



Lithostratigrafische Definition der Lahnegraben-Formation (oberes Albiuim-mittleres Cenomanium) im Rhenodanubischen Deckensystem der Ostalpen (Deutschland, Österreich)

ULRICH TEIPEL¹, HANS EGGER² & ULRICH HAAS¹

4 Abbildungen, 1 Tabelle, 2 Tafeln

Österreichische Karte 1:50.000

Blatt 65 Mondsee

Blatt 67 Grünau im Almtal

Lahnegraben-Formation
Rhenodanubisches Deckensystem
Greifenstein-Decke
Ostalpen
Lithologie
Chronostratigrafie

Inhalt

Zusammenfassung	165
Abstract	166
Einleitung	166
Geologischer Überblick	168
Methoden	168
Lithologische und biostratigrafische Charakterisierung	168
Lahnegraben-Profil	168
Lithologie	168
Biostratigrafie	172
Gaisalptobel-Profil	173
Lithologie	173
Biostratigrafie	173
Lithostratigrafische Definition der Lahnegraben-Formation	173
Synonyma und Ableitung des Namens	173
Typusgebiet und Typusprofil	174
Abgrenzung zu liegenden und hangenden lithostratigrafischen Einheiten	174
Biostratigrafie und Chronostratigrafie	174
Lithologische Beschreibung	175
Diskussion	175
Dank	175
Literatur	176
Tafeln	178

Zusammenfassung

Für die bisher informell als „Untere Bunte Mergel“ bezeichnete lithostratigrafische Einheit wird der neue Name Lahnegraben-Formation vorgeschlagen und definiert. Die Lahnegraben-Formation ist Teil der Greifenstein-Gruppe des Rhenodanubischen Deckensystems. Das Typusprofil der Lahnegraben-Formation liegt östlich von Unterammergau in den Bayerischen Alpen. Das chronostratigrafische Alter der Lahnegraben-Formation reicht im Typusprofil vom oberen Albiuim bis in das untere Cenomanium, in anderen Profilen bis in das mittlere Cenomanium.

¹ ULRICH TEIPEL, ULRICH HAAS: Bayerisches Landesamt für Umwelt – Geologischer Dienst, Bürgermeister-Ulrich-Straße 160, 86179 Augsburg, Deutschland. ulrich.teipel@lfu.bayern.de, ulrich.haas@lfu.bayern.de

² HANS EGGER: Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, 1030 Wien. johann.egger@geologie.ac.at

Lithostratigraphic definition of the Lahnegraben Formation (upper Albian–middle Cenomanian) in the Rhénodanubian nappe system of the Eastern Alps (Germany, Austria)

Abstract

The new name Lahnegraben Formation is proposed and defined for the hitherto informal lithostratigraphic unit "Lower variegated marls". The Lahnegraben Formation is part of the Greifenstein Group of the Rhénodanubian nappe system. The type section is located to the east of Unterammergau in the Bavarian Alps. At the type section, the chronostratigraphic age of the Lahnegraben Formation is determined as upper Albian to lower Cenomanian. From other sections also middle Cenomanian is reported.

Einleitung

Das rund 500 km lange und meist nur wenige Kilometer breite Rhénodanubische Deckensystem (Rhénodanubische Flyschzone) folgt zwischen dem Rheintal im Westen und dem Donautal im Osten dem Nordrand der Ostalpen (Abb. 1). Die Schichtfolgen dieses Deckensystems wurden am Fuß des südgerichteten passiven Kontinentalabhanges der Eurasischen Platte abgelagert. Lithostratigraphisch werden sie zur Rhénodanubischen Supergruppe zusammengefasst, die sich aus der Laab-Gruppe und der Greifenstein-Gruppe zusammensetzt (EGGER, 2013a, b). Die Verbreitung der Laab-Gruppe ist auf den Wienerwald beschränkt, während die Greifenstein-Gruppe die Hauptmasse des Rhénodanubischen Deckensystems aufbaut. Die Sigiswang-, Oberstdorf- und Üttschen-Decke im westlichen Abschnitt des Rhénodanubischen Deckensystems zeigen die Schichtfolge der Greifenstein-Gruppe und werden daher als Teildecken der Greifenstein-Decke aufgefasst.

Innerhalb der Greifenstein-Gruppe gibt es drei kretazische Formationen, die durch das gehäufte Auftreten bunter hemipelagischer Tonsteine geprägt sind (Abb. 2): Die „Un-

teren Bunten Mergel und Schiefer“ im oberen Albiun bis Cenomanium, die Seisenburg-Formation („Obere Bunte Mergel“) im mittleren Coniacium bis unteren Campanium und die Perneck-Formation („Oberste Bunte Mergel“) im mittleren Campanium. Keine dieser Einheiten war bislang gemäß den Richtlinien zur Handhabung stratigraphischer Nomenklatur (STEININGER & PILLER, 1999) lithostratigraphisch neu bearbeitet und definiert. Der Definition von Typusprofilen stehen vor allem die meist schlechten Aufschlussverhältnisse dieser pelitreichen Einheiten entgegen, die manchmal nur durch Rollstückchen bunter Tonsteine nachgewiesen werden können. Die seltenen Aufschlüsse sind meist nur wenige Meter lang.

Für die vorliegende Arbeit wurde das verhältnismäßig gut aufgeschlossene und weitgehend ungestörte Profil der „Unteren Bunten Mergel und Schiefer“ im oberen Lahnegraben (11,100° östl. Länge, 47,622° nördl. Breite (WGS84)) in den Ammergauer Alpen bearbeitet sowie als Referenzprofil das Profil im Gaisalptobel (10,314° östl. Länge, 47,440° nördl. Breite (WGS84)) im Oberallgäu (Abb. 1). Als Typusprofil für die „Unteren Bunten Mergel“ wird das Lahnegraben-Profil definiert und als neuer Name für die Einheit Lahnegraben-Formation vorgeschlagen.

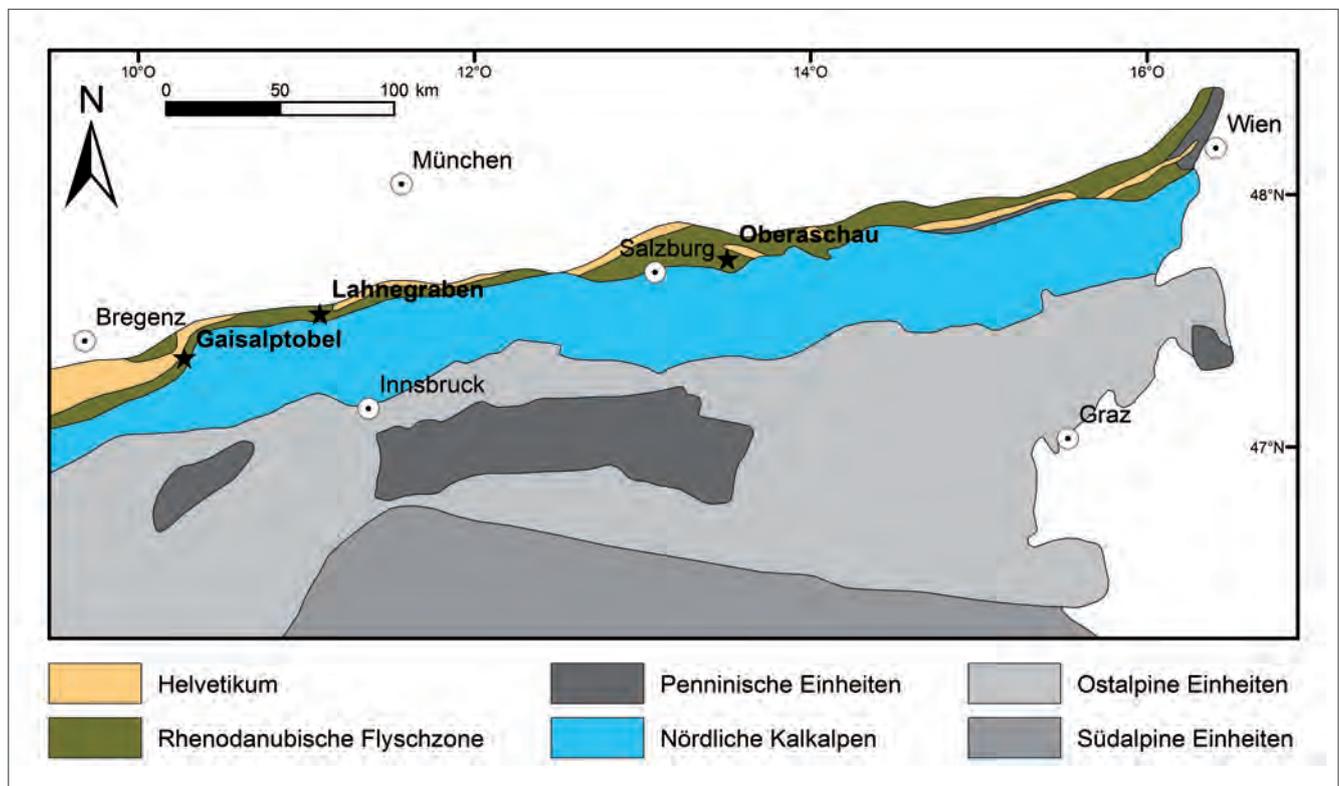


Abb. 1. Tektonische Übersichtskarte der Ostalpen mit Verbreitungsgebiet der Rhénodanubischen Flyschzone (vereinfacht nach FAUPL & WAGREICH, 2000). Ebenfalls dargestellt sind die im Text genannten Lokalitäten Lahnegraben, Gaisalptobel und Oberaschau.

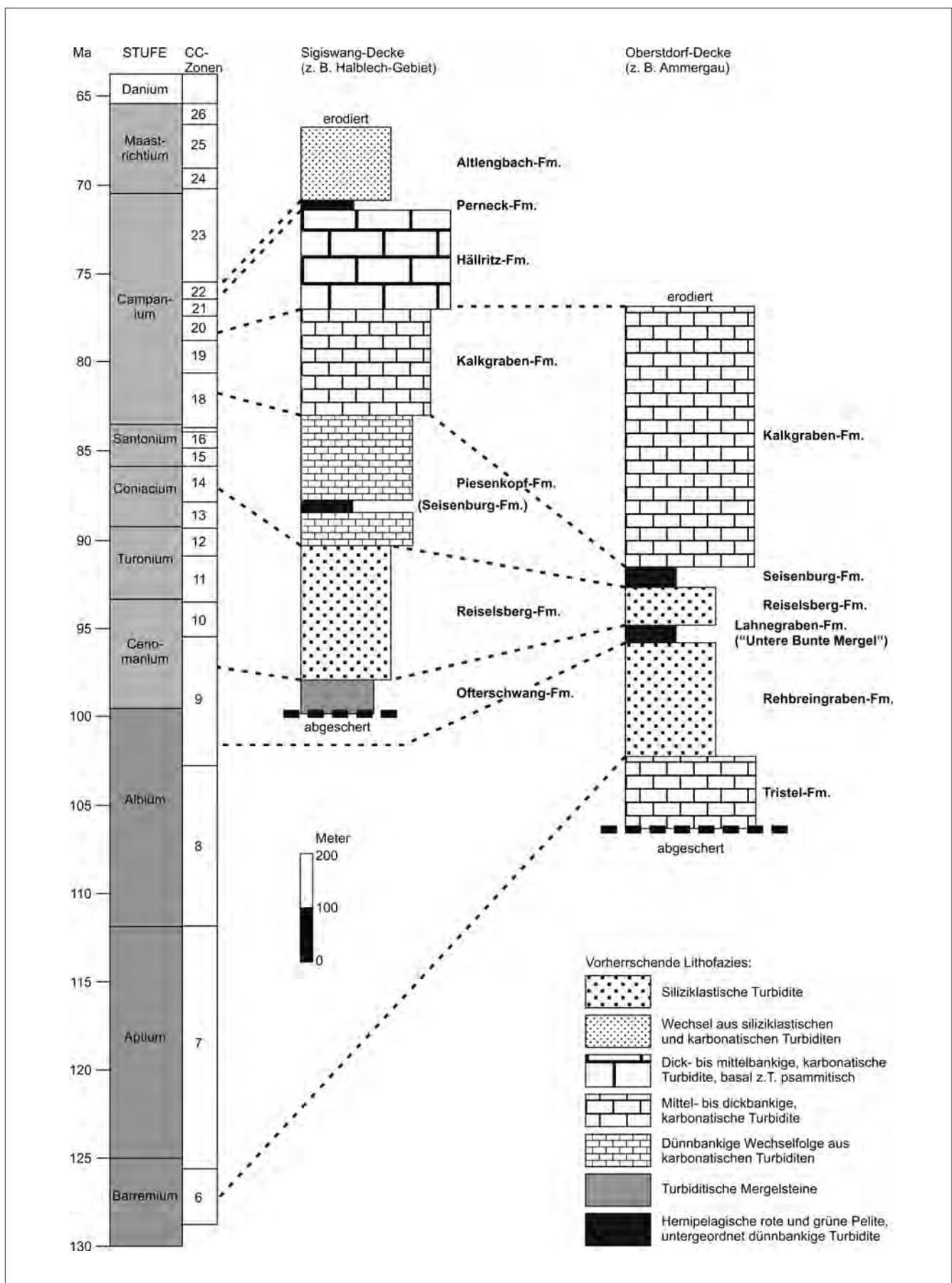


Abb. 2. Schemaprofil und Nannofossilien-Biostratigrafie der Greifenstein-Gruppe (Rhenodanubisches Deckensystem) (aus: EGGER & SCHWERD (2008), unter Berücksichtigung von MATTERN (1998) für die Oberstdorf-Decke, Chronostratigrafie nach GRADSTEIN et al. (2012)).

Geologischer Überblick

Das Lahnegraben-Profil befindet sich 5,5 km östlich vom Ort Unterammergau (Oberbayern, TK Nr. 8332 Unterammergau). Es liegt zwischen den markanten Erhebungen des Hörnle und Aufacker (Abb. 3) in der Nähe des Typusprofils der Rehbreingraben-Formation (HESSE, 1972; WORTMANN et al., 2004). Im Bereich des oberen Lahnegrabens und seiner Zuflüsse steht eine Schichtfolge an, welche von der unterkretazischen Tristel-Formation bis zur campanen Kalkgraben-Formation reicht (BLÜHER, 1935; TEIPEL & HAHN, in Vorb.). Strukturell handelt es sich dabei um eine geringfügig verschuppte Synklinale der Oberstdorf-Teildecke. Die jetzt neu bearbeiteten Aufschlüsse der „Unteren Bunten Mergel“ liegen im nördlichen Schenkel dieser Synklinale (Abb. 3).

Ein weiteres verhältnismäßig gut aufgeschlossenes Profil in den „Unteren Bunten Mergeln“ beschreibt VON RAD (1972) vom Gaisalptobel, 4,5 km nordöstlich Oberstdorf (Bayern, TK Nr. 8527 Oberstdorf). Es handelt sich um ein ca. 40 m mächtiges, zusammengesetztes Profil aus dem Nordost- und dem Südwest-Schenkel einer komplizierten Antiklinale.

Methoden

Für die biostratigrafische Bearbeitung der Profile mit kalkigem Nannoplankton wurden mit Hilfe von verdünnter Salzsäure gezielt karbonathaltige, turbiditische Lagen ausgewählt, da die hemipelagischen Tonsteine karbonat- und fossilfrei sind; Umlagerung von Nannofossilien durch Turbidite kann daher nicht ausgeschlossen werden. Zehn solcher grauer und graugrüner Mergel- und Tonmergelsteinlagen wurden im Lahnegraben-Profil beprobt, neun weitere im Gaisalptobel-Profil (Abb. 3).

Die Aufbereitung der Proben erfolgte nach Standardmethoden (z.B. PERCH-NIELSEN, 1985). Die in Includal A eingebetteten Dauerpräparate werden in der Paläontologischen Sammlung der Geologischen Bundesanstalt (GBA) in Wien aufbewahrt. Die Untersuchung erfolgte unter dem Lichtmikroskop bei tausendfacher Vergrößerung mit gekreuzten und parallelen Polarisationsfiltern.

Der Erhaltungszustand des kalkigen Nannoplanktons ist in beiden Profilen schlecht, die Diversität entsprechend gering. In den Proben aus dem Lahnegraben wurden maximal neun Arten festgestellt, im Gaisalptobel maximal sechs Arten. Die Florenlisten beider Profile sind in Tabelle 1 dokumentiert.

Für die chronostratigrafische Zuordnung wurde die CC-Zonierung von SINGH (1977) verwendet, da diese Zonierung auch in die chronostratigrafischen Tabellen von GRADSTEIN et al. (2012) eingegangen ist. Zusätzlich wurden die Proben nach der UC-Zonierung von BURNETT et al. (1998) klassifiziert, auch die taxonomische Zuordnung folgt dieser Arbeit.

Lithologische und biostratigrafische Charakterisierung

Lahnegraben-Profil

Lithologie

An der Typuslokalität ist die Lahnegraben-Formation mit einer Mächtigkeit von 31 m aufgeschlossen (Abb. 4). Das Einfallen der durchwegs aufrecht gelagerten Bänke ist mittelsteil gegen Süden gerichtet. Aus der weitgehend karbonatfreien Rehbreingraben-Formation im Liegenden geht die Lahnegraben-Formation mit einer an dieser Stelle etwa 3 m mächtigen, z.T. durch Bachsedimente verdeckten Übergangszone mit Kalksand-, Mergel- und graugrünen Tonmergelstein-Lagen hervor; die Basis wird an die erste rote Tonstein-Bank gelegt.

Die Lahnegraben-Formation besteht im oberen Lahnegraben aus Tonmergel-, Ton- und Mergelsteinen mit Hartbänken aus Kalksand-, Sand- und Siltstein, seltener auch Sandmergel-, Kalk- und Kalkmergelstein-Einschaltungen (Taf. 1, Fig. a–f).

Die pelitischen Gesteine machen hier jeweils mehr als 30 % des Gesteinsbestandes aus. Tonmergelsteine treten dünn- bis dickbankig (bis etwa 1 m mächtig), selten plattig auf und sind meist graugrün, oft hell- bis mittelgrau und untergeordnet dunkelgrau oder schwarz gefärbt. Auf angewitterten Flächen ist stellenweise eine feine Parallelschichtung erkennbar.

Tonsteine sind ebenfalls überwiegend dünn- bis dickbankig (bis etwa 1 m mächtig), seltener plattig. Charakteristisch für die Lahnegraben-Formation sind rote oder braunrote Tonsteine (Taf. 1, Fig. b–c), die im Typusprofil einen Anteil von ca. 15 % an der gesamten Abfolge erreichen. Daneben kommen oft graugüne, seltener dunkelgraue oder schwarze Tonsteine vor. Im Unterschied zu den meist deutlich bläustichigen grünen Tonsteinen der liegenden Rehbreingraben-Formation sind die grünen Tonsteine der Lahnegraben-Formation eher graugrün.

Mergelsteine machen 10–15 % des Gesteinsinhaltes aus und sind oft dunkelgrau, ansonsten hell- oder mittelgrau gefärbt. Sie treten überwiegend dünn- bis mittelbankig (bis etwa 0,4 m mächtig), vereinzelt plattig auf (Taf. 1, Fig. d).

In die Ton-, Tonmergel- und Mergelstein-Abfolgen sind in unregelmäßigen Abständen Hartbänke eingeschaltet, die insgesamt etwa ein Viertel des Gesamtprofils aufbauen. Es handelt sich dabei vorwiegend um dünn- bis mittelbankige, selten dickbankige (bis 1,3 m), meist feinkörnige, graue Kalksandsteine, die auf Grund ihrer Korngrößengradierung im Hangenden in Siltsteine übergehen; selten sind sie in den basalen Zentimetern der Bänke mittel- oder grobkörnig. Sie führen meist feinen Muskovit, oft Glaukonit und gelegentlich Feldspäte sowie inkohlte Pflanzenreste. Auf angewitterten Flächen ist stellenweise eine feine Parallelschichtung erkennbar (Taf. 1, Fig. f); selten verwittern sie mürbe. Die gradierten Bänke belegen hier eine normale, nach Süden jünger werdende Schichtlagerung.

Karbonatische Siltsteine kommen meist am Top von gradierten Hartbänken, z.T. auch als einzelne Bänke vor (knapp 5 %). Sie sind mittel- bis dunkelgrau, dünn- bis mittelbankig (bis ca. 0,5 m mächtig) und zeigen meist feine

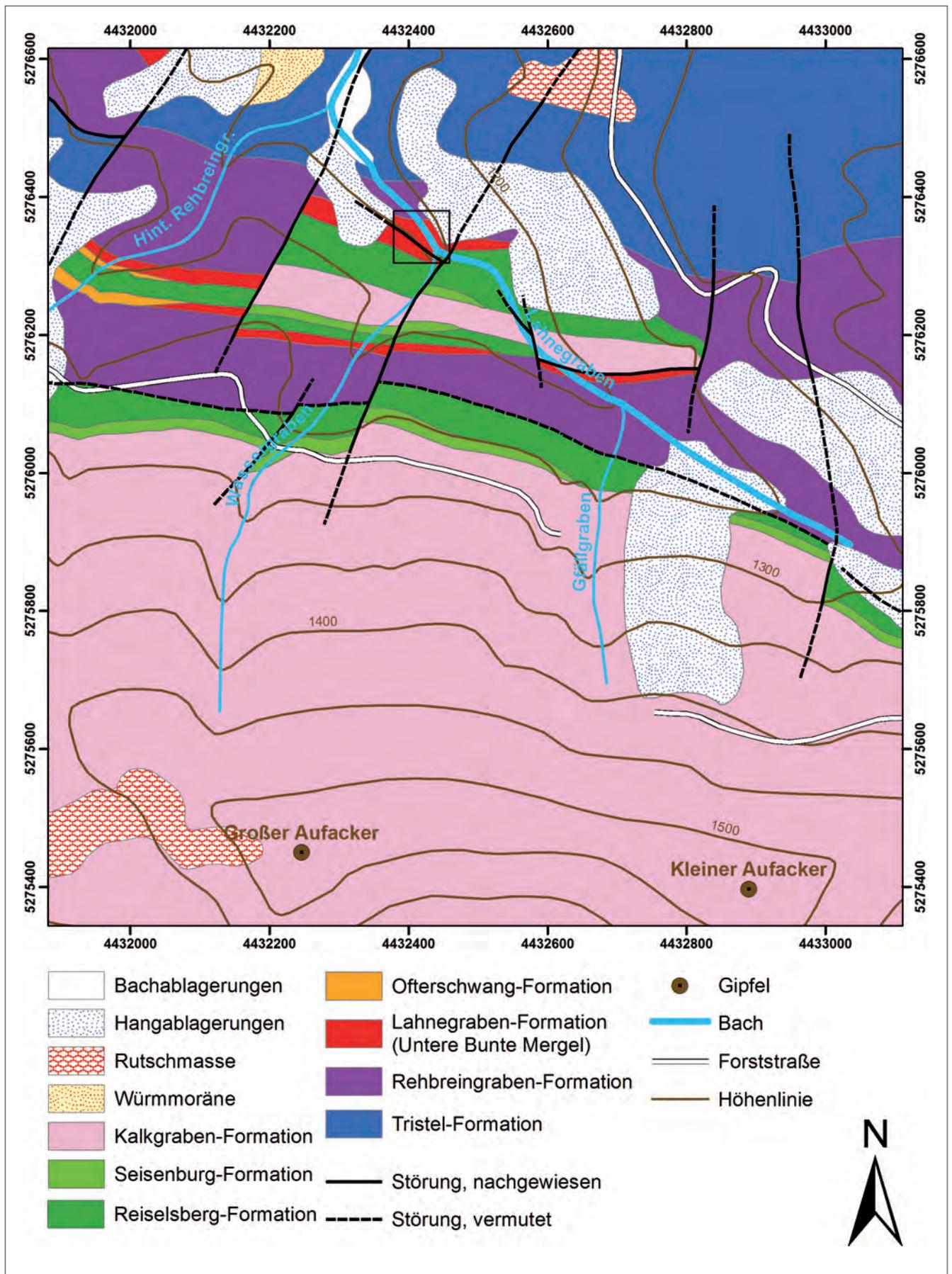


Abb. 3. Geologischer Rahmen des Typusprofils der Lahnegraben-Formation („Untere Bunte Mergel“) im oberen Lahnegraben, östlich Unterammergau/Oberbayern (Kartenrahmen mit Gauß-Krüger-Koordinaten; vereinfacht nach TEIPEL & HAHN, in Vorb.).

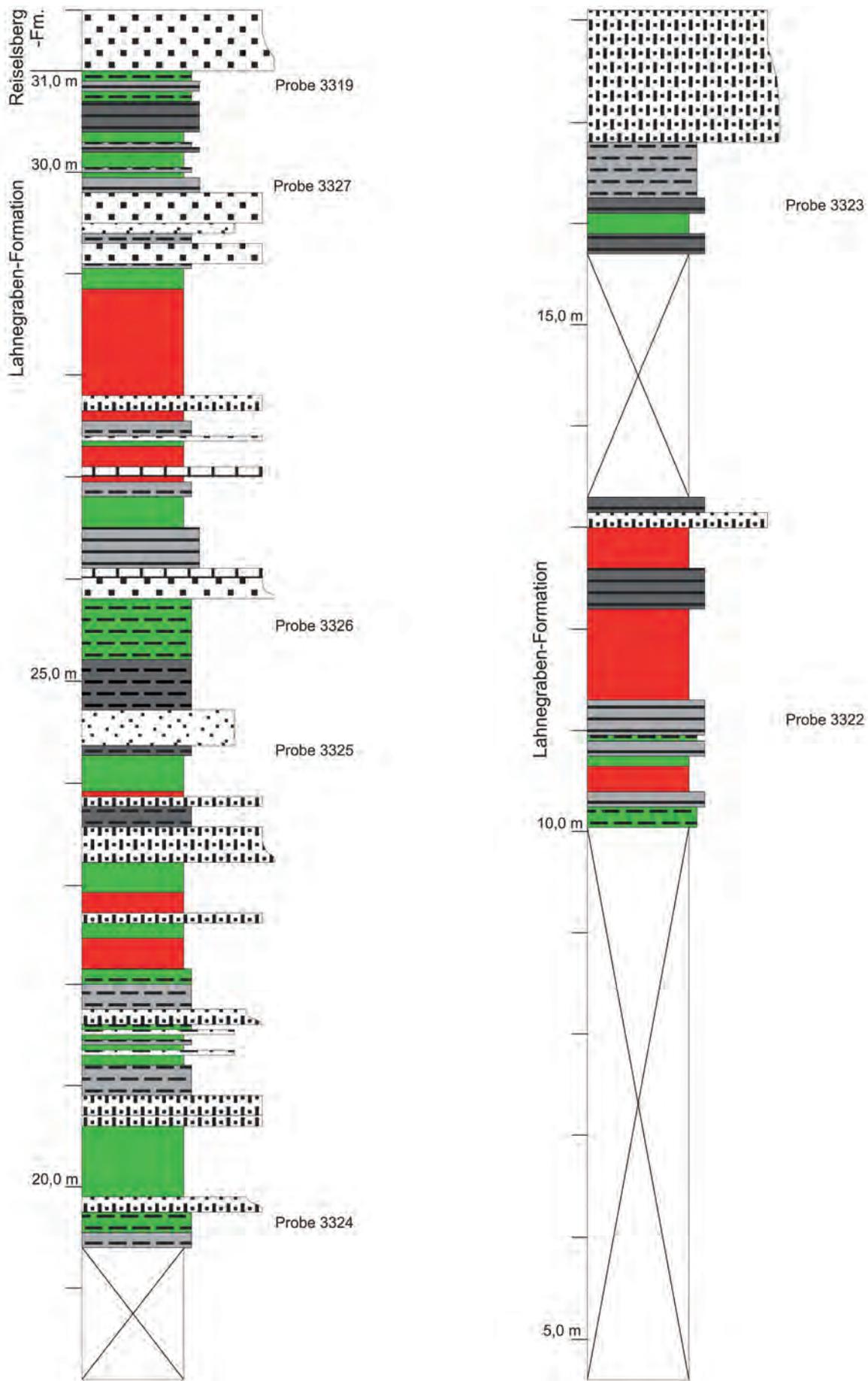
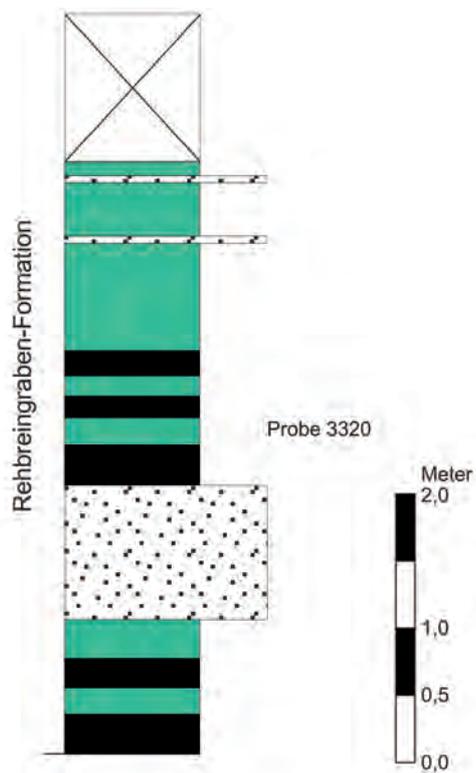
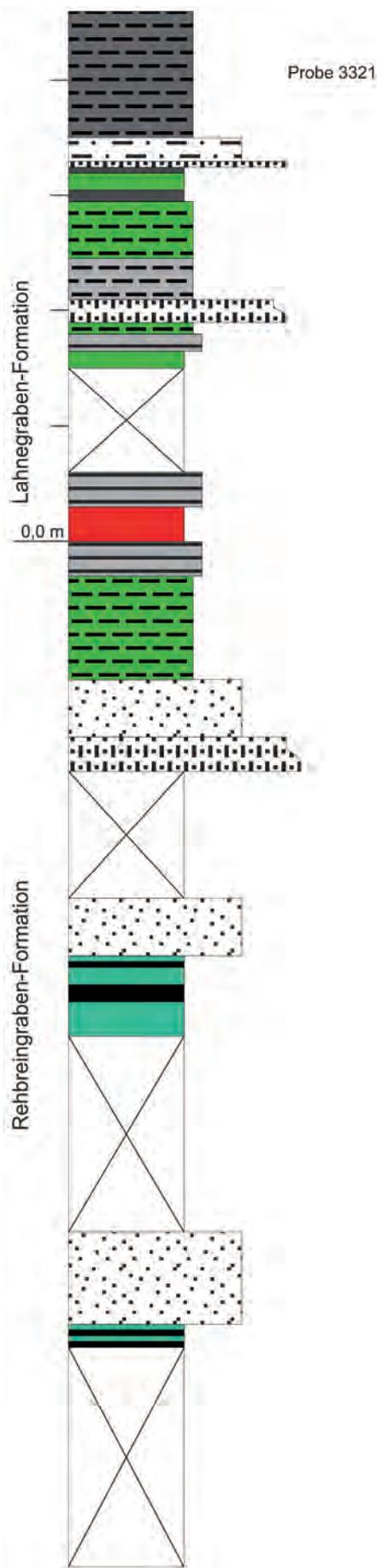
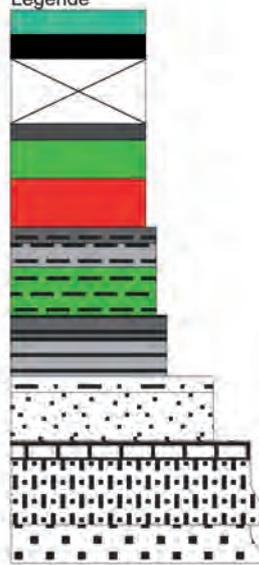


Abb. 4. Säulenprofil der Lahngraben-Formation an der Typuslokalität.



Legende



- Tonsteine, schwarz oder blaugrün (Rehbreingraben-Fm.)
- Schichtlücke, Überdeckung durch Bach- und Hangsedimente
- Tonsteine, rot, graugrün oder dunkelgrau
- Tonmergelsteine, graugrün, hell- bis dunkelgrau
- Mergelsteine, hell- bis dunkelgrau
- Sandmergelsteine, grau, grüngrau
- Siltsteine, meist karbonatisch, grau
- Kalksteine, mittelgrau
- Kalksandsteine, hell- bis dunkelgrau, z. T. gradiert
- Sandsteine, karbonatisch, mittel- bis dunkelgrüngrau, z. T. gradiert

Parallelschichtung; gelegentlich sind inkohlte Pflanzenreste auf Schichtflächen angereichert.

Plattige bis mittelbankige (bis 0,3 m mächtige) Sandsteine machen ca. 2,5 % der Abfolge aus. Sie sind überwiegend feinkörnig, gelegentlich mit feiner Parallelschichtung. Sie können einerseits mittelgrau und karbonatisch gebunden sein, mit Muskovit, Biotit, Feldspäten (bis 1 mm) und z.T. Gesteinsbruchstücken (bis 3 mm), oder dunkelgrüngrau, Muskovit und Glaukonit führend, karbonatfrei oder karbonatisch gebunden.

Vereinzelt gibt es Einschaltungen von plattigen bis dünnbankigen (bis 0,2 m mächtigen), grüngrauen oder schwarzgrauen Sandmergelsteinen, mit feinem Muskovit und feiner Parallelschichtung, von beige- oder mittelgrauen, dünnbankigen Kalksteinen und von plattigen, mittelgrauen Kalkmergelsteinen.

Über graugrünen Ton- und Tonmergelsteinen sowie grauen Mergelsteinen am Top der Lahnegraben-Formation setzt die überlagernde Reiselsberg-Formation ohne Übergang mit mittel- bis dickbankigen, Muskovit führenden, gradierten Quarz-Glimmer-Sandsteinen und Kalksandsteinen ein (Taf. 1, Fig. a); rote oder grüne Ton- bis Tonmergelsteine bleiben aus.

Biostratigrafie

Die Kalknannoplankton-Assoziationen der einzelnen Proben sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Im Profil am oberen Lahnegraben ließ sich in allen Proben bis auf eine nannosterile Probe aus dem oberen Bereich der Rehbreingraben-Formation (Probe 3320) kalkiges Nannoplankton nachweisen. Die Erhaltung der Nannofossilien war in der Regel schlecht. Die Nannoplankton-Assoziationen der meisten Proben zeigen mit der Zone CC9 Alter vom oberen Albium bis unteren Cenomanium an. In zwei Proben aus einem grüngrauen Tonmergelstein (3324) und einem mittelgrauen Mergelstein (3327) konnte *Eiffellithus turriseiffeli*, die Leitform für die Zone CC9, nicht gefunden werden, was auf den schlechten Erhaltungszustand dieser Proben zurückgeführt wird.

Etwa 10 cm unterhalb des Kontaktes zur Reiselsberg-Formation konnte in Probe 3319 *Corollithion kennedyi* nachgewiesen werden, dessen Erstauftreten die Basis des unteren Cenomanium markiert. Diese Probe stammt aus einem 10 cm mächtigen, mittelgrauen Mergelstein, der mit seiner seidig-glänzenden Anwitterung bereits den Mergelsteinen der Ofterschwang-Formation ähnelt, die im Hinteren Rehbreingraben mit der Lahnegraben-Formation verzahnt (HESSE 1972; TEIPEL & HAHN, in Vorb.).

Probe	Bemerkung	CC-Zone	<i>Watznaueria barnesae</i>	<i>Eprolithus floralis</i>	<i>Eiffellithus turriseiffeli</i>	<i>Zeugrhabdotus embergeri</i>	<i>Zeugrhabdotus diplogrammus</i>	<i>Manivitella pemmatoidea</i>	<i>Retecapsa crenulata</i>	<i>Nannoconus</i> sp.
3319	fast reine Monoflora mit <i>W. barnesae</i>	CC9, obere Zone	x	x	x		x			
3327			x	x		x		x	x	
3326		CC9	x	x	x			x	x	x
3325		CC9	x	x	x	x			x	x
3324			x	x		x		x		
3323		CC9	x		x	x	x			
3322		CC9	x	x	x	x				
3321	vor allem <i>W. barnesae</i>	CC9	x	x	x			x	x	x
3320	Nannosteril (Rehbreingraben-Formation)									
O-95		CC9	x	x	x	x				
O-93			x			x				
O-92			x							
O-91			x							
O-90		CC9	x		x	x	x		x	
O-89	Monoflora mit <i>Watznauerien</i>	CC9	x	x	x					
O-88	viele Bruchstücke		x							
O-87			x							
O-85			x							

Tab. 1. Ergebnisse der Kalknannoplankton-Bestimmungen in Profilen der Lahnegraben-Formation („Untere Bunte Mergel“) an der Typuslokalität am oberen Lahnegraben (3319–3327) und im Gaisalptobel (O-85–O-95). CC9: oberes Albium–unteres Cenomanium.

Gaisalptobel-Profil

Lithologie

Zum Vergleich mit dem Lahnegraben-Profil wurde das von VON RAD (1972: 99) als „einziges besseres Profil“ im Oberallgäu beschriebene, 19 m lange Profil am Gaisalptobel, nordöstlich Oberstdorf, beprobt (Tab. 1). Die unterlagernde Rehbreingraben-Formation ist dort mit einer dünn- bis mittelbankigen Wechselfolge aus schwarzen Silt- und Feinsandsteinen, schwarzen und grünen Tonsteinen sowie untergeordneten dunkelgrauen Mergelsteinen abgeschlossen. Die Abfolge ist deutlich verfaltet und zeigt gehäuft Harnische (Taf. 2, Fig. c).

An einer Störung und mit leicht unterschiedlichem Schicht-einfallen setzt mit einer plattigen bis dünnbankigen Wechselfolge aus charakteristischen roten Tonsteinen, grau-grünen Tonmergelsteinen und hell- bis mittelgrauen Mergelsteinen die Lahnegraben-Formation ein (Taf. 2, Fig. b). Die roten Tonsteine sind vereinzelt dickbankig und treten in diesem Profil in der unteren Hälfte auf (Taf. 2, Fig. a). Hinzu kommen Einschaltungen dünnbankiger, grauer, überwiegend feinkörniger Kalksandsteine.

Die Grenze zur überlagernden Reiselberg-Formation mit einer mittel- bis dickbankigen (bis 2,5 m mächtig) Wechselfolge aus z.T. mergeligen, Muskovit führenden Sandstei-

nen und untergeordneten mittelgrauen Mergelsteinen wird hier durch zerscherte, schwarze Tonmergelsteine gebildet.

Biostratigrafie

Im Gaisalptobel war aufgrund der stärkeren tektonischen Beanspruchung der Erhaltungszustand der Nannofossilien sehr schlecht. Nur wenige Proben lieferten auswertbare Assoziationen, die auf Zone CC9 hinweisen und das obere Albium bis untere Cenomanium-Alter vom Lahnegraben-Profil bestätigen (Tab. 1).

Lithostratigrafische Definition der Lahnegraben-Formation

Synonyma und Ableitung des Namens

Die Bedeutung roter Tonstein-Lagen in der Rhenodanubischen Flyschzone als Leithorizont stellte bereits FINK (1903) fest; zu jener Zeit wurde jedoch nicht zwischen verschiedenen stratigrafischen Niveaus solcher roter Schichten unterschieden. FINK (1903) beschreibt „rote Schiefer“ als Grenzschicht zwischen den beiden damals differenzierten Flysch-Einheiten der Kieselkalk-Gruppe (umfasste die

<i>Nannoconus elongatus</i>	<i>Nannoconus truitii</i>	<i>Broinsonia matalosa</i>	<i>Lithraphidites carniolensis</i>	<i>Biscutum constans</i>	<i>Tranolithus orionatus</i>	<i>Flabellites oblongus</i>	<i>Stauroolithites crux</i>	<i>Chiastozygus platyrhethus</i>	<i>Rhagodiscus achlyostaurion</i>	<i>Amphizygus sp.</i>	<i>Corollithion kennedyi</i>
			x								x
		x			x						
		x									
	x				x						
		x						x	x	x	
x				x			x				
			x	x		x					
		x									

unterkretazische Tristel- und Rehbreingraben-, sowie die oberkretazische Piesenkopf- und Kalkgraben-Formation) und der Sandstein-Gruppe (Reiselsberg-Formation). DACQUÉ (1912) verwendete die Bezeichnung „rote Zwischenschicht“. Die von RICHTER (1924) beschriebenen „bunten Zwischenschichten“ zwischen „Reiselsberger Sandsteinen“ (Reiselsberg-Formation) und „Zementmergeln“ (Kalkgraben-Formation) entsprechen der heutigen Seisenburg-Formation.

KOCKEL et al. (1931), ebenso wie KRAUS (1932) stellten fest, dass „Bunte Zwischenschichten“ bzw. „dünne Rotschiefer“ sowohl im Hangenden als auch im Liegenden des „Reiselsberger Sandsteins“ bzw. „Hauptflyschsandsteins“ (Reiselsberg-Formation) auftreten. In seiner Bearbeitung des Hörnle-Aufacker-Gebietes trennt BLÜHER (1935) ausdrücklich „Untere Bunte Mergel und Schiefer“ von „Oberen Bunten Mergeln und Schiefeln“ (Seisenburg-Formation) ab und beschreibt deren Auftreten u.a. im Lahnegraben.

SCHMIDT-THOMÉ (1939) verwendet im Sulzberg-Flysch bei Teisendorf die Bezeichnung „Untere Bunte Mergel“. Aufgrund ihrer teilweise lithologischen Anklänge an den „Gault“ (Rehbreingraben-Formation) wurden die „Unteren Bunten Mergel“ im Oberallgäu z.T. als „Gault-Grenzmergel“ (CUSTODIS & SCHMIDT-THOMÉ, 1939) bezeichnet. RICHTER & MÜLLER-DEILE (1940) parallelisieren den „Obergault“ im östlichen Oberbayern, in Salzburg und Oberösterreich teilweise mit den „Unteren Bunten Mergeln und Schiefeln“ Südwestbayerns. PREY (1950) beschreibt bunte Tonsteine („bunte Schiefer“), die mit den „Unteren bunten Mergeln und Schiefeln“ Bayerns verglichen werden, aus dem Gebiet um den Pernecker Kogel bei Kirchdorf an der Krems, Oberösterreich. Im Salzburger Raum prägen ABERER & BRAUMÜLLER (1958) die Bezeichnung „Untere Bunte Schiefer“.

Nach dem Typusprofil im oberen Lahnegraben werden die „Unteren Bunten Mergel“ bzw. „Unteren Bunten Schiefer“ formal als Lahnegraben-Formation definiert.

Typusgebiet und Typusprofil

Das Typusgebiet der Lahnegraben-Formation sind die Ammergauer Alpen, insbesondere das Hörnle-Aufacker-Gebiet, wo die Einheit bereits von BLÜHER (1935) abgegrenzt und beschrieben wurde. Sie ist im Rhenodanubischen Deckensystem zwischen Rhein und Enns, also von Vorarlberg über das Salzkammergut bis in den Wienerwald verbreitet.

Das Typusprofil liegt im oberen Lahnegraben, nördlich des Großen Aufackers, 5,5 km östlich Unterammergau (Oberbayern, TK Nr. 8332 Unterammergau; 11,100° östl. Länge, 47,622° nördl. Breite (WGS84)) zwischen den Gauß-Krüger-Koordinaten R: 4432400 & H: 5276375 bis R: 4432445 & H: 5276320.

Weitere Profile mit Kontakten zu über- und unterlagernden Einheiten werden von WAGREICH et al. (2006) bei Oberschau in der Nähe des Attersees (Salzkammergut, Oberösterreich, ÖK 65 Mondsee) sowie von VON RAD (1972) vom Kehr-Graben und vom Gaisalptobel, nordöstlich Oberstdorf (Bayern, TK-Nr. 8527 Oberstdorf) beschrieben.

Abgrenzung zu liegenden und hangenden lithostratigrafischen Einheiten

Die Liegendgrenze der Lahnegraben-Formation ist durch das erste Auftreten roter Ton- bzw. Tonmergelsteine über der Rehbreingraben-Formation mit ihrer charakteristischen Wechselfolge aus grauschwarzen Sand- und Siltsteinen mit schwarzen und bläulich grünen Tonsteinen definiert (z.B. HESSE, 1972). Häufig geht die Lahnegraben-Formation mit einem bis mehrere Meter mächtigen Übergang aus den Tonsteinfolgen der Rehbreingraben-Formation hervor (z.B. FREIMOSER, 1972; VON RAD, 1972; HESSE, 1991). Von der überaus karbonatarmen Rehbreingraben-Formation unterscheidet sich die Lahnegraben-Formation neben dem Auftreten von roten hemipelagischen Tonsteinen sowie roten, grünlichen und grauen turbiditischen Tonmergel- und Mergelsteinen auch durch höhere Karbonatgehalte und Unterschiede in der Tonmineralogie. Während die Lahnegraben-Formation kaolinitbetont ist mit Illit und Montmorillonit, stellt lediglich Illit das Haupttonmineral der Rehbreingraben-Formation dar (HESSE, 1966; VON RAD, 1972). Die in der Rehbreingraben-Formation häufigen Quarz-Sandsteine und schwarzen Tonsteine treten in der Lahnegraben-Formation nur selten auf.

Lateral verzahnt die Lahnegraben-Formation stellenweise mit der altersgleichen Ofterschwang-Formation, von der sie sich durch das Auftreten roter Lagen und den hohen Anteil an hemipelagischen Tonsteinen unterscheidet.

Die Hangendgrenze ist durch das Ausbleiben der charakteristischen roten und grünen Ton- und Tonmergelsteine gegeben. Die hangende Reiselsberg-Formation setzt ohne Übergang mit mittel- bis dickbankigen, Muskovit führenden Sand- und Kalksandsteinen ein; die für die Reiselsberg-Formation typischen mittel- oder grobkörnigen siliziklastischen Sandsteinbänke kommen in der Lahnegraben-Formation nicht vor. In der Reiselsberg-Formation können aber bereichsweise rote Tonsteinlagen auftreten, wie sie von PREY (1973: 91) aus der Gegend zwischen Mondsee und Attersee und aus dem Wienerwald beschrieben werden.

Biostratigrafie und Chronostratigrafie

Spurenfossilien und Fischeschuppen sind die einzigen bekannten Makrofossilien der Lahnegraben-Formation. Für die biostratigrafische Einstufung sind kalkiges Nannoplankton, Foraminiferen und Dinoflagellatenzysten von Bedeutung, daneben treten auch Schwammnadeln und Radiolarien auf.

Das chronostratigrafische Alter der Formation wurde durch die Einstufung von Foraminiferenfaunen von BETTENSTÄDT (1958) mit unterem Cenomanium und von PFLAUMANN (1964) mit oberem Albium bis Cenomanium angegeben. Die von OHMERT (1964) und PFLAUMANN (1964, 1968) angegebenen Faunenlisten nennen vor allem agglutinierende Formen (*Plectorecurvoides alternans* (NOTH), *Glomospira charoides* (JONES & PARKER), *Glomospira gordialis* (JONES & PARKER), *Hormosina ovulum* (GRZYBOWSKI), *Saccamina placenta* (GRZYBOWSKI), *Spiroplectinata bettenstaedti* (GRABERT), *Dendrophrya* sp., *Haplophragmoides* sp., *Psammosiphonella* sp., *Recurvoides* sp., *Rhabdammina* sp., *Spiroplectammina* sp.). Von diesen ist lediglich *P. alternans* stratigrafisch aussagekräftig. Die *P. alter-*

nans-Zone umfasst das Albium und Cenomanium (z.B. BUBIK, 1995). Die wenigen begleitenden planktonischen Arten *Hedbergella infracretacea* (GLAESSNER) und *Rotalipora cf. brotzeni* (SIGAL) belegen bereits das Cenomanium.

Reichere planktonische Foraminiferenfaunen aus der Lahnegraben-Formation beschreiben WAGREICH et al. (2006) aus dem Profil von Oberaschau in Oberösterreich. Neben verschiedenen Hedbergellen-Arten wurden als stratigrafisch wichtige Arten dort vor allem *Rotalipora appenninica*, *R. globotruncanoides*, *Schackoina cenomana* und *S. bicornis* gefunden. Die Faunenzusammensetzung erlaubt eine Einstufung in die obere *Parathalmanninella appenninica*-Zone des oberen Albium und in die *Thalmanninella globotruncanoides*-Zone des unteren Cenomanium.

Kalkiges Nannoplankton aus dem Typusprofil belegt die *Eiffellithus turriseiffeli*-Zone (Zone CC9) des oberen Albium bis unteren Cenomanium in der Zonengliederung von SISSINGH (1977). In der detaillierteren Zonierung von BURNETT et al. (1998) wird der untere Teil der Zone CC9 mit der Zone UC0 des oberen Albium korreliert. Das Ersteinsetzen von *Corollithion kennedyi* markiert den Beginn der unter-cenomanen Zone UC1. Diese Einstufungen entsprechen jenen aus dem Profil von Oberaschau (EGGER, 1992; WAGREICH et al., 2006). In weiteren Aufschlüssen unmittelbar westlich der Saalach wurden in der Lahnegraben-Formation auch die mittel-cenomane Zone UC3 durch das gemeinsame Vorkommen von *Corollithion kennedyi* und *Lithraphidites acutus* nachgewiesen (EGGER et al., 2012).

Im Typusgebiet der Lahnegraben-Formation wurden im Hinteren Rehbrengraben von KIRSCH (2003) die Dinoflagellatenzysten bearbeitet und der *Palaeohystrichophora infusorioides*-Zone im Sinn von PRÖSSL (1990) zugeordnet, die das obere Albium bis untere Cenomanium umfasst. Das Erstauftreten von *P. infusorioides* markiert die Unterkannte der Zone, die durch gemeinsame Vorkommen von *Palaeohystrichophora infusorioides*, *Leberidocysta chlamydata*, *Epelidosphaeridia pentagona*, *Hystrichosphaeropsis galeata*, *Psaligonyaulax deflandrei* und *Xenascus plotei* charakterisiert ist. In anderen Zonierungen (FOUCHER, 1981) wird diese Vergesellschaftung noch zur *Litosphaeridium siphoniphorum*-Zone gerechnet. Eine ähnlich zusammengesetzte und altersgleiche Dinoflagellaten-Vergesellschaftung wie aus dem Typusgebiet der Lahnegraben-Formation wurde durch WAGREICH et al. (2006) aus dem Profil bei Oberaschau bekanntgemacht.

Zusammenfassend kann das chronostratigrafische Alter der Lahnegraben-Formation mit oberem Albium bis mittlerem Cenomanium angegeben werden, wobei die Oberkante diachron ist.

Lithologische Beschreibung

Die Lahnegraben-Formation besteht aus wechselnden Anteilen von plattigen bis mittelbankigen, roten, grünen, grauen und schwarzen Ton- und Tonmergelsteinen sowie grauen Mergelsteinen. Die Rotfärbung ist nicht nur auf hemipelagische Tonsteine (Karbonatgehalte 0–3 Gew.-%) beschränkt, sondern kann auch in turbiditischen Tonmergelsteinen (Karbonatgehalte 7–34 Gew.-%) auftreten (WAGREICH et al., 2006).

Untergeordnet eingeschaltet sind meist einzeln auftretende dünn- bis mittelbankige, karbonatische Sand- und Siltsteine bzw. meist feinkörnige Kalksandsteine, die häufig

Glaukonit, v.a. im oberen Teil der Abfolge Muskovit führen. Diese turbiditischen Hartbänke zeigen oft Parallel-, seltener Kreuz- oder Wickelschichtung; die basalen Abschnitte (T_a , T_b) der Bouma-Abfolgen sind meist nicht entwickelt. Selten können graue Kalkmergelsteine sowie lutitische Kalksteine vorkommen.

Die sedimentäre Mächtigkeit beträgt im Typusprofil am oberen Lahnegraben 31 m; VON RAD (1972) gibt aufgrund zusammengesetzter Profilabschnitte bis zu 40 m Mächtigkeit an. Meist ist die Lahnegraben-Formation jedoch in reduzierten Mächtigkeiten von wenigen Metern bis zu 20 m zu finden oder sie fehlt primär oder tektonisch bedingt (z.B. HESSE, 1991).

Diskussion

Kretazische pelagische Rotsedimente (Cretaceous Oceanic Red Beds – CORBs) haben weltweit große Verbreitung und kommen entweder als vorwiegend tonige, kalkige oder kieselige Gesteine vor (z.B. WANG et al., 2005). CORBs stehen im Zusammenhang mit hohen Meeresspiegelniveaus, die zu verringertem terrigenem Eintrag in die Meeresbecken und damit dort zu niedrigen Sedimentationsraten führten (z.B. WAGREICH et al., 2008).

Die Lahnegraben-Formation gehört zur Gruppe der vorwiegend tonigen Rotsedimente. Tonmineralogische Untersuchungen von VON RAD (1972) zeigen, dass die roten Tonsteine Kaolinit, Montmorillonit, Illit und Hämatit enthalten. Letzterer ist für die rote Gesteinsfarbe verantwortlich. Der Hämatit steht nicht mit lateritischen Einschwemmungen in Zusammenhang, sondern entstand vermutlich unter oxidierenden Bedingungen am Sediment-Wasser-Kontakt (FAUPL, 1976). Da die Oxidation des Eisens bei dem geringen Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers einen länger andauernden Prozess darstellt, ist das Vorkommen von Hämatit ein Hinweis auf niedrige hemipelagische Sedimentationsraten und damit auf niedrige Erosionsraten in den angrenzenden Landgebieten. Darauf deutet auch das fast völlige Fehlen von siliziklastischen Sandsteinbänken in der Lahnegraben-Formation hin.

Auf Grund ihrer Fazies mit roten abyssalen Tonsteinen und dünnbankigen feinkörnigen „distalen“ Turbiditen, in denen nur die höheren Abschnitte der Bouma-Abfolge entwickelt sind, kann als Ablagerungsraum der Lahnegraben-Formation eine Tiefsee-Ebene angenommen werden. Das planktonreiche Material der Kalkschlammturbidite stammt von einem tiefmarinen Liefergebiet, einer Schwelle oder einem Hang, ohne nennenswerten terrigenen Eintrag. In Annäherung an dieses Liefergebiet kommt es zur Verzahnung mit der Ofterschwang-Formation durch Zunahme des turbiditischen Einflusses und Abnahme der hemipelagischen Lagen.

Dank

Die Altersbestimmungen an kalkigem Nannoplankton wurden im Rahmen des Projektes „Informationsoffensive oberflächennahe Geothermie“ aus Mitteln des Freistaates Bayern finanziert und co-finanziert durch die Europäische Union.

Literatur

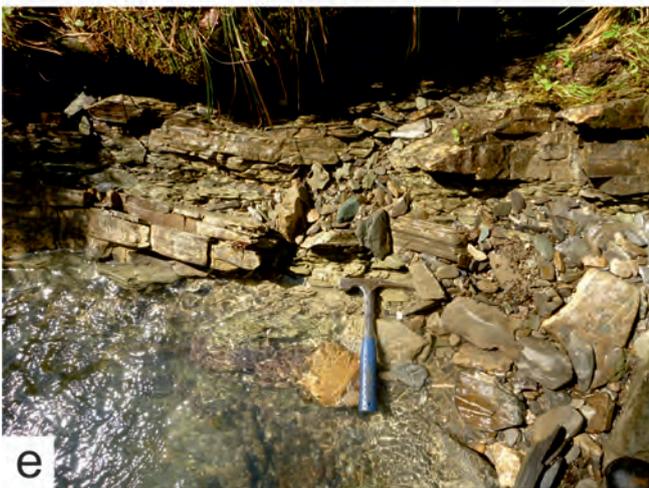
- ABERER, F. & BRAUMÜLLER, E. (1958): Ueber Helvetikum und Flysch im Raume nördlich Salzburg. – Mitt. Geol. Ges. Wien, **49**, 1–40, Wien.
- BETTENSTAEDT, F. (1958): Zur stratigraphischen und tektonischen Gliederung von Helvetikum und Flysch in den Bayerischen und Vorarlberger Alpen auf Grund von mikropaläontologischen Untersuchungen. – Z. Dtsch. Geol. Ges., **109**, 566–592, Hannover.
- BLÜHER, H.-J. (1935): Molasse und Flysch am bayerischen Alpenrand zwischen Ammer und Murnauer Moos. – Abh. geol. Landesuntersuch. a. Bayer. Oberbergamt, **16**, 7–55, München (Bayer. Oberbergamt).
- BUBIK, M. (1995): Cretaceous to Paleogene agglutinated foraminifera of the Bile Karpaty unit (West Carpathians, Czech Republic). – In: KAMINSKI, M.A., GEROCH, S. & GASINSKI, M.A. (Hrsg.): Proceedings of the fourth international workshop on agglutinated foraminifera, Krakow Poland, September 1993. – Spec. Publ., **3**, 71–116, Krakow (Grzybowski Foundation).
- BURNETT, J.A., GALLAGHER, L.T. & HAMPTON, M.J. (1998): Upper Cretaceous. – In: BOWN, P.R. (Hrsg.): Calcareous Nannofossil Biostratigraphy. – British Micropalaeontological Society Publications Series, 132–199, London (Chapman & Hall).
- CUSTODIS, A. & SCHMIDT-THOMÉ, P. (1939): Geologie der bayerischen Berge zwischen Hindelang und Pfronten im Allgäu. – N. Jb. Mineral. Mh., **B 80**, 307–463, Stuttgart (Schweizerbart).
- DACQUÉ, E. (1912): Geologische Aufnahme des Gebietes um den Schliersee und Spitzingsee in den oberbayerischen Alpen. – Landeskundl. Forschungen, **15**, 105 S., München (Geogr. Ges. München).
- EGGER, H. (1992): Zur Geodynamik und Paläogeographie des Rhenodanubischen Flysches (Neokom-Eozän) der Ostalpen. – Z. Dtsch. Geol. Ges., **143**, 51–65, Stuttgart (Schweizerbart).
- EGGER, H. (2013a): Neue stratigraphische Ergebnisse aus dem Kahlenberg-Gebiet und ihre Bedeutung für die Interpretation des Deckenbaus im Wienerwald. – In: GEBHARDT, H. (Red.): Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 2013 – Geologie der Kartenblätter 55 Ober-Grafendorf und 56 St. Pölten, 23.–27.09.2013, Melk, 167–174, Wien (Geol. B.-A.).
- EGGER, H. (2013b): Zur Lithostratigraphie der Laab-Decke im Rhenodanubischen Deckensystem des Wienerwaldes. – In: GEBHARDT, H. (Red.): Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 2013 – Geologie der Kartenblätter 55 Ober-Grafendorf und 56 St. Pölten, 23.–27.09.2013, Melk, 175–194, Wien (Geol. B.-A.).
- EGGER, H. & SCHWERD, K. (2008): Stratigraphy and sedimentation rates of Upper Cretaceous deep-water systems of the Rhenodanubian Group (Eastern Alps, Germany). – Cretaceous Res., **29**, 405–416, Amsterdam (Elsevier).
- EGGER, H., MOHAMED, O. & FREIMOSER, M. (2012): Obituary for the Walsberg Series in the Cretaceous of the Eastern Alps (Austria, Germany). – Austrian J. Earth Sci., **105/3**, 161–175, Wien (Österr. Geol. Ges.).
- FAUPL, P. (1976): Vorkommen und Bedeutung roter Pelite in den Kaumberger Schichten (Oberkreide) des Wienerwald-Flysches, Niederösterreich. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., **1976**, 449–470, Stuttgart (Schweizerbart).
- FAUPL, P. & WAGREICH, M. (2000): Late Jurassic to Eocene Palaeogeography and Geodynamic Evolution of the Eastern Alps. – Mitt. Österr. Geol. Ges., **92**, 79–94, Wien (Österr. Geol. Ges.).
- FINK, W. (1903): Der Flysch des Tegernseer Gebietes mit spezieller Berücksichtigung des Erdölvorkommens. – Geogn. Jh., **16**, 77–104, München.
- FOUCHER, J.C. (1981): Kystes des dinoflagellatés du Crétacé moyen européen: Proposition d'une échelle biostratigraphique pour le domaine nordoccidental. – Cretaceous Res., **2**, 331–338, Amsterdam (Elsevier).
- FREIMOSER, M. (1972): Zur Stratigraphie, Sedimentpetrographie und Faziesentwicklung der Südostbayerischen Flyschzone und des Ultrahelvetikums zwischen Bergen/Obb. und Salzburg. – Geol. Bavarica, **66**, 7–91, München (Bayer. Geol. Landesamt).
- GRADSTEIN, F., OGG, J.G., SCHMITZ, M.D. & OGG, G.M. (2012): The Geologic Time Scale, Vol. **2**, 1142 S., Amsterdam (Elsevier).
- HESSE, R. (1966): Flysch-Zone. – In: STEPHAN, W. & HESSE, R.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25.000, Blatt Nr. 8236 Tegernsee, 32–74, München (Bayer. Geol. Landesamt).
- HESSE, R. (1972): Lithostratigraphie, Petrographie und Entstehungsbedingungen des bayerischen Flysches: Unterkreide. – Geol. Bavarica, **66**, 148–222, München (Bayer. Geol. Landesamt).
- HESSE, R. (1991): Flysch-Zone. – In: HESSE, R. & STEPHAN, W.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25.000, Blatt Nr. 8234 Penzberg, 20–74, München (Bayer. Geol. Landesamt).
- KIRSCH, K.-H. (2003): Dinoflagellatenzysten-Zonierung der höheren Unterkreide des Rhenodanubischen Flysches. – Zitteliana, **A43**, 143–158, München (Bayer. Staatssammlung für Paläontologie und Historische Geologie).
- KOCKEL, C.W., RICHTER, M. & STEINMANN, H.G. (1931): Geologie der Bayerischen Berge zwischen Lech und Loisach. – Wissensch. Veröff. des Deutsch. u. Österr. Alpenver., **10**, 231 S., Innsbruck (Verlag des Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereins).
- KRAUS, E. (1932): Der bayerisch-österreichische Flysch. – Abh. geol. Landesuntersuch. a. Bayer. Oberbergamt, **8**, 82 S., München (Bayer. Oberbergamt).
- MATTERN, F. (1998): Lithostratigraphie und Fazies des Reiselberger Sandsteins: sandreiche, submarine Fächer (Cenomanium-Turonium, westlicher Rhenodanubischer Flysch, Ostalpen). – Berliner Geowiss. Abh., Reihe A, **198**, 139 S., Berlin (Univ. Berlin).
- OHMERT, W. (1964): Geologisch-paläontologische Untersuchungen in der Alpenrandzone zwischen Ostin und Marienstein (Tegernsee). – Unveröff. Dipl.-Arb. Univ. München, 111 S., München.
- PERCH-NIELSEN, K. (1985): Mesozoic calcareous nannofossils. – In: BOLLI, H.M., SAUNDERS, J.B. & PERCH-NIELSEN, K. (Hrsg.): Plankton Stratigraphy, 329–426, Cambridge (Cambridge University Press).
- PFLAUMANN, U. (1964): Geologisch-mikropaläontologische Untersuchungen in der Flysch-Oberkreide zwischen Wertach und Chiemsee in Bayern. – Diss. Univ. München, 180 S., München.
- PFLAUMANN, U. (1968): Flysch-Zone. – In: PFLAUMANN, U. & STEPHAN, W.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25.000, Blatt Nr. 8237 Miesbach, 111–141, München (Bayer. Geol. Landesamt).
- PREY, S. (1950): Geologie der Flyschzone im Gebiete des Pernecker Kogels westlich Kirchdorf a. d. Krems (Oberösterreich). – Jb. Geol. B.-A., **94**, 93–165, Wien.
- PREY, S. (1973): Der südöstlichste Teil der Flyschzone in Wien, ausgehend von der Bohrung Flötzersteig 1. – Verh. Geol. B.-A., **1973**, 67–94, Wien.
- PRÖSSL, K.F. (1990): Dinoflagellaten der Kreide – Unter-Hauterive bis Ober-Turon – im Niedersächsischen Becken. Stratigraphie und Fazies in der Kernbohrung Konrad 101 sowie einiger anderer Bohrungen in Nordwestdeutschland. – Palaeontographica, Abt. B, **218**, 93–191, Stuttgart (Schweizerbart).

- RAD, U. v. (1972): Zur Sedimentologie und Fazies des Allgäuer Flysches. – *Geol. Bavarica*, **66**, 92–147, München (Bayer. Geol. Landesamt).
- RICHTER, M. (1924): Kreide und Flysch im östlichen Allgäu zwischen Wertach und Halblech. – *Jb. Geol. B.-A.*, **74**, 135–177, Wien.
- RICHTER, M. & MÜLLER-DEILE, G. (1940): Zur Geologie der östlichen Flyschzone zwischen Bergen (Obb.) und der Enns (Oberdonau). – *Z. Dtsch. Geol. Ges.*, **92**, 416–430, Berlin (Enke).
- SCHMIDT-THOMÉ, P. (1939): Geologische Aufnahme der Alpenrandzone zwischen Bergen und Teisendorf in Oberbayern. – *Z. Dtsch. Geol. Ges.*, **91**, 273–289, Berlin (Enke).
- SISSINGH, W. (1977): Biostratigraphy of Cretaceous calcareous nannoplankton. – *Geol. Mijnbouw*, **56**, 37–65, Amsterdam (Royal Geol. and Mining Soc. of the Netherlands).
- STEININGER, F.F. & PILLER, W.E. (1999): Empfehlungen (Richtlinien) zur Handhabung der stratigraphischen Nomenklatur. – *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, **209**, 1–19, Frankfurt/Main (Senckenberg. Naturforsch. Ges.).
- TEIPEL, U. & HAHN, T. (in Vorb.): Geologische Karte von Bayern 1:25.000, Blatt Nr. 8332 Unterammergau. – Augsburg (Bayer. Landesamt f. Umwelt).
- WAGREICH, M., PAVLISHINA, P. & MALATA, E. (2006): Biostratigraphy of the lower red shale interval in the Rhenodanubian Flysch Zone of Austria. – *Cretaceous Res.*, **27**, 743–753, Amsterdam (Elsevier).
- WAGREICH, M., BOJAR, A.-V., SACHSENHOFER, R.F., NEUHUBER, S. & EGGER, H. (2008): Calcareous nannoplankton, planktonic foraminiferal and carbonate carbon isotope stratigraphy of the Cenomanian–Turonian boundary section in the Ultrahelvetic Zone (Eastern Alps, Upper Austria). – *Cretaceous Res.*, **29**, 965–975, Amsterdam (Elsevier).
- WANG, C., HU, X., SARTI, M., SCOTT, R.W. & LI, X. (2005): Upper Cretaceous oceanic red beds in southern Tibet: a major change from anoxic to oxic, deep-sea environments. – *Cretaceous Res.*, **26**, 21–32, Amsterdam (Elsevier).
- WORTMANN, U.G., HERRLE, J.O. & WEISSERT, H. (2004): Altered carbon cycling and coupled changes in early Cretaceous weathering patterns: Evidence from integrated carbon isotopes and sandstone records of the western Tethys. – *Earth Planet. Sci. Lett.*, **220**, 69–82, Amsterdam (Elsevier).

Eingelangt: 17. Juli 2014, Angenommen: 28. Juli 2014

Tafel 1

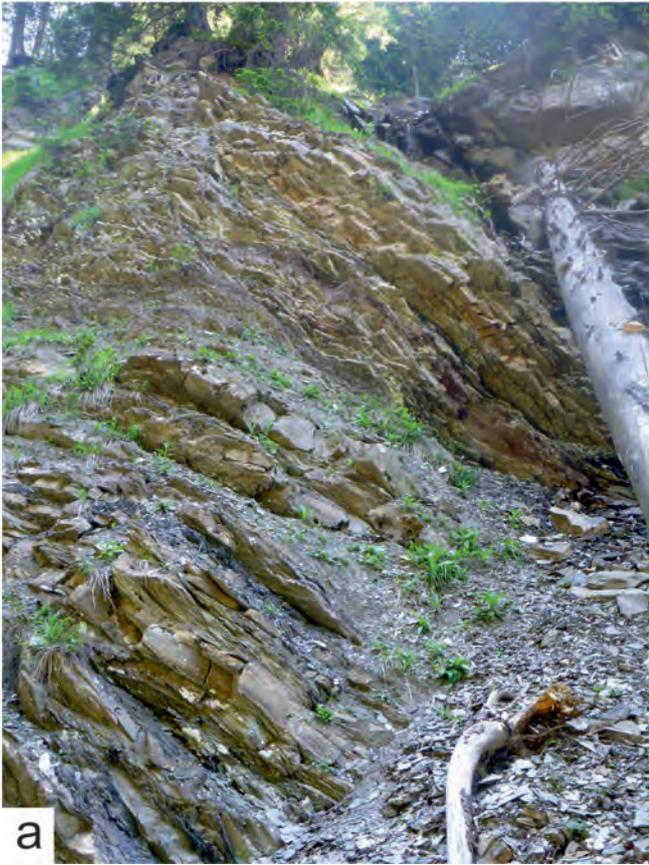
- Fig. a-f: Details aus dem Typusprofil am oberen Lahnegraben
- a) Kontakt zwischen dünnbankigen Mergel- und Tonmergelsteinen der Lahnegraben-Formation (li.) und dickbankigem Sandstein der Reiselsberg-Formation (re.).
 - b) Mittelbankiger Wechsel aus grauen Tonmergel- und roten Tonsteinen.
 - c) Dünn- bis mittelbankiger Wechsel aus roten und grünen Ton-, graugrünen Tonmergel- und grauen Mergelsteinen.
 - d) Mittelbankige, graue Mergelsteine.
 - e) Dünnbankiger Wechsel aus Tonmergel- und Kalksandsteinen.
 - f) Dünnbankiger Wechsel aus grauen Mergel-, graugrünen Tonmergel- und Kalksandsteinen mit Parallelschichtung.



Tafel 2

Fig. a-c: Lahnegraben-Formation im Gaisalptobel, östlich Oberstdorf.

- a) Reduziertes Profil der Lahnegraben-Formation mit roten Tonsteinen zwischen Rehbreggraben- (unten) und Reiselberg-Formation (oben).
- b) Plattiger bis dünnbankiger Wechsel aus roten Ton-, graugrünen Tonmergel-, grauen Mergel- und Kalksandsteinen.
- c) Schwarze und grüne Tonsteine mit Siltsteinen der Rehbreggraben-Formation unterhalb der ersten roten Tonsteine.



a



b



c