

Die Geologie des Westabschnittes des Lainzer Tunnels der Rhenodanubischen Flyschzone im Wienerwald (Österreich): Kahlenberg-Formation und Hütteldorf-Formation (Kreide)

The geology of the western part of the Lainz Tunnel of the Rhenodanubian Flysch Zone in the Wienerwald (Austria): Kahlenberg Formation and Hütteldorf Formation (Cretaceous)

Von

CLEMENS PFERSMANN & MICHAEL WAGREICH

mit 11 Abbildungen

Schlüsselwörter:

*Rhenodanubische Flyschzone
Lainzer Tunnel
Hütteldorf-Formation
Kahlenberg-Formation
Sedimentpetrologie
Wienerwald*

Key words:

*Rhenodanubian Flysch Zone
Lainzer Tunnel
Hütteldorf Formation
Kahlenberg Formation
Sedimentary petrography
Vienna Woods*

Anschrift der Verfasser, Address of the authors:
Department für Geodynamik und Sedimentologie
Universität Wien
Althanstraße 14
A-1090 Wien
Österreich
clemenspfersmann@yahoo.de
michael.wagreich@univie.ac.at

Journal of Alpine Geology	51	S. 59-71	Wien 2009
----------------------------------	-----------	-----------------	------------------

Inhalt

Abstract.....	60
Zusammenfassung.....	61
1. Einleitung.....	61
2. Geologie des Lainzer Tunnels.....	62
2.1. Tiefere Kahlenberg-Formation.....	62
2.1.1. Allgemeines.....	62
2.1.2. Lithofazies.....	63
2.1.3. Schwermineralanalyse.....	65
2.1.4. Biostratigraphische Daten.....	65
2.1.5. Faziesinterpretation.....	65
2.2 Hütteldorf-Formation.....	65
2.2.1. Allgemeines.....	65
2.2.2. Tuffitlage innerhalb der Hütteldorf-Formation.....	67
2.2.3. Faziesinterpretation.....	68
3. Mineralogie der Tonsteine und Mergel der Hütteldorf-Formation und Tieferen Kahlenberg-Formation.....	69
4. Tektonik.....	69
5. Schlussfolgerungen und Ausblick.....	70
Dank.....	71
Literatur.....	71

Contents

Abstract.....	60
Zusammenfassung.....	61
1. Introduction.....	61
2. Geology of the Lainzer Tunnel.....	62
2.1. Lower Kahlenberg Formation.....	62
2.1.1. Preface.....	62
2.1.2. Lithofacies.....	63
2.1.3. Heavy mineral analysis.....	65
2.1.4. Biostratigraphic Data.....	65
2.1.5. Facies interpretation.....	65
2.2 Hütteldorf Formation.....	65
2.2.1. Preface.....	65
2.2.2. Tuff layer within the Hütteldorf Formation.....	67
2.2.3. Facies interpretation.....	68
3. Mineralogy of claystones and marls of the Hütteldorf Formation and the lower Kahlenberg Formation.....	69
4. Tectonics.....	69
5. Conclusions and outlook.....	70
Acknowledgements.....	71
References.....	71

Abstract

This paper gives a scientific documentation of the first 1000 m of the Lainzer Tunnel in Vienna (contract sections LT33 and LT31). Tunnel section LT33, built by ÖBB Infrastruktur Bau AG, comprises one part of the new connection between the main western and southern rail routes within Austria. This section, under construction since March 2007, directed southeastwards from Auhof in western Vienna, cuts through rocks of the Rhenodanubian Flysch Zone and, subsequently the Klippenzone. In more detail, tunnel section LT33 cuts the Kahlenberg Nappe, consisting of the Kahlenberg and Hütteldorf Formations, and the St. Veit Klippenzone. In the first 1000m of the tunnel, only rocks of the

Flysch units, mainly the Kahlenberg Formation, were found; these mostly consisted of pelites.

The Kahlenberg Formation consists of light grey to grey-bluish fine-grained, bedded, hard calcareous sandstones, light grey, hard carbonate-rich marlstones and grey, grey-green or grey-brownish shaly marlstones/shales. Typical carbonate-contents lie between 50 to 70 % (carbonate-rich marlstones); carbonate-free shales occur only rarely. Graded turbidite sandstone beds with ripple lamination and cross-bedding are present. Nannofossils indicate a Campanian age, starting with nannozones CC20-22ab (Upper Campanian) at the NW end of the tunnel, changing at 541.9 m to nannozones CC18b-19 (Lower Campanian). Older nannofossils assemblages were not found, but this may be

a consequence of the low carbonate contents in the clay-rich sections of the tunnel.

Rocks associated with the Hütteldorf Formation (Cenomanian-Santonian) consisted mainly of dark red to red-brownish, green or grey coloured shales/shaly marlstone successions. The shales are mainly carbonate-free but rarely showed carbonate contents of up to 20%. Additionally, thin, stratified sandstone-layers and calcareous sandstones occurred. The pelitic parts were mostly tectonically disturbed. Within the Hütteldorf Formation, some white-grey volcanic ash-layers were found. In general, the rocks of the Kahlenberg and Hütteldorf Formations have been strongly deformed, folded and partly tectonically mixed. Brittly deformed, massive rocks have been fractured and boudinaged, with competent slabs embedded in an incompetent, sheared clay matrix. Due to the strong deformation, the Lainzer Tunnel section exposed no undisturbed stratigraphic succession of the Hütteldorf and Kahlenberg Formations, but displayed repeated alternations of these folded and tectonically intermixed formations.

Zusammenfassung

Diese Arbeit behandelt den ersten Teil (1000 m) der wissenschaftlichen Auswertung der gesamten Tunnelstrecke des Lainzer Tunnels im Westen Wiens (Baulos LT33 und LT31). Das Baulos LT33 des Lainzer Tunnels der ÖBB Infrastruktur Bau AG bildet einen Teil der Verbindungstunnelstrecke zwischen West- und Südbahn. Dieser Abschnitt, der seit März 2007 von Auhof im Westen Wiens gegen SE ausgebaut wird, liegt zur Gänze in den Gesteinen der Rhenodanubischen Flysch- und (später) der Klippenzone. Der bergmännisch aufgefahrenen Tunnelabschnitt wird der Kahlenberger Decke und der St. Veiter Klippenzone zugeordnet, wobei sich der Flyschabschnitt in Hütteldorf-Formation und Tiefere Kahlenberg-Formation untergliedert. Von NW gegen SE wurden im beprobten ersten Kilometer des Tunnels ausschließlich Flyschgesteine, vorwiegend der Kahlenberg-Formation, angefahren. Die vorgefundenen Gesteine sind überwiegend Pelite.

Die der Tieferen Kahlenberg-Formation zugeordneten Bereiche weisen hellgraue bis graublau, feinkörnige, plattige bis bankige, harte Kalksandsteine, hellgraue, harte Kalkmergel und graue, graugrüne bzw. graubraune Tonmergel/Tonsteine auf. Karbonatgehalte zwischen 50 und 70% sind typisch für die Kalkmergel der Kahlenberg-Formation, während karbonatfreie Tonsteine nur sehr untergeordnet auftreten. Abschnittsweise wurden gradierte Turbidit-sandsteinbänke mit Rippel- und Schrägschichtung angetroffen. Nannofossilproben weisen auf ein Campanium-Alter hin, wobei in Portalnähe Ober-Campanium mit den Nannozoneen CC20-22ab nachzuweisen ist, während ab Vortriebsmeter 541,9 Unter-Campanium mit den Nannozoneen CC18b-19 dominiert. Ältere Anteile konnten nicht festgestellt werden, was allerdings auch auf fehlende Karbonatgehalte in tonigen Strecken zurückzuführen sein könnte. Die angetroffenen Gesteine, die der Hütteldorf-Formation (im allgemeinen Cenomanium-Santonium) zugeordnet wur-

den, bestanden überwiegend aus dunkelrot bis rotbraun, grünlich bzw. grau gefärbten Tonstein-/Tonmergel-Abfolgen. Die Tonsteine sind überwiegend karbonatfrei, nur wenige Lagen zeigen signifikante Karbonatgehalte bis ca. 20%. Weiters traten sandig gebänderte Lagen und Kalksandsteinbänke auf. Die pelitischen Bereiche waren zumeist intensiv zerschert und von Harnischflächen durchsetzt. Innerhalb der Hütteldorf-Formation konnten auch weißgraue Tuffitlagen gefunden werden.

Die Gesteine der Tieferen Kahlenberg-Formation und der Hütteldorf-Formation sind intensiv zerschert und verfaultet. Sprödbürchige, härtere Gesteine erfuhren durch tektonische Prozesse eine Gefügauflockerung bzw. eine Auflösung des Schichtverbandes in kompetentere Schollen, eingebettet in eine inkompetente, zerscherte tonige Matrix. Auf Grund der starken tektonischen Verformung liegt im Lainzer Tunnel keine normale stratigraphische Abfolge von Hütteldorf-Formation zu Kahlenberg-Formation vor, sondern ein mehrfacher Wechsel der Formation mit Verfaltungen und Verschuppungen.

1. Einleitung

Die Kahlenberger Decke der Flyschzone im Wienerwald und ihre Beziehung zur Klippenzone von St. Veit sind Schlüsselstellen zur Auflösung von Tektonik und Paläogeographie des gesamten Alpennordrandes. Die Erforschung dieser Bereich wird durch die schlechten Aufschlussbedingungen an der Oberfläche behindert, deren Tektonik und paläogeographische Stellung lässt deshalb noch viele Fragen offen. Der Bau des Lainzer Tunnels quer zum Streichen der Zone mit einem lückenlos aufgeschlossen Profil war daher eine einmalige Gelegenheit für genauere Einblicke und eine neue wissenschaftliche Bearbeitung.

Der Lainzer Tunnel bildet einen Teil der ÖBB Verbindungstrecke zwischen Südbahn und Westbahn. Erste ingenieur-geologische Gutachten für diesen Bereich stammen von Nowy und Leitner (1999). Das Baulos LT33 des Lainzer Tunnels der ÖBB Infrastruktur Bau AG wird seit März 2007 von Auhof im Westen Wiens gegen SE ausgebaut. Der Tunnelvortrieb erfolgte traditionell bergmännisch mit Bagger, Fräse und an die Gebirgsverhältnisse angepasste Lockerungssprengungen, wobei die Ortsbrust in drei Teilflächen (Kalotte, Strosse und Sohle) geöffnet wurde. Die Vortriebsrichtung des Tunnels liegt NW-SE, bei 136°. Vom Wiental/Auhof kommend wurden nach SE fortschreitend zunächst Gesteine der Flyschzone angefahren, ab 2165,5 m Gesteine der St. Veiter Klippenzone. Der Durchschlag des Tunnels (zum Baulos LT31 aus SE kommend) war am 8. Mai 2009 bei Vortriebsmeter 2775,5 von NW in Gesteinen der Klippenzone.

Es wurde daher im Rahmen einer Diplomarbeit am Department für Geodynamik und Sedimentologie der Universität Wien, mit Beginn der Arbeiten im Baulos LT33, über eine Länge von 1000 m Proben im Tunnel genommen. Die Probennahme erfolgte in kurzen, gleichmäßigen Abständen (ca. alle 20-30 m) möglichst direkt aus der Ortsbrust. Im Dezember 2007 erreichte die Probennahme den Vortriebsmeter 1006,2. Ziel der Untersuchungen war die Nutzung der einmaligen Auf-

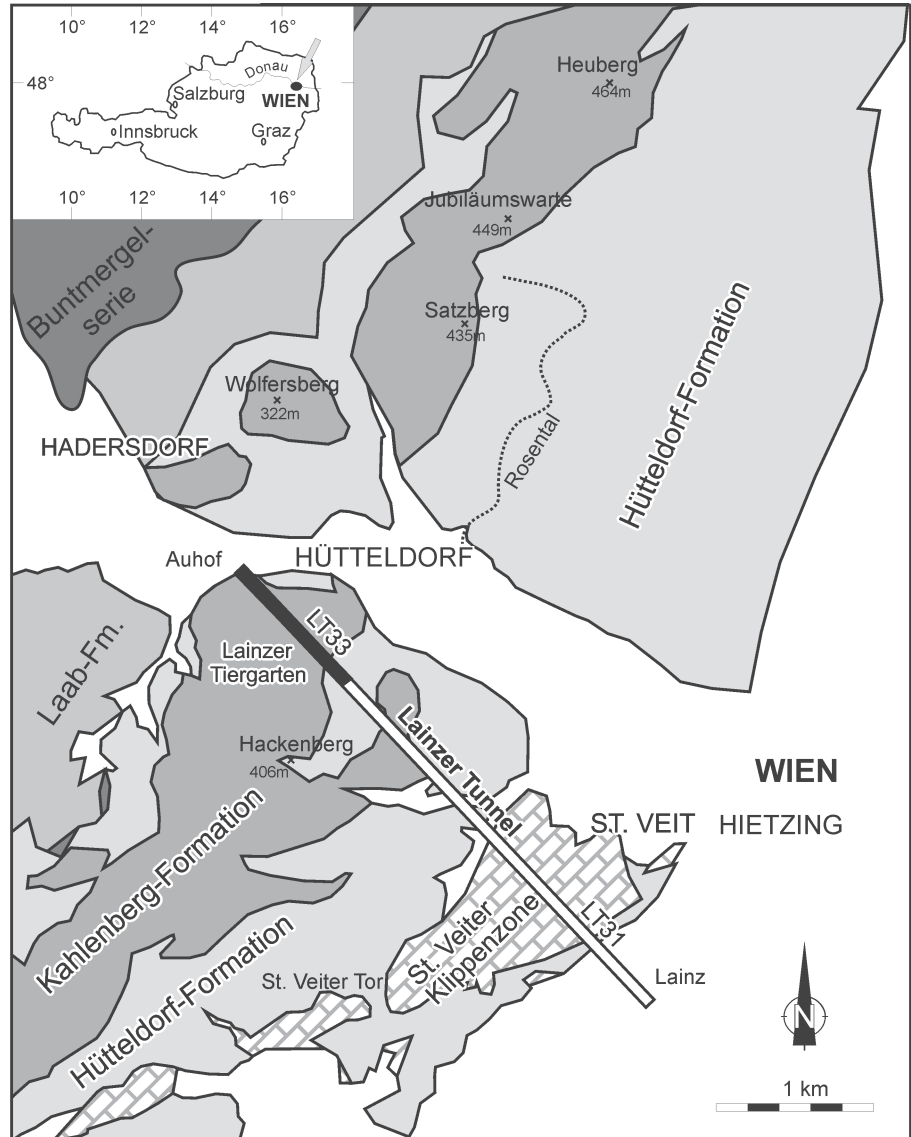


Abb. 1: Streckenverlauf des Lainzer Tunnels (Baulos LT33+LT31) auf einer geologischen Übersichtsskizze (Grundlage Geologische Karte Blatt Baden, SCHNABEL 1997). Untersucher Streckenabschnitt schwarz markiert.

Fig. 1: Geological site map of the Lainzer Tunnel (section LT33+LT31) (sketch based on geological map sheet 58 Baden, SCHNABEL 1997). Analyzed tunnel section marked in black.

schlüsse im Tunnel für stratigraphische und sedimentpetrographische Daten über die Flyschzone. Wegen der großen Menge des Probenmaterials musste die Diplomarbeit auf die ersten 1000 m der Tunnelstrecke beschränkt bleiben.

2. Geologie des Lainzer Tunnels

Im südwestlichen Stadtgebiet von Wien treten Gesteine der (Rhenodanubischen) Flyschzone, der Klippenzone(n) und der Kalkalpen bis an den Rand des Wiener Beckens (PLÖCHINGER & PREY 1993, SCHNABEL 1997). Im Gebiet des Lainzer Tunnels, von Ober St. Veit - Lainzer Tiergarten - Roter Berg - Lainz, treten dabei mesozoische Gesteine der St. Veiter Klippenzone (bzw. Klippenzone des Lainzer Tiergartens) auf (u. a. JANOSCHEK et al. 1956), umgeben von Gesteinen der Rhenodanubischen Flyschzone. Die Gesteine der Flyschzone werden zur Kahlenberger Decke gezählt, die sich vor allem in Hütteldorf-Formation (WAGREICH 2007,

2008) und Kahlenberg-Formation (z. B. TOLLMANN 1985, MÜLLER 1987) untergliedert. Nach PREY (u. a. 1973, 1975) folgt dabei direkt sedimentär über der St. Veiter Klippenzone Mittelkreideflysch und die mittelkretazische Hütteldorf-Formation (SCHNABEL 2002, WAGREICH 2008).

Im Zuge der geotechnischen Dokumentation wurde durch die bearbeitenden Baugeologen eine Tunneldokumentation (Tunnelband) generiert. Es zeigt einen horizontalen und vertikalen Schnitt durch den untersuchten Abschnitt. In groben Zügen ist daraus, mit Hilfe der zugeordneten Lithologien und der biostratigraphischen Daten, die Zuordnung und Abgrenzung der Formationen erkenntlich (siehe dazu Abb.2).

2.1 Tiefere Kahlenberg-Formation

2.1.1. Allgemeines

Aufgrund der Ergebnisse der biostratigraphischen Unter-

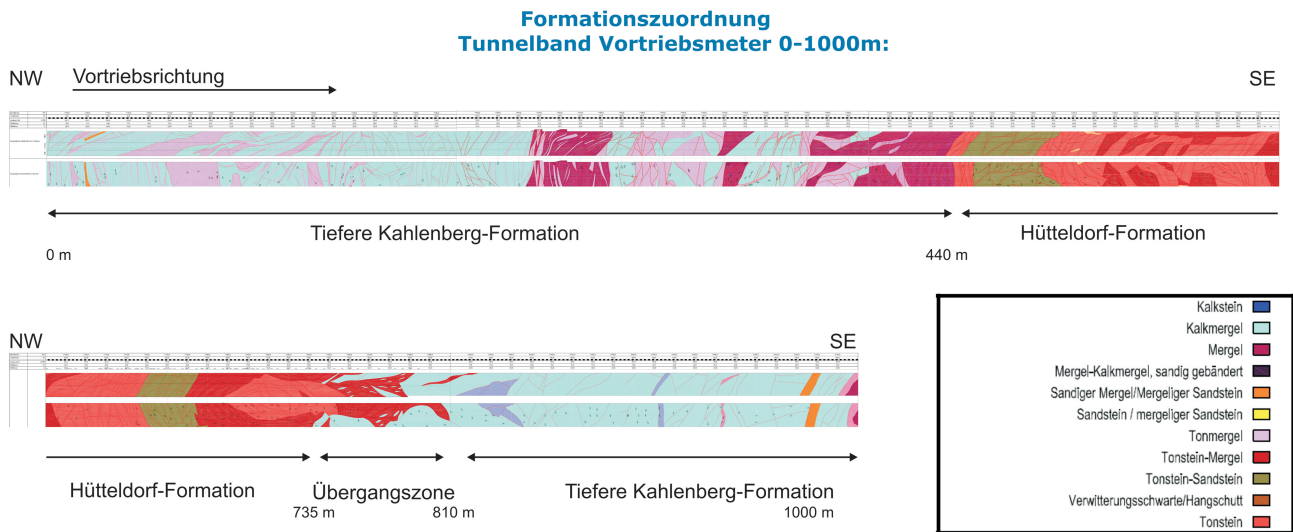


Abb. 2: Tunnelband (horizontal + vertikal) der ersten 1000 Vortriebsmeter des Baulos LT33 des Lainzer Tunnels mit den angetroffenen Lithologien und der Zuordnung der Tunnelabschnitte zu Formationen (übernommen von den Mitarbeitern des Büros Bechthold, Mag. M. Sapp, Mag. G. Koch und Dr. B. Haunschmid, modifiziert von Mag. C. Pfersmann).

Fig. 2: Tunnel band showing lithologies and formations of the first 1000 m of section LT33 (Lainzer Tunnel) (created by employees of consulting office Bechthold, Mag. M. Sapp, Mag. G. Koch and Dr. B. Haunschmid, modified by Mag. C. Pfersmann).

suchungen und in Übereinstimmung mit der Literatur (z. B. MÜLLER 1987, SCHNABEL 1997; WESSELY 2006) werden die grauen Sandsteine, Kalkmergel, Mergelkalke, Mergel, die dunkelgrauen Tonmergel, Mergeltone und Tonsteine, die vorrangig im nördlicheren Bereich des Tunnels angefahren wurden, der Tieferen Kahlenberg-Formation zugeordnet. Insgesamt waren diese Abschnitte, mit Bankmächtigkeiten von wenigen mm (Tonsteine) bis mehreren dm (Kalkmergel/Mergelkalke), dickbankiger ausgebildet als die der Hütteldorf-Formation.

Kennzeichnend für die Kahlenberg-Formation sind karbonatreiche Pelite, zumeist mit Karbonatgehalten über 20%, im Unterschied zu den meist karbonatfreien Peliten der Hütteldorf-Formation. Karbonatmessungen erlaubten zumindest eine grobe Formationszuordnung, wobei die durchschnittlichen Karbonatgehalte in der Kahlenberg-Formation bei 49,6 % liegen (135 Messungen, siehe Abb. 4).

Das Gesteinsinventar der Kahlenberg-Formation im Lainzer Tunnel umfasst:

- Kalksteine: harter, spröder, splittrig bis muschelrig brechender feinkörniger Kalkstein (Vortriebsmeter 926,3). Die grauen bis hellgrauen Schichten wiesen eine Mächtigkeit von 20-60 cm auf, der Karbonatgehalt liegt bei 96,6%.
- Kalkmergel/Mergelkalk: hartes, sprödes, splittrig bis muschelrig brechend, mit dünn bis dickbankigen Lagen im dm-Bereich, grau bis hellgraue Färbung. Die Karbonatgehalte liegen zwischen 50% und 70%.
- Mergel/ Tonmergel/Mergelton: karbonatreichere Proben weisen eine graue Färbung auf, während Tonmergel und Mergeltone zunehmend dunklere Graufärbungen aufweisen. Mit abnehmendem Karbonatgehalt nimmt sowohl die Härte

als auch die Mächtigkeit der einzelnen Bänke ab. Öfters kann Bioturbation (vorwiegend *Chondrites* sp.) beobachtet werden. Selten finden sich Mergelbänke mit feinsandig-siltiger, laminiertes Basis, die als feinkörnige Turbidite interpretiert werden können.

- Sandsteine: hellgraue bis graublau, feinkörnige, plattige bis bankige, harte Kalksandsteine sind weniger häufig angetroffen worden (ca. 26% der beprobten Abfolgen der Kahlenberg-Formation). Die vorwiegend mittel- bis feinsandigen Sandsteine erreichen nur wenige dm Mächtigkeit. Der spröde, harte Sandstein ist häufig laminiert, teilweise ist Gradierung zu beobachten. An einigen Proben, z.B. bei Vortriebsmeter 470,4, tritt Rippelschichtung auf. Durchschnittliche Karbonatgehalte liegen bei ca. 50%, reichen aber von 0% bis 73%.

2.1.2. Lithofazies

Aus dem vorhandenen Probenmaterial wurden bevorzugt Sandsteine/Siltsteine zur Dünnschliffuntersuchung ausgewählt. Quarz wurde im Dünnschliff sowohl monokristallin als auch in Form von polykristallinen Aggregaten angetroffen. Häufig kennzeichnete die einzelnen Körner eine undulöse Auslöschung. Feldspäte wurden nur sehr selten und in sehr geringen Korngrößen gefunden, wobei der Erhaltungszustand sehr schlecht war. Quarze, gemeinsam mit Feldspäten, wiesen häufig randliche Verdrängungserscheinungen/Lösungserscheinungen auf. Diese Umwandlungserscheinungen könnten im Zuge der Diagenese durch eine Calcifizierung oder Dolomitisierung entstanden sein.

Ebenfalls häufig angetroffen wurden detritische Schicht-

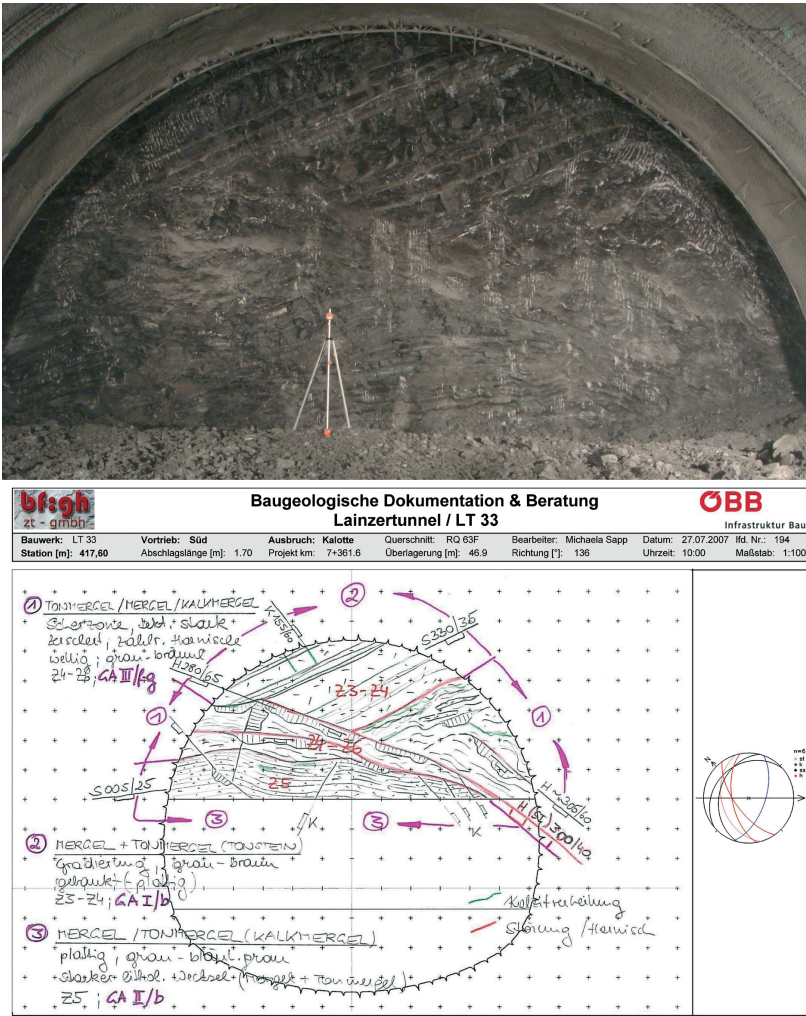


Abb. 3: Beispiel einer typischen Ortsbrust (Station 417,6m) in der Kahlenberg-Formation (Blickrichtung Südost) und geologische Dokumentation der Ortsbrust in der Kahlenberg-Formation angefertigt von Michaela Sapp (Büro Bechthold).

Fig. 3: Picture showing a typical outcrop (station 417.6m) of the Kahlenberg Formation and geological documentation of the outcrop created by Michaela Sapp (consulting office Bechthold).

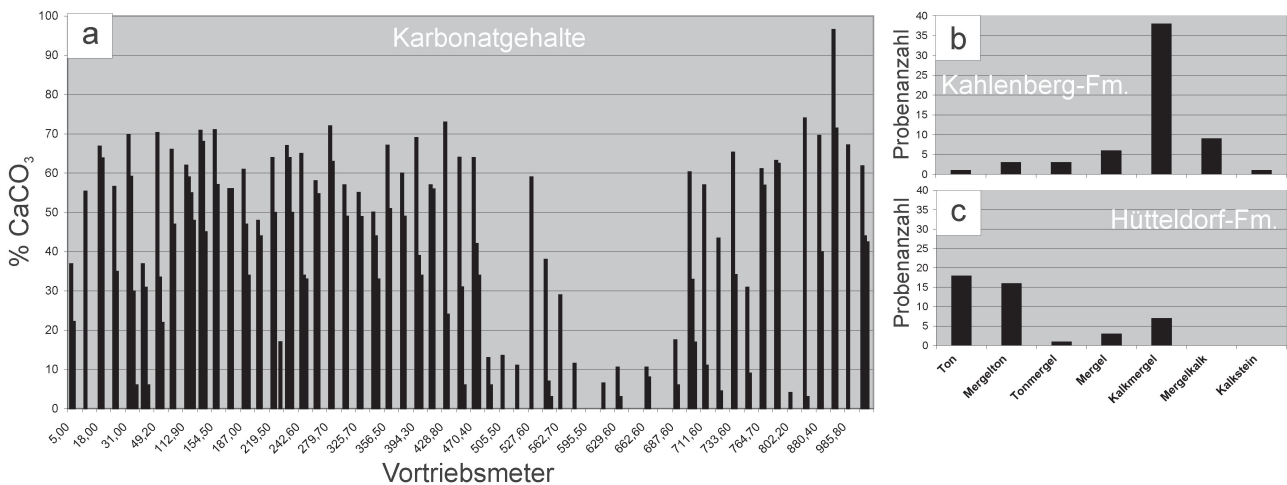


Abb. 4a: Karbonatgehalte in den bearbeiteten 1000 m des Lainzer Tunnels (137 Einzelanalysen, Methodik CO₂ Bestimmung mit Müller-Gastner-Bombe, MÜLLER & GASTNER (1971) durchgeführt). Die Karbonatanalyse ermöglicht eine genaue lithologische Klassifizierung und eine überblicksmäßige Formationsteilung.

Abb. 4b: Häufigkeiten der Karbonatgesteine nach Lithologie in der Kahlenberg-Formation.

Abb. 4c: Häufigkeiten der Karbonatgesteine nach Lithologie in der Hütteldorf-Formation.

Fig. 4a: Carbonate contents (0-1000m) of the Lainzer Tunnel (137 samples, CO₂ determined with Müller-Gastner-bomb, MÜLLER & GASTNER (1971). Carbonate determination made lithological classification and overview zoning of formations possible.

Fig. 4b: Frequency of occurrence of carbonate rocks in the Kahlenberg Formation.

Fig. 4c: Frequency of occurrence of carbonate rocks in the Hütteldorf Formation.

minerale wie Hellglimmer, Biotit und Chlorit. Bei dieser Gruppe konnte oft eine lagenweise Anreicherung und teilweise eine Deformation der einzelnen Individuen durch Kompaktion beobachtet werden. Gesteinsbruchstücke wurden von Tonschiefern, Glimmer-Quarz-Aggregaten, polykristallinen Quarzen und Glimmeraggregaten angetroffen.

Schalenreste planktonischer Foraminiferen sind immer wieder in den Dünschliffen erkennbar. Weitere biogene Karbonatkomponenten waren nicht näher identifizierbare Bioklasten von Bivalven, Echinodermen und Lithothamnien. Ooide wurden vereinzelt angetroffen, wobei gleichermaßen terrigenes Material als auch biogenes Material als Kerne erkennbar war.

Im Gegensatz zu sehr seltenen Dolomitkomponenten wurden häufig blockige, sparitische bis mikrosparitische und auch mikritische Kalkkomponenten angetroffen. Glaukonit fand sich in geringen Mengen in allen Präparaten. Neben opaken Mineralien konnten sehr selten Rutil und Granat festgestellt werden. In der Matrix konnte grundsätzlich zwischen toniger, calcitischer und selten dolomitischer Grundmasse unterschieden werden.

2.1.3. Schwermineralanalyse

Unter den Proben, die im untersuchten Tunnelabschnitt gewonnen werden konnten, befanden sich nur sehr wenige Sandsteine. Zusätzlich stellte die vorgefundene feine Korngröße und schlechte Aufschließbarkeit ein Hindernis für eine erfolgreiche Schwermineralanalyse dar.

Bis auf eine einzige Probe erwiesen sich die 8 Präparate auf Grund ihres extrem geringen Schwermineralgehalts als nicht auswertbar. In der Probe bei Vortriebsmeter 336,7 konnten folgende Minerale nachgewiesen werden, wobei allerdings die geringe Häufigkeit eine quantitative Auswertung unmöglich machte: Apatit, Chlorit, Chloritoid, Chromspinell, Granat, Hornblende, Rutil, Turmalin und Zirkon.

Das Auftreten von Chromspinell könnte auch für einen Übergang in die Hütteldorf-Formation sprechen, da dort erhöhte Chromspinellgehalte bekannt sind (z. B. FAUPL 1996). Insgesamt könnte die geringe Häufigkeit und geringe Korngröße der Sandsteine, die auf eine distale Sedimentation hinweisen, sowie ein vorherrschend karbonatisches Liefergebiet der Grund für die geringe Schwermineralführung und für die schlechte Auswertbarkeit der Proben sein.

2.1.4. Biostratigraphische Daten

Mit Hilfe von kalkigem Nannoplankton konnte in Portalnähe (Hofjagd-gasse) Ober-Campanium mit den Nannozonen CC20-22ab (Zonierung nach SISSINGH 1977 und PERCH-NIELSEN 1985) nachgewiesen werden (Abb. 5). Ab Vortriebsmeter 541,9 m wurde vorwiegend Unter-Campanium mit den Nannozonen CC18b-19 angetroffen. Im Wesentlichen stimmen diese Daten mit den Ergebnissen von MÜLLER (1987), der ein campanes Alter für die Kahlenberg-Formation angibt, überein.

Schlammproben (mit H₂O₂ vorbehandelt und anschließend mit dem Tensid REWOQUAD aufgeschlossen) brachten kaum Mikrofaunen. In Probe Nr. 219,5m/re2 konnte, abge-

sehen von nicht aussagekräftigen sandschaligen Foraminiferen, *Marginotruncana pseudolinneiana* identifiziert werden. Zusammen mit den Dünschliffdaten (*Marginotruncana pseudolinneiana*, *Globotruncanita elevata*, *Globotruncana arca*) kann auf ein Spät-Santonium bis Campanium Alter geschlossen werden. Es konnten keine älteren Anteile mit Hilfe der Nannofossilproben festgestellt werden, allerdings könnte das auch auf zu geringe Karbonatanteile in den beprobten tonigeren Strecken vor allem der Hütteldorf-Formation zurückzuführen sein.

2.1.5. Faziesinterpretation

Innerhalb der Tunnelstrecke konnten drei Lithofaziestypen der Kahlenberg-Formation in Anlehnung an MÜLLER (1987) unterschieden werden (siehe auch FAUPL 1996).

Die erste Fazies umfasst klassische Turbidite, die vorwiegend mit unvollständiger BOUMA-Abfolge angetroffen wurden. Am häufigsten konnten die Bereiche C, D und E der BOUMA-Sequenz beobachtet werden. Selten wurden Partien beobachtet, die dem Abschnitt B zugeordnet werden konnten. Größere Bereiche wurden nicht angetroffen. Eigenständige Calcilititbänke wurden aufgrund der Ergebnisse der Karbonatanalyse als zweite Lithofazies ausgetrennt und konnten nur einmal (Vortriebsmeter 926,3) nachgewiesen werden. Dabei dürfte es sich um Kalkschlammturbidite handeln (MÜLLER 1987).

Als dritte Lithofazies wurden geringmächtige graue, nichtturbiditische Tonsteinintervalle innerhalb der Kahlenberg-Formation gefunden. Diese werden als hemipelagische, tonige Tiefwasserentwicklung des Beckennormalsediments interpretiert. Die Karbonatarmut kann durch die Ablagerungsbedingungen unterhalb der Calcitkompensationstiefe (CCD) erklärt werden (MÜLLER 1987). Im Wesentlichen können damit die im Tunnel angetroffenen Faziestypen mit jenen der Oberfläche gut verglichen werden, sodass in Anlehnung an MÜLLER (1987) und FAUPL (1996) an eine Sedimentation in einer Tiefsee-Beckenebene geschlossen werden kann.

2.2 Hütteldorf-Formation

2.2.1. Allgemeines

Die vorwiegend rot-rotbraunen, teilweise grüngrauen Tonstein/Tonmergelabfolgen, mit deutlich reduzierten Karbonatgehalten (Durchschnitt 17%; überwiegend unter 20%, viele Proben <1%), wurden der Hütteldorf-Formation zugeordnet. In diesen Bereichen konnte untergeordnet ein Auftreten von feinsandig-siltig gebänderten Lagen und wenigen Kalksandsteinbänken festgestellt werden. Diese Lagen waren, im Gegensatz zur tieferen Kahlenberg-Formation, zumeist nur wenige Zentimeter dick. Abbildung 4 stellt die deutlich geringeren Karbonatgehalte der Hütteldorf-Formation dar.

Die Tonsteinlagen weisen sich durch eine sehr geringe Härte, geringe Mächtigkeit, zwischen 0,5 cm und 20 cm, und ein splittig bis plättchenförmiges Bruchverhalten aus.

	43.4/II2	73.9/3	187/II	219.5/re	242.6/II2	336.7/re	394.3/re	452.2/II2	541.9/re	562.6/m	578.3/II	733/II	750.4/re	880.4/re
Erhaltung	ss	ss	s	s	m	s	s	s	s	ss	m	s	s	s
Häufigkeit	1/20	1/50	5	8	15	10	1/5	10	8	1/20	15	1	5	5
Acuturris scotus				x										
Ahmuelerella octoradiata											x		x	
Arkhangelskiella cymbiformis			x		x			x	x		x		x	
Braarudosphaera bigelowi			x						x		x			
Broinsonia parca constricta			x	x	x	x		x			x		x	x
Broinsonia parca parca						x		x			x		x	x
Biscutum constans			x		x						x			
Biscutum cf. magnum													x	
Calculites obscurus			x	x	x			x	x		x	x	x	
Calculites ovalis			x						x				x	
Ceratolithoides aculeus			x	x	x	?								
Chiastozygus litterarius				x	x	x			x				x	x
Cribrosphaerella ehrenbergii					x	x			x		x		x	
Cyclagelosphaera sp.														
Cylindralithus biarcus					x						x			
Cylindralithus serratus								x	x					
Eiffellithus eximius			x	x	x	x		x	x		x		x	
Eiffellithus turriseffelii			x	x	x	x		x	x		x		x	
Gartnerago obliquum			x		x								x	
Hexalithus gardetiae				x										
Kamptnerius magnificus					x									
Lithastrinus grillii								x	x		x			
Lithraphidites carniolensis											x		x	
Lucianorhabdus cayeuxii			x	x	x	x		x	x		x		x	x
Lucianorhabdus cayeuxii B			x		x			x	x				x	
Lucianorhabdus maleformis			x		x				x					
Manivitella pemmatoidea			x		x						x			x
Marthasterites furcatus						?					x			
Microrhabdulus decoratus											x			
Micula decussata			x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
Monomarginatus sp.											x			
Nannoconus truitti											x			
Prediscosphaera cretacea			x	x	x	x		x	x		x	x	x	x
Prediscosphaera cf. majungae									x					
Prediscosphaera grandis				x					x		x			
Prediscosphaera spinosa					x				x					
Quadrum cf. gartneri				x										
Quadrum cf. gothicum					x									
Quadrum (cf.) trifidum				x	x									
Radiolithus planus											x			
Reinhardtites anthophorus			x	x	x				x		x		x	
Rhagodiscus angustus								x			x			
Rhagodiscus reniformis									x					
Rucinolithus sp.				x				x			x			
Stradneria crenulata	x		x		x	x		x	x		x	x	x	x
Tranolithus minimus													x	
Tranolithus orionatus			x	x	x				x		x	x	x	
Watznaueria barnesae	x		x	x	x	x			x	x	x	x	x	x
Zeugrhabdodus embergeri				x					x					
Zygodiscus diplogrammus					x			x	x		x	x	x	x
Zygodiscus erectus			x		x						x	x	x	
Zygodiscus sp.	x	x		x										
	Kreide	Kreide	20-22b	22ab	22ab	18-22b	ab CC14	18b-22a	18b-19	Kreide	18b	Kreide	18b-19	18b-19
CC-Nannozone	Kreide	Kreide	15b-e	15de	15de	14a-15e	ab UC10	14b-15a	13a-15a	Kreide	14b-15a	Kreide	14b-15a	14b-15a
UC-Nannozone			O.CAMPAN.	O.CAMPAN.	O.CAMPAN.	U.-O.CAMPAN.	U.-O.CAMPAN.	U.-O.CAMPAN.	U.-O.CAMPAN.	U.-O.CAMPAN.	U.-O.CAMPAN.	U.-O.CAMPAN.	U.-O.CAMPAN.	U.-O.CAMPAN.

Abb. 5: Ergebnisse der Nannofossiluntersuchungen (nur jene Proben berücksichtigt, die Nannofossilien führen), Zonen-Leitformen grau hervorgehoben. (Erhaltung: ss - sehr schlecht; s - schlecht; m - mäßig; Häufigkeiten abgeschätzt in Nannofossilien pro Gesichtsfeld(er)). Nannofossil Standard Zonierungen von PERCH-NIELSEN (1985: CC-Zonen) und BURNETT (1998: UC-Zonen).

Fig. 5: Results of nannofossil analysis (only samples regarded carrying nannofossils), zonal marker species indicated grey. (Preservation: ss - very poor; s - poor; m - medium; abundance in nannofossils per field(s) of view). Nannofossil standard zonation by PERCH-NIELSEN (1985: CC zones) and BURNETT (1998: UC zones).

In hochgradig zerlegten Bereichen kann auch eine größere Mächtigkeit erreicht werden, dort finden sich dann auch häufig Spiegelharnische. Die Tonsteine können dunkelgrau, graugrün, olivgrün, rotbraun oder dunkelrot gefärbt sein. (Mikro)fossilien wurden in der vorliegenden Arbeit keine gefunden. Eine spärliche Mikrofauna ist hauptsächlich von PREY aus etlichen Arbeiten (PREY 1973, 1975) bekannt (Zusammenfassung bei WAGREICH 2008). Pikrite und ähnliches Gesteine wurden in den hier untersuchten ersten 1000m nicht angetroffen. In späterer Folge wurde bei Vortriebsmeter 1862,4 ein stark umgewandelter Basalt angetroffen, der noch Gegenstand der laufenden wissenschaftlichen Untersuchungen ist.

2.2.2. Tuffitlage innerhalb der Hütteldorf-Formation

Von Vortriebsmeter 505,5 bis 573,1 wurde, bei abschnittsweise stark gestörtem Gebirge, eine geringmächtige (wenige cm bis dm) weiße bis hellgraue Lage angetroffen, die

häufig zerschert und teilweise unregelmäßig laminiert war. Die Lage wurde mehrmals beprobt. Das Probenmaterial ist in Wasser dispergierbar. Der Karbonatgehalt variiert zwischen 0% und 11%.

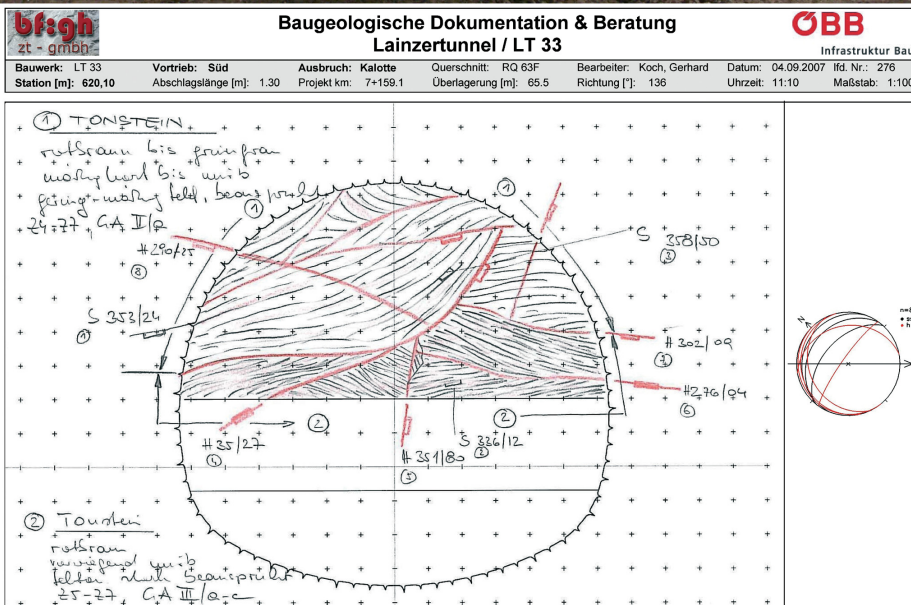
Eine tonmineralogische Analyse hinsichtlich des geotechnischen Verhaltens (Quellpotential), wurden von der Universität für Bodenkultur in Wien im Auftrag der Österreichischen Bundesbahnen durchgeführt. Die Probe enthielt 74% Schichtsilikate, wobei 99% als Smektit ausgewiesen wurden, der Grund für das extreme Quellvermögen dieses Materials.

Drei Proben aus dieser Lage (Vortriebsmeter 515,0, 527,6 und 541,9) wurden einer geochemischen Analyse unterzogen (Röntgenfluoreszenzanalyse, Ao. Univ.-Prof. Dr. F. Koller). Die Proben haben offenbar einen detritären Anteil und sind diagenetisch verändert, somit sind die Gehalte an Hauptelementen, v.a. Al, Ca, Mg, nicht oder nur sehr eingeschränkt für geochemische Unterscheidungen und Klassifikationen geeignet. Im Diagramm SiO₂ gegen Na₂O+K₂O



Abb. 6: Beispiel einer typischen Ortsbrust (Station 620,10 m) in der Hütteldorf-Formation (Blickrichtung Südost) und geologische Dokumentation der Ortsbrust (Station 620,10 m) in der Hütteldorf-Formation angefertigt von Gerhard Koch (Büro Bechthold).

Fig. 6: Picture showing a typical outcrop (station 620.10 m) of the Hütteldorf Formation and geological documentation of the outcrop created by Gerhard Koch (consulting office Bechthold).



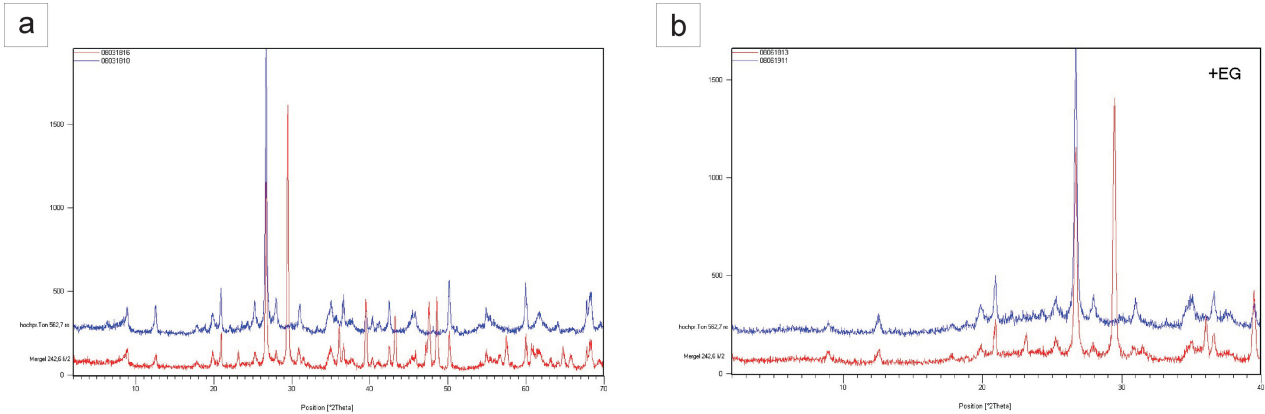


Abb. 7a: XRD-Diagramm mit texturierten Präparaten eines Mergels der Tieferen Kahlenberg-Formation [(242,6 li/2) -> untere Linie] und eines Tonsteins der Hütteldorf-Formation [(562,7 re)-> obere Linie].

Abb 7b: XRD-Diagramm mit Ethylenglycol behandelten Präparaten eines Mergels der Tieferen Kahlenberg-Formation [(242,6 li/2) -> untere Linie] und eines Tonsteins der Hütteldorf-Formation [(562,7 re)-> obere Linie].

Fig. 7a: XRD-diagramm with textured samples of a marl (Lower Kahlenberg Formation, (station 242,6 li/2) -> lower line) and a shale (Hütteldorf Formation (562,7 re)-> upper line).

Fig. 7b: XRD-diagram of samples treated with ethylenglycol, marl: (Lower Kahlenberg Formation, (station 242,6 li/2) -> red line) and a shale: (Hütteldorf Formation (562,7 re)-> upper line).

fallen die Proben ins Andesit-Feld (Abb.8a). In einem Zr/TiO₂ - Nb/Y Diagramm (Abb.8b) liegen die drei Proben im Bereich zwischen Rhyolite, Rhyodazite/Dazite und Trachyandesite. Im (Basalt-)Diagramm Zr gegen Zr/Y (Abb. 8c) fallen die Proben ins „Within Plate Basalts“ Feld, wobei eingeschränkt werden muss, dass es sich nicht um echte Basalte handelt und diese Klassifikation nur sehr eingeschränkt anwendbar ist. Es ergibt sich somit ein intermediärer Vulkanismus mit möglichen Hinweisen auf Within Plate Signatur.

2.2.3. Faziesinterpretation

Rote, nichtturbiditische, teilweise mächtigere, häufig stark zerscherte Tonsteinintervalle stellen die überwiegende Lithofazies der Hütteldorf-Formation im Lainzer Tunnel dar. Diese werden wie die nichtturbiditischen Tonsteinintervalle in der Kahlenberg-Formation als feinstklastische Tiefwasserentwicklung einer Beckenebene unter der CCD interpretiert. Im Vergleich mit den von WAGREICH (2008) beschriebenen Oberflächenaufschlüssen aus der Hütteldorf-Formation im Gebiet Rosental/Hütteldorf fällt das vollständige Fehlen dickbankiger, massiger, grobkörniger Sandsteinkomplexe im Lainzer Tunnel auf.

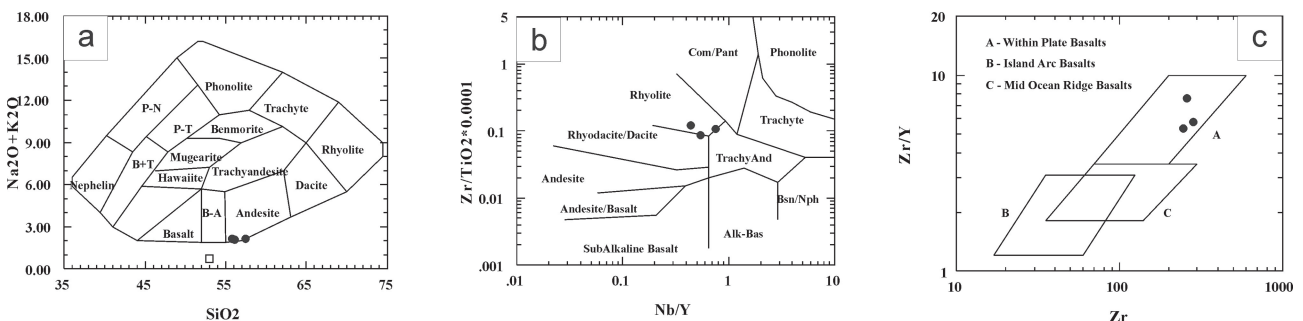


Abb. 8a: Tuffitlage im Diagramm SiO₂ gegen Na₂O+K₂O.

Abb. 8b: Zr/TiO₂ - Tuffitlage im Nb/Y Diagramm.

Abb. 8c: Tuffitlage im Basaltdiskriminierungsdiagramm Zr gegen Zr/Y.

Fig. 8a: Tuff layer in SiO₂ versus Na₂O+K₂O diagram.

Fig. 8b: Tuff layer in Zr/TiO₂ diagram.

Fig. 8c: tuff layer in Zr versus Zr/Y diagram for basalt differentiation.



Abb. 9: Station [m]:330,70 intensive Verfallung in der Tiefere Kahlenberg-Formation (Blickrichtung: Südost).

Fig. 9: station [m]:330,70 intense deformation in the Tiefere Kahlenberg Formation (direction of view: SE)

3. Mineralogie der Tonsteine und Mergel der Hütteldorf-Formation und Tiefere Kahlenberg-Formation

Von insgesamt 22 analysierten Proben, beider Formationen, wurden 10 Proben zusätzlich mit Ethylenglykol behandelt, wobei keinerlei Veränderung der Lage der Peaks festgestellt wurde. Es konnten folgende Minerale in signifikanten Mengen festgestellt werden: Calcit, Quarz, Dolomit, Feldspat, Chlorit/Kaolinit und Hellglimmer (Abb. 7a, b).

4. Tektonik

Insgesamt wurde eine starke tektonische Beanspruchung der einzelnen Gesteinskörper im untersuchten Tunnelabschnitt festgestellt (Abb. 9, 10). Entsprechend dem natürlichen Verhalten der Lithologien konnte unterschiedlich geartete Deformation beobachtet werden.

In Bereichen, die der Tiefere Kahlenberg-Formation zugeordnet wurden, lag meist eine mittelgradige Zerlegung mit



Abb. 10: Station [m]: 639,6 Hütteldorf-Formation: großer Ausbruch in der Ortsbrust (Blickrichtung: Südost). Die geringere Stabilität der Ortsbrust innerhalb der Hütteldorf-Formation ergibt sich durch die hochgradige tektonische Zerlegung mit engständigen Harnischflächen, die, insbesondere bei ungünstiger Schicht- und Harnischlage, zum Ausbrechen neigen (Trennflächen (Azimut/Dip): Schichtflächen 260/10, Harnisch 1 280/50, Harnisch 2 290/65, Störung 195/30; M. Sapp, Büro Bechthold).

Fig. 10: station [m]: 639,6 Hütteldorf Formation: sudden burst (direction of view: SE) Instability within

Hütteldorf Formation caused by high tectonical fragmentation with dense fault planes, likely to burst if sediment layers and fault planes cut in unfavourable orientation (Azimut/Dip): sediment layers 260/10, fault plane 1 280/50, fault plane 2 290/65, fault 195/30; M. Sapp, consulting office Bechthold.

steil stehenden \pm E-W und \pm N-S streichenden Trennflächen vor. Parallel zu den WSW bis WNW mittelsteil einfallenden Schichtflächen (Abb.11), war bei den kalkmergeligen Lagen eine Zerlegung mit teilweise hohem Durchtrennungsgrad anzutreffen.

Die Gesteine der Tieferen Kahlenberg-Formation waren intensiv zerschert, verfaltet und teilweise mit roten Tonsteinen bis Tonmergeln der Hütteldorf-Formation verschuppt, die durch die höhere Plastizität der Tonsteine als Bewegungshorizonte gedeutet werden könnten. Einerseits bestand über weite Bereiche eine typische Wechsellagerung zwischen den feinkörnigen Tonen bis Mergeln mit Kalksandsteinbänken. Andererseits führten die tektonischen Vorgänge zu Verfaltungen, aber auch zu starker bis extremer Deformation der Gesteine, bis zu einer tektonischen Melangebildung (Kataklasite). Diese Deformationen hatten zur Folge, dass in den einzelnen Schichtlagen der Verfestigungsgrad sehr unterschiedlich ausgebildet war.

Die Gesteine der Hütteldorf-Formation mit dunkelrot bis rotbraun, sowie grünlich bzw. grau gefärbten, Tonstein-/Tonmergel-Abfolgen wiesen häufig einen höheren

Zerlegungsgrad als die Gesteine der Kahlenberg-Formation auf; Dies äußerte sich durch eine geringere Stabilität der Ortsbrust, insbesondere bei ungünstiger Schicht- und Harnischlage (Abb.10). Durch hochgradige tektonische Beanspruchung waren diese Gesteine zu einem großen Teil engständig von Harnischflächen durchsetzt. Neben den Schichtflächen waren besonders in den geringer zerscherten Bereichen auch Trennflächen und Klüfte, die mehr oder weniger senkrecht zu den Schichtflächen orientiert waren, an der Zerlegung des Gesteinsverbandes beteiligt.

5. Schlussfolgerungen und Ausblick

Im Lainzer Tunnel konnten Gesteine des Bauloses LT33 (NW Strecke des Tunnels) von Vortriebsmeter 0 bis 1006,2 beprobt werden. Es treten in diesem Abschnitt ausschließlich Gesteine der Kahlenberger Decke der Rhenodanubischen Flyschzone auf, i.w. Kahlenberg-Formation und Hütteldorf-Formation.

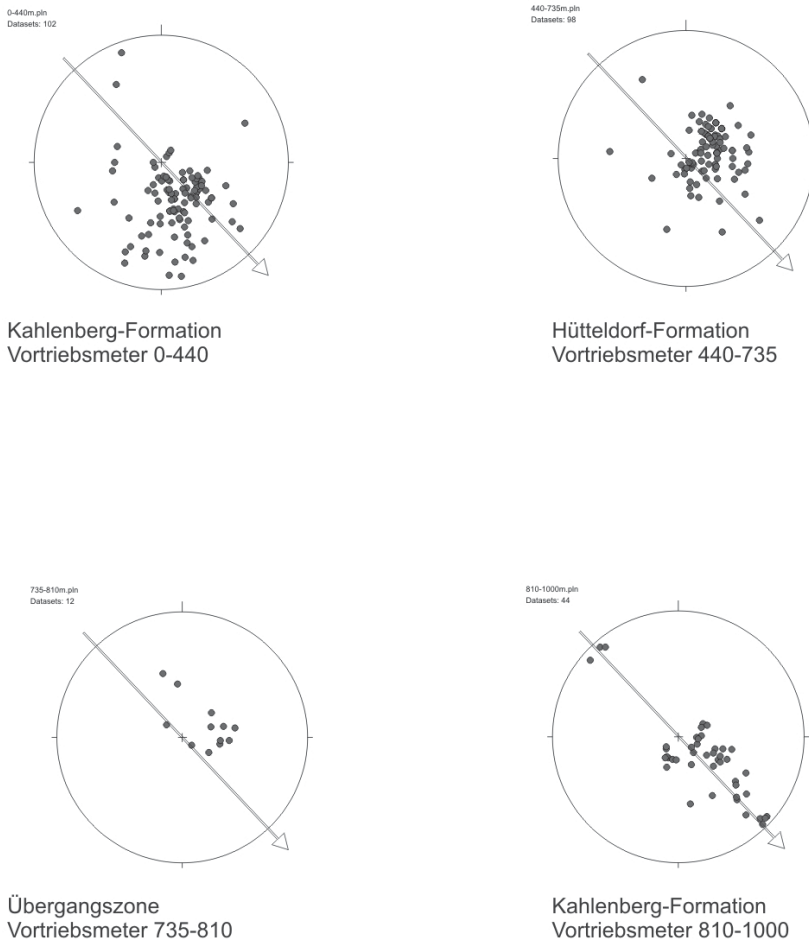


Abb. 11: Schichtflächenlagen (Schichtpole) im Schmidtschen Netz nach Vortriebsabschnitten gegliedert. Pfeil zeigt Vortriebsrichtung.

Fig. 11: Poles of bedding planes in Schmidt' net segmented for tunnel sections. Arrows indicate direction of tunneling.

Schichtflächen der Formationen im Lainzer Tunnel (Lt33) nach Vortriebsmeter gegliedert

Insgesamt waren die Abschnitte innerhalb der Kahlenberg-Formation, mit Bankmächtigkeiten von wenigen mm (Tonsteine) bis mehreren dm (Kalkmergel/Mergelkalke), dickbankiger ausgebildet als die der Hütteldorf-Formation. Durchschnittliche Karbonatgehalte für die Kahlenberg-Formation liegen bei 49,6 %, für die Hütteldorf-Formation bei nur 17 %. Innerhalb der Hütteldorf-Formation angetroffene weißgraue Lagen werden als Tuffite identifiziert.

Für die Tiefere Kahlenberg-Formation konnten Campanium-Alter mit Hilfe biostratigraphischer Untersuchungen festgestellt werden. Nannofossilproben weisen generell auf ein Campanium-Alter hin, wobei in Portalnähe Ober-Campanium nachzuweisen ist, während ab Vortriebsmeter 541,9 Unter-Campanium dominiert. Ältere Anteile konnten nicht nachgewiesen werden.

Im gesamten bearbeiteten Tunnelabschnitt wurde eine starke tektonische Deformation der Gesteine registriert, wodurch es oft zu einer Auflösung des Schichtverbandes kam. Hütteldorf-Formation und Kahlenberg-Formation sind streckenweise intensiv tektonisch vermengt. Anteile der St. Veiter Klippenzone konnten in diesem Abschnitt nicht nachgewiesen werden.

In der Folge werden und wurden die Gesteine der St. Veiter Klippenzone und ihrer Hüllgesteine im Lainzer Tunnel in beiden Baulosen LT31 und LT33 beprobt, um Aufschlüsse über die Stratigraphie und großtektonische Stellung dieser umstrittenen und an der Oberfläche nur sehr schlecht aufgeschlossenen Zone zu erhalten. Die Veröffentlichung dieser Ergebnisse ist einer weiteren Arbeit vorbehalten.

Dank

Ao. Univ.-Prof. Dr. S. Gier half bei der Durchführung der röntgendiffraktometrischen Untersuchungen und bei petrologischen Fragen. Ao. Univ.-Prof. Dr. F. Koller übernahm die geochemischen Untersuchungen an den Tuffitproben und half bei der Auswertung dieser Proben. Ohne die Zustimmung der Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB) wäre die Probennahme und diese Arbeit unmöglich gewesen, wir danken vor allem Dipl.-Ing. Thomas Buismann und Dipl.-Ing. Wolfgang Pistauer (ÖBB -Infrastruktur Bau AG). Die Mitarbeiter des Büros Bechthold, Mag. M. Sapp, Mag. G. Koch und Dr. B. Haunschmid haben in die Materie der Tunnelgeologie eingeführt und uns bei der Probennahme tatkräftig unterstützt. W. Schnabel führte ein ausführliches Review der Arbeit durch, E. Tentschert und Hugh Rice gaben ebenfalls wertvolle Verbesserungshinweise. Ihnen allen sei herzlich gedankt.

Literatur

- BURNETT, J.A. (1998): Upper Cretaceous. - (In: BOWN, P.R. (ed.): *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*), 132-199, (Chapman & Hall) Cambridge.
- FAUPL, P. (1996): Exkursion A 2. Tiefwassersedimente und tektonischer Bau der Flyschzone des Wienerwaldes. - *Berichte der Geol. B.-A.*, **33** (1996): A2, 1-32 (Exkursionsführer Sediment '96, 11. Sedimentologentreffen), Wien.
- 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.
- JANOSCHEK, R., KÜPPER, H. & ZIRKL, E.J. (1956): Beiträge zur Geologie des Klippenbereiches bei Wien. - *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, **47**: 235-308, Wien.
- MÜLLER, A. (1987): Zur Lithofazies und Stratigraphie der Kahlenberger Schichten der Flyschzone des Wienerwaldes. - *Diss. Formal- u. Naturwiss. Fak. Univ. Wien*, 1-195, Wien.
- MÜLLER, G. & GASTNER, M. (1971): The „Karbonat-Bombe“, a simple device for the determination of the carbonate content in sediments, soils and other materials. - *N. Jb. Mineral.*, **10**: 466-469, Stuttgart.
- NOWY, W. & LEITHNER, W. (1999): Ingenieurgeologische Erkundungsphasen beim Lainzer Tunnel. - *Mitt. f. Ingenieurgeol u. Geomech.*, **2**: 52-61, Wien.
- PERCH-NIELSEN, K. (1985): Mesozoic calcareous nannofossils. - (In: BOLLI, H.M., SAUNDERS, J.B. & PERCH-NIELSEN, K. (Eds.): *Plankton Stratigraphy*), 329-426, (Cambridge Univ. Press) Cambridge.
- PFERSMANN, C. (2009): Stratigraphie und Sedimentpetrographie der Gesteine der Flyschzone im Lainzer Tunnel. - *Diplomarb. Formal- u. Naturwiss. Fak. Univ. Wien*, 1-72, Wien.
- PLÖCHINGER, B. & PREY, S. (1993): *Der Wienerwald*. 2. Auflage. - *Samml. Geol. Führer* **59**: 1-168, (Gebr. Bornträger) Berlin.
- PREY, S. (1973): Der südöstlichste Teil der Flyschzone in Wien, ausgehend von der Bohrung Flötzersteig 1. - *Verh. Geol. B.-A.*, **1973**: 67-94, Wien.
- PREY, S. (1975): Neue Forschungsergebnisse über Bau und Stellung der Klippenzone des Lainzer Tiergartens in Wien (Österreich). - *Verh. Geol. B.-A.*, **1975**: 1-15, Wien.
- SCHNABEL, W. (Bearb.) (1997): Geologische Karte der Republik Österreich. Blatt 58 Baden. - *Geol. B.-A.*, Wien
- SCHNABEL, W. (2002): Penninikum und Äquivalente. - (In: SCHNABEL, W. (Red.): *Geologische Karte von Niederösterreich 1:200.000. Legende und kurze Erläuterung*), 33-36, (Geol. B.-A.) Wien.
- SISSINGH, W. (1977): Biostratigraphy of Cretaceous calcareous nannoplankton. - *Geologie en Mijnbouw*, **56**, 37-56, Dordrecht.
- TOLLMANN, A. (1985): *Geologie von Österreich*. Band 2. - 1-710, (Deuticke) Wien.
- WAGREICH, M. (2007): Rosental: Kleingärten in der Tiefsee. - (In: HOFMANN, T. (ed.): *Wien, Niederösterreich, Burgenland. Wanderungen in die Erdgeschichte* **22**), 38-39, (Dr. Friedrich Pfeil) München.
- WAGREICH, M. (2008): Lithostratigraphic definition and depositional model of the Hütteldorf Formation (Upper Albian - Turonian, Rhenodanubian Flysch Zone, Austria). - *Austrian Journal of Earth Sciences*, **101**: 70-80, Wien.
- WESSELY, G. (2006): *Geologie der österreichischen Bundesländer: Niederösterreich*. - 1-416, (Geol. B.-A.) Wien.

