, Baden-Württemberg

Kurzfassung

Die Forschungsbohrung durchteuft die Schichten des Unteren Muschelkalks und des Buntsandsteins bis zum Grundgebirge. Die Schichtenfolge im Unteren Muschelkalk bestätigt das bisher bekannte, an Oberflächenaufschlüssen aufgenommene Profil, wogegen sich im Buntsandstein deutliche Abweichungen ergeben. Der höhere Teil des Buntsandsteins ist der Fazies nach eindeutig dem Oberen Buntsandstein zuzuordnen. Darunter werden die Sandsteine grobkörnig und sind sehr stark pedogen überprägt. Eine stratigraphische Zuordnung zum Oberen oder Mittleren Buntsandstein, ist nicht mehr sicher möglich. Bemerkenswert ist, dass in diesem unteren Abschnitt die Randfazies aus einer Stapelung von Bodenhorizonten besteht. Spurenelementgehalte sind in einzelnen Lagen erhöht.

[Results of the Research Borehole Wutachschlucht
(Kreis Breisgau-Hochschwarzwald,
Baden-Württemberg)]

Keywords: Muschelkalk, Bunter, lithostratigraphy, marginal facies, paleosoils, chemical investigations
Baden-Württemberg, Baar, Schwarzwald

Abstract

The scientific research well penetrates the Lower Muschelkalk sequence and the Bunter deposits up to the crystalline basement. The drilled Lower Mu-

schelkalk sequence corresponds well with that one known from nearby surface outcrops. In contrast, the drilled Bunter sequence differs partially from logged outcrop sections. Due to its lithofacies, the upper part of the Bunter sequence clearly belongs to the Upper Bunter. In the lower part of the drilled Bunter sequence, coarse grained sandstones are frequent and numerous paleosoils and their reworked material occur. The stratigraphic correlation of this part with Upper or Middle Bunter deposits of the northward basinal facies, or even perhaps with older strata, is not possible. It is noteworthy that the marginal Bunter deposits in this lower part consist of stacked paleosoils. Regarding the concentration of the element As, Cu, Pb, S and Zn, the Upper Bunter and the Lower Muschelkalk show clear differences. Typically, high concentrations are related to single beds.

1 Einleitung

Die Schichtenfolge des Buntsandsteins ist aus der Wutachschlucht bisher nur aus kombinierten Profilen bekannt (z. B. ORTLAM 1970 a, WURM et al. 1989, BECKER 1995, BANGERT 1991, BOCK 2002). Deshalb erschien es sinnvoll eine Forschungsbohrung niederzubringen. Diese wurde von der Arbeitsgruppe Buntsandstein der Subkommission Perm-Trias der Deutschen Stratigraphischen Kommission angeregt. Die Bohrung wurde vom 22.10. bis 06.11.2007 von der Firma Knauf Gips KG Iphofen abgeteuft. Infolge des steilen Geländes in der Wutachschlucht lag der günstigste Bohrplatz stratigraphisch im Mittleren Muschelkalk, sodass auch ein durchgängiges

Anschrift der Autoren: Prof. Dr. THEO SIMON (theo.simon@rpf.bwl.de) • Dr. HELMUT BOCK (helmut.bock@rpf.bwl.de) • Dr. MANFRED MARTIN (manfred.martin@rpf.bwl.de) • Regierungspräsidium Freiburg (Abt. 9) – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau • Postfach • 79095 Freiburg i.Br. • MARTIN BARTENBACH (m.bartenbach@gmx.net) • Institut und Museum für Geologie und Paläontologie • Sigwartstraße 10 • 72076 Tübingen • Dr. JOCHEN LEPPER (dres.lepper@web.de) • Ahldener Straße 10E • 30625 Hannover • Dr. MATTHIAS REIMANN (matthias.reimann@knauf.de) • Knauf Gips KG • Postfach 10 • 97343 Iphofen

Profil aus dem Unteren Muschelkalk vorliegt. Die Bohrung wurde ergänzt durch ein an den Kernen gemessenes Gamma-Ray-Log.

Die Wutach hat sich nach der Umlenkung des Flusses zum Einzugsgebiet des Rheins innerhalb von ca. 15 000 Jahren um etwa 150 m eingetieft und ein sehr steiles Tal geschaffen. Rutschungen an den Talhängen zeugen immer noch von der bestehenden Instabilität der Hänge. Deshalb war es

schwierig einen Bohrpunkt zu finden, der nicht durch tiefgreifende Schollenrutschungen gestört war. Die Schichten fallen mit etwa 10 % nach Südosten ein (BANGERT 1991). Die lithostratigraphischen Einheiten werden nach dem gültigen Symbolschlüssel von Baden-Württemberg bezeichnet (LGRB 2008). Die entsprechenden Begriffe der Subkommission Perm-Trias (MENNING & DSK 2002, HAGDORN & SIMON 2005, MENNING et al. 2005) werden in Klammern genannt.

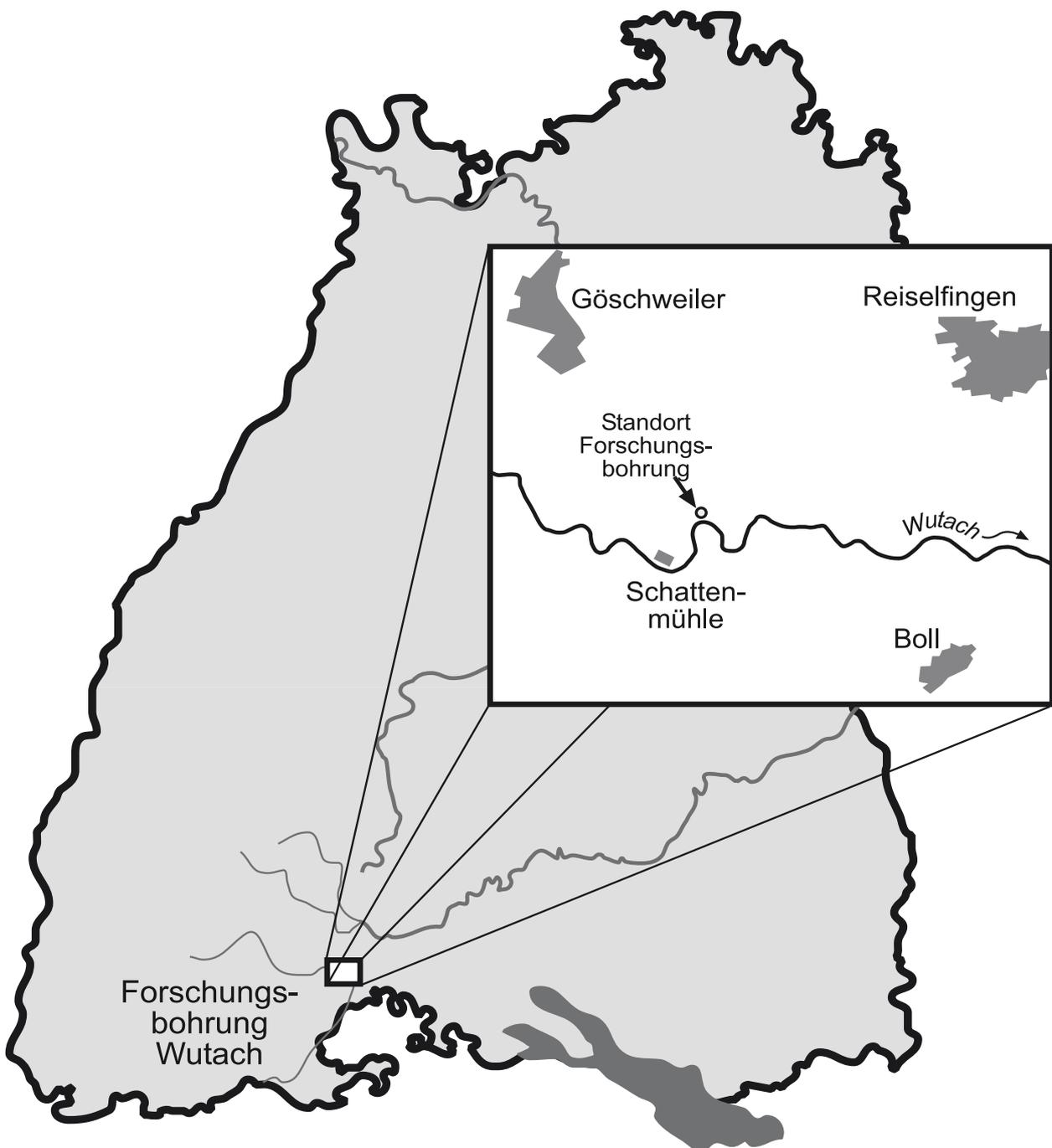


Abb. 1: Lage der Forschungsbohrung.



Unser Dank gilt der Firma Knauf Gips KG für die kostenlose Abteufung der Bohrung, der Stadt Löffingen für die Bereitstellung des Bohrplatzes und Hilfe bei der Durchführung der Bohrung sowie den Naturschutzbehörden des Regierungspräsidiums Freiburg und des Landkreises Breisgau-Hochschwarzwald für das rasche Genehmigungsverfahren.

2 Lage und Bohrverfahren

Die Bohrung liegt in der Wutachschlucht auf der Südostabdachung des Schwarzwaldes (Abb. 1). Der Ansatz der Bohrung (R 34 49 695, H 53 01 020, 700 m ü. NN) befindet sich am nördlichen Talhang der Schlucht, etwa 50 m über der Wutach, 500 m nordöstlich der Schattenmühle an der alten Straße nach Reiselfingen (Gemarkung Göschweiler, Stadt Löffingen, Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald).

Die Bohrung hat Kerne im Durchmesser von 50 mm geliefert. Im oberen Bereich (Hangsedimente, Grenzbereich vom Mittleren und Unteren Muschelkalk) sind die Kernverluste groß (Abb. 2). Auch in den tieferen Bereichen der Bohrung treten Kernverluste auf. Da eine Sonde für das freistehende enge Bohrloch nicht zur Verfügung stand, wurde an der Universität Tübingen die Gamma-Strahlung an den Kernen gemessen. Die Profillücken können durch Profilaufnahmen im Gelände weitgehend geschlossen werden.

3 Schichtenfolge

3.1 Quartär

Das Quartär besteht aus anthropogener Aufschüttung, da sich die Bohrung im Böschungsbereich der alten Landstraße an einer Waldwegabfahrt befindet. Es handelt sich um grobe Steine und Schotter aus Kalksteinen des Muschelkalks. Wegen der starken Kernverluste ist die Mächtigkeit der Aufschüttung nur aus den Geländeformen mit etwa 2 – 3 m abschätzbar.

3.2 Mittlerer Muschelkalk

Auch von den Gesteinen des Mittleren Muschelkalks liegen nur einige Brocken vor. Es handelt sich um Kalksteine und Tonmergelsteine, die Schalenreste, wahrscheinlich von *Neoschizodus orbicularis*,

führen. Die Grenze zum Unteren Muschelkalk ist auch bei guten Aufschlussverhältnissen oder durchgehenden Kernen schwierig zu ziehen, da in der Wutachschlucht die Schaumkalkbänke nicht entwickelt sind (WURM et al. 1989).

3.3 Unterer Muschelkalk

Die Mächtigkeit des Unteren Muschelkalks beträgt in der Bohrung 34,5 m (8,00 – 42,50 m, Abb. 2). Er kann in zwei Formationen gegliedert werden: Wellenkalk-Formation, muW (Jena-Formation, muJ, 8,00 – 21,60 m) und Freudenstadt-Formation, muF (21,60 – 42,50 m). Generell gilt, dass die ökostratigraphischen Leitbänke (HAGDORN & SIMON 1993), wie sie ab der Mitte Baden-Württembergs nach Norden ausgebildet sind, im südlichen Baden-Württemberg bis auf wenige Ausnahmen (Spiriferinabank, Terebratelbänke) fehlen. Weiterhin ist zu beobachten, dass um Freudenstadt der gesamte Untere Muschelkalk dolomitisiert ist (VOLLRATH 1923, SCHWARZ 1970) und die Oberfläche der Dolomitgesteine von dort sowohl nach Süden als auch nach Norden stratigraphisch allmählich tiefer wandert. So ist der Untere Muschelkalk in der Forschungsbohrung erst ab der Teufe von 21,60 m (= Basis Wellenkalk-Formation) dolomitisch.

3.3.1 Wellenkalk-Formation

WURM et al. (1989) legen die Grenze mu2 – mu3 (mu3 wird heute in den mm gestellt) an die Obergrenze einer *Spirorbis valvata* führenden Bank und betrachten diese als Äquivalent der Oberen Schaumkalkbank. Auch etwa 0,5 m darüber vorkommende Schillkalkbänkchen mit *Neoschizodus orbicularis* könnten noch in den Bankbereich der Schaumkalkbänke gehören (WURM et al. 1989). BECKER (1995) beschreibt in der 15 km weiter südlich gelegenen Bohrung Ühlingen 2 eine 18 cm mächtige Tempestitbank, die 1 – 2 m über der *Spirorbis* führenden Bank liegt. Diese Tempestitbank verwendet BECKER (1995) zur Grenzziehung zwischen mu und mm. In der Forschungsbohrung ist in diesem Schichtabschnitt toniger Mergelstein ausgebildet, der feinschichtig und flaserig geschichtet ist. Somit reicht die Wellenkalk-Formation von 8,00 – 21,60 m. In die 6,80 m mächtige Folge bis zur Spiriferinabank schalten sich geringmächtige Kalksteinbänkchen ein, die Grabgänge, dunkle Mikritinraklasten und kleine Coelestinester führen können.

Die Spiriferinabank ist in der Bohrung nicht als typische Schillbank ausgebildet (BRAUN 1983, WURM et al. 1989, BECKER 1995). Der 10 cm mächtige feinsparitische Kalkstein enthält Grabgänge bis 2 mm

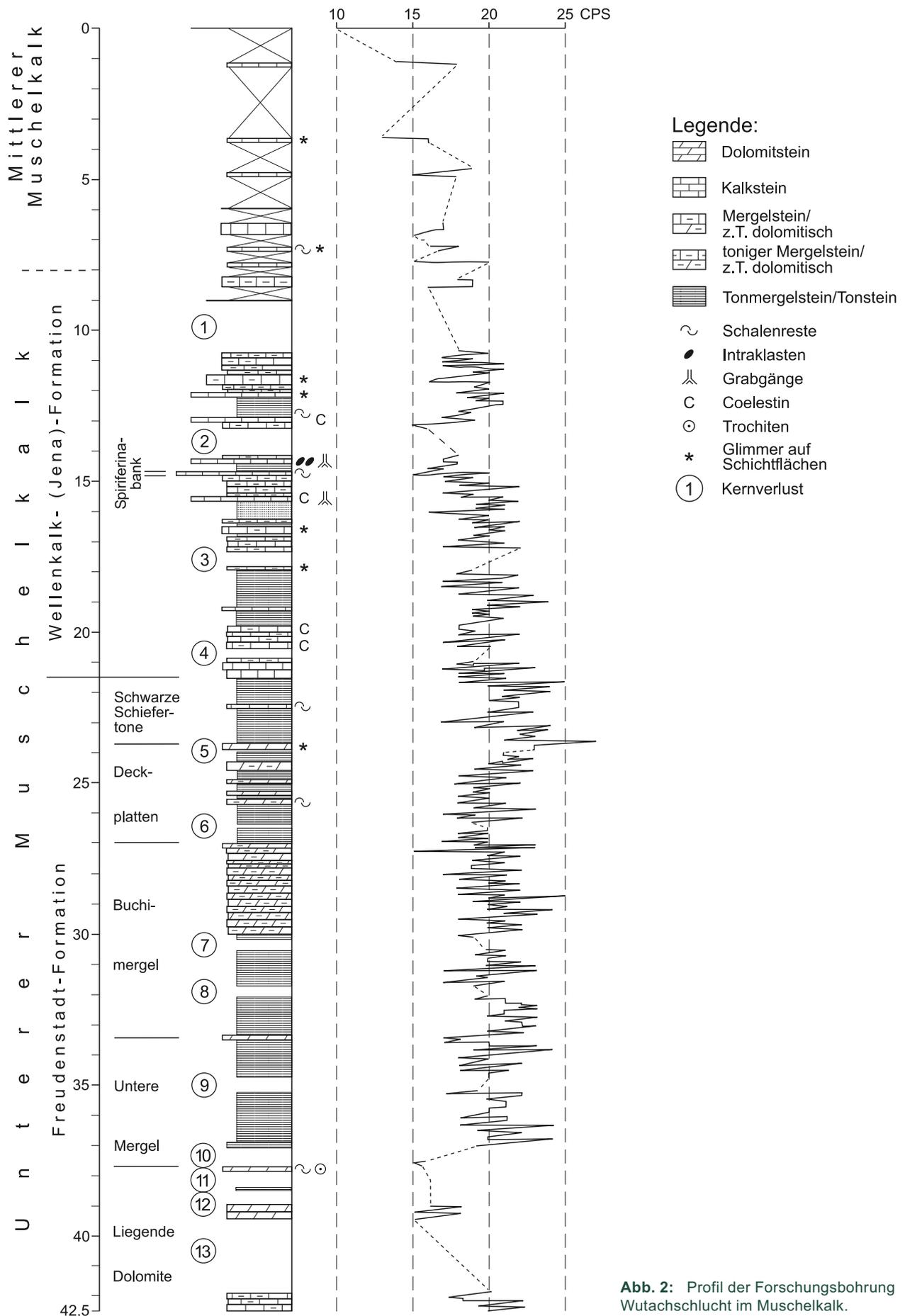


Abb. 2: Profil der Forschungsbohrung Wutachsenschlucht im Muschelkalk.



Durchmesser und eine mikritische, bis 1 cm mächtige Linse aus rötlichgrauem Kalkstein. An Fossilien konnten im Bohrkern nur *Neoschizodus orbicularis* und *Plagiostoma* gefunden werden.

Die restlichen 6,70 m der insgesamt 13,60 m mächtigen Wellenkalk-Formation bestehen aus Tonmergelsteinen und Mergelsteinen, die teilweise flaserig geschichtet sind und dünne mikritische Kalksteinbänkchen enthalten. Auf den Schichtflächen kommen Glimmer vor. Im Unteren Bereich treten feine Poren (< 1 mm Ø) auf, die ihrer Form nach durch Lösung von Coelestinkristallen entstanden sind.

Insgesamt ist die Wellenkalk-Formation sehr stark tonig ausgebildet, weshalb die Bezeichnung „Wellenkalk“ nicht ganz zutreffend ist.

3.3.2 Freudenstadt-Formation

Mit der Freudenstadt-Formation (21,60 – 42,50 m) treten dolomitische Gesteine im Profil auf. Die Formation kann weiter untergliedert werden: Horizont der Schwarzen Schiefertone (21,60 – 23,70 m), Deckplatten (mit Wurstelbänken) (23,70 – 27,00 m), Buchimergel (27,00 – 33,35 m), Untere Mergel (33,35 – 37,60 m), Liegende Dolomite mit Plattendolomit (37,60 – 42,50 m).

Der Horizont der Schwarzen Schiefertone macht sich durch dunkelgraue, fast schwarze Schiefertone bemerkbar. An der Basis liegt eine 2 cm mächtige Mergelsteinlage mit Schill, darin ein Bruchstück von *Coenothyris vulgaris*. Es dürfte sich hierbei um eine der Terebratelbänke handeln.

Die Deckplatten bestehen aus dolomitischen Mergelsteinen und Ton- bzw. Tonmergelsteinen. An der Basis finden sich Abdrücke kleiner, nicht bestimmbarer Muscheln. Einige der Bänke werden wegen ihren bioturbaten Strukturen als Wurstelbänke bezeichnet.

Die Tonmergelsteine an der Basis (25,73 – 27,00 m) sind den Buchimergeln in den nördlichen Landesteilen Baden-Württembergs ähnlich und könnten auch zu diesen gestellt werden.

Die Buchimergel bestehen aus dolomitischen Mergelsteinen mit lagenweise schwach flaseriger Schichtung. Im unteren Teil überwiegen Tonmergelsteine.

Die Unteren Mergel werden oben von einer 15 cm mächtigen sparitischen Dolomitsteinbank abgeschlossen, die gelegentlich kleine Bleiglanzkrystalle führt. Sie wird deshalb auch als Bleiglanzbank bezeichnet (SCHALCH 1873, PAUL 1971, HOFMANN 1985,

BECKER 1995). Sie gehört zu den Rauhen Dolomiten, die aber in der Wutachschlucht nicht typisch ausgebildet sind. Bis zur Basis der Unteren Mergel bei 37,60 m wurden in der Bohrung dunkle Tonmergelsteine angetroffen.

Die Liegenden Dolomite gliedern sich in die Liegenden Deckbänke (37,60 – 41,94 m) und den Plattendolomit (41,94 – 42,50 m). Die Liegenden Deckbänke bestehen aus einer Wechselfolge von Tonmergelsteinen und Dolomitsteinbänken. Die oberste dieser Bänke führt Schalenbruchstücke und Trochiten. Diese Bänke sind Äquivalente der im Norden ausgegliederten „Konglomeratbänke“. Diese Intraklasten führenden Bänke sind im ganzen süddeutschen Ablagerungsgebiet im unteren Abschnitt des Unteren Muschelkalks nachweisbar. Der Plattendolomit ist ein Äquivalent des Grenzgelbkalks. Er ist in der Wutachschlucht deutlich toniger ausgebildet als weiter im Norden.

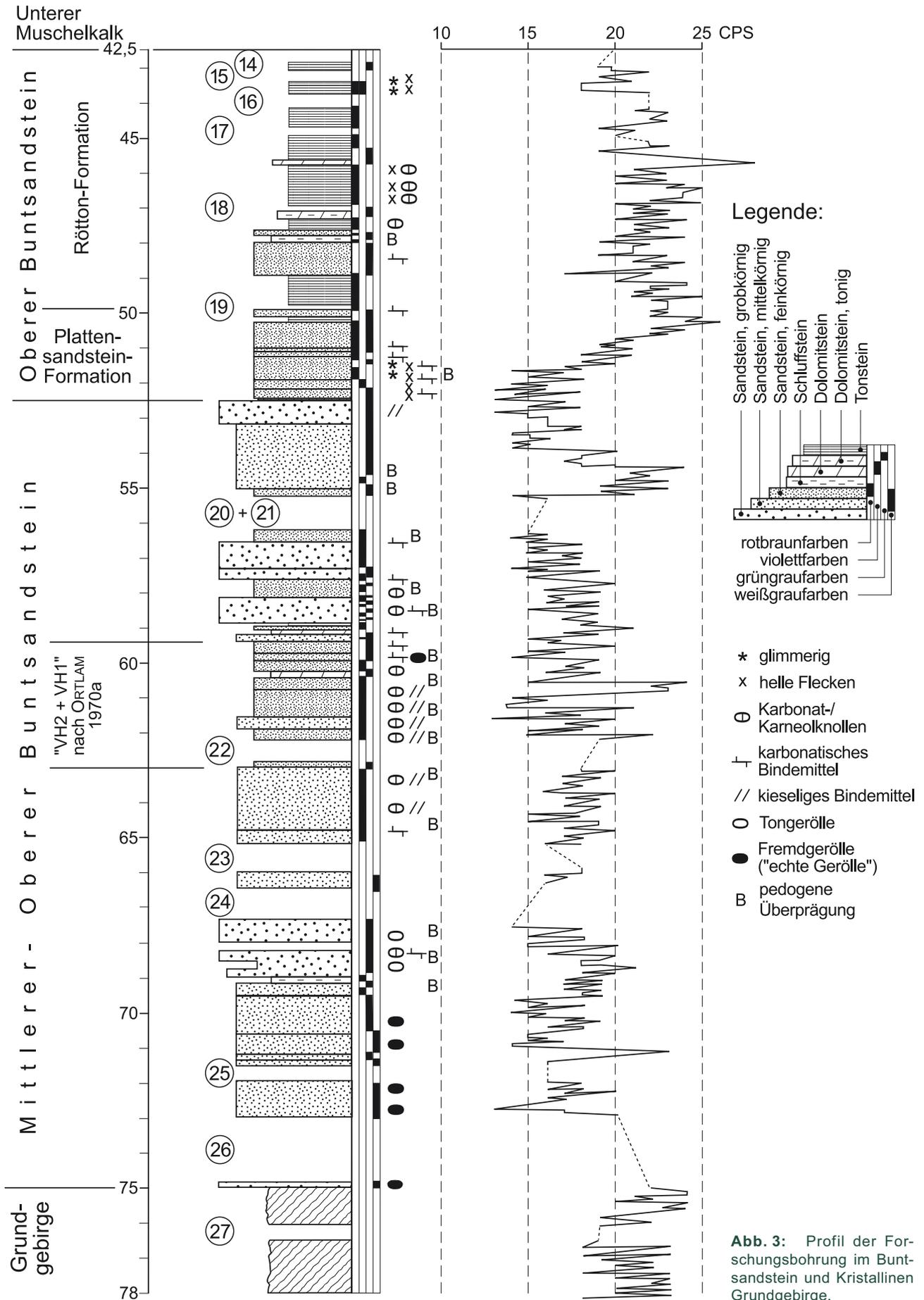
3.3 Buntsandstein

Der Buntsandstein ist in der Bohrung 32,50 m (42,50 – 75,00 m) mächtig (Abb. 3). Dies stimmt mit den Mächtigkeitsangaben in der Literatur überein: PAUL (1971): 32 m, HOFMANN (1985): 32 m, BANGERT (1991): 31,55 m, bei ORTLAM (1970a) jedoch 25 m. Bei Schwennigen, etwa 30 km nördlich stellten FRANZ & BOCK 2005 Mächtigkeiten von ca. 38 m fest. Nach Süden fällt die Mächtigkeit des Buntsandsteins am Hochrhein auf unter 10 m ab (Zusammenstellung bei BOCK 2002).

Bei der Gliederung des Buntsandsteins im Untersuchungsgebiet wurden folgende Kriterien zugrunde gelegt:

1. oberer Bereich mit überwiegend Tonsteinen
= Rötton-Formation
2. markantester Paläoboden
= Karneol-Dolomit-Horizont
(der Kristallsandstein-Formation)
= Violetter Horizont 2
= oberste Schichten des Mittleren Buntsandsteins
3. zwischen 1. und 2.
= Plattensandstein-Formation
4. von Obergrenze 2. bis Kristallin (Paragneise)
= Mittlerer Buntsandstein

Dieser Gliederungsweise liegt die Auffassung zugrunde, dass der markanteste Bodenhorizont tatsächlich der VH2 (VH: Violetter Horizont = Paläoboden oder pedologisch überprägte Sedimente) der Nord- und Mittelschwarzwälder Gliederung ist





(ORTLAM 1966, 1967, 1969), was PAUL 1971 kritisch hinterfragt. In den Arbeiten von ORTLAM (1970a und b, 1974) wird ausgeführt, dass der VH1 sich auf der Südschwarzwaldschwelle (RUPF & NITSCH 2008) (Süddeutsche Hauptschwelle bei ORTLAM) mit dem VH2 vereint und ebenso der VH3 mit dem VH4. Auf dem Scheitel der Schwelle vereinigen sich die VH1 bis VH5. VH6 keilt aus oder bleibt als einzelner Horizont erhalten (ORTLAM 1974). Im Profil der Bohrung lassen sich etwa 15 Paläobodenhorizonte oder aus umgelagertem Bodenmaterial bestehende Schichten ausgliedern. Außerdem ist zu vermuten, dass in den Bereichen mit Kernverlusten weitere Bodenhorizonte stecken, da das Gesteinsmaterial der Paläobodenhorizonte sehr bröckelig zerfällt und für Kernverluste anfällig ist. Bei dieser hohen Zahl ist es sehr fraglich, ob eine Korrelation der VH mit den nördlichen Ablagerungsgebieten möglich ist, zumal über große Entfernungen keiner der VH unverwechselbare lithologische Kennzeichen besitzt. Die Ausgliederung der ORTLAM'schen Paläobodenhorizonte erscheint in der Wutachschlucht nicht mehr möglich (obwohl von ORTLAM selbst vorgenommen). 30 km weiter nördlich ist dies in der Bohrung Biswurm bei Villingen-Schwenningen noch gelungen (FRANZ & BOCK 2005). Infolgedessen ist in der Wutachschlucht eine sich an „Zeitscheiben“ haltende Gliederung wie im Norden nicht mehr vertretbar. Rötton- und Plattensandstein-Formation müssen deshalb nach anderen Gesteinsmerkmalen (Tongehalt, Korngröße) abgegrenzt werden. Beide Formationen gehören in der Wutachschlucht allerdings noch in den Oberen Buntsandstein. Alles Liegende jedoch bleibt in der zeitlichen Zuordnung fraglich. Wahrscheinlich gehört der durch Paläobodenbildung geprägte Bereich von 54 – 70 m zu dem Abschnitt des Buntsandsteins, der auch weiter nördlich durch Paläobodenbildung geprägt ist, d.h. dem Bereich des höheren Mittleren Buntsandsteins und des tieferen Oberen Buntsandsteins. Der tiefste Teil des Buntsandsteins wird hier – allerdings ausschließlich der bisherigen Grenzziehungspraxis folgend – dem tieferen Mittleren Buntsandstein zugeordnet, wohlwissend, dass dieser Gesteinsabschnitt auch älter sein kann.

Die bisher veröffentlichten Profile weichen sowohl untereinander als auch vom hier vorgestellten ab. Dies lässt sich gut an der Lage des markantesten Paläobodenhorizonts („VH2“) festmachen (Tab. 1).

Die Tabelle zeigt deutliche Abweichungen, wobei HOFMANN und BANGERT sich auf das Profil von PAUL beziehen. Alle Profile zeigen jedoch gegenüber den Ergebnissen der Forschungsbohrung zu geringe Mächtigkeiten der Schichten unter dem „VH2“. Das an der Forschungsbohrung gewonnene Profil konnte durch Geländeaufnahmen im unmittelbaren Umfeld der Bohrung bestätigt werden.

Tab. 1: Mächtigkeiten im Buntsandstein der Wutachschlucht (in Metern).

Lithologische Einteilung	ORTLAM (1970 a)	PAUL (1971)	HOFMANN (1985)	BANGERT (1991)	Forschungsbohrung
über „VH2“	17	20	20,5	20,5	17
„VH2“	3	4	3	4	3,5
unter „VH2“	5	8	8,5	7	12
Gesamtmächtigkeit Buntsandstein	25	32	32	31,5	32,5

3.3.1 Oberer Buntsandstein

3.3.1.1 Rötton-Formation

Die 7,40 m mächtige Rötton-Formation (42,50 – 49,90 m) setzt über den feinkörnigen Plattensandsteinen mit etwa 1 m mächtigen rotbraunen Ton-schluffsteinen bei 49,90 m ein. Auf den Schichtflächen sind mm-dicke Grabsuren festzustellen. Wie auch die übrigen Tonsteine der Formation weisen sie einen geringen, generell nach oben abnehmenden Feinsandgehalt auf. Die Schichtflächen sind meist mit Glimmern belegt. In die Tonsteinfolge schaltet sich von 47,90 – 48,94 m ein toniger, schwach dolomitischer Feinsandstein ein. Er ist rotbraun mit graugrünen Lagen und Flecken und weist zwei mittelsandige, etwa 15 cm mächtige, wellig geschichtete Lagen (Rippelschichtung) auf. Über Tonsteinen mit dünnen Sandsteinlagen beginnt ab 47,36 m ein 0,26 m mächtiger Mergelstein mit marmorierter Farbverteilung (graugrün, grau, violett fleckig) und Feinsandlagen. Diese Schicht wird als reliktscher Paläoboden gedeutet. ORTLAM (1970 a, 1974) bezeichnet ihn als VH6. Nach etwa 1,3 m Ton- und Schluffstein folgt ein 5 cm mächtiger Dolomitmergelstein. Diese Bank entspricht vermutlich der nach der Wurmgattung *Arenicolites* benannten Arenicola-Bank (HOFMANN 1985). PAUL (1971) wie auch ORTLAM (1970 a) legen diese Lage jedoch unter den „VH6“. Bis zur Basis des Plattendolomits (42,50 m u. Gel.), der Obergrenze des Buntsandsteins, folgen schwach feinsandige Tonsteine. Nach oben gehen die rotbraunen Farbtöne zugunsten grauer und graugrüner zurück. Der Dolomitgehalt nimmt generell nach oben zu.

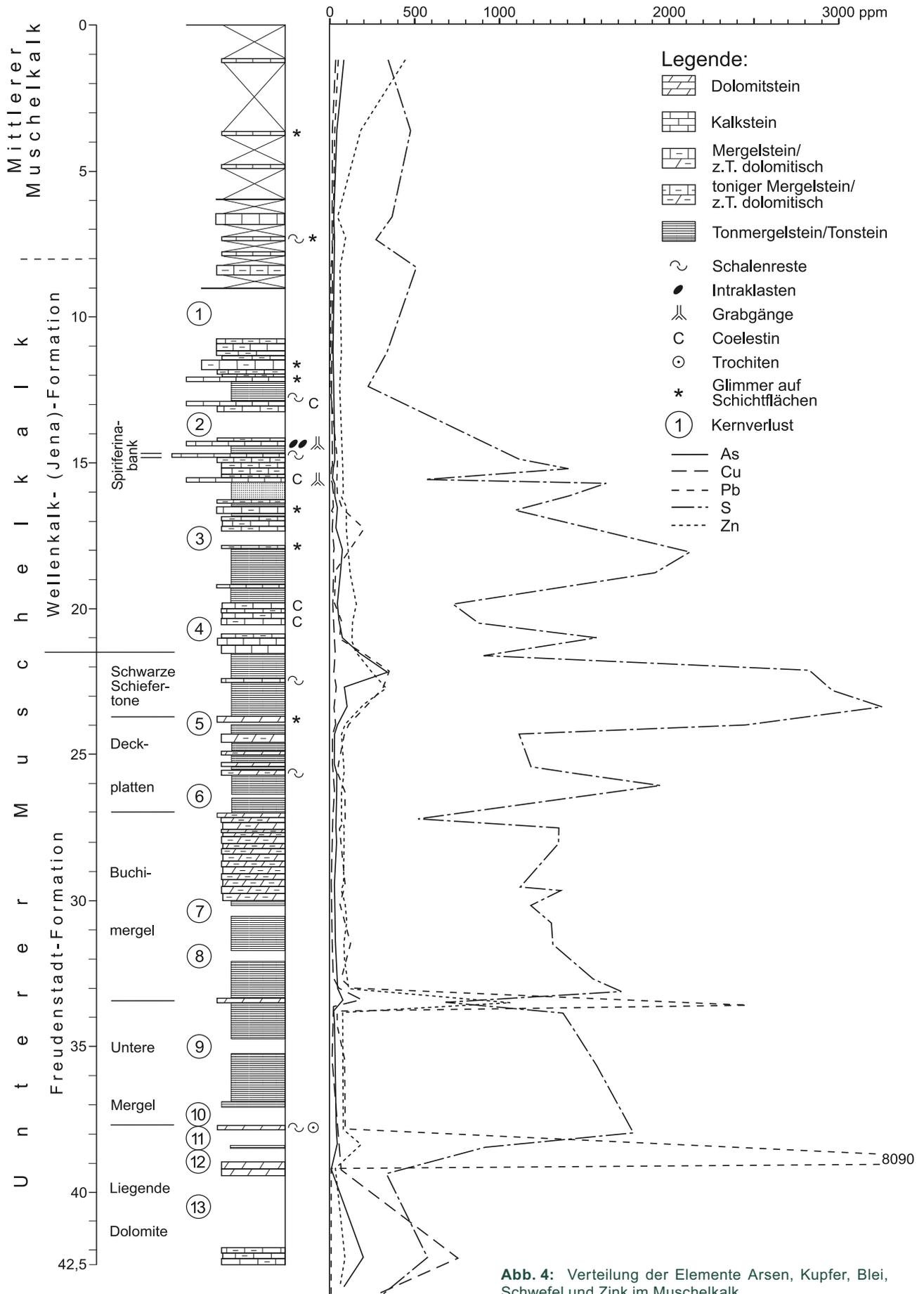


Abb. 4: Verteilung der Elemente Arsen, Kupfer, Blei, Schwefel und Zink im Muschelkalk.

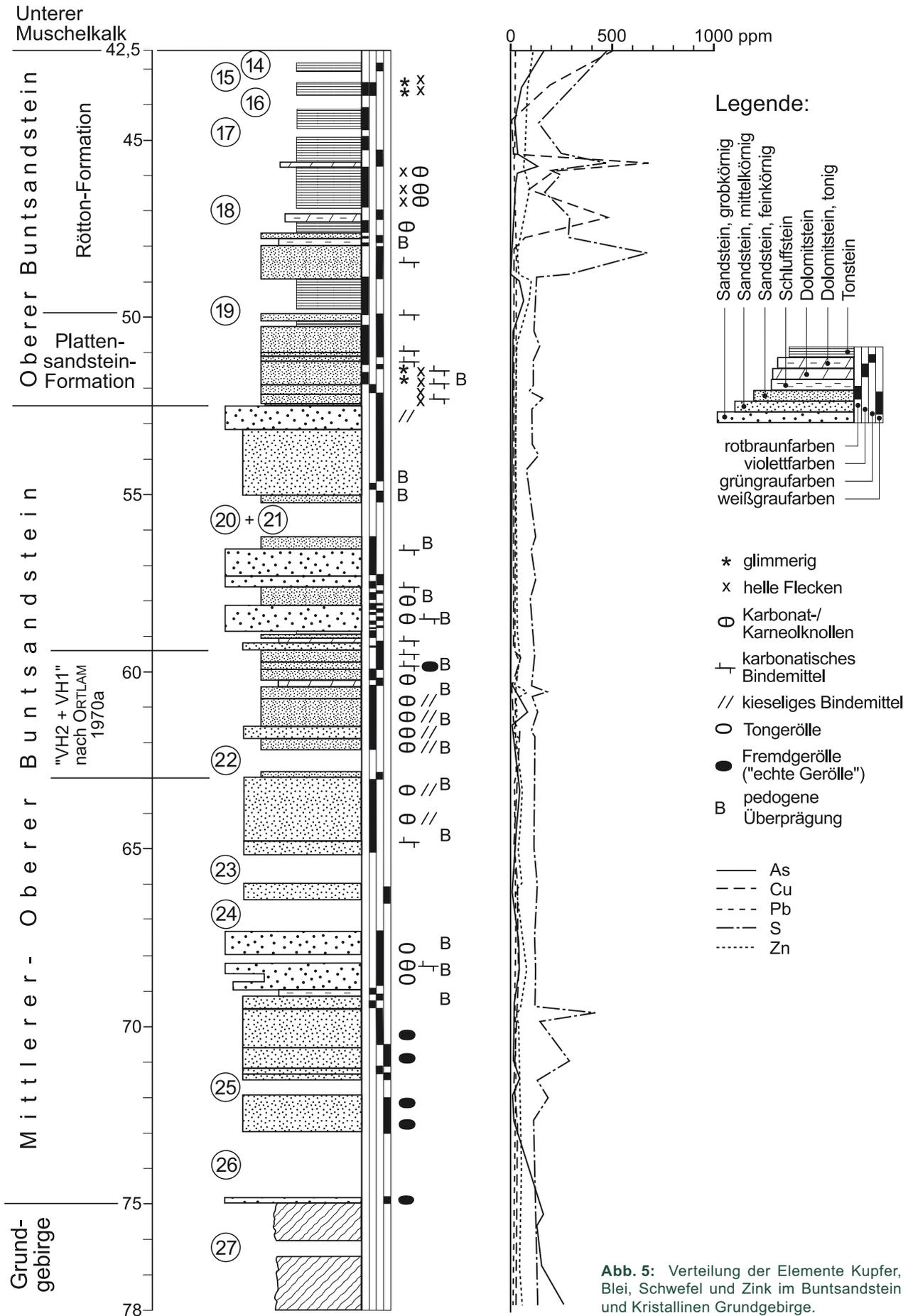


Abb. 5: Verteilung der Elemente Kupfer, Blei, Schwefel und Zink im Buntsandstein und Kristallinen Grundgebirge.

Auch in der Wutachschlucht kann zumindest eine kurze Transgression (Arenicola-Bank) vor der Muschelkalktransgression festgestellt werden. Schon im nördlichen Baden-Württemberg waren es sicher mehr als zwei Transgressionseignisse vor Einsetzen des Muschelkalks (HAGDORN & SIMON 2005).

3.3.1.2 Plattensandstein-Formation

Die Plattensandstein-Formation ist weiter nördlich durch feinkörnige, meist rotbraune Sandsteine gekennzeichnet. Die Abgrenzung erfolgt oben nach lithologischen Kriterien (hauptsächlich Sandstein/Tonstein-Grenze). Unten bildet bei den bisherigen Gliederungen die Obergrenze des „VH2“ die Basis der Formation. Da jedoch der „VH2“ hier keineswegs sicher ausgewiesen werden kann (s. o.), werden nur die feinkörnigen Sandsteine als Plattensandstein bezeichnet. Dies entspricht auch der üblichen lithostratigraphischen Abgrenzung von Formationen. Wendet man diese Grenzziehung an, so ist die Untergrenze der Plattensandstein-Formation bei 52,49 m zu ziehen. Bei der nur 2,59 m mächtigen Formation handelt es sich um feinkörnige, im unteren Bereich auch schwach mittelkörnige, meist karbonatische, Glimmer führende Sandsteine. Die Farbe wechselt zwischen rotbraun und grüngrau. Die Sandsteine sind meist gut geschichtet, Schrägschichtung und Flaserschichtung treten auf. Zwischen 51,30 und 51,90 m zeigt sich eine pedogene Überprägung.

3.3.2 Oberer/Mittlerer Buntsandstein

Der oberste Teil dieser Schichten ist sicher dem Oberen Buntsandstein der Beckengliederung zuzuordnen. Die weiter nördlich (Mittlerer Schwarzwald, Nordschwarzwald, Kraichgau) angewandte Grenze zwischen dem Mittleren und dem Oberen Buntsandstein lässt sich jedoch in der Wutachschlucht nicht mehr sicher ausmachen. Deshalb erscheint es sinnvoller lithostratigraphisch Formationen abzugrenzen als die Beckengliederung in der Randfazies ausmachen zu wollen. Dies gilt auch für die Parallelisierung der Bodenhorizonte VH1 bis VH6 nach ORTLAM (1970a, 1974). Einer generellen lithostratigraphischen Revision durch die Perm-Trias-Kommission soll nicht vorgegriffen, sondern hierfür nur Grundlagen bereitgestellt werden.

Von 52,49 – 56,50 m sind fein- bis grobkörnige Sandsteine ausgebildet, die vorwiegend Sohlbankzyklen zeigen. Der obere Bereich ist überwiegend grobsandig. Von 54,65 – 55,00 m ist pedogene Überprägung festzustellen. Im Bereich des Kernverlusts 20 und 21 ist ein Paläoboden zu vermuten (nach ORTLAM 1970a, 1974: VH5).

Bis 59,37 m sind zwei Dachbankzyklen ausgebildet, deren obere Bereiche teilweise feinkiesig sind. Die unteren Bereiche sind feinkörnig und weisen Karbonatknötchen auf. Sie werden als pedogen überprägt interpretiert. PAUL (1971) nennt diesen Bereich „Dachbank 5“.

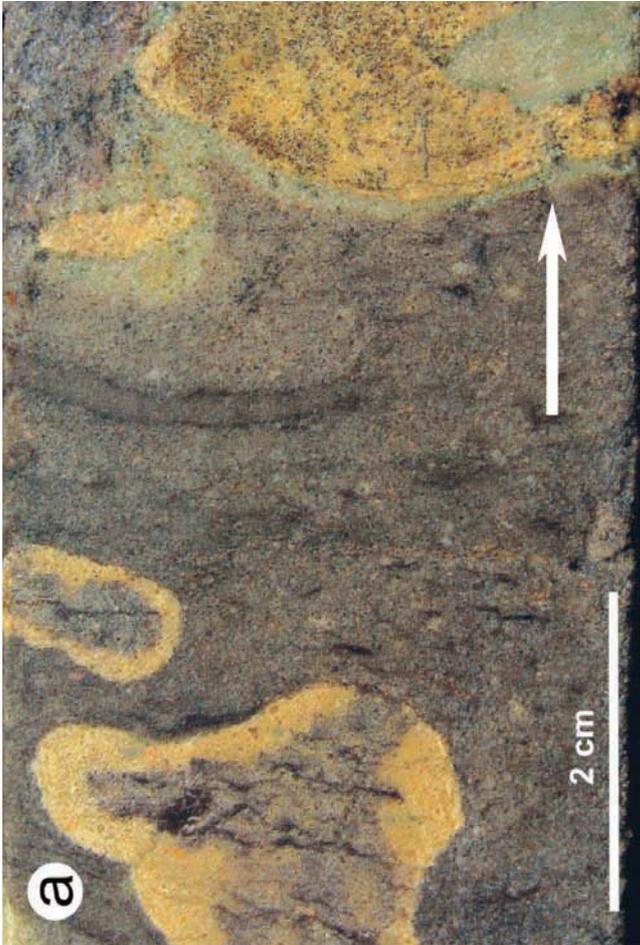
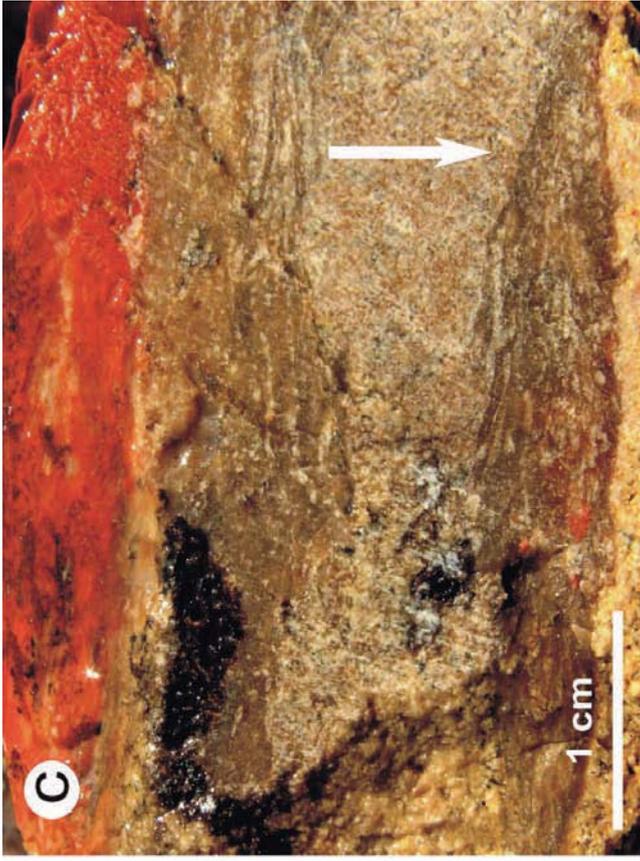
Der Abschnitt von 59,37 m – 63,00 m besteht aus überwiegend feinkörnigen Sandsteinen mit Tonsteinlagen und Schlieren. Die Gesteinsfarben sind meist grau und grauviolett. Das Bindemittel ist teilweise karbonatisch. Dolomitsteinlagen und -knollen kommen vor, außerdem rote Karneolknollen und -schlieren. Lagenweise ist das Sediment entschichtet. Nicht nur Karneolsäume um Wurzelröhren, sondern auch eine feine Dolomitädernung, die Gesteinsfarbe und entschichtete Partien lassen diesen Bereich als fossilen Boden erkennen (Abb. 6a bis c). Da dieser Schichtabschnitt deutliche Merkmale des im Mittleren Schwarzwald ausgebildeten VH2 hat, wurde er auch im Untersuchungsgebiet von ORTLAM (1970a, 1974) so bezeichnet. Allerdings sieht ORTLAM in der Wutachschlucht den VH2 mit dem VH1 vereinigt.

Bis 67,60 m sind überwiegend fein- bis grobkörnige Sandsteine erbohrt worden, die meist pedogen überprägt sind: Karneol, Dolomitsteinlagen, -krusten und -knollen. Insgesamt stecken in dieser Abfolge Reste mehrerer Bodenbildungen, sodass von einer Stapelung von Bodenhorizonten gesprochen werden kann.

Die im Liegenden folgenden Sandsteine bis 75,00 m sind fein- bis grobkörnig, feinkiesig und enthalten in der oberen Hälfte Tonsteinintraclasten bis 15 mm Durchmesser. Die feinkiesige Komponente besteht aus gut gerundeten Quarzgeröllen. Das obere Viertel zeigt pedogene Merkmale: Teilweise dolomitisches Bindemittel, Dolomitsteinknollen, graue und grauviolette Farben. Die untersten 5 cm des Deckgebirges bestehen aus einem karbonatfreien, feinkiesigen Fein- bis Grobsandstein, dessen Komponenten (Quarz, wenig Orthoklas) gut gerundet sind; zwei Gerölle (\varnothing bis 2 cm) bestehen aus einem Rhyolithuff, der aus dem Rotliegenden abgeleitet werden kann (Abb. 6d). Die gute Rundung der Sandkörner dieses unteren Teils des Deckgebirges spricht für Buntsandstein.

3.4 Grundgebirge

Das Grundgebirge wurde bei 75,00 m angefahren. Es besteht aus klein- bis feinkörnigen Paragneisen von grauer bis bräunlich grauer Farbe. Das Gestein ist lagig geschiefert (45°). An der Oberfläche ist keine Verwitterungszone vorhanden. Allerdings



A } Fotos von senkrecht zur Schichtung gesägten Kernen, a) bis c) aus pedogen überprägtem Horizont „VH2 + VH1“ (Pfeile zeigen zum Liegenden).
 } grauviolenter, weitgehend einschichtiger Sandstein mit vier gelben Dolomikongkretionen.
 } dunkelvioletter, einschichtiger Sandstein mit gelber Dolomikongkretion und feiner Dolomitaderung. Vereinzelt mm-große rote Karneolflecken.
 } Karneol-Dolomit-Kruste; im unteren Teil treten kleine Karneolflecken auf.
 Basis der Buntsandsteinsedimente, mittel- bis grobkörniger Sandstein, schwach kiesig, mit einem Rhyolithuffgeröll (P).

deuten die bräunlichen Farbtöne (Limonit) auf Verwitterungsvorgänge hin. Nach BANGERT (1991) liegen die kleinräumigen Paragneis-Vorkommen regellos zwischen Lenzkirch-Steina-Granit oder leukokraten Gneisen. Die Paragneise sind aus Grauwacken und Tonschiefern hervorgegangen.

4 Gamma-Ray-Messungen

Wegen der Enge des Bohrlochs und der kurzen Zeit zwischen Auffahren und Verfüllen des Bohrlochs waren mit den zur Verfügung stehenden Mitteln geophysikalische Messungen nicht möglich. Deshalb wurden die Kerne in einer stationären Anlage an der Universität Tübingen, Institut für Geologie und Paläontologie, gemessen. Die Kernverlustbereiche sind deshalb natürlich nicht durch Messungen belegt. Über die gesamte Kernstrecke wurde alle 5 cm eine Messung durchgeführt, insgesamt etwa 1050 Messungen. Die Messwerte liegen zwischen 13 und 28 cps (counts per second). Im Unteren Muschelkalk reichen die Werte von 15 (Kalkstein, Dolomitstein) bis 27 cps (Tonmergelstein), im Buntsandstein von 13 (meist karbonatisch gebundener Sandstein) bis 28 cps (Ton-/Schluffstein). Teile von Bodenhorizonten erreichen mit bis 24 cps ebenfalls hohe Werte. Das Grundgebirge weist im Mittel Werte um 20 cps auf. Generell zeigt sich im Unteren Muschelkalk ein Maximum im Bereich der Schwarzen Schiefertone, also im Bereich der Terebratelbänke. Dies ist auch in weiter nördlich gelegenen Gebieten so (z. B. Kraichgau, SIMON et al. 1992). AIGNER & BACHMANN (1993) interpretieren diesen Bereich als „maximale Überflutung“ in ihrer ersten (Röt)-Muschelkalk-Sequenz.

Im Buntsandstein zeigt das Gamma-Ray-Log in der Rötton-Formation die größten Ausschläge. Die Plattensandstein-Formation bildet einen kontinuierlichen Übergang von den etwas geringeren Werten unterhalb 52 m.

5 Geochemische Untersuchungen

Insgesamt wurden 106 Proben, davon 46 im Muschelkalk, 57 im Buntsandstein und drei im Grundgebirge entnommen. Die Proben wurden einer Röntgenfluoreszenzanalyse unterzogen. Folgende Elemente zeigten eine stärkere Variabilität (Abb. 4 u. 5): Arsen, Kupfer, Blei, Schwefel und Zink.

Muschelkalk: Der Arsengehalt liegt meist deutlich unter 100 ppm. Nur in den Bereichen der Schwarzen Schiefertone (Bereich Terebratelbänke, vgl. HOFMANN 1985), der Bleiglanzbank (Grenzbereich Buchimergel/Untere Mergel) und an der Basis des Muschelkalks werden Werte von bis zu 340 ppm erreicht.

Der Kupfergehalt ist in der Bleiglanzbank und besonders in der untersten Bank des Unteren Muschelkalks erhöht (bis 750 ppm). Diese Erhöhung erstreckt sich über den gesamten süddeutschen Ablagerungsraum (SIMON 1998).

Die Bleigehalte weisen Spitzen im Bereich etwa 2 m unter der Spiriferinabank, im Bereich der Schwarzen Schiefertone, der Bleiglanzbank und den Liegenden Dolomiten auf. In den Liegenden Dolomiten werden über 8000 ppm erreicht.

Der Schwefelgehalt ist stark verwitterungsabhängig und schwankt unterhalb 15 m ab Gelände stark. Neben Gips spielt bei den Schwefelwerten auch Coelestin eine Rolle.

Zink weist die gleichen Spitzen wie Arsen, Kupfer und Blei auf.

Die Verteilung der untersuchten Elemente in der Forschungsbohrung zeigt keine wesentlichen Unterschiede zur Verteilung im süddeutschen Ablagerungsgebiet. Dies belegt, dass die Elemente sedimentären Ursprungs sind und nicht vertikal verlagert wurden. Infolgedessen können sie auch als lithostratigraphisches Werkzeug benutzt werden. Im Zusammenhang mit den Untersuchungen von SIMON (1998) ergibt sich daraus ein sehr leichtes zeitliches Ansteigen der Basis des Muschelkalks im süddeutschen Ablagerungsbereich nach Süden. Dieser Anstieg liegt jedoch deutlich unterhalb der Dauer eines Kleinzyklus (100 ka). Die Basis des Muschelkalks kann somit als quasi isochron angesehen werden.

Buntsandstein: Insgesamt ist der Buntsandstein durch Spitzen der untersuchten Elemente nicht so stark gegliedert wie der Muschelkalk. Allerdings bildet die obere Rötton-Formation eine Ausnahme. Diese Formation hat bezüglich der Elementverteilung Ähnlichkeit mit dem Muschelkalk.

Der Arsengehalt weist im Übergang zum Muschelkalk und in stärker karbonatischen Bänken etwas höhere Werte auf, die bis etwa 140 ppm ansteigen.

Der Kupfergehalt zeigt zwei Spitzen im obersten Teil der Röt-Formation mit Werten bis 670 ppm. Darunter liegen die Gehalte deutlich unter 50 ppm.



Das Blei zeigt keine Spitzen und insgesamt nur geringe Werte (< 15 ppm).

Der Schwefelgehalt ist in der oberen Röt-Formation erhöht und gleicht den Werten im untersten Unteren Muschelkalk. 300 ppm werden nicht überschritten.

Zink ist in der oberen Rötton-Formation mit mehr als über 90 ppm enthalten, ohne aber deutliche Spitzen zu bilden. In einem dolomitischen Bereich eines fossilen Bodenhorizonts tritt bei 60,4 m einmal ein Wert von 66 ppm auf. Generell scheint Zink in den pedogen geprägten Bereichen 10 bis 20 ppm über dem Grundwert (ca. 10 bis 30 ppm) zu liegen.

Grundgebirge: Im Grundgebirge steigt der Arsengehalt gegenüber dem Buntsandstein (< 10 ppm) auf etwa 240 ppm an. Die übrigen in Abb. 4 u. 5 dargestellten Elemente zeigen zum Buntsandstein keinen Unterschied. Dies mag daran liegen, dass das Grundgebirge schon vor Ablagerung der ersten Buntsandsteinschichten der Verwitterung unterlag und somit Metallgehalte gelöst worden sind.

6 Schlussfolgerungen

Schon SCHWARZ (1970: Taf. 12, Schnitt E) zeigt in einem N-S-Schnitt die Verteilung von Dolomitgesteinen (Freudenstadt-Formation) im Unteren Muschelkalk auf: Sie keilen im Norden aus, nehmen nach Süden zu, bis sie im Gebiet Villingen/Freudenstadt den gesamten Unteren Muschelkalk aufbauen. Eigenartig erscheint dann, warum weiter südlich wieder eine Kalksteinfazies zunehmend von oben her Platz greift, wie auch in der Forschungsbohrung nachgewiesen. Typischer Wellenkalk, wie im Norden, ist nicht mehr ausgebildet. Nur abschnittsweise macht sich die typische Flaserschichtung bemerkbar. BRAUN (1983) hat am Aufschluss „Alte Dietfurt“ (oder ehemalige Dietfurt) etwa 1 m unter und etwa 1,5 m über der Spiriferinabank Radiolarien gefunden. Er erklärt dies mit einer Einwanderung von Süden aus der Tethys über die Burgundische Pforte. GISLER et al. (2007) weisen eine erste marine Transgression für die Zentral-schweiz mit palynologischen Untersuchungen für die Zeit Aege bis Bithyn/Pelson (entsprechend dem unteren Teil des Unteren Muschelkalk) nach. Dieses Gebiet stellen sie in den Ablagerungsraum der NW-Küste der Tethys. Die Radiolarienfunde und die abweichende Fazies in der Wutachschlucht gegenüber dem nördlichen Ablagerungsraum machen es sehr wahrscheinlich, dass der Ablagerungsraum der Tethys auch hier Einfluss hatte, zumal

es als sicher gelten darf, dass die SW-Verbindung zur Thetys schon zur Zeit der Ablagerung der Spiriferinabank im Unteren Muschelkalk bestand.

Im Buntsandstein ist nur der obere Teil lithofaziell mit der Beckenfazies korrelierbar. Der größere Teil besteht aus einer Stapelung von Bodenhorizonten, die nicht sicher mit nördlicher gelegenen Profilen verbunden werden können. Dies soll weiteren Untersuchungen, auch im Sinne einer neuen Formationsgliederung, vorbehalten bleiben.

7 Geologisches Profil der Forschungsbohrung

TK 25	8115 Lenzkirch R 34 49 695, H 53 01 020
Ansatzhöhe	700 m ü. NN
Bohrfirma:	Knauf Gips KG
Durchmesser der Bohrkerne	50 mm
Aufnahme	T. SIMON, H. BOCK, J. LEPPER, M. MARTIN
Archivnummer	8115/143

Anthropogene Aufschüttung und Mittlerer Muschelkalk	
0 – 3,00 m	Kerngewinn 22 cm Schluff, Ton, Kalksteinbrocken, grau
Mittlerer Muschelkalk, Geislingen-Formation	
– 6,00 m	Kerngewinn: 28 cm Kalksteinbrocken, teilweise wellig, flaserig geschichtet, Glimmer auf Schichtflächen, Tonmergelstein, dunkelgrau
Unterer Muschelkalk, Wellenkalk-Formation	
Obergrenze bei 8,00 m	
– 9,00 m	Kerngewinn: 80 cm
1. Kernstücke: 36 cm	Kalkstein, mikritisch, grau, schwach flaserig geschichtet, feinschichtig
2. Kernstücke: 8 cm	Kalkstein, mikritisch, Glimmer auf Schichtflächen, wenige Schalen (<i>Neoschizodus orbicularis?</i>), flaserig geschichtet
3. Kernstücke: 2 cm	Mergelstein, grau, porös, mit FeO(OH) in Poren bis 1 mm
4. Kernstücke: 34 cm	Tonmergelstein, feinschichtig, grau
KV (Kernverlust) 1: von 0 – 9,00 m: 7,70 m	
– 12,00 m	Kerngewinn: 1,20 m
1. Kernstücke: 70 cm	Toniger Mergelstein, kalkig, wellig, flaserig geschichtet, grau
2. Kernstücke: 32 cm	

- Mergelstein, wellig, flaserig geschichtet, feinschichtig, wenige Glimmer auf Schichtflächen
3. Kernstücke: 18 cm
Toniger Mergelstein, grau, in der Mitte 3 cm
Kalkstein, mikritisch, grau
- 12,07 m Mergelstein, feinschichtig, grau
 - 12,09 m Kalkstein, sparitisch, schwach glimmerig auf Schichtflächen, bräunlich grau
 - 12,50 m Tonmergelstein, dunkelgrau, ebenschichtig
 - 15,00 m Kerngewinn: 1,52 m
 1. Kernstücke: 46 cm
Tonmergelstein, grau, feinschichtig, Schalenreste von Muscheln
 2. Kernstücke: 12 cm
Kalkstein, mikritisch, feinschichtig, wellig, knauerig, porös bis kavernös durch gelöste Coelestinnester
 3. Kernstücke: 16 cm
Mergelstein, grau, in Brocken zerbohrt
KV 2: in der Mitte von 3. Kernstücken **0,98 m**
 4. Kernstücke: 14 cm
Mergelstein, feinschichtig, wellig, grau
 5. Kernstücke: 20 cm
Kalkstein, feinsparitisch, dolomitisch, gelegentlich dunkle, Intraklasten bis 3 mm Ø, Grabgänge, graubraun
 6. Kernstücke: 26 cm
Tonmergelstein, feinschichtig, grau
 7. Kernstücke: 10 cm
Kalkstein, feinsparitisch, wellig geschichtet, Grabgänge bis 2 mm Ø, teilweise eine mikritische bis 1 cm-dicke Linse aus rötlich-grauem Kalk, *Neoschizodus orbicularis*, *Plagiostoma* (Spiriferinabank)
 8. Kernstücke: 8 cm
Mergelstein, graubraun, wellig geschichtet
 - 15,60 m Toniger Mergelstein, kalkig, feinschichtig, dunkelgrau
 - 15,72 m Kalkstein, mikritisch, grau, wellig, flaserig geschichtet, poröse Coelestinnester bis 5 cm Dicke und 1 cm Länge, teilweise Ausfüllung von Grabgängen, Poren mit Fe-Mulm
 - 16,50 m Tonmergelstein, feinschichtig, schwach wellig, dunkelgrau von 16,40 – 16,42 m: Kalksteinbänkchen, mikritisch
 - 18,00 m Kerngewinn: 1,00 m
 1. Kernstücke: 24 cm
Mergelstein, feinschichtig, grau, auf Schichtflächen Glimmer
 2. Kernstücke: 17 cm
Tonmergelstein, dunkelgrau
 3. Kernstücke: 59 cm
Mergelstein, feinschichtig, grau
KV 3: 7 cm über Basis 3. Kernstücke: **0,50 m**
 - 19,22 m Tonmergelstein, feinschichtig, kalkig, lagenweise flaserig, wenig Glimmer auf Schichtflächen
 - 19,26 m Kalkstein, mikritisch, grau
 - 19,28 m Kalkstein, sparitisch, grau, teilweise bräunlich durch Porenfüllungen (Hartgrund)
 - 19,80 m Tonmergelstein, dunkelgrau, feinschichtig
 - 20,00 m Mergelstein, dunkelgrau, oberster Zentimeter und bei 19,88 m Kalksteinlage, mikritisch mit gelösten Coelestinnestern
 - 21,00 m Kerngewinn: 71 cm
 1. Kernstücke: 56 cm
Mergelstein, kalkig, feine Poren durch Coelestinlösung, grau
 2. Kernstücke: 15 cm
wie 1. Kernstücke, in Brocken aufgelöst
KV 4: in der Mitte von 2. Kernstücken **0,29 m**
 - 21,60 m Kalkstein, tonig, flaserig, feinschichtig, grau
- Freudenstadt-Formation**
- Schwarze Schiefertone**
- 22,45 m Tonmergelstein, feinschichtig, dunkelgrau, dolomitisch
 - 22,47 m Mergelstein, dunkelgrau, dolomitisch, mit Schilllage (*Coenothyris?*) (Terebratelbank) Deckplatten
 - 23,70 m Tonmergelstein, feinschichtig, dolomitisch
 - 23,85 m Dolomitstein, braun, Glimmer auf Schichtflächen
KV 5: an der Basis **0,10 m**
 - 24,28 m Tonmergelstein, dunkelgrau, dolomitisch
 - 24,55 m Mergelstein, grau, feinschichtig, dolomitisch
 - 24,90 m Tonmergelstein, dunkelgrau, feinschichtig, dolomitisch
 - 25,00 m Mergelstein, feinschichtig, grau, dolomitisch
 - 25,37 m Tonmergelstein, feinschichtig, dunkelgrau, dolomitisch
 - 25,47 m Mergelstein, feinschichtig, dunkelgrau, dolomitisch
 - 25,59 m Tonmergelstein, dunkelgrau, dolomitisch
 - 25,73 m Mergelstein, grau, mit kleinen Muscheln auf Schichtfläche, dolomitisch
KV 6: bei 26,40 m **0,10 m**
 - 27,00 m Tonmergelstein, feinschichtig, dolomitisch
- Buchimergel**
- 27,20 m Mergelstein, grau, feinschichtig, dolomitisch
 - 27,86 m Mergelstein, tonig, dolomitisch, feinschichtig, schwach flaserig
 - 30,00 m Mergelstein, tonig, dolomitisch, feinschichtig
 - 33,00 m Kerngewinn: 2,30 m
 1. Kernstücke: 17 cm
Tonmergelstein, dunkelgrau, dolomitisch, feinschichtig
KV 7: an der Basis: **0,35 m**
 2. Kernstücke: 5 cm
Tonmergelstein, dunkelgrau, zu Bröckchen, Schluff und Ton zerbohrt
 3. Kernstücke: 1,18 cm
Tonmergelstein, dunkelgrau, schwach flaserig geschichtet
KV 8: an der Basis **0,35 m**
 4. Kernstücke: 3 cm
Tonmergelstein, dunkelgrau, zu Schluff und Ton zerbohrt
 5. Kernstücke: 87 cm (kein Kernverlust)
Tonmergelstein, dolomitisch, feinschichtig, schwach flaserig



- 33,35 m Tonmergelstein, dolomitisch, feinschichtig, schwach flaserig
- Untere Mergel**
- 33,50 m Dolomitstein, sparitisch, flaserig, knauerig (Bleiglanzbank)
 - 36,00 m Kerngewinn: 1,90 m
 1. Kernstücke: 1,13 m
Tonmergelstein, dunkelgrau, feinschichtig, schwach flaserig
 2. Kernstücke: 24 cm
Tonmergelstein, zu dünnen Kernscheiben und Bröckchen zerbohrt
KV 9: 0,14 m über der Basis: **0,60 m**
 3. Kernstücke: 53 cm
Tonmergelstein, dunkelgrau, dolomitisch
 - 36,90 m Tonmergelstein, feinschichtig, dunkelgrau
 - 39,00 m Kerngewinn: 25 cm
 1. Kernstücke: 10 cm
Tonmergelstein, dunkelgrau, feinschichtig
KV 10: an der Basis: **0,60 m**
Liegende Dolomite
 2. Kernstücke: 10 cm
Dolomitstein, sparitisch, grau, ein Trochit und Echinodermenreste sowie Schill, Bleiglanz, bis 1 mm
KV 11: an der Basis: **0,60 m**
 3. Kernstücke: 5 cm
Tonmergelstein, in Brocken zerbohrt
KV 12: an der Basis: **0,65 m**
 - 42,00 m Kerngewinn: 48 cm
 1. Kernstücke: 23 cm
Dolomitstein, flaserig, feinsparitisch, grau
 2. Kernstücke: 19 cm
Dolomitsteinbrocken, feinsparitisch, grau, mit zu Schluff und Ton zerbohrtem Tonmergelstein
KV 13: an der Basis: **2,52 m**
 3. Kernstücke: 6 cm
mit Liegendem ein Kernstück Mergelstein, feinschichtig, grau
 - 45,00 m Kerngewinn: 1,60 m
 1. Kernstücke: 50 cm (mit Hangendem [6 cm] ein Kernstück) Mergelstein, feinschichtig, grau (bei 42,50 m Grenze mu/so)
- Oberer Buntsandstein**
Rötton-Formation
- KV 14:** am Top des Buntsandsteins: **0,35 m**
 - 2. Kernstücke: 20 cm
Tonstein, graugrün, mergelig, untere 5 cm mit blassroten Flecken
KV 15: 0,20 m an der Basis: **0,35 m**
 - 3. Kernstücke: 37 cm
Tonstein, rotbraun und grauviolett, schwach mergelig bis mergelig, sehr schwach feinsandig, glimmerig, teilweise zu Brocken zerbohrt, mit graugrünen Flecken
KV 16: an der Basis: **0,35 m**
 - 4. Kernstücke: 53 cm
Tonstein, dunkelrotbraun, undeutlich geschichtet, auf Schichtflächen schwach Glimmer führend, schwach mergelig
KV 17: an der Basis: **0,35 m**
- 45,32 m Tonstein, dunkelrotbraun, sehr schwach feinsandig, schwach mergelig
 - 45,57 m Tonstein, grünlich grau, schwach feinsandig, mergelig
 - 45,62 m Dolomitmergelstein, grünlich grau, schwach feinsandig, glimmerig (Arenicolites-Bank)
 - 46,93 m Ton- bis Schluffstein, dunkelrotbraun, partienweise schwach mergelig, einzelne mm-große grünliche Flecken (in den unteren 5 cm verstärkt), 1 – 3 mm große Karbonatkonkretionen (oben nur vereinzelt, nach unten hin zunehmend)
KV 18: an der Basis: **0,20 m**
 - 47,36 m Mergelstein, wechselnd siltig, dolomitisch, graugrün und grau, unten violettflechtig, flaserig, mit Feinsandlagen im unteren und mittleren Bereich (bis zu 5 cm mächtig), Gefüge z. T. entschichtet, marmorierte Farbverteilung.
Interpretation: Reliktischer Paläoboden, nach ORTLAM (1970 a): VH6
 - 47,62 m Tonstein, feinsandig, rotbraun, mit hellgrauen Dolomitsteinknollen umgeben von grauen Entfärbungshöfen
 - 47,68 m Sandstein, grünlich hellgrau, stark glimmerig, feinschichtig, tonflaserig, feinkörnig
 - 47,75 m Feinsandiger Grobsiltstein (Grobsilt bis sehr feiner Sand), stark tonig, feinkörnig, oben rotbraun, unten grünlich grau
 - 47,90 m Tonstein, feinsandig, glimmerig, rotbraun, im oberen Teil mit hellen (weißlich grau) Karbonatknötchen (mehrere mm Ø)
 - 48,94 m Sandstein, feinkörnig, durchgehend sehr schwach bis schwach (unten) karbonatisch (Dolomit), tonig, feinschichtig, ebenschichtig, von 47,95 – 48,10 m und von 48,72 – 48,94 m schwach mittelkörnig, wellig geschichtet, graugrün, sonst überwiegend rotbraun mit graugrünen Flecken und Lagen (mit verlaufenden Farbgrenzen), in den oberen 10 cm flaserschichtig, ansonsten weitgehend feinlamelliert
 - 49,90 m Tonschluffstein, massig, wechselnd feinsandig, mit vier Tonsteineinschaltungen bis 5 cm Dicke, mm-dicke Grabspuren auf Schichtflächen, rotbraun, glimmerig, obere 10 cm brockig zerbohrt
KV 19: an der Basis: **0,20 m**
- Plattensandstein-Formation**
- 50,10 m Sandstein, grünlich grau, feinkörnig, tonig, oberer 1 cm stark tonig, teilweise flaserschichtig, schwach karbonatisch
 - 50,21 m Wechsellagerung Feinsilt/Grobsilt, feinsandig, grau, hellgrau-grün, untere 3 cm rotbrauner Tonstein
 - 51,00 m Sandstein, feinkörnig, oben flaserig geschichtet (obere 60 cm), in den unteren 20 cm Schichtung kaum erkennbar (massig), hellrotbraun bis hellgrau,

- mit wolkigen bis marmorierten, unscharf verlaufenden Farbgrenzen, wechselnd Glimmer führend
- 51,11 m Sandstein, feinkörnig, hell grünlich grau, teilweise rötlichgrau, schwach bis sehr schwach karbonatisch, Limonitflecken (1 mm Ø)
 - 51,30 m Sandstein, feinkörnig, untere 10 cm fein- und schräggeschichtet, oberer Teil massig, rötlich braun, deutlich karbonatisch
 - 51,90 m Sandstein, feinkörnig, fein- und schräggeschichtet und lamelliert (nur in den unteren 15 cm), rotbraun, von 51,35 – 51,45 m und von 51,65 – 51,73 m grau, Glimmer führend, durchgehend karbonatisch, mit rotbraunen und violetten Flecken mit verlaufenden Grenzen, mm-große, hellbraune Flecken (Limonit), mit einzelnen, wenigen mm-großen gelblich-weißen Karbonatflecken
 - 52,20 m Sandstein, feinkörnig, schwach mittelsandig, violettgrau, mit mm-großen bräunlichen Limonitflecken, eben geschichtet, durchgehend karbonatisch, Glimmer führend, zwar mit Bankfuge und deutlicher Farbgrenze, sonst aber ohne scharfe lithologische Grenze ins Liegende übergehend
 - 52,45 m Sandstein, feinkörnig, schwach mittelkörnig, grau, schwacher rötlicher Farbstich, mit mm-großen bräunlichen Limonitflecken, durchgehend karbonatisch, Glimmer führend
 - 52,49 m Sandstein, feinkörnig, grau, mm-dünne, wellige rotbraune Tonflaser, Glimmer führend
- Oberer / Mittlerer Buntsandstein**
- 55,40 m Sandstein, fein- bis grobkörnig, karbonatfrei, von 52,49 – 53,22 m leicht eingekieselt, bei 53,22 m Korngrößenwechsel zwischen Sohlbankzyklus oben und Dachbankzyklus unten (endet oben mit Grobsandstein), leicht eingekieselt, von 55,00 – 55,40 m fein- bis mittelkörnig (Feinsandstein, mittelsandig), lagenweise grobsandig, hellgrau, von 54,65 – 54,85 m violett fleckig, von 54,85 – 55,00 m violett
 - 57,26 m Kerngewinn: 0,95 m
KV 20 + 21: oben: 0,91 m
Sandstein, oben fein bis mittelkörnig, unten mittel- bis grobkörnig, mit mehreren Sohlbank-Kleinzyklen, in den größeren Partien karbonatisch und Feldspäte führend, oben violett, unten hellviolett; von 56,31 – 56,80 m fein- bis grobkörnig, grauviolett, zwei gradierte Zyklen: unten grobsandig, unterster Zyklus feinkiesig, oben feinsandig, Trennung bei 56,50 m; von 57,00 – 57,36 m fein- bis grobkörnig, lagenweise feinkiesig, ca. drei Kleinzyklen (unten grob, oben fein), grauviolett mit grauen Flecken
 - 57,57 m Sandstein, obere 12 cm mittel- bis grobkörnig, untere 15 cm fein- bis mittelkörnig, grünlichgrau
 - 58,83 m Sandstein, feldspatführend (verwitterte Feldspäte), fein- bis grobkörnig, grauviolett, grünlich graue Bereiche: 57,82 – 57,89 m, 58,05 – 58,10 m, 58,29 – 58,32 m, 58,39 – 58,53 m, 58,81 – 58,82 m, in grau violetten Bereichen wellige, tonigere Flaser und Schichten, grünlich graue Bereiche z. T. feinschichtig und schräggeschichtet, grauviolette Bereiche schwach karbonatisch, grünlich graue Bereiche karbonatisch, z. T. mit Karbonatknollen und -knötchen
 - 58,86 m Tonstein, feinsandig, grauviolett, wellig geschichtet, teilweise entschichtet, brekziöses Gefüge (Teil eines Bodenhorizonts?), (Aufarbeitungshorizont)
 - 59,00 m Feinsandstein, mit eingeschalteten Tonfasern, violettgrau bis rötlichgrau, karbonatisch, bunt marmoriert
 - 59,10 m Karbonatanreicherung mit unscharfer Liegend- und Hangendbegrenzung, gelblich hellgrau
 - 59,37 m Sandstein, überwiegend mittelkörnig, stark karbonatisch, deutlich schräggeschichtet, grau, obere 10 cm schwach grauviolett, limonitische Verfärbungen VH2 + VH1 (nach ORTLAM 1970 a) bis 63,00 m
 - 59,41 m Tonstein, feinsandig, grauviolett und grüngrau, entschichtet, brekziös
 - 59,48 m Sandstein, fein- bis mittelkörnig, grauviolett und grau gefleckt, mehrere hellgraue Sandsteinintraklasten
 - 59,70 m Sandstein, fein- bis mittelkörnig, wechselnd karbonatisch, grau
 - 59,82 m Sandstein, feinkörnig, dolomitisch, Schichtung undeutlich, grau, grauviolette Lagen und Flecken
 - 59,88 m Sandstein, feinkörnig, stark dolomitisch, entschichtet, graubraun, starker karbonatische Abschnitte gelblich, mit limonitischen Verfärbungen, grüne tonige Intraklasten (?)
 - 60,27 m Sandstein, feinkörnig, tonig, unregelmäßig grau und grauviolett, in den oberen 15 cm mit Dolomitsteinknollen (bis 5 cm Ø), gelblich-grau
 - 60,42 m Kalk- bis Dolomitstein, knollig, gelbgrau, mit Sandstein, dolomitisch, feinkörnig, grau, grauviolette Tonsteinschlieren, punktförmige Hämatit (?) anreicherungen
 - 60,75 m Sandstein, feinkörnig, tonig-siltig, mit Ton-/ Siltstein-Einschaltungen, grau und grauviolett, in den oberen 10 cm mit Dolomitsteinknollen, im oberen Bereich entschichtet, karbonatfrei
 - 61,52 m Sandstein, fein- bis mittelkörnig, z. T. schräggeschichtet, grau und grauviolett (bis ca. 60,97 m); Tonstein, feinsandig, dunkelgrauviolett und dunkelgrau (bis ca. 61,02 m); ab 61,02 m Sandstein mit Dolomitsteinknollen (Ø 6 cm) und mit Dolomitsteinäderung bzw. -flaserung, gelbgrau, teilweise Säume um Komponenten, unregelmäßiger Wechsel, bei ca. 61,21 m FeMn-Anreicherung, von 61,25 – 61,30 m rote Karneolsäume (1 – 2 mm dick) um Wurzelröhre, von 61,42 – 61,52 m rote Karneolknollen (Ø bis mehrere Zentimeter)
 - 61,80 m Sandstein, dolomitisch, fein- bis grobkörnig,



- grau, mit einigen kleinen (mm) roten Karneolbruchstücken, untere 8 cm durch erosive Grenze abgetrennt: Sandstein, feinkörnig, grauviolett, Polyeder mit Dolomitsäumen umgeben (im Anschnitt unregelmäßiges Netzmuster), ebenfalls rot, Karneol führend
- 63,00 m Kerngewinn: 40 cm
Feinsandstein, schwach mittelsandig, siltig-tonig, grau und grauviolett, dolomitisch, unregelmäßiges Netzmuster aus Dolomit um Polyeder, weitgehend entschichtet, einzelne rote Karneolknollen bis Ø 15 mm, bei 61,95 – 62,01 m starke Dolomitprägung (gelblich) bis -knolle
KV 22: unten: 0,80 m
 - 66,00 m Kerngewinn: 2,20 m
1. Kernstücke: 10 cm
Fein- bis Mittelsandstein, grobkörnig, schlecht sortiert, grau
2. Kernstücke: 1,87 m
Sandstein, feinkörnig-grobkörnig, grauviolett und grau, unregelmäßiges, dolomitisches Netzwerk in den oberen 70 cm, in unteren 40 cm silifiziert, ehemalige Dolomitsteinknollen, gelbgrau, 30 – 45 cm über der Basis gelbliche Dolomitkruste mit kleinen mm-großen Karneolbruchstücken (Quarzkörner oft gut gerundet), untere 20 cm mit Manganoxidbelägen, an der Basis eine 5 cm dicke silifizierte Dolomitsteinlage oder -knolle
3. Kernstücke: 23 cm
Sandstein, fein- bis grobkörnig, dunkelgrauviolett mit graugrünen Flecken, unten karbonatisch
KV 23: unten 0,80 m
 - 66,40 m Sandstein, mittel- bis grobkörnig, feinsandig, alternierende Lagen von Fein- bis Mittelsand und von Grobsand, schwach karbonatisch, hellgrau
 - 69,00 m Kerngewinn: 1,40 m
KV 24: oben 1,20 m
1. Kernstücke: 61 cm
Sandstein, mittel- bis grobkörnig, grau, auf Schichtflächen gelegentlich anoxidierte Pyritkristalle (bis 0,5 mm), im unteren Bereich dolomitisch, deutlich großdimensional schrägschichtet, einzelne grüne Tonsteinintraklasten (Ø bis 15 mm), wechselnd leicht silifiziert, unten limonitisch verfärbt
2. Kernstücke: 79 cm
Sandstein, grauviolett, lagenweise grau, etwa im mittleren Teil vier rotbraune Tonsteinlagen (bis 15 mm dick), im oberen Bereich dolomitisch und kleinere (Ø einige mm bis 2 cm), an der Basis des oberen Drittels größere Dolomitsteinknolle (Ø 3 – 4 cm)
 - 69,15 m Schluffstein, tonig, fein- bis grobkörnig, karbonatfrei, grauviolett
 - 69,28 m Sandstein, fein- bis grobkörnig, karbonatfrei, grau, mit grauvioletten Flecken
 - 69,50 m Sandstein, fein- bis grobkörnig, karbonatfrei, grauviolett mit grauen Flecken
 - 70,60 m Sandstein, fein- bis grobkörnig, lagenweise schwach feinkiesig, grau, obere 10 cm schwach dolomitisch, ansonsten karbonatfrei
 - 72,00 m Kerngewinn: 90 cm
1. Kernstücke: 62 cm
Sandstein, fein- bis grobkörnig, lagenweise feinkiesig, hellgrau, mit grünen Tonsteinintraklasten (Ø bis 12 mm), karbonatfrei, im oberen Teil schrägschichtet
2. Kernstücke: 12 cm
Sandstein, fein- bis mittelkörnig, eben geschichtet, karbonatfrei, rötlichgrau, in den unteren 2 cm vorherrschend grüngrauer, feinsandiger Tonstein
3. Kernstücke: 16 cm
Sandstein, fein- bis grobkörnig, lagenweise schwach feinkiesig, karbonatfrei, hellgrau
KV 25: unten 0,50 m
 - 75,00 m Kerngewinn: 1,00 m
Sandstein, fein- bis grobkörnig, lagenweise schwach feinkiesig, karbonatfrei, hellgrau, bei 74,90 m 5 cm langes Kernstück aus Tonstein, grüngrau, von 74,95 – 75,00 m Sandstein, mittel- bis grobkörnig, Klaster aus Rhyolithuff bis 2 cm Ø
KV 26: über 75,95 m: 2,00 m
- Grundgebirge**
- 76,10 m Paragneis, Lagerung 45°
 - 78,00 m Kerngewinn: 1,50 m
KV 27: oben: 0,40 m
Paragneis (wie oben)

Literatur

- AIGNER, T. & BACHMANN, G. H. (1993): Sequence Stratigraphy of the German Muschelkalk. – In: HAGDORN, H. & SEILACHER, A. [Hrsg.]: Muschelkalk. Schöntaler Symposium 1991. (Sonderbände der Gesellschaft für Naturkunde in Württemberg 2): 15–18, 2 Abb.; Stuttgart, Korb (Goldschnecke).
- BANGERT, V., m. Beitr. v. ETZOLD, A., SAWATZKI, G. & SCHREINER, A. (1991): Erl. Bl. 8115 Lenzkirch. – Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ.: 132 S., 7 Abb., 5 Taf., 3 Beil.; Stuttgart.
- BECKER, F. (1995): Die Forschungsbohrung Ühlingen 2: Buntsandstein und Muschelkalk am Südostrand des Schwarzwaldes zwischen Schlücht und Steina. – Dipl.-Arb. Univ. Freiburg: 69 + 35 S., 19 Abb., 4 Taf., 1 Anl., 1 Kt.; Freiburg i. Br.
- BOCK, H. (2002): Buntsandstein – In: HOFMANN, F., SCHLATTER, R. & WEH, M., m. Beitr. v. BOCK, H. FRANZ, M. & SCHREINER, A.: Erl. Bl. 8217 Tengen-Wiechs a.R. – Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ. (2., völlig neu bearb. Aufl.): 125 S., 13 Abb., 3 Tab., 1 Beil.; Freiburg i. Br.
- BRAUN, J. (1983): Mikropaläontologische Untersuchungen an einem Profil im Unteren Muschelkalk in der Wutachschlucht (SE-Schwarzwald). – Dipl.-Arb. Univ. Tübingen: 61 S., zahlr. Abb.; Tübingen.

- FRANZ, M. & BOCK, H. (2005): Die Schichtenfolge des Buntsandsteins in der Bohrung GWM 7 Biswurm bei Villingen-Schwenningen. – LGRB-Inf., **17**: 125–135, 1 Abb., 1 Tab., 3 Taf.; Freiburg i.Br.
- GISLER, C., HOCHULI, P.A., RAMSEYER, K., BLÄSI, H. & SCHLUNEGGER, F. (2007): Sedimentological and palynological constraints on the Triassic sequence in Central Switzerland. – Swiss J. Geosci., Basal Triassic in Central Switzerland: 10 S., 5 Abb.; Basel (Birkhäuser).
- HAGDORN, H. & SIMON, T. (1993): Ökostratigraphische Leitbänke im Oberen Muschelkalk. – In: HAGDORN, H. & SEILACHER, A. [Hrsg.]: Muschelkalk. Schöntaler Symposium 1991. (Sonderbände der Gesellschaft für Naturkunde in Württemberg, **2**): 192–208, 15 Abb.; Stuttgart, Korb (Goldschneck).
- & SIMON, T. (2005): Der Muschelkalk in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2002. – Newl. Stratigr., **41** (1–3): 143–158, 2 Abb., 2 Taf.; Berlin, Stuttgart.
- HOFMANN, B. (1985): Mineralisationen von Pb, Zn, Cu und As in der Trias des südöstlichen Schwarzwaldes. Das Kristallin an der oberen Wutach als Beispiel eines möglichen Liefergebietes von Sedimentmaterial und erzbildenden Elementen. – Lizentiatsarb. Univ. Bern: 188 S., zahlr. Abb. u. Tab.; Bern.
- LGRB (2008): Symbolschlüssel Geologie Baden-Württemberg. Verzeichnis Geologischer Einheiten. – Aktual. Internet-Publ.: [http://www.lgrb.uni-freiburg.de/lgrb/Fachbe\(-\)reiche/geologie/fachberatung/geologische_regelwerke](http://www.lgrb.uni-freiburg.de/lgrb/Fachbe(-)reiche/geologie/fachberatung/geologische_regelwerke); Freiburg i.Br. (L.-Amt Geol. Rohst. Bergb. Baden-Württ.).
- MENNING, M. & Deutsche Stratigraphische Kommission (DSK) (88 Autoren) (2002): Eine geologische Zeitskala 2002. – In: Deutsche Stratigraphische Kommission [Hrsg.]: Stratigraphische Tabelle von Deutschland, m. Beih.: 16 S.; Potsdam (Geo-Forschungs-Zentrum).
- , 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 und Rhaetium. – Newl. Stratigr., **41** (1–3): 173–210, 1 Abb., 2 Tab., 3 Taf.; Berlin, Stuttgart.
- 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, 1 Tab.; Stuttgart.
- (1967): Fossile Böden als Leithorizonte für die Gliederung des Höheren Buntsandsteins im nördlichen Schwarzwald und südlichen Odenwald. – Geol. Jb., **84**: 485–590, 28 Abb., 4 Tab., 5 Taf.; Hannover.
- (1969): Paläoböden im höheren Buntsandstein des mittleren Schwarzwaldes. – Geol. Jb., **87**: 61–88, 9 Abb., 1 Tab., 11 Taf.; Hannover.
- (1970a): Die Randfazies des germanischen Buntsandsteins im südlichen Schwarzwald. – Geol. Jb., **89**: 135–168, 3 Abb., 3 Taf.; Hannover.
- (1970b): Die Randfazies des Buntsandsteins im Schwarzwald, dargestellt auf der Basis paläopedologischer Korrelationen. – Z. dtsh. geol. Ges., **121**: 99–103, 1 Abb.; Hannover.
- (1974): Inhalt und Bedeutung fossiler Bodenkomplexe in Perm und Trias von Mitteleuropa. – Geol. Rundsch., **63**: 850–884, 29 Abb., 3 Tab.; Hannover.
- PAUL, W. (1971): Die Trias. – In: SAUER, K. & SCHNETTER, M.: Die Wutach. – Bad. Landesver. Natkd. Naturschutz, Freiburg: 37–115, 29 Abb., 4 Taf.; Freiburg i.Br.
- RUPF, I. & NITSCH, E. (2008): Das Geologische Landesmodell von Baden-Württemberg: Datengrundlagen, technische Umsetzung und erste geologische Ergebnisse. – LGRB-Inf., **21**: 82 S., 36 Abb., 3 Tab. im Anh., 10 Beil.; Freiburg i.Br.
- SCHALCH, F. (1873): Beiträge zur Kenntnis der Trias am südöstlichen Schwarzwald. – Diss. Univ. Würzburg, 109 S., Schaffhausen (Brodtmann'sche Buchhandlung).
- SCHWARZ, H.-U. (1970): Zur Sedimentologie und Fazies des Unteren Muschelkalks in Südwestdeutschland und angrenzenden Gebieten. – Diss. Univ. Tübingen: 297 S., 63 Abb., 8 Tab., 14 Taf., 136 Bilder.; Tübingen.
- SIMON, T. (1998): Geochemical investigations of the Buntsandstein/Muschelkalk Boundary in South-West Germany. – Zbl. Geol. Paläont., **I** (7–8): 769–782, 8 Abb.; Stuttgart.
- , ENGESSER, W. & LEIBER, J. (1992): Stratigraphie des Unteren Muschelkalks im nördlichen Kraichgau. – Jh. Geol. L.-Amt Baden-Württ., **34**: 271–290, 4 Abb., Freiburg i.Br.
- VOLLRATH, P. (1923): Beiträge zur Stratigraphie und Paläogeographie des fränkischen Wellengebirges. – N. Jb. Min. etc., Beil. L: 120–288, 3 Taf.; 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. oberrh. geol. Ver., N. F., **71**: 121–148, 13 Abb.; Stuttgart.



LGRB-Informationen	22	S. 123 – 146	10 Abb.	2 Tab.	Freiburg i. Br. September 2009
--------------------	----	--------------	---------	--------	-----------------------------------

Zur lithostratigraphischen Gliederung des Aalenium in Baden-Württemberg

MATTHIAS FRANZ & EDGAR NITSCH

Inhalt

1	Einleitung	127
2	Frühere Gliederungen	128
3	Ergebnisse der Revisionsbegehung von 1992	129
4	Gliederung der Opalinuston-Formation	131
5	Beschreibung der Formationen	134
	5.1 Opalinuston-Formation (a1)	145
	5.2 Teufelsloch-Subformation (opt)	136
	5.3 Zillhausen-Subformation (opz)	136
	5.4 Achdorf-Formation (a2)	137
	5.5 Eisensandstein-Formation (a2E)	139
	5.6 Murchisonae-Oolith-Formation (a2M)	141
	Literatur	144





LGRB-Informationen	22	S. 123 – 146	10 Abb.	2 Tab.	Freiburg i. Br. September 2009
--------------------	----	--------------	---------	--------	-----------------------------------

Zur lithostratigraphischen Gliederung des Aalenium in Baden-Württemberg

MATT IAS FRA Z EDGAR ITSC

Schlagworte: Mitteljura, Opalinuston-Formation, Achdorf-Formation, Eisensandstein-Formation, Murchisonae-Oolith-Formation, Lithostratigraphie, SW-Deutschland

Eisensandstein-Formation sowie Liegende Sandkalke, Ringsheim-Erzlager und Concavasandstein in der Murchisonae-Oolith-Formation.

Kurzfassung

Die Schichtenfolge des Aalenium (Mitteljura) wird in Baden-Württemberg in vier lithostratigraphische Einheiten gegliedert: Opalinuston-Formation, Achdorf-Formation, Eisensandstein-Formation und Murchisonae-Oolith-Formation. Die bis 150 m mächtige Opalinuston-Formation repräsentiert den größten Teil des unteren Aalenium und wird hier weiter in zwei Subformationen unterteilt: Die zumeist etwa 100 m mächtige Teufelsloch-Subformation umfasst den sandarmen bis -freien liegenden Abschnitt, während in der Zillhausen-Subformation mit den Unter-einheiten Wasserfallschichten, Belemnitenbrekzie, Costosumbank und Zopfplatten die sandigen hangenden Schichten zusammengefasst werden, deren Mächtigkeit zwischen 10 und 40 m schwanken kann. Die Obergrenze der Formation liegt geringfügig diachron in der höchsten *opalinum*-Zone, dicht unter der Basis der *murchisonae*-Zone.

Die Ablagerungen des oberen Aalenium, zwischen 10 und 50 m mächtig, sind lithologisch in eine westliche und eine östliche Sandfazies und eine zentrale Tonfazies geteilt, weshalb hier drei gleich alte Formationen unterschieden werden. Auf eine formale Unterteilung dieser Formationen in Subformationen wird verzichtet, doch erlauben charakteristische Leithorizonte eine weitergehende Unterteilung. Die wichtigsten Leithorizonte sind hier Comp-tumbank, Sinonbänke, Concavasandstein und Concavabank in der Achdorf-Formation, Unterer Donzdorf-Sandstein, Personatensandsteine, Oberer Flözhorizont und Oberer Donzdorf-Sandstein in der

[On the lithostratigraphic subdivision of the Aalenian deposits of Baden-Württemberg]

Keywords: Middle Jurassic, Opalinuston Formation, Achdorf Formation, Eisensandstein Formation, Murchisonae-Oolith Formation, lithostratigraphy, SW Germany

Abstract

The stratigraphic sequence of the Aalenian (Middle Jurassic) in Baden-Württemberg is subdivided in four lithostratigraphic units: Opalinuston Formation, Achdorf Formation, Eisensandstein Formation and Murchisonae-Oolith Formation. Most of the lower Aalenian is represented by the Opalinuston Formation, divided herein into two subunits. The main part of this formation, named here Teufelsloch Member, consists of about 100 m of grey shale, almost free of sand, superseded by the Zillhausen Member, a succession of sandy shales and clayey sandstones of variable thickness (10 to 40 m), including the subunits Wasserfallschichten, Belemnitenbrekzie, Costosumbank, and Zopfplatten. The upper boundary of this formation is slightly diachronous and situated in the uppermost part of the *opalinum* Zone near the base of the *murchisonae* Zone.

The upper Aalenian is lithologically subdivided into a western and an eastern sandy facies realm fringing a central shaley basin. Thus, three distinct formations of the same age can be distinguished. A formal subdivision of these formations into members is renounced, but distinct marker beds allow further

stratigraphic subdivision. The most important marker beds are Comptumbank, Sinonbänke, Concavandstein and Concavabank in the Achdorf Formation, Unterer Donzdorf-Sandstein, Personatensand-

stein, Oberer Flözhorizont und Oberer Donzdorf-Sandstein in the Eisensandstein Formation and Liegende Sandkalke, Ringsheim-Erzlager and Conca-

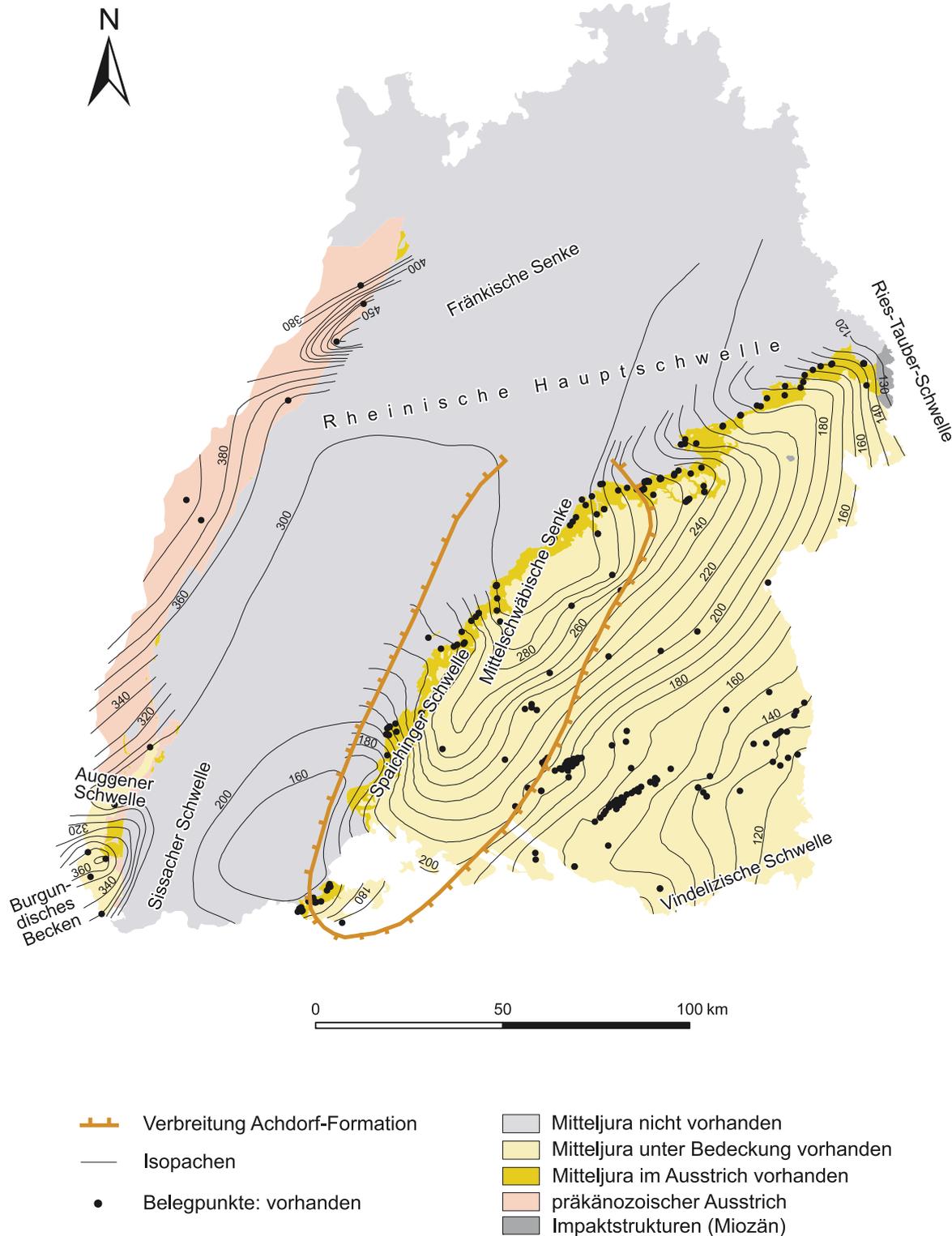


Abb. 1: Mächtigkeiten des gesamten Mitteljura und Lage der synsedimentär wirksamen Schwellen- und Senkengebiete in Baden-Württemberg (aus RUPF & NITSCH 2008). Im Gebiet der Mittelschwäbischen Senke („Reutlinger Becken“) ist im Ober-Aalenium die Tonfazies der Achdorf-Formation ausgebildet.



inleitung

Die Schichtenfolge des Schwäbischen Jura hat in den vergangenen fast 200 Jahren zahlreiche Gliederungen erfahren. Die ersten detaillierten und in ihren Grundzügen bis heute fortbestehenden Gliederungen für Baden und Württemberg schufen FROM ERZ (1 37, 1 3) und UE STEDT (1 43, 1 5 , 1 2, 1 5 – 1). Ihre sowohl lithologisch als auch paläontologisch definierten Einheiten sind seit den Arbeiten von Opperl (1 56 – 1 5) auch biostratigraphisch gut mit internationalen Gliederungen zu korrelieren. Seither folgten zahlreiche feinstratigraphische Untersuchungen (z.B. DEUSS 1925, L RC ER 1934, 1939, RIEBER 1963, 1977, WEBER 1964), auf deren Grundlage die älteste international gültige Stufe des Mittleren Jura nach der Umgebung von Aalen als Aalenium bezeichnet wurde (MAUBEUGE 1964, DIETL 1977, DIETL ETZOLD 1977).

Allerdings folgte die Gliederung vielfach, neben der lithostratigraphischen Unterscheidung petrographisch unterschiedlicher Gesteinseinheiten, biostratigraphischen Kriterien, weshalb die so definierten Grenzen von den auffälligen Fazieswechseln der Abfolge mehr oder weniger weit abweichen und im Gelände ohne Fossilfunde oft nicht mehr nachvollziehbar waren (z.B. GE ER GWI ER 1964, 1979, A SC REI ER 1971). Doch erbrachten sedimentologische und zyklustratigraphische Untersuchungen ein tieferes erständnis für die Entstehungsweise und stratigraphische Relevanz der seit langem bekannten, regional korrelierbaren Leit-

schichten und konnten die Faziesabfolge in erbindung mit Schwankungen des Meeresspiegels bringen (z.B. STA LECKER 1934, BOZE ARDT 1936, RO-GOWSKI 1971, BA ER MC G EE 19 5, BA ER et al. 19 5, ALLIA 1996, WETZEL ALLIA 2003, PEC OLDT SC WEICKARDT 2003).

Entsprechend stratigraphischen Richtlinien der Deutschen Stratigraphischen Kommission (DUGW 1977, STEI I GER PILLER 1999) erfolgt deshalb seit Beginn der 1990er Jahre eine erarbeitung der bestehenden Gliederung zu einer formell gültigen und im Gelände nachvollziehbaren Lithostratigraphie, auf die sich die überregional gültige biostratigraphische Zonengliederung beziehen lässt, wodurch regional isochrone und heterochrone Faziesgrenzen erkannt werden können. Die zuvor stark an biostratigraphischen Ergebnissen orientierten Gliederungen (vgl. GE ER GWI ER 1991) erfuhren dabei eine schrittweise eufassung, deren Entwicklung in GLA (1995), LGRB (2005), in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland (STD 2002) und bei BLOOS et al. (2005) dokumentiert sind. Dabei wurden die meisten der teilweise vor mehr als 100 Jahren eingeführten Schichtnamen zur Benennung von Formationen beibehalten. eue Bezeichnungen, unter erwendung von Orts- bzw. Lokalitätsnamen, wurden nur in zwingenden Fällen eingeführt, insbesondere bei mehrdeutigen historischen Bezeichnungen oder zuvor unklar definierten Einheiten. Mit der vorliegenden

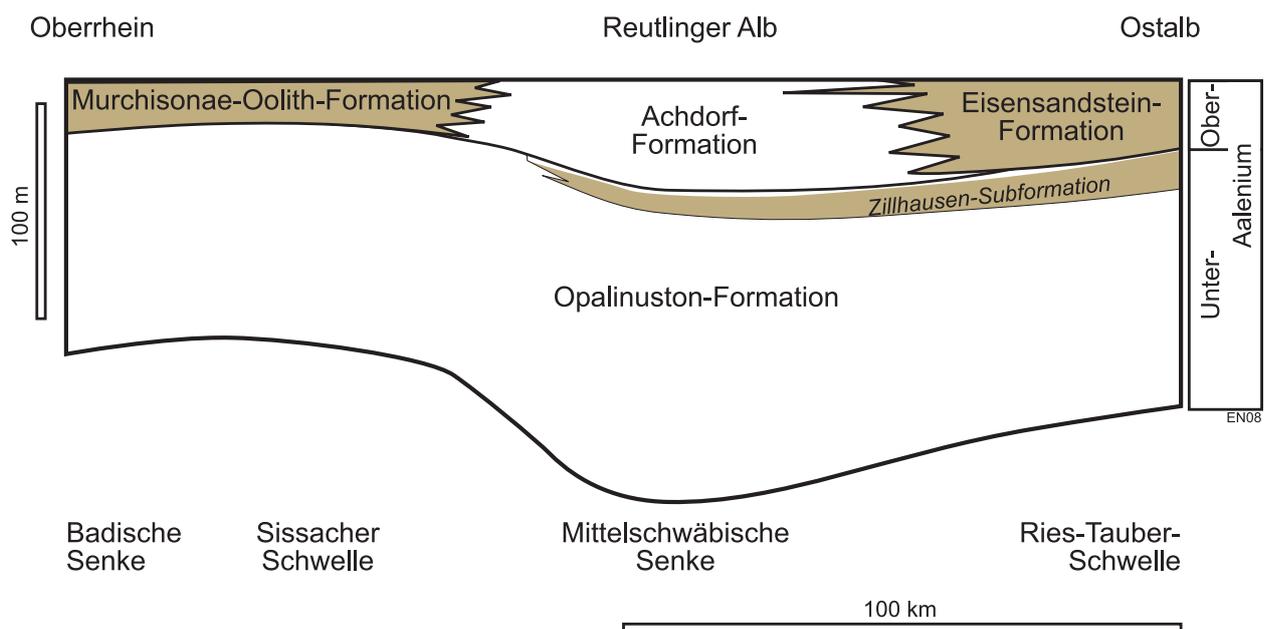


Abb 2 bersicht zu den lithostratigraphischen Einheiten im südwestdeutschen Aalenium (schematisch).

Arbeit soll der Stand der Entwicklung für das Aalenium zusammenfassend betrachtet und eine formale Definition der heute gültigen Formationen und Subformationen der Schichten des Aalenium in Baden-Württemberg vorgenommen werden. Diese Formationsgliederung bildet dabei die paläogeographisch kontrollierte Faziesverteilung ab, die sich im südwestdeutschen Raum besonders im späten Aalenium entlang von tektonisch angelegten Schwellen und Senken ausbildet, die über das gesamte Mesozoikum hinweg in den Mächtigkeitsverteilungen erkennbar sind (RUPF & NITSCH 2008, Abb. 1 u. 2).

einem mittleren, nicht benannten Abschnitt schied er im Hangenden mehrere „Zopfplatten“ aus, deren unterste er wegen der zahlreich darin vorkommenden Crinoiden als „Pentacrinitenplatte“ bezeichnete. Andererseits wurde die Murchisonae-Oolith-Formation im südlichen Oberrheingebiet von ILLIES (1956) und GENSER (1966) in drei Abschnitte geteilt (Tab.1), was jedoch südlich von Kandern – insbesondere am Hochrhein und im Klettgau – auf Schwierigkeiten stößt, da dort das Erzlager fehlt bzw. sehr geringmächtig entwickelt ist (vgl. Abb. 4).

2 Frühere Gliederungen

QUENSTEDT (1843, 1858), später ENGEL (1908) u. a. unterteilten sowohl Braunjura α als auch Braunjura β in Unter-, Mittel- und Ober-α (bzw. -β). Diese Dreigliederung beruhte allerdings auf einer Mischung aus litho- und biostratigraphischen Kriterien und ist vor allem im Opalinuston lithostratigraphisch nicht nachvollziehbar (KOBLENER 1972). Für die Eisensandstein-Formation dagegen schlug später SCHLEH (1925) eine 11-teilige, STAHLCKER (1934) eine 7-teilige Gliederung vor. Weitere, z. T. sehr inhomogene Gliederungen entwickelten GROPPER (1925), BOZENHARDT (1936) und SEIBOLD (1950). Die heute gebräuchliche und auch in dieser Arbeit verwendete Gliederung geht im Wesentlichen auf WEBER (1964) zurück.

Nach den Jura-Kongressen 1962 und 1967 in Luxemburg verstärkten sich die Bestrebungen, lithostratigraphische Einheiten nach ihrer biostratigraphischen Einstufung zu benennen. So bezeichneten HAHN & SCHREINER (1971) mit dem Ziel einer Angleichung an das internationale Stufenschema die bislang meist als Braunjura α und β angesprochenen Einheiten als „Unter-“ und „Ober-Aalenium“ (al1, al2). GEYER & GWINNER (1979, 1991) schlugen dementsprechend – vorwiegend aufgrund biostratigraphischer Kriterien – eine Zweiteilung des Unter-Aalenium in Braunjura α1 und α2, und eine Dreigliederung des Ober-Aalenium in Braunjura β1 – β3 unter Anpassung an neuere Kenntnisse der Ammonitenverbreitung vor.

Während der Opalinuston am südlichen Oberrhein nicht weiter gegliedert wurde, versuchte SCHALCH (1897) dies vor allem im Wutachgebiet anhand faunistischer Merkmale. So nannte er den untersten Abschnitt „Torulosusschichten“ oder nach dem häufigen Vorkommen von „*Posidonomya suessi*“ (= *Bositra buchi*), „Posidonomyenschichten“. Über

Tab. 1: Ältere stratigraphische Bezeichnungen für die Schichtenfolge des Aalenium in Baden-Württemberg.

Stufe		Oberrhein, Hochrhein, Klettgau			
		A 1897	G 1966, BA 1966	LGRB 2005	
Aalenium	Ober-Aalenium	<i>murchisonae</i> -Schichten (dg2)	Gryphitenmergel	Ludwigienton 3	Murchisonae-Oolith-Formation
	Concava-sandstein				
Gryphitenmergel					
	<i>murchisonae</i> -Erzlager		Erzlager		
		Liegende Sandkalke	Liegende Sandkalke		
			Ludwigienton 1		
	Unter-Aalenium	Opalinuston (dg1)	Opalinuston	Opalinuston-Formation	



3 Ergebnisse der Revisionsbegehung von 1992

Im damaligen Geologischen Landesamt Baden-Württemberg wurde 1992 damit begonnen, unklare bzw. schlecht kartierbare Grenzen (meistens die sogenannten „Gränzregionen“ QUENSTEDTS) eindeutig zu definieren. Insbesondere die von LÖRCHER (1934, 1939) als Grenzlage vorgeschlagene Blemniten-Brekzie ist nicht überall entwickelt und außerdem äußerst selten anstehend zu beobachten. Zur Festlegung einer kartierbaren Grenze al1/al2 erfolgte darum am 19. und 20. Oktober 1992 eine Begehung, an der neben dem damaligen

Leiter der geologischen Landesaufnahme im Geologischen Landesamt, R. HÜTTNER, A. ETZOLD, M. FRANZ, W. OHMERT und F. WURM teilnahmen. Besucht wurden fünf Aufschlüsse im Gebiet der Ostalb sowie vier Aufschlüsse im Vorland der mittleren und westlichen Schwäbischen Alb (Tab. 2). Das „Typusprofil“ der Wasserfallsschichten in Zillhausen wurde aus Zeitgründen ausgelassen, war jedoch erst wenige Jahre zuvor im Rahmen von Kartierungsarbeiten neu bearbeitet worden (FRANZ et al. 1987: 30 ff.).

Bei der Begehung zeigte sich der Untere Donzdorf-Sandstein vor der Ostalb stets gut abgeschlossen, wobei die Untergrenze häufig als Quellhorizont entwickelt und morphologisch als Anstieg bemerkbar ist.

Westalb, Mittlere Alb				Ostalb				Oberrhein	Mittlere Alb	Ostalb			
1843, 1858	G & Gw 1991	LGRB 2005		W B 1964	LGRB 2005		diese Arbeit						
Gränzregion (β/γ)	beta 3	Ludwigiont 3	Eichberg-Formation	Oberer Donzdorfer Sandstein	Oberer Donzdorf-Horizont	Eisensandstein-Formation	Murchisonae-Oolith-Formation	LT3	LT3	Eisensandstein-Formation	ODH		
Ober-β		Concava-sandstein		Oberer Flözhorizont	Oberer Flözhorizont			CSM	CS			Achdorf-Formation	OFH
		Mittel-β		Ludwigiont 2	Personaten-sandstein			Personaten-sandstein	Gr				
Brauner Jura β	beta 2		Staufensisbänke	Unteres Flöz	Unterer Donzdorf-Horizont	LSK	LT1	UDS					
		Ludwigiont 1	(Tonsteine, sandflaserig)						Opalinuston 4	Opalinuston-Formation	Opalinuston-Formation	Zillhausen-Subformation	
Unter-β	beta 1	Opalinuston 4	Zopfplatten	Zopfplatten	Opalinuston-Formation	Opalinuston-Formation	Teufelsloch-Subformation						
		Opalinuston 3	(Tonsteine, sandflaserig)	Opalinuston 3				Opalinuston-Formation					
		Opalinuston 2	Wasserfall-schichten	Wasserfall-schichten									
Gränzregion (α/β)	alpha 2	Wasserfall-schichten	Opalinuston-Formation	Opalinuston	Opalinuston 1	Opalinuston-Formation	Opalinuston-Formation	Teufelsloch-Subformation					
Ober-α		alpha 1		Opalinuston 1	Opalinuston				Opalinuston 1				
Mittel-α	Brauner Jura α, Opalinuston												
Unter-α													

Tab. 2: Aufschlüsse der Revisionsbegehung von 1992.

Nr.	Lokalität	TK 25-Nr. / Name	R-Wert	H-Wert	Literatur
1	Tobelbach S Weilerstoffel	7225 Heubach	35 61 440	54 00 580	WEBER 1964: Prof. 27
2	Frankentobel W Liebenweiler	7324 Geislingen a.d. St.-W	35 54 760	53 90 950	BORNGRAEBER 1993
3	Schlater Bach	7324 Geislingen a.d. St.-W	35 51 725	53 89 265	WEBER 1964: Prof. 10
4	Teufelsloch, W Breiter Stein	7323 Weilheim	35 44 720	53 87 000	
5	Rotensteigbach E-SE Weilheim	7323 Weilheim	35 42 720 – 35 43 120	53 86 190 – 53 86 240	
6	Breitenbach, SW Reutlingen	7521 Reutlingen	35 13 800	53 69 180 – 53 69 400	TÖNIGES 1967: Anl. 7
7	Sennerwaldhof	7818 Wehingen	34 87 220	53 39 240	SCHWEIZER 1987: S.10
8	Gosheimer Steige	7818 Wehingen	34 81 880	53 32 280	PRAMANN 1992
9	Eichberg Westhang	8117 Blumberg	34 63 350	53 01 150	HAHN 1971: S. 124 ff.

Die Zopfplatten im Liegenden dieses Sandsteins sind in Aufschluss 1 mächtig entwickelt, in Aufschluss 2 jedoch nur durch einzelne Sandlagen vertreten. In Aufschluss 3 blieb der Nachweis der Schicht fraglich, doch ließen sich sandige Mergelsteine in entsprechender Position auffinden. Aufschluss 4 und 5 zeigten die Zopfplatten als flaserige bis plattige und mergelige Sandsteinbänke von bis über einem Meter Mächtigkeit. Auch in Aufschluss 6 und 7 erschienen die Zopfplatten gesichert, dagegen in Aufschluss 8 und 9 wieder unsicher oder jedenfalls dort untypisch entwickelt.

Die Costosumbank ist in Aufschluss 1 vermutlich identisch mit der von WEBER (1964) als „Unteres Austernlager“ bezeichneten Schicht und in Aufschluss 4 und 5 anhand von Ammonitenfunden eindeutig nachweisbar. In Profil 6 erschien die Costosumbank dagegen fraglich, weiter südwestlich fehlt diese Bank ganz.

Eine „Belemnitenbrekzie“ war während der Begehung nur in Aufschluss 5 in einzelnen Knollen nachweisbar. Sie korreliert möglicherweise mit einer Schillbank in Aufschluss 6, in der sich jedoch keine auffällige Anreicherung von Belemnitenresten zeigte. Der Leitwert dieser Schicht, falls es in unterschiedlichen Aufschlüssen überhaupt dieselbe ist, bleibt damit fraglich.

Die darunter ausstreichenden Wasserfallschichten sind zwar vermutlich überall vorhanden, aber häufig nicht aufgeschlossen. In Aufschluss 1 wurden sie früher falsch gedeutet, in Aufschluss 2 und 3 waren sie nicht auffindbar, in Aufschluss 4 jedoch eindeutig vorhanden, allerdings geringer mächtig als in Aufschluss 1. Die Wasserfallschichten ließen

sich auch in Aufschluss 5 nachweisen, als Verursacher eines Wasserfalls sind sie hier jedoch unklar und mit anderen Schichten zu verwechseln. Auch vor der Mittleren Alb zeigten sich die Wasserfallschichten bis Aufschluss 8 gut erkennbar, weiter südlich aber zunehmend undeutlich und waren in Aufschluss 9 bereits fraglich.

Dagegen war die Comptumbank in den Aufschlüssen der Mittleren und Südlichen Alb stets vorhanden, allerdings lithologisch recht variabel und z. T. in mehrere Bänke aufgeteilt (Aufschluss 7 und 8). Sie ist östlich davon noch aus dem Mühlbach S Gammelshausen bekannt. Im Gebiet der Ostalb setzt die Bank jedoch aus und war lediglich in Aufschluss 4 nachweisbar (Basis der „Roten Zone“, nach BUCK & SÖLL 1950).

Als Resümee der Begehung protokollierte F. WURM im Anschluss an die Abschlussbesprechung in Achdorf am 20.10.1992 [Zusätze in eckige Klammern gesetzt]:

„Es besteht Übereinstimmung, dass sich das Aalenium [im Vorland der Schwäbischen Alb] in drei lithologische Komplexe gliedern lässt:

1. *Opalinuston i. e. S.: milde, sandfreie Tonfazies*
2. *Wasserfallschichten bis Zopfplattenregion: sandige Tonsteine mit Sandsteinlagen*
- 3.a) *Eisensandstein-Formation (Donzdorfer Sandstein und Personatensandstein, lokal mit Eisenoolithen) [vor der Ostalb]*
- 3.b) *„Zillhausener Ludwigitone“ [informeller Begriff, hier als Achdorf-Formation neu definiert]: Tonsteine mit z. T. geröllführenden [oder oolithischen] Kalksteinbänken. Die Grenze zwischen 3a und 3b verläuft etwa im Bereich der Blätter 7422 [Lenningen]/7423 [Wiesensteig].“*



“Die Grenze zwischen Komplex 1 und Komplex 2 ist unscharf und selten aufgeschlossen. Die Komplexe 1 und 2 sollen deshalb nicht getrennt, sondern in der erweiterten Kartiereinheit al1 als Opalinuston-Formation zusammengefasst werden, wobei der Komplex 2 mit Übersignatur dargestellt wird. Die Komplexe 3a und 3b werden gleichermaßen durch das Symbol al2 gekennzeichnet [heute al2E, Eisensandstein-Formation und al2, Achdorf-Formation]. Somit liegt die Grenze al1/2 im Osten (von Blatt Wiesensteig nach E) an der Untergrenze des UDS, im Westen [Mittel- und Westalb] an der Untergrenze der ersten Karbonatbank (Comptumbank).“

4 Gliederung der Opalinuston-Formation

Die Opalinuston-Formation wird hier erstmals in zwei faziell definierte Subformationen gegliedert, die Teufelsloch- und die Zillhausen-Subformation (Abb. 3). Diese Gliederung greift auf ältere gebräuchliche, zuvor aber nur unscharf definierte Einteilungen zurück, die hier teilweise modifiziert werden. Bevor die Formationen und Subformationen in Kap. 5 formal beschrieben werden, soll die Untergliederung dieser Formation hier kurz erläutert werden.

Der untere, sandarme Abschnitt der Opalinuston-Formation wurde seit jeher als der „eigentliche“ Opalinuston betrachtet und wird hier als „Teufelsloch-Subformation“ von der stärker feinsandigen „Zillhausen-Subformation“ darüber unterschieden.

Die Teufelsloch-Subformation umfasst etwa 100 m, im nördlichen Oberrheingraben bis zu ca. 120 m Tonsteine ohne gliedernde Zwischenlagen, die innerhalb nur einer Ammonitenzone, der des *Leioceras opalinum*, entstanden. Auch wenn die Sedimentation dieser einförmigen Tonserie örtlich bereits etwas früher in der *aalensis*-Zone des Oberen Toarcium einsetzte, zeigt sich darin für das frühe Aalenium ein bemerkenswerter Anstieg der Akkumulationsrate. Im Gebiet der Reutlinger Alb stieg, gegenüber den im frühen Jura (Dauer etwa 22 Ma, alle Altersdaten nach STD 2002) üblichen Werten um 5 m/Ma, die mittlere Akkumulationsrate während des Aalenium (Dauer etwa 3,5 Ma) auf mehr als 45 m/Ma an und hinterließ in rund einem Sechstel der Gesamtdauer des Mitteljura mehr als die Hälfte von dessen heutiger Sedimentmächtigkeit. Über die verbleibenden 18 Ma des mittleren und späten Mitteljura hinweg sank die mittlere Akkumulationsrate wieder auf rund 8 m/Ma ab. Vergleichbare, nur in den Zahlenwerten abweichende Entwicklungen sind auch in den anderen Landesteilen

erkennbar. Ein Zusammenhang mit den im frühen Mitteljura einsetzenden mittelkimmerischen tektonischen Bewegungen liegt darum nahe, ist aber bislang noch nicht sicher zu belegen.

Die Teufelsloch-Subformation weist zwar keine fest umrissenen Leitschichten auf, ist aber dennoch in drei faziell leicht abweichende Abschnitte mit fließenden Übergängen gegliedert. Sowohl in den unteren 10 – 20 m als auch in den oberen 20 – 30 m liegt der Kalkgehalt der Tonsteine deutlich höher als im äußerst kalkarmen mittleren Teil und leitet teilweise mit über 20 % zu Tonmergelsteinen über. Besonders in den „Torulosus-Schichten“ der untersten Meter sind immer wieder Schichtflächen dicht mit flachgedrückten weißen Bositra-Schälchen und Ammoniten belegt. Der mittlere Abschnitt ist dagegen fossilarm. Papierdünn kompaktierte Ammonitenschalen sind hier meist die einzigen Makrofossilien, doch zeigen sich in einzelnen Lagen auch Gastropoden oder Muscheln (SEILACHER et al. 1976, ETTER 1990, 1996). Im Porenraum der sehr gering durchlässigen Tonsteine sind möglicherweise noch Spuren des jurassischen Meerwassers als Formationswasser erhalten geblieben (HEKEL 1992). Im oberen Abschnitt führen die Kalksteinknollen vielfach körperlich erhaltene Ammonitenschalen mit aragonitisch erhaltener Schalensubstanz (sog. „Opalinusknollen“, ANDALIB 1970). Örtlich treten kalkige Bänken auf, in denen Fossilshalen angereichert sind („Lucinenbank“, „Pentacrinitenplatte“) und die von Nagelkalk-Abscheidungen begleitet werden können. In den obersten Metern steigt mit dem Kalkgehalt auch der Anteil an Schluff und Glimmerstaub langsam an und leitet so zur feinsandigen Zillhausen-Subformation über.

Die Zillhausen-Subformation ist faziell weiter in Abschnitte mit unterschiedlichem Sand- oder Sandstein-Anteil gegliedert. Zwei Bereiche, in denen sandige Kalksteine und Sandsteine deutlich in den Vordergrund treten – und dadurch in den Bachrissen des Albvorlandes auch vielfach kleine Wasserfälle hervorrufen – werden seit QUENSTEDT (1858) als Wasserfallschichten bzw. Wasserfallbänke sowie als Zopfplatten bezeichnet. Die Grenze zwischen „Braunjura Alpha“ und „Braunjura Beta“ wurde lange zwischen diese beiden sandigeren Abschnitte gelegt.

Die Wasserfallbänke sind eine Wechselfolge von dünnen kalkigen Sandstein- und sandigen Kalksteinbänken (bis 60 % Karbonat) und flaserigen, sandigen, z. T. bioturbaten Tonmergelsteinen (bis 25 % Karbonat). Die Schichtoberflächen der Bänke sind z. T. mit Lebensspuren (z. T. zopfartige Wülste und Schnüre) bedeckt. Die Wasserfallschichten führen isolierte Crinoiden-Stielglieder, *Lingula* sp. und

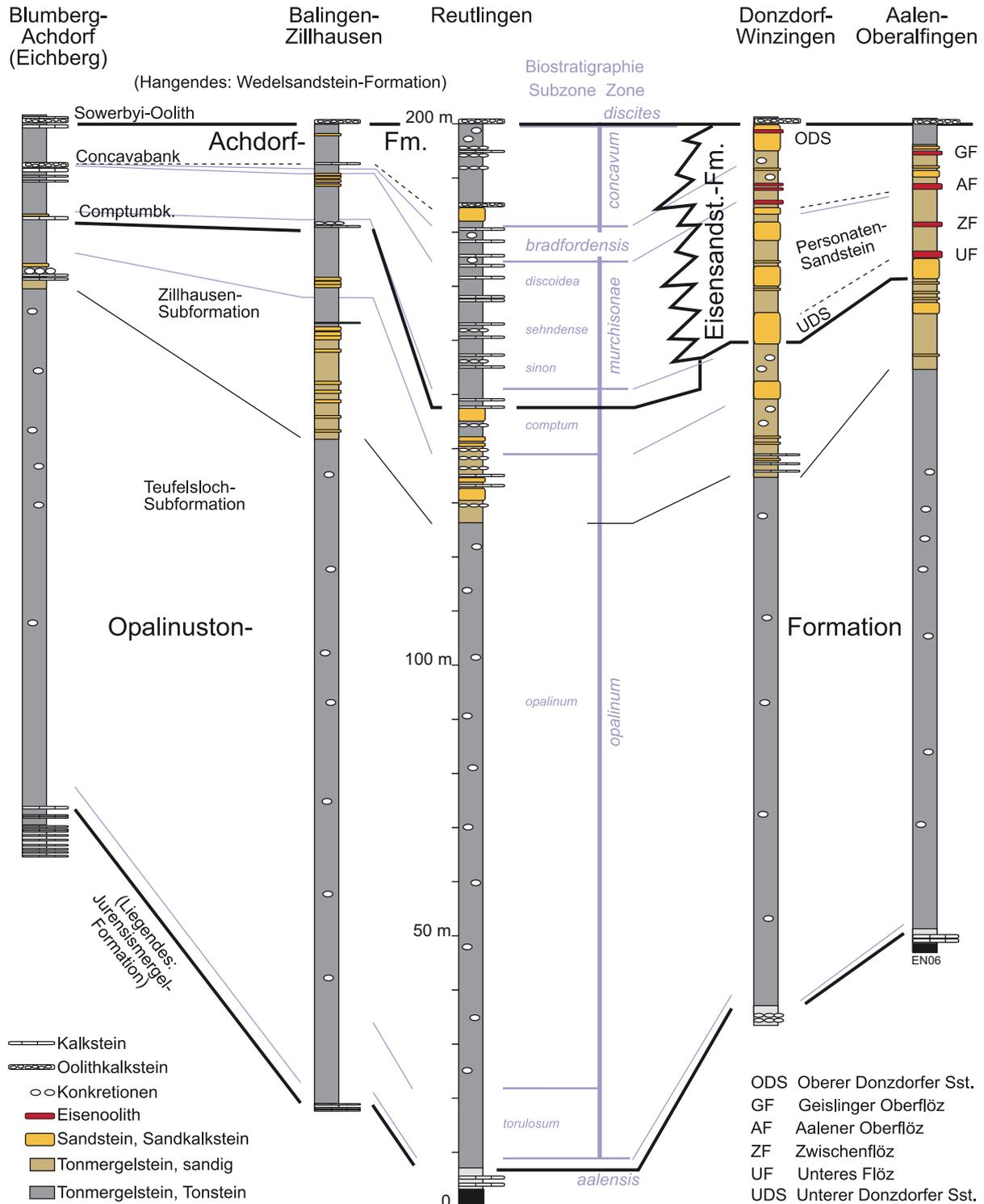


Abb. 3: Profile des Aalenium im Albvorland (zusammengestellt nach HÖNIG 1984, OHMERT 1988, WURM et al. 1989, FRANZ et al. 1987, ETZOLD 1994).

Oxytoma inaequalvis. In den Wasserfallsschichten treten immer wieder fossilreiche Kalksteinbänke mit unterschiedlicher Verbreitung auf, von denen einzelne bereits von QUENSTEDT (1843, 1858) eigene Namen erhalten haben.

Über den Wasserfallsschichten wurde von LOERCHER (1934) eine sogenannte „Belemnitenbrekzie“ als Grenzschicht zu den hangenden Zopfplattenschichten angegeben. Es handelt sich dabei um eine oft knollig-laibsteinartig absondernde Kalk-



mergelsteinbank mit aufgearbeiteten Toneisenstein-Konkretionen, Echinodermenresten und zahlreichen, häufig angebohrten Belemnitenfragmenten. Während LOERCHER (1934) diese Bank für eine regionale Leitschicht hielt, konnten ähnliche Gesteine von späteren Bearbeitern nur noch örtlich und mit unsicherer feinstratigraphischer Position in anderen Gegenden nachgewiesen werden. Faziell handelt es sich offenbar um eine Aufarbeitungsbildung, die von Stürmen oder zeitweise intensivierten Bodenströmungen als Reliktsediment in wannen- oder rinnenartigen flachen Senken abgelagert wurde und lateral nicht weit durchhält. Ob es sich bei den an verschiedenen Orten angetroffenen Belemnitenbrekzien über den Wasserfallbänken um eine lückenhafte Ablagerung auf derselben Schichtfläche oder um geringfügig verschieden alte Aufarbeitungslagen handelt, ließ sich bislang noch nicht entscheiden.

Die *Costosum* bank (entspr. vermutlich dem Unteren Austernlager, GROPPER 1925, WEBER 1964) ist im Raum Wiesensteig – Schwäbisch Gmünd verbreitet. Weiter östlich keilt sie aus oder geht in eine unauffällige Sandsteinlage über. Sie besteht aus einer 5 – 15 cm mächtigen, knolligen Kalk(mergel)steinlage mit Tonflasern. In einer hellgrauen, gelb- bis rotbraun anwitternden, sideritischen (?) Grundmasse, die häufig Pyrit und/oder Zinkblende führt, liegen nesterartig verteilt kleine Chamosit-Ooide; die dunkelgrauen Tonflasern sind ebenfalls oolithisch. Die *Costosum*bank enthält neben dem namengebenden *Leioceras costosum* Belemniten und (z. T. weißschalig erhaltene) Muscheln, darunter nesterartig angehäuft *Ostrea calceola*. Der basale Teil der Bank ist stellenweise von zahlreichen Fucoiden durchzogen.

Als *Zopfplatten* werden feinsandige, teilweise schräg- bzw. kreuzgeschichtete, meist dünnplattige Kalkmergelsteinbänke und mergelige Feinsandsteinbänke bezeichnet, die häufig Rippelmarken und Lebensspuren (*Gyrochorte*, *Zoophycos*) aufweisen und mit feinsandigen und Glimmer führenden schiefrigen Tonsteinen wechsellagern. Der Name bezieht sich auf die zopfartig aussehenden Wühlspuren der Formgattung *Gyrochorte*. Während die *Zopfplatten*-Fazies noch in der Mittleren Alb weitgehend auf den Abschnitt unter der *Comptum*bank beschränkt bleibt, ist sie vor der Ostalb offenbar auch in der höheren *Comptum*-Subzone noch verbreitet. Entsprechend stellte WEBER (1967: 50) fest, dass sich die *Zopfplatten* der Ostalb mit einer bislang als „Sinonschichten“ angesprochenen Abfolge der Kirchheimer Gegend verzahnen, die nach RIEBER (1963) noch *Leioceras comptum* führt und daher wohl der Region um die *Comptum*bank entspricht. Dagegen setzt sich im Verbreitungsgebiet

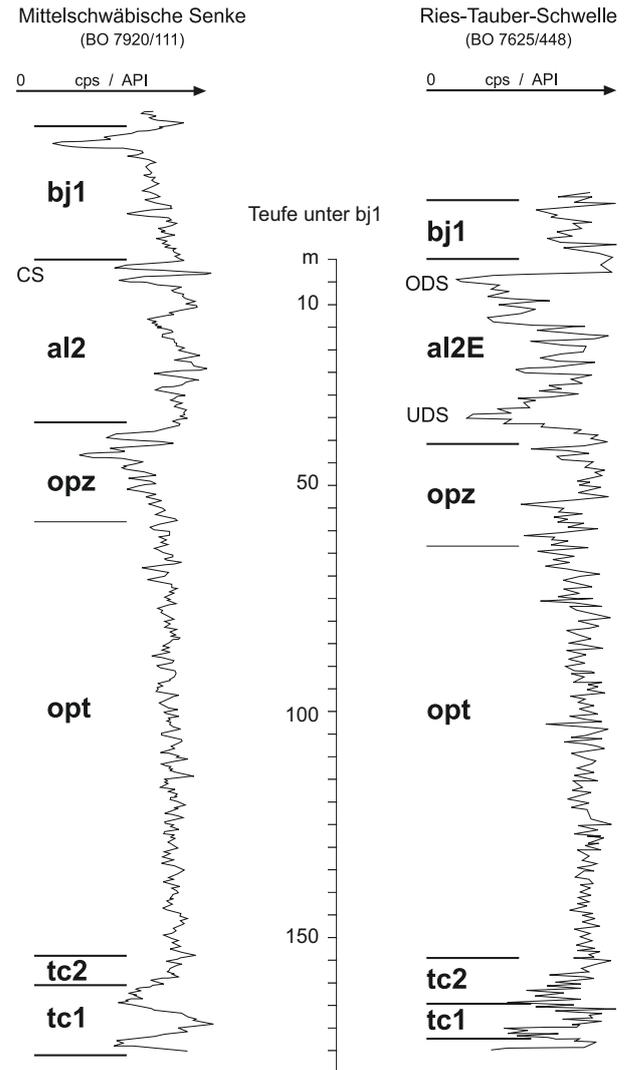


Abb. 4: Vereinfachte Gamma-Logs zweier Bohrungen im Aalenium im Donaueggen, Teufen in 5 m-Schritten.

Links: Bohrung aus dem Raum Sigmaringen im Gebiet der Mittelschwäbischen Senke. Über dem ansteigenden Kurvenverlauf der Jurensismergel-Formation (tc2) fällt die Teufelloch-Subformation (opt) als hier etwa 95 m mächtiges Intervall mit sehr gleichförmigen Strahlungswerten auf, über dem die Werte in der Zillhausen-Subformation (opz) mit zunehmendem Sandgehalt rasch abnehmen und im Bereich der *Zopfplatten* ein Minimum erreichen. Die Grenze zwischen *Opalinuston*-Formation und *Achdorf*-Formation zeigt sich in einem deutlichen Anstieg der Strahlungswerte über der sandigen *Zillhausen*-Subformation. Die *Achdorf*-Formation (al2) zeichnet sich durch generell höhere Strahlungswerte als die *Opalinuston*-Formation und einen unruhigeren Kurvenverlauf aus. Über den deutlichen Minima des *Concavasandsteins* (CS) folgt die Grenze zur *Wedelsandstein*-Formation (bj1).

Rechts: Bohrung aus dem Raum Ulm im Gebiet der Ries-Tauber-Schwelle. Der Kurvenverlauf der *Opalinuston*-Formation ist ähnlich wie im Gebiet der Mittelschwäbischen Senke, die *Zillhausen*-Subformation jedoch bereits im unteren Abschnitt sandiger, was zu einem rascheren Abfall der Strahlungswerte führt. In der *Eisensandstein*-Formation (al2E) heben sich besonders die Minima des Unteren (UDS) und Oberen *Donzdorf*-Sandsteins (ODS) heraus, deren Tongehalt jeweils nach oben abnimmt. Die paläogeographische Schwellenlage macht sich erst mit der *Wedelsandstein*-Formation in verringerten Mächtigkeiten bemerkbar.

der Eisensandstein-Formation die Fazies der Zopfplatten offenbar bis an die Basis des Unteren Donzdorf-Sandsteins fort, die darum hier die Obergrenze der Opalinuston-Formation darstellt.

Die Opalinuston-Formation wird im Gebiet der Mittelschwäbischen Senke (dem „Reutlinger Becken“ nach LÖRCHER 1934, FRANK 1937 a, b) von den faziell ähnlichen Tonsteinen der Achdorf-Formation überlagert. Da sich eine Grenzziehung an der stratigraphisch ungesicherten „Belemnitenbrekzie“ oder an den heterochron einsetzenden Zopfplatten nicht als praktikabel erwiesen hat (Kap. 3), wurde die Grenze in GLA (1995) zunächst an das Dach, nach LGRB (2005) jedoch an die Basis der Comptumbank gelegt (Abb. 3). Es handelt sich dabei um eine geringmächtige Leitschicht aus einer, örtlich auch mehreren, ein bis wenige Dezimeter starken grauen Kalkstein- oder Kalkmergelsteinbänken, die teilweise Sedimentgerölle (Intraklasten) führen und oolithisch sein können. E Neuffen geht die Comptumbank zunehmend in Schill führende Kalksandsteinlagen über, die sich gegen die Ostalb in den Sandsteinen der Zopfplattenfazies verlieren (HILLER & KUNZE 1979). Die Comptumbank ist vom Vorland der Mittleren Alb bis an den südlichen Oberrhein nachweisbar. Sie konnte jedoch im Oberrheingebiet N Kandern (nördlich der Auggener Schwelle) sowie im Vorland der Ostalb E Göppingen (östliche Mittelschwäbische Senke, Ries-Tauber-Schwelle) noch nicht identifiziert werden (Abb. 4).

5 Beschreibung der Formationen

Die Sedimentgesteine des Unteren Aalenium sind in Baden-Württemberg recht einheitlich ausgebildet und können daher in nur einer Opalinuston-Formation zusammengefasst werden, für die hier erstmals eine formelle Gliederung in zwei lithostratigraphisch definierte Subformationen vorgestellt wird (vgl. Kap. 4). In der *comptum*-Subzone beginnt eine deutliche fazielle Differenzierung in sandige und tonige Ablagerungen mit karbonatischen Einschaltungen, die eine Aufteilung der Sedimente des Oberen Aalenium in drei Formationen nahe legt. Die faziellen Unterschiede zeichnen dabei offenbar eine tektonisch angelegte Gliederung des Beckens in Senken und Schwellen nach. Im Gebiet der in Mächtigkeitskarten vom Keuper bis in den späten Jura erkennbaren Mittelschwäbischen Senke (RUPF & NITSCH 2008) ist eine durch Aufarbeitungslagen und Kalksteinbänke gegliederte Tonstein-Fazies entwickelt, aus der bereits LÖRCHER (1934) und FRANK (1937 a, b) auf ein „Reutlinger

Becken“ als Tiefwasserbereich geschlossen hatten. Diese Tonfazies des oberen Aalenium wurde seit einigen Jahren als Eichberg-Formation bezeichnet (GLA 1995, STD 2002), doch ist dieser Name bereits für eine andere Formation präokkupiert und wird hier formell durch Achdorf-Formation ersetzt. Östlich schließt sich die eisenoolithische Sandfazies der besonders im Fränkischen Jura weit verbreiteten Eisensandstein-Formation an, während im Hochrhein- und Oberrhein-Gebiet die ebenfalls sandige Murchisonae-Oolith-Formation ausgebildet ist.

Abkürzungen:

BO	Bohrung mit Archivnummer der Aufschlussdatenbank des LGRB
TK 25-Nr.	Blatt-Nummer der Topographischen und Geologischen Karte von Baden-Württemberg 1 : 25 000

	Eisenoolith
	Sandstein, z. T. kalkig
	Tonmergelstein, sandig
	Tonstein, Tonmergelstein
	Kalkstein, Kalkmergelstein
	Knollen / Laibsteine
	Linsen / Flasern
	Gerölle
	Muscheln
	Belemniten

Abb. 5: Legende zu den Profilsäulen.

5.1 Opalinuston-Formation (al1)

Name: Der Name bezieht sich auf den Ammoniten *Leioceras opalinum* (REINECKE) und die vorherrschenden Tonsteine der Formation, die oberflächennah häufig zu plastischem Ton aufwittern.



Autor: QUENSTEDT 1843: 281, Kopfzeile: „Opalinuston“ für Kapitel-Nr. IV. 2. a) α): „Die mächtigsten aller schwarzschäckigen Jurathone mit *Ammonites opalinus*.“ GLA (1995): „Opalinuston“, seit LGRB (2005) als „Opalinuston-Formation“.

Bisherige Namen und Symbolik: Auch als „Abtheilung (α)“ (QUENSTEDT 1843) oder „Brauner Jura α“ (QUENSTEDT 1858, ENGEL 1908) bezeichnet. SCHALCH (1897) spricht von „Schichten des *Lioceras opalinum*“ bzw. „Opalinuston“ (dg1). Bei GEYER & GWINNER (1964, 1979, 1991) „Untere Braunjuratone“ und „Leioceratschichten“, bei GENSER (1966) „Opalinus-Schichten“; VON HAHN & SCHREINER (1971) als „Unter-Aalenium“ (al1) bezeichnet. Nach den Stratigraphischen Richtlinien der DUGW (1977) entsprechend den Vorgaben zu einem vereinheitlichten Symbolschlüssel (PREUSS et al. 1991) in GLA (1995) als „Opalinuston“ bezeichnet.

Typuslokalität: Teufelsloch bei Boll-Eckwälden, Landkreis Göppingen; TK 25-Nr. 7323: R 35 43 560, H 35 88 225 bis R 35 45 240, H 35 86 695. Typusgebiet ist die Umgebung des benachbarten Aichelberges.

Referenzprofile: Kernbohrung B7 Onstmettingen (BO 7720/251); TK 25-Nr. 7720: R 35 01 572, H 53 50 786, Teufe 275,05 m – 413,85 m (ETZOLD et al. 1975), und Forschungsbohrung Wittnau (BO 8012/569); TK 25-Nr. 8012: R 34 10 420, H 53 12 800, Teufe 3,4 m – 59,5 m (OHMERT et al. 1996).

Definition: Dunkelgraue bis schwarzgraue Tonsteine und untergeordnete Sandstein-Bänke über der Jurensismergel-Formation und unter der Comptumbank der Achdorf-Formation, dem Unteren Donzdorf-Sandstein der Eisensandstein-Formation und den Liegenden Sandkalken der Murchisonae-Oolith-Formation.

Mächtigkeiten: Kleinräumig stark wechselnd zwischen 110 und 150 m (BO Urach 4: 148,5 m).

Untergrenze: Die Opalinuston-Formation setzt mit Tonmergelsteinen oder Tonsteinen über der obersten Kalk(mergel)steinbank der Jurensismergel-Formation ein.

Obergrenze: Die Grenze zur hangenden Achdorf-Formation bildet die Sohlfläche der Comptumbank. Im östlich anschließenden Gebiet der Eisensandstein-Formation ist diese Leitbank meist nicht mehr festzustellen, weshalb hier die etwas höher liegende Sohlfläche des Unteren Donzdorf-Sandsteins als Formationsgrenze Verwendung findet. Als Grenze zur Murchisonae-Oolith-Formation ist

S Kandern und im Hochrheingebiet ebenfalls die Comptumbank, N Kandern die Sohlfläche der Liegenden Sandkalke definiert. Im Untergrund des Oberrheingrabens wird die Opalinuston-Formation nördlich von Karlsruhe örtlich von sandarmen Tonsteinen der Achdorf-Formation überlagert. Ob die aus Tiefbohrungen im Raum Bruchsal bekannte erste Kalksteinbank, deren Basis hier als Grenze zur Achdorf-Formation verwendet wird, der Comptumbank entspricht, kann bislang nur vermutet werden.

Laterale Begrenzung: Die Fazies setzt sich lateral nach Bayern und in die Nordschweiz fort (ZEISS 1977, MEYER & SCHMIDT-KALER 1996, ALLIA 1996, WETZEL & ALLIA 2003), ihre laterale Begrenzungen liegen außerhalb von Baden-Württemberg. Wahrscheinliche SE-Grenze im Raum München – Straubing.

Verbreitung: Landesweit. Ausstrich am Fuß der Schwäbischen Alb und des Randens sowie in den Vorbergen des südlichen Oberrheingrabens. Unter jüngerer Überdeckung im Untergrund der Schwäbischen Alb und des Molassebeckens vorhanden. Die Formation ist auch im Oberrheingraben bis in den Raum Bruchsal durch Tiefbohrungen nachgewiesen.

Gesteinsbestand: Tonstein, dunkelgrau bis schwarzgrau, mit gelegentlich eingelagerten Konkretionen aus Kalkstein oder Siderit führendem Kalkstein. Eine Dünnlinsenschichtung aus isolierten Schluff- und seltener Feinsand-Rippeln ist meist nur im Bohrkern zu erkennen. Im untersten und im oberen Abschnitt der Formation mit Übergängen in Tonmergelstein mit Schillpflastern aus dünnchaligen Muscheln und Ammonitengehäusen, dunkelgrau. Im oberen Abschnitt zunehmend feinsandige Tonsteine mit eingelagerten gering mächtigen Bänken und Linsen aus feinsandigem Kalkstein und kalkigem Feinsandstein.

Lithostratigraphische Gliederung: Die Formation weist eine deutliche Zweiteilung auf: Die Teufelsloch-Subformation (unten), besteht fast ausschließlich aus den charakteristischen dunklen Tonsteinen. Im oberen, zunehmend feinsandigen Abschnitt schalten sich lagenweise einzelne Bänke bzw. Bankfolgen aus feinsandigen Kalksteinen ein. Dieser Zillhausen-Subformation genannte Profilabschnitt umfasst die „Gränzregion Alpha-Beta“ (QUENSTEDT 1858: 329 ff.) sowie den darüber folgenden, faziell gleichen Bereich mit den Zopfplatten und ist auch in Bohrlochmessungen meist gut vom gleichförmigen Intervall der Teufelsloch-Subformation zu unterscheiden (Abb. 4).

Fazies: Die Teufelsloch-Subformation besteht aus vollmarin-subtidalen Schlammgrund-Ablagerungen mit geringer Bodenströmung. Massenaufreten von *Bositra* und teilweise geringe Bioturbation deuten auf zeitweilig dysoxische Bedingungen in Bodennähe hin. In der Zillhausen-Subformation zunehmender Übergang in Sandgrund-Ablagerungen mit geringmächtigen subtidalen Sandbänken (Wasserfallbänke, Zopfplatten mit Wühlgefügen) und örtlich eingeschalteten tempestischen Aufarbeitungslagen (Geröllkalkbänke, Belemnitenbrekzien).

Fossilinhalt: Vorwiegend Ammoniten: mehrere Arten von *Leioceras*, insbesondere *Leioceras opalinum*, daneben *Pseudolioceras*, *Pleydellia* und *Cotteswoldia* (OHMERT et al. 1996). Hinzu kommen *Pachylytoceras torulosum* und *Tmetoceras scissum*, selten auch Fragmente von *Phylloceras* (ETZOLD 1994). Belemniten zeigen sich mit mehreren Arten, wobei in Einzelfällen Weichteilstrukturen nachgewiesen werden konnten (RIEGRAF & HAUFF 1983). Seltener sind Reste von Fischen und Meeressäuriern (OHMERT et al. 1996). Gelegentlich fanden sich ganze Kronen von *Chariocrinus wuerttembergicus*. Brachiopoden beschränken sich auf die inartikuläre Form *Discina* als Aufwuchs von Ammoniten- oder Muschelschalen. Muscheln sind in der Teufelsloch-Subformation weitgehend auf *Bositra buchi* beschränkt, in der Zillhausen-Subformation dagegen artenreich vertreten, darunter *Scaphotrigonia navis*, *Gresslya abducta*, *Parvamussium pumilus* und *Gryphaea calceola*. Unter den Schnecken sind *Anchura subpunctata* und *Teretina opalina* neben verschiedenen weiteren Formen anzutreffen. In stärker schluffigen Tonsteinen finden sich gelegentlich auch Dentalien. Mikropaläontologisch sind Coccolithen, Radiolarien und Dinoflagellaten sowie Foraminiferen und Ostrakoden nachgewiesen, daneben zeigen sich in Schlammproben Reste von Krebsen, Schlangensterne, Seeigeln, Seelilien und Seegurken (KOBLE 1972, ETTER 1990, 1996, OHMERT et al. 1996, ALLIA 1996).

Biostratigraphie: Die Basis ist regional heterochron und liegt in der *aalensis*-Zone des Toarcium oder in der tiefsten *opalinus*-Zone des Aalenium, zu der darüber die gesamte Teufelsloch-Subformation gehört. Deren unteres Drittel wird nach *Pachylytoceras torulosum* auch als *torulosum*-Subzone ausgeschieden, die tiefere Zillhausen-Subformation wurde nach *Tmetoceras scissum* auch als *scissum*-Subzone bezeichnet. Die Grenze zur *comptum*-Subzone des Unter-Aalenium fällt in die Zillhausen-Subformation, ist dort wegen der Fossilarmut jedoch nicht genau zu bestimmen. Die Grenze zum Ober-Aalenium wird nicht erreicht.

Radiometrische Daten: Keine.

5.2 Teufelsloch-Subformation (opt)

Name: Nach dem Teufelsloch bei Boll-Eckwälden, Landkreis Göppingen.

Autor: Neuer Name.

Bisherige Namen und Symbolik: Meist nicht eigenständig ausgeschieden. Im Symbolschlüssel des LGRB seit 2005 „Opalinuston 1 (OP1)“. Die von GEYER & GWINNER (1979, 1991) verwendete Unterteilung in $\alpha 1$ und $\alpha 2$ beruht auf biostratigraphischen Kriterien und ist für die Lithostratigraphie nicht anwendbar.

Typuslokalität: Teufelsloch bei Boll-Eckwälden, wie Formation.

Definition: Unterer, sandarmer bis -freier Abschnitt der Opalinuston-Formation.

Mächtigkeiten: Im Ausstrichgebiet zwischen 90 und 100 m, nach Tiefbohrungen im Raum Bruchsal bis > 120 m.

Untergrenze: Wie Formation.

Obergrenze: Übergang in deutlich feinsandige Tonsteine oder erste sandige Kalkstein- bzw. Sandstein-Bank der Zillhausen-Subformation.

Gesteinsbestand: Dunkelgraue schluffige Tonsteine mit geringem Feinsandgehalt, fein verteiltem Pyrit und Feinglimmer auf den Schichtflächen. Der Karbonatgehalt beträgt selten mehr als 10 %, nach KOBLE (1972) bis maximal 20 %. Im gesamten Profil treten zahlreiche rotbraune bis graubraune, z.T. lagig angeordnete sideritische Kalkstein-Konkretionen („Toneisenstein-Geoden“) auf.

Gliederung: Keine. In den unteren 5 – 10 m treten verstärkt kalkige Schillanreicherungen von *Bositra buchi* auf, der Übergang in die darüber folgenden kalkarmen Tonsteine erfolgt jedoch fließend und ohne deutliche Grenze.

5.3 Zillhausen-Subformation (opz)

Name: Nach dem Wasserfall des Büttenbaches bei Balingen-Zillhausen, Zollernalbkreis.

Autor: Neuer Name.

Bisherige Namen und Symbolik: Oberer Opalinuston, Wasserfallschichten, Zopfplatten.

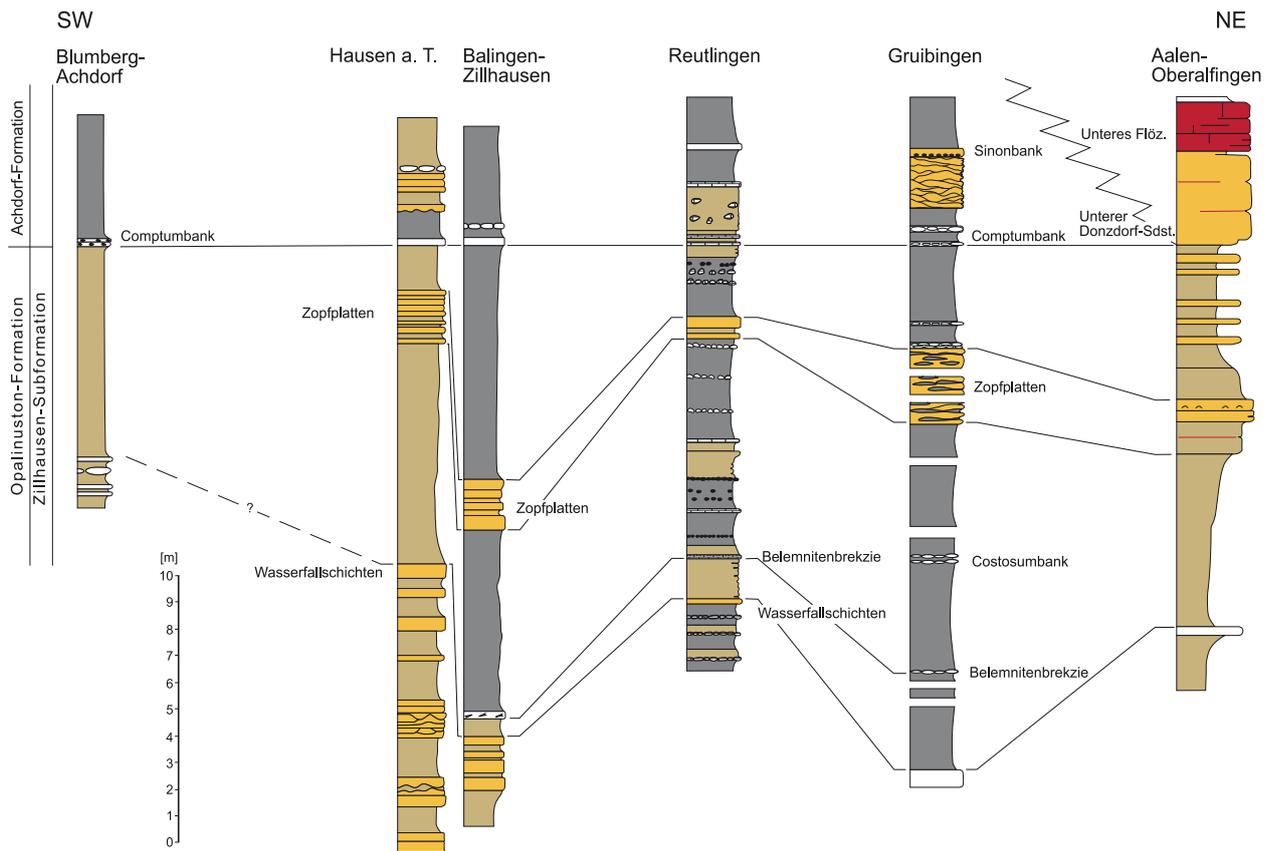


Abb. 6: Profile der Zillhausen-Subformation im Albvorland zwischen Blumberg-Achdorf und Aalen-Oberalfingen (Legende s. Abb. 5).

Typuslokalität: Tal des Büttenbaches bei Balingen-Zillhausen, Zollernalbkreis; TK 25-Nr. 7719; R 34 94 130, H 53 46 370 bis R 34 94 330, H 53 46 930.

Definition: Feinsandige Tonsteine bis Tonmergelsteine mit Kalksandstein- und sandigen Kalksteinbänken im oberen Teil der Opalinuston-Formation.

Mächtigkeiten: Kleinräumig stark wechselnd zwischen 11 und 40 m.

Untergrenze: Einsetzen feinsandiger Tonsteine oder sandiger Kalkstein- bzw. Sandstein-Bänke über den sandarmen Schichten der Teufelsloch-Subformation.

Obergrenze: Wie Formation.

Gesteinsbestand: Dunkelgraue, feinblättrige, feinsandige Tonsteine bis Tonmergelsteine mit Lagen von Siderit- bzw. sideritischen Kalkstein-Konkretionen im Wechsel mit Flasern und dünnen Lagen von feinsandigem Kalkstein oder kalkigem Feinsandstein. Nach Hofmann et al. (2002) kann der Feinsandgehalt bis 30 % betragen.

Gliederung: Innerhalb der Zillhausen-Subformation werden vier Leithorizonte aus jeweils einer bis mehreren härteren Sandstein- oder Kalksteinbänken unterschieden, zwischen denen schluffige und teilweise sandige Tonsteine bis Tonmergelsteine in Opalinuston-Fazies liegen. Sie werden informell bezeichnet als Wasserfallschichten (WF) (örtlich nur eine Wasserfallbank), Opalinuston 2 (OP2), Belemnitenbrekzie (Bz), Opalinuston 3u (OP3u), Costosumbank (Co), Opalinuston 3o (OP3o), Zopfplatten (Z), und Opalinuston 4 (OP4). Wo die Costosumbank nicht erkennbar ist, werden OP3u und OP3o zum Opalinuston 3 (OP3) zusammengefasst.

5.4 Achdorf-Formation (al2)

Name: Nach dem Typusprofil am Eichberg bei Blumberg-Achdorf, Schwarzwald-Baar-Kreis. Der seit 2002 verwendete Name „Eichberg-Formation“ (DSK 2002, LGRB 2005) ist in Deutschland bereits seit 1964 durch eine gültige Eichberg-Formation im Ordovizium der Lausitz präokkupiert (DSK 1997, 2002) und muss daher hier geändert werden.

Autor: NEUER NAME. Abgrenzung als eigener Faziesraum der *murchisonae-Zone* bei LÖRCHER (1934).

Bisherige Namen und Symbolik: Brauner Jura ß der mittleren und südlichen Alb (QUENSTEDT 1856, ENGEL 1908, LÖRCHER 1934), Murchisonaeschichten (SCHALCH 1897), Sandflasrige Braunjuratone, Ludwigienschichten (GEYER & GWINNER 1979, 1991), Ludwigienton (GLA 1995), Eichberg-Formation (LGRB 2005).

Typuslokalität: Westhang des Eichberges bei Blumberg-Achdorf; TK 25-Nr. 8117: R 34 63 280, H 53 01 230.

Referenzprofile: Tal des Breitenbaches bei Reutlingen, TK 25-Nr. 7521: R 35 12 410, H 53 69 260 bis R 35 13 080, H 53 68 320 und Seitental R 35 12 410, H 53 69 260 bis TK 25-Nr. 7520: R 35 12 020, H 53 68 915 (TÖNIGES 1967, OHMERT 1988) und Tal des Roschbaches bei Baltingen-Zillhausen, Zollernalbkreis; TK 25-Nr. 7719: R 34 94 760, H 53 47 200 bis R 53 47 055, H 34 95 520 (SANNIS 1986, FRANZ et al. 1987).

Definition: Sandarme Tonsteine mit Kalksteinbänken über der Basis der Comptumbank und unter der Basis des Sowerbyi-Ooliths.

Mächtigkeiten: Die größte Mächtigkeit erreicht die Formation um Reutlingen und Kirchheim/Teck mit 50 – 60 m. Von hier nimmt die Mächtigkeit nach S bis auf 15 m im Raum Blumberg – Siblingen (CH) ab, wobei kleinräumig Mächtigkeitsunterschiede von über 10 m auf wenige Kilometer auftreten können.

Untergrenze: Sohlfläche der Comptumbank.

Obergrenze: Sohlfläche des Sowerbyi-Ooliths der Wedelsandstein-Formation, im Raum Geisingen Sohlfläche des Unteren Wedelsandsteins. Im östlichen Verzahnungsbereich wird die tiefere Achdorf-Formation mit der ersten mächtigeren Sand-schüttung von der Eisensandstein-Formation überlagert (Abb. 6 u. 7).

Laterale Begrenzung: Die Ostgrenze gegen die Eisensandstein-Formation zeigt sich etwa bei Weilheim/Teck und Wiesensteig durch Verzahnung mit den gleich alten Sandsteinen der Eisensandstein-Formation bzw. mit Einsetzen des Unteren Donzdorf-Sandsteins (Abb. 7 u. 8). Sie setzt sich nach S – SW bis unter den Bodensee fort. Die Westgrenze ist heute weithin erodiert und nur noch zwischen Südlicher Alb und Klettgau im Ausstrich erkennbar. Die Murchisonae-Oolith-For-

mation, die das Ober-Aalenium im Klettgau, am Hochrhein und im Oberrheingraben vertritt, geht hier lateral durch rasch zunehmende Sandstein-Einschaltungen aus der Achdorf-Formation hervor. Auch im Untergrund des Oberrheingrabens ist im Raum Bruchsal örtlich eine vergleichbare Tonfazies des Ober-Aalenium durch Bohrungen belegt, die ebenfalls zur Achdorf-Formation gerechnet werden kann. Im Raum Karlsruhe schalten sich nach Süden zunehmend Sandsteine ein und leiten so in die Murchisonae-Oolith-Formation über.

Verbreitung: Ausstrich im Vorland der mittleren und südlichen Alb sowie Wutach-Gebiet, etwa zwischen Weilheim/Teck und Stühlingen. Unter jüngerer Bedeckung im Untergrund der mittleren und südlichen Alb und Teilen des westlichen Molassebeckens. Ähnliche fazielle Verhältnisse sind aus der Nordschweiz (z. B. Zürcher Weinland) bekannt. Nach Tiefbohrungen im Raum Bruchsal ist die Achdorf-Formation auch im nördlichen Oberrheingraben verbreitet.

Gesteinsbestand: Dunkelgraue Tonsteine und Tonmergelsteine, teilweise feinsandig, meist mit tonigen und z. T. sideritischen Kalkstein-Konkretionen. In verschiedenen Horizonten sind graue, angewittert oft braune Kalkstein-Bänke eingeschaltet. Die Kalkstein-Bänke sind teilweise fossilarme Kalklutite, teilweise Schillkalke oder Geröllkalke mit angebohrten Kalkstein- und örtlich Sandstein-Geröllen (Intraklasten). In Annäherung an die westlich und östlich anschließenden sandigen Formationen treten untergeordnet sandige Kalksteine und dünne Kalksandstein-Bänke hinzu.

Lithostratigraphische Gliederung: Keine formelle Gliederung in Subformationen. Die Schichtenfolge lässt sich anhand von mehreren Leitschichten jedoch in mehrere Abschnitte gliedern. Über der Comptumbank sind im mittleren Teil der Formation 5–17 Kalksteinbänke in dichter Folge eingelagert, die als Sinonbänke bezeichnet werden. Im Wutachgebiet und vor der Westlichen Alb treten gebietsweise darüber noch weitere Bänke hinzu (Staufensisbänke, Geisingen-Oolith). E Reutlingen schalten sich im unteren Abschnitt örtlich Ausläufer der Personatensandsteine, im oberen Abschnitt mit dem bis 5 m mächtigen Concavasandstein ein Ausläufer des Oberen Donzdorf-Sandsteins ein. Im Vorland der Mittleren und Westlichen Alb ist mit der Concavabank eine weitere, fossilführende, meist geröllführende Kalksteinbank als Leitschicht entwickelt.

Fazies: Vollmarin-subtidale Schlammgrund-Ab-lagerungen im unteren Bereich der Sturmwellenzone. Die Tonsedimente sind überwiegend bioturbiert

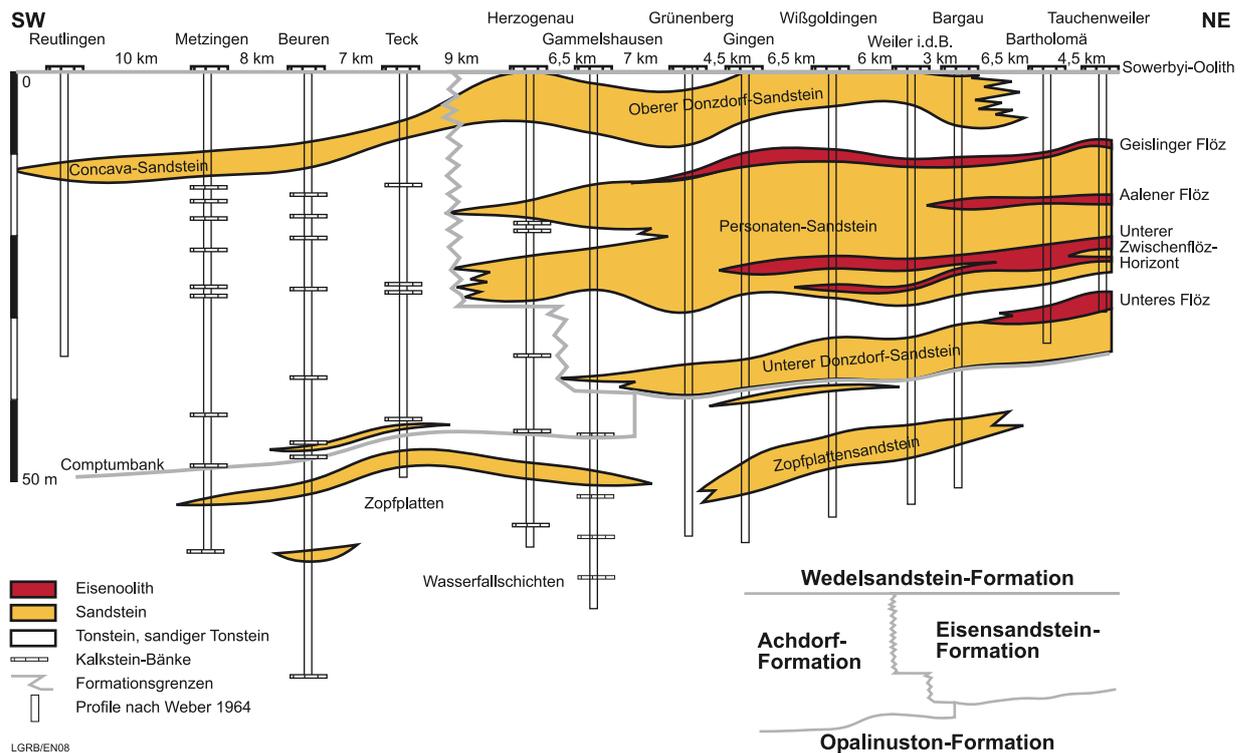


Abb. 7: Verzahnung von Achdorf- und Eisensandstein-Formation zwischen Reutlingen und Essingen-Tauchenweiler bei Aalen (nach WEBER 1964) und revidierte lithostratigraphische Gliederung.

und enthalten gelegentlich noch Infauna (*Pholadomya* u.a.), was für einen stetigen Wasseraustausch spricht. Die Aufarbeitungslagen weisen teilweise an ihrer Oberfläche einen angebohrten und gering inkrustierten Hartgrund auf. Bei den Geröllen handelt es sich um (z. T. mehrfach) aufgearbeitete Hartgrundgerölle (mit Bohrmuschellöchern), die überwiegend in Schlamm sediment, teilweise jedoch in Sand entwickelt sind. Die Sand- und Geröllschüttungen der Aufarbeitungslagen stammen wahrscheinlich aus Schwellenbereichen (Spaichinger Schwelle, Ries-Tauber-Schwelle) und wurden mit starken, aber nur kurzzeitig wirksamen Bodenströmungen transportiert. Wahrscheinlich sind sie der Bodenströmung von Sturmereignissen zuzuschreiben.

Fossilinhalt: Ammoniten der Gattungen *Ludwigia*, *Staufenia* und *Graphoceras*, daneben *Leioceras*, *Hammatoceras*, *Pelekodites* und andere. Belemniten sind lagenweise angereichert. Örtlich sind kleine *Liostrea* oder *Gryphaea calceola* zu regelrechten Schillkalken bzw. Gryphaeenbänken angereichert. Kalksteingerölle und Hartgründe auf den Kalksteinbänken führen Bohrmuschellöcher und tragen inkrustierende Bryozoen, Serpeln und anderen Bewuchs. In den Sandmergeln sind noch vereinzelt *Gyrochorte*-Spuren neben anderen Grab- und Wühlspuren anzutreffen.

Biostratigraphie: Höherer Teil der *comptum*-Subzone (*opalinum*-Zone) des Unteren und *murchisonae*-, *bradfordensis*- und untere *concovum*-Zone des Ober-Aalenium (LÖRCHER 1934, RIEBER 1963, 1977, DIETL & ETZOLD 1977). Der jüngste Abschnitt der *concovum*-Zone (*limitatum*-Subzone) fehlt jedoch möglicherweise an einer Schichtlücke unter dem Sowerbyi-Oolith der Wedelsandstein-Formation.

Radiometrische Daten: Keine.

5.5 Eisensandstein-Formation (a2E)

Name: Nach den als Baustein wichtigen und z. T. eisenoolithischen Sandsteinen und den früher als Erz gewonnenen Eisenoolithen der Formation.

Autor: GÜMBEL (1864: 39): „In Folgendem gebrauchen wir die Bezeichnung Eisensandstein oder Doggersandstein. Es ist dies die Stufe des *Ammonites Murchisonae*.“

Bisherige Namen und Symbolik: „Sandmergel und Gelbbraune Sandsteine“ bei QUENSTEDT (1843), früher meist zusammen mit Achdorf- und Murchisonae-Oolith-Formation als „Brauner Jura β“, „Sandflasrige Braunjuratone“, „Ludwigischichten“

oder Personatensandstein (QUENSTEDT 1856, ENGEL 1908, GEYER & GWINNER 1979, 1991), als „Doggersandstein“ besonders in Franken mit Sandsteinen des höheren Mitteljura zusammengefasst. Ludwigschichten, Sandflasrige Braunjuratone (GEYER & GWINNER 1979, 1991). Bei ZEISS (1977) und im GLA 1995 als „Eisensandstein (a2E)“ bezeichnet, seit LGRB (2005) als „Eisensandstein-Formation (a2E)“. Eisensandstein-Serie (ETZOLD 1994).

Typuslokalität: Ehemalige Erzstollen bei Aalen-Wasseralfingen, TK-25 Nr. 7126: R 35 82 440, H 54 13 800. Typusgebiet ist die Umgebung von Aalen-Wasseralfingen und Aalen-Attenhofen (GÜMBEL 1888, MAUBEUGE 1964, WEBER 1964, ETZOLD 1994).

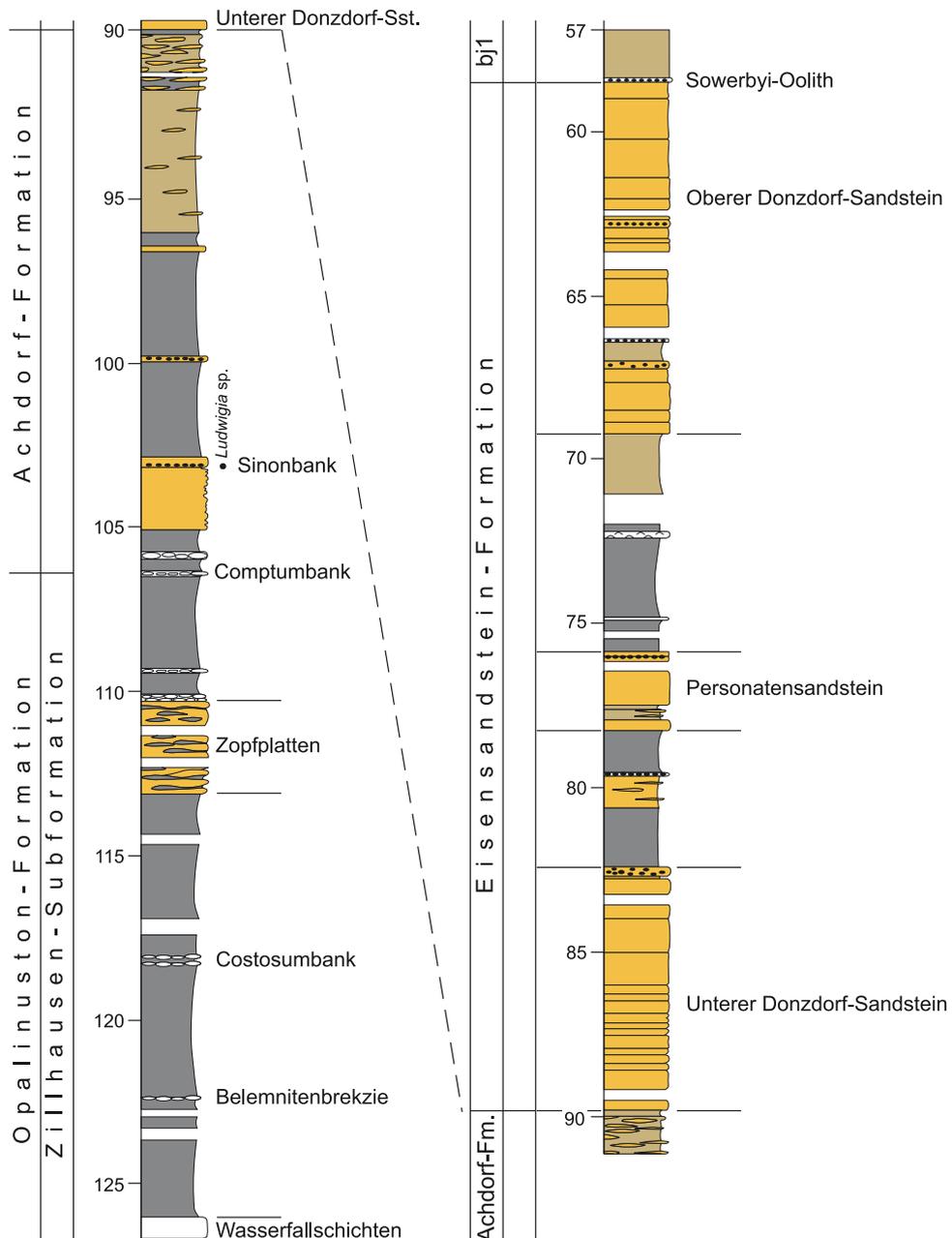
Definition: Sandsteine und Eisenerze mit zwischengeschalteten sandigen Tonsteinen zwischen der Basis des Unteren Donzdorf-Sandsteins und der Basis des Sowerbyi-Ooliths im östlichen Baden-Württemberg.

Mächtigkeiten: Die größte Mächtigkeit von etwa 60 m erreicht die Formation im Raum Geislingen/Steige. Nach E nimmt die Mächtigkeit gegen die Ries-Tauber-Schwelle auf 30 – 40 m im Raum Aalen – Bopfingen und etwa 20 m unter dem östlichen Bodensee ab.

Untergrenze: Sohlfläche des Unteren Donzdorf-Sandsteins.

Abb. 8: Profil des höheren Aalenium bei Gruibingen (DB-Neubaustrecke Stuttgart – Ulm).

E Kirchheim/Teck ist die Comptumbank als Grenze zwischen Opalinuston-Formation und Achdorf-Formation noch nachweisbar, das Oberaalenum jedoch bereits in Sandfazies ausgebildet, weshalb hier unter der Eisensandstein-Formation noch ein Ausläufer der Achdorf-Formation ausgehalten werden kann (Archiv LGRB BO 7423/67; Aufnahme M. FRANZ).





H a n g e n d e s : Sohlfläche des Sowerbyi-Ooliths der Wedelsandstein-Formation.

Laterale Begrenzung: Bei Weilheim/Teck und Wiesensteig Verzahnung mit der westlich anschließenden Achdorf-Formation (s.o.).

Verbreitung: Vorland der Ostalb E Weilheim/Teck, Untergrund der Ostalb und von Teilen des Molassebeckens (WEBER 1967). Die Formation setzt sich nach E über die Landesgrenze nach Bayern fort und keilt südöstlich der Isar aus (ZEISS 1977, MEYER & SCHMIDT-KALER 1996).

Gesteinsbestand: Vorherrschend sandflaserige und bioturbirte sandige Tonsteine, grau bis graubraun, in die sich in verschiedenen Niveaus tonige und teilweise kalkige Feinsandsteine einschalten. Besonders im Raum Geislingen/Steige und Aalen sind mehrere bis einige Dezimeter mächtige oolithische Eisensteine mit wechselndem Sandgehalt eingelagert (WILD 1951, FRANK et al. 1975; Abb. 9).

Lithostratigraphische Gliederung: Die Eisensandstein-Formation kann informell in mehrere Abschnitte gegliedert werden. Die Basis bildet der bis 8 m mächtige Untere Donzdorfer Sandstein, über dem der bei Aalen bis 2 m mächtige Untere Flözhorizont (Aalener Unterflöz) aus sandigen

Eisenoolithen entwickelt ist. Darüber folgt die Region der Personatensandsteine als lateral uneinheitliche Wechselfolge aus sandflaserigen und sandigen Tonmergelsteinen mit tonigen und kalkigen Sandsteinen, in die örtlich weitere sandige Eisenoolithen (Zwischenflözhorizonte, bis mehrere Dezimeter mächtig) eingeschaltet sind, meist als Dachlage über Sandsteinbänken. Der obere Teil der Formation beginnt mit dem Oberen Flözhorizont, der die wichtigsten Erzkörper (Geislinger Hauptflöz, Aalener Oberflöz) mit Mächtigkeiten von bis zu 2,2 m und einem Durchmesser von mehreren Kilometern enthält, die als linsenartige Körper in sandflaserige Tonsteine eingelagert sind (WILD 1951, FRANK et al. 1975). Den Abschluss der Formation bildet der Horizont des Oberen Donzdorfer Sandsteins, der lateral wechselnd als massiver, mehrere Meter mächtiger Sandstein, als sandflaserige oder schwach sandige Tonsteinabfolge ausgebildet sein kann.

F a z i e s : Vollmarin-subtidale neritische Sandgrund-Ablagerungen mit Anzeichen gerichteter Bodenströmungen (Strömungsrippeln, Sandbarren). Die Sandsteine und Eisenoolithen bilden mehrere Kilometer breite, flache Sandkörper, deren Längsachse etwa NE – SW, parallel zur damaligen, etwa 150 – 200 km entfernten Küste orientiert ist (WILD 1951, Abb. 9). Horizonte mit Seegangrippeln deuten auf zumindest zeitweilig geringe Wassertiefen, doch wurden

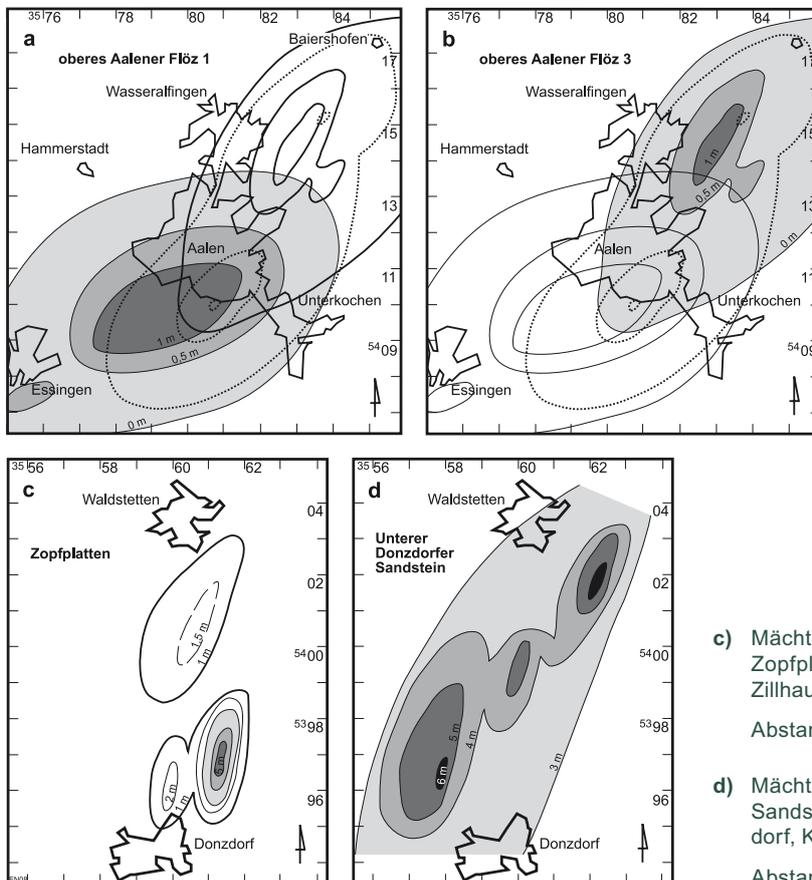


Abb. 9:

a) und b) Mächtigkeitsverteilung dreier Erzkörper im Aalener Flöz der Eisensandstein-Formation im Raum Aalen. Umgezeichnet nach WILD (1951), Isopachen im 0,5 m-Abstand, zur Verdeutlichung sind in a) und b) zwei verschiedene Erzkörper mit Graustufen hinterlegt.

Abstand der Randmarkierungen je 1 km.

c) Mächtigkeitsverteilung von Sandkörpern in den Zopfplatten-Schichten (Opalinuston-Formation, Zillhausen-Subformation).

Abstand der Randmarkierungen je 1 km.

d) Mächtigkeitsverteilung des Unteren Donzdorfer Sandsteins (Eisensandstein-Formation) N Donzdorf, Kreis Göppingen (nach WILD 1951).

Abstand der Randmarkierungen je 1 km.

bislang keine Sturmlagen mit Beulenschichtung beschrieben. Jedoch sind die Schillanreicherungen, aufgearbeiteten Sedimentgerölle und der offenbar schubweise erfolgte Eintrag der gegen den Beckenrand (Franken, Oberbayern) häufigeren Eisenoolithe wohl als ausgewaschene Resedimente bzw. Restsedimente nach Sturmereignissen zu deuten. Planare und trogförmige Schrägschichtungen in Mächtigkeiten von bis zu 1 m deuten auf wandernde Megarippeln und Sandwellen am Meeresgrund (ROGOWSKI 1971, PECHOLDT & SCHWEICKART 2003). Welchen Anteil Gezeiten an den Bodenströmungen hatten, ist bislang nicht geklärt.

Fossilinhalt: Als Leitformen sind Ammoniten der Gattungen *Ludwigia*, *Staufenia* und *Graphoceras* wichtig. Daneben sind Muscheln (darunter *Gryphaea calceola*, *Parvamussium pumilus*) und Schnecken, Dentalien, Brachiopoden (u. a. *Lingula*), Bryozoen und Krebse sowie Seeigel, Schlangensterne, Seesterne und Seelilien, an wenigen Stellen auch Stockkorallen gefunden worden. Wirbeltiere beschränken sich auf Fischreste (Zähne, Schuppen, Flossenstacheln) und Saurierknochen.

Biostratigraphie: Oberes Aalenium mit den Zonen der *Ludwigia munchisonae* (Unterer Donzdorf-Sandstein, Personatensandstein-Region), *Ludwigia bradfordensis* (Oberer Flözhorizont) und des *Graphoceras concavum* (Oberer Donzdorf-Sandstein). Der Nachweis der untersten Subzone der *munchisonae*-Zone gelang mit *Ancolioceras opalinoides* im Unteren Donzdorf-Sandstein. Das Untere Flöz lieferte mit *Staufenia sinon* und *Ludwigia haugi* bereits Ammoniten der *sehndensis*-Subzone, die vermutlich bis an die Basis des Oberen Flözes reicht. Der Bereich vom Oberen Flöz bis zum Oberen Zwischenflöz ist in die *bradfordensis*-Zone zu stellen. Die Zugehörigkeit des Oberen Donzdorf-Horizonts zur *concavum*-Zone kann meist nur vermutet werden, da Ammonitenfunde aus diesem Bereich nur von wenigen Profilen vorliegen.

Radiometrische Daten: Keine.

5.6 Murchisonae-Oolith-Formation (al2M)

Name: Nach dem Ammoniten *Ludwigia munchisonae* (SOWERBY) und den früher als Erz gewonnenen Eisenoolithen der Formation.

Autor: Der Begriff „Murchisonaeoolith“ wurde bereits von QUENSTEDT (1858) benutzt. Er ist nach dem Ammoniten *Ludwigia munchisonae* (SOWERBY) benannt und wurde von QUENSTEDT mit seinem Braunjura β gleichgesetzt.

Bisherige Namen und Symbolik: Eisenrogenstein (FROMHERZ 1838), Murchisonaeschiechten (dg2, z. B. SCHNARRENBURGER 1915).

Typuslokalität: Ehemalige Erzgrube Kahlenberg bei Ringsheim; TK 25-Nr. 7712: R 34 09 640, H 53 45 580. Typusgebiet ist die Umgebung von Ringsheim.

Definition: Sandsteine, sandige Tonmergelsteine und oolithische Eisensteine des Ober-Aalenium im Hochrheingebiet und südlichen Oberrheingraben.

Mächtigkeiten: Die Mächtigkeit erreicht N Herbolzheim mehr als 25 m, um Freiburg (Schönberg, Tuniberg) über 20 m, und nimmt nach S weiter ab (Badenweiler 12 m).

Untergrenze: Am Hochrhein und S Kandern die Sohlfläche der Comptumbank. N Kandern ist die Comptumbank nicht feststellbar, weshalb hier die Basis der Liegenden Sandkalke als Untergrenze der Formation Verwendung findet.

Obergrenze: Sohlfläche des Sowerby-Oolith, in Ringsheim Sohlfläche des Unteren Erzbands der Wedelsandstein-Formation.

Laterale Begrenzung: Die Grenze zur östlich anschließenden Achdorf-Formation ist weithin postjurassisch der Erosion anheim gefallen und nur noch im Klettgau und Hochrheingebiet erkennbar.

Verbreitung: Hochrheingebiet, südlicher Oberrheingraben, hier örtlich aufgeschlossen in den Vorbergen um Kandern, Freiburg und Emmendingen. N Lahr im Untergrund des Oberrheingrabens Übergang in eine flözfreie Fazies aus Sandmergeln und bioturbirten Sandsteinen. Ob ursprünglich über die Fränkische Senke in Nordbaden und Nordwürttemberg eine fazielle Verbindung zur Eisensandstein-Formation im Osten des Landes bestand, ist unbekannt.

Gesteinsbestand: Sandige Kalksteine mit Übergängen in Kalksandsteine, eisenoolithische Sandsteine und sandige oolithische Eisensteine, sandige Tonmergelsteine und Tonsteine, Kalkmergelstein-Bänke.

Lithostratigraphische Gliederung: Die Formation ist von starken seitlichen und vertikalen Fazieswechseln geprägt und wurde bislang nicht formell in Subformationen gegliedert. Die Basis bildet S Kandern die Comptumbank, eine z. T. knollige Kalkmergelsteinbank, über der mit dem Unteren Ludwigienton mehrere Meter schwach sandige



Tonsteine folgen. Darüber setzen im Oberrheingebiet N Lörrach sandige Kalksteine und Sandmergelsteine ein, die als Liegende Sandkalke bezeichnet werden und N Kandern die Basis der Formation bilden. Zwischen Badenweiler und Lahr werden sie vom Erzlager aus kalkig gebundenen, feinsandigen Eisenoolithen überlagert, das bei Ringsheim in über 11 m Mächtigkeit als Eisenerz abgebaut wurde (URBAN 1966, FRANK et al. 1975; Abb. 10). Der obere Teil der Formation beginnt dort mit „Gryphitenmergeln“ (Ludwigienton 2), maximal 2 – 3 m mächtigen Tonmergelsteinen mit *Gryphaea calceola*. Die Formation schließt darüber mit bis zu 6 m mächtigen Sandmergeln und bioturbirten Feinsandsteinen ab, die ebenfalls als Concavasandstein bezeichnet werden.

Der obere Profilabschnitt (Erzlager bis Concavasandstein) verzahnt sich von N nach S unter starker Reduktion der Mächtigkeit mit z.T. eisenoolithischen Spatkalken mit Mergelzwischenlagen. Diese sind bei Lörrach nur noch ca. 2,5 m mächtig.

Fazies: Vollmarin-subtidale Sandgrund- und Schlammgrund-Ablagerungen mit Hinweisen auf wechselnde Bodenströmungen (Schrägschichtungen, Rippelmarken, Erosionsflächen) und lateral unterschiedliche Wassertiefen (auskeilende Tonhorizonte und Erzlager). Ob ein Zusammenhang der Eisenoolith-Bildung mit frühjurassischen hydrothermalen Eisenvererzungen im Grundgebirge (WERNICKE & LIPPOLT 1997, BRANDER & LIPPOLT 1999) besteht, ist noch offen.

Fossilinhalt: Ammoniten, Muscheln (*Gryphaea calceola*, *Parvamussium pumilus* und andere), Schnecken, vereinzelt Saurierreste.

Biostratigraphie: Die Formation umfasst wie die Achdorf-Formation den höheren Teil der *comptum*-Subzone des Unter-Aalenium (Comptumbank, Unterer Ludwigienton) und das Ober-Aalenium mit *murchisonae*- und *bradfordensis*-Zone (Liegende Sandkalke, Erzlager) sowie *concauum*-Zone (Gryphitenmergel, Concavasandstein).

Radiometrische Daten: Keine.

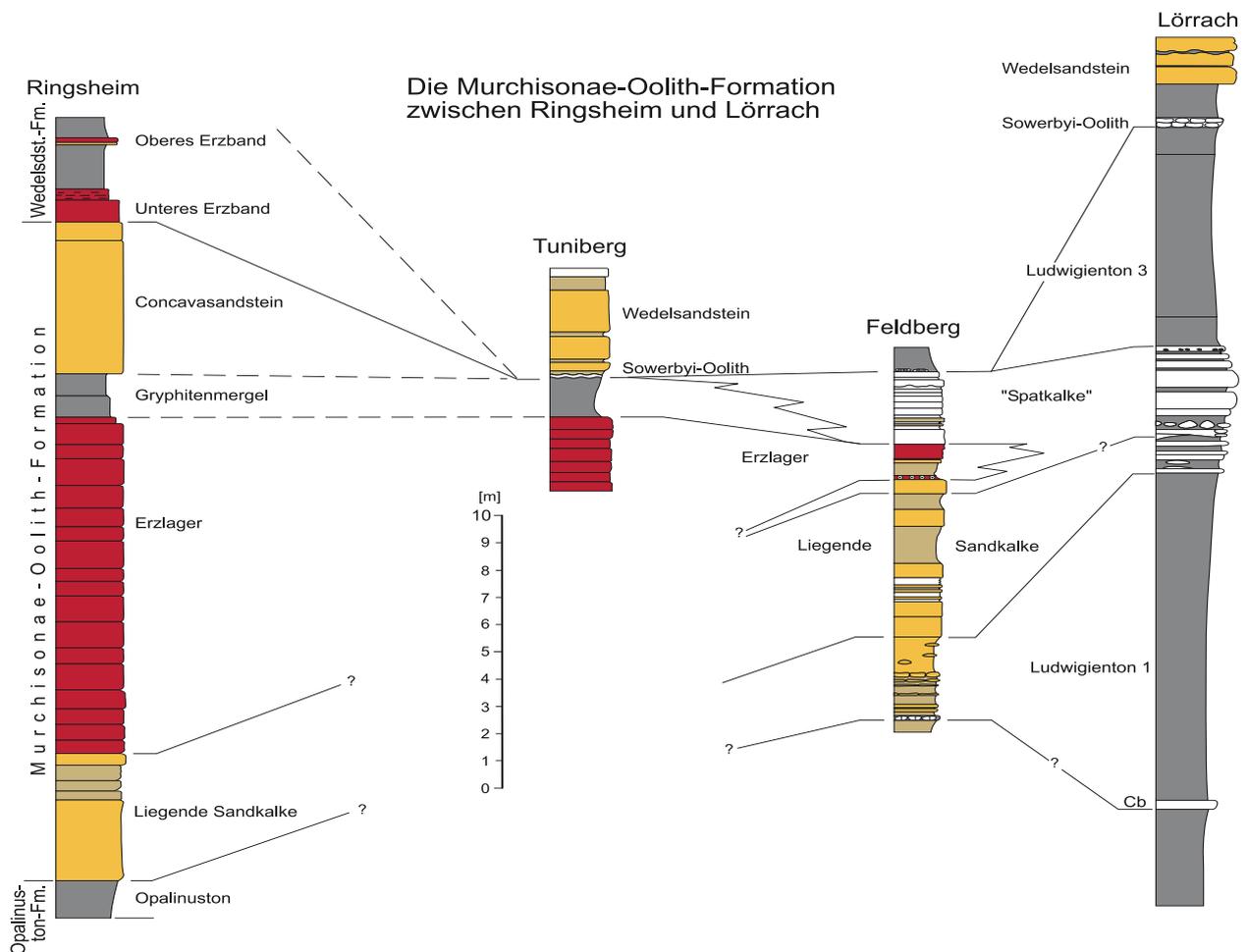


Abb. 10: Profile des höheren Aalenium im südlichen Oberrheingraben (Cb = Comptumbank).

Literatur

- ALLIA, V. (1996): Sedimentologie und Ablagerungsgeschichte des Opalinuston in der Nordschweiz. – Diss. geol.-paläont. Inst. Univ. Basel, **10**: 185 S.; Basel (Universitätsdruck).
- ANDALIB, F. (1970): Mineralogisch-geochemische Untersuchungen der aragonitischen Fossilien aus dem Dogger alpha (Opalinuston) in Württemberg. – Arb. geol.-paläont. Inst. Univ. Stuttgart, N.F., **62**: 73 S.; Stuttgart.
- BAYER, U. & MCGHEE, G. R. (1985): Evolution in marginal epicontinental basins: The role of phylogenetic and ecological factors (Ammonite replacements in the German Lower and Middle Jurassic). – In: BAYER, U. & SEILACHER, A. [Eds.]: Sedimentary and evolutionary cycles, Lecture Notes in Earth Sciences, **1**: 164–220; Berlin.
- BAYER, U., ALTHEIMER, E. & DEUTSCHLE, W. (1985): Environmental evolution in shallow epicontinental seas: Sedimentary cycles and bed formation. – In: BAYER, U. & SEILACHER, A. [Eds.]: Sedimentary and evolutionary cycles, Lecture Notes in Earth Sciences, **1**: 347–381; Berlin.
- BLOOS, G., DIETL, G. & SCHWEIGERT, G. (2005): Der Jura Süddeutschlands in der Stratigraphischen Tabelle von Deutschland 2002. – Newsl. Stratigr., **41**: 263–277; Stuttgart.
- BORNGRAEBER, O. (1993): Die Geologie des Blattes 1 : 25 000 Geislingen a. d. Steige-West. – Diss. Univ. Stuttgart: 257 S.; Stuttgart. – [unveröff.]
- BOZENHARDT, T. (1936): Zur Stratigraphie und Bildungsgeschichte des Braun-Jura- β in Nordostwürttemberg. – Diss. TH Stuttgart 1935, Mitt. min. geol. Inst. TH Stuttgart, **28**: 117 S.; Stuttgart.
- BRANDER, T. & LIPPOLT, H. J. (1998): Das Alter der Roteisenerze in der Verkieselungszone bei Rammelsbach (Münstertal, Südschwarzwald) nach (U/Th)/4He-Untersuchungen. – Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **38**: 7–42; Freiburg i. Br.
- BUCK E. & SÖLL, H. (1950): Dogger Beta-Zeta; Wasserleitung Boller Sattel – Teufelsloch – Herzogenau; Freiburg i. Br. (Geol. L.-Amt Baden-Württ.). – [unveröff.]
- DEUSS, F. (1925): Der untere und mittlere Dogger am westlichen Schwarzwaldrand. – Ber. naturforsch. Ges. Freiburg i. Br., **25**: 149–234; Freiburg i. Br.
- DIETL, G. (1977): The Braunjura (Brown Jurassic) in Southwestern Germany. – Stuttgarter Beitr. Naturk., **B 25**: 41 S.; Stuttgart.
- & Etzold, A. (1977): The Aalenian at the type locality. – Stuttgarter Beitr. Naturk., **B 30**: 13 S.; Stuttgart.
- DSK – Stratigraphische Kommission Deutschlands [Hrsg.] (1997): Stratigraphie von Deutschland II: Ordovizium, Kambrium, Vendium, Riphäikum, Teil I: Thüringen, Sachsen, Ostbayern. – Courier Forsch.-Inst. Senckenberg, **200**: 437 S.; Frankfurt a. M.
- DUGW – Stratigraphische Kommission der Deutschen Union der Geologischen Wissenschaften (1977): Stratigraphische Richtlinien. – Newsl. Stratigr., **6**: 131–151; Stuttgart.
- ENGEL, T. (1908): Geognostischer Wegweiser durch Württemberg. 3. Aufl.: 645 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- ETTER, W. (1990): Paläontologische Untersuchungen im unteren Opalinuston der Nordschweiz. – Diss. Univ. Zürich: 151 S.; Zürich. – [unveröff.]
- (1996): Pseudoplanktonic and benthic invertebrates in the Middle Jurassic Opalinum Clay, northern Switzerland. – Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., **126**: 325–341; Amsterdam.
- ETZOLD, A. (1994) mit Beitr. von SEIBOLD, E., KÄSS, W. & MÜLLER, S.: Erläuterungen zu Blatt 7126 Aalen. 3. Aufl. – Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ.: 248 S.; Stuttgart.
- , HAHN, W. & KOERNER, U. (1975): Keuper, Jura und Tertiär in Bohrungen der Planungsgemeinschaft BN-Stollen zwischen Bodensee und Neckar. – Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **17**: 89–255; Freiburg i. Br.
- FRANK, M. (1937 a): Paläogeographischer Atlas von Südwestdeutschland. – Mitt. geol. Abt. Württ. Stat. L.-Amt., **17**: 1–111; Stuttgart.
- (1937 b): Ergebnisse neuer Untersuchungen über Fazies und Bildung von Trias und Jura in Südwestdeutschland, II Jura. – Geol. Rdsch., **28**: 561–598; Stuttgart.
- , GROSCOPF, P., SAUER, K., SIMON, P. & WILD, H. (1975): Die marin-sedimentären Eisenerze des Dogger in Baden-Württ. – Geol. Jb., **D 10**: 23–128; Hannover.
- FRANZ, M., SCHAAF, D., SCHMIDT, S. & SCHWEIZER, V., mit Beitr. von HÜTTNER, R., MÜLLER, S. & MÜNZING, K. (1987): Erläuterungen zu Blatt 7719 Balingen. – Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ.: 146 S.; Stuttgart.
- FROMHERZ, C. (1837): Geognostische Beschreibung des Schönbbergs bei Freiburg im Breisgau. – 36 S.; Freiburg i. Br. (Groos).
- (1838): Die Jura-Formationen des Breisgauer geognostisch beschrieben. – 51 S., 1 Kt.; Karlsruhe (Groos).
- GENSER, H. (1966): Schichtenfolge und Stratigraphie des Doggers in den drei Faziesbereichen der Umrandung des Schwarzwaldes. – Oberrhein. geol. Abh., **15**: 1–60; Karlsruhe.
- GEYER, O. F. & GWINNER, M. P. (1964): Einführung in die Geologie von Baden-Württemberg. – 223 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- & — (1979): Die Schwäbische Alb und ihr Vorland. – Slg. geol. Führer, **67**: 271 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- & — (1991): Geologie von Baden-Württemberg. 4. Aufl. – 482 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- GLA (1995): Symbolschlüssel Geologie (Teil I) und Bodenkunde Baden-Württemberg. – Informationen Geol. L.-Amt Baden-Württ., **5**: 68 S.; Freiburg i. Br. – [Bearb.: VILLINGER, E., FLECK, W., unter Mitarbeit von BOCK, H., BRUNNER, H., ELLWANGER, D., ETZOLD, A., FRANZ, M., FRITZ, C., GROSCOPF, R., HUMMEL, P., KESSLER, G., KUPSCH, F., LEIBER, J., OHMERT, W., SAWATZKI, G., SCHLESINGER, S., SIMON, T., STORCH, D. H. & WURM, F.].
- GROPPER, H. (1925): Beitrag zur Kenntnis des Braunen Jura α – y im nord-östl. Schwaben. – Diss. Univ. Tübingen: 41 S.; Tübingen. – [unveröff.]
- GÜMBEL, C. W. (1864): Geognostische Verhältnisse der Fränkischen Alb (Franken-Jura). – Bavaria. Landes- und Volkskunde des Königreichs Bayern, **Bd. 3 (9)**: 1–74; München (Straub).



- (1888): Grundzüge der Geologie. – 1144 S.; Kassel (Fischer).
- HAHN, W. (1971): Der Jura. – In: SAUER, K.F. & SCHNETTER, M. [Hrsg.]: Die Wutach. – Die Natur und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs, **6**: 117–133; Freiburg i.Br.
- & SCHREINER, A. (1971): Neue Zeichen und Benennungen der Jura-Schichten auf den geologischen Karten Baden-Württembergs. – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver., N.F., **53**: 275–279; Stuttgart.
- HEKEL, U. (1992): Forschungsprojekt „Gebirgseigenschaften mächtiger Tonsteinserien“ (FGmT). – 190 S., 54 Anl.; Freiburg i.Br. (Geol. L.-Amt Baden-Württ.).
- HILLER, D. & KUNZE, T. (1979): Der Braune Jura β (Ober-Aalenium) zwischen Nürtingen und Owen (Württemberg). – Arb. geol.-paläont. Inst. Univ. Stuttgart, N.F., **74**: 141–163; Stuttgart.
- HOFMANN, F., SCHLATTER, R. & WEH, M., mit Beitr. von BOCK, H., FRANZ, M. & SCHREINER, A. (2002): Erläuterungen zum Blatt 8217 Tengen-Wiechs a.R. 2. Aufl. – Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ.: 125 S.; Freiburg i.Br.
- HÖNIG, J., mit Beitr. von MÜLLER, S. (1984): Erläuterungen zu Blatt 7224 Schwäbisch Gmünd-Süd. – Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ.: 152 S.; Stuttgart. – [Nachdruck 1994]
- ILLIES, H. (1956): Der mittlere Dogger im badischen Oberrheingebiet. – Ber. naturforsch. Ges. Freiburg i.Br., **46**: 5–52; Freiburg i.Br.
- KOBLER, H.-U. (1972): Geochemische, sedimentologische und ökologische Untersuchungen im Braunen Jura alpha (Opalinuston) der Schwäbischen Alb. – Arb. geol.-paläont. Inst. Univ. Stuttgart, N.F., **66**: 134 S.; Stuttgart.
- LGRB (2005): Symbolschlüssel Geologie Baden-Württemberg. – Verzeichnis Geologischer Einheiten. Aktual. Ausg. Mai 2005. Internet-Publikation: http://www.lgrb.uni-freiburg.de/lgrb/fachbereiche/geologie/fachberatung/geologische_regelwerke/symbolschluesel. – [Bearb.: VILLINGER, E.]
- LÖRCHER, E. (1934): Stratigraphie und Paläogeographie von Braun-Jura (Dogger) β und Ober- α im südwestlichen Württemberg. – N. Jb. Min. Geol. Paläont., Beil.-Bd. **72 B**: 120–162; Stuttgart.
- (1939): Die Stratigraphie von Braun-Jura (Dogger) β und Ober- α im südwestlichen Württemberg. – Jh. vaterl. Ver. Naturk. Württ., **95**: 145–230; Stuttgart.
- MAUBEUGE, P.L. (1964): La question de l'étage Aalénien et son stratotype. Suggestion pur le défense de l'Aalénien. – Coll. Jurassique du Luxembourg 1962: 203–215 et 217–220; Luxembourg.
- MEYER, R.K. & SCHMIDT-KALER, H. (1996): Jura. – In: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 500 000. 4. Aufl., Bayer. Geol. L.-Amt: 90–111; München.
- OHMERT, W. (1988) mit Beitr. von KOENIGSWALD VON, W., MÜNZING, K. & VILLINGER, E.: Erläuterungen zu Blatt 7521 Reutlingen. – Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ.: 222 S.; Stuttgart. – [Nachdruck 1994]
- , ALLIA, V., ARIAS, C., BALDANZA, A., BERGEN, J.A., BUCEFALO PALLIANI, R., CANALES, M.L., KAENEL DE, E., GARCIA JORAL, F., GOY, A., HERRERO, C., HÖHNDORF, A., MARTINEZ, G., MATTIOLI, E., PERILLI, N., RIEGRAF, W., ROLF, C., URETA, S., WETZEL, A. & WONIK, T. (1996): Die Grenzziehung Unter-/Mitteljura (Toarcium/Aalenium) bei Wittnau und Fuentelsaz – Beispiele interdisziplinärer geowissenschaftlicher Zusammenarbeit. – Informationen Geol. L.-Amt Baden-Württ., **8**: 52 S.; Freiburg i.Br.
- OPPEL, A. (1856 – 1858): Die Juraformationen Englands, Frankreichs und des südwestlichen Deutschlands. – Württ. naturwiss. Jh., **12–14**: 857 S.; Stuttgart (Ebner & Seubert).
- PECHOLDT, J. & SCHWEIKARDT, S. (2003): Neubearbeitung und Revision des Ober-Aalenium der Schwäbischen Alb: Eine sequenzstratigraphische Annäherung. – Dipl.-Arb. Inst. Geol.-Paläont. Univ. Stuttgart: 72 + 53 S. Anh.; Stuttgart. – [unveröff.]
- PRAMANN, P. (1992): Sedimentpetrographische Untersuchungen an den comptum-Schichten (Unteres-Oberaalenium – Braunjura β) der Denkingen Steige südlich von Gosheim. – Dipl.-Arbeit (Teil B): 51 S.; Karlsruhe. – [unveröff.]
- PREUSS, H., VINKEN, R. & VOSS, H.-H., unter Mitarb. von BARCKHAUSEN, J., BECKMANN, A., HENNIG, E.-W., HINZE, C., HOMANN, H.-H. & REUTER, G. (1991): Symbolschlüssel Geologie. – 328 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- QUENSTEDT, F.A. (1843): Das Flözgebirge Württembergs. Mit besonderer Rücksicht auf den Jura. – 560 S.; Tübingen (Laupp).
- (1858): Der Jura. – 842 S.; Tübingen (Laupp).
- (1882): Fünf Profiltafeln zu Muschelkalk, Keuper, Lias, Brauner und Weißer Jura. – 5 Taf.; Tübingen (Laupp).
- (1885 – 1888): Die Ammoniten des Schwäbischen Jura (3 Bde.). – 1114 S.; Stuttgart (Schweizerbart).
- RIEBER, H. (1963): Ammoniten und Stratigraphie des Braunjura β der Schwäbischen Alb. – Palaeontographica, **A 122**: 89 S.; Stuttgart.
- (1977): Remarks to the Aalenian of the Swabian Alb. – Stuttgarter Beitr. Naturk., **B 29**: 5 S.; Stuttgart.
- RIEGRAF, W. & HAUFF, R. (1983): Belemnitenfunde mit Weichkörper, Fangarmen und Gladius aus dem Untertoarcium (Posidonienschiefer) und Unteraalenium (Opalinuston) Südwestdeutschlands. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **165**: 466–483; Stuttgart.
- ROGOWSKI, E. (1971): Sedimentpetrographische Untersuchungen in den Dogger-beta-Sandsteinen (Oberes Aalenium) der östlichen Schwäbischen Alb. – Arb. geol. paläont. Inst. Univ. Stuttgart (TH), N.F., **65**: 118 S.; Stuttgart.
- RUPF, I. & NITSCH, E. (2008): Das Geologische Landesmodell von Baden-Württemberg: Datengrundlagen technische Umsetzung und erste geologische Ergebnisse. – Informationen L.-Amt Geol. Rohst. Bergb. Baden-Württ., **21**: 81 S.; Freiburg i.Br.
- SANNS, M. (1986): Sedimentpetrographische Untersuchungen im Braunen Jura β der mittleren und westlichen Schwäbischen Alb. – Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. Heidelberg: 89 S.; Heidelberg. – [unveröff.]
- SCHALCH, F. (1897): Der braune Jura (Dogger) des Donau-Rheinzuges nach seiner Gliederung und Fossilführung. Teil I. – Mitt. großh. bad. geol. L.-Anst., **3/3**: 529–618; Heidelberg.
- SCHLEH, F. (1925): Eine Studie über den Braun-Jura β im nordöstlichen Schwaben und seine Eisenoolithflöze. – Diss. Univ. Tübingen: 43 S.; Tübingen.
- SCHNARRENBERGER, K. (1915): Erläuterungen zu Blatt Kandern (Nr. 139). – Geol. Spezialkt. Ghzgt. Baden: 131 S.; Heidelberg.

- berg. – [Nachdruck 1985, 1992: Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ., Erl. Bl. 8211 Kandern; Stuttgart.]
- SCHWEIZER, V., unter Mitarb. von FRANZ, M., mit Beitr. von MÜLLER, S. & MÜNZING, K. (1987): Erläuterungen zu Blatt 7819 Meßstetten. – Geol. Kt. 1 : 25 000 Baden-Württ.: 112 S.; Stuttgart.
- SEIBOLD, E. (1950): Der Bau des Deckgebirges im oberen Rems – Kocher – Jagst-Gebiet. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **92**: 243–366; Stuttgart.
- SEILACHER, A., ANDALIB, F. & GOCHT, H. (1976): Preservational history of compressed Jurassic ammonites from Southern Germany. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **152**: 307–356; Stuttgart.
- STAHLCKER, G. (1934): Stratigraphie und Tektonik des Braunen Jura im Gebiet des Stuifen und Rechberg. – Jh. Ver. vaterl. Naturkde. Württ., **90**: 59–121; Stuttgart.
- STEININGER, F.F. & PILLER, W.E. (1999): Empfehlungen (Richtlinien) zur Handhabung der Stratigraphischen Nomenklatur. – Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, **209**: 19 S.; Frankfurt a. M.
- STD (2002): Stratigraphische Tabelle von Deutschland [Hrsg.]: 1 Bl. (Posterformat): Deutsche Stratigraphische Kommission; Frankfurt a. M./Potsdam.
- TÖNIGES, K.-W. (1967): Geologische Kartierung südwestlich von Reutlingen zwischen Breitenbach und Wiesaz (Mittleres Albvorland) auf Blatt Mössingen (7520) und Blatt Reutlingen-NW (7521). – Dipl.-Arb. Inst. Geol.-Paläont. Univ. Tübingen: 72 S.; Tübingen. – [unveröff.]
- URBAN, H. (1966): Bildungsbedingungen und Faziesverhältnisse der marin-sedimentären Eisenerzlagerstätte am Kahlenberg bei Ringsheim/Baden. – Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ., **8**: 125–267; Freiburg i. Br.
- WEBER, H.S. (1964): Zur Stratigraphie und Ammonitenfauna des Braunjura (Dogger) β der östlichen Schwäbischen Alb. – Arb. geol. paläont. Inst. TH Stuttgart, N. F., **44**: 174 S.; Stuttgart.
- (1967): Zur Westgrenze der ostschwäbisch-fränkischen Fazies des Braunjura (Dogger) β in der Schwäbischen Alb (Württemberg). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., **49**: 47–54; Stuttgart.
- WERNICKE, R. S. & LIPPOLT, H. J. (1997): (U + Th)-He evidence of Jurassic continuous hydrothermal activity in the Schwarzwald basement, Germany. – Chem. Geol., **138**: 273–285; Amsterdam.
- WETZEL, A. & ALLIA, V. (2003): Der Opalinuston in der Nordschweiz: Lithologie und Ablagerungsdichte. – Eclogae Geol. Helv., **96**: 451–469; Basel.
- WILD, H. (1951): Zur Bildungsgeschichte der Braunjura- β -Flöze und ihrer Begleitgesteine in Nordost-Württemberg. – Geol. Jb., **65**: 271–298; Hannover.
- WURM, A., 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. oberrh. geol. Ver., N. F., **71**: 121–148; Stuttgart.
- ZEISS, A. (1977): Jurassic stratigraphy of Franconia. – Stuttgarter Beitr. Naturk., **B31**: 32 S.; Stuttgart.

– Informationen des Regierungspräsidium Freiburg · Abteilung 9

Bis Heft 9 Informationen des GLA – Geologisches Landesamt Baden-Württemberg · Bis Heft 15
Informationen des LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg

 Heft 6 (1994)	Ergiebigkeitsuntersuchungen in Festgesteinsaquiferen 114 S., 65 Abb., 11 Tab.	10,- €
 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., Beilage: 2 Kt.	5,- €
 Heft 15 (2004)	Exotische Gehölze im Kirchheimer-Arboretum Freiburg 36 S., 48 Abb.	5,- €
 Heft 16 (2005)	Ingenieurgeologische Gefahren in Baden-Württemberg 79 S., 46 Abb.	10,- €
 Heft 17 (2005)	Ergebnisse neuer Forschungsbohrungen in Baden-Württemberg 150 S., 17 Abb., 7 Tab., 3 Taf.	10,- €
 Heft 18 (2006)	Rohstoffbericht Baden-Württemberg 2006 202 S., 209 + 12 Abb., 15 Tab., 1 Kt.	10,- €
 Heft 19 (2007)	Hydrogeologischer Bau und Aquifereigenschaften der Lockergesteine im Oberrheingraben (Baden-Württemberg) 130 S., 118 Abb., 12 Tab.	10,- €
 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 Beil.	15,- €

Preise zuzüglich Versandkosten.

Nicht aufgeführte Heft-Nummern sind zurzeit vergriffen