

Arbeitsbericht NAB 18-11

Die Passwang-Formation im östlichen Falten- und Tafeljura:

**Fasiswald (SO) – Unt. Hauenstein (SO) – Wasserflue (AG) –
Thalheim (AG) – Frickberg (AG) – Cheisacher (AG) –
Böttstein (AG) – Tegerfelden (AG) – Acheberg (AG)**

April 2019

**Nationale Genossenschaft
für die Lagerung
radioaktiver Abfälle**

Hardstrasse 73
Postfach 280
5430 Wettingen
Telefon 056-437 11 11
www.nagra.ch

Arbeitsbericht NAB 18-11

Die Passwang-Formation im östlichen Falten- und Tafeljura:

Fasiswald (SO) – Unt. Hauenstein (SO) – Wasserflue (AG) –
Thalheim (AG) – Frickberg (AG) – Cheisacher (AG) –
Böttstein (AG) – Tegerfelden (AG) – Acheberg (AG)

April 2019

S. Wohlwend¹, H.R. Bläsi², S. Feist-Burkhardt^{3,4},
B. Hostettler⁵, U. Menkveld-Gfeller⁵,
V. Dietze⁶ & G. Deplazes⁷

¹ Geologisches Institut, ETH Zürich

² Geo-Consulting, Wünnwil

³ SFB Geological Consulting & Services Ober-Ramstadt, Deutschland

⁴ Département des Sciences de la Terre Genève

⁵ Naturhistorisches Museum, Bern

⁶ Nördlingen, Deutschland

⁷ Nagra, Wettingen

STICHWÖRTER

Lithostratigraphie, Biostratigraphie,
Ammonitenstratigraphie, Palynostratigraphie,
Dinoflagellatenzysten, Sedimentationsgeschichte,
Opalinuston, Passwang-Formation, 'Brauner Dogger',
Mittlerer Jura, Jura Ost

Nationale Genossenschaft
für die Lagerung
radioaktiver Abfälle

Hardstrasse 73
Postfach 280
5430 Wettingen
Telefon 056-437 11 11
www.nagra.ch

Nagra Arbeitsberichte stellen Ergebnisse aus laufenden Aktivitäten dar, welche nicht zwingend einem vollumfänglichen Review unterzogen wurden. Diese Berichtsreihe dient dem Zweck der zügigen Verteilung aktueller Fachinformationen.

"Copyright © 2019 by Nagra, Wettingen (Schweiz) / Alle Rechte vorbehalten.

Das Werk einschliesslich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ausserhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung der Nagra unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Übersetzungen, Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen und Programmen, für Mikroverfilmungen, Vervielfältigungen usw."

Zusammenfassung

Der Fokus der vorliegenden Arbeit liegt auf der Passwang-Formation im Untersuchungsgebiet zwischen Staffelegg, Frick und Böttstein. Die Passwang-Formation überlagert den Opalinuston, das potenzielle Wirtgestein für die geologische Tiefenlagerung von radioaktivem Abfall in der Schweiz. Das Untersuchungsgebiet beinhaltet das Standortgebiet Jura Ost. Die Profile Wasserflue, Thalheim, Frickberg, Cheisacher, Böttstein mit den Bohrungen Riniken und Bözberg SB2/13 rahmen dieses Standortgebiet ein. Die Profile wurden nach sedimentologischen und biostratigraphischen Aspekten (Ammoniten und Palynomorphe) untersucht. Dies erbrachte essenzielle Informationen hinsichtlich des Verständnisses der zeitlichen Entwicklung des Ablagerungsraums. Zusätzlich werden aber auch Beobachtungen, Analysen und Erkenntnisse aus den angrenzenden Gebieten (Fasiswald, Unterer Hauenstein, Tegerfelden und Acheberg bei Klingnau) miteinbezogen. Dies ermöglicht es, den Aargauer Jura faziell mit den angrenzenden Regionen zu verbinden und mit dem westlich gelegenen Kerngebiet der Passwang-Formation sowie dem schwäbischen Faziesbereich Richtung Nordosten zu korrelieren.

Die detaillierte, sedimentologische und biostratigraphische Untersuchung der Passwang-Formation im östlichen Falten- und Tafeljura kann in drei Detailstudien gegliedert werden. Die erste behandelt die südliche Jurakette von Hägendorf bis Brugg (Kap. 3), die zweite die nördliche Jurakette von Frick über Böttstein bis Riniken (Kap. 4) und die dritte erlaubt den Blick über die Aare Richtung Osten nach Klingnau und Tegerfelden (Kap. 5). Die gewonnenen Daten aus diesen drei Regionen resultieren einerseits in einer zeitlich hochaufgelösten stratigraphischen Gliederung der Passwang-Formation im Hangenden des Opalinustons. Andererseits konnten die Kenntnisse der sedimentären Genese der Formation und deren Member für den Untersuchungsraum deutlich verbessert werden.

Die detaillierte biostratigraphische Datierung mit Ammoniten und Palynomorphen, welche essenzielle Informationen hinsichtlich des Verständnisses der zeitlichen Entwicklung des Ablagerungsraums brachten, haben aber auch neue Fragen bezüglich der formellen Gliederung der Passwang-Formation aufgeworfen. Die Abtrennung der «kondensierten Äquivalente des Hauenstein- und Hirnichopf-Members» vom liegenden Sissach-Member ist lithologisch nicht immer möglich und oft nicht sinnvoll. Wir schlagen deshalb hier eine neue informelle Gliederung vor, basierend auf lithostratigraphischen Kriterien. Diese gliedert die Passwang-Formation in sieben, im Feld unterscheidbare Untereinheiten, die auch über grosse Strecken korrelierbar sind. Zwei dieser Untereinheiten sollen hier speziell erwähnt werden. Erstens werden die «kondensierten Äquivalente des Sissach-, Hauenstein- und Hirnichopf-Members» zu einer Einheit (Einheit 1-3k) zusammengefasst. Zweitens werden die ehemaligen «Humphriesi-Schichten» in einer eigenen Einheit 5 ausgeschieden, welche aufgrund ihrer unterscheidbaren lithologischen Beschaffenheit ein vorzügliches Orientierungsmittel in der mächtigen Wechsellagerung von Mergeln und sandigen Kalken des Aalénien-Bajocien darstellt. Die hier vorgestellte informelle Gliederung wird mit den neuen Erkenntnissen der anstehenden Tiefbohrkampagne überprüft werden.

Abstract

The focus of the present work is on the Passwang Formation in the area between Staffelegg, Frick and Böttstein. The Passwang Formation overlies the Opalinus Clay, the potential host rock for deep geological disposal of radioactive waste in Switzerland. The study area comprises the siting region Jura Ost. The profiles Wasserflue, Thalheim, Frickberg, Cheisacher, Böttstein and the drill sites Riniken and Bözberg SB2/13 frame this siting region. The individual profiles were investigated from a sedimentological and biostratigraphical perspective (ammonites and palynomorphs). This provides essential data for understanding the chronological evolution of the depositional environment. In addition, observations, analyses and findings from the surrounding areas were incorporated into this study (Fasiswald, Unterer Hauenstein, Tegerfelden and Acheberg near Klingnau). This allows a correlation of the facies from the Aargauer Jura with the adjacent areas and with the centre of the Passwang Formation located to the west, as well as with the north-eastern Swabian facies realm.

The detailed sedimentological and biostratigraphical investigation of the Passwang Formation in the eastern Folded and Tabular Jura can be divided into three individual detailed studies. The first one covers the southern Jura chain from Hägendorf to Brugg (Chap. 3), the second one examines the northern Jura chain from Frick via Böttstein to Riniken (Chap. 4) and the third one investigates the area towards the east to Klingnau and Tegerfelden (Chap. 5). The data acquired from these three regions result, on the one hand, in a high-resolution chronostratigraphical division of the Passwang Formation overlying the Opalinus Clay. On the other hand, the understanding of the sedimentary genesis of the formations and members in the investigated area was clearly improved.

The detailed biostratigraphical dating with ammonites and palynomorphs, provided essential new insights into the understanding of the chronological evolution of the depositional areas. This has led to several questions relating to the formal division of the Passwang Formation. The separation of the «condensed equivalent of the Hauenstein and Hirnichopf Member» from the underlying Sissach Member based purely on lithological aspects is not always possible and also often not reasonable. We therefore propose a new informal division based on lithostratigraphical criteria. This will divide the Passwang Formation into seven units, distinguishable in the field, which can be correlated over larger distances. Two of these units in particular should be mentioned here particularly. Firstly, the «condensed equivalents of the Sissach, Hauenstein and Hirnichopf Member» were combined into one unit (Einheit 1-3k). Secondly, the former «Humphriesi-Schichten» were allocated to their own unit 5, which, based on its distinct lithological appearance, represents an excellent orientation level in the thick alternation between the marls and sandy limestones of Aalenian-Bajocian time. The proposed informal subdivision of the Passwang Formation will be reviewed based on the findings of the upcoming deep drilling campaign.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	I
Abstract	II
Inhaltsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	VI
Figurenverzeichnis.....	VII
Beilagenverzeichnis	X
Anlagenverzeichnis	X
1 Einleitung	1
1.1 Ziel und Aufbau des Berichts	1
1.2 Untersuchungsgebiet.....	2
1.3 Material und Methodik	3
1.3.1 Auswahl der Profile	3
1.3.2 Mikrofaziesbeschreibung.....	3
1.3.3 Ammonitenpräparation	5
1.3.4 Palynologische Aufbereitung und quantitative Analyse.....	6
2 Stratigraphische Übersicht	9
2.1 Grundlagen	9
2.2 Anwendung der Passwang-Formation	12
2.3 Alternative Einteilung der Passwang-Formation (Einheiten 1 bis 6)	16
2.4 Biostratigraphische Einteilung.....	21
3 Lithologische und stratigraphische Entwicklung der Passwang-Formation in der südlichen Jurakette von Hägendorf (SO) bis Brugg (AG).....	23
3.1 Das Profil Fasiswald	23
3.1.1 Fasiswald Lithologie.....	24
3.1.2 Fasiswald Mikrofazies.....	25
3.1.3 Fasiswald Biostratigraphie.....	26
3.1.3.1 Ammonitenstratigraphie	26
3.1.3.2 Palynostratigraphie	28
3.1.4 Fasiswald Lithostratigraphie.....	31
3.2 Das Profil Unterer Hauenstein.....	32
3.2.1 Unterer Hauenstein Lithologie	32
3.2.2 Unterer Hauenstein Mikrofazies.....	35
3.2.3 Unterer Hauenstein Biostratigraphie	36
3.2.3.1 Ammonitenstratigraphie	36
3.2.3.2 Palynostratigraphie	39
3.2.4 Unterer Hauenstein Lithostratigraphie.....	41

3.3	Das Profil Wasserflue	42
3.3.1	Wasserflue Lithologie	44
3.3.2	Wasserflue Mikrofazies	46
3.3.3	Wasserflue Biostratigraphie	48
3.3.3.1	Ammonitenstratigraphie	48
3.3.3.2	Palynostratigraphie	49
3.3.4	Wasserflue Lithostratigraphie	53
3.4	Das Profil Thalheim	55
3.4.1	Thalheim Lithologie	57
3.4.2	Thalheim Mikrofazies	59
3.4.3	Thalheim Biostratigraphie	61
3.4.3.1	Ammonitenstratigraphie	61
3.4.3.2	Palynostratigraphie	61
3.4.4	Thalheim Lithostratigraphie	66
3.5	Zusammenfassung der südlichen Jurakette	68
4	Lithologische und stratigraphische Entwicklung der Passwang-Formation südlich der Mandach-Überschiebung und angrenzende Gebiete von Frick (AG) über Böttstein (AG) bis Riniken (AG)	71
4.1	Das Profil Frickberg	71
4.1.1	Frickberg Lithologie	72
4.1.2	Frickberg Mikrofazies	75
4.1.3	Frickberg Biostratigraphie	77
4.1.3.1	Ammonitenstratigraphie	77
4.1.3.2	Palynostratigraphie	82
4.1.4	Frickberg Lithostratigraphie	87
4.2	Das Profil Cheisacher	89
4.2.1	Cheisacher Lithologie	91
4.2.2	Cheisacher Mikrofazies	93
4.2.3	Cheisacher Biostratigraphie	94
4.2.3.1	Ammonitenstratigraphie	94
4.2.3.2	Palynostratigraphie	100
4.2.4	Cheisacher Lithostratigraphie	105
4.3	Das Profil Böttstein	106
4.3.1	Böttstein Lithologie	108
4.3.2	Böttstein Mikrofazies	111
4.3.3	Böttstein Biostratigraphie	113
4.3.3.1	Ammonitenstratigraphie	113
4.3.3.2	Palynostratigraphie	116
4.3.4	Böttstein Lithostratigraphie	122
4.4	Ergänzungen zur Bohrung Riniken	124
4.4.1	Riniken Biostratigraphie	124

4.4.1.1	Ammonitenstratigraphie	124
4.4.1.2	Palynostratigraphie	124
4.4.2	Riniken Lithostratigraphie	126
4.5	Zusammenfassung der nördlichen Jurakette	129
5	Lithologische und stratigraphische Entwicklung der Passwang-Formation östlich der Aare	137
5.1	Das Profil an der Surb in Tegerfelden (AG)	137
5.1.1	Surb Lithologie	139
5.1.2	Surb Mikrofazies	142
5.1.3	Surb Biostratigraphie	144
5.1.3.1	Ammonitenstratigraphie	144
5.1.3.2	Palynostratigraphie	149
5.1.4	Surb Lithostratigraphie	155
5.2	Das Profil Acheberg bei Klingnau	157
5.2.1	Acheberg Lithologie	159
5.2.2	Acheberg Mikrofazies	161
5.2.3	Acheberg Biostratigraphie	162
5.2.3.1	Ammonitenstratigraphie	162
5.2.3.2	Palynostratigraphie	163
5.2.4	Acheberg Lithostratigraphie	166
5.3	Zusammenfassung östlich der Aare	168
6	Diskussion der Passwang-Formation im östlichen Faltenjura	171
6.1	Entwicklung des Ablagerungsraums	171
6.2	Korngrössen des detritischen Quarzes	179
6.3	Synsedimentäre Tektonik	182
6.4	Grossräumige laterale Faziesentwicklung des Doggers	188
7	Schlussfolgerungen	189
8	Verdankungen	191
9	Literaturverzeichnis	193
Ammonitentafeln		T-1
Tafel 1	Fasiswald	T-2
Tafel 2	Unterer Hauenstein	T-4
Tafel 3	Wasserflue/Thalheim	T-6
Tafel 4	Frickberg 1	T-8
Tafel 5	Frickberg 2	T-10
Tafel 6	Frickberg 3	T-12
Tafel 7	Cheisacher 1	T-14
Tafel 8	Cheisacher 2	T-16
Tafel 9	Cheisacher 3	T-18

Tafel 10	Cheisacher 4	T-20
Tafel 11	Böttstein 1	T-22
Tafel 12	Böttstein 2	T-24
Tafel 13	Surb 1	T-26
Tafel 14	Surb 2	T-28
Tafel 15	Acheberg 1	T-30
Tafel 16	Acheberg 2	T-32

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Alle besuchten Lokalitäten im Untersuchungsgebiet.	4
Tab. 2:	Bohrungen aus dem Untersuchungsgebiet und der näheren Umgebung.	5
Tab. 3:	Mikrofazielle Zusammensetzung der Schichten im Profil Fasiswald in Vol.-%.	26
Tab. 4:	Ammonitenstratigraphie Profil Fasiswald.	28
Tab. 5:	Biostratigraphische Interpretation der Palynomorphen-Events (Fasiswald).	31
Tab. 6:	Mikrofazies des Sissach- und Hauenstein-Members am Unteren Hauenstein in Vol.-%.	36
Tab. 7:	Schichtnummern, Ammoniten und Ammonitenzonierungen von Rieber (1987) in Gygi & Rieber (1987) korreliert mit der hier verwendeten Probennummerierung (vgl. Fig. 12).	37
Tab. 8:	Biostratigraphische Interpretation der Palynomorphen-Events (Unterer Hauenstein).	41
Tab. 9:	Mikrofazielle Zusammensetzung der Schichten im Profil Wasserflue in Vol.-%.	48
Tab. 10:	Ammonitenstratigraphie Profil Wasserflue.	49
Tab. 11:	Biostratigraphische Interpretation der Palynomorphen-Events (Wasserflue).	53
Tab. 12:	Mikrofazielle Zusammensetzung der Schichten im Profil Thalheim in Vol.-%.	60
Tab. 13:	Biostratigraphische Interpretation der Palynomorphen-Events (Thalheim).	65
Tab. 14:	Mikrofaziesanalyse der Passwang-Formation am Frickberg in Vol.-%.	76
Tab. 15:	Ammonitenstratigraphie Profil Frickberg.	81
Tab. 16:	Biostratigraphische Interpretation der Palynomorphen-Events (Frickberg).	86
Tab. 17:	Mikrofaziesanalyse der Passwang-Formation am Cheisacher in Vol.-%.	94
Tab. 18:	Ammonitenstratigraphie Profil Cheisacher.	99
Tab. 19:	Biostratigraphische Interpretation der Palynomorphen-Events (Cheisacher).	104
Tab. 20:	Mikrofaziesanalyse der Passwang-Formation in Böttstein (composite) in Vol.-%; Profile Buechhalde (Bö-1 bis Bö-14) und Chrummuerich (BöO-1 bis BöO-19).	112
Tab. 21:	Ammonitenstratigraphie Profile Buechhalde und Chrummuerich in Böttstein.	116

Tab. 22:	Biostratigraphische Interpretation der Palynomorphen-Events (Böttstein).....	121
Tab. 23:	Mikrofaziesanalyse der Passwang-Formation an der Surb in Tegerfelden in Vol.-%.	143
Tab. 24:	Ammonitenstratigraphie der drei Profile an der Surb in Tegerfelden.	145
Tab. 25:	Biostratigraphische Interpretation der Palynomorphen-Events (an der Surb).....	154
Tab. 26:	Mikrofaziesanalyse der Klingnau-Formation am Acheberg-Klingnau in Vol.-%.	161
Tab. 27:	Ammonitenstratigraphie Profil Acheberg-Klingnau.	163
Tab. 28:	Biostratigraphische Interpretation der Palynomorphen-Events (Acheberg-Klingnau).....	166

Figurenverzeichnis

Fig. 1:	Untersuchungsgebiet der Passwang-Formation im östlichen Faltenjura und Aargauer Tafeljura zwischen Fasiswald (SO) und Acheberg (AG).	2
Fig. 2:	Die Passwang-Formation und ihre Member. Gegenüberstellung von älteren Schichtbezeichnungen im Untersuchungsgebiet.	9
Fig. 3:	Die Passwang-Formation mit ihren Untereinheiten als synthetisches Sammelprofil (modifiziert nach Fig. 7 in Burkhalter 1996).....	10
Fig. 4:	Die Passwang-Formation und ihre Untereinheiten (Member).....	17
Fig. 5:	Die Ammoniten-Zonen und -Subzonen des Aaléniens und des frühen Bajociens und die im östlichen Falten- und Tafeljura nachgewiesenen Faunenhorizonte (nach Ohmert et al. 1995, Dietze et al. 2011, 2012 und 2014, Schweigert 2015, Ogg et al. 2016).	22
Fig. 6:	Aufschluss Fasiswald: Übersicht: rechts, vom Schacht in Richtung Grube steht Opalinuston; beim Hammer das Sissach-Mb. an (Schicht FAS 1 – 8).	23
Fig. 7:	Untere Passwang-Formation am Südrand der Opalinuston-Grube.....	24
Fig. 8:	Die beiden aufgenommenen Profile durch das späte Aalénien in der Opalinuston-Grube Fasiswald.	27
Fig. 9:	Aufschluss Unterer Hauenstein: Opalinuston, Sissach-Member, Mergel und Sandkalksteine des Hauenstein-Members (HAU 1 bis 13).....	32
Fig. 11:	Detailprofil des Sissach-Members. Schichtnummerierung ist übernommen aus Gygi & Rieber (1987).....	35
Fig. 12:	Detailprofil des Sissach- und basalen Hauenstein-Members am Unteren Hauenstein.	38
Fig. 13:	Aufschluss Wasserflue: 40 cm mächtiger Hartgrund aus eisenoolithischem Kalkstein und Eisentromatolith-Kruste an der Basis der Passwang-Formation (WAS 1).....	43

Fig. 14:	Aufschluss Wasserflue: Biotetrisch, sandige Kalkstein-Mergel-Wechselfolge im obersten Teil des Profils (ca. WAS 7 bis 14).	43
Fig. 15:	Die Passwang-Formation an der Wasserflue.	45
Fig. 16:	Detailprofil des «kondensierten Äquivalents des Sissach- und ?Hirnichopf-Members» an der Wasserflue.	46
Fig. 17:	Stratigraphischer Kontakt des Opalinustons (unter dem Überhang) mit den Kalksteinen der Passwang-Formation.	56
Fig. 18:	Erste Sandkalkbänke aus dem mittleren Bereich des Waldenburg- bis Bruggli-Members der Passwang-Formation entlang der Waldstrasse.....	56
Fig. 19:	Die Passwang-Formation bei Thalheim.....	58
Fig. 20:	Detailprofil des Sissach-Members sowie der Basis des «kondensierten Äquivalents des ?Hauenstein- oder ?Hirnichopf-Members» (?kHa oder ?kHi) in Thalheim.	59
Fig. 21:	Lithologische Korrelation der südlichen Jurakette von Fasiswald – Unterer Hauenstein – Wasserflue – Thalheim bis und mit Bohrung Bözberg SB-2/13 (Bläsi & Feist-Burkhardt 2019).	70
Fig. 22:	Unterer Aufschluss des Profils Frickberg (Frickberg-Ost): Opalinuston und Sissach- bis Waldenburg-Member der Passwang-Formation (Schicht 1 – 29).	71
Fig. 23:	Oberer Aufschluss des Profils Frickberg (Frickberg-West): Waldenburg- bis Rothenfluh-Member der Passwang-Formation (Schicht 30 – 103).	72
Fig. 24:	Das Top des Profils Frickberg-West.....	73
Fig. 25:	Die Passwang-Formation und deren Member (<i>sensu</i> Burkhalter 1996 und Gonzalez & Wetzel 1996) am Frickberg.	74
Fig. 26:	Detailprofil des Sissach-Members und den «kondensierten Äquivalenten des Hauenstein- und Hirnichopf-Members» am Frickberg (Profil Frickberg-Ost).....	78
Fig. 27:	Detailprofil des obersten Bereichs des Bruggli-Members am Frickberg (Profil Frickberg-West).	80
Fig. 28:	Unterer Aufschluss der Lokalität Cheisacher (unterhalb des Wegs): Opalinuston, Sissach-Member bis zum Waldenburg- bis Bruggli-Member, (Schicht 13 – 41).....	90
Fig. 29:	Oberer Aufschluss der Lokalität Cheisacher (entlang des Wegs): Waldenburg- bis Bruggli-Member – Rothenfluh-Member (Schicht 50 – 88).	90
Fig. 30:	Die Passwang-Formation mit deren Member sowie «konditionierte Äquivalente der Member» (<i>sensu</i> Burkhalter 1996 und Gonzalez & Wetzel 1996) am Cheisacher.	92
Fig. 31:	Detailprofil der Basis des Sissach-Members am Cheisacher (Schicht 11 – 19).	95
Fig. 32:	Detailprofil des oberen Sissach-Members bis zum Waldenburg- bis Bruggli-Member am Cheisacher (Schicht 19 – 31).	97
Fig. 33:	Detailprofil des oberen Bereichs des Waldenburg- bis Bruggli- und Rothenfluh-Members am Cheisacher (Schicht 46 – 83).	98
Fig. 34:	Aufschluss Böttstein-Buechhalde: Opalinuston & Sissach-Member (Schicht 1 – 8).....	107

Fig. 35:	Aufschluss Böttstein-Buechhalde: Waldenburg- bis Brüggli-Member (Schicht 10 – 24).....	107
Fig. 36:	Aufschluss Böttstein-Chrummuerich: Brüggli- bis Rothenfluh-Member (Schicht 9 – 26).....	108
Fig. 37:	Stratigraphischer Kontakt von Opalinuston und Passwang-Formation.	109
Fig. 38:	Die Passwang-Formation und deren Member (<i>sensu</i> Burkhalter 1996 und Gonzalez & Wetzel 1996) am Schmidberg in Böttstein (kompiliert aus den Teilprofilen Buechhalde (Fig. 39) und Chrummuerich (Fig. 40)).	110
Fig. 39:	Profil der Basis der Passwang-Formation in Böttstein-Buechhalde.	114
Fig. 40:	Profil des Kontakts des o.T. des Brüggli-Members und Rothenfluh-Members in Böttstein-Chrummuerich.	115
Fig. 41:	Neuinterpretation des Top Opalinustons und der Passwang-Formation der Bohrung Riniken aufgrund neuer Palynomorphendaten und Ammoniten.	128
Fig. 42:	Korrelation des Sissach-Members der nördlichen Jurakette von der Umgebung von Frick bis zur Aare.....	132
Fig. 43:	Korrelation der nördlichen Jurakette von der Umgebung von Frick – Cheisacher – Böttstein bis zur Aare.....	135
Fig. 44:	Aufschluss an der Surb-Unten: Opalinuston, Sissach-Member (Schicht 9 bis 22).....	137
Fig. 45:	Aufschluss an der Surb-Oben: «Humphriesi-Schichten» im Hangenden eines schwarzen, tonigen Mergelintervalls (Schicht 21).	138
Fig. 46:	Aufschluss an der Surb-ARA: Klingnau-Formation.	139
Fig. 47:	Die Passwang- und Klingnau-Formation an der Surb in Tegerfelden (kompiliert aus drei Teilprofilen entlang der Surb, Fig. 48, 49 und 50).....	141
Fig. 48:	Profil des Sissach-Members an der Surb (Surb-Unten) in Tegerfelden.	146
Fig. 49:	Profil des Kontakts zwischen der Passwang- und der Klingnau-Formation an der Surb (Surb-Oben) in Tegerfelden.	147
Fig. 50:	Profil der Klingnau-Formation an der Surb (Surb-ARA) in Tegerfelden.....	148
Fig. 51:	Aufschluss des Sissach-Members der Passwang-Formation am Acheberg (Profil: Acheberg-Schueplatz).	158
Fig. 52:	Aufschluss der Klingnau-Formation am Acheberg (Profil: Acheberg-Klingnau).....	159
Fig. 53:	Profil der Klingnau-Formation am Acheberg (Acheberg-Klingnau).....	160
Fig. 54:	Korrelation des Sissach-Mb. von Riniken/Böttstein auf die östlich der Aare liegenden Profile bei Tegerfelden und Acheberg bei Klingnau (Nägeli, Bader 1925).	170
Fig. 55:	Die Äquivalente der Passwang-Formation in der näheren Umgebung des Untersuchungsgebiets (modifiziert nach Burkhalter 1996).	171
Fig. 56:	Isopachenkarten der informellen Einheiten (Einheit 1-5) und Member der Passwang-Formation (modifiziert nach Burkhalter 1996).....	174

Fig. 57:	Spektren der mittleren Korngrößen des detritischen Quarzes in den Membern und ihren kondensierten Äquivalenten der Passwang-Formation und im Opalinuston nach Burkhalter (1996) mit den neuen Daten aus dieser Studie in rot dargestellt.	180
Fig. 58:	Laterale Entwicklung der Member der Passwang-Formation entlang des Jurasüdfusses im östlichen Falten- und Tafeljura, modifiziert nach Burkhalter (1996) mit den neuesten Mächtigkeitsangaben.	184
Fig. 59:	Laterale Entwicklung der Member der Passwang-Formation entlang der Profilschur vom Unteren Hauenstein über Sissach, Fricktal hin zur Aare, modifiziert nach Burkhalter (1996) mit den neuesten Mächtigkeitsangaben.	185
Fig. 60:	Laterale Entwicklung der informellen Einheiten 1 – 5 entlang des Jurasüdfusses im östlichen Falten- und Tafeljura.	186
Fig. 61:	Laterale Entwicklung der Einheiten 1-5 entlang der Profilschur vom Unteren Hauenstein über Sissach, Fricktal hin zur Aare.	187
Fig. 62:	Laterale Faziesentwicklung des Doggers zwischen Staffelegg und Weiach (Mächtigkeiten und laterale Distanzen sind schematisiert und modifiziert nach Bläsi 1987).	188

Beilagenverzeichnis

Beilage 1: Legende Lithologien (Kap. 2 und Kap. 3 & 4).

Anlagenverzeichnis

(Anmerkung: Die Anlagen A bis C finden sich in der digitalen Version dieses Berichts (PDF).)

Anlage A: Palynodaten

- Anlage A1: Range-Chart. Quantitative stratigraphische Verteilung der Palynomorphen im Mittleren Jura des Aufschlusses Fasiswald.
- Anlage A2: Depth/Age-Plot, Aufschluss Fasiswald.
- Anlage A3: Range-Chart. Quantitative stratigraphische Verteilung der Palynomorphen im Mittleren Jura des Aufschlusses Unterer Hauenstein.
- Anlage A4: Depth/Age-Plot, Aufschluss Unterer Hauenstein.
- Anlage A5: Range-Chart. Quantitative stratigraphische Verteilung der Palynomorphen im Mittleren Jura des Aufschlusses Wasserflue.
- Anlage A6: Depth/Age-Plot, Aufschluss Wasserflue.
- Anlage A7: Range-Chart. Quantitative stratigraphische Verteilung der Palynomorphen im Mittleren Jura des Aufschlusses Thalheim.
- Anlage A8: Depth/Age-Plot, Aufschluss Thalheim.

- Anlage A9: Range-Chart. Quantitative stratigraphische Verteilung der Palynomorphen im Mittleren Jura des Aufschlusses Frickberg (composite).
- Anlage A10: Depth/Age-Plot, Aufschluss Frickberg (composite).
- Anlage A11: Range-Chart. Quantitative stratigraphische Verteilung der Palynomorphen im Mittleren Jura des Aufschlusses Cheisacher.
- Anlage A12: Depth/Age-Plot, Aufschluss Cheisacher.
- Anlage A13: Range-Chart. Quantitative stratigraphische Verteilung der Palynomorphen im Mittleren Jura des Aufschlusses Böttstein (composite).
- Anlage A14: Depth/Age-Plot, Aufschluss Böttstein (composite).
- Anlage A15: Range-Chart. Quantitative stratigraphische Verteilung der Palynomorphen im Mittleren Jura der Bohrung Riniken.
- Anlage A16: Depth/Age-Plot, Bohrung Riniken.
- Anlage A17: Range-Chart. Quantitative stratigraphische Verteilung der Palynomorphen im Mittleren Jura des Aufschlusses Surb (composite).
- Anlage A18: Depth/Age-Plot, Aufschluss Surb (composite).
- Anlage A19: Range-Chart. Quantitative stratigraphische Verteilung der Palynomorphen im Mittleren Jura des Aufschlusses Acheberg-Schueplatz.
- Anlage A20: Range-Chart. Quantitative stratigraphische Verteilung der Palynomorphen im Mittleren Jura des Aufschlusses Acheberg-Klingnau.
- Anlage A21: Depth/Age-Plot, Aufschluss Acheberg-Klingnau.

Anlage B: Aufschlussdatenblätter

- Anlage B1: Aufschlussdatenblatt: Erlimoos, Trimbach (SO)
- Anlage B2: Aufschlussdatenblatt: Froburg, Trimbach (SO)
- Anlage B3: Aufschlussdatenblatt: Ängi & Ängistein, Stüsslingen (SO)
- Anlage B4: Aufschlussdatenblatt: Salhöchi, Erlinsbach (AG)
- Anlage B5: Aufschlussdatenblatt: Bärchopf, Erlinsbach (AG)
- Anlage B6: Aufschlussdatenblatt: Tongrube Gross Wolf, Küttigen (AG)
- Anlage B7: Aufschlussdatenblatt: Asperstrihe, Densbüren (AG)
- Anlage B8: Aufschlussdatenblatt: Thalheim-Oberbuech, Thalheim (AG)
- Anlage B9: Aufschlussdatenblatt: Sespe, Gipf-Oberfrick (AG)
- Anlage B10: Aufschlussdatenblatt: Zeindlematt, Frick (AG)
- Anlage B11: Aufschlussdatenblatt: Schinberg-West, Kaisten (AG)
- Anlage B12: Aufschlussdatenblatt: Schinberg-Ost, Laufenburg (AG)
- Anlage B13: Aufschlussdatenblatt: Bürerhorn, Mettauertal (AG)
- Anlage B14: Aufschlussdatenblatt: Hottwilerhorn, Mettauertal (AG)
- Anlage B15: Aufschlussdatenblatt: Laubberg, Mettauertal (AG)
- Anlage B16: Aufschlussdatenblatt: Blitzberg, Klingnau (AG)

Anlage C: Mikrofazielle Analysen

Anlage C1: Mikrofazielle Zusammensetzungen im Profil Fasiswald

Anlage C2: Mikrofazielle Zusammensetzungen im Profil Unterer Hauenstein

Anlage C3: Mikrofazielle Zusammensetzungen im Profil Wasserflue

Anlage C4: Mikrofazielle Zusammensetzungen im Profil Thalheim

(Anmerkung: Die Anlagen A bis C finden sich in der digitalen Version dieses Berichts (PDF).)

1 Einleitung

1.1 Ziel und Aufbau des Berichts

Im Rahmen des Sachplans Geologische Tiefenlager (SGT) wurde der Opalinuston als potenzielles Wirtgestein im Standortgebiet Jura Ost für schwach- und mittelaktive sowie hochaktive Abfälle ausgewählt (Nagra 2008, Nagra 2014). Die Passwang-Formation ist Teil der oberen Rahmengesteine zum Wirtgestein Opalinuston im geologischen Standortgebiet Jura Ost.

Im Rahmen der Etappe 3 des SGT sollen die Kenntnisse über die Passwang-Formation¹ vertieft werden. Der vorliegende Bericht hat folgende Ziele:

- Aufsuchen bereits in der Literatur beschriebener Profile, Überprüfung der heutigen Aufschlussituation sowie Beschreibung neuer potenzieller Aufschlüsse.
- Beschreibung der Faziesmerkmale der Passwang-Formation (Lithologie, Sedimentstrukturen, Mikrofazies) im Untersuchungsgebiet.
- Biostratigraphische Bearbeitung ausgewählter Aufschlüsse mittels Ammoniten- und Palynostratigraphie.
- Untersuchung des vertikalen Auftretens und der lateralen Ausdehnung von Kalkbankabfolgen («harte Bänke») in der Passwang-Formation.
- Ableitung und Diskussion der sedimentären Prozesse, welche zur Genese der Passwang-Formation beigetragen haben.

Der Fokus des Berichts liegt auf dem Untersuchungsgebiet zwischen Staffelegg, Frick und Böttstein (Fig. 1), welches das Standortgebiet Jura Ost beinhaltet. Es werden aber auch Beobachtungen, Analysen und Erkenntnisse aus den angrenzenden Gebieten (Fasiswald, Hauenstein, Tegerfelden und Acheberg bei Klingnau) miteinbezogen (s. auch Tab. 1). Ein wichtiger Faktor bei der Neuaufnahme von Profilen durch die Passwang-Formation war deren Altersdatierung (Biostratigraphie). Insbesondere sollte dem Einsetzen der Passwang-Formation bzw. den jüngsten Opalinuston-Schichten besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

In Kap. 1 werden die Ziele, das Untersuchungsgebiet, das verwendete Material und die angewandte Methodik dieser Studie vorgestellt. In Kap. 2 wird eine kurze Übersicht über die wichtigsten bisherigen Arbeiten, die Stratigraphie und die im vorliegenden Bericht angewandte alternative Einteilung der Passwang-Formation gegeben. In Kap. 3 werden die Resultate der lithologischen, biostratigraphischen und stratigraphischen Entwicklung der Passwang-Formation in der südlichen Jurakette von Hägendorf (SO) bis Brugg (AG) gezeigt. In Kap. 4 werden die Resultate der lithologischen, biostratigraphischen und lithostratigraphischen Entwicklung der Passwang-Formation in der nördlichen Jurakette von Frick (AG) bis Böttstein (AG) gezeigt. In Kap. 5 werden die Resultate der lithologischen, biostratigraphischen und lithostratigraphischen Entwicklung der Passwang-Formation östlich der Aare in Tegerfelden (AG) und am Acheberg bei Klingnau (AG) gezeigt. In Kap. 6 wird auf die stratigraphische Einordnung eingegangen sowie die laterale Entwicklung des Ablagerungsraums diskutiert. Zusätzlich werden die vorliegenden Resultate im Hinblick auf den Ablagerungsraum und die Genese der Passwang-Formation diskutiert. In Kap. 7 werden die Schlussfolgerungen gezogen.

¹ Zudem wird je nach Aufschlussverhältnissen auch der Top des Opalinustons und der untere Teil der Klingnau-Formation bearbeitet.

1.2 Untersuchungsgebiet

Potenzielle Lokalitäten für eine Profilaufnahme (Fig. 1) wurden mittels der vorhandenen regionalen und thematischen Artikel sowie den geologischen Karten Aarau (Jordan et al. 2011), Frick (Diebold et al. 2006), Baden (Graf et al. 2006) und Zurzach (Matousek et al. 2000) gesucht. Die Schichten (heutige Member) der Passwang-Formation, bzw. die ursprünglichen «Murchisonae- bis Humphriesi-Schichten» des Aargauer Falten- und Tafeljuras wurden bisher v.a. im Rahmen regionaler Studien, z.B. zwischen Olten und Unterem Hauenstein (Goldschmid 1965), zwischen Eptingen und Oltingen (Bartholet 1964), Rohr und Umgebung (Jordan 1982), zwischen Aare und Wittnau (Gsell 1968), zwischen Fricktal und der Aare (Brändlin 1911, Braun 1920), zwischen Frick und Hottwil (Buser 1952) und zwischen Klingnau und Tegerfelden (Bader 1925, Schmassmann 1945) untersucht. Lusser (1980) und dann später Burkhalter (1993) bearbeiteten in eigentlichen Monographien den «Unteren Dogger». Beide Autoren haben neue wichtige Profile aufgenommen und zum Teil mit Literaturangaben ergänzt, so z.B.: Grütsch (Lusser 1980); Fasiswald, Froburg & Unterer Hauenstein (Burkhalter 1993, 1996).

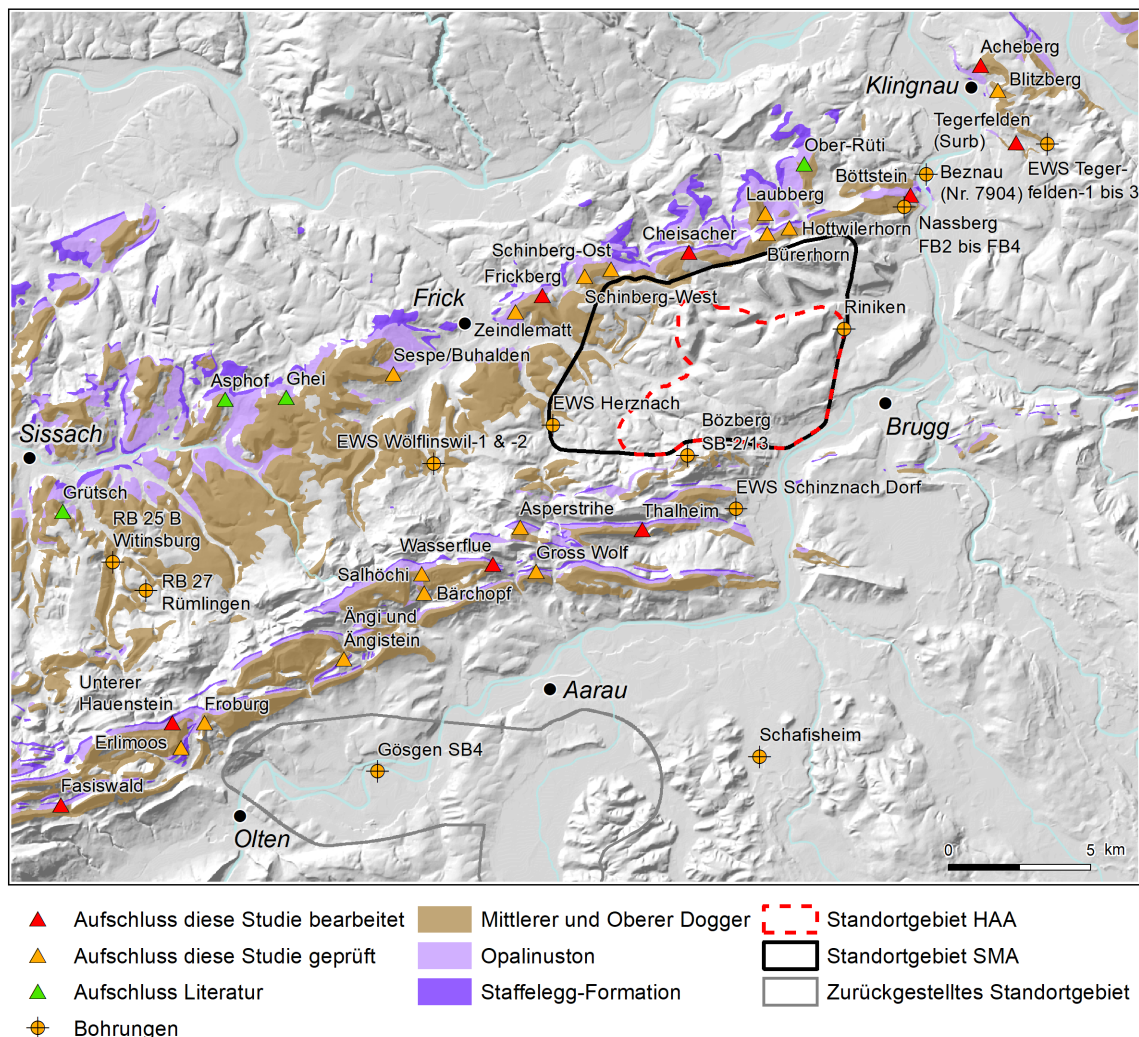


Fig. 1: Untersuchungsgebiet der Passwang-Formation im östlichen Faltenjura und Aargauer Tafeljura zwischen Fasiswald (SO) und Acheberg (AG).

1.3 Material und Methodik

1.3.1 Auswahl der Profile

Die im Gelände evaluierten Lokalitäten sind in der Tab. 1 aufgelistet. Nicht alle Lokalitäten, obwohl teilweise bereits aus der Literatur bekannt, eigneten sich für eine Profilaufnahme. Aufschlüsse, die in der Vergangenheit beschrieben wurden, sind z.T. wieder von der Vegetation bedeckt. Dafür ermöglichen neue Rutschungen frische Profile freizulegen. Diejenigen, welche eine möglichst grosse stratigraphische Ausdehnung haben, wurden weiterbearbeitet und ein detailliertes Profil wurde aufgenommen. Wenn möglich, wurde parallel dazu das Profil auf Makrofossilien abgesucht und gefundene Ammoniten sowie Palynomorphenproben wurden horizontal entnommen. Die detailliert bearbeiteten Profile sind in der Tab. 1 grau hinterlegt. Die restlichen Profile wurden mit Aufschlussblättern dokumentiert (s. Anlage B). Zusätzlich sind in der Tab. 2 Bohrungen aus dem Untersuchungsgebiet aufgeführt.

1.3.2 Mikrofaziesbeschreibung

Von ausgewählten Lithologien wurden Dünnschliffe (DS) angefertigt. Diese wurden teils im Institut für Geologie der Universität Bern (DS aus Kap. 3) und teils im Geologischen Institut der ETH Zürich (DS aus Kap. 4 und 5) hergestellt. Die Dünnschliffe wurden für die Karbonatminerale Calcit, Fe-Calcit und Fe-Dolomit nach der üblichen Methode von Dickson (1966) gefärbt. Anschliessend wurden die einzelnen Komponenten und Zemente, Mikrit und Pseudosparit bestimmt und ausgezählt. Bei den prozentualen Anteilen der Komponenten ist zu berücksichtigen, dass die Schichten sehr komplex und heterogen zusammengesetzt sind, und die Werte (beispielsweise der Eisenooide und der biogenen Komponenten) in anderen Proben der gleichen Schicht relativ stark abweichen können.

Sparit, Calcizement: Echter im Porenraum auskristallisierter calcitischer Zement. Dieser zeigt u.a. an, dass während der Ablagerung des Sediments genügend Energie (Strömung) vorhanden war, und der sonst allgegenwärtige Kalk- und Tonschlamm weggespült bzw. nicht abgelagert worden ist. Zum Zement gehören auch diejenigen Calcitkristalle, die in den Hohlformen der während der Diagenese gelösten aragonitischen Muschel- und Gastropodenschalen gewachsen sind.

Pseudosparit, Mikrit, Ton: Beinhaltet die feinkristalline tonige und kalkige Grundmasse, den ursprünglich abgelagerten Schlamm. Pseudosparit ist während der Diagenese sammelkristallisierter Mikrit, d.h. nicht im Porenraum gewachsener Zement.

Intraklasten: Gesteinsbruchstücke von frühdiagenetisch verfestigten Sedimenten, die erodiert und im gleichen Ablagerungsbereich wieder abgelagert wurden. Dazu gehören z.B. in den Fasiswald-Proben Bruchstücke von Fe-Stromatolithen, eisenumkrustete mikritische Kalksteine und Bruchstücke von eisenoolithischen Kalksteinen.

Eisenooide: Einerseits kugelige Ooide aus einem Kern und konzentrischen Schalen aus Goethit oder Limonit, andererseits unregelmässig geformte Ooide aus eher welligen Rinden von Chamosit. Zu den Eisenooiden zählen wir auch rundliche Gebilde mit einer eher dünnen unregelmässigen mikrobiellen Kruste (Algen, Bakterien), oft mit inkrustierenden Foraminiferen und einem mikritischen oder biogenen Kern. Als Eisenooide interpretiert werden auch calcitische Ooide mit erkennbarer Reliktstruktur primärer Eisenooide.

Tab. 1: Alle besuchten Lokalitäten im Untersuchungsgebiet.

Diejenigen, welche in diesem Bericht im Detail untersucht wurden, sind grau hinterlegt und in Fig. 1 ersichtlich. Die nicht bearbeiteten Lokalitäten sind mit Aufschlussdatenblättern (s. Anlage B) dokumentiert.

Lokalität	Koordinaten (CH1903+)	Detaillierte Bearbeitung (Kapitel)	Aufschlussblatt in der Anlage B
Fasiswald, Hägendorf (SO)	2'628.945 / 1'245.034	Kap. 3.1	
Erlimoos, Trimbach (SO)	2'633.270 / 1'247.080		B1
Unterer Hauenstein, Hauenstein-Ifenthal (SO)	2'632.975 / 1'247.950	Kap. 3.2	
Froburg, Trimbach (SO)	2'634.110 / 1'247.950		B2
Ängi und Ängistein, Stüsslingen (SO)	2'639.000 / 1'250.200		B3
Salhöchi, Erlinsbach (AG)	2'641.750 / 1'253.200		B4
Bärchopf, Erlinsbach (AG)	1: 2'641.825 / 1'252.525 2: 2'641.625 / 1'252.600		B5
Wasserflue, Küttigen (AG)	2'644.250 / 1'253.525	Kap. 3.3	
Tongrube Gross Wolf, Küttigen (AG)	2'645.769 / 1'253.275		B6
Asperstrihe, Densbüren (AG)	2'645.200 / 1'254.825		B7
Thalheim, Thalheim (AG)	2'649.500 / 1'254.750	Kap. 3.4	
Thalheim-Oberbuech, Thalheim (AG)	2'648.887 / 1'254.787		B8
Sespe, Gipf-Oberfrick (AG)	2'640.750 / 1'260.225		B9
Zeindlematt, Frick (AG)	2'645.040 / 1'262.400		B10
Frickberg-Ost, Kaisten (AG)	2'646.092 / 1'262.999	Kap. 4.1	
Frickberg-West, Kaisten (AG)	2'645.962 / 1'263.003		
Schinberg-West, Kaisten (AG)	2'647.477 / 1'263.650		B11
Schinberg-Ost, Laufenburg (AG)	2'648.400 / 1'263.900		B12
Cheisacher (Unten), Gansingen (AG)	2'651.151 / 1'264.504	Kap. 4.2	
Cheisacher (Oben), Gansingen (AG)	2'651.140 / 1'264.472		
Bürerhorn, Mettauertal (AG)	2'653.900 / 1'265.150		B13
Hottwilerhorn, Mettauertal (AG)	2'654.674 / 1'265.366		B14
Laubberg, Mettauertal (AG)	2'653.825 / 1'265.875		B15
Böttstein-Chrummuerich, Böttstein (AG)	2'658.484 / 1'266.434	Kap. 4.3	
Böttstein-Buechhalde, Böttstein (AG)	2'658.960 / 1'266.425		
Surb-Unten, Tegerfelden (AG)	2'662.650 / 1'268.360	Kap. 5.1	
Surb-Oben, Tegerfelden (AG)	2'662.994 / 1'268.265		
Surb-ARA, Tegerfelden (AG)	2'663.059 / 1'268.223		
Blitzberg, Klingnau (AG)	2'662.000 / 1'270.200		B16
Acheberg-Schueplatz, Klingnau (AG)	2'661.400 / 1'271.074	Kap. 5.2	
Acheberg-Klingnau, Klingnau (AG)	2'661.673 / 1'271.068		

Tab. 2: Bohrungen aus dem Untersuchungsgebiet und der näheren Umgebung.
Die Lokalitäten sind in Fig. 1 ersichtlich.

Bohrung	Kernbohrung	Cuttings	Koordinaten (CH1903+)	Literatur
Beznau (Nr. 7904)	×		2'659.491 / 1'267.242	Nagra (1984)
Riniken	×	×	2'656.604 / 1'261.800	Matter et al. (1987)
Schafisheim	×		2'653.620 / 1'246.760	Matter et al. (1988b)
Nassberg FB2 bis FB4	×		2'658.712 / 1'266.084	Schneider & Matousek (1990)
RB 25 B Wittinsburg	×		2'630.882 / 1'253.594	Burkhalter (1993, 1996)
RB 27 Rümlingen	×		2'632.041 / 1'252.594	Burkhalter (1993, 1996)
EWS Herznach		×	2'646.353 / 1'258.417	Bläsi et al. (2014a)
EWS Tegerfelden-1		×	2'663.906 / 1'268.367	Bläsi et al. (2014a)
EWS Tegerfelden-2		×	2'664.015 / 1'267.750	Bläsi et al. (2014a)
EWS Wölflinswil-1		×	2'642.170 / 1'257.066	Bläsi et al. (2014a)
EWS Wölflinswil-2		×	2'642.124 / 1'256.826	Bläsi et al. (2014a)
Gösgen SB4		×	2'640.194 / 1'246.243	Bläsi et al. (2014b)
EWS Liestal		×	2'622.368 / 1'258.224	Bläsi & Ibele (2019)
EWS Schinznach Dorf		×	2'652.797 / 1'255.470	Bläsi & Ibele (2019)
EWS Tegerfelden-3		×	2'663.750 / 1'268.294	Bläsi & Ibele (2019)
Bözberg SB-2/13	×		2'651.093 / 1'257.350	Bläsi & Feist-Burkhardt (2019)

1.3.3 Ammonitenpräparation

Grundlage für eine möglichst genaue Bestimmung der Ammoniten ist nebst dem horizontierten Aufsammeln eine möglichst sorgfältige Präparation derselben. Die Freilegung von Fossilien beansprucht fast immer ein Mehrfaches der Zeit, welche zum Sammeln benötigt wird.

Die Präparation der meisten Objekte erfolgt sowohl chemisch wie auch mechanisch. Mechanische Methoden umfassen das grobe Freilegen mit Hammer und Meissel, die Feinarbeit mit dem Druckluftstichel oder mit der Präpariernadel. Ferner wird zum schonenden Freilegen der Ammoniten häufig das Sandstrahlgerät benutzt. Dabei kommt ein Gerät zum Einsatz, wie es auch in der Restauration von Kunstobjekten üblich ist. Als Strahlmittel werden vorwiegend weiche Pulver wie Natriumhydrogencarbonat verwendet. Chemische Methoden werden insbesondere bei der Freilegung von Fossilien verwendet, die in einem Gestein eingebettet sind, das einen gewissen Tonanteil enthält. Ferner muss bei diesen Objekten eine calcitische Schale vorhanden sein. Auf solche Objekte wird nach dem Einlegen in Wasser eine Schicht Kaliumhydroxid-Plätzchen aufgelegt. Dieses zerstört die Struktur der Tonminerale, so dass das oberflächliche Gestein gelöst wird. Anschliessend ist eine Neutralisation in Wasser notwendig. Das Wasser wird dabei mehrmals gewechselt. Der Vorgang ist abgeschlossen, wenn sich die Gesteinsoberfläche nicht mehr seifig anfühlt. Mechanische und chemische Präparationsschritte wechseln einander solange ab,

bis vom Objekt mindestens eine Seite und der Venter (Kiel) freigelegt sind. Zerbrochene Exemplare werden geklebt. Für kleine Objekte wird dafür ein dünnflüssiger Sekundenkleber verwendet. Grössere Bruchflächen werden mit Epoxidharz geklebt. Die Präparation der Ammoniten fand im Naturhistorischen Museum Bern statt, wo auch die Belegsammlung aller hier dokumentierten Funde archiviert wird.

1.3.4 Palynologische Aufbereitung und quantitative Analyse

Von allen Profilen wurden zusammen 165 Proben mittels Analyse der Dinoflagellaten (Palynomorphen) biostratigraphisch datiert. Die Zusammensetzung der Palynofloren und die daraus resultierenden Alter sind den jeweiligen Unterkapiteln zu entnehmen.

Die palynologische Aufbereitung der Proben wurde durch das Labor PLS Palynological Laboratory Services Ltd. (Holyhead, Anglesey, LL65 4RJ, UK) ausgeführt. Die Aufbereitung erfolgte nach der allgemein üblichen Präparationsmethode mit konzentrierter Salzsäure und konzentrierter Flusssäure. Der Rückstand wurde bei einer Maschenweite von 15 µm gesiebt. Die Proben wurden mit konzentrierter Salpetersäure oxidiert und zum Teil kurz mit Ultraschall behandelt. Die palynologischen Präparate wurden dann nach Deutschland geschickt und dort lichtmikroskopisch untersucht und ausgewertet.

Für die quantitative mikroskopische Analyse werden zwei aufeinanderfolgende Zählungen durchgeführt. In der ersten Zählung werden 200 Körner aller Palynomorphen gezählt und die Anzahl der Dinoflagellatenzysten wird notiert (Spalte DA = Dinocyst abundance in den Range-Charts, Anlagen A). In einer zweiten Zählung werden nur Dinoflagellatenzysten gezählt, bis eine Gesamtanzahl von 100 Dinoflagellatenzysten erreicht ist. Der Rest des Präparats wird auf bis dahin noch nicht erfasste Taxa durchgeschaut. Diese Taxa 'out of count' sind in den Range-Charts mit '+' markiert. Das Vorkommen von Pilzresten (Fungal remains) wird nur semiquantitativ erfasst (R = Rare, O = Occasional, C = Common, A = Abundant, S = Superabundant).

Für die Darstellung der Ergebnisse wurde die Software StrataBugs v2.1 verwendet (Anlagen A1 – A21). Die verwendeten Altersdaten für den Composite Standard (Version v.2017) und die Depth/Age-Plots basieren auf der Geologic Time Scale 2016 (Ogg et al. 2016).

Vorgehen und Interpretation der Palynologie

Das biostratigraphische Auflösungsvermögen von Pollen und Sporen ist im Jura ungenügend. Die Datierungen basieren deshalb v.a. auf dem Vorkommen von Dinoflagellatenzysten. Die biostratigraphischen Grenzen wurden nach dem ersten und letzten Auftreten der Leitarten, jeweils vom Liegenden ins Hangende gesehen, gezogen. Im Erläuterungstext zu den bekannten stratigraphischen Reichweiten von Leitarten wird das erste Auftreten auch oft mit FAD (engl. first appearance datum) und das letzte Vorkommen mit LAD (engl. last appearance datum) bezeichnet. Besonders grosse Häufigkeiten von Taxa werden als 'Akme' (von griechisch: Gipfel, Höhepunkt) bezeichnet und werden zum Teil als zusätzliche Kriterien für die palynostratigraphische Interpretation herangezogen.

Grundlage für die Alterseinstufung der Proben und deren Zuordnung zur Ammonitenstratigraphie ist der firmeneigene Composite-Standard von Susanne Feist-Burkhardt, Geological Consulting & Services. Der Composite Standard basiert zum grossen Teil auf der Kompilation über die stratigraphische Verbreitung von Dinoflagellatenzysten in Süddeutschland und angrenzender Gebiete von Feist-Burkhardt & Wille (1992). Feist-Burkhardt & Pross (2010) für das Aalénien sowie Feist-Burkhardt & Götz (2016) für das Bajocien sind wichtige neuere Arbeiten, welche zusätzlich in den Composite Standard (Version v.2017) eingeflossen sind. Des Weiteren werden neuere, zumeist unpublizierte Forschungsergebnisse der Gutachterin aus Süddeutschland und der Schweiz verwendet, u.a. die Ergebnisse des Referenzprofils vom Eichberg in der Wutach Region

(Feist-Burkhardt unpubl.). Die in Feist-Burkhardt & Wille (1992) verwendeten Ammoniten-zonen, Stufen- und Unterstufen-Namen wurden mit Hilfe von TimeScale Creator (version 7.0) aktualisiert. Die verwendeten Altersdaten basieren auf der Geologic Time Scale 2016 (Ogg et al. 2016).

Neben Dinoflagellatenzysten treten andere aquatische Palynomorphe auf, die zum Teil stratigraphisch genutzt oder zusätzliche Informationen zur Paläoumwelt geben können. Diese Gruppe beinhaltet u.a. Acritarchen (= organisch-wandige Mikrofossilien unbestimmter Affinität), Grünalgen (z.B. *Botryococcus* spp., Prasinophyceen, Zygnematophyceen) und Foraminiferentapeten. *Botryococcus* ist eine koloniale Grünalge, die aus Süßwasser- oder Brackwasser-Milieus in den marinen Ablagerungsraum herein transportiert werden kann. Foraminiferentapeten sind die organischen Innenauskleidungen der Gehäuse benthischer Foraminiferen und somit Indikatoren für marine Paläoumwelt und guter Durchlüftung an der Sedimentoberfläche.

2 Stratigraphische Übersicht

2.1 Grundlagen

Die Passwang-Formation umfasst die Schichten zwischen Opalinuston und Hauptrogenstein bzw. der Klingnau-Formation vom Neuenburger bis zum Aargauer Jura, bzw. bis etwa zum Acheberg bei Klingnau und bis zu den Lägern. Sie wurde von Burkhälter (1993, 1996) ursprünglich sequenzstratigraphisch als Alloformation definiert (Fig. 2 und 3). Später wurden auf Entscheid des Schweizerischen Komitees für Stratigraphie (SKS) im Jahre 2004 die «Passwang-Alloformation» (Burkhälter 1993, 1996) und die «Rothenfluh-Schichten» (Gonzalez 1993, Gonzalez & Wetzel 1996) zu einer lithostratigraphischen Formation zusammengefügt und die Untereinheiten (Sissach-, Hauenstein-, Hirnichopf-, Waldenburg-, Brüggli- und Rothenfluh-Schichten) wurden in den Rang eines Members erhoben (Fig. 2). Das Rothenfluh-Member wird jedoch nur in der Region zur Passwang-Formation gezählt, wo darüber der Hauptrogenstein folgt, nicht aber im Gebiet der Klingnau-Formation östlich des Aare-Unterlaufs (vgl. Bläsi et al. 2013; Fig. 2). In diesem Gebiet werden die «Blagdeni-Schichten» als informelle Untereinheit (Basisseinheit) der Klingnau-Formation gegliedert (Entscheid SKS 2004).

Stufen	Biozonen -subzonen	BUXTORF (1901)	BLÄSI (1987)	BURKHALTER (1993, 1996) Zentraler Jura Östlicher Jura	SKS Entscheid (2004) BURKHALTER (1996) Zentraler Jura Östlicher Jura
Bajocien	Blagdeni Humphriesianum	Blagdenisch.	Blagdeni-Sch.	Rothenfluh-Schichten	Rothenfluh-Member
	Humphri- esianum	Humphriesisch.	Humphriesi-Sch.	«Humphriesi-Schichten»	«Humphriesi-Schichten»
	Romani Pinguis				
	Sauzei	Sauzei- schichten		Brüggli-Schichten	Brüggli-Member
	Laeviuscula Trigonalis			?	?
	Ovale			Waldenburg-Schicht	Waldenburg- Member
Aalénien	Discites	Sowerbyi- schichten	Sowerbyi- Sauzei- Schichten		
	Concavum			Hirnichopf-Schichten	Hirnichopf- Member
	Bradfordensis			Hauenstein-Schichten	Hauenstein- Member
	Murchisonae	Murchisonae- schichten	Murchisonae- Concava- Schichten	Sissach-Schichten	Sissach- Member
	«Comptum»				
	Opalinum	Opalinustone	Opalinus-Ton	Opalinus-Ton	Opalinus-Ton

Fig. 2: Die Passwang-Formation und ihre Member. Gegenüberstellung von älteren Schichtbezeichnungen im Untersuchungsgebiet.

Die Hauenstein-, Hirnichopf- und Waldenburg-Schichten *sensu* Burkhälter (1993, 1996) sind alle auf eine gewisse geographische Region beschränkt, ausserhalb des Geltungsbereichs sind die äquivalenten Schichten kondensiert; Schraffur – kondensierte Bereiche; kSi, kHa, kHi & kWa – «kondensiertes Äquivalent des Sissach-, Hauenstein-, Hirnichopf- & Waldenburg-Members».

Die Anwendung der Passwang-Formation, insbesondere die Aufgliederung in deren Member (*sensu* Entscheid SKS 2004), ist im östlichen Aargauer Falten- und Tafeljura schwierig umzusetzen. Die formelle Definition der Member (Schichten *sensu* Burkhalter 1993, 1996) basiert auf einer Mischung von Litho-, Bio- und Sequenzstratigraphie. In unvollständig aufgeschlossenen Profilen, Bohrungen für Erdwärmesonden (EWS) mit Cuttings sowie lithologisch ähnlichen Abfolgen ist eine Zuordnung ohne aufwendige biostratigraphische Untersuchungen oft nicht eindeutig möglich.

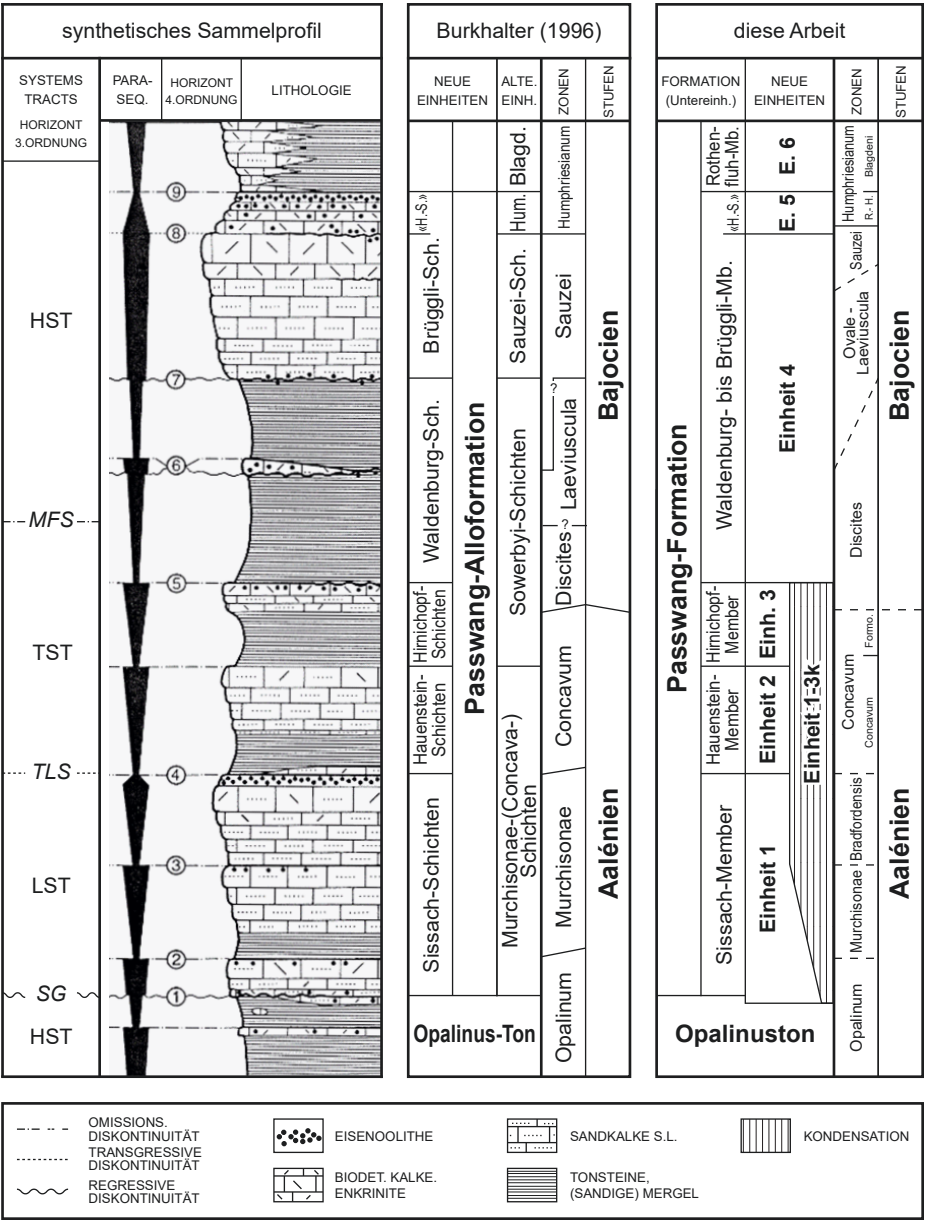


Fig. 3: Die Passwang-Formation mit ihren Untereinheiten als synthetisches Sammelprofil (modifiziert nach Fig. 7 in Burkhalter 1996).

«H.-S.»: «Humphriesi-Schichten», Blagd.: Blagdeni-Schichten, Hum.: Humphriesi-Schichten, Formo.: Formosum-Subzone, R.-H.: Romani- bis Humphriesianum-Subzone, Mb.: Member, Sch.: Schichten.

Die Sedimentabfolge der Passwang-Formation ist durch eine hohe laterale Variabilität gekennzeichnet. Je nachdem wieviel Variabilität man innerhalb eines Members zulässt, muss der Ablagerungsbereich in mehr oder weniger Geltungsbereiche unterteilt werden. Möchte man die Gebiete ausserhalb des jetzigen Geltungsbereichs auch integrieren, müssten wohl neue Members ausgeschieden werden. Wird die Definition zu eng gefasst, besteht die Gefahr, dass mit zusätzlichen Daten immer mehr Members ausgeschieden werden müssen. Zusätzlich besteht die Herausforderung, dass die Members teilweise lateral in kondensierte Bänke übergehen. Beispielsweise sind das Hauenstein- und das Hirnichopf-Member auf das Baselbiet und der Umgebung des Unteren Hauensteins beschränkt und haben gegen Osten eine klare Begrenzung mit der Linie Frick – Lostorf, beziehungsweise Frick – Staffelegg (Burkhalter 1996 & Entscheid SKS 2004). Östlich dieser Linie wurden sie als «kondensierte Äquivalente der Member» (zeitliches Äquivalent *sensu* Burkhalter 1996) ausgeschieden und sind meist weniger als 1 m mächtig. Gemäss dem SKS (Remane et al. 2005) gelten für die Definition von Members dieselben Grundsätze wie für Formationen. Demzufolge sollten auch Member durch bestimmte lithologische Eigenschaften von den liegenden und hängenden Member unterscheidbar sein. Handelt es sich jedoch nur um einzelne Schichten sollten diese gemäss Murphy & Salvador (1999) und Remane et al. (2005) als Bänke und nicht als Member definiert werden. Das heisst das bestehende Konzept mit den «kondensierten Äquivalenten der Member» sollte überarbeitet werden.

Aus der Definition von Burkhalter (1996) ist nicht ersichtlich ob die lithologischen Kriterien oder die biostratigraphische Zugehörigkeit höher gewertet werden. Eine Anwendung der Unterteilung ist somit auch für den Experten sehr komplex und eine Vereinfachung wäre hilfreich. Die Problematik der Komplexität zeigt sich darin, dass die Members je nach Informationsgehalt unterschiedlich gegliedert werden können. Sind keine biostratigraphischen Informationen vorhanden werden die lithologischen Kriterien angewendet (vgl. Brüggl-Member in den EWS Bohrungen Tegerfelden-1 & -2, Wölflinswil-1 & -2 und Herznach in Bläsi et al. 2014a). Wurden aber zusätzlich biostratigraphische Informationen erhoben, kann die Einteilung anders ausfallen, wenn man sich an die zeitliche Definition des Brüggl-Members von Burkhalter (1996) hält. Die unterschiedliche Gliederung und die dadurch unterschiedlichen Mächtigkeiten machen somit eine Interpretation der Ablagerungs- und Faziesräume schwierig.

Die ausgeprägte laterale Variabilität der Passwang-Formation macht es zudem schwierig, gewisse Intervalle zu korrelieren. Die lithologische Korrelation funktioniert für gewisse Abschnitte und Regionen einwandfrei, aber eine überregionale Korrelation ist äusserst komplex. Die Definitionen der Typusprofile der einzelnen Member (Schichten *sensu* Burkhalter 1996) sind teilweise nicht repräsentativ für den gesamten Ablagerungsraum und sind u.a. nicht mehr vollständig abgeschlossen (vgl. Typusprofil des Sissach-Members im Grütisch; Lusser 1980 und Burkhalter 1996). Zusätzlich ist die Definition der Basis der Passwang-Formation nach rein lithologischen Kriterien am Grenztypusprofil (Voremberg) und den Referenzprofilen (Ob. Brüggl-2, Fasiswald, Unt. Hauenstein und Riniken) nicht eindeutig. Die Zugehörigkeit der «Aufarbeitungsbank» aus der «Comptum»-Subzone zum Opalinuston (z.B. Profil Unterer Hauenstein und Riniken) ist nur mit detaillierten biostratigraphischen Daten möglich. Mit lithologischen Kriterien könnte die Basis der Passwang-Formation diesbezüglich einfacher definiert werden. Die grosse laterale Variabilität der mittleren Passwang-Formation (Hauenstein- bis Waldenburg-Member) ist wohl zu einem grossen Teil auf differentielle Subsidenz und/oder diachron verlaufende Schüttungskörper zurückzuführen und kann deshalb wohl nicht nur durch eustatische Meeresspiegelveränderungen und der daraus resultierenden Sequenzstratigraphie erklärt werden. Wie bereits Burkhalter (1996) dokumentiert, sind die Ablagerungen des Hauenstein-Members von Norden her in ein bezüglich der Umgebung rascher subsidierendes Gebiet in der Gegend des heutigen Baselbiets und der Umgebung des Unteren Hauensteins geschüttet worden. Deutliche Mächtigkeitsschwankungen auf kurze horizontale Distanz weisen im hier vorliegenden relativ un tiefen Epikontinentalmeer (vgl. Kap. 6) auf ein präexistentes Relief im Ablagerungsraum oder auf differentielle Subsidenz während der Ablagerung hin.

Die lithostratigraphische Zusatzinformation der lateralen und vertikalen Korngrössenentwicklung des detritischen Quarzes, welche sowohl zur Korrelation wie zur Unterscheidung stratigraphischer Einheiten verwendet wurde (vgl. Figur 6 in Burkhalter 1996), ist im Untersuchungsgebiet dieser Studie nicht eindeutig umsetzbar. Die Korngrösse des detritischen Quarzes variiert im Untersuchungsraum dieser Studie beachtlich (Kap. 6.3).

Aus diesen Gründen werden im Folgenden zwei Nomenklaturen für die Unterteilung der Passwang-Formation verwendet. Diese werden in den folgenden beiden Unterkapiteln (Kap. 2.2 und 2.3) erläutert.

2.2 Anwendung der Passwang-Formation

In dieser Arbeit wird zum einen die Definition der Passwang-Formation *sensu* Entscheid des SKS (2004) und Burkhalter (1996) angewendet, zum anderen wird eine zusätzliche, hier neu vorgeschlagene, alternative Einteilung (Kap. 2.3) verwendet. Bei den Beschreibungen sowie den stratigraphischen Profilen werden somit immer beide Einteilungen gemäss den offiziellen Mitgliedern sowie den informellen Einheiten (Kap. 2.3) erfolgen. Die Definitionen der einzelnen Member (Schichten *sensu* Burkhalter 1996 und Gonzalez & Wetzel 1996) werden soweit möglich ausgetrennt. Diese Gliederung sollte mit Vorsicht betrachtet werden, da ohne Altersangaben die Gliederung in die jeweiligen Member zum Teil falsch oder zumindest fraglich ausfallen kann. Die beschriebenen und biostratigraphisch datierten Member, sofern sie von der zeitlichen Definition der Member von Burkhalter (1996) abweichen, werden entweder zusammengefasst oder mit einem Fragezeichen (?) verwendet.

Nachfolgend werden die verwendeten Definitionen der jeweiligen Member der Passwang-Formation noch einmal erläutert. Die Charakterisierungen (Sissach- bis Rothenfluh-Mb.) sind den jeweiligen Definitionen von Burkhalter (1996) und Gonzalez & Wetzel (1996) entnommen. Die Definitionen sind gemäss dem Entscheid des SKS (2004) angepasst worden, wodurch die definierten «Schichten» der «Passwang-Afm.» und der «Hauptrogenstein-Fm.» in den formellen Rang eines Members gestellt wurden. Falls in den nachfolgenden Definitionen weitere Anpassungen vorgenommen wurden, sind diese durch Fussnoten gekennzeichnet und erläutert. Für detaillierte regionale Besonderheiten der jeweiligen Definitionen sei auf die Originalliteratur verwiesen (Burkhalter 1996, Gonzalez & Wetzel 1996):

Sissach-Member (Burkhalter 1996, Entscheid SKS 2004)

Typusprofil ist das Profil Grütsch bei Thürnen (Fig. 10 in Burkhalter 1996) südöstlich von Sissach (Buxtorf 1901, Lieb 1955, Lusser 1980). Ergänzt wird es durch das Referenzprofil Bohrung RB 27 bei Rümlingen, welches, obwohl in der Mächtigkeit stark reduziert, die Ausbildung der Untergrenze des Sissach-Members in der Typusregion zeigt.

Die *Untergrenze* entspricht derjenigen der Passwang-Fm. Sie liegt in der «Comptum»-Subzone².

Die *Obergrenze* wird durch die Omissionsdiskontinuität am Top des Eisenooliths (Horizont 4, Fig. 10 in Burkhalter 1996) in Liebs (1951, 1955) Bradfordensis-Zone³ festgelegt.

Das Sissach-Member ist aus zweieinhalb Parasequenzen aufgebaut. Die Hochstandablagerungen der untersten Parasequenz gehören noch zum Opalinus-Ton, da die Untergrenze an einer Regressionsdiskontinuität (Horizont 1, Fig. 7 in Burkhalter 1996) gezogen wird (vgl. Fig. 4 in Burkhalter 1996). Die darüber folgenden Tiefstandablagerungen liegen in der «Comptum»-

² *Comptum-Subzone* (der Opalinus-Zone) wird in dieser Arbeit als «Comptum»-Subzone verwendet (vgl. Kap. 2.4) und wurde somit in den folgenden Abschnitten dementsprechend angepasst.

³ *Bradfordensis-Subzone* in Burkhalter (1996) wird in dieser Arbeit (vgl. Kap. 2.4), wie auch bereits in Lieb (1951, 1955), als eigenständige Ammonitenzone geführt und wurde somit mit Bradfordensis-Zone ersetzt.

Subzone. Die mittlere Parasequenz umfasst die «Sinon- und Discoideum-Zone»⁴, die obere die «Staufensis- und Bradfordensis-Subzone der Murchisonae-Zone»⁵ (Biozonierungen *sensu* Lieb 1955; vgl. Tab. 2 in Burkhalter 1996).

Mikrofaziell ist das Sissach-Member besonders durch den im Vergleich zu den anderen Mitgliedern der Passwang-Fm. gröberen Quarzsand gekennzeichnet (mittlere Korngrösse bis 150 µm; Fig. 6 in Burkhalter 1996).

Gemäss dem Entscheid des SKS (2004) kann, wo das Sissach-Member kondensiert ist, vom «kondensierten Äquivalent des Sissach-Members» gesprochen werden. Dieses wird in der folgenden Arbeit als kSi abgekürzt.

Hauenstein-Member (Burkhalter 1996, Entscheid SKS 2004)

Typusprofil ist das Profil am Südrand der Tongrube am Unter Hauenstein, Referenzprofil die Bohrung RB 27 bei Rümlingen (Fig. 10 in Burkhalter 1996).

Die Bezeichnung Hauenstein-Member ist auf die nur im Baselbiet und der Umgebung des Unter Hauensteins vorkommenden⁶, nichtkondensierten Ablagerungen des entsprechenden Zeitabschnitts beschränkt.

Die *Untergrenze* wird durch den Top des Eisenooliths in Horizont 4 gebildet. Biostratigraphisch liegt sie im zentralen Baselbiet (z.B. Profile Ghei und Gelterkinder Flue) und bei der Frobürg bei Olten im Dach der Bradfordensis-Zone (Lieb 1955, Bartholet 1964), in der Tongrube Fasiswald, durch *Graphoceras* (*Gr.*) *concavum* (Sow.) und *Graphoceras* (*Ludwigella*) *cornu* (Buckm.) belegt, in der unteren Concavum-Zone.

Obergrenze: Nach oben wird das Hauenstein-Member durch den scharfen lithologischen Wechsel von harten sandig-biotritischen Kalken zu den siltigen Tonsteinen des Hirnichopf-Members begrenzt (Fig. 10 in Burkhalter 1996). Es handelt sich um eine Omissionsdiskontinuität, die allerdings keine Anzeichen einer längeren Unterbrechung der Sedimentation erkennen lässt. Gemäss Lieb (1957) liegt diese Grenze noch innerhalb der Concavum-Zone, was durch die Datierung des entsprechenden Abschnitts mittels Palynomorphen in der Bohrung Wittinsburg und durch Ammonitenfunde im namensgebenden Profil (Gygi & Rieber 1987) bestätigt wird.

Das Hauenstein-Member besteht aus einer einfachen «shallowing upward»-Parasequenz. Mikrofaziell unterscheidet es sich vom Sissach-Member durch die mittlere Quarzkorngrösse, die 70 µm selten übersteigt (Fig. 6 in Burkhalter 1996), sowie durch einen meist höheren Gehalt an Crinoidendetritus.

Gemäss dem Entscheid des SKS (2004) kann, wo das Hauenstein-Member kondensiert ist, vom «kondensierten Äquivalent des Hauenstein-Members» gesprochen werden. Dieses wird in der folgenden Arbeit als kHa abgekürzt.

Hirnichopf-Member (Burkhalter 1996, Entscheid SKS 2004)

Das *namengegebende* Profil liegt an der Ostseite des Hirnichopfs (Profil Hirnichopf-2.) östlich von Beinwil (Fig. 10 in Burkhalter 1996). Es ist der einzige durchgehende Oberflächenaufschluss

⁴ Sinon- und Discoideum-Zone (Biozonierungen *sensu* Lieb 1955; vgl. Tab. 2 in Burkhalter 1996) entspricht in dieser Arbeit der Haugi- und Murchisonae-Subzone der Muurchisonae-Zone.

⁵ Staufensis- und Bradfordensis-Subzone der Murchisonae-Zone werden, wie oben bereits erläutert, in die Bradfordensis-Subzone der Bradfordensis-Zone gestellt.

⁶ Die östliche Begrenzung verläuft auf der Linie Frick – Löstorf, die westliche auf der Linie Holderbank – Titterten – Liestal (Burkhalter 1996).

dieser Einheit. Der Name Hirnichopf-Member bezeichnet die nichtkondensierten Sedimente des entsprechenden Zeitabschnitts im weiter unten beschriebenen Gebiet.⁷

Untergrenze: Der Fund eines *Graphoceras* (Gr.) cf. *concaum* (Sow.) an der Basis des Typusprofils zeigt die Concaum-Zone an.

Die *Obergrenze* liegt im Profil Hirnichopf-2 im unteren Teil der «Grenzknollenlage» (Delhaes & Gerth 1912). Ein *Hyperlioceras* sp. aus der Basis der «Grenzknollenlage» im benachbarten Profil Mittl. Passwang belegt die Discites-Zone. Im Baselbiet liegt die Obergrenze am Top der Bank aus «blauem eisenoolithischem Mergelkalk mit Concretionen» («Bank 27a» in Strübin 1900: Horizont 5), die dem «Unteren Sublobata-Lager» (Mühlberg 1900) s.str. im westlichen Aargauer Faltenjura entspricht. In der Bohrung Wittinsburg konnte die Obergrenze mittels Palynomorphen datiert und in die Discites-Zone gestellt werden, während im Profil Unter Hauenstein ein *Eudmetoceras amplexans* (Buckm.) aus dem Horizont 5 auf den Grenzbereich zwischen Concaum- und Discites-Zone hinweist (Gygi & Rieber 1987). Gemäss diesen Autoren und Bartholet (1964) treten dort zwei durch ca. 1.5 m Mergel getrennte Bänke auf. Dieser Befund konnte bei den Profilaufnahmen für diese Arbeit (Burkhalter 1996) infolge ungünstiger Aufschlussverhältnisse nicht bestätigt werden.

Das Hirnichopf-Member ist eine (meist unvollständig ausgebildete) «shallowing upward»-Parasequenz. Die charakteristische mittlere Korngrösse des detritischen Quarzes in siltreichen Lagen liegt zwischen ca. 35 und 60 µm (Fig. 6 in Burkhalter 1996).

Gemäss dem Entscheid des SKS (2004) kann, wo das Hirnichopf-Member kondensiert ist, vom «kondensierten Äquivalent des Hirnichopf-Members» gesprochen werden. Dieses wird in der folgenden Arbeit als kHi abgekürzt.

Waldenburg-Member (Burkhalter 1996, Entscheid SKS 2004)

Namengebend ist das Profil in Waldenburg BL (Taf. 1 in Burkhalter 1996) (vgl. Hauber 1960). Dort ist es zwar nicht vollständig aufgeschlossen, doch handelt es sich um den grössten Oberflächenaufschluss im Untersuchungsgebiet⁸. Die Bezeichnung Waldenburg-Member ist auf die nichtkondensierten Ablagerungen der entsprechenden Zeitspanne beschränkt.

Die *Untergrenze* liegt an der Omissionsdiskontinuität am Top von Horizont 5 (Taf. 1, Bohrung Rümlingen in Burkhalter 1996); sie gehört in die Discites-Zone.

Die *Obergrenze* (Horizont 7) wird durch die Basis (Regressionsdiskontinuität) des nicht überall deutlich ausgeprägten Eisenooliths am Wechsel zu dem merklich sandigeren und kalkigeren Brüggl-Member gebildet (Taf. 1 in Burkhalter 1996; vgl. Buser 1952, Lieb 1957). Im Profil Waldenburg liegt die Obergrenze als Aufarbeitungslage mit phosphatischen Onkoiden vor. Die Obergrenze des Waldenburg-Members liegt im Grenzbereich zwischen Laeviuscula- und Sauzei-Zone (Buck & Wittmann 1959, Geyer & Gwinner 1986). evtl. in der unteren Sauzei-Zone (Ohmert 1988).

⁷ Der *Geltungsbereich* beschränkt sich auf den Grossraum Baselbiet und die Umgebung des Unter Hauensteins. Die östliche Begrenzung verläuft auf der Linie Frick – Staffelegg, die westliche auf der Linie Holderbank – Titterten – Liestal (Burkhalter 1996).

⁸ Der *Geltungsbereich* ist auf die nichtkondensierten Sedimente westlich der Linie Burersteig – Bözberg definiert. Westlich vom namensgebenden Profil (Profil Waldenburg in Burkhalter 1996) keilt das Waldenburg-Member abrupt aus und geht in eine Aufarbeitungslage mit Eisen-Endostromatolithen («Grenzknollenlage», Burkhalter 1995) über, welche im Gebiet Lauwil – Grindel – Chratten – Passwang auftritt.

Das Waldenburg-Member umfasst eine untere Parasequenz (unterer Teil des Waldenburg-Members⁹; von deren Basis bis zum Top des nach S auskeilenden kalkigen Zwischenabschnitts¹⁰) sowie die Hochstandablagerungen der darauf folgenden oberen Parasequenz (oberer Teil des Waldenburg-Members), die sich in das Bruggli-Member fortsetzt. Wo die kalkige Partie fehlt, sind die beiden Teile kaum auseinander zu halten. Die charakteristische mittlere Korngrösse des detritischen Quarzes liegt zwischen 40 und 50 µm (Fig. 6 in Burkhalter 1996).

Gemäss dem Entscheid des SKS (2004) kann, wo das Waldenburg-Member kondensiert ist, vom «kondensierten Äquivalent des Waldenburg-Members» gesprochen werden. Dieses wird in der folgenden Arbeit als kWa abgekürzt.

Bruggli-Member (Burkhalter 1996, Entscheid SKS 2004)

Das *Typusprofil* Tiergarten (Profil 62, vgl. Burkhalter 1989) liegt am Ostrand des Oberen Bruggli am Grenchenberg. Es wird durch das Referenzprofil Rüschraben, das die Ausbildung der Basis zeigt, ergänzt (Taf. 1 in Burkhalter 1996).

Das Bruggli-Member beinhaltet den sandig-biotritischen unteren Teil des Bruggli-Members¹¹ («Sauzei-Schichten») und den eisenschüssigen und eisenoolithischen, lokal koralligen oberen Teil des Bruggli-Members («Humphriesi-Schichten»). Die Bezeichnung «Humphriesi-Schichten» wird in dieser Arbeit für die informelle, lithofaziell definierte Untereinheit des Bruggli-Members beibehalten. Die «Humphriesi-Schichten» gehen meist fließend aus dem Liegenden hervor und sind deshalb nicht scharf und einheitlich von diesem abzutrennen. Ebenso schwierig ist die biostratigraphische Abgrenzung, da Ammoniten, besonders in den plattformnahen Aufschlüssen im W des Untersuchungsgebietes, selten sind.

Untergrenze (Horizont 7): Im Profil Rüschraben wurde aus der Basis des Bruggli-Members eine *Emileia* (*Otoites*) sp. geborgen, welche die Sauzei-Zone belegt (vgl. Martin 1984). Moesch (1867) erwähnt einen «A. Sauzei» aus der Basis der «neutralen Zone» in der Betznau. Im Profil Sous les Roches beim Mont Terri, d.h. westlich des Geltungsbereiches des Bruggli-Members, wurde 0.25 m über der Basis des möglichen Äquivalents ein *Euhoploceras* sp. gefunden, welches auf die Laeviuscula-Zone hinweist, die Sauzei-Zone aber nicht ausschliesst.

Die *Obergrenze* wird durch die deutliche Omissionsdiskontinuität am Top der eisenoolithischen Dachbank der «Humphriesi-Schichten» (Horizont 9, Fig. 7 in Burkhalter 1996) gebildet und liegt zeitlich in der «Cycloides-Subzone» der Humphriesianum-Zone¹². Im Verbreitungsgebiet des Hauptrogensteins (keltische Fazies) folgt darüber das Rothenfluh-Member. Im östlich anschliessenden schwäbischen Faziesbereich bildet das Bruggli-Member die Obergrenze der Passwang-Fm. (Entscheid SKS 2004).

⁹ «untere & obere Waldenburg-Schichten» werden hier als unterer und oberer Teil des Waldenburg-Members geführt. Im Folgenden werden unterer Teil und oberer Teil mit u.T. & o.T. abgekürzt.

¹⁰ Der in der Umgebung von Basel an der Basis der «mittleren Kalkserie» liegende «Sowerbyi-Oolith» (sensu Buck & Wittmann 1959) dürfte mit der «Oberen Sublobata-Bank» (sensu Mühlberg 1900) am Hauenstein und im Fricktal zu korrelieren sein (Burkhalter 1996).

¹¹ «untere & obere Bruggli-Schichten» werden hier als unterer und oberer Teil des Bruggli-Members geführt. Im Folgenden werden unterer Teil und oberer Teil mit u.T. & o.T. abgekürzt.

¹² Gemäss der Definition von Burkhalter (1996) war diese Obergrenze noch identisch mit der Obergrenze der «Passwang-Afm.». Jedoch mit der Integration des Rothenfluh-Members in die Passwang-Fm. (Entscheid SKS 2004) wird hier die Definition der Obergrenze der «Passwang-Afm.» von Burkhalter (1996) für die Obergrenze des Bruggli-Mb. übernommen; «Cycloides-Subzone» = Humphriesianum-Subzone der Humphriesianum-Zone (vgl. Kap. 2.4)

Der u.T. des Brüggl-Members ist die Tiefstandablagerung, der o.T. des Brüggl-Members die transgressiven Ablagerungen der Parasequenz, die mit dem o.T. des Waldenburg-Members als Hochstandablagerungen beginnt.

Die charakteristische mittlere Korngrösse des detritischen Quarzes liegt im basalen Brüggl-Member bei ca. 60-70 µm, nimmt gegen oben normalerweise auf Werte zwischen 75 und 95 µm zu, um gegen das Dach der «Humphriesi-Schichten» hin auf 25-45 µm zurückzugehen. Meist setzen mit dem Beginn der Abnahme der mittleren Quarzkorngrösse nach oben limonitische Komponenten (Fazies 5, Burkhalter 1996) ein. Dieser Übergang ist die lithofazielle Grenze zwischen dem u.T. und o.T. des Brüggl-Members. Im Vergleich zu den makroskopisch fast identischen Sandkalken und sandig-biodetritischen Kalken des Sissach-Members sind diejenigen des Brüggl-Members durch ihren höheren Anteil an Crinoidendetritus und besonders durch die mittlere Korngrösse des terrigenen Quarzes charakterisiert, die den Wert von 95 µm kaum übersteigt (Fig. 6 in Burkhalter 1996).

Rothenfluh-Member (nach Gonzalez 1993, Gonzalez & Wetzel 1996, Entscheid SKS 2004)

Das Typusprofil Rothenfluher-Fluh (Gonzalez 1993, Gonzalez & Wetzel 1996) liegt NNE von Rothenfluh BL an der Roti Flue. Das Rothenfluh-Member besteht aus einer Wechsellagerung von grauem sandig-bioklastischem Mergel und sandigem Kalk und bildet im Verbreitungsgebiet des Hauptrogensteins (keltische Fazies) das Top der Passwang-Formation. Die Kalkbänke sind oft knauerig. Das Rothenfluh-Member entspricht den «Blauen Kalken» (*sensu* Quenstedt 1856-57), den «Blagdeni-Schichten» auct. (Moesch 1867, Mühlberg 1900, Strübin 1901, Schmassmann 1945) sowie den «Rothenfluh-Schichten» (Lusser 1980, Gonzalez & Wetzel 1996).

Der *Geltungsbereich* entspricht dem Verbreitungsgebiet des Hauptrogensteins (keltische Fazies). Im östlich anschliessenden schwäbischen Faziesbereich gehört ihr rein mergeliges Äquivalent (ohne Knauerlagen) als «Blagdeni-Schichten» zur Klingnau-Formation.

Die *Untergrenze* wird mit dem Aussetzen der Eisenooide im Hangenden der Dachbank der «Humphriesi-Schichten» des Brüggl-Members definiert und liegt zeitlich in der Blagdeni-Subzone der Humphriesianum-Zone (Gonzalez & Wetzel 1996).

Die *Obergrenze* entspricht im Verbreitungsgebiet des Hauptrogensteins (keltische Fazies) der Obergrenze der Passwang-Fm. (Entscheid SKS 2004) und wird im Hangenden von den (grob)oolithischen, bioturbaten und bioklastischen Kalke mit nach oben hin abnehmender mergeliger Hintergrundsedimentation der «Unteren Acuminata-Schichten» des Hauptrogensteins überlagert. Westlich von Solothurn folgen im Hangenden die siltig-feinsandigen, stellenweise auch grobsandigen Tempestite des Grenchenberg-Members der Passwang-Fm. (Gonzalez 1993, Gonzalez & Wetzel 1996).

2.3 Alternative Einteilung der Passwang-Formation (Einheiten 1 bis 6)

Aus den bereits dokumentierten Gründen (vgl. Kap. 2.1) möchten wir vorschlagen, die Passwang-Formation in sieben informelle Einheiten zu unterteilen (Einheit 1 – 6 & Einheit 1-3k; Fig. 4). Diese Unterteilung basiert auf rein lithostratigraphischen Kriterien (Murphy & Salvador 1998, Remane et al. 2005). Es wird eine einfachere, robustere und flexiblere Gliederung angestrebt, welche aufgrund aktueller Kenntnisse einfacher auf angrenzende Bereiche ausgeweitet werden kann. Natürlich gibt es auch bei dieser Unterteilung Ungewissheiten (vgl. Abgrenzung Einheit 1 und Einheit 1-3k in Böttstein und Riniken, Einheit 1-3k und 4 im Profil Cheisacher und Einheit 4 und 5 im Profil Frickberg), diese Ungewissheiten sind aber für die Einteilung weniger bedeutend. Die Zusatzinformation der Biostratigraphie, falls vorhanden, soll natürlich erläutert und dokumentiert werden, hat aber auf die Unterteilung keinen Einfluss, da die Einheiten 1–6 diachron

sein können. Die daraus resultierende biostratigraphische Korrelation soll die Diskussion der Einordnung in eine biostratigraphische Zonierung mit der entsprechenden chronostratigraphischen Einheit ermöglichen (Steininger & Piller 1999).

Stufen	Biozonen -subzonen	BURKHALTER (1996) SKS Entscheid (2004) Zentraler Jura Östlicher Jura	diese Arbeit Zentraler Jura Östlicher Jura
Bajocien	Blagdeni	Rothenfluh-Member	Einheit 6 (Rothenfluh-Member)
	Humphriesianum Humphri. Romani Pinguis	«Humphriesi-Schichten»	Einheit 5 («Humphriesi-Schichten»)
	Sauzei	Brüggli-Member	(?u.T. Brüggli-Member)
	Laeviuscula Trigonalis	?	Einheit 4 (Waldenburg bis u.T. Brüggli-Member)
	Ovale	Waldenburg-Member	(?Waldenburg-Member)
	Discites		
Aalenien	Concavum Formosum Concavum	Hirnichopf-Mb. kHi	Einheit 3 (Hirnichopf-Mb.)
	Bradfordensis Gigantea. Bradfordensis	Hauenstein-Mb. kHa	Einheit 2 (Hauenstein-Mb.)
	Murchisonae Murchisonae Haugi	Sissach-Member kSi	Einheit 1 (Sissach-Mb.)
	Opalinum «Comptum» Opalinum	Opalinus-Ton	Opalinuston
			Einheit 1-3k

Fig. 4: Die Passwang-Formation und ihre Untereinheiten (Member).

Gegenüberstellung der formellen Definition der Passwang-Formation mit der hier neu vorgeschlagenen informellen Gliederung in sieben Einheiten. Die formelle Gliederung wurde gemäss den gebräuchlichen Ammoniten-Zonen und Subzonen (Kap. 2.4) angepasst; Schraffur – kondensierte Bereiche; kSi, kHa, kHi & kWa – «kondensiertes Äquivalent des Sissach-, Hauenstein-, Hirnichopf- & Waldenburg-Members», u.T. – unterer Teil.

Einheit 1

Als Einheit 1 werden die Ablagerungen bezeichnet welche direkt dem Opalinuston aufliegen und eine Mächtigkeit von mindestens einem Meter erreichen. Sie zeigen mehrheitlich eine wechselnde Abfolge von braunem, glimmerführendem Sandkalk und biotritischem Kalk in Wechsellagerung mit kalkigen und tonigen Mergeln. Die Abfolge geht in den allermeisten Fällen gegen oben in eisenoolithische Kalke und Eisenoolithen sowie vereinzelt in Stromatolithe über. Die Mächtigkeit der Einheit 1 ist sehr variabel. Sie ist im südlichen Ablagerungsbereich wenige Meter mächtig, erreicht im nördlichen Bereich beinahe 10 m und steigt östlich der Aare sprunghaft auf über 12.5 m in Tegerfelden an.

- Der *Geltungsbereich* entspricht grundsätzlich dem der Passwang-Formation (vgl. Burkhalter 1996). Möglicherweise lässt er sich in Zukunft weiter fassen (vgl. Kap. 6.4).
- Die *Untergrenze* entspricht dem lithologischen Wechsel von den siltigen Tonsteinen des Opalinustons zu den zum Teil eisenoolithischen Sandkalken und biotritischen Kalken der Passwang-Formation.

- Die *Obergrenze* wird im Geltungsbereich der Einheit 2 (Hauenstein-Mb.) mit dem Wechsel von zum Teil eisenoolithischen Sandkalken und biotritische Kalken zu den mergelig bis tonigen Ablagerungen der Einheit 2 definiert. Ausserhalb des Geltungsbereichs der Einheit 2 folgen im Hangenden der glimmerführenden Sandkalke und biotritische Kalke die kondensierten, eisenoolithischen Ablagerungen der Einheit 1-3k (s. dazu Definition Einheit 1-3k).
- Das *Alter* der Einheit 1 reicht gemäss Ammoniten- und Palynomorphendatierungen (s. Fig. 4 und folgende Kapitel) von der späten Opalinum-Subzone der Opalinum-Zone bis in die Bradfordensis-Zone.
- *Neuerungen*: Die Basis der Einheit 1 entspricht in den allermeisten Fällen der definierten Untergrenze der Passwang-Formation mit dem scharfen Kontakt zwischen dem Opalinuston im Liegenden und den leicht eisenoolithführenden Spatkalken im Hangenden (Grenztypusprofil *sensu* Burkhalter 1996). Jedoch weicht die Basis der Einheit 1 von der ursprünglichen Definition des Sissach-Members ab, denn die Basis der Einheit 1 ist mit dem lithologischen Wechsel von den siltigen Tonsteinen des Opalinustons zu den meist glimmerführenden Sandkalken und biotritische Kalken heterochron (Opalinum- bis «Comptum»-Subzone der Opalinum-Zone). Die leicht eisenoolithischen Sandkalke im Top (Dachbank) des Opalinustons werden nun aus lithologischen Kriterien zum Hangenden gezählt (so z.B. am Unteren Hauenstein und in der Bohrung Riniken). Der Top der Einheit 1 ist wie bereits die Basis heterochron. Die eisenoolithischen, stark kondensierten Bänke (kSi), welche lithologisch nicht von den hangenden, kondensierten Bänken («kondensierte Äquivalente des Hauenstein- und Hirnichopf-Members») abgegrenzt werden können, werden zur neuen Einheit 1-3k zusammengefasst (s. dazu Definition Einheit 1-3k). Dies ist im ganzen Untersuchungsgebiet östlich der Linie Frick – Staffelegg (Burkhalter 1996) der Fall.

Einheit 2 (Hauenstein-Member)

Die Einheit 2 entspricht der formellen Definition des Hauenstein-Members (s. Kap. 2.2 und Burkhalter 1996). Die Abfolge besteht im Geltungsbereich des Hauenstein-Members aus sterilen Tonsteinen (unten) und Sandkalken (oben).

- Der *Geltungsbereich* ist wie beim Hauenstein-Member auf die nur im Baselbiet und der Umgebung des Unteren Hauensteins vorkommenden, nichtkondensierten Ablagerungen beschränkt. Die östliche Begrenzung verläuft auf der Linie Frick – Lostorf, die westliche auf der Linie Holderbank – Titterten – Liestal. Ausserhalb des Geltungsbereichs, wo das Hauenstein-Member kondensiert ist, wird es mit den anderen kondensierten Einheiten zur Einheit 1-3k zusammengefasst.
- Die *Untergrenze* wird durch den scharfen lithologischen Wechsel von den harten sandig-biotritischen, eisenoolithischen Kalken der Einheit 1 zu den Tonsteinen des unteren Bereichs der Einheit 2 begrenzt.
- Die *Obergrenze* wird durch den scharfen lithologischen Wechsel von harten sandig-biotritischen Kalken zu den siltigen Tonsteinen der Einheit 3 (Hirnichopf-Mb.) begrenzt.
- Das *Alter* der Einheit 2 entspricht gemäss Ammoniten- und Palynomorphendatierungen (s. Fig. 4 und folgende Kapitel) der Concavum-Subzone der Concavum-Zone. Die basalen Tonsteine könnten teilweise jedoch bereits in der späten Bradfordensis-Zone zur Ablagerung gelangt sein (Bartholet 1964 sowie Palynomorphendaten von Fasiswald; Kap. 3.1).

Einheit 3 (Hirnichopf-Member)

Die Einheit 3 entspricht der formellen Definition des Hirnichopf-Members (s. Kap. 2.2 und Burkhalter 1996). Die Abfolge besteht im Geltungsbereich des Hirnichopf-Members vorwiegend aus Tonsteinen (unten) und Sandkalken (oben) sowie geringmächtigen Eisenoolithen im Top.

- Der *Geltungsbereich* ist wie beim Hirnichopf-Member auf die nur im Grossraum Baselbiet und der Umgebung des Unteren Hauensteins vorkommenden, nichtkondensierten Ablagerungen beschränkt. Die östliche Begrenzung verläuft auf der Linie Frick – Staffelegg, die westliche auf der Linie Holderbank – Titterten – Liestal. Ausserhalb des Geltungsbereichs, wo das Hirnichopf-Member kondensiert ist, wird es mit den anderen kondensierten Einheiten zur Einheit 1-3k zusammengefasst.
- Die *Untergrenze* wird durch den scharfen lithologischen Wechsel von den harten sandig-bio-detritischen Kalken der liegenden Einheit 2 (Hauenstein-Mb.) zu den siltigen Tonsteinen definiert.
- Die *Obergrenze* wird wiederum durch einen lithologischen Wechsel definiert. Dieser ist jedoch nicht so eindeutig und hängt von der Mächtigkeit der Eisenoolithe im Top der Einheit 3 ab. Die teilweise auftretenden Eisenoolithe werden von Tonsteinen und Mergeln der hangenden Einheit 4 überlagert.
- Das *Alter* der Einheit 3 entspricht gemäss Ammoniten- und Palynomorphendatierungen (s. Fig. 4 und folgende Kapitel) der Concavum- und der Formosum-Subzone der Concavum-Zone sowie dem frühen Bereich der Discites-Zone.

Einheit 1-3k (alle «kondensierten äquivalente Einheiten»)

Die Einheit 1-3k fasst die informellen «kondensierten Äquivalente des Sissach-, Hauenstein- und Hirnichopf-Members» zusammen. Die kondensierten, eisenoolithischen Bänke, können lithologisch nicht den entsprechenden Mitgliedern zugeordnet werden. Die Zuordnung erfolgt rein zeitlich und kann ohne grösseren biostratigraphischen Aufwand nicht eindeutig erfolgen. Daher basiert die Definition der Einheit 1-3k auf rein lithostratigraphischen Kriterien. Die geringmächtigen, eisenoolithischen, limonitischen Kalksteine bis Eisenoolithe zeigen Anzeichen von Kondensation, das heisst: Die Oberflächen der Bänke sind irregulär ausgebildet und zeigen z.T. ausgeprägte Hartgründe. Die eisenoolithischen Kalksteine enthalten aufgearbeitete eisenoolithische Intraklasten, welche z.T. mit einem Eisenhydroxid umkrustet sind. Die Bänke enthalten z.T. zahlreiche Ammoniten sowie Belemniten.

- Der *Geltungsbereich* bezieht sich hauptsächlich auf die Bereiche, die ausserhalb der Geltungsbereiche vom Hauenstein- und Hirnichopf-Member liegen. Die dort abgelagerten Sedimente erreichten nur eine geringe Mächtigkeit (geringer als 1 m). Östlich der Linie Frick – Staffelegg (Burkhalter 1996) werden die «kondensierten Äquivalente» der jeweiligen Member mit der Einheit 1-3k zusammengefasst.
- Die *Untergrenze* wird durch den scharfen lithologischen Wechsel von den harten sandig-bio-detritischen Kalken der liegenden Einheit 1 zu den stark kondensierten, rötlichen, eisenoolithischen Kalksteinen bis Eisenoolithen definiert. Falls die Sedimente, welche der Einheit 1 zugeordnet werden müssten, eine Mächtigkeit aufweist, die geringer als 1 m ist, und somit auch kondensiert sind, dann liegt die Einheit 1-3k direkt dem Liegende Opalinuston auf (z.B. an der Wasserflue, Kap. 3.3).
- Die *Obergrenze* wird wiederum durch den lithologischen Wechsel von den stark kondensierten, eisenoolithischen Kalksteinen oder Eisenoolithen zu den hangenden Tonsteinen und Mergel der Einheit 4 definiert.

- Das *Alter* der Einheit 1-3k ist diachron. Das maximale Alter entspricht gemäss Ammoniten- und Palynomorphendatierungen (s. Fig. 4 und folgende Kapitel) den kondensierten Ablagerungen aus der späten Opalinum-Subzone der Opalinum-Zone bis zur frühen Discites-Zone.

Einheit 4 (Waldenburg- & u.T. des Brüggli-Member)

Die Einheit 4, im Hangenden der Einheit 3 sowie teilweise der Einheit 1-3k, ist eine Abfolge von Tonsteinen, Mergeln, Sandkalken, biodetritischen Kalken und untergeordnet geringmächtigen eisenoolithischen Kalksteinen. Die Einheit 4 kann weiter in zwei Subeinheiten unterteilt werden, wobei 4T vorwiegend aus tonig-mergeligen Einheiten und 4K aus sandig-biodetritischen und z.T. eisenschüssigen und vereinzelt eisenoolithischen Kalken besteht.

- Die *Untergrenze* ist durch die letzten eisenoolithischen Kalke bis Eisenoolithe der Einheit 3 sowie der Einheit 1-3k im Liegenden begrenzt.
- Die *Obergrenze* der Einheit 4 wird mit dem Einsetzen von mehr als einem Meter mächtigen, eisenschüssigen und eisenoolithischen Sedimente mit limonitischen Komponenten, welche schnell in kräftig rötliche Eisenoolithe übergehen, definiert.
- Das *Alter* der Einheit 4 reicht gemäss Ammoniten- und Palynomorphendatierungen (s. Fig. 4 und folgende Kapitel) von der Discites-Zone bis in die Sauzei-Zone.
- *Neuerungen*: Mit der Einheit 4 wird das Waldenburg- und der u.T. des Brüggli-Members zusammengefasst. Deren lithostratigraphische Unterteilung ist ohne biostratigraphische Alter oft nicht möglich und kann nur vorgenommen werden, wenn die verschiedenen Schichten erstens auch abgelagert und zweitens auch aufgeschlossen sind. Gemäss neuen biostratigraphischen Altern wird die lithologische Grenze zwischen Waldenburg- und Brüggli-Member als heterochron betrachtet (Kap. 4.5).

Einheit 5 («Humphriesi-Schichten»)

Die Einheit 5 umfasst die informellen, lithofaziell definierten «Humphriesi-Schichten» (*sensu* Burkhalter 1996) des Brüggli-Members. Die Einheit 5 zeichnet sich durch die kräftig roten Eisenoolithe aus, welche reich an Makrofossilien sind (*Ctenostreon*, Rhynchonellen, Austern, Ammoniten und Belemniten). Die Rotfärbung rührt hauptsächlich von den nester- und wolkenartig verteilten, eisenhydroxidischen Ooiden her (Lusser 1980). Die obersten kalkigen Eisenoolithe sind z.T. von Eisen-Endostromatholiten bewachsen und zeigen daher Anzeichen eines Hartgrunds. Die Einheit 5 lässt sich über das ganze Untersuchungsgebiet verfolgen und bildet somit einen markanten Leithorizont im oberen Bereich der Passwang-Formation (vgl. Fig. 58 und 59).

- Die *Untergrenze* wird mit dem Einsetzen eisenoolithischer Kalksteine und Mergel mit einer deutlichen Rotfärbung definiert, welche Sandkalken, biodetritischen Kalken sowie Mergeln und Tonen aufliegen. Im Gebiet zwischen Fricktal und Böttstein bildet das mehr als einen Meter mächtige, tonige Intervall der «Giganteus-Schichten» (Buser 1952) das Liegende der Einheit 5.
- Die *Obergrenze* der Einheit 5 ist mit dem gut ausgebildeten regionalen Hartgrund im Top der Einheit definiert. Der Hartgrund trennt die Ablagerungen der Einheit 5, scharf von den gewöhnlich mergeligen basalen Schichten der hangenden Einheit 6 (Rothenfluh-Mb.). Diese Definition des Tops deckt sich mit der Definition des Tops der «Humphriesi-Schichten» von Lusser (1980) und Burkhalter (1996) und deckt sich zudem mit der Grenze von Gonzalez (1993) und Gonzalez & Wetzel (1996) zum Hangenden Rothenfluh-Mb. Im schwäbischen Faziesbereich (Bläsi et al. 2013), welcher nicht von den (kalk)oolithischen Serien des Hauptrogensteins sondern von den Mergeln der Klingnau-Formation überlagert wird, bildet die Einheit 5 somit das Top der Passwang-Formation.

- Das *Alter* der Einheit 5 reicht gemäss Ammoniten- und Palynomorphendatierungen (s. Fig. 4 und folgende Kapitel) von der Sauzei-Zone bis und mit Humphriesianum-Subzone der Humphriesianum-Zone. Die jüngsten eisenoolithischen Kalksteine und Mergel wurden evtl. bereits in der frühen Blagdeni-Subzone der Humphriesianum-Zone abgelagert, jedoch kann eine Aufarbeitung nicht ausgeschlossen werden.
- *Neuerungen*: Die von Burkhalter (1996) informellen, lithofaziell definierten «Humphriesi-Schichten» (o.T. des Bruggli-Member gemäss Entscheid des SKS 2004) werden hier als eigenständige Einheit geführt.

Einheit 6 (Rothenfluh-Member)

Einheit 6 umfasst feinsandige, tonige Mergel in Wechsellagerung mit Kalksteinlagen oberhalb der Einheit 5. Wegen der vereinzelt Kalksteinlagen und/oder Knauer umschreibt Buser (1952) die Einheit mit dem Begriff «Laibsteinfazies». Die Einheit 6 wird im keltischen Faziesraum (Bläsi et al. 2013) im Hangenden von Hauptrogenstein überlagert und bildet somit das Top der Passwang-Formation. Die Definition der Einheit 6 entspricht der Definition des Rothenfluh-Members von Gonzalez & Wetzel (1996) und dem Eingliederungsentscheid des SKS (2004) in die Passwang-Formation.

- Die *Untergrenze* wird im Hangenden des Hartgrunds sowie der letzten Eisenooide der Einheit 5 definiert.
- Die *Obergrenze* wird im keltischen Faziesraum (Bläsi et al. 2013) durch den Wechsel von den Mergeln im Liegenden zu den (kalk)oolithischen Serien des Hauptrogensteins im Hangenden definiert und bildet somit das Top der Passwang-Formation.
- Das *Alter* der Basis der Einheit 6 liegt gemäss Ammoniten- und Palynomorphendatierungen (s. Fig. 4 und folgende Kapitel) in der Blagdeni-Subzone der Humphriesianum-Zone. Das Top und somit auch das Top der Passwang-Formation (im keltischen Faziesbereich), ist diachron und reicht bis in die Niortense-Zone (Gonzalez & Wetzel 1996, Bläsi & Feist-Burkhardt 2019).

Die Siebenteilung der Passwang-Formation zeigt Ähnlichkeiten mit der älteren Unterteilung in «Murchisonae-Concava»-, «Sowerbyi-Sauzei»-, «Humphriesi»- und «Blagdeni»-Schichten (Bläsi 1987; Fig. 4). Die Siebenteilung macht aber nicht wie die älteren Unterteilungen einen Bezug zu einer biostratigraphischen Einteilung, sondern soll einer lithostratigraphischen Einteilung entsprechen. Die Unterteilung in sieben Einheiten würde sich vermutlich über den gesamten Geltungsbereich der Passwang-Formation eventuell auch darüber hinaus anwenden lassen. Eine Entsprechung oder eventuelle Ausdehnung in die schwäbische Fazies (Bläsi et al. 2013) könnte ebenso denkbar sein, muss aber vorerst weiter abgeklärt werden. Es ist geplant die hier vorgestellte neue Unterteilung (Einheiten 1 bis 6) in zukünftigen Studien weiter auszuarbeiten.

2.4 Biostratigraphische Einteilung

Biostratigraphisch reicht die Passwang-Formation vom oberen Teil der Opalinum-Zone (Opalinum-Subzone oder «Comptum»-Subzone) an der Basis bis in die Niortense-Zone (Gonzalez 1993, Gonzalez & Wetzel 1996) im Top. Die Basis der Passwang-Formation ist heterochron. Die Obergrenze der Passwang-Formation ist diachron und reicht von der Romani-Subzone der Humphriesianum-Zone am Mont Terri (Hostettler et al. 2017) bis hinauf zur Niortense-Zone im Osten (Gonzalez 1993, Gonzalez & Wetzel 1996, Bläsi & Feist-Burkhardt 2019) und spiegelt die Progradation der Hauptrogenstein-Plattform wider. Die momentan gebräuchlichen Ammoniten-Zonen und Subzonen sind in Fig. 5 aufgelistet.

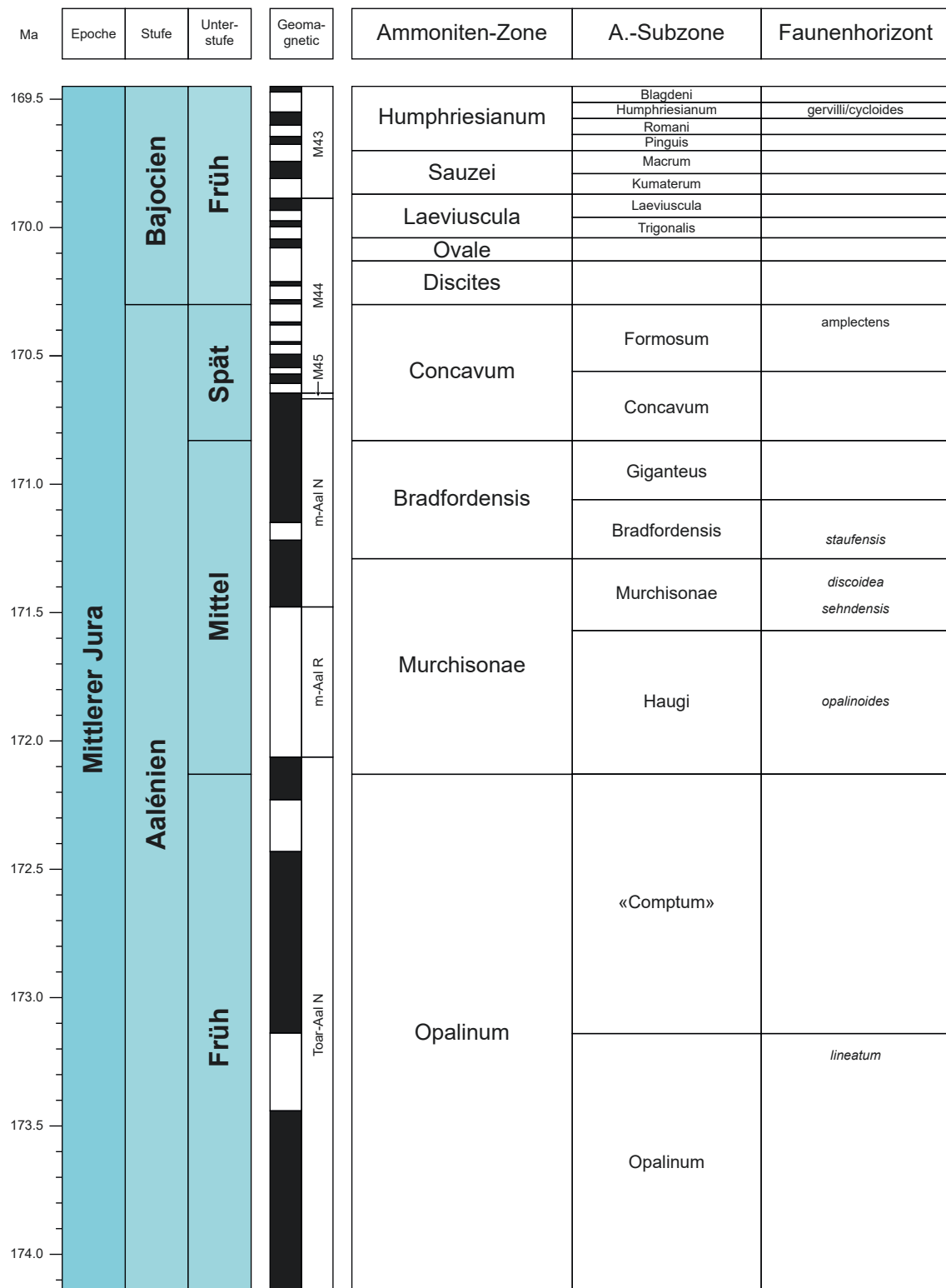


Fig. 5: Die Ammoniten-Zonen und -Subzonen des Aaléniens und des frühen Bajociens und die im östlichen Falten- und Tafeljura nachgewiesenen Faunenhorizonte (nach Ohmert et al. 1995, Dietze et al. 2011, 2012 und 2014, Schweigert 2015, Ogg et al. 2016).

3 Lithologische und stratigraphische Entwicklung der Passwang-Formation in der südlichen Jurakette von Hägendorf (SO) bis Brugg (AG)

3.1 Das Profil Fasiswald

Das Profil Fasiswald (Koord.: 2'628.945 / 1'245.034) liegt am Südrand der stillgelegten Opalinuston Grube. Diese diente ab Herbst/Winter 2015/2016 als Deponie für das Ausbruchsmaterial der neuen Röhre des Belchentunnels. Die Schichten liegen im Südschenkel der Weissenstein-Antiklinale und fallen mit 50° ein. Die Antiklinale ist im Bereich der Grube von rheintalisch orientierten Querbrüchen gestört.

Das Profil wurde erstmals von Burkhalter (1996; Fig. 8) publiziert. Das Profil Fasiswald umfasst die obersten Schichten des Opalinustons und die untersten Schichten der Passwang-Formation.



Fig. 6: Aufschluss Fasiswald: Übersicht: rechts, vom Schacht in Richtung Grube steht Opalinuston; beim Hammer das Sissach-Mb. an (Schicht FAS 1 – 8). Links oben befinden sich ausserhalb des Fotos die Schichten FAS 9 – 14. Foto H.R. Bläsi: Aufnahme 28.05.2015.

3.1.1 Fasiswald Lithologie

Der Aufschluss (Fig. 7) bei der Tongrube Fasiswald beginnt mit 1.40 m (1.75 m; Burkhalter 1996) mächtigen eisenoolithischen, ammoniten- und muschelführenden Kalkschichten, welche siltige, glimmerführende Tonsteine mit Klasten von laminierten, kalkigen Silt- bis Feinsandsteinen überlagern (FAS 1). Im Hangenden dieser Kalksteinschichten folgen 1.70 m mächtige tonige Schichten sowie ein zweites Mal – dem unteren Abschnitt sehr ähnliche – eisenoolithische Kalkschichten (1.1 m mächtig) mit Ammoniten und zahlreichen, handgrossen Muscheln der Gattung *Ctenostreon*.

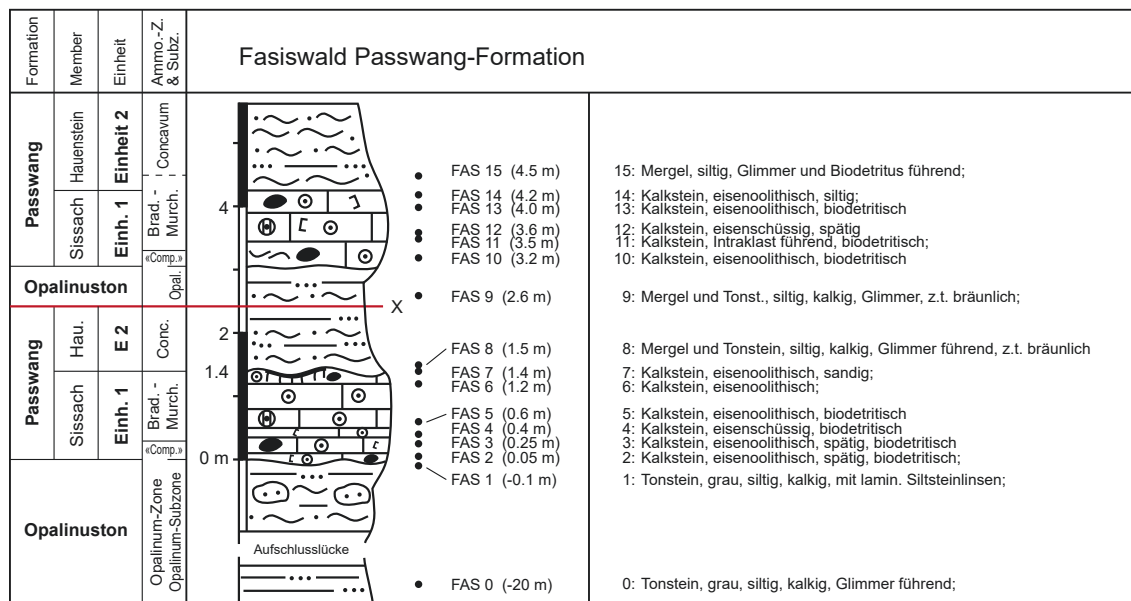


Fig. 7: Untere Passwang-Formation am Südrand der Opalinuston-Grube.

Legende zu den Lithologie-Signaturen, s. Beilage 1 (gilt für alle folgenden stratigraphischen Profile).

Der 1.40 m mächtige untere Abschnitt (Fig. 7 und Fig. 8) setzt sich wie folgt zusammen:

- 0.00 – 0.10 m: 0.10 m mächtiger, grauer, spätiger, eisenoolithischer Kalkstein mit 20 % schwarzen und braunen, bis 2 mm grossen, meist kugeligen, z.T. calcitischen Eisenooide, eisenstromatolithisch umkrusteten Intraklasten, weissen Bioklasten und Pyrit (FAS 2).
- 0.10 – 0.35 m: 0.25 m mächtiger, grauer, bräunlich gefleckter, eisenoolithischer Kalkstein mit 20 % bräunlichen Eisenooide und bis 3 cm grossen, angebohrten, mikritischen Intraklasten sowie weissen, bis 5 cm grossen, dünnschaligen Muscheln und Belemniten (FAS 3).
- 0.35 – 0.50 m: 0.15 m mächtiger, grauer, braun gefleckter, spätiger, eisenoolithischer Kalkstein mit 20 % bräunlichen, limonitischen Eisenooide (FAS 4).
- 0.50 – 0.80 m: 0.30 m mächtiger, grauer, bräunlich gefleckter, eisenoolithischer Kalkstein mit 25 %, meist 0.5 mm grossen, kugeligen und unregelmässig geformten, bräunlichen Eisenooide, limonitischen Ammoniten Steinkernen und weissen Muscheln (FAS 5).
- 0.80 – 1.20 m: 0.40 m mächtiger, grauer, eisenoolithischer Kalkstein mit 20 % dunkelgrauen und rotbraunen limonitischen Eisenooide, Muscheln und Serpuliden (FAS 6).

- 1.20 – 1.40 m: 0.20 m mächtiger, rostbrauner, sandiger, eisenoolithischer Kalkstein mit handtellergrossen, limonitischen Steinkernen von Ammoniten, die teilweise eisenstromatolithische Krusten aufweisen und 30 % bis 1.5 mm grosse, unregelmässig geformte, helle, chamositische Eisenooide und Muscheln (FAS 7).

Das obere Kalkpaket (3.10 – 4.20 m; FAS 10 – FAS 14) ist lithologisch dem unteren sehr ähnlich, allerdings mit einer um 0.3 m geringeren Mächtigkeit. Im Kalkpaket sind bogenförmige Flächen (Rinnenstruktur oder tektonische Bewegungsbahnen) ausgebildet. Aufgrund der Altersdatierungen (s. unten) ist eine tektonische Repetition plausibel. Bemerkenswert sind die zahlreichen *Ctenostreon* von Schicht FAS 11, die im unteren Kalkpaket nicht enthalten sind.

3.1.2 Fasiswald Mikrofazies

Zehn der oben beschriebenen Schichten wurden mit Dünnschliffen untersucht. Die Resultate der mikrofaziellen Analyse sind in Tab. 3 aufgelistet (s. auch Anlage C1).

Die Schichten weisen folgende Charakteristika auf:

- Die unterste Probe (FAS 1) stammt von einer feinkörnigen Sandsteinlinse aus den Tonsteinen des Opalinustons.
- Beim untersten eisenoolithischen Kalkstein (FAS 2) fallen vor allem die heute calcitischen, ursprünglich chamositischen Eisenooide auf.
- Die Schichten FAS 3 und FAS 4 sind einander mikrofaziell sehr ähnlich. Die Eisenooide bestehen überwiegend aus Fossilbruchstücken mit einer dünnen, limonitischen, mikrobiellen Kruste. Sie sind zusammen mit 25 – 30 % biodetritischen Komponenten in mikritischer Matrix eingebettet.
- Bei FAS 5 sind die Eisenooide vor allem kugelig geformt und limonitisch/goethitisch zusammengesetzt. Zudem sind wenige Intraklaste enthalten.
- Die Schicht FAS 6 enthält chamositische Eisenooide und biogene Komponenten.
- Die eisenoolithische Kalkschicht FAS 7 ist mindestens teilweise ein Hartgrund. Sie besteht zu 30 % aus unregelmässig geformten, chamositischen Eisenooiden, wovon die meisten mikrobiellen Ursprungs (Onkoide) sind, teilweise sind diese eng beieinanderliegend von eisenstromatolith-Krusten überwachsen. Die Schicht enthält zudem 25 % detritische Quarzkörner und 15 % biogene Komponenten in einer limonitischen Matrix.

Insgesamt sind alle Schichten (FAS 2 – FAS 7) mikritisch ausgebildet, und einzig FAS 7 weist mit 25 % detritischem Quarz nicht nur Spuren von Quarz auf.

Tab. 3: Mikrofazielle Zusammensetzung der Schichten im Profil Fasiswald in Vol.-%.
Die durchschnittliche Korngrösse [mm] bezieht sich auf die ausgezählten detritischen Quarzkörner (gilt für alle folgenden mikrofaziellen Zusammensetzungen).

	sparit. Calcizement	Pseudosparit Mikrit, Ton	Fe-Dolomit/Dedolomit	limonit. Matrix	Intraklasten	Pellets, Peloid	Fe-Ooide	limo. Echino. & Bryoz.	Echinodermen	Muscheln, Bryozoen	Spongiennadeln	diverse Fossilien	Chert	detritischer Quarz	Ø Korngrösse [mm]	Pyrit
FAS 14 (4.20 m)	5			30			25	5	10	5				20	0.06	
FAS 13 (4.00 m)	5	25		15	5		20	5	12	10				3		
FAS 11 (3.50 m)		25		20	20		10		5	20						
FAS 7 (1.40 m)				30			30		10	5				25	0.06	
FAS 6 (1.20 m)	5	40		15			20		10	10						
FAS 5 (0.60 m)	5	15	5	15	5		25		15	10		5				
FAS 4 (0.40 m)	5	30	5	5			20		20	10				2		
FAS 3 (0.25 m)	5	35			5		20		15	10		5		2		
FAS 2 (0.05 m)	10	20					20	5	30	10		5				
FAS 1 (-0.10 m)	20	10							5					55	0.06	10

3.1.3 Fasiswald Biostratigraphie

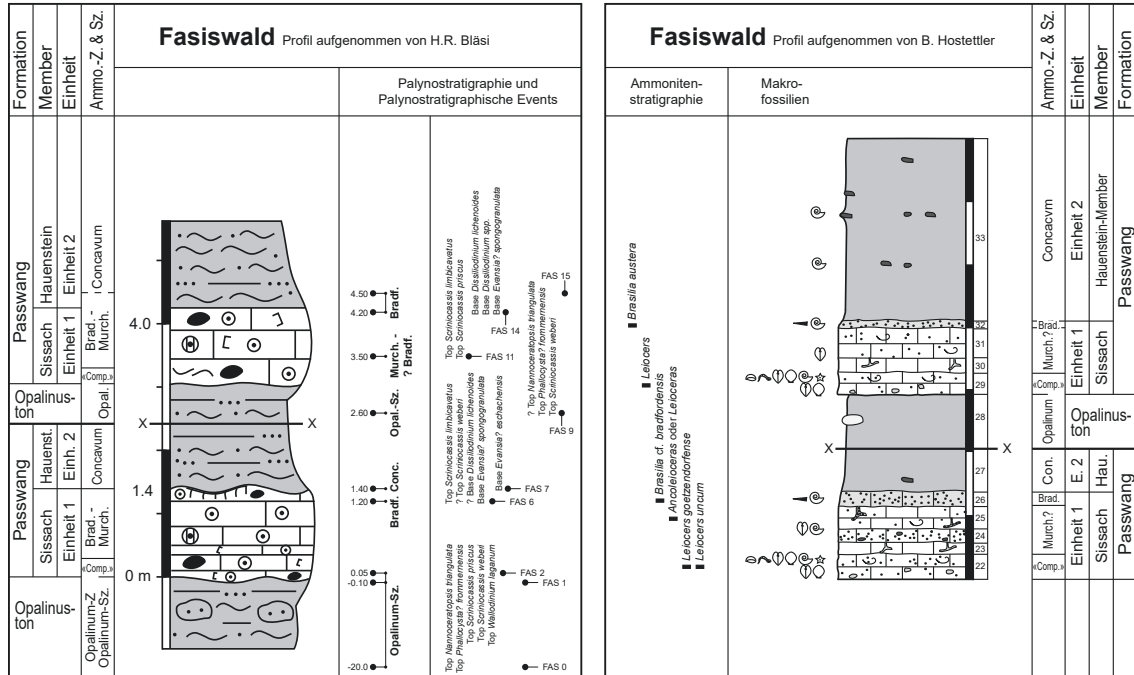
3.1.3.1 Ammonitenstratigraphie

Das Profil Fasiswald wurde 2016 einmal nach Fossilien abgesucht. Die Schichtnummern beziehen sich auf das rechte Detailprofil in Fig. 8. Die Ammonitenstratigraphie ist in Tab. 4 dargestellt.

- **Schicht 22** enthält zahlreiche Ammoniten der Gattung *Leioceras*. Aufgrund der Skulpturausbildung lassen sich diese der «Comptum»-Subzone der Opalinum-Zone zuordnen. Erkannt wurden insbesondere *Leioceras goetzendorfense* (Dorn 1935) (Tafel 1, Fig. 1) und *Leioceras unicum* (Tafel 1, Fig. 2) aus der jüngeren Comptum-Gruppe. Ferner sind Muscheln insbesondere der Art *Coelastarte excavata* (Sowerby 1819) häufig.
- **Schicht 25** enthält einen kleinen Ammoniten der Gattung *Ancoleioceras* oder *Leioceras* (dies lässt sich bei der geringen Grösse nicht bestimmen) (Tafel 1, Fig. 3). Eine eindeutige Zuordnung zur Murchisonae-Zone ist nicht möglich.
- Aus **Schicht 26** stammt eine *Brasilia* cf. *bradfordensis* (Buckman 1887) (Tafel 1, Fig. 4). Diese lässt sich der Bradfordensis-Zone zuordnen.
- Aus **Schicht 29** stammen erneut Ammoniten der Gattung *Leioceras*, die sich altersmässig der «Comptum»-Subzone der Opalinum-Zone zuordnen lassen. Dies kann nur durch eine Verdoppelung der Schichtabfolge erklärt werden.
- In der **Schicht 32** konnte ebenfalls wieder ein Vertreter der Gattung *Brasilia* geborgen werden. Es handelt sich um *Brasilia austera* (Buckman 1923) (Tafel 1, Fig. 5). Dieser lässt sich der Bradfordensis-Zone zuordnen.

- Im darüber liegenden Mergel (**Schicht 33**) fanden sich zwei Fragmente von Ammoniten, die aus der Concavum-Zone stammen dürften.

Ammoniten sind insbesondere in der späten Opalinum-Zone, «Comptum»-Subzone, häufig. In der Bradfordensis-Zone sind sie ebenfalls nicht selten, wenn auch eher schlecht erhalten.



Tab. 4: Ammonitenstratigraphie Profil Fasiswald.
Nachgewiesene Ammoniten-Zonen, -Subzonen sowie -Horizonte aus dem Profil Fasiswald sind grau hinterlegt.

Chronostratigraphie		Biostratigraphie			Schicht-Nr.	Lithologie
Stufe	US	Ammoniten-Z.	Subzone	Horizont		
Aalénien	Spät	Concavum	Formosum	<i>amplectens</i>		
			Concavum		33	graubrauner Tonstein mit Sideritkonkretionen
	Mittel	Bradfordensis	Giganteus		26/32	brauner eisenoolithischer Mergel
			Bradfordensis			
		Murchisonae	?Murchisonae		25	braunroter eisenoolithischer Kalkstein mit grossen Muscheln
			Haugi			
	Früh	Opalinum	«Comptum»		22/29	grauer bis bräunlicher eisenoolithischer toniger Kalkstein, lokal auch Sandkalk
			Opalinum			

3.1.3.2 Palynostratigraphie

Die bearbeiteten Proben zeigen zum grössten Teil einen guten palynologischen Rückstand mit reicher und diverser Palynoflora. Die Erhaltung der Palynomorphen ist zumeist gut. Das Palynomorphen-Spektrum setzt sich zusammen aus überwiegend Dinoflagellatenzysten, Pollen und Sporen. Nur untergeordnet treten Prasinophyten, Acritarchen, Foraminiferentapeten und Grünalgen (z.B. *Botryococcus*) auf. Es konnten 57 Dinoflagellatenzysten-Taxa, 17 andere aquatische Palynomorphen und 48 Pollen- und Sporen-Taxa unterschieden werden.

Einige aufgearbeitete Pollen und Sporen (*Densosporites* spp. und *Ricciisporites tuberculatus*) weisen auf Erosion triassischer Sedimente im Liefergebiet hin.

Die untersuchten Proben von Fasiswald können mit Hilfe von Dinoflagellatenzysten auf Früh- bis Spät-Aalénien datiert werden. Es können 6 Probenintervalle unterschieden und der Ammoniten-Biostratigraphie zugeordnet werden (s. Tab. 5). Die palynostratigraphische Datierung zeigt, dass es im Profil eine Schichtwiederholung gibt, wahrscheinlich hervorgerufen durch eine Störung, die zwischen den Proben FAS 7 und FAS 9 liegt. Die Ergebnisse der quantitativen Analyse sind in Form einer Range-Chart in der Anlage A1 zusammengestellt. Ein Depth/Age-Plot findet sich in der Anlage A2.

Proben Fas 0, Fas 1, Fas 2 (3 Proben): Früh-Aalénien, Opalinum-Zone, Opalinum-Subzone

Die Proben zeigen eine reiche Palynoflora zusammengesetzt aus überwiegend Pollen, Sporen und Dinoflagellatenzysten.

Die Proben sind gekennzeichnet durch die häufig und z.T. sehr häufig vorkommenden Dinoflagellatenzysten Arten *Evansia*? cf. *granochagrinata*, *Phallocysta*? *frommernensis* und grosse glatte Vertreter des Plexus *Batiacasphaera*/*Kallosphaeridium*. Vertreter der Phallocystaceen sind divers mit vielen Arten der Gattungen *Andreedinium*, *Dodekovia*, *Moesiodinium*, *Ovalicysta*, *Parvocysta*, *Phallocysta*, *Reutlingia* und *Susadinium*. Ebenfalls recht divers sind Valvaeodiniaceen mit *Comparodinium punctatum*, *Valvaeodinium* spp., *Valvaeodinium cavum*, *V. sphaerechinatum*

und *V. vermipellitum*. Vertreter der Gattung *Nannoceratopsis* sind mässig divers und treten regelmässig auf, auch die Leitart *N. triangulata*. Weitere regelmässig auftretende Taxa sind *Scrinio-cassis* spp. (*S. limbicavatus*, *S. priscus*, *S. weberi*), *Mancodinium semitabulatum*, *Wallodinium laganum* und *Wittnaudinium minutum*.

Das erste Einsetzen von *Kallosphaeridium praussi* charakterisiert die Basis des Aalénien, die Opalinum-Zone. Weitere Leitarten der Opalinum-Zone sind *Phallocysta? frommernensis*, *Nannoceratopsis triangulata* und *Wallodinium laganum*. Das gehäufte Vorkommen (Akme) von *Phallocysta? frommernensis* wurde von Feist-Burkhardt & Pross (2010) zur Charakterisierung ihrer palynostratigraphischen Einheit B der Opalinuston-Formation herangezogen. Palynostratigraphische Einheit C reicht bis zum Einsetzen von *Batiacasphaera* sp. A. *Nannoceratopsis triangulata* und *Wallodinium laganum* haben laut Feist-Burkhardt & Pross (2010) ihr letztes Auftreten (LAD) am Top Opalinum-Subzone (Opalinum-Zone) und charakterisieren den Top der palynostratigraphischen Einheit D.

Alle genannten Arten kommen in diesem Probenintervall vor und zeigen somit Opalinum-Zone an. Die drei Arten *Phallocysta? frommernensis*, *Nannoceratopsis triangulata* und *Wallodinium laganum* haben ihr letztes Vorkommen am Top dieses Intervalls. Das gehäufte Vorkommen von *Phallocysta? frommernensis* und *Evansia? cf. granochagrinata*, letztere häufig nur in den unteren beiden Proben, spricht eindeutig für Opalinum-Zone, Opalinum-Subzone. Das gehäufte Vorkommen von *Batiacasphaera/Kallosphaeridium* in den oberen beiden Proben spricht für den obersten Teil der Opalinum-Subzone (palynostratigraphische Einheit D von Feist-Burkhardt & Pross 2010) oder eventuell schon «Comptum»-Subzone.

Die Vergesellschaftung von Phallocystaceen und Valvaeodiniaceen ist ebenfalls charakteristisch für das Aalénien, wobei die Diversität typischerweise vom Früh-Aalénien zum Spät-Aalénien abnimmt.

Probe FAS 6 (1 Probe): Mittel-Aalénien, Bradfordensis-Zone

Die Dinoflagellatenzysten-Assoziation dieser Probe zeigt in ihrer Zusammensetzung deutliche Unterschiede zu den Proben im Liegenden. Die guten Leitarten des Früh-Aaléniens *Phallocysta? frommernensis*, *Nannoceratopsis triangulata* und *Wallodinium laganum* treten nicht mehr auf. Phallocystaceen sind in ihrer Diversität deutlich reduziert. Häufig und diverser als zuvor sind Vertreter der Gattung *Nannoceratopsis* mit *N. ambonis*, *N. dictyambonis* (häufig), *N. gracilis* s.l. und s.s., *N. plegas brevicornis*, *N. plegas plegas* (häufig), *Nannoceratopsis* sp. 2, *Nannoceratopsis* sp. B (häufig) und *Nannoceratopsis* spp. Ebenfalls häufig sind *Andreodinium elongatum*, *Mancodinium semitabulatum* und *Moesiodinium raileanui*. *Scrinio-cassis limbicavatus* und ein fragliches Exemplar von *Scrinio-cassis weberi* treten zum letzten Mal in dieser Probe auf. *Evansia? spongogranulata* und ein fragliches Exemplar eines ersten Vertreters der Gattung von *Dissiliodinium* (*D. lichenoides*) treten zum ersten Mal auf.

Das FAD von *Evansia? spongogranulata* liegt in der Murchisonae-Zone. Das LAD von *Scrinio-cassis limbicavatus* liegt in der Bradfordensis-Zone.

Das gemeinsame Vorkommen von *Scrinio-cassis weberi* und *Dissiliodinium lichenoides*, beide mit fraglichen Einzelexemplaren, ist ungewöhnlich. *Scrinio-cassis weberi* hat ein LAD am Top der Opalinum-Zone und *Dissiliodinium lichenoides* ein FAD nicht vor der Bradfordensis-Zone. Die beiden Arten dürften also nicht gemeinsam vorkommen. Es könnte sich um Verunreinigung der Probe oder um Wiederaufarbeitung handeln.

Die Probe wird auf Bradfordensis-Zone datiert.

Probe FAS 7 (1 Probe): Spät-Aalénien, Concavum-Zone

Diese Probe ist charakterisiert durch das erste Auftreten von *Evansia? eschachensis*, *Dissiliodinium* spp. und *Dissiliodinium* sp. B (fraglich). *Dissiliodinium lichenoides* und *Andreedinium elongatum* sind sehr häufig. Der Acritarch *Fromea tornatilis* tritt gehäuft auf.

Das FAD von *Evansia? eschachensis* liegt in der Concavum-Zone. Die Akme von *Andreedinium elongatum* und *Fromea tornatilis* passt zu einem Alter im Bereich der Aalénien/Bajocien Grenze. Jüngere Arten, die ein Einsetzen im Bajocien haben liegen nicht vor.

Die Probe wird auf Concavum-Zone datiert.

Störung zwischen Proben FAS 7 und FAS 9, mit Schichtwiederholung

Es muss eine Störung zwischen den Proben FAS 7 und FAS 9 liegen, die zu einer Schichtwiederholung führt.

Probe FAS 9 (1 Probe): Früh-Aalénien, Opalinum-Zone, Opalinum-Subzone

Diese Probe ist den ersten Proben an der Basis des Profils wieder sehr ähnlich, mit dem Vorkommen von u.a. *Phallocysta? frommernensis*, *Scriniocassis weberi*, relativ häufig *Evansia? cf. granochagrinata*, häufig *Batiacasphaera/Kallosphaeridium* und *Nannoceratopsis triangulata*. Diese Arten sind typisch für das Früh-Aalénien Opalinum-Zone, Opalinum-Subzone.

Das letzte Vorkommen von *Nannoceratopsis triangulata* markiert den Top der Opalinum-Subzone.

Probe FAS 11 (1 Probe): Mittel-Aalénien, Murchisonae- bis (?)Bradfordensis-Zone

Diese Probe ist in ihrer Zusammensetzung der letzten Probe ähnlich, es fehlen aber die Leitarten des Früh-Aaléniens, *Phallocysta? frommernensis*, *Scriniocassis weberi*, *Nannoceratopsis triangulata* kommen nicht mehr vor.

Die Probe wird auf Murchisonae- bis (?)Bradfordensis-Zone datiert.

Probe FAS 14, FAS 15 (2 Proben): Mittel-Aalénien, Bradfordensis-Zone

Dieses Probenintervall wird charakterisiert durch das erste Einsetzen von *Dissiliodinium lichenoides* (häufig), *Dissiliodinium* sp. B, *Dissiliodinium* spp. (häufig) und *Evansia? spongogranulata*. Phallocystaceen sind reduziert in ihrer Diversität. Mit der Ausnahme von *Andreedinium elongatum*, das häufig ist, treten nur wenige einzelne Vertreter von *Dodekovia syzygia* und *Reutlingia nasuta* auf. *Evansia? eschachensis* fehlt.

Das FAD der ersten Vertreter der Gattung *Dissiliodinium*, mit z.B. *Dissiliodinium lichenoides*, liegt in der Bradfordensis-Zone. Jüngere Arten, wie andere Arten von *Dissiliodinium* oder *Evansia? eschachensis* fehlen. Die Proben werden somit als Bradfordensis-Zone datiert.

Tab. 5: Biostratigraphische Interpretation der Palynomorphen-Events (Fasiswald).
US – Unterstufe, Z. – Zone, Nr. bezieht sich auf die Schichtnummer.

Chronostratigraphie		Biostratigraphie		Palynostratigraphie			Palynomorphen-Events
Stufe	US	Ammoniten-Z.	Subzone	Probe	Profil-meter	Nr.	
Aalénien	Mittel	Bradfordensis		FAS 15	4.50 m		
				FAS 14	4.20 m		Base: <i>Dissiliodinium lichenoides</i> , <i>Dissiliodinium</i> spp., <i>Evansia?</i> <i>spongogranulata</i>
		?Bradfordensis – Murchisonae		FAS 11	3.50 m		Top: <i>Scrinioicassis limbicavatus</i> , <i>Scrinioicassis priscus</i>
	Früh	Opalinum	«Comptum»				
			Opalinum	FAS 9	2.60 m		Top (questionable): <i>Nannoceratopsis triangulata</i> ; Top: <i>Phallocysta?</i> <i>frommernensis</i> , <i>Scrinioicassis weberi</i>
Schichtwiederholung: Störung zwischen den Proben FAS 7 und FAS 9:							
Aalénien	Spät	Concavum		FAS 7	1.40 m		Base: <i>Evansia?</i> <i>eschachensis</i>
	Mittel	Bradfordensis		FAS 6	1.20 m		Top: <i>Scrinioicassis limbicavatus</i> ; Top (questionable): <i>Scrinioicassis weberi</i> ; Base (questionable): <i>Dissiliodinium lichenoides</i> ; Base: <i>Evansia?</i> <i>spongogranulata</i>
		Murchisonae					
	Früh	Opalinum	evtl. «Comptum»	FAS 2	0.05 m		Top: <i>Nannoceratopsis triangulata</i> , <i>Phallocysta?</i> <i>frommernensis</i> , <i>Scrinioicassis priscus</i> , <i>Scrinioicassis weberi</i> , <i>Wallodinium laganum</i>
				FAS 1	-0.10 m		
			Opalinum	FAS 0	-20.00 m		

3.1.4 Fasiswald Lithostratigraphie

Gemäss der lithologischen Ausbildung und dem biostratigraphischen Alter der Ammoniten und der Palynomorphen repräsentieren die beschriebenen Schichten des Profils Fasiswald das Sissach-Member sowie die Basis des Hauenstein-Members der Passwang-Formation (Fig. 7 und 8). Aufgrund der sich wiederholenden Lithologien und den Ergebnissen der Ammonitenfunde und der palynostratigraphischen Untersuchungen wird eine Schichtrepetition postuliert, welche sich in den Mergeln und Tonsteinen zwischen den Proben FAS 8 und FAS 9 befinden muss. Interessant ist, dass diese Schichtwiederholung von Burkhalter (1996) wenige Zehnermeter nebenan nicht angetroffen wurde. Sie ist somit eine sehr lokale Erscheinung.

Grenze zum Opalinuston: Die Grenze vom liegenden Opalinuston zur Passwang-Formation ist lithologisch klar und eindeutig: Sie wird vom Einsetzen der braungrauen, eisenoolithischen, spätigen Kalksteine auf die dunkelgrauen kalkigen, siltigen bis feinsandigen Tonsteine bestimmt. Der Opalinuston endet mit Tonsteinen. Die Basisschicht der Passwang-Formation (FAS 2, Schicht 22) ist ein Aufarbeitungshorizont (Burkhalter 1996), mit Intraklasten aus dem obersten Opalinuston, der erodiert wurde. Die darin gefundenen Ammoniten (*Leioceras goetzendorfense* und *Leioceras uncum*) zeigen, dass die Ablagerung während der «**Comptum**»-Subzone oder jünger stattfand.

Das **Sissach-Member**, welches im obersten Teil (FAS 7 & Schicht 26) aus eisenoolithischen mergeligen Kalksteinen mit handtellergrossen, limonitischen Steinkernen von Ammoniten mit teilweise eisenstromatolithischen Krusten besteht, kann aufgrund dieser Ammoniten der Bradfordensis-Zone zugeordnet werden.

Die direkt darüber einsetzenden Mergel wurden während der Concavum-Zone abgelagert und sind somit dem **Hauenstein-Member** zuzuordnen. Die Basis des Hauenstein-Members kann vermutlich noch in die Bradfordensis-Zone datiert werden, wie das mit den Palynomorphen der Probe FAS 15 dokumentiert wurde.

Alternative (rein lithostratigraphische) Einteilung

Die Grenze vom liegenden Opalinuston zur Passwang-Formation ist lithologisch klar und eindeutig. Der Opalinuston endet mit Tonsteinen. Die Basis der Passwang-Formation und somit die Basis der Einheit 1 wird mit dem Einsetzen der braungrauen, eisenoolithischen, spätigen Kalksteine definiert. Die Einheit 1 endet mit dem lithologischen Wechsel von den eisenoolithischen, mergeligen Kalksteinen (FAS 7) hin zu den hangenden, tonigen Schichten (FAS 8). Da Fasiswald innerhalb des Geltungsbereichs vom Hauenstein-Member liegt (Burkhalter 1996), wird hier die formelle Definition übernommen und die tonigen Schichten werden der Einheit 2 zugeordnet. Somit deckt sich die Einteilung der informellen Einheiten mit den formellen Members (Einheit 1 = Sissach-Mb., Einheit 2 = Hauenstein-Mb.)

3.2 Das Profil Unterer Hauenstein

Das Profil Unterer Hauenstein (Koord.: 2'632.975 / 1'247.950) liegt östlich des Golfplatzes Weid Hauenstein am Zufahrtssträsschen der ehemaligen Opalinuston-Grube. Die Schichten fallen mit 35° Richtung Süd ein.

Das Profil wurde von Gygi & Rieber (1987) sowie später in Burkhalter (1996, Fig. 8 und 10) publiziert und der Abschnitt von ca. 2.30 – 11.10 m als Typusprofil des Hauenstein-Members, zweitältestes Member (vgl. Fig. 9) der Passwang-Formation, definiert.

Das Profil Unterer Hauenstein umfasst den jüngsten Opalinuston und die älteren Schichten der Passwang-Formation, namentlich des Sissach-Members, des Hauenstein-Members und des Hirnichopf-Members.



Fig. 9: Aufschluss Unterer Hauenstein: Opalinuston, Sissach-Member, Mergel und Sandkalksteine des Hauenstein-Members (HAU 1 bis 13).

Foto S. Wohlwend: Aufnahme 27.01.2016.

3.2.1 Unterer Hauenstein Lithologie

Das Profil der Passwang-Formation setzt sich beim Unteren Hauenstein aus vier lithologisch verschiedenen Abschnitten (Fig. 10) zusammen:

- x m – 0 m: Opalinuston: graue, siltige, glimmerführende kalkige Tonsteine mit Sandsteinlinsen (HAU 1).

- 0.00 – 2.30 m: 2.30 m mächtige, eisenoolithische und biodetritische Kalksteinlagen und -bänke mit Mergelzwischenlagen (HAU 2 – HAU 10).
- 2.30 – 7.60 m: 5.30 m mächtige, graue, siltige bis feinsandige Mergel und mergelige Sandsteine (HAU 11).
- 7.60 – 11.10 m: 3.50 m mächtige Wechsellagerung von 0.20 – 0.55 m mächtigen sandigen Kalksteinen bis Sandkalkbänken mit sandigen Mergeln (HAU 12 – HAU 14).
- 11.10 – 31.20 m: 20.1 m mächtige, dunkelgraue, sandige Mergel (HAU 15 – HAU 19); zwischen 20 und 25 m gehäuft auftretende, bräunliche Sideritknollen.

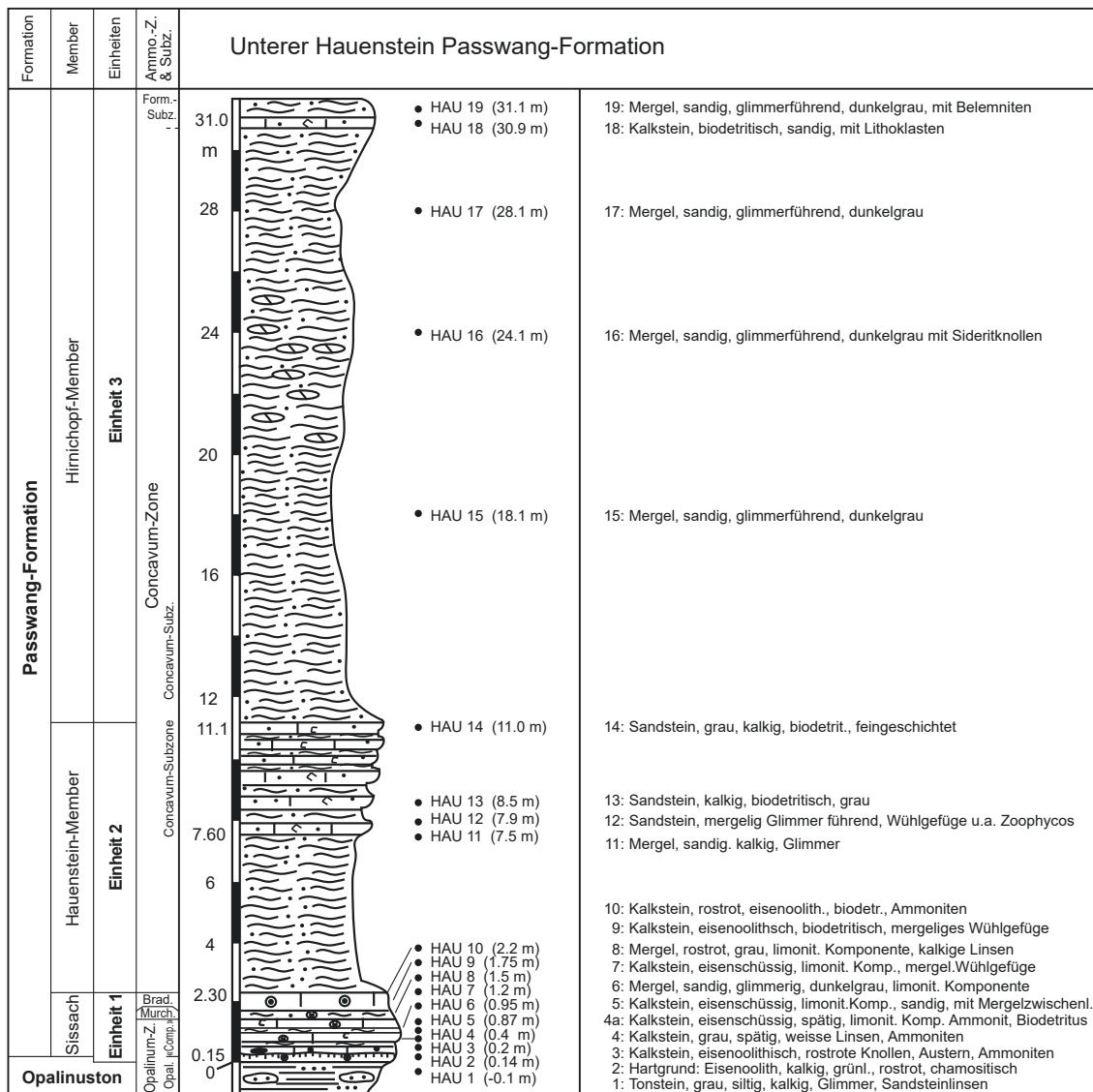


Fig. 10: Die Passwang-Formation am Unteren Hauenstein.

Der unterste Abschnitt (vgl. auch Detailprofil, Fig. 11) besteht aus den folgenden Schichten:

- x m – 0 m: Opalinuston: dunkelgrauer, glimmerführender siltiger, kalkiger Tonstein mit kalkigen Sandsteinlinsen (HAU 1).
- 0.00 – 0.15 m: 0.15 m mächtiger Hartgrund: rostig gefleckter, grauer eisenoolithischer Kalkstein mit grünlichen, chamositischen und bräunlichen limonitischen Eisenooïden, bis 3 cm grossen calcitischen Ammoniten, 6 cm weissen dünnen Muscheln und limonitischer Matrix (HAU 2).
- 0.15 – 0.25 m: 0.10 m mächtiger, rostig gefleckter, grauer, eisenoolithischer, biotritischer Kalkstein mit bis 7 cm grossen eisenoolithischen Ammoniten Steinkernen, 3 cm messenden limonitischen Intraklasten und eisenstromatolithisch umkrusteten Intraklasten, Belemniten, Muscheln (HAU 3).
- 0.25 – 0.60 m: 0.35 m mächtiges Kalkstein Intervall. Im unteren Bereich bestehend aus einem grauen, spätigen Kalkstein mit bis 10 cm grossen, kristallinen Linsen, weissen Muschelschalen und Ammoniten (HAU 4), oberer Bereich bestehend aus einem eisenoolithischen Kalkstein mit bis 5 cm grossen Ammoniten (HAU 4a = Top).
- 0.60 – 1.00 m: 0.40 m mächtige siltige bis sandige, limonitische Kalklagen mit Mergelzwischenlagen gehen lateral über in graue glimmerführende, siltige Kalkmergel mit zahlreichen Ammoniten und geringmächtigen, siltigen, eisenooïdführenden, biotritischen Kalklagen (HAU 5 & HAU 6).
- 1.00 – 1.40 m: 0.40 m mächtiger, grauer, eisenoolithischer Kalkstein mit Ammoniten, weissen mm-kleinen Bioklasten und 15 %, 0.2 – 0.5 mm grossen Eisenooïden sowie weissen calcitischen Knollen und dunkelgrauen Mergellinsen (HAU 7).
- 1.40 – 1.70 m: 0.30 m mächtiger, rostig anwitternder, grauer, siltiger bis feinsandiger Mergel mit Ammoniten, Belemniten, mm-grossen limonitischen Bioklasten und eisenschüssigen, biotritischen Kalklinsen (HAU 8).
- 1.70 – 2.30 m: 0.60 m mächtiger, rostroter eisenoolithischer, spätiger Kalkstein mit eisenoolithischen Ammoniten Steinkernen, weissen Muscheln und 15 – 20 %, bis 1 mm grossen Eisenooïden (HAU 9 & HAU 10).

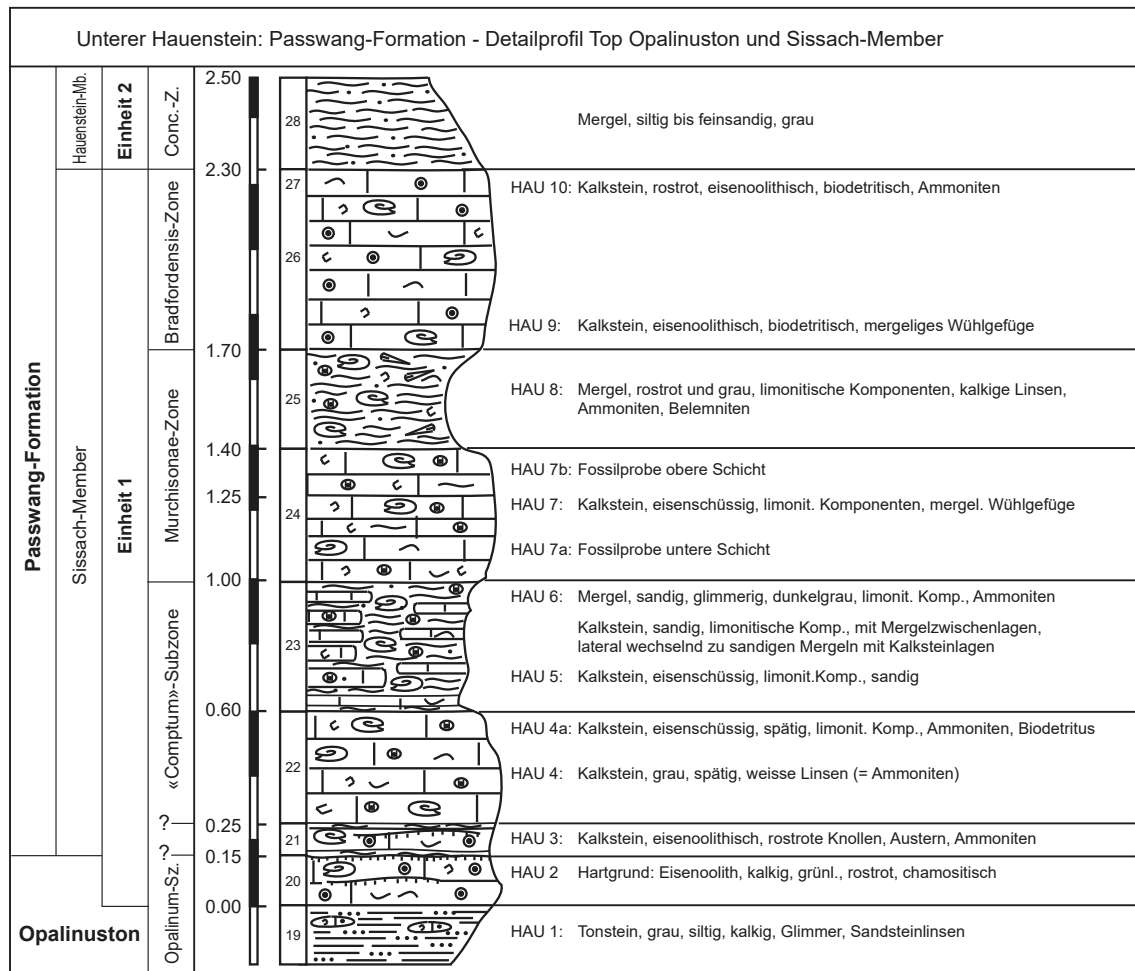


Fig. 11: Detailprofil des Sissach-Members. Schichtnummerierung ist übernommen aus Gygi & Rieber (1987).

3.2.2 Unterer Hauenstein Mikrofazies

Elf der oben beschriebenen Schichten wurden mikroskopisch untersucht. Die Resultate der mikro-faziellen Analyse sind in Tab. 6 aufgelistet (s. auch Anlage C2). Die Schichten weisen folgende Charakteristika auf:

- Die beiden untersten Eisenoolithe (HAU 2 und HAU 3) enthalten kugelige Ooide mit Rinden. Die unterste Schicht (HAU 2) besteht aus perfekten ovalen chamositischen Ooiden, wobei die äussersten Rinden manchmal von Eisendolomit verdrängt sind. Die biogenen Komponenten (20 – 30 %) sind in mikritischer Matrix eingebettet. Dies ist bei allen weiteren untersuchten eisenoolithischen Schichten vom Unteren Hauenstein identisch sowie auch der Anteil von 20 – 30 % an biogenen Komponenten. Diejenigen in HAU 2 & 3 sind jedoch zusätzlich intensiv mit Limonit durchsetzt. Der Anteil der Eisenooide aller eisenoolithischen Schichten beträgt 10 – 35 %.
- Die Eisenooide der mittleren Schichten (HAU 4, 4a, 5, 7) führen kaum konzentrische Schalen, es sind limonitische, mikritische Körner mit Fossilbruchstücken und dünner unregelmässiger Rinde mit inkrustierenden Foraminiferen.

- Die Schichten HAU 9 und HAU 10 enthalten bis 1 mm grosse goethitisch/limonitische, kugelige Eisenooide mit dicken mehrschaligen Rinden sowie Eisenooide aus Bioklasten mit einer dünnen Kruste.
- Die beiden untersuchten «harten Bänke» (HAU 13 und HAU 14) aus der Sandkalkstein/Mergel Wechsellagerung bestehen aus einem Gemisch von Grobsilt und Feinsand grossen, detritischen Quarzkörnern (40 %, bzw. 45 %) und 20 – 35 %, 0.1 – 0.8 mm grossen biogenen Komponenten von Echinodermen und Muscheln. Die Körner sind mit eisenhaltigem Calcit zementiert. Einzelne Mergelfasern zeugen von der Bioturbation des Sediments.

Tab. 6: Mikrofazies des Sissach- und Hauenstein-Members am Unteren Hauenstein in Vol.-%.

	sparit. Calcitcement	Pseudosparit Mikrit, Ton	Fe-Dolomit/Dedolomit	limonit. Matrix	Intraklasten	Pellets, Peloid	Fe-Ooide	limo. Echino. & Bryoz.	Echinodermen	Muscheln, Bryozoen	Spongiennadeln	diverse Fossilien	Chert	detritischer Quarz	Ø Korngrösse [mm]	Pyrit
HAU 14 (11.00 m)	20	5							25	10				40	0.08	
HAU 13 (8.50 m)	20	5	10						10	10				45	0.06	
HAU 11 (7.50 m)	10	15	5						5	5				60	0.06	
HAU 10 (2.20 m)	10	20	20				20		15	13				2		
HAU 9 (1.75 m)	5	25	20				15		15	10		5		2		
HAU 7 (1.20 m)	5	20	25				15		10	10		10		5	0.06	
HAU 5 (0.87 m)	5	20	20				10		15	10		5		15	0.06	
HAU 4a (0.50 m)	8	20	15				15	5	20	10		5		2		
HAU 4 (0.40 m)	10	20	35					5	20	5				5	0.08	
HAU 3 (0.20 m)	10			25	5		30	10	15	5						
HAU 2 (0.14 m)	5		10	25	5		35		10	10						

Bei den eisenoolithischen Schichten fällt im Vergleich mit den entsprechenden Schichten vom Fasiswald der stets relativ hohe Gehalt an Fe-Dolomit (15 – 35 %) auf. Ein Teil der bei der Schichtbeschreibung erwähnten weissen kristallinen Linsen und Knollen beruht auf Ansammlungen von Fe-Dolomit-Rhomboedern, der andere aus calcitisch zementierten Ammonitenkammern.

Eine einzige Probe weist einen erwähnenswerten Gehalt an detritischen Quarzkörnern (HAU 5, 15 %) auf.

3.2.3 Unterer Hauenstein Biostratigraphie

3.2.3.1 Ammonitenstratigraphie

Das Profil wurde 2016 insgesamt zweimal nach Ammoniten abgesucht. Die Funde zeigten eine gute Übereinstimmung mit der biostratigraphischen Beurteilung durch Rieber (1987) in Gygi & Rieber (1987) (s. Tab. 7) und Burkhalter (1996). Somit war es nicht weiter nötig eine detaillierte *in situ* Probenentnahme durchzuführen. Die bereits publizierten Daten lassen sich jedoch mit den neu gefundenen Ammoniten ergänzen (Fig. 12).

Tab. 7: Schichtnummern, Ammoniten und Ammonitenzonierungen von Rieber (1987) in Gygi & Rieber (1987) korreliert mit der hier verwendeten Probennummerierung (vgl. Fig. 12).

Schicht-Nr.	Korreliert mit Probe:	Ammoniten	Zone / Subzone / Horizont
37	(ca. 2 m oberhalb HAU 18)	<i>Eudmetoceras amplexans</i>	Concavum-Zone / Formosum-Subzone
34	HAU 15 _{unten}	<i>Graphoceras concavum</i> , <i>Graphoceras (Ludwigella) rudis</i>	Concavum-Zone / Concavum-Subzone
29 – 33	HAU 11–14	<i>Graphoceras concavum</i> , <i>Graphoceras (Ludwigella) cornu</i>	
26	HAU 9/10	<i>Staufenia sehdensis</i> , <i>Staufenia staufensis</i> , <i>Brasilia bradfordensis</i> , <i>Brasilia</i> sp., <i>Pseudammatoceras</i> sp.	Bradfordensis-Zone / Bradfordensis-Subzone
24	HAU 7b	? <i>Leioceras (Costiceras)</i> sp. oder ? <i>Ludwigia</i> sp.	? Murchisonae-Zone
23	HAU 5/6	<i>Leioceras (Cypholloceras)</i> sp., <i>Leioceras (Costiceras)</i> sp.	Opalinum-Zone / «Comptum»-Subzone
22	HAU 4	<i>Leioceras (Cypholloceras) comptum</i> , <i>Tmetoceras scissum</i>	
20	HAU 2	<i>Leioceras (Cypholloceras) cl. lineatum</i>	Opalinum-Zone / Opalinum-Subzone

Beim neu gesammelten Material handelt es sich überwiegend um Lesefunde. Diese stammen hauptsächlich aus den Schichten 21 & 22 (HAU 3, 4) und Schichten 26 & 27 (HAU 9, 10) (Fig. 12). Ferner konnten im unteren Bereich des Mergels der Schicht 28 (HAU 15) drei Ammonitenfragmente gesammelt werden.

Die Proben aus dem Schichtbereich 21 – 22 (wahrscheinlich eher Schicht 22) enthalten Ammoniten aus der Opalinum-Zone, «Comptum»-Subzone (Tafel 2, Fig. 1 und 2).

Bei den Proben aus den Schichten 26 – 27 (HAU 9, 10) handelt es sich hauptsächlich um Ammoniten der Gattung *Brasilia*. Diese stammen aus der Bradfordensis-Zone (Tafel 2, Fig. 5 und 6). Eine *Staufenia staufensis* (Oppel 1856) (Tafel 2, Fig. 3) kann sicher der Bradfordensis-Subzone zugeordnet werden. Ferner konnte noch eine ?*Ludwigia* sp. geborgen werden (Tafel 2, Fig. 4).

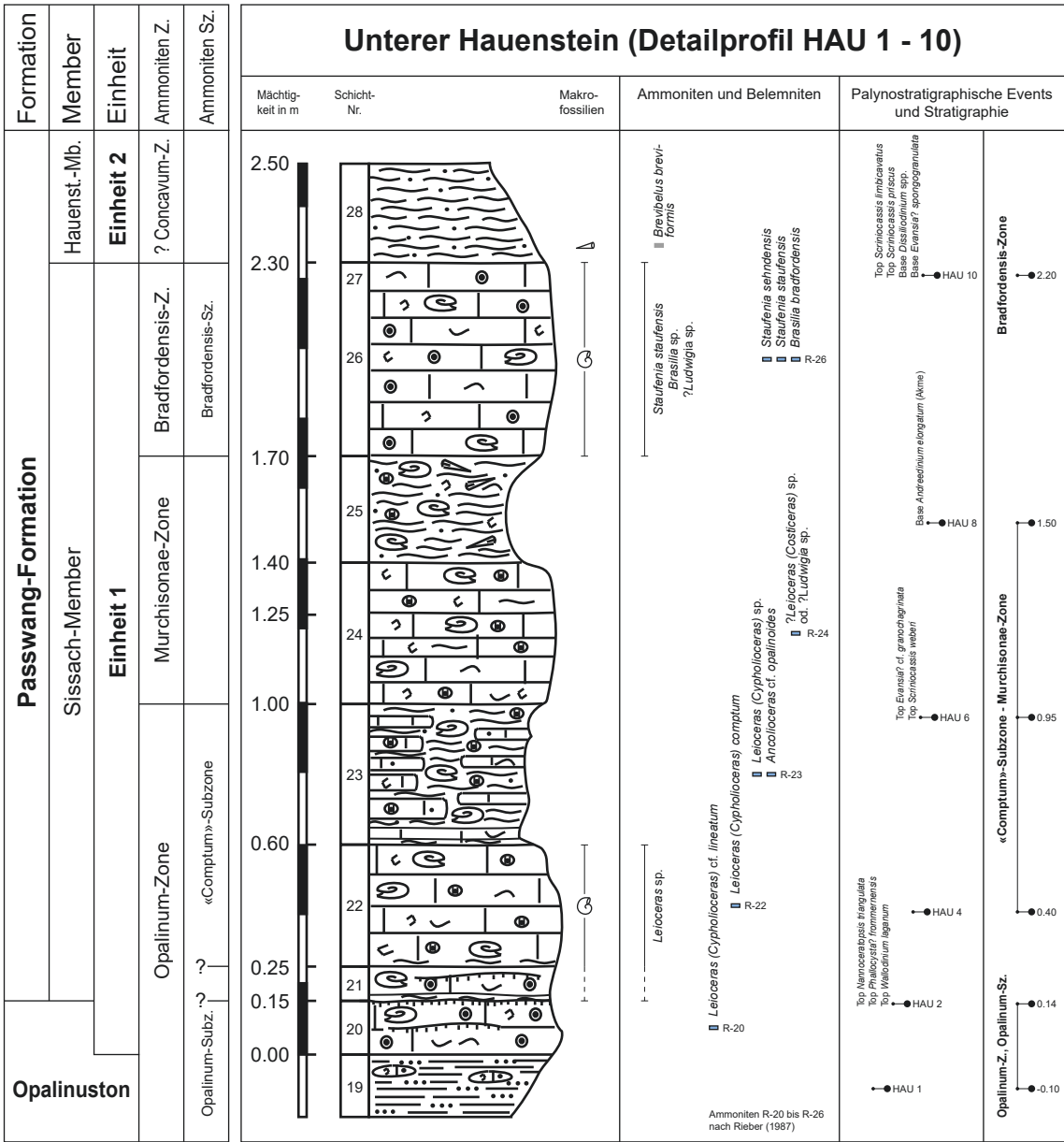


Fig. 12: Detailprofil des Sissach- und basalen Hauenstein-Members am Unteren Hauenstein. Die Ammonitenfunde wurden mit den Funden von Rieber (1987) in Gygi & Rieber (1987) ergänzt. Schichtnummerierung (Schicht 19 – 28) ist übernommen aus Gygi & Rieber (1987) zur besseren Korrelation beider Profile.

Bei den aus Schicht 28 (HAU 15) stammenden Ammonitenfragmenten handelt es sich um Vertreter der Gattung *Graphoceras* (Tafel 2, Fig. 7 und 8). Der untere Teil der Schicht 28 kann also der Concavum-Zone zugeordnet werden. Werden dazu die Funde von Rieber (1987) in Gygi & Rieber (1987) berücksichtigt (Tab. 7), reicht die Concavum-Subzone der Concavum-Zone bis wahrscheinlich zur obersten sandigen, biodetritischen Sandsteinbank (HAU 18). Diese Schicht (HAU 18) entspricht vermutlich der Schicht 35 von Gygi & Rieber (1987). Davon ausgehend, dass diese Korrelation korrekt ist, würde die Bank mit *Eudmetoceras amplexans* (Gygi & Rieber 1987; Tafel 2, Fig. 9), welche in die Formosum-Subzone der Concavum-Zone zu stellen ist, ca. 2 m darüber folgen und wäre somit nicht mehr aufgeschlossen, wie dies bereits Burkhalter (1996) festgestellt hatte.

3.2.3.2 Palynostratigraphie

Die bearbeiteten Proben zeigen zum grössten Teil einen guten palynologischen Rückstand mit reicher und diverser Palynoflora. Die Erhaltung der Palynomorphen ist zumeist gut. Das Palynomorphen-Spektrum setzt sich zusammen aus überwiegend Dinoflagellatenzysten, Pollen und Sporen. Nur untergeordnet treten Prasinophyten, Acritarchen, Foraminiferentapeten und Grünalgen (z.B. *Botryococcus*) auf. Es konnten 65 Dinoflagellatenzysten-Taxa, 16 andere aquatische Palynomorphen und 45 Pollen- und Sporen-Taxa unterschieden werden.

Einige aufgearbeitete Sporen (*Densosporites* spp.) weisen auf Erosion triassischer Sedimente im Liefergebiet hin. Das vereinzelte Vorkommen der Dinoflagellatenzyste *Luehndea spinosa* weist auf Aufarbeitung liassischer Sedimente des Spät-Pliensbachien im Liefergebiet hin.

Die untersuchten Proben von Hauenstein können mit Hilfe von Dinoflagellatenzysten auf Unter-Aalénien bis Grenzbereich Aalénien/Bajocien datiert werden. Es können 4 Probenintervalle unterschieden und der Ammoniten-Biostratigraphie zugeordnet werden (Fig. 12 und Tab. 8). Die Ergebnisse der quantitativen Analyse sind in Form einer Range-Chart in der Anlage A3 zusammengestellt. Ein Depth/Age-Plot findet sich in der Anlage A4.

Proben HAU 1, HAU 2 (2 Proben): Früh-Aalénien, Opalinum-Zone, Opalinum-Subzone

Die Proben zeigen eine reiche Palynoflora zusammengesetzt aus überwiegend Pollen, Sporen und Dinoflagellatenzysten.

Die Proben sind gekennzeichnet durch die häufig und z.T. sehr häufig vorkommenden Dinoflagellatenzysten-Arten *Batiacasphaera* sp. A und *Phallocysta? frommernensis*. Vertreter der Phallocystaceen sind divers mit vielen Arten der Gattungen *Andreedinium*, *Dodekovia*, *Ovalicysta*, *Parvocysta*, *Phallocysta*, *Reutlingia* und *Susadinium*. Ebenfalls divers sind Valvaeodiniaceae (*Valvaeodinium* spp., *Valvaeodinium cavum*, *V. sphaerechinatum* und *V. vermipellitum*) und Vertreter der Gattung *Nannoceratopsis* (*N. dictyambonis*, *N. gracilis* ss. und sl., *Nannoceratopsis plegas brevicornis*, *Nannoceratopsis* spp., *Nannoceratopsis* sp. B und *N. triangulata*). Weitere regelmässig auftretende Taxa sind *Scriniocassis* spp. (*S. limbicavatus*, *S. priscus*, *S. weberi*), *Evansia? cf. granochagrinata*, *Mancodinium semitabulatum* und *Walloclodium laganum*.

Der Top des Intervalls wird definiert durch das letzte Vorkommen von *Nannoceratopsis triangulata* und *Walloclodium laganum*, die beide ihr LAD in der Opalinum-Zone Opalinum-Subzone haben.

Die Vergesellschaftung von Phallocystaceen und Valvaeodiniaceen ist ebenfalls charakteristisch für das Aalénien, wobei die Diversität typischerweise vom Früh-Aalénien zum Spät-Aalénien abnimmt.

Proben HAU 4, HAU 6, HAU 8 (3 Proben): Aalénien, Opalinum-Zone, «Comptum»-Subzone bis Murchisonae-Zone

Die Dinoflagellatenzysten-Assoziationen dieses Probenintervalls zeigen in ihrer Zusammensetzung deutliche Unterschiede zu den Proben im Liegenden. Die guten Leitarten des Früh-Aaléniens *Phallocysta? frommernensis*, *Nannoceratopsis triangulata* und *Walloclodium laganum* treten nicht mehr auf. Phallocystaceen und Valvaeodiniaceen sind nach wie vor divers. Vertreter der Gattung *Nannoceratopsis* sind weiterhin häufig aber diverser als zuvor mit einigen neu einsetzenden Arten: *Nannoceratopsis* sp. 1, *N. plegas dictyornata*, *N. plegas plegas*, *N. tricerias*. Ebenfalls häufig sind *Andreedinium elongatum* (v.a. in der oberen Probe) und *Mancodinium semitabulatum*. *Scriniocassis* spp. kommt mit seinen drei Arten (*S. limbicavatus*, *S. priscus*,

S. weberi) vor, wobei *S. weberi* in den zwei unteren Proben zusammen mit einigen fraglichen Exemplaren von *Evansia?* cf. *granochagrinata* das letzte Mal auftritt.

Das Probenintervall ist definiert vom Aussetzen von *Nannoceratopsis triangulata* und *Wallogdinium laganum* im Liegenden bis zum Einsetzen von *Dissiliodinium* spp. im hangenden Probenintervall.

Das LAD von *Nannoceratopsis triangulata* und *Wallogdinium laganum* liegt in der Opalinum-Zone Opalinum-Subzone. Das LAD von *Scriniocassis weberi* liegt in der Opalinum-Zone «Comptum»-Subzone. Das FAD von *Dissiliodinium* spp. liegt in der Bradfordensis-Zone.

Das Probenintervall wird interpretiert als Opalinum-Zone, «Comptum»-Subzone bis Murchisonae-Zone, wobei die unteren beiden Proben eher «Comptum»-Subzone sein können und die obere Probe Murchisonae-Zone.

Probe HAU 10 (1 Probe): Mittel-Aalénien, Bradfordensis-Zone

Diese Probe ist der letzten Probe im liegenden sehr ähnlich, zeigt aber das erste Auftreten einiger Vertreter der Gattung *Dissiliodinium* sowie das erste Auftreten von *Evansia?* *spongogramulata*. *Andreedinium elongatum* ist häufig. *Scriniocassis limbicavatus* tritt in dieser Probe das letzte Mal auf.

Scriniocassis limbicavatus hat ihr LAD in der Bradfordensis-Zone. *Dissiliodinium* spp. hat sein FAD in der Bradfordensis-Zone. Das gemeinsame Vorkommen dieser zwei Arten spricht für Bradfordensis-Zone.

Proben HAU 11, HAU 13, HAU 14, HAU 15, HAU 16, HAU 17, HAU 18, HAU 19 (8 Proben): Concavum-Zone bis (?)Discites-Zone

Dieses Probenintervall unterscheidet sich deutlich vom Liegenden. Zum ersten Mal treten auf *Dissiliodinium lichenoides* (z.T. sehr häufig), *Evansia?* *eschachensis* und einige fragliche Einzel Exemplare von *Pareodinia* spp. Phallocystaceen sind deutlich weniger divers und kommen nur vereinzelt vor, mit der Ausnahme von *Andreedinium elongatum*, das zusammen mit dem Acri-tarch *Fromea tornatilis*, häufig bis sehr häufig ist. Erst in der obersten Probe (HAU 19) kommen zwei zweifelsfreie Exemplare von *Pareodinia* spp. und einige fragliche Exemplare von *Dissiliodinium* aff. *giganteum* vor.

Das FAD von *Dissiliodinium lichenoides* liegt in der Bradfordensis-Zone und das FAD von *Evansia?* *eschachensis* liegt in der Concavum-Zone. *Pareodinia* spp. kommt immer nur vereinzelt vor, v.a. ab der Discites-Zone. Es könnte aber mit einzelnen Exemplaren auch in die Concavum-Zone herunterreichen.

Die Akme von *Andreedinium elongatum* und *Fromea tornatilis* passt zu einem Alter im Bereich der Aalénien/Bajocien Grenze. Jüngere Arten, die ein Einsetzen im Bajocien haben liegen nicht vor.

Das Probenintervall wird interpretiert als Concavum-Zone bis möglicherweise Discites-Zone, wobei die oberste Probe mit grösserer Wahrscheinlichkeit in die Discites-Zone passt.

Tab. 8: Biostratigraphische Interpretation der Palynomorphen-Events (Unterer Hauenstein).

Chronostratigraphie		Biostratigraphie		Palynostratigraphie			Palynomorphen-Events
Stufe	US	Ammoniten-Z.	Subzone	Probe	Profil-meter	Nr.	
Bajocien	Früh	?Discites		HAU 19	31.10 m	38	Base (questionable): <i>Dissiliodinium</i> aff. <i>giganteum</i>
				HAU 18	30.90 m	37	Top: <i>Andreedinium elongatum</i> (acme)
				HAU 17	28.10 m	34	
				HAU 16	24.10 m	34	
Aalénien	Spät	?Discites – Concavum		HAU 15	18.10 m	34	
				HAU 14	11.00 m	33	
				HAU 13	8.50 m	30	
				HAU 11	7.50 m	28	Top (questionable): <i>Scriniocassis priscus</i> ; Base: <i>Dissiliodinium lichenoides</i> , <i>Evansia?</i> <i>eschachensis</i> ; Base (questionable): <i>Pareodinia</i> spp.
	Mittel	Bradfordensis		HAU 10	2.20 m	26	Top: <i>Scriniocassis limbicavatus</i> , <i>S. priscus</i> ; Base: <i>Dissiliodinium</i> spp., <i>Evansia?</i> <i>spongogranulata</i>
				HAU 8	1.50 m	25	Base: <i>Andreedinium elongatum</i> (acme)
	Früh	Murchisonae – Opalinum	evtl. «Comptum»	HAU 6	0.95 m	23	Top: <i>Evansia?</i> cf. <i>granochagrinata</i> , <i>Scriniocassis weberi</i>
				HAU 4	0.40 m	22	
		Opalinum	Opalinum	HAU 2	0.14 m	20	Top: <i>Nannoceratopsis triangulata</i> , <i>Phallocysta?</i> <i>frommernensis</i> , <i>Waliodinium laganum</i>
				HAU 1	-0.10 m	19	

3.2.4 Unterer Hauenstein Lithostratigraphie

Aufgrund der lithologischen Ausbildung und der biostratigraphischen Alter (Palynomorphen und Ammonitenneufunde sowie Funde von Rieber 1987 in Gygi & Rieber 1987), kann das Profil gemäss der Definition der Passwang-Formation von Burkhalter (1996) folgendermassen gegliedert werden:

Grenze zum Opalinuston: Die Grenze Opalinuston/Passwang-Formation liegt hier gemäss Burkhalter (1996) innerhalb der eisenoolithischen Kalksteine. Die unterste, 0.15 m mächtige, eisenoolithische Kalkschicht (HAU 2) ist aufgrund von Ammoniten (Gygi & Rieber 1987) und neuen Palynomorphen in die Opalinum-Subzone der Opalinum-Zone zu datieren. Gemäss Burkhalter (1996) bildet diese Schicht somit das Top des Opalinustons, welcher somit am Unteren Hauenstein in einem geringmächtigen eisenoolithischen Hartgrund endet. Darüber setzt die Passwang-Formation mit eisenoolithischen, fossilreichen Kalksteinen ein.

Das **Sissach-Member** beinhaltet die eisenoolithischen Kalksteine (0.15 – 2.30 m), welche gemäss neuen und bereits publizierten Ammoniten (Gygi & Rieber 1987) sowie neuen Palynodaten, altersmässig von der Opalinum-Zone bis zur Bradfordensis-Zone abgelagert wurden.

Die darüber einsetzenden feinsandigen Mergel (2.30 – 7.60 m) wurden palynostratigraphisch nicht weiter untersucht und enthielten auch keine Ammoniten. Somit lässt sich keine Angabe zum Alter machen. Bei der nahen Froburg beschreibt Bartholet (1964) aus dieser Schicht eine *Brasilina* (*Brasilina*) *tutcheri*, welche er in Zusammenarbeit mit F. Lieb der Bradfordensis-Zone zuordnete. Die darüber einsetzenden Sandsteine (HAU 11 – 14) lassen sich am Unteren Hauenstein gemäss Ammoniten (Gygi & Rieber 1987) und Palynomorphen der Concavum-Subzone der Concavum-Zone zuordnen. Somit wurde das **Hauenstein-Member** (2.30 – 11.1 m; identisch mit

Einheit 2) während der unteren Concavum-Subzone der Concavum-Zone abgelagert. Die Basis kann jedoch evtl. noch ein Bradfordensis-Zonalalter haben (Bartholet 1964).

Die darüber einsetzenden sandig, glimmerführenden Mergel des **Hirnichopf-Members** (11.1 – 31.0 m) können gemäss den Graphoceraten aus HAU 15 noch immer in die Concavum-Subzone der Concavum-Zone datiert werden. Dass die Grenze zwischen dem Hauenstein- und dem Hirnichopf-Member noch innerhalb der Concavum-Zone liegt wurde bereits von Lieb (1957) beschrieben. Werden dazu die Funde von Rieber (1987) in Gygi & Rieber (1987) berücksichtigt (Tab. 7), reicht die Concavum-Subzone der Concavum-Zone bis wahrscheinlich zur obersten sandigen, biodetritischen Sandsteinbank (?HAU 18). Im Hangenden dieser Bank folgt gemäss Gygi & Rieber (1987) eine weitere Bank (Schicht 37: heute nicht mehr aufgeschlossen) mit *Eudmetoceras amplexans*, welche somit in die Formosum-Subzone der Concavum-Zone zu stellen ist. Diese Schicht konnte im Feld nicht mehr gefunden werden und somit bleibt das Top des Hirnichopf-Members fraglich.

Alternative (rein lithostratigraphische) Einteilung

Aus rein lithostratigraphischer Sicht wäre es aus unserer Sicht sinnvoller, den Opalinuston mit den Tonsteinen (HAU 1) zu beenden und HAU 2 bereits zur Passwang-Formation zu zählen, so wie es auch Gygi & Rieber (1987) gegliedert haben. Somit würde die Passwang-Formation mit der informellen **Einheit 1** (0.00 – 2.30 m; Fig. 10 und 12) mit dem Eisenoolith-Hartgrund (HAU 2) an der Basis einsetzen und den lithologischen Wechsel dokumentieren. Der darüber liegende lithologische Wechsel zu den feinsandigen Mergeln definiert die Grenze zur **Einheit 2** (2.30 – 11.1 m), welche wiederum mit dem erneuten lithologischen Wechsel von den Sandsteinen (HAU 11 – 14) hin zu den sandigen, glimmerführenden Mergeln begrenzt ist. Darüber folgt die **Einheit 3** (11.1 – 31.0 m). Die Einheit 2 ist identisch mit der formellen Definition des Hauenstein-Members von Burkhäler (1996).

3.3 Das Profil Wasserflue

Das Profil liegt am Osthang der Wasserflue an einem relativ steilen Waldhang und einem schmalen Pfad (Koord.: 2'644.250/1'253.525). Es ist vom Parkplatz auf dem Bänkerjoch an der Passstrasse Küttigen, Aarau – Oberhof erreichbar. Der unterste Abschnitt wurde in einer teils mit Hangschutt bedeckten Runse aufgegraben. Die Schichten liegen im ca. 45° Süd fallenden Nord-schenkel der sogenannten Synklinaltafel, bzw. der Geissflue-Wasserflue-Scholle (Jordan et al. 2011). Tektonische Komplikationen innerhalb des Profils können nicht ausgeschlossen werden.

Die erste detaillierte Profilaufnahme stammt von Baumer & Müri in Baumer (1957). Das Profil wurde dann weiter dokumentiert und uminterpretiert durch Merki (1958) und Müri (1959). Gsell (1968) beschreibt den Aufschluss Wasserflue erneut, wobei er das Profil nochmals aufgenommen hat. Er beschreibt ein Profil mit ca. 19 m mächtigen «Sowerbyi-Schichten», wobei nur die oberen 11.5 m aufgeschlossen waren, und 7.3 m mächtigen «Sauzei-Schichten». Die «Humphriesi-Schichten» erreichen nur eine Mächtigkeit von 20 – 25 cm, welche wiederum von rund 30 m mächtigen «Blagdeni-Schichten» überlagert werden.



Fig. 13: Aufschluss Wasserflue: 40 cm mächtiger Hartgrund aus eisenoolithischem Kalkstein und Eisentromatolith-Kruste an der Basis der Passwang-Formation (WAS 1).
Foto S. Wohlwend: Aufnahme 21.07.2016.



Fig. 14: Aufschluss Wasserflue: Biodetrisch, sandige Kalkstein-Mergel-Wechselfolge im obersten Teil des Profils (ca. WAS 7 bis 14).
Foto G. Deplazes: Aufnahme 12.05.2015.

3.3.1 Wasserflue Lithologie

An der Wasserflue konnte ein ca. 47 m mächtiges, jedoch nicht vollständig aufgeschlossenes Profil (Fig. 15) durch die Passwang-Formation aufgenommen werden:

- x m – 0.8 m: graue, siltige, glimmerführende kalkige Tonsteine (Opalinuston; WAS 0).
- 0.80 – 1.40 m: 0.60 m mächtiger Abschnitt aus eisenoolithischen Kalksteinen mit Belemniten, Muscheln, Ammoniten, aufgearbeiteten Lithoklasten, Hartgründen mit Eisenstromatolith Krusten sowie grauen, spätigen, sandigen Kalksteinen (WAS 0x, WAS 01u, WAS 01a & WAS 01b).
- 1.40 – 5.70 m: 4.3 m graue siltige, glimmerführende Mergel. Basis: Mergel mit zahlreichen Belemniten, Muscheln, Intraklasten aus eisenoolithischem Kalkstein und limonitischen Geröllen (WAS 01c – WAS 03).
- 5.70 – 25.0 m: ca. 20 m Aufschlusslücke.
- ca. 25.0 – 27.50 m: 2.5 m mächtige Sandkalkbank, sandige Mergel und sandiger Kalkmergel mit Sandsteinlinsen (WAS 1 – WAS 2).
- 27.50 – 37.25 m: ca. 10 m Aufschlusslücke, zurückwitternder Waldhang.
- 37.25 – 46.00 m: 9.75 m mächtige Wechsellagerung von sandigen, spätigen, biodetritischen, teils limonitischen, Kalksteinen mit sandigen Mergeln (WAS 3 – WAS 11).
- 46.00 – 47.25 m: 1.25 m mächtige eisenoolithische, bzw. spätige, biodetritische und eisen-schüssige Kalksteine mit dünnen Mergelzwischenlagen (WAS 12 – WAS 14).

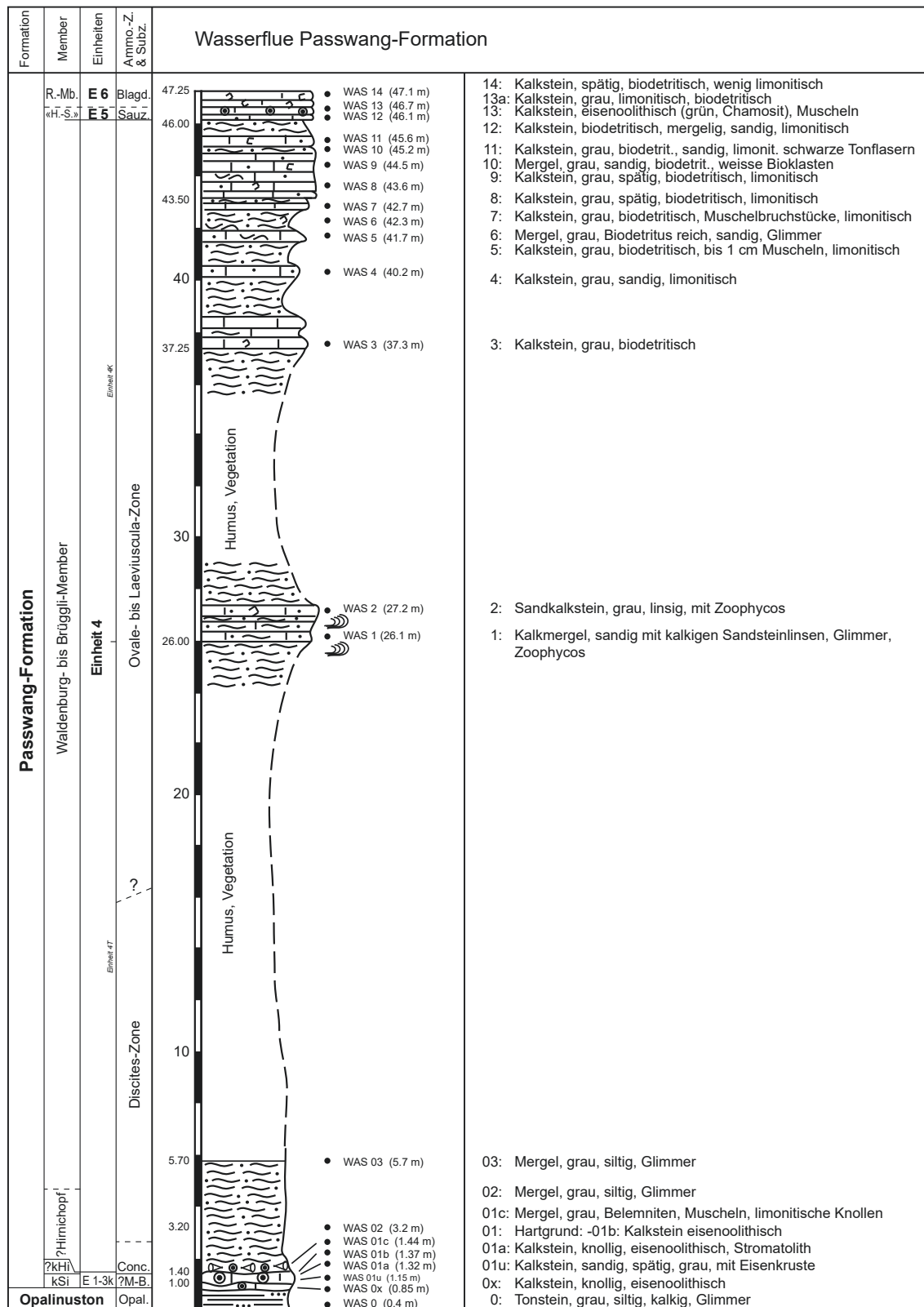


Fig. 15: Die Passwang-Formation an der Wasserflue.

kSi, ?kHi: «kondensiertes Äquivalent des Sissach-, ?Hirnichopf-Members»; «H.-S.»: «Humphriesi-Schichten»; R.-Mb.: Rothenfluh-Mb.; ?M-B.: ?Murchisonae- bis Bradfordensis-Z.

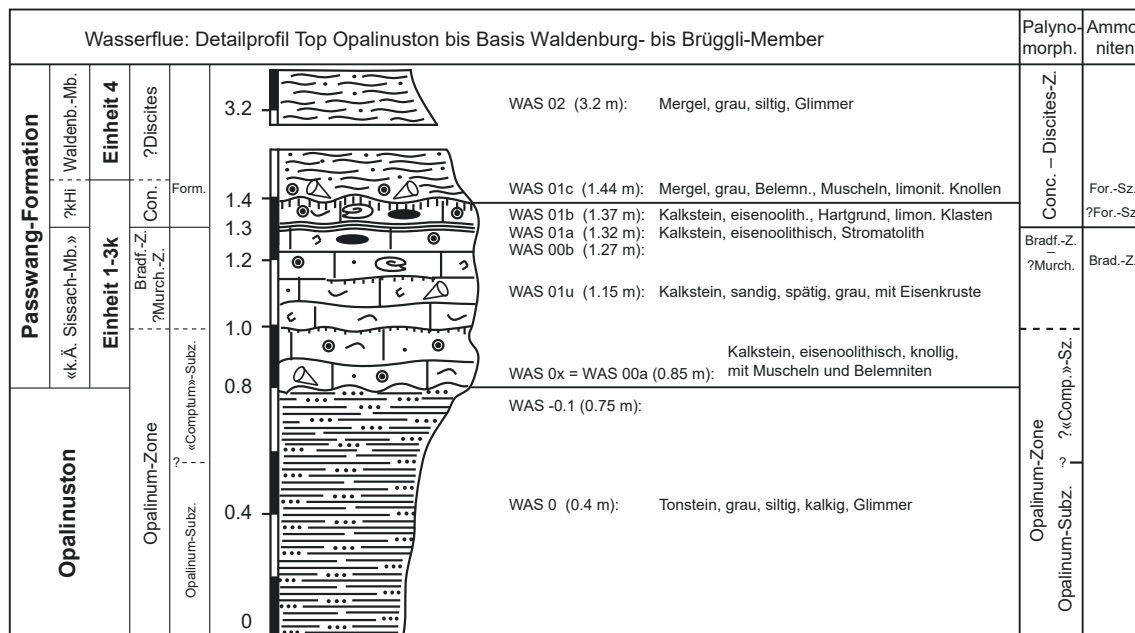


Fig. 16: Detailprofil des «kondensierten Äquivalents des Sissach- und ?Hirnichopf-Members» an der Wasserflue.

3.3.2 Wasserflue Mikrofazies

Vierzehn der Schichten wurden mit Dünnschliffen untersucht. Die Resultate der mikrofaziellen Analyse sind in Tab. 9 aufgelistet (s. auch Anlage C3). Die Schichten weisen folgende Charakteristika auf:

- Der analysierte 5 cm messende Dünnschliff des 0.4 m mächtigen Hartgrunds (WAS 01) kann nur einen kleinen Ausschnitt aus der Entwicklung des Hartgrunds zeigen. Er ist aus fünf Horizonten zusammengesetzt:
 - 5. eisenoolithischer siltiger Kalkstein mit 35 % limonitischen Eisenooide und 25 % Quarz
 - 4. chamositischer Fe-Stromatolith aus domartig gewachsenen Mikroben mit integrierten Eisenooide
 - 3. siltiger bis feinsandiger, biotritischer Kalkstein mit 20 % Quarz
 - 2. mikritischer, biotritischer Kalkstein
 - 1. eisenoolithischer, siltiger bis feinsandiger, biotritischer, z.T. limonitisch imprägnierter Kalkstein mit 10 % chamositischen Eisenooide und 15 % Quarz.
 - In der Mikrofazies Tabelle (Tab. 9) ist die mittlere Zusammensetzung der Probe WAS 01, ohne Berücksichtigung der einzelnen Horizonte, aufgelistet. Die Spalte Fe-Ooide enthält auch den Anteil des Fe-Stromatoliths.
- Der Mergel WAS 01c enthält bis 2 cm lange Muscheln, von denen ein paar intensiv mit Pyrit durchsetzt sind, eine 3 cm grosse, z.T. mit Chamosit/Limonit/?Phosphorit durchsetzte Knolle mit chamositischen Eisenooide, Echinodermenbruchstücke sowie 15 % Quarzsilt und 10 % Zement, v.a. in Form von Cone-in-Cone Calcit.

- Auch die Sandkalksteine (WAS 1), bzw. sandigen Kalkmergel (WAS 2) bestehen aus dem bekannten Sandgemisch von biogenen Komponenten und detritischem Quarz, wobei WAS 1 den höchsten Quarzgehalt (35 %) der analysierten Wasserflue Schichten aufweist.
- Die mergeligen und kalkigen Schichten der Mergel/Kalk-Wechselagerung sind sich mikrofaziell sehr ähnlich (Tab. 9, WAS 3 bis 9). Die Kalklagen bestehen aus Karbonatsand – dicht gepackten, bis 2 mm grossen Teilen von Echinodermen – und quarzsandigen, biodetritischen, mergeligen Lagen, wobei quarzsandige und karbonatsandige Lagen in einander verwühlt sind. Der Gehalt an Biodetritus variiert zwischen 20 – 45 %, der detritische Quarz von 15 – 25 %. Die Komponenten sind entweder eisencalcitisch zementiert oder in einer kalkigen oder mergeligen und auch limonitischen Grundmasse. Die beiden Schichten WAS 3 und WAS 4 enthalten 35 %, bzw. 10 % Fe-Dolomit. Der detritische Quarz weist mittlere Korngrössen von 0.08 mm und 0.1 mm auf.
- Bei den beiden eisenschüssigen, spätigen Kalksteinen (WAS 11 und WAS 12) ist bei 20 – 25 % der total 35 % Echinodermenbruchstücke das Porensystem mit Limonit gefüllt (= eisenschüssig). Sie liegen zusammen mit 15 %, durchschnittlich 0.08 – 0.1 mm grossen Quarzkörnern in limonitischer mikritischer Matrix.
- Die einzige eisenoolithische Schicht (WAS 13), abgesehen von der Profilbasis, enthält 25 % kugelige, aus zahllosen Chamositrinden zusammengesetzte, 0.2 – 1 mm grosse Eisenooide. Bei einigen sind die äusseren Rinden teilweise durch Calcit ersetzt. Sie sind zusammen mit wenigen Muscheltrümmern und 5 % detritischem Quarzsilt in mikritischer Matrix eingebettet.
- Die beiden obersten Schichten (WAS 13a, WAS 14) bestehen zu 70 – 75 % aus dicht gepackten Komponenten, wobei Bioklasten überwiegen, und zwar bis 40 %, ca. 0.4 mm grossen Echinodermen- und 10 % Muscheltrümmer sowie 20 bzw. 35 % 0.2 mm grosse mikritische Pellets. Die Komponenten liegen z.T. in Mikritmatrix vor oder sind von wenig Calcitzement umgeben.

Tab. 9: Mikrofazielle Zusammensetzung der Schichten im Profil Wasserflue in Vol.-%.

	sparit. Calcizement	Pseudosparit Mikrit, Ton	Fe-Dolomit/Dedolomit	limonit. Matrix	Intraklasten	Pellets, Peloid	Fe-Ooide	limo. Echino. & Bryoz.	Echinodermen	Muscheln, Bryozoen	Spongienadeln	diverse Fossilien	Chert	detritischer Quarz	Ø Korngrösse [mm]	Pyrit
WAS 14 (47.10 m)	15		5	10		20			40	10						
WAS 13a (46.70 m)	15			10		35			30	10						
WAS 13 (46.70 m)	5	60					25			5				5	0.05	
WAS 12 (46.10 m)	10			20			3	25	10	10		5		15	0.08	
WAS 11 (45.60 m)	15	5		15				20	15	10		5		15	0.08	
WAS 9 (44.50 m)	15	10		15				5	25	10		5		15	0.10	
WAS 6 (42.30 m)	5	25							25	20		5		20	0.10	
WAS 5 (41.70 m)	15	20		10					20	15		5		15	0.08	
WAS 4 (40.20 m)	15		35						10	10		5		25	0.10	
WAS 3 (37.30 m)	30		10	10				15	10	10				15	0.08	
WAS 2 (27.20 m)	35								20	15		5		25	0.08	
WAS 1 (26.10 m)	20	30							10	5				35	0.08	
WAS 01c (1.44 m)	10			20	10		25		7	8				15	0.04	5
WAS 01 (1.15 m)				35			35		10	5				15	0.05	

3.3.3 Wasserflue Biostratigraphie

3.3.3.1 Ammonitenstratigraphie

Das Profil Wasserflue wurde einmal besucht, wobei aus dem unteren Bereich des Profils nur sehr wenige Ammoniten geborgen werden konnten. Aus den höheren Horizonten konnte wegen den schlechten Aufschlussverhältnissen kaum mit Funden gerechnet werden:

- Unter dem Stromatolith (1.20 m in Fig. 16) konnte eine *Ludwigia falcifera* (Althoff 1940) (Tafel 3, Fig. 1) und eine kleine *Brasilia* ex gr. *bradfordensis* (Buckman 1887) (Tafel 3, Fig. 2) gefunden werden. Somit handelt es sich wahrscheinlich um die Bradfordensis-Zone.
- Oberhalb des Stromatolithen (1.37 m in Fig. 16) konnte nur gerade ein Ammonitenfragment geborgen werden. Es handelt sich um einen *Graphoceras* sp. (Tafel 3, Fig. 3) Dieser gehört in die Concavum-Zone, wahrscheinlich Formosum-Subzone.
- Im Mergel über dem Hartgrund (1.45 m in Fig. 16) wurden mehrere meist fragmentarische Ammoniten geborgen. Dabei handelt es sich um *Eudmetoceras amplexans* (Buckman 1889) (Tafel 3, Fig. 5), und *Graphoceras* sp. (Tafel 3, Fig. 4). Altersmässig lässt sich dieses Fundniveau der Concavum-Zone, Formosum-Subzone zuordnen.
- Der höhere Teil des Profils lieferte keine Ammoniten. Allerdings konnten im Hangschutt einzelne rote, eisenoolithische, fossilreiche Gerölle festgestellt werden, in denen Ammoniten zu erwarten sind, wahrscheinlich aus den «Humphriesi-Schichten».

- In einem Aufschluss weiter östlich konnte zudem eine harte, 20 cm mächtige Kalkbank im oberen Bereich des Opalinustons entdeckt werden. Nebst zahlreichen aufgearbeiteten z.T. eisenoolithischen Komponenten konnte ein *Leioceras opalinum* gefunden werden.

Die Ammonitenstratigraphie für das Profil Wasserflue ist in Tab. 10 dargestellt.

Tab. 10: Ammonitenstratigraphie Profil Wasserflue.

Nachgewiesene Ammoniten-Zonen, -Subzonen sowie -Horizonte aus dem Profil Wasserflue sind grau hinterlegt.

Chronostratigraphie		Biostratigraphie			Mächtigkeit [m]	Lithologie
Stufe	US	Ammoniten-Z.	Subzone	Horizont		
Bajocien	Früh	Humphriesianum	Blagdeni			
			Humphriesianum			
			Romani			
			Pinguis			
		Sauzei	Macrum <i>sensu Ohmert</i>			
			Kumaterum <i>sensu Ohmert</i>			
		Laeviuscula	Laeviuscula			
			Trigonalis			
		Ovale				
		Discites	frühe			
Aalenien	Spät	Concavum	Formosum		1.45 m	grauer eisenoolithführender Mergel mit eisenoolithischen Konkretionen
			?Formosum		1.37 m	eisenoolithischer Kalkstein
			Concavum			
	Mittel	Bradfordensis	Giganteus		1.20 m	eisenoolithischer Kalkstein
			Bradfordensis			
		Murchisonae	Murchisonae			
			Haugi			
	Früh	Opalinum	«Comptum»			
			Opalinum			

3.3.3.2 Palynostratigraphie

Die bearbeiteten Proben zeigen zum grössten Teil einen guten palynologischen Rückstand mit reicher und diverser Palynoflora.

Die Erhaltung der Palynomorphen ist zumeist gut. Das Palynomorphen-Spektrum setzt sich zusammen aus überwiegend Dinoflagellatenzysten, Pollen und Sporen. Nur untergeordnet treten Prasinophyten, Acritarchen, Foraminiferentapeten und Grünalgen (z.B. *Botryococcus*) auf. Es konnten 67 Dinoflagellatenzysten-Taxa, 16 andere aquatische Palynomorphen und 51 Pollen- und Sporen-Taxa unterschieden werden.

Einige aufgearbeitete Sporomorphen (*Densosporites* spp.) weisen auf Erosion triassischer Sedimente im Liefergebiet hin.

Die untersuchten Proben von Wasserflue können mit Hilfe von Dinoflagellatenzysten auf Früh-Aalénien bis Bajocien datiert werden. Es können 6 Probenintervalle unterschieden und der Ammoniten-Biostratigraphie zugeordnet werden (Tab. 11). Die Ergebnisse der quantitativen Analyse sind in Form einer Range-Chart in der Anlage A5 zusammengestellt. Ein Depth/Age-Plot findet sich in der Anlage A6.

Proben WAS 0, WAS -01, WAS 00a (3 Proben): Früh-Aalénien, Opalinum-Zone

Die Proben zeigen eine reiche Palynoflora zusammengesetzt aus überwiegend Pollen und Sporen. Dinoflagellatenzysten sind selten mit einem Anteil von 4 bis 8 % an der Palynoflora.

Die Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftung der untersten Probe (WAS 0) ist charakterisiert durch z.T. häufig *Kallosphaeridium praussii* und Vertreter der Gattung *Nannoceratopsis* (*N. gracilis* s.s. und s.l., *N. plegas plegas*, *Nannoceratopsis* spp.), *Evansia*? cf. *granochagrinata*, *Scrinioicassis limbicavatus*, *S. priscus* und *Wallodinium laganum* (häufig). Phallocystaceen und Valvaediniaceen sind, mit Ausnahme von *Moesiodinium raileanui*, das häufig vorkommt, wenig divers und recht selten (*Dodekovia pseudochytroides*, *Valvaeodinium sphaerechinatum*).

Die zwei nächsten Proben (WAS -01 und WAS 00a) zeigen eine höhere Diversität. Neu hinzukommende Taxa sind *Batiacasphaera* spp., *Batiacasphaera* sp. A, *Mancodinium semitabulatum*, *Scrinioicassis weberi* sowie diverse Vertreter der Phallocystaceen (*Andreedinium* spp., *Andreedinium* aff. *elongatum*, *Dodekovia* spp., *D. bullula*, *Phallocysta*? *frommernensis*, *Reutlingia cardobarbata*, *Susadinium scrofoides*) und Vertreter der Gattung *Nannoceratopsis* (*Nannoceratopsis* sp. 1, *N. dictyambonis*, *N. triangulata* (fraglich)).

Am Top des Probenintervalls setzen folgende Arten aus: *Andreedinium* spp., *A.* aff. *elongatum*, *Evansia*? cf. *granochagrinata* (fraglich), *Kallosphaeridium praussii* (fraglich), *Nannoceratopsis plegas plegas*, *N. triangulata* (fraglich), *Phallocysta*? *frommernensis*, *Scrinioicassis weberi* und *Wallodinium laganum* (häufig).

Die meisten der vorkommenden und bis zum Top des Probenintervalls reichenden Taxa sind typisch für den Opalinuston und die Opalinum-Subzone. Es kann aber nicht ausgeschlossen werden, v.a. für die oberen beiden Proben, dass es sich um ein etwas jüngeres Alter handelt («Comptum»-Subzone), mit Aufarbeitung aus der Opalinum-Subzone. Das Probenintervall wird als Opalinum-Zone interpretiert.

Probe WAS 00b (1 Probe): Mittel-Aalénien, ?Murchisonae- bis Bradfordensis-Zone

Die Probe ist gekennzeichnet durch das Einsetzen von *Evansia*? *spongogranulata* und zwei fraglichen Exemplaren von *Dissiliodinium lichenoides*. Weitere neu hinzukommende Arten sind *Andreedinium elongatum*, *Hystrichodinium*? sp., *Nannoceratopsis* sp. B und *Phallocysta eumekes*.

Zum letzten Mal kommen vor *Phallocysta eumekes*, *Scrinioicassis limbicavatus* und *S. priscus*.

Das Vorkommen von *Evansia*? *spongogranulata* markiert ein Mindestalter von Murchisonae-Zone. *Dissiliodinium lichenoides* hat ein FAD in der oberen Bradfordensis-Zone. Die LADs von *Scrinioicassis limbicavatus* und *S. priscus* liegen in der Bradfordensis-Zone.

Die Probe wird somit auf ?Murchisonae- bis Bradfordensis-Zone datiert.

Proben WAS 01a, WAS 01b, WAS 01c, WAS 02, WAS 03 (5 Proben): Spät-Aalénien, Concavum-Zone bis Früh-Bajocien, Discites-Zone

Zwischen der Probe im Liegenden und diesem Probenintervall ist ein deutlicher Wechsel in der Dinoflagellatenzysten-Assoziation sichtbar. Die typischen Formen des Früh-Aaléniens kommen nicht mehr vor. Wichtige neu einsetzende Arten sind *Evansia? eschachensis*, *Dissiliodinium* spp., *D. aff. giganteum* und *Pareodinia* spp. (erst fraglich, dann sicher). *Dissiliodinium lichenoides* und *Andreodinium elongatum* sind häufig. Die Arten *Andreodinium elongatum* und *Nannoceratopsis* sp. B setzen am Top des Intervalls aus.

Ein Exemplar von *Wallodinium laganum* wird als Wiederaufarbeitung oder Verunreinigung interpretiert.

Das Vorkommen von *Evansia? eschachensis* in der Probe an der Basis des Intervalls markiert ein Mindestalter von Concavum-Zone. In derselben Probe kommt ein erster fraglicher Vertreter von *Pareodinia* spp. vor. *Dissiliodinium aff. giganteum* setzt erst in der nächsten Probe mit zwei fraglichen Exemplaren ein. *Pareodinia* spp. und *Dissiliodinium aff. giganteum* setzen normalerweise an der Basis der Discites-Zone ein.

Das Probenintervall wird als Concavum- bis Discites-Zone interpretiert, wobei die unterste Probe wahrscheinlich noch Concavum-Zone ist und die oberen Proben wahrscheinlich Discites-Zone.

Die Akme von *Andreodinium elongatum* und dem Acritarch *Fromea tornatilis* passt zu einem Alter im Bereich der Aalénien/Bajocien Grenze.

Proben WAS 1, WAS 3, WAS 6, WAS 9, WAS 10, WAS 12 (6 Proben): Früh-Bajocien, Ovale- bis Laeviuscula-Zone

Dieses Intervall ist gekennzeichnet durch das sukzessive Einsetzen von *Dissiliodinium giganteum* (häufig) und *Gongylodinium erymnoteichon*, dann *Cavatodissiliodinium hansgochtii* (z.T. häufig) und dann *Durotrigia daveyi* und *Durotrigia* spp. Ihr letztes Vorkommen in diesem Probenintervall haben *Nannoceratopsis dictyambonis* und *Evansia? eschachensis*.

Das Probenintervall ist definiert vom Einsetzen von *Dissiliodinium giganteum* bis zum Top von *Evansia? eschachensis*.

Das FAD von *Dissiliodinium giganteum* liegt am Eichberg im aller obersten Bereich der Discites-Zone. Sicher kommt die Art ab der Ovale-Zone vor und reicht bis in die Sauzei-Zone. Die Art *Durotrigia daveyi* hat ihr erstes Auftreten in der Ovale-Zone und reicht bis in das Spät-Bajocien hinein. *Cavatodissiliodinium hansgochtii* ist bislang nur aus der Laeviuscula- und Sauzei-Zone bekannt. Das LAD von *Evansia? eschachensis* liegt am Eichberg in der Ovale-Zone. Das LAD von *Nannoceratopsis dictyambonis* liegt in der Laeviuscula-Zone.

Das Probenintervall wird als Ovale- bis Laeviuscula-Zone interpretiert.

Probe WAS 13 (1 Probe): Früh-Bajocien, Laeviuscula- bis Sauzei-Zone

Die Zusammensetzung der Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftungen dieser Probe ist der im Liegenden sehr ähnlich. Es fehlen aber *Evansia? eschachensis* und *Nannoceratopsis dictyambonis*. Beide Arten haben ihr LAD in der Ovale- bzw. Laeviuscula-Zone. *Cavatodissiliodinium hansgochtii*, *Dissiliodinium giganteum* und *Evansia? spongogranulata* haben ihr letztes Vorkommen.

Die LADs von *Dissiliodinium giganteum*, *Evansia? spongogranulata* und *Cavatodissiliodinium hansgochtii* liegen in der Sauzei-Zone.

Die Probe wird somit als Laeviuscula- bis Sauzei-Zone interpretiert.

Probe WAS 14 (1 Probe): Früh-Bajocien, Humphriesianum-Zone, Blagdeni-Subzone

Zu den Proben im Liegenden ist ein deutlicher Wechsel in den Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftungen zu verzeichnen. Diverse neue Taxa setzen ein.

Die Grenze zum Probenintervall im Liegenden ist definiert durch das neue Einsetzen von *Acanthaulax crispa*, *Meiourogoniaulax* spp., *Meiourogoniaulax valensii*, *Rhynchodiniopsis? regalis*, *Valensiella/Ellipsoidictyum* complex.

Acanthaulax crispa ist eine bekannt gute Leitart, die auch in der subborealen nordwesteuropäischen Zonierung von Poulsen & Riding (2003) als zuverlässiger Marker verwendet wird. Die Art hat ein bekanntes Vorkommen von der Humphriesianum-Zone bis in den obersten Teil der Parkinsoni-Zone, kurz vor der Grenze Bajocien/Bathonien. An der Wende Früh-/Spät-Bajocien (d.h. späte Humphriesianum-/Niortense-Zone) findet europaweit ein bedeutender Mikroflorenwechsel statt. Genauer gesagt findet eine sehr starke, fast explosionsartige Diversifizierung bei den zystenbildenden Dinoflagellaten statt, die sich durch das Neueinsetzen vieler neuer Arten und Gattungen in einer Range-Chart manifestiert. Die Gattungen *Acanthaulax*, *Meiourogoniaulax*, *Rhynchodiniopsis* und *Valensiella*, u.a. gehören bereits zu diesem Formenkreis des Spät-Bajociens (s. auch Feist-Burkhardt & Götz 2016).

Rhynchodiniopsis? regalis hat ihr FAD in der obersten Subzone der Humphriesianum-Zone, der Blagdeni-Subzone.

Die Probe wird somit auf Humphriesianum-Zone, Blagdeni-Subzone datiert.

Tab. 11: Biostratigraphische Interpretation der Palynomorphen-Events (Wasserflue).

Chronostratigraphie		Biostratigraphie		Palynostratigraphie			Palynomorphen-Events
Stufe	US	Ammoniten-Z.	Subzone	Probe	Profil-meter	Nr.	
Bajocien	Früh	Humphriesianum	Blagdeni	WAS 14	47.10 m		Base: <i>Acanthaulax crista</i> , <i>Durotrigia filapicata</i> , <i>Meiourougonyaulax valensii</i> s.l., <i>Rhynchodiniopsis? regalis</i>
			Humphri.				
			Romani				
			Pinguis				
		Sauzei – Laeviuscula		WAS 13	46.70 m		Top: <i>Cavatodissilodinium hansgochti</i> , <i>Dissilodinium giganteum</i> , <i>Evansia?</i> <i>spongogranulata</i> , <i>Moesiodinium raileanui</i>
		Laeviuscula – Ovale		WAS 12	46.10 m		Top: <i>Evansia? eschachensis</i>
				WAS 10	45.20 m		Top (questionable): <i>Nannoceratopsis dictyambonis</i>
				WAS 9	44.50 m		
				WAS 6	42.30 m		Base: <i>Durotrigia daveyi</i> (consistent)
				WAS 3	37.30 m		Base: <i>Cavatodissilodinium hansgochti</i>
				WAS 1	26.10 m		Base: <i>Dissilodinium giganteum</i> , <i>Dissilodinium giganteum</i> (acme), <i>Gongylodinium erylnotieichon</i>
		Discites - ?Concavum		WAS 03	5.70 m		
				WAS 02	3.20 m		
				WAS 01c	1.44 m		
				WAS 01b	1.37 m		Base (questionable): <i>Dissilodinium</i> aff. <i>giganteum</i>
Aalénien	Spät	?Discites - Concavum		WAS 01a	1.32 m		Base: <i>Evansia? eschachensis</i> ; Base (questionable): <i>Pareodinia</i> spp.
	Mittel	Bradfordensis – ?Murchisonae		WAS 00b	1.27 m		Top: <i>Phallocysta eumekes</i> , <i>Scriniocassis limbicavatus</i> , <i>Scriniocassis priscus</i> , <i>Waliodinium laganum</i> ; Base (questionable): <i>Dissilodinium lichenoides</i> ; Base: <i>Evansia? spongogranulata</i> , <i>Phallocysta eumekes</i>
	Früh	Opalinum	evtl. «Comptum»	WAS 00a	0.85 m		Top: <i>Nannoceratopsis triangulata</i> (questionable), <i>Phallocysta? frommernensis</i> , <i>Scriniocassis weberi</i>
				WAS -01	0.75 m		
			Opalinum	WAS 0	0.40 m		

3.3.4 Wasserflue Lithostratigraphie

Das Profil an der Wasserflue wird aufgrund der lithologischen Ausbildung und der biostratigraphischen Alter der Schichten, abgestützt auf Burkhalter (1996), in folgende Untereinheiten der Passwang-Formation gegliedert. Die Korrelation der einzelnen Member und/oder deren kondensierten Äquivalenten gelingt nicht ohne Vorbehalt:

Grenze zum Opalinuston: Die Grenze vom liegenden Opalinuston zur Passwang-Formation ist lithologisch klar und eindeutig: Der Opalinuston endet in Tonsteinen. Darüber setzt die Passwang-Formation mit einem 0.6 m mächtigen Hartgrund mit Eisenoolithen ein.

Der unterste Bereich der markanten eisenoolithischen Kalkbank (WAS 00a) wurde mittels Palynomorphen als Opalinum-Zone interpretiert. Es kann sich um den jüngeren Teil der Zone

handeln («Comptum»-Subzone), mit Aufarbeitung aus der Opalinum-Subzone. Wenige Zentimeter unter den stromatolithischen Eisenkrusten (WAS 01a) konnte ein *Ludwigia falcifera* und eine kleine *Brasilia* ex gr. *bradfordensis* gefunden werden, was wahrscheinlich für Bradfordensis-Zone spricht. Dieses Alter wurde durch die Palynomorphen aus der Probe WAS 00b bestätigt (?Murchisonae- bis Bradfordensis-Zone). Die Probe aus den stromatolithischen Eisenkrusten (WAS 01a) wurde mittels Palynomorphen bereits in die Concavum- bis Discites-Zone datiert, wobei die wahrscheinlichere Concavum-Zone mit dem Fund eines *Graphoceras* sp. bestätigt wurde. Somit endet das «**kondensierte Äquivalent des Sissach-Members**» (0.8 – 1.3 m) direkt unterhalb den stromatolithischen Eisenkrusten.

Die stromatolithischen Eisenkrusten und der direkt darüber folgende eisenoolithische Kalkstein mit limonitischen Klasten können mit *Graphoceras* sp. in die Concavum-Zone gestellt werden, wahrscheinlich in die Formosum-Subzone. Falls die Subzonen Zuordnung richtig ist, handelt es sich dabei um das «**kondensierte Äquivalent des Hirnichopf-Members**» (1.3 – 1.4 m). Handelt es sich jedoch um die Concavum-Subzone wäre es wohl eher das «kondensierte Äquivalent des Hauenstein-Members». Die Gliederung dieser kondensierten Bereiche ist ohne detaillierte Biostratigraphie nicht möglich.

Die Formosum-Subzone der Concavum-Zone lässt sich erst im Mergel über dem Hartgrund (1.45 m in Fig. 16) mit mehreren meist fragmentarischen Ammoniten (*Eudmetoceras amplexans* und *Graphoceras* sp.) mit Sicherheit nachweisen. Die schlechten Aufschlussverhältnisse im folgenden Intervall lassen ohne grössere Grabaktionen keine weitere Gliederung zu. Die grauen, siltigen, glimmerführenden Mergel werden bei rund 26.0 m von sandigen Kalkmergeln (WAS 1: 35 % detritischer Quarz) unterbrochen. Diese konnten mittels Palynomorphen der Ovale- bis Laeviuscula-Zone zugeordnet werden. Ob dies bereits der Basis des sandig-biotritischen u.T. des Brüggl-Members (*sensu* Burkhalter 1996) entspricht, kann nicht mit Sicherheit festgestellt werden. Aus diesem Grunde wird hier das **Waldenburg- bis Brüggl-Member** zusammengefasst und nicht weiter aufgegliedert. Der sandig-biotritische Anteil nimmt zum Hangenden hin zu. Die Palynoprobe WAS 3 zeigt noch immer dasselbe Alter wie die Probe davor (Ovale- bis Laeviuscula-Zone). Erst mit der Probe bei 46.7 m (WAS 13) können das erste Mal eisenoolithische Kalksteine nachgewiesen werden («**Humphriesi-Schichten**»). Jedoch spricht ihre Palynomorphendatierung für ein Alter aus der Laeviuscula- bis Sauzei-Zone und nicht Humphriesianum-Zone. Wie bereits Gsell (1968) festgehalten hat, sind die eisenoolithischen Kalkschichten der «Humphriesi-Schicht» mit wenigen Dezimetern sehr geringmächtig.

Die nächsthöhere spätige, biotritische Kalksteinprobe (WAS 14) im Hangenden der «Humphriesi-Schicht» wird auf Humphriesianum-Zone, Blagdeni-Subzone datiert und passt somit lithologisch nicht auf den ersten Blick (keine Mergel) dafür aber biostratigraphisch in das **Rothenfluh-Member** (46.70 – 47.25 m). Die fein- bis grobspätige Kalkserie an der Basis des Rothenfluh-Members wurde bereits von Gsell (1968) als *Crinoidenstielgliederbrekzie* (*Pentacriniten-Brekzie* von Mühlberg 1908 und evtl. identisch mit der *Echinodermenbrekzie* in Jordan et al. 2011) beschrieben. Gsell (1968) gibt für die Mächtigkeit dieser Kalkserie an der Wasserflue 1.6 m an, welche von rund 30 m mächtigen grauen bis grauschwarzen Mergeln überlagert werden. Ähnliche Mächtigkeiten für das Rothenfluh-Member findet man in den Diplomarbeiten von Baumer (1957), Merki (1958) und Müri (1959). Dieses mächtige Intervall wurde in dieser Arbeit nicht mehr neu aufgenommen, kann z.T. noch im Feld beobachtet werden, ist aber grösstenteils überwachsen.

Der auffallendste Unterschied zwischen dem neu aufgenommenen Profil und den bisherigen von Baumer (1957), Merki (1958), Müri (1959) und Gsell (1968) ist der Mächtigkeitsunterschied. Addiert man die beschriebenen «Sowerbyi-», «Sauzei-» und «Humphriesi-Schichten» von Gsell (1968) kommt man auf 26.5 m. Nun beschreibt er weiter, dass der erste sichere «Murchisonaeschichtenaufschluss» knapp 10 m unterhalb der Profilbasis sei. Somit ergeben sich 36.5 m. Mit der 0.6 m mächtigen kondensierten Kalkbank des Sissach-Members ergibt das in etwa 37 m und somit rund 10 m weniger als in unserem Profil. Wie jedoch bereits anfänglich beschrieben wurde, können tektonische Komplikationen innerhalb des Profils nicht ausgeschlossen werden.

Alternative (rein lithostratigraphische) Einteilung

Die Gliederung gemäss der einzelnen Member und/oder deren kondensierten Äquivalenten gelingt nicht ohne Vorbehalt. Die Lokalität der Wasserflue liegt zudem ausserhalb der Geltungsbereiche des Hauenstein- und des Hirnichopf-Members (Burkhalter 1996). Die Unterteilung der basalen Kalkbank (0.8 – 1.4 m) der Passwang-Formation ist ohne biostratigraphischen Daten nicht möglich. Jedoch auch die Ammonitenfunde (*Graphoceras* sp) aus der Concavum-Zone lassen keine definitive zeitliche Einordnung zu. Es kann sich um das «kondensierte Äquivalent des Hauenstein- sowie auch des Hirnichopf-Members» halten. Die ganze eisenoolithische Bank, da selber geringer als 1 Meter, ist zudem kondensiert. Einfacher ist es, wenn die ganze Bank mit der **Einheit 1-3k** (0.8 – 1.4 m) beschrieben wird. Somit beschreibt man die lithologische Ausbildung der eisenoolithischen Kalksteinbank. Da hier an der Wasserflue auch das Sissach-Member kondensiert ist, liegt die Einheit 1-3k direkt dem Opalinuston auf.

Der lithologische Wechsel im Hangenden der eisenoolithischen Kalksteinbank ist gleichzeitig der Wechsel zur **Einheit 4** (1.40 – 46.70 m). Die Einheit 4 deckt den Bereich mit den grauen, siltigen, glimmerführenden Mergel, welche von den einzelnen sandigen Kalkmergeln unterbrochen werden. Aus lithologischer Sicht kann das Intervall in einen unteren, eher tonigeren, mergeligeren Bereich (Subeinheit 4T) und einen eher kalkigeren (Subeinheit 4K), sandigeren oberen Bereich unterteilt werden. Die Grenze ist bei den schlechten Aufschlussverhältnissen etwas fraglich, wird aber an die Basis der sandigen Kalkmergel (35 % detritischer Quarz) bei 26.00 m gelegt.

Das Einsetzen der eisenoolithischen Kalksteine bei 46.1 m sowie das nur wenige Dezimeter darüber liegende Aussetzen bei 46.7 m definiert ein markantes Intervall im Profil, welches den «Humphriesi-Schichten» entspricht und wird hier als **Einheit 5** geführt.

Im Hangenden der Eisenoolithe und somit im Hangenden der Einheit 5 folgt die **Einheit 6** (46.7 – 47.25 m). Diese ist identisch mit der formellen Definition des Rothenfluh-Members (Gonzalez & Wetzel 1996, Entscheid SKS 2004).

3.4 Das Profil Thalheim

Das Profil Thalheim (Koord.: 2'649.500 / 1'254.750) folgt dem Waldsträsschen am Osthang des Hard nördlich Thalheim. Der untere Profilteil liegt unterhalb des Strässchens im Abhang gegen Milchbrunnen (Fig. 17) kann jedoch auch oberhalb am Strässchen gefunden werden (Fig. 18). Die Schichten sind Teil des ca. 40° Süd fallenden Nordschenkels der Thalheim-Veltheim-Scholle (Thalheim-Synklinale; Diebold et al. 2006).



Fig. 17: Stratigraphischer Kontakt des Opalinustons (unter dem Überhang) mit den Kalksteinen der Passwang-Formation.
Foto S. Wohlwend: Aufnahme 23.10.2017.



Fig. 18: Erste Sandkalkbänke aus dem mittleren Bereich des Waldenburg- bis Brüggli-Members der Passwang-Formation entlang der Waldstrasse.
Entspricht dem Bereich ca. 19–26 m in Fig. 19; Foto G. Deplazes: Aufnahme 19.03.2015.

3.4.1 Thalheim Lithologie

Bei Thalheim konnte folgendes 40.0 m mächtige, jedoch nicht vollständig aufgeschlossene Profil (Fig. 19) durch die obersten Schichten des Opalinustons und die Passwang-Formation aufgenommen werden:

- -16 – 0 m: dunkelgraue, glimmerführende, siltige, kalkige Tonsteine (THA 1).
- 0 – 3.80 m: 3.80 m mächtige sandige Mergel mit kalkigen Sandsteinlinsen (THA 4 & 5), welche an der Basis aus drei, zusammen 0.6 m mächtigen, mergeligen Sandkalkschichten (THA 2 & 3) mit 0.5 cm grossen, weissen Muschelschalen und 4 cm messenden Muschelsteinkernen besteht. Einzelne der Sandsteinlinsen lassen noch ein Kleinrippelgefüge erkennen, sonst sind sie verwühlt.
- 3.80 – 5.07 m: 1.27 m mächtige, rostrote, spätige, biodetritische, eisenschüssige, sandige Kalksteine mit limonitischen Bioklasten mit zahllosen, bis 5 mm grossen weissen Echinodermenbruchstücken (THA 6 – 11).
- 5.07 – 5.17 m: 10 cm mächtige Aufarbeitungslage mit z.T. limonitischen, eisenooideführenden, spätigen Kalkknauern in mikritischer Matrix mit vereinzelt Eisenooide (THA 11a).
- 5.17 – 5.25 m: 8 cm mächtiger Eisenoolith mit einzelnen Belemniten (THA 11b).
- 5.25 – 19.3 m: ~ 14 m Aufschlusslücke (schwierig abzuschätzen im Gelände); mit grauen, glimmer- und biodetritusführenden, sandigen Mergeln (THA 11 und 7 m darüber THA 12). Weiter dem Weg folgend konnte in diesem Bereich (ca. 2 – 3 m über dem unteren Intervall) eine Kalksteinbank gefunden werden mit zahlreichen Muscheln und Ammoniten (nicht im Profil dargestellt, Beschreibung s. Kap. 3.4.3.1 sowie Anlage B8).
- 19.3 – 30.6 m: 11.3 m mächtige Wechsellagerung von spätigen, biodetritischen, sandigen Kalksteinen, Sandkalksteinen und sandigen Mergeln (THA 13 – 23).
- 30.6 – 38.4 m: 7.8 m mächtige Wechsellagerung von eisenschüssigen, biodetritischen Kalksteinen mit limonitischen Bioklasten (THA 24 & 25), sandigen Mergeln und eisenoolithischen Kalkbänken (THA 26 – 31) mit relativ vielen handgrossen dickschaligen Muscheln.
- 38.4 – 40.0 m: 1.6 m sandige Mergel mit vereinzelt mikritischen Kalklagen (THA 32).

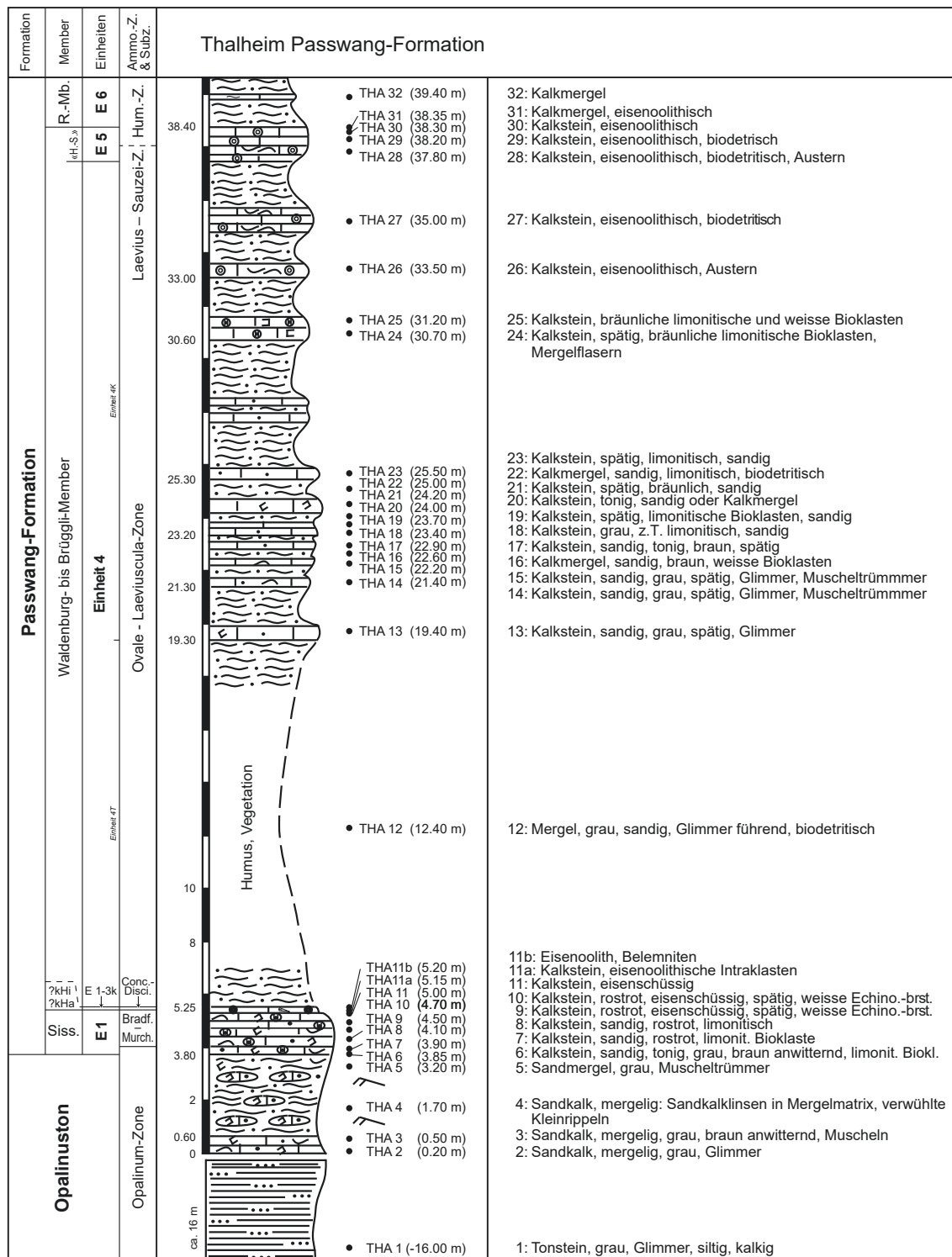
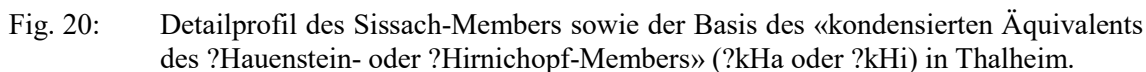


Fig. 19: Die Passwang-Formation bei Thalheim.



Dreiundzwanzig Schichten wurden mikroskopisch untersucht. Die Resultate der mikrofaziellen Analyse sind in Tab. 12 aufgelistet (s. auch Anlage C4). Die Schichten weisen folgende Charakteristika auf:

- Beim Abschnitt 0 – 3.8 m in sandiger Opalinuston-Fazies unterscheiden sich die mergeligen und die kalkigen Schichten einzig im Gehalt an toniger Matrix, bzw. Calcizement. Der Anteil an detritischen Quarzkörnern ist mit 30 bzw. 35 % relativ konstant, der Anteil an biogenen Komponenten mit 35 % und in THA 5 mit 25 % ähnlich hoch.
- Die Kalkschichten des Intervalls 3.8 – 5.1 m (THA 6 – 11) unterscheiden sich mikrofaziell relativ deutlich von den Kalkschichten des hangenden Kalk/Mergel-Wechselagerungsintervalls. Einerseits sind es grobspätige Spatkalke, andererseits ist auch der detritische Quarz generell grobkörniger (0.12 bzw. 0.1 mm) und weiter sind bis 20 % limonitische Bioklasten und 10 – 15 % Fe-Dolomit enthalten.
- Die «harten Bänke» bzw. die Kalkschichten der Kalk/Mergel-Wechselagerung des Intervalls 19.3 – 30.6 m (THA 13 – 23) bestehen aus 15 – 30 % Quarzsand mit einer durchschnittlichen Korngrösse von 0.1 mm oder 0.08 mm und 30 – 40 % biogenen Komponenten sowie 30 – 40 % Calcizement und mikritischer, limonitischer Matrix. Bei den biogenen Komponenten dominieren wie üblich Echinodermen und Muscheln, dazu kommen Bryozoen, Foraminiferen sowie bis 15 % calcitische, ursprünglich kieselige Spongiennadeln. Das SiO₂ findet sich jetzt

in Form von Chaledon (Tab. 12: Spalte Chert) in Muschelschalen und Serpuliden. Die analysierten mergeligen Schichten enthalten 38 % bzw. 50 % detritischen Quarz (THA 22, THA 16).

- Die beiden spätigen Kalkbänke (THA 24 & 25) bestehen bis zu 50 % aus meist limonitisch imprägnierten, 0.5 – 2 mm grossen Echinodermenbruchstücken, wenigen Muscheln, Bryozoen und Foraminiferen sowie siltigen bis feinsandigen Mergellinsen.
- Die eisenoolithischen Kalksteine im Abschnitt 30.6 – 38.4 m enthalten 10 – 25 %, 0.5 – 1 mm grosse, kugelige, goethitische Eisenoole, und limonitische Bioklasten, die limonitisch imprägniert und/oder eine limonitische Rinde (THA 26 & 27) aufweisen. Die dickschaligen Muscheln sind mit Serpuliden bewachsen. Zudem treten einige Bryozoen auf, Serpulidenröhren sind z.T. silifiziert (Tab. 12: Spalte Chert). Limonitische Matrix wie auch Calcit-zement sowie Fe-Dolomit lassen sich nachweisen.

Tab. 12: Mikrofazielle Zusammensetzung der Schichten im Profil Thalheim in Vol.-%.

		sparit. Calcizement	Pseudosparit Mikrit, Ton	Fe-Dolomit/Dedolomit	limonit. Matrix	Intraklasten	Pellets, Pelioide	Fe-Ooide	limo. Echino. & Bryoz.	Echinodermen	Muscheln, Bryozoen	Spongienmadeln	diverse Fossilien	Chert	detritischer Quarz	Ø Korngrösse [mm]	Pyrit
THA 29	(38.20 m)	20	15	10	5			10	10		15		10	3			
THA 27	(35.00 m)	10		10	20			10	10	5	15		10	3	5	0.04	
THA 26	(33.50 m)	5			40			25		3	15		5		5	0.04	
THA 25	(31.20 m)	25			10				50		5				10	0.06	
THA 24	(30.70 m)	10			15				30	15	10		5	2	10	0.06	
THA 23	(25.50 m)	15			15					10	10	15	5		30	0.10	
THA 22	(25.00 m)	10	35							10	5		2		38	0.08	
THA 21	(24.20 m)	25	10		10				5	10	10	7	5	3	15	0.10	
THA 19	(23.70 m)	25			15					15	15	5	5		20	0.10	
THA 17	(22.90 m)	20	15							15	10		10	5	25	0.10	
THA 16	(22.60 m)		35							10	5				50	0.08	
THA 14	(21.40 m)	10			25					10	15	5	5	5	25	0.08	
THA 13	(19.40 m)	25			20					10	15	2		3	25	0.08	
THA 11	(5.00 m)	20		15					20	15	15				15	0.12	
THA 10	(4.70 m)	15		15	10				20	20	10				10	0.10	
THA 9	(4.50 m)	15		15	10				5	15	15				20	0.10	5
THA 8	(4.10 m)	20		10	10				10	15	15				20	0.12	
THA 7	(3.90 m)	15		5	15				10	15	15				25	0.12	
THA 6	(3.85 m)	20		5	10				10	10	20				25	0.12	
THA 5	(3.20 m)		40							15	10				30	0.10	
THA 4	(1.70 m)	15	15							20	15				30	0.10	3
THA 3	(0.50 m)	20	8							20	15		2		35	0.10	
THA 2	(0.20 m)	20	8							20	15		2		35	0.08	

3.4.3 Thalheim Biostratigraphie

3.4.3.1 Ammonitenstratigraphie

Dieses Profil wurde dreimal begangen. Die Aufschlussverhältnisse sind eher schlecht. Sehr erstaunlich ist, dass im Bereich 3.8 – 5.1 m (vgl. Kap. 3.4.4) keine fossilführenden Schichten gefunden wurden. Entsprechend kann hier mit Makrofossilien keine biostratigraphische Aussage gemacht werden.

- Über der mächtigen Bank zwischen 5.17 – 5.25 m (Probenniveau THA 11b) konnte aus einem rostroten Eisenoolith *Holcobelus blainvillei* (Voltz 1830) geborgen werden. Dieser Belemnit findet sich besonders häufig in der Concavum- und Discites-Zone.
- Ferner wurde am Wegrand nördlich Oberbuech (Anlage B8) eine Bank gefunden, die zahlreiche Exemplare der Gattung *Gryphaea* zusammen mit *Euhoploceras* sp. (noch unpräpariert) enthielten. Dies könnte ein Hinweis auf die Discites-Zone sein. Diese Bank sollte etwa 2 – 4 m über THA 11b vorkommen, jedoch ist dieser Abschnitt im Profil nicht aufgeschlossen.
- Im mittleren Bereich des Eisenooliths (Probenniveau THA 28) wurde eine *Sonninia* ex gr. *alsatica* gefunden (nicht abgebildet). Diese stammt entweder aus der Sauzei-Zone oder aber aus der Humphriesianum-Zone, Pinguis-Subzone.
- Aus dem Horizont darüber (Probenniveau THA 29) stammt ein *Stephanoceras* ex gr. *umbilicum* (Quenstedt 1886) (Tafel 3, Fig. 6). Dieser Ammonit stammt aus der Humphriesianum-Zone, Humphriesianum-Subzone. Auffallend sind die zahlreichen Muscheln, unter anderem *Ctenostreon proboscideum* (Sowerby 1820).
- Als Lesefund wurde ferner ein Fragment als *Teloceras* sp. bestimmt. Der Fund stammt mit Sicherheit von oberhalb der «Humphriesi-Schichten» und lässt sich altersmässig der Blagdeni-Subzone zuordnen.

3.4.3.2 Palynostratigraphie

Die bearbeiteten Proben von Thalheim zeigen zum grössten Teil einen guten palynologischen Rückstand mit reicher und diverser Palynoflora. Die Erhaltung der Palynomorphen ist zumeist gut. Proben im oberen Teil des Profils sind z.T. reich an Pilzresten. Das Palynomorphen-Spektrum setzt sich zusammen aus überwiegend Dinoflagellatenzysten, Pollen und Sporen. Nur untergeordnet treten Prasinophyten, Acritarchen, Foraminiferentapeten und Grünalgen (z.B. *Botryococcus*) auf. Es konnten 72 Dinoflagellatenzysten-Taxa, 16 andere aquatische Palynomorphen und 58 Pollen- und Sporen-Taxa unterschieden werden.

Einige aufgearbeitete Sporomorphen (*Densosporites* spp., *Ovalipollis* spp., striate bisaccate Pollenkörner) weisen auf Erosion triassischer Sedimente im Liefergebiet hin.

Die untersuchten Proben von Thalheim können mit Hilfe von Dinoflagellatenzysten auf Früh-Aalénien bis Früh-Bajocien datiert werden. Es können 7 Probenintervalle unterschieden und der Ammoniten-Biostratigraphie zugeordnet werden (Tab. 13). Die Ergebnisse der quantitativen Analyse sind in Form einer Range-Chart in der Anlage A7 zusammengestellt. Ein Depth/Age-Plot findet sich in der Anlage A8.

Proben THA 1, THA 2, THA 4, THA 5, THA 7 (-16.00 – 3.90 m, 5 Proben): Früh-Aalénien, Opalinum-Zone

Die Proben zeigen eine reiche Palynoflora zusammengesetzt aus überwiegend Pollen, Sporen, und untergeordnet Dinoflagellatenzysten.

Die Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftungen sind charakterisiert durch z.T. sehr häufige *Batiacasphaera* sp. A und *Kallosphaeridium prausii*, wobei die Unterscheidung der beiden Taxa oft schwierig ist. Vertreter der Gattung *Nannoceratopsis* sind häufig und divers, mit *N. gracilis* s.l. und s.s., *N. plegas brevicornis*, *N. plegas plegas*, *Nannoceratopsis* sp. B, *Nannoceratopsis* sp. 1, *Nannoceratopsis* spp., *N. triangulata* und *N. triceras*. Phallogocystaceen und Valvaeodiniaceen kommen regelmässig vor, sind aber relativ wenig divers. Weitere regelmässig auftretende Taxa sind *Scriniocassis* spp. (*S. limbicavatus*, *S. priscus*, *S. weberi*, letztere z.T. fraglich), *Mancodinium semitabulatum* und *Wallodinium laganium*. In den unteren drei Proben kommt *Evansia?* cf. *granochagrinata* vor. *Phallogocysta?* *frommernensis* fehlt.

Der Top des Intervalls wird definiert durch das letzte Vorkommen von *Wallodinium laganium*. Andere Leitarten der Opalinum-Zone, Opalinum-Subzone, wie *Evansia?* cf. *granochagrinata* und *Nannoceratopsis triangulata* sind z.T. nur mit fraglichen Exemplaren vertreten und setzen kurz vor dem Top des Intervalls aus. Das gehäufte Vorkommen von *Batiacasphaera* sp. A kann für den obersten Teil der Opalinum-Subzone sprechen (palynostratigraphische Einheit D von Feist-Burkhardt & Pross 2010). *Scriniocassis weberi* kommt in der obersten Probe nur mit einem fraglichen Exemplar vor. Weitere fragliche Einzelexemplare der Art finden sich aber auch noch in der nächsten Probe im Hangenden.

Ein Exemplar vom *Dissiliodinium giganteum* wurde in Probe THA 5 gefunden. Diese Art ist typisch für das Früh-Bajocien und wird als Verunreinigung interpretiert (markiert mit Cv = Caved in der Range-Chart, Anlage A7).

Die Proben werden auf Opalinum-Zone datiert.

Probe THA 11a (5.05 m, 1 Probe): Aalénien, (?)Opalinum- bis Bradfordensis-Zone

Die Probe ist gekennzeichnet durch das häufige Auftreten von diversen Vertretern der Gattung *Nannoceratopsis*: *Nannoceratopsis* spp., *N. gracilis* s.s. und s.l., *Nannoceratopsis* sp. B und sp. 1, *N. plegas brevicornis* und *N. plegas dictyornata*. Die Gattung *Scriniocassis* ist vertreten durch *S. limbicavatus*, *S. priscus* und zwei fraglichen Exemplaren von *S. weberi*. *Kallosphaeridium prausii* ist häufig.

Scriniocassis limbicavatus und *S. priscus* haben ein LAD in der Bradfordensis-Zone. *S. weberi* hat ein LAD in der Opalinum-Zone. Jüngere Taxa, wie *Evansia?* *spongogranulata* (FAD in der Murchisonae-Zone) oder Vertreter der Gattung *Dissiliodinium* (FAD in der Bradfordensis-Zone) wurden nicht gefunden. Ältere Taxa, wie *Nannoceratopsis triangulata* oder *Wallodinium laganium* (LAD in der Opalinum-Zone) wurden nicht gefunden.

Die Probe wird auf ?Opalinum- bis Bradfordensis-Zone datiert. Das häufige und diverse Vorkommen von *Nannoceratopsis*, insbesondere *Nannoceratopsis plegas* mit seinen Unterarten, spricht auch für ein mögliches Alter ab der jüngeren Opalinum-Zone oder der Murchisonae-Zone. Wegen des Vorkommens von *Scriniocassis limbicavatus* und *S. priscus* kann die Probe ein jüngstmögliches Alter von Bradfordensis-Zone haben, und zwar frühe Bradfordensis-Zone, vor dem Einsetzen von *Dissiliodinium* und anderen jüngeren Taxa.

Probe THA 11b (5.10 m, 1 Probe): Aalénien-Bajocien, Concavum- bis Discites-Zone

Die Probe unterscheidet sich deutlich von der Probe im Liegenden. Wichtige neue Arten treten neu auf, darunter *Andreodinium elongatum* (sehr häufig), *Dissiliodinium lichenoides* (sehr häufig), *Dissiliodinium* spp., *Evansia? eschachensis*, *Evansia? spongogranulata* und *Pareodinia* spp. Der Acritarch *Fromea tornatilis* ist ebenfalls recht häufig.

Das FAD von *Evansia? eschachensis* und *Pareodinia* spp. liegt in der Concavum-Zone. Jüngere Taxa, wie *Dissiliodinium giganteum* und *Gongylodinium erymnoteichon* (beide mit FAD in der Ovale-Zone) treten nicht auf. Das gehäufte Vorkommen (Acme) von *Andreodinium elongatum* und *Fromea tornatilis* spricht ebenfalls für ein Alter im Bereich der Aalénien/Bajocien-Grenze.

Die Probe wird auf Concavum- bis Discites-Zone datiert.

Proben THA 12, THA 13, THA 16, THA 22, THA 24 (12.40 – 30.70 m, 5 Proben): Früh-Bajocien, Ovale- bis Laeviuscula-Zone

Die Basis des Probenintervalls ist gekennzeichnet durch das erste Einsetzen von *Dissiliodinium giganteum* (häufig) und *Gongylodinium erymnoteichon* (erst fraglich, dann sicher). Etwas höher in Probe THA 16 setzt *Cavatodissiliodinium hansgochti* ein, und in Probe THA 24 auch *Durotrigia daveyi*. *Evansia? eschachensis* kommt regelmässig mit Einzelexemplaren vor und reicht bis zum Top des Intervalls. *Nannoceratopsis dictyambonis* kommt in Probe THA 22 das letzte Mal vor.

Das Einsetzen von *Dissiliodinium giganteum* sowie dessen gemeinsames Vorkommen mit *Cavatodissiliodinium hansgochti* und *Durotrigia daveyi* sprechen für eine Zuordnung der Proben zum Früh-Bajocien, der Ovale- bis Laeviuscula-Zone.

Das gemeinsame Vorkommen von *Cavatodissiliodinium hansgochti* und *Evansia? eschachensis* im oberen Teil des Probenintervalls ist ungewöhnlich. Das bekannte FAD von *Cavatodissiliodinium hansgochti* liegt in der Laeviuscula-Zone, das LAD von *Evansia? eschachensis* ist bekannt aus der Ovale-Zone. Eventuell sind die Exemplare von *Evansia? eschachensis* im oberen Teil des Probenintervalls aufgearbeitet. Das LAD von *Nannoceratopsis dictyambonis* liegt in der Laeviuscula-Zone.

Das Probenintervall wird als Ovale- bis Laeviuscula-Zone interpretiert.

Proben THA 26, THA 27, THA 29 (33.50 – 38.20m, 3 Proben): Früh-Bajocien, Laeviuscula- bis (?)Sauzei-Zone

Die Zusammensetzung der Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftungen dieses Probenintervalls ist der im Liegenden sehr ähnlich. Es fehlen aber *Evansia? eschachensis* und *Nannoceratopsis dictyambonis*. Das LAD von *Evansia? eschachensis* ist bekannt aus der Ovale-Zone, das LAD von *Nannoceratopsis dictyambonis* aus der Laeviuscula-Zone.

Die Obergrenze des Probenintervalls wird gezogen aufgrund des letzten Vorkommens von *Cavatodissiliodinium hansgochti*, *Dissiliodinium giganteum* und *Evansia? spongogranulata*. Die LADs aller drei Arten liegen in der Sauzei-Zone.

Die Proben werden somit als Laeviuscula- bis (?)Sauzei-Zone interpretiert.

Probe THA 30 (38.30 m, 1 Probe): Früh-Bajocien, Humphriesianum-Zone, Romani- bis Humphriesianum-Subzone

Die Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftung dieser Probe unterscheidet sich deutlich vom Liegenden. Sie ist gekennzeichnet durch das Vorkommen von *Acanthaulax crisper*, *Batiacasphaera laevigata*, *Cavatodissiliodinium* sp. 1 (häufig), sp. 2, sp. 3, *Durotrigia filapicata*, *Kallosphaeridium hypornatum*, "*Hypolytodium* sp.", *Meiourogoniaulax* spp., *Phallocysta thomasi*, *Valensiella/Ellipsoidictyum* spp. und *Wanaea* sp. 1.

Alle diese Arten sind typisch für die Humphriesianum-Zone und die meisten der genannten Arten haben ein FAD in der Humphriesianum-Zone. *Phallocysta thomasi* hat eine sehr eingeschränkte stratigraphische Verbreitung von Romani-Subzone bis Humphriesianum-Subzone. Andere häufig vorkommenden Taxa passen auch zur Humphriesianum-Zone.

Ein Exemplar von *Evansia? spongogranulata* wurde gefunden. Diese Art hat ein LAD in der Sauzei-Zone und wird als aufgearbeitet interpretiert.

Die Probe kann eindeutig der Romani- bis Humphriesianum-Subzone der Humphriesianum-Zone zugeordnet werden.

Proben THA 31 und THA 32 (38.35 – 39.40 m, 2 Proben): Früh-Bajocien, Humphriesianum-Zone (undifferenziert)

Die beiden Proben sind weniger reich und divers als die Probe im Liegenden. Das Vorkommen von *Acanthaulax crisper*, *Atopodinium* sp. 1, *Valensiella/Ellipsoidictyum* spp. (z.T. häufig) und *Valensiella ovulum* ist kennzeichnend für ein Mindestalter in der Humphriesianum-Zone. Die anderen häufig vorkommenden Taxa passen zur Humphriesianum-Zone.

Phallocysta thomasi, die Leitart für die Romani-Subzone bis Humphriesianum-Subzone, wurde nicht gefunden. Einige typische Arten für den oberen Teil der Humphriesianum-Zone, wie *Meiourogoniaulax valensii*, *Nannoceratopsis spiculata* oder *Rhynchodiniopsis? regalis*, wurden auch nicht gefunden.

Ein fragliches Exemplar von *Evansia? spongogranulata* wurde in der unteren Probe gefunden. Diese Art hat ein LAD in der Sauzei-Zone und wird als aufgearbeitet interpretiert.

Das Probenintervall wird somit auf Humphriesianum-Zone datiert, ohne Unterscheidung der Subzone.

Tab. 13: Biostratigraphische Interpretation der Palynomorphen-Events (Thalheim).

Chronostratigraphie		Biostratigraphie		Palynostratigraphie			Palynomorphen-Events
Stufe	US	Ammoniten-Z.	Subzone	Probe	Profil-meter	Nr.	
Bajocien	Früh		Undiff.	THA 32	39.40 m		Top: Mancodinium semitabulatum
				THA 31	38.35 m		
		Humphriesianum	Humphriesianum – Romani	THA 30	38.30 m		Top: <i>Phallocysta thomasi</i> ; Base: " <i>Hypolytadinium</i> " sp., <i>Acanthaulax crispa</i> , <i>Batiacasphaera laevigata</i> , <i>Cavatodissiliodinium</i> sp. 1, <i>Cavatodissiliodinium</i> sp. 2, <i>Cavatodissiliodinium</i> sp. 3, <i>Durotrigia filapicata</i> , <i>Kallosphaeridium hypornatum</i> , <i>Meiourgonia</i> spp., <i>Phallocysta thomasi</i> , <i>Valensiella/Ellipsoidicryum</i> spp., <i>Wanaea</i> sp. 1
		? Sauzei – Laeviuscula		THA 29	38.20 m		Top: <i>Cavatodissiliodinium hansgochti</i> , <i>Dissiliodinium giganteum</i> , <i>Evansia?</i> <i>spongogramulata</i>
				THA 27	35.00 m		
				THA 26	33.50 m		
		Laeviuscula – Ovale		THA 24	30.70 m		Top: <i>Evansia?</i> <i>eschachensis</i> ; Base: <i>Durotrigia daveyi</i> (consistent)
				THA 22	25.00 m		Top: <i>Nannoceratopsis dictyambonis</i>
				THA 16	22.60 m		Base: <i>Cavatodissiliodinium hansgochti</i>
				THA 13	19.40 m		
				THA 12	12.40 m		Base: <i>Dissiliodinium giganteum</i> ; ? Base: <i>Gongylodinium erymnoteichon</i>
		Discites – Concavum		THA 11b	5.20 m		Top: <i>Andreedinium elongatum</i> (acme); Base: <i>Andreedinium elongatum</i> (acme), <i>Dissiliodinium lichenoides</i> , <i>Evansia?</i> <i>eschachensis</i> , <i>Evansia?</i> <i>spongogramulata</i> , <i>Pareodinia</i> spp.
Aalénien	Mittel	Bradfordensis – ?Opalinum		THA 11a	5.15 m		Top: <i>Nannoceratopsis plegas</i> group, <i>Scrinioicassis limbicavatus</i> , <i>Scrinioicassis priscus</i> ; ? Top <i>Scrinioicassis weberi</i>
	Früh	Opalinum	Opalinum	THA 7	3.90 m		Top <i>Batiacasphaera</i> sp. A (common), <i>Phallocystaceae</i> (divers), <i>Scrinioicassis weberi</i> , <i>Waliodinium laganum</i>
				THA 5	3.20 m		? Top: <i>Nannoceratopsis triangulata</i>
				THA 4	1.70 m		Top: <i>Nannoceratopsis triangulata</i>
				THA 2	0.20 m		
				THA 1	-16.00 m		

3.4.4 Thalheim Lithostratigraphie

Abgestützt auf die lithologische Ausbildung und die biostratigraphischen Alter analog Burkhälter (1996) ergibt sich folgende Gliederung, welche analog zum Profil an der Wasserflue je nachdem, ob die Lithologie oder das Alter als massgebend betrachtet werden, variieren kann:

Grenze zum Opalinuston: Die Grenze vom liegenden Opalinuston zur Passwang-Formation ist lithologisch ersichtlich (Fig. 17). Der Opalinuston endet in dunkelgrauen sandigen Mergeln mit kalkigen Sandsteinlinsen. Darüber setzt die Passwang-Formation mit bräunlichen, z. T. rostroten, spätigen, sandigen Kalksteinen mit limonitischen Bioklasten ein (Fig. 17).

Die unterste Schicht des sandigen Kalksteins (THA 7) enthält Dinoflagellatenzysten (Palynomorphen) der Opalinum-Zone. Das gehäufte Vorkommen von *Batiacasphaera* sp. A kann für den obersten Teil der Opalinum-Subzone sprechen (palynostratigraphische Einheit D von Feist-Burkhardt & Pross 2010). Das Intervall zwischen 4.0 – 5.07 m (unterhalb des Strässchens, Fig. 17) wurde palynostratigraphisch nicht untersucht und lieferte auch keine Ammoniten. Erst die eisenooide führende Aufarbeitungslage THA 11a (5.07 – 5.17 m), welche oben entlang des Strässchens aufgedaubt wurde, lieferte gemäss den Palynomorphen ein Alter, das als ?Opalinum- bis Bradfordensis-Zone datiert werden kann. Wegen des Vorkommens von *Scriniocassis limbicavatus* und *S. priscus* kann die Probe ein jüngst mögliches Alter von Bradfordensis-Zone haben, und zwar frühe Bradfordensis-Zone. Diese Schicht, mit den aufgearbeiteten Intraklasten im eisenoolithischen Kalkstein, ist lithologisch wie das Top des **Sissach-Members** (3.8 – 5.17 m) ausgebildet. Insgesamt fehlt der Nachweis von Schichten aus der Murchisonae- und «Comptum»-Zone. Entweder wurde während diesen Zeiten nichts abgelagert oder nachträglich erodiert. Jedoch viel wahrscheinlicher steckt die nicht nachgewiesene Zeit in den nicht analysierten eisenooide, sandigen Kalksteinen zwischen 4.0 – 5.07 m.

Über der Aufarbeitungslage folgt ein rund 8 cm mächtiger rostroter Eisenoolith (THA 11b: 5.17 – 5.25 m) aus welchem *Holcobelus blainvillei* (Voltz 1830) geborgen werden konnte. Dieser Belemnit findet sich besonders häufig in der Concavum- und Discites-Zone. Dieses Alter wurde auch durch die Analyse der Dinoflagellatenzysten (FAD von *Evansia?* *eschachensis* und *Pareodinia* spp.) bestätigt. Bei der Interpretation der Gliederung dieser kondensierten Schicht (THA 11b) gilt die gleiche Argumentation wie beim Profil von der Wasserflue (Schicht WAS 01a & 01b). Ohne genauer biostratigraphischer Zuordnung der Subzonen der Concavum-Zone ist auch eine Zuordnung der kondensierten Schicht zu den entsprechenden Member nicht möglich (Concavum-Subzone = «**kondensiertes Äquivalent des Hauenstein-Members**» und/oder unterer Bereich des «**kondensierten Äquivalents des Hirnichopf-Members**»; Formosum-Subzone mit Sicherheit kondensiertes Äquivalent des Hirnichopf-Members»).

Der mittlere Bereich der Passwang-Formation besteht bei Thalheim genau gleich wie an der Wasserflue überwiegend aus Schichten, die während der Ovale- bis Laeviuscula-Zone sedimentiert wurden. Wie bereits an der Wasserflue wird dieser Bereich aufgrund der schlechten Aufschlussbedingung und der schwierigen lithologischen Beschaffenheit nicht weiter aufgeteilt und als **Waldenburg- bis Brüggli-Member** (5.25 – 38.40 m) zusammengefasst. Entlang der Waldstrasse sind ohne Grabaktionen nur die resistenteren, sandigeren Kalksteine bis Sandkalke ersichtlich. Zusätzlich ist es nicht möglich, die fehlenden Meter (Aufschlusslücke) zweifelsfrei abzuschätzen, da die Waldstrasse fast im Streichen der Schichten verläuft. Ab ~ 19.3 m im Profil (THA 13) sind vermehrt sandigere Kalksteine bis Sandkalke mit detritischem Quarzanteil von 25 – 50 % ersichtlich (Fig. 18), welche gemäss den Palynomorphen der Ovale- bis Laeviuscula-Zone zuzuordnen sind. Die ersten Eisenooide können ab der Schicht THA 26 beobachtet werden und sind in den folgenden rund 5 m feststellbar. Die Grenzziehung zu den «**Humphriesi-Schichten**» ist nicht eindeutig. Es wurde hier nur das oberste rötliche, eisenoolithische Kalksteinintervall (37.45 – 38.40 m) dazu gerechnet. Die «Humphriesi-Schichten» sind somit, wie auch bereits an der Wasserflue festgestellt, sehr geringmächtig. Die eisenooide führenden Schichten im

Liegenden (THA 26 & 27) können gemäss den Palynomorphen als Laeviuscula- bis (?)Sauzei-Zone interpretiert werden. Im mittleren Bereich der «Humphriesi-Schichten» (THA 28) wurde eine *Sonninia* ex gr. *alsatica* gefunden. Diese stammt entweder aus der Sauzei-Zone oder aber aus der Pinguis-Subzone der Humphriesianum-Zone. Mit dem *Stephanoceras* ex gr. *umbilicum* aus dem Probenniveau THA 29 wird diese Schicht der Humphriesianum-Subzone der Humphriesianum-Zone zugeordnet. Gemäss der Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftung unterscheidet sich erst die Probe THA 30 deutlich vom Liegenden und kann mit dem FAD von *Phallocysta thomasi* in die Romani- bis Humphriesianum-Subzone der Humphriesianum-Zone datiert werden.

Der lithologische Wechsel von den eisenoolithischen Kalksteinen zu den mergeligen Kalken und Kalkmergel im Hangenden kann als die Basis des **Rothenfluh-Members** (38.4 – 40.0 m) interpretiert werden. Die Palynoprobe aus der Schicht THA 32 wird auf Humphriesianum-Zone datiert. Eine weitere Unterscheidung der Subzonen ist nicht möglich. In diesen dokumentierten letzten Metern des Profils wurde zusätzlich ein Fragment eines *Teloceras* sp. bestimmt. Der Lesefund lässt sich altersmässig der Blagdeni-Subzone zuordnen.

Alternative (rein lithostratigraphische) Einteilung

Die Gliederung gemäss der einzelnen Member und/oder deren kondensierten Äquivalenten gelingt nicht ohne Vorbehalt. Die Lokalität Thalheim liegt zudem ausserhalb der Geltungsbereiche des Hauenstein- und des Hirnichopf-Members (Burkhalter 1996). Die Grenze vom liegenden Opalinuston zur Passwang-Formation ist lithologisch klar und eindeutig, wobei aber in den hangenden, eisenschüssigen, z.T. spätigen Kalksteinen (THA 6 – 11) keine Eisenooide gefunden wurden. Die **Einheit 1** (3.80 – 5.07 m) definiert sich hier über den eisenschüssigen Charakter der Kalksteine. Erst mit der Aufarbeitungslage (THA 11a) können einzelne Eisenooide gefunden werden. Die darüber abgelagerte eisenoolithische Bank (THA 11b) mit den vielen Belemniten schliesst das liegende Paket ab. Die Aufarbeitungslage und der darüber abgelagerte Eisenoolith werden zusammengefasst mit der **Einheit 1-3k** (5.07 – 5.25 m).

Der klare lithologische Wechsel hin zum tonig/mergeligen und sandig-biotritischen Intervall wird mit der **Einheit 4** (5.25 – 37.45 m) zusammengefasst. Wie bereits an der Wasserflue diskutiert, kann die Einheit 4 aus lithologischer Sicht in einen unteren, eher tonigeren/mergeligeren Bereich (Subeinheit 4T) und einen eher kalkigeren/sandigeren oberen Bereich (Subeinheit 4K) unterteilt werden. Die Grenze ist bei den schlechten Aufschlussverhältnissen etwas fraglich, wird aber an die Basis des untersten sandigen Kalkmergels (25 % detritischer Quarz) bei 19.30 m gelegt. Auch die Abgrenzung zum Hangenden ist aus lithologischer Sicht nicht einwandfrei zu definieren. Die eisenoolithischen Kalksteinbänke (THA 26 & 27) werden noch zur Einheit 4 gezählt, welche mit dem letzten mehr als einen Meter mächtigen Mergelpaket (zwischen THA 27 & 28) abschliesst.

Erst die hangenden rötlichen, eisenoolithischen Kalksteine und Mergel werden lithologisch mit der **Einheit 5** (37.40 – 38.40 m) definiert. Diese Grenzziehung kann jedoch aus rein lithologischer Sicht diskutiert werden. Die Grenzziehung der Einheit 5 und somit auch der «Humphriesi-Schichten» ist nicht immer scharf und eindeutig und geht z.T. fließend aus dem Liegenden hervor (Burkhalter 1996). Alternativ könnte man die Grenze entweder mit den ersten limonitisierten Bioklasten stratigraphisch an die Kalksteinbank (THA 24/25) legen oder aber man fasst das ganze eisenoolithische Intervall zusammen (33.00 – 38.40 m).

Im Hangenden der Eisenooide und somit im Hangenden der Einheit 5 folgt mit dem Wechsel hin zu Mergeln und Kalkmergeln die **Einheit 6** (38.4 – 40.0 m). Diese ist identisch mit der formellen Definition des Rothenfluh-Members (Gonzalez & Wetzel 1996, Entscheid SKS 2004).

3.5 Zusammenfassung der südlichen Jurakette

Die vier Profile – Fasiswald, Unterer Hauenstein, Wasserflue, Thalheim – wurden lithologisch, mikrofaziell und mittels Ammoniten und Dinoflagellatenzysten biostratigraphisch untersucht. Die Resultate sind in Fig. 7 bis 20 dargestellt sowie in einer Kompilation in Fig. 21.

Der Top des Opalinustons *sensu* Burkhalter (1996) zeigt von Ort zu Ort Unterschiede in Lithologie:

- **Fasiswald:** Der Opalinuston endet in siltigen, kalkigen Tonsteinen mit kalkigen Feinsandsteinlinsen. Oberster Opalinuston liegt erodiert, aufgearbeitet in Form von Intraklasten in der untersten Schicht des Sissach-Members.
- **Unterer Hauenstein:** Der Opalinuston endet in einem geringmächtigen eisenoolithischen Hartgrund.
- **Wasserflue:** Der Opalinuston endet in siltigen, kalkigen Tonsteinen.
- **Thalheim:** Der oberste Opalinuston besteht aus sandreichen Schichten, aus Sandmergeln mit zahlreichen kalkigen Sandsteinlinsen.

In den beiden Profilen Fasiswald und Unterer Hauenstein sind nur die unteren und mittleren Schichten der Passwang-Formation aufgeschlossen: das Sissach- und das Hauenstein-Member und zusätzlich beim Unteren Hauenstein das Hirnichopf-Member. Bei den zwei Profilen Wasserflue und Thalheim konnte fast die gesamte Passwang-Formation, Sissach-Member bis zur Basis des Rothenfluh-Members analysiert werden.

Obschon die vier Profile jeweils nur wenige Kilometer auseinanderliegen (Fasiswald–Hauenstein: 4.7 km, Hauenstein–Wasserflue: 12 km, Wasserflue–Thalheim: 5.5 km), wechseln die Schichten des Sissach-Members, das in allen vier Profilen ausgebildet ist, ihre Lithologie sehr stark. Eine detaillierte stratigraphische Zuordnung, ohne biostratigraphische Daten, ist in den kondensierten Profilen an der Wasserflue und Thalheim fast unmöglich.

Lithologie und Alter der untersten Einheit (Sissach-Member, ca. informelle Einheit 1):

- **Fasiswald:** eisenoolithische Kalksteine mit aufgearbeiteten Intraklasten, dickschaligen Muscheln und Ammoniten – Opalinum-Zone («Comptum»-Subzone), Murchisonae- und Bradfordensis-Zone.
- **Unterer Hauenstein:** eisenoolithische Kalksteine, biodetritische Kalksteine mit limonitischen Bioklasten, sandige Mergel – Opalinum-Zone («Comptum»-Subzone), Murchisonae- und Bradfordensis-Zone.
- **Wasserflue:** Eisenoolithische Kalksteinbank mit Fe-Stromatolith im Hangenden – Opalinum-Zone (?«Comptum»-Subzone) bis Bradfordensis-Zone, evtl. Murchisonae-Zone in nicht analysierten Schichten.
- **Thalheim:** sandige, biodetritische Kalksteine mit limonitischen Bioklasten, im Top eisenoolithische Aufarbeitungslage mit eisenoolithischen Intraklasten – Opalinum-Zone (?«Comptum»-Subzone) bis evtl. Bradfordensis-Zone, evtl. Murchisonae-Zone in nicht analysierten Schichten.

Die oberste stromatolithische Bank an der Wasserflue (1.3 – 1.4 m) und die eisenoolithische Kalkbank in Thalheim (5.17 – 5.25 m) sind gemäss Burkhalter (1996) und dem Entscheid des SKS (2004) nicht mehr dem Sissach-Member oder dem «kondensierten Äquivalent des Sissach-Members» (Wasserflue) zuzuordnen, denn die Ablagerung fand bereits in der Concavum-Zone statt. Die Abtrennung ist aber vor allem an der Wasserflue schwierig. Daher ist es einfacher in dieser Region die informelle **Einheit 1-3k** zu verwenden, die alle biodetritischen und eisenoolithischen

Kalksteine mit zum Teil limonitischen Bioklasten zusammenfasst (s. Fig. 16 und 20). Die Reduktion und die damit einhergehende Kondensierung des Sissach- bis und mit ?Hirnichopf-Members (oder die «kondensierten Äquivalente») nimmt von West nach Ost zu und erreicht die extremste Ausbildung in der Bohrung Bözberg mit nur 14 cm eisenoolithischen Kalksteinen, welche mittels Palynomorphen in die Murchisonae-Zone datiert wurde (Bläsi & Feist-Burkhardt 2019).

Nochmals anders zeigt sich das Sissach-Member entlang der nördlichen Jurakette und in der Tiefbohrung Riniken, die ca. 10 km von Thalheim entfernt liegt (Kap. 4).

Die jüngeren Member der Passwang-Formation konnten einzig an der Wasserflue und bei Thalheim untersucht werden. Die mächtigsten Abfolgen beider Lokalitäten wurden während der Ovale- bis Laeviuscula-Zone sedimentiert. Sie bestehen aus sandigen Mergeln mit eingeschalteten «harten Bänken» aus biodetritischen Kalksteinen, sandig-biodetritischen Kalksteinen und Sandkalksteinen. Da jedoch der Übergang von der tonig/mergeligen hin zu vermehrt kalkig/sandig nicht eindeutig festgelegt werden kann, wird an der Wasserflue, wie auch in Thalheim das Waldenburg- bis Brüggli-Member nicht unterteilt. Zur besseren Korrelation kann die hier eingeführte informelle **Einheit 4** verwendet werden, welche die Tonsteine und Mergel (Subeinheit 4T) und die sandigen Mergel mit eingeschalteten «harten Bänken» aus biodetritischen Kalksteinen, sandig-biodetritischen Kalksteinen und Sandkalksteinen (Subeinheit 4K) umfasst. Die eisenoolithischen Kalksteine und Eisenoolithe der «Humphriesi-Schichten» werden, wegen ihrer überregionalen Korrelierbarkeit (Leithorizont) als eine eigene informelle **Einheit 5** gegliedert. Sie ist an der Wasserflue wie auch in Thalheim sehr geringmächtig. Die jüngsten Schichten im Hangenden (frei von Eisenoolithen in diesen zwei Profilen) gehören dem Rothenfluh-Member an (informelle **Einheit 6**).

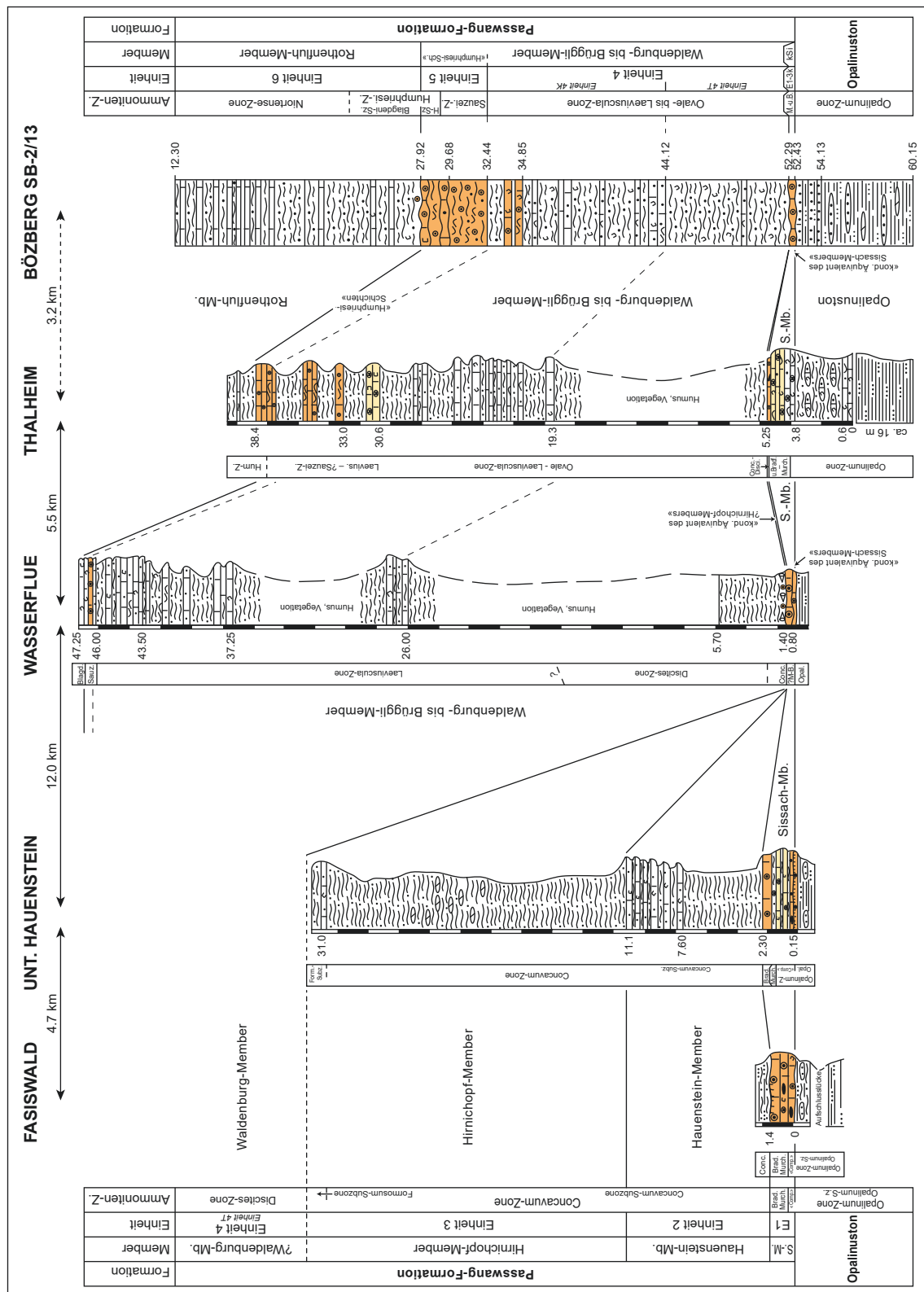


Fig. 21: Lithologische Korrelation der südlichen Jurakette von Fasiswald – Unterer Hauenstein – Wasserflue – Thalheim bis und mit Bohrung Bözberg SB-2/13 (Bläsi & Feist-Burkhardt 2019).

Schichten in orange: eisenoolithische Kalksteine, gelb: eisenschüssige Kalksteine.

4 Lithologische und stratigraphische Entwicklung der Passwang-Formation südlich der Mandach-Überschiebung und angrenzende Gebiete von Frick (AG) über Böttstein (AG) bis Riniken (AG)

4.1 Das Profil Frickberg

Das Profil Frickberg (Fig. 25) besteht aus einem unteren (Frickberg-Ost: Koord.: 2'646.092 / 1'262.999) und einem oberen Teilprofil (Frickberg-West: Koord.: 2'645.962 / 1'263.003) und befindet sich an der Osthalde des Frickbergs. Die untersten 8.5 m des Profils (Frickberg-Ost, Fig. 22) lassen sich gut im östlichen Bereich der grossen Sackung betrachten. Der restliche Profilbereich (Frickberg-West, Fig. 23), der durch die markanten Sandkalkbänke gebildet wird, kann auf etlichen Zehnermetern betrachtet und verfolgt werden und gibt ein gutes Bild der lateralen Kontinuität. Die Schichten fallen mit $\sim 40^\circ$ Richtung Südsüdost ein.

Das Profil «Osthalde Frickberg» wurde bereits etliche Male in der Literatur beschrieben (Brändlin 1911, Buser 1952, Lusser 1980, Burkhalter 1993, 1996). Ferner wurde es von Burkhalter (1996) als Vergleichsprofil der «Brüggli-Schichten» dokumentiert. Gemäss den in der Literatur beschriebenen Ammonitenfunden (Brändlin 1911, Buser 1952, Burkhalter 1996, Lieb 1951, 1953, 1954 und 1957) sind die Murchisonae-, Concavum-, Discites- und Humphriesianum-Zone aufgeschlossen. Dies entspricht den ehemaligen «Murchisonae-Concavus-Schichten» bis zu den «Giganteus-Schichten» (s. oben erwähnte Autoren).



Fig. 22: Unterer Aufschluss des Profils Frickberg (Frickberg-Ost): Opalinuston und Sissach- bis Waldenburg-Member der Passwang-Formation (Schicht 1 – 29).

Foto S. Wohlwend: Aufnahme 09.06.2017.



Fig. 23: Oberer Aufschluss des Profils Frickberg (Frickberg-West): Waldenburg- bis Rothenfluh-Member der Passwang-Formation (Schicht 30 – 103).

Foto S. Wohlwend: Aufnahme 20.04.2016.

Das neu kompilierte Profil Frickberg umfasst den jüngsten Opalinuston sowie die Passwang-Formation mit dem Sissach-Member, dem «kondensierten Äquivalent des Hauenstein- und Hirnischopf-Members», dem Waldenburg- bis Bruggli-Members und der Basis des Rothenfluh-Members.

4.1.1 Frickberg Lithologie

Am Frickberg konnte folgendes 51.7 m mächtige, jedoch nicht vollständig aufgeschlossene Profil (Fig. 25) durch die obersten Schichten des Opalinustons und die Passwang-Formation aufgenommen werden. Das untere Profil (Frickberg-Ost), welches im östlichen Bereich der Rutschung aufgenommen wurde, beinhaltet die ersten 9.0 m (vgl. Fig. 26). Der obere Abschnitt des Profils (Frickberg-West: 10.0 – 51.0 m) wurde am westlichen Ende aufgenommen (vgl. Fig. 27).

Das kompilierte Profil der Passwang-Formation setzt sich am Frickberg aus neun lithologisch verschiedenen Abschnitten (Fig. 25) zusammen. Die genannten Proben beziehen sich auf die Dünnschliffe im Kap. 4.1.2):

- x – 0.00 m: dunkelgraue, glimmerführende, siltige, kalkige Tonsteine.
- 0.00 – 2.70 m: 2.70 m mächtige Wechsellagerung von hell anwitternden, feinarenitischen Kalken, zum Teil leicht sandig mit dunklen Mergeln (FB A 0.20, FB A 1.15, FB A 2.27, FB A6, FB A 2.65).
- 2.70 – 6.30 m: 3.60 m mächtige, graue, siltige bis feinsandige Mergel und mergelige Sandsteinlinsen (FB A 4.90).
- 6.30 – 7.05 m: 0.75 m mächtige, eisenoolithische und biodetritische Kalksteinlagen und -bänke mit Mergelzwischenlagen sowie einem Aufarbeitungshorizont (FB A7, FB A8).

- 7.05 – 23.00 m: ~16.00 m graue, tonig bis feinsandige Mergel mit einzelnen Kalk- und Sideritknollenlagen. Im oberen Bereich (20.0 – 21.1 m) befindet sich eine eisenoolithische Kalkknollenlage (FB B0, -1.9 m im Profil Frickberg-West).
- 23.00 – 43.60 m: 20.60 m mächtige Wechsellagerung von 0.2 – 0.6 m mächtigen sandigen Kalksteinen bis Sandkalkbänken mit sandigen Mergeln. Die Kalkbänke werden gegen oben immer reicher an Biodetritus, zuoberst eisenschüssig mit einzelnen Eisenooideen (FB B1, FB B14).
- 43.60 – 45.10 m: 1.50 m mächtige blaugraue Tonmergel.
- 45.10 – 49.75 m: 4.65 m mächtige eisenoolithische Kalkschichten mit knolligen eisenoolithischen Mergeln wechsellagernd. Der Abschnitt enthält viele Ammoniten, Belemniten und Muscheln (FB B 23.00, FB B 25.70, FB B 26.40).
- 49.75 – 51.70 m: 1.95 m mächtige mergelige Tonsteine, welche an der Basis noch letzte Eisenooide enthalten (Fig. 24). Darin eingeschaltet eine 0.2 m mächtige beige anwitternde, eisenoolithische Kalkknollenlage.



Fig. 24: Das Top des Profils Frickberg-West.

Die knolligen, eisenoolithischen, beigen Kalklagen sowie die stark rötlichen, eisenoolithischen Mergel im Hangenden der markante Kalkbank (Schicht 96, Fig. 27) bilden das Top des Bruggli-Members, darüber folgt das Rothenfluh-Member (ab Schicht 101).

Foto S. Wohlwend: Aufnahme 20.04.2016.

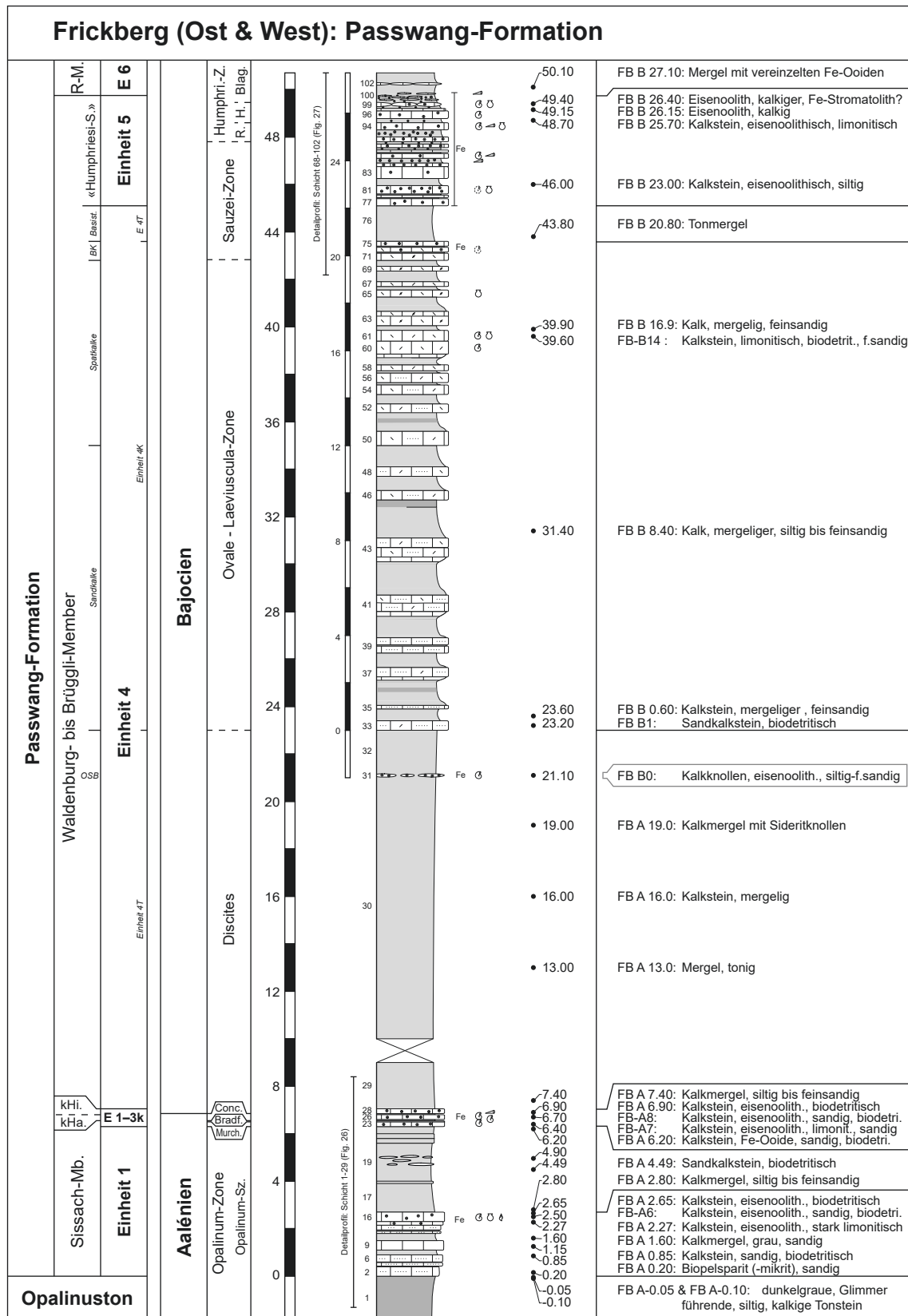


Fig. 25: Die Passwang-Formation und deren Member (*sensu* Burkhalter 1996 und Gonzalez & Wetzel 1996) am Frickberg.

Kompiliert aus den Teilprofilen Frickberg-Ost, Fig. 26 und West, Fig. 27). OSB: «Obere Sublobata-Bank», BK: «Blaue Kalke».

4.1.2 Frickberg Mikrofazies

Vierzehn der oben beschriebenen Schichten wurden mit Dünnschliffen untersucht. Die Resultate der mikrofaziellen Analyse sind in Tab. 14 aufgelistet. Die Schichten weisen folgende Charakteristika auf:

- Die untersten zwei Proben FB A 0.20 und FB A 1.15 (Schicht 2, 9) enthalten keine Eisenooide. Der detritische Quarzanteil liegt bei etwa 20 – 25 % mit einer Korngrössenverteilung zwischen 0.03 – 0.2 mm ($\varnothing$ 0.07 – 0.08 mm). Die Matrix besteht zu 40 – 50 % aus Pseudosparit und faserigem Zement. Es handelt sich dabei um einen sandigen Biopelpseudosparit (-mikrit).
- Die Schichtabfolge mit den Proben FB A 2.27 bis FB A8 (Schicht 15 – 26) zeigen fast durchwegs um die 20 % Eisenooide, 30 – 50 % limonitisierter Mikrit und 20 – 40 % biogene Komponenten. Der detritische Quarzgehalt kann bis zu 35 % erreichen mit einer durchschnittlichen Korngrösse von 0.06 mm wobei die individuelle Korngrösse von 0.02 bis 0.2 mm variiert. Die Gesteine können somit als siltig bis feinsandige, limonitisierte, eisenoolithische Biomikrite bezeichnet werden.

Die Probe FB A 4.90 (Schicht 19) ist die einzige aus der oben beschriebenen Abfolge ohne Eisenooide. Diese Probe enthält bis zu 35 % detritische Quarzkörner (0.02 – 0.17 mm, $\varnothing$ 0.06 mm) und auffallend viel Glimmer und Pyrit (je 2 %). Die sparitischen Bioklasten, der Pseudosparit und der echte Zement können nicht oder nur sehr schwer auseinandergehalten werden.

- Die nächste Probe FB B0 (Schicht 31) zeigt in den siltig bis feinsandigen mikritischen Kalkknollen bis zu 20 % schön kugelige Eisenooide mit einem Durchmesser von 0.5 mm. Der detritische Quarz kann auf 10 % geschätzt werden, wobei die Korngrösse zwischen 0.02 und 0.2 mm variiert ($\varnothing$ 0.08 mm). Rund ein Viertel der Probe besteht aus Echinodermen- und Muschelbruchstücken. Gleichzeitig enthielt der Dünnschliff einen 1.5 cm grossen Ammoniten. Zusätzlich konnte ein umkrusteter Intraklast (Onkoid) festgestellt werden. Die Matrix besteht aus gut 40 % limonitisiertem Mikrit.
- Die beiden Proben FB B1 und FB B14 (Schicht 33, 61) sind durch den erhöhten Anteil an detritischen Quarzkörnern (bis zu 30 %) gezeichnet und widerspiegeln den Sandkalkstein Charakter. Die Quarzkörner variieren zwischen 0.03 – 0.15 mm. Der Durchschnitt liegt bei 0.08 mm. In beiden Proben sind gut 40 % biogene Komponenten (Muscheln und Echinodermen zu gleichen Teilen) in 25 – 30 % mikritischer Matrix enthalten. In der oberen Probe sind bis zu 20 % sparitischer Calcizement, welcher unter anderem syntaxial um Muscheln angewachsen ist.
- Die eisenoolithischen Mergel- und Kalkschichten FB B 23.00, 25.70 und 26.40 (Schicht 82, 95, 99) bestehen aus 20 – 40 % zum Teil schön geformten, kugeligen Eisenoiden. Die Grösse der Eisenooide variiert von unten 0.8 mm, 0.5 – 1 mm ($\varnothing$ 0.7 – 0.8 mm) bis oben 0.4 – 1.2 mm. Nur in der untersten Probe konnten 5 % detritische Quarzkörner ($\varnothing$ 0.6 mm) nachgewiesen werden. Die beiden oberen Proben enthalten keinen Quarz mehr. Der Mikrit nimmt bis zu 55 % ein wobei in den beiden oberen Proben die Matrix limonitisiert ist.

Tab. 14: Mikrofaziesanalyse der Passwang-Formation am Frickberg in Vol.-%.

	Schicht-Nummer	sparit. Calcitcement	Pseudosparit Mikrit, Ton	Fe-Dolomit/Dedolomit	limonit. Matrix	Intraklasten	Pellets, Peloides	Fe-Ooide	limo. Echino. & Bryoz.	Echinodermen	Muscheln, Bryozoen	Spongienadeln	diverse Fossilien	Chert	detritischer Quarz	Ø Korngrösse [mm]	Pyrit
FB B 26.40	99				15	60		20		5							
FB B 25.70	95				55			40		2	3						
FB B 23.00	82		45					20	15		15				5	0.06	
FB B14 (16.6)	61	20	35						20		20				5	0.08	
FB B1 (0.60)	33	5	25							20	18		2		30	0.08	
FB B0 (-1.90)	31	5			40	1		20		10	12		2		10	0.08	
FB A8 (6.71)	26			5	55			15	15		5				5	0.05	
FB A7 (6.40)	23				30			30	20		10				10	0.06	
FB A 4.90	19	10	25							10	15			2	35	0.06	2
FB A 2.65	16				40			20	20		20						
FB A6 (2.50)	16				45	1		20	15		8		1		10	0.07	
FB A 2.27	15				45			20	20		15						
FB A 1.15	9		40							20	20				20	0.08	
FB A 0.20	2		50							15	8		2		25	0.07	

4.1.3 Frickberg Biostratigraphie

4.1.3.1 Ammonitenstratigraphie

Das Profil an der Osthalde des Frickberg (Ost und West) wurde insgesamt dreimal (2016 zweimal und 2017 einmal) nach Fossilien abgesucht. Beachtung wurde insbesondere den Ammoniten geschenkt, da diese biostratigraphisch die grösste Aussagekraft haben. Nachfolgend steht eine Auflistung der untersuchten Schichten und ihres Inhalts. Die jeweiligen Schichtnummern sind in den folgenden zwei Detailprofilen (Fig. 26 und 27) ersichtlich. Die Ammonitenstratigraphie ist in Tab. 15 dargestellt. Zusätzlich zu den gefundenen Ammoniten sind die wichtigsten palynostratigraphischen Events (Base und Top) dokumentiert. Eine detaillierte Beschreibung der Palynostratigraphie folgt in Kap. 4.1.3.2 (Palynostratigraphie).

Aufschluss Frickberg Ost

- **Schicht 16** (Fig. 26) enthält zahlreiche Ammoniten der Art *Leioceras lineatum* (Buckman 1899) (Tafel 4, Fig. 1 und 2). Zudem fällt beim Präparieren auf, dass sich in dieser Bank eine reichhaltige Kleingastropodenfauna findet. Ebenfalls häufig sind grammatodontide und astartide Bivalven. Altersmässig lässt sich diese Schicht der Opalinum-Zone und -Subzone zuordnen. Es handelt sich hier um den *lineatum*-Horizont.
- **Schicht 23** enthielt einen kleinen Ammoniten, der nicht eindeutig einer Ammonitenzone zugeordnet werden konnte.
- **Schicht 24** enthielt einen Ammoniten der Gattung *Brasilia* (*Brasilia* ex gr. *bradfordensis* (Buckman 1887)) (Tafel 4, Fig. 3). Dieser Bereich lässt sich der Bradfordensis-Zone zuordnen.
- Aus **Schicht 26** wurden 5 Exemplare der Gattung *Graphoceras* geborgen (Tafel 4, Fig. 4 und 5). Sie lassen sich altersmässig der Concavum-Zone, Concavum-Subzone zuordnen.
- Im Mergel oberhalb des Hartgrunds (**Schicht 27**) konnte ein *Eudmetoceras amplexans* (Buckman 1889) (Tafel 4, Fig. 6) gefunden werden. Somit lässt sich dieser Mergelhorizont der Concavum-Zone, Formosum-Subzone (*amplexans*-Horizont) zuordnen.

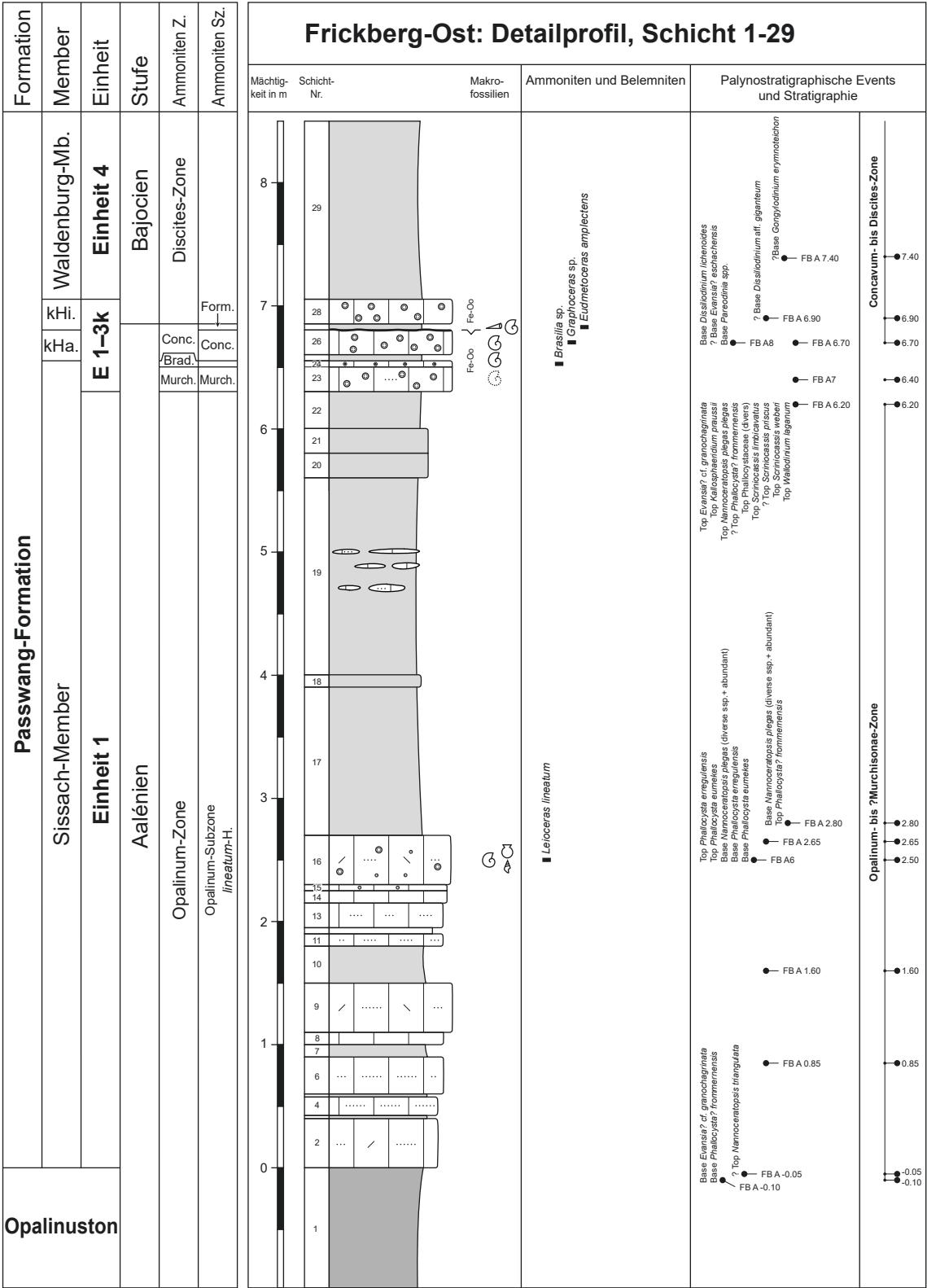


Fig. 26: Detailprofil des Sissach-Members und den «kondensierten Äquivalenten des Hauenstein- und Hirnichopf-Members» am Frickberg (Profil Frickberg-Ost).

Aufschluss Frickberg West

- **Schicht 31** (Fig. 25) enthielt einen kleinen Ammoniten der Gattung *Hyperlioceras* (Tafel 6, Fig. 1). Dieser Fund stammt aus der Discites-Zone.
- In **Schicht 60** konnten insgesamt 2 Ammoniten geborgen werden: Beim ersten handelt es sich um eine *Shirbuirnia trigonalis* (Buckman) (Tafel 5, Fig. 1), beim zweiten um eine *Shirbuirnia* sp. (Tafel 6, Fig. 2). Beide lassen sich der Laeviuscula-Zone, Trigonalis-Subzone zuordnen.
- Im oberen Teil von **Schicht 94** (Fig. 27) konnten insgesamt 2 Vertreter der Gattung *Dorsetensia* geborgen werden: *D. romani* (Oppel 1857) (Tafel 5, Fig. 3) und *D. liostraca* (Buckman 1892) (Tafel 5, Fig. 4). Insbesondere *D. romani* (Oppel 1857) lässt sich der Romani-Subzone der Humphriesianum-Zone zuordnen. Aus Schicht 94 (Basis) oder etwas darunter stammt wahrscheinlich auch der Lesefund einer *Sonninia* ex gr. *alsatica* (Haug 1885) (Tafel 5, Fig. 2). Diese deutet auf die Sauzei-Zone oder die Pinguis-Subzone der Humphriesianum-Zone hin.
- Aus **Schicht 96** und der **Basis von Schicht 97** stammen 6 Exemplare aus der Gruppe von *Chondroceras* ex gr. *gervilli* (Sowerby) (Tafel 5, Fig. 5) und ein Exemplar von *Poecilomorphus cycloides* (Tafel 5, Fig. 6). Dies erlaubt diesen Schichtabschnitt der Humphriesianum-Zone, Humphriesianum-Subzone und dem *gervilli-cycloides* Faunenhorizont zuzuordnen.
- Ein Lesefund, der aus dem Profilabschnitt zwischen Schicht 81 und Schicht 94 stammen muss, konnte als *Sonninia pseudotuberculata* (Dorn 1935) (Tafel 6, Fig. 3) bestimmt werden. Dieser Fund stammt aus der Sauzei-Zone.

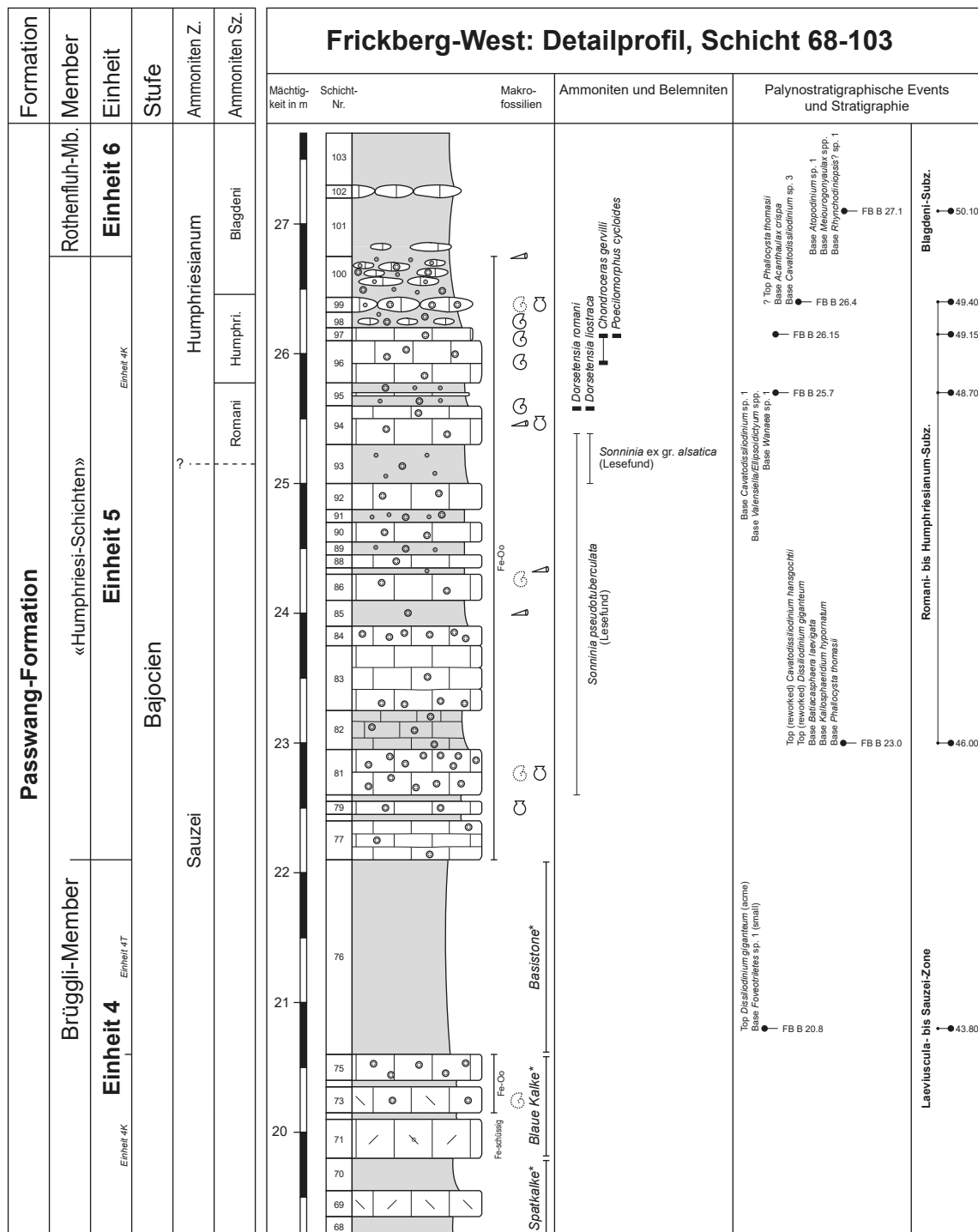


Fig. 27: Detailprofil des obersten Bereichs des Brüggli-Members am Frickberg (Profil Frickberg-West).

Die Begriffe, welche für die informelle Unterteilung des Brüggli-Members gebraucht wurden, sind mit * gekennzeichnet und wurden von Buser (1952) übernommen. Die «Neutrale-Zone» wird in die «unteren Sandkalke» und die «oberen Spatkalke» mit den «Blauen Kalken» am Top unterteilt, darüber folgen die «Basistone der Giganteus-Schichten».

Tab. 15: Ammonitenstratigraphie Profil Frickberg.

Nachgewiesene Ammoniten-Zonen, -Subzonen sowie -Horizonte aus dem Profil Frickberg sind grau hinterlegt.

Chronostratigraphie		Biostratigraphie			Schicht -Nr.	Lithologie
Stufe	US	Ammoniten-Z.	Subzone	Horizont		
Bajocien	Früh	Humphriesianum	Blagdeni			
			Humphriesianum	<i>gervilli / cycloides</i>	97_{Basis}	eisenoolithischer-toniger Kalkstein rotbraun
			Romani		96	
			Pinguis		94_{Top}	eisenoolithischer-toniger Kalkstein rotbraun
		Sauzei	Macrum sensu Ohmert		Lese fund	eisenoolithischer, toniger Kalkstein rotbraun
			Kumaterum sensu Ohmert			
		Laeviuscula	Laeviuscula			
			Trigonalis		60	biotritischer Kalkstein
		Ovale				
		Discites	frühe		31	harter eisenoolithischer-toniger Kalkstein
Aalénien	Spät	Concavum	Formosum	<i>amplectens</i>	27	eisenoolithführender Mergel mit aufgearbeiteten eisenoolithischen Intraklasten und aufgearbeiteten Ammoniten
			Concavum		26	harter eisenoolithischer-toniger Kalkstein mit ausgeprägtem Hartgrund im Top
	Mittel	Bradfordensis	Giganteus		24	harter eisenoolithischer-toniger Kalkstein mit fladenförmiger Fe-Hydroxid umkrusteten eisenoolithischen Intraklasten
			Bradfordensis			
		Murchisonae	Murchisonae			
			Haugi			
	Früh	Opalinum	«Comptum»		16	biotritischer Mergel
			Opalinum	<i>lineatum</i>		

4.1.3.2 Palynostratigraphie

Aufschluss Frickberg (composite)

Die bearbeiteten Proben zeigen zum grössten Teil einen guten palynologischen Rückstand mit reicher und diverser Palynoflora. Die Erhaltung der Palynomorphen ist zumeist gut. Das Palynomorphen-Spektrum setzt sich zusammen aus überwiegend Dinoflagellatenzysten, Pollen und Sporen. Nur untergeordnet treten Prasinophyten, Acritarchen, Foraminiferentapeten und Grünalgen (z.B. *Botryococcus*) auf. Es konnten 78 Dinoflagellatenzysten-Taxa, 17 andere aquatische Palynomorphen und 47 Pollen- und Sporen-Taxa unterschieden werden.

Einige aufgearbeitete Pollen und Sporen (*Densosporites* spp.) weisen auf Erosion triassischer Sedimente im Liefergebiet hin. Das vereinzelte Vorkommen der Dinoflagellatenzyste *Luehndea spinosa* weist auf Aufarbeitung liassischer Sedimente des Spät-Pliensbachien im Liefergebiet hin.

Die untersuchten Proben können mit Hilfe von Dinoflagellatenzysten auf Aalénien bis Früh-Bajocien datiert werden. Es können 8 Probenintervalle unterschieden und der Ammoniten-Biostratigraphie zugeordnet werden (Fig. 26 und 27 sowie Tab. 16). Die Ergebnisse der quantitativen Analyse sind in Form einer Range-Chart in der Anlage A9 zusammengestellt. Ein Depth/Age-Plot findet sich in Anlage A10.

Probenintervall -0.10 m bis 6.20 m (8 Proben, FB A -0.1, -0.05, 0.85, 1.60, FB-A6 (2.50 m), FB A 2.65, 2.80, 6.20): Aalénien, Opalinum-Zone (bis evtl. Murchisonae-Zone)

Die Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftungen in diesem Intervall sind in ihrer Zusammensetzung z.T. ungewöhnlich und inhomogen. Der untere Teil von -0.10 m bis 1.60 m unterscheidet sich vom oberen Teil von 2.50 m bis 6.20 m. Es wird vermutet, dass es zum Teil zu einer Vermischung der Floren durch Aufarbeitung kam und es könnte sein, dass der obere Teil evtl. schon ein etwas jüngerer Alter hat (?Murchisonae-Zone) hat, mit viel Aufarbeitung aus der Opalinum-Zone.

Die unteren vier Proben von -0.10 m bis 1.60 m sind gekennzeichnet durch die häufig und z.T. sehr häufig vorkommenden Dinoflagellatenzysten-Arten *Evansia*? cf. *granochagrinata* und *Mancodinium semitabulatum*. Regelmässig und z.T. recht häufig sind Vertreter der Gattungen *Scrinocassis* (*S. limbicavatus*, *S. priscus*, *S. weberi*) und *Nannoceratopsis* (*N. dictyambonis*, *Nannoceratopsis gracilis* s.s. und s.l. *Nannoceratopsis* spp. Die Leitart *N. triangulata* ist nur mit einem fraglichen Exemplar bei -0.05 m vertreten. Vertreter der Phallocystaceen sind divers und zumeist mit Einzelexemplaren vertreten (*Andreodinium elongatum*, *Andreodinium* spp., *Dodekovia bullula*, *D. pseudochytroides*, *D. tegillata*, *Moesiodinium raileanui*, *Ovalicysta hiata*, *Parvocysta*? *tricornuta*, *Phallocysta*? *frommernensis*, *Reutlingia cardobarbata*, *Susadinium scrofoides*). Ebenfalls recht divers sind Valvaeodiniaceen mit *Valvaeodinium* spp., *V. sphaerechinatum* und *V. vermipellitum*. Weitere regelmässig auftretende Taxa sind *Kallosphaeridium praussii* und *Phallocysta*? *frommernensis*. Die Art *Walloodinium laganum* kommt ab der Probe bei 1.60 m vor.

Die Proben sind in ihrer Zusammensetzung recht typisch für die Opalinum-Zone, auch wenn die Leitart *Nannoceratopsis triangulata* in nur einer Probe fraglich vorkommt und *Walloodinium laganum* erst ab 1.60 m vorkommt.

Die oberen vier Proben von 2.50 m bis 6.20 m zeigen ein ähnliches Arten-Spektrum wie zuvor, die quantitative Zusammensetzung ändert sich aber und es kommen einige Arten hinzu. Vertreter der Gattung *Nannoceratopsis* sind häufiger und diverser. Es kommen hinzu *Nannoceratopsis plegas* mit seinen drei Unterarten *N. plegas brevicornis*, *N. plegas dictyornata* und *N. plegas plegas*, *Nannoceratopsis* sp. 1 und sp. B und *N. tricerias*. Die Probe bei 2.50 m ist reicher und

diverser an Phallocystaceen mit den neu einsetzenden Arten *Dodekovia pinna* (sehr häufig), *D. syzygia*, *Phallocysta irregulensis* und *P. eumekes*, die auch nur in dieser Probe vorkommen. Die Art *Wallodinium laganum* ist auffallend sehr häufig bei 2.65 m und 6.20 m. Die drei Proben von 2.65 m bis 6.20 m zeigen Aufarbeitung des Spät-Pliensbachiens mit *Luehndea spinosa*.

Folgende wichtige Taxa haben ihr letztes Vorkommen am Top des Probenintervalls: *Evansia?* cf. *granochagrinata*, *Kallosphaeridium praussii*, *Nannoceratopsis plegas plegas*, *Phallocysta? frommernensis* (fraglich), die Gattung *Scriniocassis* mit allen ihren Arten (*S. limbicavatus*, *S. priscus*, *S. weberi*) und *Wallodinium laganum*.

Die Grenze zum Probenintervall im Hangenden wird gezogen aufgrund des letzten Vorkommens von *Scriniocassis weberi* und *Phallocysta? frommernensis*. Die LADs dieser Arten sind aus der Opalinum-Zone bekannt. Das häufige Vorkommen von *Wallodinium laganum* ist ungewöhnlich. Die Art wurde bisher als Leitart der Opalinum-Subzone angesehen. Sie kommt aber in der obersten Probe dieses Intervalls noch häufig vor. Das Vorkommen von *Nannoceratopsis plegas* mit seinen Unterarten und die Zunahme der Diversität von *Nannoceratopsis*-Arten ist wiederum ein Hinweis auf ein etwas jüngerer Alter.

Das Probenintervall wird mit Vorbehalt auf Opalinum-Zone datiert. Vor allem beim oberen Teil könnte es sich aber auch um ein etwas jüngerer Alter handeln (Murchisonae-Zone), mit viel Aufarbeitung aus der Opalinum-Zone.

Probenintervall 6.40 m bis 6.70 m (2 Proben, FB-A7 (6.40 m), FB A 6.70): Aalénien-Bajocien, nicht weiter datierbar

Beide Proben haben nur wenig Material geliefert. Die Probe bei 6.70 m zeigt fast ausschliesslich sehr gut in 3D erhaltene Exemplare von *Nannoceratopsis*, v.a. *N. gracilis* s.l. und *Nannoceratopsis* spp. Die Probe bei 6.40 m ist sehr ähnlich, es tritt aber zusätzlich gehäuft *Andreodinium elongatum* und *Moesiodinium raileanui* auf. Andere leitende Dinoflagellatenzysten-Taxa fehlen. In beiden Fällen handelt es sich um eine spezielle Fazies.

Das Probenintervall wird auf Aalénien-Bajocien datiert, eine feinere Datierung ist nicht möglich. Die grosse Häufigkeit von *Andreodinium elongatum* passt zu einem Alter nahe der Aalénien-Bajocien-Grenze.

Probenintervall 6.71 m bis 21.10 m (7 Proben, FB-A8 (6.71 m), FB A 6.90, 7.40, 13.0, 16.0, 19.0, FB-B0 (-1.9 m): Aalénien-Bajocien, Concavum- bis Discites-Zone

Die Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftungen in diesem Probenintervall unterscheiden sich deutlich von den Proben im Liegenden. In der untersten Probe bei 6.71 m treten erstmals Vertreter der Gattung *Dissilodinium*, sehr häufig *Dissilodinium lichenoides*, *Evansia? eschachensis* (fraglich), *Pareodinia* spp. und *Reutlingia gochti* auf. Ab der darauffolgenden Probe bei 6.90 m kommen erste fragliche Vertreter von *Dissilodinium* aff. *giganteum* hinzu. Ab der darauffolgenden Probe bei 7.40 m die ersten fraglichen Exemplare von *Gongylodinium erymnoteichon*. *Andreodinium elongatum* und der Acritarch *Fromea tornatilis* kommen regelmässig bis gehäuft vor. *Dissilodinium giganteum* kommt nicht vor. Die Art setzt erst an der Basis des nächsten Probenintervalls im Hangenden ein. Am Top des Probenintervalls kommen *Andreodinium elongatum* und *Nannoceratopsis* sp. B das letzte Mal vor. *Dissilodinium lichenoides* ist im gesamten Probenintervall sehr häufig. Top der Akme liegt am Top des Probenintervalls.

Das Probenintervall ist definiert vom Einsetzen von *Evansia? eschachensis* und *Pareodinia* spp. bis zum Aussetzen von *Nannoceratopsis* sp. B und dem Einsetzen von *Dissilodinium giganteum* in der nächsten Probe im Hangenden.

Das Vorkommen von *Evansia? eschachensis* markiert ein Mindestalter von Concavum-Zone. *Pareodinia* spp. und *Dissiliodinium* aff. *giganteum* setzen normalerweise in der Discites-Zone ein. Vereinzelt Vertreter von *Pareodinia* spp. können auch schon in der Concavum-Zone auftreten. Das letzte Vorkommen von *Nannoceratopsis* sp. B liegt am Eichberg in der Discites-Zone.

Die Proben werden als Concavum- bis Discites-Zone interpretiert. Das regelmässige Vorkommen von *Andreodinium elongatum* und dem Acritarch *Fromea tornatilis* und das gehäufte Vorkommen von *Dissiliodinium lichenoides* passt zu einem Alter im Bereich der Aalénien/Bajocien Grenze.

Probenintervall 23.60 m bis 31.40 m (2 Proben, FB B 0.60, 8.40): Früh-Bajocien, Ovale- bis Laeviuscula-Zone

Die Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftungen in diesem Intervall sind denen im Liegenden ähnlich. Neu setzen *Dissiliodinium giganteum* und *Dissiliodinium* sp. B bei 23.60 m ein. Bei 31.40 m kommen die ersten Exemplare von *Durotrigia daveyi* und *Durotrigia* spp. (fraglich) hinzu. *Andreodinium elongatum* und *Nannoceratopsis* sp. B kommen nicht mehr vor. *Dissiliodinium lichenoides* kommt nur noch mit Einzelexemplaren vor. Sichere Exemplare von *Dissiliodinium giganteum* und *Gongylodinium erymnoteichon* sind häufig.

Am Top des Probenintervalls kommen *Evansia? spongogranulata* und *Nannoceratopsis dictyambonis* das letzte Mal vor. *Evansia? eschachensis* reicht mit sicheren Exemplaren bis zum Top des Probenintervalls, zwei fragliche Exemplare wurden aber auch in der Probe im Hangenden gefunden.

Das Probenintervall ist definiert vom Einsetzen von *Dissiliodinium giganteum* bis zum Aussetzen von *Evansia? eschachensis*.

Das FAD von *Dissiliodinium giganteum* liegt am Eichberg im aller obersten Bereich der Discites-Zone. Sicher kommt die Art ab der Ovale-Zone vor und reicht bis in die Sauzei-Zone. Das LAD von *Evansia? eschachensis* liegt am Eichberg in der Ovale Zone, das LAD von *E.? spongogranulata* liegt in der Sauzei-Zone.

Das Probenintervall wird als Ovale- bis Laeviuscula-Zone interpretiert, mit einiger Wahrscheinlichkeit eher Ovale-Zone.

Probenintervall 39.60 m bis 39.90 m (2 Proben, FB-B 14, FB B 16.9): Früh-Bajocien, Ovale- bis Sauzei-Zone

Beide Proben haben nur wenig Material geliefert. Die Probe bei 39.90 m zeigt fast ausschliesslich *Nannoceratopsis gracilis* s.l. und *Nannoceratopsis* spp. Andere leitende Taxa fehlen. Es handelt sich um eine spezielle Fazies. Die Probe bei 39.60 m ist ähnlich und zeigt diese spezielle Fazies mit sehr hohen Anteilen an *Nannoceratopsis*. Zusätzlich tritt *Dissiliodinium* spp. auf sowie einzelne Exemplare von *Batiacasphaera* spp., *Cavatodissiliodinium hansgochtii*, *Dissiliodinium giganteum* (fraglich), *Durotrigia daveyi* und *Evansia? eschachensis* (fraglich).

Weil die Probe nur sehr wenig Material lieferte wurde sie im Labor ein zweites Mal aufbereitet. Bei der zweiten Aufbereitung wurde eine sehr grosse Probenmenge von 120 g verwendet. Es änderte aber nichts am Ergebnis. Die ungewöhnliche Zusammensetzung der Probe mit fast ausschliesslich *Nannoceratopsis* muss als typisch für diese spezielle Fazies in diesem Bereich des Profils angesehen werden. Die gefundenen Einzelexemplare anderer Dinoflagellatenzysten könnten auch aufgearbeitet sein. Sie sprechen für einen Bereich im Früh-Bajocien, von der Ovale- bis zur Sauzei-Zone.

Probe 43.80 m (1 Probe, FB B 20.8): Früh-Bajocien, Laeviuscula- bis Sauzei-Zone

Die Probe hat nur wenig Material geliefert. Der Anteil von Dinoflagellatenzysten an der Palynoflora ist mit 7 % sehr gering. Die Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftung ist nur wenig divers.

Die Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftung ist gekennzeichnet durch häufig *Batiacasphaera* spp., *Dissiliodinium giganteum* (Top Akme), *Mancodinium semitabulatum* und sehr häufig *Durotrigia daveyi*. Daneben kommen u.a. wenige Exemplare von *Gongylodinium erymnoteichon* (fraglich), *Nannoceratopsis gracilis* s.l., *Nannoceratopsis* spp. sowie *Andreedinium* spp. und *Dodekovia* spp. vor.

Die Probe wird als Laeviuscula- bis Sauzei-Zone interpretiert.

Probenintervall 46.00 m bis 49.40 m (4 Proben, FB B 23.0, 25.7, 26.15, 26.4): Früh-Bajocien, Humphriesianum-Zone, Romani- bis Humphriesianum-Subzone

Zu den Proben im Liegenden ist ein deutlicher Wechsel in der Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftung zu verzeichnen. Es setzen sukzessive viele neue Taxa ein.

Wichtige neu einsetzende Taxa sind *Batiacasphaera laevigata*, *Kallosphaeridium hypornatum* und *Phallocysta thomasi* (an der Basis recht häufig). Weiter oben folgen *Acanthaulax crispa*, *Cavatodissiliodinium* sp. 1 und sp. 3 (beide häufig), *Durotrigia filapicata*, *Valensiella/ Ellipsoidictyum* spp. und *Wanaea* sp. 1.

Das Probenintervall ist definiert vom Einsetzen von *Phallocysta thomasi* bis zu dessen Aussetzen.

Die genannten, neu einsetzenden Arten sind typisch für die Humphriesianum-Zone. *Phallocysta thomasi* hat ein sehr eingeschränktes stratigraphisches Vorkommen von der Romani-Subzone bis zur Humphriesianum-Subzone der Humphriesianum-Zone.

Das Vorkommen von *Cavatodissiliodinium hansgochti* (recht häufig) und einem fraglichen Exemplar von *Dissiliodinium giganteum* in der untersten Probe des Intervalls ist auf Aufarbeitung älterer Schichten der Laeviuscula- und/oder Sauzei-Zone zurückzuführen.

Probe 50.10 m (1 Probe, FB B 27.1): Früh-Bajocien, Humphriesianum-Zone, Blagdeni-Subzone

Die Probe ist ähnlich wie im Liegenden. Zusätzlich setzen ein: *Atopodinium* sp. 1, *Meiourgonyaulax* spp. und *Rhynchodiniopsis?* sp. 1.

Das FAD von *Rhynchodiniopsis?* sp. 1 liegt in der Blagdeni-Subzone der Humphriesianum-Zone. Es wurden keine Arten gefunden, die ein jüngeres Alter anzeigen würden.

Tab. 16: Biostratigraphische Interpretation der Palynomorphen-Events (Frickberg).

Chronostratigraphie		Biostratigraphie		Palynostratigraphie			Palynomorphen-Events	
Stufe	US	Ammoniten-Z.	Subz.	Probe	Profil-meter	Nr.		
Bajocien	Früh	Humphriesianum	Blagdeni	FB B 27.1	50.10 m	101	Base: <i>Atopodinium</i> sp. 1, <i>Meiourugonyaulax</i> spp., <i>Rhynchodiniopsis</i> ? sp. 1	
			Humphriesianum – Romani	FB B 26.4	49.40 m	99	Top (questionable): <i>Phallocysta thomasi</i> ; Base: <i>Acanthaulax crista</i> , <i>Cavatodissilodinium</i> sp. 3	
				FB B 26.15	49.15 m	97		
				FB B 25.7	48.70 m	95	Base: <i>Cavatodissilodinium</i> sp. 1, <i>Valensiella</i> / <i>Ellipsoidictyum</i> spp., <i>Wanaea</i> sp. 1	
				FB B 23.0	46.00 m	82	Top (reworked): <i>Cavatodissilodinium hansgochti</i> , <i>Dissilodinium giganteum</i> ; Base: <i>Batiacasphaera laevigata</i> , <i>Kallosphaeridium hypornatum</i> , <i>Phallocysta thomasi</i>	
			Pinguis					
		Sauzei – Laevi.		FB B 20.8	43.80 m	76	Top: <i>Dissilodinium giganteum</i> (acme); Base: <i>Foveotrites</i> sp. 1 (small)	
		Sauzei – Ovale		FB B 16.9	39.90 m	62		
				FB-B14 (16.6 m)	39.60 m	61	Top (questionable): <i>Evansia</i> ? <i>eschachensis</i> ; Base: <i>Cavatodissilodinium hansgochti</i>	
		Laeviuscula – Ovale		FB B 8.40	31.40 m	44	Top: <i>Evansia</i> ? <i>eschachensis</i> , <i>Evansia</i> ? <i>spongogranulata</i> , <i>Fromea tornatilis</i> (acme), <i>Nannoceratopsis dictyambonis</i> ; Base: <i>Durotrigia daveyi</i> (consistent), <i>Lycopodiumsporites gristhorpensis</i>	
				FB B 0.60	23.60 m	34	Base: <i>Dissilodinium giganteum</i> , <i>Dissilodinium</i> sp. B, <i>Gongylodinium erymnoteichon</i>	
		Discites – Concavum		FB-B0 (-1.90 m)	21.10 m	31	Top: <i>Andreodinium elongatum</i> , <i>Dissilodinium lichenoides</i> (acme), <i>Nannoceratopsis</i> sp. B (in Feist 1987); Base: <i>Dissilodinium</i> aff. <i>giganteum</i>	
				FB A 19.0	19.00 m	30		
				FB A 16.0	16.00 m	30		
				FB A 13.0	13.00 m	30		
				FB A 7.40	7.40 m	29	Base (questionable): <i>Gongylodinium erymnoteichon</i>	
				FB A 6.90	6.90 m	28	Base (questionable): <i>Dissilodinium</i> aff. <i>giganteum</i>	
			FB-A8	6.71 m	26	Base: <i>Dissilodinium lichenoides</i> , <i>Pareodinia</i> spp.; Base (questionable): <i>Evansia</i> ? <i>eschachensis</i> ,		
	Spät	Undiff.		FB A 6.70	6.70 m	26		
				FB-A7	6.40 m	23		
		Mittel	?Murchisonae – Opalinum	FB A 6.20	6.20 m	22	Top: <i>Evansia</i> ? cf. <i>granochagrinata</i> , <i>Kallosphaeridium prausii</i> , <i>Nannoceratopsis plegas plegas</i> , <i>Phallocystaceae</i> (divers), <i>Scriniocassis limbicavatus</i> , <i>S. weberi</i> , <i>Wallodinium laganum</i> ; Top (questionable): <i>Phallocysta</i> ? <i>frommernensis</i> , <i>Scriniocassis priscus</i>	
				FB A 2.80	2.80 m	17	Top: <i>Nannoceratopsis plegas</i> (diverse ssp.+ abundant), <i>Phallocysta</i> ? <i>frommernensis</i>	
				FB A 2.65	2.65 m	16		
				FB-A6	2.50 m	16	Top: <i>Phallocysta erregulensis</i> , <i>Phallocysta eumekes</i> ; Base: <i>Nannoceratopsis plegas</i> (diverse ssp.+ abundant), <i>Phallocysta erregulensis</i> , <i>Phallocysta eumekes</i>	
			Früh	Opalinum	FB A 1.60	1.60 m	10	
					FB A 0.85	0.85 m	6	
		FB A -0.05			-0.05 m	1	? Top: <i>Nannoceratopsis triangulata</i>	
		FB A -0.10			-0.10 m		Base: <i>Evansia</i> ? cf. <i>granochagrinata</i> , <i>Phallocysta</i> ? <i>frommernensis</i>	

4.1.4 Frickberg Lithostratigraphie

Das Profil an der Osthalde des Frickberg (Brändlin 1911, Buser 1952, Lusser 1980, Burkhalter 1993, 1996) mit dem Opalinuston an der Basis und dem charakteristischen Wechsel in die Passwang-Formation wurde neu aufgenommen und untersucht. Mit den Ammoniten- sowie den palynostratigraphischen Altern kann das Profil aufgrund der Definition der jeweiligen Member der Passwang-Formation (*sensu* Burkhalter 1996 und Entscheid SKS 2004), folgendermassen gegliedert werden:

Die **Grenze Opalinuston/Passwang-Formation** liegt hier am Top der dunkelgrauen, glimmerführenden, siltig, kalkigen Tonsteine welche im Hangenden durch rund 2.7 m hell anwitternde, sandige Biomikrite (Sandkalke) abgelöst werden (Fig. 26). Dieses kalkige Intervall wird aufgrund von Ammoniten und Palynomorphen noch in die Opalinum-Subzone der Opalinum-Zone datiert. Die Ammoniten aus dem eisenoolithischen Top des Intervalls (Schicht 16) können dem *lineatum*-Horizont zugeordnet werden. Die darüber abgelagerten grauen, siltig bis feinsandigen Mergel wurden im Grenzbereich der Opalinum-/Murchisonae-Zone abgelagert. Die Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftungen werden mit Vorbehalt auf Opalinum-Zone datiert, jedoch könnte es sich auch um ein etwas jüngeres Alter handeln (Murchisonae-Zone), mit viel Aufarbeitung aus der Opalinum-Zone. Die Aufarbeitung zeigt sich auch durch Funde von *Luehndea spinosa*, einer typischen Art aus dem Spät-Pliensbachien.

Zwischen 6.30 und 7.05 m können **3 eisenoolithische und biodetritische Kalksteinlagen** gefunden werden. Die unterste Bank (Schicht 23) kann weder mit dem kleinen Ammoniten noch mit den Palynomorphen genauer datiert werden. Die aufliegende Schicht 24 kann durch einen Ammoniten der Gattung *Brasilia* (*Brasilia* ex gr. *bradfordensis*) auf die Bradfordensis-Zone datiert werden. Die darüber liegende Bank (Schicht 26) wird durch Palynomorphen auf Concavum-Zone datiert. Die fünf Ammonitenfunde der Gattung *Graphoceras* lassen eine Zuordnung zur Concavum-Subzone zu. Diese Bank zeigt einen ausgeprägten Hartgrund am Top. Die darüber liegenden eisenoolithischen Mergel (Schicht 27) beinhalten aufgearbeitete eisenoolithische Intraklasten. Der im Top der Mergel gefundene *Eudmetoceras amplexans* (Buckman 1889) lässt eine Datierung dieses Mergelhorizonts auf die Formosum-Subzone der Concavum-Zone zu. Die oberste der drei Kalksteinlagen (Schicht 28) wird durch Palynomorphen-Vergesellschaftungen (*Andreodinium elongatum* & *Fromea tornatilis*) nahe der Aalénien/Bajocien Grenze datiert. Die gefundenen Dinoflagellatenzysten *Pareodinia* spp. und *Dissiliodinium* aff. *giganteum* setzen normalerweise in der Discites-Zone ein. Diese Schicht wurde von Buser (1952) als «Inoceramen-Bank» beschrieben und der «Unteren Sublobata-Bank» gleichgesetzt.

Die nun folgenden, mächtigen **homogenen grauen Mergel** mit vereinzelt Kalk- sowie Sideritknollen werden durch Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftungen auf Concavum- bis Discites-Zone datiert. Der kleine Ammonit der Gattung *Hyperlioceras* aus der eisenoolithischen Kalklinsenlage bei 20.0 – 21.1 m (Schicht 31) zeigt ein Alter, welches der Discites-Zone zugeordnet werden kann. Buser (1952) benennt die eisenoolithische Kalklinsenlage (Schicht 18 in Buser 1952) als «Sonninienbank» und setzt diese der «Oberen Sublobata-Bank» gleich (Horizont 6 in Burkhalter 1996). Die dazwischenliegende Abfolge bezeichnet er demzufolge als «Sowerby-Schichten».

Der folgende gut aufgeschlossene obere Bereich mit den mächtigen **Sandkalk- sowie Spatkalkbänken** von 23.00 – 43.60 m wurde durch Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftungen sowie durch zwei Ammoniten (*Shirbuirnia trigonalis* und *Shirbuirnia* sp.) als Ovale- bis Laeviuscula-Zone datiert. Die Laeviuscula/Sauzei-Grenze ist nicht eindeutig feststellbar. Buser (1952) benennt die eisenoolithischen Kalke bei 42.35 – 43.60 m (Schicht 34 – 36 in Buser 1952) als «Blaue Kalke» und setzt diese, den in Süddeutschland als «Blaukalke» (blaugraue, spätkalke und eisenoolithische Kalke) über den «Wedelsandkalke», gleich. Zudem unterteilt er die darunterliegende «Neutrale-Zone» in «Sandkalke» (unten) und «Spatkalke» (oben). Die untere Sandkalk- und

Mergel-Serie umfasst knapp zwei Drittel der gesamten Zone umfasst. Diese Sandkalke setzt Buser (1952) den «Wedelsandkalken» Süddeutschlands gleich. Der obere Bereich beschreibt er als späte Serie, welche sich allmählich aus den Sandkalken entwickelt, ohne dass eine Diskordanz festzustellen sei.

Das folgende 1.5 m mächtige **tonige Intervall** (Schicht 76) wird durch die Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftung auf Laeviuscula- bis Sauzei-Zone datiert. Dieses Intervall trennt die einzelnen eisenoolithischen und eisenschüssigen Kalkbänke im liegenden (Schicht 71 – 75) von den hangenden 4.65 m mächtigen eisenoolithischen Kalkschichten. Buser (1952) benennt diese Tonsteine als die «Basistone der Giganteus-Schichten».

Über diesem Tonintervall setzen bei 45.10 m (Schicht 77) **Eisenoide** ein, welche bis 49.75 m (Schicht 100) dominieren und dann wieder aussetzen. Dieses Intervall kann mit Ammoniten nur im obersten Bereich (Schicht 94 – 97) datiert werden. Schicht 94 wird durch eine *Dorsetensia romani* der Romani-Subzone der Humphriesianum-Zone zugeordnet. Ebenso aus der Basis der Schicht 94 oder etwas darunter stammend, konnte der Lesefund einer *Sonninia* ex gr. *alsatica* auf die Sauzei-Zone oder die Pinguis-Subzone der Humphriesianum-Zone datiert werden. Die beiden höheren Ammonitenniveaus (Schicht 96 & 97) werden der Humphriesianum-Subzone der Humphriesianum-Zone zugeordnet. Die 6 Exemplare aus der Gruppe von *Chondroceras gervilli* und ein Exemplar von *Poecilomorphus cycloides* können damit noch enger datiert werden und gehören dem *gervilli-cycloides*-Horizont an. Das Einsetzen der Eisenoide in der Schicht 77 kann vermutlich noch in die Sauzei-Zone gestellt werden. Neben den Ammoniten ist dieses Intervall reich an Makrofossilien: handgrosse *Ctenostreon*, Rhynchonellen, Austern und Belemniten.

Die Schichten (Schicht 101 – 103) oberhalb der eisenooidführenden Kalksteine und Mergel können als feinsandige, tonige Mergel in Wechsellagerung mit Kalksteinlagen beschrieben werden, welche von Buser (1952) als «**Laibsteinfazies**» beschrieben wird. Der Fazieswechsel von eisenooidführenden zu eisenooidfreien Schichten könnte mit der Humphriesianum/Blagdeni-Subzongrenze identisch sein.

Einteilung gemäss der formellen Definition

Eine Zuordnung der datierten Einheiten ist nicht für jedes Member der Passwang-Formation eindeutig durchführbar (s. Fig. 25).

Die Ammoniten aus der Schicht 16, welche dem *lineatum*-Horizont der Opalinum-Subzone entsprechen, dokumentiert das heterochrone Einsetzen des **Sissach-Members** am Frickberg. Der knollige Aufarbeitungshorizont mit fladenförmigen, Fe-Hydroxid umkrusteten eisenoolithischen Intraklasten in der Schicht 24 wird aufgrund der Ammonitendatierung (Bradfordensis-Zone) als das Top des Sissach-Members definiert. Nach rein lithologischen Kriterien kann diese Trennung in das liegende Sissach-Member und das «kondensierte Äquivalent des Hauenstein- sowie Hirnichopf-Members» im Hangenden nicht vorgenommen werden.

Das «**kondensierte Äquivalent des Hauenstein-Members**» beinhaltet Mergel (Schicht 25) und die eisenoolithische Kalkbank (Schicht 26). Das «**kondensierte Äquivalent des Hirnichopf-Members**» wird mit dem Mergel der Schichtfuge 27 und der eisenoolithischen Bank 28 korreliert.

Der lithologische Wechsel in die tonig/mergelige Fazies wird bereits dem ?Waldenburg-Member zugeteilt. Das tonig/mergelige Intervall endet mit der letzten Mergelzwischenlage über der eisenoolithischen Linsenlage (Schicht 31 ≈ ?«Obere Sublobata-Bank»), welche noch immer in die Discites-Zone zu stellen ist. Die darüber folgende Abfolge, mit den sandig-biotritischen Kalksteinlagen entspricht der lithologischen Beschreibung des u.T. des Brüggli-Members (Vergleichsprofil Frickberg in Burkhalter 1996, Tafel 1), womit aber deren Sedimentation im Bereich des Frickbergs bereits in der Ovale- bis Laeviuscula-Zone und nicht erst in der Sauzei-Zone einsetzte.

Die Grenze zwischen dem Waldenburg- und dem Brüggl-Member wird, wie bereits bei den vorhergehenden Profilen nicht definiert. Die «Humphriesi-Schichten» sind lithologisch mit dem Einsetzen und dem erneuten Aussetzen der Eisenooide definiert (Burkhalter 1996). Somit wird das ganze Intervall von der Schicht 29 bis Schicht 100 als **Waldenburg- bis Brüggl-Member** beschrieben.

Im Hangenden der «Humphriesi-Schichten» lässt sich die tonig mergelige Abfolge, dem **Rothenfluh-Member** (Schicht 101 – 103) zuordnen.

Alternative (rein lithostratigraphische) Einteilung

Wie oben beschrieben, ist die Unterteilung nach rein lithologischen Kriterien in die entsprechenden Member und die «kondensierten Äquivalente» *sensu* Burkhalter (1996) und dem Entscheid des SKS (2004) nicht eindeutig. Die hier vorgeschlagene rein lithostratigraphische, informelle Gliederung wird in den stratigraphischen Profilen (Fig. 25 –27) parallel zu den formellen Membern dargestellt.

- Die **Einheit 1** (Schicht 2 – 22) wird von der Basis der Passwang-Formation, mit dem Einsetzen von mehr als 1 m mächtigen Kalksteinintervallen, bis an die Basis des stark kondensierten, eisenoolithischen Kalksteinintervalls definiert. Sie hat eine Mächtigkeit von 6.30 m.
- Die **Einheit 1-3k** (Schicht 23 – 28) beinhaltet das stark kondensierte, eisenoolithische Kalksteinintervall. Sie hat eine Mächtigkeit von 0.75 m.
- Die **Einheit 4** (Schicht 29 – 76), im Hangenden der kondensierten Einheit, beginnt mit dem Wechsel hin zu Tonsteinen, Mergeln und Sandkalken. Die Einheit 4 kann weiter in eine tonig/mergelige Subeinheit 4T (Schicht 29 – 32 & Schicht 76) und eine sandig-biodetritische Subeinheit 4K (Schicht 33 – 75) unterteilt werden. Sie hat eine Mächtigkeit von 38.05 m, wobei der mächtigere Teil (20.60 m) der Subeinheit 4K (sandig-biodetritisch) zugeordnet wird.
- Die **Einheit 5** (Schicht 77 – 100) wird mit dem Einsetzen der eisenoolithischen Kalksteine/ Eisenoolithe und derem Aussetzen im Hangenden definiert. Die Einheit 5 ist identisch mit dem lithostratigraphisch definierten o.T. des Brüggl-Members («Humphriesi-Schichten» nach Burkhalter 1996). Sie hat eine Mächtigkeit von 4.65 m.
- Die **Einheit 6** (Schicht 101 – 103) beginnt nach dem Aussetzen der Eisenooide und besteht aus einer tonig/mergeligen Abfolge. Die Einheit 6 ist identisch mit dem formell definierten Rothenfluh-Member. Von der Einheit 6 sind nur die untersten 1.95 m aufgeschlossen.

4.2 Das Profil Cheisacher

Das Profil Cheisacher (Fig. 30) besteht aus einem unteren (Koord.: 2'651.151 / 1'264.504) und einem oberen Teilprofil (Koord.: 2'651.140, 1'264.472) und befindet sich am nordöstlichen Ende der Grosshalde am Cheisacher. Der untere Bereich (Fig. 28) wurde zwischen den Jahren 2012 bis 2014 durch eine rezente Rutschung frisch aufgeschlossen. Der obere Bereich (Fig. 29) des Profils ist entlang des oberhalb verlaufenden Waldwegs verfolgbar. Die Schichten fallen mit ~40° Richtung Süd ein.

Das obere Profil wurde bereits von Buser (1952, Profil 6) als «Giganteus-Schichten» (1.11 m), «Humphriesi-Schichten» (0.79 m) bis «Blagdeni-Schichten» (ca. 10 m) publiziert.



Fig. 28: Unterer Aufschluss der Lokalität Cheisacher (unterhalb des Wegs): Opalinuston, Sissach-Member bis zum Waldenburg- bis Bruggli-Member, (Schicht 13 – 41).
Foto S. Wohlwend: Aufnahme 20.04.2016.

Das kompilierte Profil Cheisacher umfasst wenige Meter Opalinuston sowie die Passwang-Formation mit dem Sissach-Member, den «kondensierten Äquivalenten des Hauenstein- und Hirnichopf-Members», dem Waldenburg- bis Bruggli-Member und dem Rothenfluh-Member.



Fig. 29: Oberer Aufschluss der Lokalität Cheisacher (entlang des Wegs): Waldenburg- bis Bruggli-Member – Rothenfluh-Member (Schicht 50 – 88).
Hammer als Grössenvergleich liegt auf Schicht 71. Die dunklen bis schwarzen Tonsteine darunter entsprechen der Schicht 69. Foto S. Wohlwend: Aufnahme 20.04.2016.

4.2.1 Cheisacher Lithologie

Bei Cheisacher konnte folgendes 54.2 m mächtige, jedoch nicht vollständig aufgeschlossene Profil (Fig. 30) durch die Passwang-Formation und die obersten Schichten des Opalinustons aufgenommen werden. Das untere Profil beinhaltet die ersten 21.5 m (vgl. Fig. 31 und 32), das obere Profil die Meter 41.0 – 54.2 m (vgl. Fig. 33).

Das Profil der Passwang-Formation setzt sich beim Cheisacher aus sieben lithologisch verschiedenen Abschnitten (Fig. 30) zusammen:

- 3.80 – 6.60 m: 2.80 m mächtige dunkelgraue, glimmerführende, siltige, kalkige Tonsteine (CHE 6.30).
- 6.60 – 9.05 m: 2.45 m mächtige Wechsellagerung von hell anwitternden, feinarenitischen Kalken, zum Teil leicht sandig mit dunklen Mergeln (CHE 7.40 – CHE 9.00).
- 9.05 – 15.25 m: 6.20 m graue, siltige bis feinsandige Mergel und mergelige Sandsteine (CHE 15.20).
- 15.25 – 17.45 m: 2.20 m mächtige, eisenoolithische, biodetritische Kalksteinlagen und -bänke mit Mergelzwischenlagen (CHE 15.30 – CHE 17.20) sowie einem Aufarbeitungshorizont am Top der Schicht 20 (CHE 15.45).
- 17.45 – 41.30 m: 23.85 m mächtige Wechsellagerung von 0.20 – 0.6 m mächtigen sandigen Kalksteinen bis Sandkalkbänken mit sandigen Mergeln (CHE 20.90 – CHE 35.00); der Bereich von 27.30 – 41.00 m ist nicht oder nur sehr schlecht aufgeschlossen.
- 41.30 – 46.45 m: 5.15 m mächtige eisenoolithische Kalkschichten mit knolligen eisenoolithischen Mergeln wechsellagernd; der Abschnitt enthält viele Ammoniten, Belemniten und Muscheln (CHE 42.70 – CHE 46.25).
- 46.45 – 54.20 m: 7.75 m mächtige feinsandige, mergelige Tonsteine in Wechsellagerung mit 0.20 – 0.50 m mächtigen hell anwitternden Kalksteinen (CHE 46.70 – CHE 51.00).

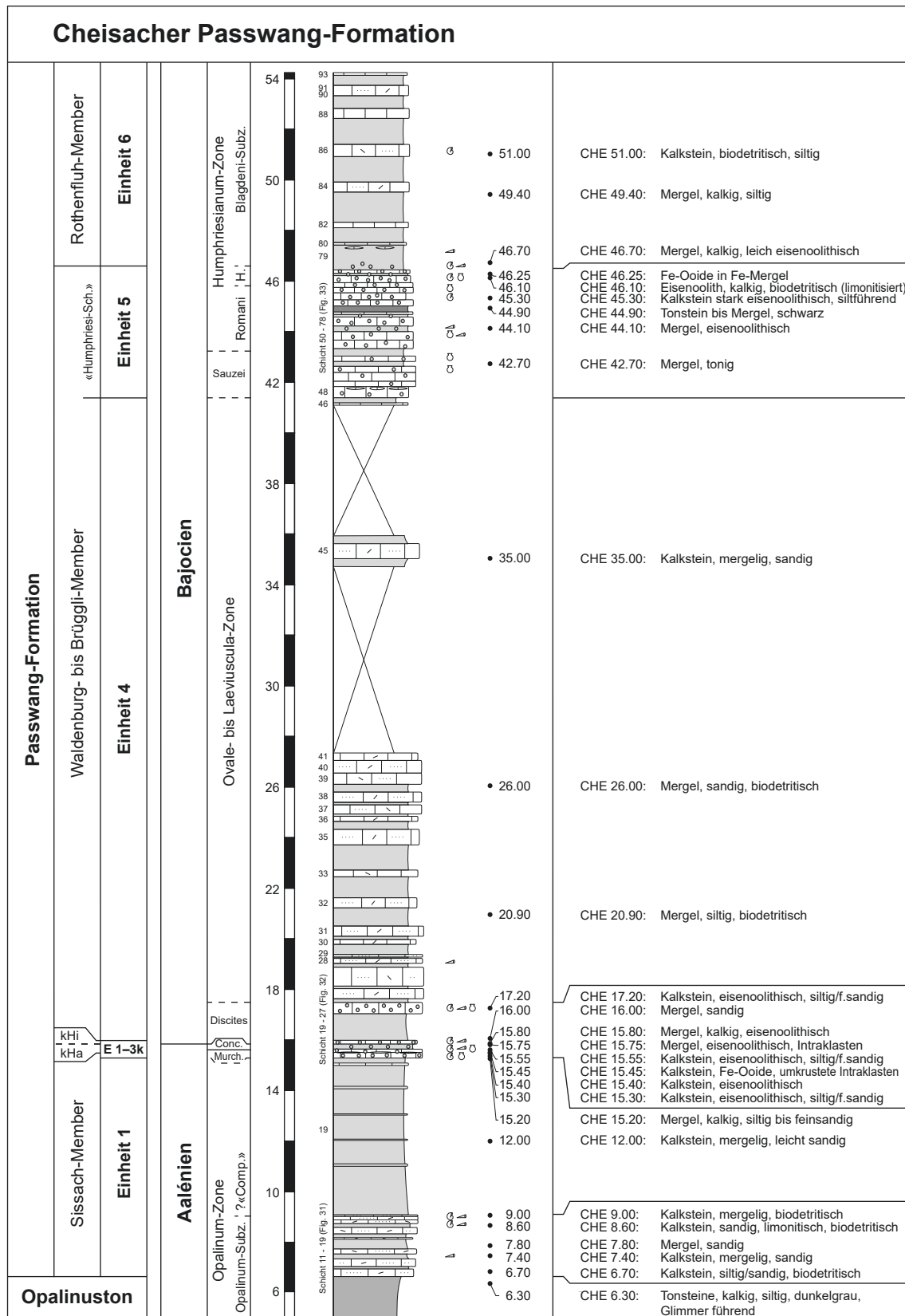


Fig. 30: Die Passwang-Formation mit deren Member sowie «konditionierte Äquivalente der Member» (*sensu* Burkhalter 1996 und Gonzalez & Wetzel 1996) am Cheisacher.

4.2.2 Cheisacher Mikrofazies

Zehn der oben beschriebenen Schichten wurden mit Dünnschliffen untersucht. Die Resultate der mikrofaziellen Analyse sind in Tab. 17 aufgelistet. Die Schichten weisen folgende Charakteristika auf:

- Die untersten beiden Proben (CHE 6.70 & 8.60) können beide als siltig-feinsandige Biomikrite (Biopseudosparite) bezeichnet werden. Die Probe aus der untersten Silt bis Sandkalksteinbank (Schicht 13, CHE 6.70) zeigt neben den biogenen Komponenten und dem detritischen Quarz rund 10 % Pyritknollen und rund 1 % Glimmer sowie diverse Foraminiferen.
- Die beiden Proben CHE 15.30 & 15.55 sind in ihrer Zusammensetzung recht ähnlich, doch zeigen sich gewisse Unterschiede. Die untere Probe (CHE 15.30) weist rund 20 % Bioklasten und etwa 25 % Eisenoolith auf, die obere Probe, als Eisenoolith bezeichnet (50 – 60 %), zeigt einen etwas geringeren biogenen Anteil (10 %). Die Eisenoolithen haben einen Durchmesser von 0.3 – 2 mm und sind vor allem in der unteren Probe sehr unregelmässig verteilt und zum Teil dicht gepackt. Beide Proben enthalten rund 10 % detritischen Quarz.

In der unteren Probe (CHE 15.30) sind rund 10 % umkrustete Intraklaste (oder Onkoide) vorhanden, welche auch makroskopisch zu sehen sind. Diese bestehen aus unterschiedlichen Lithologien (sandiger Biomikrit, eisenoolithischer Mikrit) wobei die Quarzkorngrösse in diesen Intraklasten gröber ist als in der Matrix (max. 0.3 mm, Ø 0.1 mm). Diese Intraklasten oder Onkoide zeigen verstärkte Strömung und oder Aufarbeitung an.

- Die Probe CHE 17.20 zeigt zwei verschiedene Lithologien. Die eine Hälfte kann als eisenoolithischer Biomikrit bezeichnet werden, die andere Hälfte als siltig bis feinsandiger, limonitischer Biomikrit. Die mehr oder weniger eisenoolithfreie Hälfte enthält dafür mehr detritischer Quarz (10 – 15 %, 0.03 – 0.2 mm, Ø 0.07 mm) als diejenige mit den Eisenoolithen. In beiden Hälften machen die biogene Komponente rund 20 – 30 % und der limonitisierte Mikrit rund 35 % aus.
- Die beiden Proben CHE 20.90 & 26.00, aus dem mittleren Intervall der Passwang-Formation, können beide wegen dem detritischen Quarzanteil (15 – 20 %) und den biotritischen Komponenten (10 – 15 %) als siltig-sandige, biotritische Mergel oder als siltig-sandige Biomikrite (auch als Sandkalke oder Sandkalksteine) bezeichnet werden.
- Die zwei Proben CHE 45.30 & 46.10 zeigen einen hohen Gehalt an Eisenoolithen. Die Probe CHE 45.30 mit 30 – 40 % kann als eisenoolithisch, die andere mit 50 – 60 % als Eisenoolith bezeichnet werden. Beide Proben enthalten rund 20 % biogene Komponente (Echinodermen & Muscheln) und 20 – 45 % mikritische Matrix, die limonitisiert wurden. In der unteren Probe (CHE 45.30), kann im Gegensatz zur oberen, detritischer Quarz (5 – 10 %, Ø 0.05 mm) festgestellt werden.
- Die knollige Kalklage (Probe CHE 51.00) aus der Wechsellagerung zwischen 46.45 – 54.20 m wurde mit einem Dünnschliff analysiert. Diese besteht zu etwas mehr als der Hälfte (50 – 55 %) aus Mikrit, der total rekristallisiert wurde (Pseudosparit). Anhand der Calcitfärbung können darin rund 20 % Spongiennadeln festgestellt werden, ferner Echinodermenbruchstücke (5 – 10 %), Muschelbruchstücke (5 %) sowie Pellets (5 – 10 %). Zusätzlich enthält der Dünnschliff 5 – 10 % detritischer Quarz mit einem Korndurchmesser zwischen 0.03 – 0.15 mm (Ø 0.05 mm). Somit lässt sich die Probe als siltiger Biopseudosparit bzw. Biomikrosparit bezeichnen.

Tab. 17: Mikrofaziesanalyse der Passwang-Formation am Cheisacher in Vol.-%.

	Schicht-Nummer	sparit. Calcitcement	Pseudosparit Mikrit, Ton	Fe-Dolomit/Dedolomit	limonit. Matrix	Intraklasten	Pellets, Pelloide	Fe-Ooide	limo. Echino. & Bryoz.	Echinodermen	Muscheln, Bryozoen	Spongienmadeln	diverse Fossilien	Chert	detritischer Quarz	Ø Korngrösse [mm]	Pyrit
CHE 51.00	86		50				7			10	5	20	1		7	0.05	
CHE 46.10	75			5	15			55	15		9		1				
CHE 45.30	71				45			35	10		5				5	0.05	
CHE 26.00 *	38a		5							15				1	20	0.07	
CHE 20.90 *	31a									10					15	0.05	
CHE 17.20	25				35			30	15		5				15	0.07	
CHE 15.55	21				25			55	5		5				10	0.05	
CHE 15.30	20				35	10 ¹		25	10		10		1		10	0.1	
CHE 8.60	16a				55				25		10		1		8	0.07	
CHE 6.70	13		50							15	5			1	18	0.06	10

*: Dünnschliff schlecht präpariert: die prozentualen Angaben beziehen sich auf das noch vorhandene Material im Dünnschliff;

¹: Umkrustete Intraklasten: könnten infolge der Kruste auch als Onkoide interpretiert werden

4.2.3 Cheisacher Biostratigraphie

4.2.3.1 Ammonitenstratigraphie

Das Profil Cheisacher wurde 2016 insgesamt drei Mal nach Fossilien abgesucht. Beachtung wurde insbesondere den Ammoniten geschenkt, da diese biostratigraphisch die grösste Aussagekraft haben. Nachfolgend ist eine Auflistung der untersuchten Schichten und ihres Inhalts. Die jeweiligen Schichtnummern sind in den folgenden drei Detailprofilen (Fig. 31 – 33) ersichtlich. Die Ammonitenstratigraphie ist in Tab. 18 dargestellt. Zusätzlich zu den gefundenen Ammoniten sind die wichtigsten palynostratigraphischen Events (Base und Top) dokumentiert. Eine detaillierte Beschreibung der Palynostratigraphie folgt in Kap. 4.2.3.2 (Palynostratigraphie).

- **Schichtgrenze 17/18** (Fig. 31): Ein Fund eines unvollständigen Ammoniten der Gattung *Leioceras* sp. (Tafel 7, Fig. 1) in einem biodetritischen Mergel. Aufgrund der Grösse wahrscheinlich Opalinum-Zone, Opalinum-Subzone.
- **Schicht 18**: ein *Lytoceras* sp., ein *Leioceras* ex gr. *lineatum* sowie ein unvollständiger Nautilide. Aussagekräftig ist nur der *Leioceras* ex gr. *lineatum* (Buckman 1899) (Tafel 7, Fig. 2). Er deutet auf die Opalinum-Zone, Opalinum-Subzone, hin.
- **Schicht 18a**: zwei Funde von *Leioceras* sp. Der besser erhaltene, ein unvollständiger Mikroconch, gehört zu *Leioceras* ex gr. *costosum* (Quenstedt 1886) (Tafel 7, Fig. 3). Opalinum-Zone.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Schichten 17/18 – 18a wahrscheinlich in die Opalinum-Subzone der Opalinum-Zone gehören.

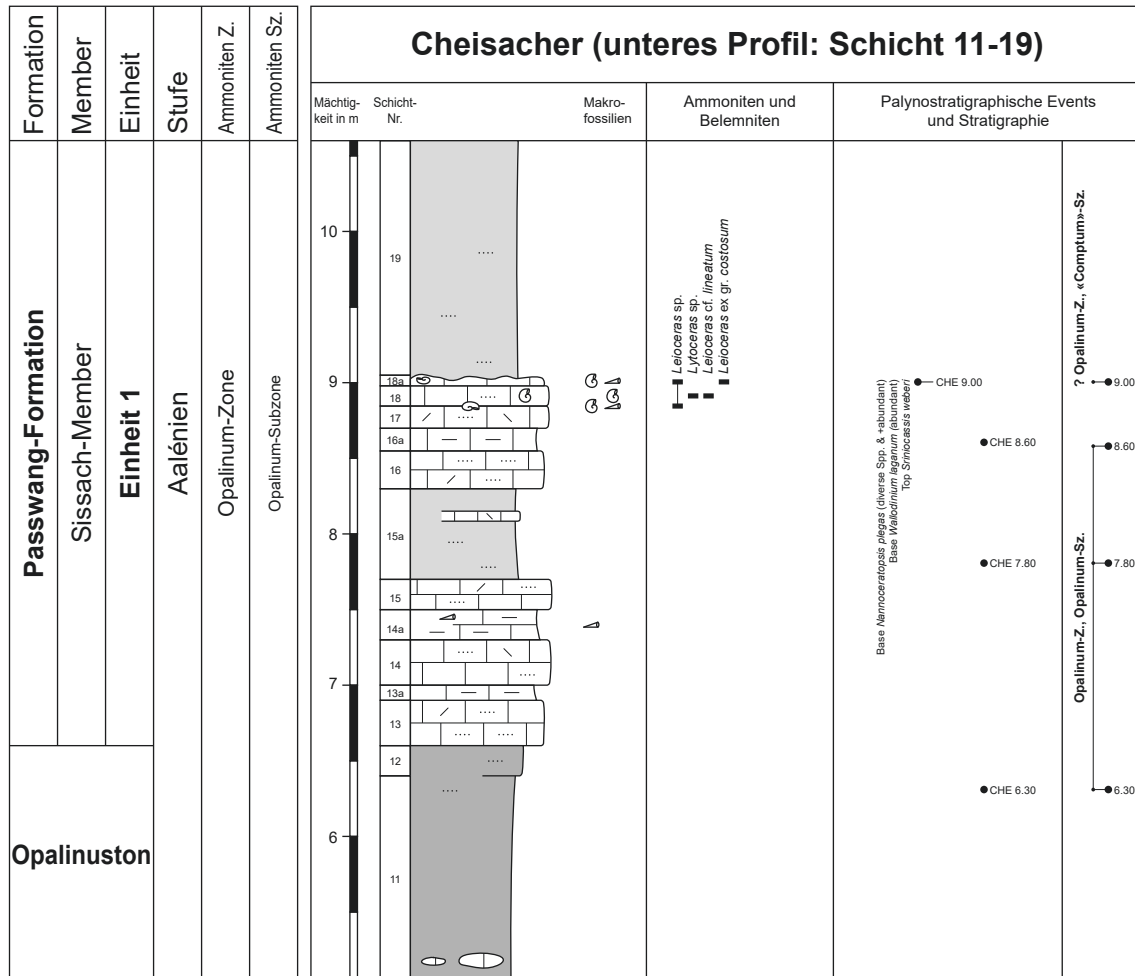


Fig. 31: Detailprofil der Basis des Sissach-Members am Cheisacher (Schicht 11 – 19).

- **Schicht 20** (Fig. 32): diese Bank enthält auf zwei unterschiedlichen Niveaus Ammoniten:

Im ersten Niveau (ca. 11 – 12 cm unter dem Top der Bank) konnten insgesamt 3 Ammoniten geborgen werden. Es handelt sich um *Staufenia sehdensis* (Hoffmann 1915) (Tafel 7, Fig. 4; Tafel 8, Fig. 2) und *S. ex gr. sehdensis* (Hoffmann 1915) (Tafel 8, Fig. 1) die aus der Murchisonae-Subzone (*sehdensis*-Horizont) der Murchisonae-Zone stammen.

Im zweiten Fundhorizont knapp oberhalb im Top von Schicht 20 fanden sich in einem Horizont zahlreiche Intraklasten die im Kern teilweise eisenoolithisch waren. Klasten wie Ammoniten sind oft dicht mit Serpeln bewachsen. Die drei Ammoniten der Gattung *Ludwigia* (Tafel 8, Fig. 3 – 5) zeigen auf der Ventralseite nach vorne gerichtete Sekundärrippen. Dies deutet auf ein Alter im Bereich der Murchisonae-Zone, Murchisonae-Subzone hin. Ferner konnte in diesem Horizont ein juveniler *?Ancoleioceras* sp. (Tafel 8, Fig. 6) gefunden werden.

Schicht 20 gehört in die Murchisonae-Zone, Murchisonae-Subzone.

- In **Schicht 21** kommen frühe Graphoceraten vor (Tafel 8, Fig. 7). Bis auf ein Exemplar waren alle andern nur fragmentarisch erhalten. Auf dem Hartgrund befindet sich neben zahlreichen Exemplaren des Belemniten *Holcobelus blainvillei* (Voltz 1830) ein mikroconcher *Eudmetoceras*. Alle Fundhorizonte in Schicht 21 liegen in einem eisenoolithischen Kalkstein.

Dieser Schichtabschnitt gehört in die Concavum-Zone, Concavum-Subzone.

- **Schicht 22:** Mehrere unvollständige Graphoceraten (Tafel 9, Fig. 3) und *Eudmetoceras amplexens* (Buckman 1889) (Tafel 8, Fig. 8; Tafel 9, Fig. 1). Aufgrund des häufigen Auftretens von *E. amplexens* und *Eudmetoceras* sp. (Tafel 9, Fig. 2) gehört diese Schicht in die späte Concavum-Zone, Formosum-Subzone, *amplexens*-Horizont. Schicht 22 enthält ferner zahlreiche umkrustete Intraklasten (makroskopisch) und häufig den Belemniten *Holcobelus blainvillei* (Voltz 1830), seltener den Belemniten *Brevibelus breviformis* (Voltz 1830).
- **Schicht 23:** Es wurden drei Ammoniten, die der Gattung *Hyperlioceras* (Tafel 9, Fig. 4 und 5) angehören, geborgen. Alter: frühe Discites-Zone.
- **Schicht 25:** Insgesamt wurden in dieser Schicht vier Ammoniten geborgen: zwei gehören zur Gattung *Hyperlioceras* (Tafel 9, Fig. 6 und 7), ein weiterer zur Art *Euhoploceras modestum* (Buckman 1892) (Tafel 10, Fig. 1). Schicht 25 gehört in die spätere Discites-Zone.
- **Schicht 71** (Fig. 33): Insgesamt konnten in dieser Schicht nur zwei Ammoniten geborgen werden. Einer davon ist eine *Dorsetensia liostraca* (Buckman 1892) (Tafel 10, Fig. 2). Alter: Humphriesianum-Zone, Romani-Subzone. Der zweite, ein *Stephanoceras* sp. (Tafel 10, Fig. 6) ist zu wenig charakteristisch, um damit zu datieren.
- **Schicht 75:** Insgesamt wurden fünf Chondroceraten (*Chondroceras* ex gr. *gervilli* (Sowerby) (Tafel 10, Fig. 3 – 5) gefunden. Diese gehören in die Humphriesianum-Subzone und in den *gervilli/cycloides*-Faunenhorizont.
- **Schicht 76:** ?*Normannites* oder ?*Epaxites* sp. (Tafel 10, Fig. 7) ?Humphriesianum-Subzone.
- **Schicht 86:** Mikroconch von *Teloceras* sp. (nicht abgebildet.) Wahrscheinlich Blagdeni-Subzone.

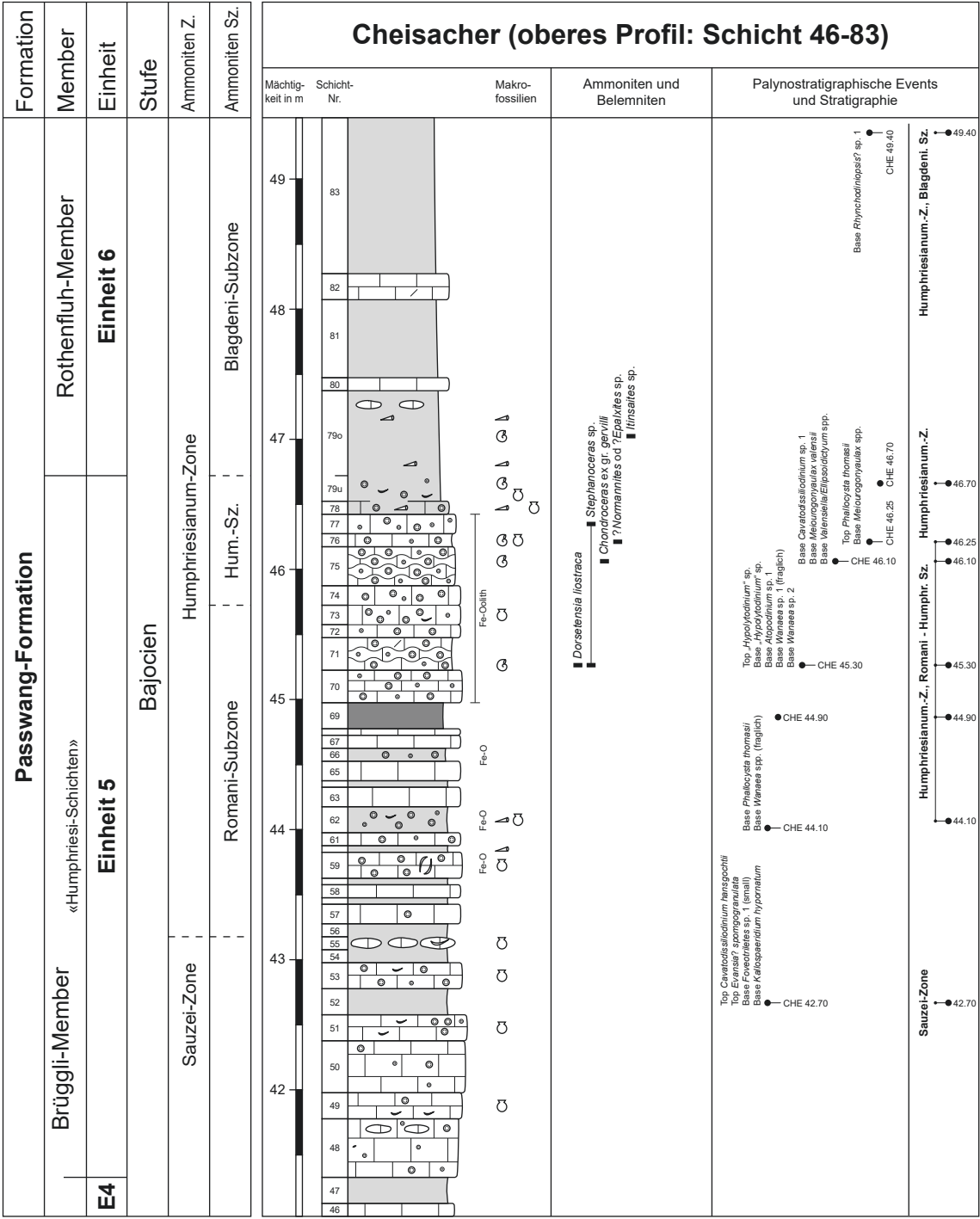


Fig. 33: Detailprofil des oberen Bereichs des Waldenburg- bis Brüggli- und Rothenfluh-Members am Cheisacher (Schicht 46 – 83).

Tab. 18: Ammonitenstratigraphie Profil Cheisacher.

Nachgewiesene Ammoniten-Zonen, -Subzonen sowie -Horizonte aus dem Profil Cheisacher.

Chronostratigraphie		Biostratigraphie			Schicht -Nr.	Lithologie
Stufe	US	Ammoniten-Z.	Subzone	Horizont		
Bajocien	Früh	Humphriesianum	Blagdeni		86	Sandkalk
			Humphriesianum	<i>gervilli / cycloides</i>	75	eisenoolithischer-toniger Kalkstein
			Romani		71 _{Basis}	eisenoolithischer-toniger Kalkstein
			Pinguis			
		Sauzei	Macrum sensu Ohmert			
			Kumaterum sensu Ohmert			
		Laeviuscula	Laeviuscula			
			Trigonalis			
		Ovale				
		Discites			25	harter eisenoolithischer-toniger Kalkstein
			frühe		23	eisenoolithischer, kalkiger Mergel
Aalenien	Spät	Concavum	Formosum	<i>amplectens</i>	22	eisenoolithführender Mergel mit aufgearbeiteten eisenoolithischen Intraklasten und aufgearbeiteten Ammoniten
			Concavum		21	harter eisenoolithischer-toniger Kalkstein mit ausgeprägten Hartgrund im Top
	Mittel	Bradfordensis	Giganteus			
			Bradfordensis			
		Murchisonae	Murchisonae	<i>sehdensis</i>	20	harter eisenoolithischer-toniger Kalkstein mit fladenförmigen Fe-Hydroxid umkrusteten eisenoolithischen Intraklasten
			Haugi			
	Früh	Opalinum	«Comptum»			
			Opalinum		18a	biodetritischer Mergel
					18	harter biodetritischer etwas toniger Kalkstein

4.2.3.2 Palynostratigraphie

Die bearbeiteten Proben zeigen zum grössten Teil einen guten palynologischen Rückstand mit reicher und diverser Palynoflora.

Die Erhaltung der Palynomorphen ist zumeist gut. Das Palynomorphen-Spektrum setzt sich zusammen aus überwiegend Dinoflagellatenzysten, Pollen und Sporen. Nur untergeordnet treten Prasinophyten, Acritarchen, Foraminiferentapeten und Grünalgen (z.B. *Botryococcus*) auf. Es konnten 81 Dinoflagellatenzysten-Taxa, 17 andere aquatische Palynomorphen und 46 Pollen- und Sporen-Taxa unterschieden werden.

Einige aufgearbeitete Sporomorphen (*Densosporites* spp.) weisen auf Erosion triassischer Sedimente im Liefergebiet hin.

Die untersuchten Proben von Cheisacher können mit Hilfe von Dinoflagellatenzysten auf Aalénien bis Früh-Bajocien datiert werden. Es können 10 Probenintervalle unterschieden und der Ammoniten-Biostratigraphie zugeordnet werden (Fig. 31, 32 und 33 sowie Tab. 19). Die Ergebnisse der quantitativen Analyse sind in Form einer Range-Chart in der Anlage A11 zusammengestellt. Ein Depth/Age-Plot findet sich in der Anlage A12.

CHE 6.30, 7.80, 8.60, 9.00 (4 Proben): Aalénien, Opalinum-Zone

Die Proben zeigen eine reiche Palynoflora zusammengesetzt aus überwiegend Pollen und Sporen. Der Anteil der Dinoflagellatenzysten an der Palynoflora liegt bei 11 bis 18 % und ist somit relativ gering.

Die Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftungen in diesem Intervall sind in ihrer Zusammensetzung inhomogen und verändern sich von Probe zu Probe. Vom Liegenden zum Hangenden nimmt die Diversität zu.

Die unterste Probe bei 6.30 m zeigt eine geringe Diversität. Die Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftung ist charakterisiert durch *Evansia?* cf. *granochagrinata*, *Kallosphaeridium prausii*, *Mancodinium semitabulatum*, *Nannoceratopsis* spp. und *N. gracilis* s.l., *Phallocysta?* *frommernensis*, *Scriniocassis limbicavatus*, *S. priscus*, *S. weberi*, und wenigen Vertretern der Valvaeodiniaceen (*Valvaeodinium* spp., *V. sphaerechinatum* und *V. vermipellitum*). Mit Ausnahme von *Phallocysta?* *frommernensis* (häufig) kommen keine Phallocystaceen vor.

Trotz der fehlenden Diversität der Phallocystaceen ist die Probe mit dieser Zusammensetzung einigermaßen typisch für die Opalinum-Zone. Die anderen Leitarten für die Opalinum-Zone, nämlich *Wallodinium laganum* und *Nannoceratopsis triangulata*, fehlen.

In den zwei darauffolgenden Proben (7.80 m und 8.60 m) kommen die zuvor vermissten Vertreter der Phallocystaceen mit wenigen Exemplaren vor: *Andreedinium* spp. (fraglich), *Dodekovia* spp., *Reutlingia cardobarbata*, *R. hirsuta* und *Susadinium scrofoides*. Andere neu hinzugekommene Taxa sind *Batiacasphaera* spp., *Kallosphaeridium* spp., *Nannoceratopsis gracilis* s.s. und *Nannoceratopsis* sp. 1.

Die darauffolgende Probe bei 9.00 m unterscheidet sich wiederum von den Proben im Liegenden durch das Einsetzen von *Batiacasphaera* sp. A, *Wallodinium laganum* (auffallend sehr häufig) und *Nannoceratopsis plegas* mit seinen beiden Unterarten *N. plegas brevicornis* und *N. plegas dictyornata*. *Scriniocassis weberi* kommt zum letzten Mal vor.

Die Grenze zum Probenintervall im Hangenden wird aufgrund des letzten Vorkommens von *Scriniocassis weberi* gezogen. Das LAD dieser Art ist aus der Opalinum-Zone bekannt. Das relativ häufige Vorkommen von *Batiacasphaera* sp. A könnte ein Hinweis auf «Comptum»-Subzone sein. Die aus der «Comptum»-Subzone bekannte Akme dieser Art ist typischerweise aber viel ausgeprägter. Das sehr häufige Vorkommen von *Wallodinium laganum* ist ungewöhnlich.

Die Art wurde bisher als eine Leitart der Opalinum-Subzone angesehen. Sie kommt aber in der obersten Probe dieses Intervalls ausgesprochen häufig vor, und, wenn auch mit weniger Exemplaren, noch in den darauffolgenden zwei Probe im Hangenden. Das Vorkommen von *Nannoceratopsis plegas* mit seinen Unterarten und die Zunahme der Diversität von *Nannoceratopsis* Arten ist wiederum ein Hinweis für ein etwas jüngeres Alter.

Das Probenintervall wird mit Vorbehalt auf Opalinum-Zone datiert. Es könnte sich aber auch um ein etwas jüngeres Alter handeln (Murchisonae-Zone), mit viel und wechselnder Aufarbeitung aus der Opalinum-Zone.

CHE 12.00 (1 Probe): Aalénien, ?Opalinum-Zone

Die Probe CHE 12.00 ist wie die Proben im Liegenden und Hangenden arm an Dinoflagellatenzysten. Sie enthält u.a. *Evansia?* cf. *granochagrinata* (häufig), *Kallosphaeridium praussii*, *Phallocysta?* *frommernensis* (fraglich) und *Wallodinium laganum* (häufig).

Die für die Opalinum-Zone typische Art *Phallocysta?* *frommernensis* kommt zum letzten Mal vor. Diese Art, wie auch *Evansia?* cf. *granochagrinata* und *Kallosphaeridium praussii*, ist typisch für die Opalinum-Zone.

Wie auch in den Proben im Liegenden bei 9.00 m und im Hangenden bei 15.20 m kommt *Wallodinium laganum* gehäuft vor. Das gehäufte Vorkommen von *Wallodinium laganum* wurde in mehreren Profilen im Bereich der oberen Opalinum-Zone bis/oder unteren Murchisonae-Zone beobachtet.

Die Art *Batiacasphaera* sp. A, die in der Probe bei 9.00 m noch gehäuft vorkam ist in der CHE 12.00 nicht mehr vertreten.

Die Probe wird unter Vorbehalt als Opalinum-Zone interpretiert.

CHE 15.20 bis 15.30 (2 Proben): Aalénien, Opalinum- bis Murchisonae-Zone

Die Zusammensetzung der Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftungen dieser Proben ist ähnlich wie im Liegenden und ebenfalls ungewöhnlich. Zusätzlich kommen vor: weitere Arten der Phallocystaceen (*Andreedinium elongatum*, *Andreedinium* aff. *elongatum*, *Dodekovia pinna*, *D. syzygia*, *D. tegillata* und *Parvocysta?* *tricornuta*) und weitere Vertreter der Gattung *Nannoceratopsis* (*N. ambonis*, *N. dictyambonis*, *Nannoceratopsis* sp. B und *N. tricerias*). *Evansia?* cf. *granochagrinata* (häufig) und *Wallodinium laganum* kommen zum letzten Mal bei 15.20 m vor. *Batiacasphaera* sp. A, *Phallocysta?* *frommernensis* und *Scrinocassis weberi* kommen nicht mehr vor.

Das Probenintervall ist definiert vom Aussetzen von *Phallocysta?* *frommernensis* im Liegenden bis zum Einsetzen von *Evansia?* *spongogranulata* im Hangenden.

Das Probenintervall wird interpretiert als Opalinum- bis Murchisonae-Zone. Die Zusammensetzung der Proben ist wie zuvor ungewöhnlich. Es gelten ähnliche Vorbehalte wie für die Proben im Liegenden, d.h. evtl. handelt es sich um ein Murchisonae-Alter mit Aufarbeitung aus der Opalinum-Zone.

CHE 15.40 (1 Probe): Aalénien, Murchisonae- bis frühe Bradfordensis-Zone

Die Probe ist mit einem Anteil von über 40 % Dinoflagellatenzysten an der Palynoflora deutlich verschieden vom Liegenden. Die Zusammensetzung ähnelt sich aber. Neu hinzukommende Arten sind *Phallocysta erregulensis*, *P. eumekes*, *Nannoceratopsis plegas plegas* und ein fragliches Exemplar von *Evansia?* *spongogranulata*. Vertreter der Gattung *Scrinocassis* (*S. limbicavatus*, *S. priscus*, *Scrinocassis* spp.) kommen zum letzten Mal vor. *Nannoceratopsis* ist divers und mit

allen Unterarten von *N. plegas* vertreten. Vertreter der Gattung *Dissiliodinium* kommen noch nicht vor. Sie setzen erst im darauffolgenden Probenintervall ein.

Das Probenintervall ist definiert vom ersten Einsetzen von *Evansia? spongogranulata* bis zum Aussetzen von *Scriniocassis limbicavatus* und *S. priscus* und dem Einsetzen von *Dissiliodinium* im hangenden Probenintervall.

Evansia? spongogranulata hat ein FAD in der Murchisonae-Zone. Die ersten Vertreter der Gattung *Dissiliodinium* setzen im oberen Teil der Bradfordensis-Zone ein. Die LADs von *Scriniocassis limbicavatus* und *S. priscus* liegen in der Bradfordensis-Zone.

Die Probe wird interpretiert als Murchisonae- bis unterer Teil der Bradfordensis-Zone.

CHE 15.45_{Klast}, 15.45_{Bulk}, 15.55, 15.75, 15.80, 16.00, 17.20 (7 Proben): Aalénien-Bajocien, Concavum- bis Discites-Zone

Zwischen der Probe im Liegenden und diesem Probenintervall ist ein deutlicher Wechsel in der Dinoflagellatenzysten-Assoziation sichtbar.

Die Bulk Rock Probe und der Klast von 15.45 m zeigen in etwa dieselbe Zusammensetzung der Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftung. Der Klast hat aber nur sehr wenig Material geliefert, sodass das Nichtvorkommen eines Taxons nur eingeschränkt interpretiert werden kann.

Wichtige neu einsetzende Arten in dem Probenintervall sind *Dissiliodinium lichenoides* (zumeist häufig), *Dissiliodinium* spp., *Dissiliodinium* aff. *giganteum*, *Evansia? eschachensis* und *Pareodinia* spp. Etwas höher, ab 15.75 m, kommen *Pareodinia* sp. 4 und *Gongylocladus erymno-teichon* (fraglich) hinzu. *Andreodinium elongatum* und der Acritarch *Fromea tornatilis* zeigen eine Akme. *A. elongatum* kommt am Top des Probenintervalls zum letzten Mal vor. *Nannoceratopsis plegas* und seine Unterarten kommen nur noch vereinzelt vor. Phallogocystaceen kommen mit Ausnahme von *Andreodinium elongatum* und *Moesiodinium raileanui* nur noch ganz vereinzelt vor.

Das Vorkommen von *Evansia? eschachensis* an der Basis des Probenintervalls im Klast bei 15.45 m markiert ein Mindestalter von Concavum-Zone. In der Bulk Rock Probe bei 15.45 m kommen die ersten wenigen Vertreter von *Pareodinia* spp. und *Dissiliodinium* aff. *giganteum* vor. Diese beiden Arten setzen normalerweise an der Basis der Discites-Zone ein. Vereinzelte Vertreter von *Pareodinia* spp. können auch schon in der Concavum-Zone auftreten. *Pareodinia* sp. 4 ist vom Eichberg aus der Discites-Zone bekannt.

Das Probenintervall wird als Concavum- bis Discites-Zone interpretiert. Die Akme von *Andreodinium elongatum* und dem Acritarch *Fromea tornatilis* passt zu einem Alter im Bereich der Aalénien/Bajocien Grenze.

CHE 20.90, 26.00, 35.00 (3 Proben): Früh-Bajocien, Ovale- bis Laeviuscula-Zone

Dieses Intervall ist gekennzeichnet durch das sukzessive Einsetzen von *Dissiliodinium giganteum* (häufig, Akme) und *Dissiliodinium* sp. B, dann *Cavatodissiliodinium hansgochtii*, *Durotrigia daveyi* und *Durotrigia* spp. und dann *Batiacasphaera laevigata*. Ihr letztes Vorkommen in diesem Probenintervall haben *Nannoceratopsis dictyambonis* und *Evansia? eschachensis*.

Das Probenintervall ist definiert vom Einsetzen von *Dissiliodinium giganteum* bis zum Einsetzen von *Kallosphaeridium hypornatum* im darauffolgenden Intervall.

Das FAD von *Dissiliodinium giganteum* liegt am Eichberg im aller obersten Bereich der Discites-Zone. Sicher kommt die Art ab der Ovale-Zone vor und reicht bis in die Sauzei-Zone. Die Art *Durotrigia daveyi* hat ihr erstes Auftreten in der Ovale-Zone und reicht bis in das Spät-Bajocien hinein. *Cavatodissiliodinium hansgochtii* ist bislang nur aus der Laeviuscula- und Sauzei-Zone

bekannt. Das FAD von *Batiacasphaera laevigata* liegt am Eichberg in der Laeviuscula-Zone. Das LAD von *Evansia? eschachensis* liegt am Eichberg in der Ovale-Zone. Das LAD von *Nannoceratopsis dictyambonis* liegt in der Laeviuscula-Zone.

Das Probenintervall wird als Ovale- bis Laeviuscula-Zone interpretiert.

CHE 42.70 (1 Probe): Früh-Bajocien, Sauzei-Zone

Die Zusammensetzung der Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftung dieser Probe ist der im Liegenden sehr ähnlich. Es fehlen aber *Evansia? eschachensis*, *Nannoceratopsis dictyambonis* und *Dissiliodinium giganteum*. Die Arten *E.? eschachensis* und *N. dictyambonis* haben ihr LAD in der Ovale- bzw. Laeviuscula-Zone, *D. giganteum* in der Sauzei-Zone. *Kallosphaeridium hypornatum* kommt zum ersten Mal vor. *Cavatodissiliodinium hansgochtii* und *Evansia? spongogranulata* haben ihr letztes Vorkommen am Top des Intervalls.

Die LADs von *Evansia? spongogranulata* und *Cavatodissiliodinium hansgochtii* liegen in der Sauzei-Zone. Das FAD von *Kallosphaeridium hypornatum* liegt am Eichberg in der Sauzei-Zone.

Die Probe wird somit als Sauzei-Zone interpretiert.

CHE 44.10, 44.90, 45.30, 46.10, 46.25 (5 Proben): Früh-Bajocien, Humphriesianum-Zone, Romani- bis Humphriesianum-Subzone

Zu den Proben im Liegenden ist ein deutlicher Wechsel in der Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftung zu verzeichnen. Es setzen sukzessive viele neue Taxa ein.

Wichtige neu einsetzende Taxa sind: *Phallocysta thomasi* (z.T. häufig) und erste Vertreter von *Wanaea* spp. (fraglich), dann *Acanthaulax crista*, *Durotrigia filapicata* und *Wanaea* sp. 1 (fraglich) und sp. 2, und dann *Atopodinium* sp. 1, *Atopodinium polygonale* (fraglich), *Cavatodissiliodinium* sp. 1 (häufig) und sp. 3, "*Hypolytodinium*" sp., *Meiourogoniaulax* spp., *M. valensii*, *Pareodinia* sp. 2, *Sentusidinium asymmetrum* und *Valensiella/Ellipsoidictyum* spp.

Das Probenintervall ist definiert vom Einsetzen von *Phallocysta thomasi* bis zu dessen Aussetzen.

Alle neu einsetzenden Arten sind typisch für die Humphriesianum-Zone. *Phallocysta thomasi* hat ein sehr eingeschränktes stratigraphisches Vorkommen von der Romani-Subzone zur Humphriesianum-Subzone der Humphriesianum-Zone.

CHE 46.70 (1 Probe): Früh-Bajocien, Humphriesianum-Zone (ohne Differenzierung einer Subzone)

Die Probe ist ähnlich wie zuvor, es fehlt aber *Phallocysta thomasi*. *Valensiella/Ellipsoidictyum* spp. ist häufig.

Die Probe wird als Humphriesianum-Zone datiert, ohne Differenzierung einer Subzone.

CHE 49.40 bis 51.00 (2 Proben): Früh-Bajocien, Humphriesianum-Zone, Blagdeni-Subzone

Die Proben in diesem Intervall sind ähnlich wie zuvor. Zusätzlich setzen ein *Rhynchodiniopsis?* sp. 1 und *Nannoceratopsis spiculata*.

Das FAD von *Rhynchodiniopsis?* sp. 1 liegt in der Blagdeni-Subzone der Humphriesianum-Zone. Es wurden keine Arten gefunden, die ein jüngerer Alter anzeigen würden.

Tab. 19: Biostratigraphische Interpretation der Palynomorphen-Events (Cheisacher).

Chronostratigraphie		Biostratigraphie		Palynostratigraphie			Palynomorphen-Events
Stufe	US	Ammoniten-Z.	Subz.	Probe	Profil-meter	Nr.	
Bajocien	Früh	Humphriesianum	Blagdeni	CHE 51.00	51.00 m	86	Base (questionable): <i>Nannoceratopsis spiculata</i>
				CHE 49.40	49.40 m	83	Base: <i>Rhynchodiniopsis?</i> sp. 1
			Undiff.	CHE 46.70	46.70 m	79	
			Humphriesianum – Romani	CHE 46.25	46.25 m	76	Top: <i>Phallocysta thomasi</i> ; Base: <i>Meiourgonyaulax</i> spp.
				CHE 46.10	46.10 m	75	Base: <i>Cavatodissilodinium</i> sp. 1, <i>Meiourgonyaulax valensii</i> , <i>Valensiella/Ellipsoidictyum</i> spp.
				CHE 45.30	45.30 m	71	Top: " <i>Hypolytrodinium</i> " sp.; Base: " <i>Hypolytrodinium</i> " sp., <i>Atopodinium</i> sp. 1, <i>Wanaea</i> sp. 2; Base (questionable): <i>Wanaea</i> sp. 1
				CHE 44.90	44.90 m	69	
				CHE 44.10	44.10 m	62	Base: <i>Phallocysta thomasi</i> ; Base (questionable): <i>Wanaea</i> spp.
		Pinguis					
		Sauzei		CHE 42.70	42.70 m	52	Top: <i>Cavatodissilodinium hansgochti</i> , <i>Evansia?</i> <i>spongogranulata</i> ; Base: <i>Foveotriteles</i> sp. 1 (small), <i>Kallosphaeridium hypornatum</i>
		Laeviuscula – Ovale		CHE 35.00	35.00 m	45	Top: <i>Dissilodinium giganteum</i> ; Base: <i>Batiacasphaera laevigata</i>
				CHE 26.00	26.00 m	38a	Top: <i>Evansia?</i> <i>eschachensis</i> , <i>Moesiodinium railleanui</i> , <i>Nannoceratopsis dictyambonis</i> ; Base: <i>Cavatodissilodinium hansgochti</i> , <i>Durotrigia daveyi</i> (consistent), <i>Durotrigia</i> spp., <i>Lycopodiumsporites gristhorpensis</i>
				CHE 20.90	20.90 m	31a	Base: <i>Dissilodinium giganteum</i> , <i>Dissilodinium</i> sp. B
	Spät	Discites – Concavum		CHE 17.20	17.20 m	25	Top: <i>Andreedinium elongatum</i>
				CHE 16.00	16.00 m	24	
				CHE 15.80	15.80 m	23	Top: <i>Pareodinia</i> sp. 4 (super long horn)
				CHE 15.75	15.75 m	22	Base (questionable): <i>Gongylodinium erymnoteichon</i> ; Base: <i>Pareodinia</i> sp. 4 (super long horn)
				CHE 15.55	15.55 m	21	
				CHE 15.45	15.45 m	20/21	Base: <i>Pareodinia</i> spp., <i>Dissilodinium lichenoides</i> , <i>Dissilodinium</i> spp., <i>Evansia?</i> <i>eschachensis</i>
Aalénien	Mittel	frühe Bradfordensis – Murchisonae		CHE 15.40	15.40 m	20 _{oben}	Top: <i>Nannoceratopsis plegas</i> (diverse ssp.+ abundant), <i>Phallocysta erregulensis</i> , <i>P. eumekes</i> , <i>Scriniocassis limbicavatus</i> , <i>S. priscus</i> Base: <i>Evansia?</i> <i>spongogranulata</i> , <i>P. erregulensis</i> , <i>P. eumekes</i>
		Murchisonae – Opalinum		CHE 15.30	15.30 m	20 _{unten}	
				CHE 15.20	15.20 m	19 _{oben}	Top: <i>Wal lodinium laganum</i> (abundant)
	Früh	?Opalinum		CHE 12.00	12.00 m	19	Top: <i>Phallocysta?</i> <i>frommernensis</i>
		Opalinum	Opalinum	CHE 9.00	9.00 m	18a	Top: <i>Scriniocassis weberi</i> ; Base: <i>Nannoceratopsis plegas</i> (diverse ssp.+ abundant), <i>Wal lodinium laganum</i> (abundant);
				CHE 8.60	8.60 m	16a	
				CHE 7.80	7.80 m	15a	
				CHE 6.30	6.30 m	11	

4.2.4 Cheisacher Lithostratigraphie

Das neu aufgenommene Profil Cheisacher (z.T. bereits in Buser 1952) mit dem Opalinuston an der Basis und dem charakteristischen Wechsel in die Passwang-Formation kann rein aufgrund der lithostratigraphischen Ausbildung nicht einwandfrei in die jeweiligen Members unterteilt werden. Mit den Ammoniten- sowie den palynostratigraphischen Altern kann das Profil aufgrund der Definition der jeweiligen Member der Passwang-Formation (*sensu* Burkhalter 1996 und Entscheidung SKS 2004), folgendermassen gegliedert werden:

Grenze zum Opalinuston: Die Grenze Opalinuston/Passwang-Formation liegt hier am Top der dunkelgrauen, glimmerführenden, siltig, kalkigen Tonsteine welche im Hangenden durch rund 2.5 m hell anwitternde, feinarenitische Kalke und Mergel abgelöst werden (Fig. 31). Diese Kalke enthalten keine Eisenooide. Der Top dieses kalkigen Intervalls gehört aufgrund von Ammoniten und Palynomorphen noch in die Opalinum-Subzone der Opalinum-Zone. Diese lithologische Ausbildung der Grenze sowie der Basis des Sissach-Members der Passwang-Formation ist mit jener am Frickberg (Kap. 4.1) praktisch identisch.

Die **unteren eisenoolithischen Kalkschichten** können erst ab 15.25 m mit der Schicht 20 (Fig. 32) nachgewiesen werden. Diese Schicht kann anhand von Ammoniten sowie Palynomorphen als Murchisonae-Subzone der Murchisonae-Zone datiert werden und beinhaltet eine Aufarbeitungslage. Die gefundenen Ammoniten aus der Schicht 21 zeigen bereits ein jüngerer Alter, welches der Concavum-Zone (Concavum-Subzone) zugeordnet werden kann. Die Bradfordensis-Zone kann nicht nachgewiesen werden. Das unregelmässig ausgebildete Top der Schicht 21 dokumentiert einen Hartgrund. Die Schicht 23 kann mit den ersten Hyperlioceraten in die frühe Discites-Zone datiert werden. Die Schichten 22 und 23 bilden den oberen Bereich der eisenoolithischen Kalkbänke. Speziell ist, verglichen mit dem Frickberg, dass die Discites-Zone am Cheisacher durch eine zweite eisenoolithische etwas tonige Kalksteinbank (Schicht 25) ausgebildet ist, welche auf die späte Discites-Zone datiert werden kann. Die kann evtl. mit der eisenoolithischen Kalkknauerlage (Schicht 31, Frickberg) korreliert werden. Auffallend zahlreich treten Belemniten in den Schichten 21 und 22 auf (*Holcobelus blainvillei*, seltener *Brevibelus breviformis*). Der knollige Aufarbeitungshorizont zwischen der Schicht 20 und 21 wird aufgrund der Ammoniten- sowie Palynomorphendatierung als das Top des Sissach-Members definiert. Nach rein lithologischen Kriterien kann diese Trennung in das liegende Sissach-Member und das «kondensierte Äquivalent des Hauenstein- sowie Hirnichopf-Members» im Hangenden nicht vorgenommen werden.

Der mittlere Teil (17.45 – 41.30 m) der Passwang-Formation besteht bei der Lokalität Cheisacher genau gleich wie an der Wasserflue, Thalheim oder Frickberg überwiegend aus Schichten, die während der Ovale- bis Laeviuscula-Zone abgelagert wurden. Diese sind in Form einer **Wechsel-lagerung von Mergeln und sandigen Kalk- bis Sandkalken** entwickelt. Das Verhältnis von Kalk zu Mergel kann in etwa auf 1:1 geschätzt werden. Die sandig-biotritische Ausbildung der Abfolge entspricht praktisch der Abfolge am Frickberg (Kap. 4.1) und somit auch der lithologischen Beschreibung des u.T. des Brüggl-Members (Burkhalter 1996). Auch hier setzt die Sedimentation bereits in der Ovale- bis Laeviuscula-Zone ein. Das Waldenburg- bis Brüggl-Member (17.45 – 46.45 m) wird hier nicht weiter unterteilt.

Der obere Bereich (41.30 – 46.45 m) lässt sich durch das Einsetzen der Eisenooide von den liegenden Sand- und Spatkalken abtrennen. Die ersten vereinzelt Eisenooide können in der Schicht 48 (Fig. 33) nachgewiesen werden und treten in den folgenden Kalk- und Mergellagen immer wieder vereinzelt, z.T. auch gehäuft auf. Diese Schichten werden gemäss den Palyno- und Ammonitendaten auf die Sauzei-Zone bis Romani-Subzone der Humphriesianum-Zone datiert. Die Schichten 70 bis 77 oberhalb der markanten, fast schwarzen Tonlage (Schicht 69, Fig. 33) zeigen eine eindeutige Rotfärbung. Das ganze **eisenoolithischen Kalk- und Mergelintervall** ent-

spricht den «Humphriesi-Schichten» des Brüggl-Members. Diese Abfolge ist reich an handteller-grossen *Ctenostreon*, Rhynchonellen, Austern, Belemniten und Ammoniten (*Stephanoceras* sp., *Chondroceras* ex gr. *gervilli*).

Die Schichten oberhalb der eisenoolithführenden «Humphriesi-Schichten» können als feinsandige, mergelige Tonsteine in Wechsellagerung mit Kalksteinen beschrieben werden, welche dem Rothenfluh-Member (Blagdeni-Subzone der Humphriesianum-Zone) entsprechen. In der ca. 1 m mächtigen tonig, mergeligen Basis findet man, für dieses Zeitintervall typisch, grosse Belemniten (*Megateuthis elliptica*, Miller 1826).

Alternative (rein lithostratigraphische) Einteilung

Wie oben beschrieben, ist die Unterteilung nach rein lithostratigraphischen Kriterien in die entsprechenden Member und die «kondensierten Äquivalente» *sensu* Burkhalter (1996) und Entscheid des SKS (2004) nicht eindeutig.

Mit der neu eingeführten informellen Unterteilung kann somit die ganze untere Abfolge von der Basis der Passwang-Formation bis zur Basis des eisenoolithischen Kalksteinintervalls der **Einheit 1** zugeordnet werden (Schicht 13 – 19 in Fig. 31 und 32).

Das darüber liegende, stark kondensierte, eisenoolithische Kalksteinintervall (Schicht 20 – 23 in Fig. 32) lässt sich mit der **Einheit 1-3k** zusammenfassen.

Die darüber liegenden Tonsteine, Mergel und Sandkalke lassen sich lithologisch der **Einheit 4** zuordnen (Schicht 24 – 47 in Fig. 32). Die Einheit 4 könnte weiter in eine tonig/mergelige Subeinheit 4T (Schicht 24) und eine sandig-biotetritische Subeinheit 4K (Schicht 25 – 47) unterteilt werden.

Mit dem Einsetzen der eisenoolithischen Kalksteine/Eisenoolithe und derem Aussetzen im Hangenden ist die **Einheit 5** definiert (Schicht 48 – 79_{unten} in Fig. 33).

Die darüber liegende tonig-mergelige Abfolge entspricht der **Einheit 6** (Schicht 79_{oben} – 93 in Fig. 30).

4.3 Das Profil Böttstein

Das Profil Böttstein (Fig. 38) besteht aus einem unteren (Buechhalde: Koord.: 2'658.960 / 1'266.425) und einem oberen (Chrummuerich: Koord.: 2'658.484 / 1'266.434) Teilprofil und befindet sich am östlichen Ausläufer der Nassbergegg. Das Profil Buechhalde (Fig. 34 und 35) befindet sich direkt an der südlichen Begrenzung der Tongrube Schmidberg. Das Profil Chrummuerich liegt auf 500 m ü.M. rund 250 m nordöstlich des Restaurants Nassberg (Fig. 36). Die Schichten fallen mit ~ 20° Richtung Süd bis Südost ein. Das Profil Böttstein wurde in der Literatur etliche Male beschrieben, jedoch meistens unter dem Namen Beznau (Moesch 1867 und 1874, Mühlberg 1900, Lieb 1960, Schneider & Matousek 1990).

Das kompilierte und lückenhafte Profil Böttstein (Fig. 38) umfasst den jüngsten Opalinuston sowie die Passwang-Formation mit dem Sissach-Member, dem «kondensierten Äquivalent des Hirnichopf-Members», dem Waldenburg- bis Brüggl- und dem Rothenfluh-Member. Die Gesamtmächtigkeit des kompilierten Profils, da im Gelände nicht abschätzbar, wurde von den Bohrungen am Nassberg (Schneider & Matousek 1990) übernommen.



Fig. 34: Aufschluss Böttstein-Buechhalde: Opalinuston & Sissach-Member (Schicht 1 – 8). Helle, beige Kalkbänke entsprechen der Schicht 6, darüber unter den Wurzeln sind die eisenoolithischen Kalke und Mergel der Schichten 7 und 8 aufgeschlossen. Foto S. Wohlwend: Aufnahme 18.07.2016.



Fig. 35: Aufschluss Böttstein-Buechhalde: Waldenburg- bis Bruggli-Member (Schicht 10 – 24). Hammer als Grössenvergleich liegt auf Schicht 14, darüber die markante dunkle Tonlage Schicht 15. Foto S. Wohlwend: Aufnahme 18.07.2016.



Fig. 36: Aufschluss Böttstein-Chrummuerich: Brüggl- bis Rothenfluh-Member (Schicht 9 – 26).

Markante Bank = Schicht 18/19. Foto S. Wohlwend: Aufnahme 8.3.2018.

4.3.1 Böttstein Lithologie

Bei Böttstein-Buechhalde konnte folgendes ca. 7.80 m mächtiges Profil (Fig. 39) durch die obersten Schichten des Opalinustons und den unteren Bereich der Passwang-Formation aufgenommen werden. Das Profil wurde etwas feiner unterteilt als die vergleichbaren Profile Frickberg und Cheisacher.

- x – 0.30 m: dunkelgraue, glimmerführende, siltige, kalkige Tonsteine (BST -0.5 & BSII 0.25).
- 0.30 – 2.70 m: 2.40 m mächtige Wechsellagerung von hell anwitternden, feinarenitischen Kalken, zum Teil leicht eisenoolithisch, mit dunklen Mergeln. Die Basisschicht, bestehend aus einer grobspätigen «Echinodermenbreccie» (Lieb 1960), ist deutlich schräggeschichtet (Fig. 37) (BSII 0.55 – BSII 2.50).
- 2.70 – 3.10 m: 0.40 m mächtige rote Kalklagen und mergelige Knollenlagen mit vielen Eisen-ooliden (BSII 2.75 – Bö-9).
- 3.10 – 4.30 m: 1.20 m mächtige graue, tonige bis siltige Mergel mit einzelnen eisenoolithischen Kalkknollenlagen (Bö-10u, Bö-10o, BSII-4.15).
- 4.30 – 4.70 m: 0.40 m mächtiges Paket bestehend aus 2 Kalkschichten mit vereinzelt Eisen-ooliden. Die untere Schicht führt etliche Gryphaen (Bö-11u & Bö-11o).
- 4.70 – 7.20 m: 2.50 m mächtige sandige Kalkschichten mit mergeligen Kalken zwischenlagern (BSII 5.20 – BSII 7.10).



Fig. 37: Stratigraphischer Kontakt von Opalinuston und Passwang-Formation.
Die grobspätige Basis der letzteren ist schräggeschichtet (Schicht 2a in Fig. 39). Diese Basis wurde von Mühlberg (1900) als «Pentacrinitenbreccie», von Lieb (1960) als «Echinodermenbreccie» bezeichnet. Foto S. Wohlwend: Aufnahme 11.05.2016.

Bei Böttstein-Chrummuerich konnte folgendes ~ 5.00 m mächtiges Profil (Fig. 36 und 40) durch den oberen Bereich der Passwang-Formation aufgenommen werden.

- -1.0 – 0.00 m: 1.00 m mächtige Abfolge von unten beige-braunen Tonmergeln welche gegen oben in graue Mergel übergehen. In den obersten 10 cm treten erste Eisenooide auf (BöO-9).
- 0.00 – 1.65 m: 1.65 m mächtige eisenoolithische Kalkschichten mit knolligen eisenoolithischen Mergeln wechsellagernd. Der Abschnitt enthält viele Muscheln, Belemniten und im oberen Bereich auch etliche Ammoniten (BöO-15 & BöO-19).
- 1.65 – 4.00 m: 2.35 m mächtige feinsandige, mergelige Tonsteine mit einer 0.1 – 0.2 m mächtigen hell anwitternden Laibsteinlage.

Rund 3 m unter dem beschriebenen Aufschluss sind mindestens drei Sandkalkbänke von je 30 – 40 cm Mächtigkeit auszumachen. Diese wurden aber nicht weiter untersucht, da sie sehr schlecht aufgeschlossen sind.

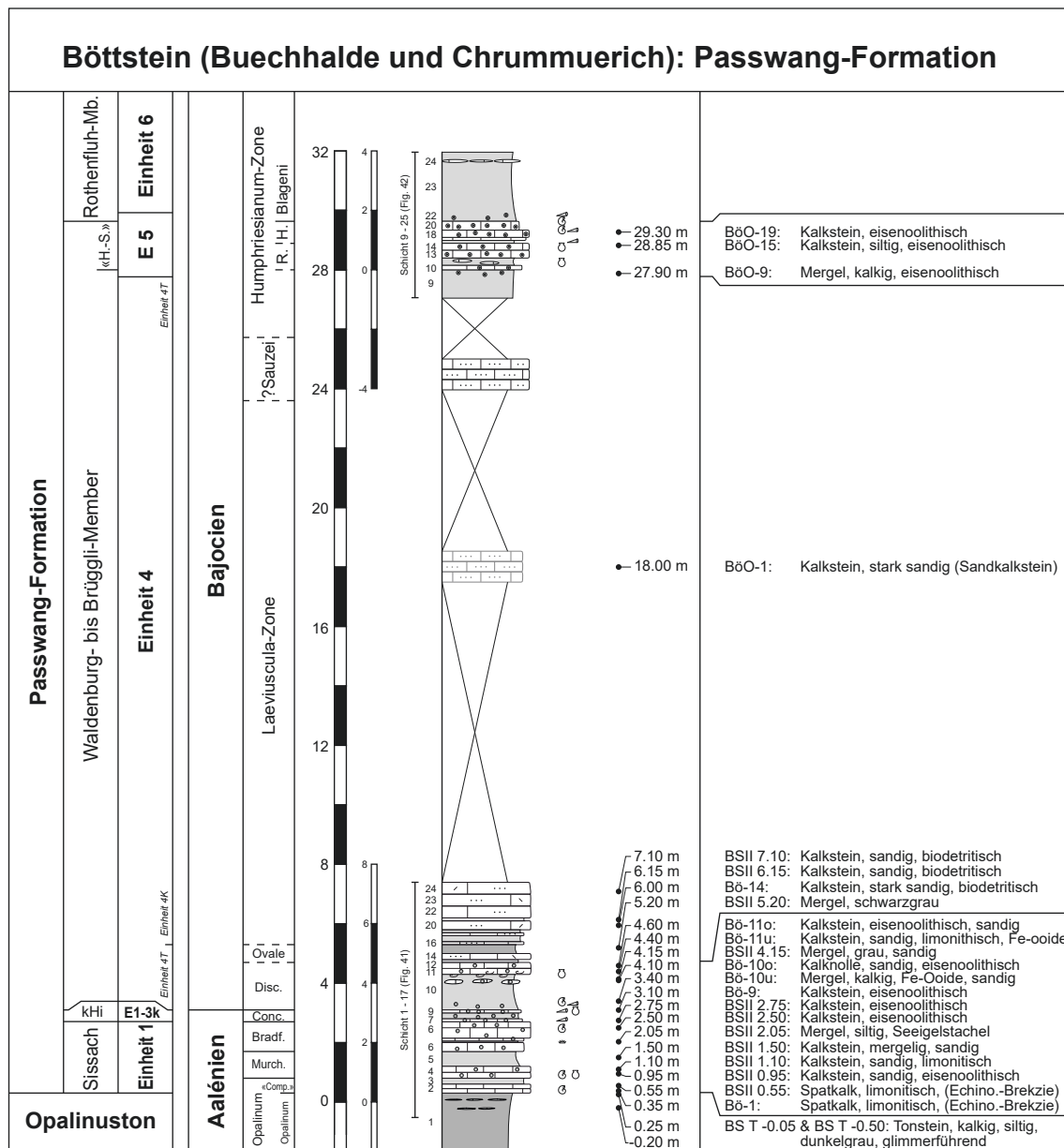


Fig. 38: Die Passwang-Formation und deren Member (*sensu* Burkhalter 1996 und Gonzalez & Wetzel 1996) am Schmidberg in Böttstein (kompiliert aus den Teilprofilen Buechhalde (Fig. 39) und Chrummuerich (Fig. 40)).

Die Gesamtmächtigkeit des kompilierten Profils, da im Gelände nicht abschätzbar, wurde von den Bohrungen am Nassberg (Schneider & Matousek 1990) übernommen.

4.3.2 Böttstein Mikrofazies

Dreizehn der oben beschriebenen Schichten wurden mit Dünnschliffen untersucht. Die Resultate der mikrofaziellen Analyse sind in Tab. 20 aufgelistet. Die Schichten weisen folgende Charakteristika auf:

- Die unterste Probe (Bö-1) stammt aus der basalen, schräggeschichteten «Echinodermen-breccie» (Lieb 1960; s. auch Fig. 37). Neben den 40 % bis zu 2 mm grossen, zum grössten Teil Limonit imprägnierten Echinodermen, welche syntaxialen Zement aufweisen, hat es zusätzlich 10 % bis zu 4 mm grosse Muschelbruchstücke, Bryozoen, punktate Brachiopoden und Lenticulinen. Zusätzlich treten 2-3 sandige Intraklasten auf.
- Die beiden Proben BSII 0.95 & 1.1 unterscheiden sich durch den 5 % sparitischen Zement von den übrigen Proben. Beide Proben enthalten detritischen Quarz (BSII-1.1: 25 %, 0.05 – 0.25 mm, Ø 0.1 mm; BSII 0.95: 15 %, 0.03 – 0.15 mm, Ø 0.1 mm). Die untere Probe enthält etwa 10 % Eisenooide, welche partiell durch Calcit ersetzt wurden. Die obere Probe besteht insgesamt aus rund 80 % Komponenten, welche, wie auch die mikritische Matrix, zum grössten Teil limonitisiert sind.
- Die drei Proben BSII 2.50, Bö-9 & Bö-10u können als eisenoolithische Biomikrite bezeichnet werden. Alle enthalten 15 – 20 % Eisenooide (BSII 2.50: 0.4 – 1 mm; Bö-9: 0.8 – 3 mm; Bö-11u: 0.1 – 1 mm). Der detritische Quarzanteil ist in der Probe Bö-10u mit 10 % (0.02 – 0.05 mm, Ø 0.03 mm) deutlich höher als in den beiden unteren, welche nur 1 – 2 % detritischen Quarz in Siltfraktion enthalten. Die Echinodermen sowie auch die mikritische Matrix sind limonitisiert.
- Die Probe Bö-10o, welche aus einer Knolle stammte, zeigt 25 – 30 % detritischen Quarz (0.04 – 0.2 mm, Ø 0.08 mm). Rund 30 % sind biogene Komponenten (Echinodermen, Muscheln mit Calcitcementfüllungen, Belemniten). Zusätzlich enthält der Dünnschliff rund 5 % Nester mit Fe-Dolomit, 2 % Eisenooide, durch Calcit ersetzt und wenig Pyrit.
- Die beiden Proben Bö-11u & 11o können als siltig-sandiger Biomikrit beschrieben werden. Die obere Probe hat zusätzlich zum detritischen Quarz (15 %, 0.02 – 0.15 mm, Ø 0.07 mm) einen viel grösseren Anteil an Eisenooiden (20 %). Diese zeigen ganz unterschiedliche Formen (länglich, oval, kleine und grosse Kugeln) und weisen einen Durchmesser von 0.1 – 0.7 mm auf. Die biogenen Komponenten betragen in beiden Proben rund 20 – 30 %.
- Die Probe Bö-14 ist aus dem Bereich, in welchem die Sandkalke einsetzen. Der Dünnschliff enthält 30 % detritischen Quarz in einem Korngrössenbereich von 0.05 – 0.2 mm (Ø 0.1 mm). Zusätzlich zu den biogenen Komponenten (Echinodermen, Muscheln) enthält der Dünnschliff noch 5 – 10 % Serpuliden welche bis zu 5 mm Grösse erreichen können.
- Die drei oberen Proben stammen aus dem Profil (Chrummuerich); zwei Proben aus den eisenoolithischen Kalken (BöO-15 & 19) sowie eine aus dem Liegenden (BöO-1). Dies zeigt sich durch die Zunahme der Eisenooide von BöO-1 bis BöO-19 von 0 – 20 %. Gleichzeitig ist aber interessant, dass der detritische Quarzanteil, im Gegensatz zu den Eisenooiden, hin zum Hangenden abnimmt. Die unterste Probe hat 30 – 35 % Quarz mit einer Korngrössenverteilung von 0.02 – 0.2 mm (Ø 0.1 mm), die mittlere Probe zeigt nur noch rund 5 % (0.02 – 0.12, Ø 0.05 mm) und die Oberste nur noch rund 3 % (Ø 0.04 mm).

Tab. 20: Mikrofaziesanalyse der Passwang-Formation in Böttstein (composite) in Vol.-%; Profile Buechhalde (Bö-1 bis Bö-14) und Chrummuerich (BöO-1 bis BöO-19).

	Schicht-Nummer	sparit. Calcitement	Pseudosparit Mikrit, Ton	Fe-Dolomit/Dedolomit	limonit. Matrix	Intraklasten	Pellets, Pelioide	Fe-Ooide	limo. Echino. & Bryoz.	Echinodermen	Muscheln, Bryozoen	Spongiennadeln	diverse Fossilien	Chert	detritischer Quarz	Ø Korngrösse [mm]		Pyrit
BöO-19		5			45			20	15		10		2		3	0.04		
BöO-15		5			35			15	25		15				5	0.05		
BöO-1			45				5			7	5		3		35	0.1		
Bö-14	20	5	30		10		5			10	5		5		30	0.1		
Bö-11o	12		15		20			20	5	15	10				15	0.07		
Bö-11u	11u			10	55			3	12		8		2		10	0.07		
Bö-10o	10o		30	5				2		17	10		5		30	0.08		1
Bö-10u	10u				60			15	7		7		1		10	0.03		
Bö-9	9				40			20	10		8		20		2	0.04		
BSh 2.50	6 cm				45			15	25		5		5		2	0.04		
BSh 1.1	4b	5			20				25		15		10		25	0.1		
BSh 0.95	4a	5	15		25		5	10	15		10				15	0.1		
Bö-1	2a	30	15			1	4		40		10							

4.3.3 Böttstein Biostratigraphie

4.3.3.1 Ammonitenstratigraphie

Das Profil Böttstein besteht aus dem unteren Profil Buechhalde, welches insgesamt dreimal besucht wurde, und dem oberen Profil Chrummuerich, welches zweimal besucht wurde. Beachtung wurde insbesondere den Ammoniten geschenkt. Die Funde des Profils Buechhalde wurden ergänzt durch Informationen aus dem Fossilmaterial der Grabung Rieber et al. (1981)¹³.

Nachstehend folgt eine Auflistung der untersuchten Schichten und ihres Inhalts. Die jeweiligen Schichtnummern sind in den folgenden zwei Detailprofilen (Fig. 39 und 40) ersichtlich. Die Ammonitenstratigraphie ist in Tab. 21 dargestellt. Zusätzlich zu den gefundenen Ammoniten sind die wichtigsten palynostratigraphischen Events (Basis und Top) dokumentiert. Eine detaillierte Beschreibung der Palynostratigraphie folgt in Kap. 4.3.3.2 (Palynostratigraphie):

Aufschluss Böttstein unten (Buechhalde)

- In **Schicht 4** (Fig. 39) konnten zwei *Staufenia* ex gr. *sehdensis* (Hoffmann 1913) (Tafel 11, Fig. 1) und eine *Ludwigia* cf. *depilata* (Buckman 1925) (Tafel 11, Fig. 2) geborgen werden. Somit lässt sich diese Schicht der Murchisonae-Zone, Murchisonae-Subzone, und dem *sehdensis*-Faunenhorizont zuordnen.
- Der **Schichtkomplex 6a – 6c** enthält vorwiegend Ammoniten der Gattung *Brasilia* (Tafel 11, Fig. 3 und 4), darunter auch *B. bradfordensis* (Buckman 1887) und *Brasilia* aff. *platychora* (Buckman 1899) (Tafel 11, Fig. 3). Somit lässt sich dieser Profilabschnitt der Bradfordensis-Zone und -Subzone zuordnen.
- Die **Schichten 7 – 9** enthalten zahlreiche Ammoniten der Gattungen *Graphoceras* und *Eudmetoceras*, insbesondere *E. amplexans* (Buckman 1889). Somit lässt sich dieses Schichtpaket der Concavum-Zone, Formosum-Subzone zuordnen.
- Die **Schichten 10 – 12** enthalten gemäss den Funden aus der Grabung Rieber et al. (1981) nur selten Ammoniten der Gattungen *Hyperlioceras* und *Euhoploceras*. Sie sind der frühen Discites-Zone zuzuordnen.
- Ein Lesefund, der aus den Schichten 16 – 18 stammen dürfte, ist der Art *Witchellia jugifera* (Waagen 1867) zuzuordnen (Tafel 12, Fig. 1). In diesem Schichtabschnitt kommt somit die Laeviuscula-Zone, Trigonalis-Subzone vor.

Bemerkungen: Trotz drei Besuchen gelang es nicht in allen Schichten Ammoniten zu finden. Häufig sind sie nur im Horizont 6cm. Die vermeintliche Häufigkeit des Materials aus der Grabung Rieber et al. (1981) ist auf den grossflächigen, horizontalen Abbau zurückzuführen. Eine weitere Bearbeitung dieses Materials ist geplant. Weiter fällt die grosse Mächtigkeit der Bradfordensis-Zone und der Concavum-Zone im Vergleich mit den Profilen am Frickberg und Cheisacher auf.

¹³ Grabung von Rieber, Chiarini & Huber aus dem Jahre 1981. Resultate sind unpubliziert. Die Belegsammlung der Grabung befindet sich nun im Naturhistorischen Museum in Bern.

Aufschluss Böttstein-Chrummuerich

- **Schicht 19** (Fig. 40) enthält im Top zahlreiche Ammoniten der Gattungen *Stephanoceras* und *Itinsaites* (Tafel 12, Fig. 3 und 4). Sie lässt sich der Humphriesianum-Zone und -Subzone zuordnen.
- In **Schicht 21** fanden sich ebenfalls zahlreiche Ammoniten der Gattung *Stephanoceras* (Tafel 12, Fig. 2). Erwähnenswert ist ein *Stephanoceras plicatissimum* (Quenstedt) (Tafel 12, Fig. 5). Sie lässt sich der Humphriesianum-Zone und -Subzone zuordnen.
- In **Schicht 22** fand sich ein Ammonit der Gattung *Teloceras*. Diese Schicht lässt sich wahrscheinlich der Blagdeni-Subzone der Humphriesianum-Zone zuordnen.

Bemerkungen: Auffallend ist, dass im Profil kein Horizont mit Ammoniten der Gattung *Chondroceras* gefunden wurde. In den Profilen Frickberg und Cheisacher sowie in einem Profil am Hottwilerhorn (Anlage B14) konnte jeweils ein Horizont festgestellt werden in welchem Chondroceraten häufig auftraten. Dieser markiert die Basis der Humphriesianum-Subzone.

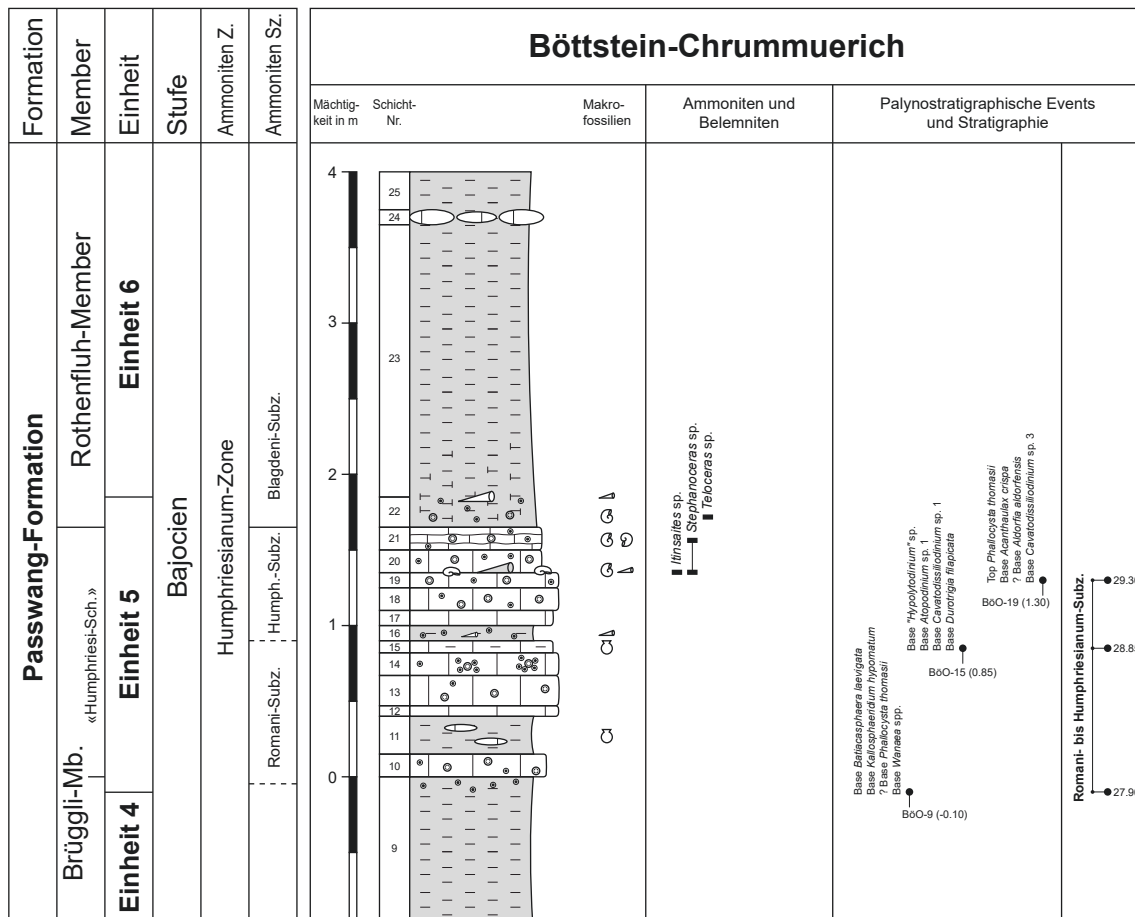


Fig. 40: Profil des Kontakts des o.T. des Brüggli-Members und Rothenfluh-Members in Böttstein-Chrummuerich.

Tab. 21: Ammonitenstratigraphie Profile Buechhalde und Chrummuerich in Böttstein.
 Nachgewiesene Ammoniten-Zonen, -Subzonen sowie -Horizonte aus den beiden Profilen Buechhalde und Chrummuerich in Böttstein sind grau hinterlegt. Die mit * gekennzeichneten Ammoniten-Zonen entsprechen dem Profil Rieber et al. (1981).

Chronostratigraphie		Biostratigraphie			Schicht-Nr.	Lithologie
Stufe	US	Ammoniten-Z.	Subzone	Horizont		
Bajocien	Früh	Humphriesianum	Blagdeni		22	eisenoolithischer grau-brauner Mergel
			Humphriesianum		19 – 21	eisenoolithischer rot-brauner Kalk mit tonigeren Lagen
			Romani			
			Pinguis			
		Sauzei	Macrum sensu Ohmert			
			Kumaterum sensu Ohmert			
		Laeviuscula	Laeviuscula		Lesefund	
			Trigonalis			
		Ovale				
		Discites*			10 – 12	harter toniger Kalkstein wechsellagernd mit Mergeln mit limonitisierten Komponenten
Aalenien	Spät	Concavum	Formosum		7 – 9	grauer eisenooideführender Mergel mit eisenoolithischen Konkretionen
			Concavum			
	Mittel	Bradfordensis	Giganteus			
			Bradfordensis		6a – 6co	eisenooideführender Kalkstein
		Murchisonae	Murchisonae	<i>sehndensis</i>	4	eisenooideführender toniger Kalkstein
			Haugi			
	Früh	Opalinum	«Comptum»*		2	biodetritischer Kalkstein
			Opalinum			

4.3.3.2 Palynostratigraphie

Aufschluss Böttstein (composite)

Die bearbeiteten Proben zeigen einen guten palynologischen Rückstand mit reicher und diverser Palynoflora. Die Erhaltung der Palynomorphen ist zumeist gut. Das Palynomorphen-Spektrum setzt sich zusammen aus überwiegend Dinoflagellatenzysten, Pollen und Sporen. Nur untergeordnet treten Prasinophyten, Acritarchen, Foraminiferentapeten und Grünalgen (z.B. *Botryococcus*) auf. Es konnten 79 Dinoflagellatenzysten-Taxa, 17 andere aquatische Palynomorphen und 50 Pollen- und Sporen-Taxa unterschieden werden.

Einige aufgearbeitete Sporen (*Densosporites* spp.) weisen auf Erosion triassischer Sedimente im Liefergebiet hin. Das vereinzelte Vorkommen der Dinoflagellatenzyste *Luehndea spinosa* weist auf Aufarbeitung liassischer Sedimente des Spät-Pliensbachien im Liefergebiet hin.

Die untersuchten Proben können mit Hilfe von Dinoflagellatenzysten auf Aalénien bis Früh-Bajocien datiert werden. Es können sechs Probenintervalle unterschieden und der Ammoniten-Biostratigraphie zugeordnet werden (Fig. 39 und 40 sowie Tab. 22). Die Ergebnisse der quantitativen Analyse sind in Form einer Range-Chart in der Anlage A13 zusammengestellt. Ein Depth/Age-Plot findet sich in der Anlage A14.

Probenintervall -0.20 m bis 2.50 m (8 Proben: BS T -0.50, BS T -0.05, BSII 0.55, BSII 0.95, BSII 1.10, BSII 1.50, BSII 2.05, BSII 2.50): Aalénien, Opalinum- und Murchisonae-Zone bis ?frühe Bradfordensis-Zone

Die Proben zeigen eine reiche Palynoflora zusammengesetzt aus überwiegend Pollen und Sporen. Der Anteil der Dinoflagellatenzysten an der Palynoflora ist zumeist gering und liegt zwischen 5 und 15 %. Nur die Probe am Top des Probenintervalls bei 2.50 m weist einen hohen Anteil von 42 % auf.

Die Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftungen in diesem Intervall sind in ihrer Zusammensetzung z.T. ungewöhnlich, inhomogen und verändern sich von Probe zu Probe. Es wird vermutet, dass es zum Teil zu einer Vermischung der Floren durch Aufarbeitung kam.

Die unterste Probe BS T -0.50 bei -0.20 m ist gekennzeichnet durch das Vorkommen folgender Taxa: *Evansia?* cf. *granochagrinata*, *Kallosphaeridium praussii*, *Mancodinium semitabulatum*, *Phallocysta?* *frommernensis* und *Wallodinium laganum*. Vertreter der Gattung *Nannoceratopsis* sind z.T. häufig (*N. gracilis* s.s., und s.l., *N. plegas brevicornis*, *N. plegas dictyornata*, *Nannoceratopsis* spp. (häufig), *Nannoceratopsis triangulata* (fraglich), *N. tricerias*). Vertreter der Phallocystaceen kommen regelmässig vor und sind relativ divers mit *Andreodinium* spp., *Dodekovia bullula*, *D. pinna*, *D. pseudochytroides*, *D. syzygia*, *Phallocysta?* *frommernensis* und *Susadinium scrofoides*. Valvaeodiniaceen sind vertreten durch *Comparodinium punctatum*, *Valvaeodinium sphaerechinatum* und *V. vermipellitum*. Weitere, mit einzelnen Exemplaren auftretende Taxa sind *Batiacasphaera* sp. A (fraglich), *Kallosphaeridium* spp., *Scriniocassis limbicavatus* und *S. weberi*.

Die Probe zeigt mit den vier Leitarten *Kallosphaeridium praussii*, *Nannoceratopsis triangulata* (fraglich), *Phallocysta?* *frommernensis* und *Wallodinium laganum* eine recht typische Zusammensetzung der Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftung für den Opalinuston (Opalinum-Subzone der Opalinum-Zone).

Die nächst höhere Probe BS T -0.05 bei 0.25 m ist in ihrer Zusammensetzung sehr ähnlich, aber zwei der vier Leitarten für den Opalinuston, *Nannoceratopsis triangulata* und *Phallocysta?* *frommernensis* kommen nicht mehr vor.

Auch die folgende Probe BSII 0.55 bei 0.55 m ähnelt der im Liegenden. Einige Arten kommen hinzu (*Andreodinium elongatum*, *Moesiodinium raileanui*, *Nannoceratopsis dictyambonis*, *N. plegas plegas*).

Die darauffolgende Probe BSII 0.95 bei 0.95 m nimmt eine Sonderstellung ein. Es setzen folgende wichtige Taxa neu ein: *Batiacasphaera* spp., *Evansia?* *spongogranulata*, *Mancodinium* sp. 1 und *Phallocysta erregulensis*. Die Arten *Nannoceratopsis dictyambonis* und *N. gracilis* s.s. sind häufig. Es fehlen die im Liegenden, aber auch im Hangenden, vorkommenden "alten" Arten *Batiacasphaera* sp. A, *Evansia?* cf. *granochagrinata*, *Kallosphaeridium praussii*, *Scriniocassis weberi* und *Wallodinium laganum*.

Das Vorkommen von *Evansia? spongogranulata* spricht für ein Mindestalter der Probe BSII 0.95 von Murchisonae-Zone. Auch das Fehlen der oben genannten Arten passt zu einem Murchisonae-Alter.

Die darauffolgenden zwei Proben BSII 1.10 und BSII 1.50 bei 1.10 m und 1.50 m sind wieder den Proben an der Basis des Profils ähnlich. *Evansia? spongogranulata*, *Mancodinium* sp. 1, und *Phallocysta erregulensis* sind nicht vertreten. Die "alten" Arten *Batiacasphaera* sp. A, *Evansia? cf. granochagrinata*, *Kallosphaeridium praussii*, *Scriniocassis weberi* und *Walloclodinium laganum* sind wieder da. In Probe BSII 1.50 bei 1.50 m kommen *Evansia? cf. granochagrinata* (häufig) und *Walloclodinium laganum* zum letzten Mal vor. Ein Exemplar von *Luehndea spinosa* tritt in dieser Probe auf und deutet auf Aufarbeitung liassischer Sedimente des Spät-Pliensbachiens im Liefergebiet hin.

Eigenständig betrachtet müssten die beiden Proben BSII 1.10 und BSII 1.50 bei 1.10 m und 1.50 m als Opalinum-Zone interpretiert werden. Das relativ häufige Vorkommen von *Batiacasphaera* sp. A könnte ein Hinweis auf «Comptum»-Subzone sein. Die aus der «Comptum»-Subzone bekannte Akme dieser Art ist typischerweise aber viel ausgeprägter.

Die darauffolgenden zwei Proben BSII 2.05 und BSII 2.50 bei 2.05 m und 2.50 m sind wiederum gekennzeichnet durch das Vorkommen von *Evansia? spongogranulata*. *Evansia? cf. granochagrinata* ist nur mit einem fraglichen Exemplar vertreten. *Batiacasphaera* sp. A ist in der unteren der beiden Proben noch relativ häufig und setzt am Top des Probenintervalls aus. Weitere Arten, die am Top des Intervalls aussetzen sind *Nannoceratopsis plegas brevicornis* (sehr häufig), *Phallocysta erregulensis* und die Vertreter der Gattung *Scriniocassis* (*S. limbicavatus*, *S. priscus*, *S. weberi* (fraglich)). *Nannoceratopsis plegas* mit seinen beiden Unterarten *N. plegas brevicornis* und *N. plegas plegas* ist am Top des Probenintervalls noch häufig und setzt dann aus.

Das Vorkommen von *Evansia? spongogranulata* spricht für ein Mindestalter der zwei Proben bei 2.05 m und 2.50 m von Murchisonae-Zone. Die LADs von *Scriniocassis limbicavatus* und *S. priscus* liegen in der Bradfordensis-Zone. Die im oberen Teil der Bradfordensis-Zone einsetzende Gattung *Dissiliodinium* kommt erst im nächsten Probenintervall vor.

Das gesamte Probenintervall von -0.20 m bis 2.50 m wird interpretiert als Opalinum- und Murchisonae-Zone bis möglicherweise frühe Bradfordensis-Zone. Die ungewöhnliche Aufeinanderfolge der Vergesellschaftungen und deren z.T. ungewöhnliche Zusammensetzung deutet auf Wiederaufarbeitung und/oder Schichtwiederholung hin.

Probenintervall 2.75 m bis 3.40 m (3 Proben: BSII 2.75, Bö-9, Bö-10u): Aalénien-Bajocien, Concavum- bis Discites-Zone

Die Proben sind reich an Dinoflagellatenzysten. Sie unterscheiden sich deutlich vom Liegenden. Zum ersten Mal treten auf *Dissiliodinium* spp., *D. lichenoides*, einige fragliche Exemplare von *Dissiliodinium* aff. *giganteum*, *Evansia? eschachensis* und *Pareodinia* spp. Phallocystaceen sind deutlich weniger divers und kommen nur vereinzelt vor, mit Ausnahme von *Andreodinium elongatum* und *Moesiodinium raileanui*, die beide z.T. sehr häufig sind. Der Acritarch *Fromea tornatilis* kommt regelmässig vor. Die seltene aber auffällige Art *Pareodinia* sp. 4 (super long horn) kommt am Top des Intervalls in Probe Bö-10u bei 3.40 m vor.

Das FAD von *Dissiliodinium lichenoides* liegt in der oberen Bradfordensis-Zone. Das Vorkommen von *Evansia? eschachensis* markiert ein Mindestalter von Concavum-Zone. *Pareodinia* spp. und *Dissiliodinium* aff. *giganteum* setzen normalerweise in der Discites-Zone ein. Vereinzelte Vertreter von *Pareodinia* spp. können auch schon in der Concavum-Zone auftreten. *Pareodinia* sp. 4 ist vom Eichberg aus der Discites-Zone bekannt.

Die Probe wird als Concavum- bis Discites-Zone interpretiert. Die Akme von *Andreedinium elongatum* und das regelmässige Vorkommen des Acritarchs *Fromea tornatilis* passt zu einem Alter im Bereich der Aalénien/Bajocien Grenze.

Probenintervall 4.10 m bis 4.60 m (4 Proben: Bö-10o, BSII 4.15, Bö-11u, Bö-11o): Früh-Bajocien, Discites- bis Ovale-Zone

Die Proben sind denen im Liegenden noch sehr ähnlich. Zusätzlich zu den Taxa im vorherigen Probenintervall tritt u.a. *Gongylodinium erymnoteichon* auf. *Dissiliodinium lichenoides* ist nach wie vor häufig. *Dissiliodinium* aff. *giganteum* und *Evansia?* *eschachensis* kommen mit wenigen Exemplaren vor. Die seltene aber auffällige Art *Pareodinia* sp. 4 (super long horn) kommt in der Probe BSII 4.15 bei 4.15 m vor. Auffällig sind die grossen Häufigkeiten von *Andreedinium elongatum* im unteren Teil und *Moesiodinium raileanui* im oberen Teil des Probenintervalls. *Nannoceratopsis* sp. B kommt am Top des Probenintervalls das letzte Mal vor. In der untersten Probe Bö-10o bei 4.10 m wurde ein fragliches Exemplar von *Luehndea spinosa* gefunden. Dies deutet auf Aufarbeitung liassischer Sedimente des Spät-Pliensbachiens im Liefergebiet hin.

Die Untergrenze des Probenintervalls wird aufgrund des ersten Einsetzens von *Gongylodinium erymnoteichon* gezogen. Die Art tritt am Eichberg zusammen mit *Dissiliodinium giganteum* im aller obersten Bereich der Discites-Zone das erste Mal auf. Sicher kommen beide Arten ab der Ovale-Zone vor. *Gongylodinium erymnoteichon* kommt oft nur unregelmässig vor und ist daher kein sehr zuverlässiger Marker. Die für die Ovale-Zone typischen Arten *Dissiliodinium giganteum* und *Durotrigia daveyi* kommen erst im Probenintervall im Hangenden vor. *Pareodinia* sp. 4 ist vom Eichberg aus der Discites-Zone bekannt.

Das letzte Vorkommen von *Nannoceratopsis* sp. B liegt am Eichberg in der Discites-Zone. Die LADs von *Andreedinium elongatum* und *Evansia?* *eschachensis* liegen in der Ovale-Zone.

Das Probenintervall wird auf Discites- bis Ovale-Zone datiert.

Probenintervall 5.20 m bis 6.15 m (2 Proben: BSII 5.20 und BSII 6.15): Früh-Bajocien, Ovale- bis Laeviuscula-Zone

Die Proben sind denen im Liegenden noch sehr ähnlich. Neu einsetzende Arten sind *Dissiliodinium giganteum* in der unteren Probe bei 5.20 m und *Cavatodissiliodinium hansgochtii* in der oberen Probe bei 6.15 m. Ebenfalls bei 6.15 m wurde ein erstes Exemplar von *Durotrigia* spp. gefunden. *Andreedinium elongatum* kommt das letzte Mal bei 5.20 m vor, *Evansia?* *eschachensis* bei 6.15 m.

Dissiliodinium giganteum tritt am Eichberg im aller obersten Bereich der Discites-Zone das erste Mal auf. Sicher kommt die Art ab der Ovale-Zone vor. Das LAD von *Andreedinium elongatum* liegt in der Ovale-Zone.

Das gemeinsame Vorkommen von *Cavatodissiliodinium hansgochtii* und *Evansia?* *eschachensis* im oberen Teil des Probenintervalls ist ungewöhnlich. Das bekannte FAD von *Cavatodissiliodinium hansgochtii* liegt in der Laeviuscula-Zone, das LAD von *Evansia?* *eschachensis* ist bekannt aus der Ovale-Zone. Eventuell sind die Exemplare von *Evansia?* *eschachensis* im oberen Teil des Probenintervalls aufgearbeitet.

Das Probenintervall wird als Ovale- bis Laeviuscula-Zone interpretiert.

Probenintervall 7.10 m bis 18.00 m (2 Proben: BSII 7.10, BöO-1): Früh-Bajocien, Laeviuscula-Zone

An der Basis des Probenintervalls tritt erstmals *Durotrigia daveyi* auf. *Cavatodissiliodinium hansgochtii*, *Dissiliodinium giganteum*, *Evansia? spongogranulata* und *Nannoceratopsis dictyambonis* treten am Top des Probenintervalls zum letzten Mal auf. Es wurden weder *Andreedinium elongatum*, *Batiacasphaera laevigata*, *Evansia? eschachensis* noch *Kallosphaeridium hypornatum* gefunden.

Die Grenze zum Intervall im Hangenden wird gezogen aufgrund des letzten Vorkommens von *Nannoceratopsis dictyambonis* und dem Einsetzen von *Kallosphaeridium hypornatum* und jüngerer Taxa im darauffolgenden Probenintervall.

Das LAD von *Andreedinium elongatum* und *Evansia? eschachensis* liegt in der Ovale-Zone. Das LAD von *Nannoceratopsis dictyambonis* liegt in der Laeviuscula-Zone. Das FAD von *Kallosphaeridium hypornatum* liegt in der Sauzei-Zone.

Das Probenintervall wird somit als Laeviuscula-Zone interpretiert.

Probenintervall 27.90 m bis 29.30 m (3 Proben: BöO-9, BöO-15, BöO-19): Früh-Bajocien, Humphriesianum-Zone, Romani- bis Humphriesianum-Subzone

In der untersten Probe setzen mehrere Taxa neu ein: *Batiacasphaera laevigata*, *Kallosphaeridium hypornatum* (relativ häufig), *Phallocysta thomasi* (fraglich) und *Wanaea* spp., letztere ist ähnlich *Wanaea* sp. 1. In der darauffolgenden Probe setzen weitere Arten neu ein: "*Hypolytodium*" sp., *Durotrigia filapicata*, *Meiourogonya* spp., *Atopodinium* sp. 1, *Cavatodissiliodinium* sp. 1 (häufig), *Valensiella/Ellipsoidictyum* spp., und schliesslich in der obersten Probe *Acanthaulax crista*, *Aldorfia aldorfensis* und *Cavatodissiliodinium* sp. 3.

Das Probenintervall ist definiert durch das Einsetzen von *Phallocysta thomasi* bis zu dessen Aussetzen.

Alle neu einsetzenden Arten sind typisch für die Humphriesianum-Zone. *Phallocysta thomasi* hat ein sehr eingeschränktes stratigraphisches Vorkommen von der Romani-Subzone bis zur Humphriesianum-Subzone. Jüngere Arten, wie etwa *Rhynchodiniopsis?* sp. 1, das ein FAD in der Blagdeni-Subzone hat, fehlen.

Das Probenintervall wird auf Romani-Subzone bis Humphriesianum-Subzone der Humphriesianum-Zone datiert.

Tab. 22: Biostratigraphische Interpretation der Palynomorphen-Events (Böttstein).

Chronostratigraphie		Biostratigraphie		Palynostratigraphie			Palynomorphen-Events	
Stufe	US	Ammoniten–Z.	Subz.	Probe	Profil-meter	Nr.		
Bajocien	Früh	Humphriesianum	Blagdeni					
			Humphriesianum – Romani	BöO-19 (1.30 m)	29.30 m	19	Top: <i>Phallocysta thomasii</i> ; Base: <i>Acanthaulax crispa</i> , <i>Cavatodissiliodinium</i> sp. 3; ? Base: <i>Aldorfia aldorfensis</i>	
				BöO-15 (0.85 m)	28.85 m	15	Base: " <i>Hypolytadinium</i> " sp., <i>Atopodinium</i> sp. 1, <i>Cavatodissiliodinium</i> sp. 1, <i>Durotrigia filapicata</i>	
		BöO-9 (-0.10 m)	27.90 m	9	Base: <i>Batiacasphaera laevigata</i> , <i>Kallosphaeridium hypornatum</i> , <i>Wanaea</i> spp.; ? Base: <i>Phallocysta thomasii</i>			
		?Sauzei						
		Laeviuscula	BöO-1	18.00 m		Top: <i>Cavatodissiliodinium hansgochti</i> , <i>Dissiliodinium giganteum</i> , <i>Evansia</i> ? <i>spongogramulata</i> , <i>Moesiodinium raileanui</i> , <i>Nannoceratopsis dictyambonis</i>		
			BSII 7.1	7.10 m	24	Base: <i>Durotrigia daveyi</i>		
		Laeviuscula – Ovale	BSII 6.15	6.15 m	21	Top: <i>Evansia</i> ? <i>eschachensis</i> ; Base: <i>Cavatodissiliodinium hansgochti</i>		
			BSII 5.20	5.20 m	15	Top: <i>Andreodinium elongatum</i> ; Base: <i>Dissiliodinium giganteum</i>		
		Ovale – Discites	Bö-11o	4.60 m	12	Top: <i>Moesiodinium raileanui</i> (acme), <i>Nannoceratopsis</i> sp. B in Feist (1987)		
			Bö-11u	4.40 m	11 _{unten}	Top: <i>Hystrichodinium</i> ? sp. in Feist-Burkhardt & Pross (2010)		
			BSII 4.15	4.15 m	10 _{oben}	Top: <i>Pareodinia</i> sp. 4 (super long horn)		
			Bö-10o	4.10 m	10 _{oben}	Top: <i>Andreodinium elongatum</i> (acme); Base: <i>Gongylodinium erymnoteichon</i>		
		Discites –	Bö-10u	3.40 m	10 _{mitte}	Base: <i>Pareodinia</i> sp. 4 (super long horn)		
		Aalénien	Spät	Concavum	Bö-9	3.10 m	9	Base: <i>Moesiodinium raileanui</i> (acme)
					BSII 2.75	2.75 m	7	Base: <i>Andreodinium elongatum</i> (acme), <i>Dissiliodinium lichenoides</i> , <i>Dissiliodinium</i> spp., <i>Evansia</i> ? <i>eschachensis</i> , <i>Pareodinia</i> spp.; ? Base: <i>Dissiliodinium</i> aff. <i>giganteum</i>
BSII 2.50	2.50 m				6 _{cm}	Top: <i>Nannoceratopsis plegas</i> (diverse ssp.+ abundant), <i>Phallocysta erregulensis</i> , <i>Scriniocassis limbicavatus</i> , <i>S. priscus</i> ; ? Top: <i>Scriniocassis weberi</i>		
Mittel	?frühe Bradfordensis – Murchisonae und ?Opalinum		BSII 2.05	2.05 m	6 _{cuu}	Top: <i>Batiacasphaera</i> sp. A (common); Base: <i>Nannoceratopsis</i> sp. B (in Feist 1987)		
			BSII 1.50	1.50 m	5 _b	Top: <i>Evansia</i> ? cf. <i>granochagrinata</i> (common), <i>Wallodinium laganum</i>		
		BSII 1.10	1.10 m	4 _b	Top: <i>Scriniocassis weberi</i> ; Base: <i>Batiacasphaera</i> sp. A (common)			
		BSII 0.95	0.95 m	4 _a	Base: <i>Evansia</i> ? <i>spongogramulata</i> , <i>Phallocysta erregulensis</i>			
		BSII 0.55	0.55 m	2 _b	Base: <i>Nannoceratopsis plegas</i> (diverse ssp.+ abundant)			
Früh	Opalinum	BS T -0.05	0.25 m	1				
		BS T -0.50	-0.20 m		? Top: <i>Nannoceratopsis triangulata</i> ; Top: <i>Phallocysta</i> ? <i>frommernensis</i>			

4.3.4 Böttstein Lithostratigraphie

Das neu aufgenommene Profil Böttstein (Buechhalde & Chrummuerich) mit dem Opalinuston an der Basis und dem charakteristischen Wechsel in die Passwang-Formation kann rein aufgrund der lithologischen Ausbildung nicht in die jeweiligen Member unterteilt werden. Mit den Ammoniten- sowie den palynostratigraphischen Altern kann das Profil aufgrund der Definition der jeweiligen Member der Passwang-Formation (*sensu* Burkhalter 1996 und Entscheid SKS 2004), folgendermassen gegliedert werden:

Grenze zum Opalinuston: Die Grenze Opalinuston/Passwang-Formation liegt auch hier, wie am Frickberg und Cheisacher, am Top der dunkelgrauen, glimmerführenden, siltigen, kalkigen Tonsteine welche im Hangenden durch dunkel anwitternde, schräggeschichtete, grobspätige Kalke von 0.2 m Mächtigkeit überlagert werden (Fig. 39). Diese Schicht wurde von Mühlberg (1900) als «Pentacrinitenbreccie» beschrieben. Gemäss Ammonitenfunden von der Grabung Rieber et al. (1981) wird die unterste Bank (Schicht 2) in die «Comptum»-Subzone der Opalinum-Zone gestellt. Die Ammoniten aus der Schicht 4 können dem *sehndensis*-Horizont der Murchisonae-Subzone der Murchisonae-Zone zugeordnet werden. Das Vorkommen von *Evansia? spongogranulata* in diesem Niveau (BSII 0.95) spricht auch für ein Mindestalter von Murchisonae-Zone. Jedoch ist die Interpretation der Palynodaten nicht einfach, denn die ungewöhnliche Aufeinanderfolge der Vergesellschaftungen und deren z.T. ungewöhnliche Zusammensetzung einzelner Proben aus den Schichten 1–6 deutet auf Wiederaufarbeitung hin. Die Palynoprobe BSII 2.50 (evtl. bereits BSII 2.05) kann möglicherweise auf die frühe Bradfordensis-Zone datiert werden, welches sich mit den Ammoniten der Gattung *Brasilia*, darunter auch *B. bradfordensis* (Buckman 1887) deckt. Der Top dieses kalkigen Intervalls mit Eisenoolithen wird durch einen ausgeprägten Hartgrund gebildet.

Die darüber lagernden, **grauen, eisenoolithführenden Mergel** (Schicht 7-9) mit eisenoolithischen Konkretionen und knolligen Kalklagen werden gemäss Ammoniten- und Palynodaten auf die Concavum-Zone datiert. Die Ammoniten der Gattungen *Graphoceras* und *Eudmetoceras*, insbesondere *E. amplexans* (Buckman 1889) lassen die Zuordnung zu der Formosum-Subzone zu. Somit fehlt zwischen der Schicht 6co und 7 die obere Subzone der Bradfordensis-Zone (Giganteus-Subzone) und die untere Subzone der Concavum-Zone (Concavum-Subzone). Dieser Hiatus wird aufgrund der Ammoniten- sowie Palynomorphendatierung als das Top des Sissach-Members definiert. Ohne biostratigraphischen Kriterien kann diese Trennung in das liegende Sissach-Member und das «kondensierte Äquivalent des Hirnichopf-Members» im Hangenden nicht vorgenommen werden. Des Weiteren konnte im Feld durch mehrere Profilaufnahmen entlang dem Rand der Tongrube gezeigt werden, dass die eisenoolithführenden Mergel (Schicht 7–9 = 0.40 m) lateral auskeilen und gleichzeitig jedoch woanders auch an Mächtigkeit zulegen (max. 0.8 m) können. An Stellen mit grösserer Mächtigkeit sind auch mehrere neue Schichtlagen eingeschaltet. Diese Beobachtung deckt sich mit jener von Lieb (1960), der feststellte, dass die Concavum-Zone ostwärts vom Grossmatt-Aufschluss II völlig auskeilt.

Das **tonig-mergelige Intervall** (Schicht 10) mit mehreren Kalk- und Sideritlinsen wird mittels Ammoniten auf die Discites-Zone datiert. Die Discites-Zone kann aufgrund weiterer Ammonitenfunde (Grabung Rieber et al. 1981) noch bis hinauf zur Schicht 11 und 12 gezogen werden. Diese schwach eisenoolithische Kalksteinbank (Schicht 11) ist an der Basis äusserst reich an *Gryphaea sublobata* und wird von Rieber et al. (1981) mit dem «Sowerbyi-Oolith» korreliert. Im Hangenden nehmen die Sandkalke immer stärker zu, welche wie bereits am Frickberg und Cheisacher dokumentiert, in die Ovale- bis Laeviuscula-Zone datiert werden können. Gemäss den Bohrungen am Nassberg (FB1 & FB2: Schneider & Matousek 1990) müsste man diese **Sand- und Spatkalke** noch gut 8–9 m weiterverfolgen können, jedoch sind diese im Feld nirgends kontinuierlich aufgeschlossen. Im Hangenden dieser spätigen Sandkalke folgt gemäss den Bohrungen (FB3 & FB4: Schneider & Matousek 1990) ein rund 15 m mächtiges Intervall, welches wie folgt von unten nach oben unterteilt werden kann: ~ 6 m mächtige, dunkelgraue, glimmerreiche Mergel,

~ 5 m mächtige, glimmerreiche tonige Mergel bis Tonmergel, ~ 2 m mächtige, dunkelgraue, sandige, feinspätige Kalke und ~ 1 m mächtige, grau-schwarze Mergel. Darüber setzen die ersten Eisenooide der «Humphriesi-Schichten» ein, welche im Detailprofil Chrummuerich (Fig. 40 und im folgenden Abschnitt) dokumentiert sind. Das ganze hier beschriebene Intervall wird als Waldenburg- bis Brüggl-Member definiert.

Der obere Bereich des kompilierten Profils Böttstein-Chrummuerich lässt sich im Gelände einfach durch eine markante Geländestufe verfolgen, jedoch sind die Schichten nirgends wirklich gut aufgeschlossen. Mit etwas Graben konnte jedoch das Profil (Fig. 40) freigelegt und dokumentiert werden. Kurz unterhalb der Basis von Schicht 10 findet man vereinzelt Eisenooide. Gemäss den Palynomorphendaten konnte dieser Bereich bereits der Humphriesianum-Zone (Romani- bis Humphriesianum-Subzone) zugeordnet werden. Die Ammoniten welche in den obersten drei Bänken (Schicht 19, 21 & 22) gefunden wurden, dokumentieren die Grenze der Humphriesianum-Subzone zur Blagdeni-Subzone. Diese Grenze fällt auch mit dem lithologischen Wechsel von den **eisenoolithischen Kalk- und Mergelschichten**, den «Humphriesi-Schichten» (o.T. des Brüggl-Member), zu den **feinsandigen, mergeligen Tonsteinen** im Hangenden zusammen, welche zum Rothenfluh-Member gehören.

Alternative (rein lithostratigraphische) Einteilung

Wie oben beschrieben, ist die Unterteilung nach rein lithologischen Kriterien in die entsprechenden Member und die «kondensierten Äquivalente» *sensu* Burkhalter (1996) und Entscheid des SKS (2004) nicht eindeutig.

Mit der neu eingeführten informellen Unterteilung kann somit die ganze untere Abfolge von der Basis der Passwang-Formation bis zur Basis des eisenoolithischen Kalksteinintervalls der **Einheit 1** zugeordnet werden (Schicht 2 – 6 in Fig. 39). Das Top der Einheit 1 ist durch einen markanten Hartgrund gekennzeichnet.

Die darüber liegenden, stark rötlichen, eisenoolithischen Mergel und Kalksteine (Schicht 7 – 9) können lithologisch von dem Liegenden sowie von dem Hangenden abgegrenzt werden und mit der **Einheit 1-3k** definiert werden.

Die darüber liegenden Tonsteine, Mergel und Sandkalke lassen sich lithologisch der **Einheit 4** zuordnen (Schicht 10 – 24 in Fig. 39). Die Einheit 4 kann weiter in eine tonig-mergelige Subeinheit 4T (Schicht 10 – 15) und eine sandig-biotritische Subeinheit 4K (Schicht 16 – 24) unterteilt werden. Gemäss der Kernbeschreibung aus den Bohrungen vom Nassberg (Schneider & Matousek 1990) folgt darüber erneut ein rund 15 m mächtiges Intervall, welches der Subeinheit 4T zugeschrieben werden kann (Beschreibung s. oben).

Mit dem Einsetzen der eisenoolithischen Kalksteine/Eisenoolithe und derem Aussetzen im Hangenden ist die **Einheit 5** definiert (Schicht 9_{oben} – 22 in Fig. 40). Die darüber liegende tonig-mergelige Abfolge entspricht der **Einheit 6** (Schicht 23 – 25 in Fig. 40).

4.4 Ergänzungen zur Bohrung Riniken

Der gekernte Bereich der Passwang-Formation (325.40 – 331.14 m) sowie die obersten Meter des Opalinustons der Bohrung Riniken (Fig. 41) wurden nochmals angeschaut und detaillierter für die Palynomorphen-Analysen beprobt. Die neuen Analysen sowie ein neuer Ammonitenfund wurden zusammengeführt und neu interpretiert. Dies führt zu einer Präzisierung der Interpretation von Feist-Burkhardt (2012) und Bläsi et al. (2013).

4.4.1 Riniken Biostratigraphie

4.4.1.1 Ammonitenstratigraphie

Der gekernte Bereich der Passwang-Formation der Bohrung Riniken wurde neu auf Ammoniten durchsucht. Der einzige Fund (330.05 m), der identifiziert werden konnte, ist eine *Staufenia staufensis*. Somit lässt sich dieser Bereich der frühen Bradfordensis-Subzone der Bradfordensis-Zone zuordnen.

4.4.1.2 Palynostratigraphie

Das vorliegende Unterkapitel beinhaltet einen Nachtrag zum Bericht von Feist-Burkhardt (2012). Das Profil Riniken wurde im mittleren Teil und im Hangenden ergänzt und es wurden fünf weitere Proben palynologisch untersucht. Die Ergebnisse beider Untersuchungen wurden zusammengeführt und neu interpretiert (Fig. 41). Dies führt zu einer Präzisierung der palynostratigraphischen Altersdatierung, die geringfügig von der alten Interpretation (Feist-Burkhardt 2012) abweicht.

Die fünf neuen Proben fügen sich gut in die Abfolge der zuvor bearbeiteten Proben ein. In der Range-Chart (Anlage A15) sind die neuen Proben in der Spalte "Analyst" als SFB/2 markiert. Die alte Probenserie von 2012 (Feist-Burkhardt 2012) ist in der Spalte "Analyst" als SFB markiert.

Die aktualisierte Range-Chart und der Depth/Age-Plot mit allen Proben des Profils findet sich in den Anlagen A15 und A16.

Probenintervall 345.47 – 331.84 m (3 Proben: 345.47, 331.93 & 331.84 m): Aalénien, Opalinum-Zone

Die Palynoflora wird überwiegend zusammengesetzt aus Pollen und Sporen. Dinoflagellatenzysten sind nicht sehr häufig. Die Pollenart *Perinopollenites elatoides* ist in den zwei oberen Proben bei 331.93 und 331.84 m sehr häufig.

Die Dinoflagellatenzystenassoziation besteht zum grössten Teil aus Vertretern der Gattung *Nannoceratopsis*: *N. gracilis* s.s. und s.l., *N. plegas*, *Nannoceratopsis* sp. B in Feist (1987), *Nannoceratopsis* spp., *N. triceras* sowie einige fragliche Exemplare von *N. triangulata*. *N. plegas* kommt mit seinen drei Unterarten vor: *N. plegas brevicornis*, *N. plegas dictyornata*, *N. plegas plegas*. Einige Vertreter der Phallocystaceen treten unregelmässig und mit wenigen Exemplaren auf: *Andreodinium* aff. *elongatum* (fraglich), *Andreodinium elongatum*, *Phallocysta?* *frommerensis* (fraglich), *Reutlingia cardobarbata*, *Susadinium scrofoides*. Valvaeodiniaceen sind rar. Alle drei Arten der Gattung *Scrinocassis*, *S. limbicavatus*, *S. priscus*, *S. weberi*, kommen vor. *S. weberi* kommt in Probe 331.93 m zum letzten Mal sicher vor. *Mancodinium semitabulatum* kommt regelmässig und zum Teil gehäuft vor. Die Arten *Evansia?* cf. *granochagrinata*, *Nannoceratopsis triangulata* (fraglich) und *Wallodinium laganum* haben ihr letztes Vorkommen am Top des Probenintervalls.

Von den typischen Leitformen (*Evansia?* cf. *granochagrinata*, *Nannoceratopsis triangulata*, *Phallocysta?* *frommernensis*, *Wallodinium laganum*) des Opalinustons (Opalinum-Zone, Opalinum-Subzone) konnten nur wenige Exemplare und z.T. nur fraglich bestimmt werden. Die hohe Diversität von *Nannoceratopsis* zusammen mit dem sehr häufigen *Perinopollenites elatoides* sind typisch für das Aalénien über dem Opalinuston.

Die Gattung *Scriniocassis* reicht bis in die Bradfordensis-Zone. Die generell seltene Art *Evansia?* *spongogranulata* (FAD in der Murchisonae-Zone) und die ersten Vertreter der Gattung *Dissiliodinium* (FAD in der Bradfordensis-Zone) konnten nicht nachgewiesen werden.

Die Grenze zum nächsten Probenintervall im Hangenden wurde aufgrund des letzten Vorkommens von *Evansia?* cf. *granochagrinata*, *Nannoceratopsis triangulata* (fraglich) und *Wallodinium laganum* gezogen.

Das Probenintervall wird als Opalinum-Zone interpretiert.

Probenintervall 331.25 – 331.05 m (2 Proben): Aalénien, ?Opalinum- bis Bradfordensis-Zone

Die untere der beiden Proben in diesem Probenintervall ist dem Liegenden noch sehr ähnlich. Es fehlen aber die Leitarten *Evansia?* cf. *granochagrinata*, *Nannoceratopsis triangulata*, *Scriniocassis weberi* und *Wallodinium laganum*.

Die obere der beiden Proben in diesem Probenintervall ist deutlich reicher und diverser an Dinoflagellatenzysten. Die Gattung *Nannoceratopsis* ist häufig und divers, darunter auch Vertreter von *N. plegas* mit seinen Unterarten. *N. dictyambonis* kommt erstmals vor und ist häufig. Ebenfalls gehäuft kommt erstmals *Susadinium scrofoides* vor. Die Arten *Phallocysta erregulensis* und *P. eumekes* treten nur in dieser Probe auf. *Scriniocassis limbicavatus* und *S. priscus* treten im Probenintervall auf und reichen bis in das nächste Probenintervall im Hangenden. *Evansia?* *spongogranulata* tritt im Probenintervall im Hangenden das erste Mal auf.

Das Probenintervall ist definiert durch das Aussetzen von *Evansia?* cf. *granochagrinata*, *Nannoceratopsis triangulata* und *Wallodinium laganum* im Liegenden, dem Vorkommen von *Scriniocassis limbicavatus* und *S. priscus* im Probenintervall und dem Einsetzen von *Evansia?* *spongogranulata* im Hangenden.

Das LAD von *Evansia?* cf. *granochagrinata*, *Nannoceratopsis triangulata* und *Wallodinium laganum* liegt in der Opalinum-Zone. Das LAD von *Scriniocassis limbicavatus* und *S. priscus* liegt in der Bradfordensis-Zone. Das FAD von *Evansia?* *spongogranulata* liegt in der Murchisonae-Zone.

Die Proben des Probenintervalls können auf ein Alter zwischen ?Opalinum- und Bradfordensis-Zone datiert werden. Die Datierung beruht allerdings auf negativer Evidenz.

Probe 329.82 m (1 Probe): Aalénien, Murchisonae- bis Bradfordensis-Zone

Die Probe ist gekennzeichnet durch das erste Vorkommen von *Evansia?* *spongogranulata* und dem letzten Vorkommen von *Scriniocassis limbicavatus*, *S. priscus* und Vertretern von *Nannoceratopsis plegas*. *Andreedinium elongatum* tritt erstmals häufig auf.

Ein fragliches Exemplar von *Dissiliodinium* aff. *giganteum* ist möglicherweise eher der Gattung *Batiacasphaera* oder *Kallosphaeridium* zuzuordnen. Eindeutige Vertreter der Gattung *Dissiliodinium* treten erst in der nächsten Probe im Hangenden auf. Ein Exemplar von *Scriniocassis weberi* wird als aufgearbeitet interpretiert.

Das FAD von *Evansia?* *spongogranulata* liegt in der Murchisonae-Zone. Das LAD von *Scriniocassis limbicavatus* und *S. priscus* liegt in der Bradfordensis-Zone.

Die Probe wird auf Murchisonae- bis Bradfordensis-Zone datiert.

Probenintervall 329.08 – 328.50 m (2 Proben): Aalénien-Bajocien, Concavum- bis Discites-Zone

Die Dinoflagellatenassoziation in diesem Probenintervall ist gekennzeichnet durch das erste Einsetzen und sehr häufige Vorkommen von *Dissiliodinium lichenoides*. In der unteren der beiden Proben setzt *Pareodinia* spp. ein. *Evansia? eschachensis* wurde erst in der oberen Probe gefunden und tritt dort mit ersten zweifelsfreien Vertretern von *Dissiliodinium* aff. *giganteum* gemeinsam auf.

Das FAD von *Dissiliodinium lichenoides* liegt in der Bradfordensis-Zone. Das FAD von *Pareodinia* spp. und *Evansia? eschachensis* liegt in der Concavum-Zone. Das FAD von *Dissiliodinium* aff. *giganteum* liegt in der Discites-Zone.

Das Probenintervall wird auf Concavum- bis Discites-Zone interpretiert, wobei die untere Probe eher der Concavum-Zone und die obere Probe, mit *Dissiliodinium* aff. *giganteum*, eher der Discites-Zone zugeordnet werden kann.

Probenintervall 327.39 – 325.72 m (3 Proben: 327.39, 327.06 & 325.72 m): Bajocien, Discites- bis Ovale-Zone

Das Probenintervall ist gekennzeichnet durch das erste Einsetzen von *Dissiliodinium giganteum*, erst fraglich, dann sicher, und *Gongylodinium erymnoteichon*. Beide Arten setzen an der Basis des Probenintervalls erst mit wenigen Exemplaren ein und werden in den oberen Proben häufiger. In der untersten Probe bei 327.39 m sind *Andreedinium elongatum* und *Hystrichodinium? sp.*. Auffallend häufig und *Nannoceratopsis* sp. B kommt zum letzten Mal vor. In den oberen beiden Proben kommt *Durotrigia daveyi* vor. *Evansia? eschachensis* kommt in allen Proben vor.

Dissiliodinium giganteum und *Gongylodinium erymnoteichon* treten am Eichberg im aller obersten Bereich der Discites-Zone das erste Mal auf. Sicher kommen beide Arten ab der Ovale-Zone vor. Das FAD von *Durotrigia daveyi* liegt in der Ovale-Zone. Das letzte Vorkommen von *Nannoceratopsis* sp. B liegt am Eichberg in der Discites-Zone. Die LADs von *Andreedinium elongatum* und *Evansia? eschachensis* liegen in der Ovale-Zone.

Das Probenintervall wird als Discites- bis Ovale-Zone interpretiert, wobei die untere Probe eher noch der Discites-Zone zugeordnet werden kann und die oberen beiden Proben der Ovale-Zone.

4.4.2 Riniken Lithostratigraphie

Der gekernte Teil der Passwang-Formation (325.40 – 331.14 m) sowie die obersten Meter des Opalinustons der Bohrung Riniken (Fig. 41) wurden noch einmal angeschaut und detaillierter für die Palynomorphen-Analysen beprobt. Aufgrund der zusätzlichen biostratigraphischen Daten muss die Gliederung von Burkhalter (1996) sowie die modifizierte Gliederung von Bläsi et al. (2013) angepasst werden:

Der **Top des Opalinustons** (331.14 – 332.50 m) besteht aus einer dunkelgrauen glimmerhaltigen, Tonsteinen mit stark verwühlten Sandlagen und knollig-knauerigen Kalk- und Sideritlinsen. Der Opalinuston schliesst zuoberst mit einer knaurigen, bioturbaten, eisenoolithischen Kalkbank ab (331.14 – 331.21 m). Das Probenintervall zwischen 331.84 – 345.47 m wird als Opalinum-Zone interpretiert. Wohingegen das Top des Opalinustons und die Basis der Passwang-Formation (kreuzgeschichtete, eisenoolithische Kalke: 330.96 – 331.14 m) mittels Palynomorphen-Analysen (331.05, 331.25 m) ein jüngerer Alter von ?Opalinum- bis Bradfordensis-Zone zeigen.

Über den kreuzgeschichteten, **eisenoolithischen Kalken des Sissach-Members** folgen spätige, kalkige Eisenoolithe mit dünnen mergeligen Zwischenlagen. Der Fund einer *Staufenia staufensis* bei 330.05 m zeigt, dass der obere Bereich dieses Intervalls während der Bradfordensis-Subzone der Bradfordensis-Zone abgelagert wurde. Dies deckt sich mit den Palynomorphen bei 329.82 m welche als Murchisonae- bis Bradfordensis-Zone datiert wurden. Die Grenze der Bradfordensis- zur Concavum-Zone und somit das Top des Sissach-Members lässt sich nicht mit Sicherheit festlegen. Der Kernbereich zwischen 329.26 m bis 329.62 m weisst mehrere tonige Bänder auf, welche die teils spätigen, teils mikritischen, eisenoolithischen Kalke unterteilen. Die auffälligste dieser tonigen Schichtfugen liegt bei 329.49 m und besteht aus einer limonitisierten, domartig wuchernden, 2 cm dicken Stromatolithenlage mit eingewobenen weissen Serpulidenpflastern (Matter et al. 1987). Somit ist gut möglich, dass bereits einer dieser Hartgründe das Ende des Sissach-Members definiert.

Mit Sicherheit wurden die darüber liegenden eisenooideführenden, sandigen Mergel (327.62 – 329.26 m) während dem späten Aalenien/frühen Bajocien (Concavum- bis Discites-Zone) abgelagert, wobei die untere Probe (329.08 m) eher der Concavum-Zone, und die obere Probe (328.50 m) eher der Discites-Zone zugeordnet werden kann. Ein lithologischer Vergleich von Riniken mit dem Profil Buechhalde bei Böttstein (Fig. 39) zeigt sehr ähnliche Ablagerungsverhältnisse während der Concavum-Zone mit eisenoolithischen, roten Mergeln mit gehäuft vorkommenden Belemniten. Deshalb werden hier analog zu Böttstein die eisenooideführenden, sandigen, rötlichen Mergel von 329.62 m bis zu dem Farbwechsel und dem damit verbundenen Rückgang der Eisenooide bei rund 329.06 m zusammengefasst. Ob in Riniken, wie auch in Böttstein, nur die Formosum-Subzone der Concavum-Zone abgelagert wurde ist ohne Ammonitenfunde nicht zu zeigen, und somit ist auch die Gliederung in die entsprechenden Member oder deren «kondensierte Äquivalente» nicht eindeutig. In der Fig. 41 wurde eine fragliche Zuordnung zum «kondensierten Äquivalent des Hirnichopf-Members» gemacht (analog zur Ammoniten-Zonierung in Böttstein; Fig. 39).

Die eisenoolithische, biodetritische Kalkbank (327.27 – 327.62 m), die eisenoolithischen Mergel mit Geröllen (326.64 – 327.27 m) und die sandigen, spätigen, biodetritischen Kalksteine (325.40 – 326.64 m) sind neu gemäss Palynomorphen-Analysen in die Discites- bis Ovale-Zone zu stellen, wobei die untere Probe (eisenoolithische Kalkbank: 327.27 – 327.62 m) eher noch der Discites-Zone zugeordnet werden kann und die oberen beiden Proben der Ovale-Zone. Auch hier zeigt der lithologische Vergleich der gleichaltrigen Schichten im Profil Buechhalde bei Böttstein (Fig. 39), praktisch identische Ablagerungsverhältnisse. Das von Burkhalter (1996) als CDL (kondensierte Concavum-, Discites- und Laeviuscula-Zone) interpretierte Intervall (~ 326.80 – 327.18 m) liegt wahrscheinlich vollständig in der Ovale-Zone. Das gemäss Burkhalter (1996) darüber einsetzende Brüggli-Member, mit einem detritischen Quarzanteil von 40% (Bläsi et al. 2013), setzt hier bereits in der Ovale-Zone ein. Der ganze Bereich zwischen 325.40 – 329.06 m wird somit dem Waldenburg- bis Brüggli-Member zugeordnet, wobei die Basis ohne Ammonitenfunde fraglich ist. Auf eine weitere Unterteilung, wie bereits früher diskutiert, wird verzichtet.

Die darüber liegenden, stark rötlichen, eisenoolithischen Mergel und Kalksteine (329.06 – 329.62 m) können lithologisch, wie bereits oben beschrieben, von dem Liegenden sowie von dem Hangenden abgegrenzt werden und mit der **Einheit 1-3k** definiert werden.

Die darüber liegenden Tonsteine, Mergel und Sandkalke lassen sich lithologisch der **Einheit 4** zuordnen (325.40 – 329.06 m in Fig. 41). Die Einheit 4 kann weiter in eine tonig/mergelige Subeinheit 4T (326.64 – 329.06 m) und eine sandig-biodetritische Subeinheit 4T (325.40 – 326.64 m) unterteilt werden.

4.5 Zusammenfassung der nördlichen Jurakette

Die drei Profile – Frickberg, Cheisacher, Böttstein sowie die Bohrung Riniken (erneute Beprobung) – wurden lithologisch, mikrofaziell und mittels Ammoniten und Dinoflagellatenzysten biostratigraphisch untersucht. Die Resultate sind in Fig. 25 bis 41 dargestellt sowie in zwei Kompilationen in Fig. 42 und 43.

Der **Top des Opalinustons** und somit die Basis der Passwang-Formation, so wie diese in der Literatur beschrieben wurde (Brändlin 1911, Buser 1952, Gsell 1968, Lusser 1980, Burkhalter 1996), ist aus lithologischer und chronostratigraphischer Sicht entlang der nördlichen Jurakette von Frick bis zum Cheisacher recht homogen. Der Opalinuston endet in siltigen, kalkigen Tonsteinen. Darüber setzen siltige bis feinsandige Biomikrite und/oder Biopseudosparite ein. Die letzten Meter bis Zehnermeter des Opalinustons sind in den Aufschlüssen Frickberg, Cheisacher und Böttstein nur schlecht aufgeschlossen. In der Bohrung Riniken und auch weiter östlich in der Bohrung Weiach sind im obersten Teil des Opalinustons mehrere Biomikritbänke ersichtlich (Matter et al. 1987 und 1988a). In Riniken sind solche bei 345.38, 353.42 und 359.64 m (14, 22 und 28 m unterhalb Top Opalinuston) vorhanden. Westlich davon in der Bohrung Rümelingen (RB 27) beschreibt Burkhalter (1996) einen eisenoolithischen Hartgrund, der sich 5 m unterhalb des Tops des Opalinustons befindet.

Die Datierung der Tonsteine basiert auf Palynomorphen aus dem Top des Opalinustons von den Lokalitäten Frickberg, Cheisacher, Böttstein und Riniken. Die Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftung, mit den vier typischen Leitarten (*Kallosphaeridium praussii*, *Nannoceratopsis triangulata*, *Phallocysta? frommernensis* und *Walloclinium lagnum*) sind typisch für die Opalinum-Subzone der Opalinum-Zone, obwohl nicht immer alle, z.T. nur wenige und/oder nur fragliche Exemplare bestimmt werden konnten.

Die **Basis der Passwang-Formation** und somit auch des **Sissach-Members** ist, wie bereits beschrieben, mit dem Einsetzen der feinsandigen Biomikrite und/oder Biopseudosparite definiert (mächtiger als 1 m. Die Mächtigkeit des basalen, kalkigen Intervalls («basale Sandkalkserie» nach Buser 1952) schwankt zwischen 2.7 m am Frickberg und 2.5 m am Cheisacher und lässt sich gut mit Angaben aus der Literatur vergleichen (s. Fig. 42). Dieses Intervall enthält an der Basis zum Teil noch wenig Glimmer und Pyrit, geht aber schnell in reine Silt- und Sandkalksteine mit einem hohen Anteil an Biodetritus (bis 40 %) über. Am Frickberg und auch am Cheisacher endet dieses Intervall mit limonitisierten Biomikriten (FB A 2.27, FB A-6, CHE 8.60), die am Frickberg bis zu 20 % Eisenooide enthalten. Gemäss den Ammoniten vom Frickberg (*Leioceras lineatum*) und Cheisacher (*Lytoceras* sp., *Leioceras* cf. *lineatum*) lassen sich diese Schichten der Opalinum-Zone und -Subzone zuordnen. Es handelt sich hier um den *lineatum*-Horizont, dem jüngsten Faunenhorizont der Opalinum-Subzone. Diesem Faunenhorizont können auch die Ammoniten aus den Schichten 6 – 8 aus dem Profil Buhalden bei Sespe (Gsell 1968, Lusser 1980) zugeordnet werden. Lieb in Gsell (1968) interpretierte dieses Intervall als «Scissum-Zone».

Diese «basale Sandkalkserie» wird am Frickberg und am Cheisacher von 4 – 6 m mergeligem Kalk und kalkigem Mergel überlagert. Dieses Intervall wird mittels Dinoflagellatenzysten bis zum Top mit Vorbehalt auf Opalinum-Zone datiert. Das Vorkommen von *Walloclinium lagnum* ist ungewöhnlich. Die Art wurde bisher als Leitart der Opalinum-Subzone angesehen. Sie kommt

aber in der obersten Probe dieses Intervalls noch häufig vor (FB A 6.20 & CHE 12.20). Das Vorkommen von *Nannoceratopsis plegas* mit seinen Unterarten und die Zunahme der Diversität von *Nannoceratopsis*-Arten in der Probe FB A 6.20 ist wiederum ein Hinweis auf ein etwas jüngeres Alter (Murchisonae-Zone), mit viel und wechselnder Aufarbeitung aus der Opalinum-Zone sowie auch dem Spät-Pliensbachien, welches durch Funde von *Luehndea spinosa* dokumentiert wird. Das etwas jüngere Alter zeigt sich auch im Profil Buhalden bei Sespe. Die aus den Schichten 13 und 14 gefundenen Ammoniten (Lieb in Gsell 1968: «Sinon-Zone») können bereits der Haugi-Subzone der Murchisonae-Zone zugeordnet werden (Fig. 42).

Der im Hangenden folgende, eisenoolithische Abschnitt (Frickberg: Schicht 23 – 28; Cheisacher: Schicht 20 – 23) kann mittels Ammoniten sehr gut auf die Murchisonae-Zone (Murchisonae-Subzone) bis frühe Discites-Zone datiert werden. Am Frickberg können drei feinsandige, limonitisierte, eisenoolithische Biomikritbänke ausgemacht werden, wobei bei der untersten noch eine geringmächtige obere Bank (Schicht 24) abgetrennt werden kann. Aus dieser Schicht konnten, neben fladenförmigen Fe-Hydroxid umkrusteten, Serpuliden bewachsene, eisenoolithische Intraklasten auch eine *Brasilia* ex gr. *bradfordensis* gefunden werden. Anhand dieser lässt sich die Schicht der Bradfordensis-Zone zuordnen. Dietze et al. (2013) beschreibt ein Fundstück mit mehreren Ammoniten von der Sespe (Oberfrick) welches vor allem wegen der *Staufenia staufensis*, einem Leitfossil für die Bradfordensis-Subzone, keinen Zweifel am exakten Fundniveau lässt. Dieses muss der Schicht 17 aus dem Profil Buhalden (Sespe, Fig. 1), welches von Lieb in Gsell (1968) publiziert wurde, entsprechen (Fig. 42). Interessant ist, dass bereits Lieb (1957) das Auskeilen der «Staufensis- und Bradfordensis-Zone» von Sissach herkommend im Ghei innerhalb einer Distanz von nur 1 km beschrieben hat. Die eigentlichen «Murchisonae-schichten» gemäss Lieb (1957) schliessen östlich davon mit einer fladenartigen, mehr oder weniger dicken, angebohrten und mit Serpuliden besetzten verhärteten Platte ab, die er als Anzeichen einer Omission interpretiert. Darüber setzt gemäss Lieb (1957) die Sedimentation der Concavum-Zone ein. Derselbe Aufarbeitungshorizont konnte in dieser Arbeit am Frickberg (Schicht 24) und am Cheisacher (Schichtgrenze 20/21) mit den mit Limonit umkrusteten, Serpuliden bewachsenen, eisenoolithischen Intraklasten ebenfalls dokumentiert werden. Die Ammoniten der hangenden Schicht konnten am Frickberg wie auch am Cheisacher der Concavum-Subzone der Concavum-Zone zugeordnet werden. Sie wird gemäss Burkhalter (1996) dem «kondensierten Äquivalent des Hauenstein-Members» zugeschrieben, wobei die alleinige Datierung auf Concavum-Subzone gemäss Burkhalter (1996) auch dem «kondensierten Äquivalent des unteren Hirnichopf-Members» entsprechen könnte (s. Datierungen vom Hirnichopf-Member im Profil Unterer Hauenstein, Kap. 3.2).

Die oben beschriebene lithologische Abfolge des Sissach-Members lässt sich von Frick bis zum Cheisacher verfolgen. Zwischen Gansingen (Diebold et al. 2006) und Bürerhorn (Buser 1952) ist die Abfolge stark kondensiert und die Fazies ändert sich gemäss Buser (1952). Letzt genannter schreibt, dass die «basale Sandkalkserie» am NE Abhang des Bürerhorns nicht vorhanden sei und die mächtigen Sandkalke und -Mergel der oberen Abteilung durch Mergelschiefer (Schicht 9 im Profil Bürerhorn in Fig. 42) abgelöst wurden. Buser (1952) stellt wie auch bereits Mühlberg (1900) eine Vermergelung der basalen Bereiche Richtung Osten fest. Nördlich der Mandach-Überschiebung können jedoch noch immer ähnliche lithologische und stratigraphische Abfolgen korreliert und verglichen werden (Osthalde Laubberg: Buser 1952; Gehänge nördlich Ober-Rüti im Südosten von Wil: Brändlin 1911). Das Profil NE Abhang des Bürerhorns von Buser (1952) kann im Feld nicht mehr nachvollzogen werden. Jedoch wurde bei einer Feldbegehung am besagten Abhang ein Block gefunden, der mehrerer *Staufenia sehdensis* enthielt (nicht präpariert), welche somit aus der Murchisonae-Subzone der Murchisonae-Zone stammen muss. Der Herkunftsort («sehdensis-Bank») des Lesefunds kann im Abhang mit grosser Wahrscheinlichkeit lokalisiert werden und wird von einer eisenoolithischen Kalkbank, die vermutlich während der

Concavum-Zone abgelagert wurde, überlagert. Schicht 10 aus dem Profil von Buser (1952) entspricht vermutlich der «sehdensis-Bank» und der «concava-Bank». Das Profil wurde in Fig. 42 in etwas schwächeren Farbtönen dargestellt, da es nicht mehr nachvollzogen werden kann.

Im Gebiet östlich von Hottwil und Wil beschreibt Bitterli et al. (2000), dass das Sissach-Member an der Basis aus grauen, sandigen Kalken und glimmerführenden Mergeln gebildet wird, darüber folgen bis zu 6 m mächtige graue, glimmerreiche und fossilarme Mergel, welche wiederum von einer 0.3 – 0.5 m mächtigen, eisenoolithischen Kalkbank mit limonitüberkrusteten Konkretionen, der «Concavus-Schicht», abgeschlossen wird (entspricht Ober-Rüti in Fig. 42). Im Gebiet Mülitobel östlich von Mandach und Nassberg zeigt sich gemäss denselben Autoren das Sissach-Member als engständige Kalk-Mergel-Wechselagerung, beginnend mit einem markanten, grobspätigen und eisenoolithischen Echinodermenkalk (s. Profil Böttstein in Fig. 42).

Der grosse Fazieswechsel des Sissach-Members, so wie er auch in Fig. 42 ersichtlich ist, findet zwischen Hottwil – Mandach – und Böttstein statt. Diese sehr plötzlich ändernden Sedimentationsverhältnisse konnten gemäss Lieb (1960) von 2.5 km östlich Mandach bis hinunter zur Aare in einer Reihe von 11 Aufschlüssen dokumentiert werden. Er konnte zeigen, dass die durch eine Echinodermenbrekzie an ihrer Basis charakterisierte «Opalinum-Scissum-Zone» von etwa 3 m bei Ober-Rüti auf durchschnittlich 30 cm reduziert wird (Schicht 2 im Profil Böttstein). Zusätzlich beschreibt Lieb (1960), dass der markante Mergelhorizont über der «Opalinum-Scissum-Zone» (Schicht 19 im Profil Cheisacher, Mächtigkeit von 6.2 m) verschwindet. Lieb (1960) interpretiert diese Reduktion durch eine Omission. Weiter schreibt er, dass noch immer mit geringer Mächtigkeit (20 – 30 cm), die meist von Knollen erfüllte «Sinon-Zone» (vermutlich Schicht 3 im Profil Böttstein) mit für diese typischen *Costileioceras* folgen. Darüber folgt, die nur an der Basis den Leitammonit *Costileioceras discoideum* führende, nach Osten immer mächtiger werdende «Discoideum-Zone». Die Reduktion der mergeligen Horizonte kann auch in der Bohrung Riniken festgestellt werden. Über der leicht eisenoolithischen Sandkalkbank, welche den Top des Opalinustons bildet (Bläsi 1987, Burkhalter 1996) folgen direkt schräggeschichtete Eisenoolithe und eisenoolithische Kalke.

Die jüngeren Member der Passwang-Formation konnten am Frickberg, Cheisacher und am Schmidberg in Böttstein lokalisiert werden. Wie bereits Fig. 42 zeigt, findet eine Reduktion oder Kondensierung von West nach Ost statt, welche sich vor allem in den «kondensierten Äquivalenten des Hauenstein- und Hirnichopf-Members» bemerkbar macht. Das **Hauenstein-Member** erreicht im Profil Buhalden bei Sespe (Oberfrick) knapp 1 m (Burkhalter 1996). Die Ammoniten aus den untersten zwei Schichten 19 & 20 (Lieb in Gsell 1968) können neu interpretiert der Concavum-Subzone der Concavum-Zone zugeordnet werden. Östlich von Frick ist ihr «kondensiertes Äquivalent» im oberen Teil des kondensierten Eisenooliths enthalten (Lieb in Gsell 1968 & Burkhalter 1996). Diese kondensierte Bank kann sicher vom Frickberg (Schicht 26) bis zum Cheisacher (Schicht 21) korreliert werden (Fig. 42). Weiter östlich lässt sich die Bank nicht mehr mit Sicherheit verfolgen, da die biostratigraphischen Detailinformationen (Concavum-Subzone der Concavum-Zone) fehlen. Mit Sicherheit lässt sich sagen, dass im Profil Böttstein die Concavum-Subzone fehlt und somit die eisenoolithischen Kalke und Mergel der Formosum-Subzone (Concavum-Zone) direkt der Bradfordensis-Subzone der Bradfordensis-Zone aufliegen. In Böttstein wurde somit das «kondensierte Äquivalent des Hauenstein-Members» nicht abgelagert. Der östliche Übergang vom Hauenstein-Member zum «kondensierten Äquivalent» verläuft gemäss Lieb (1957) und Burkhalter (1996) auf der Linie Frick – Lostorf.

Das hangende **Hirnichopf-Member** zeigt in etwa dieselbe Mächtigkeitsabnahme/Kondensierung wie das liegende Hauenstein-Member. Im Profil Buhalden bei Sespe (Oberfrick) erreichen die Mergel und Sandkalke, die mit dem Hirnichopf-Member korreliert werden, noch 4.2 m (Lieb in Gsell 1968, Burkhalter 1996). Die Ammoniten aus den obersten drei Schichten 31 – 33 (Lieb in Gsell 1968) können neu interpretiert der Formosum-Subzone der Concavum-Zone zugeordnet werden. Östlich von Frick kann eine starke Reduktion dieser Schichten festgestellt werden. Sie sind bereits im Profil Zeindlematt (Lieb in Gsell 1968; Fig. 42) auf eine Mergelfuge und eine eisenoolithische Bank kondensiert. Diese Bank kann mit Sicherheit noch am Frickberg und am Cheisacher verfolgt werden (Schicht 28 in Frickberg resp. 23 in Cheisacher). Wie bereits oben beschrieben, konnten die eisenoolithischen Mergel und Kalke der Schichten 7 – 9 in Böttstein, die mittels Ammonitendatierung in die Formosum-Subzone gestellt werden, dem «kondensierten Äquivalent des Hirnichopf-Members» zugeordnet werden. Des Weiteren konnte am Schmidberg (Buechhalde) bei Böttstein durch mehrere Profilaufnahmen entlang dem Rand der Tongrube gezeigt werden, dass die eisenoolithischen Mergel (Schicht 7 – 9) lateral auskeilen können. Diese Beobachtung deckt sich mit jener von Lieb (1960) der feststellte, dass die Concavum-Zone östlich des Grossmatt-Aufschlusses II völlig auskeilte.

Das vorwiegend aus Tonstein/Mergel sowie sandig-biotritischen Kalksteinen aufgebaute **Waldenburg- bis Brüggli-Member**, welches nicht einzeln ausgeschieden wurde (s. Diskussion der jeweiligen Aufschlüsse), zeigt wiederum eine ähnliche Reduktion wie die beiden Member im Liegenden. Jedoch bezieht sich die Reduktion hauptsächlich auf das tonig/mergelige Intervall an der Basis (?Waldenburg-Member). Im Profil Buhalden bei Sespe (Oberfrick) erreichen die grauen, z.T. auch bräunlichen Mergel, die mit dem Waldenburg-Member korreliert werden (Burkhalter 1996), mindestens 12.9 m (Schicht 34 – 40: Lieb in Gsell 1968). Das Top des Members kann nicht mit Sicherheit festgestellt werden, da die darüber einsetzenden sandig-biotritischen Kalke nur mit zwei Schichten dokumentiert sind (Schicht 41 & 42; Lieb in Gsell 1968). Am Frickberg kann eine Mächtigkeit von 16 m angegeben werden. Diese Angabe ist etwas mächtiger als diejenige von Brändlin (1911) und Buser (1952) (Schicht 17 & 18; Buser 1952), deckt sich jedoch in etwa mit der Angabe von Lusser (1980). Darüber setzt bei den oben erwähnten Autoren mit der Schicht 19 (Brändlin 1911, Buser 1952) eine regelmässige Wechselagerung von grauen, sandigen, glimmerführenden Mergeln und sandigen, etwas glimmerführenden, *Cancellophycus* reichen Kalken ein. Mit dieser Wechselagerung beginnen bei Burkhalter (1996) am Frickberg (Vergleichsprofil) die «Brüggli-Schichten». In den weiter östlich gelegenen Profilen verschwindet die markante, mächtige Mergelabfolge und kann mit einer nur noch 1.6 m messenden Abfolge am Cheisacher (Schichten 24 – 26) korreliert werden (Fig. 43). Dieselbe Abfolge lässt sich weiter in Böttstein und in der Bohrung Riniken verfolgen.

An diesen beiden letztgenannten Lokalitäten, wie auch am Cheisacher, wird das tonig/mergelige Intervall (Subeinheit 4T) im oberen Teil durch einem eisenoolithischen Horizont gegliedert. Dieser Horizont wird mittels Ammoniten vom Cheisacher sowie Böttstein (Grabung Rieber et al. 1981) in die spätere Discites-Zone datiert. In Böttstein fallen zusätzlich die zahlreichen Gryphaen (*Gryphaea sublobata*) auf, die an der Basis der Schicht 11 und innerhalb dieser vorkommen. Falls eine überregionale Korrelation dieser kondensierten, eisenoolithischen Bank möglich ist, dann kann sie mit dem «Sowerbyi-Oolith» korreliert werden. Verfolgt man nun diesen «Sowerbyi-Oolith» westwärts, ist er am Cheisacher noch als eine 45 cm mächtige Bank (Schicht 25) nachgewiesen jedoch am Frickberg nicht mehr als durchgehende Bank ausgebildet. Am Frickberg korrelierte Buser (1952) die eisenoolithischen Mergel (Schicht 18 in Buser 1952) mit *Sonninia* sp. und *Gryphaea sublobata* (Brändlin 1911) mit der «oberen Sublobatenbank». Dieses Intervall, aus der zusätzlich ein kleiner Ammonit der Gattung *Hyperlioceras* geborgen werden konnte, kann vom Frickberg vermutlich weiter in das Profil Buhalden, Sespe (Oberfrick) korreliert werden und ist dort als 27 cm mächtiger grauer, eisenoolithischer Mergelkalk ausgebildet (Schicht 38; Lieb in Gsell 1968). An allen Lokalitäten kann dieses Intervall in die (späte) Discites-Zone datiert werden. Diese Korrelation, des an der Basis der «mittleren Kalkserie» liegenden «Sowerbyi-

Ooliths» (*sensu* Buck & Wittmann 1959) in der Umgebung von Basel mit der «Oberen Sublobata-Bank» (*sensu* Mühlberg 1900) im Hauenstein und Fricktal, hat bereits Burkhalter (1996) festgehalten. Aufgrund der Korrelation dieser Schicht lässt sich das tonig/mergelige Intervall in einen unteren und einen oberen Bereich teilen (u.T. & o.T. des Waldenburg-Members *sensu* Burkhalter 1996). Unter Annahme dieser Korrelation lässt sich von Frick bis Böttstein/Riniken zeigen, dass die Mächtigkeit des Bereichs, welcher oberhalb der eisenoolithischen Bank liegt, praktisch konstant ist und nur rund 1 – 2 m beträgt. Von den Mächtigkeitsänderungen ist somit nur der Bereich im Liegenden der eisenoolithischen Bank betroffen, welches in der nördlichen Jurakette zwischen Frick und Böttstein in die Discites-Zone datiert werden kann und somit zeitgleich der «unteren Tonserie» von Buck & Wittmann (1959) aus der ehemaligen Ziegelei-grube bei Lörrach-Stetten abgelagert wurde.

Das sandig-biotritische Kalksteinintervall, für welches Burkhalter (1996) am Frickberg ein Vergleichsprofil der «Brüggli-Schichten» beschrieben hatte, wird hier, obwohl es sich um dieselbe Abfolge handelt, als Waldenburg- bis Brüggli-Members bezeichnet. Das nicht Ausscheiden der Waldenburg/Brüggli-Membergrenze kommt unter anderem daher, weil sich die neuen Altersangaben von der ursprünglichen Definition unterscheiden. Das Alter der Untergrenze des Brüggli-Member («Brüggli-Schichten» *sensu* Burkhalter 1996) ist in der Sauzei-Zone. Nun aber zeigen die neuen Palynomorphendatierungen, dass am Frickberg das Einsetzen der sandig-biotritischen Kalke bereits in der Ovale- bis Laeviuscula-Zone stattfand. Zusätzlich konnten aus dem mittleren Bereich der Abfolge (Schicht 60) zwei Ammoniten geborgen werden, eine *Shirbuirnia trigonalis* (Buckman) und eine *Shirbuirnia* sp. Beide lassen sich der Laeviuscula-Zone, Trigonalis-Subzone zuordnen. Die Sauzei-Zone kann mittels Palynomorphen erst in den «Basistonen» *sensu* Buser (1952) und in den hangenden basalen 3 m der «Humphriesi-Schichten» *sensu* Burkhalter (1996) nachgewiesen werden. Die neue Datierung der Basis des sandig-biotritischen Kalksteinintervalls (Brüggli-Member *sensu* Burkhalter 1996) lässt sich in allen Profilen entlang der nördlichen sowie auch der südlichen Jurakette dokumentieren. Die lithologische Grenze zwischen dem tonig/mergelige und dem sandig-biotritische Kalksteinintervall ist mit unseren neuen Datierungen vermutlich diachron.

Die «**Humphriesi-Schichten**» wurden nach den neusten Ammoniten- und Palynomorphendaten bereits während der Sauzei-Zone abgelagert. Die Humphriesianum-Zone kann jeweils in den obersten Eisenoolithen (Frickberg: Schicht 94 – 99) mit der Romani-Subzone und dem *gervillicycloides* Faunenhorizont aus der Humphriesianum-Subzone nachgewiesen werden. Die Grenze zum hangenden Rothenfluh-Member fällt in etwa mit der Humphriesianum/Blagdeni-Subzonen-grenze der Humphriesianum-Zone zusammen.

Das **Rothenfluh-Member** ist zwischen Frick und der Aare nur schlecht aufgeschlossen. Im Gelände lässt sich das Member, welches meistens mit einer Verflachung der Topographie einhergeht, einfach lokalisieren. Es ist aber in den allermeisten Fällen vom Hangschutt des hangenden Haupttrogensteins bedeckt. Die Mächtigkeit wird von Gonzalez & Wetzel (1996) auf ungefähr 25 m für den West- und auf ungefähr 10 m für den Ostjura angegeben. Neuere EWS-Bohrungen aus der Region konkretisieren das Bild: Wölflinswil 33 m, Herznach 28 m (Bläsi et al. 2014a) sowie Bohrung Riniken 12.5 m (Bläsi et al. 2013). Am Cheisacher sind die basalen 7.8 m entlang der Waldstrasse aufgeschlossen und zeigen eine Wechsellagerung zwischen feinsandigen, mergeligen Tonsteinen und feinspätigen bis mikritischen biogenen Kalksteinen. In der ca. 1 m mächtigen tonig, mergeligen Basis findet man, für dieses Zeitintervall typisch, grosse Belemniten (*Megateuthis elliptica*). Die Palynomorphendatierungen (CHE 49.40 & CHE 51.00) zeigen, dass das mergelige Intervall in die Blagdeni-Subzone der Humphriesianum-Zone zu datieren ist.

Alternative Einteilung: Wie bereits in den einzelnen Kapiteln zum Frickberg, Cheisacher, Böttstein und Riniken erläutert wurde, ist diese detaillierte Korrelation, wie sie in Fig. 42 und 43 ersichtlich ist, nur mit biostratigraphischen Informationen zu den einzelnen Bänken möglich. Das Konzept und die Anwendung der neuen Gliederung in sieben Einheiten wurde in den einzelnen Kapiteln beschrieben und ist in der Fig. 42 und Fig. 43 ersichtlich.

5 Lithologische und stratigraphische Entwicklung der Passwang-Formation östlich der Aare

5.1 Das Profil an der Surb in Tegerfelden (AG)

Das Profil an der Surb (Fig. 47) besteht aus drei Teilprofilen, welche alle entlang der Surb aufgenommen wurden. Das stratigraphisch tiefste Profil (Surb-Unten, Koord.: 2'662.650 / 1'268.360) ist identisch mit der Lokalität des Fotos vom Kontakt von Opalinuston und Sissach-Member von Bitterli-Dreher (2011, Abbildung 2.8b), an welcher eine mindestens 10 m mächtige Kalk/Sandkalk-Abfolge ersichtlich ist (Fig. 44). An dieser Lokalität sind im Bachbett drei je 30 – 40 cm mächtige Sandkalkbänke anstehend (SurbU-5). Der darüber anstehende, rund 10 m mächtige Opalinuston ist an mehreren Stellen von der Surb angeschnitten oder durch frische Rutschungen gut aufgeschlossen. In diesem Bereich sind etliche bis zu 30 cm messende Septarien enthalten.

Direkt unterhalb der Felswand (Fig. 44 und 48) kann ein leicht mergeliges, 55 cm mächtiges Schichtpaket ausgemacht werden (Schicht 10 – 14), welches von den hangenden Sandkalcken durch eine 15 cm mächtige tonige Schicht abgetrennt ist (Schicht 15). Die Felswand misst an dieser Stelle 12.5 m und ist an ihrem Top durch einen erosiven Kontakt mit quartärer Überlagerung begrenzt.



Fig. 44: Aufschluss an der Surb-Unten: Opalinuston, Sissach-Member (Schicht 9 bis 22).
Foto S. Wohlwend: Aufnahme 13.06.2017.

Da die Schichten fast horizontal liegen (140/10), können entlang der Surb wiederholt dieselben Schichten beobachtet werden. Der stratigraphische Kontakt der Sandkalke zur nächst jüngeren Einheit ist nirgends aufgeschlossen. Erst rund 350 m weiter östlich sind im Flussbett jüngere

Schichten anstehend (Surb-Oben, Koord.: 2'662.994 / 1'268.265). Diese kurze stratigraphische Sequenz (Fig. 45 und 49) entspricht dem Profil "Surb" von Bitterli et al. (2000; Fig. 4) des Brüggl-Members. Mit diesem Profil ist der Top der Passwang-Formation erreicht, da die folgenden «Blagdeni-Schichten» in dieser Region, gemäss dem Entscheid des SKS (2004), zur basalen Klingnau-Formation gezählt werden.



Fig. 45: Aufschluss an der Surb-Oben: «Humphriesi-Schichten» im Hangenden eines schwarzen, tonigen Mergelintervalls (Schicht 21).

Foto S. Wohlwend: Aufnahme 13.06.2017.

Zwischen den «Humphriesi-Schichten» (Fig. 45) und dem stratigraphisch folgenden Profil bei der Brücke vis-à-vis der ARA (Fig. 46; Surb-ARA, Koord.: 2'663.059 / 1'268.223) muss gemäss der Geländebeschaffenheit eine tonige bis mergelige Abfolge vorhanden sein, die aber nicht aufgeschlossen ist. Die Schichtlücke misst weniger als 10 m. Das hangende Profil (Fig. 50) umfasst den unteren Bereich der Klingnau-Formation.



Fig. 46: Aufschluss an der Surb-ARA: Klingnau-Formation.
Foto S. Wohlwend: Aufnahme 05.04.2017.

5.1.1 Surb Lithologie

Die drei beschriebenen Profile (Fig. 44, 45 und 46) wurden einzeln aufgenommen, da eine stratigraphische Korrelation im Feld nicht möglich war. Jedoch war es möglich die drei Profile (Surb-Unten: 12.6 m, Surb-Oben: 5.0 m; Surb-ARA: 9.45 m) mittels den EWS-Bohrungen von Tegerfelden (Bläsi et al. 2014a) stratigraphisch einzuordnen. An Hand dieser Korrelation sind die beiden Schichtlücken auf 13 – 14 m (unten) und 7 – 8 m (oben) einzugrenzen. Somit ergibt sich ein kompiliertes Profil der Passwang- und Klingnau-Formation von gut 47 m Mächtigkeit (Fig. 47), welches nach unten um rund 10 m bis zu den jüngsten drei Sandkalkbänken im Opalinuston verlängert werden kann. Das Profil der Passwang-Formation und der Basis der Klingnau-Formation setzt sich an der Surb – von unten nach oben – aus folgenden lithologisch verschiedenen Abschnitten zusammen (Fig. 47):

- -11.0 – -10.0 m: ~ 1 m mächtige Abfolge, bestehend aus drei sandigen (Bio)-Spariten (Sandkalksteinen) (SurU-5), im Liegenden auch Tonsteine.
- -10.0 – 0 m: ~ 10 m mächtige Abfolge von dunkelgrauen, glimmerführenden, siltigen, kalkigen Tonsteinen mit vereinzelt Septarien.
- 0.00 – 0.70 m: 70 cm mächtige siltig-sandige, biomikritische, mergelige Kalksteinbank, welche z.T. oolithisch, z.T. eisenoolithisch ausgebildet ist. Der obere Bereich (SurU-12 & 14) ist stark limonitisiert/chamositisiert und zeigt gewisse laminierte Bereiche (Stromatolith?). Das Ganze weist auf eine stark reduzierte Sedimentation hin (SurU-10 – 14).

- 0.70 – 12.60 m: 11.9 m mächtige Abfolge von z.T. spätigen, biodetritischen, eisenschüssigen, sandigen Kalksteinen (Sandkalksteine) (SurU-12.5 – 16).
- 12.60 – 25.80 m: ~ 13.2 m mächtige Aufschlusslücke (schwierig abzuschätzen im Gelände); Die Mächtigkeit der Schichtlücke ergibt sich aus der Korrelation mit den EWS-Bohrungen von Tegerfelden (Bläsi et al. 2014a).
- 25.80 – 27.95 m: 2.15 m mächtige Wechsellagerung von Mergeln mit siltig-sandigen Kalksteinbänken, welche vereinzelt aufgearbeitete, angebohrte mikritische Gerölle führen (Schicht 11, 14, 22). Unterste Bank besteht aus einem eisenoolithischen Biomikrit (SurO-B).
- 27.95 – 29.05 m: 1.10 m mächtige, eisenoolithische, biodetritische Kalksteinbänke mit eisenoolithischen Mergelzwischenlagen (SurO-E).
- 29.05 – 37.50 m: ~ 8.45 m mächtige Abfolge, welche im unteren, aufgeschlossenen Bereich aus tonigen, bis leicht sandigen Mergeln mit vereinzelt siltigen, mikritischen Kalklagen (SurO-F) besteht. Die Mächtigkeit der Aufschlusslücke (30.00 – 36.50 m) ergibt sich aus der Korrelation mit den EWS-Bohrungen von Tegerfelden (Bläsi et al. 2014a und Bläsi & Ibele 2019).
- 37.50 – 46.90 m: 9.40 m mächtige Wechsellagerung von sandigen Mergeln mit z.T. oolithischen Biomikriten (SurA-10 – 48).

5.1.2 Surb Mikrofazies

Achtzehn der oben beschriebenen Schichten wurden mit Dünnschliffen untersucht. Die Resultate der mikrofaziellen Analyse sind in Tab. 23 aufgelistet. Die Schichten weisen folgende Charakteristika auf:

- Die unterste Probe SurU-5 aus den Sandkalkbänken des Opalinustons, widerspiegelt den ersten Eindruck. Die Probe enthält relativ wenig biogene Komponenten dafür rund 35 % detritischen Quarz (0.05 – 0.15 mm, Ø 0.07 mm). Zusätzlich findet man rund 2 % Glimmer. Der sandige (Bio)-Sparit und -Mikrit wird somit als Sandkalkstein bezeichnet.
- Die Probe SurU-10 aus der Basisschicht des Sissach-Members zeigt rund 25 % biogene Komponenten. Neben den Muscheln und Echinodermen können auch Serpuliden, Brachiopoden und Lentikularien identifiziert werden. Auffallend sind vor allem aber die 25 % calcitischen Ooide, ursprünglich Eisenooide. Diese rekristallisierten Ooide haben alle eine sehr einheitliche Grösse von 0.4 – 0.5 mm. Zusätzlich findet man noch rund 5 % Intraklasten z.T. sandig.
- Die beiden Proben SurU-12 und SurU-14 sind beide stark limonitisiert und z.T. auch chamositisch. Die untere Probe enthält einen z.T. laminierten Chamosit (evtl. Stromatolith) und rund 45 % limonitisierte-chamositische Echinodermenbruchstücke bis zu 2.5 mm gross und wird als siltiger Biomikrit, limonitisch-chamositisch (Spatkalk) bezeichnet. Die obere Probe enthält rund 3 % calcitische Eisenooide und wird als unregelmässig limonitisierter, siltig-sandiger Biomikrit bezeichnet. Beide Proben sprechen für einen Hartgrund oder stark reduzierte Sedimentation.
- Die vier Proben SurU-16 bis SurU-10.7 entstammen alle der markanten Sandkalkwand. Dies widerspiegelt auch der durchwegs erhöhte detritische Quarzanteil (0.04 – 0.2 mm, Ø 0.08 – 0.1 mm). Rund 25 – 35 % des Dünnschliffs besteht aus biogenen Komponenten (Echinodermen, Muscheln und filamentöse Muscheln). Rund 10 – 20 % ist Mikrit, welcher z.T. limonitisiert ist. In den Dünnschliffen wurde etwa 10 % Zement festgestellt der zwischen den Muscheln liegt und z.T. syntaxial angewachsen ist (SurU-5.95: 25 %). Die Probe SurU-10.7 stammte aus einer Kalkknolle aus einem etwas mergeligeren Intervall. Die langen Muscheln (1.5 cm) sind nestartig und zahlreich vorhanden.
- Die Probe SurO-B enthält neben 25 % detritischem Quarz (0.05 – 0.15 mm, Ø 0.07 mm) und 15 % biogenen Komponenten zusätzlich noch rund 10 % unregelmässig geformte Eisenooide von 0.2 – 1 mm Durchmesser. Die Probe wird als quarzsandiger, eisenoolithischer Biomikrit bezeichnet.
- Die Probe SurO-D, direkt aus dem Liegenden der «Humphriesi-Schichten» stammend, zeigt keine Eisenooide dafür rund 37 % biogene Komponente. Der detritische Quarzanteil liegt bei rund 5 % (0.01 – 0.15 mm, Ø 0.06 – 0.07 mm).
- Die Probe SurO-E, aus den «Humphriesi-Schichten» stammend, zeigt neben den 15 % elliptischen Eisenoolithen relativ wenig biogene Komponenten (17 %) und wird als eisenoolithischer Biomikrit bezeichnet.
- Die beiden nächsten Proben SurO-F und SurA-10 sind wiederum sehr ähnlich mit 20 – 25 % biogenen Komponenten, 5 % detritischem Quarz (0.03 – 0.1 mm, Ø 0.06 mm) und 55 – 60 % mikritischer Matrix, z.T. auch pseudosparitisch ausgebildet. Die beiden Proben können als siltig-feinsandige Biomikrite bis Biomikrosparite (pyritreich) bezeichnet werden.
- Der Dünnschliff aus der Kalkknolle (SurA-31) zeigt ein spezielles Bild. Er enthält 15 % Eisenooide oder fast schon Eisenonkoide. Ansonsten zeigt er eine ähnliche Zusammensetzung der biogenen Komponenten wie die beiden Proben aus dem Liegenden. Das Handstück enthält sehr viele kleine Muscheln, die auch im Dünnschliff ersichtlich und bis zu

2 cm gross sind. Der Dünnschliff kann somit als eisenoolithischer bis eisenonkolithischer Biomikrit bezeichnet werden.

- Die vier obersten Dünnschliffe aus den Proben SurA-42 bis SurA-48 sind sehr ähnlich. Die beiden unteren Proben (SurA-42 & SurA-45, Kalkknolle) enthalten bis zu 50 % biogene Komponenten. Die Probe SurA-42 zeigt Echinodermen mit durchschnittlich 0.5 – 1 mm Grösse. Zusätzlich enthält dieser Dünnschliff noch 4 % Eisenooide und kann somit als eisenoidführender Biomikrit (-mikrospartit) bezeichnet werden.

Die beiden oberen Dünnschliffe (SurA-46 & 48) enthalten biogene Komponenten um 20 %. Die Komponentengrösse ist vor allem in der Probe SurA-46 relativ gross (Echinodermenbruchstücke: 3 mm, Muscheln bis zu 2 cm mit z.T. erhaltener und angebohrter Schale). Die Probe enthält zusätzlich zwei Belemniten und Serpuliden. Die Matrix ist in beiden oberen Proben pseudospartitisch ausgebildet (cone-in-cone Gefüge) und in der obersten Probe z.T. limonitisch. Diese Probe enthält zusätzlich noch rund 10 % feinsandigen, detritischen Quarz (0.03 – 0.15 mm; Ø 0.07 mm).

Tab. 23: Mikrofaziesanalyse der Passwang-Formation an der Surb in Tegerfelden in Vol.-%.

	Meter im kompil. Profil	sparit. Calcizement	Pseudospartit Mikrit, Ton	Fe-Dolomit/Dedolomit	limonit. Matrix	Intraklasten	Pellets, Peloid	Fe-Ooide	limo. Echino. & Bryoz.	Echinodermen	Muscheln, Bryozoen	Spongiennadeln	diverse Fossilien	Chert	detritischer Quarz	Ø Korngrösse [mm]	Pyrit
SurA-48	46.80	20	35		15					5	15		5		10	0.07	5
SurA-46	46.45	15	55							2	18		4		3	0.07	3
SurA-45	46.30	10	25		15					10	35		2				3
SurA-42	45.70	15	10		15			4		35	16		2		1	0.06	2
SurA-31	43.30	10	55					15		2	15		3				
SurA-10	37.60	10	55							10	15		2		5	0.06	3
SurO-F	29.50	10	60							10	10		2		5	0.06	2
SurO-E	29.00	5	60					15		8	7		2		3	0.06	
SurO-D	27.90		55							17	18		2		5	0.06	3
SurO-B	25.90		15	10	25			10		5	10				25	0.07	
SurU-10.7	10.70	10	20		20		15			10	15				10	0.1	
SurU-5.95	5.95	25		10	20		5			15	10				15	0.1	
SurU-19	1.30	10			23					20	15		2		30	0.1	
SurU-16	0.80	10	35		10					10	15				20	0.08	
SurU-14	0.52				27	5		3	25		20		5		15	0.07	
SurU-12	0.40				20	3			45		15		1	1	15	0.06	
SurU-10	0.05		40			5		25		10	10		5				5
SurU-5	-10.0	20	30							3	10			2	35	0.07	

5.1.3 Surb Biostratigraphie

5.1.3.1 Ammonitenstratigraphie

Das Profil Surb in Tegerfelden besteht aus drei Detailprofilen: Surb-Unten (Fig. 48), Surb-Oben (Fig. 49) und Surb-ARA (Fig. 50). Alle Profile wurden insgesamt zweimal besucht. Beachtung wurde insbesondere den Ammoniten geschenkt. Die Ammonitenstratigraphie der drei Profile ist in Tab. 24 dargestellt.

Profil Surb-Unten

- In den **Schichten 10 – 12** wurden zahlreiche Ammoniten und Ammonitenbruchstücke der Artengruppe *Leioceras* ex gr. *comptum* gefunden (Tafel 13, Fig. 5 – 7). Diese gehören in die Opalinum-Zone, «Comptum»-Subzone.
- **Schicht 14** enthielt ebenfalls zahlreiche Ammoniten derselben Artengruppe wie in den Schichten 10 – 12 (*Leioceras* ex gr. *comptum*) (Tafel 13, Fig. 1 – 4, 8). Sie gehört deshalb ebenfalls zeitlich in die Opalinum-Zone, «Comptum»-Subzone.

In der darüber folgenden Kalksandsteinabfolge konnten insgesamt zwei Ammoniten festgestellt werden. Beide sind aber in einem derart schlechten Erhaltungszustand, dass eine genauere Bestimmung und somit eine biostratigraphische Einordnung unmöglich sind.

Profil Surb-Oben

- In **Schicht 29 – 31** wurden mehrere Stephanoceraten gefunden darunter *Stephanoceras* aff. *subzieleni* (Schmidtill & Krumbeck 1938) (Tafel 13, Fig. 9) und *Itinsaites* cf. *prorectus* (Westermann) (Tafel 14, Fig. 1). Beide gehören in die Humphriesianum-Zone, Humphriesianum-Subzone.

Profil Surb-ARA

- In **Schicht 19** konnte in einem knauerigen Kalk ein Ammonit, der zur Gattung *Garantiana* oder *Orthogarantiana* sp. gehört, geborgen werden (Tafel 14, Fig. 6). Altersmässig lässt sich diese Schicht der Niortense-Zone, Polygyralis- oder Baculata-Subzone zuordnen.
- In einem Knauer in **Schicht 22** fanden sich ein gestreckter Ammonit der Gattung *Spiroceras* (entweder *S. sauzeanum* oder *S. orbigny*) und ein Ammonit der Gattung *Cleistosphinctes* sp. (Tafel 14, Fig. 7). Diese Ammoniten lassen sich ebenfalls der Niortense-Zone, entweder der Polygyralis- oder der Baculata-Subzone zuordnen.
- Aus dem **Schichtabschnitt 44 – 48** (erkennbar am Fehlen der Kalkooide) konnten mehrere Ammoniten (Lesefunde) der Gattung *Parkinsonia* gefunden werden, u.a. *P. rarecostata* (Buckman 1881) (Tafel 14, Fig. 4 und 5) und *P. subarietis* (Wetzel 1911) (Tafel 14, Fig. 3). Dieser Schichtkomplex lässt sich der Parkinsoni-Zone, Acris-Subzone zuordnen.

Tab. 24: Ammonitenstratigraphie der drei Profile an der Surb in Tegerfelden.
 Nachgewiesene Ammoniten-Zonen, -Subzonen sowie -Horizonte aus den drei Profilen an der Surb sind grau hinterlegt.

Chronostratigraphie		Biostratigraphie			Schicht-Nr.	Lithologie
Stufe	US	Ammoniten-Z.	Subzone	Horizont		
Bajocien	Spät	Parkinsoni	Bomfordi		44 – 48	Biodetritischer Kalkstein (keine Kalkooide)
			Truelli			
			Acris	Leseefunde		
		Garantiana	Tetragona			
			Garantiana			
			Dichotoma			
		Niortense	?Baculata		19 – 22	Oolitischer, harter Kalkknauer mit zahlreichen Muscheln
			?Polygyralis			
			Banskii			
	Früh	Humphriesianum	Blagdeni		29 – 31	Eisenoolithischer rot-brauner Kalk mit tonigeren Lagen
			Humphriesianum			
			Romani			
			Pinguis			
		Sauzei	Macrum sensu Ohmert			
			Kumaterum sensu Ohmert			
		Laeviuscula	Laeviuscula			
			Trigonalis			
		Ovale				
		Discites				
Aalénien	Spät	Concavum	Formosum		14 10 – 12	Biodetritischer Kalkstein, dünnplattig aufspaltend mit chamositischen Eisenooiden
			Concavum			
	Mittel	Bradfordensis	Giganteus			
			Bradfordensis			
		Murchisonae	Murchisonae			
			Haugi			
	Früh	Opalinum	«Comptum»			
			Opalinum			

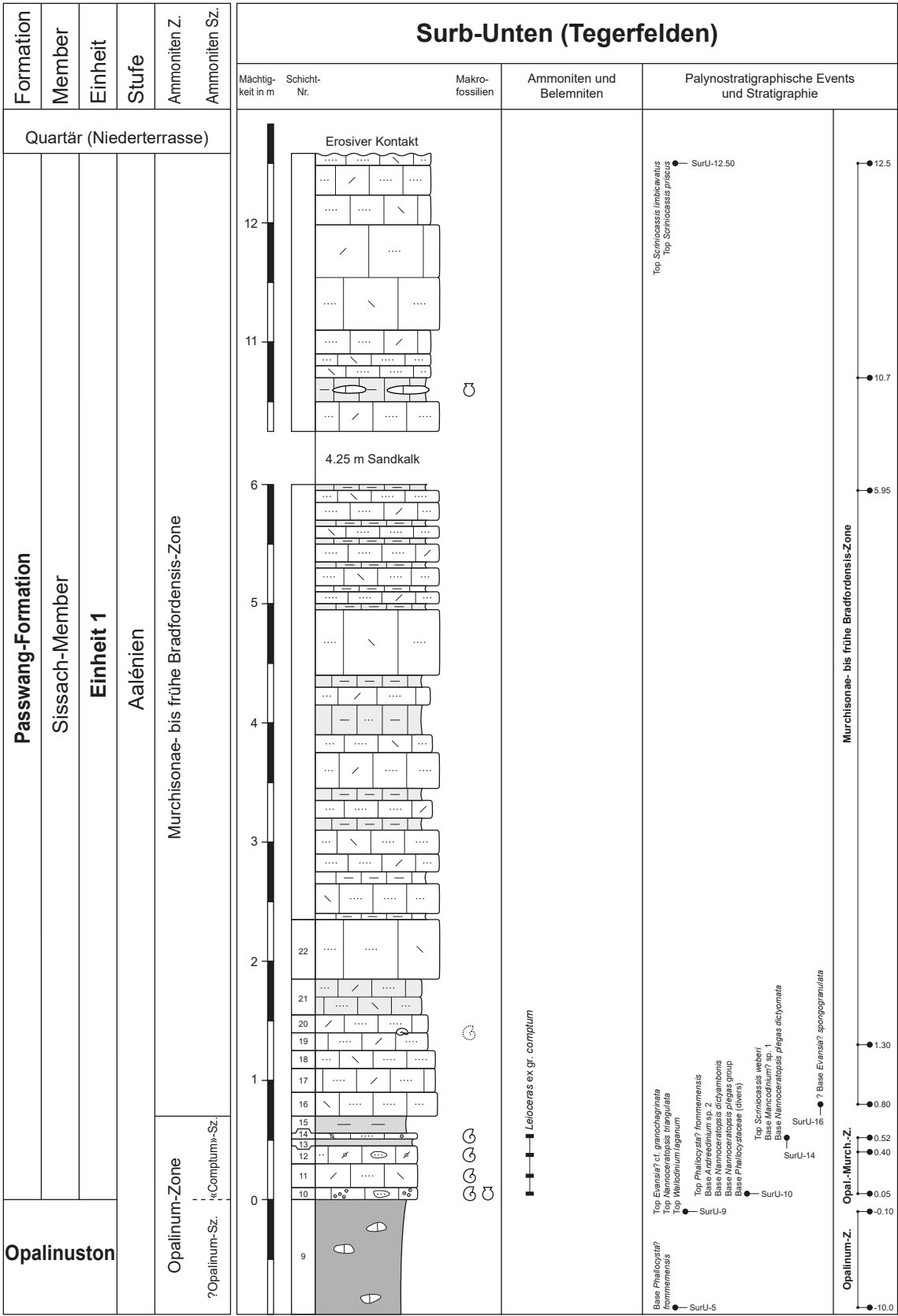


Fig. 48: Profil des Sissach-Members an der Surb (Surb-Unten) in Tegerfelden.

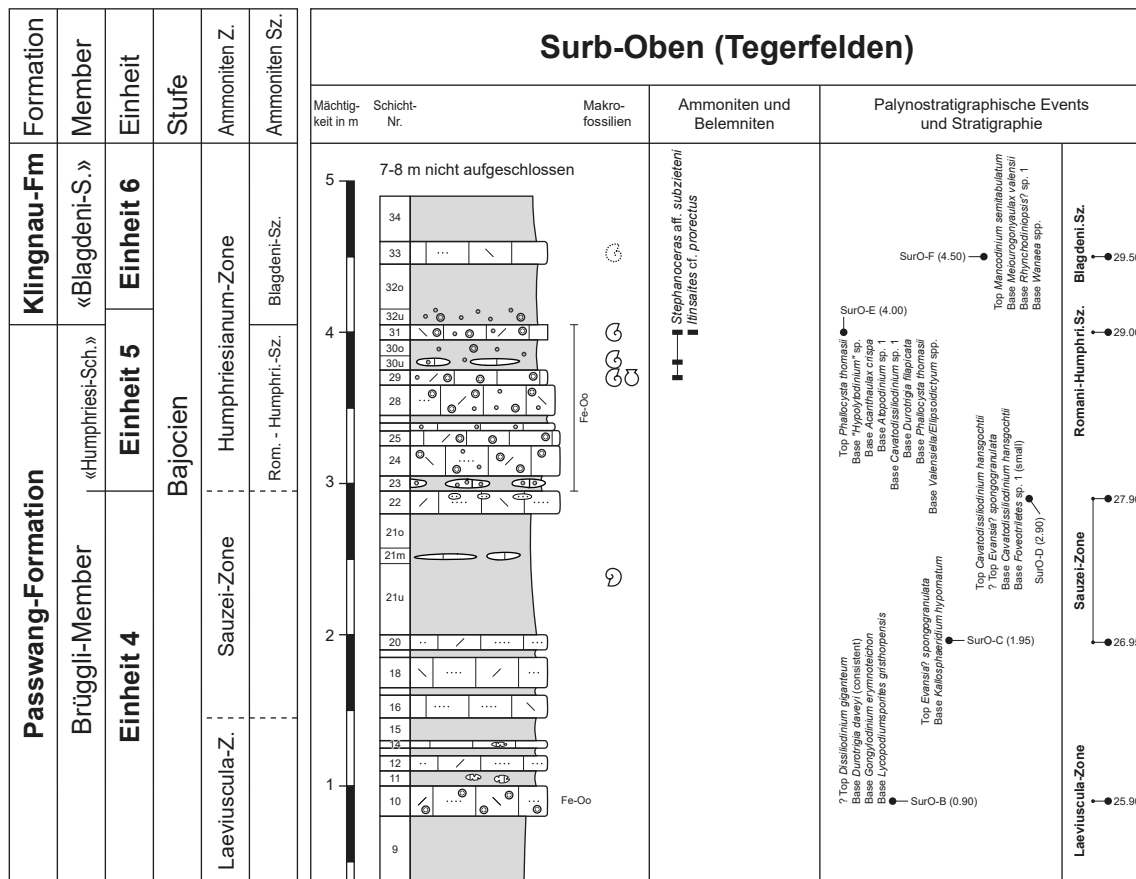


Fig. 49: Profil des Kontakts zwischen der Passwang- und der Klingnau-Formation an der Surb (Surb-Oben) in Tegerfelden.

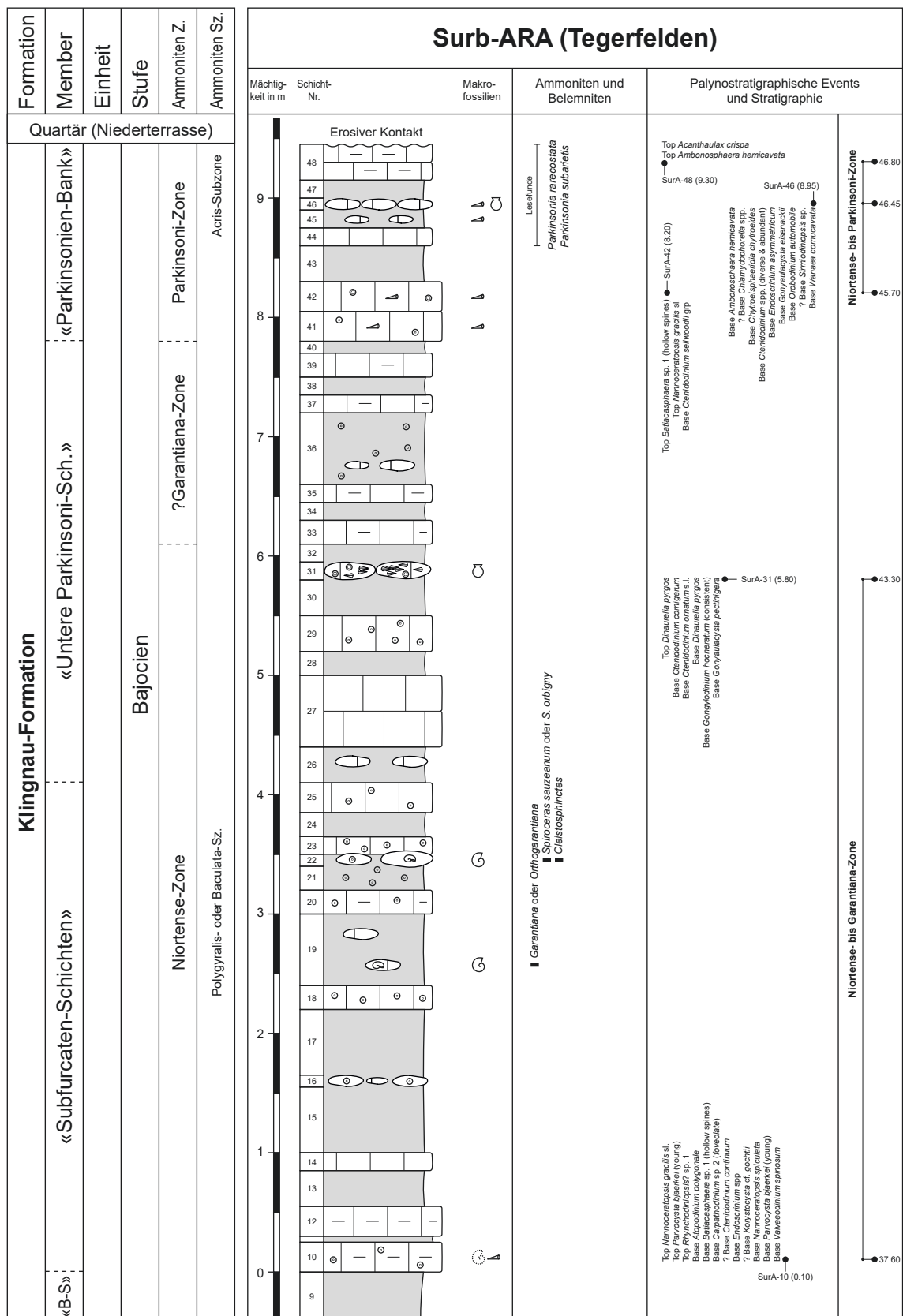


Fig. 50: Profil der Klingnau-Formation an der Surb (Surb-ARA) in Tegerfelden.

5.1.3.2 Palynostratigraphie

Aufschluss Surb (composite)

Die bearbeiteten Proben zeigen einen guten palynologischen Rückstand mit reicher und diverser Palynoflora. Die Erhaltung der Palynomorphen ist zumeist gut. Das Palynomorphen-Spektrum setzt sich zusammen aus überwiegend Dinoflagellatenzysten, Pollen und Sporen. Nur untergeordnet treten Prasinophyten, Acritarchen, Foraminiferentapeten und Grünalgen (z.B. *Botryococcus*) auf. Es konnten 124 Dinoflagellatenzysten-Taxa, 16 andere aquatische Palynomorphen und 45 Pollen- und Sporen-Taxa unterschieden werden.

Einige aufgearbeitete Sporen (*Densosporites* spp.) weisen auf Erosion triassischer Sedimente im Liefergebiet hin. Das vereinzelte Vorkommen der Dinoflagellatenzyste *Luehndea spinosa* weist auf Aufarbeitung liassischer Sedimente des Spät-Pliensbachien im Liefergebiet hin.

Die untersuchten Proben von Surb (composite) können mit Hilfe von Dinoflagellatenzysten auf Aalénien bis Spät-Bajocien datiert werden. Es können zehn Probenintervalle unterschieden und der Ammoniten-Biostratigraphie zugeordnet werden (Fig. 48, 49 und 50 sowie Tab. 25). Die Ergebnisse der quantitativen Analyse sind in Form einer Range-Chart in der Anlage A17

zusammengestellt. Ein Depth/Age-Plot findet sich in der Anlage A18.

Probenintervall -10.00 m bis -0.10 m (2 Proben, SurU-5, SurU-9): Früh-Aalénien, Opalinum-Zone

Die unterste Probe SurU-5 (-10.00 m) zeigt eine sehr geringe Diversität an Dinoflagellatenzysten mit *Evansia?* cf. *granochagrinata*, die die Vergesellschaftung dominiert. Andere Arten, die mit zumeist wenigen Exemplaren vorkommen sind *Batiacasphaera* sp. A, *Hystrichodinium?* sp., *Kallosphaeridium praussii*, *Mancodinium semitabulatum*, *Nannoceratopsis gracilis* s.s., *Nannoceratopsis* spp., *Scriniocassis limbicavatus*, *S. priscus*, *S. weberi* und wenige Vertreter der Phallocystaceen (*Phallocysta?* *frommernensis*, *Andreedinium* spp.) und Valvaeodiniaceen (*Valvaeodinium sphaerechinatum*). In der oberen Probe wurden zusätzlich einige Einzel-exemplare von *Dodekovia* spp., *Nannoceratopsis gracilis* s.l., *Nannoceratopsis* sp. 1 und sp. B, *N. triangulata*, *N. tricerat* und *Wallodinium laganum* gefunden. *Evansia?* cf. *granochagrinata* ist immer noch sehr häufig, kommt aber zum letzten Mal vor.

Die Obergrenze des Probenintervalls (SurU-9: -0.10 m) wird aufgrund des letzten Vorkommens von *Nannoceratopsis triangulata* und *Wallodinium laganum* gezogen.

Beide genannten Arten sind zusammen mit *Evansia?* cf. *granochagrinata*, *Kallosphaeridium praussii* und *Phallocysta?* *frommernensis* typische Bestandteile des Opalinustons (Opalinum-Subzone der Opalinum-Zone).

Das Probenintervall wird als Opalinum-Zone interpretiert.

Probenintervall 0.05 m bis 0.52 m (3 Proben, SurU-10, SurU-12, SurU-14): Aalénien, Opalinum- bis Murchisonae-Zone

Das Probenintervall ist gekennzeichnet durch eine grössere Diversität an Dinoflagellatenzysten. Die unterste Probe SurU-10 (0.05 m) ist deutlich diverser an Phallocystaceen (*Andreedinium* sp. 2, *Andreedinium elongatum*, *Dodekovia bullula*, *D. bullula* s.s., *D. pseudochytroroides*, *Reutlingia cardobarbata*, *R. hirsuta* (fraglich), *R. nasuta*, *Susadinium scrofoides*) sowie Vertretern der Gattung *Nannoceratopsis* mit *N. dictyambonis*, *N. plegas brevicornis*, *N. plegas plegas* und *Nannoceratopsis* sp. 2. In SurU-14 (0.52 m) kommen auch *Mancodinium?* sp. 1 und *Nanno-*

ceratopsis plegas dictyornata hinzu. *Phallocysta? frommernensis* kommt mit einem Einzel-exemplar das letzte Mal in Probe SurU-10 (0.05 m) vor. *Scrinocassis weberi* kommt am Top des Probenintervalls bei 0.52 m zum letzten Mal vor.

In den beiden Proben SurU-10 (0.05 m) und SurU-12 (0.40 m) wurde *Luehndea spinosa* gefunden, eine Dinoflagellatenzysten-Art aufgearbeitet aus dem Spät-Pliensbachien.

Die Obergrenze des Probenintervalls wird aufgrund des letzten Vorkommens von *Scrinocassis weberi* gezogen.

Das LAD von *Scrinocassis weberi* liegt in der Opalinum-Zone. Das Vorkommen von *Nannoceratopsis plegas* mit seinen Unterarten und ornamentierte Vertreter der Gruppe um *Andreedinium* sp. 2 wird in der höheren Opalinum-Zone oder der Murchisonae-Zone vermutet.

Das Probenintervall wird interpretiert als Opalinum- bis Murchisonae-Zone. Möglich ist auch ein Alter der Murchisonae-Zone mit Aufarbeitung aus der Opalinum-Zone.

Probenintervall 0.80 m bis 12.50 m (5 Proben, SurU-16, SurU-19, SurU-5.95, SurU-10.7, SurU-12.5): Aalénien, Murchisonae- bis frühe Bradfordensis-Zone

Die Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftungen in diesem Probenintervall sind denen im Liegenden ähnlich. *Scrinocassis limbicavatus* und *S. priscus* kommen regelmässig vor bis zum Top des Intervalls. *Nannoceratopsis plegas* mit seinen Unterarten kommt regelmässig und zum Teil gehäuft vor. *Phallocysta eumekes* kommt in einer Probe im oberen Teil vor.

Der Unterschied zum Probenintervall im Liegenden ist das erste Vorkommen von *Evansia? spongogranulata*, die mit ersten fraglichen Einzelexemplaren an der Basis des Probenintervalls einsetzt. *Scrinocassis weberi* kommt nicht mehr vor.

Das Probenintervall ist definiert vom Aussetzen von *Scrinocassis weberi* im letzten Probenintervall und dem Einsetzen von *Evansia? spongogranulata* bis zum Aussetzen von *Scrinocassis limbicavatus* und *S. priscus* und dem erwarteten Einsetzen der ersten Vertreter der Gattung *Dissiliodinium*.

Das Vorkommen von *Evansia? spongogranulata* spricht für ein Mindestalter der Proben von Murchisonae-Zone. Die LADs von *Scrinocassis limbicavatus* und *S. priscus* liegen in der Bradfordensis-Zone. Die im oberen Teil der Bradfordensis-Zone einsetzende Gattung *Dissiliodinium* kommt noch nicht vor.

Das Probenintervall wird interpretiert als Murchisonae- bis frühe Bradfordensis-Zone.

Probe 25.90 m (1 Probe, SurO-B): Früh-Bajocien, Laeviuscula-Zone

Die Zusammensetzung der Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftung dieser Probe SurO-B (0.90 m) unterscheidet sich deutlich von der des letzten Probenintervalls und ist deutlich jünger.

Die Probe enthält häufig *Durotrigia daveyi* und sehr häufig *Batiacasphaera* spp. Weitere vorkommende Arten sind u.a. *Dissiliodinium giganteum* (fraglich), *D. lichenoides*, *Dissiliodinium* spp., *Durotrigia* spp., *Evansia? spongogranulata* (fraglich), *Gongylodinium erymnoteichon*, *Nannoceratopsis* spp., *N. gracilis* s.l. und *Reutlingia gochti*. *Dissiliodinium giganteum* tritt mit einem fraglichen Exemplar zum letzten Mal auf.

Andreedinium elongatum, *Evansia? eschachensis* und *Kallosphaeridium hypornatum* wurden nicht gefunden.

Das Vorkommen von *Durotrigia daveyi* spricht für ein Mindestalter der Probe von Ovale-Zone. Das LAD von *Evansia? spongogranulata* liegt in der Sauzei-Zone.

Das Fehlen von *Andreodinium elongatum* und *Evansia? eschachensis*, die beide ein LAD in der Ovale-Zone haben, spricht für ein Alter jünger als Ovale-Zone. Das Fehlen von *Kallosphaeridium hypornatum*, das im folgenden Probenintervall einsetzt und ein FAD in der Sauzei-Zone hat, spricht für ein Alter älter als Sauzei-Zone.

Die Probe wird als Laeviuscula-Zone interpretiert.

Probenintervall 26.95 m bis 27.90 m (2 Proben, SurO-C, SurO-D): Früh-Bajocien, Sauzei-Zone

Die Proben sind der im Liegenden ähnlich. Zusätzlich tritt in der unteren Probe SurO-C (1.95) bei 26.95 m *Kallosphaeridium hypornatum* auf. Die Art ist häufig. In der oberen Probe SurO-D (2.90) bei 27.90 m tritt auch *Cavatodissiliodinium hansgochti* auf. *Dissiliodinium giganteum* tritt nicht mehr auf. *Cavatodissiliodinium hansgochti* und *Evansia? spongogranulata* treten zum letzten Mal in der oberen Probe auf.

Kallosphaeridium hypornatum hat ein FAD in der Sauzei-Zone. *Cavatodissiliodinium hansgochti* und *Evansia? spongogranulata* haben LADs in der Sauzei-Zone.

Das Probenintervall wird als Sauzei-Zone interpretiert.

Probe 29.00 m (1 Probe, SurO-E): Früh-Bajocien, Humphriesianum-Zone, Romani- bis Humphriesianum-Subzone

Die Probe unterscheidet sich deutlich von dem Probenintervall im Liegenden.

Viele Dinoflagellatenzysten-Taxa setzen neu ein: *Acanthaulax crispa*, *Atopodinium* sp. 1, *Batiacasphaera laevigata*, *Cavatodissiliodinium* sp. 1, *Cavatodissiliodinium* spp., *Durotrigia filapicata*, "*Hypolytodium*" sp., *Phallocysta thomasi* und *Valensiella/Ellipsoidictyum* spp. (häufig). *Phallocysta thomasi* kommt auch zum letzten Mal in dieser Probe vor.

Das Probenintervall ist definiert vom Einsetzen von *Phallocysta thomasi* bis zu dessen Aussetzen.

Alle neu einsetzenden Arten sind typisch für die Humphriesianum-Zone. *Phallocysta thomasi* hat ein sehr eingeschränktes stratigraphisches Vorkommen von der Romani-Subzone bis zur Humphriesianum-Subzone der Humphriesianum-Zone.

Probe 29.50 m (1 Probe, SurO-F): Früh-Bajocien, Humphriesianum-Zone, Blagdeni-Subzone

Die Probe ist der im Liegenden ähnlich. Zusätzlich setzen ein *Meiourogoniaulax valensii*, *Meiourogoniaulax* spp., *Pareodinia* sp. 2, *Rhynchodiniopsis?* sp. 1 (häufig) und *Wanaea* spp. *Acanthaulax crispa* ist häufig.

Das FAD von *Rhynchodiniopsis?* sp. 1 liegt in der Blagdeni-Subzone der Humphriesianum-Zone. Es wurden keine Arten gefunden, die ein jüngeres Alter anzeigen würden.

Probenintervall 37.60 m bis 43.30 m (2 Proben, SurA-10, SurA-31): Spät-Bajocien, Niortense- bis Garantiana-Zone

Die Proben in diesem Intervall zeigen reiche und diverse Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftungen.

Häufig vorkommende Arten sind *Acanthaulax crispa*, *Batiacasphaera* sp. 1, *Batiacasphaera* spp., *Durotrigia daveyi* und *Valensiella/Ellipsoidictyum* spp.

Die untere Probe SurA-10 bei 37.60 m enthält u.a. *Atopodinium polygonale*, *Carpathodinium* sp. 2, *Endoscrinium* spp., *Nannoceratopsis gracilis* s.l., *Nannoceratopsis spiculata*, *Parvocysta bjaerkei* (young), *Rhynchodiniopsis?* sp. 1 und erste fragliche Einzelexemplare von *Ctenidodinium* (*Ct. continuum*, *Ctenidodinium* spp.), *Korystocysta* cf. *gochti* und *Valvaeodinium spinosum*. Die Probe ist auffällig reich an Foraminiferentapeten auf. Die vorkommenden Dinoflagellatenzysten-Taxa sind typisch für ein Alter ab der Niortense-Zone. Ein Alter im Bereich der Basis der Niortense-Zone ist möglich.

Die obere Probe SurA-31 bei 43.30 m ist besonders reich und divers an gut erhaltenen Dinoflagellatenzysten. In dieser Probe wurden zusätzlich gefunden u.a. *Carpathodinium* sp. 1, *Dinaurelia pyrgos*, *Ctenidodinium cornigerum*, *Ct. ornatum*, *Gonyaulacysta pectinigera*, *Gongyodinium hocneratum*, *Pareodinia* sp. 3, *Rhynchodiniopsis?* *regalis* und *Rosswangia simplex*. Diese Arten sind ebenfalls typisch für die Niortense-Zone. Die seltene Art *Dinaurelia pyrgos* ist v.a. bekannt aus dem Subfurcaten-Oolith vom Eichberg (Niortense-Zone), kann aber bis in die Garantiana-Zone vorkommen (Wille & Gocht 1985).

Das Probenintervall wird definiert vom ersten Auftreten von *Ctenidodinium continuum*, *Korystocysta* cf. *gochti* und *Valvaeodinium spinosum* bis zum Aussetzen von *Dinaurelia pyrgos*.

Die FADs von *Ctenidodinium continuum*, *Korystocysta* cf. *gochti* und *Valvaeodinium spinosum* liegen in der Niortense-Zone. Das LAD von *Dinaurelia pyrgos* liegt in der Garantiana-Zone.

Das Probenintervall wird auf Niortense- bis Garantiana-Zone datiert, wobei ein Niortense-Alter wahrscheinlich ist.

Probe 45.70 m (1 Probe, SurA-42): Spät-Bajocien, Niortense- bis Parkinsoni-Zone

Die Probe unterscheidet sich kaum von der Probe im Liegenden. Sie ist etwas weniger gut erhalten und etwas weniger divers. *Ctenidodinium sellwoodii* group tritt zum ersten Mal mit einem Einzel-exemplar auf. Zum letzten Mal treten *Batiacasphaera* sp. 1 (relativ häufig) und *Nannoceratopsis gracilis* s.l. mit einem Einzelexemplar auf. *Dinaurelia pyrgos* wurde nicht gefunden.

Die Probe wird als Spät-Bajocien (Niortense- bis Parkinsoni-Zone) datiert. Eine genauere Datierung ist nicht möglich.

Probenintervall 46.45 m bis 46.80 m (2 Proben, SurA-46 und SurA-48): Spät-Bajocien, Niortense- bis Parkinsoni-Zone

Die Proben dieses Probenintervalls unterscheiden sich deutlich von der Probe im Liegenden. Es treten diverse Taxa neu auf. Diverse Vertreter der Gattung *Ctenidodinium* treten erstmals häufig auf. *Acanthaulax crispa* ist nach wie vor regelmässig bzw. häufig vertreten.

Zu den neu auftretenden Taxa zählen u.a. *Ambonosphaera hemicavata*, *Ambonosphaera* sp. 1, *Ambonosphaera* spp., *Atopodinium* sp. 2 (z.T. fraglich), *Carpathodinium predae*, *Chlamydo-phorella* spp., *Chytroeisphaeridia chytroeides*, *Durotrigia omentifera* (fraglich), *Endoscrinium asymmetricum*, *Gonyaulacysta eisenackii*, *Gonyaulacysta* spp., *Meiourougonyaulax* sp. 1 (z.T. fraglich), *Nannoceratopsis pellucida* (fraglich), *Orobodinium automobile*, *O. changii*, *Sirmiodiniopsis* sp. (fraglich) und *Wanaea cornucavata* (z.T. fraglich). Einige Exemplare von *Ctenidodinium* erinnern in ihrer Morphologie bereits an *Ct. combazii*.

Das Alter dieser Vergesellschaftungen ist nicht eindeutig zu bestimmen. Zur eindeutigen Charakterisierung und Differenzierung der Zonen fehlen geeignete, zuverlässig geeichte Vergleichsprofile.

Das gehäufte Vorkommen von diversen Vertretern von *Ctenidodinium* und die neu einsetzenden Arten sprechen für ein Alter jünger als die Probe im Liegenden.

Ambonosphaera hemicavata wurde von Prauss (1989) aus Norddeutschland beschrieben. Er gibt eine Reichweite ab der Garantiana-Zone bis in das Callovien an.

Gonyaulacysta eisenackii und *Orobodinium automobile* haben laut Feist-Burkhardt & Wille (1992) ihre FADs in der Parkinsoni-Zone. Beide Arten, v.a. *Gonyaulacysta eisenackii*, sind aber oft schwer eindeutig zu erkennen und könnten eventuell schon früher auftreten.

Sirmiodiniopsis sp. hat laut Feist-Burkhardt & Wille (1992) ihr FAD im oberen Bereich der Parkinsoni-Zone, gleichzeitig mit dem FAD von *Ctenidodinium combazii* und dem LAD von *Acanthaulax crispa*. Das gemeinsame Vorkommen von *Sirmiodiniopsis* sp. und *Acanthaulax crispa* wurde schon in anderen Profilen beobachtet und spricht dafür, dass das FAD von *Sirmiodiniopsis* sp. älter ist als bisher angenommen. *Sirmiodiniopsis* gehört zusammen mit *Ambonosphaera* zu einer Gruppe, die sich aus *Meiourogonaulax* entwickelt.

Meiourogonaulax sp. 1 ist in der Normandie ab der Parkinsoni-Zone dokumentiert (Feist-Burkhardt & Monteil 1997). Wille (pers. comm.) erwähnt sie auch aus Süddeutschland und der Schweiz ab diesem Alter.

Wanaea cornucavata wurde ursprünglich aus dem untersten Bathonien, der Zizag-Zone, aus der Normandie beschrieben (Feist-Burkhardt & Pross 1999). Wille (pers. comm.) erwähnt diese Art bereits ab der Parkinsoni-Zone (als *Energlynia* sp. (getäfelt) oder *Energlynia acollaris*).

Ein zuverlässiger Marker ist *Acanthaulax crispa* mit einem LAD im oberen Bereich der Parkinsoni-Zone. Das Vorkommen von *Acanthaulax crispa* spricht, wenn Aufarbeitung ausgeschlossen werden kann, für ein jüngst mögliches Alter der Proben in der Parkinsoni-Zone.

Das Probenintervall wird als Spät-Bajocien (Niortense- bis Parkinsoni-Zone) interpretiert, wobei ein Parkinsoni Alter als wahrscheinlich angesehen wird.

Tab. 25: Biostratigraphische Interpretation der Palynomorphen-Events (an der Surb).

Chronostratigraphie		Biostratigraphie		Palynostratigraphie			Palynomorphen-Events	
Stufe	US	Ammoniten-Z.	Subz.	Probe	Profil-meter	Nr.		
Bajocien	Spät	Parkinsoni – (?)Niortense		SurA-48 (9.30 m)	46.80 m	48	Top: <i>Acanthaulax crisa</i> , <i>Ambonosphaera hemicavata</i>	
				SurA-46 (8.95 m)	46.45 m	46	Base: <i>Ambonosphaera hemicavata</i> , <i>Chytroeisphaeridia chytroides</i> , <i>Ctenodinium</i> spp. (diverse & abundant), <i>Endoscrinium asymmetricum</i> , <i>Gonyaulacysta eisenackii</i> , <i>Orobodinium automobile</i> , <i>Wanaea cornucavata</i> ; ? Base: <i>Chlamydophorella</i> spp., <i>Sirmiodiniopsis</i> sp.	
		Parkinsoni – Niortense		SurA-42 (8.20 m)	45.70 m	42	Top: <i>Batiacasphaera</i> sp. 1 (hollow spines), <i>Nannoceratopsis gracilis</i> sl.; Base: <i>Ctenodinium sellwoodii</i> grp.	
		(?)Garantiana – Niortense		SurA-31 (5.80 m)	43.30 m	31	Top: <i>Dinaurelia pyrgos</i> ; Base: <i>Ctenodinium cornigerum</i> , <i>Ctenodinium ornatum</i> s.l., <i>Dinaurelia pyrgos</i> , <i>Gongylodinium hocneratum</i> (consistent), <i>Gonyaulacysta pectinifera</i>	
				SurA-10 (0.10 m)	37.60 m	10	Top: <i>Nannoceratopsis gracilis</i> sl., <i>Parvocysta bjaerkei</i> (young), <i>Rhynchodiniopsis</i> ? sp. 1; Base: <i>Atopodinium polygonale</i> , <i>Batiacasphaera</i> sp. 1 (hollow spines), <i>Carpathodinium</i> sp. 2 (foveolate), <i>Endoscrinium</i> spp., <i>Nannoceratopsis spiculata</i> , <i>Parvocysta bjaerkei</i> (young), <i>Valvaedinium spinosum</i> ; ? Base: <i>Ctenodinium continuum</i> , <i>Korystocysta</i> cf. <i>gochti</i>	
	Früh	Humphriesianum	Blagdeni	SurO-F (4.50 m)	29.50 m	33	Top: <i>Mancodinium semitabulatum</i> ; Base: <i>Meiourogonyaulax valensii</i> , <i>Rhynchodiniopsis</i> ? sp. 1, <i>Wanaea</i> spp.	
			Humphriesianum – Romani	SurO-E (4.00 m)	29.00 m	31	Top: <i>Phallocysta thomasi</i> ; Base: " <i>Hypolytodium</i> " sp., <i>Acanthaulax crisa</i> , <i>Atopodinium</i> sp. 1, <i>Cavatodissilodinium</i> sp. 1, <i>Durotrigia filapicata</i> , <i>Phallocysta thomasi</i> , <i>Valensiella</i> / <i>Ellipsoidictyum</i> spp.	
		Sauzei		SurO-D (2.90 m)	27.90 m	22	Top: <i>Cavatodissilodinium hansgochti</i> ; ? Top: <i>Evansia</i> ? <i>spongogranulata</i> Base: <i>Cavatodissilodinium hansgochti</i> , <i>Foveotritetes</i> sp. 1 (small)	
				SurO-C (1.95 m)	26.95 m	20	Top: <i>Evansia</i> ? <i>spongogranulata</i> ; Base: <i>Kallosphaeridium hypornatum</i>	
		Laeviuscula		SurO-B (0.90 m)	25.90 m	10	? Top: <i>Dissilodinium giganteum</i> ; Base: <i>Durotrigia daveyi</i> (consistent), <i>Gongylodinium erymnoteichon</i> , <i>Lycopodiumsporites gristhorpensis</i>	
		Ovale						
		Discites						
	Aalenien	Spät	Concavum					
		Mittel	Bradfordensis					
?frühe Bradfordensis – Murchisonae				SurU-12.5	12.50 m		Top: <i>Scrinioicassis limbicavatus</i> , <i>S. priscus</i>	
				SurU-10.7	10.70 m			
				SurU-5.95	5.95 m			
				SurU-19	1.30 m	19		
				SurU-16	0.80 m	16	? Base: <i>Evansia</i> ? <i>spongogranulata</i>	
Murchisonae – Opalinum				SurU-14	0.52 m	14	Top: <i>Scrinioicassis weberi</i> ; Base: <i>Mancodinium</i> ? sp. 1, <i>Nannoceratopsis plegas dictyornata</i>	
				SurU-12	0.40 m	12		
Früh		Opalinum		SurU-10	0.05 m	10	Top: <i>Phallocysta</i> ? <i>frommernensis</i> ; Base: <i>Andreedinium</i> sp. 2, <i>Nannoceratopsis dictyambonis</i> , <i>N. plegas</i> group, <i>Phallocystaceae</i> (divers)	
				SurU-9	-0.10 m	9	Top: <i>Evansia</i> ? cf. <i>granochagrinata</i> , <i>Nannoceratopsis triangulata</i> , <i>Wal lodinium laganum</i>	
			SurU-5	-10.00 m	Base: <i>Phallocysta</i> ? <i>frommernensis</i>			

5.1.4 Surb Lithostratigraphie

Das neu aufgenommene Profil an der Surb zeigt den Übergang vom Opalinuston zur Passwang-Formation (Surb-Unten, Surb-Oben) hin zur hangenden Klingnau-Formation (Surb-ARA). Mit den Ammoniten- sowie den palynostratigraphischen Altern kann das Profil, gemäss dem Entscheid des SKS (2004), folgendermassen gegliedert werden. Die informelle Unterteilung der Klingnau-Formation (Surb-ARA) basiert auf rein lithologischen Kriterien:

Grenze zum Opalinuston: Die Grenze Opalinuston/Passwang-Formation liegt auch hier, wie bereits westlich der Aare (Frickberg, Cheisacher und Böttstein) am Top der dunkelgrauen, glimmerführenden, siltig, kalkigen Tonsteine (Fig. 48). Diese werden an der Surb durch mergelige, biotritische Oomikrite und siltig-sandige Biomikrite, die stark limonitisiert-chamositisiert sind, überlagert. Das Alter der obersten Meter des Opalinustons wird aufgrund des letzten Vorkommens von *Nannoceratopsis triangulata* und *Wallodinium laganum*, welche zusammen mit *Evansia?* cf. *granochagrinata*, *Kallosphaeridium praussii* und *Phallocysta?* *frommernensis* typische Bestandteile des Opalinustons (Opalinum-Subzone der Opalinum-Zone) sind, bestimmt.

In den basalen Schichten der hangenden mergeligen Kalkbank 10 – 12 (**Sissach-Member**) sind in den Dünnschliffen (Sur-10, Sur-12) sandige Intraklasten festzustellen. Diese sind auch noch in der geringmächtigen Schicht 14 (Sur-14) vorhanden, hier jedoch z.T. umkrustet. In denselben Schichten (10 – 12) wurde *Luehndea spinosa* gefunden, eine Dinoflagellatenzysten-Art aufgearbeitet aus dem Spät-Pliensbachien. Die Aufarbeitung, die Intraklasten und der arenitische Spatkalk (Echinodermenbrekzie) sprechen für erheblichen Transport an der Basis des Sissach-Members. Die gefundenen Ammoniten *Leioceras* ex gr. *comptum* sprechen für ein Alter der «Comptum»-Subzone der Opalinum-Zone. In der Sandkalkabfolge (ab der Schicht 16) konnten nur zwei schlecht erhaltene Ammoniten festgestellt werden. Der Erhaltungszustand lässt keine genauere Bestimmung und somit keine biostratigraphische Einordnung zu. Die Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftungen ändern sich mit der Schicht 16, wobei *Evansia?* *spongogranulata* das erste Mal fraglich vorkommt. Zusätzlich kommt *Scrinocassis weberi*, mit dem LAD in der Opalinum-Zone, nicht mehr vor. Das Vorkommen von *Evansia?* *spongogranulata* spricht für ein Mindestalter der Basis der Sandkalksteine der Murchisonae-Zone. Die Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftungen ändern sich bis zum Top bei 12.6 m kaum. *Scrinocassis limbicavatus* und *S. priscus*, welche beide die LADs in der Bradfordensis-Zone haben, kommen regelmässig bis zum Top des Intervalls vor. Die im oberen Teil der Bradfordensis-Zone einsetzende Gattung *Dissiliodinium* kommt noch nicht vor. Somit lässt sich das Alter der Ablagerung der Sandkalksteine des Sissach-Members auf «Comptum»-Subzone der Opalinum-Zone bis Murchisonae- und evtl. sogar frühe Bradfordensis-Zone datieren.

Die darüber einsetzenden Ablagerungen des Hauenstein-, Hirnichopf- und/oder Waldenburg-Members konnten nicht gefunden werden. Jedoch beschreibt Bläsi et al. (2014a) aus den Cuttings der EWS-Bohrungen in Tegerfelden über dem 9-10 m mächtigen Sissach-Member eine 1-2 m mächtige Abfolge von eisenoolithischen und limonitischen, gelben, spätigen, biotritischen Kalksteinen. Demzufolge ist mit einer Kondensierung zu rechnen, welche vermutlich das «kondensierte Äquivalent des Hauenstein- und/oder Hirnichopf-Members» beinhaltet. Zusätzlich erwähnt er den Fund einer Charaoogonie aus diesem Abschnitt (119.0 – 120.0 m, Tegerfelden-1). Sie stammt von einer Characeae, einer Familie von Grünalgen, die im Allgemeinen im Süss- bis Brackwasser gedeiht. Aus den EWS-Bohrungen von Tegerfelden ist anzunehmen, dass das Intervall zwischen dem Top Sissach-Member, den «kondensierten Äquivalenten des Hauenstein- und/oder Hirnichopf-Members» und den «Humphriesi-Schichten» sehr tonig, mergelig ausgebildet ist. Die rund 13 m mächtige Abfolge (Tegerfelden-1; Bläsi et al. 2014a) scheint sehr homogen zu sein, und lässt keine weitere Zuordnung zum **Waldenburg- oder Brüggli-Member** zu.

Die stratigraphisch nächst jüngeren, aufgeschlossenen Ablagerungen sind die siltigen und sandigen Biomikrite der Basis des Profils Surb-Oben (Fig. 49), welche vermutlich dem oberen

Bereich des Waldenburg- bis Bruggli-Members angehören. Die gut 1.2 m mächtige Abfolge aus sechs Biomikritbänken (Schicht 10 – 20) beginnt an der Basis mit einer sandigen, eisenoolithischen Biomikritbank. Das Vorkommen von *Durotrigia daveyi* spricht für ein Mindestalter der Probe (SurO-B) von Ovale-Zone, wobei das Fehlen von *Kallosphaeridium hypornatum*, das im folgenden Probenintervall einsetzt, für ein Alter älter als Sauzei-Zone spricht. Somit wird die Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftung als Laeviuscula-Zone datiert. Das Top dieser metrigen Abfolge (SurO-C) wird dann mit dem Einsetzen von *Kallosphaeridium hypornatum* bereits als Sauzei-Zone datiert. In den Schichten 11 und 12 wurden angebohrte mikritische Gerölle oder Intraklasten gefunden. Diese sprechen für Transport und somit Strömungsenergie während der Laeviuscula-Zone. Die sandig-biodetritische Subeinheit 4K scheint in der Region von Tegerfelden eine sehr geringe Mächtigkeit zu erreichen.

Das Markanteste dieses Profilabschnitts sind die roten eisenoolithischen Mergel und Kalksteine der «**Humphriesi-Schichten**». Die Eisenooide treten das erste Mal in den Knollen der Mergelschicht 23 auf und sind bis und mit der Basis der Mergelschicht 32 vorhanden. Die liegende Bank 22 wurde mittels Dinoflagellatenzysten der Sauzei-Zone zugeordnet. Die Schichten 29 – 31 werden mit den gefundenen Stephanoceraten, darunter *Stephanoceras* aff. *subzieteni* und dem *Itinsaites* cf. *prorectus* in die Humphriesianum-Subzone der Humphriesianum-Zone datiert. Die Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftungen der Schicht 31 (SurO-E) bestätigt dieses Alter. Da wir uns hier im Bereich des Verbreitungsgebiets der Klingnau-Formation befinden (vgl. Bläsi et al. 2013, Fig. 2), werden die «Blagdeni-Schichten» als informelle Untereinheit (Basiseinheit) der Klingnau-Formation gegliedert (Entscheid SKS 2004). Somit haben wir mit dem Aussetzen der Eisenooide das **Top der Passwang-Formation** erreicht. Ob die Obergrenze *sensu* Burkhälter (1996) wirklich mit der letzten Bank (Schicht 31) der «Humphriesi-Schichten» zu definieren ist oder in den darüber liegenden, z.T. leicht eisenoolithischen Mergeln (Schicht 32) zu legen ist, sei hier offengelassen.

Die darüber einsetzenden tonigen, bis leicht sandigen Mergel mit vereinzelt siltigen, mikritischen Kalklagen gehören bereits den «**Blagdeni-Schichten**» der basalen **Klingnau-Formation** an. Die Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftung der Probe SurO-F belegt mit dem FAD von *Rhynchodiniopsis?* sp. 1 das Alter der Blagdeni-Subzone der Humphriesianum-Zone.

Die stratigraphisch jüngste Abfolge, welche an der Surb aufgeschlossen ist, ist die 9.45 m mächtige Wechsellagerung von sandigen Mergeln mit z.T. oolithischen Biomikriten des Profils Surb-ARA (Fig. 50), welche dem unteren Bereich der **Klingnau-Formation** entspricht (SurA-10 – SurA-48). Die informelle Gliederung der Klingnau-Formation in die gebräuchlichen Einheiten «Blagdeni-», «Garantiana- (Subfurcaten)-», «Parkinsoni-» und «Württembergica-Schichten» sind noch in Verwendung (vgl. Bitterli et al. 2000). Die ältesten Schichten (9 – 12) sind direkt im Bachbett des kleinen Zubringers aus dem Chaibegrabe (Name nicht auf der Karte) aufgeschlossen. Die basalen Mergel der Schicht 9 gehören vermutlich noch den «Blagdeni-Schichten» an. Erst mit dem Einsetzen der ersten Kalkooide in der siltigen Biomikritbank (Schicht 10) scheint der Wechsel zu den «Subfurcaten-Schichten» (Schmassmann 1945) vollzogen zu sein. Mit den Ammonitenfunden aus der Schicht 19 (eine *Garantiana* oder *Orthogarantiana*) und Schicht 22 (*Spiroceras sauzeanum* oder *S. orbigny* und ein *Cleistosphinctes*), lässt sich dieses Intervall der Niortense-Zone entweder der Polygyralis- oder der Baculata-Subzone zuordnen. Die Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftungen ergeben ein ähnliches Bild. Das Probenintervall (Schicht 10 – 31) wird auf Niortense- bis Garantiana-Zone datiert, wobei ein Niortense-Alter wahrscheinlich ist. Die seltene Art *Dinaurelia pyrgos* aus der Probe SurA-31 (Schicht 31, 43.30 m) ist v.a. bekannt aus dem «Subfurcaten-Oolith» vom Eichberg (Polygyralis-Subzone der Niortense-Zone), kann aber bis in die Garantiana-Zone vorkommen (Wille & Gocht 1985). Die gefundenen Eisenooide in den Kalkknauern, zusammen mit der evtl. zeitlichen Übereinstimmung, lässt eine mögliche Korrelation zum «Subfurcaten-Oolith» am Eichberg und den Bohrungen Benken und Schlattingen zu (Bläsi et al. 2013). Die Kalkooide kommen in den Mergeln sowie in den mergeligen Kalkbänken bis Schicht 42 vor. Darüber werden keine mehr gefunden. Das 8.3 m

mächtige Kalkooid-Intervall entspricht dem 7 m mächtigen Intervall von Bläsi et al. (2014a) aus den EWS-Bohrungen von Tegerfelden (Kalkoolithe mit kalkiger oder mergeliger Matrix und dunkelgraue siltige bis feinsandige, biotritusführende Mergel).

Die im Hangenden abgelagerten Schichten enthalten keine Kalkoide mehr und wurden mittels Palynomorphen (SurA-46, SurA-48) als Niortense- bis Parkinsoni-Zone interpretiert, wobei ein Parkinsoni-Alter als wahrscheinlich angesehen wird. Schicht 46 ist als Knollenlage ausgebildet und enthält auffallend viele Austern. Im Bachbett des "Chaibegrabe" wurden zusätzliche Ammoniten gefunden (*Parkinsonia rarecostata* und *P. subarietis*). Diese lassen sich der Acris-Subzone der Parkinsoni-Zone zuordnen. Die Ammoniten sind in einem kalkooidfreien Sediment eingebettet und werden somit mit dem Schichtabschnitt 44 – 48 korreliert.

Alternative (rein lithostratigraphische) Einteilung

Wie oben beschrieben, ist die Unterteilung nach rein lithologischen Kriterien in die entsprechenden Member und die «kondensierten Äquivalente» *sensu* Burkhälter (1996) und Entscheid des SKS (2004) nicht eindeutig.

Mit der neu eingeführten informellen Unterteilung kann somit die ganze untere Abfolge von der Basis der Passwang-Formation mit den Intraklasten und den arenitischen Spatkalken (Echinodermenbrekzie) bis zum Top der Sandkalkabfolge der **Einheit 1** zugeordnet werden (Schicht 10 bis Top in Fig. 48). Das Top der Einheit 1 ist an der Surb nirgends aufgeschlossen und somit fehlt auch der Wechsel zur kondensierten Einheit 1-3k. Aus den EWS-Bohrungen Tegerfelden-1 bis -3 (Bläsi et al. 2014a und Bläsi & Ibele 2019) sind jedoch Eisenooide aus dem Hangenden der Sandkalke beschrieben.

Auch die darüber beschriebenen glimmerführenden, siltigen bis feinsandigen, biotritischen Mergel aus der EWS-Bohrung Tegerfelden-1 (Bläsi et al. 2014a) sind nicht anstehend. Somit ist an der Surb auch die Basis der **Einheit 4** nicht anstehend. Erst der Wechsel zum vermehrt kalkigen Bereich (Subeinheit 4K) und zu den hangenden eisenoolithischen Kalksteinen **Einheit 5** ist im Profil Surb-Oben (Fig. 49) aufgeschlossen.

Die darüber liegende tonig/mergelige Abfolge entspricht der **Einheit 6**, welche hier an der Surb bereits zur **Klingnau-Formation** gehört.

5.2 Das Profil Acheberg bei Klingnau

Das Profil Acheberg ist mehrfach in der Literatur beschrieben worden (u.a. Bader 1925, Schmassmann 1945, Lusser 1980, Burkhälter 1996, Bläsi et al. 2013). Gemäss Bader (1925) erreichen die Ablagerungen des Sissach-Members («Murchisonae-Schichten») 17.58 m im Profil "Nägeli" am Acheberg. Die Abfolge wird von einer 0.12 m mächtigen glaukonithaltigen, oolithischen Bank, den basalen «Sowerbyi-Schichten» überlagert.

Im kürzlich von Bläsi et al. (2013) aufgenommenen Profil am Acheberg (südlich Schueplatz, Koord.: 2'661.423 / 1'271.067) war ein 12 m mächtiges Sissach-Member aus grauen, z.T. limonitischen, sandigen, biotritischen Kalksteinen, die im unteren Teil mit Mergeln wechsellagern, aufgeschlossen. Die steile Felspartie der Sandkalke kann am Acheberg schön vom Weg, der vom Schueplatz aus unterhalb der Wand verläuft, verfolgt werden (Fig. 51).



Fig. 51: Aufschluss des Sissach-Members der Passwang-Formation am Acheberg (Profil: Acheberg-Schueplatz).

Deutlich ersichtlich ist eine lithologische Zweiteilung der Abfolge in eine untere, bräunlich anwitternde, mergeligere Einheit und in die hangenden Sandkalke. Dazwischen befindet sich ein zurückwitterndes, etwas mergeliges Intervall. Foto S. Wohlwend: Aufnahme 05.04.2017.

Der stratigraphisch jüngere Teil der Passwang-Formation, v.a. die «Humphriesi-Schichten» beschreibt Bader (1925) westlich des Signalpunkts "Pt. 536" (heute Pt. 534 auf der Karte). Dieser Abschnitt konnte nicht lokalisiert werden, es konnten auch keine Lesefunde aus den entsprechenden Schichten gemacht werden. Jedoch sind im Hangenden dieses Abschnitts Schichten der Klingnau-Formation durch eine frische Rutschung freigelegt worden (Acheberg-Klingnau; Fig. 52; Koord.: 2'661.673 / 1'271.068). Diese Abfolge wird in den folgenden Abschnitten lithologisch (Kap. 5.2.1), mikrofaziell (Kap. 5.2.2), biostratigraphisch (Kap. 5.2.3) und lithostratigraphisch (Kap. 5.2.4) dokumentiert (Fig. 53).



Fig. 52: Aufschluss der Klingnau-Formation am Acheberg (Profil: Acheberg-Klingnau).
Foto S. Wohlwend: Aufnahme 18.07.2017.

5.2.1 Acheberg Lithologie

Profil Acheberg-Schueplatz

Gemäss der Beschreibung des Sissach-Members von Bläsi et al (2013) wird die Felswand (s. Fig. 14 in Bläsi et al. 2013) unten von einer 5 m mächtigen Wechsellagerung von sandigen Mergeln und sandigen, biodetritischen Kalksteinen sowie aus einem darüber liegenden, mindestens 5 m mächtigen Schichtpaket aus harten, sandigen, biodetritischen Kalksteinen aufgebaut. Die sandigen, biodetritischen Kalksteine enthalten 25 – 30 % detritische Quarzkörner mit Korngrössen von 0.06 – 0.08 mm und Bioklasten. Diese Beschreibung deckt sich mit den neuen Beobachtung an der Lokalität Schueplatz (s. dazu auch Fig. 51). Auf ein Detailprofil wurde, auch wegen der Unzugänglichkeit der Felswand, verzichtet. Für weitere Informationen bezüglich Mikrofazies wird auf die Arbeit von Bläsi et al. (2013) verwiesen.

Unterhalb der oben erwähnten sowie im Feld markanten Felswand, ist eine mergelige Kalkbank zu beobachten, welche Ammoniten enthält (s. Kap. 5.2.3.1). Diese Bank befindet sich etwas oberhalb des Wegs, welcher vom Picknickplatz beim Schueplatz Richtung Südost-Ost unterhalb der Sandkalkfelswand verläuft. Unterhalb dieses Wegs ist, bei einem Quellaustritt, der Opalinuston anstehend. Die Bank befindet sich evtl. noch im obersten Bereich des Opalinustons. Es ist aber auch plausibel, dass es sich bereits um die Basis der Passwang-Formation handelt. Der flächendeckende Hang- bis Blockschutt lässt jedoch keine klare Zuordnung zu.

Zusätzlich wurden rechterhand des Bunkereinganges, in einer unhorizontierten Schilllage, sehr kleine Ammoniten festgestellt (s. Kap. 5.2.3.1). Diese Schilllage stammt, verglichen mit dem Profil von Bläsi et al. (2013, Fig. 14), aus dem obersten Bereich des Profils. Das Top der Sandkalke, mit der von Bader (1925) beschriebenen glaukonithaltigen, oolithischen Bank, konnte nicht ausfindig gemacht werden.

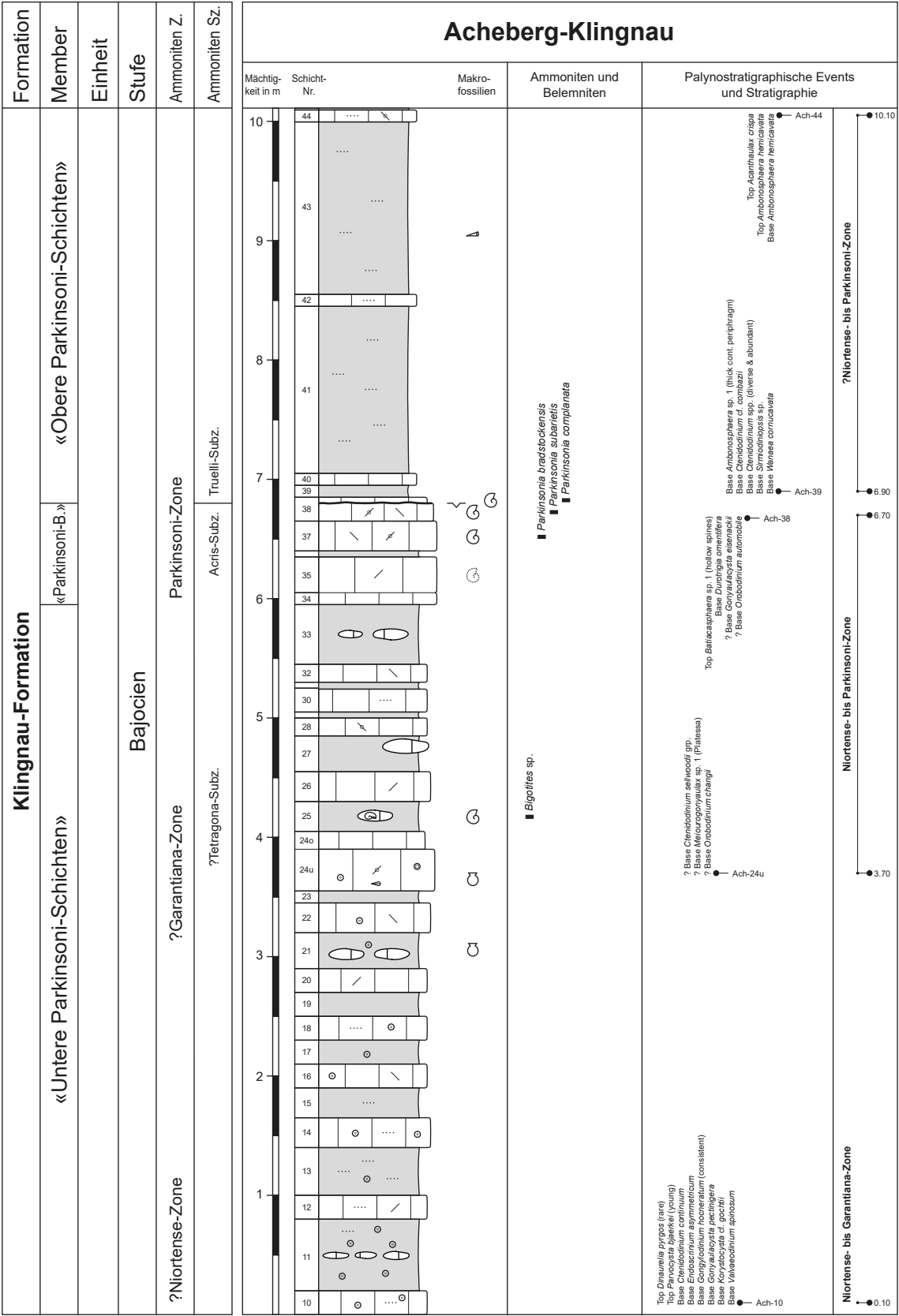


Fig. 53: Profil der Klingnau-Formation am Acheberg (Acheberg-Klingnau).

Profil Acheberg-Klingnau

Das frisch aufgeschlossene Profil Acheberg-Klingnau ermöglicht einen 14 m mächtigen Einblick in die Abfolge der Klingnau-Formation:

- 0.0 – 5.95 m: 5.95 m mächtige Wechsellagerung von sandigen Mergeln mit z.T. oolithischen, biomikritischen Kalklagen (Ach-10, Ach-24u).
- 5.95 – 6.85 m: 0.9 m mächtige Abfolge von drei massigen, limonitischen, mikritischen Kalkbänken (Ach-38). Die drei Bänke (Schicht 37, 38u & 38o) sind sehr fossilreich.
- 6.85 – 14.0 m: ~ 7.15 m mächtige Abfolge von grauen siltigen bis feinsandigen Mergeln. Sie enthalten sechs Dezimeter-mächtige, regelmässig verteilte, biomikritische Kalklagen, z.T. mergelige und limonitische Kalklagen (Ach-39, Ach-44). Im stratigraphischen Profil in Fig. 53 sind jedoch nur die unteren rund 3 m dargestellt. Die darüber folgenden 4 m zeigen weitere 4 Kalklagen im Meterintervall.

5.2.2 Acheberg Mikrofazies

Vier der oben beschriebenen Schichten wurden mit Dünnschliffen untersucht. Die Resultate der mikrofaziellen Analyse sind in Tab. 26 aufgelistet. Die Schichten weisen folgende Charakteristika auf:

- Die vier Dünnschliffe ähneln sich sehr. Alle können als Biomikrite oder z.T. als Biomikrospareite bezeichnet werden.
- Die beiden unteren Proben enthalten beide etwa 60 % biogene Komponenten wie Echinodermen und Muscheln, wobei diese in der Probe Ach-24u deutlich grösser sind (0.5 – 1 mm, eng gepackt und z.T. Drucklösungskontakte). Neben 1 – 2 % calcitischen und eisenoolithischen Ooiden enthalten beide wenig detritischen Quarz (Ach-10: 5 %, 0.02 – 0.16 mm, Ø 0.06 mm). Der Rest ist fast ausschliesslich mikritische Matrix, welche in der Probe Ach-24u limonitisiert ist.
- Die beiden oberen Proben enthalten, verglichen mit den unteren Proben, weniger biogene Komponenten (35 – 50 %). Deshalb ist der Anteil an mikritischer Matrix, welche in der obersten Probe limonitisiert wurde, bedeutend höher. Die Probe Ach-44 enthält zusätzlich noch 5 % detritischen Quarz mit einer durchschnittlichen Korngrösse von 0.05 mm.

Tab. 26: Mikrofaziesanalyse der Klingnau-Formation am Acheberg-Klingnau in Vol.-%.

*: Ooide im Dünnschliff Ach-10 sind primär calcitisch, im Dünnschliff Ach-24u sind Fe-Ooide und Kalkooide enthalten.

	spat. Calcitcement	Pseudospart Mikrit, Ton	Fe-Dolomit/Dedolomit	limonit. Matrix	Intraklasten	Pellets, Pelloide	Fe-Ooide	limo. Echino. & Bryoz.	Echinodermen	Muscheln, Bryozoen	Spongiennadeln	diverse Fossilien	Chert	detritischer Quarz	Ø Korngrösse [mm]	Pyrit
Ach-44	4			40	1			15		30		5		5	0.05	
Ach-38	4	60						10		25				1		
Ach-24u	5			25			2*		35	32				1		
Ach-10	5	25					1*		20	40		3		5	0.06	1

5.2.3 Acheberg Biostratigraphie

5.2.3.1 Ammonitenstratigraphie

Das Profil **Acheberg-Schueplatz** wurde insgesamt zweimal besucht und insbesondere auf Ammoniten untersucht.

Die Ammoniten aus der mergeligen Kalkbank oberhalb des Wegs stammen vermutlich aus der «Comptum»-Subzone der Opalinum-Zone. Die Bestimmung der Ammoniten, da wegen der schlechten Erhaltung nicht präpariert, ist fraglich sowie auch die stratigraphische Lage. Die Bank befindet sich evtl. noch im obersten Bereich des Opalinustons. Es ist aber auch plausibel, dass es sich bereits um die Basis der Passwang-Formation handelt.

Die Ammoniten aus der unhorizontierten Schilllage aus dem obersten Bereich des Sandkalks (östlicher Bereich der Nische beim Bunkereingang, direkt unter den überhängenden Baumwurzeln) liessen sich nicht vom umliegenden Gestein befreien und lieferten somit keine verwertbaren Daten.

Das Profil **Acheberg-Klingnau** (Klingnau-Formation) wurde ebenfalls zweimal auf Ammoniten abgesucht. Diese Abfolge war bezüglich Ammoniten ergiebiger. Die Ammonitenstratigraphie ist in Tab. 27 dargestellt.

- In **Schicht 25** konnte ein schlecht erhaltener *Bigotites* sp. gefunden werden (Tafel 15, Fig. 1). Dieser stammt evtl. aus der ?Tetragona-Subzone der Garantiana-Zone.
- Aus **Schicht 37** stammt eine *Parkinsonia bradstockensis* Dietze. Diese lässt sich der Parkinsoni-Zone, Acris-Subzone zuordnen (Tafel 16, Fig. 1).
- In **Schicht 38** konnten zwei Exemplare von *Parkinsonia subarictis* (Wetzel 1911) (Tafel 15, Fig. 2 und 3) gefunden und ebenfalls der Parkinsoni-Zone, Acris-Subzone zugeordnet werden.
- Aus einem aufgearbeiteten Knauer im Top von **Schicht 38** stammt eine *Parkinsonia complanata* (Nicolesco 1928) (Tafel 16, Fig. 2). Sie stammt aus der Parkinsoni-Zone, Truelli-Subzone.
- Im Schutt konnte ferner ein Exemplar von *Parkinsonia* ex gr. *bradstockensis* gesammelt werden (Tafel 15, Fig. 4). Dieses deutet ebenfalls auf die Acris-Subzone der Parkinsoni-Zone hin.
- Aus **Schicht 36 & 37** liegen weitere Funde von makroconchen Parkinsonien vor, diese wurden aber nicht präpariert.

Tab. 27: Ammonitenstratigraphie Profil Acheberg-Klingnau.
Nachgewiesene Ammoniten-Zonen, -Subzonen sowie -Horizonte aus dem Profil Acheberg sind grau hinterlegt.

Chronostratigraphie		Biostratigraphie			Schicht-Nr.	Lithologie
Stufe	US	Ammoniten-Z.	Subzone	Horizont		
Bajocien	Spät	Parkinsoni	Bomfordi			
			Truelli		38 ^{Knauer}	
			Acris		37/38	Biodetritischer Kalkstein
		Garantiana	?Tetragona		25	
			Garantiana			
			Dichotoma			
		Niortense	Baculata			
			Polygyralis			
			Banskii			

5.2.3.2 Palynostratigraphie

Aufschluss Acheberg Schueplatz

Die einzige Palynoprobe (Ach-S1) aus dem Sissach-Member Intervall stammt aus der oben beschriebenen unhorizontierten Schilllage aus dem obersten Bereich des Sandkalks, in welcher die sehr kleinen Ammoniten gefunden wurden.

Die bearbeitete Probe zeigt einen guten palynologischen Rückstand mit reicher und diverser Palynoflora. Die Erhaltung der Palynomorphen ist zumeist gut. Das Palynomorphen-Spektrum setzt sich zusammen aus überwiegend Dinoflagellatenzysten, Pollen und Sporen. Nur untergeordnet treten Prasinophyten, Acritarchen und Foraminiferentapeten auf. Es konnten 18 Dinoflagellatenzysten-Taxa, 8 andere aquatische Palynomorphen und 15 Pollen- und Sporen-Taxa unterschieden werden.

Einige aufgearbeitete Sporen (*Densosporites* spp.) weisen auf Erosion triassischer Sedimente im Liefergebiet hin.

Die untersuchte Probe von Acheberg-Schueplatz konnte mit Hilfe von Dinoflagellatenzysten auf Mittel-Aalénien datiert werden. Die Ergebnisse der quantitativen Analyse sind in Form einer Range-Chart in der Anlage A19 zusammengestellt.

Ach-S1 (1 Probe): Aalénien, Murchisonae- bis frühe Bradfordensis-Zone

Die Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftung in dieser Probe ist gekennzeichnet durch diverse Vertreter der Gattung *Nannoceratopsis* mit *N. dictyambonis*, *N. gracilis* s.s., *Nannoceratopsis* spp. und *N. plegas* mit seinen drei Unterarten *N. plegas brevicornis*, *N. plegas dictyornata* und *N. plegas plegas*, einigen Phallocystaceen (*Andreodinium elongatum*, *Dodekovia pseudochytroides*, *Dodekovia* spp., *Moesiodinium raileanui*, *Phallocysta erregulensis*, *Susadinium scrofoides*), Gonyaulacaceen (*Batiacasphaera* spp., *Kallosphaeridium praussii*, *Kallosphaeridium* spp) sowie *Evansia? spongogranulata* (fraglich) und *Scrinioicassis priscus*. Die Vergesellschaftung wird dominiert von *Nannoceratopsis plegas dictyornata*.

Das FAD von *Evansia? spongogranulata* liegt in der Murchisonae-Zone. Das LAD von *Scrinioicassis priscus* liegt in der Bradfordensis-Zone. Es wurden keine Vertreter von *Dissiliodinium* gefunden, das ein FAD in der späten Bradfordensis-Zone hat.

Das gemeinsame Vorkommen von *Evansia? spongogranulata* und *Scrinioicassis priscus*, ohne *Dissiliodinium* datiert die Probe auf Murchisonae- bis frühe Bradfordensis-Zone.

Das Vorkommen von *Nannoceratopsis plegas* mit seinen drei Unterarten und von ornamentierten Formen der Gruppe um *Andreodinium/Phallocysta* wurde auch in anderen Profilen im Bereich der Murchisonae- bis frühe Bradfordensis-Zone beobachtet.

Aufschluss Acheberg-Klingnau (Fig. 53)

Die bearbeiteten Proben zeigen einen guten palynologischen Rückstand mit reicher und diverser Palynoflora. Die Erhaltung der Palynomorphen ist zumeist gut. Das Palynomorphen-Spektrum setzt sich zusammen aus überwiegend Dinoflagellatenzysten, Pollen und Sporen. Nur untergeordnet treten Prasinophyten, Acritarchen und Foraminiferentapeten auf. Es konnten 71 Dinoflagellatenzysten-Taxa, 10 andere aquatische Palynomorphen und 41 Pollen- und Sporen-Taxa unterschieden werden.

Einige aufgearbeitete Sporen (*Densosporites* spp., *Rhaetipollis germanicus*, *Ricciisporites tuberculatus*) weisen auf Erosion triassischer Sedimente im Liefergebiet hin.

Die untersuchten Proben von Acheberg-Klingnau können mit Hilfe von Dinoflagellatenzysten auf Spät-Bajocien datiert werden. Es können 3 Probenintervalle unterschieden und der Ammoniten-Biostratigraphie zugeordnet werden (Fig. 53). Die Ergebnisse der quantitativen Analyse sind in Form einer Range-Chart in der Anlage A20 zusammengestellt. Ein Depth/Age-Plot findet sich in der Anlage A21.

Ach-10 (1 Probe, 0.1 m): Spät-Bajocien, Niortense- bis Garantiana-Zone

Die Probe zeigt eine reiche und diverse Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftung. Häufig vorkommende Arten sind *Batiacasphaera* spp. und *Valensiella/Ellipsoidictyum* spp.

Es kommen u.a. folgende wichtige Arten vor: *Acanthaulax crista*, *Aldorfia aldorfensis*, *Atopodinium polygonale*, *Batiacasphaera* sp. 1, *Carpathodinium* sp. 2, erste Einzelexemplare von *Ctenidodinium* (*Ct. continuum*, *Ct. cornigerum*, *Ctenidodinium* spp.), *Dinaurelia pyrgos*, *Endoscrinium asymmetricum*, *Gongylodinium hocneratum*, *Gonyaulacysta pectinigera*, *Korystocysta* cf. *gochti*, *Parvocysta bjaerkei* (young), *Rhynchodiniopsis? regalis*, *Valvaeodinium spinosum*.

Dinaurelia pyrgos kommt in dieser Probe das letzte Mal vor. *Nannoceratopsis gracilis* s.l. wurde nicht gefunden.

Die vorkommenden Dinoflagellatenzysten-Taxa sind typisch für ein Alter ab der Niortense-Zone. Die FADs von *Ctenidodinium continuum*, *Endoscrinium asymmetricum*, *Gongylodinium hocneratum*, *Gonyaulacysta pectinigera*, *Korystocysta* cf. *gochti* und *Valvaeodinium spinosum*

liegen in der Niortense Zone. Die seltene Art *Dinaurelia pyrgos* ist v.a. bekannt aus dem Subfurcaten-Oolith vom Eichberg (Niortense-Zone), kann aber bis in die Garantiana-Zone vorkommen.

Die Probe wird auf Niortense- bis Garantiana-Zone datiert, wobei ein Niortense-Alter wahrscheinlich ist.

Ach-24u und Ach-38 (2 Proben, 3.70 m bis 6.70 m): Spät-Bajocien, Niortense- bis Parkinsoni-Zone

Die Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftungen dieser Proben sind der im vorherigen Probenintervall sehr ähnlich. Zusätzlich kommen u.a. folgende Arten zumeist mit Einzelexemplaren und z.T. fraglichen Exemplaren hinzu: erst *Ctenidodinium sellwoodii* group (fraglich), *Meiourogonyaux* sp. 1 (fraglich), *Orobodinium changii* (fraglich), und später *Atopodinium* sp. 2, *Chytroisphaeria chytroides*, *Durotrigia omentifera*, *Gonyaulacysta eisenackii* (fraglich) und *Orobodinium automobile* (fraglich). Zum letzten Mal tritt *Batiacasphaera* sp. 1 (relativ häufig) auf. *Dinaurelia pyrgos* wurde nicht gefunden.

Das Alter dieser Vergesellschaftungen ist nicht eindeutig zu bestimmen. Zur eindeutigen Charakterisierung und Differenzierung der Zonen fehlen geeignete, zuverlässig geeichte Vergleichsprofile.

Die neu einsetzenden Arten sprechen für ein Alter jünger als die Probe im Liegenden. Das FAD von *Ctenidodinium sellwoodii* group liegt nach Feist-Burkhardt & Wille (1992) in der Garantiana-Zone. Die FADs von *Gonyaulacysta eisenackii* und *Orobodinium automobile* liegen nach Feist-Burkhardt & Wille (1992) in der Parkinsoni-Zone. Alle drei genannten Arten wurden nur mit fraglichen Einzelexemplaren gefunden.

Meiourogonyaux sp. 1 ist in der Normandie ab der Parkinsoni-Zone dokumentiert (Feist-Burkhardt & Monteil 1997). Wille (pers. comm.) erwähnt sie auch aus Süddeutschland und der Schweiz ab diesem Alter.

Ein zuverlässiger Marker ist *Acanthaulax crispa* mit einem LAD im oberen Bereich der Parkinsoni-Zone. Das Vorkommen von *Acanthaulax crispa* spricht für ein jüngst mögliches Alter des Probenintervalls in der Parkinsoni-Zone.

Das Probenintervall wird als Spät-Bajocien (Niortense- bis Parkinsoni-Zone) datiert. Eine genauere Datierung ist nicht möglich.

Ach-39 und Ach-44 (2 Proben, 6.90 m bis 10.10 m): Spät-Bajocien, (?)Niortense- bis Parkinsoni-Zone

Die Proben dieses Probenintervalls unterscheiden sich deutlich von den Proben im Liegenden. Es treten einige Taxa neu auf. Diverse Vertreter der Gattung *Ctenidodinium* treten erstmals häufig auf. *Acanthaulax crispa* ist nach wie vor regelmässig vertreten.

Zu den neu auftretenden Taxa zählen u.a. *Ambonosphaera hemicavata*, *Ambonosphaera* sp. 1, *Carpathodinium predae*, *Ctenidodinium* cf. *combazii* (fraglich), *Ct. ornatum*, *Nannoceratopsis pellucida* (fraglich), *Sirmiodiniopsis* sp. *Wanaea cornucavata*. Einige Exemplare von *Ctenidodinium* erinnern in ihrer Morphologie bereits stark an *Ct. combazii* und wurden als *Ct. cf. combazii* notiert.

Das Alter dieser Vergesellschaftungen ist nicht eindeutig zu bestimmen. Zur eindeutigen Charakterisierung und Differenzierung der Zonen fehlen geeignete, zuverlässig geeichte Vergleichsprofile.

Das gehäufte Vorkommen von diversen Vertretern von *Ctenidodinium* und die neu einsetzenden Arten sprechen für ein Alter jünger als das Probenintervall im Liegenden.

Ambonosphaera hemicavata wurde von Prauss (1989) aus Norddeutschland beschrieben. Er gibt eine Reichweite ab der Garantiana-Zone bis in das Callovien an.

Sirmiodiniopsis sp. hat laut Feist-Burkhardt & Wille (1992) ihr FAD im oberen Bereich der Parkinsoni-Zone, gleichzeitig mit dem FAD von *Ctenidodinium combazii* und dem LAD von *Acanthaulax crispa*. Das gemeinsame Vorkommen von *Sirmiodiniopsis* sp. und *Acanthaulax crispa* wurde schon in anderen Profilen beobachtet und spricht dafür, dass das FAD von *Sirmiodiniopsis* sp. älter ist als bisher angenommen. *Sirmiodiniopsis* gehört zusammen mit *Ambonosphaera* zu einer Gruppe, die sich aus *Meiourogoniaulax* entwickelt.

Wanaea cornucavata wurde ursprünglich aus dem Früh-Bathonien, der Zizag-Zone, aus der Normandie beschrieben (Feist-Burkhardt & Pross 1999). Wille (pers. comm.) erwähnt diese Art bereits ab der Parkinsoni-Zone (als *Energlynia* sp. (getäfelt) oder *Energlynia acollaris*).

Ein zuverlässiger Marker ist *Acanthaulax crispa* mit einem LAD im oberen Bereich der Parkinsoni-Zone. Das Vorkommen von *Acanthaulax crispa* spricht, wenn Aufarbeitung ausgeschlossen werden kann, für ein jüngst mögliches Alter der Proben in der Parkinsoni-Zone.

Das Probenintervall wird als Spät-Bajocien (Niortense- bis Parkinsoni-Zone) interpretiert, aufgrund des gemeinsamen Vorkommens von *Acanthaulax crispa* und ersten fraglichen Vertretern von *Ctenidodinium* cf. *combazii* ist ein Parkinsoni-Alter wahrscheinlich.

Tab. 28: Biostratigraphische Interpretation der Palynomorphen-Events (Acheberg-Klingnau).

Chronostratigraphie		Biostratigraphie		Palynostratigraphie			Palynomorphen-Events
Stufe	US	Ammoniten-Z.	Subz.	Probe	Profil-meter	Nr.	
Bajocien	Spät	Parkinsoni – (?)Niortense		Ach-44	10.10 m	44	Top: <i>Acanthaulax crispa</i> , <i>Ambonosphaera hemicavata</i> ; Base: <i>Ambonosphaera hemicavata</i>
				Ach-39	6.90 m	39	Base: <i>Ambonosphaera</i> sp. 1 (thick cont. periphragm), <i>Ctenidodinium</i> cf. <i>combazii</i> , <i>Ctenidodinium</i> spp. (diverse & abundant), <i>Sirmiodiniopsis</i> sp., <i>Wanaea cornucavata</i>
		Parkinsoni – Niortense		Ach-38	6.70 m	38	Top: <i>Batiacasphaera</i> sp. 1 (hollow spines); Base: <i>Durotrigia omentifera</i> ; ? Base: <i>Gonyaulacysta eisenackii</i> , <i>Orobodinium automobile</i>
				Ach-24u	3.70 m	24 _{unten}	? Base: <i>Ctenidodinium sellwoodii</i> grp., <i>Meiourogoniaulax</i> sp. 1 (Platessa), <i>Orobodinium changii</i>
		(?)Garantiana – Niortense		Ach-10	0.10 m	10	Top: <i>Dinaurelia pyrgos</i> (rare), <i>Parvocysta bjaerkei</i> (young); Base: <i>Ctenidodinium continuum</i> , <i>Endoscrinium asymmetricum</i> , <i>Gongylodinium hocneratum</i> (consistent), <i>Gonyaulacysta pectinifera</i> , <i>Korystocysta</i> cf. <i>gochti</i> , <i>Valvaeodinium spinosum</i>

5.2.4 Acheberg Lithostratigraphie

Wie bereits im Kap. 5.2.3.1 über die Ammoniten beschrieben, war es nicht möglich den stratigraphischen Kontakt vom Opalinuston und der Passwang-Formation im Feld zu bestimmen. Der Bereich unterhalb der Felswand war überall von Hang- bis Blockschutt bedeckt. Der Opalinuston ist jedoch an mehreren Stellen hangabwärts ersichtlich, so auch bei der beschriebenen Quelle, welche auch auf der geologischen Karte Zurzach verzeichnet ist (Bitterli et al. 2000). Die darüber beschriebene Kalkbank könnte mit den beobachteten Ammoniten der «Comptum»-Subzone angehören. Die stratigraphische Lage der Bank ist jedoch nicht sicher. Sie befindet sich evtl. noch

im Opalinuston, jedoch ist auch plausibel, dass es sich um die Basis der Passwang-Formation handelt, welche aus dem Schichtpaket heraus versackt ist. Die Hangschuttbedeckung lässt keine genaueren Angaben zu. Auch Bläsi et al. (2013) konnte damals die Basis des Sissach-Members nicht feststellen.

Das **Sissach-Member** wie es in Fig. 51 ersichtlich ist, besteht aus einem unteren und einem oberen Abschnitt. Diese Zweiteilung ist bereits von Bader (1925) beschrieben. Bläsi et al. (2013) beschreibt ein mindestens 5 m mächtiges Schichtpaket aus harten, sandigen, biotritischen Kalksteinen und einer 5 m mächtigen Wechsellagerung von sandigen Mergeln und sandigen, biotritischen Kalksteinen, wobei die sandigen, biotritischen Kalksteine (KLI 2 & KLI 8) 25 – 30 % detritische Quarzkörner mit Korngrößen von 0.06 – 0.08 mm und Bioklasten enthalten. Gemäss Bläsi et al. (2013) sind die unteren rund 5 m vermehrt limonitisiert. Diese Beobachtung deckt sich mit dem Profil im "Nägeli" von Bader (1925). Er beschreibt ein basales 1.43 m mächtiges Intervall, bestehend aus 3 Bänken (Schicht 15 bis 13 in Fig. 54). Die unterste 0.60 m mächtige blaugraue, sandige Kalkbank (darunter vermutlich Opalinuston) wird von der zweiten 0.40 m mächtigen dunkelbraunen Mergelbank überlagert. Darin befinden sich eisenschüssige Knauer, Gerölle mit Limonit überzogen sowie Bruchstücke von «*Murchisonae*». Die dritte besteht aus einer 0.43 m mächtigen, mergeligen, schwarzgrauen, sandigen Kalkbank. Dieses basale Intervall wird von einer 0.5 m mächtigen schwarzen, glimmerhaltigen Mergelbank (Tonstein) überlagert. Darüber folgen gemäss Bader (1925) 5.55 m sandige Kalkbänke mit zwischengeschalteten sandigen Mergeln wobei die Sandkalke überwiegen. Das oberste Intervall besteht aus 10.10 m mächtigen harten Sandkalkbänken. Die Abfolge wird von einer 0.12 m mächtigen glaukonit-haltigen, oolithischen Bank, den basalen «Sowerby-Schichten» (Schicht 3 in Fig. 54), überlagert.

Der oberste Bereich der Sandkalke des Sissach-Members konnte gemäss Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftung auf Murchisonae- bis frühe Bradfordensis-Zone datiert werden. Damit deckt sich das Alter der Sandkalke mit jenem Alter an der Surb (Kap. 5.1.3.2). Der Top des Sissach-Members, wie auch die von Bader (1925) beschriebene glaukonitische, oolithische Bank, konnte nirgends gefunden werden.

Die Abfolge aus dem Profil Acheberg-Klingnau besteht aus drei Bereichen, die mittels Ammoniten und Palynomorphendaten datiert wurden. Die untere 5.95 m mächtige Wechsellagerung von sandigen Mergeln mit z.T. kalkoolithischen, biomikritischen Kalklagen (Ach-10, Ach-24u) kann gemäss Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftung (Probe Ach-10) auf Niortense- bis Garantiana-Zone datiert werden, wobei ein Niortense-Alter wahrscheinlich ist. In dieser Probe taucht die seltene Art *Dinaurelia pyrgos* auf, welche v.a. bekannt aus dem «Subfurcaten-Oolith» vom Eichberg aus der Polygyralis-Subzone der Niortense-Zone ist (kann aber bis in die Garantiana-Zone vorkommen). Die Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftung aus der nächst höheren Probe Ach-24u spricht, mit den neu einsetzenden Arten, für ein jüngerer Alter als die Probe im Liegenden. Das FAD von *Ctenidodinium sellwoodii* group liegt nach Feist-Burkhardt & Wille (1992) in der Garantiana-Zone. Die FADs von *Gonyaulacysta eisenackii* und *Orobodinium automobile* liegen nach Feist-Burkhardt & Wille (1992) in der Parkinsoni-Zone. Jedoch werden alle drei genannten Arten nur mit fraglichen Einzelexemplaren gefunden. Darum kann die Probe auch nicht exakt datiert werden. Die Probe wird als Spät-Bajocien (Niortense- bis Parkinsoni-Zone) datiert. Der schlecht erhaltener *Bigotites* sp. aus der Schicht 25 kann vermutlich der ?Tetragona-Subzone der Garantiana-Zone zugeordnet werden.

Das im Hangenden zusammengefasste 0.9 m mächtige Intervall (Schicht 34-38) ist äusserst fossilreich und lieferte eine Menge Ammoniten. Die Schicht 37 (*Parkinsonia bradstockensis*) und 38 unten (*P. subarietis*) lassen sich der Acris-Subzone der Parkinsoni-Zone zuordnen. Die aus einem aufgearbeiteten Knauer im Top von Schicht 38 (38oben) stammende *P. complanata* lässt sich der Truelli-Subzone der Parkinsoni-Zone zuordnen. Diese drei Bänke lassen sich mit den drei Bänken, welche von Schmassmann (1945) im damals durch Rutschungen beinahe lückenlos freigelegten Profil Blitzberg kartiert wurden, korrelieren. In diesem Profil, das in der Zwischenzeit

als Typuslokalität der Klingnau-Formation verwendet wird, wurden die drei ammonitenreichen Schichten von ihm als «Parkinsoni-Bank» benannt und mittels Ammonitendatierungen mit der «Parkinsonien-Bank» von Schleithelm gleichgesetzt (Erni in Schmassmann 1945). Von ihm wurden folgende Ammoniten gefunden: Schicht 70 (*Parkinsonia* cf. *d'Orbignyana*, *P.* cf. *planulata*, *P. pseudoparkinsoni*, *P.* cf. *pseudoparkinsoni*, *P. rarecostata*, *P. subarietis*), Schicht 72 (*P. acris*) und Schicht 74 (*P. d'Orbignyana*, *P.* cf. *planulata*, *P. subarietis*, *P.* cf. *subarietis* sowie *Belemnites* sp.).

Die bereits oben erwähnte Schicht 38 zeigt in Top (Schicht 38o) eine Aufarbeitungs- und/oder Omissionsfläche. Der aus einem Knauer stammende Ammonit zeigt auch bereits eine jüngere Subzone (Truelli-Subzone der Parkinsoni-Zone) als die massige Schicht im Liegenden (Acris-Subzone). Dieselbe Omissionsfläche wurde bereits von Mühlberg (1898) am Probstberg östlich von Klingnau mit einer von Bohrmuscheln angebohrten Fläche beschrieben. Das Schichtpaket («Parkinsoni-Bank») wird von Mühlberg (1898) und Schmassmann (1945) als «Dachbank» der «unteren Parkinsonien-Schichten» beschrieben. Die darüber folgenden Mergel mit vereinzelt mergeligen Kalklagen (27.5 m mächtig am Blitzberg) bezeichneten die erwähnten Autoren als «obere Parkinsonien-Schichten». Von diesen hangenden Schichten sind am Acheberg in der frischen Rutschung die basalen 7 m aufgeschlossen (Acheberg-Klingnau).

5.3 Zusammenfassung östlich der Aare

Die beiden kompilierten Profile – Surb (Tegerfelden) & Acheberg – wurden lithologisch, mikro-faziell und wenn möglich mittels Ammoniten und Dinoflagellatenzysten biostratigraphisch untersucht. Die Resultate sind in Fig. 47 bis 53 dargestellt sowie in einer Kompilation in Fig. 54.

Der **Top des Opalinustons** und somit die Basis der Passwang-Formation ist aus lithologischer Sicht eindeutig, jedoch stützt sich diese Aussage nur auf die Beobachtung an der Surb. Der Opalinuston endet in siltigen, kalkigen Tonsteinen, welche vereinzelt von Septarien durchsetzt ist.

Darüber setzen siltig-feinsandige Biomikrite ein, welche die Basis des **Sissach-Members** bilden. Die untersten Bänke sind stark limonitisch/chamositisch und enthalten z.T. calcitische Ooide, die ursprünglich eisenoolithisch waren. Die Beobachtung deckt sich mit der Beschreibung von Bader (1925) vom Acheberg. Auch er beschrieb ein basales 1.43 m mächtiges Intervall, bestehend aus drei Bänken, wobei die mittlere, eisenschüssige Knauer, Gerölle (mit Limonit überzogen) sowie Bruchstücke von «*Murchisonae*» enthält. An der Surb wurden aus diesem Intervall (Schicht 10 – 14) zahlreiche Ammoniten und Ammonitenbruchstücke der Artengruppe *Leioceras* ex gr. *comptum* gefunden (Tafel 13, Fig. 5 – 7). Diese gehören in die «Comptum»-Subzone der Opalinum-Zone. Die darüber einsetzenden Sandkalksteine enthielten nur schlecht erhaltene oder zu kleine Ammoniten, so dass eine genauere Bestimmung und somit eine biostratigraphische Einordnung unmöglich waren. Die Dinoflagellatenzysten-Vergesellschaftungen ändern sich mit dem Einsetzen der Sandkalke (Schicht 16) und zeigen bis zum Top des Intervalls recht ähnliche Vergesellschaftungen, so dass das ganze Sandkalkintervall auf *Murchisonae*- und evtl. frühe *Bradfordensis*-Zone datieren werden kann.

Interessant ist die hohe Variabilität der Mächtigkeit des Sissach-Members und vor allem der Sandkalke. Die Abfolgen vom Acheberg, der Surb und Tegerfelden können intern praktisch nicht korreliert werden. Auffallend ist vor allem der Unterschied der Profile aus Tegerfelden (Aufschluss an der Surb und den EWS-Bohrung Tegerfelden-1 bis Tegerfelden-3, s. Fig. 54). Obwohl die Lokalitäten nur 1.3 km auseinanderliegen, sind die Sandkalke an der Surb mindestens 2.5 m mächtiger als in den Bohrung Tegerfelden-1 und Tegerfelden-2 (Mächtigkeiten des Sissach-Mb. aus Tegerfelden-1: 10 m und Tegerfelden-2: 9 m; Bläsi et al. 2014a). Aus der EWS-Bohrung Tegerfelden-3 ist ein 12 m mächtiges Sissach-Member beschrieben (Bläsi & Ibele 2019).

Die Sedimente der mittleren Passwang-Formation sind an der Surb grösstenteils nicht aufgeschlossen. So auch nicht der stratigraphische Kontakt vom Sissach-Member zu den nächst jüngeren Ablagerungen im Hangenden. Ob die glaukonithaltige, oolithische Bank, die Bader (1925) am Acheberg (Nägeli) beschreibt und an die Basis der «Sowerbyi-Schichten» stellt, wirklich aus dieser Zeit (Discites-Zone) stammt, konnte nicht geklärt werden. Auch die eisenoolithischen, z.T. eisenschüssigen und limonitischen Kalksteine, die Bläsi et al. (2014a) aus den Cuttings der EWS-Bohrungen Tegerfelden-1 & 2 beschreibt, konnten an der Surb nicht lokalisiert werden. Diese Eisenooide entstammen vermutlich den «kondensierten Äquivalenten des ?Hauenstein- und/oder ?Hirnichopf-Members».

Das Gamma-Ray-Log von der EWS-Bohrung Tegerfelden-1 (vgl. Fig. 54) zeigt eine extreme Zunahme über dem Sissach-Member (113 – 120 m), was einer markanten Zunahme an tonigen, mergeligen Sedimenten entspricht. Das gesamte 13 m mächtige Intervall (106 – 119 m) scheint sehr homogen, ton- und mergelreich ausgebildet zu sein. Somit scheint, dass das tonig/mergelige Intervall des Waldenburg- bis Brüggli-Members östlich der Aare erneut an Mächtigkeit zunimmt.

Die Ablagerungen des oberen Bereichs des **Waldenburg- bis Brüggli-Members**, da auch nur an der Surb im Detail beschrieben (mit Aufschlusslücken), zeigen, dass die sandig-biodetritischen Bänke vermutlich weniger mächtig (nur rund 1 m aufgeschlossen) und evtl. auch weniger zahlreich ausgebildet sind. Jedoch ist bereits aus den Bohrungen vom Nassberg (Schneider & Matousek 1990) sowie auch der Bohrung Riniken (Matter et al. 1987, Bläsi et al. 2013) eine bedeutende Zunahme von tonigen und mergeligen Abfolgen in diesem Intervall beschrieben worden.

Mit Sicherheit konnten in den EWS-Bohrungen (Bläsi et al. 2014a) und auch im Feld die eisenoolithischen Bänke der **«Humphriesi-Schichten»** gefunden werden. Dieses Intervall konnte an der Surb mittels Ammoniten und auch Palynomorphen datiert werden und entspricht der Humphriesianum-Zone (vermutlich Romani- bis Humphriesianum-Subzone). Die darüber einsetzenden tonigen Mergel mit vereinzelt biomikritischen Lagen (ohne Eisenooide) sind bereits den «Blagdeni-Schichten» der Klingnau-Formation zuzuordnen. Der lithologische Wechsel findet vermutlich zeitgleich mit der Subzonengrenze von der Humphriesianum- zur Blagdeni-Subzone statt.

Die an der Surb darüber einsetzenden kalkoolithischen Kalksteinlagen und Mergel können lithologisch mit dem Acheberg und dem Blitzberg (Schmassmann 1945) verglichen werden. Jedoch ist eine Parallelisierung der drei Profile nicht möglich, da die Ablagerungen der Klingnau-Formation sehr variabel sind. Die «Subfurcaten-Schichten» sowie auch die «Parkinsonien-Schichten» können nicht eins zu eins korreliert werden. Die einzelnen oolithischen Schüttungen von der Hauptrogenstein-Plattform sind zu unterschiedlich. Was jedoch korrelierbar ist, ist ein Intervall, welches Schmassmann (1945) als «Parkinsoni-Bank» beschrieben hat. Diese bestehen am Blitzberg und auch am Acheberg aus drei Bänken und teilen die «Parkinsonien-Schichten» in einen unteren und einen oberen Abschnitt. Die Ammoniten vom Acheberg, wie auch die Lesefunde von der Surb, datieren die Bank auf die Acris-Subzone der Parkinsoni-Zone. Die dem Hartgrund direkt aufliegenden Knauer aus der Omissionsfläche (Mühlberg 1898, Schmassmann 1945 und diese Arbeit) können mit einem Ammoniten auf die Truelli-Subzone der Parkinsoni-Zone datiert werden. Schmassmann (1945) und dann auch Gonzalez & Wetzel (1996) korrelieren diese «Parkinsoni-Bank» mit dem Ende des «mittleren Hauptrogensteins» und den darüber einsetzenden «Homomyen-Mergeln» und den zeitgleichen Ablagerungen der «Oberen Acuminata-Schichten».

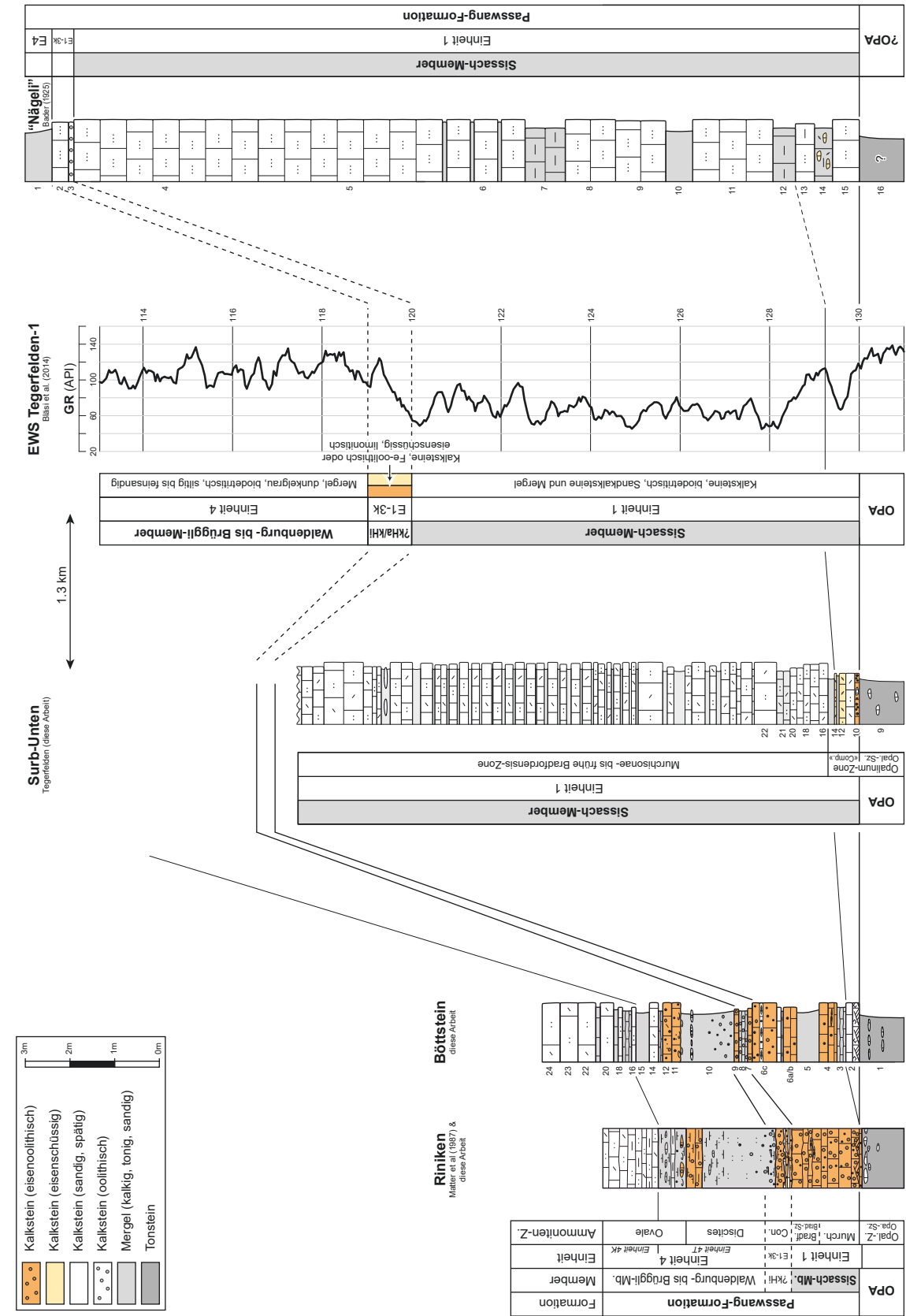


Fig. 54: Korrelation des Sissach-Mb. von Riniken/Böttstein auf die östlich der Aare liegenden Profile bei Tegerfelden und Acheberg bei Klingnau (Nägeli, Bader 1925).

6 Diskussion der Passwang-Formation im östlichen Faltenjura

6.1 Entwicklung des Ablagerungsraums

In den folgenden Abschnitten werden die Member sowie die «kondensierten äquivalenten Einheiten» der Passwang-Formation im Aargauer Jura diskutiert. Der Schwerpunkt liegt dabei bei der lithologischen Variation, welche zum einen auf eine laterale Variabilität zurückzuführen ist. Zum anderen werden aber auch die zeitlichen Unterschiede und Veränderungen berücksichtigt und mit der Definition von Burkhalter (1996) verglichen. Da sich das Untersuchungsgebiet dieser Arbeit östlich des Kerngebiets der Passwang-Formation befindet, ergaben sich doch beachtliche Unterschiede, welche in den jeweiligen folgenden Abschnitten behandelt werden. Zum einfacheren Verständnis ist Fig. 55 (unten) dargestellt. Sie ermöglicht die laterale Korrelation der zu diskutierenden Member und Einheiten und deren zeitliche Gliederung.

Stufen	Biozonen -subzonen	östlicher Faltenjura	Klingnau / Tegerfelden	Weiach / Benken	Eichberg / Wutach (D)
Bajocien	Niortense	Hauptrogenstein («Untere Acuminata-Sch.»)	«Subfurcaten-Sch.»	«Subfurcaten-Sch.»	Hamitenton-Fm. Ostreenkalk-Fm.
	Humphriesianum Blagdeni Humphri. Romani Pinguis	Einheit 6 (Rothenfluh-Member)	«Blagdeni-Sch.»	«Blagdeni-Sch.»	Blagdeni-Sch.
		Einheit 5 («Humphriesi-Schichten»)	«Humphriesi-Sch.»	«Humphriesi-Sch.»	Humphriesiolith-SF.
		u.T. Bruggli-Member			Gosheim-Fm.
	Sauzei	Einheit 4 (Waldenburg- bis u.T. des Bruggli-Members)	?	Wedelsand- stein-Fm.	Blaukalke Oberer Wedel- sandstein
	Laeviuscula				Unterer Wedel- sandstein
	Ovale				
Aalenien	Discites	o.T. Waldenburg-Mb. u.T. Waldenburg-Mb.			
	Concavum Formosum Concavum	Einheit 3 (Hirnichopf-Mb.)	Einheit 1-3k	«Sowerbyi-Oolith»	«Sowerbyi-Oolith» Konglomeratbank
	Bradfordensis Gigan. Brad.	E 2 (Hauenstein-Mb.)			
	Murchisonae Murchisonae Haugi	Einheit 1 (Sissach-Member)	(Sissach-Mb.)	Murchisonae- Oolith-Fm.	Oberbeta Oolith Staufensisbänke
	Opalinum «Comptum» Opalinum	Opalinuston	Opalinuston	Opalinuston	Comptumbank Opalinuston-Fm.

Fig. 55: Die Äquivalente der Passwang-Formation in der näheren Umgebung des Untersuchungsgebiets (modifiziert nach Burkhalter 1996).

Die Stratigraphie des Eichbergs/Wutach (D) wurde gemäss den Angaben aus Litholex (Stand März 2019) komplettiert. Einheiten in Rot enthalten mehrheitlich Eisenooide. Die vertikal schraffierten Flächen bedeuten Kondensation.

Wie bereits in Kapitel 2 beschrieben, ist es schwierig den allostratigraphischen Ansatz (lateral verfolgbare Diskontinuitäten) der Passwang-Formation (*sensu* Burkhalter 1996) anzuwenden, wenn in den untersuchten Profilen die meiste Zeit in kondensierten Bänken steckt. Die Datierung der Abfolge lässt sich mittels biostratigraphischer Angaben z.T. lösen, aber ist mit erheblichem

Aufwand verbunden. Die Unterteilung, basierend auf einem lithostratigraphischen Ansatz, würde vieles vereinfachen, da diese von der chronostratigraphischen Einteilung entkoppelt ist. Die in Kap. 2.3 vorgeschlagene lithostratigraphisch, informelle Einteilung in sieben Einheiten lässt sich im Untersuchungsgebiet besser anwenden. Die zeitliche Information geht aber nicht verloren. Die Einheiten sind vielmehr als Faziesräume zu verstehen und können und dürfen auch diachron sein. Die biostratigraphischen Daten sind unabhängig davon zu dokumentieren. Somit erlaubt auch die neue Einteilung die Rekonstruktion der Sedimentationsgeschichte und die zeitliche Entwicklung des Ablagerungsraums. Dafür sind aber auch in Zukunft detaillierte biostratigraphische Datierungen unabdingbar. Ältere publizierte, auf wenigen Ammonitenfunden beruhende Alterszuordnungen genügen nicht und lassen eine sichere Korrelation nicht zu.

Basis der Einheit 1 und somit der Passwang-Formation

Die Basis der Passwang-Formation ist aus lithologischer Sicht im zentralen bis östlichen Faltenjura recht inhomogen. Wie bereits Burkhalter (1996) festgehalten hat, gibt es eine Zweiteilung des Ablagerungsraums. Er nennt als Trennung die Linie Moutier – Passwang – Unterer Hauenstein – Riniken. Gemäss Burkhalter (1996) werden, südlich davon im frühen Sissach-Member, Spatkalke, teilweise eisenoolithführende, biotritische Kalke und reliktsch schräggeschichtete Eisenoolithe (Riniken) abgelagert. Im nördlichen Teil (Aargauer Tafeljura) sind Sandkalke mit *Zoophycos* sp. vorzufinden. Jedoch kann diese Zweiteilung nur bedingt als richtig angesehen werden. Aufgrund der vorliegenden Studie kann der Ablagerungsraum (s. Fig. 1) detaillierter gegliedert werden. Der Ablagerungsraum im Untersuchungsraum kann in vier Faziesräume unterteilt werden. Dies veranschaulichen vor allem die Mächtigkeitsunterschiede, welche in Fig. 56A dargestellt sind.

- Der «**Faziesraum Wasserflue – Bözberg**» beschränkt sich auf die Profile Wasserflue, Thalheim und Bözberg (s. Korrelation in Fig. 21). Die teilweise eisenoolithführenden, biotritischen Kalke und Spatkalke, die noch am Unteren Hauenstein vorhanden sind, keilen entlang dem Jurasüdfuss schnell aus und können bereits an der Wasserflue mit nur noch einer 0.6 m mächtigen eisenoolithischen Kalkbank korreliert werden. Dieselbe Kondensation oder Mangelsedimentation ist auch in der Bohrung Bözberg ersichtlich, wobei die eisenoolithische Kalkbank nur noch 14 cm Mächtigkeit aufweist. Die kondensierten Ablagerungen an der Wasserflue und aus der Bohrung Bözberg sollten als «kondensierte Äquivalente des Sissach-bis evtl. Hirnichopf-Member» betrachtet werden oder eben mit der informellen Einheit 1-3k bezeichnet werden, womit auch die zeitliche Unsicherheit keine Rolle mehr spielt.
- Der «**Faziesraum Frick – Mandach**» beinhaltet die Region von Frick (vermutlich mit den EWS-Bohrungen Wölflinswil und Herznach, vgl. Bläsi et al. 2014a) bis in die Region von Mandach (s. Korrelation in Fig. 42: Sespe/Buhalden bis und mit Ober-Rüti). In dieser Region endet der Opalinuston in siltigen, kalkigen Tonsteinen. Darüber setzen siltige bis feinsandige Biomikrite und/oder Biopseudosparite ein. Die Korrelation in Fig. 42 veranschaulicht wie konsistent die einzelnen Bänke korreliert werden können. Überlagert wird das Sissach-Member (Einheit 1) von z.T. nur noch einer kondensierten eisenoolithischen Sandkalkbank, welche mit der informellen Einheit 1-3k bezeichnet werden kann.
- Der «**Faziesraum Riniken – Böttstein**» beinhaltet die Region westlich der Aare zwischen Riniken und Böttstein (s. Korrelation in Fig. 42 sowie auch Fig. 54). Dieser Ablagerungsraum ist durch eisenoolithführende Spatkalke, mit z.T. schräggeschichteten Eisenoolithen (Riniken) und Spatkalken (Böttstein) an der Basis charakterisiert.
- Der «**Faziesraum Acheberg – Surb – Lägern**» östlich der Aare ist gekennzeichnet durch mächtige Sandkalkablagerungen mit etwa 20 – 50 cm Bankung. Die Mächtigkeit erreicht mindestens 12.6 m an der Surb und 17.5 m am Acheberg (Bader 1925).

Das Alter dieser Ablagerungen wurde mit Ammoniten- und Palynomorphendatierungen sehr gut dokumentiert. Im «Faziesraum Wasserflue – Bözberg» beginnt gemäss Palynomorphendatierungen die Ablagerung der biodetritischen, z.T. eisenoolithischen Spatkalke in der Opalinum-Zone (evtl. «Comptum»-Subzone). Im «Faziesraum Frick – Mandach» kann gezeigt werden, dass die Ammonitenfauna aus dem Top der «basalen Sandkalkserie» (Buser 1952) dem *lineatum*-Horizont der Opalinum-Subzone (Opalinum-Zone) zuzuordnen ist. Somit beginnt die Passwang-Formation (*sensu* Burkhalter 1996) in diesem Faziesraum bereits früher als in der Definition von Burkhalter (1996). Im «Faziesraum Riniken – Böttstein» sowie auch östlich der Aare («Faziesraum Acheberg – Surb – Lägern») beginnt die Sedimentation wahrscheinlich, wie in der Definition der Passwang-Formation (*sensu* Burkhalter 1996), an der Basis der «Comptum»-Subzone der Opalinum-Zone.

Alternative Einteilung: Diese neuen Ammonitendaten stellen die zeitliche und somit die allostratigraphische Definition der Basis der Passwang-Formation in der «Comptum»-Subzone der Opalinum-Zone (Burkhalter 1996) infrage. Aus den oben genannten Gründen wird somit das Sissach-Member *sensu* Burkhalter (1996), an manchen Orten nur bedingt formell verwendet, da die Ablagerungen zeitlich nicht der Definition entsprechen.

Eine rein lithologische Definition der Basis der Passwang-Formation nach den Empfehlungen für die Definition lithostratigraphischer Einheiten (Remane et al. 2005) hätte Vorteile gegenüber einer zeitlichen Definition («Comptum»-Subzone). Auch hier muss berücksichtigt werden, dass die Lithologien an der Basis der Einheit 1 (?Sissach-Member) nicht homogen sind. Jedoch ist der Kontakt von den siltig, sandigen glimmerführenden Tonsteinen des Opalinustons, zu den sandigen, z.T. eisenoolithischen, biodetritischen Spatkalken im Hangenden, meistens scharf und eindeutig. Diese Grenzziehung, unabhängig von ihrem Alter, wird in dieser Arbeit als die Basis der **Einheit 1** benutzt. Dies ermöglicht Profile zu vergleichen auch ohne Angaben zum biostratigraphischen Alter zu kennen. Bei der Benützung des formellen Sissach-Members besteht immer eine gewisse Unsicherheit an der Basis, da diese heterochron ist, wie gezeigt wurde.

Top der Einheit 1

Der Top des Sissach-Members *sensu* Burkhalter (1996) ist, wie durch etliche Ammoniten- und Palynomorphendatierungen gezeigt, manchmal schwierig festzustellen. Die Abgrenzung der Bradfordensis-Zone von der Concavum-Zone ist, in den von uns bearbeiteten Profilen teilweise schwierig. Die Grenze verläuft z.B. an der Wasserflue («Faziesraum Wasserflue – Bözberg») durch das Top der Kalkbank. Dies wäre ohne detaillierte biostratigraphische Daten nie festzustellen. Auch die Abgrenzung der kondensierten eisenoolithischen Kalkbänke im «Faziesraum Frick – Mandach» können ohne Angaben der Biostratigraphie der Murchisonae-, Bradfordensis-, Concavum- oder der Discites-Zone angehören. Eine detaillierte Abgrenzung des Top des Sissach-Members ist immer mit Fehlern behaftet, wenn nicht detaillierte Ammoniten- und/oder Palynomorphendatierungen vorliegen. Somit ist auch hier dieselbe Anmerkung zu machen, dass die Einteilung ins Sissach-Member *sensu* Burkhalter (1996) in den allermeisten Fällen mit einem Fragezeichen zu versehen ist. Deshalb schlagen wir vor, den unteren, nicht kondensierten Bereich des Sissach-Members als **Einheit 1** zu verwenden. Die kondensierten stark eisenoolithischen Kalkbänke im Hangenden werden mit der Einheit 1-3k zusammengefasst, denn die neue Definition beinhaltet nur lithologische Kriterien (Kap. 2.3).

Wenn detaillierte biostratigraphische Datierungen vorliegen, wird ersichtlich, dass der Top des Sissach-Members (*sensu* Burkhalter 1996) nicht überall gleich alt ist. Dieses "Auskeilen" der Schichten der Bradfordensis-Zone von westlich Frick (Asphof und Ghei) in die Profile östlich von Frick (Fig. 42) wurde bereits von Lieb (1957) dokumentiert. Die Bereiche der «nicht kondensierten oberen Parasequenz», wie sie von Burkhalter (1996) benannt wurde, sind in Fig. 56A mit einer Schraffursignatur dargestellt.

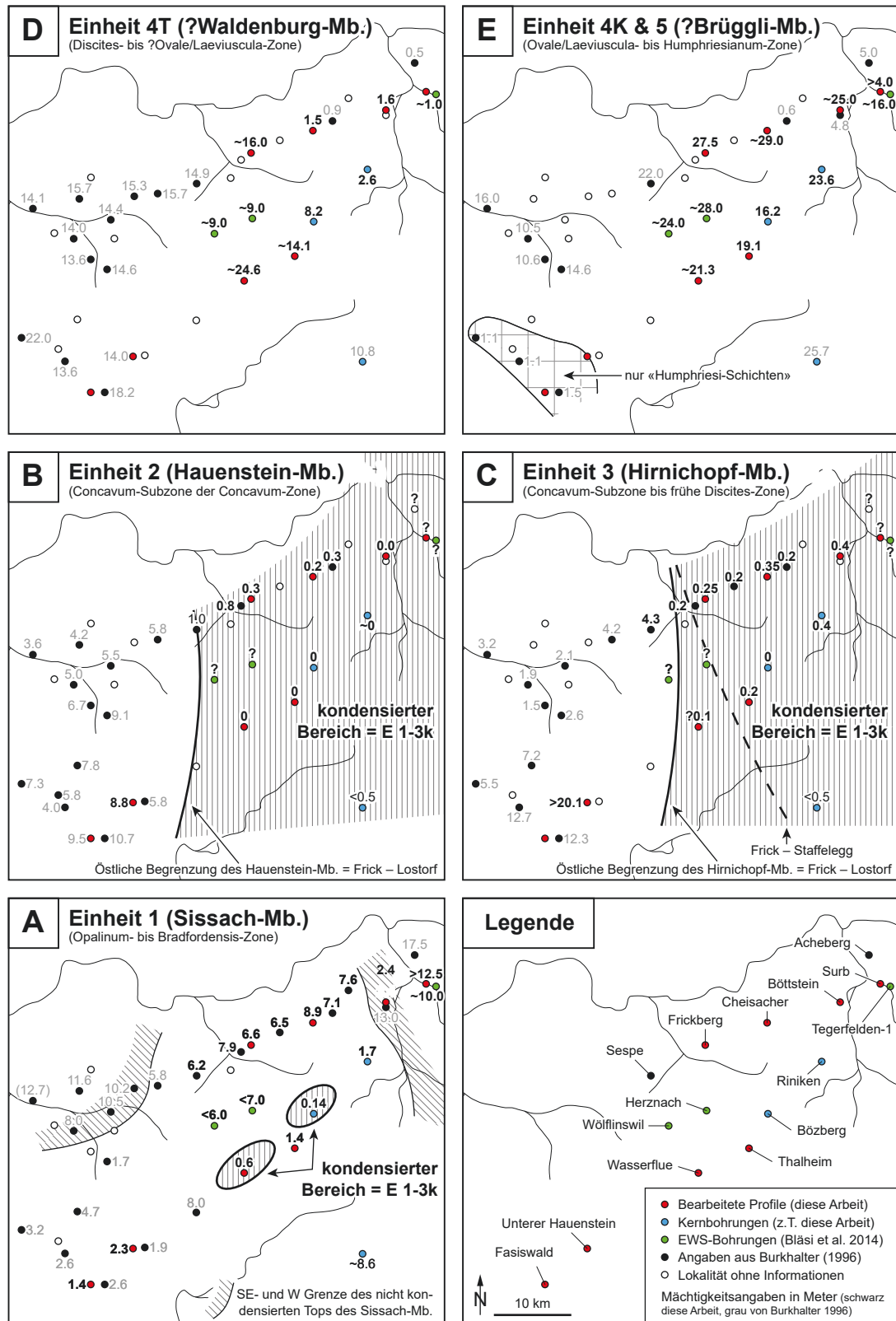


Fig. 56: Isopachenkarten der informellen Einheiten (Einheit 1-5) und Member der Passwang-Formation (modifiziert nach Burkhalter 1996).

Die Mächtigkeitsangaben in grau wurden von Burkhalter (1996) übernommen. Die Zahlen in schwarz wurden überprüft und mit den neuen Daten angepasst. Palinspastische Rekonstruktion nach dem Rotationsmodell von Laubscher (1965).

Einheit 2 (Hauenstein-Mb.)

Die Ablagerungen des Hauenstein-Members im namensgebenden Typusprofil, bestehen gemäss Burkhalter (1996) aus 4.9 m siltigen Mergeln mit vereinzelt Sideritkonkretionen und 3.6 m gebankten Sandkalken und sandig-biotritischen Kalken, die scharf von den hangenden siltigen Tonsteinen des Hirnichopf-Members überlagert werden. Das Alter der Ablagerung ist im Typusprofil gemäss Ammoniten von Gygi & Rieber (1987) sowie neuen Ammonitenfunden und neuen Palynomorphendatierungen dokumentiert und kann auf die Concavum-Subzone der Concavum-Zone datiert werden. Die Definition von Burkhalter (1996) setzt die Untergrenze des Members ins Dach der Bradfordensis-Zone. Diese Grenzziehung ermöglicht die Einbeziehung von Profilen aus dem zentralen Baselbiet (z.B. Ghei und Gelterkinder Flue) sowie der Froburg (Lieb 1955, Bartholet 1964). Ein (spätes) Bradfordensis-Zonalalter für die Basis des Hauenstein-Members zeigte auch eine neue Palynomorphendatierung vom Fasiswald (FAS 15). Hingegen dokumentiert Burkhalter (1996) für das Profil in der Tongrube Fasiswald für die Basis ein frühes Concavum-Zonalalter.

Die oben beschriebenen Ablagerungen aus der Region des Baselbiets und der Umgebung des Unteren Hauensteins beschränken sich auf nur diesen Geltungsbereich und die dort vorkommenden, nichtkondensierten Ablagerungen (*sensu* Burkhalter 1996). Die östliche Begrenzung verläuft auf der Linie Frick – Lostorf, die westliche auf der Linie Holderbank – Titterten – Liestal (Burkhalter 1996). Der Verlauf der östlichen Begrenzung des Geltungsbereichs, zusammen mit den Mächtigkeitsangaben ist in Fig. 56B ersichtlich.

Einheit 3 (Hirnichopf-Mb.)

Die Ablagerungen des Hirnichopf-Members, obwohl nicht an der Typuslokalität am Hirnichopf (Burkhalter 1996) untersucht, können am Unteren Hauenstein im gleichnamigen Profil beschrieben werden. Die Abfolge endet gemäss Gygi & Rieber (1987) in einem 0.3 m mächtigen, verwühlten, eisenooidehaltigen Mergelkalkhorizont, welcher jedoch von Burkhalter (1996) und auch von uns nicht wiedergefunden werden konnte. Das Alter der Ablagerung ist gemäss Ammoniten von Gygi & Rieber (1987) sowie Ammonitenfunden und Palynomorphendatierungen vorliegender Arbeit dokumentiert. Der stratigraphisch untere Teil kann auf die Concavum-Subzone der Concavum-Zone datiert werden. Der Top ist mit *Eudmetoceras amplectens* (Gygi & Rieber 1987) in die Formosum-Subzone der Concavum-Zone zu stellen. Ein *Hyperlioceras* sp. aus der Basis der «Grenzkollenlage» aus dem Profil "Mittl. Passwang" belegt ein jüngst mögliches Alter der Discites-Zone (Burkhalter 1996), ein Concavum-Zonalalter (Formosum-Subzone) ist jedoch nicht ausgeschlossen.

Die oben beschriebenen Ablagerungen aus dem Grossraum Baselbiet und der Umgebung des Unteren Hauensteins beschränken sich auf nur in diesem Geltungsbereich vorkommenden, nichtkondensierten Ablagerungen (*sensu* Burkhalter 1996). Die östliche Begrenzung verläuft auf der Linie Frick – Staffelegg, die westliche auf der Linie Holderbank – Titterten – Liestal (*sensu* Burkhalter 1996). Der Verlauf der östlichen Begrenzung des Geltungsbereichs, zusammen mit den Mächtigkeitsangaben ist in Fig. 56C ersichtlich. Neue biostratigraphische Daten aus dem Profil Wasserflue lassen die kondensierte stromatolithische Ablagerung, welche mit dem «kondensierten Äquivalent des Hirnichopf-Members» korreliert, als plausibel erscheinen. Somit muss die östliche Begrenzung des Geltungsbereichs westwärts verschoben werden und ist somit identisch mit der Geltungsbereichsgrenze des Hauenstein-Members (s. Fig. 56C).

Einheit 1-3k (alle «kondensierten äquivalente Einheiten»)

Gemäss Burkhalter (1996) und dem Entscheid des SKS (2004) soll im Bereich wo das Sissach-, Hauenstein- und Hirnichopf-Member kondensiert ist vom «kondensierten Äquivalent des Sissach-, Hauenstein und/oder Hirnichopf-Members» gesprochen werden. Die Kondensierung (Ablagerungen mit weniger als einen Meter) beginnt im «Faziesraum Wasserflue – Bözberg» bereits mit der basalen Einheit der Passwang-Formation (Wasserflue: 0.6 m, Bözberg: 0.14 m). Diese Ablagerungen können biostratigraphisch dem Intervall von der Murchisonae- bis Concavum-Zone zugeordnet werden (s. Kap. 3.3.3 und Bläsi & Feist-Burkhardt 2019). Im «Faziesraum Frick-Mandach» beschränkt sich die Kondensierung hauptsächlich auf die Murchisonae- bis frühe Discites-Zone. Die Ablagerungen aus diesem Zeitintervall sind in unserem Untersuchungsraum z.T. nur auf einzelne Bänke reduziert, die zudem Richtung Osten («Faziesraum Riniken – Böttstein») teilweise auskeilen (Concavum-Subzone in Böttstein). Die Benützung dieses «zeitlichen Äquivalents» ist schwierig umzusetzen und ohne Biostratigraphie schlichtweg unmöglich durchzuführen. Streng genommen ist es nicht möglich aufgrund der alleinigen Datierung auf Concavum-Subzone der Concavum-Zone eine korrekte Zuordnung zu einem «kondensierten äquivalenten Member» zu machen, da die Ablagerungen des Hauenstein- sowie auch des Hirnichopf-Member während der Concavum-Subzone stattfand. Die kondensierten Bänke bilden eine lithologisch einheitliche, eisenoolithische Abfolge, die aus kartierbaren Gründen eine gut definierte, für den Geologen leicht erkennbare Einheit bildet. Die kondensierten Sedimente östlich und somit ausserhalb der Geltungsbereiche des Hauenstein- und Hirnichopf-Members lassen sich lithologisch mit der **Einheit 1-3k** zusammenfassen. Der Verlauf der östlichen Begrenzung der Geltungsbereiche des Hauenstein- und Hirnichopf-Members, zusammen mit den Mächtigkeitsangaben ist in Fig. 56B und C ersichtlich.

Einheit 4 (Waldenburg- & u.T. des Brüggl-Member)

Die tonig/mergeligen sowie sandig-biotritischen Kalkablagerungen im Hangenden der Einheit 3 oder Einheit 1-3k werden mit der **Einheit 4** zusammengefasst. Diese Einheit kann zusätzlich in zwei Subeinheiten unterteilt werden: Subeinheit 4T: tonig/mergelig und Subeinheit 4K: sandig/ biotritische Kalke. Der Grund warum für die Unterscheidung der Subeinheiten nicht eigene unabhängige Einheiten gewählt wurden, liegt im faziellen Charakter der Ablagerungen. Es ist wahrscheinlich, dass die Grenze zwischen der Subeinheit 4T und 4K diachron verläuft. Die Subeinheiten sind nicht als eine stratigraphische Gliederung in eine untere und eine obere Subeinheit zu verstehen. Es handelt sich dabei um Faziesräume die räumlich und zeitlich variabel sein können. Um sicher zu gehen wäre eine bessere biostratigraphische Auflösung im westlichen und zentralen Faltenjura wünschenswert. Die Subeinheit 4K wäre eine von Nordosten in den Ablagerungsraum geschüttete Fazies. Diese Transportrichtung könnte auch erklären warum die Subeinheit 4K (?u.T. Brüggl-Member) im Nordosten des Geltungsbereichs der Passwang-Formation am ältesten ist (Ovale- bis Laeviuscula-Zone) und im Profil Rüschergraben ganz im Südwesten erst während der Sauzei-Zone zur Ablagerung kam (Burkhalter 1996).

Die basale **Subeinheit 4T**, vorwiegend aus Tonstein und Mergel sowie untergeordnet Eisenoolithen, entspricht in etwa dem Waldenburg-Member mit der Typuslokalität in Waldenburg (Profil 14 von Burkhalter 1996). Das Alter der Subeinheit 4T kann am Frickberg, Böttstein und Riniken mit neuen Ammoniten- und Palynomorphendatierungen auf die Discites- bis Ovale-Zone datiert werden. In den bearbeiteten Profilen sieht man einen Trend zur Mächtigkeitsreduktion der basalen Subeinheit 4T (?Waldenburg-Member, vgl. Fig. 56D). Die abrupte Abnahme des tonigen Intervalls, entlang des nördlichen Profils, findet zwischen Frickberg und Cheisacher statt (Fig. 43). Entlang des südlichen Profils (Fig. 21) kann eine stetige Mächtigkeitsabnahme festgestellt werden. Die Schichten der basalen Subeinheit 4T haben in der Bohrung Bözberg noch eine Mächtigkeit von rund 8.2 m. In der weiter östlich gelegenen Bohrung Riniken sind noch immer 2.6 m vorhanden (Kap. 4.4). Dieses Intervall lässt sich jedoch entlang des nördlichen

Profils bis nach Böttstein und Riniken verfolgen. In diesen beiden Profilen kann eine eisenoolithische Bank, die auf die Discites-Zone datiert wird, korreliert werden. Falls eine überregionale Korrelation dieser kondensierten, eisenoolithischen Bank möglich ist, kann diese mit dem «Sowerbyi-Oolith» korreliert werden. Verfolgt man diesen «Sowerbyi-Oolith», ist er auch am Cheisacher (Schicht 25) noch anzutreffen. Am Frickberg könnte evtl. die Schicht 31, welche von Buser (1952) als «obere Sublobatenbank» korreliert wird, das zeitliche Äquivalent des «Sowerbyi-Ooliths» sein. Dieses Intervall kann vom Frickberg mit Vorbehalt weiter in das Profil Buhalden, Sespe (Oberfrick) korreliert werden.

Die sandig-biotritischen Kalkablagerungen der Subeinheit 4K wurden detailliert am Vergleichsprofil der «Brüggli-Schichten» (Frickberg-N-2; Burkhalter 1996) untersucht. Der lithologische Wechsel von der vorwiegend tonig-mergeligen Subeinheit 4T zu den sandig-biotritischen und z.T. eisenschüssigen und vereinzelt eisenoolithischen Kalken der Subeinheit 4K beginnt im Profil Frickberg mit dem Einsetzen der ersten Sandkalkbank (Schicht 33). Diese Bank ist identisch mit der untersten Sandkalkbank im Profil Frickberg-N-2 (Tafel 1 in Burkhalter 1996). Das Alter der «Brüggli-Schichten» (*sensu* Burkhalter 1996) wird als Sauzei-Zone angegeben. Dies steht aber im Widerspruch zu den Ammoniten- und Palynomorphendatierungen dieser Arbeit. Die unterste Palynomorphprobe (Schicht 34, FB B 0.60 in Fig. 25) ergibt ein Ovale- bis Laeviuscula-Zonalter. Die zwei Ammoniten welche aus der Schicht 60 (Fig. 25) geborgen werden konnten, lassen sich der Laeviuscula-Zone, Trigonalis-Subzone zuordnen. Diese Altersangaben decken sich mit allen Palynomorphendatierungen der sandig-biotritischen Subeinheit 4K entlang der südlichen und nördlichen Jurakette sowie der Bohrung Riniken (*sensu* Burkhalter 1996). Zumindest im Aargauer Jura (östlicher Faltenjura) kann gezeigt werden, dass der lithologische Wechsel hin zu den sandig-biotritischen Ablagerungen bereits in der Ovale- bis Laeviuscula-Zone einsetzte.

Im Hangenden der Subeinheit 4K ist entlang dem nördlichen Profil (Fig. 43) erneut ein toniger/mergeliger Bereich anzutreffen. Dieser nimmt zum Aareunterlauf an Mächtigkeit zu, wie dies aus der Kernbeschreibung für Riniken (Matter et al. 1987) und den Bohrungen am Nassberg (Schneider & Matousek 1990) zu entnehmen ist. Die Mächtigkeitszunahme scheint auf Kosten der Liegenden Subeinheit 4K zu erfolgen was wiederum für einen lateral variablen Schüttungskörper sprechen würde. Östlich der Aare sind aus den EWS-Bohrungen in Tegerfelden-1 bis -3 vermehrt nur noch mergelige Bereiche vermerkt (Bläsi et al. 2014a und Bläsi & Ibele 2019). Die sandig/ biotritische Kalke aus diesem Intervall werden sehr geringmächtig.

Einheit 5 («Humphriesi-Schichten»)

Die Ablagerungen der «Humphriesi-Schichten» wurde von Burkhalter (1996) als informelle, lithostratigraphisch definierte Untereinheit der «Brüggli-Schichten» beibehalten. Die Ablagerungen, so schreibt er, gehen meist fließend aus dem Liegenden hervor und sind deshalb nicht scharf und einheitlich von diesem abzutrennen. Diese Beobachtung kann an vielen Profilen im Aargauer Jura (Thalheim, Bözberg, Frickberg und Cheisacher) bestätigt werden. So können im Vergleichsprofil am Frickberg in den obersten zwei Bänken (Schicht 73 & 75) der Subeinheit 4K bereits Eisenooide festgestellt werden. Die hangenden «Humphriesi-Schichten» werden am Frickberg durch die 2 m mächtigen Tonsteine der oberen Subeinheit 4T («Giganteus-Schichten» von Buser 1952) getrennt. Diese Abtrennung ist, solange dieses Tonintervall vorzufinden ist, nachvollziehbar. Jedoch bereits am Cheisacher ist es nicht mehr eindeutig.

Die Ablagerung der «Humphriesi-Schichten» ist ein Intervall, welches über den ganzen Geltungsbereich der Passwang-Formation und auch darüber hinweg verfolgt werden kann. Mühlberg (1900) schrieb bereits: *"Ihr Reichtum an bezeichnenden Fossilien sowie ihre vom unmittelbar Hangenden und Liegenden abweichende lithologische Beschaffenheit verleihen ihnen die Eigenschaft eines vorzüglichen Orientierungsmittels in der mächtigen Wechsellagerung von Mergeln und sandigen Kalken des mittleren und zum Teil auch des unteren Doggers."* Diese Überlegungen

und die Beobachtungen im Feld haben uns dazu bewegt, die «Humphriesi-Schichten» in dieser Arbeit, als eigenständige **Einheit 5** zu verwenden. Die Definition der Einheit 5 muss einfachen lithologischen Kriterien genügen. Ein mögliches Kriterium ist das primäre Ein- und wieder Aussetzen der Eisenooide und deckt sich somit mit der informellen lithologischen Definition von Burkhalter (1996). Das Alter der Einheit 5 kann mittel Ammoniten- und Palynomorphendatierungen auf Sauzei- bis Humphriesianum-Zone (frühe Blagdeni-Subzone) datiert werden. Am Frickberg und Cheisacher konnte der *gervilli/cycloides*-Faunenhorizont an der Basis der Humphriesianum-Subzone nachgewiesen werden, jedoch nicht in Böttstein und an der Surb in Tegerfelden.

Einheit 6 (Rothenfluh-Member)

Gonzalez (1993) und Gonzalez & Wetzel (1996) definierten die «Rothenfluh-Schichten» mit dem Ansatz einer zyklischen Sedimentation im Sinne einer "Allo-Formation" unter der Basis des Hauptrogensteins. Gonzalez (1993) stellte jedoch bereits in seiner Dissertation fest, dass die «Rothenfluh-Schichten» nach streng lithostratigraphischen Kriterien der Passwang-Formation zuzuordnen seien. Somit bilden die Ablagerungen des Rothenfluh-Members (Entscheid SKS 2004) in unserem Untersuchungsraum in den allermeisten Fällen den lithostratigraphisch definierten Top der Passwang-Formation. Im Hangenden setzen die (kalk)oolithischen bis onkolithischen, bioklastischen Kalke und v.a. Mergel der «Unteren Acuminata-Schichten» des Hauptrogensteins ein. Jedoch östlich der Aare im Profil an der Surb (Kap. 5.1) gehören dieselben Ablagerungen der basalen Klingnau-Formation an. Diese Gliederung hat mit dem Geltungsbereich des «Rothenfluh-Members der Passwang-Formation» zu tun und entspricht dem Verbreitungsgebiet des Hauptrogensteins (keltische Fazies). Im östlich anschliessenden schwäbischen Faziesbereich (Trümpy 1980) gehören die «Blagdeni-Schichten», als ihr rein mergeliges Äquivalent (ohne Knauerlagen), der Klingnau-Formation an. Diese unterschiedliche Zuordnung geht auf den Entscheid des SKS (2004) zurück.

Der untere Teil der Ablagerungen kann am besten am Cheisacher beobachtet werden. Dort folgen im hangenden der «Humphriesi-Schichten» graue, siltig bis feinsandige-bioklastische Mergel wechsellagernd mit einzelnen siltigen, biogenen Kalksteinbänken (Fig. 30 und 33). Die Basis des Rothenfluh-Members, somit eben auch das Ende der Einheit 5, kann jedoch nicht zweifelsfrei festgelegt werden, denn die gewöhnlich mergeligen basalen Schichten enthalten vereinzelt noch Eisenooide und setzen somit nicht scharf über dem Liegenden ein. Gehören diese eisenoolithischen basalen Mergel nun noch zu den «Humphriesi-Schichten» oder bereits zum Rothenfluh-Member? Gemäss Burkhalter (1996) fällt das Top der «Humphriesi-Schichten» mit der deutlichen «Omissionsdiskontinuität» am Top der eisenoolithischen Dachbank zusammen. Zusätzlich kann in der südlichen Jurakette (im Profil Wasserflue) eine fein- bis grobspätige Kalkserie an der Basis des Rothenfluh-Members festgestellt werden (Gsell 1968). Diese ist z.T. als eine eigentliche Crinoidenstielglieder-«Brekzie» ausgebildet. Östlich davon setzt ungefähr gleichzeitig die koralligene Ablagerung des Gislifluh-Riffs (Mühlberg 1908, Gonzalez & Wetzel 1996) ein.

Alternative Einteilung: Das einzige lithologische Kriterium, dass alle Lokalitäten des Rothenfluh-Members verbindet, ist das Aussetzen der Eisenooide im Top der liegenden Einheit 5. Deshalb schlagen wir hier vor, die nicht eisenoolithischen, siltig bis feinsandig-bioklastischen Mergel mit einzelnen siltigen, biogenen Kalksteinbänken, welche im Hangenden von (kalk)oolithischen bis onkolithischen, bioklastischen Kalken und Mergeln überlagert werden zur informellen **Einheit 6** zu gliedern. Die Einheit 6 kann wohl auch südlich und östlich der Aare im schwäbischen Faziesraum (Trümpy 1980) gebraucht werden, solange man im Hangenden noch vereinzelt eingeschaltete, bioklastische Kalksteinlagen vorfindet. Dies entspricht auch dem Verbreitungsgebiet der Klingnau-Formation (Gonzalez & Wetzel 1996). Das Alter der Basis der lithostratigraphischen Einheit 6 (Rothenfluh-Member) liegt gemäss Ammoniten- und Palynomorphendatierungen in der Blagdeni-Subzone der Humphriesianum-Zone. Der Top und somit auch der

Top der Passwang-Formation, ist diachron und reicht vermutlich bis in die frühe Niortense-Zone im Aargauer Jura (Gonzalez & Wetzel 1996, Bläsi & Feist-Burkhardt 2019).

Klingnau-Formation

Die Abfolgen im Hangenden der Passwang-Formation können in zwei lithostratigraphische Formationen gegliedert werden (Gonzalez 1993, Gonzalez & Wetzel 1996). Wie bereits oben erwähnt, wurde der Hauptrogenstein im keltischen und die distale, zeitgleiche Ablagerung der Klingnau-Formation im schwäbischen Faziesraum (Trümpy 1980) abgelagert. Die maximale Progradation der Hauptrogenstein-Plattform und somit auch die Grenze zwischen den beiden Faziesräumen liegt in etwa parallel zum S-N verlaufenden Aare-Unterlauf. In der Bohrung Riniken kann das Ineinandergreifen der beiden Formationen betrachtet werden (Bläsi et al. 2013). Im Bohrkern überlagern Mergel der Klingnau-Formation die oolithischen Ablagerungen des Unteren Hauptrogensteins, welche selbst im Hangenden wiederum vom Spatkalk des Hauptrogensteins überlagert werden.

Die Ablagerungen der Klingnau-Formation wurde an der Surb (Kap. 5.1) und am Acheberg (Kap. 5.2) untersucht. An beiden Lokalitäten konnten mittels Ammoniten- und Palynomorphendatierungen die Sedimentationsalter genauer ermittelt werden. Im Profil Surb (Surb-ARA) konnte mit den Ammonitenfunden die Niortense-Zone (Polygyralis- oder Baculata-Subzone) und die Parkinsoni-Zone festgestellt werden. Die Ammonitenfunde am Acheberg zeigen ein Alter der Garantiana-Zone und der Parkinsoni-Zone (Acris- und Truelli-Subzone). Die Ammoniten aus der «Parkinsoni-Bank» (Schmassmann 1945) am Acheberg bestätigen das Alter der Acris-Subzone der Parkinsoni-Zone. Schmassmann (1945) und dann auch Gonzalez & Wetzel (1996) korrelieren diese «Parkinsoni-Bank» mit dem Ende des Unteren Hauptrogensteins und den darüber einsetzenden «Homomyen-Mergeln» und den zeitgleichen Ablagerungen der «Oberen Acuminata-Schichten».

6.2 Korngrößen des detritischen Quarzes

In allen Abfolgen der Passwang-Formation tritt detritischer Quarz auf. Die prozentualen Anteile ändern sich je nach stratigraphischer Lage wie Lusser (1980) schreibt. Er beschreibt sehr hohe Anteile von bis zu 60 % aus den Sandkalken der basalen «Murchisonae-Schichten» und dem mittleren Abschnitt der «Sowerbyi-Sauzei-Schichten». Die geringsten Quarzgehalte von unter 5 % dokumentiert er aus den «Humphriesi-Schichten». Im Hangenden der Eisenooolithe und eisenoolithischen Kalke nehmen die Gehalte wieder zu und erreichen in den basalen mergeligen Abschnitten der «Blagdeni-Schichten» Werte zwischen 10 und 20 %.

Burkhalter (1995, 1996) verwendete die beachtliche laterale Konstanz der vertikalen Korngrößenentwicklung des detritischen Quarzes als eine lithostratigraphische Zusatzinformation. Burkhalter (1996) zeigt, dass die mittlere Korngrösse über mehrere Zehner von Kilometern nahezu konstant bleibt. Zudem bewegt sich die Quarzkorngrösse in jeder Parasequenz innerhalb eines charakteristischen Spektrums (Figur 6 in Burkhalter 1996). Sie ist somit sowohl zur Korrelation wie zur Unterscheidung einzelner Parasequenzen bzw. stratigraphischer Einheiten geeignet (Burkhalter 1993). Die nachfolgenden Angaben über die Korngrößenverteilung und deren Spektren sowie den Schüttungsrichtungen stammen von Burkhalter (1996) und sind in Fig. 57 in grau dargestellt:

- **Opalinuston:** Die mittlere Korngrösse des terrigenen Quarzes liegt zwischen 20 und ca. 70 μm . Im Westen (Mont Terri) kann sie über 100 μm betragen. Die spärlichen Daten zur lateralen Korngrößenentwicklung des Quarzes deuten auf einen W-E bis NW-SE gerichteten Transport des terrigenen Detritus hin.

- **Sissach-Member:** In den unteren und mittleren Bereichen betragen die Werte 70 – 85 μm , in den oberen 90 – 110 μm . Die laterale Entwicklung der mittleren Quarzkorngrösse zeigt eine Schüttung von N und NW her.
- **Hauenstein-Member:** Die mittlere Quarzkorngrösse übersteigt selten 70 μm . Die maximale mittlere Korngrösse des Quarzes im Dach des Hauenstein-Members nimmt nach S hin ab und zeigt so eine Schüttungsrichtung von N her in eine flache, N-S verlaufende Senke bzw. in ein bezüglich der Umgebung rascher subsidierendes Gebiet in der Gegend des heutigen Baselsbiets und der Umgebung des Unter Hauensteins.
- **Hirnichopf-Member:** Die charakteristische mittlere Korngrösse des detritischen Quarzes in siltreichen Lagen liegt zwischen ca. 35 und 60 μm .
- **Waldenburg-Member:** Die charakteristische mittlere Korngrösse des detritischen Quarzes liegt zwischen 40 und 50 μm .
- **Brüggli-Member:** Die charakteristische mittlere Korngrösse des detritischen Quarzes liegt in dem basalen Brüggli-Member bei ca. 60 – 70 μm , nimmt gegen oben normalerweise auf Werte zwischen 75 und 95 μm zu, um gegen das Dach der «Humphriesi-Schichten» hin auf 25 – 45 μm zurückzugehen.

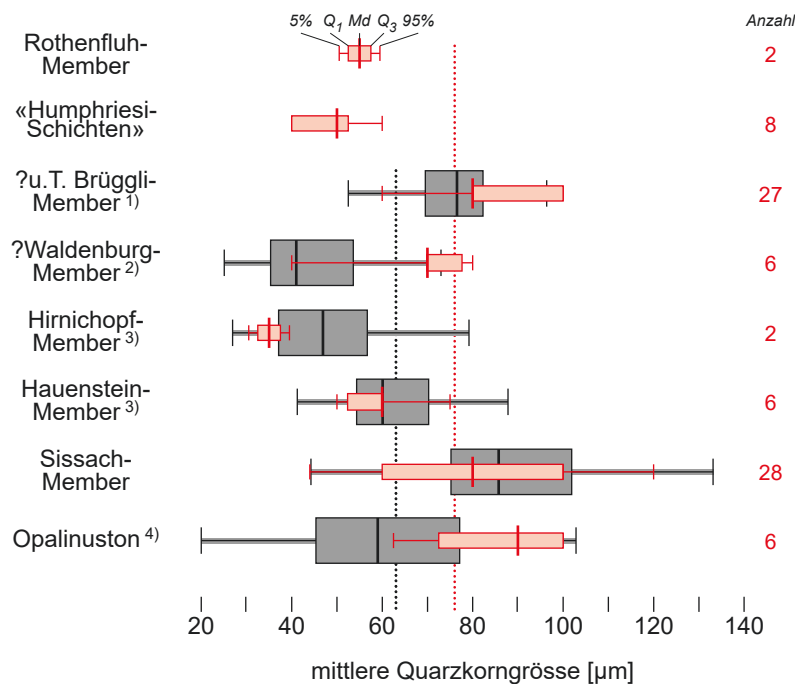


Fig. 57: Spektren der mittleren Korngrössen des detritischen Quarzes in den Members und ihren kondensierten Äquivalenten der Passwang-Formation und im Opalinuston nach Burkhalter (1996) mit den neuen Daten aus dieser Studie in rot dargestellt.

1) Spektrum nur aus Subeinheit 4K, da Burkhalter (1996) auch ohne Angaben aus den «Humphriesi-Schichten»; 2) Spektren aus Subeinheit 4T; 3) Spektren aus den kondensierten Äquivalenten der jeweiligen Members (Einheit 1-3k) mit Ausnahme den Werten aus dem Profil Unterer Hauenstein, dort aus den entsprechenden Members; 4) Spektren aus dem Top des Opalinustons. Md: Median; Q1, Q3: Quartile.

Wenn man diese Angaben von Burkhalter (1996) mit den Angaben von Lusser (1980) vergleicht, stellt man fest, dass je grösser die detritische Quarzkorngrösse ist, desto höher ist auch der prozentuale Quarzanteil. Diese Korrelation scheint einleuchtend, denn die Korngrösse und auch der Quarzanteil hängen von der Transportenergie ab.

Die Angaben über die Quarzkorngrösse aus dieser Arbeit wurden gesammelt und in Rot über die ursprüngliche Grafik von Burkhalter geplottet (Fig. 57). Die Angaben sind z.T. mit Vorsicht zu betrachten, denn die z.T. ungewisse stratigraphische Zuordnung und ungenügende Anzahl an Analysen lässt eine Eins-zu-eins-Korrelation nicht mit Sicherheit zu.

- **Opalinuston** (n = 6): Die Angaben sind mit Vorsicht zu betrachten. Vier der sechs Analysen stammen aus dem sandigen Top des Opalinustons von Thalheim (80 – 100 µm). Die Probe aus der Sandkalkbank an der Surb (Surb-5) zeigt eine geringere durchschnittliche Korngrösse von 70 µm. Der Median liegt bei 90 µm und ist somit rund 30 µm grösser als die Angabe von Burkhalter (1996).
- **Sissach-Member** (n = 28): Die Korngrössenverteilung fällt im gesamten (Median) etwas kleiner aus als diejenige von Burkhalter (1996). Wenn man sich aber die laterale Verteilung der Korngrössen anschaut, fällt auf, dass es unmöglich wird das Sissach-Member vom Frickberg (60 – 80 µm) mit demjenigen an der Surb (60 – 100 µm) zu vergleichen. Auch der bereits von Burkhalter (1996) dargestellte Bereich zeigt (Fig. 57), dass die Korngrössen im Sissach-Member extrem variabel sind, vergleiche dazu auch die Figur 15 aus Burkhalter (1995). Diese Variation ist in unserem Untersuchungsbereich auch ersichtlich und spiegelt die drei unterschiedlichen Faziesräume ("Wasserflue – Bözberg", "Frick – Mandach" und "Riniken – Böttstein") wider. Die Korngrösse östlich der Aare im Faziesbereich "Acheberg – Surb – Lägern" ist grösser als westlich davon.
- **Hauenstein-Member & kond. Äquivalent** (n = 6): Dieser Bereich ist schwierig zu interpretieren, da die Anzahl der Analysen gering ist. Die zusätzlichen Analysen bestätigen den Trend, dass die detritische Quarzkorngrösse während der Concavum-Zone geringer war als davor. Jedoch steckt in den sechs Analysen aus dem Hauenstein-Member auch eine laterale Komponente drin. Die drei Analysen aus dem Typusprofil am Hauenstein zeigen ein Spektrum zwischen 60 und 80 µm während die Analysen aus den östlichen, kondensierten äquivalenten Schichten um die 50 µm aufweisen. Dies zeigt, dass vor allem im Bereich, wo Kondensation stattfand, eine geringere Korngrösse gefunden werden kann.
- **Hirnichopf-Member** (hier nur kond. Äquivalent) (n = 2): Die beiden Werte aus den Profilen Wasserflue und Böttstein zeigen das kleinste Korngrössenspektrum aller Analysen. Dieses Intervall ist jedoch mit nur zwei Analysen und vor allem nur aus kondensierten Abschnitten nicht aussagekräftig.
- **?Waldenburg-Member (Subeinheit 4T)** (n = 6): Die Korngrössenverteilung aus den sechs Analysen (1 Frickberg, 1 Cheisacher und 4 Böttstein) aus dem Aargauer Jura (nördliche Jurakette) lässt keine Korrelation mit den publizierten Daten zu (vgl. Fig. 57).
- **?u.T. Bruggli-Member (Subeinheit 4K)** (n = 27): Bei den Daten aus dem ?u.T. Bruggli-Member ist vor allem auffallend, dass im Spektrum im Aargauer Jura eine bedeutende Anzahl von Quarzkörnern mit Werten zwischen 80 bis 100 µm vorhanden sind. Das gehäufte Vorkommen von grösseren detritischen Quarzkörnern im Aargauer Jura, verglichen mit dem Rest, könnte wiederum ein Indiz für eine erhöhte Strömungsenergie oder eine proximalere Position zum Liefergebiet sein.
- **«Humphriesi-Schichten» (Einheit 5)** (n = 8): Die «Humphriesi-Schichten» zeigen, neben dem 2 Proben aus dem «kondensierten Äquivalent des Hirnichopf-Members» die kleinste Korngrössenverteilung. Dies deckt sich in mit der Aussage über die Abnahme hin zum Dach der «Humphriesi-Schichten» auf 25 – 45 µm. Burkhalter (1995, Fig. 14) zeigte diesen Trend

zu einer kleineren durchschnittlichen Quarzkorngrösse in die «Humphriesi-Schichten» hinein an drei Beispielpprofilen.

- **Rothenfluh-Member** (n = 2): Die zwei Angaben aus dem Rothenfluh-Member zeigen kleinere Quarzkörner zwischen 50 und 60 µm. Dieses Intervall ist jedoch mit nur zwei Analysen und nicht sehr aussagekräftig.

Zur Unterscheidung von den detritischen Quarzkornspektren vom Sissach- und dem Brüggl-Member schreibt Burkhalter (1996), dass im Vergleich zu den makroskopisch fast identischen Sandkalken und sandig-biotritischen Kalken, diejenigen des Brüggl-Members durch ihren höheren Anteil an Crinoidendetritus und besonders durch die mittlere Korngrösse des terrigenen Quarzes charakterisiert sind, die den Wert von 95 µm kaum übersteigen. Diese beiden Unterscheidungsmerkmale können im Aargauer Jura so nicht angewandt werden. Der Median vom Sissach wie auch vom Brüggl-Member ist im Aargauer Jura mit 80 µm identisch und der Crinoidenanteil ist eher im Sissach-Member höher als in den biotritischen Sandkalken des Brüggl-Members.

Die Schwierigkeit dieser Korngrössenanalyse und der damit verbundenen lithostratigraphischen Zusatzinformation, hängt in erster Linie davon ab, was beprobt wird. Eine systematische Beprobung aller Intervalle, seien es Tone, Mergel oder Kalksteine ist unumgänglich für eine statistische Auswertung solcher Daten. Die oben dargestellten und diskutierten Daten stammen allesamt aus «harten Bänken» und ermöglichen somit keine Aussage über die tonig/mergeligen Intervalle. Zusätzlich zeigen die spärlichen Analysen aus den kondensierten Intervallen, dass die Korngrösse kleiner ist als diejenigen aus dem Hauptschüttungsbereich (Geltungsbereich) der entsprechenden Member. Somit lassen sich die stratigraphisch schwierigen Intervalle mit Kondensation nicht direkt vergleichen und lassen sich dementsprechend auch nicht lithostratigraphisch zuordnen.

6.3 Syntedimentäre Tektonik

Geht man vom allostratigraphischen Ansatz von Burkhalter (1996) aus, entspricht jedes Member einem gewissen Zeitbereich. Diese sogenannten «Zeitschnitte», wie sie in Figur 13a – c von Burkhalter (1996) dargestellt wurden, sind in dieser Arbeit in einer modifizierten und nachgeführten Version enthalten (Fig. 58 und 59). Die laterale Entwicklung der Member der Passwang-Formation wurde mit den neuen Mächtigkeitsangaben (Fig. 56) sowie der z.T. leicht abweichenden Faziesinterpretation angepasst. Wie in den bereits diskutierten Abschnitten gezeigt wurde, sind die Ablagerungen vermutlich nicht überall zeitgleich und entsprechen somit nicht reinen zeitlichen Profilen. Sie veranschaulichen jedoch gut die laterale Variabilität der Mächtigkeitsunterschiede aus Fig. 56.

Die aus der Region des zentralen und östlichen Faltenjura stammenden sedimentologischen Untersuchungen des Doggers zeigen, dass der Ablagerungsraum von stark schwankenden Mächtigkeiten, von Lithologiewechseln und von abrupt sich ändernden Faziesgrenzen geprägt ist (Wetzel et al. 1993, Burkhalter 1996, Allia 1996, Wetzel et al. 2003). Die genannten Autoren erachten einen Zusammenhang zu syntedimentärer Tektonik als wahrscheinlich, wobei Wetzel et al. (2003) zusätzlich postulierten, dass die Mächtigkeitsunterschiede und die damit einhergehende Subsidenz mit reaktivierten Störungen im Permokarbon-Trog in Zusammenhang stehen.

Die Depotzentren von Hauenstein-, Hirnichopf- und ?Waldenburg-Member (vgl. Fig. 58 und 59) könnten einer solchen syntedimentären Beckenbildung entsprechen, welche durch listrische Abschiebungen begrenzt sind (Burkhalter 1996). Die Isopachenkarten von Burkhalter (1996) zeigen N-S ausgerichtete Halbgraben. Dies zeigt sich schön in den folgenden zwei Figuren (Fig. 58 und 59). Die mächtigen Ablagerungen der genannten drei Member (vor allem Hauenstein- und Hirnichopf-Member) sind regional begrenzt und ihre Mächtigkeiten nehmen Richtung Osten in unser Untersuchungsgebiet hinein schnell ab. Die Depotzentren entsprechen zugleich den lokal begrenzten Geltungsbereichen der jeweiligen Member (Burkhalter 1996). Ausserhalb der Geltungsbereiche wird von den «kondensierten äquivalenten Membern» gesprochen.

Auffallend ist die grosse Mächtigkeit des ?u.T. Bruggli-Members (Subeinheit 4K) in der Region von Frick (Fig. 61). Bereits Burkhalter (1996) stellt grosse Mächtigkeitsunterschiede fest. Er diskutiert zwei mögliche Bildungshypothesen: (a) Aufschüttung eines topographischen Hochs (z.B. "sand ridge") oder (b) Auffüllung einer entweder präexistenten oder sich synsedimentär bildenden Senke. Burkhalter (1996) schliesst in der Diskussion die erste Variante aus und erklärt die Mächtigkeitsunterschiede deshalb im Wesentlichen mit der Füllung von Senken. Wie jedoch diese Arbeit zeigt, wäre eine Schüttung der sandig-biotritischen Kalke des u.T. des Bruggli-Members (zeitgleich mit der Wedelsandstein-Formation) von Nordosten her plausibel. Die verstärkte Schüttung kann, wie bereits Burkhalter (1996) schlussfolgert, in ein synsedimentäres Becken, durch erhöhte Subsidenz in der Region von Frick, erfolgt sein.

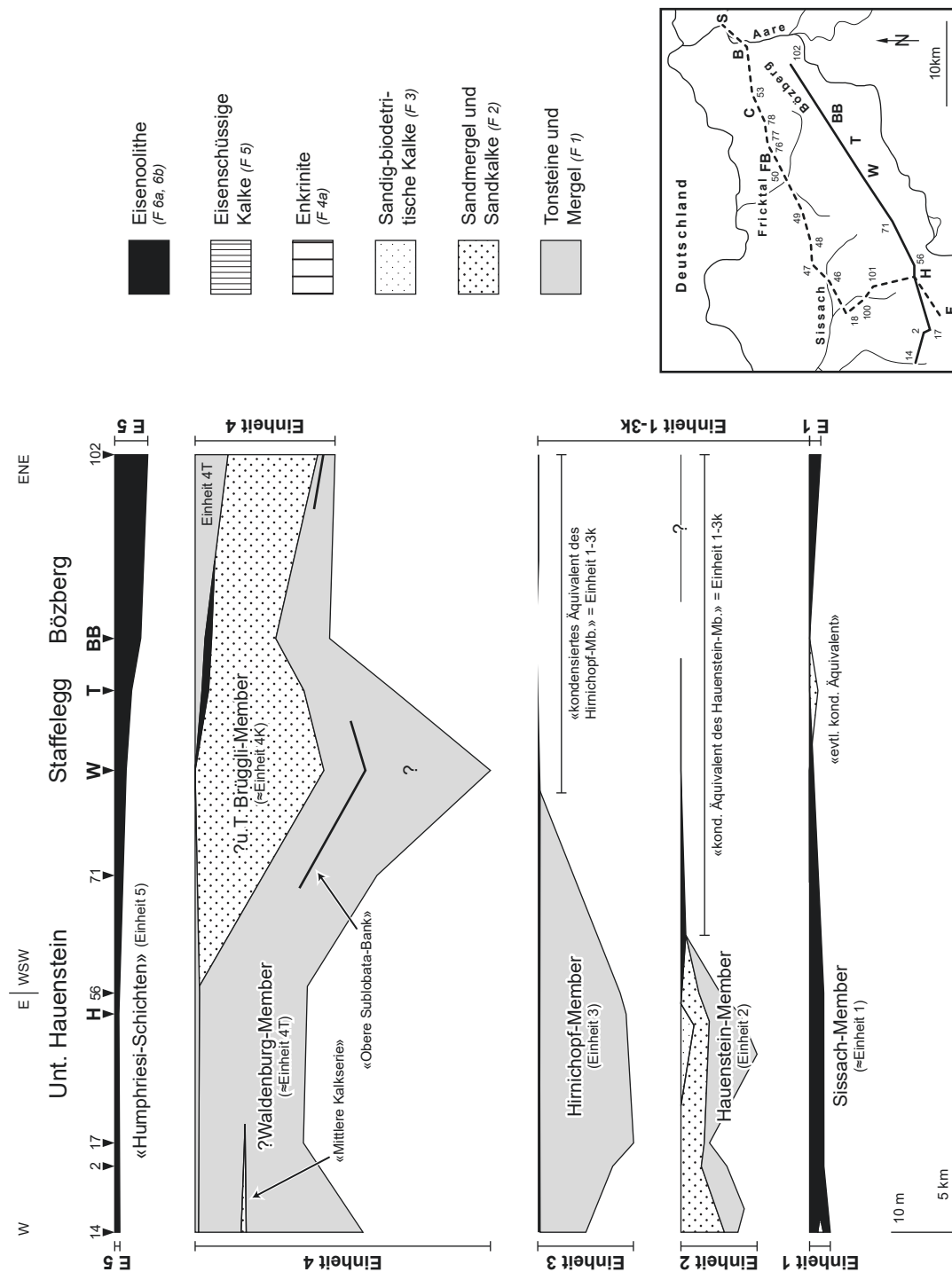


Fig. 58: Laterale Entwicklung der Member der Passwang-Formation entlang des Jurasüdfusses im östlichen Falten- und Tafeljura, modifiziert nach Burkhalter (1996) mit den neuesten Mächtigkeitsangaben.

H – Unterer Hauenstein, W – Wasserflue, T – Thalheim, BB – Bohrung-Bözberg (Bläsi & Feist-Burkhardt 2019 und Fig. 21); schwarze Zahlen entsprechen den in Burkhalter (1996) beschriebenen Profilen.

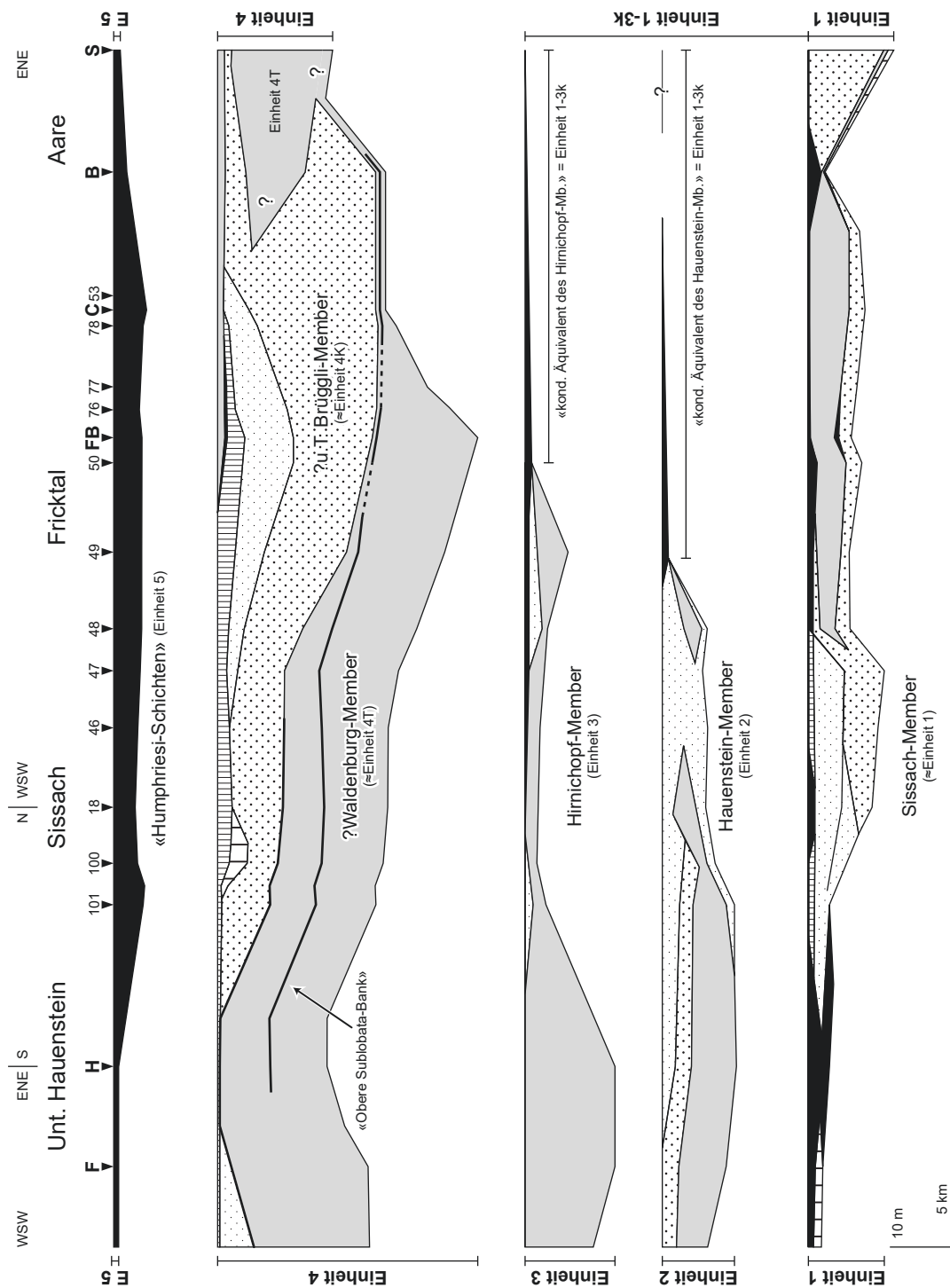


Fig. 59: Laterale Entwicklung der Member der Passwang-Formation entlang der Profilschur vom Unteren Hauenstein über Sissach, Fricktal hin zur Aare, modifiziert nach Burkhalter (1996) mit den neuesten Mächtigkeitsangaben.

F – Fasiswald, H – Unterer Hauenstein, FB – Frickberg, C – Cheisacher, B – Böttstein, S – Surb (Tegerfelden); schwarze Zahlen entsprechen den in Burkhalter (1996) beschriebenen Profilen; Legende vgl. Fig. 58.

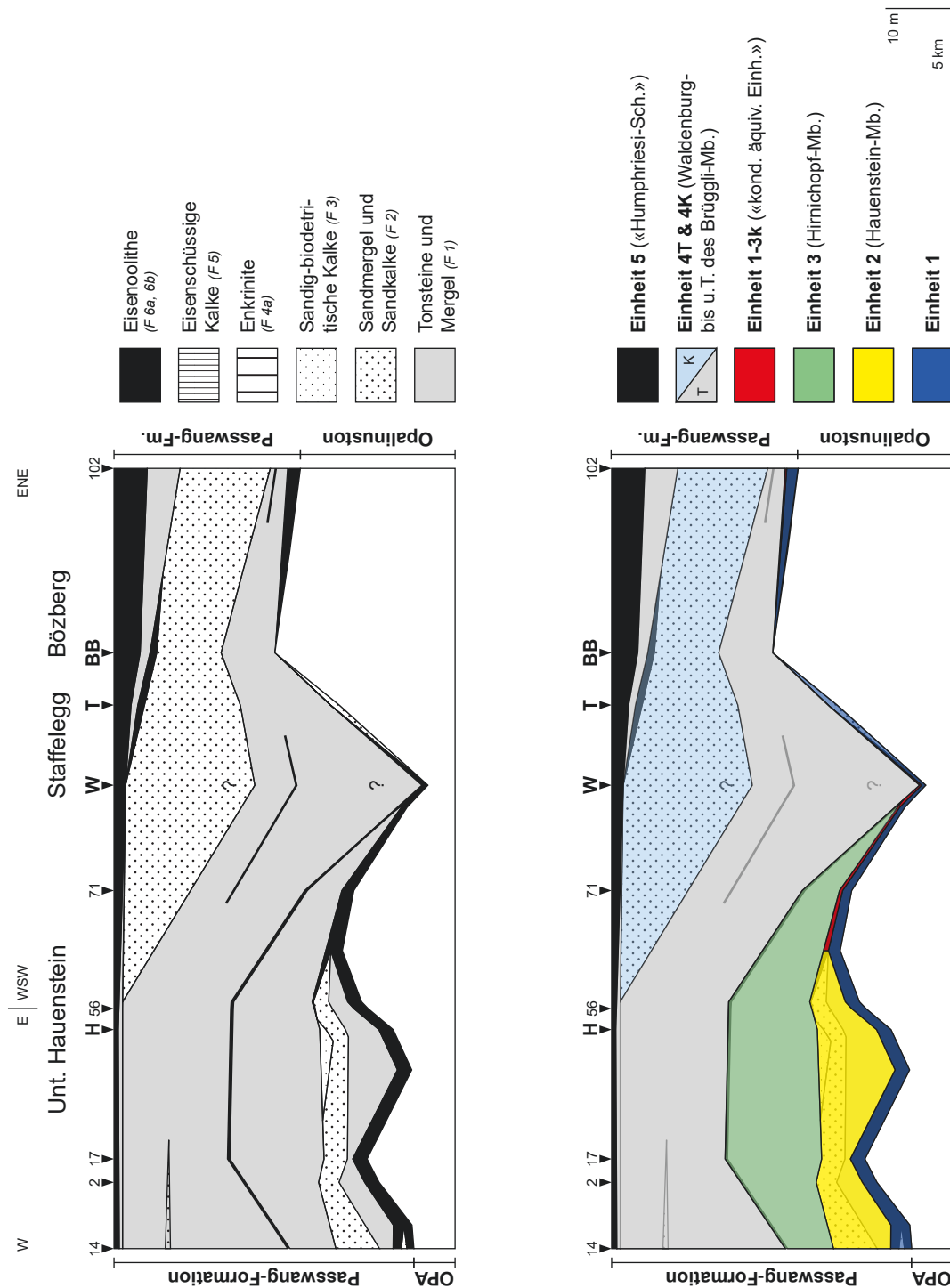


Fig. 60: Laterale Entwicklung der informellen Einheiten 1 – 5 entlang des Jurasüdfusses im östlichen Falten- und Tafeljura.

H – Unterer Hauenstein, W – Wasserflue, T – Thalheim, BB – Bohrung-Bözberg (Bläsi & Feist-Burkhardt 2019 und Fig. 21); schwarze Zahlen entsprechen den in Burkhalter (1996) beschriebenen Profilen.

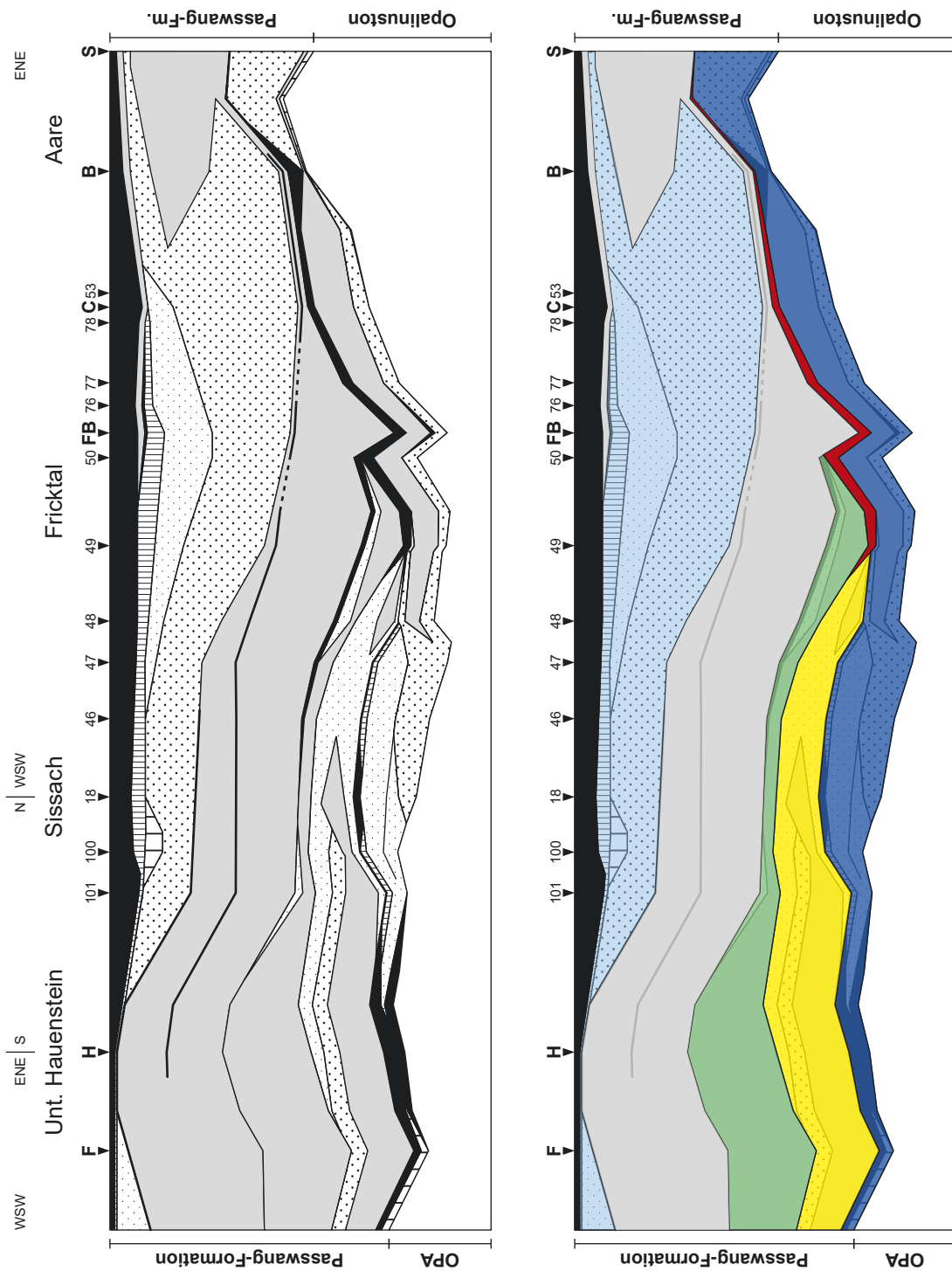


Fig. 61: Laterale Entwicklung der Einheiten 1-5 entlang der Profilsur vom Unteren Hauenstein über Sissach, Fricktal hin zur Aare.

F – Fasiswald, H – Unterer Hauenstein, FB – Frickberg, C – Cheisacher, B – Böttstein, S – Surb (Tegerfelden); schwarze Zahlen entsprechen den in Burkhalter (1996) beschriebenen Profilen; Legende und Massstab vgl. Fig. 60.

6.4 Grossräumige laterale Faziesentwicklung des Doggers

Wie bereits mehrfach beschrieben und erläutert, ermöglicht die neue informelle Einteilung in die sechs Einheiten eine bessere Korrelation der wichtigen lithologischen Intervalle aus dem Bereich des Schweizer Juras, vom keltischen in den schwäbischen Faziesraum. Die Laterale Faziesentwicklung des Doggers, wie in Fig. 62 ersichtlich, zeigt die vielen Unterschiede, jedoch auch die Intervalle die korrelierbar sind.

Bereits früher wurde der Ablagerungsraum in vier Einheiten gegliedert, die sich über rund ein Jahrhundert gehalten haben («Murchisonae-(Concava-)Schichten», «Sowerbyi-Sauzei-Schichten», «Humphriesi-Schichten» und «Blagdeni-Schichten», s. auch Fig. 2). Von diesen Einheiten haben nur die «Humphriesi-Schichten» als informelle Einheit des Bruggli-Members und die «Blagdeni-Schichten» als basale informelle Untereinheit der Klingnau-Formation überlebt. Diese alten Einheiten sollen nicht wiederbelebt werden, da diese den stratigraphischen Empfehlungen (Remane et al. 2005) nicht entsprechen. Zudem decken sich die neuen, in dieser Studie vorgeschlagenen vier Einheiten nicht exakt mit der alten Nomenklatur.

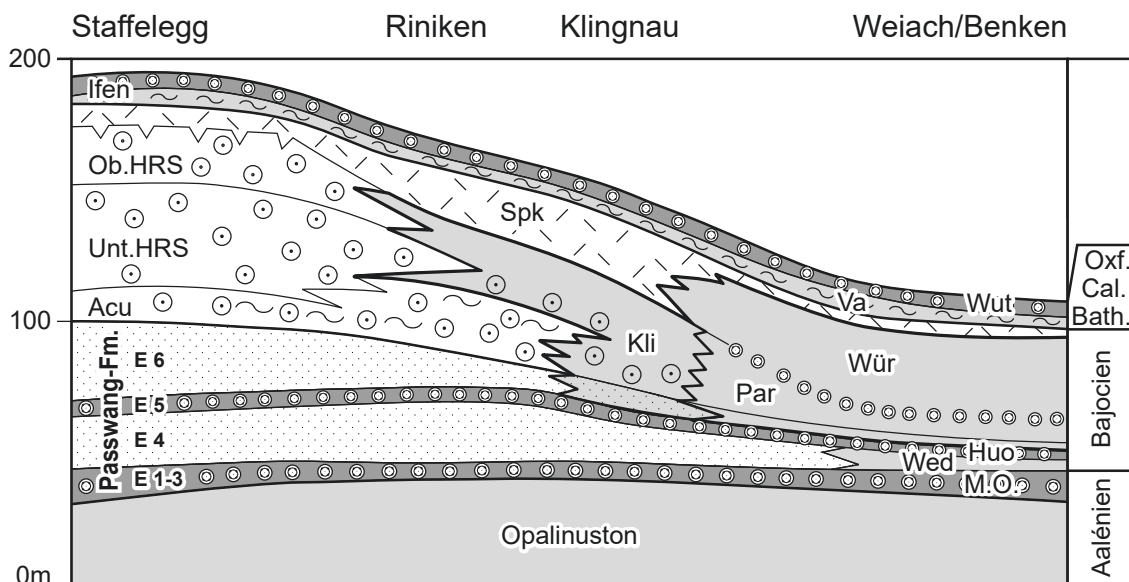


Fig. 62: Laterale Faziesentwicklung des Doggers zwischen Staffelegg und Weiach (Mächtigkeiten und laterale Distanzen sind schematisiert und modifiziert nach Bläsi 1987).

Informelle Einheiten der Passwang-Fm.: Einheit 1 – 3 ≈ Sissach- bis Hirnichopf-Mb., Einheit 4 ≈ Waldenburg bis u.T. Bruggli-Member, Einheit 5 = «Humphriesi-Sch.», Einheit 6 = Rothenfluh-Member, Hauptrogenstein (Acu – «Untere Acuminata-Sch.», Unt.HRS – «Unterer Hauptrogenstein», Ob.HRS – «Oberer Hauptrogenstein», Spk – «Spatkalk»), Ifen – Ifenthal-Fm., Kli – Klingnau-Fm., M.O. – Murchisonae-Oolith-Fm., Wed – Wedelsandstein-Fm., Huo – Humphriesioolith-Fm., Par & Wür – Parkinsoni- & Württembergica-Sch., Va – Variansmergel-Fm., Wut – Wutach-Fm.

Die neue (informelle) Einteilung hat jedoch den Vorteil, dass gewisse nach lithologischen Kriterien definierte Abschnitte korrelierbar werden. Die Einheiten 1 – 3, an der Basis der Passwang-Formation, kann generell vom Schweizer Jura bis in die Region des Zürcher Weinlands korreliert werden. Das nächste Intervall, welches dieselbe laterale Kontinuität aufweist, ist die Einheit 5 («Humphriesi-Schichten»). Die vom Liegenden (Einheit 4) und vom Hangenden (Einheit 6) abweichende lithologische Beschaffenheit verleiht der Einheit 5 die Eigenschaft eines vorzüglichen Orientierungsmittels in der mächtigen Wechsellagerung von Mergeln und sandigen Kalken des mittleren und zum Teil auch des unteren Doggers (Mühlberg 1900).

7 Schlussfolgerungen

Die detaillierte, sedimentologische und biostratigraphische Untersuchung der Passwang-Formation im östlichen Falten- und Tafeljura wurde in drei Detailstudien durchgeführt. Die erste behandelt die südliche Jurakette von Hägendorf bis Brugg (Kap. 3), die zweite die nördliche Jurakette von Frick über Böttstein bis Riniken (Kap. 4) und die dritte erlaubt den Blick über die Aare Richtung Osten nach Klingnau und Tegerfelden (Kap. 5). Die gewonnenen Daten aus diesen drei Regionen resultieren einerseits in einer zeitlich hochaufgelösten stratigraphischen Gliederung der Passwang-Formation im Hangenden des Opalinustons. Andererseits konnten die Kenntnisse der sedimentären Genese der Formation und deren Member für den Untersuchungsraum deutlich verbessert werden.

Der Fokus der vorliegenden Arbeit liegt auf dem Untersuchungsgebiet zwischen Staffelegg, Frick und Böttstein, welches das Standortgebiet Jura Ost beinhaltet. Die Profile Wasserflue, Thalheim, Frickberg, Cheisacher, Böttstein mit den Bohrungen Riniken und Bözberg rahmen dieses Standortgebiet ein. Die Profile wurden nach sedimentologischen und biostratigraphischen Aspekten (Ammoniten und Palynomorphen) untersucht. Dies erbrachte essenzielle Informationen hinsichtlich des Verständnisses der zeitlichen Entwicklung des Ablagerungsraums. Zusätzlich werden aber auch Beobachtungen, Analysen und Erkenntnisse aus den angrenzenden Gebieten (Fasiswald, Hauenstein, Tegerfelden und Acheberg bei Klingnau) miteinbezogen. Dies ermöglicht es den Aargauer Jura faziell mit den angrenzenden Regionen zu verbinden und mit dem westlich gelegenen Kerngebiet der Passwang-Formation sowie dem schwäbischen Faziesbereich Richtung Nordosten zu korrelieren.

Die vier wichtigsten Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Alter der Basis der Passwang-Formation:** Die detaillierten Ammoniten- und Palynomorphendatierungen zeigen, dass die Basis der Passwang-Formation in den allermeisten Fällen während der «Comptum»-Subzone der Opalinum-Zone abgelagert wurde. Es kann aber auch gezeigt werden, dass entlang der nördlichen Jurakette von der Region Frick bis nach Mandach die Sedimentation des Sissach-Members schon früher einsetzte und deshalb als heterochron zu betrachten ist. Die Ammonitenfauna aus der «basalen Sandkalkserie» belegt eine Korrelation mit dem *lineatum*-Horizont in der Opalinum-Subzone der Opalinum-Zone. Das Sissach-Members kann im Untersuchungsraum in vier Faziesräume gegliedert werden: den Faziesraum «Wasserflue – Bözberg», «Frick – Mandach», «Böttstein – Riniken» und östlich der Aare «Acheberg – Surb – Lägern».
- **Waldenburg- bis Brüggli-Member vs. Wedelsandstein-Formation:** Die Basis der Ablagerung des sandig-biotritischen unteren Teils des Brüggli-Members (Subeinheit 4K) kann mit neuen Ammoniten- und Palynomorphendatierungen am Vergleichsprofil Frickberg auf die Ovale- bis Laeviuscula-Zone des Bajocien datiert werden. Die neue Datierung am Frickberg deckt sich nicht mit der Definition *sensu* Burkhalter (1996). Jedoch ermöglicht das frühere Einsetzen der sandig-biotritischen Fazies nun eine Korrelation des Waldenburg- bis Brüggli-Members mit der Wedelsandstein-Formation im schwäbischen Faziesraum, welche auch Sandkalkbänke in generell mergeligen Serien aufweist.
- **Kondensation im Aargauer Jura:** Die stratigraphische Abfolge der Passwang-Formation ist schwer fassbar, da auch im Aargauer Jura kein komplett durchgehendes Profil vorhanden ist. Die Ablagerungen der Passwang-Formation, sei es entlang der südlichen Jurakette, der nördlichen Jurakette oder entlang des östlichen Bereichs des Untersuchungsgebiets, ist geprägt durch Mangelsedimentation und Hiaten. Diese Hartgründe zeitlich aufzulösen, erfordert einen grossen Aufwand an biostratigraphischen Untersuchungen mittels Ammoniten und/oder Palynomorphen. Da das Untersuchungsgebiet ausserhalb der Geltungsbereiche von

Hauenstein-, Hirnichopf- sowie teilweise des Waldenburg-Members liegt, können die eisenoolithischen Kalkbänke, wenn überhaupt, nur als «kondensierte äquivalente Einheiten» gesehen werden.

- **Neue informelle Einheiten:** Die Untersuchungen im Aargauer Jura haben gezeigt, dass die Anwendung der Passwang-Formation und ihrer sechs Member, ausserhalb der Geltungsbereiche dreier Members, schwer umsetzbar ist. Die Abtrennung der «kondensierten Äquivalente des Hauenstein- und Hirnichopf-Members» vom liegenden Sissach-Member ist lithologisch nicht immer möglich und oft nicht sinnvoll. Wir schlagen deshalb hier eine neue informelle Gliederung vor, basierend auf rein lithostratigraphischen Kriterien. Diese gliedert die Passwang-Formation in sechs, im Feld unterscheidbare Untereinheiten, die auch über grosse Strecken korrelierbar sind. Vor allem die abweichende lithologische Beschaffenheit, verleiht der Einheit 5 die Eigenschaft eines vorzüglichen Orientierungsmittels in der mächtigen Wechsellagerung von Mergeln und sandigen Kalken des Aalénien-Bajocien.

8 Verdankungen

Prof. S. Bernasconi (ETH Zürich) hat als Berater massgeblich zum Projekt Aufschlusskartierung im Jura Ost beigetragen. Auch die Diskussionen und die Kommentare zu früheren Berichtsversionen werden herzlich verdankt. Die Unterstützung im Feld durch N. Looser und F. Blattmann waren nützlich und werden herzlich verdankt.

Wir danken Dr. P. Jordan (Grüner Böhlinger AG) für seine Reviewkommentare zu einer früheren Berichtsversion, die sehr hilfreich waren für die gezielte Verbesserung des Manuskripts.

Die Diskussionsbeiträge von Dr. R. Burkhalter (swisstopo) waren hilfreich und werden herzlich verdankt.

9 Literaturverzeichnis

- Allia, V. (1996): Sedimentologie und Ablagerungsgeschichte des Opalinustons in der Nordschweiz. Diss Univ. Basel.
- Bader, F. (1925): Beiträge zur Geologie des nordöstlichen Tafeljura zwischen Aare und Rhein. Diss. Univ. Zürich.
- Bartholet, H.U. (1964): Geologie des Tafel- und Faltenjuras zwischen Eptingen und Oltingen. Tätigkeitsberichte der Naturforschenden Gesellschaft Baselland 23.
- Baumer, A. (1957): Geologische Untersuchung im Aargau: Ost-Teil des Blattes Wölflinswil. Unpubl. Diplomarbeit ETH Zürich.
- Bitterli, T., Graf, H.R., Matousek, F. & Wanner, M. (2000): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 1050, Zurzach (Atlasblatt 102). Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Wabern (Bern).
- Bitterli-Dreher, P. (2011): Kommentare zum 'Braunen Dogger' im Rahmen des Berichtes "Beurteilung der geologischen Unterlagen für die provisorischen Sicherheitsanalysen in SGT Etappe 2". In: Beurteilung der von der Nagra geplanten Untersuchungen zum Wirtgestein 'Brauner Dogger'. Expertenberichte im Hinblick auf Etappe 2 des Sachplans geologische Tiefenlager. ENSI 33/124, 7-36.
- Bläsi, H.-R. (1987): Lithostratigraphie und Korrelation der Dogger Sedimente in den Bohrungen Weiach, Riniken und Schafisheim. Eclogae geol. Helv. 80, 415-430.
- Bläsi, H.R. & Feist-Burkhardt, S. (2019): Bözberg Sondierbohrungen SB-1/13 und SB-2/13 – Geologische und bohrlochgeophysikalische Untersuchungen. Nagra Arbeitsber. NAB 18-28.
- Bläsi, H.R. & Ibele, T. (2019): Ergänzende Untersuchungen in EWS Bohrungen: Baden Allmend, Bözberg Ursprung, Dachsen, Flurlingen, Liestal, Hausen (AG), Riniken, Schinznach Dof, Tegerfelden-3, Weiach, Weiach Neugut. Stratigraphie und Bohrlochgeophysik – Rohdatenbericht. Nagra Arbeitsber. NAB 17-40.
- Bläsi, H.R., Deplazes, G., Schnellmann, M. & Traber, D. (2013): Sedimentologie und Stratigraphie des 'Braunen Doggers' und seiner westlichen Äquivalente. Nagra Arbeitsber. NAB 12-51.
- Bläsi, H.R., Weber, Hp. & Hertrich, M. (2014a): Ergänzende Untersuchungen in den EWS-Bohrungen: Effingen, Gansingen-Galten, Herznach, Tegerfelden-1, Tegerfelden-2, Wölflinswil-1, Wölflinswil-2 (AG) und Hemmental-2 (SH). Stratigraphie und Bohrlochgeophysik – Rohdatenbericht. Nagra Arbeitsber. NAB 14-12.
- Bläsi, H.R., Hertrich, M., Kiefer, L. & Madritsch, H. (2014b): Geologie, Stratigraphie & bohrlochgeophysikalisches Logging der Bohrung Gösgen SB-4 (Rohdaten). Nagra Arbeitsber. NAB 14-101.
- Brändlin, E. (1911): Zur Geologie des nördlichen Aargauer Tafeljura zwischen Aare- und Fricktal. Verh. natf. Ges. Basel 12.
- Braun, L. (1920): Geologische Beschreibung von Blatt Frick (1:25000) im Aargauer Tafeljura. Verh. natf. Ges. Basel 31.

- Buck, E. & Wittmann, O. (1959): Ein neues Profil aus dem Unteren und Mittleren Braunen Jura in den Ziegeleigruben in Lörrach-Stetten. Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver. 41, 47-81.
- Burkhalter, R.M. (1989): Zur Geologie der Grenchenberg-Kette zwischen Obergrenchenberg und Hasenmatt. Diplomarb. Univ. Bern (unpubl.).
- Burkhalter, R.M. (1993): Die Passwang-Alloformation (unteres Aalenien bis unteres Bajocien) im zentralen und nördlichen Jura – Sequenzstratigraphie, synsedimentäre Tektonik, Genese von Eisenoolithen und -stromatolithen. Unpubl. Inauguraldissertation, Philosophisch-naturwissenschaftliche Fakultät der Universität Bern.
- Burkhalter, R.M. (1995): Ooidal ironstones and ferruginous microbialites: Origin and relation to sequence stratigraphy (Aalenian and Bajocian, Swiss Jura mountains). *Sedimentology* 42, 57-74.
- Burkhalter, R.M. (1996): Die Passwang-Alloformation (unteres Aalenien bis unteres Bajocien) im zentralen und nördlichen Schweizer Jura. *Eclogae geol. Helv.* 89/3, 875-934.
- Buser, H. (1952): Beiträge zur Geologie von Blatt Bözen (Nr. 33) im Schweizerischen Tafeljura unter besonderer Berücksichtigung des Rhät und unteren Lias in den Nachbargebieten. Diss. Univ. Zürich.
- Buxtorf, A. (1901): Geologie der Umgebung von Gelterkinden im Basler Tafeljura. Beitr. geol. Karte Schweiz. [N.F.] 11.
- Delhaes, W. & Gerth, H. (1912): Geologische Beschreibung des Kettenjura zwischen Reigoldswil (Baselland) und Oensingen (Solothurn). *Geol. paläont. Abh.* [N.F.] 11/1.
- Dickson, J.A.D. (1966): Carbonate identification and genesis as revealed by staining. *J. Sed. Petrol.* 36/2, 491-505.
- Diebold, P., Bitterli-Brunner, P. & Naef, H. (2006): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 1069/1049, Frick – Laufenburg (Atlasblatt 110). Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Wabern (Bern).
- Dietze, V., Schweigert, G. & Dietl, G. (2011): Chrono-/Biostratigraphie im Mitteljura von SW-Deutschland. 1. Teil: Bajocium. Jahreshefte der Gesellschaft für Naturkunde in Württemberg, 167/1, 49-71.
- Dietze, V., Auer, W., Chandler, R.B., Neisser, E., Hummel, U., Wannenmacher, N., Dietl, G. & Schweigert, G. (2012): Die Ovale-Zone (Mitteljura, Unter-Bajocium) an ihrer Typus-lokalität bei Achdorf (Wutach-Gebiet, Südwestdeutschland). *Zitteliana A* 52, 97-118.
- Dietze, V., Schweigert, G., Rieber, H. & Borer, P. (2013): Neufunde von Ammoniten der Unterfamilie Erycitinae Spath, 1928 aus dem Aalenium (Mitteljura) des Schweizer Juras und des Wutach-Gebiets (SW-Deutschland). *Zitteliana A* 53, 3-13.
- Dietze, V., Rieber, H., Auer, W., Franz, M., Schweigert, G., Chandler, R. B., Rieter, M. & Chiarini, R. (2014): Aalenian (Middle Jurassic) ammonites and stratigraphy of the Geisingen clay pit (SW Germany). *Palaeodiversity* 7, 61-127.
- Feist-Burkhardt, S. (2012): Palynostratigraphie des Mittleren Jura: Teil II – Bohrung Riniken, Aufschlussproben Bernhardholz, Dangstetten und Lägern. Nagra Arbeitsber. NAB 12-57.

- Feist-Burkhardt, S. & Götz, A.E. (2016): Ultra-high-resolution palynostratigraphy of the Early Bajocian Sauzei and Humphriesianum zones (Middle Jurassic) from outcrop sections in the Upper Rhine area, southwest Germany. *Stratigraphy & Timescales* 1, 325-392.
- Feist-Burkhardt, S. & Monteil, E. (1997): Dinoflagellate cysts from the Bajocian stratotype (Calvados, Normandy, western France). *Bull. Centre Rech. Elf Explor. Prod.* 21, 31-105.
- Feist-Burkhardt, S. & Pross, J. (1999): Morphological analysis and description of Middle Jurassic dinoflagellate cyst marker species using confocal laser scanning microscopy, digital optical microscopy, and conventional light microscopy [1998] *Bull. Centre Rech. Elf Explor. Prod.* 22/1, 103-145.
- Feist-Burkhardt, S. & Pross, J. (2010): Dinoflagellate cyst biostratigraphy of the Opalinuston Formation (Middle Jurassic) in the Aalenian type area in southwest Germany and north Switzerland. *Lethaia* 43, 10-31.
- Feist-Burkhardt, S. & Wille, W. (1992): Jurassic palynology in southwest Germany – state of the art. *Cahiers de Micropaléontologie* 7, 141-164.
- Geyer, O.F. & Gwinner, M.P. (1986): *Geologie von Baden-Württemberg*. 3. Aufl. Schweizerbart. Stuttgart.
- Goldschmid, H.O. (1965): Die Geologie des Faltenjura zwischen Olten und Unterem Hauenstein. *Tätigkeitsberichte der Naturforschenden Gesellschaft Baselland* 24, 15-92.
- Gonzalez, R. (1993): Die Hauptrogenstein-Formation der Nordwestschweiz: (mittleres Bajocien bis unteres Bathonien). Dissertation, Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Basel.
- Gonzalez, R. & Wetzel, A. (1996): Stratigraphy and paleogeography of the Hauptrogenstein and Klingnau Formations (middle Bajocian to late Bathonian), northern Switzerland. *Eclogae geol. Helv.* 89, 695-720.
- Graf, H.R., Bitterli-Dreher, P., Burger, H., Bitterli, T., Diebold, P. & Naef, H. (2006): *Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 1070 Baden (Atlasblatt 120)*. Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Wabern (Bern).
- Gsell, F. (1968): *Geologie des Falten- und Tafeljura zwischen Aare und Wittnau und Betrachtungen zur Tektonik des Ostjura zwischen dem Unteren Hauenstein im W und der Aare im E*. Dissertation ETH Zürich.
- Gygi, R.A. & Rieber, H. (1987): *Der Jura in der Nordschweiz. Exkursionsführer Jahrestagung in Basel. Laufen. St-Ursanne. Wildeggen. 27.-30.5.1987. DUGW Stratigr. Komm., Subkomm. Jura-Stratigr.*
- Hauber, L. (1960): *Geologie des Tafel- und Faltenjura zwischen Reigoldswil und Eptingen. Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.]* 112.
- Heuberger, S., Naef, H. & Büchi, M. (2013): Aufschlussdatenbank des 'Braunen Doggers' in den Perimetern Lägern, Klingnau-Zurzach, Küssaberg-Dangstetten (D) und Rechberg (D). *Nagra Arbeitsber. NAB* 13-22.
- Hostettler, B., Reisdorf, A.G., Jaeggi, D., Deplazes, G., Bläsi, H., Morard, A., Feist-Burkhardt, S., Waltschew, A., Dietze, V. & Menkveld-Gfeller, U. (2017): Litho- and biostratigraphy of the Opalinus Clay and bounding formations in the Mont Terri rock laboratory (Switzerland). *Swiss Journal of Geosciences* 110/1, 23-37.

- Jordan, P. (1982): Lias zwischen Unterem Hauenstein und Schinznach. Unpubl. Diplomarb. Univ. Zürich.
- Jordan, P., Eberhard, M., Graf, H.R., Diebold, P., Jost, J. & Schürch, R. (2011): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 1089, Aarau (Atlasblatt 135). Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Wabern (Bern).
- Laubscher, H.P. (1965): Ein kinematisches Modell der Jurafaltung. *Eclogae geol. Helv.* 58, 231-318.
- Lieb, F. (1951): Die Ammonitenhorizonte der Murchisonaeschichten im nordschweizerischen Juragebirge (vorläufige Mitteilung). *Eclogae geol. Helv.* 44, 450-458.
- Lieb, F. (1953): Neue Beiträge zur Erforschung der Ammonitenhorizonte der Murchisonaeschichten des schweizerischen Juragebirges (in Zusammenarbeit mit Walter Bodmer). *Eclogae geol. Helv.* 46, 286-294.
- Lieb, F. (1954): Die Ammonitenhorizonte der Murchisonaeschichten des Aargauer Tafeljura westlich der Aare (in Zusammenarbeit mit Walter Bodmer). *Eclogae geol. Helv.* 47, 418-419.
- Lieb, F. (1955): Die Ammonitenhorizonte der Murchisonaeschichten im Tafeljura des oberen Baselbiets und des Aargaus westlich der Aare (in Zusammenarbeit mit Walter Bodmer). *Eclogae geol. Helv.* 48, 491-501.
- Lieb, F. (1957): Die Ammonitenhorizonte des Aalenien und des unteren Bajocien im Tafeljura des oberen Baselbietes und des Aargaus. *Eclogae geol. Helv.* 50, 568-581.
- Lieb, F. (1960): Die Murchisonae- und Sowerbyischichten bei Böttstein an der Aare (vorläufige Mitteilung). *Verh. Schweiz natf. Ges.* 140, 101-102.
- Lusser, C. (1980): Sedimentologie und Paläogeographie des unteren Doggers im zentralen und nördlichen Jura. Diss. Univ. Basel.
- Matousek, F., Wanner, M., Baumann, A., Graf, H.R., Nüesch, R. & Bitterli, T. (2000): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 1050 Zuzach (Atlasblatt 102), mit Erläuterungen. Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Wabern (Bern).
- Martin, B. (1984): Zur Geologie der Weissensteinkette zwischen Matzendorf (SO) und Wiedlisbach (BE). Diplomarb. Univ. Bern (unpubl.).
- Matter, A., Peters, Tj., Isenschmid, Chr., Bläsi, H.-R. & Ziegler, H.-J. (1987): Sondierbohrung Riniken Geologie. Nagra Tech. Ber. NTB 86-02.
- Matter, A., Peters, Tj., Bläsi, H.-R., Meyer, J., Ischi, H. & Meyer, Ch. (1988a): Sondierbohrung Weiach – Geologie. Nagra Tech. Ber. NTB 86-01.
- Matter, A., Peters, Tj., Bläsi, H.-R., Schenker, F. & Weiss, H.-P. (1988b): Sondierbohrung Schafisheim – Geologie. Nagra Tech. Ber. NTB 86-03.
- Merki, P. (1958): Geologische Untersuchungen im Aargauer Jura: Blatt Aarau, östlicher Teil. Unpubl. Diplomarbeit ETH Zürich.
- Moesch, C. (1867): Geologische Beschreibung des Aargauer-Jura und der nördlichen Gebiete des Kantons Zürich. *Beitr. geol. Karte Schweiz* 4.

- Moesch, C. (1874): Der südliche Aargauer-Jura und seine Umgebungen. Beitr. geol. Karte Schweiz 10.
- Mühlberg, M. (1898): Über die Stratigraphie des Braunen Juras im nordschweizerischen Jura-gebirge. Diss. Phil. Zürich.
- Mühlberg, M. (1900): Vorläufige Mitteilung über die Stratigraphie des Braunen Jura im nordschweizerischen Juragebirge. Eclogae geol. Helv. 6, 293-331.
- Mühlberg, M. (1908): Erläuterungen zur geologischen Karte der Umgebung von Aarau (Blatt 8). Geol. Komm. Schweiz. natf. Ges.
- Murphy, M.A. & Salvador, A. (1999): International Subcommittee on Stratigraphic Classification of IUGS International Commission on Stratigraphy – International Stratigraphic Guide – An Abridged Version. Episodes 22, 255-271.
- Müri, J. (1959): Geologische Untersuchungen im Aargauer Jura: Blatt Rupperswil, nördlich der Aare. Unpubl. Diplomarbeit ETH Zürich.
- Nagra (1984): Die Kernbohrung Beznau. Nagra Tech. Ber. NTB 84-34.
- Nagra (2008): Vorschlag geologischer Standortgebiete für das SMA- und das HAA-Lager: Geologische Grundlagen. Nagra Tech. Ber. NTB 08-04.
- Nagra (2014): SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlage: Geologische Grundlagen. Dossier II: Sedimentologische und tektonische Verhältnisse. Nagra Tech. Ber. NTB 14-02.
- Ohmert, W. (1988): Das Unter-Bajocium von Badenweiler (Oberrhein), verglichen mit Nachbar-gebieten. Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg 30, 315-348.
- Ohmert, W., Gassmann, G., Schatz, R.H. & Stetter, L. (1995). Das höhere Unter-Bajocium (ehemals Mittel-Bajocium) von Lörrach. II. Die humphriesianum-Zone. Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg, 35, 25-264.
- Ogg, J.G., Ogg, G. & Gradstein, F.M. (2016): The Concise Geologic Time Scale. Cambridge University Press, 184 pp.
- Peters, Tj., Matter, A., Bläsi, H.-R. & Gautschi, A. (1986): Sondierbohrung Böttstein – Geologie. Nagra Tech. Ber. NTB 85-02.
- Peters, Tj., Matter, A., Meyer, J., Isenschmid, Ch. & Ziegler, H.J. (1989a): Sondierbohrung Kaisten – Geologie. Nagra Tech. Ber. NTB 86-04.
- Peters, Tj., Matter, A., Bläsi, H.R., Isenschmid, Ch., Kleboth, P., Meyer, Ch. & Meyer, J. (1989): Sondierbohrung Leuggern – Geologie. Nagra Tech. Ber. NTB 86-05.
- Poulsen, N.E. & Riding, J.B. (2003): The Jurassic dinoflagellate cyst zonation of Subboreal Northwest Europe. Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin 1, 115-144.
- Prauss, M. (1989): Dinozysten-Stratigraphie und Palynofazies im Oberen Lias und Dogger von NW-Deutschland. Palaeontographica, Abteilung B, 214/1-4, 1-124.
- Quenstedt, F.A. (1856-57): Der Jura. Vol. 1-4. Laupp, Tübingen.

- Remane, J., Adatte, T., Berger, J.P., Burkhalter, R., Dall'Agnolo, S., Decrouez, D., Fischer, H., Funk, H., Furrer, H., Graf, H.R., Gouffon, Y., Heckendorn, W. & Winkler, W. (2005): Richtlinien zur stratigraphischen Nomenklatur. *Eclogae geol. Helv.* 98/3, 385-405.
- Schmassmann, H. (1945): Stratigraphie des mittleren Doggers der Nordschweiz. *Tätber. Natf. Ges. Basel* 14/1944, 13-180.
- Schneider, J.F. & Matousek, F. (1990): Geologische Standortabklärung für eine Deponie in Villigen (Gebiet "Unterboden"). Bericht vom 6.6.1990, D302B, z.H. Baudepartement des Kantons Aargau, Abt. Umweltschutz, SGD 26150.
- Schweigert, G. (2015): Chapter 14: Ammonoid biogeography in the Jurassic. *In*: Klug, C., Korn, D., De Baets, K., Kruta, I. & Mapes, R.H. (eds.): *Ammonoid Paleobiology: From Macroevolution to Paleogeography*. *Topics in Geobiology* 44, 389-402. Springer Publ.
- Steininger, F.F. & Piller, E. (1999): Empfehlungen (Richtlinien) zur Handhabung der stratigraphischen Nomenklatur. *Courier Forschungsinst. Senckenberg* 209, 1-19.
- Stratabugs, version 2.1 (accessed June 2016): StrataData Ltd., UK. <http://www.stratadata.co.uk>.
- Strübin, K. (1900): Ein Aufschluss der Sowerbyi-Schichten im Basler Tafeljura. *Eclogae geol. Helv.* 6, 332-342.
- Strübin, K. (1901): Beiträge zur Kenntnis der Stratigraphie des Basler Tafeljura, speziell des Gebietes von Kartenblatt 28, Kaiseraugst (Siegfriedatlas). Diss. Univ. Basel.
- Timescale Creator, version 7.0 (accessed 30. July 2016): Geologic TimeScale Foundation. <https://engineering.purdue.edu/Stratigraphy/tscreator/>.
- Trümpy, R. (1980): *Geology of Switzerland, a guide-book*. Part A: An outline of the geology of Switzerland. Schweiz, geol. Komm. Wepf & Co., Basel.
- Wetzel, A., Allia, V., Gonzalez, R. & Jordan, P. (1993): Sedimentation und Tektonik im Ostjura. *Eclogae geol. Helv.* 86, 313-332.
- Wetzel, A., Allenbach, R. & Allia, V. (2003): Reactivated basement structures affecting the sedimentary facies in a tectonically "quiescent" epicontinental basin: an example from NW Switzerland. *Sedimentary Geology* 157, 153-172.
- Wille, W. & Gocht, H. (1985): Solitäre und kettenbildende Dinoflagellaten-Zysten aus dem Jura Südwestdeutschlands. *Review of Palaeobotany and Palynology* 45, 121-147.

Ammonitentafeln

Tafel 1	Fasiswald	T-2
Tafel 2	Unterer Hauenstein	T-4
Tafel 3	Wasserflue/Thalheim	T-6
Tafel 4	Frickberg 1	T-8
Tafel 5	Frickberg 2	T-10
Tafel 6	Frickberg 3	T-12
Tafel 7	Cheisacher 1	T-14
Tafel 8	Cheisacher 2	T-16
Tafel 9	Cheisacher 3	T-18
Tafel 10	Cheisacher 4	T-20
Tafel 11	Böttstein 1	T-22
Tafel 12	Böttstein 2	T-24
Tafel 13	Surb 1	T-26
Tafel 14	Surb 2	T-28
Tafel 15	Acheberg 1	T-30
Tafel 16	Acheberg 2	T-32

Tafel 1 Fasiswald

- Fig. 1: *Leioceras goetzendorfensis* (Dorn 1935) S. 26 ff.
Aalénien, Opalinum-Zone, «Comptum»-Subzone, Fasiswald,
Schicht 22.
- Fig. 2: *Leioceras cf. unicum* S. 26 ff.
Aalénien, Opalinum-Zone, «Comptum»-Subzone, Fasiswald,
Schicht 22.
- Fig. 3: *Ancoleioceras* sp. oder *Leioceras* sp. S. 26 ff.
Aalénien, evtl. Murchisonae-Zone, Fasiswald, Schicht 25.
- Fig. 4: *Brasilia cf. bradfordensis* (Buckman 1887) S. 26 ff.
Aalénien, Bradfordensis-Zone, Fasiswald, Schicht 26.
- Fig. 5: *Brasilia austera* (Buckman 1923) S. 26 ff.
Aalénien, Bradfordensis-Zone, Fasiswald, Schicht 32.

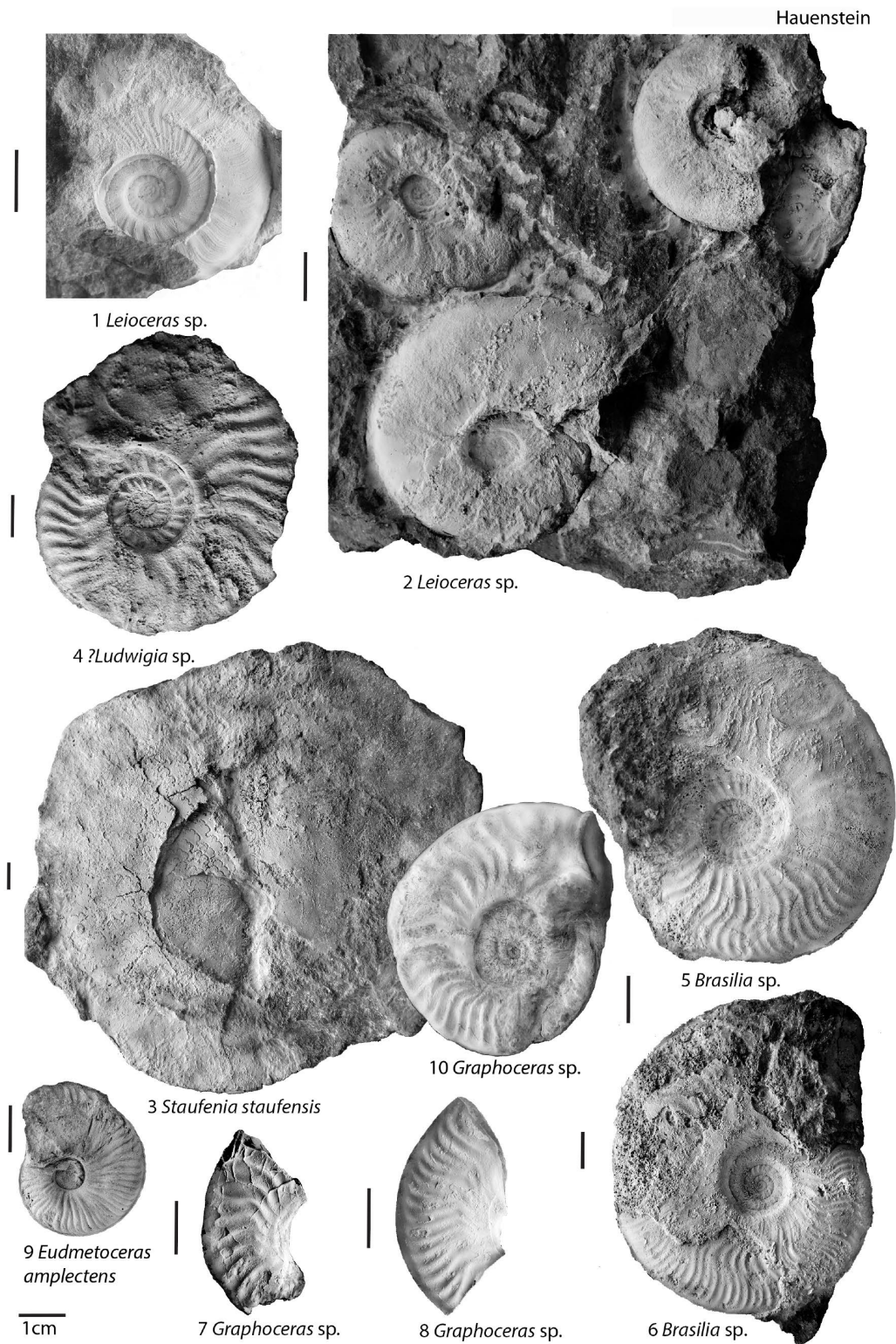
Fasiswald

1 *Leioceras goetzendorfensis*2 *Leioceras cf. uncum*3 *Ancoleioceras* sp. oder
Leioceras sp.4 *Brasilia cf. bradfordensis*5 *Brasilia austera*

 1cm

Tafel 2 Unterer Hauenstein

- Fig. 1: *Leioceras* sp. S. 38 ff.
Aalénien, Opalinum-Zone, «Comptum»-Subzone, Unterer Hauenstein,
Schicht 21 – 22.
- Fig. 2: *Leioceras* sp. S. 38 ff.
Aalénien, Opalinum-Zone, «Comptum»-Subzone, Unterer Hauenstein,
Schicht 21 – 22.
- Fig. 3: *Staufenia staufensis* (Oppel 1856) S. 38 ff.
Aalénien, Bradfordensis-Zone, Bradfordensis-Subzone,
Unterer Hauenstein, Schicht 26 – 27.
- Fig. 4: *?Ludwigia* sp. S. 38 ff.
Aalénien, Bradfordensis-Zone, Unterer Hauenstein, Schicht 26 – 27.
- Fig. 5: *Brasilia* sp. S. 38 ff.
Aalénien, Bradfordensis-Zone, Unterer Hauenstein, Schicht 26 – 27.
- Fig. 6: *Brasilia* sp. S. 38 ff.
Aalénien, Bradfordensis-Zone, Unterer Hauenstein, Schicht 26 – 27.
- Fig. 7: *Graphoceras* sp. S. 38 ff.
Aalénien, Concavum-Zone, evtl. Concavum-Subzone,
Unterer Hauenstein, Schicht 28.
- Fig. 8: *Graphoceras* sp. S. 38 ff.
Aalénien, Concavum-Zone, evtl. Concavum-Subzone,
Unterer Hauenstein, Schicht 28.
- Fig. 9: *Eudmetoceras amplexans* S. 38 ff.
Aalénien, Concavum-Zone, evtl. Formosum-Subzone,
Unterer Hauenstein, Schicht 28.
- Fig. 10: *Graphoceras* sp. S. 38 ff.
Aalénien, Concavum-Zone, evtl. Concavum-Subzone,
Unterer Hauenstein, Schicht 28.

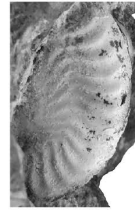


Tafel 2: Ammoniten Hauenstein

Tafel 3 Wasserflue/Thalheim

- Fig. 1: *Ludwigia falcifera* (Althoff 1940) S. 49 ff.
Aalénien, Bradfordensis-Zone, Wasserflue, 1.20 m im Profil.
- Fig. 2: *Brasilia* ex gr. *bradfordensis* (Buckman 1887) S. 49 ff.
Aalénien, Bradfordensis-Zone, Wasserflue, 1.20 m im Profil.
- Fig. 3: *Graphoceras* sp. S. 49 ff.
Aalénien, Concavum-Zone, evtl. Formosum-Subzone, Wasserflue,
1.37 m.
- Fig. 4: *Graphoceras* sp. S. 49 ff.
Aalénien, Concavum-Zone, Formosum-Subzone, Wasserflue, 1.45 m.
- Fig. 5: *Eudmetoceras amplexans* (Buckman 1889) S. 49 ff.
Aalénien, Concavum-Zone, Formosum-Subzone, Wasserflue, 1.45 m.
- Fig. 6: *Stephanoceras* ex gr. *umbilicum* (Quenstedt 1886) S. 63 ff.
Aalénien, Humphriesianum-Zone, Humphriesianum-Subzone,
Thalheim, THA 29.

Wasserflue

1 *Ludwigia falcifera*2 *Brasilia* ex gr. *bradfordensis*3 *Graphoceras* sp.4 *Graphoceras* sp.5 *Eudmetoceras amplectens*

Thalheim

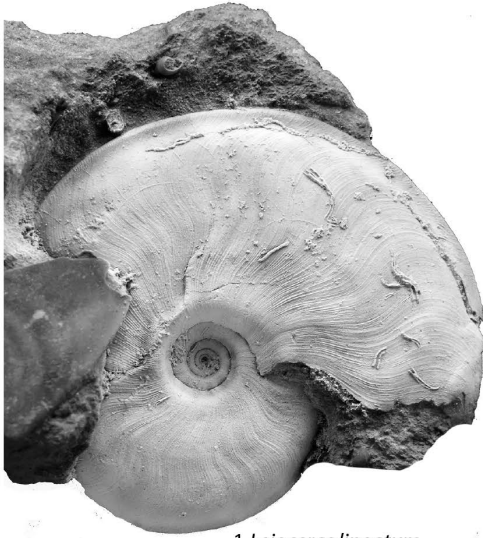
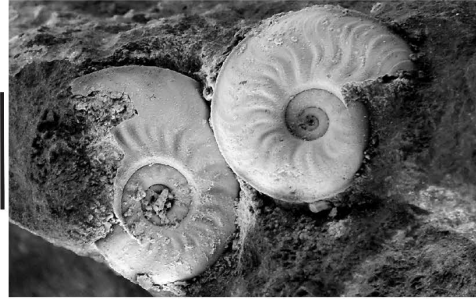
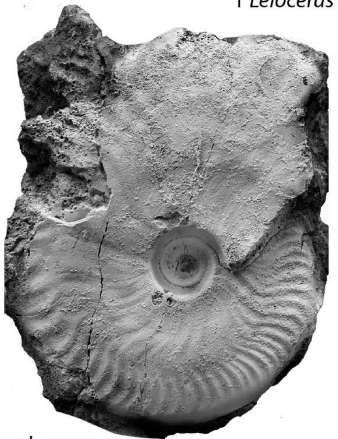
6 *Stephanoceras* ex gr. *umbilicum*

 1cm

Tafel 4 Frickberg 1

- Fig. 1: *Leioceras lineatum* (Buckman 1899) S. 79 ff.
Aalénien, Opalinum-Zone, Opalinum-Subzone, *lineatum*-Horizont,
Frickberg-Ost, Schicht 16.
- Fig. 2: *Leioceras lineatum* (Buckman 1899) S. 79 ff.
Aalénien, Opalinum-Zone, Opalinum-Subzone, *lineatum*-Horizont,
Frickberg-Ost, Schicht 16.
- Fig. 3: *Brasilia* ex gr. *bradfordensis* (Buckman 1887) S. 79 ff.
Aalénien, Bradfordensis-Zone, Frickberg-Ost, Schicht 24.
- Fig. 4: *Graphoceras* sp. S. 79 ff.
Aalénien, Concavum-Zone, Concavum-Subzone, Frickberg-Ost,
Schicht 26.
- Fig. 5: *Graphoceras* sp. S. 79 ff.
Aalénien, Concavum-Zone, Concavum-Subzone, Frickberg-Ost,
Schicht 26.
- Fig. 6: *Eudmetoceras amplexans* (Buckman 1889) S. 79 ff.
Aalénien, Concavum-Zone, Formosum-Subzone, Frickberg-Ost,
Schicht 27.

Frickberg 1

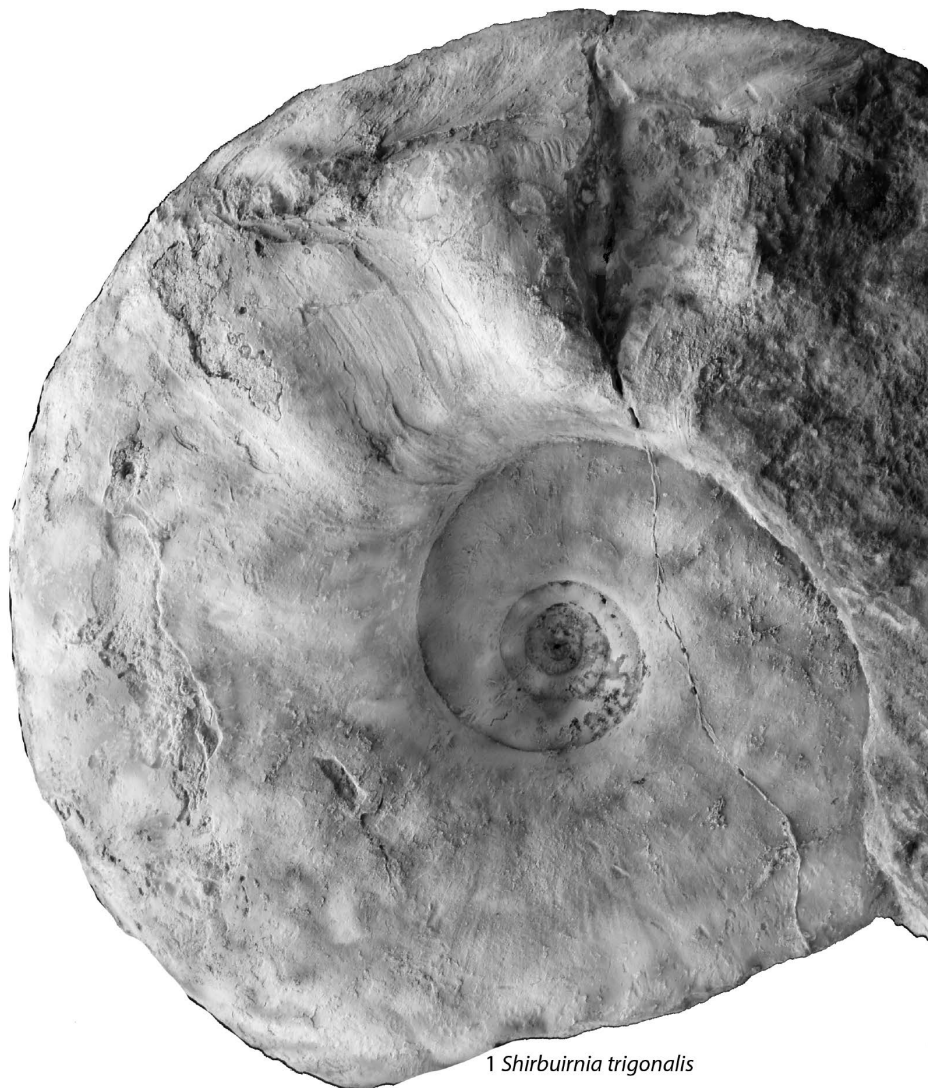
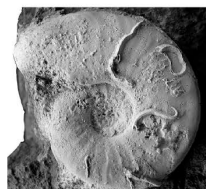
1 *Leioceras lineatum*2 *Leioceras lineatum*4 *Graphoceras* sp.3 *Brasilia* ex gr. *bradfordensis*6 *Eudmetoceras amplexens*5 *Graphoceras* sp.

1cm

Tafel 5 Frickberg 2

- Fig. 1: *Shirbuirnia trigonalis* (Buckman) S. 79 ff.
 Bajocien, Laeviuscula-Zone, Trigonalis-Subzone, Frickberg-West,
 Schicht 60.
- Fig. 2: *Sonninia* ex gr. *alsatica* (Haug 1885) S. 79 ff.
 Bajocien, Sauzei-Zone oder Pinguis-Subzone der Humphriesianum-Zone,
 Frickberg-West, Lesefund vermutlich aus der Basis der Schicht 94
 oder etwas darunter.
- Fig. 3: *Dorsetensia romani* (Oppel 1857) S. 79 ff.
 Bajocien, Humphriesianum-Zone, Romani-Subzone, Frickberg-West,
 Schicht 94.
- Fig. 4: *Dorsetensia liostraca* (Buckman 1892) S. 79 ff.
 Bajocien, Humphriesianum-Zone, evtl. Romani-Subzone, Frickberg-West,
 Schicht 94.
- Fig. 5: *Chondroceras* ex gr. *gervilli* (Sowerby) S. 79 ff.
 Bajocien, Humphriesianum-Zone, Humphriesianum-Subzone,
gervilli-cycloides Faunenhorizont, Frickberg-West, Schicht 96 und
 Basis Schicht 97.
- Fig. 6: *Poecilomorphus cycloides* S. 79 ff.
 Bajocien, Humphriesianum-Zone, Humphriesianum-Subzone,
gervilli-cycloides Faunenhorizont, Frickberg-West, Schicht 96 und
 Basis Schicht 97.

Frickberg 2

1 *Shirbuirnia trigonalis*2 *Sonninia ex gr. alsatica*3 *Dorsetensia romani*4 *Dorsetensia liostraca*5 *Chondroceras ex gr. gervilli*6 *Poecilomorphus cycloides*

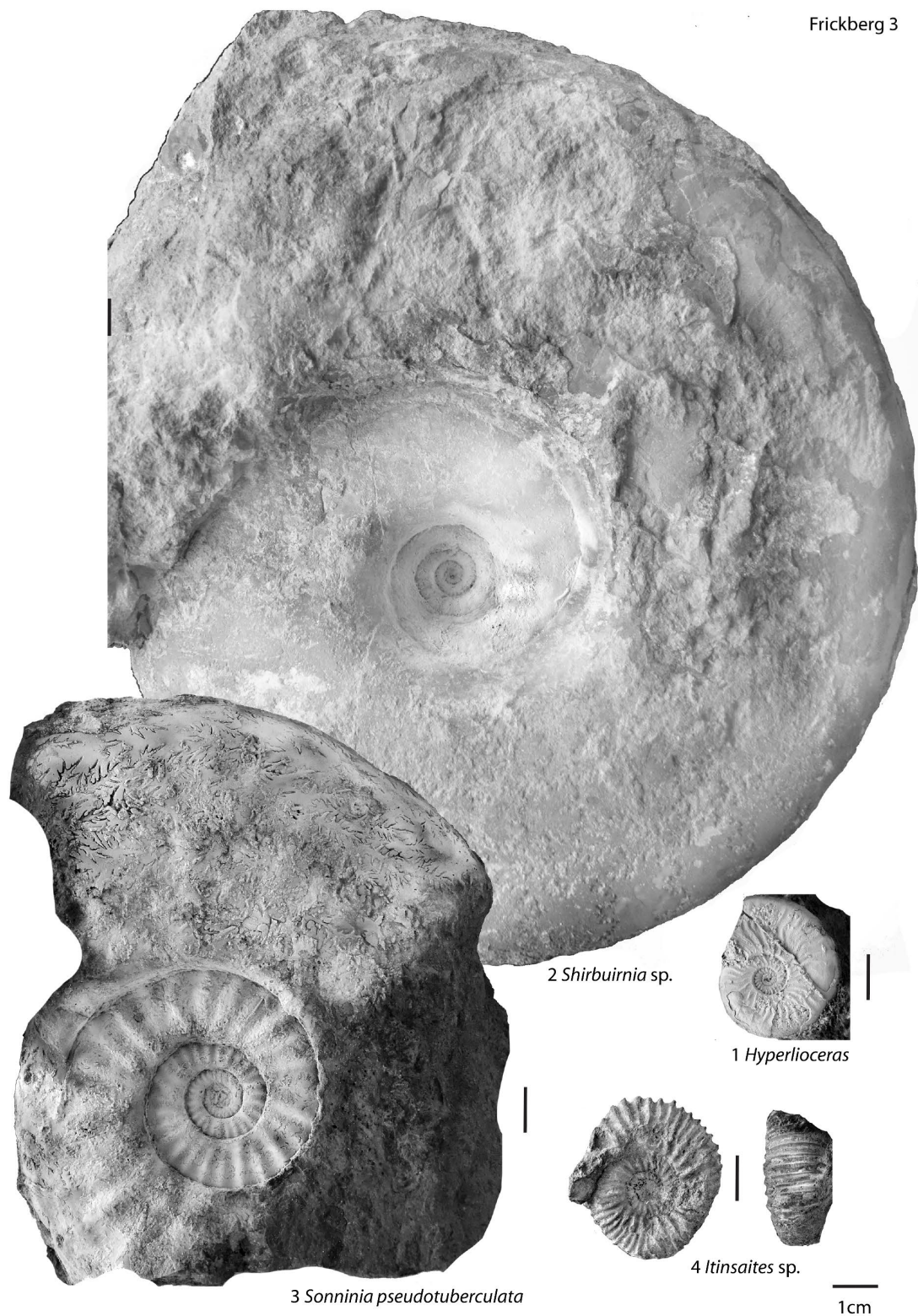
1cm

Tafel 5: Ammoniten Frickberg 2

Tafel 6 Frickberg 3

- Fig. 1: *Hyperlioceras* S. 79 ff.
Bajocien, Discites-Zone, Frickberg-West, Schicht 31.
- Fig. 2: *Shirbuirnia* sp. S. 79 ff.
Bajocien, Laeviuscula-Zone, Trigonalis-Subzone, Frickberg-West,
Schicht 60.
- Fig. 3: *Sonninia pseudotuberculata* (Dorn 1935) S. 79 ff.
Bajocien, Sauzei-Zone, Frickberg-West, Lesefund zwischen
Schicht 81 und 94.
- Fig. 5: *Itinsaites* sp. S. 79 ff.
Frickberg-West, Schicht 86.

Frickberg 3

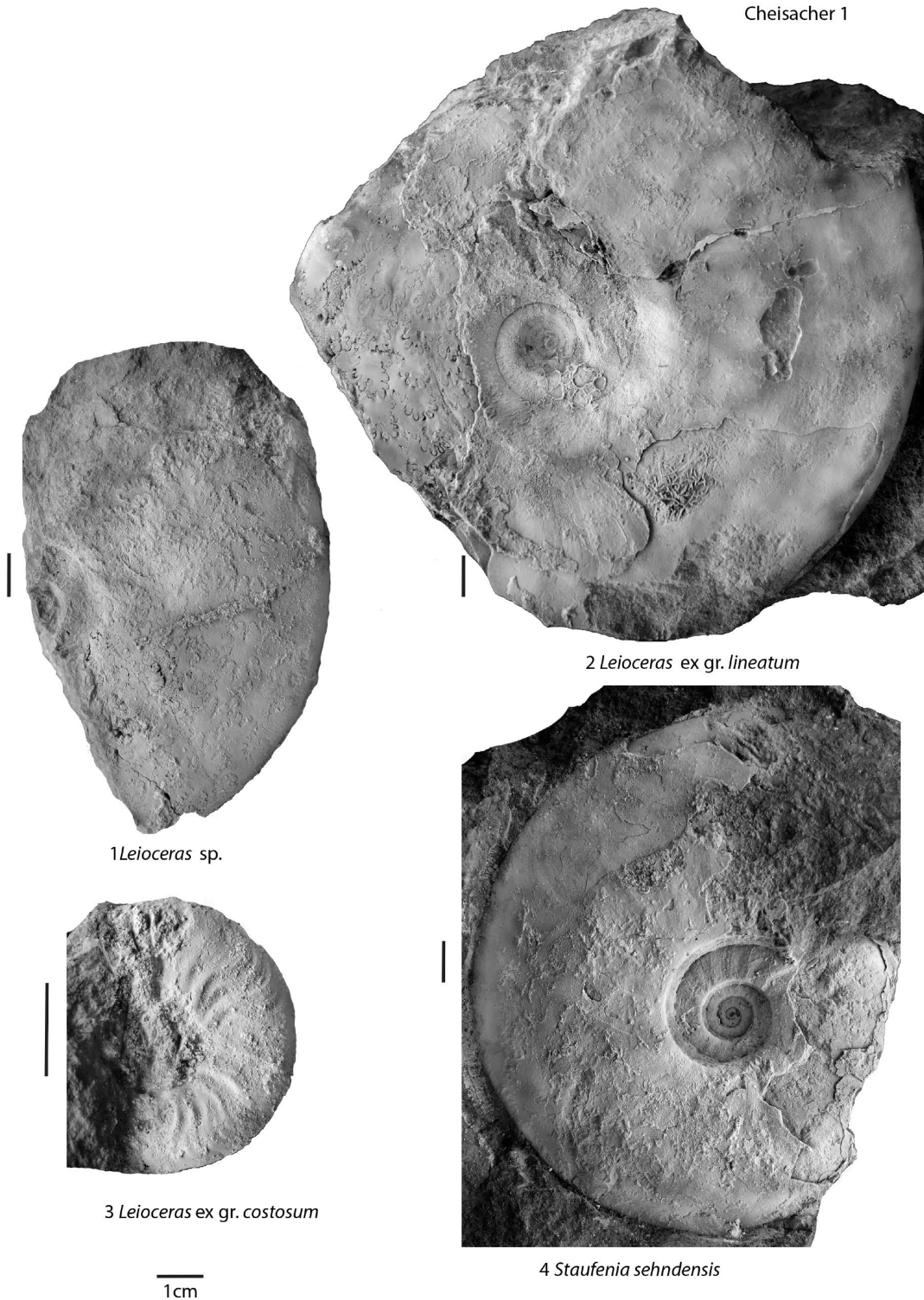


Tafel 6: Ammoniten Frickberg 3

Tafel 7 Cheisacher 1

- Fig. 1: *Leioceras* sp. S. 97 ff.
Aalénien, Opalinum-Zone, Opalinum-Subzone, Cheisacher,
Schichtgrenze 17/18.
- Fig. 2: *Leioceras* ex gr. *lineatum* (Buckman 1899) S. 97 ff.
Aalénien, Opalinum-Zone, Opalinum-Subzone, Cheisacher, Schicht 18.
- Fig. 3: *Leioceras* ex gr. *costosum* (Quenstedt 1886) S. 97 ff.
Aalénien, Opalinum-Zone, Cheisacher, Schicht 18a.
- Fig. 4: *Staufenia sehdensis* (Hoffmann 1915) S. 97 ff.
Aalénien, Murchisonae-Zone, Murchisonae-Subzone, Cheisacher,
Schicht 20 unterer Bereich.

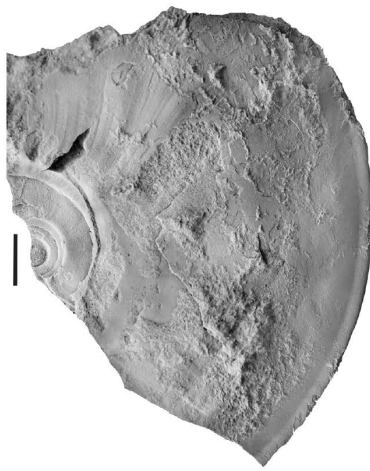
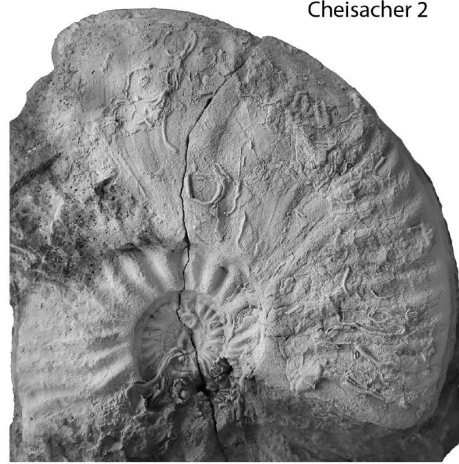
Cheisacher 1



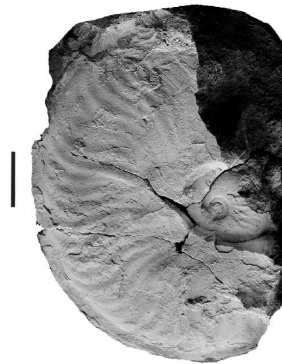
Tafel 7: Ammoniten Cheisacher 1

Tafel 8 Cheisacher 2

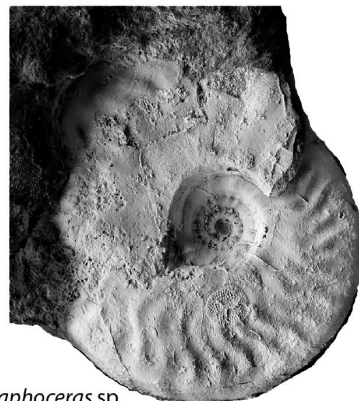
- Fig. 1: *Staufenia* ex gr. *sehdensis* (Hoffmann 1915) S. 97 ff.
Aalénien, Murchisonae-Zone, Murchisonae-Subzone, Cheisacher,
Schicht 20 unterer Bereich.
- Fig. 2: *Staufenia sehdensis* (Hoffmann 1915)..... S. 97 ff.
Aalénien, Murchisonae-Zone, Murchisonae-Subzone, Cheisacher,
Schicht 20 unterer Bereich.
- Fig. 3: *Ludwigia* sp. S. 97 ff.
Aalénien, Murchisonae-Zone, Murchisonae-Subzone, Cheisacher,
Schicht 20 oberer Bereich.
- Fig. 4: *Ludwigia* sp. S. 97 ff.
Aalénien, Murchisonae-Zone, Murchisonae-Subzone, Cheisacher,
Schicht 20 oberer Bereich.
- Fig. 5: *Ludwigia* sp. S. 97 ff.
Aalénien, Murchisonae-Zone, Murchisonae-Subzone, Cheisacher,
Schicht 20 oberer Bereich.
- Fig. 6: *?Ancoleioceras* sp. S. 97 ff.
Aalénien, Murchisonae-Zone, Murchisonae-Subzone, Cheisacher,
Schicht 20 oberer Bereich.
- Fig. 7: *Graphoceras* sp. S. 97 ff.
Aalénien, Concavum-Zone, Concavum-Subzone, Cheisacher,
Schicht 21.
- Fig. 8: *Eudmetoceras amplexens* (Buckman 1889) S. 97 ff.
Aalénien, Concavum-Zone, Formosum-Subzone, *amplexens*-Horizont,
Cheisacher, Schicht 22.

1 *Staufenia* ex gr. *sehndensis*

Cheisacher 2

3 *Ludwigia* sp.2 *Staufenia* *sehndensis*4 *Ludwigia* sp.6 ?*Ancoleioceras* sp.5 *Ludwigia* sp.8 *Eudmetoceras* *amplectens*

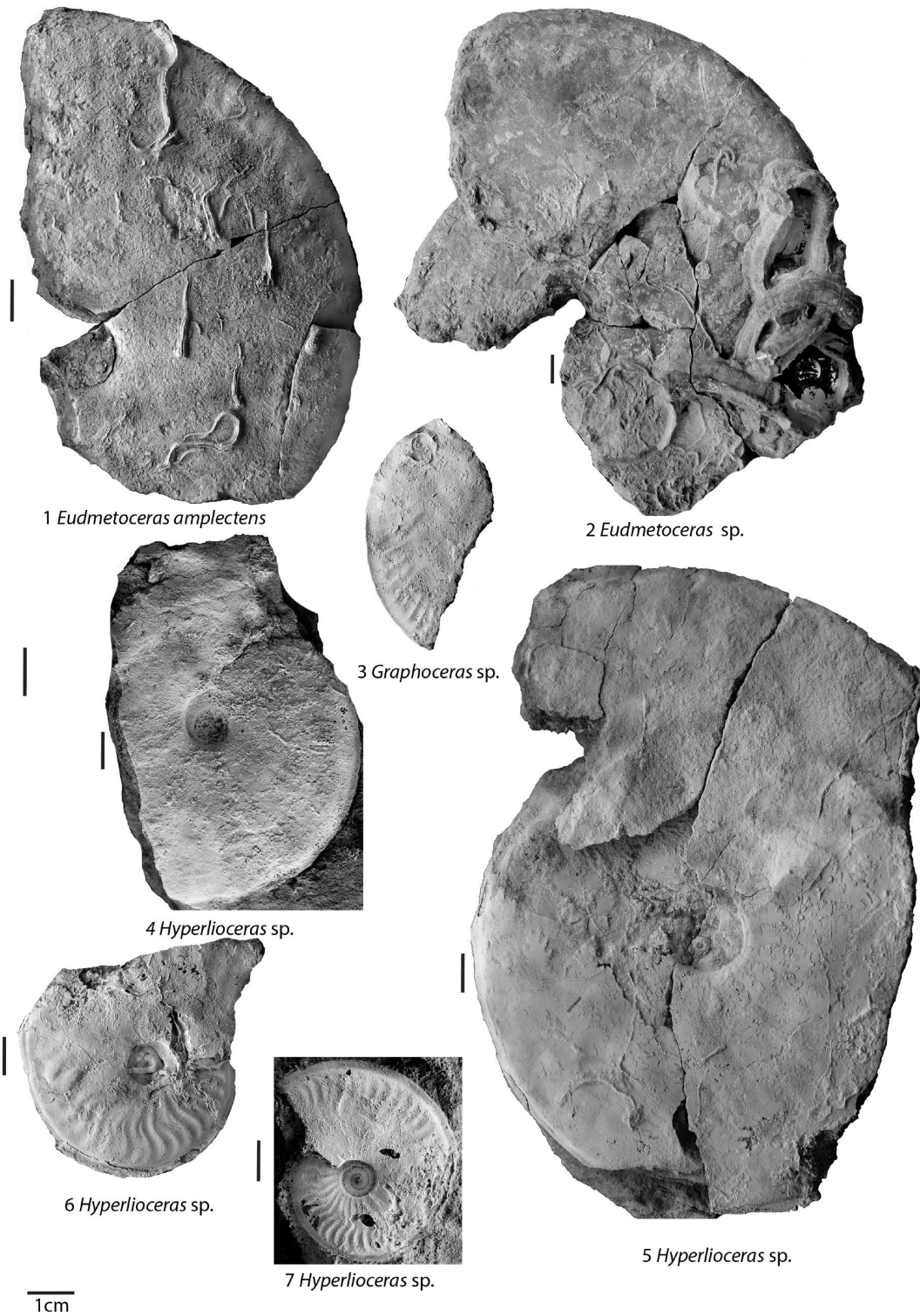
1cm

7 *Graphoceras* sp.

Tafel 9 Cheisacher 3

- Fig. 1: *Eudmetoceras amplexens* (Buckman 1889) S. 97 ff.
Aalénien, Concavum-Zone, Formosum-Subzone, *amplexens*-Horizont,
Cheisacher, Schicht 22.
- Fig. 2: *Eudmetoceras* sp. S. 97 ff.
Aalénien, Concavum-Zone, Formosum-Subzone, *amplexens*-Horizont,
Cheisacher, Schicht 22.
- Fig. 3: *Graphoceras* sp. S. 97 ff.
Aalénien, Concavum-Zone, Formosum-Subzone, Cheisacher, Schicht 22.
- Fig. 4: *Hyperlioceras* sp. S. 97 ff.
Bajocien, frühe Discites-Zone, Cheisacher, Schicht 23.
- Fig. 5: *Hyperlioceras* sp. S. 97 ff.
Bajocien, frühe Discites-Zone, Cheisacher, Schicht 23.
- Fig. 6: *Hyperlioceras* sp. S. 97 ff.
Bajocien, späte Discites-Zone, Cheisacher, Schicht 25.
- Fig. 7: *Hyperlioceras* sp. S. 97 ff.
Bajocien, späte Discites-Zone, Cheisacher, Schicht 25.

Cheisacher 3



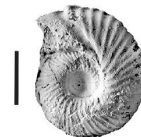
Tafel 9: Ammoniten Cheisacher 3

Tafel 10 Cheisacher 4

- Fig. 1: *Euhoploceras modestum* (Buckman 1892) S. 97 ff.
Bajocien, späte Discites-Zone, Cheisacher, Schicht 25.
- Fig. 2: *Dorsetensia liostraca* (Buckman 1892) S. 97 ff.
Bajocien, Humphriesianum-Zone, Romani-Subzone, Cheisacher,
Schicht 71.
- Fig. 3: *Chondroceras* ex gr. *gervilli* (Sowerby) S. 97 ff.
Bajocien, Humphriesianum-Zone, Humphriesianum-Subzone,
gervilli/cycloides-Faunenhorizont, Cheisacher, Schicht 75.
- Fig. 4: *Chondroceras* ex gr. *gervilli* (Sowerby) S. 97 ff.
Bajocien, Humphriesianum-Zone, Humphriesianum-Subzone,
gervilli/cycloides-Faunenhorizont, Cheisacher, Schicht 75.
- Fig. 5: *Chondroceras* ex gr. *gervilli* (Sowerby) S. 97 ff.
Bajocien, Humphriesianum-Zone, Humphriesianum-Subzone,
gervilli/cycloides-Faunenhorizont, Cheisacher, Schicht 75.
- Fig. 6: *Stephanoceras* sp. S. 97 ff.
Bajocien, Cheisacher, Schicht 71.
- Fig. 7: ?*Normannites* sp. oder ?*Epalxites* sp. S. 97 ff.
Bajocien, Humphriesianum-Zone, ?Humphriesianum-Subzone,
Cheisacher, Schicht 76.

1 *Euhoplceras modestum*7 ?*Normannites* sp. / ?*Epaxites* sp.6 *Stephanoceras* sp.

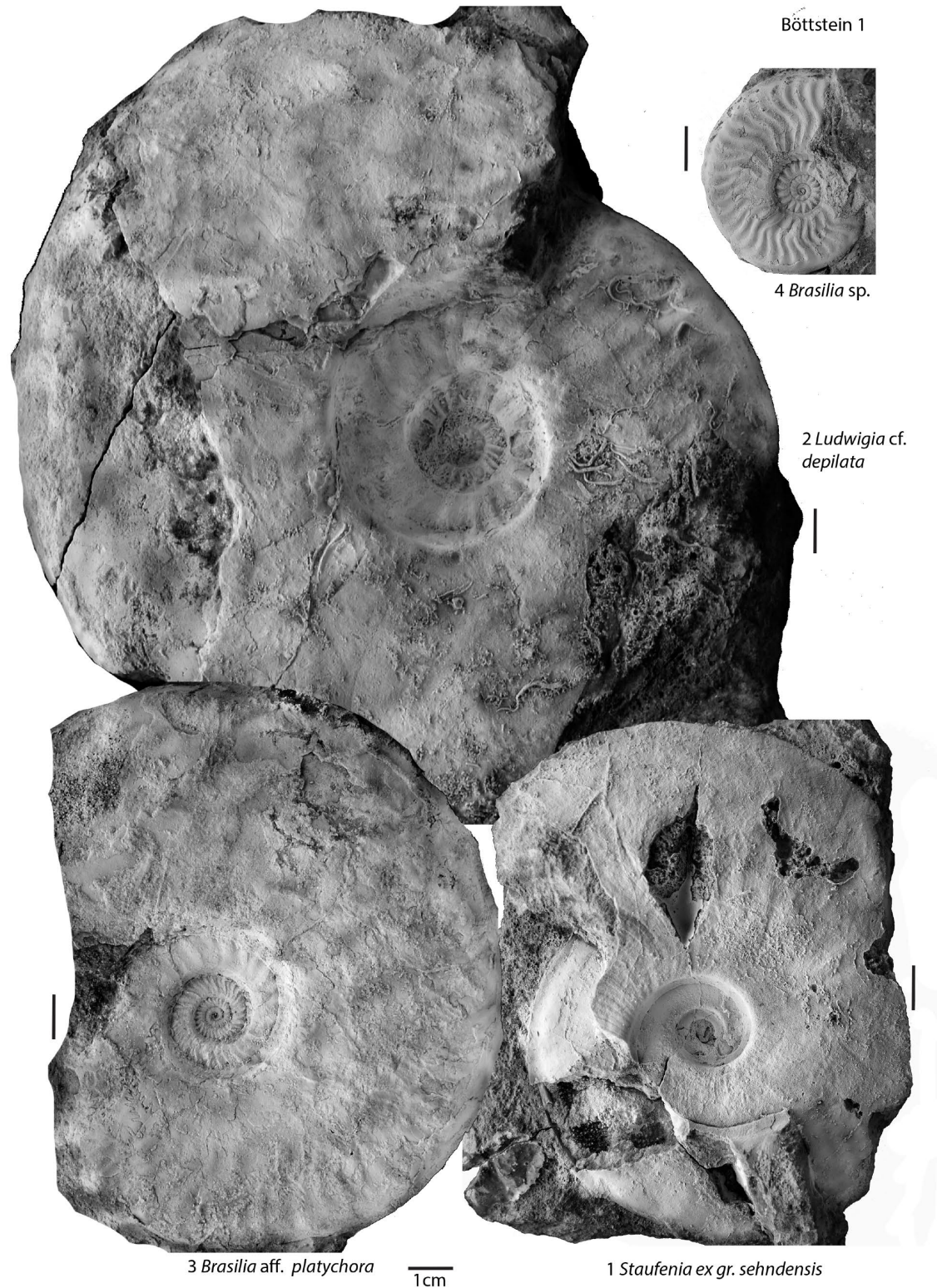
Cheisacher 4

2 *Dorsetensia liostraca*3 *Chondroceras* ex gr. *gervilli*4 *Chondroceras* ex gr. *gervilli*5 *Chondroceras* ex gr. *gervilli*

1cm

Tafel 11 Böttstein 1

- Fig. 1: *Staufenia* ex gr. *sehndensis* (Hoffmann 1913) S. 118 ff.
Aalénien, Murchisonae-Zone, Murchisonae-Subzone, *sehndensis*-
Faunenhorizont, Böttstein-Buechhalde, Schicht 4.
- Fig. 2: *Ludwigia* cf. *depilata* (Buckman 1925) S. 118 ff.
Aalénien, Murchisonae-Zone, Murchisonae-Subzone, *sehndensis*-
Faunenhorizont, Böttstein-Buechhalde, Schicht 4.
- Fig. 3: *Brasilia* aff. *platychora* (Buckman 1899) S. 118 ff.
Aalénien, Bradfordensis-Zone, Bradfordensis-Subzone, Böttstein-
Buechhalde, Schicht 6a – 6co.
- Fig. 4: *Brasilia* sp. S. 118 ff.
Aalénien, Bradfordensis-Zone, Bradfordensis-Subzone, Böttstein-
Buechhalde, Schicht 6a – 6co.

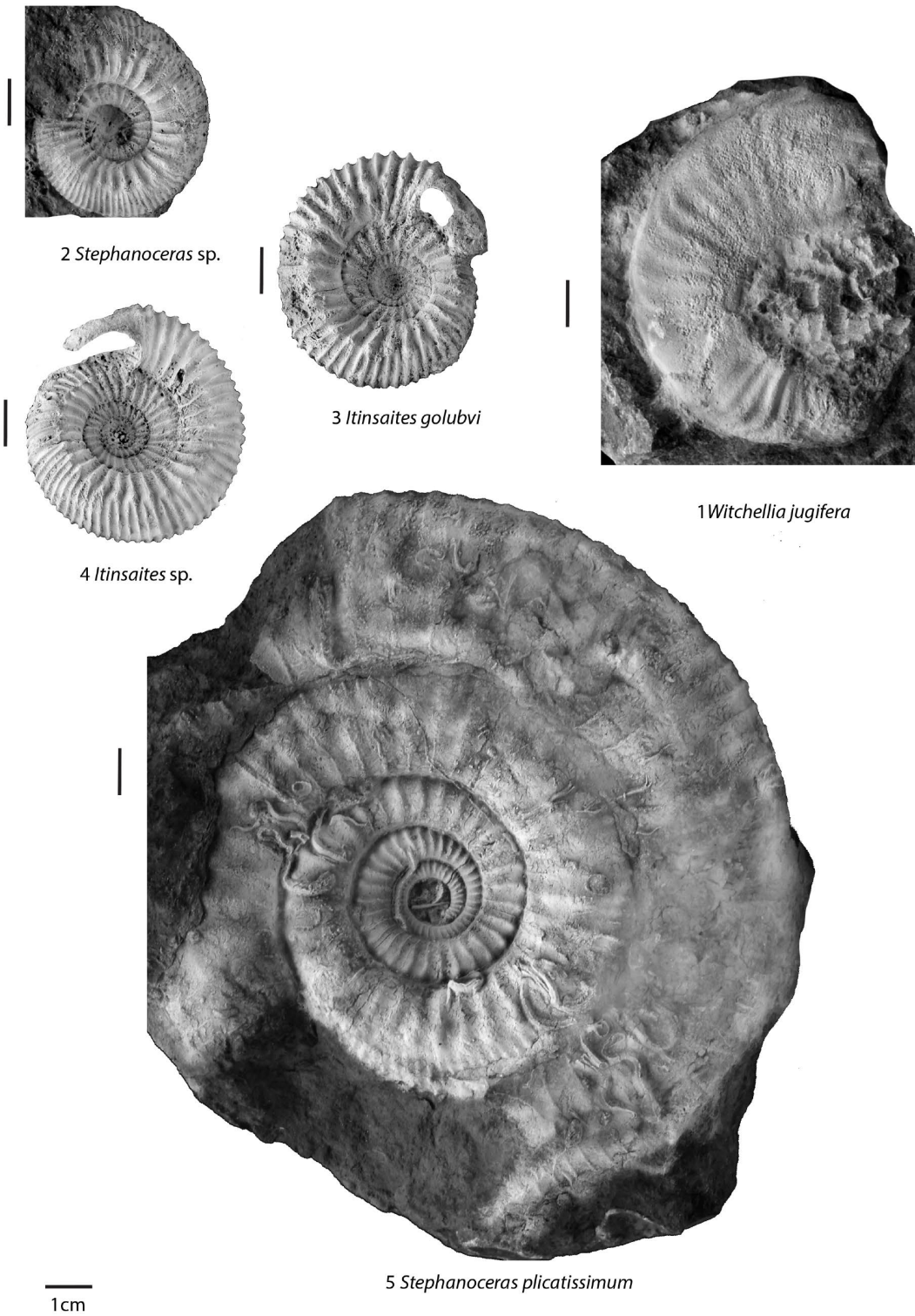


Tafel 11: Ammoniten Böttstein 1

Tafel 12 Böttstein 2

- Fig. 1: *Witchellia jugifera* (Waagen 1876) S. 118 ff.
Bajocien, Laeviuscula-Zone, Trigonalis-Subzone, Böttstein-
Buechhalde, Lesefund aus den Schichten 16 – 18.
- Fig. 2: *Stephanoceras* sp. S. 118 ff.
Bajocien, Humphriesianum-Zone, Humphriesianum-Subzone,
Böttstein-Chrummuerich, Schicht 21.
- Fig. 3: *Itinsaites golubvi* S. 118 ff.
Bajocien, Humphriesianum-Zone, Humphriesianum-Subzone,
Böttstein-Chrummuerich, Schicht 19 im Top.
- Fig. 4: *Itinsaites* sp. S. 118 ff.
Bajocien, Humphriesianum-Zone, Humphriesianum-Subzone,
Böttstein-Chrummuerich, Schicht 19 im Top.
- Fig. 5: *Stephanoceras plicatissimum* (Quenstedt) S. 118 ff.
Bajocien, Humphriesianum-Zone, Humphriesianum-Subzone,
Böttstein-Chrummuerich, Schicht 21.

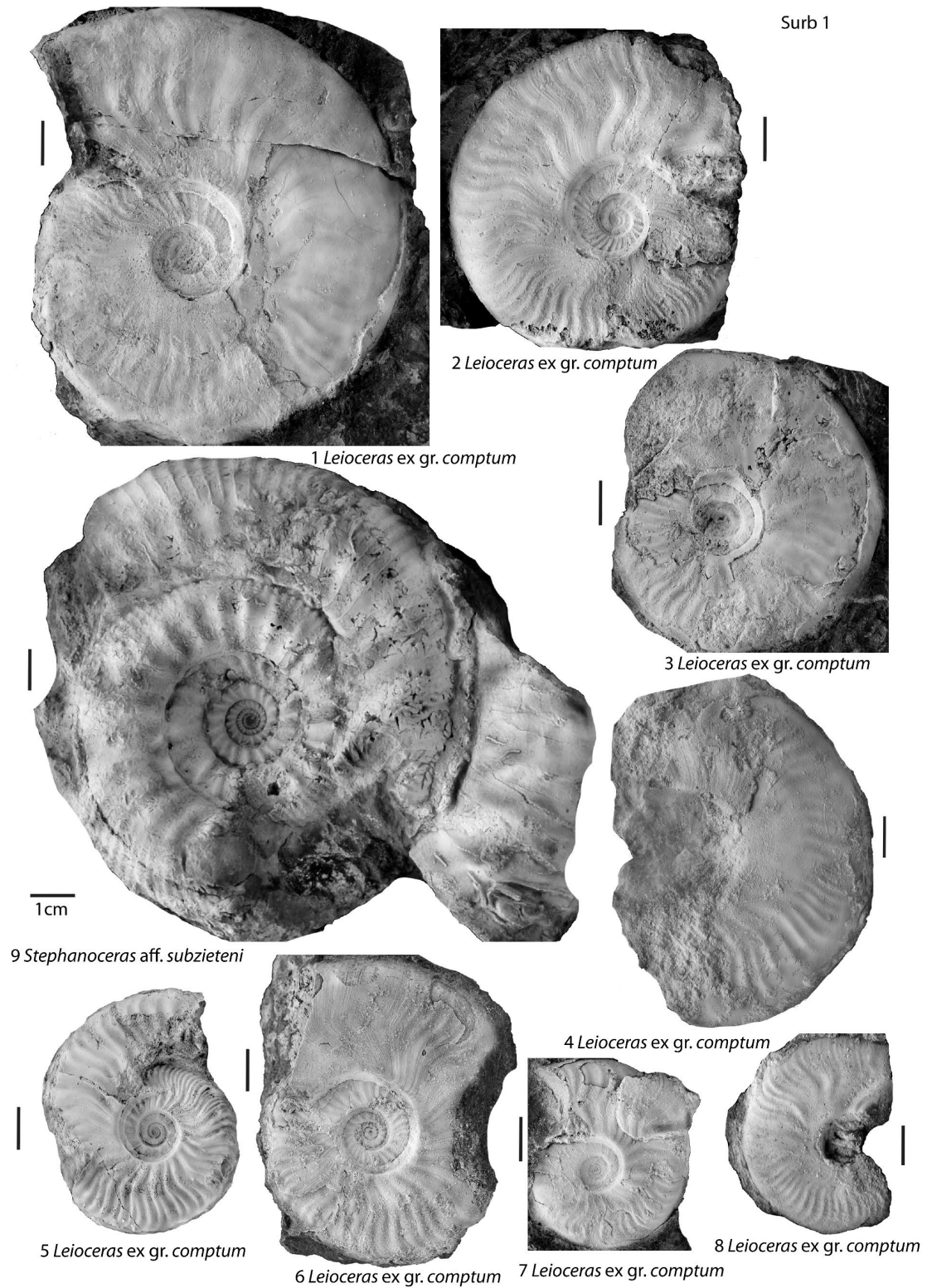
Böttstein 2



Tafel 12: Ammoniten Böttstein 2

Tafel 13 Surb 1

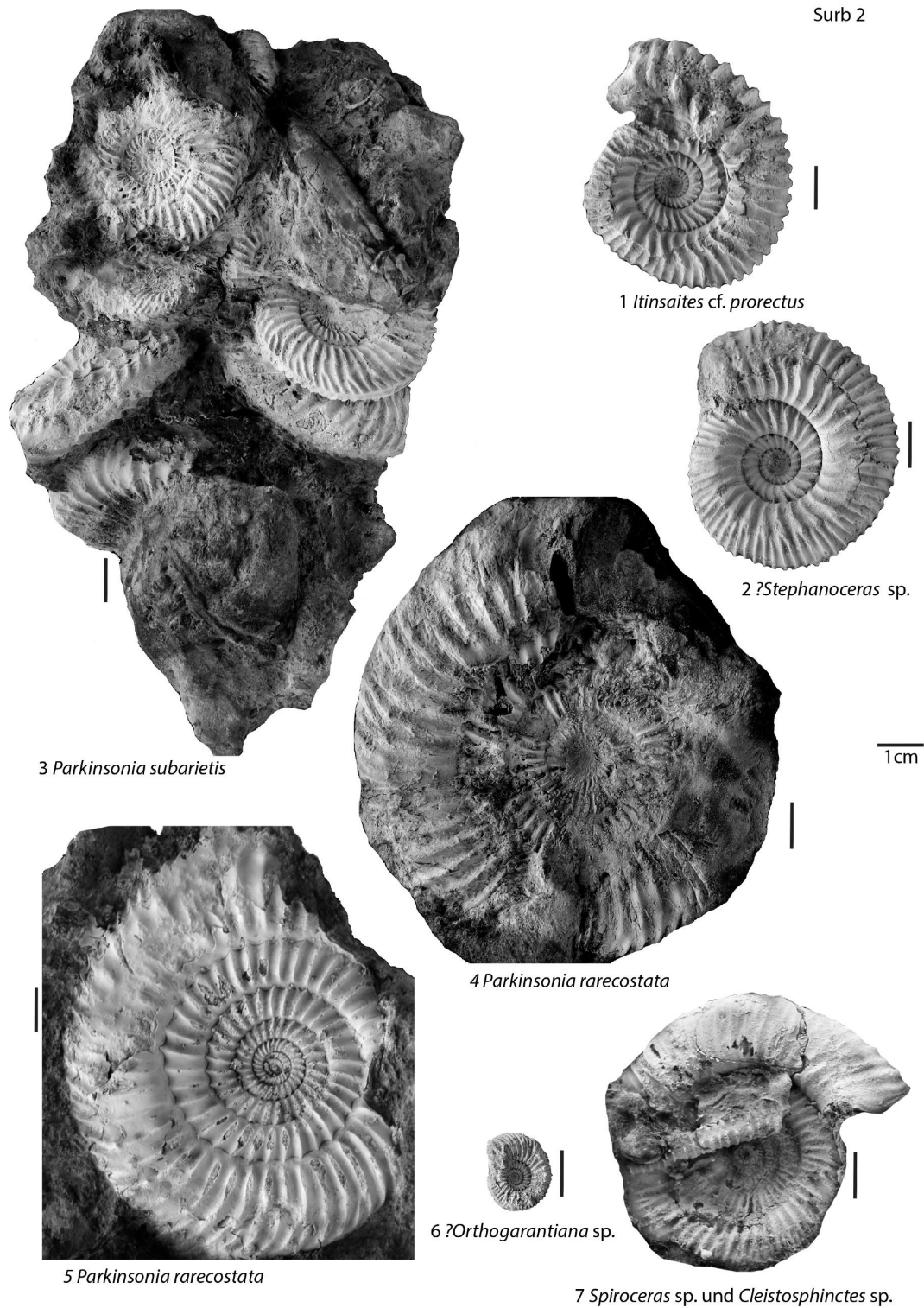
- Fig. 1: *Leioceras* ex gr. *comptum* S. 150 ff.
Aalénien, Opalinum-Zone, «Comptum»-Subzone, Surb-Unten,
Schicht 14.
- Fig. 2: *Leioceras* ex gr. *comptum* S. 150 ff.
Aalénien, Opalinum-Zone, «Comptum»-Subzone, Surb-Unten,
Schicht 14.
- Fig. 3: *Leioceras* ex gr. *comptum* S. 150 ff.
Aalénien, Opalinum-Zone, «Comptum»-Subzone, Surb-Unten,
Schicht 14.
- Fig. 4: *Leioceras* ex gr. *comptum* S. 150 ff.
Aalénien, Opalinum-Zone, «Comptum»-Subzone, Surb-Unten,
Schicht 14.
- Fig. 5: *Leioceras* ex gr. *comptum* S. 150 ff.
Aalénien, Opalinum-Zone, «Comptum»-Subzone, Surb-Unten,
Schicht 10 – Schicht 12.
- Fig. 6: *Leioceras* ex gr. *comptum* S. 150 ff.
Aalénien, Opalinum-Zone, «Comptum»-Subzone, Surb-Unten,
Schicht 10 – Schicht 12.
- Fig. 7: *Leioceras* ex gr. *comptum* S. 150 ff.
Aalénien, Opalinum-Zone, «Comptum»-Subzone, Surb-Unten,
Schicht 10 – Schicht 12.
- Fig. 8: *Leioceras* ex gr. *comptum* S. 150 ff.
Aalénien, Opalinum-Zone, «Comptum»-Subzone, Surb-Unten,
Schicht 14.
- Fig. 9: *Stephanoceras* aff. *subzieteni* (Schmidtill & Krumbeck 1938) S. 150 ff.
Bajocien, Humphriesianum-Zone, Humphriesianum-Subzone,
Surb-Oben, Schicht 29 – Schicht 31.



Tafel 13: Ammoniten Surb 1

Tafel 14 Surb 2

- Fig. 1: *Itinsaites* cf. *prorectus* Westermann S. 150 ff.
Bajocien, Humphriesianum-Zone, Humphriesianum-Subzone,
Surb-Oben, Schicht 29 – Schicht 31.
- Fig. 2: *?Stephanoceras* sp. S. 150 ff.
Bajocien, Humphriesianum-Zone, Surb-Oben, Schicht 29 – Schicht 31.
- Fig. 3: *Parkinsonia subarietis* (Wetzel 1911) S. 150 ff.
Bajocien, Parkinsoni-Zone, Acris-Subzone, Surb-ARA,
Lese fund aus dem Schichtabschnitt 44 – 48.
- Fig. 4: *Parkinsonia rarecostata* (Buckman 1881) S. 150 ff.
Bajocien, Parkinsoni-Zone, Acris-Subzone, Surb-ARA,
Lese fund aus dem Schichtabschnitt 44 – 48.
- Fig. 5: *Parkinsonia rarecostata* (Buckman 1881) S. 150 ff.
Bajocien, Parkinsoni-Zone, Acris-Subzone, Surb-ARA,
Lese fund aus dem Schichtabschnitt 44 – 48.
- Fig. 6: *?Orthogarantiana* sp. S. 150 ff.
Bajocien, Niortense-Zone, Polygyralis- oder Baculata-Subzone,
Surb-ARA, Schicht 19.
- Fig. 7: *Spiroceras sauzeanum* oder *S. orbigny* und *Cleistosphinctes* sp. S. 150 ff.
Bajocien, Niortense-Zone, Polygyralis- oder Baculata-Subzone,
Surb-ARA, Schicht 22.

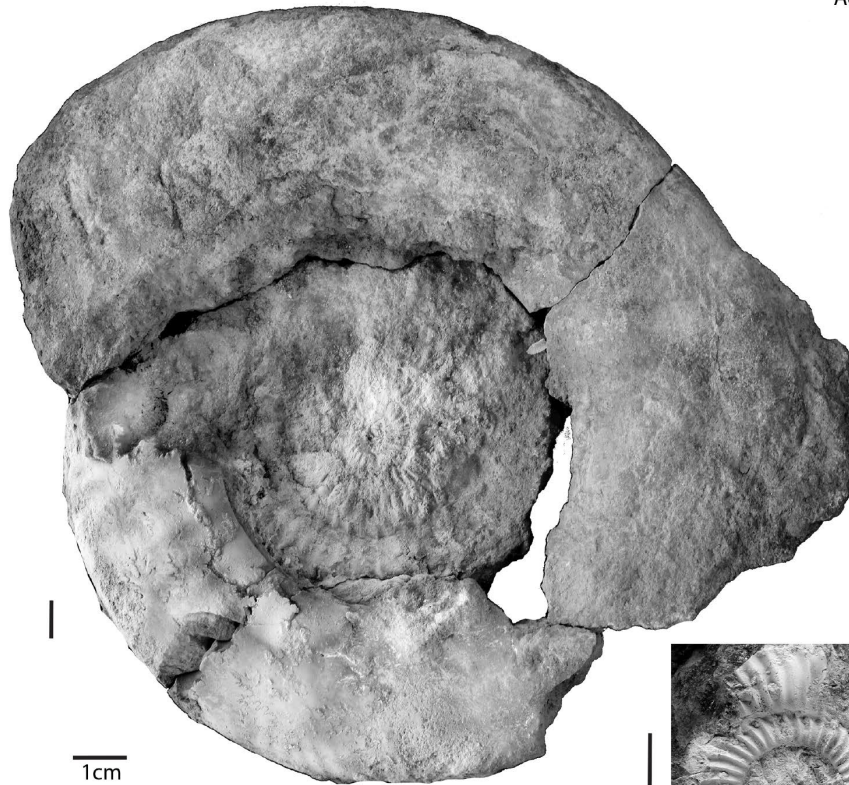
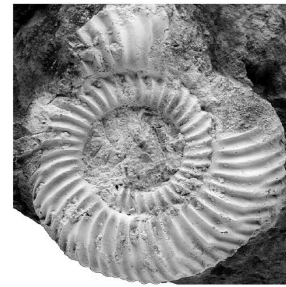
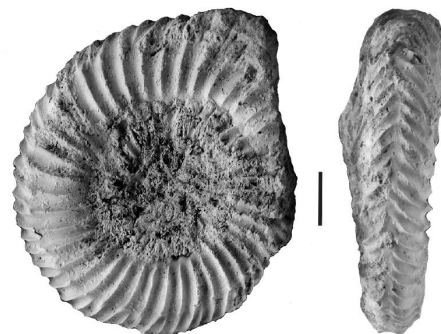


Tafel 14: Ammoniten Surb 2

Tafel 15 Acheberg 1

- Fig. 1: *Bigotites* sp. S. 170 ff.
Bajocien, Garantiana-Zone, ?Tetragona-Subzone, Acheberg-Klingnau, Schicht 25.
- Fig. 2: *Parkinsonia subarietis* Wetzel, 1911 S. 170 ff.
Bajocien, Parkinsoni-Zone, Acris-Subzone, Acheberg-Klingnau,
Schicht 33.
- Fig. 3: *Parkinsonia subarietis* Wetzel, 1911 S. 170 ff.
Bajocien, Parkinsoni-Zone, Acris-Subzone, Acheberg-Klingnau,
Schicht 33.
- Fig. 4: *Parkinsonia* ex gr. *bradstockensis* S. 170 ff.
Bajocien, Parkinsoni-Zone, Acris-Subzone, Acheberg-Klingnau,
Lese fund.

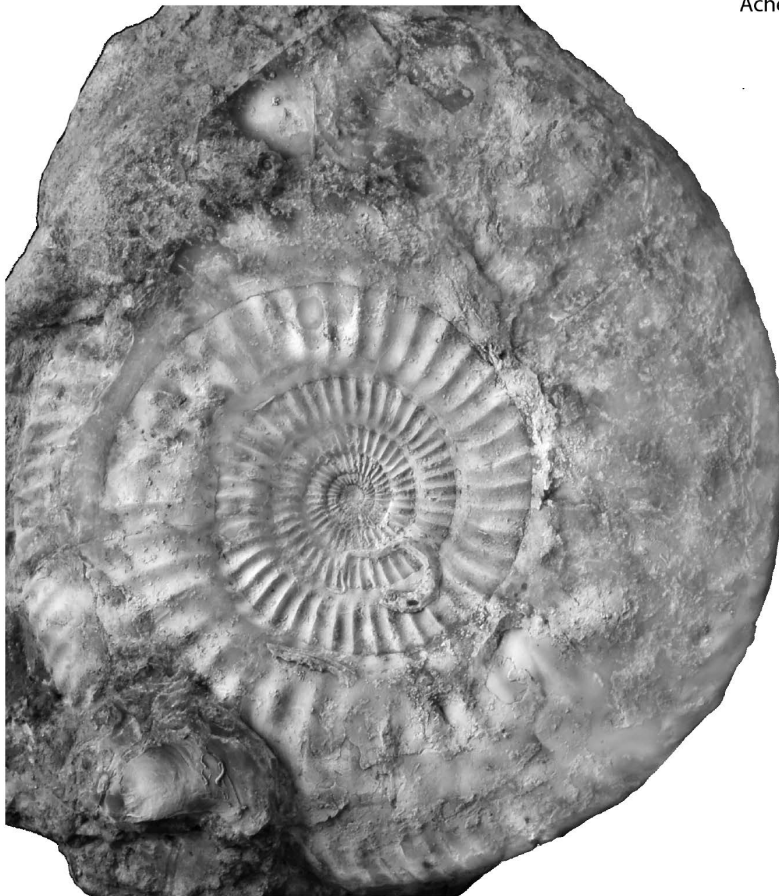
Acheberg 1

1 *Bigotites* sp.2 *Parkinsonia subarietis*4 *Parkinsonia* ex gr. *bradstockensis*3 *Parkinsonia subarietis*

Tafel 16 Acheberg 2

- Fig. 1: *Parkinsonia bradstockensis* Dietze S. 170 ff.
Bajocien, Parkinsoni-Zone, Acris-Subzone, Acheberg-Klingnau,
Schicht 37.
- Fig. 2: *Parkinsonia complanata* (Nicolesco 1928) S. 170 ff.
Bajocien, Parkinsoni-Zone, Truelli-Subzone, Acheberg-Klingnau,
Schicht 38.

Acheberg 2



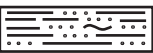
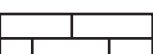
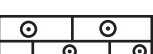
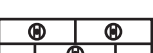
1 *Parkinsonia bradstockensis*



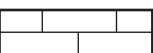
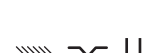
2 *Parkinsonia complanata*

1cm

Legende für Profile im Kap. 2

	Tonstein, siltig bis feinsandig, z.T. mergelig
	Mergel, Tonmergel
	Mergel, siltig bis feinsandig
	Mergel, sandig, Biodetritus führend
	Kalkmergel
	Feinsandstein, kalkig
	Sandstein
	Kalkstein, mikritisch
	Kalkstein, sandig, Biodetritus führend
	Kalkstein, oolithisch (Kalkoolith)
	Kalkstein, sandig bis Sandstein, kalkig mit Biodetritus und Eisenooide
	Eisenoolith, kalkig bis Kalkstein, eisenoolithisch
	Eisenoolith, mergelig bis Mergel, eisenoolithisch
	Kalkstein mit limonitischen Bioklasten
	"Harte Bank" (Kalkstein, sandig) in sandigem Mergel
	Ooide, Eisenooide, Muscheln, Echinodermen-Bruchstücke
	Sandstein-Linsen, -Knollen
	Limonit imprägnierte Matrix und /oder Limonit imprägnierte Bioklaste

Legende für Profile im Kap. 3 & 4

	Tonstein, siltig bis feinsandig, z.T. mergelig
	Mergel, siltig bis f.sandig, Biodetri- tus führend / Tonmergel, s.-f.sandig
	Mergel, kalkig / Kalkmergel
	Kalkmergel, knollig
	Kalkstein, mikritisch
	Kalkstein, sandig / Kalkstein Biode- tritus führend
	Kalkstein, oolithisch (Kalkoolith)
	Eisenoolith, kalkig Kalkstein, eisenoolithisch
	Eisenoolith, mergelig / Mergel, eisenoolithisch
	aufgearbeitete Intraklasten (sandig, kalkig) im Kalkstein
	Hartgrund (mineralisiert, angebohrt)
	Sandstein-Linse/Knolle, Kalkstein- Linse/Knolle (angebohrt) in Tonstein
	Kalksteinknolle (phosphoritisch, sideritisch); Glaukonitkörner
	Ammoniten (bestimmbare, unbestimmbare), Belemniten
	Nautilus, Muscheln (allgemein), Gryphaen
	Echinodermen (Seeigel), Gastropoden
	Echinodermen-Bruchstücke, limonitisch imprägnierte Bioklasten
	Schrägschichtung, Hartgrund, Bioturbation