

Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 85 (1992)
Heft: 3: Symposium on Swiss Molasse Basin

Artikel: Kleinsägerstratigraphie in der lithologischen Abfolge der miozänen Hörlischüttung (Ostschweiz) von MN3 bis MN7
Autor: Bolliger, Thomas
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-167065>

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: 28.01.2026

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

Kleinsäugerstratigraphie in der lithologischen Abfolge der miozänen Hörnlischüttung (Ostschweiz) von MN3 bis MN7

Von THOMAS BOLLIGER¹⁾

ZUSAMMENFASSUNG

Im verhältnismässig gut aufgeschlossenen miozänen Hörnli-Schuttfächer (Obere Meeressmolasse, OMM und Obere Süßwassermolasse, OSM) lassen sich terrigene, fluviale und limnische mittelmiozäne Ablagerungen im Detail studieren, besonders im Süden gegen den Alpenrand hin.

Kleinsäugerzähne legten den Grundstein zu einer detaillierten nordalpinen Säugerstratigraphie. Dazu wurden in einer gesicherten relativen Altersabfolge 6 regionale Referenzfaunen-Vergesellschaftungen definiert. Diese Biostratigraphie wurde mit den europäischen MN-Zonierungen (Mein 1975, 1989 und Be Bruijn et al. 1992) sowie mit benachbarten Faunen korreliert und ansatzweise mit radiometrischen Isotopendatierungen von Mineralien aus vulkanischen Ascheablagerungen der distalen, nördlicher gelegenen Hörnlimolasse geeicht. Eine Verbreitungstabelle der Kleinsäuger zeigt den aktuellen Kenntnisstand der Faunen der alpennahen Hörnlischüttung. Das 1900 m mächtige Profil reicht von MN3 bis MN7 und erstreckt sich somit über einen Zeitraum von rund 8 Millionen Jahren. Von 75 Fundstellen konnten über 3700 Kleinsäugerzähne isoliert werden. Dabei wurden gegen 6 Tonnen Mergel und Siltsteine aufbereitet.

Neben zahlreichen bekannten sowie einigen mangelhaft belegten, noch nicht identifizierten Arten fanden auch die drei von Bolliger (1992) neu beschriebenen Arten *Plesiodimylus helveticus*, *Keramidomys reductus* und *Anomalomys minutus* hier für die Kleinsäugerstratigraphie Verwendung.

Diese Arbeit ist ein Auszug aus der Dissertation Bolliger (1992) und beinhaltet deren stratigraphischen Resultate.

RÉSUMÉ

Les profils miocènes (Molasse marine supérieure, OMM, molasse d'eau douce supérieure) de la région du Hörnli ont permis d'étudier en détail les sédiments miocènes d'origine terrestre, fluviatile et limnique, en particulier au sud dans les unités près des Alpes.

Une biostratigraphie régionale détaillée a pu être établie sur la base des dents de mammifères. 6 types de faunes de portée régionale dont la succession relative dans le temps est assurée ont ainsi pu être choisies. Cette biostratigraphie a été corrélée avec les zones de mammifères européens de Mein (1975, 1989) et De Bruijn et al. (1992) avec d'autres faunes miocènes de l'Europe centrale ainsi qu'avec des datations radiométriques de minéraux de sédiments volcaniques de la molasse d'eau douce supérieure (OSM). Un tableau de répartition précise l'état actuel de connaissance des faunes miocènes du cône du Hörnli. Le profil stratigraphique long de 1900 m s'étend de la zone MN3 jusqu'à la zone MN7 et recouvre ainsi 8 millions d'années. 75 localités ont fourni plus de 3700 dents de mammifères. Cela a nécessité un lavage de 6 tonnes de marnes et de silts.

En plus de la description de nombreuses espèces connues quelques restes peu documentés ainsi que trois nouvelles espèces, *Plesiodimylus helveticus*, *Keramidomys reductus* et *Anomalomys minutus*, décrites par Bolliger (1992), ont aidé à établir la biostratigraphie régionale.

Cet oeuvre est tiré de la thèse Bolliger (1992) et contient les résultats stratigraphiques.

¹⁾ Paläontologisches Institut und Museum der Universität Zürich, Kästlergasse 16, CH-8006 Zürich.

ABSTRACT

Within the fairly well exposed alluvial Hörnli-Fan, the continental and fluvio-limnic sediments of mid-Miocene age (Upper marine Molasse, OMM and Upper Freshwater Molasse, OSM) may be studied in detail, especially well in the southern parts towards the Alps.

Assemblages of micromammal-teeth from a physically correlated stratigraphic succession are used to define a regional micromammalbiostratigraphy, which is based on 6 local reference-faunas. These are correlated with the European MN-zonation (Mein 1975, 1989 and De Brujin et al. 1992) and calibrated with radiometric age determinations from volcanic ash layers found within the Upper Freshwater Molasse (OSM). A stratigraphic range-chart of micromammals summarizes the succession of faunas in the 1900 m thick peri-alpine Hörnli-fan. The micromammal succession of the Hörnli-fan is based on 3700 micromammal teeth identified from 75 localities and can be correlated with the standard zones MN3 to MN7, thus representing about 8 million years.

Well known micromammal taxa as well as poorly documented species and three new species, *Plesiodimylus helveticus*, *Keramidomys reductus* and *Anomalomys minutus*, that have been described by Bolliger (1992), were used for this regional biostratigraphy.

This paper is part of the thesis Bolliger (1992) and contains its biostratigraphic results.

1. Wahl der Hörnlischüttung und Zielsetzung

Eine detaillierte Chronologie ist die notwendige Basis für alle weiteren geologischen und paläontologischen Untersuchungen in der Molasse, wie die Analyse der Klima- und Ökologieentwicklung oder die Abschätzung von Massenbilanzen. Sedimentologische Daten ermöglichen zusammen mit Floren- und Faunenresten ökologische Interpretationen, die sich mit einer detaillierten Biochronologie in einen zeitlichen Rahmen stellen lassen.

Viele Gründe prädestinierten das miozäne, alpine Entwässerungssystem der Hörnlischüttung für eine detaillierte Erforschung: Das Gebiet ist recht gut mit Wegen erschlossen und es liegen genügend Aufschlüsse vor, um eine ausreichend gute Fossilbelegung zu erhalten. Die lithostratigraphische Korrelierbarkeit und Kontinuität der Sediment-Dokumentation sind vor allem im alpennahen Bereich weitgehend gegeben. Hier kann ein durchgehendes Profil verfolgt werden.

Ziel der Arbeit war eine biostratigraphische Unterteilung einer miozänen, kontinentalen Serie mit Kleinsäugerfaunen, deren relative Abfolge innerhalb eines kontinuierlichen Profils bekannt ist und teilweise mit radiometrischen Altern von vulkanischen Mineralien kalibriert werden konnte. Ein Vergleich dieser regionalen Kleinsäuger-Faunenabfolge mit verschiedenen Stratigraphien (europäische Neogen-Sägerzone, marine Stratigraphien) schafft weiterreichende Beziehungen.

2. Geographische Übersicht

Das untersuchte Gebiet (Fig. 1) umfasst hauptsächlich die alpennäheren Gebiete des westlichen Anteils der Hörnlischüttung. Diese erstreckt sich von einer Linie Rapperswil-St. Gallen NNW bis ins Gebiet Irchel-Seerücken (Bodensee) und bedeckt eine Fläche von ca. 1700 km² (Bürgisser 1980, S. 100).

3. Stratigraphie in der Hörnlischüttung

Diverse frühere Autoren haben lithostratigraphische Zonierungen der OSM des Hörnli-Gebietes versucht (Fig. 2).

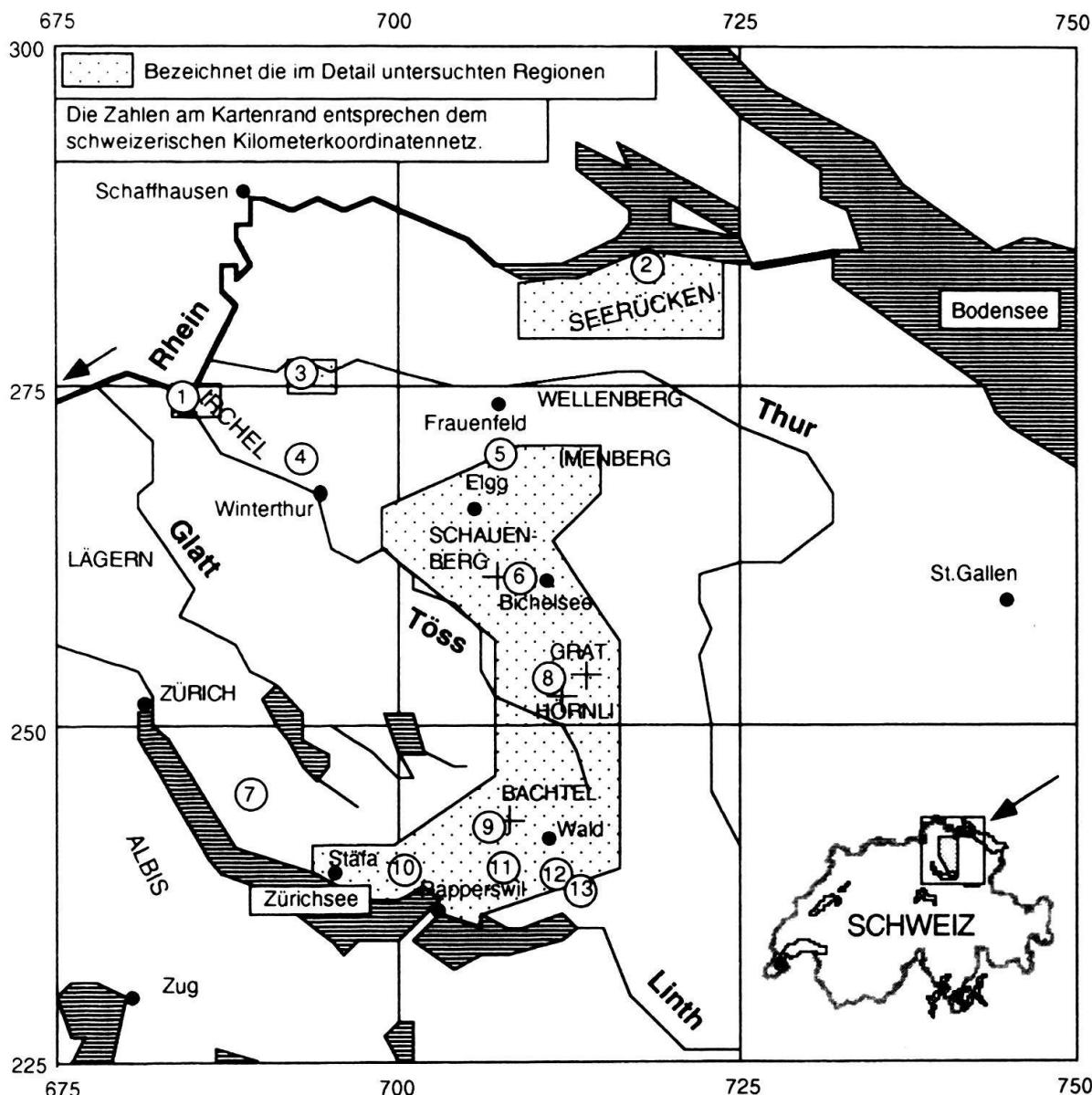


Fig. 1. Das Untersuchungsgebiet. Die Nummern 1–13 bezeichnen die wichtigsten Profillagen:

1 Buchberg	SH	6 Turbenthal-Bichelsee	ZH/TG	11 Jona-Eschenbach	SG
2 Seerücken	TG	7 Bohrung Küsnacht	ZH	12 Jona-Eschenbach*	SG
3 Andelfingen	ZH	8 Hörnli	ZH	13 Goldinger Tobel	SG
4 Wagenburg	ZH	9 Bachtel	ZH		
5 Elgg-Imenberg	ZH/TG	10 Stäfa-Wald	ZH	* ältere Anteile	

Die Arbeiten von Bolliger (1987, 1992) ermöglichen die Zusammenstellung eines lithologischen Sammelprofils von der ausgehenden USM bis in die jüngsten OSM-Bereiche (Fig. 3), besonders im proximalen Teil des westlichen Hörlischuttfächers. Es zeigt die Verbreitung von Leithorizonten, sedimentologisch markanten Zonen und die Verteilung der Fossilfundstellen.

Lithostratigraphische Korrelationen erfolgten durch lokale, wiedererkennbare, charakteristische Schichten, konstruktiv durch das beobachtete Schichtfallen verifiziert, was

Tanner 1944 OSM zwischen Ricken und Hörnli		Büchi 1957 OSM des Hörnlifächers	Pavoni 1957 OSM der Region Zürich		Hottinger et. al. 1970, OSM Geol. Atlas Hörnli
Obere Stufe der OSM	Obere Hörnlischichten	Tannenberg-Hörnligipfelsch.	Uetliberg-Schichten	Obere Abteilung der OSM	Hörnligipfelschichten
	Hörnligubelzone				Hörnligubelschichten
Mittlere Stufe der OSM	untere Hörnlischichten	Konglomeratstufe	Pfaffenstil-Schichten	Mittlere Abteilung der OSM	Tösswald-Schichten
		Oehningerzone			"Oehninger-Schichten"
		Mittlerer Komplex der OSM	Zürich-Schichten Meilener Schichten		Krinauer Schichten
		Appenzeller Granit	Appenzeller Granit		Appenzeller Granit
Untere Stufe der OSM		Basiszone der OSM	Käpfnacher Schichten	Untere Abteilung der OSM	Lichtensteiger Schichten
Obere Meeresmolasse		Obere Meeresmolasse	Obere Meeresmolasse		Obere Meeresmolasse

Fig. 2. Beispiele des Versuchs der lithostratigraphischen Zonierung der Hörnlimalasse. Die Schichtaussonderungen haben vorwiegend lokale bis regionale Bedeutung. Ausser dem Appenzeller Granit (Hüllstein-Leithorizont) entsprechen sämtliche Schichtglieder ausschliesslich faciellen, heterochronen Schichtgrenzen.

besonders im aufgebogenen Teil am Südrand gut gelang, da hier der Hüllstein-Leithorizont, Wetterkalkschichten und Mergelzonen als Korrelationsniveaus vorhanden sind. Westlich des Zürichsees können die Schichtfolgen durch das Vorhandensein von lokalen Leitniveaus, die sich z. T. über einige Kilometer verfolgen lassen, gut korreliert werden (Gubler 1987). Ähnliches gilt vom Ostufer des Zürichsees bis südlich in die Region Rapperswil, wo die Schichten zunehmend steiler alpenwärts ausstrecken.

Weiter nördlich sind die Schichtneigungen jedoch sehr gering und die Gesamtächtigkeit der Molassesedimente nimmt deutlich ab, während gute Leitniveaus weitgehend fehlen. Die vorwiegend durch Konglomerate dominierten Serien der mittleren Bereiche im Tössbergland sind nur schwer abgrenzbar, mergelreichere Abschnitte lassen sich nicht sicher verfolgen, da sie oft rasch seitlich auskeilen. Ein scheinbar grösseres Schichtfallen kann lokal durch Versackungen und Schrägschichtungen vorgetäuscht werden. Deshalb wurde nördlich des Roten (Käpfnach-Grüningen-Roten-Antiklinale, Pavoni 1955) von einem theoretischen Gefälle in der Grössenordnung von ca. 100 m bis zur Üetliberg-Schauenberg-Synklinale ausgegangen. Ein resultierender Fehler ist damit unausweichlich vorhanden, belegt ist jedoch, dass das gesamte Hörnlbergland in Schichten über dem Bentonit von Leimbach (mündliche Mitteilung Th. Gubler) zu liegen kommt und ein leichtes Einfallen nach NNE vorliegt. Durch die geringere Antikinalverbiegung im konglomeratreichen Hörnlbergland dürfte der lithostratigraphische Fehler durch die theoretisch erfolgte Projektion weniger als 50 m ausmachen. Da zwischen Bachtel und Hörnli die erwähnte Antiklinale liegt, ergeben sich zwischen den beiden Profilen die beschriebenen Korrelationsunsicherheiten. Da aber die wichtige Sägerfauna Grat gut 100 m über dem nächsten wichtigen Fossilhorizont liegt, ist zumindest die relative Abfolge gesichert. Schwierigkeiten bestehen lediglich zwischen den Fundstellen Ornberg,

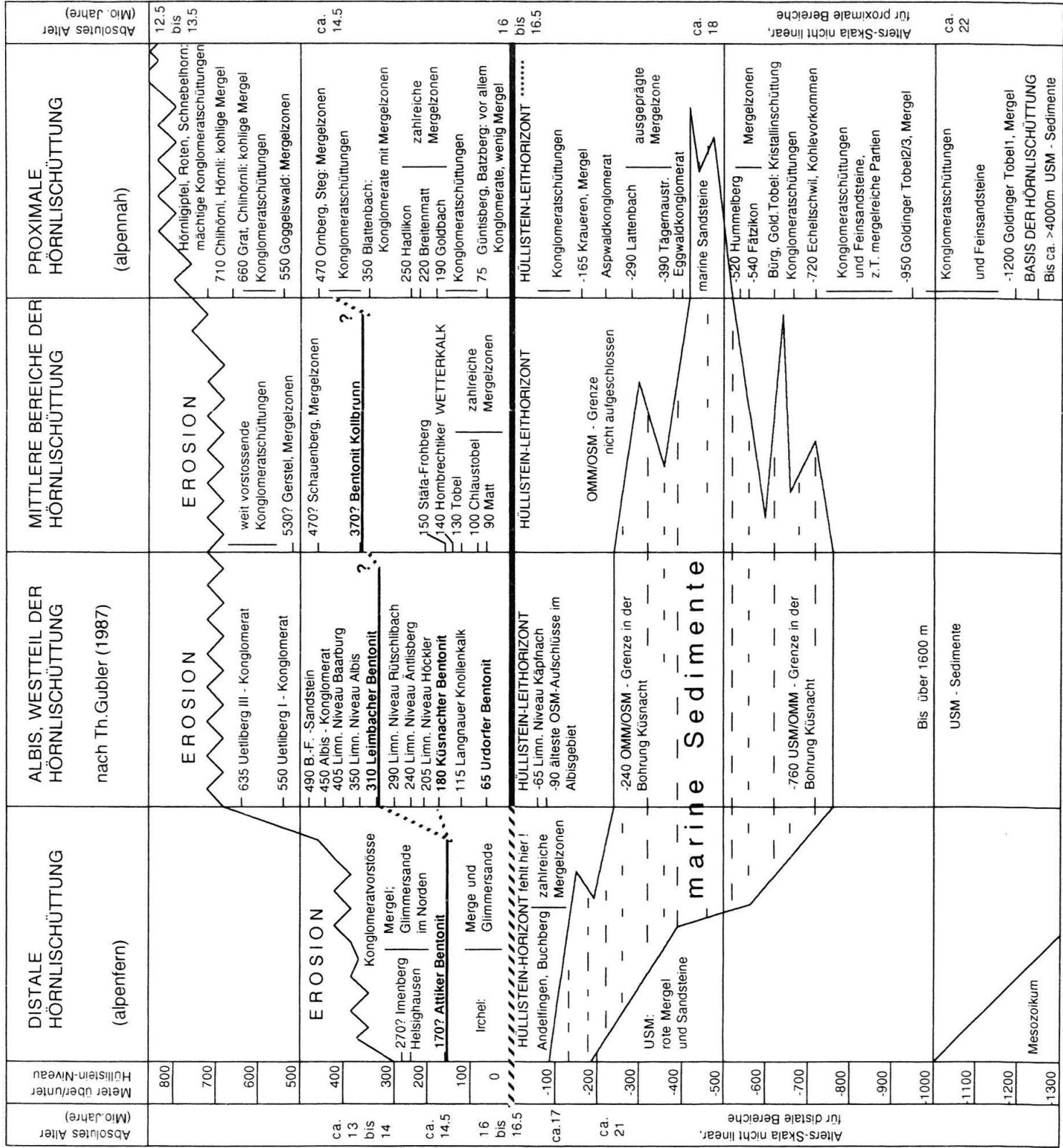


Fig. 3. Lithostratigraphische Beziehungen in der Hörlischüttung.

Goggelwald und Gfell, die alle sehr nahe zueinander im Profil zu liegen kommen. Sie werden denn auch mit Vorbehalt als \pm gleichaltrig betrachtet.

Die lithostratigraphische Korrelation weiter nach Norden und Nordosten in die Bodenseeregion wird durch das Fehlen guter Aufschlüsse und die hier vorhandenen (paläo)-tektonischen Bruchversetzungen (Hofmann 1974, 1975) erschwert. Hier muss mit den vulkanischen Tuffhorizonten, die am Seerücken und am Wellenberg auftreten (Hofmann 1951) gearbeitet werden. Wieweit die Tuffhorizonte den Bentonithorizonten der Zürcher Molasse entsprechen, ist nach wie vor ungeklärt. Hofmann (1975, S. 316) versuchte die distalen Molasseanteile im Kanton Thurgau mit lithofaziellen Stufen zu korrelieren. Grossräumig muss jedoch mit beträchtlicher Heterochronie gleicher Fazies gerechnet werden. Die Hörnlimolasse verfügt sich hier mehrfach mit Glimmersandschüttungen. Das Gebiet ist trotz der stratigraphischen Unsicherheiten von Interesse für eine Korrelation mit den alpennäheren Hörnlischüttungen, weil darin beachtenswerte Säugetierfundstellen vorkommen.

Wichtige Profile des Untersuchungsgebietes, welche die Grundlage für die Lithostratigraphie und Profilsynthese (Fig. 3 und 4) darstellen, finden sich in Bolliger (1992). In Fig. 4 sind die wichtigsten Säugetierfundpunkte dargestellt. In den Profilen VIII bis XIII liegt dabei eine sichere Relativabfolge vor. Die biostratigraphische Auswertung ergibt sich daraus mit den biosystematischen Befunden der Kleinsäugerfaunen. Altersangaben in Millionen Jahren (Ma) am Rande sollen die ungefähren Verhältnisse wiedergeben, sie stammen aus den Isotopendatierungen von Bentoniten und den säuerstratigraphischen Korrelationen.

Ein idealisiertes Längsprofil (Fig. 5) soll die Faziesentwicklung der Hörnlischüttung darstellen. Auffällig ist eine relativ rasche Abnahme der Schichtmächtigkeit der OSM NW einer Linie von ca. Zürich-Bichelsee. Der damalige Molassetrog hatte sich SE davon verstärkt abgesenkt. Informationen lieferte dazu auch eine Einsicht in Bohrprofile, wobei mir besonders einige Spülbohrungen von Buchberg/SW zur Verfügung standen, von denen eine detailliert ausgewertet werden konnte (Fig. 6). Dabei zeigte sich eine Abgrenzungsmöglichkeit von USM, OMM und OSM, sowie die wahre Schichtmächtigkeit der OMM in dieser an durchgehend aufgeschlossenen Profilen armen Region.

Eberhard (in Bolliger & Eberhard 1989) verwendete eine phytostratigraphische Einteilung in Phytozonen, wobei die OSM in 6 Zonen geteilt wird: OSM 1, 2a, 2b, 3a, 3b, 4. Dieser Einteilung ist Eberhard (1987) auch im Adeleggsschuttfächer gefolgt, wobei seine Einstufungen im jüngeren Teil von Dr. H.-J. Gregor (mündliche Mitteilung 1991) angezweifelt wird. Dies u. a. wegen eines unsicheren *Cedrus*-Restes. Die Phytostratigraphie ist schwierig nachzuvollziehen. Sie wurde im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter verwendet, da die dafür notwendigen intensiven Florenanalysen nicht durchgeführt werden konnten.

Die $\delta^{18}\text{O}$ - und $\delta^{13}\text{C}$ -Isotopenkurven von marinen Planktonforaminiferen (Woodruff, Savin & Douglas 1981) zeigen stärkere Schwankungen und lassen eine stete Abkühlung von ca. 16–13 Ma, v. a. während der durch eine enge Zoneneinteilung gekennzeichneten Planktonforaminiferen-Zonen N9–12 erkennen. Anfang N5, der Europäischen Säuferzone MN3 entsprechend, erfasste die OMM-Transgression die gesamte Nordschweiz (Berger 1985, S. 90–96). Gemäß Keller (1989: S. 237) erfolgte diese Meerestransgression im schweizerischen Molassebecken stark heterochron, d. h. im Westen ab ca. MN2, im Osten erst mit MN3.

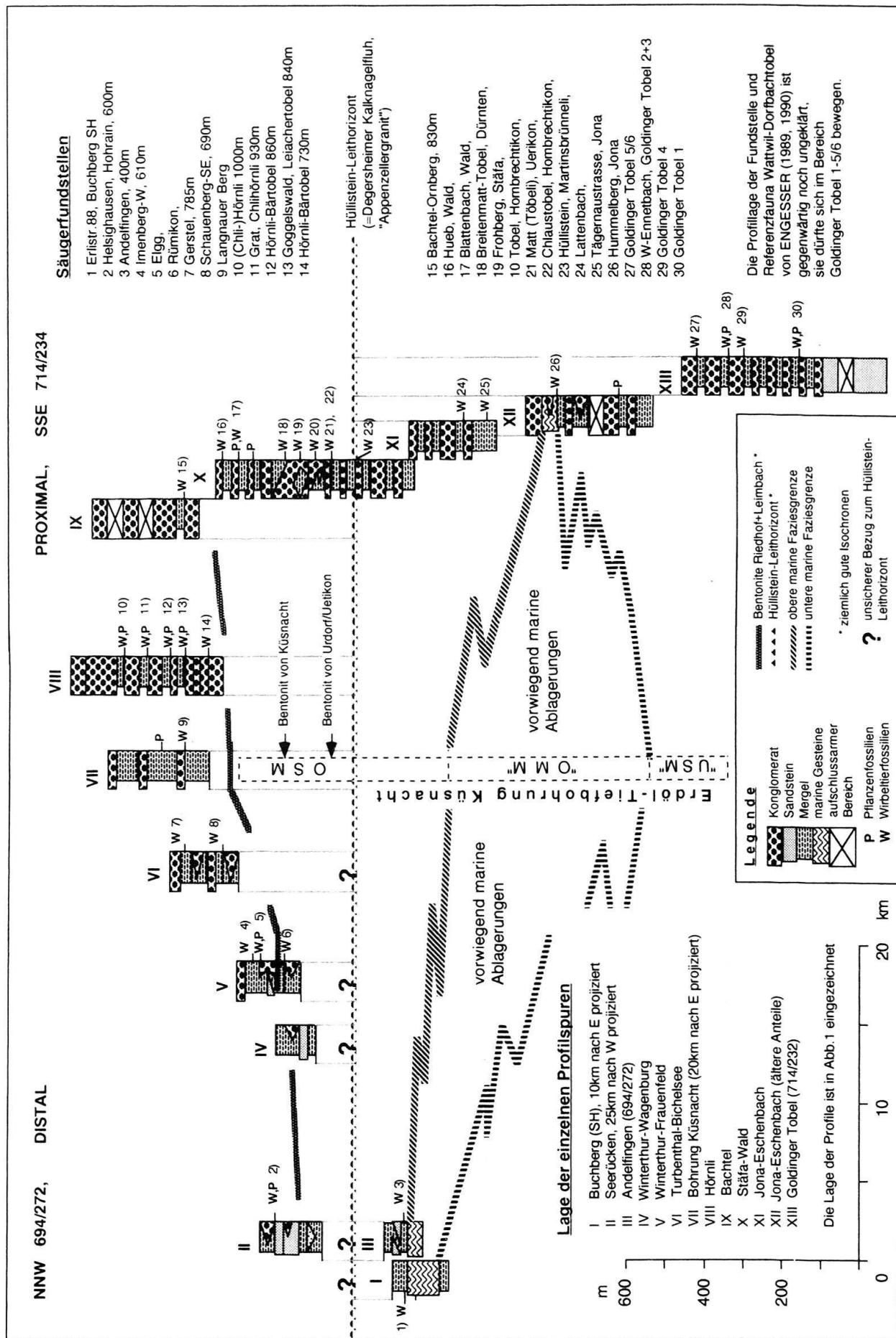


Fig. 4. Profile im Miozän der Hörnli schüttung, auf eine Profilspur von SSE nach NNW projiziert.

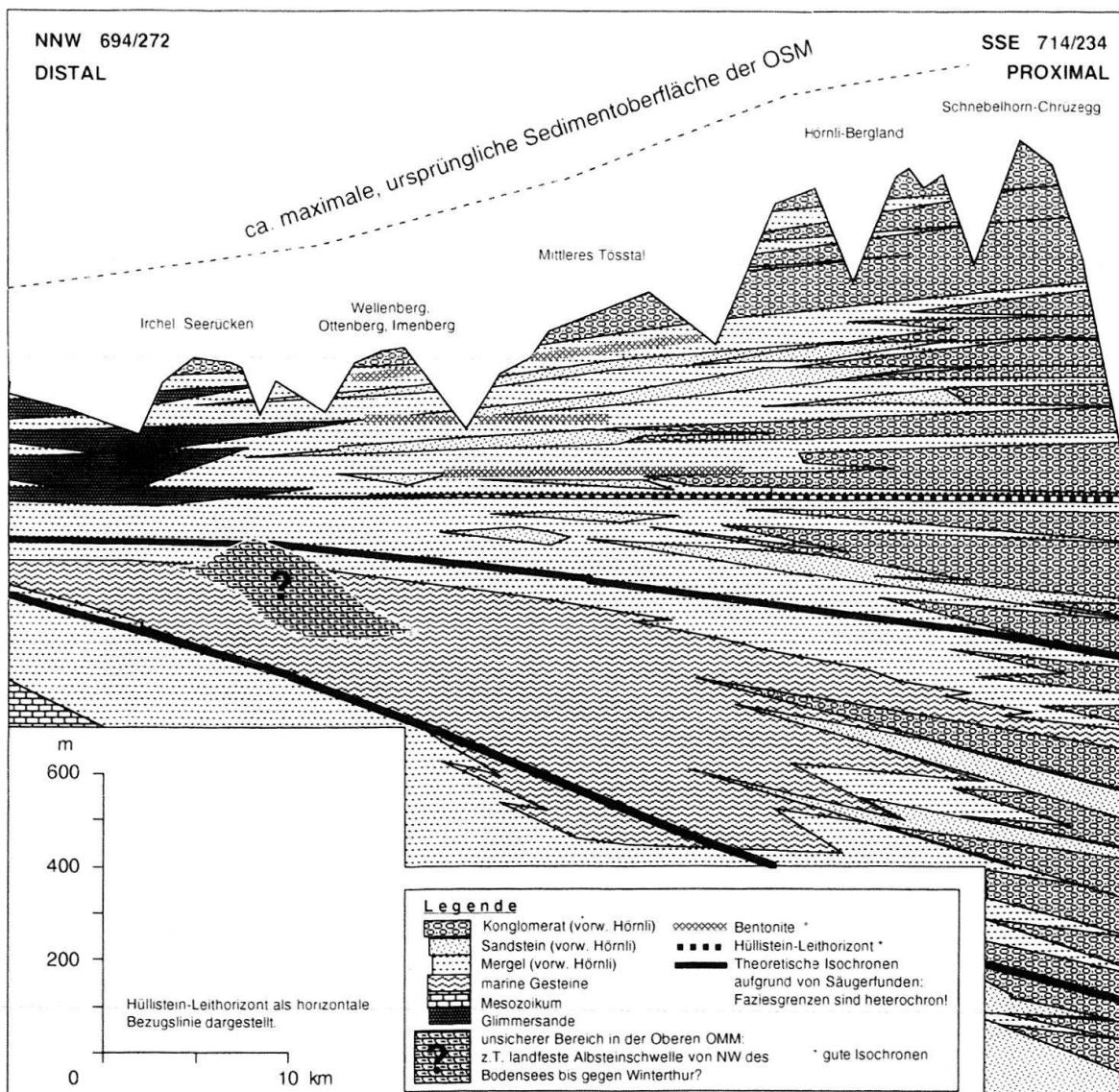


Fig. 5. Ein idealisiertes Längsprofil durch die Hörlischüttung zeigt die Faziesverteilung (ohne postmolassische tektonische Verformung).

Die OMM endete mit einer Regression vor MN5 (Bolliger et al. 1988, S. 3; Keller 1989, S. 238). Der leicht heterochrone Rückzug der OMM fällt etwa mit dem Beginn der Monterey-Kohlenstoffisotopen-Exkursion zu Beginn der Plankton-Foraminiferenzone N7 zusammen (Vincent & Berger 1985, S. 459). Die Zone N7 ist durch einen markanten Anstieg der $\delta^{13}\text{C}$ -Werte von Plankton-Foraminiferen gekennzeichnet (Vincent & Berger 1985, Fig. 3).

Da die Foraminiferenfaunen in der OMM der Hörlischüttung wie überhaupt in der nordalpinen OMM stark verarmt sind, lässt sich keine Zoneneinstufung vornehmen. Aus der schweizerischen Molasse konnten jedoch die Nannoplanktonzonen NN2 und NN3 nachgewiesen werden (Keller 1989, S. 23). Dies ergibt eine Korrelation mit den Plankton-Foraminiferenzonen N5 und N6, sowie möglicherweise der Basis von N7.

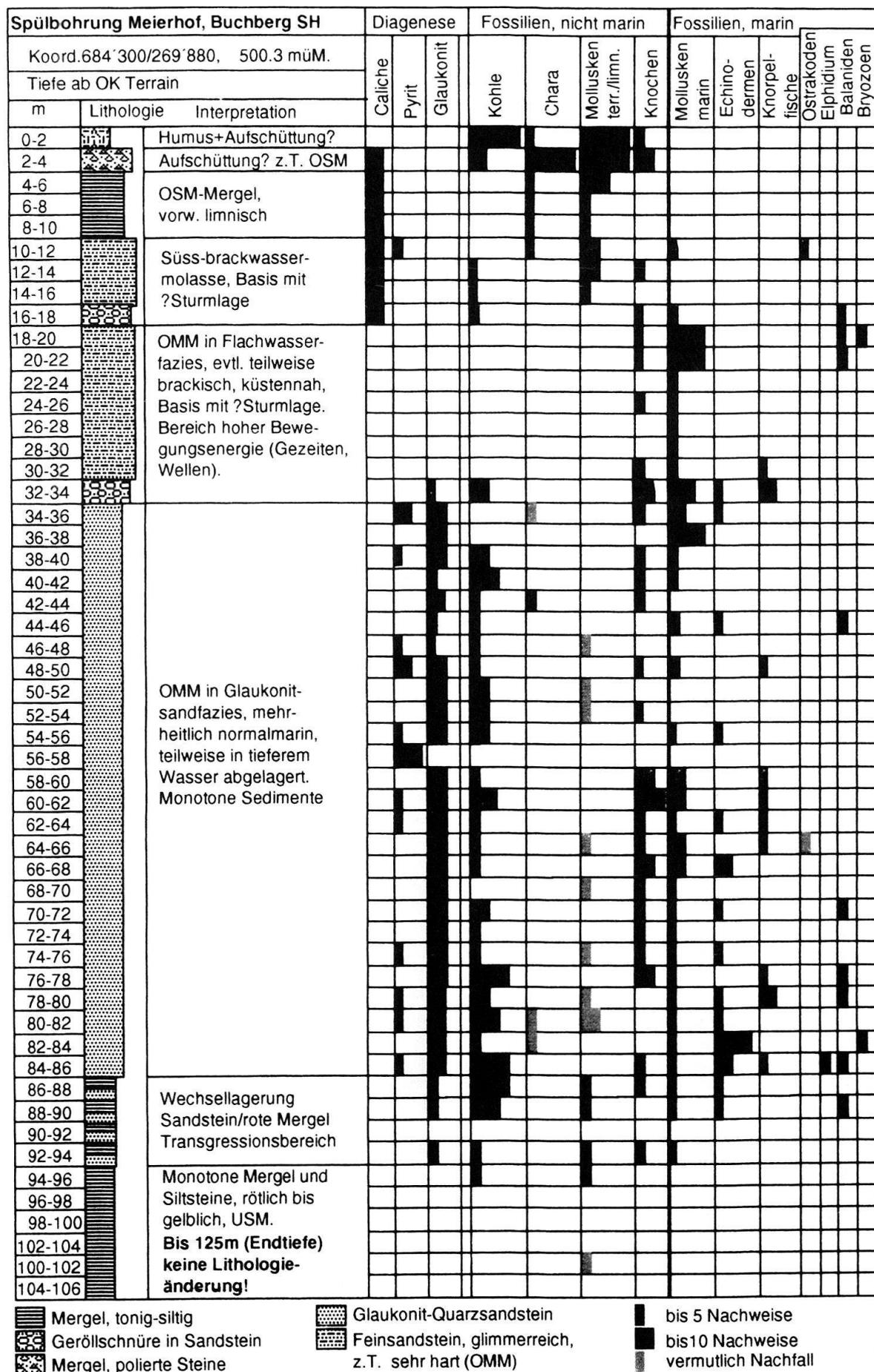


Fig. 6. Eine Spülbohrung in Buchberg SH zeigt die gesamte marine OMM-Sequenz am Molasse-Nordrand.

Mit an authigenen marinen Karbonaten gemessenen $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Isotopen-Verhältnissen kann in mittelmiozänen Meeressedimenten vor 15–20 Ma eine gute stratigraphische Auflösung erzielt werden, da in diesem Zeitabschnitt global eine starke Veränderung dieses Isotopenverhältnisses festzustellen ist (Richter & De Paolo 1987; Keller 1989, S. 239). (Keller 1989, S. 242) ermittelte dabei mit dem von Fischer (1988) gemessenen Wert einer fossilen marinen Pectinidenschale aus der OMM vom Hummelberg-Jona SG ein Alter von ca. 18–18.5 Ma. Diese Angabe passt gut zu den Faunen des Ottangien der zentralen Paratethys (Steininger et al. 1989), mit denen sich die «Helvet»-Faunen der St. Galler-Formation der OMM um Jona recht gut vergleichen lassen (Bolliger 1987).

Korrelationen der Bio- und Lithostratigraphie zu absoluten Alterswerten in der Molasse sind mit der radiometrischen Datierungsmethode vulkanischer Mineralien aus Bentoniten (fossile Vulkan-Aschen, Büchi & Hofmann 1945) möglich. Für Altersbestimmungen im Tertiär wird üblicherweise die sog. Kalium-Argon-Methode angewandt, bei welcher mittels des instabilen Isotops ^{40}K und dem daraus entstandenen Endglied ^{40}Ar die bisherige Zerfallsdauer bestimmt wird. So kann beispielsweise auf das Entstehungsalter von Biotiten (dunkle, Fe-haltige Glimmer) und damit näherungsweise auf das Erstarrungsalter von Eruptivgesteinen geschlossen werden (Fischer 1988).

Für die Bentonite der Molasse erscheint diese Methode jedoch nur bedingt geeignet, da durch den stärkeren Verwitterungsgrad die vulkanischen Mineralien einen Teil ihres Argons verloren haben könnten, was schliesslich jüngere Alter vortäuschen würde.

Gentner et al. (1963) ermittelten für den Bentonit von Bischoffszell 14.6 ± 0.7 Ma. Dieser Bentonithorizont dürfte dem Bentonitniveau von Leimbach entsprechen.

Ein anderes für radiometrische Altersbestimmungen geeignetes Mineral ist Zirkon (ZrSiO_4), das ebenfalls in vulkanischen Tuffen vorkommt. Das darin enthaltene Uran, sowie Blei, sein Zerfallsprodukt, haben den Vorteil, nicht flüchtig zu sein. Die Wahrscheinlichkeit, dass das ermittelte Alter dem wahren Bildungsalter entspricht, ist somit sehr hoch.

Am Bentonit des Wüesttobels im Sihlwald bei Zürich, der dem Urdorfer Bentonitniveau entspricht, wurden zwei Alter von $15.34 \text{ Ma} \pm 0.1 \text{ Ma}$, am Bentonit des Erlenbacher Tobels, dem Küsnachter Bentonitniveau entsprechend, drei solche von $15.2 \text{ Ma} \pm 0.3 \text{ Ma}$ bestimmt (Fischer 1988). Einige Messungen, die signifikant ältere Resultate brachten (aufgearbeitete Zirkone?) blieben unberücksichtigt.

Bislang waren 3 Bentonit-Niveaus in der Zürcherischen OSM bekannt (Pavoni & Schindler 1981). Im Rahmen seiner Dissertation konnte Gubler (in Bearbeitung) einen weiteren Bentonithorizont (Bentonit von Riedhof, ca. 20 m unter dem Bentonit von Leimbach liegend) finden und zeigen, dass dieser bei ausreichenden lithostratigraphischen Kenntnissen und minutiöser Feldarbeit auch bei ungünstigen Erhaltungsumständen (Vermischung mit feindetritischem Hörlischüttungs-Material) noch erkannt werden kann. Dies ist vor allem wegen des sehr hohen Gehaltes an auffälligen, grünlichen Biotitplättchen möglich.

Weitere möglicherweise bentonithaltige Mergel fanden sich im Goldinger Tobel (GT4), am Ornberg, Imenberg 610 m, Grat 930 m, und Chlihornli 1020 m. Einige der darin enthaltenen Zirkone lassen zum Teil eine vulkanische Herkunft annehmen, eine Datierung dieser Zirkone steht noch aus.

4. Europäische Sägerzonierung

Vor 22–13 Ma fanden global tektonische und klimatische Wechsel statt, was sich u. a. in mehrfachen Meeresvorstößen und -Rückzügen manifestierte (Berger & Mayer 1987, S. 620), wobei von 20–15 Ma eine transgressive, von 14–10 Ma eine regressive Tendenz festzustellen ist. Auf dem Festland Mitteleuropas standen die Sägerfaunen während der USM und OMM mitverursacht durch die raschen sedimentologischen und paläogeographischen Veränderungen unter hohem Anpassungsdruck, was Migrationen und rasche Evolution zur Folge hatte, wodurch eine enge Kleinsäuger-Zonierung möglich ist (Engesser & Mayo 1987). Die Zeit von 15 bis ca. 12 Ma (OSM) war durch paläogeographisch etwas konstantere Bedingungen gekennzeichnet als die von USM und OMM. Die fluviale Schwemmebene der OSM nördlich der Alpen zeigt denn auch einen recht einheitlichen Sedimentaufbau. Einige Säugetiere evoluierten langsam vor Ort (Gradualismus), was zahlreiche Hamsterarten belegen (Heissig 1989), andere überdauerten ohne grosse Veränderungen von Zahnmorphologie und -grösse (z. B. *Prolagus oeningensis*).

Die Sägerzonierung (MN-Zonen) des Neogens Europas von Mein (1975, 1989) bzw. die Sägerzonierung von Neogen und Quartär Europas (MNQ-Zonen, Guérin 1989) lässt nicht auf Anhieb erkennen, worauf die Zonendefinition basiert (Fahlbusch 1991). Die MN-Zonen sind von diversen mittel- und südeuropäischen Fundstellen fossiler Säugetiere mit der Festlegung von «Referenzlokalitäten» für jede Sägerzone definiert (Mein 1989). Guérin (1989) diskutiert dieses Problem und stellt fest, dass die MN(MNQ)-Zonen eine dreifache Definition beinhalten:

1. Vorliegen eines bestimmten Entwicklungsstandes einer hypothetischen Evolutionslinie: Phylozone, Lineage-Zone
2. Vorliegen einer charakteristischen Faunenassoziation: Association-Zone, Coeno-zone
3. Erstauftreten von neuen Gattungen und Arten: Range-Zone

Guérin (1989, S. 120) kommt zum Schluss, dass die MN(MNQ)-Zonen etwa wie folgt definiert werden sollten: «a biostratigraphic assemblage zone limited by isochronous surfaces», verstanden als Standardzone. Diese werden somit vorwiegend zu «Assemblage-Zonen» im Sinne von Hedberg (1976), Callomon & Donovan (1971) und Guérin (1989). Guérin (1989) führt weiter aus, dass eine solche Standardzone als Ge steinspaket und nicht als Zeitspanne zu verstehen ist. Ferner ist nach Guérin (1989) diese Zonendefinition ohne Typusprofil möglich, es sollten jedoch Typokalitäten festgelegt werden, da Zonen subjektive Interpretationen objektiver Daten darstellen. Fahlbusch (1991) erläutert, dass die MN-Zonen keiner Definition im Sinne Hedberg's (1976) entsprechen. Fahlbusch (1991: 165) fasst zusammen, dass die Charakterisierung von «units» durch die Verwendung von Evolutionsständen, häufigen Taxa und Art-Erstauf treten sehr wohl ein nützliches Instrument darstellen, um Faunen Europa-weit zu korrelieren. In einer neuesten Synopsis (De Bruijn et al. 1992) werden die MN-Zonen erneut diskutiert und dahingehend revidiert, das MN7 und MN8 zusammengefasst werden. Der Evolutionsgrad soll das einzige Kriterium für die Korrelation fossiler Säugetierfaunen mit der MN-Zonierung sein.

Es ergeben sich einige Schwierigkeiten bei einer Korrelation in ganz Europa, die auf geographisch beschränkten Faunenvorkommen beruht. Auf rezente Kleinsäugerfaunen in West- und Osteuropa zeigen insgesamt nur relativ wenig gemeinsame Arten. Im fossilen Zustand würde man sie wahrscheinlich zeitlich nicht miteinander korrelieren! Wie schwierig die Korrelation zu geographisch weit entfernten Regionen sein kann, beschreibt Heissig (1989, S. 190).

Betrachtet man die für viele MN-Zonen charakteristischen Angaben von Vorkommen und Veränderungen der Säugerfaunen in Mein (1989), so findet man vorwiegend Grossäuger-Events aufgeführt. Grossäuger lassen sich jedoch an den wenigsten Kleinsägerfundstellen in ausreichender Erhaltung belegen, so dass aufgrund von Grossäugern allein in den überwiegenden Fällen eine Einstufung unmöglich ist. So verwundert es nicht, dass die MN-Zonierung nach Mein (1975, 1989) auch in der stratigraphischen Vergleichstabelle von Steininger et al. (1989, S. 17) zu Unsicherheiten und Fragezeichen in der Grenzziehung der MN-Zonen bezüglich der Korrelation zu anderen Stratigraphien geführt hat, besonders im Bereich der Zonen MN 5–7. Die Abgrenzung einzelner MN-Zonen gegeneinander ist bis heute unklar definiert und wird in naher Zukunft wohl noch einige Präzisierungen erfahren.

Das Konzept der MN-Zonierung ist zu begrüssen, wenn man zusätzlich regionale Zonierungen – basierend auf lithologisch gesicherten Profilabfolgen – akzeptiert. Diese können untereinander korreliert werden und zur Verbesserung der Definition der MN-Zonen und ihrer Abgrenzung beitragen. Eine ähnliche Auffassung vertritt auch Fahlbusch (1991, S. 167, 171).

Probleme der Säugetierstratigraphie, Diskussion:

- Gefahr von Zirkelschlüssen von Säugerfaunen-Abfolgen ohne geologische Profile.
- Auf Konvergenzen und Parallelismen und nur teilweise auf Migrationen zurückzuführen sind morphologische Gemeinsamkeiten, die an Säugergebissen in Europa und Nordamerika auftreten (Engesser 1979).
- Sprünge in der zahnmorphologischen Entwicklung können vielerlei Ursachen haben: Migrationen, Dokumentationslücken oder unterschiedliche Artbildungsraten.
- Wieweit die Funddichte bzw. erdgeschichtliche Dokumentation für die oben erwähnten Abklärungen ausreichend ist, ist subjektive Ansichtssache.
- Meistens reichen die Merkmale der Zähne eines Säugergebisses aus, um eine Art zu diagnostizieren.
- Graduelle Merkmalsveränderungen erschweren die Unterscheidung von Arten.

5. Regionale Kleinsäger-Faunenabfolge

Arbeitsmethoden

Zur Gewinnung der Kleinsägerzähnchen wurden jeweils beachtliche Mengen des meist mergeligen, fossilhaltigen Sedimentes aufbereitet (Mengenangaben in Fig. 15). Das Material wurde getrocknet und anschliessend mit verdünntem Wasserstoffperoxid versetzt. Der entstandene Schlamm wurde durch Siebe von 1.25 mm und 0.40 mm gespült. Je nach Zerfallsquote wurden die Schlämmdurchgänge bis zu 3 Mal wiederholt. Bei grossem Anfall von Schneckenschalenresten wurde das Residuat einer zusätzlichen Säurebehandlung mit gut gepufferter Ameisensäure unterzogen. Stark haftender Ton konnte durch Kochen in einer wässrigen Bradophen-Lösung (Ionen-aktives Desinfektionsmittel der Firma Ciba-Geigy) weggebracht werden. Das Material Tägernaustrasse/

Jona musste nach diesem Verfahren behandelt werden. Der gut gewässerte und getrocknete Siebrückstand wurde unter der Stereolupe (Wild) bei 10- bis 40-facher Vergrösserung ausgelesen. Zahnmasse konnten mit einem Messokular (Olympus) gemessen werden.

Ein vorbereitetes Raster aus Typenreiniger-Kitt (Läufer) bildete die Aufbewahrungs-Matrix für Kleinsäger-Zähnchen. Oft war eine kurze Behandlung der Zähnchen mit stark verdünntem Zaponlack angebracht, um einer Versprödung vorzubeugen.

Während in den meisten Fällen beliebig die am günstigsten erscheinende Stelle beprobt wurde, fand bei der Grabung Tägernaustrasse-Jona eine systematische Probenahme einer Fläche von 20 m² statt. Eine nur 5 cm messende Schicht wurde in 20–30 kg-Portionen abgefüllt und diese je getrennt verarbeitet, so dass zerbrochene Zahnreste oft wieder repariert werden konnten. Es zeigte sich eine Fossilverteilung mit gleichbleibender Häufigkeit der verschiedenen Kleinsägergruppen. Fossilanreicherungen fanden sich in flachen Sedimentmulden wo auch die Sedimentmächtigkeit etwas grösser war.

Die Geländeorientierung erfolgte mit der Landeskartierung 1: 25 000. Die Höhenlagen wurden mit Fixpunkten und Höhenmesser ermittelt. Im Goldinger Tobel, bei Wald am Bachtel und im Hörnli-Gebiet liessen sich längere Profile erstellen, die untereinander korrelierbar sind. Die grossmassstäblichen Schichtmächtigkeiten wurden im stark aufgebogenen Teil am Tafelmolasse-Südrand geometrisch errechnet (Aquitän-Karpat). In den distalen Bereichen waren die zumeist sehr kurzen Profile lediglich vage auf das Bentonit-Niveau von Turbenthal (? = Bentonit-Niveau des Bergwerks Riedhof im Reppischthal; Gubler, in Bearbeitung) zu beziehen und so indirekt korrelierbar. Schwierigkeiten bot auch die Mächtigkeitsabnahme von altersgleichen Schichtpaketen gegen Norden. An den wichtigsten Fossilfundpunkten wurden Detailprofile mit dem Massstab bzw. Messband aufgenommen (Bolliger 1992).

Engesser & Mayo (1987) stellten eine Kleinsägerstratigraphie in der USM mit sog. «Schlüsseltafeln» auf und korrelierten diese mit Faunen ausserhalb der Molasse. Leider standen für die Schlüsseltafeln von Engesser & Mayo (1987) nur teilweise zusammenhängende Profile, oft aber lithostratigraphisch isolierte Fossilfundstellen zur Verfügung. Ähnliches ist für die von Engesser (1989) aufgestellte Zonierung der schweizerischen OMM nach Schlüsseltafeln festzuhalten. Eine provisorische Biozonierung der schweizerischen OSM stellte Engesser (1990, S. 130) vor.

Im alpennahen Hörnli-Profil liegen gut aufgeschlossene geologische Profile in der OMM und OSM vor. Da hier die lithostratigraphischen Zusammenhänge eindeutig sind, schlage ich die reichhaltigsten Faunen des Profils als regionale Referenzlokalitäten vor. Es zeigen sich Tendenzen, die Artentwicklungen und Faunenmigrationen betreffen, welche durch die definierte, lithostratigraphische Relativabfolge gesichert sind. Diese Einführung einer gut abgesicherten regionalen Sägerzonierung im Hörlischuttfächer ist gerechtfertigt und kann zu einer Verbesserung der Definition der MN-Zonen besonders in einem Bereich von MN 5–7 verhelfen.

Der Rahmen dieser Arbeit wäre jedoch bei weitem gesprengt worden, hätte man eine «probabilistic stratigraphy» nach Hay (1972) versucht. Für Sägerstratigraphien ist die Verwirklichung dieses Konzepts vorderhand nicht möglich, da man kaum 10 vollständige, fossilreiche Sektionen zur Gegenüberstellung finden wird. Diese Arbeitsweise bleibt vorläufig den marin (Mikro-)paläontologen vorbehalten. Eine Diskussion der Unterschiede mariner und terrestrischer Möglichkeiten der Biostratigraphie gibt auch Guérin (1989).

Die Feldarbeiten 1987 bis 1990 förderten einige wichtige, neue Fossilfundstellen zu Tage, deren Bearbeitung teilweise in grösserem Umfange vollzogen werden konnte (Grabung, Aufbereitung, Bestimmung). Die wichtigsten dieser relativ alpennah liegenden Fundstellen – **Goldinger Tobel [GT1]**, **Tägernaustrasse-Jona**, **Martinsbrünneli-Jona**, **Tobel-Hombrechtikon**, **Ornberg-Dürnten**, und **Grat** – wurden als 6 Schlüsseltafeln für regionale «Assemblage»-Zonen definiert. Diese «Assemblage»-Zonen werden hier als

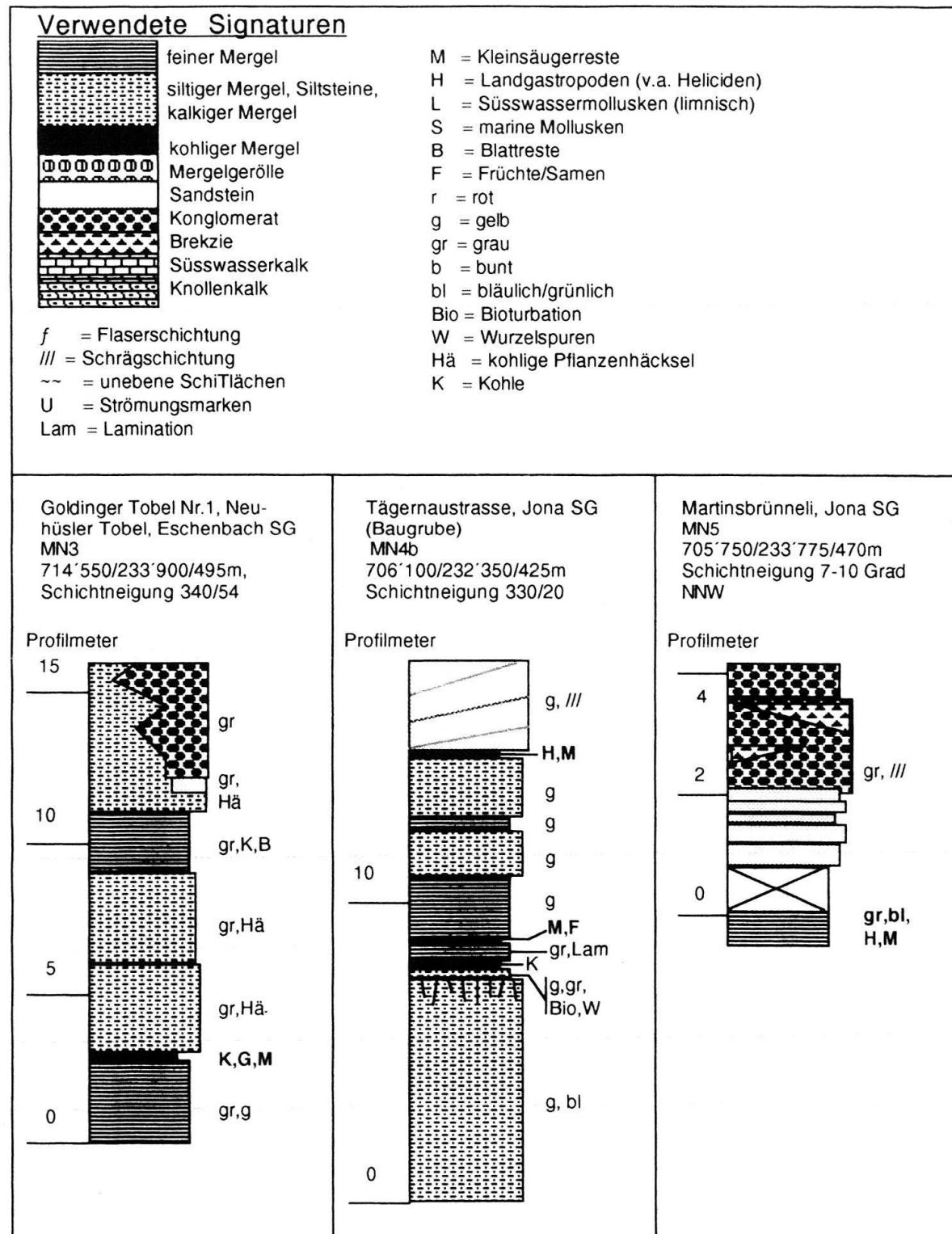


Fig. 7a.

informelle biostratigraphische Einheiten im Sinne von Hedberg (1976) angewendet. Sie entsprechen verschiedenen lithostratigraphischen Niveaus, deren relative Altersbeziehungen untereinander ermittelt werden konnten. Sie decken einen Bereich von MN3 bis MN7 ab. Wie die Korrelation zur MN-Zonierung erfolgte wird anschliessend erklärt.

Die genaue Lokalisierung und lithostratigraphische Position der Referenzfaunen finden sich in Figur 15. Bis auf die Lokalität Tägernaustrasse (Baugrube) ist der Zugang zu den Referenzlokalitäten weiterhin gewährleistet. Die Profile sind in Figur 7 abgebildet.

Schlüsselfauna von Goldinger Tobel 1

1. Faunenliste der Referenzlokalität. – Entdeckt (?) H. Tanner 1944

Insectivora:

Erinaceidae: *Erinaceidae* indet.

Dimyliidae: *?Plesiodimylus*

Rodentia:

Eomyidae: *Ligerimys antiquus* *

Ligerimys oberlii *

Gliridae: *Peridyromys cf. murinus*

Peridyromys sp.

Fig. 7. Im Folgenden werden die Lokalprofile einiger wichtiger Sägerfundstellen mit Säulenprofilen dargestellt (direkt beobachtbare Daten).

Goldinger Tobel Nr. 1. – Basis der Hörlischüttung, rund 50 m über dem Oberende der aquitanen Mergel- und Sandsteinzone. Im Bach und am Ufer gut gebankte graue Siltstein- und Mergelserien, im oberen Teil mit Pflanzenresten. Tanner (1944) beschreibt von hier Palmenreste. In kohlig-sandiger Mergellinse rund 10 m unterhalb des nach Westen auskeilenden Konglomerates am rechten Bachufer lieferte Sägerreste. Faziell liegt eine rinnenförmige, verschwemmte limmatische Bildung vor.

Tägernaustrasse. – Teil der auffallend schüttungsarmen Zone über dem Eggwaldkonglomerat. Obwohl ohne marinen Bedingungen, könnte die Profilbasis durchaus brackische Sedimentation darstellen. Die untere Kleinsäger-Fundschicht wurde in einer Grabung 1987 ausgebeutet, die einige Meter höher liegende war nur wenig ergiebig.

Martinsbrünnetli. – Natürlicher Aufschluss in unmittelbarer Nähe der bekannteren Fundstelle Hüllistein (vgl. Bügisser, Furrer & Hünermann 1983). Der Kleinsäugergehalt dieser Lokalität ist jedoch deutlich vielseitiger. Durch die unmittelbare Nähe zum Hüllistein-Leitniveau im Hangenden, gewinnt die Sägerfauna an Bedeutung. Es liegt eine Überschwemmungsfazies vor.

Tobel. – Typische sedimentologische Eigenschaften von «Crevasse-splays», also von Flussbett-Durchbrüchen bei Hochwasser, kennzeichnen das gradiente sandig/mergelige Sediment, in dem neben Sägerresten nur spärlich Mollusken- und Reptilreste vorkommen.

Ornberg. – Am südlichen Abhang des Bachtels gelegen. In einem sonst von Konglomerat dominierten Profil liegt eine auffallend mächtige Mergelzone. Während in deren oberem Drittel in einem siltigen, grauen Wetterkalk und einem kohligem Mergel Landschnecken gefunden werden können, findet man im mittleren Bereich mausgraue, schmierige Mergel, die in einem Horizont Landschnecken, Reptilienreste und Kleinsägerzähnchen enthalten. Es liegt eine Überschwemmungsfazies vor.

Grat. – Hoher Konglomeratanteil, zur engeren Hörliregion gehörend. Auf 915 und 930 m üM. finden sich dunkle Mergeleinschaltungen, wobei die obere Fundstelle lokal extrem stark mit Kleinsägerzähnchen angereichert ist, andernorts aber nur Pflanzenreste enthält.

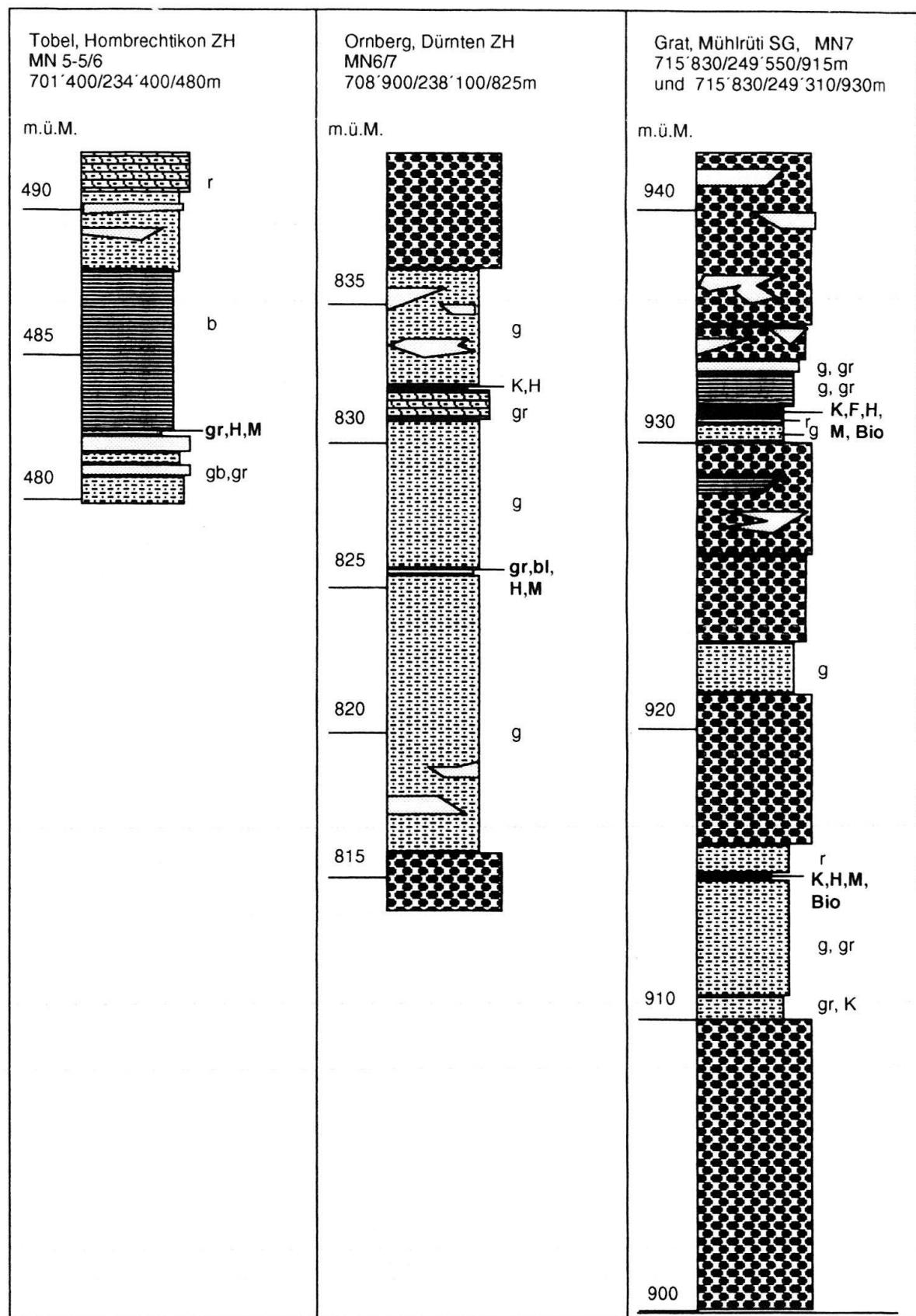


Fig. 7b.

	<i>Pseudodryomys</i> sp.*
	<i>Nievella</i> n.sp.*
	Gliridae indet.
Cricetidae:	<i>Eucricetodon infralactorensis</i> *
	<i>Melissiodon dominans</i> *
Lagomorpha:	
Ochotonidae:	<i>Prolagus</i> sp.*
Artiodactyla:	
Tragulidae:	<i>Amphitragulus</i> sp.
Suidae:	<i>Aureliachoerus aurelianense</i> **

2. *Material.* – Rund 70 Einzelzähne; ein Unterkiefer (*Ligerimys oberlii*).
70% Eomyidae, 20% Gliridae, 10% Cricetidae.
3. *Charakteristische Arten.* – *Eucricetodon infralactorensis*, *Ligerimys antiquus*.
4. *Erst-/Letztaufreten.* – Jüngster Beleg von *Eucricetodon* im Hörliprofil.
5. *Charakterisierung der «Assemblage»-Zone.* – Gemeinsames Vorkommen der unter
3. erwähnten Arten, Dominanz von *Peridyroymys*-Arten bei den Gliriden.
6. *Sammlungen.* – Naturhistorisches Museum Basel, Paläontologisches Institut und
Museum Zürich.
7. *Lithostratigraphische Position in der Hörlischüttung.* – 1200 m unter dem Hüllistein-
Leithorizont.
8. *Korrelation zur MN-Zonierung.* – MN 3.

Schlüsselfauna von Tägernaustrasse-Jona

1. *Faunenliste der Referenzlokalität.* – Entdeckt 1986 (Baustelle, Notgrabung)

Insectivora:

Erinaceidae:	<i>Galerix symeonidis</i>
Metacodontidae:	<i>Plesiosorex</i> cf. <i>styriacus</i>
Soricidae:	<i>Heterosorex neumayrianus</i>
	Soricidae indet.
Dimyliidae:	<i>Plesiodimylus helveticus</i>
Talpidae:	<i>Desmanella</i> sp.
Chiroptera:	<i>Myotis</i> sp.
Rodentia:	
Eomyidae:	<i>Ligerimys florancei</i>
Sciuridae:	? <i>Miopetaurista</i>
	Sciuridae indet.
Gliridae:	<i>Microdyromys</i> sp.
	<i>Microdyromys</i> cf. <i>praemurinus</i>

* Faunenelemente nach Engesser (in Keller 1989).

** Nach Büchi & Welti (1951).

	<i>Microdyromys/Paraglirulus</i> indet.
	<i>Miodyromys hamadryas</i> ssp.
	<i>Miodyromys cf. aegercii</i>
	<i>Pseudodryomys ibericus</i>
	<i>Peridyromys cf. murinus</i>
	<i>Bransatoglis astaracensis</i>
	Gliridae Gen. et Sp. indet.
Cricetidae:	<i>Democricetodon</i> aff. <i>franconicus</i>
	<i>Eumyarion bifidus</i>
	<i>Megacricetodon</i> cf. <i>collongensis</i>
Spalacidae:	<i>Anomalomys minor</i>
Carnivora:	Carnivora indet.
Artiodactyla:	
Ruminantia:	Ruminantia indet.

2. *Material.* – 1600 Einzelzähne.
30 % Anomalomys, 20 % Insectivora, 20 % Gliridae, 20 % Cricetidae.
3. *Charakteristische Arten.* – *Anomalomys minor*, *Democricetodon* aff. *franconicus*, *Plesiodimylus helveticus* n.sp.
4. *Erst-/Letztaufstreten.* – Jüngstes Vorkommen von *Ligerimys florancei*. Erstaufstreten von *Democricetodon*, *Megacricetodon*, *Eumyarion*, *Anomalomys*.
5. *Charakterisierung der «Assemblage»-Zone.* – Dominanz wie unter 3., *Ligerimys* und *Megacricetodon* sind extrem selten.
6. *Sammlungen.* – Naturhistorisches Museum Basel, Paläontologisches Institut und Museum Zürich.
7. *Lithostratigraphische Position in der Hörlischüttung.* – 340 m unter dem Hüllstein-Leithorizont.
8. *Korrelation zur MN-Zonierung.* – MN 4.

Schlüsselfauna von Martinsbrünneli-Jona

1. *Faunenliste der Referenzlokalität.* – Entdeckt 1979 (M. Weidmann)
- | | |
|------------------|--|
| Insectivora: | |
| Erinaceidae: | <i>Galerix</i> sp. |
| Dimyliidae: | <i>Plesiodimylus helveticus</i> |
| Heterosoricidae: | <i>Dinosorex</i> cf. <i>sansaniensis</i> |
| Rodentia: | |
| Sciuridae: | <i>Spermophilinus</i> aff. <i>bredai</i>
? <i>Miopetaurista</i> |
| Gliridae: | <i>Microdyromys praemurinus</i>
<i>Microdyromys</i> cf. <i>miocaenicus</i> *
<i>Bransatoglis cadeoti</i> |

Cricetidae:	<i>Democricetodon</i> sp. (kleine Form) <i>Democricetodon mutilus</i> <i>Megacricetodon germanicus</i> <i>Eumyarion bifidus</i> <i>Neocometes similis</i> **
Lagomorpha:	
Ochothonidae:	<i>Ochothonidae</i> indet. (? <i>Prolagus</i>) <i>Eurolagus</i> sp. 1
Carnivora:	<i>Carnivora</i> indet.
Artiodactyla:	<i>Ruminantia</i> indet.
Suidae:	<i>Hyotherium</i> sp.*

2. *Material.* – 60 Einzelzähne.
30 % Cricetidae, 20 % Gliridae, 20 % Insectivora, 10 % Lagomorpha.
3. *Charakteristische Arten.* – *Megacricetodon germanicus*, *Democricetodon crassus*?,
Bransatoglis cadeoti.
4. *Erst-/Letztauftreten.* – Erstes Vorkommen von *Neocometes*.
5. *Charakterisierung der «Assemblage»-Zone.* – Wie unter Punkt 3. *Megacricetodon germanicus* hat eine normale Grösse.
6. *Sammlungen.* – Paläontologisches Institut und Museum Zürich.
7. *Lithostratigraphische Position in der Hörlischüttung.* – 5 m unter dem Hüllstein-Leithorizont.
8. *Korrelation zur MN-Zonierung.* – MN 5.

Schlüsselfauna von Tobel-Hombrechtikon

1. Faunenliste der Referenzlokalität. – Entdeckt 1985

Insectivora:	
Erinaceidae:	<i>Lanthanotherium</i> aff. <i>sansaniensis</i> <i>Galerix</i> sp.
Metacodontidae:	? <i>Plesiosorex</i>
Dimylidae:	<i>Plesiodimylus</i> cf. <i>bavaricus</i>
Soricidae:	<i>Miosorex</i> cf. <i>desnoyersianus</i> Soricidae indet.
Rodentia:	
Sciuridae:	? <i>Palaeosciurus</i> <i>Blackia miocaenica</i> Sciuridae indet.
Eomyidae:	<i>Keramidomys carpathicus</i>
Gliridae:	<i>Microdyromys praemurinus</i> <i>Microdyromys</i> cf. <i>miocaenicus</i>

* nach Hünermann (in Bürgisser et al. 1983).

** nach Hünermann (1984).

Cricetidae: *Paraglirulus werenfelsi*
Paraglirulus conjunctus
Bransatoglis astaracensis
Democricetodon mutilus
Megacricetodon cf. minor
Eumyarion bifidus
Eumyarion cf. weinfurteri
Anomalomys minutus
Neocometes cf. similis

Lagomorpha:

Ochotonidae: *Prolagus oeningensis*
Artiodactyla: Ruminantia indet.

2. *Material.* – 200 Einzelzähne.

30 % Cricetidae, 20 % Eomyidae, 20 % Insectivora, 15 % Gliridae, 10 % Anomalomys.

3. *Charakteristische Arten.* – *Eumyarion bifidus*, *Eumyarion weinfurteri*, *Democricetodon aff. mutilus*, *Anomalomys minutus* nov.spec., *Keramidomys carpathicus*.

4. *Erst-/Letztaufreten.* – *Anomalomys minutus* ist nur von hier bekannt.

Neocometes cf. brunonis, *Megacricetodon minor* und *Blackia miocaenica* treten erstmals auf.

5. *Charakterisierung der «Assemblage»-Zone.* – Charakteristische Arten wie unter Punkt 3.

Keramidomys carpathicus ist relativ häufig.

6. *Sammlungen.* – Paläontologisches Institut und Museum Zürich, Naturhistorisches Museum Basel.

7. *Lithostratigraphische Position in der Hörlischüttung.* – 130 m über dem Hüllistein-Leithorizont.

8. *Korrelation zur MN-Zonierung.* – MN 5/6.

Schlüsselfauna von Ornberg-Dürnten

1. *Faunenliste der Referenzlokalität.* – Entdeckt 1985

Insectivora:

Erinaceidae: *Galerix* sp.
Dimyliidae: *Plesiodimylus* sp.
Soricidae: Soricidae indet.

Rodentia:

Eomyidae: *Keramidomys carpathicus*
Sciuridae: *Spermophilinus bredai*
Blackia miocaenica
Gliridae: *Myoglis meini*
Microdyromys sp.

- Microdyromys cf. miocaenicus*
Paraglirulus werenfelsi
 Cricetidae: *Megacricetodon similis*
Eumyarion cf. latior
 Ochotonidae: Ochothonidae indet.
 Artiodactyla Ruminantia indet.
2. *Material.* – 30 Einzelzähne.
 40 % Gliridae, 30 % Cricetidae, 10 % Sciuridae, 10 % Insectivora.
 3. *Charakteristische Arten:* *Megacricetodon minor*, *Eumyarion* sp., *Microdyromys praemurinus*, *Myoglis meini*.
 4. *Erst-/Letztauftreten.* – Erstes Vorkommen von *Myoglis meini*.
 5. *Charakterisierung der «Assemblage»-Zone.* – Charakteristische Arten wie unter Punkt 3.
Eumyarion ist grösser als in Tobel-Hombrechtikon.
 6. *Sammlungen.* – Paläontologisches Institut und Museum Zürich.
 7. *Lithostratigraphische Position in der Hörlischüttung.* – 470 m über dem Hüllistein-Leithorizont.
 8. *Korrelation zur MN-Zonierung.* – MN 6.

Schlüsselfauna vom Grat-Kirchberg

1. Faunenliste der Referenzlokalität. – Entdeckt 1989

- Insectivora:
- | | |
|--------------|---|
| Erinaceidae: | <i>Galerix</i> sp. |
| Soricidae: | <i>Miosorex</i> cf. <i>desnoyersianus</i> |
| | Soricidae indet. |
| | <i>Dinosorex</i> cf. <i>pachygnathus</i> |
| | Heterosoricinae indet. |
| Dimyidae: | <i>Plesiodimylus</i> sp. |
- Rodentia:
- | | |
|------------|---|
| Sciuridae: | <i>Spermophilinus bredai</i> |
| | <i>Blackia miocaenica</i> |
| Eomyidae: | <i>Keramidomys reductus</i> |
| | <i>Keramidomys</i> cf. <i>mohleri</i> |
| Gliridae: | <i>Eomuscardinus</i> aff. <i>sansaniensis</i> |
| | <i>Microdyromys praemurinus</i> |
| | <i>Paraglirulus werenfelsi</i> |
| | <i>Bransatoglis astaracensis</i> |
- Cricetidae:
- | | |
|--|--|
| | <i>Megacricetodon similis</i> |
| | <i>Democricetodon brevis</i> |
| | <i>Democricetodon</i> aff. <i>gailliardi</i> |
| | <i>Eumyarion</i> cf. <i>latior</i> |
| | <i>Cricetodon</i> sp. |

Lagomorpha:

Ochotonidae: *Eurolagus* sp. 2*Prolagus* sp.

Artiodactyla: Ruminantia indet.

2. Material. – 1000 Einzelzähne.

50% Cricetidae, 20% Sciuridae, 10% Insectivora, 10% Gliridae.

3. Charakteristische Arten. – *Megacricetodon similis*, *Democricetodon gaillardi*, *Keramidomys reductus* nov. spec., *Spermophilinus* cf. *bredai*, *Eumyarion* cf. *latior*.4. Erst-/Letztaufstreten. – Erstes Vorkommen von *Eumyarion* cf. *latior*, *Keramidomys* cf. *mohleri*, bisher einziges Vorkommen von *Keramidomys reductus* nov. spec.

5. Charakterisierung der «Assemblage»-Zone. – Charakteristische Arten wie unter Punkt 3.

Eumyarion cf. *latior* ist dominant. *Keramidomys carpathicus* ist durch die beiden Arten *Keramidomys reductus* nov. spec. und *Keramidomys* cf. *mohleri* ersetzt worden.

6. Sammlungen. – Paläontologisches Institut und Museum Zürich.

7. Lithostratigraphische Position in der Hörnlischüttung. – 1600 m über dem Hüllistein-Leithorizont.

8. Korrelation zur MN-Zonierung. – MN 7.

Die Korrelations-Problematik der Referenzfaunen des Hörnliprofils zu den Referenzfaunen der MN-Zonierung soll mit der von Simpson (1960, S. 301) gegebenen Formel $C/N_1 \times 100$ verdeutlicht werden, wobei C die Anzahl gemeinsamer Kleinsäuger-Arten (Insectivora, Chiroptera, Rodentia, Lagomorpha) und N_1 die Gesamtartzahl der kleineren Vergleichsfauna bedeutet (Fig. 8 und 9).

Die numerische Methode nach Simpson (1960) ist mit dem Vergleich von Arten nur teilweise richtungsweisend (Fig. 8). So wäre Goldinger Tobel 1 mit MN3 oder MN4, Tägernaustrasse mit MN5, Martinsbrünneli mit MN8, Tobel mit MN6, Ornberg mit MN6 oder 8 und Grat mit MN8 zu korrelieren, was Umkehrungen der vorliegenden Verhältnisse entspricht. Die Methode reagiert empfindlich auf die unterschiedliche Da-

Referenzfauna >>		MN2	MN3	MN4	MN5	MN6	MN7	MN8
Referenzfauna des Hörnliprofils	Total Arten	11	30	32	14	36	17	44
		C/N ₁ x100						
Goldinger Tobel 1	13	1	9	3	<u>23</u>	3	0	0
Tägernaustrasse-Jona	24	0	0	2	<u>8</u>	4	17	3
Martinsbrünneli-Jona	15	0	0	0	4	<u>27</u>	3	<u>21</u>
Tobel-Hombrechtikon	20	0	0	0	4	<u>20</u>	3	21
Ornberg-Dürnten	11	0	0	0	1	<u>9</u>	0	0
Grat-Kirchberg	23	0	0	0	1	<u>4</u>	1	7

Fig. 8. Faunenähnlichkeiten der Hörnl-Riferenzfaunen zu den MN-Referenzfaunen (Mein 1989) nach Arten. Unterstrichen sind die Werte der besten Übereinstimmung.

tenbasis, bzw. auf die Vernachlässigung feiner Unterschiede (Weglassen von cf. und aff.), sowie auf die verschiedene geographische Distanz der Referenzfaunen der MN-Zonierung zu denen der Hörlischüttung.

Dasselbe Prozedere lässt sich statt mit Arten auch mit Gattungen durchführen. In Figur 9 ist eine Tendenz noch weniger deutlich festzustellen. Die scheinbare Affinität der meisten Hörlifaunen zur Faune zu Anwil ist noch ausgeprägter, der Informationsgehalt geringer als bei einem Vergleich von Arten. Deshalb, und wegen der grossen Kleinsäuger-Artvielfalt von Anwil (MN8; Engesser 1972) korrelieren so viele der Faunen des Hörnli-Profiles mit dieser MN-Referenzlokalität. Zu beachten ist auch die im Vergleich zu Anwil wesentlich geringere Gesamtzahl von Arten/Gattungen in den Referenzfaunen von MN2, MN5 und MN7.

Faunenmigrationen, Parallelentwicklungen und Konservatismus sind Vorgänge, die eine einfache Stratigraphie erschweren. Es muss daran gedacht werden, dass manche Veränderungen auf unterschiedliche lokale ökologische Verhältnisse zurückzuführen sind. Graduelle Entwicklungen von Arten, sowie Neuaufreten und Verschwinden müssen gemeinsam zu stratigraphischen Zwecken verwendet werden. Das Fehlen einer Art hat nur eine praktische Bedeutung, wenn sie für immer verschwindet.

Korrelationen zu den MN-Zonen erfolgten hier nicht mit den oben dargelegten Methoden nach Simpson (1960) zu den Referenzfaunen von Mein (1989), sondern bevorzugt mit Entwicklungsständen einzelner Arten verglichen mit denen von geographisch näher liegenden, bereits eingestuften Faunen (z. B. der bayrischen Molasse), bzw. den von verschiedenen Autoren bereits korrelierten Bioereignissen wie nachfolgend dargestellt.

Im folgenden sind Faunenereignisse aufgelistet, die gemäss der Literatur in Mitteleuropa und/oder gemäss den Faunenanalysen von Bolliger (1992) im Hörnliprofil festgestellt werden können.

Auf Gattungsebene

Weitgehendes Fehlen der Cricetidae in einem Teil von MN3, (GT2, 3, 5/6)*
Dominanz der Eomyidae in MN3, Goldinger Tobel (GT1–5/6)

Referenzfauna >> (MEIN 1989)	MN2	MN3	MN4	MN5	MN6	MN7	MN8	
Referenzfauna des Hörnliprofils	Total Gat- tu- gen	10 C x100	26 C x100	24 C x100	13 C x100	31 C x100	16 C x100	36 C x100
Goldinger Tobel 1	10 5	50 <u>50</u>	6 <u>60</u>	5 50	2 20	2 20	2 20	2 20
Tägeraustrasse-Jona	21 2	20 <u>20</u>	6 <u>29</u>	9 43	5 38	8 38	7 44	10 <u>48</u>
Martinsbrünneli-Jona	13 1	10 <u>10</u>	4 31	8 62	7 54	8 62	7 54	11 <u>85</u>
Tobel-Hombrechtikon	17 1	10 <u>10</u>	4 24	8 47	7 54	12 <u>86</u>	7 44	12 <u>86</u>
Ornberg-Dürnten	11 0	0 0	1 10	4 36	4 36	7 64	6 55	10 <u>91</u>
Grat-Kirchberg	18 1	10 <u>10</u>	3 17	9 50	8 62	13 72	8 50	15 <u>83</u>

Fig. 9. Faunenähnlichkeiten der Hörnli-Referenzfaunen zu den MN-Referenzfaunen (Mein 1989) nach Gattungen. Unterstrichen sind die Werte der besten Übereinstimmung.

* *Eucricetodon* ist ausgestorben, moderne Cricetiden fehlen (Daams & Freudenthal 1989, S. 55). Dieses Phänomen beruht jedoch eventuell auf einer Dokumentationslücke.

Aussterben von <i>Eucricetodon</i>	in	MN3, letztmals Goldinger Tobel (GT1)
Aussterben von <i>Melissiodon</i>	in	MN4 (Mein 1989, S. 75), letztmals Hummelberg
Aussterben von <i>Ligerimys</i>	Ende	MN4, letztmals Tägernaustrasse
Aussterben von <i>Neocometes</i>	in	MN8 (Mein 1989, S. 76, Fejfar 1989, S. 215)
Neuaufreten von <i>Eumyarion</i>	in	MN4, erstmals Tägernaustrasse **
Neuaufreten von <i>Megacricetodon</i>	in	MN4, erstmals Tägernaustrasse **
Neuaufreten von <i>Democricetodon</i>	in	MN4, erstmals Tägernaustrasse **
Neuaufreten von <i>Anomalomys</i>	Ende	MN4, erstmals Tägernaustrasse
Neuaufreten von <i>Desmanella</i>	Ende	MN4, erstmals Tägernaustrasse
Neuaufreten von <i>Keramidomys</i>	Anfang	MN5 (Mein 1989, S. 75), erstmals Hüllistein
Neuaufreten von <i>Neocometes</i>	Anfang	MN5 (erstmals Martinsbrünneli)
Neuaufreten von <i>Eomuscardinus</i>	in	MN5 auf (Mein 1989, S. 75), erstmals Chlaustobel
Neuaufreten von <i>Cricetodon</i>	in	MN6 (erstmals Lätten-Gfell) ***
Neuaufreten von <i>Forsythia</i>	in	MN7 (Mein 1989, S. 76)

Auf Arrebene

Zusammenauftreten von <i>Ligerimys antiquus</i> , <i>Melissiodon dominans</i> und <i>Eucricetodon infralactorensis</i>	nur in MN3 •
Grössenzunahme von <i>Ligerimys antiquus</i> zu <i>L. florancei</i>	von MN3 bis MN4
Grössenzunahme von <i>Eumyarion bifidus</i>	von MN4 bis MN5/6
Grössenzunahme von <i>Eumyarion cf. latior</i>	von MN4 bis MN7
Grössenzunahme von <i>Democricetodon aff. gailliardi</i>	von MN5 bis MN7
Grössenmaximum von <i>Megacricetodon germanicus</i>	Ende MN5 bis MN5/6 **
Wechsel von <i>Lagopsis penai</i> zu <i>L. verus</i>	MN4 ≫ MN5
Wechsel von <i>Prolagus vasconiensis</i> zu <i>P. oeningensis</i>	MN4 ≫ MN5
Wechsel von <i>Anomalomys minor</i> zu <i>Anomalomys minutus</i> n. sp.	von MN4 bis MN5/6
Wechsel von <i>Neocometes similis</i> zu <i>Neocometes cf. similis</i>	MN5 ≫ MN5/6
Wechsel von <i>Eomuscardinus sansaniensis</i> zu <i>E. aff. sansaniensis</i>	MN5 ≫ MN7
Wechsel von <i>Dinosorex sansaniensis</i> zu <i>D. pachygnathus</i>	MN5 ≫ MN7
Auftreten von <i>Ligerimys florancei</i>	Ende MN4 *** (Tägernaustrasse)
Auftreten von <i>Anomalomys minor</i>	in MN4 und MN5 **** (Tägernaustrasse)

** (vgl. auch Fejfar 1989, S. 215), vermutlich teilweise schon früher auftretend.

*** eventuell schon früher, ab Schwemdingen (? = ca. Tobel Hombrechtikon)

• Engesser (1989, S. 178).

• Von dieser Art liegen in jüngeren Faunen wieder kleinere Individuen vor, was auch Heissig (1989) festgestellt hat, und somit von weiterreichender stratigraphischer Bedeutung sein dürfte.

•• Engesser (1990, S. 132).

••• Fejfar (1989, S. 215).

		Profilometer über/unter dem Hüllistein-Leithorizont	Wichtigste Säugerfaunen der alpinen und mitlirenen Profile der Hornischartung
+200m			
+500m	Bärnbobel 855m		Galerix symeonidis Plesiosorex cf. styriacus Heterosorex neumayrianus Plesiodimylus helveticus Dinosorex cf. sansaniensis Miosorex desnoyerianus - Verwandschaft Galerix cf. exilis Lanthanotherium aff. sansaniensis Plesiodimylus bavaricus Plesiodimylus sp. (?chantrei) Dinosorex cf. pachynathrus Heteroxerus sp. Spermophilinus aff. bredai Blackia micacea Spermophilinus bredai Prolagus Lagopsis penai Prolagus oenningensis Lagopsis verus Eurolagus sp.1 Eurolagus sp.2
+600m	Grat 930m	X	
+700m	Gral 910m	X X	
+800m		X X	
+900m		X X	
-1000m		X X	
-1100m		X X	
-1200m	Goldinger Tobel 1	X ?	

Fig. 10. Verbreitung von Insectivoren, Hörnchen und Hasen in der proximalen Hörmischüttung. X = sicher belegt, I = vermutet, ? = fraglich

Fig. 11. Verbreitung von Hamstern in der proximalen Hörnischüttung.
X = sicher belegt I = vermutet ? = fraglich

Profilmuster über/unter dem Hüllstein-Leithorizont		Wichtigste Säugetaufen der alpenländischen und mitteleuropäischen Höhlenschüttungen	
+700m			
Chillhöhl 11000m, Ergeten	?	Ligerimys antiquus Ligerimys oberlii	
+600m	Grat 930m	Pentabuneomys rhodanicus Ligerimys florancei	
+600m	Grat 910m	Keramidomys carpathicus Keramidomys cf. mohleri	
+500m	Bartobel 855m	Keramidomys reductus Peridyromys cf. jaegeri	
+400m	Omburg, Goggeswald	Peridyromys cf. murinus Gliride gen. et sp. indet. 2	
+400m	Lätten-Grell	Pseudodryomys ibericus Microdryomys praemurinus	
+400m	Hueb, Reciboden	Miodyromys hamadryas ssp. Bransatoglika astracensis -	
+400m	Bartobel 730m	Verwandtschaft Miodyromys cf. aegerci	
+400m	Felserbach	Bransatoglika cadeoti Girudinus undosus	
+400m	Blattenbach	Eomuscardinus sansaniensis ?Microdryomys aff. praemurinus	
+300m		Microdryomys cf. miocaenicus Paraglirulus conjunctus	
+300m		Paraglirulus werinfelsi Miodyromys aegerci	
+300m		Myoglis meinii	
+200m	Hadlikon	Eomuscardinus aff. sansaniensis	
+200m	Breitematt		
+200m	Christobel		
+200m	Goldbach		
+100m	Frohberg		
+100m	Schwarz, Tobel, Hotwiel		
+100m	Chlaus-, Bürgs-, Schifflibobel		
+100m	Matt		
+100m	Günisberg		
+100m	Gressen		
0m	Hüllstein, Martinsbrünneli		
-100m			
-100m	Meienberg		
-200m	Sonnenfeld, Kraueren		
-300m	Lattenbach		
-300m	Tägermaustrasse		
-400m			
-500m	Hummelberg		
-900m	Gödingertobel 5/6		
-600m	Fätzikon		
-600m	Gödingertobel 2+3		
-1000m	Gödingertobel 4		
-1100m			
-1200m	Gödingertobel 1	X X	

Fig. 12. Verbreitung von Eomyiden und Schläfern in der proximalen Höhlenschüttung.

X = sicher belegt, I = vermutet, ? = fraglich

Auftreten von <i>Neocometes similis</i>	in MN4 und MN5 •••• (Martinsbrünneli)
Auftreten von <i>Plesiodimylus helveticus</i>	Ende MN4 bis MN5 (Tägernaustrasse, Martinsbr.)
Auftreten von <i>Plesiodimylus chantrei</i> -Formen	von MN5/MN6 bis MN7(8) (Tobel bis Grat)
Auftreten einer grossen <i>Eurolagus</i> -Art	in MN5 (Martinsbrünneli, Güntisberg)
Auftreten von <i>Anomalomys gaudryi</i>	von MN6–8 •••• (Chlihornli 1000 m)
Auftreten von <i>Myoglis larteti</i>	von MN6–8 •••• (Ornberg)
Auftreten einer kleinen <i>Eurolagus</i> -Art	in MN7 (Grat)
Auftreten von <i>Keramidomys mohleri</i>	in MN7(8) (Grat)
Auftreten von <i>Keramidomys reductus</i>	in MN7 (Grat)

Aus diesen Befunden ist leicht ersichtlich, dass die Abgrenzung von MN6 und MN7 relativ schwer fallen muss, da wenig gute Kriterien dazu vorliegen. Ob die «Wechsel» von einer Art zu einer andern Entwicklungsvorgänge darstellen oder nicht, sei an dieser Stelle nicht weiter diskutiert.

Aus den Verbreitungstabellen (Fig. 10–12), zusammen mit dem absoluten Alter eines lithostratigraphisch hineinprojizierten Bentonithorizontes lässt sich jedoch auch im Bereich der weniger gut abgrenzbaren Zonen MN6 und MN7 eine Einstufung wagen. Diese gelingt besonders dank der gut dokumentierten Fauna vom Grat 930 m, welche bereits viele Gemeinsamkeiten zur Fauna von Anwil (Engesser 1972; Mein 1989: S. 85) aufweist, sich aber aufgrund der Entwicklungsstufen der einzelnen Taxa doch als älter erweist.

Zwischen und neben den hinreichend gut dokumentierten Referenzfaunen des Hörnliprofils finden sich noch zahlreiche kleine Faunen, die durch ihre gesicherten lithostratigraphischen Beziehungen von Bedeutung sind. Dies kommt in den Verbreitungstabellen (Fig. 10–12) zum Ausdruck. Dadurch werden Arten erkennbar, welche an den Referenzlokalitäten des Hörnliprofils vorderhand noch nicht nachgewiesen sind, aber zwingend erwartet werden können. Die nachfolgenden Säugerverbreitungstabellen der alpennahen Hörnlischüttung weisen eine vertikale Skala auf, die die Schichtmächtigkeiten, gerechnet ab Hüllstein-Leithorizont, angibt. Diese ist mit einer Altersskala korrelierbar, welche jedoch unregelmässig und nicht linear ist.

Im Hörnlischuttfächer lassen sich verschiedene Säugerassoziationen unterscheiden, die eine Gliederung in durchschnittlich 1 Million Jahre dauernde Abschnitte durch das Neuaufreten und Verschwinden von eindeutig identifizierbaren Taxa, sowie durch unterschiedliche Entwicklungsstufen von Taxa erlauben. Weitere Nuancen werden erst bei statistischen Vergleichen offensichtlich, was nur bei guter Dokumentation gelingt. Mit geringen Verschiebungen der Verbreitungs-Grenzen einzelner Gattungen und Arten muss mit zunehmender Menge des zur Verfügung stehenden Materials gerechnet werden.

Die hier aufgelistete Gliederung gilt im besonderen für den Hörnlischuttfächer, sie ist weitgehend aber auch in der übrigen nordalpinen Molasse anwendbar. In anderen Gebieten Europas ist jedoch aufgrund der verschiedenen paläoklimatischen und paläogeographischen Gegebenheiten mit zeitlichen Unterschieden einiger dieser Bio-Events zu rechnen.

Die Referenzfaunen-Abfolge der Hörnlischüttung (Fig. 13) überdeckt sich zeitlich im unteren Bereich mit dem Vorschlag Engesser's (1989, S. 178) für Referenzfaunen der

Charakteristische Faunenelemente Unterstrichen: speziell wichtig	Zugehörige Faunen	Art der Zone	MN-Zone
<u>Eumyaron latior</u> , <u>Megacricetodon similis</u> , <u>Keramidomys cf. mohleri</u> , Keramidomysreductus, Anomalomys gaudryi, Cricetodon sp., <u>Democricetodon cf. freisingensis</u> , <u>Eomuscardinus att.sansaniensis</u> , <u>Democricetodon minor</u>	Grat 935m ?Imenberg ?Helsighausen	Assemblage-Zone	7
<u>Eumyaron medius-latior</u> , <u>Cricetodon sp.</u> , <u>Megacricetodon similis</u> , <u>Myoglis larteti</u> , <u>Democricetodon minor</u>	Ornberg Goggelswald	Assemblage-Zone	6
<u>Megacricetodon germanicus</u> (grosse Form), <u>Anomalomys minutus</u> , <u>Eumyaron bifidus</u> , <u>Eumyaron weinfurteri</u> , <u>Keramidomys carpathicus</u> , <u>Eomuscardinus sansaniensis</u> , <u>Democricetodon minor</u> (oder Verbreitung von <u>Anomalomys minutus</u>)	Tobel Frohberg Matt	Assemblage-Zone (Lineage-Zone)	6 ----- 5
<u>Megacricetodon germanicus</u> , <u>Eumyaron weinfurteri</u> , <u>Keramidomys carpathicus</u> , <u>Plesiodymylus helveticus</u>	Martinsbrünneli Hüllistein Güntisberg	Assemblage-Zone	5
<u>Anomalomys minor</u> und <u>Ligerimys florancei</u> , <u>Eumyaron bifidus</u> , <u>Megacricetodon cf. collongensis</u> , <u>Democricetodon mutilus</u> , <u>Plesiodymylus helveticus</u> (oder Verbreitung von <u>Anomalomys minor</u>) (<u>Ligerimys oberlii</u> ist dominant)	Tägernaustrasse Andelfingen Buchberg	Assemblage-Zone (Lineage-Zone)	4
<u>Eucricetodon infralactorensis</u> , <u>Peridyromys</u> , <u>Ligerimys antiquus</u> ,	Goldinger Tobel 5/6	(Acme-Zone)	3
	Goldinger Tobel 1	Assemblage-Zone	3

Fig. 13. Referenzfaunen-Abfolge in der Hörlischüttung («Assemblage»-Zonen, Referenzlokalitäten unterstrichen). Zusätzlich mögliche Zonendefinitionen sind in Klammern angeführt: Zwischen die «Assemblage»-Zonen Goldinger Tobel 1 und Tägernaustrasse lässt sich beispielsweise eine Acme-Zone des *Ligerimys oberlii* einschieben. Wie in den Fig. 10–12 ersichtlich, klaffen im Profil besonders im tieferen Teil (MN3–4) noch beträchtliche Lücken. Eine Definitionsergänzung und ein Einfügen weiterer Zonen ist prinzipiell möglich.

OMM der Schweiz. Goldinger Tobel 1 kommt dabei etwa zwischen Engesser's Brütstelen 2 und Bierkeller zu liegen, während Tägernaustrasse-Jona mit Engesser's Hirschthal zu korrelieren ist (Fig. 14).

Den Referenzfaunen des Hörliprofils sollte der Vorrang gegeben werden, zum einen, weil sie in einem gut definierten Profil liegen, zum andern weil bereits relativ viele Zähne vorliegen.

Zwischen Hirschthal und Bierkeller kommen nach Engesser (1989) noch zwei weitere Referenzfaunen (Hintersteinbruch und Wattwil) zu liegen. Zwischen Tägernaustrasse und Goldinger Tobel liegen im Hörlischuttfächer erst unbedeutende Faunen vor, die noch keine weiteren Schlüsse zulassen. Die Fauna Wattwil, die auch von Frei (1979) erwähnt wird, ist einem östlicheren Teil des Hörliprofils angehörig. Obwohl Wattwil, das sich unweit der Basis der Hörlischüttung befindet und lithostratigraphisch ins alpennahe Sammelprofil projizieren lässt, ergeben sich wie weiter unten erläutert einige Schwierigkeiten, weshalb diese Lokalität vorläufig nicht als Referenzfauna aufgenommen werden kann.

Der Bereich zwischen den Referenzfaunen Goldinger Tobel 1 und Tägernaustrasse-Jona kann vorerst durch eine Acme-Zone oder das «Cricetiden-Vacuum» (Daams &

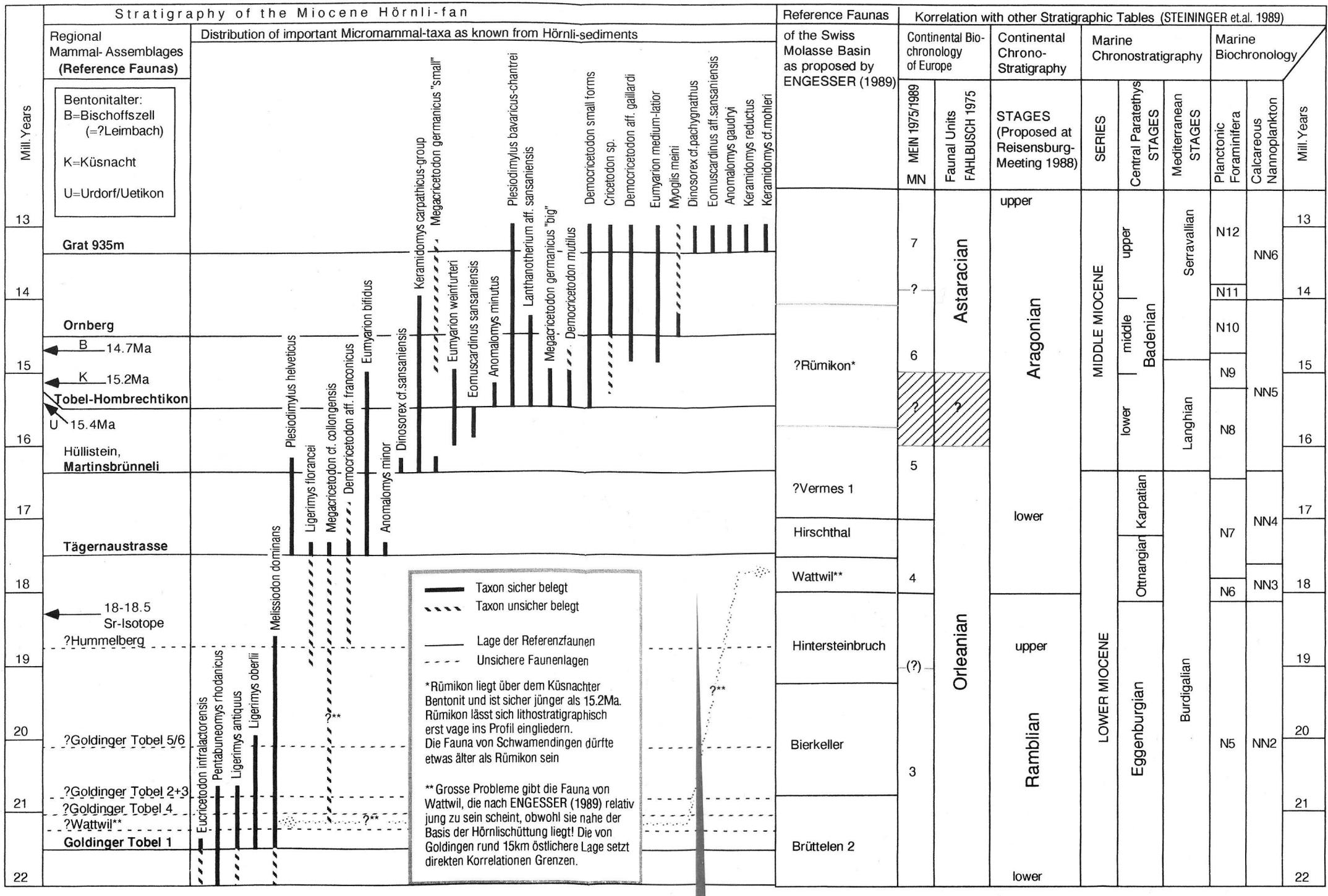


Fig. 14. Biostratigraphische Zusammenfassung und chronostratigraphische Korrelation der Hörnlischüttung.

Freudenthal, 1989, S. 55) teilweise gefüllt werden. Weitere Faunen der distalen Bereiche (unteres und mittleres Tösstal, Andelfingen, Imenberg, Seerücken, Albisregion) lassen sich nur teilweise lithostratigraphisch in das proximale Sammelprofil hineinprojizieren. Biostratigraphische Korrelationsmöglichkeiten ergeben sich jedoch durch direkte Faunenvergleiche.

Figur 14 gibt den stratigraphischen Überblick des Hörnlischuttfächers nach neuester Kenntnis wieder. Die hier präsentierte Kleinsäugerstratigraphie ist über die MN-Zonierung mit marinzen Zonierungen (Planktonforaminiferen und Nannoplankton) korreliert, welche ihrerseits über Korrelationen magnetostratigraphischer Art zu radiometrisch geeichten geomagnetischen Zeittabelle kalibriert wurden (Steininger et al. 1989, S. 17). Zu diesen indirekten Kalibrierungen konnten radiometrische Altersbestimmungen im Hörnli-Schuttächer zugefügt werden.

Fejfar (1989, S. 215) präsentierte eine Tabelle der Faunenentwicklung im Miozän der Tschechoslowakei. *Melissiodon* und *Pseudotheridomys* kommen nach Fejfar (1989) zusammen mit *Ligerimys* bis Ende MN4 vor. Im Hörnli scheint dagegen nur *Ligerimys* bis Ende MN4 durchzuhalten. *Cricetodon* kommt in der Tschechoslowakei ab MN4 vor, während mir aus der Molasse keine Funde vor MN5/6 bekannt sind. Diese Unterschiede zur Abfolge im Hörnli-Profil können folgende Gründe haben:

- Die unterschiedliche Ökologie der beiden Ablagerungsgebiete.
- Einige Faunen in der Tschechoslowakei stammen aus Karstspalten. Ihre relative Altersbeziehung untereinander sowie ihre zeitliche Einheitlichkeit ist nicht unbedingt gesichert.
- Die Funddichte variiert beträchtlich.
- Die geographisch unterschiedliche Lage beider Regionen.

Die «junge» Fauna von Wattwil (MN4a in Engesser 1989) kommt gemäss lithostratigraphischer Korrelation etwa zwischen Goldinger Tobel 1 und Goldinger Tobel 2 + 3 zu liegen (beide MN3). Falls die lithostratigraphische Projektion stimmt (Wattwil ist rund 13 km östlich vom Goldinger Tobel gelegen) und ökologische Variationen vorliegen, wäre die bisherige Stratigraphie in der OMM der Molasse neu zu überdenken, da *Megacricetodon* zusammen mit *Ligerimys lophidens* lokal schon sehr früh auftreten würden, was nicht auszuschliessen ist. Das Vorliegen einer tektonischen Problematik erscheint wenig wahrscheinlich. In Wattwil müssen die geologisch-tektonischen Gegebenheiten geklärt werden, vor allem ist dringend mehr Fundmaterial notwendig.

Eine weitere Problematik in der schweizerischen Molassestratigraphie besteht in der Einstufung der beiden Sägerfundstellen in Vermes (Nordwestschweiz; Engesser et al. 1981), wo ein scheinbarer Hiatus von MN5–MN8 ohne lithologische Ersichtlichkeit vorliegen soll. Vermes 1 lässt sich gut mit Hüllistein und Martinsbrünneli (MN5) korrelieren. Vermes 2 besitzt eine grosse *Megacricetodon germanicus*-Form. Diese Art zeigt die grössten Zähne in einem tieferen Bereich von MN6 (Heissig 1989, S. 189). Engesser (schriftliche Mitteilung 1992) glaubt nicht, dass beim heutigen Kenntnisstand allein mit der Zahngroesse von *Megacricetodon germanicus*-Formen Alterseinstufungen vorgenommen werden können. Die Fauna von Vermes 2 passt prinzipiell gut zu Faunen von MN6. Die einzigen nicht hierzu passenden Sägerarten, *Democricetodon cf. freisingensis* und *Eumyarion latior* sind herkunftsmässig nicht gesichert. Sie stammen aus alten, nicht

Fundortdaten		Kan-ton	Längen-Koordinate	Breiten-Koordinate	MÜM	Profilometer ab Hüllistein	MN	Kg. ca.	Säuger-Zähne
LOKALITÄT	Gemeinde								
Schindelberghöchi	Fischenthal	SG	716400	242270	1070	Proximal 700		7	-
Schindelberghöchi	Fischenthal	SG	715600	242250	1035	Proximal 685		5	-
Chreuelbach	Goldingen	SG	717900	240900	1070	Proximal 680		15	-
Schindelberghöchi	Fischenthal	SG	716525	242100	1010	Proximal 660		7	-
Ornberg	Dürnten	ZH	708900	238100	825	Proximal 470	6 - 7	50	16
Hueb	Wald	ZH	711175	239175	775	Proximal 400		5	4
Hueb	Wald	ZH	711175	239175	765	Proximal 390		2	-
Unterbach	Wald	ZH	707950	237650	725	Proximal 380		3	-
Feisterbach	Wald	ZH	710950	237550	725	Proximal 365		3	2
Ob.Loren	Dürnten	ZH	709700	237600	700	Proximal 350		7	-
Blattenbach	Wald	ZH	710550	237450	710	Proximal 350		3	1
Kasernbach /Breitenm	Dürnten	ZH	708950	237150	680	Proximal 330		0	
Mannenrain	Dürnten	ZH	708375	237600	660	Proximal 315		5	-
Mannenrain	Dürnten	ZH	708375	237600	640	Proximal 290		3	-
Hadlikon	Dürnten	ZH	708000	238200	660	Proximal 280		3	-
Mannenrain	Dürnten	ZH	708300	237300	600	Proximal 260		5	-
Hadlikon Ha 3	Dürnten	ZH	707950	238175	630	Proximal 250		3	2
Hadlikon Ha1+2	Dürnten	ZH	707925	238125	620	Proximal 240		6	3
Breitenmatt	Dürnten	ZH	708850	236700	590	Proximal 230		4	-
Breitenmatt	Dürnten	ZH	708850	236700	580	Proximal 220		7	1
Christobel	Wald	ZH	711000	236100	690	Proximal 210		5	2
Batzberg	Rüti	ZH	709975	235700	680	Proximal 200		3	-
Neubrunnentobel	Hinwil	ZH	707575	238800	610	Proximal 200		3	-
Grube Goldbach	Rüti	ZH	709850	236300	630	Proximal 190		5	3
Christobel	Rüti	ZH	710975	236200	660	Proximal 190		5	-
Büelhof	Bubikon	ZH	703000	235250	530	Proximal 180		10	1
Goldbachtobel	Rüti	ZH	709675	236200	600	Proximal 180		5	-
Pilgersteg	Dürnten	ZH	708975	236450	550	Proximal 170		5	-
Grundtal	Wald	ZH	710375	236700	580	Proximal 170		10	-
Goldbachtobel	Rüti	ZH	709675	236200	590	Proximal 170		7	-
Hint. Pilgersteg	Dürnten	ZH	709125	236425	545	Proximal 165		3	-
Hüsleriet	Bubikon	ZH	704100	235675	510	Proximal 160		5	-
Ob.Rennweg	Bubikon	ZH	702275	234700	500	Proximal 150		3	-
Richttannstr. 10	Hombrechtikon	ZH	701575	234860	505	Proximal 145		15	1
Frohberg	Stäfa	ZH	698350	233525	515	Proximal 140	5 - 6	150	60
Schwarz	Rüti	ZH	705800	235525	480	Proximal 130	5 - 6	10	7
Tobel	Hombrechtikon	ZH	701400	234400	480	Proximal 130	5 - 6	350	200
Hotwiel	Hombrechtikon	ZH	700050	233300	485	Proximal 130	5 - 6	100	60
Schliffitobel 2	Stäfa	ZH	698425	233250	490	Proximal 130		15	3
Jona-Fluss	Dürnten	ZH	707675	236100	490	Proximal 130		10	-
Speerstrasse	Hombrechtikon	ZH	701150	233775	470	Proximal 125		5	2
Eichwies	Hombrechtikon	ZH	701925	234300	485	Proximal 125		0	
Jona-Tal, HR1	Dürnten	ZH	707500	236075	485	Proximal 125		3	-
Schliffitobel 1	Stäfa	ZH	698525	233250	485	Proximal 125		10	4
Jona-Tal	Dürnten	ZH	707500	236075	482	Proximal 120		3	-
Bürgistobel 2	Stäfa	ZH	698150	233300	475	Proximal 115		7	6
Chlaustobel B+C	Hombrechtikon	ZH	702550	233975	450	Proximal 110	5 - 6	20	10
Bürgistobel 1	Stäfa	ZH	698150	233275	465	Proximal 105		7	4
Sonnenhalden	Stäfa	ZH	698000	233250	465	Proximal 105		5	-
Chlaustobel A	Hombrechtikon	ZH	702550	233875	440	Proximal 100		5	1
Laufenbach	Rüti	ZH	707850	235450	500	Proximal 100		5	-
Laufenbach	Rüti	ZH	707850	235450	510	Proximal 100		3	-
Matt, Töbeli	Stäfa	ZH	699625	232900	445	Proximal 90	5	85	50
Güntisberg	Wald	ZH	711625	235700	680	Proximal 80		5	-
Kennelholz	Wald	ZH	711700	235650	700	Proximal 80		4	-
Güntisberg	Wald	ZH	711625	235725	675	Proximal 75	5	50	45
Niggital	Rüti	ZH	708300	235050	525	Proximal 50		2	-
Chefiholz	Wald	ZH	711700	235600	675	Proximal 50		5	-
Giessen	Hombrechtikon	ZH	701800	233550	430	Proximal 40		12	2
Neuguet	Rüti	ZH	711575	235225	720	Proximal 25		7	-
a Mittelstieg E	Rüti	ZH	709400	234720	570	Proximal 0		3	-

Fig. 15a-c. Liste der Fundortdaten. Sortierung nach proximaler, mittlerer und distaler Lage im Hörnli-Schutt-fächer, jeweils beginnend mit der jüngsten Fundstelle.

Fundortdaten		Kan-	Längen-	Breiten-	MÜM	Profilometer	MN	Kg.	Säuger-
LOKALITÄT	Gemeinde	ton	Koordinate	Koordinate	ab Hüllistein			ca.	Zähne
Martinsbrünnetli	Jona	SG	705750	233775	470	Proximal 0	5	150	30
Hüllistein	Rüti	ZH	708850	233875	475	Proximal 0	5	1000	200
Mittelstieg	Rüti	ZH	709200	234730	555	Proximal 0	5	-	
Weier	Rüti	ZH	708600	234700	510	Proximal -25	0		
Kraueren	Eschenbach	SG	711275	234850	560	Proximal -140	3	-	
Kraueren	Eschenbach	SG	711275	234850	595	Proximal -145	3	-	
Meienberg	Jona	SG	705700	232975	430	Proximal -165	10	2	
Sonnenfeld, Grube	Ermenswil	SG	709000	234150	490	Proximal -190	5		
Kraueren	Eschenbach	SG	711200	234775	565	Proximal -190	3	-	
Kraueren	Eschenbach	SG	711200	234775	560	Proximal -195	5	1	
Lattenbach	Eschenbach	SG	712150	234900	545	Proximal -275	5	2	
Lattenbach	Eschenbach	SG	712150	234900	540	Proximal -280	4b	3	-
Tägernau, Kalk	Jona	SG	707350	232900	445	Proximal -310	-	-	
Tägernaustrasse	Jona	SG	706125	232380	425	Proximal -335	4b	20	5
Kurvenhöhenstr.	Jona	SG	706330	232420	435	Proximal -337	0	2	
Tägernaustrasse	Jona	SG	706125	232360	425	Proximal -340	4b	1500	1300
Goldinger Tobel 7	St.Gallenkappel	SG	716020	235950	620	Proximal -390	15	-	
Bollwies-süd	Jona	SG	706475	232050	425	Proximal -480	70	-	
Hummelberg	Jona	SG	707150	232150	445	Proximal -490	5	-	
Holderbrunnen	Jona	SG	708125	232600	460	Proximal -490	5	-	
Bodenholz, Bürg	Eschenbach	SG	713850	234625	580	Proximal -500	5	-	
Hummelberg	Jona	SG	707150	232150	440	Proximal -505	5	-	
Hummelberg	Jona	SG	707150	232150	435	Proximal -510	4	30	10
Hummelberg	Jona	SG	707300	232200	440	Proximal -520	7	1	
Leiset	Eschenbach	SG	709800	233175	520	Proximal -550	0		
Fätzikon-Baust.	Eschenbach	SG	712230	233850	577	Proximal -550	0		
Goldinger Tobel 6/7	St.Gallenkappel	SG	716020	235500	610	Proximal -550	4	-	
Fätzikon-Baust.	Eschenbach	SG	712230	233850	575	Proximal -555	4	8	1
Goldinger Tobel 6	St.Gallenkappel	SG	716150	235350	630	Proximal -660	4	-	
Echetschwil	Goldingen	SG	715300	234775	630	Proximal -720	5	-	
Rüeterswil 2	St.Gallenkappel	SG	716870	235470	710	Proximal -750	10	-	
Rüeterswil 1	St.Gallenkappel	SG	717020	235300	705	Proximal -810	3	-	
Goldinger Tobel 5/6b	St.Gallenkappel	SG	716300	235100	630	Proximal -850	4	1	
Goldinger Tobel 5/6	St.Gallenkappel	SG	716400	235075	630	Proximal -850	3 - 4	60	15
Goldinger Tobel 5	St.Gallenkappel	SG	716120	234950	575	Proximal -870	3	-	
Goldinger Tobel 2b	Goldingen	SG	714775	234375	535	Proximal -930	2	-	
Goldinger Tobel 3	Goldingen	SG	715050	234420	545	Proximal -950	3?	60	20
Goldinger Tobel 2	Goldingen	SG	714775	234375	525	Proximal -950	3?	7	25
Goldinger Tobel 4	St.Gallenkappel	SG	716075	234700	565	Proximal -990	12	3	
Dorfbachtobel oben	Wattwil	SG	725665	240570	?	Proximal ?-1150	4?	?	?
Dorfbachtobel unten	Wattwil	SG	725630	240550	?	Proximal ?-1150	4?	?	?
Goldinger Tobel 1b	Eschenbach	SG	714560	233900	500	Proximal -1190	5	-	
Goldinger Tobel 1	Eschenbach	SG	714550	233900	495	Proximal -1200	3a	30	10
Hörnli	Fischenthal	ZH	713330	247800	1025	Mittel 680	10	-	
Hörnli	Fischenthal	ZH	713450	247875	1015	Mittel 670	5	-	
Chlihornli	Sternenberg	ZH	713530	248300	1000	Mittel 655	8	-	
Chlihornli	Sternenberg	ZH	713540	248300	1000	Mittel 655	7	45	5
Hörnli	Fischenthal	ZH	713300	247800	990	Mittel 645	8	-	
Chlihornli	Sternenberg	ZH	713540	248300	992	Mittel 645	5	-	
Ergeten	Mühlrüti	SG	714250	248510	990	Mittel 640	7	85	9
Cholerbach	Bäretswil	ZH	710825	244600	930	Mittel 610	5	-	
Grat	Mühlrüti	SG	715440	249350	937	Mittel 600	7	-	
Grat	Mühlrüti	SG	715440	249310	935	Mittel 600	7	300	1000
Chaltenbrunnen	Fischingen	TG	713925	248925	940	Mittel 590	6	-	
Grat	Mühlrüti	SG	715830	249550	915	Mittel 580	8	3	
Cholerbach	Bäretswil	ZH	710800	244650	900	Mittel 580	5	-	
Cholerbach	Bäretswil	ZH	710925	244700	900	Mittel 580	0	-	
Chaltenbrunnen r	Fischingen	TG	713925	248925	930	Mittel 580	5	-	
Chlihornli	Sternenberg	ZH	713440	248380	930	Mittel 580	40	-	
Chlihornli	Sternenberg	ZH	713450	248375	932	Mittel 580	6 - 7	15	2

Fig. 15 b.

Fundortdaten		Kan-ton	Längen-Koordinate	Breiten-Koordinate	MÜM	Profilometer ab Hüllistein	MN	Kg. ca.	Säuger-Zähre
LOKALITÄT	Gemeinde								
Sternenberg	Sternenberg	ZH	711300	249050	890	Mittel 570		15	-
N Rossweid	Sternenberg	ZH	711700	249300	890	Mittel 570		0	
Hint. Storchenegg	Fischenthal	ZH	713170	247500	932	Mittel 560		3	-
Hint. Storchenegg	Fischenthal	ZH	713170	147500	930	Mittel 560		3	-
Bärtobel-Hörnli	Fischenthal	ZH	713200	247980	855	Mittel 500	6 - 7	10	4
Schwammwald	Fischenthal	ZH	716250	240530	850	Mittel 500		8	-
Fuchslochbach E	Mühlrüti	SG	716330	245900	860	Mittel 500		7	-
Hulfteggregion	Mühlrüti	SG	716330	245900	860	Mittel 480		5	-
Goggelwald	Fischenthal	ZH	714280	246630	835	Mittel 470	6	40	6
Leiachertobel	Fischenthal	ZH	713800	246660	835	Mittel 470		7	1
Ruehalden-Chrüzbüel	Mühlrüti	SG	715900	246220	835	Mittel 470		7	2
Lätten-Gfell	Sternenberg	ZH	712425	248800	805	Mittel 455	6	25	5
Chli Bäretswil	Bäretswil	ZH	711250	242700	790	Mittel 450		0	
Hörnental	Fischenthal	ZH	712900	247360	790	Mittel 450		7	2
Rechboden	Steg	ZH	715470	245870	780	Mittel 410		10	3
Chümiwisli	Steg	ZH	714880	245950	775	Mittel 405		20	1
Mältobel	Steg	ZH	712900	246600	745	Mittel 400		8	1
Bruederwald	Gähwiler	SG	715650	249430	740	Mittel 400		6	-
Bärtobel	Steg	ZH	712200	247400	730	Mittel 390		5	3
S Niderau, Orflen	Bauma	ZH	711750	246250	710	Mittel 380		0	
Schäppli, Schmidrüti	Sitzberg	ZH	710200	252700	710	Mittel 380		0	
Schreizen	Sitzberg	ZH	710200	253700	710	Mittel 380		15	2
Bruederwald	Gähwiler	SG	715850	249600	710	Mittel 370		7	-
Chämmerlibach	Saland	ZH	708250	249300	640	Mittel 370		4	-
Wissenbach	Bäretswil	ZH	708050	246010	700	Mittel 370		0	
Lippenschwändi	Fischenthal	ZH	711750	246270	700	Mittel 360		0	
Saland-Eichberg	Saland	ZH	707400	250050	650	Mittel 340		4	-
Chämmerlibach	Saland	ZH	708250	249300	641	Mittel 330		4	-
Balm-Fischingen	Fischingen	TG	715020	252070	650	Mittel 320		10	-
Grafstal	Illnau	ZH	696000	255550	550	Mittel 310		0	
Bohrung BLWVU	Uetikon	ZH	694200	237400	-670	Mittel 40		6	
Esslingen-ARA	Esslingen	ZH	696800	238800	455	Mittel 20	5	10	2
Gerstel	Bichelsee	TG	710900	256350	785	Distal (570?)	6 - 7	10	14
Gerstel	Bichelsee	TG	710900	256350	800	Distal (550?)		0	
Schauenberg-Langriet	Turbenthal	ZH	707075	257050	692	Distal (472?)	6 - 7	4	24
Girenbad HF2	Turbenthal	ZH	705950	256350	690	Distal (470?)		18	1
Schauenberg-Langriet	Turbenthal	ZH	707075	257050	690	Distal (470?)		15	1
Guggenhürl	Seelmatten	TG	710510	256750	705	Distal (455?)		4	-
Langnauer Berg	Langnau	ZH	681530	237200	820	Distal (455)	6 - 7	225	40
Immenberg Kalk	Stettfurt	TG	714350	265450	610	Distal (400?)	6 - 7	180	75
Immenberg	Stettfurt	TG	714350	265450	609.7	Distal (399?)		10	2
Immenberg-Südhang	Stettfurt	TG	716370	265500	600	Distal (390?)		5	-
Rümikon	Rümikon	ZH	701400	261800	510	Distal (300?)	6	30	20
Lauchenfeld	Halingen	TG	712570	265400	480	Distal (270?)		7	-
Hirschengrabentunnel	Zürich	ZH	683640	247820	400	Distal (130)	5 - 6	30	10
Tüfelstobel	Müllheim	TG	718800	275950	500	Distal (+x)		6	-
Mammern 1	Mammern	TG	711000	276850	530	Distal (+x)		10	-
Mammern	Mammern	TG	712100	277300	535	Distal (+x)		5	-
TMC	Glattbrugg	ZH	684500	253200	430	Distal (0.1)	5	20	1
TMC	Glattbrugg	ZH	684500	253200	430	Distal (-0.1)		10	-
Rest.Rebstock	Andelfingen	ZH	693300	272020	410	Distal (-xx)	4b	125	40
Ursprungstrasse	Andelfingen	ZH	693500	271950	405	Distal (-xx)	4b	15	6
Erlistrasse 88	Buchberg	SH	684520	269950	502	Distal (-xx)	4b	100	280
Fischbach	Helsighausen	TG	721800	277800	610	Glimmersand	6 - 7	50	30
Hohrain-Wäldi	Helsighausen	TG	723850	277800	610	Glimmersand	6 - 7	8	3
Iberg	Linn/Zeihen	AG	650950	257700	?	Glimmersand	5 - 8	13	1
Stellen ohne Säugerfund sind Mollusken-, z.T. Florenfundpunkte							Total	5882	3717

Fig. 15c.

horizontiert gesammelten Beständen. Dass Funde aus einer weiteren, jüngeren Fundstelle in Vermes existieren, wird aus der Sammlung Bodmer von Herrn Dr. J. Hürzeler berichtet (Engesser et al. 1981, S. 900). Neue Funde eines Sammlers (Schroeder) in Vermes erbrachten *Keramidomys mohleri*, *Megacricetodon* aff. *minor* und *Megacricetodon similis* (schriftliche Mitteilung Engesser 1992), die ein Alter von MN7–8 wahrscheinlich machen. Nun bleibt abzuklären, wo diese Funde genau herstammen. Das Problem von Vermes ist noch nicht befriedigend geklärt. Es zeigt jedoch deutlich die Schwierigkeit der Einstufung von Faunen im Bereich MN6–8.

LITERATURVERZEICHNIS

- BERGER, J. P. 1985: La transgression de la molasse supérieure (OMM) en Suisse occidentale. Münchener Geowiss. Abh. A, Geol. u. Paläont., Verlag Friedrich Pfeil. 5, 208 S.
- BERGER, W. H. & MAYER, L. A. 1987: Cenozoic Paleoceanography 1986: An introduction. Paleoceanography 2/6, 613–623.
- BOILLIGER, T. 1987: Stratigraphie der Molasse im Raum Stäfa-Jona-Wald (Kantone Zürich und St. Gallen). Unpubl. Diplomarbeit Univ. Zürich, 150 S.
- 1992: Kleinsägerstratigraphie in der miozänen Hörlischüttung (Ostschweiz). Documenta naturae 75, 1–296.
- BOILLIGER, T. & EBERHARD, M. 1989: Neue Faunen- und Florenfunde aus der Oberen Süßwassermolasse des Hörnligebietes (Ostschweiz). Vjschr. der Naturf. Gesellsch. Zürich 134/2, 109–138.
- BOILLIGER, T., GATTI, H. & HANTKE, R. 1988: Zur Geologie und Paläontologie des Zürcher Oberlandes. Vjschr. der Naturf. Gesellsch. Zürich 133/1, 1–24.
- BÜCHI, U. P. 1957: Zur Gliederung der Oberen Süßwassermolasse (OSM) zwischen Bodensee und Reuss. Bull. Ver. Schweiz. Petroleum-Geol. u. Ing. 24/66, 35–42.
- BÜCHI, U. P. & HOFMANN, F. 1945: Die obere marine Molasse zwischen Sitter-Urnäsch und dem Rheintal. Eclogae geol. Helv. 38/1, 175–194.
- 1965: Vulkanische Tuffhorizonte in der Oberen Süßwassermolasse (OSM) der Hörlischüttung bei Atzmännig und Chrüzegg (Kt. St. Gallen). Eclogae geol. Helv. 57/2, 429–430.
- BÜCHI, U. P. & WELTI, G. 1951: Zur Geologie der südlichen mittelländischen Molasse der Ostschweiz zwischen Goldingertobel und Toggenburg. Eclogae geol. Helv. 44/1, 182–206.
- BÜRGISSE, H. M. 1980: Zur mittel-miozänen Sedimentation im nordalpinen Molassebecken: Das «Appenzellergranit»-Leitniveau des Hörlischüttfächers (Obere Süßwassermolasse, Nordostschweiz). Dissertation, Mitt. Geol. Inst. ETH und Univ. Zürich, N.F. 232, 196 S.
- BÜRGISSE, H. M., FURRER, H. & HÜNERMANN, K. A. 1983: Stratigraphie und Säugetierfaunen der mittelmiozänen Fossilfundstellen Hüllistein und Martinsbrünneli (Obere Süßwassermolasse, Nordostschweiz). Eclogae geol. Helv. 76/3, 733–762.
- CALLOMON, J. H. & DONOVAN, D. T. 1971: A code of Mesozoic stratigraphical nomenclature. Mém. Bur. rech. Géol. min., V. 75, 75–81.
- DAAMS, R. & FREUDENTHAL, M. 1989: The Ramblian and the Aragonian: Limits, Subdivision, Geographical and Temporal Extension. -in: LINDSAY et al. [Edts.] (1989): European Neogene Mammal Chronology. Nato ASI Series A, Life Sciences Vol. 180. Plenum Press, New York, 51–59.
- DE BRUJIN, H. et al. 1992: Report of the RCMNS working group on fossil mammals, Reisensburg 1990. Newsletters on Stratigraphy 26, 2/3, 65–118.
- EBERHARD, M. 1987: Entwicklung von Sedimentation, Flora, Fauna, Klima und Relief von Mittelmiozän bis Quartär zwischen Arlberg (Vorarlberg/Tirol) und Adelegg (Allgäu). Dissertation, Mitt. Geol. Inst. ETH und der Univ. Zürich, N.F. 267, 242 S.
- ENGESSER, B. 1972: Die Obermiozäne Säugetierfauna von Anwil (Baselland). Tätigkeitsber. naturf. Gesellsch. Baselland 28, 37–363.
- 1979: Relationships of some Insectivores and Rodents from the Miocene of North America and Europe. Bulletin of Carnegie Museum of Natural History 14, Pittsburgh, 1–68.
- 1989: A preliminary Mammal Zonation of the Upper Marine Molasse of Switzerland. -In: LINDSAY, E., FAHLBUSCH, V. & MEIN, P. (Editors): European Neogene Mammal Chronology. Nato ASI, ser. A: Life sc. 180, 177–180. Plenum Press, New York.

- 1990: Die Eomyiden (Rodentia, Mammalia) der Molasse der Schweiz und Savoyens. Schweiz. Pal. Abh. 112, 144 S.
- ENGESSER, B., MATTER, A. & WEIDMANN, M. 1981: Stratigraphie und Säugetierfaunen des mittleren Miozäns von Vermes (Kt. Jura). Eclogae geol. Helv. 74/3, 893–952.
- ENGESSER, B. & MAYO, N. 1987: A Biozonation of the lower Freshwater Molasse (Oligocene and Agenian) of Switzerland and Savoy on the basis of fossil Mammals. Münchener Geowiss. Abh. (A) 10, 67–84.
- FAHLBUSCH, V. 1991: The meaning of MN-Zonation: Considerations for a Subdivision of the European Continental Tertiary Using Mammals. Newsl. Stratigr. 24/3, 159–173.
- FEJFAR, O. 1989: The Neogene VP Sites of Czechoslovakia: A Contribution to the Neogene Terrestrial Biostratigraphy of Europe based on Rodents. -In: LINDSAY et al. (Editors): European Neogene Mammal Chronology. Nato ASI Series A, Life Sciences Vol. 180, Plenum Press, New York, 211–236.
- FISCHER, H. 1988: Isotopengeochemische Untersuchungen und Datierungen an Mineralien und Fossilien aus Sedimentgesteinen. Dissertation ETH Zürich, 207 S.
- FREI, H. P. 1979: Stratigraphische Untersuchungen in der subalpinen Molasse der Nordost-Schweiz, zwischen Wägitaler Aa und Urnäsch. Dissertation Univ. Zürich, 219 S.
- GENTNER, W., LIPPOLT, H. H. & SCHAEFFER, O.A. 1963: Argonbestimmungen an Kaliummineralien. 9. Die Kalium-Argon-Alter der Gläser des Nördlinger Rieses und der böhmisch-mährischen Tektite. Geochim. Cosmochim. Acta 27, 91–100.
- GUBLER, TH. 1987: Zur Geologie der Oberen Süßwassermolasse zwischen Zürich und Zug. Unpubl. Diplomarbeit, ETH Zürich.
- GUÉRIN, C. 1989: Biozones or Mammal Units? Methods and Limits in Biochronology. -In: LINDSAY, E. H. et al. (Editors): European Neogene Mammal Chronology. Plenum Press. 119–130.
- HAY, W.W. 1972: Probabilistic Stratigraphy. Eclogae geol. Helv. 65/2, 255–266.
- HEDBERG, H. D. 1976: International stratigraphic guide. A Wiley Interscience Publication. 200 S.
- HEISSIG, K. 1989: Neue Ergebnisse zur Stratigraphie der mittleren Serie der Oberen Süßwassermolasse Bayerns. Geologica Bavaria 94, 239–257.
- HOFMANN, F. 1951: Zur Stratigraphie und Tektonik des st. gallisch-thurgauischen Miozäns (Obere Süßwassermolasse) und zur Bodenseegeologie. Ber. Tätigk. St. Gall. naturw. Gesellsch. 74.
- 1974: Geologische Geschichte des Bodenseegebietes. Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees und seiner Umgebung 92, 251–273.
- 1975: Vulkanische Tuffe auf dem Wellenberg E von Frauenfeld und neue Funde auf dem thurgauischen Seerücken. Eclogae geol. Helv. 68/2, 311–318.
- HOTTINGER, L., MATTER, A., NABHOLZ, W. & SCHINDLER, C. 1970: Erläuterungen zum Geologischen Atlas der Schweiz, 57 (1093 Hörnli), 31 S.
- HÜNERMANN, K. A. 1984: Erster Nachweis von *Neocometes similis* FAHLBUSCH 1966 (Mammalia, Rodentia, Cricetidae) in der Schweiz. Eclogae geol. Helv. 77/3, 721–727.
- KELLER, B. 1989: Fazies und Stratigraphie der Oberen Meeressmolasse (unteres Miozän) zwischen Napf und Bodensee. Dissertation Univ. Bern, 1–403.
- MEIN, P. 1975: Biozonation du Neogene mediterraneen a partir des mammiferes. In: Report on activity of RCNMN working groups (1971–1975), 78–81.
- 1989: Updating of MN Zones. In: LINDSAY, E. H. et al. (Editors): European Neogene Mammal Chronology. Plenum Press, New York, 73–90.
- PAVONI, N. 1955: Molassetektonik, Terrassen und Schotter zwischen Glattal, Oberem Zürichsee und Sihltal. Eclogae geol. Helv. 48/2, 360–363.
- 1957: Geologie der Zürcher Molasse zwischen Albis und Pfannenstil. Vjschr. naturf. Gesellsch. Zürich 102/5, 117–315.
- PAVONI, N. & SCHINDLER, K. 1981: Bentonitvorkommen in der Oberen Süßwassermolasse und damit zusammenhängende Probleme. Eclogae geol. Helv. 74/1, 53–64.
- RICHTER, F. M. & DE PAOLO, D.J. 1987: Numerical models for diagenesis and the Neogene Sr isotopic evolution of seawater from DSDP Site 590B. Earth and Planetary Science Letters 83, 27–38.
- SIMPSON, G. G. 1960: Notes on the measurement of faunal resemblance. American Journal of Science, Bradley Volume 258A, 300–311.
- STEININGER, F. F., BERNOR, R. L. & FAHLBUSCH, V. 1989: European Neogene Marine/Continental Chronologic Correlations. In: LINDSAY, E. H. et al. (Editors): European Neogene Mammal Chronology. Nato ASI Ser. A 180, 15–46.

- TANNER, H. 1944: Beitrag zur Geologie der Molasse zwischen Ricken und Hörnli. Mitt. thurg. naturf. Gesellsch. 33, 1–108.
- VINCENT, E. & BERGER, W. H. 1985: Carbon Dioxide and Polar Cooling in the Miocene: The Monterey Hypothesis. In: The Carbon Cycle and Atmospheric CO₂: Natural Variations Archean to Present. In: SUNQUIST, E. T. & BROECKER, W. S. (Editors). Geophysical Monograph 32, 455–468.
- WOODRUFF, F., SAVIN, S. M. & DOUGLAS, R. G. 1981: Miocene stable isotope record: a detailed deep Pacific Ocean study and its paleoclimatic implications. Science 212, 665–668.

Manuskript eingegangen am 10. Juni 1992

Revision angenommen am 20. Juli 1992

