Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 59 (1966)
Heft: 2

Artikel: Die Jura/Kreide-Grenzschichten im Bielerseegebiet (Kt. Bern)
Autor: Häfeli, Charles
Kapitel: 4: Jura/Kreide-Grenzschichten
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-163389

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

4. JURA/KREIDE-GRENZSCHICHTEN

4.1 Überblick

4.1.1 Die stratigraphische Einordung des «Purbeckien» im Jurasystem

Typus: Isle of Purbeck, Dorset (A. BRONGNIART, 1829).

An der Dôle wurde erstmals im Juragebirge eine Mergellage zwischen dem «Portlandien» und «Néocomien» durch PIDANCET (PIDANCET u. LORY 1847, 5) beobachtet. In den folgenden zwei Jahren konnte CH. LORY (1857, 235) wiederholt die mergeligen Schichten im französischen und schweizerischen Jura feststellen. Auf Grund der vorgefundenen Süsswasserfossilien datierte man sie als Wealden und ordnete sie der Kreide zu. Die Cailloux noirs wurden in Kenntnis der Hypothese von L. von BUCH (1818, 127) als alpine Kalkbruchstücke gedeutet. Später, durch LYELL und FORBES veranlasst, setzte CH. LORY (1857, 288) die Ablagerungen ins «Purbeckien» und damit in das Jurasystem. Unabhängig von CH. LORY kam E. RENEVIER (1857, 284) durch die Untersuchung der Süsswasserfossilien in Villers-le-Lac zum gleichen Ergebnis.

E. DESOR und A. GRESSLY (1859, 45) entdeckten diese Mergelschicht erstmals im Neuenburger Jura bei La Sauge. Da nach ihrer Auffassung der Schichtverband ebensogut dem Wealden wie dem Purbeckien angehören konnte, wurde bis zur Klärung des Problems ein provisorischer Begriff geschaffen: Das «Dubisien» nach den zahlreichen Aufschlüssen am Doubs (= Dubis lat.). Die neue «Stufe» wurde der Kreide zugeordnet. Fünf Jahre später liess E. DESOR (1864, 544) den Ausdruck fallen, ersetzte ihn durch «Purbeckien», das er dem Jura zuwies.

P. DE LORIOL und A. JACCARD teilten das «Purbeckien» in drei Einheiten auf (Tab. 12). Durch die Bearbeitung der Fossilien von Villers-le-Lac gelang ihnen die Korrelation des «Purbeckien» im Juragebirge mit dem Unteren und Mittleren Purbeckien Englands. Dieselbe Dreiteilung der Purbeckstufe benutzte noch J. B. GREPPIN (1870, 210); in der Folge wurden jedoch die Dolomies portlandiennes zum «Portlandien» gezählt.

E. BENOIT (1879, 485) war der Ansicht, dass der marine Charakter des «Purbeckien» überwiege und zählte es daher zum Néocomien.

Neue Erkenntnisse brachten G. MAILLARDS Arbeiten aus dem schweizerischen und französischen Jura. Er teilte das «Purbeckien» in zwei Gruppen (Tab. 12). Die Bezeichnung Couches nymphéennes (G. MAILLARD 1884, 4) fand jedoch keinen Anklang und wurde nicht mehr verwendet. Die Ergebnisse seiner ausgedehnten paläontologischen Untersuchungen fasste er wie folgt zusammen (1885a, 11):

> Die Dolomies saccharoides gehören dem Portlandien an.
> Das Purbeckien ist keine Stufe, sondern nur eine Fazies, wobei die nördliche jurassischen Alters (Oberes Portlandien) ist, die südliche dagegen der Kreide (Berriasien) zugewiesen wird.

Nachdem G. MAILLARD (1885b, 5) in der Cluse de Chaille (Savoie-Isère) nebst nichtmarinen Fossilien tithonische *Am.* (*Perisphinctes*) *lorioli* gefunden hatte, änderte er seine Ansicht: Die südliche Fazies des «Purbeckien» gehört nicht ins

Tab. 12. Vergleichende stratigraphische Übersicht zum «Purbeckien» im Juragebirge.

P. DE LORIOL & A. JACCARD (1865,70) Villers-le-Lac	G. MAILLARD (1884,5) Jura suisse	A. CAROZZI (1948,9) Jura suisse	P. DONZE (1958,130) Jura français
VALANGINIEN	VALANGINIEN	BERRIASIEN	VALANGINIEN INF. — BERRIASIEN SUP.
Sous-groupe du calcaire d'eau douce	Couches saumâtres supérieures — Couches nympheennes	Couches saumâtres ou marines supérieures — Couches lacustres	"Ensemble laguno-lacustre supérieur"
Sous-groupe des marnes à gypse	Cornieule (calcaire cloisonné, celluleux) — Marnes à gypse	Couches dolomitiques inférieures ou marnes à gypse	lits de marnes dolomitiques; dolomies, calcaires (dolomitiques)
Sous-groupe des dolomies portlandiennes	PORTLANDIEN	PORTLANDIEN	Premier niveau d'eau douce
PORTLANDIEN			PORTLANDIEN

Berriasien, sondern ist jurassisch und endet im oberen Tithonien. Somit musste das Berriasien das Äquivalent des Unteren Valanginien sein (M. D. Hollande 1911, 208; J. Révil 1911, 351).

L. Rollier (1910, 7) fasste unter dem Begriff Erguélien das Untere Valanginien und «Purbeckien» zusammen. Der Ausdruck fand jedoch keine Verwendung.

Erstmals nach G. Maillard wurde das gesamte schweizerische «Purbeckien» durch A. Carozzi (1948, 7) neu bearbeitet. Im Gegensatz zu Maillard stellte er das «Purbeckien» ins Berriasien und teilte es in drei Einheiten auf (Tab. 12). Je nach Region wird das untere «Purbeckien» durch die Marnes à gypse oder die Couches dolomitiques inférieurs gebildet. – Um die komplexen paläogeographischen Verhältnisse zu deuten, kam er zu folgender Hypothese: «Le Jura a été affecté au Purbeckien par un plissement précurseur qui a donné naissance à des ondulations à grand rayon de courbure. Ces plis embryonnaires reproduisaient, de façon atténuée, les principales culminations de la tectonique actuelle.

Die Mikrofauna der Jura/Kreide-Grenzschichten im schweizerischen Juragebirge wurde zum ersten Mal durch Bartenstein und Burri (1954, 426) bearbeitet. Dabei gelang ihnen mit Hilfe der Ostrakoden eine Korrelation mit dem englischen Purbeckien: Das schweizerische obere Purbeckien entspricht dem höheren Teil des englischen Unteren und dem tieferen Teil des englischen Mittleren Purbeckien. Die

beiden Autoren regten an, die Jura/Kreide-Grenze an der Grenze Oberpurbeckien/Wealden Englands, bzw. im unteren Teil der «Zone der oolithischen Mergel und Kalke» des schweizerischen Unter-Valanginien festzulegen.

Aus der ausgezeichneten Arbeit von P. DONZE (1958) über den Jura/Kreide-Übergang im französischen Jura und der Umgebung der «fosse vocontienne» seien nur die stratigraphischen Korrelationen genannt. MAILLARDS Hypothese aus dem Jahre 1885, d. h. die Zuordnung des Purbeckien zum obern Tithonien, widerlegt er wie folgt:

«En réalité, on peut faire à cette hypothèse, qui se fonde uniquement sur la présence des deux espèces d'Ammonites citées, de graves objections d'ordre paléontologiques:

a) Sur la dizaine d'échantillons recueillis dans les nivaux purbeckiens du Jura méridional, aucun Périsphinctidés n'a été cité; ce sont tous des Berriasellidés. Or, au Tithonique supérieur les deux familles coexistent, les Périsphinctidés ne disparaissant qu'à la fin du Jurassique.

b) *B. lorioli* et *B. richteri* n'ont pas la signification stratigraphique précise que KILIAN leur a donnée, puisqu'on les retrouve encore dans le Berriasien (MAZENOT 1939, 126 et 130).

c) On n'a pas compte de la découverte faite par RÉVIL à la Cluse de Chailles (1911, 321) de *B.* cf. *privasensis* PICT., espèce qui indiquerait plutôt le Berriasien (MAZENOT 1939, 47).

Tout bien considéré, la seule considération des faunes d'Ammonites apporterait plutôt une présomption en faveur de l'âge berriasien des dépôts purbeckiens dans le Jura méridional.»

Durch eingehende mikropaläontologische Untersuchungen kam P. DONZE zu folgendem Schluss: Der obere Teil des Purbeckien («l'ensemble laguno-lacustre supérieur») des südlichen französischen Juragebirges kann mit dem mittleren Berriasien der subalpinen Region synchronisiert werden. Der unterste Abschnitt des Purbeckien («le premier niveau d'eau douce») entspricht der Basis des Berriasien oder möglicherweise sogar dem oberen Tithonien. Wie schon MAILLARD, kam er zum Ergebnis, dass die bio- und lithofaziellen Schwankungen es nicht zulassen, dem Purbeckien im Jura den Wert einer Stufe oder Unterstufe zu geben. Vielmehr ist es eine Fazies des unteren und mittleren Berriasien und z. T. möglicherweise des obersten Tithonien. Zu den über dem Purbeckien liegenden marinen Schichten berichtet er: «De même, les premiers bancs marins surmontant immédiatement les niveaux purbeckiens doivent correspondre à l'horizon supérieur du Berriasien; mais il est impossible de déterminer avec précision où commence le Valanginien.» Gestützt auf die Arbeit von G. MAZENOT (1939, 1), der das Berriasien mit *B. paramencilata* M. und *B. grandis* M. beginnen lässt, muss nach P. DONZE der obere Teil des Purbeckien an die Basis der Kreide gestellt werden. – Dank den Ostrakoden gelang ihm die Parallelisation zum englischen Purbeckien. «L'ensemble laguno-lacustre supérieur» (oberes «Purbeckien») entspricht dem obersten Teil des Unteren Purbeckien und der Basis des Mittleren Purbeckien in England. Demnach entspricht das Untere Purbeckien Englands zeitlich der Basis des Berriasien und wahrscheinlich dem oberen Tithonien.

Am Jura-Kolloquium in Luxemburg (1962) wurde das «Purbeckien» als eine vor allem lagunäre und kontinentale Fazies des obersten Jurasystems und möglicherweise der Kreidebasis definiert. Auf eine exakte stratigraphische Zuordnung wurde nicht eingangen.

4.1.2 Die stratigraphischen Einheiten: Berriasien, Valanginien, Néocomien

Berriasien

Typus: Berrias, SE-Frankreich (H. COQUAND 1871).

Mit der Einführung des Begriffs Berriasien als äquivalente Bezeichnung zum Unteren Valanginien durch E. BAUMBERGER (1901, 12) entstand eine unheilvolle Unklarheit in der Klassifikation und Parallelisation der untersten Kreide (vgl. F. BURRI 1956, 602). Während in Frankreich die stratigraphische Stufenfolge Berriasien, Valanginien inférieur, Valanginien supérieur im allgemeinen gebräuchlich ist (vgl. z. B. Tab. 12), wird die folgende Einteilung von E. BAUMBERGER in der Schweiz noch häufig verwendet: Berriasien (= Unteres Valanginien), Valanginien (= Oberes Valanginien).

Der Stratotyp des Berriasien wurde durch R. BUSNARDO, G. LE HEGARAT und J. MAGNÉ (1963) neu aufgenommen und vom «Colloque de Stratigraphie sur le Crétacé inférieur en France» (Lyon 1963) definiert (vgl. CH. HÄFELI 1964, 88); Das Berriasien umfasst die Zonen mit Berriasella boissieri an der Basis, sowie Berriasella grandis im oberen Teil und wird stratigraphisch tiefer als das Valanginien eingeordnet.

Valanginien

Typus: Valangin, Jura neuchâtelois (E. DÉSOR 1853).

A. JACCARD (1869, 159) teilte das Valanginien nach lithologischen und paläontologischen Gesichtspunkten in zwei Unterstufen auf. Zum Unteren Valanginien wurde der Marbre bâtard (oben) und die Mergel- und Kalk-Zone (unten) gerechnet. Folgende Makrofossilien kommen als wichtigste Leitformen in diesen Schichten vor (F. BURRI 1956, 602):

Phyllobrissus renaudi (AGASSIZ)
Pygurus gillieroni DÉSOR
Leviathania leviathan (PICTET u. CAMPICHE)
Pterocera jaccardi (PICTET u. CAMPICHE)

Das Obere Valanginien besteht aus den Schichtgliedern:
Astieriaschicht (oben)
Couche de Villers
Calcaire roux
Marnes d'Arzier (unten)

und enthält nach F. BURRI (1956, 604) als leitende Brachiopoden:
Sulcirhynchia valangiensis (DE LORIOL)
Lamellaerhynchia desori (DE LORIOL)
«*Terebratula*» *aubersonensis* PICTET
«*Terebratula*» *carteroniana* D'ORBIGNY
«*Terebratula*» *moreana* D'ORBIGNY
Terebratella jaccardi DE LORIOL
Terebratella arzierensis DE LORIOL
Terebrirostra neocomiensis D'ORBIGNY

Dazu kommen im Oberen Valanginien einige seltene Ammoniten-Arten (E. BAUMBERGER 1910, 35):

Hoplites bissalensis (KARAK.)
Hoplites leenhardti (KILIAN)
Hoplites albini (KILIAN)
Hoplites thurmanni (PICTET u. CAMPICHE)
Hoplites desori (PICTET u. CAMPICHE)
Hoplites arnoldi (PICTET u. CAMPICHE)
Saynoceras verrucosum (D'ORBIGNY)
Astieria scissa (BAUMBERGER)
Astieria atherstoni (SHARPE)
Polyptychites juillerati (BAUMBERGER)
Polyptychites villersensis (BAUMBERGER)
Garnieria sp.

Ein weiteres leitendes Makrofossil ist *Pygurus rostratus* (AGASSIZ). Die Makrofossilien, die eine Unterteilung des Valanginien in Zonen ermöglichen würden, fehlen.

Das «Colloque de Stratigraphie» (Lyon 1963) beschloss, das Valanginien mit dem in SE-Frankreich verbreiteten Zonenfossil *Kilianella roubaudiana* beginnen zu lassen.

Néocomien

Typus: Neuchâtel = Neocomensis (J. THURMANN 1835).

Nachdem der Begriff Néocomien seit jeher sehr unterschiedlich zur Bezeichnung von verschiedenen stratigraphischen Einheiten zwischen dem «Purbeckien» und Cénomanien verwendet wurden, forderten R. F. RUTSCH und P. BERTSCHY (1955, 353) eine eindeutige Definition. Am «Colloque de Stratigraphie» in Lyon (1963) wurde folgende verbindliche Resolution gefasst: Das Néocomien ist keine Stufe, sondern eine Unterabteilung der Unteren Kreide; es umfasst die Stufen: Berriasien, Valanginien und Hauterivien.

4.2 Litho- und Biofazies

4.2.1 Profile im Bielerseegebiet

Profil Riedli (Ri)

Riedli, zwischen Biel und Vingelz, LK-Blatt 1125, Koord. 584.040/220.390. Vgl. G. MAILLARD (1884, 7), E. BAUMBERGER (1894, 171 und 178; 1903, 7), K. RYNIKER (1923, 56). A. CAROZZI (1948, 81). F. BURRI (1956, 613).

Goldbergformation

1.	x + 0,1 m	Bunte, vorwiegend dunkelgelbe, z. T. gebänderte kryptokristalline Mergelkalke mit weinroten Flecken und dünnen, dunkelgelben tonigen Zwischenlagen, knollige Verwitterung, Chalcedon 2%.
2.	0,2 m	Gelblich- bis bräunlich-graue, tonige Mergel.
3.	0,15 m	Beiger bis leicht weinroter, kryptokristalliner Mergelkalk mit vereinzelten Cailloux noirs bis zu 1 mm Grösse.
4.	0,25 m	Beiger, kryptokristalliner Kalk, verwittert unter Bildung rostgelber Flecken.

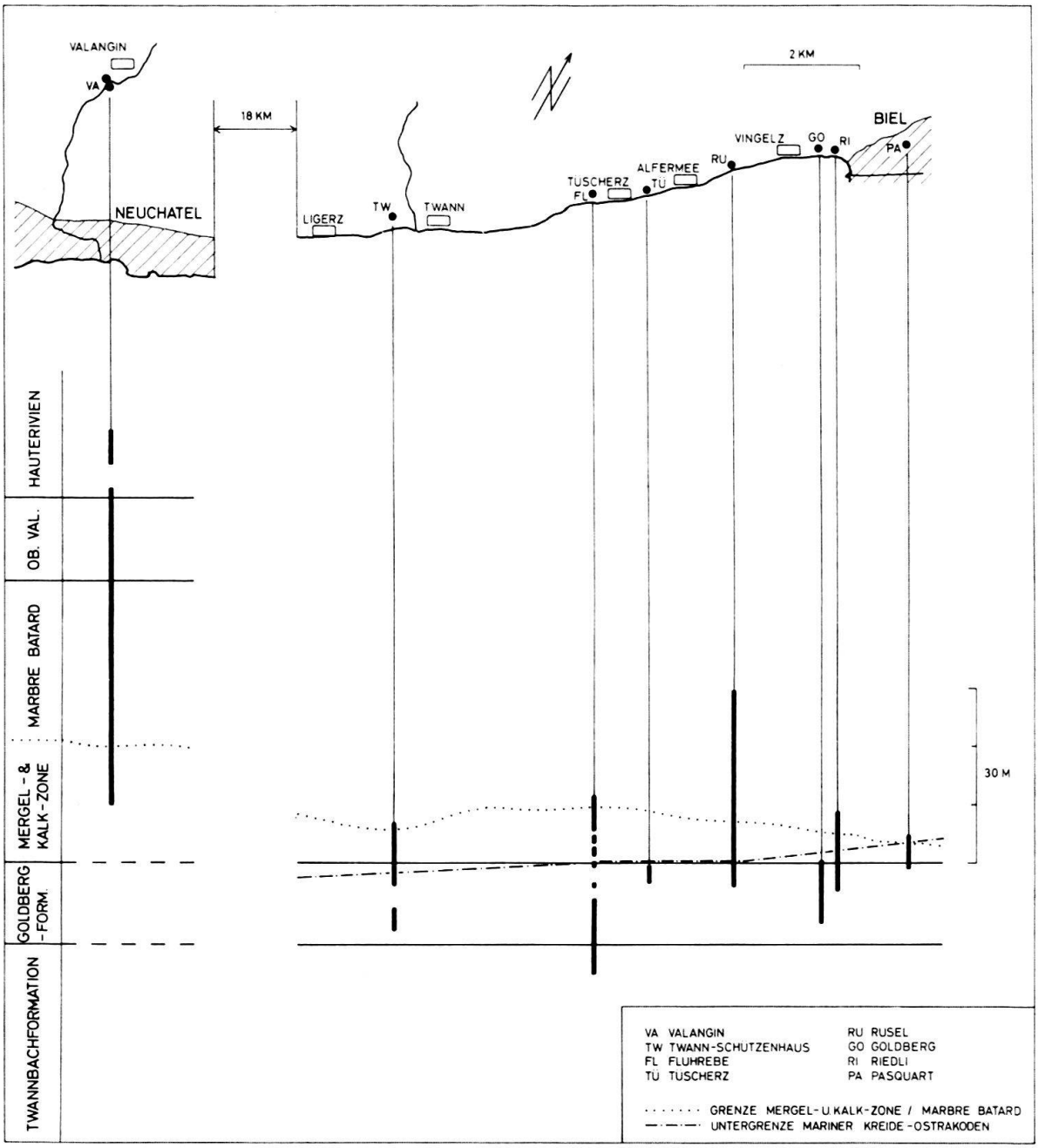

Fig. 25. Situation der Detailprofile aus den Jura/Kreide-Grenzschichten

5.	0,1–0,2 m	Dunkelgelber, graugefleckter, mikrokristalliner, harter Kalk.
6.	0,01–0,03 m	Bunte, tonige Lage.
7.	0,15 m	Grau-gelber, arenitischer Mergelkalk mit weinroten Flecken und Cailloux noirs bis 2 mm Durchmesser.
8.	0,25 m	Grünlich-graue, gegen unten weinrote, blättrige Mergel mit dunkelgelben Flecken und vereinzelten braunen Kalkkonkretionen.
9.	0,3 m	Grau-beiger, arenitischer Kalk mit kleinen glasigen Punkten und dunkelgelben, sowie weinroten Flecken.
10.	0,005–0,01 m	Grau-gelbe, tonige Zwischenlage.
11.	0,3 m	Grau-gelb gefleckter, arenitischer, teilweise oolithischer Kalk mit kleinen glasigen Punkten.

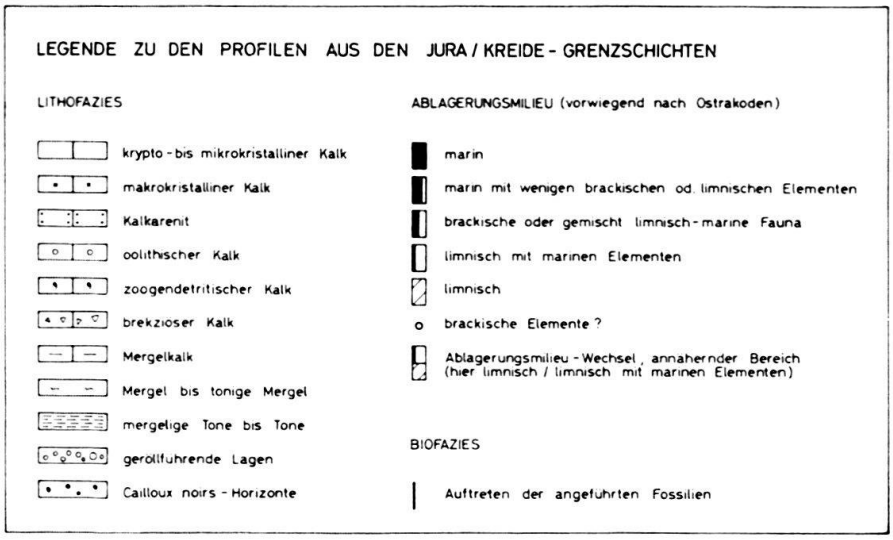

Fig. 26. Legende zu den Profilen aus den Jura/Kreide-Grenzschichten Fig. 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34 und 35).

12.	0,3 m	Grau-dunkelgelb gefleckter, kryptokristalliner, organisch detritischer (Characeen, Ostrakoden) Kalk.
13.	0,35 m	Grau-beiger, arenitischer, teilweise kryptokristalliner Mergelkalk bis Kalk mit dunkelgelben Flecken und kleinen hellbraunen, glasigen Punkten, von feinen Tonhäuten durchzogen, grau-gelb knollig verwitternd.
14.	0,03–0,05 m	Hellbräunlich-beiger, arenitischer, z. T. kryptokristalliner Mergelkalk, hellgrau-dunkelgelb verwitternd, Cailloux noirs bis 2 mm Durchmesser.
15.	0,4 m	Grau-beiger, kryptokristalliner Kalk mit dunkelgelben Flecken und Cailloux noirs bis 2 mm Grösse, intensiv von dünnen Mergellagen durchzogen, zuunterst Mergel mit bis 5 mm grossen Cailloux noirs vorherrschend.
16.	0,02–0,03 m	Beige-grauer, arenitischer Mergelkalk voller Cailloux noirs bis 0,8 cm Durchmesser, Kluftflächen gelb anwitternd.
17.	0,03–0,05 m	Weinrote, dunkelgraue und olivgrüne, blättrige, tonige Mergel.
18.	1,6 m	Knollenhorizont: Grau-oliver, kryptokristalliner Mergelkalk mit kleinen Cailloux noirs bis 1 mm Grösse, intensiv von olivgrünen, blassweinroten Mergellagen und- Nestern durchzogen, so dass der Mergelkalk ausgesprochen knollig anwittert, Kluftflächen meist dunkelgelb.

Mergel- und Kalk-Zone:

19.	0,10–0,15 m	Basiskonglomerat: Grau-beige, kryptokristalline Kalkgerölle von 0,5–15 cm Durchmesser mit typischer dunkelgelb-brauner Verwitterungsrinde, meist schlecht gerundet, vereinzelte enthalten bis 3 mm grosse Cailloux noirs, reich an Chara-Oogonien; nebst den graubeigen Geröllen treten Cailloux noirs mit bis 2 mm starker, gelber Verwitterungsrinde und einem Durchmesser bis 6 cm auf; Bindemittel: olivgrüne und weinrote Mergel.
20.	0,20–0,25 m	Dunkelgelbe und weinrote Mergel mit mergelkalkigen Konkretionen von blassbeiger Farbe, vereinzelte Gerölle aus dem Basiskonglomerat.
21.	0,08 m	Geröllhorizont mit ähnlichen Komponenten wie diejenigen des Basiskonglomerates, maximaler Durchmesser der Gerölle 3,5 cm, Bindemittel: vorwiegend graue Mergel.
22.	0,15 m	Grau-dunkelgelb gefleckter, oolithischer, teilweise kryptokristalliner und arenitischer Kalk, vereinzelte Cailloux noirs bis 3 mm Grösse.

22a	0–0,02 m	Dunkelgelbe Mergellage.
23.	0,65 m	Grauer, dunkelgelb gefleckter arenitischer, z.T. kryptokristalliner und oolithischer Kalk, vereinzelte Cailloux noirs bis 3 mm Durchmesser.
24.	0,1 m	Konglomeratischer Horizont bestehend aus bis faustgrossen, schlecht gerundeten dunkelgelben, arenitischen Kalkkomponenten, die fest miteinander verkittet sind und keine Verwitterungsrinde aufweisen.

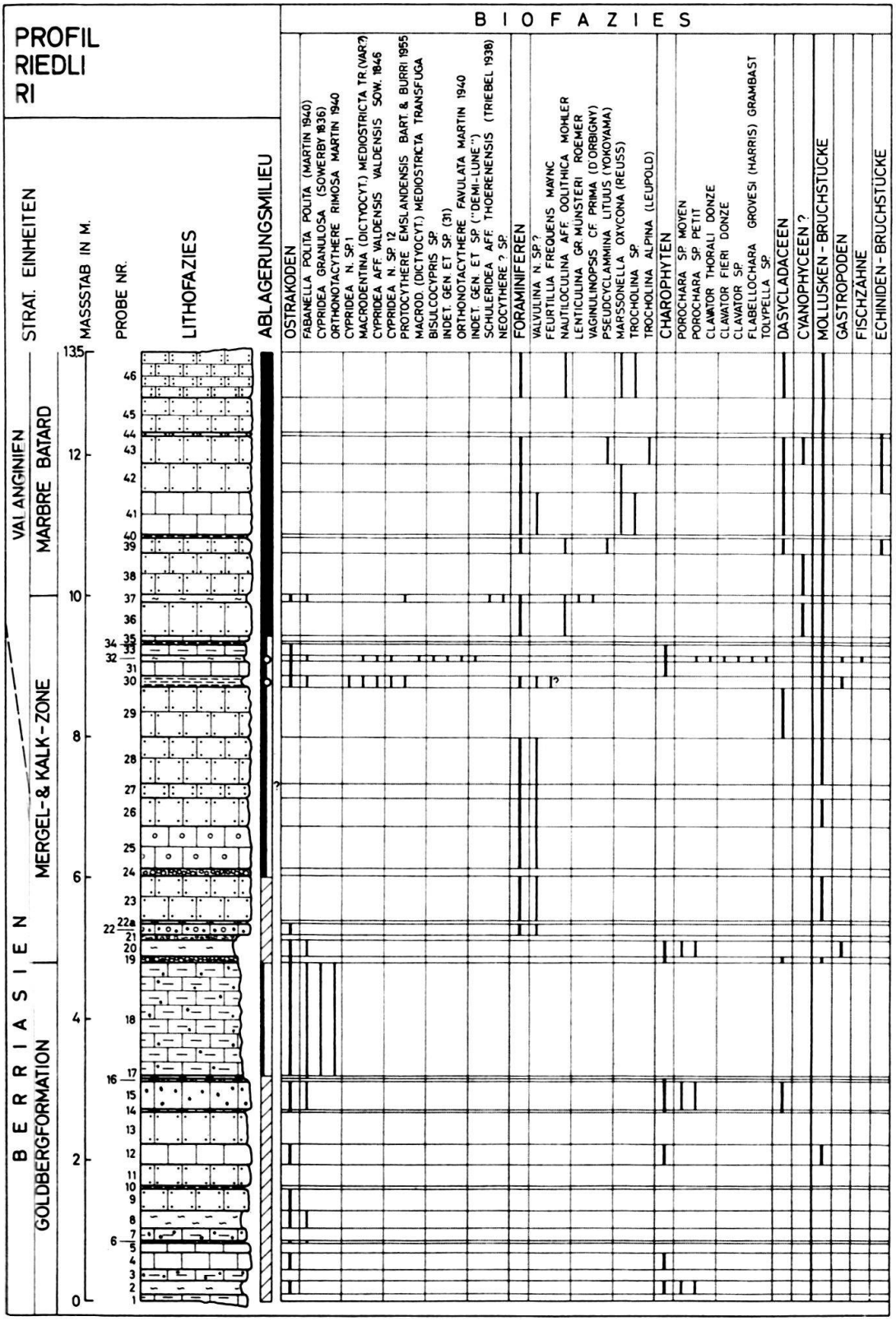

Fig. 27. Profil Riedli (Ri). Legende siehe Fig. 26.

25.	0,6 m	Dunkelgelber, oolithischer Kalk mit hellgrauen Schlieren.
26.	0,4 m	Dunkelgelber, arenitischer, teilweise kryptokristalliner und oolithischer Kalk mit grauen Schlieren.
27.	0,2 m	Dunkelgelber, arenitischer, vereinzelt oolithischer Kalk mit hellgrauen Schlieren.
28.	0,65 m	Dunkelgelber, arenitischer, vereinzelt oolithischer, graugefleckter Kalk.
29.	ca. 0,7 m	Hellgrau-beiger, arenitischer, harter Kalk mit dunkelgelben Flecken ausgeprägte knollige Verwitterung. Quarzgehalt 7%.
30.	0,15–0,2 m	Olivgrünliche bis weinrote mergelige Tone mit vereinzelten dunkelgelben Kalkkonkretionen.
31.	0,2 m	Graubeiger, kryptokristalliner Kalk, Kluftflächen häufig von weinroter Farbe.
32.	0,07 m	Olivgrüne, an der Basis weinrote, tonige Mergel.
33.	0,15 m	Beiger bis dunkelgelber, kryptokristalliner Mergelkalk.
34.	0,005–0,01 m	Dunkelgelbe, tonige Lage.
35.	0,08 m	Dunkelgelb-grau gebänderter, kryptokristalliner Kalk.
36.	0,5 m	Grauer, dunkelgelb gefleckter, arenitischer Kalk, Arenitkörner von rostroter Farbe, an Kluftflächen häufig weinrote Flecken, Quarzgehalt 4 % oben in Nr. 37 übergehend.
37.	0,1 m	Graue bis dunkelgelbe, arenitische Mergel mit rostroten Arenitkörnern und grauen bis beigen Kalkknauern.

Marbre bâtard

38.	0,6 m	Gelber, arenitischer Kalk.
39.	0,2 m	Hellbeiger, arenitischer Kalk, im unteren Teil von zahlreichen olivfarbenen Tonhäuten durchzogen.
40.	0,02 m	Dunkelgelbe, tonige Lage.
41.	0,6 m	Hellbeige-dunkelgelb melierter, kryptokristalliner, teilweise arenitischer Kalk.
42.	0,4 m	Hellbeige-gelb gefleckter, arenitischer harter Kalk.
43.	0,4 m	Hellgrau-gelb gefleckter, arenitischer harter Kalk, der von olivgrünen tonigen Häuten durchzogen ist.
44.	0,03 m	Grau-gelb melierter, arenitischer, harter Kalk, von grünen Tonhäuten durchzogen.
45.	0,5 m	Hellgrau-gelb melierter, arenitischer Kalk.
46,	0,7 m	Dunkelgelber, leicht hellgrau melierter, arenitischer, harter Kalk; dünnbankig.

Profil Goldberg (Go), Typ-Profil der Goldbergformation

Goldberg, alter Steinbruch zwischen Biel und Vingelz, LK-Blatt 1125, Koord. 582. 830/220.320. Vgl. A. Carozzi (1948, 83).

Goldbergformation

1.	x + 0,1 m	Olivgrüne, im obersten Teil etwas hellgraue und dunkelgelbe Mergel.
2.	0,15–0,2 m	Hellgrauer, dunkelgelb gefleckter, makrokristalliner mergeliger Kalk, Quarzgehalt 5 %.
3.	0,1–0,2 m	Olivgrüne und dunkelgelbe, tonige Mergel.
4.	0,5 m	Dunkelgelber, makrokristalliner Kalk, im untersten Teil mit hellgrauen Flecken.
5.	0–0,01 m	Olivgrüne und dunkelgelbe, tonige Mergel.
6.	0,2 m	Dunkelgelber, krypto- teilweise makrokristalliner Kalk.
7.	0,2 m	Dunkel- bis hellgelb gebänderter makrokristalliner Kalk.
8.	0,005–0,01 m	Dunkelgelbe, tonige Zwischenlage.
9.	0,1 m	Dunkelgelber, mikro- teilweise makrokristalliner Mergelkalk.

10.	0,05 m	Bunte, meist graue, tonige Mergel.
11.	0,1 m	Beiger bis grauer, kryptokristalliner Kalk, teilweise von grünen Tonhäten durchzogen.
12.	0,1–0,15 m	Bunte, tonige Mergel.
13.	0,7–0,9 m	Grauer, von dunkelgelben Lagen durchzogener, mikro- teilweise makrokristalliner Mergelkalk mit mergeligen Linsen und Schichten.
14.	0,45–0,6 m	Bunte, vorwiegend weinrote Mergel, im unteren Teil mit vereinzelten kalkigen Konkretionen.
15.	0,6 m	Hellgrauer bis beiger, kryptokristalliner Kalk mit weinroten Flecken und Cailloux noirs bis zu 3 mm Durchmesser, knollig verwitternd.
16.	0,3 m	Olivgrüne bis graue, kryptokristalline, bröckelige Mergel bis Mergelkalke mit bis 5 mm grossen Cailloux noirs. Kluftflächen teilweise dunkelgelb anwitternd, Quarzgehalt 2 %.
17.	0,2 m	Grauer bis hellbeiger, kryptokristalliner, bröckeliger Mergelkalk mit dunkelgelb anwitternden Kluftflächen.
18.	0,03–0,05 m	Weinrote, dunkelgelbe und olivgrüne mergelige Tone.
19.	0,1 m	Grauer, von dunkelgelben Lagen durchzogener, kryptokristalliner Kalk, teilweise rekristallisiert (Calcitrhomboeder).
20.	0,08 m	Dunkelgelb-grau-beige gebänderter, krypto-kristalliner Kalk, Quarz- und Chalcedongehalt 5 %.
21.	0,005–0,02 m	Grünlich-graue, tonige Zwischenlage.
22.	0,15 m	Hellgrauer, dunkelgelb melierter, kryptokristalliner knolliger Mergelkalk, Knollen durch hellbeige Mergellagen voneinander isoliert.
23.	0,1–0,15 m	Dunkelgelbe, graugrün gebänderte, mikrokristalline Mergel bis Mergelkalke, Quarz- und Chalcedongehalt 4 %.
24.	0,15 m	Buntgebänderte, krypto- teilweise makrokristalline Mergel und Mergelkalke, Quarz- und Chalcedongehalt 8 %.
25.	0,25–0,30 m	Hellgraue bis hellbeige, kryptokristalline, bröckelige Mergel bis Mergelkalke.
26.	0,4 m	Bunte Mergel bis mergelige Tone.
27.	0,05 m	Beigelich-grauer, krypto- teilweise makrokristalliner knolliger Kalk.
28.	0,07 m	Hellgrau-dunkelgelb-braun gebänderter, kryptokristalliner, mergeliger Kalk, Quarz- und Chalcedongehalt 2 %.
29.	0,2 m	Dunkelgelbe und graue, z.T. olive, tonige Mergel mit Cailloux noirs bis 8 mm Durchmesser.
30.	0,45 m	Graulich-beiger, kryptokristalliner Kalk, mit dunkelgelben Schlieren.
31.	0,4 m	Olivgrün-graue, teilweise weinrote Mergel mit dunkelgelben Flecken.
32.	0,2 m	Graulich-beiger, arenitischer Kalk mit kleinen glasigen Punkten.
33.	0,1 m	Grau-olivgrüne, bröckelige Mergel.
34.	0,07 m	Hellgrauer, dunkelgelb gefleckter, arenitischer, teilweise kryptokristalliner Kalk mit Cailloux noirs bis 1 mm Durchmesser.
35.	0,08 m	Hellbeiger, etwas bröckeliger, kryptokristalliner Mergelkalk mit dunkelgelb anwitternden Kluftflächen und vereinzelten hellgrauen Flecken.
36.	0,25 m	Beiger, arenitischer Kalk mit vereinzelten hellgrauen Flecken und kleinen glasigen Punkten.
37.	0,25 m	Beiger, kryptokristalliner Kalk mit glasigen Punkten.
38.	0,45 m	Grauer, arenitischer, teilweise kryptokristalliner Mergelkalk bis Mergel mit dunkelgelb anwitternden Kluftflächen und gelben Flecken, z. T. von olivgrünen, tonigen Lagen durchzogen.
39.	0,2 m	Beige, arenitische Kalkbrekzie mit bis nussgrossen Komponenten und Cailloux noirs von derselben Grösse.
40.	0,15–0,25 m	Beiger, kryptokristalliner Mergelkalk mit bis 1,5 cm grossen Cailloux noirs von grauoliven Mergellagen durchzogen, die Cailloux noirs bis zu 3 cm Durchmesser enthalten.
41.	0,25 m	Beiger, bröckeliger, kryptokristalliner Mergelkalk bis Mergel von olivgrünen, tonigen Lagen durchzogen.

42. 0,05 m Beige, arenitische Kalkbrekzie mit Cailloux noirs bis zu 1 cm Grösse.

43. 1,5 m Knollenhorizont: grau-oliver, kryptokristalliner teilweise arenitischer Mergelkalk mit Cailloux noirs bis 3 mm Durchmesser, intensiv von olivgrünen, z. T. dunkelgelben Mergellagen- und Nestern durchzogen, so dass der Mergelkalk ausgesprochen knollig anwittert Kluftflächen meist dunkelgelb, gegen unten Zunahme der Mergel auf Kosten der Mergelkalke, Quarzgehalt 4 %.

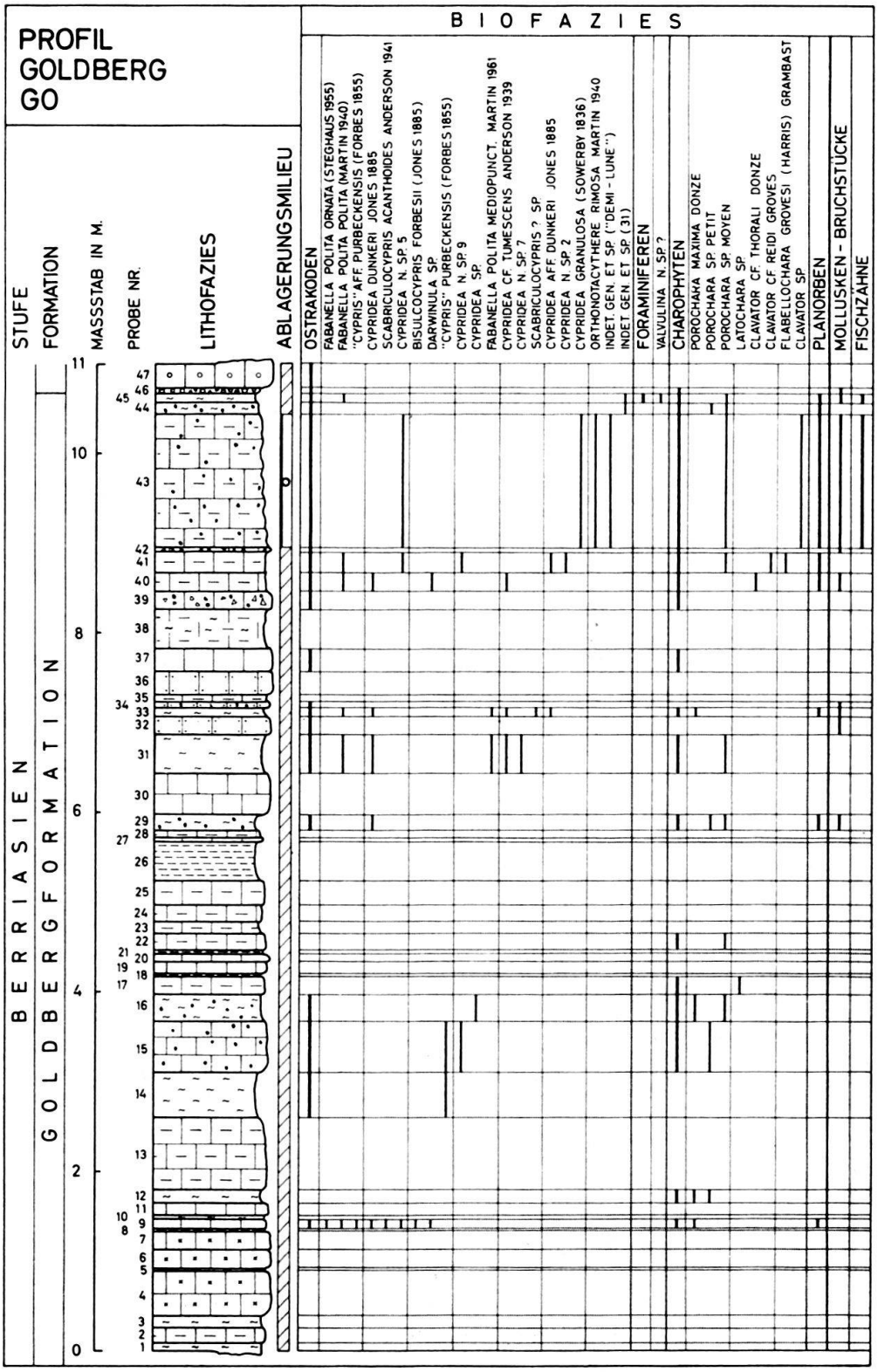

Fig. 28. Profil Goldberg (Go). Legende siehe Fig. 26.

44.	0,1–0,2 m	Olivgrüne, bröckelige Mergel mit dunkelgelben Kluftflächen, vereinzelte Cailloux noirs bis 2 mm Durchmesser.
45.	0,05–0,1 m	bunte, vorwiegend graue, tonige Mergel.

Mergel- und Kalk-Zone

46.	0,08 m	Basiskonglomerat: grau-beige, kryptokristalline, teilweise arenitische Kalkgerölle mit typischer dunkelgelb-brauner Verwitterungsrinde, von 0,2–5 cm Durchmesser, meist schlecht gerundet, vereinzelte enthalten bis 2 mm grosse Cailloux noirs, meist reich an Chara-Cogonien; das Bindemittel ist ein grauer, toniger Mergel.
47.	0,2 + x m	Dunkelgelb-grau gefleckter, oolithischer, teilweise arenitischer Kalk mit vereinzelten dunkelgelben, schlecht gerundeten Geröllen bis zu 1 cm Durchmesser.

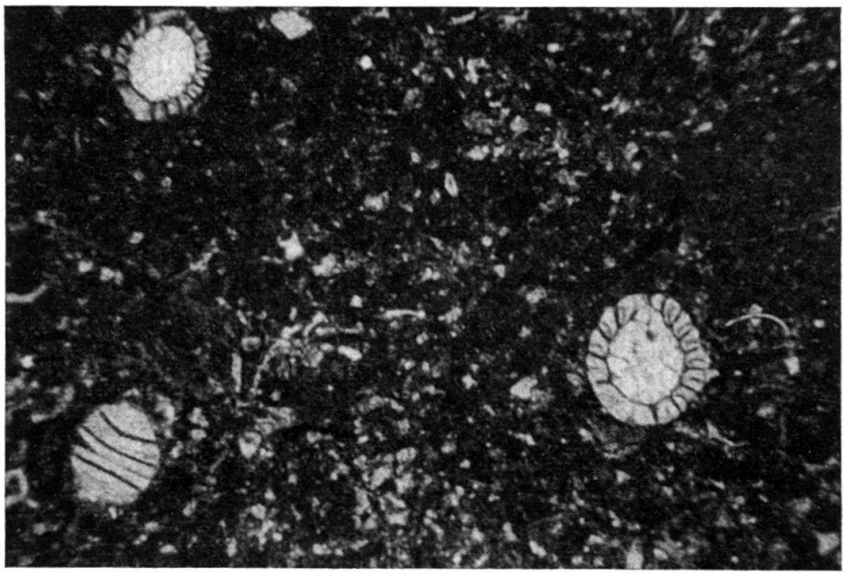

Fig. 29. Geröll aus dem Basiskonglomerat (Ru 11): Detritischer, kryptokristalliner Kalk mit Chara-Oogonien. (Vergrösserung 33 ×)

Profil Rusel (Ru)

Steinbruch Rusel W Vingelz, LK-Blatt 1125, Koord. 582.620/219.320. Vgl. H. Bartenstein und F. Burri (1954, 427), F. Burri (1956, 614).

Goldbergformation:

1.	x + 0,3 m	Grauer bis beiger, arenitischer, z.T. kryptokristalliner, harter Kalk mit vereinzelten kleinen, braunen glasigen Punkten.
2.	0,1 m	Grauer bis leicht beiger, kryptokristalliner Kalk mit dunkelgelben Kluft- und Schichtflächen; blättrig bis dünnplattig.
3.	0,05–0,08 m	Grau-grünliche Mergel, z.T. mit linsenförmigen Kalkknauern; blättrig.
4.	0,45 m	Beiger bis graulicher, arenitischer, harter Kalk, dunkelgelb bis hellbraun verwitternd, mit bis 2 mm grossen Cailloux noirs.
5.	0,9 m	Grauer, arenitischer, teilweise kryptokristalliner Mergelkalk mit gelben Kluftflächen und Cailloux noirs bis zu 3 cm Durchmesser.
6.	0,015 m	Beiger bis graulicher, kryptokristalliner und teilweise arenitischer, harter Kalk, grau verwitternd, Cailloux noirs bis 3 mm Grösse.
7.	0,25 m	Hellgrauer, kryptokristalliner, z.T. arenitischer Mergelkalk mit bis 4 cm grossen Cailloux noirs.

8.	0,05 m	Hellgrauer, arenitischer, harter Kalk, Cailloux noirs bis 1 cm Durchmesser.
9.	0,05 m	Grau-grüne, zuunterst weinrote, tonige Mergel, nach oben in Nr. 10 übergehend.
10.	1,2 m	Knollenhorizont: grau-oliver, kryptokristalliner, zuoberst und zuunterst in Mergel übergehender Mergelkalk, von zahlreichen mergeligen Lagen durchzogen, ausgesprochen knollig anwitternd, Kluftflächen gelb, Cailloux noirs bis 5 mm Grösse.
10a	0,4 m	Grauer, gelbgefleckter, kryptokristalliner Kalk mit vereinzelten bis 5 mm grossen Cailloux noirs.

Mergel- und Kalk-Zone:

11.	0,05–0,1 m	Basiskonglomerat: grau-beige, kryptokristalline Kalkgerölle von 0,2 bis 8 cm Durchmesser mit typischer dunkelgelb-brauner Verwitterungsrinde, meist schlecht gerundet, vereinzelte enthalten kleine, bis 3 mm grosse Cailloux noirs, sehr reich an Chara-Oogonien (Fig. 29); nebst den grau-beigen Geröllen treten verschiedentlich Cailloux noirs mit bis 2 mm starker, gelber Verwitterungsrinde und einem Durchmesser von 2–5 cm auf; das Bindemittel ist ein grünlich-grauer, teilweise brauner, arenitischer Mergel.
12.	0,4 m	Grauer, gelblich anwitternder, oolithischer, teilweise leicht arenitischer und kryptokrstalliner Kalk, von welligen, dünnen Mergellagen durchzogen.
13.	0,15 m	Grüner, arenitischer z.T. oolithischer Mergelkalk, leicht sandig verwitternd, Kluftflächen dunkelgelb, Einlagerungen von graulichen, arenitischen Kalkknauern.
14.	0,1 m	Hellbrauner, leicht dunkelgelber, arenitischer Kalk; zuunterst blättrig.
15.	0,005 m	Bräunliche, tonige Zwischenlage.
16.	0,4 m	Hellbrauner, arenitischer, teilweise oolithischer Kalk mit muscheligem Bruch, dünnbankig.
17.	0–0,005 m	Bräunliche, mergelige Zwischenlage.
18.	1,2 m	Beiger bis hellbrauner, oolithischer z.T. arenitischer Kalk; bankig.
19.	0,05–0,1 m	Grüner, arenitischer, teilweise oolithischer Mergelkalk, die Ooide und arenitischen Körner wittern hellbraun an; blättrig.
19a	0,05 m	Dunkelgelbe, z. T. olivgrüne tonige Mergel.
20.	0,8 m	Grauer, leicht bräunlicher, kryptokristalliner Kalk mit weinroten und dunkelgelben Flecken, Quarzgehalt 3%, an der Schichtunterseite Rippelmarken; bankig.
21.	0,05–0,15 m	Bunte, vorwiegend grün-bräunliche tonige Mergel.
22.	0,85 m	Hellbrauner, arenitischer, leicht spätiger Kalk; bankig.
22a	0,15–0,2 m	Bunte Mergel.
23.	2,2 m	Hellgrauer, fast weisser, grob-arenitischer Kalk; dickbankig.
23a	0–0,02 m	Rötlich-grüne, mergelige Lage.
24.	0,85 m	Hellgelb bis hellgraulicher, kryptokristalliner Kalk mit blassrosa Flecken; bankig.
25.	0,02–0,05 m	Bunte, tonige Mergel.

Marbre bâtard:

26.	1,15 m	Hellgelb bis hellgraulicher, kryptokristalliner Kalk mit blassrosa Flecken, ähnlich wie Nr. 24, bankig.
27.	1,6 m	Dunkelgelber, arenitischer, teilweise kryptokristalliner Kalk; bankig.
28.	1,0 m	Blass dunkelgelber, arenitischer Kalk; bankig.
29.	1,1 m	Hellgrauer, arenitischer Kalk mit muscheligem Bruch.

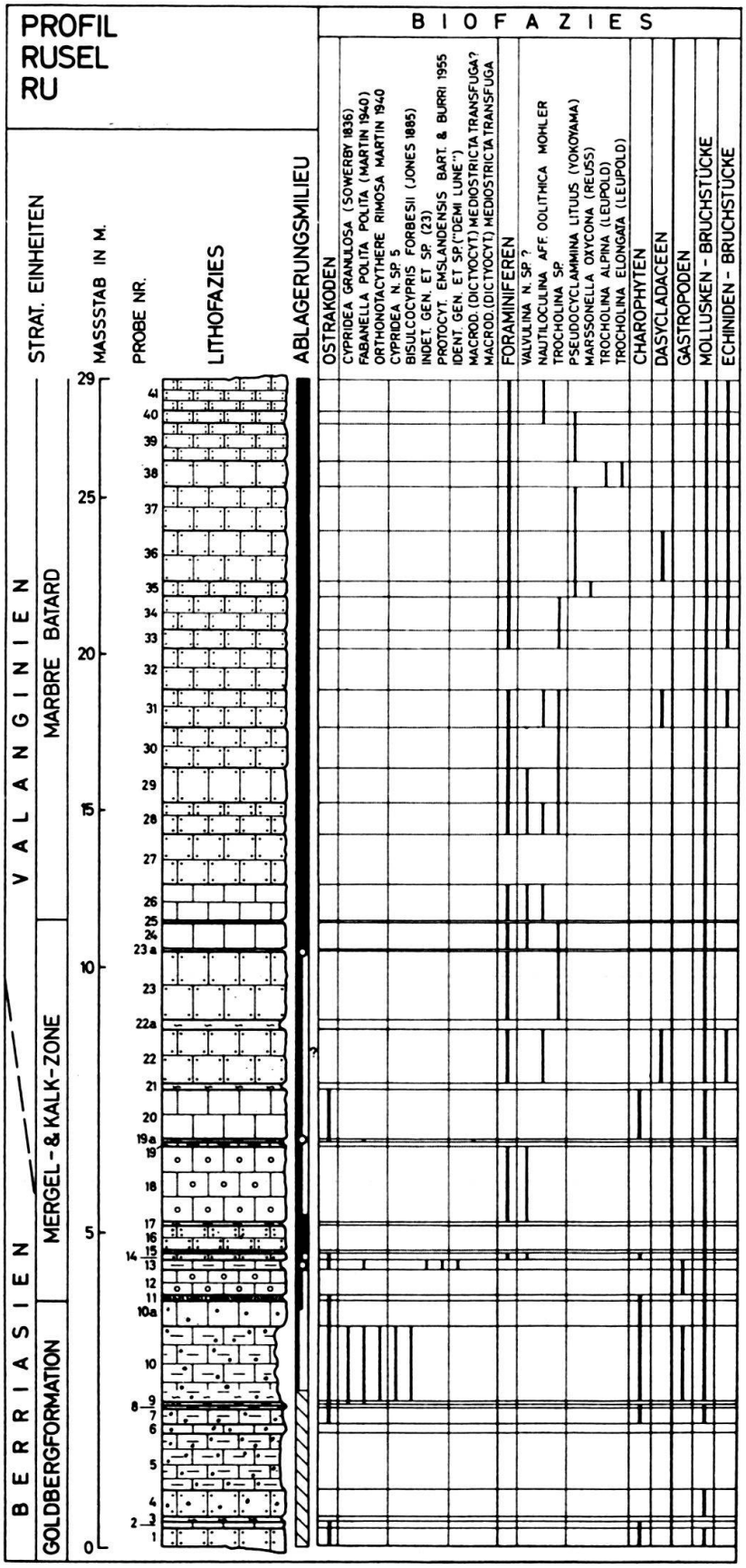

Fig. 30. Profil Rusel (Ru). Legende siehe Fig. 26.

30.	1,3 m	Hellgrauer, arenitischer Kalk, Schichtoberfläche von Pholaden angebohrt.
31.	1,2 m	Gelber, arenitischer Kalk mit hellgrau gefärbten Schlieren; bankig.
32.	1,2 m	Hellgelb-beiger, arenitischer, teilweise kryptokristalliner Kalk, Quarzgehalt 5%.
33.	0,6 m	Hellgelb-beiger, arenitischer Kalk; bankig.
34.	1,1 m	Hellgelber, grobarenitischer Kalk.
35.	0,5 m	Hellgelber, z. T. beiger, arenitischer Kalk, dunkelgelb anwitternd.
36.	1,6 m	Hellgelber, gegen oben hellgrau werdender arenitischer, leicht spätiger Kalk.
37.	1,4 m	Hellbrauner, gegen oben gelb werdender, arenitischer Kalk; bankig.
38.	0,6 m	Grau-beiger, arenitischer, harter Kalk mit dunkelgelben Flecken.
39.	1,25 m	Gelber, z.T. braun-beiger, arenitischer, leicht spätiger Kalk; dünnbankig.
40.	0,4 m	Beiger, arenitischer, harter Kalk.
41.	1,0 + x m	Hellgelber, arenitischer, leicht spätiger Kalk; dünnbankig.

Profil Tüscherz (Tü)

NE Bahnhof Tüscherz, LK-Blatt 1125, Koord. 581.670/218.290.

Goldbergformation:

1.	x + 0,2 m	Bunt gebänderte, knollige, makro- teilweise mikrokristalline Mergelkalke, von tonigen Lagen durchzogen. Quarzgehalt 8 %, Chalcedon 1 %.
2.	0,1–0,15 m	Bunte, tonige Mergel.
3.	0,2 m	Dunkelgelber, mikro- teilweise makrokristalliner Kalk mit kleinen weinroten Punkten.
4.	0,05–0,15 m	Bunte, bröckelige Mergelkalke bis Mergel mit bunten, tonigen Lagen.
5.	0,05–0,08 m	Beige-gelb gebänderter, kryptokristalliner, teilweise rekristallisierter (rhomboedrische Calcitkristalle) Kalk. Chalcedon 2 %.
6.	0,05–0,02 m	Schmutzig graue, tonige Mergel mit vereinzelten bis 1 mm grossen Cailloux noirs.
7.	0,05 m	Grau-beige-rosa gefärbter, kryptokristalliner Mergel-Kalk mit vereinzelten Cailloux noirs bis 1 mm Durchmesser.
8.	0,02–0,05 m	Dunkelgelbe, tonige Mergel mit grau-rosa gefärbten Mergelkalk-Konkretionen.
9.	0,2 m	Dunkelgelber, makro- teilweise mikrokristalliner, harter Kalk mit kleinen weinroten Punkten.
10.	0,03 m	Dunkelgelbe, bröckelige, tonige Mergel.
11.	0,08 m	Graubeiger, mikrokristalliner Kalk mit weinroten Tupfen.
12.	0,35 m	Hellbeige-grauer, bröckeliger, arenitischer Mergelkalk.
13.	0,12 m	Hellgrau-beiger, arenitischer Kalk.
14.	0,07 m	Olivgrünlich-graue, bröckelige Mergel mit teilweise dunkelgelben Flecken.
15.	0,05 m	Graubeiger, arenitischer, harter Kalk mit bis 3 mm grossen Cailloux noirs.
16.	0,2 m	Gelblich-graue Mergel, gegen unten in mergelige Tone übergehend, mit Cailloux noirs bis 3 mm Durchmesser.
17.	0,05 m	Grünlich-graue, kryptokristalline Mergelkalke und Mergel mit bis 3 mm grossen Cailloux noirs.
18.	0,7 + x m	Knollenhorizont: Grau-oliver, kryptokristalliner Mergelkalk mit Cailloux noirs bis 3 mm Durchmesser, intensiv von olivgrünen bis grauen Mergellagen und -Nestern durchzogen, so dass der Mergelkalk ausgesprochen knollig anwittert, Kluftflächen meist dunkelgelb, Quarzgehalt 2 %.

Profil Pasquart (Pa)

Pasquart in Biel, an der Bahnlinie Biel–Frinvillier, LK-Blatt 1126, Koord. 585.120/221.130 (Fortsetzung von Profil Tüscherz, Tü).

Goldbergformation

1.	x + 1,2 m	Knollenhorizont: Grau-oliver, kryptokristalliner Mergelkalk mit vereinzelten Cailloux noirs bis zu 1 mm Grösse, intensiv von olivgrünen bis grauen Mergellagen und -Nestern durchzogen, die gegen die Basis auf Kosten des Mergelkalkes zunehmen, ausgesprochen knollige Verwitterung, Quarzgehalt 2 %, oben in Nr. 1a übergehend.

Mergel- und Kalk-Zone:

1a	0,05–0,2 m	Basiskonglomerat: Graubeige, kryptokristalline Kalkgerölle von maximal 5 cm Durchmesser, mit typischer dunkelgelb-brauner Verwitterungsrinde, meist schlecht gerundet, reich an Chara-Oogonien; die Gerölle kommen in tektonisch bedingten, grauen bis gelben Mergelnestern vor.
2.	0,08 m	Grau-rosa gefärbter, brekziöser, kryptokristalliner, teilweise oolithischer Kalk mit bis 2 mm grossen Cailloux noirs und stellenweise dunkelgelben Flecken.
3.	0,03 m	Oliv-graue, blättrige Mergel mit Cailloux noirs bis 2 mm Durchmesser und bis 3 cm grossen Geröllen, wie sie im Basiskonglomerat enthalten sind.
4.	0,35 m	Dunkelgelber, oolithischer, teilweise arenitischer, brekziöser Kalk mit bis 3 mm grossen Cailloux noirs, grösster Durchmesser der Brekzien-Komponenten 5 mm.
5.	0,3 m	Wie Nr. 4, Cailloux noirs, jedoch nur vereinzelt vorkommend.
6.	0,25 m	Grau-beige melierter, feinbrekziöser, oolithischer teilweise arenitischer Kalk mit hellgrauen Flecken und Cailloux noirs bis 1 mm Durchmesser.
7.	0,3 m	Gelber, leicht grau melierter, kryptokristalliner, teilweise oolithischer Kalk mit hellgrauen Schlieren, Ooide dunkelgelb.
8.	0,15 m	Dunkelgelber, grobarenitischer, teilweise oolithischer Kalk bis Mergelkalk, leicht verwitterbar.
9.	0,6 m	Gelb-hellgrau melierter, arenitischer, teilweise kryptokristalliner und leicht zoogendetritischer (Molluskenschalen) Kalk.
10.	0–0,02 m	Bunte, meist olive, blättrige Mergel.
11.	0,45 m	Beiger, kryptokristalliner, teilweise arenitischer und leicht zoogendetritischer (Molluskenschalen) Kalk mit dunkelgelben Flecken. Quarzgehalt 7 %.
12.	0,03–0,05 m	Olivgrüne und weinrote, blättrige Tone.
13.	0,5 m	Gelber, bunt gefleckter, kryptokristalliner, teilweise arenitischer und leicht zoogendetritischer Kalk.
14.	0–0,03 m	Olive, weinrote, bröckelige Mergel.

Marbre bâtard:

15.	0,25 m	Dunkelgelber, arenitischer Kalk mit vereinzelten kleinen weinroten und hellgrauen Flecken, oben in Nr. 16 übergehend.
16.	0,15 m	Dunkelgelber, arenitischer, leicht verwitternder Kalk mit vereinzelten grauen und weinroten Flecken.
17.	0,4 + x m	Beiger bis hellgrauer, arenitischer, leicht zoogendetritischer (Molluskenschalen) Kalk.

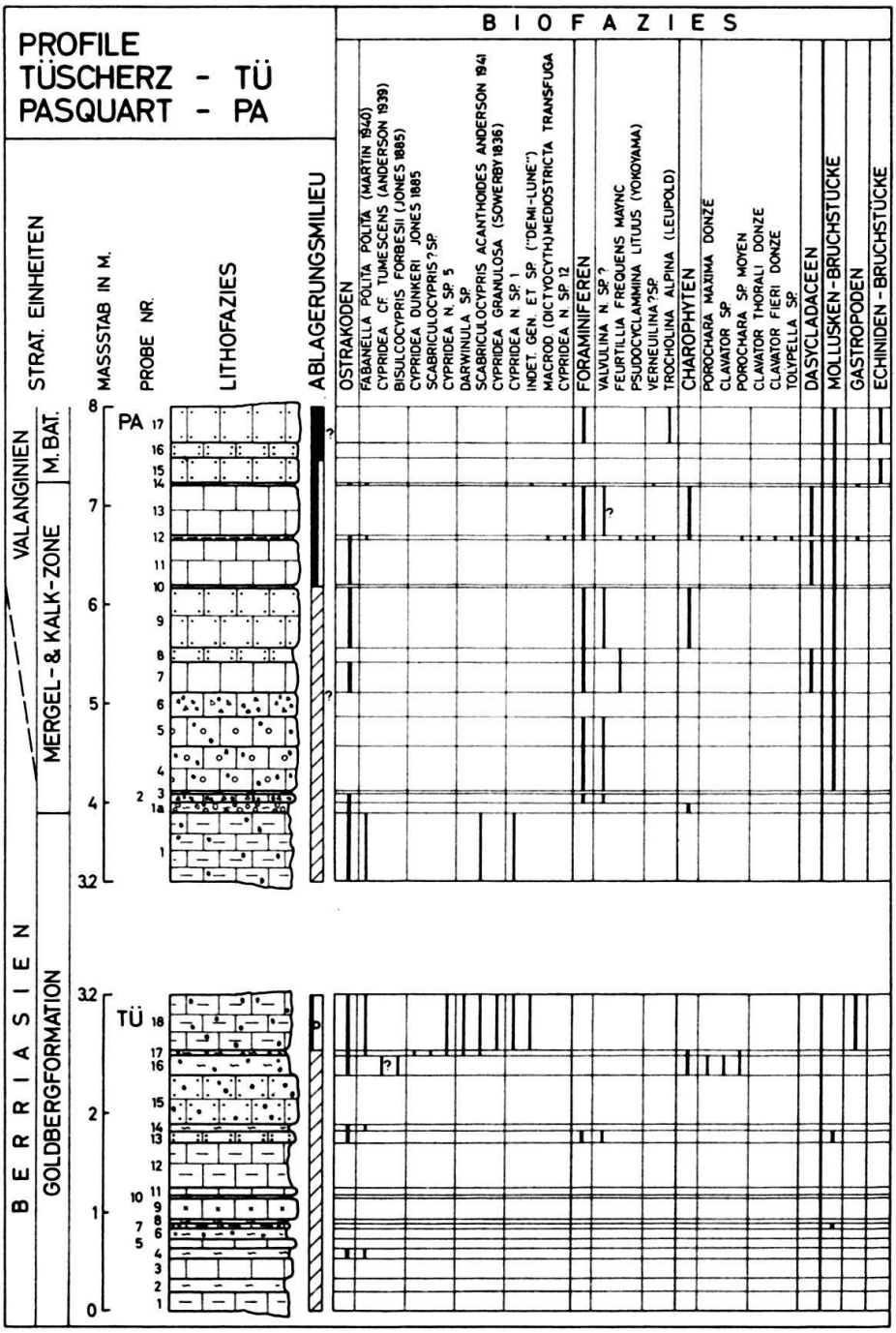

Fig. 31. Profile Tüscherz (Tü) und Pasquart (Pa). Legende siehe Fig. 26.

Profil Fluhrebe (Fl)

Basis des Profils: E-Rand des alten Steinbruches Fluhrebe WSW Tüscherz, LK-Blatt 1145, Koord. 580.880/217.750. Vgl. E. Baumberger (1895, 173; 1903, 13), F. Burri (1956, 615). Fortsetzung des Profils von Seite 585.

Goldbergformation:

13.	0,25 m	Grau- bis graubeiger, kryptokristalliner Kalk mit hellgelben, mergeligen Schlieren, Quarzgehalt 2 %.
14.	0,2 m	Hellgrau-beiger, mikrokristalliner, dolomitischer Kalk mit grauer Verwitterungsrinde, kreidig verwitternd.

15.	0,1 m	Graubeiger, mikro- teilweise makrokristalliner, kalkiger Dolomit.
16.	0,005–0,01 m	Graue Mergelkalklage.
17.	0,15 m	Dunkelgelber, bröckeliger Mergelkalk bis Kalk, bipyramidaler Quarz bis 2 mm Länge.
18.	0,25 m	Hellgrünlich-graue und hellgelb gefleckte, kryptokristalline, brekziöse Mergelkalke, bipyramidaler Quarz bis 2 mm Länge.
19.	1,6 m	Dunkelgelbe, teilweise leicht hellgrau gefleckte Mergel, darin eingelagert bis faustgrosse, mikro- z.T. makrokristalline Kalkknauern, bipyramidaler Quarz bis 3 mm Länge.
20.	0,5 m	Dunkelgelber, hellgrau geeflckter, mikro- teilweise krypto- und makrokristalliner Kalk. Quarzgehalt durchschnittlich 3 %.
21.	0,6 m	Dunkelgelber bis hellbrauner makro- teilweise mikrokristalliner Kalk mit hellgrauer Verwitterungsrinde, vereinzelte Cailloux noirs bis 1 mm Grösse,
22.	0,35 m	Grauer, stark gelb gefleckter, kryptokristalliner Mergelkalk bis Mergel mit kleinen weinroten Flecken, Quarzgehalt durchschnittlich 6 %.
23.	0,8 m	Graue, dunkelgelbe, weinrote Mergel mit vereinzelten Cailloux noirs bis 1 mm Grösse.
24.	0,05 m	Graue, dunkelgelb fleckige Mergel voller beiger Kalkkonkretionen.
25.	0,4 m	Grauer, dunkelgelb gefleckter, kryptokristalliner brekziöser Kalk mit stellenweise kleinen, weinroten Flecken und Cailloux noirs bis zu 2 mm Durchmesser, gegen die Basis treten graue, blättrige Mergellagen auf, der Kalk ist teilweise rekristallisiert (rhomboedrische Calcitkristalle).
26.	0,05–0,15 m	Graue, arenitische Mergelkalke bis Mergel, dicht mit bis 5 mm grossen Cailloux noirs besetzt.
27.	0–0,05 m	Graue, mergelige Lage mit Cailloux noirs bis 8 mm Durchmesser.
28.	0,2 m	Rosa-dunkelgelb gefleckter, arenitischer Mergelkalk mit bis 8 mm grossen Cailloux noirs.
29.	0,3 m	Bunte, blätterige Mergel bis Tone mit vereinzelten Cailloux noirs bis 1 mm Grösse.
30.	0,08 m	Hellbrauner, kryptokristalliner, stellenweise grau und knollig verwitternder Mergelkalk.
31.	0,2 m	Dunkelgelber, graulicher, mikro-, teilweise makrokristalliner Kalk mit 15–50 % Quarz.
32.	0,02 m	Bunte, vorwiegend dunkelgelbe Mergel.
33.	0,03 m	Graulich-rosagefärbter Arenit, bestehend aus 60 % Quarzkörner, 1 % Chalcedon und calcitischem, stellenweise silikatischem Bindemittel.
34.	0,06 m	Graue bis olivgrüne, rosa- und dunkelgelb gefleckte Mergel mit grauen Mergelkalkkonkretionen.
35.	0,3 m	Dunkelgelber, mikro- teilweise makrokristalliner Mergelkalk mit bunten tonigen Zwischenlagen und Nestern und stellenweise grauen, sowie limonitischen Schlieren, z. T. rekristallisiert (Calcit-Rhomboeder).
36.	0,2 m	Olivgrün-graue, bröckelige, krypto-, teilweise makrokristalline Mergelkalke bis Mergel mit grauen, blätterigen, tonigen Linsen und kleinen, graulichen Kalkknauern, stellenweise rekristallisiert (rhomboedrische Calcitkristalle). Quarz- und Chalcedongehalt 3 %, oben in Nr. 37 übergehend.
37.	0,08 m	Dunkelgelb-graulicher Mergelkalk, grau verwitternd.
38.	0,25 m	Grau-gelblicher Mergelkalk mit dunkelgelben Flecken, gegen die Basis in bräunlich-graue, blätterige Mergel übergehend.
39.	0,03 m	Dunkelgelbe, tonige Lage.
40.	0,2 m	Dunkelgelber, mikrokristalliner Kalk mit mergeligen Schlieren und teilweise rostroten Flecken.

41.	0,04 m	Mergelige Lage.
42.	0,1 m	Graugelber, dunkelgelb gefleckter, mikro-, teilweise makrokristalliner Mergelkalk, nach oben in Nr. 43 übergehend.
43.	0,4 m	Gelbgraue, blätterige bis bröckelige Mergel mit kryptokristallinen Mergelkalkknauern, die teilweise weinrote Flecken aufweisen.
44.	0,2 + x m	Hellgrauer, gelb anwitternder, arenitischer Mergelkalk mit stellenweise rosafarbenen Flecken; plattig.

Die nachfolgenden 2,1 ± 0,5 m sind nicht aufgeschlossen.

45.	x + 0,2 m	Graue, arenitische Mergelkalke mit dunkelgelben Flecken und bis 3 cm grossen Cailloux noirs.
46.	0,2 + x m	Brèche multicolore: Meist schlecht gerundete bis eckige Cailloux noirs und graue bis braune Kalkkomponenten von 0,1–4 cm Durchmesser bilden in einem grauen, arenitischen Mergelkalk bis Kalk ein gut sichtbares graded bedding (Fig. 22, Abschnitt 3. 4. 6), Anteil der Matrix 30 bis 70 %.

Die nachfolgenden 2,5 ± 0,5 m sind nicht aufgeschlossen.

50.	x + 0,6 m	Knollenhorizont: Grau-oliver, kryptokristalliner Mergelkalk mit vereinzelten bis 1 mm grossen Cailloux noirs, intensiv von grau-oliven Mergellagen- und Nestern durchzogen, so dass der Mergelkalk ausgesprochen knollig anwittert, Kluftflächen meist dunkelgelb.

Mergel- und Kalk-Zone:

51.	0,02–0,2 m	Olive, teilweise graue Mergel mit 2 cm grossen, graubeigen, kryptokristallinen, schlecht gerundeten Kalkgeröllen, die eine typische dunkelgelbbraune Verwitterungsrinde besitzen und Chara-Oogonien führen.

Mutmassliche, tektonisch bedingte Lücke von höchstens 1 m.

52.	0,65 m	Gelb-beiger, brekziöser, arenitischer Kalk, maximale Grösse der Komponenten 1 cm; bankig.
53.	0,03–0,08 m	Dunkelgelber, kryptokristalliner Mergelkalk mit Ooiden von rotbrauner Farbe und eingelagerten Geröllen bis zu 1 cm Durchmesser.
54.	0,2	Dunkelgelber, arenitischer, teilweise oolithischer und kryptokristalliner Kalk, von hellgrauen Schlieren durchzogen; dünnbankig.
55.	0,5 m	Gelb-beiger, arenitischer, teilweise oolithischer harter Kalk, plattig.
55a	0,1 m	Dunkelgelb-beiger, oolithischer, teilweise krypto-kristalliner Kalk.
56.	0,2 m	Dunkelgelber Mergelkalk mit rostroten Ooiden.
57.	0,2 m	Beiger, leicht grau melierter, arenitischer, teilweise oolithischer Kalk.
58.	0,03 m	Beige, leicht grau melierte Mergel.
59.	0,3 m	Beiger, leicht grau melierter, oolithischer Kalk.
60.	0,05–0,08 m	Dunkelgelber, graufleckiger oolithischer bis arenitischer Mergelkalk.
61.	0,25 + x m	Beiger, teilweise dunkelgelb und rosa gefleckter, kryptokristalliner Kalk mit weinroten Kluftflächen, Quarzgehalt 7 %.

Lücke von höchstens 0,6 m.

62.	x + 0,2 m	Dunkelgelb-beiger, oolithischer, teilweise arenitischer Kalk mit hellgrauen Schlieren.
63.	0,5 m	Beiger, arenitischer Kalk; dünnplattig bis plattig.
64.	0–0,01 m	Dunkelgelbe Mergellage.
65.	0,1 m	Beiger, groboolithischer Kalk, Ooide dunkelgelb gefärbt.

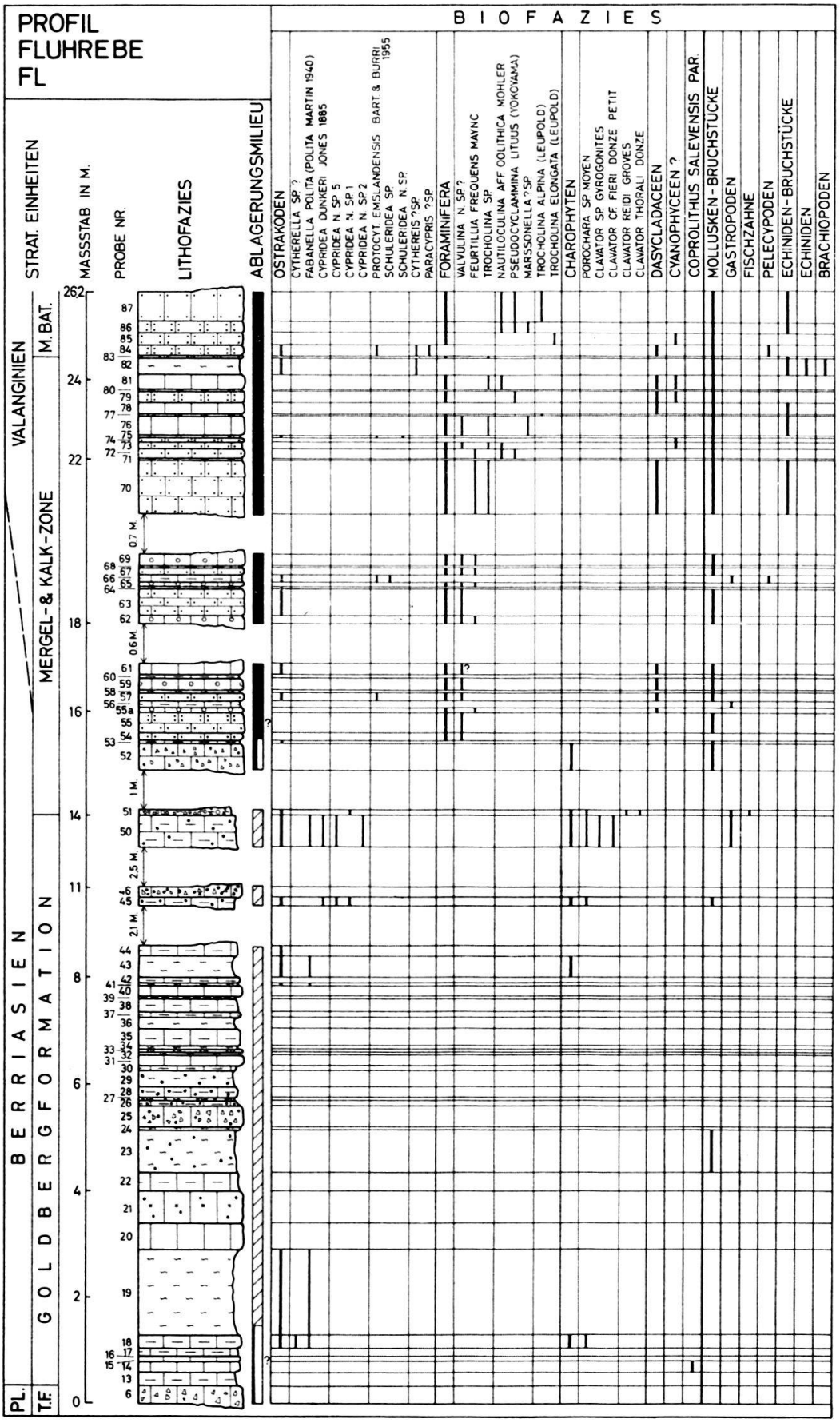

Fig. 32. Profil Fluhrebe (Fl). Legende siehe Fig. 26.

66.	0,2 m	Dunkelgelb-beiger, blättriger, oolithischer bis arenitischer Mergelkalk.
67.	0,14 m	Dunkelgelb-beiger, arenitischer, teilweise oolithischer Kalk.
68.	0–0,01 m	Dunkelgelb-beiger Mergelkalk.
69.	0,3 + x m	Dunkelgelb-beiger, oolithischer, teilweise arenitischer Kalk.

Lücke von höchstens 0,7 m.

70.	x + 1,7 m	Hellgelb-weisser, arenitischer Kalk; bankig.
71.	0–0,01 m	Dunkelgelb-olive Mergellage.
72.	0,25 m	Gelber, leicht hellgrau melierter, arenitischer Kalk.
73.	0,15 m	Dunkelgelber, grobarenitischer, gegen die Basis mergelkalkig werdender Kalk, hellgrau anwitternde Kluftflächen.
74.	0,08 m	Gelber bis dunkelgelber arenitischer Kalk.
75.	0,01–0,03 m	Bunte, vorwiegend graue Mergellage, in Nr. 76 übergehend.
76.	0,5 m	Gelber, kryptokristalliner Kalk, gegen die Basis zu leicht bröckelig, grau anwitternd.
77.	0–0,01 m	Dunkelgelbe Mergellage.
78.	0,3 m	Gelb-beige melierter, kryptokristalliner, teilweise arenitischer Kalk mit hellgrauen Schlieren, zuoberst vereinzelte kleine Kalkgerölle, die mit der Matrix fest verkittet sind.
79.	0,3 m	Gelb-beige melierter, arenitischer Kalk mit hellgrauen Schlieren.
80.	0–0,01 m	Dunkelgelbe, mergelige Lage.
81.	0,4 m	Beiger, kryptokristalliner Kalk, obere Schichtfläche von Pholaden angebohrt.
82.	0,4 m	Dunkelgelber, arenitischer Mergel bis Mergelkalk.
83.	0,06 m	Dunkelgelber, grobarenitischer Kalk.

Marbre bâtard:

84.	0,25 m	Dunkelgelber, arenitischer Kalk mit teilweise hellgrauen Schlieren.
85.	0,3 m	Dunkelgelber, arenitischer Kalk.
86.	0,3 m	Hellgelber, arenitischer, leicht verwitternder Kalk mit teilweise grossen Arenitkörnern.
87.	0,8 + x m	Hellgelb-weisser, arenitischer Kalk.

Profil Twann-Schützenhaus (Tw)

Unterhalb des Schützenhauses von Twann, LK-Blatt 1145, Koord. 577.900/215.660. Vgl. F. Burri (1956, 617).

Goldbergformation:

1a	x + 0,4 m	Dunkelgelbe, bröckelige, arenitische, teilweise kryptokristalline Mergelkalke bis Mergel.
1b	0,5 m	Grauer bis graubeiger, teilweise gelbgefleckter, mikrokristalliner, z.T. makrokristalliner Kalk, Chalcedon 1 %.
1c	0,6 m	Olivgrün-grauer, kryptokristalliner Mergelkalk bis Kalk mit dunkelgelben Flecken und olivgrünen Mergelnestern, Quarzgehalt 3 %.
1d	0,6 m	Braun-beiger, arenitischer, teilweise kryptokristalliner Kalk mit Cailloux noirs bis zu 3 mm Durchmesser, gegen oben von olivfarbenen Tonhäuten durchsetzt, Kluftflächen dunkelgelb anwitternd.
2.	0,9 m	Olivgrüne, gegen die Basis und nach oben stellenweise dunkelgelbe und weinrote Mergel, zuoberst in kryptokristalline, teilweise arenitische Mergelkalke übergehend, Kluftflächen dunkelgelb.
3.	0,05–0,08 m	Grüne, graue und olive, tonige Mergel.
4.	0,15–0,2 m	Bunte, vorwiegend olivgrüne Mergel mit bunten, kryptokristallinen, teilweise Mergelkalk- und Kalkknauern und vereinzelten Cailloux noirs bis 4 mm Grösse (vgl. Fig. 38, Abschmitt 4. 3. 2) und Quarzkristallen bis 3 mm Länge.

5.	0,25 m	Braun-beiger, arenitischer, teilweise mikrokristalliner Kalk mit bis 4 mm grossen Cailloux noirs, Quarzgehalt 3 %.
6.	0,005–0,015 m	Dunkelgelb-graue, tonige Mergel.
7.	0,12 m	Grau-beiger, arenitischer, teilweise kryptokristalliner Mergelkalk mit Cailloux noirs bis 2 mm Durchmesser.
8.	0,1 m	Grau-beiger, arenitischer, teilweise kryptokristalliner Mergelkalk, gegen die Basis in bröckelige Mergel übergehend, dunkelgelb verwitternd, Cailloux noirs bis 2 mm Grösse, Quarzgehalt 2 %.
9.	0,35 m	Grau-beige, bröckelige Mergel mit vereinzelten Cailloux noirs bis 3 mm Durchmesser, dunkelgelb anwitternde Kluftflächen.
10.	0,08 m	Grau-beiger, kryptokristalliner, teilweise arenitischer Mergelkalk mit dunkelgelben Flecken und bis 1 mm grossen Cailloux noirs.
11.	0,01–0,02 m	Graue, tonige Lage.
12.	0,1 m	Gelblich grauer, kryptokristalliner, teilweise rekristallisierter (rhomboedrische Calcitkristalle) Kalk mit Cailloux noirs von maximal 1 mm Durchmesser.
13.	0,1 m	Grau-dunkelgelb gebänderter Arenit bestehend aus 60 % Quarz, 1 % Chalcedon und calcitischem, teilweise silikatischem Bindemittel.

Die nachfolgenden 3,5 ± 0,5 m sind nicht aufgeschlossen.

30.	0,1 m	Grau-beiger, kryptokristalliner, teilweise arenitischer Kalk mit dunkelgelben Flecken.
31.	0,05 m	Dunkelgelb-beige-grau gebänderter, arenitischer Kalk mit 3 mm grossen Cailloux noirs, Quarz- und Chalcedongehalt 2 %.
2. 3	0,2 m	Beige-grauer, teilweise feinbrekziöser, arenitischer z. T. kryptokristalliner Kalk.
33.	0,01–0,02 m	Graue, leicht oliv gefärbte, blätterige, tonige Mergel.
34.	0,05 m	Hellbeiger bis hellgelber, leicht gebänderter, mikrokristalliner Kalk.
35.	0–0,01 m	Graue bis olivgrüne, tonige Lage.
36.	0,25 m	Hellgelb-beiger, kryptokristalliner Mergelkalk.
37.	0,1 m	Dunkelgelb-beige melierter, kryptokristalliner Kalk.
38.	0,03 m	Olivgrüne, tonige Mergel.
39.	0,15 m	Hellgrauer bis weisser, kryptokristalliner, leicht verwitternder, kreidiger Mergelkalk.
40.	0–0,01 m	Olivgrüne bis grüne tonige Lage.
41.	0,2 m	Grau-beiger, kryptokristalliner, teilweise arenitischer Kalk, gegen oben in Nr. 42 übergehend.
42.	0,05 m	Olivgrünlich-graue, blätterige, tonige Mergel.
43.	0,2 m	Grau-beige gefleckter, leicht bröckeliger, kryptokristalliner, teilweise arenitischer Kalk.
44.	0,3 m	Beiger, kryptokristalliner, teilweise arenitischer Kalk.
45.	0,1 m	Hellbräunlich-beiger, arenitischer Kalk.
46.	0,25 m	Graubeiger Mergelkalk bis Mergel mit vereinzelten bis 1 mm grossen Cailloux noirs.
47.	0,2 m	Grauer, leicht beigelicher, arenitischer, teilweise oolithischer Kalk voller Cailloux noirs bis 2 mm Durchmesser.
48.	0,3 m	Hellgrau-olivgrünliche, bröckelige Mergel bis Mergelkalke, vereinzelte Cailloux noirs bis 1 mm Grösse, dunkelgelbe Kluftflächen.
49.	0,25 m	Grauer, kryptokristalliner, plattiger Kalk mit vereinzelten Cailloux noirs bis 1 mm Durchmesser.
50.	0,5 m	Knollenhorizont: grau-oliver, kryptokristalliner Mergelkalk bis Kalk, intensiv von mergeligen Lagen und Nestern durchsetzt, so dass der Mergelkalk ausgesprochen knollig verwittert.
51.	0,15 m	Grauer, kryptokristalliner Kalk mit vereinzelten Cailloux noirs bis 2 mm Durchmesser.

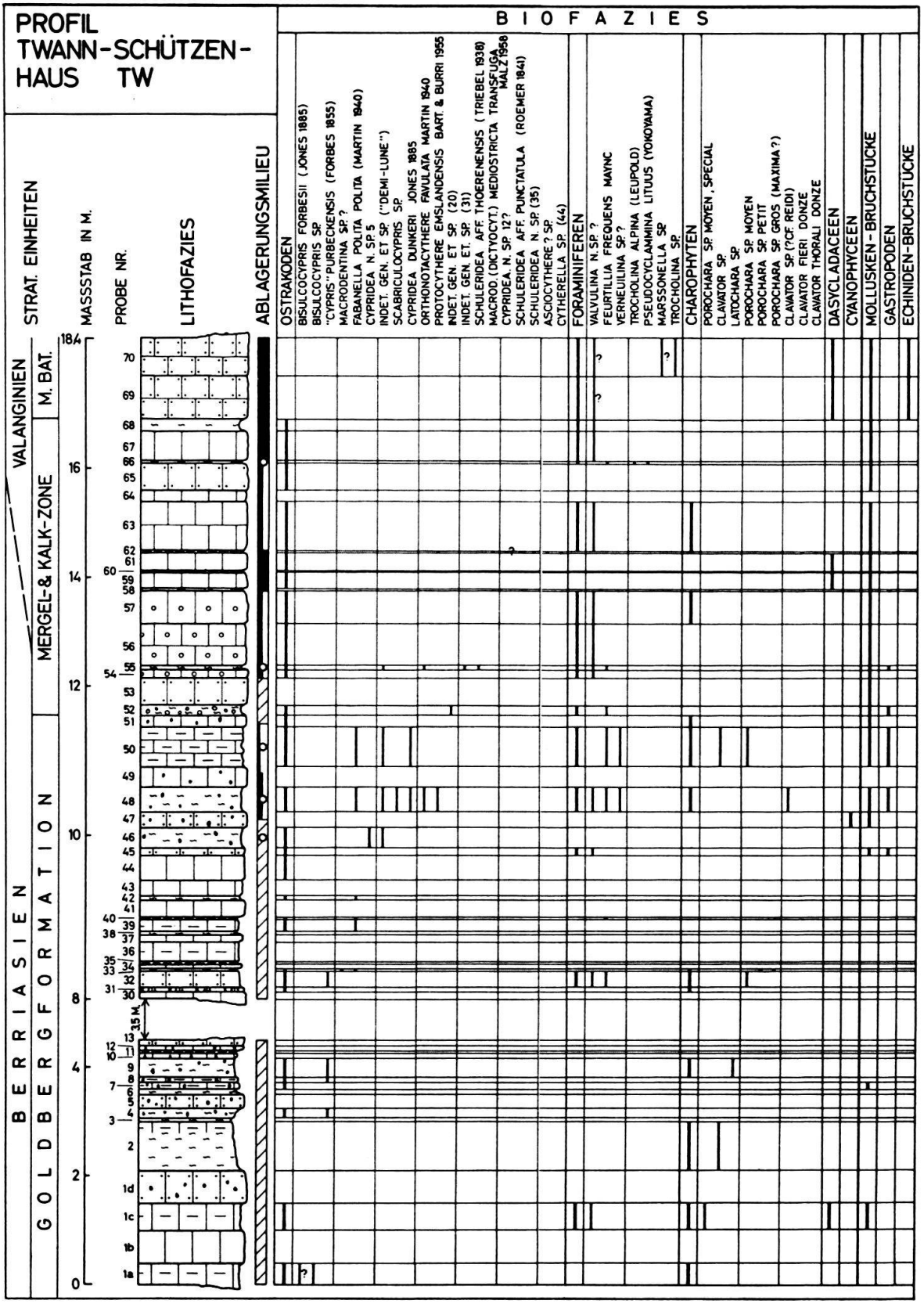

Fig. 33. Profil Twann-Schützenhaus. Legende siehe Fig. 26.

Mergel- und Kalk-Zone:

52.	0,2 m	Basiskonglomerat: Hellgrau-gelblich bis olivgrüne Mergel mit vereinzelten kryptokristallinen, schlecht gerundeten Kalkgeröllen von maximal 2 cm Durchmesser, die eine typisch dunkelgelb-braune Verwitterungsrinde besitzen und Chara-Oogonien sowie Ostrakoden-Schalen enthalten.
53.	0,5 m	Dunkelgelb-hellgrau gefleckter, arenitischer, teilweise oolithischer Kalk; dünnbankig.
54.	0,15 m	Dunkelgelb-hellgrau gefleckter, oolithischer, teilweise kryptokristalliner und arenitischer Kalk.
55.	0,08 m	Dunkelgelbe, bröckelige Mergel.
56.	0,75 m	Dunkelgelber bis hellgrauer, oolithischer, teilweise kryptokristalliner Kalk, gegen oben leicht blätterig werdend.
57.	0,6 m	Dunkelgelb-hellgrau gefleckter, oolithischer Kalk.
58.	0,03 m	Bunte, vorwiegend olivgrün-graue, tonige Mergel.
59.	0,3 m	Dunkelgelb-grau melierter, kryptokristalliner, leicht zoogendetritischer (Molluskenschalen) Kalk mit dunkelgelben Flecken, Quarzgehalt 4 %.
60.	0–0,02 m	Bunte, tonige Lage.
61.	0,3 m	Hellgelber bis hellgrauer, rosafleckiger, kryptokristalliner Kalk.
62.	0,02–0,05 m	Bunte, tonige Lage.
63.	0,9 m	Hellgelber bis hellgrauer, z. T. rosagefärbter, kryptokristalliner, leicht zoogendetritischer (Molluskenschalen) Kalk, Quarzgehalt 4 %.
64.	0,2 m	Dunkelgelbe stellenweise grau und rosa gefärbte, bröckelige, kryptokristalline Kalke von feinen Tonhäuten durchzogen, Quarzgehalt 3 %.
65.	0,5 m	Dunkelgelber, gegen oben knollig verwitternder, arenitischer Kalk, Quarzgehalt 4 %.
66.	0,05 m	Gelb-beige, bröckelige Mergel.
67.	0,55 m	Hellgrauer, kryptokristalliner, teilweise arenitischen Kalk mit dunkelgelb gefärbten Arenitkörnern und z.T. rötlichen Flecken.
68.	0,2 m	Graue, dunkelgelbe bis olivgrüne, kryptokristalline Mergelkalke bis Mergel, Quarzgehalt 2 %.

Marbre bâtard:

69.	0,8 m	Hellbeiger, arenitischer Kalk.
70.	0,7	Beiger, arenitischer, teilweise kryptokristalliner, leicht zoogendetritischer (Molluskenschalen) Kalk mit hellgrauen, scharf begrenzten Flecken.

4.2.2 Typprofil Valangin (Va)

Eingang der Seyonschlucht SSW Valangin, LK-Blatt 1144, Koord. (Basis des Profils) 559.425/206.980 (Ostseite der Seyonschlucht). Vgl. E. Baumberger und H. Moulin (1899, 150), E. Frei (1925, 26).

Mergel- und Kalk-Zone:

1a, b	x + 4,5 m	Graubeige gefleckter, arenitischer, teilweise oolithischer Kalk, Ooide und Arenitkörner beige, wenn angewittert rostrot. Im oberen Teil zwischen einzelnen Kalkbänken graue, olivgrünliche Mergel- bis Mergelkalk-Lagen eingelagert; plattig bis dünnbankig.
2a–c	1,2–1,5 m	Graue, beige gefleckte, oolithische, teilweise arenitische Mergelkalke bis Mergel, Ooide und Arenitkörner beige, wenn angewittert rostrot. Gegen oben hin kalkig werdend.
3.	1,6 m	Grauer bis beiger, arenitischer Kalk, Arenitkörner graubeige, wenn angewittert rostrot; dünnbankig bis bankig.
4.	0,1 m	Grauer, arenitischer, teilweise kryptokristalliner Kalk.
5.	1,8–2,3 m	Graue, teilweise olivgrünliche und leicht weinrötliche, bröckelige Mergel.

Marbre bâtard:

6.	1,9 m	Grauer, leicht beiger, arenitischer, teilweise kryptokristalliner Kalk; schlecht gebankt.
7.	0,9 m	Gelbbeiger, arenitischer, teilweise kryptokristalliner Kalk; ungebankt, im oberen Teil rhomboederförmig zerklüftet, Klüfte teilweise von dunkelgelben Mergeln angefüllt.
8.	1,1 m	Hellgrau-beiger, arenitischer Kalk; bankig.
9.	1,8 m	Hellbeiger, arenitischer Kalk; ungebankt, stark zerklüftet.
10.	2,2 m	Hellbeiger, arenitischer, teilweise kryptokristalliner Kalk; schlecht gebankt.
11.	1,4 m	Hellgrau-beige melierter, kryptokristalliner Kalk; bankig.
12.	1,8	Gelbbeige melierter, arenitischer Kalk; schlecht gebankt.
13.	1,2 m	Beiger, arenitischer Kalk; dünnbankig bis bankig.
14.	1,6 m	Hellbeiger, kryptokristalliner Kalk; ungebankt.
15.	1,5–1,8 m	Dunkelgelb-beiger, arenitischer, teilweise kryptokristalliner Kalk (an der Strasse tektonisch gestört); intensiv zerklüftet, Klüfte teilweise von gelbem, mergeligem Material angefüllt.
16.	1,3 m	Hellbeiger, arenitischer Kalk mit muscheligem Bruch; dünnbankig bis bankig.
17.	2,0 m	Hellbeige-weisser, arenitischer Kalk; ungebankt, stark zerklüftet.
18.	2,4 m	Hellbeiger bis beiger, kryptokristalliner Kalk; bankig bis grobbankig.
19.	0,6 m	Beiger bis dunkelgelber, arenitischer Kalk, Quarzgehalt 3 %.
20.	0,5 m	Hellbeiger, arenitischer Kalk.
21.	1,0 m	Gelbbeiger, teilweise rosa gefleckter, arenitischer Kalk.
22.	0,4 m	Dunkelgelber, arenitischer Kalk.
23.	1,7 m	Gelbbeiger, teilweise rosa gefleckter Kalk; dünnbankig bis bankig.
24.	0,1 m	Dunkelgelb und gelbbeige schlieriger, arenitischer und kryptokristalliner Kalk, Quarzgehalt 3 %.
25.	2,9 m	Dunkelgelb-beiger, arenitischer Kalk; bankig bis grobbankig, Quarzgehalt 3 %.

Marnes d'Arzier, Calcaire roux, Couche de Villers, Astierischicht (Oberes Valanginien):

26.	0,2 m	Niveau der Marnes d'Arzier: Gelber bis gelbbeiger, kryptokristalliner, knollig verwitternder Kalk, von zahlreichen, dünnen, dunkelgelben Mergelkalk- bis Mergellagen durchzogen, Quarzgehalt 20 %.

Fortsetzung des Profils auf der westlichen Seite der Seyonschlucht, Koord. 559,350/207.000.

27.	10,1 m	Calcaire roux in spätiger Fazies: Gelbe bis leicht bräunliche, grobkörnige, arenitische Echinodermenbrekzie, die nach oben hin feinkörniger wird (Übergang zu 28); dünnbankig bis bankig.
28a	3,2 m	Calcaire roux in limonitischer Fazies: Dunkelgelb-braune, arenitische Echinodermenbrekzie, nach oben hin starke Zunahme an limonitischen, kalkigen und mergeligen Arenitkörnern, sowie Ooiden. Zuoberst sind die Kalkplatten zerbrochen und die Zwischenräume mit mergeligem Material angefüllt (Übergang zu 28b). Quarzgehalt 3 %; plattig bis bankig.
28b	0,9 m	Gelbbraune Mergel mit dunkel- und hellbraunen Limonitkörnern, vollständig von harten, braunen, zoogendetritischen (Echinodermentrümmer) Kalkknollen durchsetzt, die bis zu 40 % arenitische und oolitische, teilweise mergelige Limonitkörner enthalten, nach oben Abnahme der Kalkknollen (Übergang zu 29). Quarzgehalt 7 %, Fe_2O_3-Gehalt 15 %.
29.	0,2 m	Couche de Villers: Kalkknollen von ähnlicher Ausbildung wie in Schicht 28b, regellos in dunkelgelben, namentlich im unteren Teil Limonitkörner führenden, plastischen Mergeln eingelagert.
30.	0,15 m	Astieriaschicht: Dunkelgelbe Mergel.

Hauterivien

Mergel- und Knollenmergel-Zone:

31. 1,8 + x m Graue, bröckelige Mergel.

Die nachfolgenden 4 ± 0,5 m sind nicht aufgeschlossen.

32. x + 0,5 m Dunkelgraue Mergel mit vereinzelten Kalkknollen.

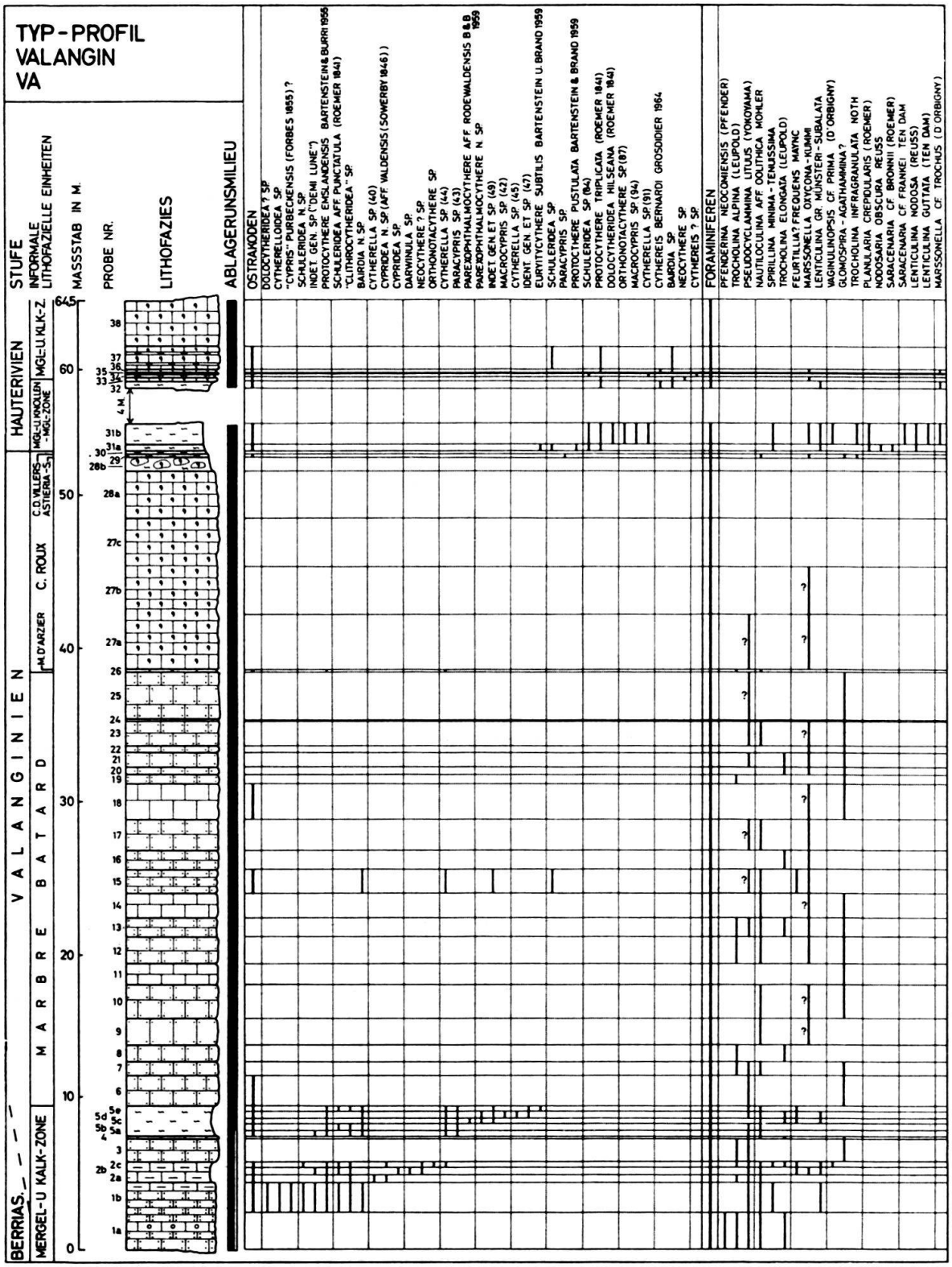

Fig. 34. Typ-Profil Valangin (Va). Legende siehe Fig. 26.

Mergel- und Kalk-Zone:

33.	0,2 m	Grauer, grobarenitischer, zoogendetritischer (Mollusken- und Echinodermentrümmer) Kalk, nach oben von grauen Mergeln durchzogen; Arenitkörner hellbraun, übriger Kalk dunkelgelb anwitternd, ca. 1 % Glaukonit, Quarzgehalt ca. 2 %.
34.	0,25 m	Dunkelgraue Mergel.
35.	0,1 m	Dunkelgrauer, zoogendetritischer (Mollusken- und Echinodermentrümmer), grobarenitischer Kalk; Arenitkörner hellbraun, übriger Kalk hellgrau bis graubeige anwitternd, 2 % Glaukonit, Quarzgehalt 2 %.
36.	0,2 m	Hellgrauer, zoogendetritischer (Mollusken- und Echinodermentrümmer), leicht arenitischer Kalk, hellbraun anwitternd, 1 % Glaukonit, Quarzgehalt 4 %.
37.	1,6 m	Grau-oliver, zoogendetritischer (Mollusken- und Echinodermentrümmer), plattiger bis dünnbankiger Kalk mit dunkelgelben Mergellagen von 0,01 bis 0,08 m Mächtigkeit alternierend, Kalk graubeige anwitternd, 1 % Glaukonit, Quarz- und Chalcedongehalt 2 %.
38.	3,0 + x m	Grau-oliver, zoogendetritischer (Mollusken- und Echinodermentrümmer) Kalk, dunkelgelb anwitternd, intensiv von Bohrgängen durchzogen, 1 % Glaukonit, Quarz- und Chalcedongehalt 2 %; dünnbankig bis bankig.

4.3 Geochemische und sedimentpetrographische Untersuchungen

4.3.1 Sulfat- und Phosphatgehalt

Untersuchungsmethoden

Aus jedem lithologischen Horizont von elf Detailprofilen (Fig. 28) wurde möglichst frisches, unverwittertes Gesteinsmaterial entnommen und im Stahlmörser verkleinert. Insgesamt wurden 306 Proben auf ihren Sulfat- und Phosphatgehalt untersucht. Die Bestimmungen erfolgten seriemässig in einem möglichst kurzen Analysengang:

Phosphatbestimmung:

1. Einwaage 5 g
2. Auflösen in 3-n HNO_3, einige Minuten sieden lassen.
3. Rückstand abfiltrieren.
4. Filtrat in 250 ml Messkolben, mit H_2O auffüllen, schütteln.
5. Molybdivanadat-Methode (nach Praktikumsanleitung von Prof. Th. Huegi und Kitson and Mellon 1944, 379):

   a) 20 ml Analysenlösung in 50 ml Messkolben abpipettieren, Zugabe von 10 ml Molybdivanadat-Lösung, schütteln, Messkolben mit H_2O auffüllen, einige Minuten stehen lassen.
   b) Die Lösung wird bei 430 mμ-Licht photometriert, Schichtdicke 4 cm.

Die verhältnismässig grosse Einwaage ermöglicht, auch kleine Werte mit grosser Genauigkeit zu messen. Da der Phosphor in apatitähnlicher Form vorliegen muss (C. W. Correns 1949, 223), wurde zunächst die Löslichkeit von Apatitkörnern ermittelt und sodann obiges Aufschlussverfahren gewählt. Weitere Vorversuche zeigten, dass die Kieselsäure in kurzer Zeit durch 3-n HNO_3 nicht angegriffen wird, oder wenigstens beim Kolorimetrieren nicht stört. So wurde durch Zugabe von 50 % Quarzstaub zum Aufschluss der Analysenwert nicht verändert. Längeres Stehenlas-

sen (1–2 Std.) nach dem Auffärben ergab ebenfalls keine Auswirkung. Die Extinktion der Analysenlösung wurde mit einem Hilger Uvispek-Spektralphotometer (H 700) gemessen.

Sulfatbestimmung:

Da die klassische quantitative Sulfat-Analyse sehr zeitraubend ist, wurde nachfolgendes Verfahren verwendet, das für unsere Zwecke eine hinreichende Genauigkeit bot und eine grössere Anzahl semiquantitativer Bestimmungen pro Tag erlaubte:

1. Einwaage 2 g
2. Substanz mit H_2O tränken (um Spritzer zu vermeiden), langsam HCl-conc. im Überschuss dazu.
3. 10 Min. sieden lassen.
4. Abfiltrieren, Filtrat in 250 ml-Erlenmeyerkolben, mit H_2O bis 5 cm unter den Rand auffüllen.
5. $BaCl_2$-Lösung dazu, schütteln, 12 Std. stehen lassen.
6. Semiquantitative Analyse mittels Standard-Niederschlägen und quantitativen Kontrollbestimmungen.

Vorversuche bestätigten, dass fein verteiltes Sulfat, das in Karbonaten als Gips oder möglicherweise Anhydrit vorliegt, durch den HCl-Aufschluss restlos in Lösung geht. Sulfide werden dabei, je nach der Korngrösse, mehr oder weniger unter Schwefelabscheidung zersetzt und stören daher bei der Fällung mit $BaCl_2$ nicht. Zur Bestimmung wird der $BaSO_4$-Niederschlag abzentrifugiert und mit ebenfalls zentrifugierten Standardniederschlägen, in unserem Fall 0,01, 0,05, 0,15 und 0,40 % SO_4^{2-}, verglichen und in eine Gruppe, z. B. 0,05–0,15 % eingestuft. Ein Niederschlag von 0,01 % ist bei einer Einwaage von 2 g gerade noch erkennbar. Gehalte von über 0,25 % geben bei Zugabe von $BaCl_2$ sofort eine Trübung. Damit die Niederschläge immer gleich voluminös erscheinen, muss die Zentrifugierzeit stets genau eingehalten werden. Das spezifisch schwere $BaSO_4$ sedimentiert vollständig innerhalb von 2 Minuten bei 2000 Umdrehungen/Min.

Zur Überprüfung der Resultate sind unbedingt quantitative Kontrollbestimmungen notwendig. Diese wurden vorerst nach den Anleitungen von J. Jakob (1952, 103) durchgeführt: Schmelzaufschluss mit Soda. Ausfällen von Kieselsäure und Aluminiumoxyd durch Ammoniumkarbonat, neutralisieren, Bestimmung des $BaSO_4$–Niederschlages. Es zeigte sich aber, dass bei den vorliegenden karbonatischen Gesteinen ein weniger langwieriges Verfahren zum selben Ergebnis führte:

1. Verfahren wie semiquantitative Bestimmung bis Punkt 5.
2. Niederschlag abfiltrieren, Filter mehrere Male gut auswaschen. Da Niederschlag sehr feinkörnig, besonders dichtes Filter verwenden (Blauband-Filter, Schleicher und Schuell).
3. Nasses Filter in tariertem Platintiegel veraschen: Bei unbedecktem Tiegel unter kleiner Flamme Filter trocknen und verbrennen, sodann bedeckt bei ca. 800° C veraschen.
4. Im Exsikkator erkalten lassen, wägen.

Tab. 13. SO_4^{2-}-Werte einiger Gesteinsproben nach dem Aufschlussverfahren in Soda resp. HCl

Proben	% Nichtkarbonat	Soda-Aufschluss, % SO_4^{2-}	HCl-Aufschluss, % SO_4^{2-}
Tw 32	26,0	0,37	0,33
Ru 8	8,4	0,29	0,29
Ri 15	38,1	0,25	0,22
Tb 10	3,2	0,12	0,10
Ru 16	4,5	0,05	0,03

Die Vergleichswerte in Tabelle 13 zeigen, dass sich auch ein hoher Tongehalt beim HCl-Verfahren nicht störend auswirkt. Die kleinen Differenzen zwischen den Werten der beiden Bestimmungsarten liegen im Bereich der Analysenfehler (0,01 % = 0,2 mg).

Eine ganze Anzahl Gesamtschwefelbestimmungen nach J. Jakob (1952, 100) ergaben nur einen merklichen Sulfidgehalt (Differenz Gesamtschwefel-Sulfatschwefel) in Gesteinen der Mergel-, Knollenmergel-, sowie Mergel- und Kalk-Zone des Hauterivien. In den grau getönten Schichten der Twannbach- und Goldbergformation, die einen Sulfidgehalt vermuten liessen, wurden nur vereinzelt Höchstwerte von 0,02 % festgestellt. Die schwarz gefärbten Mergel- und Knollenmergel ergaben 0,3–0,4 %, die graulich getönten Hauterivienkalke 0,03–0,04 % Schwefel in Sulfidform. Um einen Überblick zum Gesamtschwefelgehalt zu erhalten, wurde der Sulfidschwefel der Hauterivien-Sedimente als Sulfat berechnet in den nachfolgenden Abbildungen einbezogen.

Analysenwerte

Sämtliche Bestimmungsresultate sind in Figur 35 dargestellt. Der Gehalt an Phosphat schwankt zwischen 0,000 (Ru 30) und 0,210 % (Gh 1), derjenige an Sulfat zwischen 0,00 und 0,37 % (Tw 32). Umgerechnet entsprechen die Höchstwerte 0,091 % P und 0,13 % S. Die Mittelwerte an Phosphat und Sulfat für die verschiedenen lithofaziellen und stratigraphischen Einheiten sind in Figur 36 angegeben.

Zum Vergleich seien einige Werte anderer Analysen von Karbonatgesteinen angeführt. F. W. Clarke (1924, 30) gibt aus 345 Kalkanalysen Durchschnittsgehalte von 0,04 % P_2O_5 und 0,06 % SO_4 an. 400 Bestimmungen an Karbonatgesteinen aus dem Malm α, β und γ des süddeutschen Jura gaben Werte zwischen 0,012 und 0,34 % P_2O_5 (E. Seibold 1955, 582).

Für zehn brackische Kalkgesteine mit Chara-Oogonien und Ostrakoden aus der Unteren Kreide von Oklahoma werden von J. R. Wayland und W. E. Ham (1955, 44) 0,007 % P_2O_5 und 0,007 % S (= 0,021 % SO_4^{2-}) angegeben. Vergleichsweise ergibt ein brackischer Kalk der Mergel- und Kalk-Fazies des Berriasien mit Characeen und Ostrakoden (Tw 63) 0,009 % P_2O_5 und $SO_4^{2-} < 0{,}01$ %.

L. Cayeux (1935, 463) bestimmte in einem Glaukonit und Quarz führenden Kalk, der Mollusken, Echiniden und Foraminiferen enthält, 0,20 % P_2O_5. Der lithofaziell identische Hauterivienkalk Ha 8 besitzt 0,168 % P_2O_5.

Lithographenkalk aus dem Mississipian von Illinois führt nach J. E. Lamar (1957, 33) 0,011 P_2O_5 und 0,18 % SO_4^{2-}. Ähnliche Gehalte enthält ein kryptokristalliner Kalk der Goldbergformation (Tw 51): 0,009 % P_2O_5 und 0,14 % SO_4^{2-}.

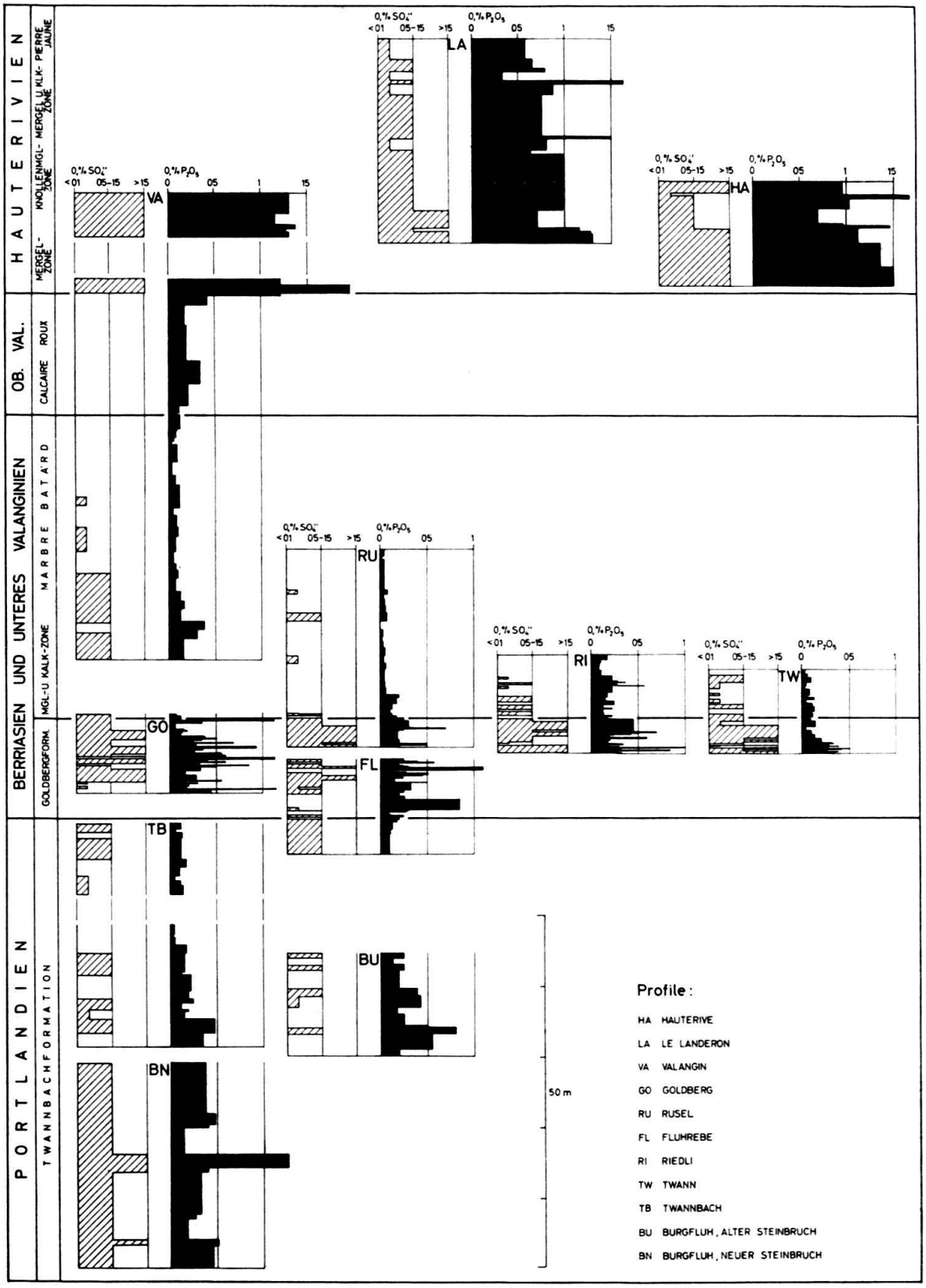

Fig. 35. Analysenwerte der Sulfat- und Phosphatbestimmung.

Gesetzmässigkeiten in der Phosphat- und Sulfatführung

Vergleicht man den Sulfat-, Phosphat- und Kalkgehalt untereinander, so sind folgende Tendenzen erkennbar:

1. Der Sulfat- und Phosphatgehalt ist annähernd proportional. – Werden die einzelnen Horizonte verglichen (Fig. 35), so sind oft Abweichungen von dieser Regel festzustellen, betrachtet man jedoch gesamthaft die faziellen Einheiten (Fig. 36), kommt die Proportionalität deutlich zum Vorschein.

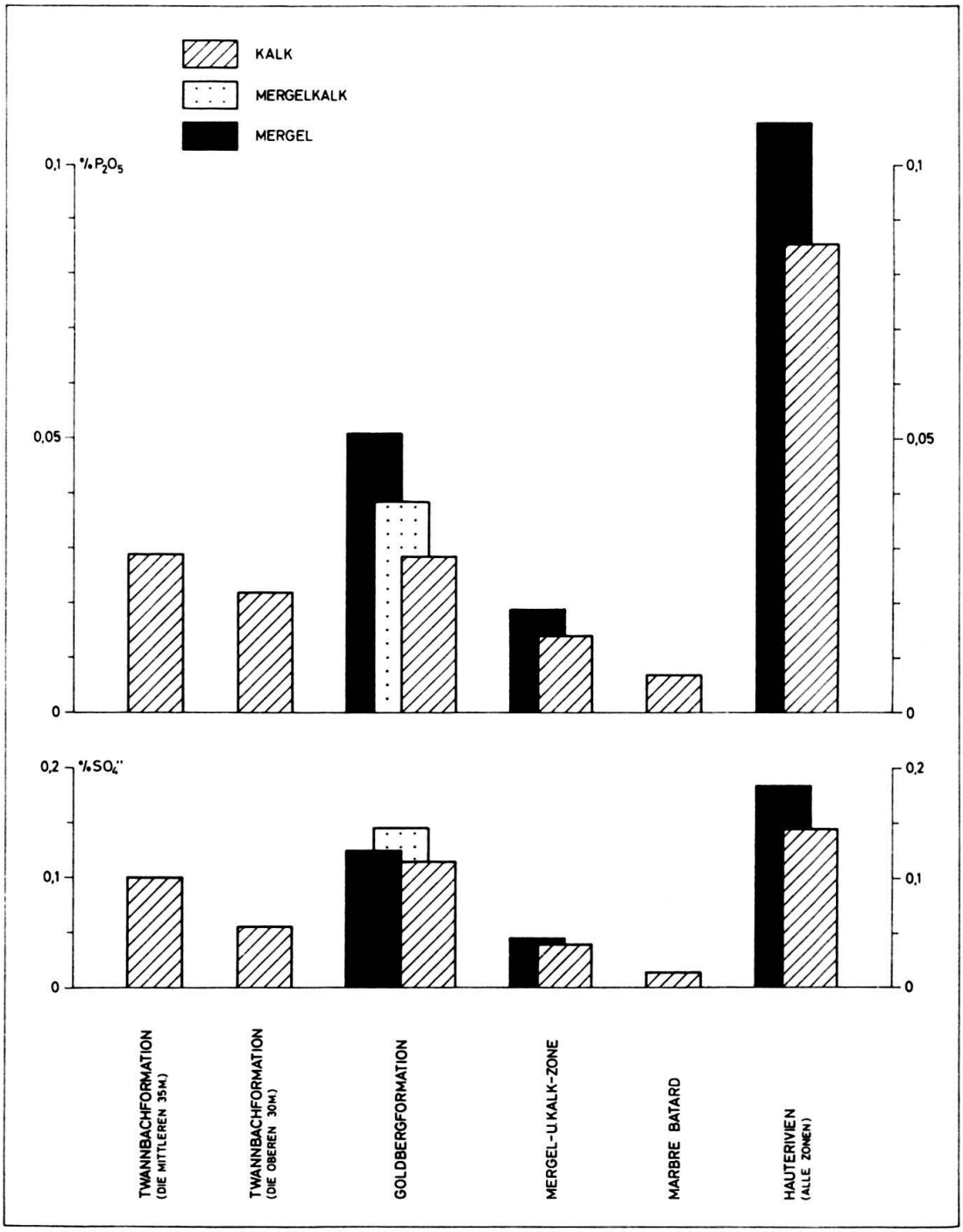

Fig. 36. Die Sulfat- und Phosphatführung in den verschiedenen stratigraphischen Einheiten des Jura/Kreide-Überganges.

2. Der Phosphatgehalt steigt mit fallender Karbonatführung. – Diese Tendenz wurde schon von E. SEIBOLD (1955, 575) festgestellt. Wie Fig. 37 zeigt, ist dies schon bei 2–3 % Unterschied im Karbonatgehalt deutlich bemerkbar. Sehr gut ist die Abhängigkeit zu beobachten, wenn Mergel, Mergelkalke und Kalke vorliegen.

3. Die Sulfat- und Phosphatführung ist abhängig von der Fazies (Fig. 35, 36). – Die Abhängigkeit Phosphat/Karbonat kommt nur zur Geltung, wenn annhähernd einheitliche Sedimentationsverhältnisse vorliegen, andernfalls wird sie durch die fazielle Beziehung überprägt. Dies ist schon innerhalb der lithofaziell monotonen, fossilarmen Twannbachformation der Fall. Die oberen 30 m enthalten durchnittlich 0,4 % mehr Karbonat als die mittleren 35 m, eine Differenz, die kaum einen unterschiedlichen Phosphatgehalt von 0,008 % hervorrufen dürfte, was die Sulfatführung auch bestätigt (Fig. 36). Ausgesprochen deutlich kommt der Fazieswechsel im Sulfat- und Phosphatgehalt zwischen dem Valanginien und Hauterivien zum Ausdruck.

4. Eine eindeutige Proportionalität zwischen dem Anteil an Sulfat und Karbonat kann nicht festgestellt werden, im allgemeinen scheint jedoch der Sulfatgehalt in mergeligen Gesteinen höher zu liegen (Fig. 36). – Dieses leicht abweichende Verhalten gegenüber dem Phosphat dürfte mit ein Grund für das teilweise unproportionale Verhalten der beiden Spurenelemente in einzelnen Horizonten sein.

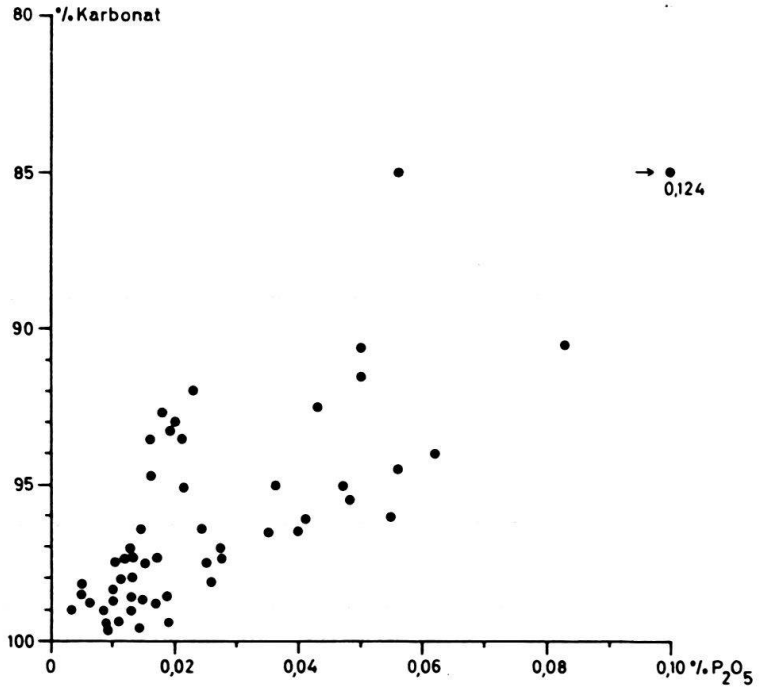

Fig. 37. 54 Phosphatanalysen aus der Twannbachformation. Mit fallendem Karbonatgehalt steigt die Phosphatführung.

Fazielle Abhängigkeit, Herkunft des Sulfat- und Phosphatgehaltes

Die Sulfat- und Phosphatführung dürfte unabhängig von der Salinität sein, da in marinem und limnischem Milieu identische Werte auftreten. Obwohl in keinem Dünnschliff Apatitkörner festgestellt werden konnten, wurden einige Schweremi-

neral-Untersuchungen durchgeführt, um eine mögliche detritische Phosphatzufuhr mit Sicherheit feststellen zu können. Eine Auflösung des Apatits beim Dekarbonatisieren wurde dabei durch die Verwendung von zehnprozentiger Essigsäure vermieden. Drei Präparate aus der Goldbergformation (Tw 13, Fl 31, Fl 33) wiesen überhaupt keinen Apatit auf. Einzig eine Probe aus der Knollenmergel-Zone des Hauterivien (TCr 1) ergab bei einem Gehalt von 0,14 % P_2O_5, 0,001 % Apatit (= 0,0004 % P_2O_5). – Demnach liegt der Phosphor vermutlich als submikroskopisch fein verteiltes Kollophan vor.

Um irgendwelche bio- und lithofazielle Gesetzmässigkeiten in der Sulfat- und Phosphatführung zu erfassen, wurden verschiedene Durchschnittswerte innerhalb der stratigraphischen und faziellen Einheiten (Tab. 14) berechnet.

Tab. 14. P_2O_5-und SO_4^{2-}-Gehalt charakteristischer Gesteine verglichen mit Mittelwerten (Kolonnen A = Mittelwerte)

Stratigraphische Einheit	Sediment	Mikrolithofazies, vorherrschende Fossilien, Dolomit-Quarz- u. Glaukonitführung	0,% P_2O_5		0,% SO_4^{2-}	
A		B	A	B	A	B
Twannbachformation (obere 30 m)	Kalk	Dolomitgehalt > 3 %	026	032	08	10
		Koprolithen v. Crustaceen	022	013	05	05
Goldbergformation	Kalk	Characeen	028	030	12	16
		Ostrakoden	028	027	12	17
	Mergel	Characeen	051	061	13	17
		Ostrakoden	051	044	13	17
		Characeen, Ostrak., Gastrop.	051	045	13	15
Mergel- und Kalk-Zone	Kalk	kryptokristallin	014	014	04	02
		arenitisch	014	015	04	03
		oolithisch	014	015	04	06
		Quarzgehalt > 2 %	014	07	04	02
		Pelecypoden, Gastropoden	014	014	04	05
		Foraminiferen	014	012	04	04
Marbre bâtard	Kalk	Dasycladaceen, Foraminiferen, Mollusken	007	008	02	03
Calcaire roux	Kalk	Echiniden-Brekzie	026	026	00	00
Hauterivien	Kalk	Echiniden-Brekzie mit Mollusken	085	094	15	16
		Glaukonitgehalt > 1 %	085	176	15	13
	Mergel	vereinzelte Wirbeltierzähne	108	137	18	22

Eine Abhängigkeit zur Mikrolithofazies oder zur Mineralführung kann nicht festgestellt werden. Da selten mehr als 20 Resultate (B) vorlagen, kam es zu Abweichungen gegenüber den Mittelwerten (A), die jedoch 0,010 % beim Phosphat und 0,02 % beim Sulfat nicht übersteigen. Eine Beziehung zum Fossilinhalt scheint beim Phosphor nur bei den Wirbeltierzähnen vorzuliegen. — Zur Kontrolle wurde der P_2O_5- Gehalt einiger Schalen und Steinkerne bestimmt (Tab. 15).

Tab. 15. P_2O_5-Gehalt einiger Fossilien und des umgebenden Sedimentes

Probe	Schalen und Steinkerne	$\%P_2O_5$	Sediment $\%P_2O_5$
Ri 32	Chara – Oogonien	0,038*)	0,030
Ri 30	Ostrakoden	0,045*)	0,056
Tw 42	Ostrakoden	0,045*)	0,037
Ha 1f	Rhynchonella	0,065	0,136
Va 1b	Terebratula	0,017	0,034
Tw 56	Gastropoda	0,012[1])	0,015

*) ± 0,010, da sehr kleine Einwaage
[1]) nur Steinkern.

Die Mikro- und Makrofossilien scheinen im allgemeinen eine leichte Schwefelgehaltserhöhung zu bewirken (Tab. 14).

Von allen untersuchten Schichten enthalten nur diejenigen des Hauterivien Glaukonit. Die in rezenten marinen, kalkhaltigen Sedimenten gemachte Feststellung, dass eine Anreicherung von Phosphorsäure oft mit Glaukonitbildungen verknüpft ist (P. und E. Niggli 1952, 398), bestätigt sich bei den Hauterivien-Ablagerungen. Wie jedoch Tab. 14 zeigt, verursacht ein erhöhter Glaukonitgehalt nicht eine entsprechende Phosphatführung. So enthält z. B. die Probe La 23 mit 8 % Glaukonit nur 0,075 % P_2O_5.

Aus den Jura/Kreide-Grenzschichten konnten in 12 von über 200 Schlämmproben Wirbeltierzähnchen gefunden werden. Weitaus am meisten treten sie in der Mergel- und Knollenmergel-Zone des Hauterivien auf, was mit der maximalen Phosphat- und Sulfatführung zusammenfällt (Tab. 14, Fig. 29). Vereinzelte Zähne kommen in der oberen Goldbergformation (Go 43, Go 45), sowie in der Mergel- und Kalk-Zone des Berriasien vor (Ri 32). Beim Gottstatterhaus (Koord. 583.180/219.790) waren einige Zähnchen in einem mergeligen Horizont des obersten Marbe bâtard zu finden. Teilweise treten sie auch in den unteren 70 m der Twannbachformation auf (E. Baumberger 1894, 183 – Abschnitt 111); ein Anstieg in der Sulfat- und Phosphatführung ist ebenfalls in diesen Schichten erkennbar. Vergleicht man die einzelnen zähnchenführenden Horizonte mit den Phosphatwerten, so zeigt sich, dass die höchsten Gehalte in der Goldbergformation, im Valanginien und im Hauterivien je in den Schichten mit Wirbeltierzähnchen vorkommen:

Hauterivien, Ha 8 : 0,168 % P_2O_5
Valanginien, Gh 1 : 0,210 % „
Goldbergformation, Go 45 : 0,183 % „

Dies sind zugleich die drei Höchstwerte aus sämtlichen 306 Analysen. Da ein erhöhter Phosphatgehalt immer mit dem Auftreten von Zähnchen verknüpft ist, müssen demnach die Vertebraten als die Hauptlieferanten für Phosphor betrachtet werden. Nebst dem Skelett mit einem mittleren P_2O_5-Gehalt von 34 % (C.W. Correns 1949, 233) und den Weichteilen, kommen namentlicht die Koprolithen, die ein Mehrfaches des Lebendgewichtes betragen, als Phosphatlieferanten in Betracht. Nach G. Berg (1929, 346) enthalten die Fäkalien fossiler Saurier 50–75 % Ca-Phosphat. Da die Sulfatführung parallel zum Phosphat verläuft, ist anzunehmen, dass die Vertebraten ebenfalls zu einem erheblichen Teil für den Schwefelgehalt verantwortlich sind.

4.3.2 Mineralneubildungen

Es wurden nur Mineralien untersucht, die mindestens 1 ‰ des Gesteins betragen. In Spuren vorkommende Schwermetall-Sulfide und -Oxyde, sowie Silikate bleiben unberücksichtigt. In der Folge sei auch nicht auf die nichtidiomorphen, kryptobis makrokristallinen Calcit- und Dolomitkristalle eingegangen.

Quarz, Chalcedon

A. Carozzi (1948, 15) hat in der Purbeckfazies des schweizerischen Jura mit Hilfe der detritischen Quarzführung paläogeographische und fazielle Studien durchgeführt. Auf Grund von Korngrössebestimmungen wurde als Herkunftsort des Quarzes das Aar- und Gotthardmassiv angenommen (A. Carozzi 1948, 131).

Eingehende morphoskopische – und Dünnschliff-Untersuchungen zeigten jedoch, dass in der gesamten Goldbergformation am Bielersee kein detritischer Quarz vorkommt. Es treten ausschliesslich idiomorphe, nicht selten doppelpyramidale Kristalle auf, die häufig miteinander verwachsen sind (Fig. 38). Kantenrundungen oder abgeschliffene Oberflächen, die von irgendwelchem Transport herrühren müssten, sind bei allen Fraktionen zwischen 0,02 und 3 mm nicht zu beobachten.

Fig. 38. Bipyramidale Quarzkristalle aus der Goldbergformation (Profil Twann-Schützenhaus, Tw 4). (Vergrösserung 15 ×)

Auch die häufig auftretenden, konzentrisch gebauten Chalcedonkörner weisen keine mechanische Beanspruchung auf. Die SiO_2-Mineralien müssen daher diagenetisch entstanden sein. Um irgendwelche Einschwemmungen aus herzynischen Massiven feststellen zu können, wurden zur Kontrolle einige Schweremineral-Untersuchungen durchgeführt. Pro Präparat wurden 7 g Körner der Fraktion 0,06–0,4 mm verwendet; 0,2–0,5 % davon waren Schweremineralien in Form von Limonit. An nicht opaken Schweremineralien konnten je Probe nur ein bis zwei Muskowitschüppchen beobachtet werden. Einschwemmungen kristalliner Herkunft liegen daher nicht vor. Da A. Carozzi (1948, 81) mit Hilfe des Goldberg-Profils die Paläogeographie des detritischen Quarzes festlegte, möchten wir das Vorhandensein von detritischem Quarz auch in der weiter westlich gelegenen Purbeckfazies bezweifeln.

Der authigene Quarz tritt in der gesamten Goldbergformation, sowie weniger häufig in den obern Schichten der Twannbachformation und in der Mergel- und Kalk-Zone des Berriasien auf. In einigen Horizonten (Tw 13, Fl 31, Fl 33) beträgt sein Anteil im Gestein bis über 50 %. Im allgemeinen ist er im unteren Teil der Goldbergformation, wo verschiedentlich doppelpyramidale Quarze bis zu 3 mm Länge beobachtet werden können (Fig. 38) angereichert. Eine Abhängigkeit des Quarzes von der Lithofazies ist nicht zu beobachten. Die Quarzführung kann sowohl in Mergel, Mergelkalken und Kalken 10 % übersteigen. Eine Beziehung zum Makrofossilinhalt ist ebenfalls nicht festzustellen.

Tonmineralien

Durch das «Centre de Recherches» der SNPA in Pau (SE-Frankreich) wurde in freundlicher Weise die Tonfraktion des Profils Tw untersucht. Wie die nachfolgenden Ergebnisse zeigen (Tab. 16), sind die Tonmineralien in der Goldbergformation teilweise authigen entstanden, was wohl durch die reichlich vorhandene Kieselsäure begünstigt wurde.

Tab. 16. Ablagerungsmilieu und Tonmineralien im Profil Twann-Schützenhaus (Tw)

Stratigraphische Lage	Ablagerungsmilieu	Probe Nr.	Tonmineral
Mergel- und Kalk-Zone	marin	66	Montmorillonit (Diagenese)
	marin	62	,, ,,
	brackisch	55	,, ,,
	limnisch	52	Illit
Goldbergformation	limnisch bis brack.	50	Illit
	brackisch	48	Montmorillonit und Illit (Neogenese)
	limnisch	46	,, ,,
	,,	42	,, ,,
	,,	40	,, ,,
	,,	39	,,
	,,	38	,, ,,
	,,	33	,, ,,
	,,	32	,, ,,

Eine eindeutige Beziehung zwischen der Salinität und den Tonmineralien ist nicht erkennbar. Dagegen tritt mit der Transgression in der Mergel- und Kalk-Zone ausschliesslich diagenetischer, aus verwittertem Glimmer entstandener Montmorillonit auf. Durch den Meereseinbruch dürfte somit feindetritisches Fremdmaterial eingeschwemmt worden sein.

Calcit

In der Goldbergformation, der Mergel- und Kalk-Zone des Berriasien, sowie in den obersten Schichten der Twannbachformation sind öfters bis 0,5 mm grosse rhomboedrische Kristalle zu beobachten. Häufig beträgt ihr Anteil am Gestein 5–10 %, in einigen Fällen (Fl 37) bis zu 30 %. Da die Dolomitkristalle im allgemeinen eigengestaltiger sind als diejenigen des Calcits (P. und F. Niggli 1952, 443), wurde die Existenz der ersteren vermutet. Dolomitbestimmungen an derartigen Gesteinen ergaben jedoch nur Höchstwerte von 2 % $CaMg(CO_3)_2$. Somit müssen Calcitkristalle vorliegen, die durch partielle Rekristallisation der Kalke entstanden sind.

Glaukonit

Glaukonit ist auf die Hauteriviensedimente beschränkt, die sich dadurch vom teilweise lithologisch sehr ähnlichen Calcaire roux deutlich unterscheiden. Meistens beträgt sein Gehalt im Gestein 1–2 %. Teilweise kommt er angehäuft in Konkretionen von über 1 cm Durchmesser vor. Im allgemeinen ist der Glaukonit mit Schalentrümmern vergesellschaftet und füllt häufig die Porenräume der Echinodermenskelette auf oder bildet die Steinkerne der Foraminiferen. Die Grösse der isolierten, tiefgrünen, im Dünnschliff teilweise gelblich grünen, rundlichen Körper übersteigt selten 0,5 mm. Irgendwelche Gesetzmässigkeiten in der Gestalt der Glaukonitkörner sind nicht erkennbar.

Pyrit

In nennenswerten Mengen tritt Pyrit nur in der Mergel- und Knollenmergel-Zone des Hauterivien auf. Sein maximaler Gehalt liegt laut den Schwefelbestimmungen (Abschnitt 4.3.1) bei 1 %, was für eine vollständige Schwarzfärbung der Gesteine genügt. Die grössten idiomorphen Pyritkristalle besitzen einen Durchmesser von ca. 0,05 mm. Isolierte Kristalle kommen selten vor, im allgemeinen sind sie fladenförmig miteinander verwachsen und bilden Flächen bis zu 1 cm^2. Durch die Oberflächenverwitterung wird der feinverteilte Pyrit unter Aufnahme von Wasser zu Limonit und Gips oxydiert. Je mergeliger das Gestein ist, um so rascher erfolgt die Umwandlung. In den Kalken ist die Grenze zwischen der dunkelgelben, verwitterten Zone und dem dunkelgrauen, ursprünglichen Sediment meist sehr scharf. Die Verwitterungsrinde kann mehrere Meter betragen, was (vgl. Abschnitt 1.2.1) früher irrtümlich mit wechselnden Ablagerungstiefen in Zusammenhang gebracht wurde.

4.4 Ablagerungsmilieu, Sedimentationsverhältnisse

Die Regression im zentralen Juragebirge verursachte schon im «Sequanien» die ersten, vorübergehenden, kontinentalen Verhältnisse (vgl. Abschnitt 3.2). Im obersten Malm häuften sich die lokalen Verlandungen, was zur Bildung zahlreicher Cailloux noirs- und Aufarbeitungshorizonten führte.

Trotz den verschiedenen Niveauschwankungen, die vielleicht der Grund für eine teilweise Dolomitisierung (Abschnitt 1.1.3) der Kalke in der Twannbachformation unseres Untersuchungsgebietes bilden, wurde die chemische Ausfällung der Karbonate nur selten von detritischen Einschwemmungen unterbrochen. Das Ausbleiben von Cephalopoden und Echiniden, die ausgesprochene Armut an Mikrofossilien, sowie die in Anhäufungen vorkommenden Koprolithen von Crustaceen in der obersten Twannbachformation, deuten auf lagunäre Verhältnisse hin.

Zu Beginn der Goldbergformation ändert sich die Litho- und Biofazies schlagartig. Die Verwitterung des östlich gelegenen Festlandes verursachte detritische Einschwemmungen und die Zufuhr gelöster Substanzen. Dies führte zu den mergeligen, z. T. aus authigenen Mineralien gebildeten Ablagerungen (Abschnitt 4.4.2). Die teilweise in grosser Zahl auftretenden Charophyten und Ostrakoden weisen auf ein limnisches, in der obersten und möglicherweise in der untersten Goldbergformation auf ein brackisches Milieu hin. Je nach den Strömungsverhältnissen, den Ionenkonzentrationen und Temperaturschwankungen bildeten sich tonige Mergel bis Kalke in regelloser Folge. Die rasch auskeilenden Schichten, sowie der laterale biofazielle Wechsel lassen auf seichte, teilweise voneinander isolierte Sedimentationsräume schliessen. In der obersten Goldbergformation bildete sich ein zusammenhängender Süsswassersee mit einheitlichen Sedimentationsbedingungen: Arenitische Ablagerungen (Fig. 40), sowie der darüberliegende Knollenhorizont (vgl. Abschnitt 1.2.2) können über grössere Strecken verfolgt werden. Ein brackischer Einbruch in der obersten Goldbergformation aus westlicher bis südlicher Richtung (Fig. 39) verursachte keine lithofazielle Veränderung.

In der Goldbergformation treten, verursacht durch die unterschiedliche Wertigkeit des Eisens, sowohl grünlich und gelbbraun gefärbte Schichten auf. Die Durchlüftung der Süsswasserbecken muss demnach verschieden gut gewesen sein. Eine ausgesprochene Sauerstoffuntersättigung, die zu Sulfidbildung geführt hätte (vgl. Abschnitt 4.3.1), wurde jedoch durch die geringe Wassertiefe vermieden.

Die Mergel- und Kalk-Zone (Übergang Berriasien/Unteres Valanginien) setzt mit dem vorwiegend limnischen, teilweise brackischen Basiskonglomerat ein (Fig. 39, 40). Da die Grösse der Gerölle gegen Südwesten abnimmt (Abschnitt 1.2.3), muss eine kräftige, limnische Strömung aus der Gegenrichtung angenommen werden. Die intensive, dunkelgelbe Verwitterungsrinde der Komponenten deutet auf eine Sedimentationslücke hin. Auf weitere Unterbrüche in der Sedimentation dürften ebenfalls die verschiedenen, über angebohrte Schichtflächen transgredierenden, geröllführenden Horizonte im Unteren Valanginien hinweisen.

Mit dem Einsetzen des Basiskonglomerates ändert insbesondere die Lithofazies der Kalke. Die kryptokristallinen Karbonatgesteine werden zunächst durch oolithische abgelöst, die allmählich in arenitische und teilweise wieder in kryptokristalline übergehen (Fig. 40). – Sowohl in marinem, brackischem und limnischem Milieu traten Oolithbildungen ein. Die Niveauschwankungen verursachten vorerst nur partielle Transgressionen (Fig. 39), was im raschen lithofaziellen Wechsel zum Ausdruck kommt (Fig. 40). Die detritischen Ablagerungen (Arenite, Oolithe) wurden durch stark bewegtes Wasser verursacht. Möglicherweise stellen die kryptokristallinen Sedimente in der Mergel- und Kalk-Zone lagunäre Bildungen dar. Im durch-

gehenden, marinen Milieu des Marbre bâtard wurden die Sedimentationsverhältnisse wieder einheitlich (Fig. 40).

Die durchschnittliche Phosphat- und Sulfatführung ist im kryptokristallinen, arenitischen und oolithischen Kalk der Mergel- und Kalk-Zone annähernd gleich (Tab. 14). Unter der Annahme gleichbleibender Phosphatzufuhr müsste somit die Wachstumsgeschwindigkeit der drei verschiedenen Kalksedimente gleich gross

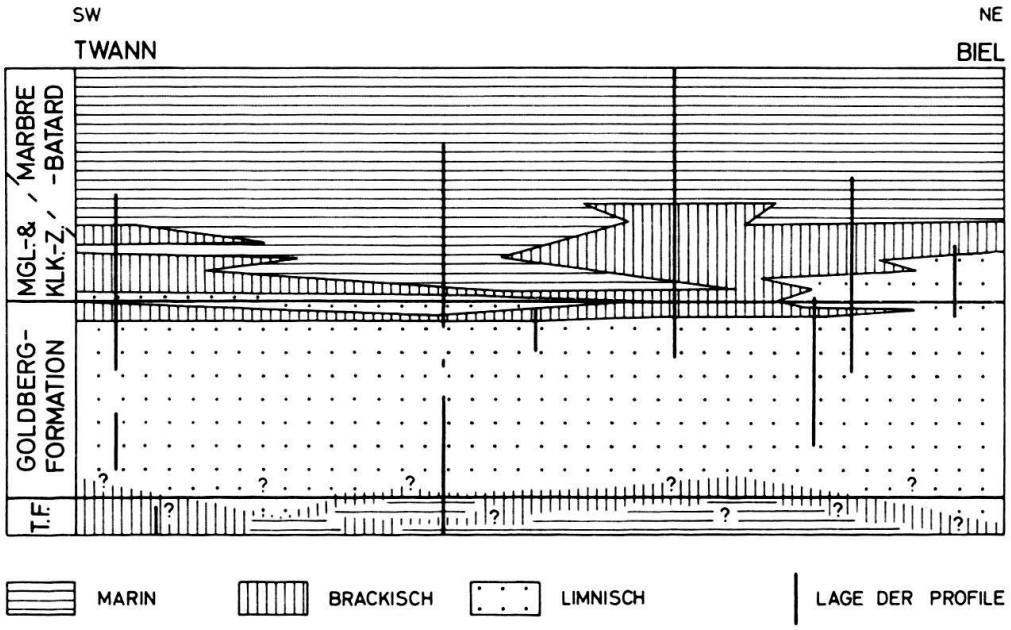

Fig. 39. Das Ablagerungsmilieu im Bereich der Jura/Kreide-Grenze. (T.F.: Twannbachformation).

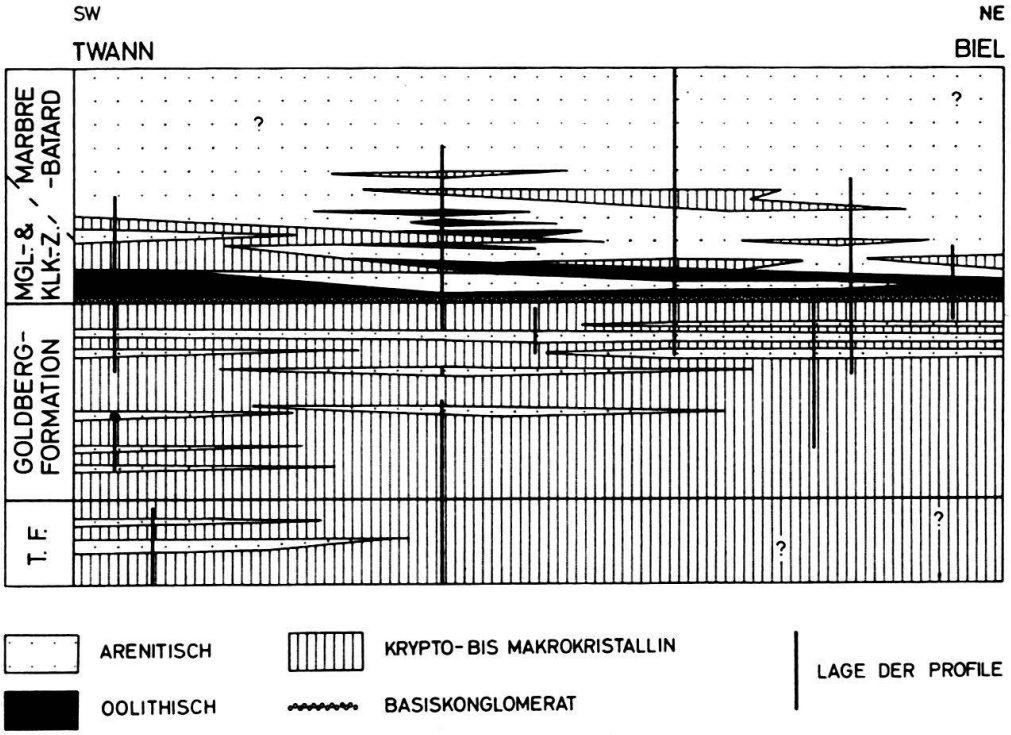

Fig. 40. Die Lithofazies der Karbonatgesteine im Bereich der Jura/Kreide-Grenze. (T.F.: Twannbachformation).

gewesen sein. Auf Grund der Mikrofauna existierten während der Sedimentation des Marbre bâtard völlig normale Lebensbedingungen in einem flachmarinen Milieu. Der ausserordentlich geringe Phosphat- und Sulfatgehalt in der Marbre bâtard-Zone ist daher vielleicht auf ein rasches Sedimentwachstum mit damit verbundener geringer S- und P-Zufuhr zurückzuführen.

Im gesamten Schichtstoss zwischen der Twannbachformation und dem Hauterivien konnten nirgends, weder beim Basiskonglomerat noch bei den andern Aufarbeitungshorizonten, anormal hohe Phosphatgehalte oder sogar Bone beds festgestellt werden. Es dürften daher sehr langsame Salinitätswechsel anzunehmen sein (vgl. Fig. 39), die kein Massensterben der Fauna zur Folge hatten. Als Vergleich dazu seien die Verhältnisse in der Kreide des Pariser Beckens angeführt, wo vier Ca-Phosphatlager an Transgression und Regression gebunden sind (L. Cayeux 1905, 750).

Da der Gipsgehalt in den Sedimenten des Jura/Kreide-Überganges 0,5 % nicht überschreitet und zudem parallel mit der Phosphatführung verläuft, hat keine chemische Ausfällung von Sulfat stattgefunden. In der Region des Bielersees haben daher keine ausgesprochen stark übersalzene Becken existiert. Im Gegensatz dazu herrschten im unteren Teil der Purbeckien-Fazies des Neuenburger und östlichen Waadtländer Jura, in der «Domaine des marnes à gypses» (A. Carozzi 1948, 10) hypersaline Becken mit einer Salinität von über 110 ‰, was zu ausgedehnten Gipsausfällungen führte (E. Posnjak 1940, 559).

Ausgesprochene Reduktionsbedingungen, wie sie in stagnierenden Becken anzutreffen sind, existierten nur zur Zeit der Mergel- und Knollenmergel-Zone im Hauterivien.

4.5 Grenzziehung Jura/Kreide

Wie die vorangehenden Untersuchungen zeigen, setzte die Transgression in der Gegend des Bielersees nicht überall gleichzeitig ein.

Das fast ausschliesslich limnische Basiskonglomerat reicht nicht über unser Untersuchungsgebiet hinaus; es ist daher nur von rein lokaler Bedeutung. Die Grenze «Purbeckien»/Mergel- und Kalk-Zone verläuft im übrigen Juragebirge sehr fluktuierend und ist nicht paläontologisch festgelegt.

Die ersten marinen, kretazischen Ostrakoden treten im SW in der obersten Goldbergformation, im NE dagegen erst in der Mergel- und Kalk-Zone auf. Die biofazielle Grenze schneidet somit die lithologische diagonal (vgl. Fig. 25, Abschnitt 4.2.1)

Demnach fehlen sämtliche Voraussetzungen, die die Festlegung einer chronostratigraphischen Grenze am Bielersee ermöglichen würden.

Auf Grund der phylogenetischen Entwicklung der Cephalopodenfauna, wurde durch W. Killian (1907) erstmals die Jura/Kreide-Grenze in der «fosse vocontienne» (SE-Frankreich) klar definiert; durch G. Mazenot (1939) fand sie eine Präzisierung: Mit der Zone von *Berriasella chaperi* endet das Jurasystem, mit der Zone von *Berriasella grandis* beginnt das Berriasien und damit die Kreide.

Die Transgression setzte an der Jura/Kreide-Wende in NW-Deutschland, S-England und im Juragebirge nicht gleichzeitig ein und war von zahlreichen nicht-

marinen Einschaltungen begleitet. Sie ist daher für die Festlegung der Jura/Kreide-Grenze nur von untergeordneter Bedeutung. Sedimentationslücken, wie sie im Bielerseegebiet in der Mergel- und Kalk-Zone mit Sicherheit auftreten, dürften ebenfalls andernorts in kontinentalen, zeitgleichen Ablagerungen vorkommen.

Die Festlegung der Jura/Kreide-Grenze sollte somit in tiefmarinem Milieu erfolgen, das einheitliche Ablagerungsbedingungen und eine kontinuierliche Evolution der Fauna weitgehend gewährleistet. Wir halten uns daher in der vorliegenden Arbeit an die Jura/Kreide-Grenze von KILIAN und MAZENOT.

Eine Korrelation der Goldbergformation mit den zeitlich entsprechenden Schichten S-Englands, SE-Frankreichs und NW-Deutschlands ist nur mittels Ostrakoden möglich. Nach Dr. H. J. OERTLI (persönl. Mitteilung) eignen sich vor allem folgende Ostrakodenarten aus der Goldbergformation zu Korrelationszwecken: *Cypridea dunkeri* (JONES 1885) als Zonenfossil der Goldbergformation (vgl. Tab. 1), ferner «*Cypris*» *purbeckensis* (FORBES 1855), *Bisulcocypris forbesii* (JONES 1885), *Cypridea granulosa* (SOWERBY 1836), *Fabanella polita mediopunctata* (MARTIN 1961).

Der Goldbergformation entsprechen folgende Schichten in NW-Deutschland (Dr. H. J. OERTLI, persönl. Mitteilung): Obere Münder Mergel (unten), Serpulit, Wealden 1 (oben).

Die Korrelation der Jura/Kreide-Grenzschichten aus dem Bielerseegebiet mit den zeitlichen Ablagerungen in SE-Frankreich («fosse vocontienne») und S-England ist aus nachstehender Tabelle 17 ersichtlich. Während die Basis der Goldbergformation mit Sicherheit derjenigen des Berriasien und Lower Purbeckien gleichgesetzt werden kann, erlauben die gegenwärtigen Kenntnisse noch keine eindeutige Zuordnung der darüberliegenden Schichten. Namentlich steht die Grenze Berriasien/Valanginien in unserem Untersuchungsgebiet noch nicht fest.

Tab. 17. Korrelation der Jura/Kreide-Grenzschichten aus dem Bielerseegebiet mit den zeitgleichen Ablagerungen in SE-Frankreich und S-England

		SE-FRANKREICH	BIELERSEE	S-ENGLAND
KREIDE	VALANGINIEN	KILIANELLA ROUBAUDIANA	UNTERES VALANGINIEN (MARBRE BATARD)	WEALD CLAY
		?		HASTINGS BEDS
	BERRIASIEN	BERRIASELLA BOISSIERI	ÜBERGANG BERRIASIEN / UNTERES VALANGINIEN (MERGEL-UND KALK-ZONE)	? UPPER PURBECKIAN
		?	?	? MIDDLE PURBECKIAN
		BERRIASELLA GRANDIS	GOLDBERGFORMATION	LOWER PURBECKIAN
JURA	PORTANDIEN / TITHONIEN	BERRIASELLA CHAPERI	TWANNBACHFORMATION	TITANITES GIGANTEUS