

# Fazies und Paläohydrogeologie der Oberen Süsswassermolasse im Hörnli-Fächer (Nordostschweiz)

Autor(en): **Bürgisser, Heinz M.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **74 (1981)**

Heft 1

PDF erstellt am: **11.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-165087>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Eclogae geol. Helv.	Vol. 74/1	Seiten 19-28	4 Textfiguren und 3 Tabellen	Basel, März 1981
---------------------	-----------	--------------	---------------------------------	------------------

# Fazies und Paläohydrologie der Oberen Süsswassermolasse im Hörnli-Fächer (Nordostschweiz)

Von HEINZ M. BÜRGISSER<sup>1)</sup>

## ABSTRACT

The Middle Miocene Hörnli sediments in northeastern Switzerland belong to the youngest molasse deposits in the North Alpine Foredeep. They were deposited by a river which drained a predominantly carbonate terrain of the Alps. Today they form a wedge which is 65 km long, 25-50 km wide and up to 1500 m thick.

Three facies assemblages have been recognized. The conglomerate facies (> 80% cobble conglomerate, mostly thin, massive to crudely horizontally bedded, amalgamated units) and the conglomerate/siltstone facies (pebble to cobble conglomerate in massively bedded or up to 4 m thick crossbedded units, overbank siltstone/silty sandstone) represent proximal and distal humid alluvial fan environments respectively, with a wide, shifting area of braided, 1-3 m deep channels and a narrower channel area with major, up to 7 m deep channels. Estimated slope is between 0.016 and 0.001.

The third assemblage, the sandstone/siltstone facies, represents the floodplain outside the fan (variegated overbank siltstones, silty sandstones with crumbly bedding, thin coals and lacustrine limestones) crossed by 200-500 m wide, sandy channels of possibly low sinuosity with estimated avulsion frequency of 1750-5200 years.

## 1. Einführung

Die Obere Süsswassermolasse umfasst die jüngsten Molasseserien der jungtertiären Vorlandsenke nördlich der Alpen. In der Nordostschweiz fällt ihre Ablagerung im wesentlichen ins Mittelmiozän der Referenzskala von BERGGREN 1972 (BÜRGISSER 1981).

Die Gesteine der Oberen Süsswassermolasse liegen in kontinentaler Fazies vor. Die Ablagerung erfolgte auf ausgedehnten radialen Schuttfächern alpiner Flüsse im Süden der Senke, in einer Flusslandschaft im Nordteil sowie auf kleinen Schuttfächern am Nordrand, im Bereich des sich damals hebenden Schwarzwaldes. Die beckenaxiale Hauptentwässerung erfolgte nach WSW gegen das heutige Rhonetal und zur Tethys (Glimmersand-Stromsystem, eigentlich die Ur-Rhone).

In der Nordostschweiz besteht der alpenächste, 25-40 km breite Abschnitt der Oberen Süsswassermolasse auf etwa 65 km Länge aus karbonatreichen, quarzarmen Schuttfächer-Sedimenten. Sie werden grossenteils dem *Hörnli-Fächer* zugeordnet, der nach dem ungefähr in seinem Zentrum liegenden Berggipfel des Hörnli (1133 m

<sup>1)</sup> Geologisches Institut, ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich.

NNW

SSE

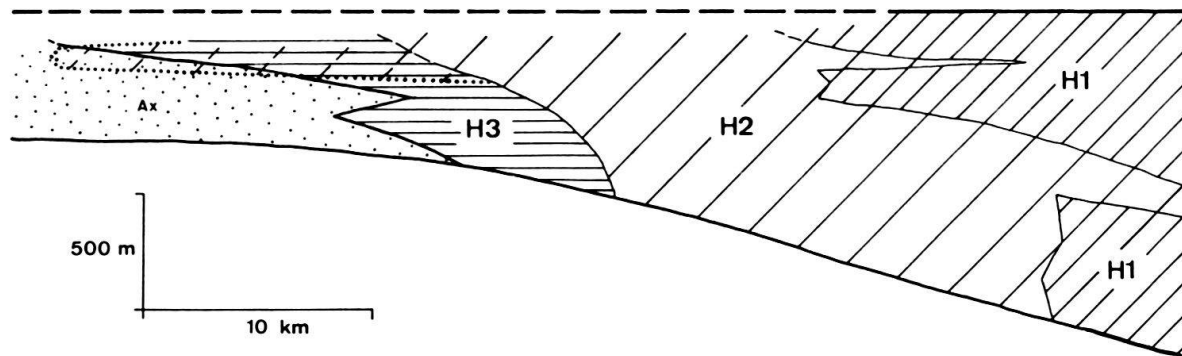


Fig. 1. Faziesgrenzen in einem etwas schematisierten Querprofil durch die Hörnli-Ablagerungen. Die bedeutende Progradation der Konglomerat/Mergel-Assoziation *H2* (unterbrochen schraffiert) beschränkt sich auf das Unterseegebiet. Die südliche Begrenzung des Schichtpaketes ist der heutige erosive Südrand der Oberen Süsswassermolasse.

ü. M.) benannt ist. In diesen proximal 1500 m, distal etwa 600 m mächtigen Serien sind bisher Rinnen-, Überschwemmungs- und limnische Sedimente unterschieden und stratigraphische Gliederungen vorgeschlagen worden (z. B. TANNER 1944, BÜCHI 1957, 1960, PAVONI 1957, 1958, 1959, HOTTINGER et al. 1970). Letzteren liegt ein chronostratigraphischer Leitgedanke zugrunde, weil angenähert isochrone Grenzziehungen versucht wurden; die Grenzen sind allerdings lithostratigraphisch definiert. Da aber in einem Schutfächer die Milieus und damit die Fazies von proximal zu distal ändern, ist es oft problematisch, wenn nicht unmöglich, die

Tabelle 1: Faziesanteile in den Profilen Cholloch NNW Ricken SG (720.250/238.520), Hulftegg (Fig. 2) und Risitobel (Fig. 2) des Hörnli-Schutfächers.

	H1		H2
	Cholloch	Hulftegg	Risitobel
Profillänge	51.60 m	54.25 m	40.85 m
Summe der sichtbaren max. Faziesmächtigkeiten	53.45 m	59.15 m	43.55 m
in % der Profillänge	104%	109%	107%
Rinnenablagerungen	94.8%	68.6%	36.5%
Konglomerat	94.1%	65.4%*	27.8%
Sandstein	0.7%	3.2%	8.7%
"overbank"-Ablagerungen	5.2%	31.4%	63.5%
Mergelsandstein	0.6%	9.2%	24.7%
Mergel	4.6%	22.2%	38.8%
* mit den schlechter aufgeschlossenen Abfolgen im Liegenden und im Hangenden ergibt sich ein Konglomerat-Anteil von ca. 84% und somit eine Zuordnung zur Assoziation H1			

Grenzen in andere Teile des Schuttfächers zu verfolgen. Deshalb werden hier lateral angeordnete lithostratigraphische Einheiten für den Hörnli-Fächer beschrieben, deren Grenzen quer zu den Isochronen verlaufen (Fig. 1). Feldgerecht wird vorgeschlagen, die Einheiten aufgrund des Konglomerat-Anteils in längeren Profilen zu unterscheiden. Konglomerat-Anteile von  $>80\%$ ,  $1-80\%$  und  $<1\%$  definieren so die Fazies-Assoziationen *H1*, *H2* und *H3*; die nachfolgenden Beschreibungen fassen einige vollständig aufgeschlossene, längere Profile zusammen (Fig. 2, Fig. 3, Tab. 1; vgl. auch BÜRGISSER et al. 1981).

## 2. Die Konglomerat-Assoziation (*H1*)

Die Konglomerate sind kornunterstützt und meist bimodal (grobe Fraktion 8–100 mm, feine Fraktion 0,5–0,1 mm). Die 10 scheinbar längsten Geröllachsen der grössten Konglomerat-Einheit eines Aufschlusses messen zwischen 140 und 160 mm, maximal zwischen 185 und 205 mm (grösste Einzelgerölle bis 450 mm lang). Die bis 60 m mächtigen Konglomerat-Wände sind durch zahlreiche, z. T. nur angedeutet erkennbare Schichtflächen gegliedert (Fig. 2). Anhand der Korngrösse, der Geometrie (Mächtigkeit, Schichtgrenzenverlauf) und der internen Schichtung können 7 Fazies unterschieden werden:

- *Rinnen-Konglomerat (k1)*: Unterfläche rinnenförmig, oft mit 0,1–0,3 m tiefen Kolken und Strömungswülsten. Grösste Rinnentiefe 2,2 m (im Mittel 1,0–1,4 m), Rinnenbreite 2 bis über 20 m. Schichtung massiv oder angedeutet horizontal. 10–40% aller Konglomerat-Einheiten in *H1* gehören dieser Fazies an.
- *Ungeschichtetes Konglomerat (k2)*: Brettartige (Untergrenze scheinbar nicht erosiv) Konglomerat-Körper mit fehlender oder undeutlich horizontaler, lateral nicht weit verfolgbarer interner Schichtung. Einheiten durchschnittlich 0,6–1,4 m, maximal 2–3 m mächtig. Häufigste Fazies in *H1*.
- *Schrägeschichtetes Konglomerat (k3)*: Bis 2 m mächtige, planar schrägeschichtete Konglomerat-Bänke. Selten.
- *Schrägeschichteter Sandstein (s1)*:  $>0,5$  m mächtige Bänke. Selten.
- *Horizontal geschichteter Sandstein (s2)*: Strukturlose bis horizontal geschichtete Sandstein-Bänke. Selten.
- *Sandstein-Linsen (s3)*: Schräg- oder horizontal geschichtete Linsen und Füllungen seichter Rinnen von maximal 0,3 m Mächtigkeit und 12 m Länge. Selten.
- *Mergelsandstein und Mergel (s/m)*: Landschneckenführende Mergel, darin bis 1 m mächtige, undeutlich horizontal geschichtete Bänke von siltig-tonigem Sandstein mit scharfer Basis. Untergeordnet.

Abfolgen dieser Fazies (Fig. 2, links) sind mit MIALLS (1977) Scott-Modellprofil vergleichbar. Es wurde aus den Sequenzen 7 fossiler und 5 moderner Kiesflüsse «destilliert», die einen verflochtenen (verwilderten) Flusslauf, zahlreiche, weniger als 2,5 m tiefe Rinnen und Kiesbänke parallel zur Fliessrichtung besitzen. Ausbildung, Häufigkeit und Mächtigkeit der Fazies stimmen gut mit dem Modell überein; das Fehlen der feinkörnigen Fazies (*s/m*) im Modellprofil wird dahin interpretiert, dass es die Sequenz eines seitlich durch Talhänge eingeengten Kiesflusses darstellt. Die Hörnli-Profile repräsentieren dagegen ein lateral ausgedehnteres Schuttfächer-Milieu, das neben dem Areal verästelter Flussrinnen auch Gebiete aufwies, die ausser bei Überschwemmungen trocken lagen.

Für die Flussrinne sind lokal quantitative Werte (Tab. 2) abschätzbar; sie gelten für Hochwasserverhältnisse, da nur dann Kies transportiert wurde.

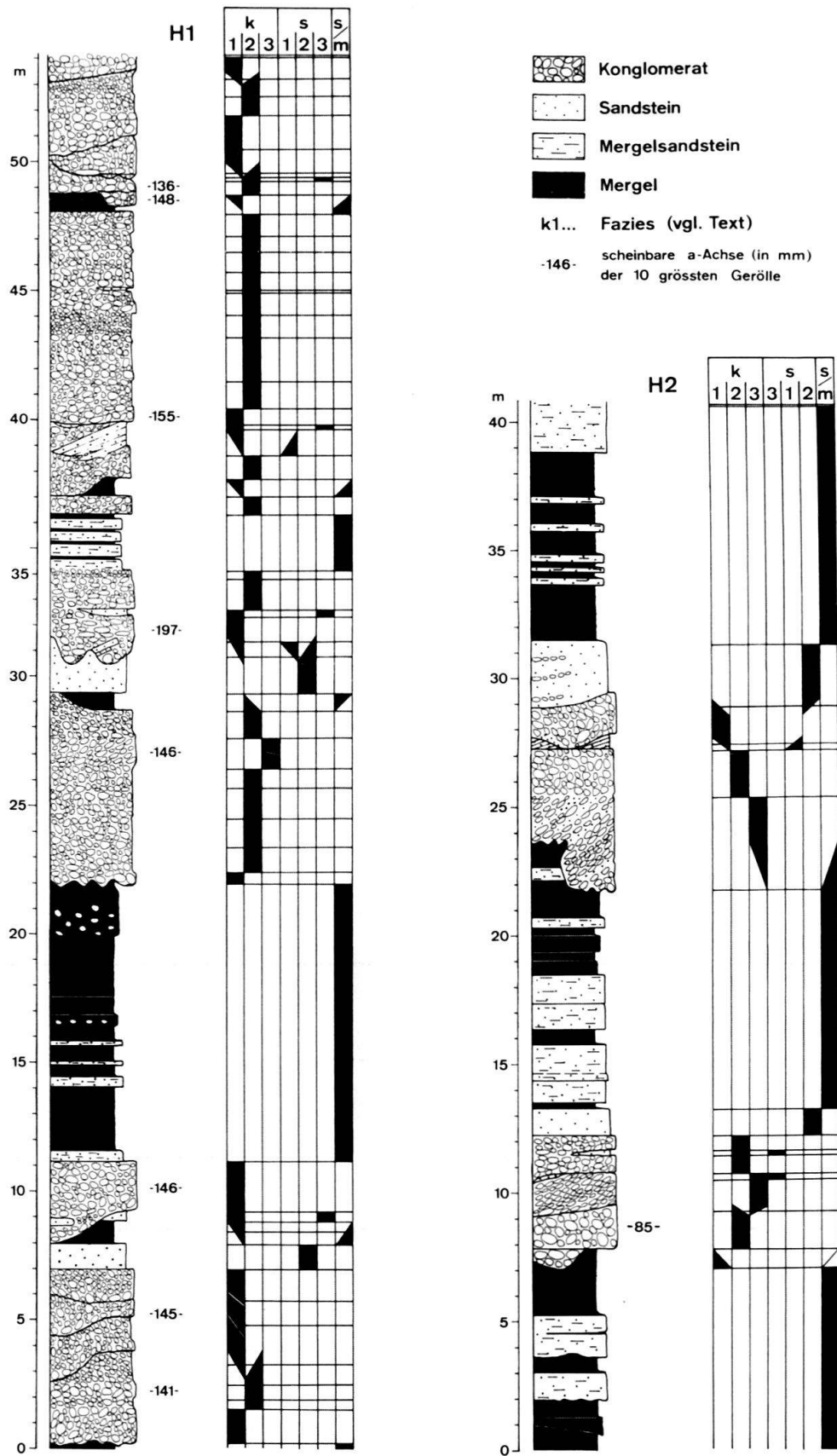


Fig.2. Profile durch die Konglomerat-Assoziation *H1* und die Konglomerat/Mergel-Assoziation *H2*. Lokalitäten: *H1* = Hulftegg SG, Südseite, Strassenprofil zwischen Koten 818 und 872; *H2* = Risitobel nördlich Stäfa ZH (697.650/233.950).

Tabelle 2: Abschätzung der Hochwassertiefe ( $D$ ), der kritischen mittleren Fließgeschwindigkeit ( $\bar{u}_{\text{crit}}$ ) und der Froude-Zahl ( $Fr$ ) für einige Kiesrinnen der Ablagerungszone H1 (restliche Symbole vgl. Text).

Lokalität	$d_{\text{MPS}}$ (cm)	$d$ (cm)	$\bar{d}$ (cm)	$D$ (cm)	$c_f$	$\bar{u}_{\text{crit}}$ (cm/sec)	$Fr$
Eggwald	17.36	13.9	3.5-8.7	115	0.0145-0.0215	264-217	0.8 - 0.65
	15.79	12.6	3.2-7.9	100	0.015 - 0.022	247-204	0.8 - 0.65
Hulftegg	19.67	15.7	3.9-9.8	370	0.010 - 0.014	338-286	0.55 - 0.5
	15.49	12.4	3.1-7.8	170	0.012 - 0.017	274-230	0.65 - 0.55

- Die *Hochwassertiefe*  $D$  betrug proximal 1–2 m, im alpenferneren Profil Hulftegg (Fig. 2) 1.5–3.7 m analog zur rezenten Beobachtung (BOOTHROYD & ASHLEY 1975), dass bei seltenen grossen Hochwassern die longitudinalen Kiesbänke nur mit wenigen Dezimetern Wasser bedeckt sind.
- Die Abschätzung der *Hochwasser-Fließgeschwindigkeit*  $\bar{u}$  (mindestens 2.0–3.4 m/sec) erfolgte mit der von SHIELDS (1936) erstmals hergeleiteten Beziehung

$$\frac{c_f \cdot \rho_w \cdot \bar{u}_{\text{crit}}^2}{(\rho_s - \rho_w) \cdot g \cdot d} = \theta_{\text{crit}}$$

in der  $c_f$  den Reibungsbeiwert,  $\rho_w$  und  $\rho_s$  das spezifische Gewicht des Mediums (1 g/cm<sup>3</sup>) bzw. der Partikeln (2.65 g/cm<sup>3</sup>),  $\bar{u}_{\text{crit}}$  die mittlere kritische Fließgeschwindigkeit für die Kornbewegung,  $g$  die Schwerebeschleunigung (981 cm/sec<sup>2</sup>),  $d$  den Gerölldurchmesser ( $b$ -Achse) und  $\theta_{\text{crit}}$  SHIELDS' kritische (dimensionslose) Scherkraft bedeuten.

$\theta_{\text{crit}}$  ist in turbulenter Strömung konstant und beträgt nach MILLER et al. (1977) 0,045. Für die Bestimmung von  $d$  wurden im Feld die scheinbaren  $a$ -Achsen der 10 grössten Gerölle gemessen und der Mittelwert  $d_{\text{MPS}}$  (vgl. auch Fig. 2) aufgrund von Vergleichsmessungen an losen Geröllen mit 0.8 multipliziert. Die Bestimmung des Reibungsbeiwertes  $c_f$  erfolgte im Moody-Diagramm (vgl. z. B. MASSEY 1970) aus der Wassertiefe  $D$  und der für die Rauigkeit massgebenden durchschnittlichen Geröllgrösse  $d$ , die hier auf 20–50% von  $d_{\text{MPS}}$  geschätzt wurde.

- Die berechneten Werte der *Froude-Zahl*  $Fr = u / \sqrt{gD}$  betragen alpennah 0,65–0,8, alpenferner 0,5–0,65. Sie gelten für den tiefsten Teil eines Rinnenquerschnitts und müssen aufgrund der Unsicherheiten bezüglich der Fließgeschwindigkeit als grobe Abschätzung des tatsächlichen Wertes eingestuft werden. Immerhin entsprechen diese Froude-Zahlen genau denjenigen rezenter, mit dem Flusslauf der Zone H1 vergleichbarer Kiesflüsse (FAHNESTOCK 1963, BOOTHROYD & ASHLEY 1975).
- Die *Neigung des Schuttfächers* im alpennahen Teil der Zone H1 dürfte 0,4–0,9° (7–16 m/km) betragen haben, entsprechend der Neigung derjenigen Abschnitte verflochtener, seichter Kiesflüsse, in denen die maximale Geröllgrösse derjenigen der Hörnli-Konglomerate entspricht. Aufgrund der Chézy- oder der Manning-Gleichung war der proximale Teil der Zone H1 zwischen 0,5 und 0,65° (9–11 m/km) geneigt, während das Gefälle im Übergang zur Zone H2 noch 0,15–0,3° (3–5 m/km) betrug.

### 3. Konglomerat/Mergel-Assoziation (H2)

Gegenüber *H1* sind die kornunterstützten Konglomerate weniger häufig und feiner (scheinbare *a*-Achsen der 10 grössten Gerölle: 65–180 mm); Mergel und Mergelsandsteine können 80% erreichen. Bei den Konglomeraten sind ungeschichtete Einheiten wie in *H1* verbreitet, aber selten < 1 m mächtig; schräggeschichtete Konglomerate sind häufiger als in *H1*. Die Basis von Konglomerat-Sequenzen kann 1–2 m steil eingeschnitten sein; darüber folgt oft eine bis 4 m mächtige, geschwungen schräggeschichtete Konglomerat-Einheit (vgl. Fig. 2, rechtes Profil).

Die grössere Mächtigkeit der Einheiten, die stärker eingeschnittenen Rinnenbassen und die schräggeschichteten Konglomerate weisen auf bis 7 m tiefe, im Vergleich mit dem Nueces River in Texas (GUSTAVSON 1978) wahrscheinlich gekrümmte Haupttrinnen hin. Das vom Flusslauf eingenommene Gebiet umfasste jeweils nur einen Bruchteil des Schuttfächer-Gebietes.

Ein errechneter Wert für die Hochwasser-Fliessgeschwindigkeit (2,5–2,9 m/sec) fällt unter die gemessenen Werte rezenter, tieferer Kiesflüsse (Tab. 3). Die Froude-Zahl war infolge der grösseren Wassertiefe kleiner als 0,5, lag also in jenem Bereich, in dem in grösseren Rinnen Megarippeln (Dünen) entstehen (MIDDLETON 1978). Für das Gefälle ist mit einem Vergleich zu rezenten Flüssen nur eine grobe Abschätzung möglich (etwa  $0,11-0,23^\circ = 2-4$  m/km proximal,  $0,04-0,06^\circ = 0,7-1,0$  m/km distal).

Tabelle 3: *Maximaltiefe (D), Hochwasser-Fliessgeschwindigkeit ( $\bar{u}$ ) und Gefälle (S) rezenter, tieferer Kiesflüsse.*

Fluss	D	$\bar{u}$	S	Autor
Donjek (Alaska)	3.0 m	3.6 m/sec	0.85 m/km	Rust (1972)
Slims (Kanada)	5.0 m	2 m/sec	2.8 m/km	Fahnestock (1969)
Durance (Frankreich)	6.6 m	6 m/sec	2.6 m/km	Doeglas (1962)
Nueces (U.S.A.)	7.3 m	3.65 m/sec	1.8 m/km	Gustavson (1978)

### 4. Sandstein/Mergel-Assoziation (H3)

Sandsteine bilden längliche Körper (mehrere Kilometer lang, etwa 200–500 m breit, 3–8 m [amalgamiert bis 16 m] mächtig) mit erosiver Basis. Intern sind geringmächtige, lateral nicht weit verfolgbare, oft schräggeschichtete Sandstein-Einheiten auszumachen, die von rinnenförmigen Erosionsflächen begrenzt sind; die Korngrösse nimmt bis sehr nahe an die Obergrenze der Sandstein-Körper nicht ab. Die restlichen Sedimente umfassen verschieden gefärbte, sandig-tonige Siltsteine (meist Mergel), Bänke von knittrig geschichteten Mergelsandsteinen und selten Kohle- und Kalkhorizonte mit Süsswasser-Mollusken (Fig. 3).

Eine detaillierte Diskussion (BÜRGISSER 1980) lässt vermuten, dass die Sandstein-Körper aus einem von Erosionsphasen unterbrochenen Auffüllen nichtmäandrierender Flussrinnen resultierten, während die Mergelsandsteine auf den natürlichen Flussdämmen (levees) und z. T. als von Flussdamm-Durchbrüchen ausgehende Zungen (crevasse splays) und die Mergel auf der Überschwemmungsebene

abgelagert wurden. Die jeweils aktive Rinne machte nur einen kleinen Teil des *H3*-Gebietes aus.

Anhand der Häufigkeit solcher Rinnensandsteine (13 in den 419 Profilm Metern der Figur 3), des Ablagerungszeitraumes (3,5–6,5 Mio. Jahre für die dort etwa 800 m mächtige Obere Süsswassermolasse), der Breite der Sandstein-Körper (250–400 m) und der Breite des *H3*-Gebietes (20 km bei Zürich) muss im Mittel alle 1750–5200

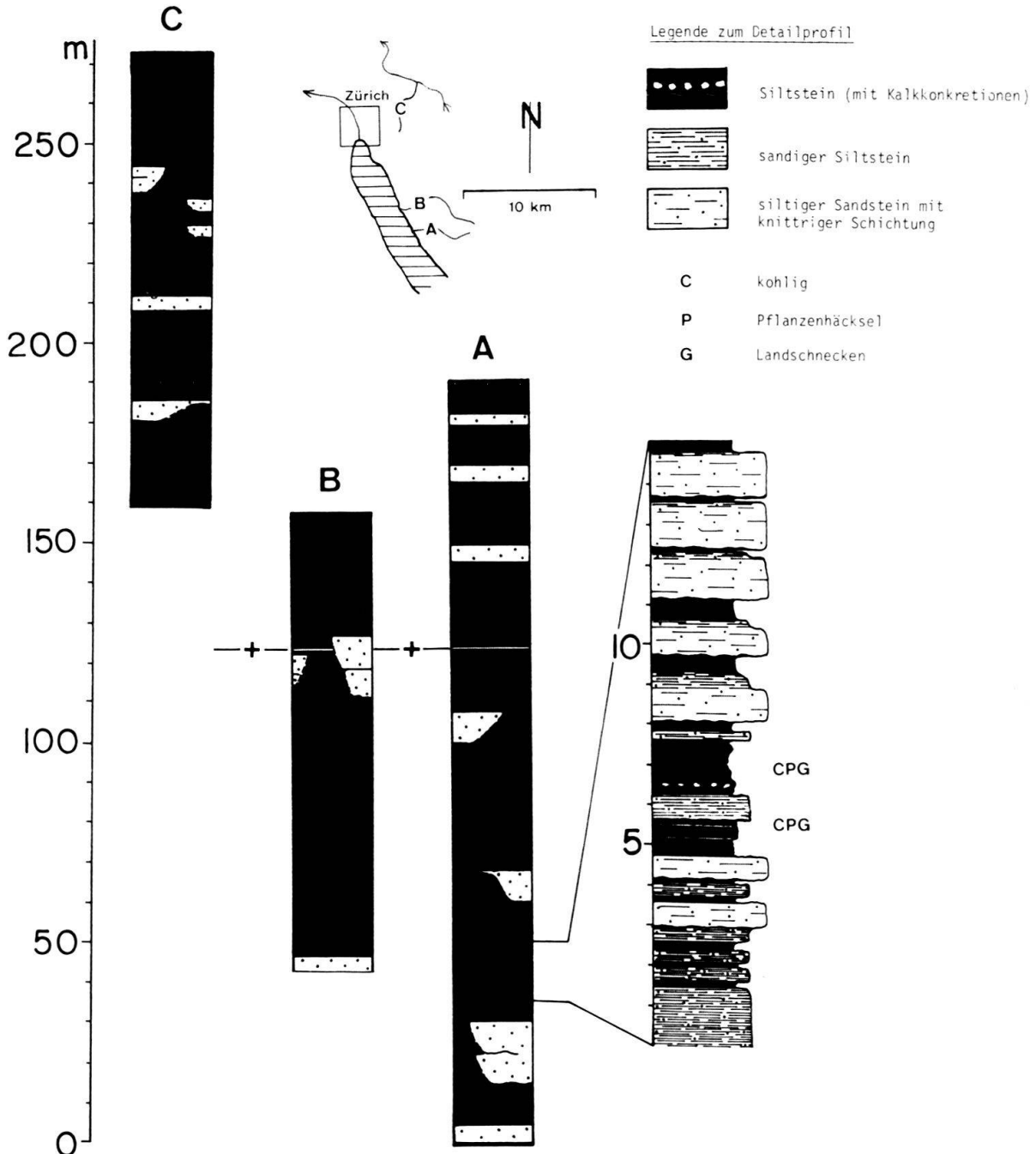


Fig.3. Übersichtsprofile durch die Sandstein/Mergel-Assoziation *H3* mit Rinnensandsteinen (punktiert) und «overbank»-Ablagerungen. Die Sandstein-Komplexe der nur 2 km voneinander entfernten, mit einem Bentonithorizont (+) korrelierten Profile *A* und *B* entsprechen sich nicht – ein Hinweis auf ihre geringe laterale Ausdehnung. *A* = Erlenbachertobel, *B* = Künsnachtertobel, *C* = Sagentobel.



Jahre eine neue Rinne geschaffen worden sein. Bei rezenten Flüssen liegt die Periodizität solcher Avulsionen oft um 1000 Jahre (BRIDGE & LEEDER 1979); für rinnenferne Regionen des Hörnli-Gebietes sind somit lange sedimentationsarme Phasen anzunehmen, während deren eine Bodenbildung gut möglich war.

## 5. Synopsis

Assoziation *H2* tritt stets alpenferner als *H1*, jedoch alpennäher als *H3* auf. Die Rekonstruktion des Hörnli-Gebietes (Fig.4) zeigt daher den verflochtenen Hörnli-Fluss, der sich beim Austritt aus den Alpen noch stärker in viele seichte, instabile Rinnen verzweigt (Zone *H1*). Mit allmählich abnehmendem Gefälle wird das jeweils aktive, radial über den Schuttfächer führende Rinnengebiet schmäler und stabiler, ist aber immer noch kiesig; die Wasserführung konzentriert sich bei Niederwasser auf tiefere, z.T. gekrümmte Haupttrinnen. Grosse Teile dieser Zone *H2* sind trocken; nur rinnennahe Gebiete werden bei Hochwasser überflutet.

Das abrupte Ende des Kiestransports (Übergang *H2*→*H3*) beruht auf einer raschen Gefällsabnahme, die den Übergang vom Gebiet des Schuttfächers in dasjenige der weniger geneigten beckenaxialen Flusslandschaft markieren dürfte (vgl. Fig.4); BÜCHI (1958) nimmt dort eine Knickzone tektonischer Natur an. Nachher sind im Flussbett nur noch Sandbänke vorhanden; die Rinnen sind durch natürliche Dämme relativ stabilisiert, so dass die Strombetsande immer wieder umgelagert werden (Zone *H3*).

Innerhalb der Assoziation *H3* kommen vereinzelt Rinnensand-Komplexe der Ur-Rhone (vgl. HOFMANN & HANTKE 1964, Fig.2) sowie Mergel-Sequenzen der östlich an das Hörnli-Gebiet angrenzenden sedimentpetrographischen Provinz vor (PETERS et al. 1972). Dies sind zwei weitere Hinweise darauf, dass die Zone *H3* nicht mehr zum Schuttfächer, sondern zur nach WSW geneigten axialen Depression gehörte.

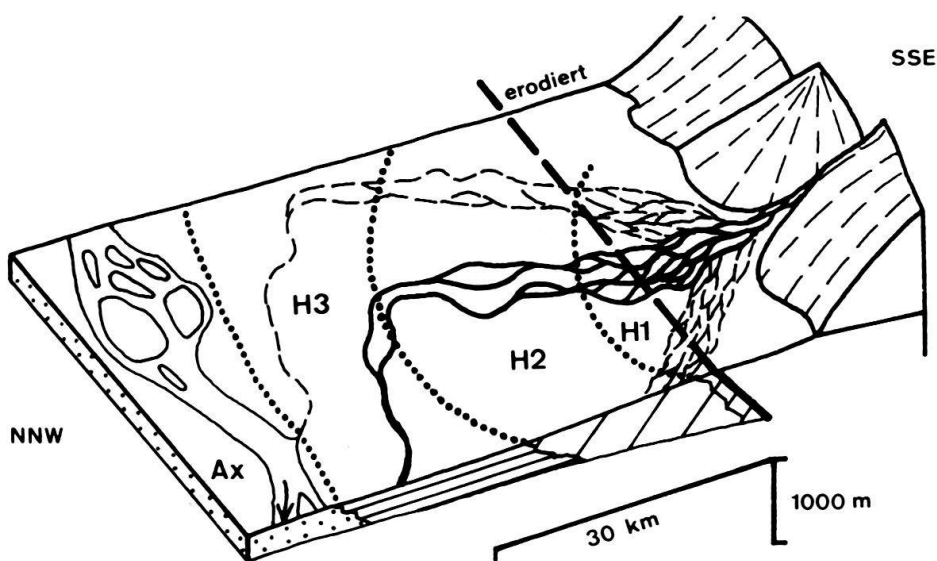


Fig. 4. Rekonstruktionsskizze des Hörnli-Gebietes für das frühe Mittelmiozän.

Die 3 Hörnli-Ablagerungsmilieus hatten während des ganzen Mittelmiozäns Bestand. Unter den Verschiebungen der Grenzen zwischen den Fazies-Assoziationen ist besonders das markante Vorrücken des Schuttfächers (*H1* und *H2*) nach Norden zu erwähnen (Fig. 1), das wohl die von Süden nach Norden fortschreitende Deformation am Nordrand der damaligen Alpen widerspiegelt (vgl. MILNES & PFIFFNER 1980).

### Verdankungen

Für wertvolle Diskussionen und Anregungen danke ich Prof. Dr. K.J. Hsü, Prof. Dr. R. Hantke, Dr. S. Lüthi, Dr. J.K.A. Habicht und Dr. P. Homewood.

### LITERATURVERZEICHNIS

- BERGGREN, W.A. (1972): *A Cenozoic time scale - some implications for regional geology and paleobiogeography*. - *Lethaia* 5, 195-215.
- BOOTHROYD, J.C., & ASHLEY, G.M. (1975): *Processes, bar morphology, and sedimentary structures on braided outwash fans, northeastern Gulf of Alaska*. In: JOPLING, A.V., & McDONALD, B.C. (Ed.): *Glaciofluvial and glaciolacustrine sedimentation* (S.193-222). - *Publ. Soc. econ. Paleont. Mineral.* 23.
- BRIDGE, J.S., & LEEDER, M.R. (1979): *A simulation model of alluvial stratigraphy*. - *Sedimentology* 26, 617-644.
- 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.
- (1958): *Zur Geologie der Oberen Süsswassermolasse (OSM) zwischen Töss- und Glattal*. - *Eclogae geol. Helv.* 51, 73-105.
- (1960): *Zur Stratigraphie der Oberen Süsswassermolasse (OSM) der Ostschweiz*. - *Eclogae geol. Helv.* 52 (1959), 449-460.
- BÜRGISSER, H.M. (1980): *Das «Appenzellergranit»-Leitniveau des Hörnli-Schuttfächers (Obere Süsswassermolasse, Nordostschweiz)*. - *Diss. ETH* 6582.
- (1981): *Zur zeitlichen Einordnung der Oberen Süsswassermolasse in der Nordostschweiz*. - *Vjschr. natf. Ges. Zürich* 126/2.
- BÜRGISSER, H.M., FREI, H.-P., & RESCH, W. (1981): *Bericht über die Exkursion der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft in die Molasse der Nordostschweiz und des Vorarlbergs vom 19. bis 21. Oktober 1980*. - *Eclogae geol. Helv.* 74/1.
- DOEGLAS, D.J. (1962): *The structure of sedimentary deposits of braided rivers*. - *Sedimentology* 1, 167-190.
- FAHNESTOCK, R.K. (1963): *Morphology and hydrology of a glacial stream - White River, Mount Rainier, Washington*. - *Prof. Pap. U.S. geol. Surv.* 422-A.
- (1969): *Morphology of the Slims River*. In: BUSHNELL, V.C., & RAGLE, R.H. (Ed.): *Icefield Ranges Research Project, Scientific Results, (Bd.1, S.161-172)*. - *Amer. Geogr. Soc. Arctic Inst. North America*.
- GUSTAVSON, TH.C. (1978): *Bed forms and stratification types of modern gravel meander lobes, Nueces River, Texas*. - *Sedimentology* 25, 401-426.
- HOFMANN, F., & HANTKE, R. (1964): *Erläuterungen zum Geologischen Atlas der Schweiz 38 (1032 Diessenhofen)*. - *Schweiz. geol. Komm.*
- HOTTINGER, L., MATTER, A., NABHOLZ, W., & SCHINDLER, C. (1970): *Erläuterungen zum Geologischen Atlas der Schweiz 57 (1093 Hörnli)*. - *Schweiz. geol. Komm.*
- MASSEY, B.S. (1970): *Mechanics of fluids*. - *Van Nostrand Reinhold, New York*.
- MIALI, A.D. (1977): *A review of the braided-river depositional environment*. - *Earth-Sci. Rev.* 13, 1-62.
- MIDDLETON, G.V. (1978): *Flow regimes*. In: FAIRBRIDGE, R.W., & BOURGEOIS, J. (Ed.): *The encyclopedia of sedimentology* (S.330-333). - *Hutchinson & Ross, Stroudsburg, Pennsylvania*.
- MILLER, M.C., McCAVE, I.N., & KOMAR, P.D. (1977): *Threshold of sediment motion under unidirectional currents*. - *Sedimentology* 24, 507-527.
- MILNES, A.G., & PFIFFNER, O.A. (1980): *Tectonic evolution of the Central Alps in the cross section St. Gallen-Como*. - *Eclogae geol. Helv.* 73, 619-633.

- PAVONI, N. (1957): *Geologie der Zürcher Molasse zwischen Albiskamm und Pfannenstiel*. – Vjschr. natf. Ges. Zürich 102, 117–315.
- (1958): *Die Vorlandsedimentation am Beispiel der Oberen Süsswassermolasse (OSM) der Schweiz*. – *Eclogae geol. Helv.* 51, 1035–1038.
- (1959): *Zur Gliederung der Oberen Süsswassermolasse (OSM) im Bereich des Hörnlischuttfächers*. – *Eclogae geol. Helv.* 52, 477–487.
- PETERS, T., MUMENTHALER, T., & JENNI, J. P. (1972): *Mineralogische und technologische Untersuchungen an Ziegeleitonnen aus der Molasse der NE-Schweiz*. – *Schweiz. mineral. petrogr. Mitt.* 52, 331–348.
- RUST, B. R. (1972): *Structure and process in a braided river*. – *Sedimentology* 18, 221–245.
- SHIELDS, A. (1936): *Anwendung der Ähnlichkeitsmechanik und der Turbulenzforschung auf die Geschiebebewegung*. – *Mitt. preuss. Vers. Anst. Wasserb. Schiffb.* 26.
- TANNER, H. (1944): *Beitrag zur Geologie der Molasse zwischen Ricken und Hörnli*. – *Mitt. thurg. natf. Ges.* 33.