Zeitschrift: Berichte der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft
Herausgeber: St. Gallische Naturwissenschaftliche Gesellschaft
Band: 82 (1985)

Artikel: Die Geologie des Sommersberges (Kantone St. Gallen und Appenzell)
Autor: Berli, Stefan
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-832593

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: 13.12.2025

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

DIE GEOLOGIE DES SOMMERSBERGES (KANTONE ST. GALLEN UND APPENZELL)

VON

STEFAN BERLI

1985

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung 112

1. Einleitung 113
   1.1. Geographische und geologische Übersicht 113
   1.2. Historischer Überblick 113

2. Stratigraphie und Vergleich mit der aufgerichteten Molasse bei St. Gallen 116
   2.1. Biostratigraphische Einstufung des Sommersberges aufgrund von Kleinsäuger-Zähnen 116
   2.1.1. Die Schwäbrig-Formation 116
   2.1.2. Die Brendenbach-Mergelzone 119
   2.1.3. Der Tiefere Sommersberg 122
   2.1.4. Der Mittlere Sommersberg 123
   2.1.5. Der Höhere Sommersberg 123
   Kleinsäugerzähne vom Sommersberg (Fototafel) 126

3. Das Klima zur Zeit der fluvialen OMM in der Schwäbrig-Formation 127
   3.1. Pflanzenstandort und Florenliste 127
   3.2. Klimatische Aussagemöglichkeiten 128
   3.3. Klimatische Schlussfolgerungen für die subalpine OMM 131
   Blattreste aus der Schwäbrig-Formation (Fototafel) 133

4. Einzugsgebiet und Paläohydrologie des Sommersberg-Schuttfächers in der OSM 135
   4.1. Das Einzugsgebiet 135
   4.2. Die OSM-Schuttfächer mit Einzugsgebiet in Vorarlberg 138
   4.3. Paläohydrologische Daten des Sommersberg-Schuttfächers 138

5. Ausblick 142

Literaturverzeichnis, Kartenverzeichnis 143

Adresse des Verfassers:
Stefan Berli, lic. phil. II, dipl. Geologe,
St. Georgenstrasse 178, CH-9011 St. Gallen

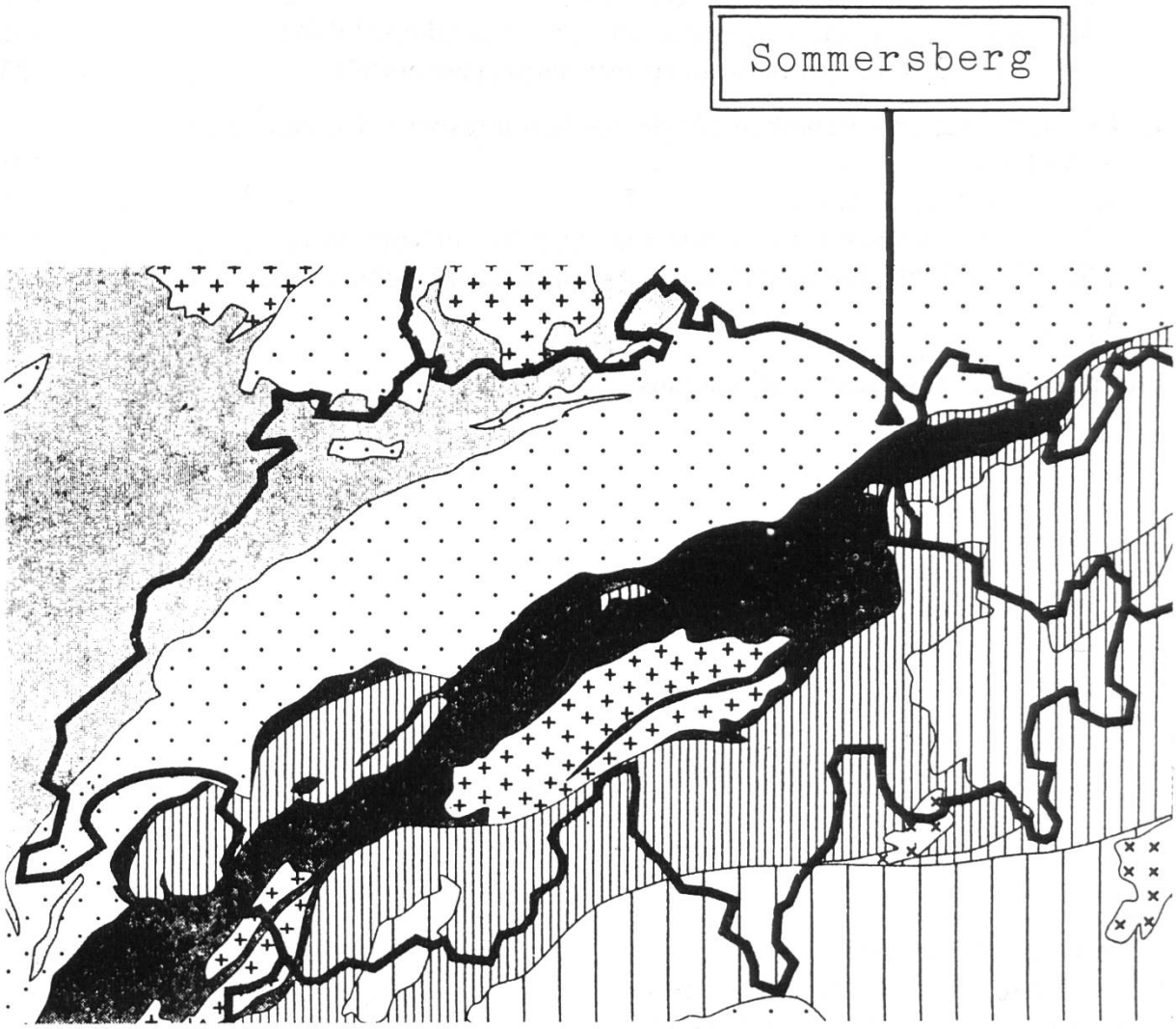
Zusammenfassung

Der Sommersberg-Schuttfächer in der Ostschweizerischen, subalpinen Molasse konnte dank erstmaligen **Kleinsäuger-Funden** paläontologisch gesichert ins **Badenian** eingestuft werden, so dass ältere auf lithologischen Beobachtungen beruhende Vermutungen sich bestätigten.

An Hand dieser Daten ergaben sich neue **Korrelationsmöglichkeiten** der st.gallisch-appenzellischen subalpinen Molasse mit der aufgerichteten Molasse bei St.Gallen.

Blatt-Reste aus der liegenden, fluvialen Oberen Meeresmolasse liessen eine **klimatische Rekonstruktion** zu.

Durch **geröll-analytische Untersuchungen** konnte das Einzugsgebiet des **Ur-Frutzbaches,** der den Sommersberg-Schuttfächer aufbaute, in den **Vorarlbergischen Flysch-Zonen** eingegrenzt werden, was zusammen mit einer erstmaligen Konglomeratbank-Typisierung die Ermittlung **paläohydrologischer Daten** und Rezentvergleiche ermöglichte.



1. Einleitung

1.1. Geographische und geologische Übersicht

Das Untersuchungsgebiet liegt im Grenzbereich der Kantone St. Gallen und Appenzell AR (Schweiz). Es wird im Westen durch den Sporn des Hebrig bei Gais und im Osten durch den Erosionsrand bei Altstätten im Rheintal, im Norden durch den Höhenzug des Gäbris und im Süden durch den Stoss-Pass begrenzt.

Die Basis des Sommersbergs bilden die höchsten aquitanen, morphologisch hervorstechenden Konglomerat-Rippen der Gäbris-Zone und die folgenden, zur fluvialen Oberen Meeresmolasse (OMM) gestellten Mergel mit Konglomerat-Rinnen der Schwäbrig-Formation, die eine feuchttemperiert-subtropische Flora führen. Die anschliessenden gelben Mergel mit wenig Epidot und ohne dolomitisches Bindemittel sind im E noch weitgehend der OMM zuzuschreiben, im W jedoch erst der Oberen Süsswassermolasse (OSM). Mit ihnen setzt die eigentliche Sommersberg-Schüttung mit ihrer flyschgeröllreichen Konglomerat/Mergel-Wechsellagerung im Hangenden und bis zu 75 cm messenden Geröllen in den höchsten Konglomeraten ein.

Die gesamte Serie weist ein ziemlich einheitliches Streichen von WSW gegen ENE und ein Fallen von etwa 30° bis 35° nach Süden auf. Nur die höchsten 200 m — 300 m werden an der Sommersberg-Synklinale durch eine tektonisch aus der steilstehenden Forst-Gonten-Zone bedingte Verschleppung umgebogen. Im W streichen die Schichten des S-Schenkels vorerst W—E, um dann in der Nähe des Stoss in NE Richtung abzubiegen. Das maximale Fallen im Bereich der Muldenbiegung wird mit 70° gegen N angegeben, so dass sich eine asymmetrische Synklinale ergibt. Sie kann ganz im E nicht mehr beobachtet werden; ihre Achse steigt gegen W an, so dass sie noch vor dem Hebrig aussticht.

1.2. Historischer Überblick

Der Sommersberg wurde schon von FRÜH (1887) wegen seinen augenfälligen und in der Gäbris-Zone fehlenden Nummuliten-Lithothamnien-Geröllen sowie wegen den extremen Grössen der Konglomerat-Komponenten und der eigenartigen Gelbfärbung der Sedimente als «Nebenzone des Sommersberg» von der Liegendserie des Gäbris abgetrennt.

Durch Schwermineral- und Geröll-Analysen konnte RENZ (1937) einen deutlichen Unterschied zwischen Gäbris- und Sommersberg-Schüttung nachweisen; er postuliert wegen der Flysch-Vormacht in den Konglomeraten ein Einzugsgebiet in Vorarlberg: Ill, Montafon bis Arlberg. Aus Analogiegründen zur Pfänder-Schüttung nimmt er auch für die grobdetritischen Serien des Sommersbergs ein burdigales Alter an und vergleicht die Brendenbach-Mergelzone im Liegenden mit der oberaquitanen Mergelzone in der aufgerichteten Molasse bei St. Gallen.

HABICHT (1945) parallelisiert die höchsten Kronberg-Schichten wegen ihren «Riesenkonglomeraten» und den vielen Flysch-Komponenten mit der Sommersberg-Schüttung und bestreitet daher ein burdigales Alter, da die höheren Kronberg-Schichten s. str. — jedoch ohne säugetierpaläontologische Beweise — ins Aquitanian gestellt werden.

Aufgrund paläogeographischer Überlegungen sowie stratigraphischer Analysen neigt BÜCHI (1950) zur Annahme eines miozänen, burdigalen Alters des Sommersbergs und nennt erstmals eine Ur-Ill als Zulieferant der Gerölle.

Das burdigale Alter wird schliesslich auch von SAXER (1949) bei der Neuaufnahme des

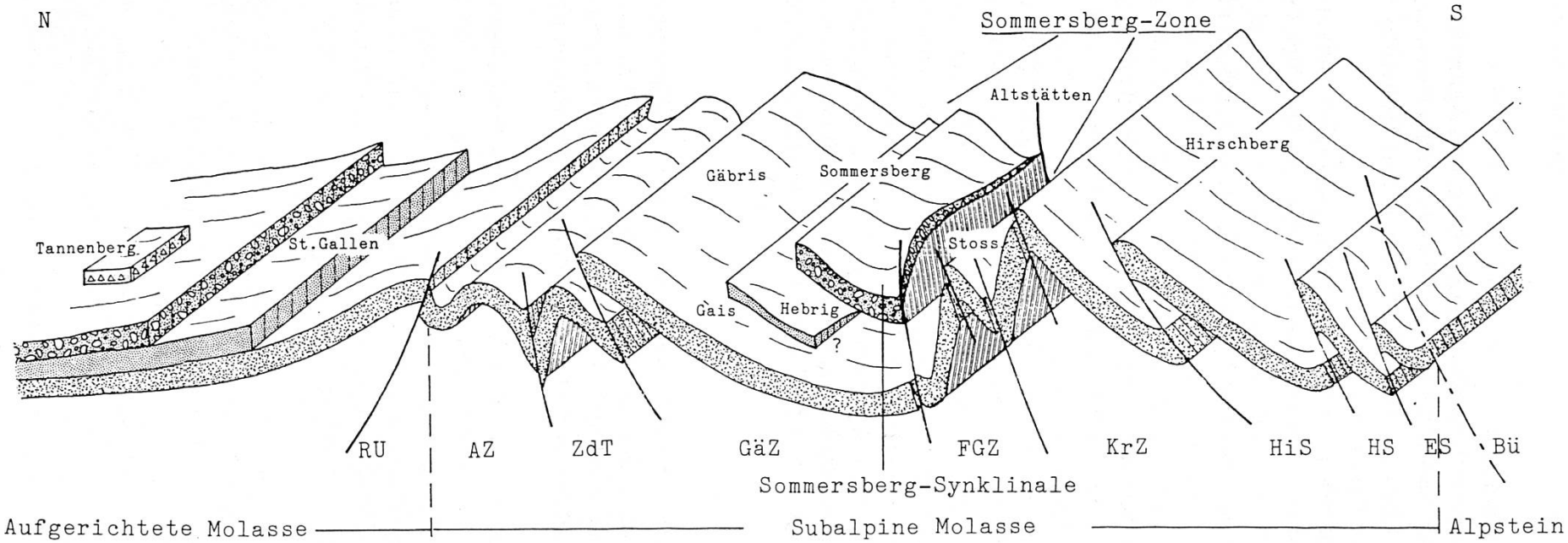


Abb.1: Struktur-Schema der st.gallisch-appenzellischen Molasse (mod. nach H. Heierli 1984)

	Untere Süsswassermolasse		Obere Meeresmolasse
	Obere Süsswassermolasse		Tannerwaldschotter

RU	Rand-Unterschiebung	AZ	Antiklinal-Zone
ZdT	Zone der Teufelsmauern	GäZ	Gäbris-Zone
FGZ	Forst-Gonten-Zone	KrZ	Kronberg-Zone
HiS	Hirschberg-Schuppe	HS	Hölzlisberg-Schuppe
ES	Eichberg-Schuppe	BÜ	Basis-Überschiebung der Alpen

Gebietes für den «Geologischen Atlas der Schweiz 1:25'000», Blatt St. Gallen—Appenzell, übernommen.
Erst 1957 kommt HOFMANN aus geröll- und schwermineral-analytischen Vergleichen zwischen Pfänder und der Oberen Süsswassermolasse sowie den Tannerwald-Schottern zur Annahme, dass auch der Sommersberg bis in die OSM reichen dürfte. Paläontologische Beweise können wegen der ausgesprochenen Fossilarmut fluvialer Sedimente nicht erbracht werden.
In der «Geologischen Karte der Schweiz» 1:500'000 von 1972 wurde er wiederum ins Aquitanian eingestuft und erhielt erst in der überarbeiteten Ausgabe von 1980 ein burdigales Alter.
Mit der vorliegenden Untersuchung sollen die chronologischen Wirren um den Sommersberg endgültig beseitigt werden.

2. Stratigraphie und Vergleich mit der aufgerichteten Molasse bei St. Gallen

2.1. Biostratigraphische Einstufung des Sommersbergs aufgrund von Kleinsäuger-Zähnen

Die erfolgversprechendste Möglichkeit zur biostratigraphischen Gliederung von tertiären, kontinentalen Serien bieten heute die Kleinsäuger-Reste, besonders Zähne von Nagetieren und Hasenartigen, da sie sich meist durch eine rasche Artentwicklung auszeichnen. Korrelationsversuche der einzelnen Fundstellen führten zu einer Abfolge von Säugetierfundpunkten — sogenannten Referenzlokalitäten — mit repräsentativen Faunen. Diese Säugetiereinheiten werden als «Neogene Mammal Units» = NM bezeichnet und sind in der Schweiz schon mehrfach mit Erfolg zur Anwendung gelangt (vgl. Tab. 1). In der subalpinen st. gallisch-appenzellischen Molasse E der Sitter fehlten bisher verwertbare Säugerfunde vollständig, so dass die Fauna vom Sommersberg eine wertvolle Bereicherung darstellt. Aus der aufgerichteten Molasse bei St. Gallen sind schon einige eingestufte Säugerfunde bekannt: Bad Sonder (BÜCHI, 1950) bei Teufen NM 2a; Chatzenstrebel bei St. Gallen-Rotmonten NM 7 (HÜNERMANN, 1983). Neu kommen hinzu: Lochmüli an der Goldach NM 6-8; Hangendes des Waldkircher Bentonits NM 5-8, wahrscheinlich NM 7 (BERLI, 1985a). Generell kommen Säugerfaunen nicht in ausgedehnten Horizonten, sondern punktförmig vor. Als bevorzugte Fundstellen gelten dunkle bis schwarze Mergel mit organischen Beimengungen und vereinzelten Schneckenschalentrümmern sowie mit erhöhtem Tonanteil; ebenso bläulich-graue Mergel. Diese Fazies ist typisch für Tümpel, Altwasserbereiche in Flussauen und verlandende, feuchte Senken, wo dank des pflanzlichen Nahrungsangebotes der Lebensraum für die Kleinsäuger wesentlich besser war als auf den offenen Geröllflächen der Molasse-Schuttfächer. Rote, oxidierte verschwemmte Böden führen kaum Kleinsäuger-Reste. In der Molasse handelt es sich meist um stratifizierte Fundstellen; Spaltenfüllungen sind selten.

Insgesamt wurden am Sommersberg und an zu Vergleichszwecken herangezogenen Fundstellen 70 Proben — 300-400 kg Material — entnommen, die 14 aussagekräftige Zähne enthielten. Sie wurden von Herrn Dr. K. A. HÜNERMANN, Konservator am Paläontologischen Institut, Universität Zürich, freundlicherweise bestimmt; ihm sei hier herzlich gedankt.

Für Einzelheiten in den folgenen Profilbeschreibungen und Probenbezeichnung sei auf BERLI (1985a) verwiesen.

Die mit der aufgerichteten Molasse bei St. Gallen verglichenen Ergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt.

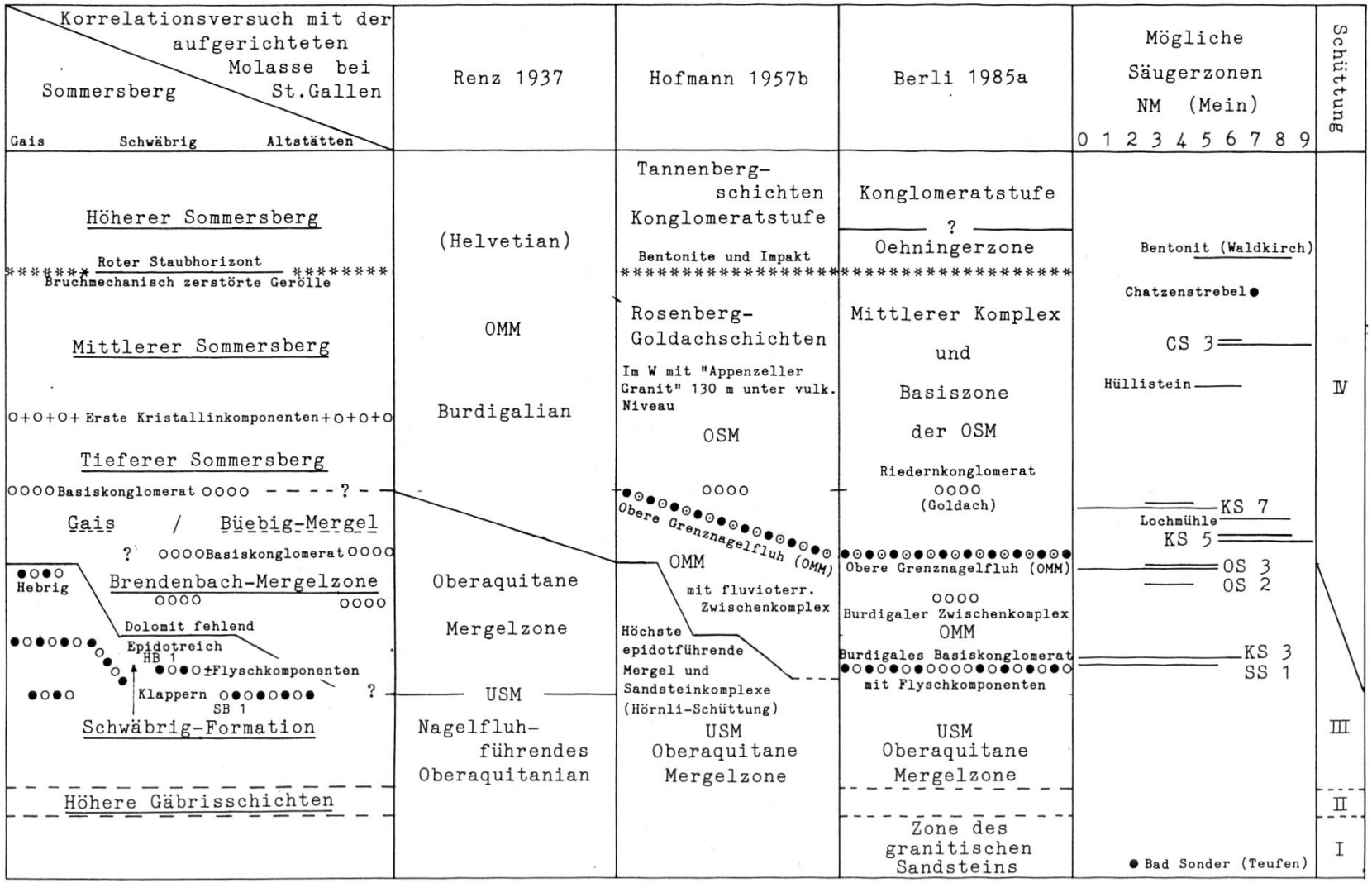
2.1.1. Die Schwäbrig-Formation

— *Bransatoglis sp.*, M_2 dext fragm.; (754 070/249 220), KS 3. Dieser schläferartige Nager — ein Bewohner des Laub- oder Auenwaldes — ist in den Säugerzonen **NM 0-6** (Egerian—Badenian) verbreitet.

— *Caenotherium sp.*, M sup. fragm.; (756 190/249 860), SS 1. Caenotherien sind eine isoliert stehende, ausgestorbene Familie der Paarhufer. Während *C. bavaricum* von **NM 3-5** vorkommt, ist das *C. laticurvatum* bereits aus dem **Oberoligozän** bekannt und überdauert bis **NM 3**. Das Häufigkeitsmaximum liegt im Egerian, was ungefähr dem Aquitanian entspricht.

Zeitliche Einordnung des Miozäns der Nordostschweiz												
		Einstufung				Biostratigraphische Gliederung						
Mio. Jahre	Epochen	Europ. Internat. Stufen-gliederung	ältere	neuere	Fazielle Gliederung	Kalkiges Nanno-plankton	Planktonische Foraminiferen	Ostrakoder. Zonen	Floren-Zonen: Zentrale Paratethys Zonen	Floren-Zonen: Neue Biozonen	Säugetiereinheiten: Schweizerische Säugetierfaunen	
5	Ober-Miozän	Messinian	Pontian	Pontian	OSM	NN 12	N 18	No 7	Zentrale Paratethys	?		
		Tortonian		Pannonian		NN 11	N 17					
10						NN 10	N 16			OSM-4	NM 9	Charmoille
			Sarmat.	Sarmatian		NN 9	N 15			Hiatus ?	NM 8	Anwil, Vermes 2
	Mittel-Miozän	Serravallian	Tortonian	Badenian		NN 8	N 14			OSM-3b		
						NN 7	N 13					
						NN 6	N 12				NM 7	St.Gallen
15						NN 5	N 11					
							N 10				NM 6	Rümikon
		Langhian					N 9			OSM-3a	NM 5	Vermes 1
	Unter-Miozän	Burdigalian	Helvet.	Karpatian	BWM	NN 4	N 8	No 6		OSM-2	NM 4b	Benken
							N 7	No 5		OSM-1	NM 4a	
				Ottnangian	OMM	NN 3	N 6	No 4	N-Z Ott			
20			Burdigal.	Eggenburgian		NN 2	N 5	No 3	N-Z II	OMM	NM 3	Brüttelen
		Aquitanian	Aquitanian	Egerian	USM			No 2			NM 2	La Chaux
25									N-Z I		NM 1	Boudry

Tab. 1: Die zeitliche Einordnung des Miozäns in der Nordostschweiz (nach Gregor 1982b, Steininger 1982)



Tab. 2: Der Sommersberg im Vergleich zur aufgerichteten Molasse bei St. Gallen (schematisch)

I Kronberg-Schüttung
II Kronberg-(Gäbris-)Schüttung
III Kronberg-Gäbris-Schüttung (Ur-Hörnli-Schüttung)
IV Sommersberg-Schüttung

Die Untergrenze der Schwäbrig-Formation wird durch die morphologisch hervorstechende Konglomerat-Rippe bei den Klappern E des Schwäbrig gebildet und geht anschliessend in eine Wechsellagerung von verschiedenen Mergel-Typen und Sandsteinen über, in welche Konglomerat-Rinnen eingelagert sein können. Sie zeichnen sich im Gegensatz zur hangenden Brendenbach-Mergelzone durch eine starke Epidotvormacht (HOFMANN 1957) aus; ebenso unterscheiden sich die Konglomerate durch ein weitgehendes Fehlen von Flyschkomponenten und Vorherrschen von Geröllen aus den Nördlichen Kalkalpen sowie der Silvretta-Decke. Sie werden einer Ur-Ill aus dem Montafon zugeschrieben (HABICHT, 1954; BÜCHI, 1950).
Die höchsten Konglomerate der Schwäbrig-Formation werden als grobdetritisches, proximales Aequivalent der Kronberg-Gäbris-Schüttung betrachtet. Wie auch die hangenden feindetritischen Serien weisen sie dasselbe Schwermineral-Spektrum (RENZ, 1937; FÜCHTBAUER, 1964; HOFMANN, 1957) auf, wie die höchsten Kronberg-Schichten, in denen sich auch die Säugerfundstelle von Wattwil **NM 2b-3** befindet. Der Sporn vom Hebrig S Gais stellt einen letzten Geröllschub innerhalb der höchsten Schwäbrig-Formation dar und ist schwermineral-analytisch (DIETRICH, 1969) wie letztere mit der OMM von St. Gallen zu vergleichen.
W des Schwäbrig muss die Kronberg-Gäbris-Schüttung (als Vorgängerin der Hörnli-Schüttung) wegen der geringen Mächtigkeit der Brendenbach-Mergelzone E von Gais, die dort sicher in die OSM eingestuft wird, bis in die OMM angedauert haben. Im E wird die feindetritische Schwäbrig-Formation schon während der tieferen OMM oder sogar schon in der höchsten USM (Oberaquitane Mergelzone) von der Brendenbach-Mergelzone der Sommersberg-Schüttung abgelöst, analog den Verhältnissen am Pfänder (RENZ, 1937; HOFMANN, 1957).
Da mit der OMM eine allgemeine Senkungstendenz im Rheintal mit Schwellenzonen im W einhergehen (BÜCHI, 1950, 1955) ist die Annahme einer **fluvialen OMM für die Schwäbrig-Formation** gerechtfertigt. Sodann stellen mächtigere Mergelkomplexe im Gegensatz zu Konglomerat-Serien klimatisch günstigere Phasen (HANTKE, 1984) dar, indem die Flüsse wegen verringerter Wasserführung und seltenen katastrophenartigen Überschwemmungen an Transportkraft verloren. Es konnten sich vermehrt — wie in der Schwäbrig-Formation nachgewiesen (BERLI, 1985a) — leicht mäandrierende, sandführende Flüsse mit tiefen, mässig geraden bis schwach verflochtenen Rinnen ausbilden; sie werden mit dem **Donjek Typ** verglichen (MIALL, 1977; SCHUMM, 1977) und zeichnen sich durch point-bar Strukturen sowie deutliche Y-Kreuzschichtung der Sande aus. In den Flussauen und auf den erhöhten Ufern gedieh eine feuchttemperiert-subtropische Flora, deren Jahresmitteltemperaturen von 18°-19° C mit denjenigen in der OMM übereinstimmen (HANTKE, 1984); vgl. Abb. 2.

2.1.2. Die Brendenbach-Mergelzone

E-Teil im Schliffertobel bei Altstätten:

— *cf. Ligerimys,* m sup. sin. fragm; (758 190/249 810), OS 2.
Aufgrund der Dimensionen kommt am ehesten *Ligerimys antiquus* in Frage.
Bei *Ligerimys* handelt es sich um einen Vertreter der ausgestorbenen *Eomyidae,* einer im weitesten Sinne hörnchenartigen Nagerfamilie. Dieser Nager ist ein typischer Vertreter der **fluvialen OMM (NM 3-4)** und konnte auch bei Wattwil (NM 2b) — NM 3 gefunden werden (FREI, 1979).

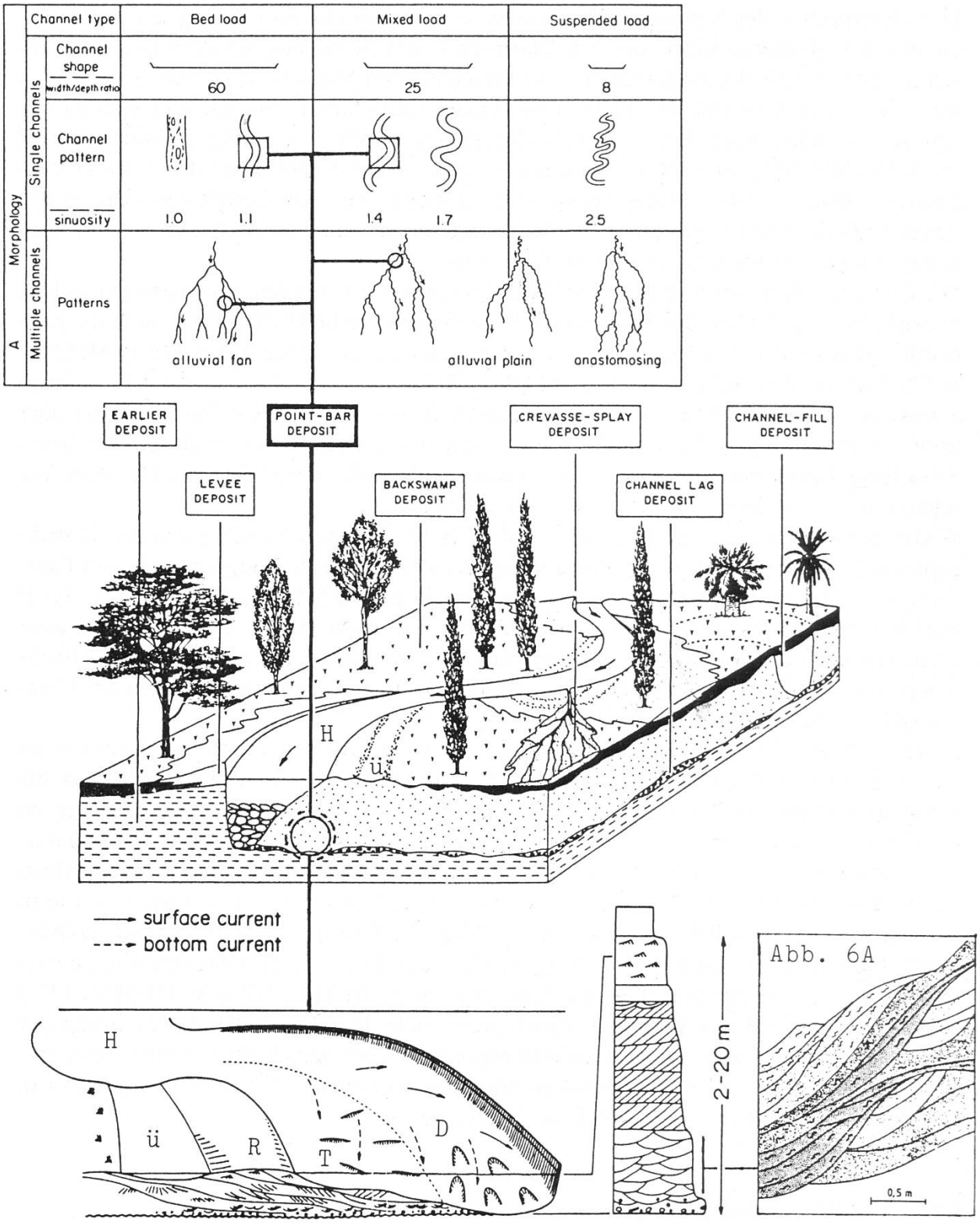


Abb. 2: Fazies-Bereich und lithologische Entwicklung der fluvialen OMM in der subalpinen Molasse am Sommersberg

R Rippelmarken
T transverse bars und Sand-Wellen
D Dünen
H Hauptrinne
Ü Überlauf / Verflechtung

(mod. nach Miall, 1981)

— *Caenotherium sp.,* M_3 sin. fragm.; (758 190/249 810), OS 3.
Die Fundstelle OS 3 liegt in den hangenden, plattigen Sandsteinen von OS 2, so dass der Altersunterschied nicht ins Gewicht fällt, zumal keine Erosionserscheinungen beobachtet werden.

Wie schon weiter oben erwähnt, sind kleinwüchsige *Caenotherien* vom **Oberoligozän bis ins Karpatian (NM 5)** weit verbreitet; mittels des Zahnfragments ist keine genauere Einstufung möglich. Die E Brendenbach-Mergelzone wird durch eine mächtige, mehr oder weniger eintönig gelb-beige Serie von siltigen bis sandigen, meist strukturlosen Mergeln und untergeordnet plattigen bis schwach kreuzgeschichteten Sandsteinen gebildet. Sie lassen sich schwermineral-analytisch vollständig der Sommersberg-Schüttung zuschreiben (RENZ, 1937; HOFMANN, 1957; AMMANN, 1979). Ein kleinerer Geröllvorstoss mit eckigen oder angerundeten Flysch-Komponenten geringer Grösse im mittleren Bereich der Brendenbach-Mergelzone — zwischen Obermüli und Weidist auf der linken Brendenbach-Seite aufgeschlossen — hat sich bis in den Burdigalen Zwischenkomplex an Sitter und Goldach ausgewirkt, was Schwermineral-Analysen (HOFMANN, 1957; FÜCHTBAUER, 1964) in den sonst epidotreichen, aus Napf- und vorwiegend Hörnli-Schüttung stammenden Sedimenten der OMM von St. Gallen (BÜCHI, 1950, 1955) beweisen.

Erst mit dem grobgerölligen Sommersberg-Basiskonglomerat bei Altstätten beginnt sich die Sommersberg-Schüttung auch über der Oberen Grenznagelfluh (OMM) bei St. Gallen durchzusetzen (HOFMANN, 1957); dieses bildet daher auch bei Altstätten die Grenze zur OSM und schliesst die Brendenbach-Mergelzone — fluviale OMM — im E nach oben ab.

Somit wird die säugertierpaläontologische Vermutung *(Ligerimys antiquus* NM 3-4) einer Einstufung der E Brendenbach-Mergelzone ins **Eggenburgian bis Ottnangian** (fluviale OMM) auch durch lithostratigraphische Korrelationen bestätigt.

W-Teil am Rotbach hinter der Klimastation bei Gais:

— *Microdyromys miocaenicus,* M_3 dext. fragm.; (754 170/249 040), KS 5.
Die rezente Vergleichsart dieses Schläfers kommt meist in Laub- und Nadelwäldern warm-temperierter Klimatas vor und findet seine Verbreitung in den Säugerzonen **NM 6-8** (Badenian bis Sarmatian, OSM).
M. miocaenicus ist auch aus Schlattingen NM 5-6 und Hüllistein NM 5-6 (HÜNERMANN, 1981, 1983) bekannt geworden, so dass eine Einstufung ins Badenian sehr wahrscheinlich wird.

— *Cricetodontine sp.,* M_1 sin. fragm.; (754 170/249 040), KS 5.
Aufgrund der Grössenordnung des Backenzahns dieses hamsterartigen Nagers kommt nur eine Form in Frage, die erst **ab NM 6** nachweisbar ist.

Beide Funde in der mit prielartigen, diskordanten Rinnen durchzogenen, sandig-siltigen, gelb-beigen Brendenbach-Mergelzone im Liegenden des W Sommersberg-Basiskonglomerats hinter der Klimastation (Gais) zeigen, dass diese Zone nicht wie im E in die fluviale OMM, sondern in die **OSM** eingestuft werden muss. Aufgrund schwermineral-analytischer Befunde und lithostratigraphischer Überlegungen (BERLI, 1985a) wird das W Sommersberg-Basiskonglomerat als W grobdetritisches Aequivalent der höheren Büebig-Mergel (W Altstätten) im Hangenden des E Sommersberg-Konglomerates (fluviale OMM) aufgefasst.

Die Brendenbach-Mergelzone s. str. keilt gegen W wegen der sich von Hofgut-Schwäbrig bis St. Gallen (BÜCHI, 1955) erstreckenden Schwellenzone — durch die

Kronberg-Gäbris- bzw. (Prä-)Hörnli-Schüttung beliefert — weitgehend aus; sie wird in der OSM durch die Büebig-Mergel der nach W vordringenden Sommersberg-Schüttung abgelöst.

— *Microdyromys cf. praemurinus,* P_4 sin.; (753 140/248 960), KS 7.
Dieser Prämolare zeigt eine fortgeschrittene Usur, bzw. leichte Erosionsspuren. Die Verbreitung von *M. praemurinus* zieht vom **obersten Oligozän bis NM 5** (Karpatian) durch. In der Ostschweiz ist er von Bad Sonder NM 2a (BÜCHI, 1950) und Schlattingen NM 5-6 HÜNERMANN, 1981) bekannt geworden, wobei *M. praemurinus* an sich einen typischen Vertreter der fluvialen OMM darstellt.

— *Ligerimys cf. antiquus,* $M^{1/2}$ sin.; (753 140/248 960), KS 7.
Der Zahn liegt im *Pseudotheridomys-Ligerimys*-Übergangsfeld, aber bereits eindeutig im Formenkreis *Ligerimys.* Er stellt einen ursprünglichen Morphotyp B innerhalb dieser Gattung dar und kommt in **NM 3-4** (Eggenburgian — Ottnangian) vor.
Die Form dieses Übergangsfeldes konnte ebenfalls bei Wattwil NM (2b-) 3 (FREI, 1979) und *Pseudotheridomys* im Burdigalen Zwischenkomplex an der Goldach (BÜCHI, 1945) festgestellt werden. Der Burdigale Zwischenkomplex wurde von HOCHULI (1982) anhand von Palynomorphen-Spektren der Neogen-Zone III Ottnangian, mit Vorbehalt dem Eggenburgian, zugeordnet.

Da diese Fundschicht mit eindeutigen Formen der fluvialen OMM etwa 25 m im Hangenden von KS 5 liegt, die sicher in die OSM eingestuft wird, kann es sich hier nur um aufgearbeitetes Material handeln.

2.1.3. Der Tiefere Sommersberg

Aufgrund der schlechten Aufschlussverhältnisse war es nicht möglich, geeignete Mergel zur Suche nach Säugerzähnen zu finden, so dass er angesichts der Fundstelle KS 5 im Liegenden des W Sommersberg-Basiskonglomerats ebenfalls in die **OSM** eingestuft wird.
Die Basis des Tieferen Sommersbergs wird im W vom Sommersberg-Basiskonglomerat gebildet, dessen grobe Flysch-Komponenten (35 cm) noch im Riedern-Konglomerat (HOFMANN, 1957) an der Goldach mit einer Geröllgrösse von 5 cm erhalten sind. Nach der wirren, ungeschichteten Lagerung der matrixunterstützten Konglomerate sowie nach der allgemein schlechten Rundung und Sortierung zu schliessen, muss ein katastrophenartiger Ausbruch eines durch Vermurungen aufgestauten Sees im Einzugsgebiet — dem Penninischen Flysch Vorarlbergs — für den Schuttstrom (SCHUMM, 1977; MIALL, 1981; BERLI, 1985) verantwortlich gemacht werden. Die weite Klimaverschlechterung (HANTKE, 1984a, 1985b) im Verlauf der OSM und die verstärkten Hebungen im Hinterland führten zu einer vermehrten Erosion und zu Bergstürzen oder stauenden Talverbauungen (BÜRGISSER, 1980, 1984), die sich nach dem Ausbruch als Schuttströme und Schichtfluten zu Tale wälzten. Der grösste Teil der Sommersberg-Konglomerate ist einer solchen Entstehung zuzuschreiben (BERLI, 1985a; vgl. Kap. 4). Solche Ereignisse haben sich, wie das Beispiel des «Appenzeller Granits» (BÜRGISSER, 1980) zeigt, oft über weite Gebiete des Schuttfächers — Leithorizonte bildend — ausgewirkt, so dass das Riedernkonglomerat in den sonst eintönigen Mergeln und Sanden der **Basiszone der OSM** an der Goldach als distales Aequivalent dieses ersten grobgerölligen Schuttstromes am Tieferen Sommersberg zu betrachten ist.
Über der schlecht aufgeschlossenen Mergelserie im Hangenden des Sommersberg-Basiskonglomerats folgen vermehrt zögernde, feingeröllige Konglomeratschnüre und

-linsen in Wechsellagerung mit gelben Sandsteinen, bis schliesslich der Mittlere Sommersberg mit dem Ersteinsatz von Kristallin-Komponenten in den Konglomeraten beginnt. Dies ist am Forstweg Gibel — Hafenwald nahe der Kantonsgrenze zu beobachten.

2.1.4 Der Mittlere Sommersberg

— *Prodryomys satus,* M_3 sin.; (755 800/249 200), CS 3.
Die rezente Vergleichsart des *Prodryomys,* der Baumschläfer, ist ein Bewohner von Laubwäldern mit dichtem Unterwuchs und alpinen Fichtenwäldern mediterrangemässigter Klimatas; er bevorzugt Höhenlagen von 500-1600 m ü.M.
Bisher konnte er nur aus **NM 6** (unteres bis mittleres Badenian) nachgewiesen werden.

— *Paraglirulus werenfelsi,* M_2 sin. (755 800/249 200), CS 3.
In Laub- und Nadelwäldern warm-temperierter Klimatas ist die rezente Vergleichsart dieses schläferartigen Nagers weit verbreitet.
P. werenfelsi wurde bisher aus den Säugerzonen **NM 6-9** (Badenian bis Pannonian; Ober-Miozän) nachgewiesen.

Beide Kleinsäuger sind in der einschlägigen Ostschweizer Literatur nirgends erwähnt, so dass keine stratigraphisch vergleichende Schlüsse gezogen werden können.
Unter Berücksichtigung der engen stratigraphischen Verbreitung von *Prodryomys satus* (NM 6) darf die Einstufung der Fundschicht trotz der grossen Reichweite von *Paraglirulus werenfelsi* (NM 6-9) nicht zu hoch erfolgen. Zudem ist in der 220 m tiefer liegenden Fundstelle KS 5 das Badenian ebenfalls schon nachgewiesen, so dass hier unter der Annahme einer alpennah reduzierten Schichtmächtigkeit eine Korrelation mit dem **Mittleren Komplex der OSM** im Raum St.Gallen vorgenommen wird. Das Leitniveau des «Appenzeller Granit» — am Sommersberg wegen eines anderen Einzugsgebietes nicht nachweisbar — käme somit in den Bereich des Ersteinsatzes der kristallin-geröllführenden Konglomerate zu liegen. Ein genetischer Zusammenhang scheint über verstärkte tektonische Aktivität in den Alpen gegeben (BÜRGISSER, 1980), so dass Flysch-Sedimente mit Kristallin-Komponenten der Erosion zum Opfer fielen (BERLI, 1985a).
Mit dem Mittleren Sommersberg beginnt eine vermehrte Sedimentation von grobgerölligen, angerundeten und meist schlecht sortierten, matrixunterstützten Konglomeraten in Wechsellagerung mit gelben, siltig-sandigen Mergeln, wobei die Konglomerate weit vorherrschend sind (vgl. Kap. 4); die maximalen Geröllgrössen bleiben meist unter 40 cm.

2.1.5. Der Höhere Sommersberg

Da geeignete Mergel in dieser konglomeratreichen Serie nur untergeordnet vorkommen, war keine Einstufung mittels Säugerzähnen möglich, so dass lithologische Vergleiche herangezogen werden mussten.
Die Grenze zwischen Mittlerem und Höherem Sommersberg wurde vorläufig zwischen den **bruchmechanisch zerstörten Geröllen** im S-Schenkel des Sommersbergs N der Schwendi (755 380/248 320) und dem etwa 70 m höher in den gelben, siltig-sandigen Mergeln mit Trockenrissen — an der Basis der höchsten Konglomerat-Serie — liegenden **roten, 5 mm mächtigen Tonhorizont** gezogen (100 m NE Pkt 1177). Dieser lässt sich nach der Synklinal-Umbiegung NE Stein (Pkt 1034) nach 400 m wiederfinden.
In den Konglomeraten, die hier vermehrt Nummuliten-Lithothamnien-Kalke führen, konnten erstmals — wenn auch nur wenige — Ophiolithe gefunden werden, die wie die

erstmaligen Rhyolithe aus der Vorarlbergischen Feuerstätter-Decke stammen (RICHTER, 1969; SCHWERD, 1983).

Die bruchmechanisch zerstörten Gerölle und ihre Beziehung zum roten Tonhorizont am Sommersberg sind als Indiz für die **Auswirkungen eines Impaktereignisses** aufzufassen:

Die dem normalen Sommersberg-Spektrum angehörenden zerstörten Gerölle beschränken sich auf einen Horizont von etwa 4,5 m Mächtigkeit und weisen 2 Haupttypen auf:

So verlaufen vorab bei den gut gerundeten und relativ grossen Geröllen Bruchlinien als regelloses Muster über die gesamte Oberfläche, ohne dass einzelne Partien stärker verschoben worden wären; die Versetzungen halten sich im mm-Bereich. Die mit Calcit verheilten Brüche ziehen oft nicht durch das ganze Geröll, so dass der Gesteinsverband erhalten geblieben ist; alte Brüche sind nicht reaktiviert worden.

Diese Art der Beanspruchung besitzt grosse Ähnlichkeiten mit den impaktbedingten Malm-Kalk-Auswürflingen aus der Basis des Erlenholz-Konglomerats, dem Blockhorizont an der Grenze Mittlerer Komplex der OSM zur Öhningerzone, der von HOFMANN (1952, 1973, 1978) entdeckt wurde. Seine Ursache wird mit dem Ries-Meteoriten, bzw. einer gleichen Entstehung in Verbindung gebracht.

Verschiedene Gerölle sind aber vollständig zerbrochen und weisen bis 2 cm weit versetzte, eckige und bisweilen scharfkantige Bruchstücke auf, die sich ebenfalls keiner gerichteten Beanspruchung zuschreiben lassen. Da die Kanten keine Anzeichen einer nachträglichen Abrundung zeigen, muss ein **Flusstransport der zertrümmerten Gerölle ausgeschlossen** werden. Im Querschnitt finden sich oft in fein zermahlenem Gesteinsgries schwimmende splittrige Brekzienstücke mit ausgeheilten Brüchen.

Sie scheinen mit der von HÜTTNER (1961, 1969, in BAYER, 1983) vorgenommenen Klassifikation impaktbedingter Gefüge von Massenkalken des Steinheimer und Nördlinger Meteor-Kraterrandes (LEMCKE, 1978, BERLI, 1979) — bei starker Beanspruchung — vollständig übereinzustimmen.

Eine langsame **tektonische**, durch die nahe steilgestellte Forst-Gonten-Zone verursachte Scherung der Gerölle bei der Verschleppung der höheren Sommersberg-Schichten ist **unwahrscheinlich**, da sich bei derartigen gerichteten Bewegungen durchgehende Rutschharnische ausbilden würden; so beim Wenigerweiher (St. Gallen-St. Georgen; FRÜH, 1887).

Solche vergrieste und zerstörte Gerölle werden bisher in der Literatur nirgends erwähnt.

Die **Fernwirkung einer Schockwelle des vermuteten Impakts**, welche die oberste, sehr mergelreiche Geröllage lokal mechanisch beansprucht und verknetet hat, ist auch nach HOFMANN (schr. Mitt.) **am wahrscheinlichsten**. Dies ist stratigraphisch ebenfalls verantwortbar.

Es stellt sich aber die Frage ob der **rote Tonhorizont** mit einem **impaktbedingten Staubfall** auf eine trockengelegte Mergelfläche mit Trockenrissen im Zusammenhang steht **oder** ob er einem **vulkanischen Bentonithorizont** zugeschrieben werden muss.

Röntgendiffraktometer-Aufnahmen zeigten im roten Horizont keinen — für Bentonit typischen — Montmorillonit-Gehalt, hingegen erreichten die Spaltenfüllungen eine Grössenordnung von 10-15% des Bentonits von Waldkirch. In den normalen Sommersberg-Mergeln konnten nirgends vergleichbare Werte gemessen werden,

doch sind sie für eine gesicherte Aussage noch zu wenig verlässlich, da Montmorillonit — ein Verwitterungsprodukt der Feldspäte — auch aus nicht vulkanogenen Gesteinen entstehen kann.

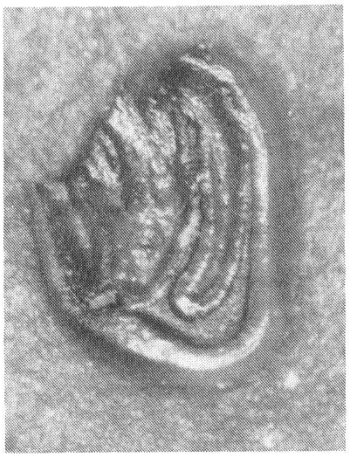
Eine durch den Einschlag eines **Meteoriten aufgewirbelte Feinstaublauge** (HOFMANN, 1973), wie sie auch im Hertenbergtobel und bei Hombrechtikon vermutet wird, welche vor ihrer erneuten Überflutung oxidierte und erhärtete, so dass sie als dünner, weitreichender Horizont erhalten geblieben ist, scheint mindestens ebenso **wahrscheinlich.** Die Montmorillonit-Bildung aus dem feinzerstäubten Auswurfsmaterial, das auch Feldspäte aus der Molasse enthielt, ist in den heute bläulich-grauen, deutlich von den sie umgebenden gelben, fossilfreien Mergeln unterscheidbaren Trockenrissen eher denkbar als eine reine vulkanische Aschenlage, die kein rot oxidierbares organisches Material enthält. Der Meteor muss auch die Vegetationsdecke zerstört haben.

Ein **verschwemmter Boden** oder sonstige Wasserverfrachtung wird wegen der grossen Schichtkonstanz **ausgeschlossen**.

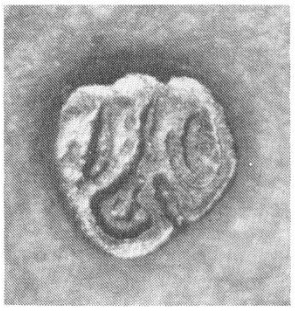
Aus dem ursächlichen Zusammenhang der Entstehung der zertrümmerten Gerölle und des rund 70 m höher liegenden roten Tonhorizonts wird der **Höhere Sommersberg** in die **Öhningerzone** eingestuft.

Kleinsäugerzähne vom Sommersberg

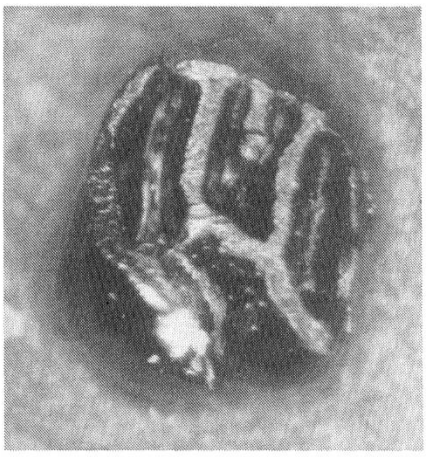
(30fache Vergrösserung)



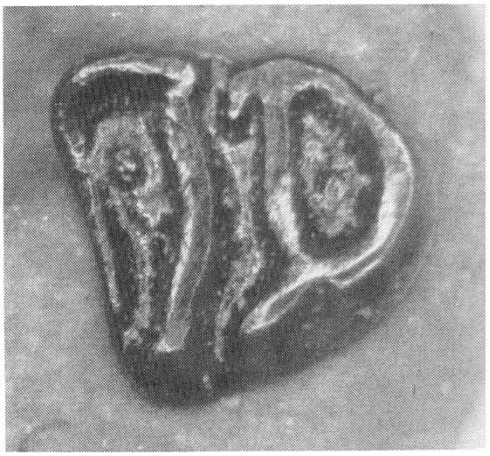
Nr. 1



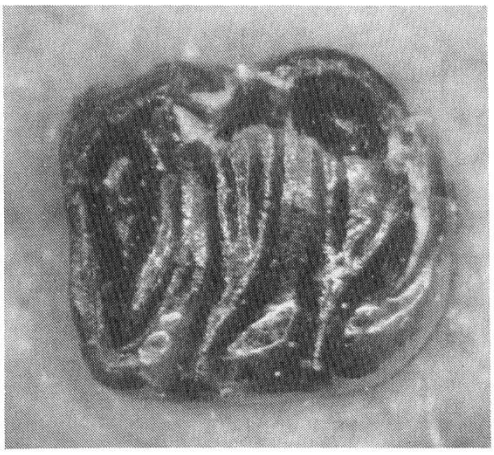
Nr. 2



Nr. 3



Nr. 4



Nr. 5

Nr. 1: *Microdyromys miocaenicus,* M_3 dext. fragm.
Nr. 2: *Microdyromys cf. praemurinus,* P_4 sin.
Nr. 3: *Ligerimys cf. antiquus,* $M^{1/2}$ sin.
Nr. 4: *Prodryomys satus,* M_3 sin.
Nr. 5: *Paraglirulus werenfelsi,* M_2 sin.

3. Das Klima zur Zeit der fluvialen OMM in der Schwäbrig-Formation

3.1. Pflanzenstandort und Florenliste

Die Pflanzenfundstelle liegt in der höheren Schwäbrig-Formation im Hafenwald (755 230/249 760) wenig unterhalb der Brendenbach-Mergelzone in braun-schwarzen bis gelb-beigen, leicht tonigen, siltigen Sanden, die mit grauen, kompakten Sandsteinbänken in Wechsellagerung stehen.

In der gleichen stratigraphischen Position befindet sich S der Flue eine Konglomerat-Rinne (755 630/249 790) deren Fazies genau analysiert wurde (BERLI, 1985) und mit dem **Donjek Typ** von MIALL (1981) identisch ist. Der Sedimentationsraum dieses proximalen Teils einer **Alluvial-Ebene** wird durch **leicht mäandrierende Flüsse mit mässig geraden, eventuell schwach verflochtenen Rinnen aufgeschüttet;** das Gefälle betrug nach hydrologischen Überlegungen etwa 4,5 m/km (vgl. Abb. 2, Abb. 6).

Die oft angerollten Blätter gelangten auf zyklisch überschwemmten Strandbereichen, Sandbänken und reaktivierten Überläufen der Hauptrinne zur Ablagerung. Das organischreiche Überschwemmungsmaterial hat oft Trockenrisse aufgefüllt, so dass die einzelnen blattführenden Schichten untereinander in Verbindung stehen.

Die Pflanzen selbst gediehen meist in den Flussauen *(Populus, Cinnamomum, Alnus)* und vereinzelt auf höheren, sandigen Ufergebieten.

Florenliste

— *Persea princeps* (Heer) Schimper
— *Cinnamomum polymorphum* (A.Br.) Heer
— *Cinnamomum transversum* (Heer)
— *Alnus nostratum* (Ung.)
— *Populus mutabilis* (Heer)
— *Populus cf. latior* (A.Br.)
— *Populus balsamoides* (Goepp.)
— *Sapindus cf. falcifolius* (A.Br.)
— *Celastrus Acherontis* (Heer)
— *Dryandroides accuminata* (Heer)
— *Ficus populina* (Heer)
— *Juglans accuminata* (A.Br.)
  vel *Juglans miocathayensis* (Hu)
— *Platanus cf. aceroides* (Heer)
— *Acacia sp.?* (Rezentvergleich)
— *Eucalyptus cf. oceanica* (Heer)?

Die Bestimmung der Pflanzen erfolgte aufgrund der Blattmorphologien wie Form, Ausbildung von Spitze und Basis, Blattrand und Verlauf der Nervatur sowie mittels Vergleichen in den paläobotanischen Sammlungen des Naturhistorischen Museums St.Gallen und des Geologischen Instituts der ETH und Uni Zürich. Ebenso wurden Vergleiche mittels paläobotanischer Literatur und an rezenten Beispielen aus dem Herbarium des Botanischen Gartens Zürich vorgenommen (vgl. BERLI, 1985). Herrn Prof. Dr. R. HANTKE sei hier für seine wertvollen Hinweise und Ratschläge herzlich gedankt.

3.2. Klimatische Aussagemöglichkeiten

Pflanzenfunde ergeben zwar kaum — oder nur indirekt — chronostratigraphische Daten, doch erlauben sie Rückschlüsse auf die lokalen Vergesellschaftungen und Klimaverhältnisse, da Pflanzen gegenüber Veränderungen der Jahresmittel- und Extremtemperaturen sowie Niederschlägen sehr empfindlich sind. Viele der in der Molasse verbreiteten, miozänen Pflanzen kommen aus diesen Gründen heute nur noch in wärmeren Gebieten — Mittelmeer, Atlantische Inseln oder SE-Asien — vor.

Die folgenden Ausführungen vermögen nur einen kleinen Teil der klimatischen Verhältnisse der einzelnen Pflanzen zu widerspiegeln (vgl. BERLI, 1985).

Persea indica (Avocado), die rezente Vergleichsart von *Persea princeps,* ist zusammen mit *Cinnamomum* und *Laurus* ein typischer Vertreter der Lorbeer-Wälder der **Atlantischen Inseln** mit ihrem **feuchtwarm-ozeanischen Klima** (RÜBEL, 1930), das sich durch eine grosse Ausgeglichenheit auszeichnet. Die untere thermische Vorkommensgrenze für *Persea* liegt bei einer Jahresmitteltemperatur von **13°** C. Orotava auf Teneriffa weist einen kältesten Monat von durchschnittlich 14,6° C und einen wärmsten von 22,8° C auf, auch fällt das absolute Minimum **nicht unter 10° C;** somit ergibt sich ein Jahresmittel von 17,7° C auf den Kanarischen Inseln. Auf Madeira, wo der Lorbeerwald auf Höhen von **700-1000 m ü.M.** am üppigsten wächst — dem Wolkengürtel des Passats ausgesetzt — findet sich ein Jahresmittel von **18,2° C** und Niederschläge bis etwa **1000 mm/J** (ALT, 1932 in HANTKE, 1954).

Cinnamomum polymorphum dürfte einen grossen Teil der Ufervegetation ausgemacht haben; er wird von HEER mit dem rezenten Kampherbaum verglichen, der bei einem Mittel von **14-15° C** seine untere thermische Grenze findet und mindestens **1300 mm** Niederschläge pro Jahr benötigt, damit er noch fruchtet (HANTKE, 1954). Nicht zu den ausgesprochen tropischen Formen gehörend, findet er sich in den Tropen nur in Gebirgen und in stark humiden Bereichen, in Japan aber bis in temperierte Klimagebiete. Sein Schwerpunkt liegt in **subtropischen, immergrünen Wäldern** der bei Hochwasser zeitweise überfluteten **Flussauen.** Aufgrund der häufigen Breitblättrigkeit und der Träufelspitzen darf auf eine genügende Grundwasserführung sowie **verstärkte Humidität** geschlossen werden. *Cinnamomum* ist in den wärmeren Perioden des Miozäns der Schweiz weit verbreitet.

Nach HANTKE (1982) liegt die thermische Obergrenze der rezenten Stranderle — *Alnus maritima* — aus Delaware, Maryland und Oklahoma, sowie von *Alnus japonica* aus dem S E-Asien bei einem Mittel von etwa **17° C**; diese Erle wird mit *Alnus nostratum* verglichen. Die Klimadaten aus diesen Regionen stimmen weitgehend mit den Ansprüchen von *Persea* und *Cinnamomum* überein, wobei an der W-Küste von S-Japan — den feuchten Küstenwinden direkt ausgesetzt — die Niederschläge bis **1870 mm/J** steigen können. In den kontinentaleren Gebieten der USA betragen sie etwa 1000 mm/J.

Als weitere typische Vertreter der grundwasserführenden Flussniederungen gelten die Pappeln mit ihren rezenten Vergleichsarten:

Populus latior — P. deltoides; Populus balsamoides — P. balsamifera; Populus mutabilis — P. euphratica. Aus dem **Atlantischen N-Amerika und dem Mississippi-Gebiet** ist *P. deltoides,* die oft hinter Sanddünen und in stagnierenden Sümpfen gedeiht (RÜBEL, 1930), sowie *P. balsamifera* bekannt. Das Jahresmittel liegt dort nach KOVAR (1982) um **2°-4° höher**, die Niederschläge bewegen sich zwischen **1000-1500 mm/J.** *P. euphratica* ist vom E Mittelmeer über Kolchis, Talisch, Zentral-Asien, Himalaya bis gegen China (HANTKE, 1954) vor allem in trockeneren (500-900 mm/J) Regionen ver-

breitet, bezieht aber das benötigte Wasser aus den auch bei Niedrigwasser zeitweise überschwemmten Flussauen wie z. B. in den Niederungen des Euphrat.
Als sommer- oder immergrüner Baum kommt *Sapindus* — der Seifenbaum — hauptsächlich in den Tropen und Subtropen, einige auch in gemässigten Zonen vor (KRÜSSMANN, 1962): so im SW und SE der USA, Himalaya und E-Asien. ANDREANSKY (in WALTER et al., 1954) nennt *Sapindus* aus einer **Trockenelement-Assoziation** des ungarischen Jungtertiärs, doch sind solche Verhältnisse trotz der von den *Lauraceen* verlangten Humidität auf den weiten, nur spärlich mit Vegetation bedeckten Geröllflächen der Molasse-Schuttfächer wegen der vermehrten Verdunstung und raschem Oberflächenabfluss ohne weiters denkbar.
Nach RÜBEL (1930) sind auf den Atlantischen Inseln neben Lorbeer-Hainen auf windexponierten Stellen und in nebelärmeren Gebieten Übergänge bis zu **submediterranen Macchien** möglich.
HANTKE (1954) vergleicht *Sapindus falcifolius* mit *S. marginatus* aus dem S N-Amerikas; die Klimadaten sind also von den vorher genannten höheren Werten nicht abweichend.
Celastrus — ein windender Baumwürger — ist heute auf die Tropen und Subtropen beschränkt und verlangt bei ständiger Frostfreiheit eine ganzjährige Humidität (HEER, 1859). Auf der N-Halbkugel ist er besonders in E und S-Asien weitverbreitet, wobei die Klimastation von Chungking (Szechuan, China) in KOVAR (1982) diese sowie die Bedingungen der übrigen Pflanzen weitgehend erfüllt (vgl. Tab. 3). Verschiedene *Dryandroides-Arten* werden von HANTKE (1965) mit *Myrica* — Gagelstrauch — in Verbindung gebracht; dieser immergrüne Strauch oder Baum findet seine Verbreitung in gemässigten bis subtropischen Zonen beider Halbkugeln. So kommt er beispielsweise entlang den sandigen N-amerikanischen Küstenstreifen zusammen mit *Populus deltoides* vor.
Die rezente Zuordnung vieler von HEER (1859) mit *Ficus* bezeichneter Blätter ist heute noch fraglich; dabei dürften einige zu *Apocyanaceen, Sapotaceen, Sterculiaceen* und *Lauraceen* — Vertreter warmgemässigter bis subtropisch-tropischer Klimatas — gehören. *Ficus* selbst findet seinen heutigen Lebensraum neben den Kanaren und dem Mittelmeer-Gebiet vor allem im paläotropischen Florenreich. KOVAR (1982) nennt *Ficus* aus den **mesophytischen Wäldern von W-Hupeh (China),** deren Jahresmittel sie mit **18° C** bei Niederschlägen von **1100 mm/J** angibt. Nach KRÜSSMANN (1960) fruchtet *Ficus pumila* — eine winterharte Form aus China und Japan — sogar noch in der S-Schweiz, wobei in Lugano das Jahresmittel mit **11,7° C** bei **1742 mm/J** beziffert wird (HANTKE, 1984b).
Juglandaceen sind heute besonders in N-Amerika und E-Asien reich vertreten, doch ist es fraglich, ob alle mit *Juglans accuminata* bezeichneten Reste wirklich zu *Juglans regia* — Walnuss — gehören. Sie lieben nahrhaften, tiefgründigen, doch nicht zu feuchten, kalkhaltigen Boden an einer warmen Lage und sind ebenfalls typische Vertreter des mesophytischen Waldes der Atlantischen E-Küste N-Amerikas und Mittel-Chinas, stellen aber etwas weniger hohe Temperaturansprüche.
Juglans-Pollen konnten in der OMM von St. Gallen nicht nachgewiesen werden; jedoch wie in der tieferen OMM des Wirtatobels (Pfänder, Vorarlberg) mit über 30% solcher von *Carya* (HOCHULI, 1982), einer heutigen Hickory-Art N-Amerikas. Beide gehören zu den klimatisch **intermediären Elementen**.
Platanus aceroides findet nach HANTKE (1954) seine rezente Vergleichsart in Platanen

des Atlantischen N-Amerika und des Mississippi-Gebietes, die oft an Tümpeln oder Flussufern zu finden sind: *Platanus occidentalis* oder *P. acerifolia.* Für Little Rock (Ark.) und New Orleans (Louis.) werden von GREGOR (1980) Klimadaten von ∅ **16,6° C** und **1221 mm/J**, bzw. **21,1°** und **1614 mm/J** angegeben: ein **humides Cfa-Klima** sensu KÖPPEN. In der OMM von St.Gallen (HOCHULI, 1982) sind bis jetzt noch keine *Platanus*-Reste gefunden worden, so dass auch das vorliegende Blatt mit Vorbehalt zu betrachten ist, zumal sich einige Gattungen noch nicht in völlig gesicherter Stellung befinden.

In den Findlingen von St.Gallen konnten einige Reste von *Akazien*-Früchten und kleine Phyllodien nachgewiesen werden. Die Zuordnung der mit *Acacia* bezeichneten Reste (Naturhist. Museum, St.Gallen) ist heute noch recht zweifelhaft, doch werden tropische und subtropische bis ins Mittelmeer-Gebiet verbreitete *Leguminosae* in Betracht gezogen. Da sich der höchste der **St.Galler Findlinge**, die eine ausgesprochen warme, subtropische Flora (KELLER, 1890/91) geliefert hatten, in einer Moräne beim Möslengut (St.Georgen) befand, können diese unmöglich aus der OSM im Tal von St.Gallen losgeschürft worden sein. Nach der Vereisungskarte des Würm — Stein am Rhein Komplexes von Keller (1981) — Stand (6) — kommen als **Liefergebiet** vorwiegend die **OMM-Serien** vom Rorschacherberg über die Goldach-Schlucht bis zum Freudenberg in Frage sowie ein kleiner Teil der USM im Bereich Speicherschwendi. Nach der rost-roten Farbe der feinen Mergel kann eine Herkunft aus dem unteren Teil der OMM beim Kohleflöz in der Nähe des **Schaugenbädli** nicht ausgeschlossen werden, da die dortigen Quellen nach STRICKER (1970) eisenhaltiges Wasser führen. Somit ist also ein Vorkommen von *Acacia* in der fluvialen OMM der Schwäbrig-Formation ebenso möglich. Dieses Blatt scheint mit der rezenten Art *Acacia melanoxylon* nach vergleichender Herbar-Durchsicht im Botanischen Garten Zürich fast identisch zu sein. In Spanien und Portugal ein häufiger Strassenbaum, übersteht er als winterhärteste Art sogar gelegentliche Fröste, obwohl seine ursprüngliche Heimat Tasmanien und SE-Australien sind (KRÜSSMANN, 1930). Die Temperaturen von Lissabon und Barcelona können als **thermische Untergrenze** betrachtet werden: **15,5° C** und **500-700 mm/J**. Als **Trockenelement** dürfte er die Geröllfluren der Molasseschuttfächer besiedelt und entwässert haben, ist aber nach Trockenzeiten auf ausreichende **Monsun-Regen** angewiesen (RÜBEL, 1930). Ähnliche Bedingungen herrschen in den **kontinental-tropischen Gegenden Asiens**, wobei *Acacia* auch im **humiden Klima der Bahamas** gedeiht.

Eucalyptus oceanica wird von KELLER (1890/91) für die st.gallisch-appenzellische Molasse ebenfalls einzig aus den **Findlingen** erwähnt. Die tatsächliche Zuordnung von den mit rezenten *Eucalypten* verglichenen Blättern ist noch nicht restlos geklärt, so dass klimatische Schlüsse aus diesen heute vorwiegend auf Australien beschränkten, jedoch auch im Mittelmeer-Gebiet und S-England angepflanzten Bäumen, sehr problematisch sind.

Aus den höchsten Schichten der Hundwiler Höhe erwähnt HANTKE (1984) von der Strasse E von Gontenbad bei Appenzell, die hier aus stratigraphischen Gründe neu in die fluviale OMM eingestuft werden sollten, *Sabal major;* ihre thermische Untergrenze liegt bei einer Mindestniederschlagsmenge von **1200 mm/J** um **17,5°** (ca. Arkansas) bis **18° C** im Jahresmittel. Die rezenten Vergleichs-Arten — *Sabal etonia, S. adansonii, S. palmetto* — sind entlang eines sandig-trockenen oder auch sehr feucht-moorigen Untergrundes des Küstenstreifens von Virginia, Arkansas bis Florida sowie in Westindien, Kolumbien und Mexiko verbreitet (KOVAR, 1982). Das Klimadiagramm von

Pensacola (Florida) wird charakterisiert durch relativ ausgeglichene Temperaturen und ein Jahresmittel von **20°** C, Niederschlägen von **1458 mm/J** und ganzjähriger Humidität mit Frühjahrs- und Spätsommer-Spitzen (KOVAR, 1982). Nach HANTKE (1984) sollen Höhenlagen von mehr als **100 m ü. M.** kaum überschritten werden.

3.3. Klimatische Schlussfolgerungen für die subalpine OMM

Da in der subalpinen st.gallisch-appenzellischen Molasse am Sommersberg neben OMM sogar OSM nachgewiesen ist, muss die Annahme von HANTKE (1984), die älteren Schuttfächeroberflächen seien damals schon zu hoch gelegen — Beichlen (LU) 400 bis 500 m ü. M. — als dass sie von den jüngeren Schuttmassen noch überschüttet worden wären, zumindest für die Ostschweiz revidiert werden.

Für das Untersuchungsgebiet wird wegen der nahen Küste (S von St. Gallen) und der Höhenlage von *Sabal* eine maximale Höhe von weniger als **150 m ü. M.** angenommen, so dass die Temperaturreduktion auf Meereshöhe knapp + 1° C betragen wird.

Da *Alnus maritima* — eine rezente Vergleichsart von *Alnus nostratum* — seine thermische Obergrenze bei etwa 17° C findet und dieser Wert gleichzeitig die thermische Untergrenze von *Sabal* markiert, kommt das auf Meereshöhe reduzierte Jahresmittel um **18° C** zu liegen, deutlich über der von *Cinnamomum* verlangten Temperatur bei **mindestens 1300 mm/J**. Die übrigen Pflanzen lassen sich ohne Einschränkungen in dieses Klimagefüge einordnen, auch wenn für einige «Trockenelemente» die Niederschläge zu hoch erscheinen und sie einem extremeren Standort zugeschrieben werden müssen: Geröllfluren mit steppenartigem Klima im Gegensatz zu den Flussauen und mesophytischen, etwas erhöht gelegenen feuchten Wäldern mit feuchtmediterranem bis subtropischem Klima. Vom Meer herstreichende Nebel dürften zudem für eine hohe Luftfeuchtigkeit gesorgt haben. Im Gegensatz zu den Öhninger und Schrotzburger Fundstellen (HANTKE, 1954) konnten von den kühleren Floren weder *Acer* (Ahorn) noch *Salix* (Weide) — trotz der feuchten Flussauen — gefunden werden, so dass die Temperaturen in der fluvialen OMM der Schwäbrig-Formation über denjenigen der erwähnten OSM-Fundstellen liegen dürften:

Diese werden von HANTKE (1954) mit 7°-8° C im kältesten, 24° C im wärmsten Monatsmittel und 16° C im Jahresmittel bei 1300-1500 mm/J angegeben.

Die heutige Verbreitung der rezenten Vergleichsarten bzw. die Regionen mit entsprechenden Klimaverhältnissen wie in der fluvialen OMM sind in Abb. 3 dargestellt. Die Schwerpunkte liegen im **SE von N-Amerika** und im **S E-Asiens** sowie an nebelreicheren Staulagen des **Mittelmeers**, **Schwarzen Meers** und auf den **Atlantischen Inseln.**

Die Nähe des Meers dürfte für ein relativ ausgeglichenes, ozeanisches Klima mit reichlich Niederschlägen verantwortlich sein. In Tab. 3 sind zwei Klimastationen der heutigen Schwerpunkt-Gebiete und die vermuteten Klimadaten der fluvialen OMM aufgelistet.

Das Klima wird als feuchttemperiertes, subtropisches Cfa-Klima mit trockeneren Sommern — ähnlich dem Mittelmeer-Gebiet — und regenreichen, milden Wintern charakterisiert.

Abb. 3: Heutige Verbreitung der rezenten Äquivalente der OMM-Pflanzen auf der N-Halbkugel und deren klimatisch möglichen Standorte auf der S-Halbkugel

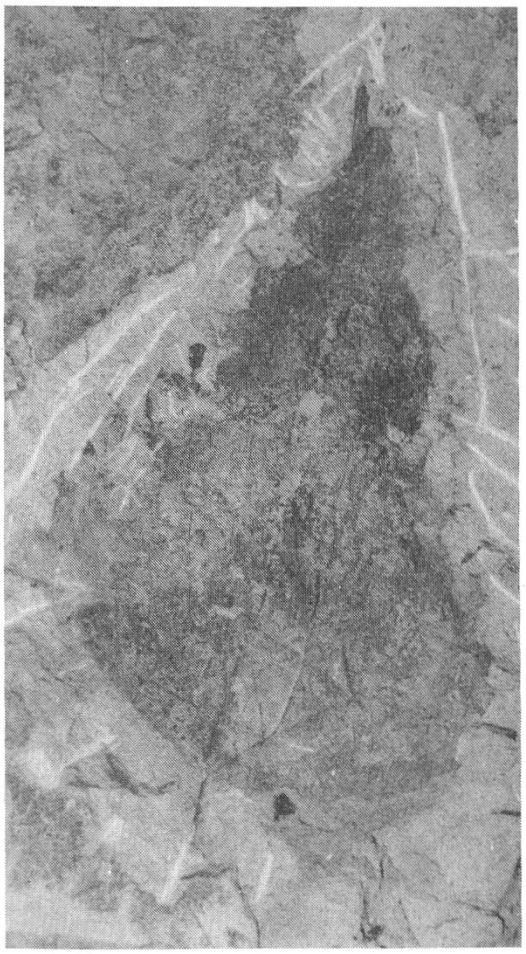
	Montgomery (Alabama)	**Chungking** (Szechuan)	**fluviale OMM** (SG, AR)
Seehöhe:	61 m	230 m	150 m
mittl. Jahrestemp.:	18,6° C	19,0° C	18°-19° C*
mittl. Temp. des kältesten Monats:	10,0° C	8,6° C	8°-10° C*
mittl. Temp. des wärmsten Monats:	27,0° C	27,2° C	26°-27° C*
Zahl der Mte. mit abs. Minimum unter 0° C:	0	0	0 - 1
Zahl der Mte. mit mittl. Temp. mehr als 20° C:	5	6	5 - 6
Summe der Niederschläge pro Jahr:	1363 mm/J	1093 mm/J	1300-1800 mm/J

* Werte auf Meereshöhe reduziert

Tab. 3: Vergleichbare heutige Klimastationen (aus KOVAR, 1982) und Klimadaten der fluvialen OMM in der Schwäbrig-Formation am Sommersberg.

Blattreste aus der Schwäbrig-Formation (fluviale OMM)

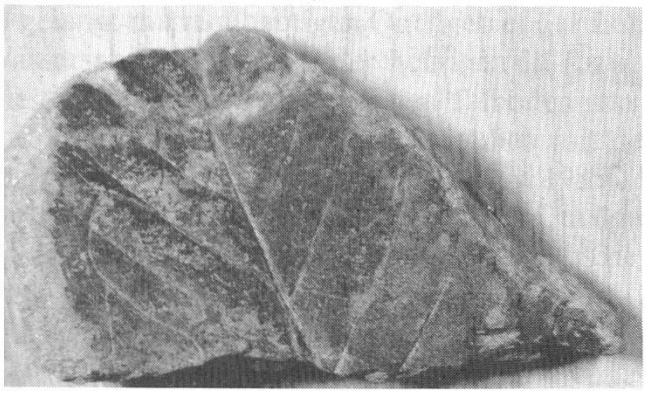
Nr. 1



Nr. 3

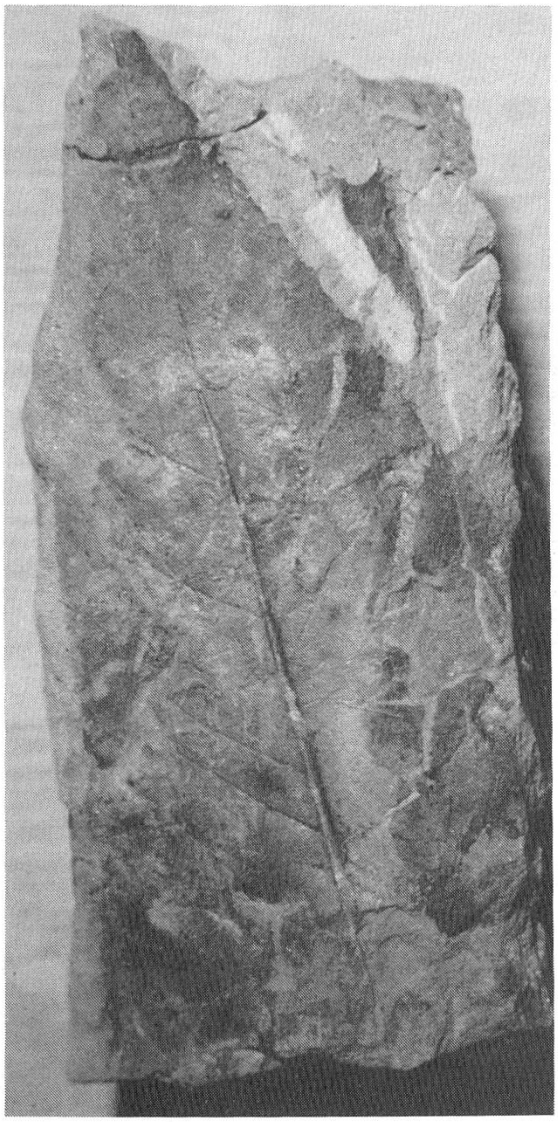
Nr. 4

Nr. 1: *Cinnamomum polymorphum vel transversum* (Heer)
Nr. 2: *Alnus nostratum* (Ung.)
Nr. 3: *Populus balsamoides* (Goepp.)
Nr. 4: *Dryandroides accuminata* (Heer)

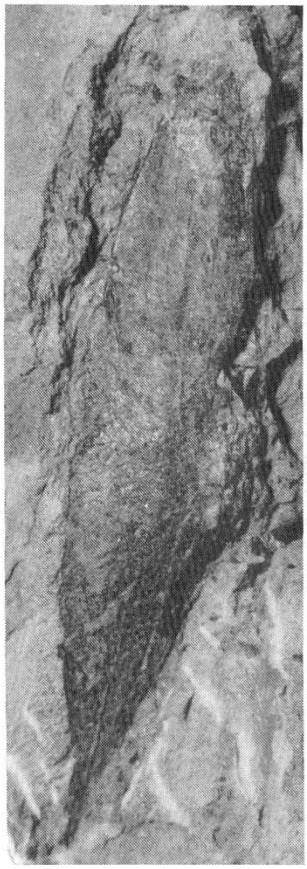


Nr. 2

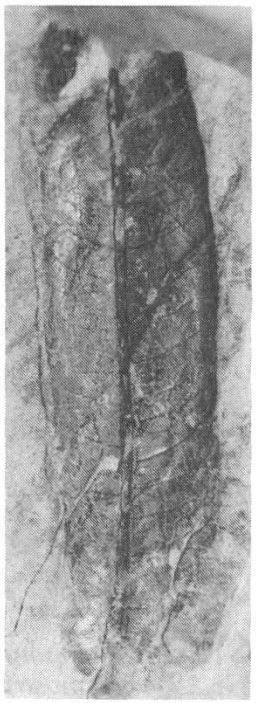
Blattreste aus der Schwäbrig-Formation (fluviale OMM)



Nr. 5



Nr. 6



Nr. 7

Nr. 5: *Juglans accuminata* (A.Br.)
Nr. 6: *Acacia sp.?*
Nr. 7: *Eucalyptus cf. oceanica* (Heer)

4. Einzugsgebiet und Paläohydrologie des Sommersberg-Schuttfächers in der OSM

4.1. Das Einzugsgebiet

Mittels Geröll-Analysen wurde versucht, das Einzugsgebiet des Sommersbergs abzuklären, indem die prozentualen Geröll-Anteile den tektonischen Einheiten im Hinterland (Vorarlberg) zugeordnet wurden (vgl. Abb. 4).

Das Einzugsgebiet kann vorerst nur im Penninischen Flysch gelegen haben und hat sich anschliessend — Mittlerer Sommersberg — in die Nördlichen Kalkalpen erweitert; einerseits wegen des Vorrückens der Oberostalpinen Decken, anderseits wegen der rückgreifenden Erosion des Sommersberg-Flusses. Zudem hat sich im Zuge der allgemeinen Abkühlung während der OSM die Waldgrenze gesenkt, so dass weitere Teile der Alpen vermehrt der Erosion zum Opfer fielen (HANTKE, 1984, 1985). Erst im höheren Teil des Mittleren Sommersbergs gelangten auch Gerölle des Helvetikum, vorab der Ultrahelvetischen Liebensteiner-Decke, zur Ablagerung, wobei sie im höchsten Konglomerat nochmals deutlich zu Gunsten des Penninischen Flysches abfallen.

Die Flysch-Anteile betragen durchwegs etwa 80%, so dass diese den grössten Teil des Einzugsgebietes ausgemacht haben dürften, zumal das Helvetikum fast durchwegs noch von Flysch bedeckt war. Die Nördlichen Kalkalpen waren mit maximal 24% beteiligt. Die Silvretta-Decke und das Unterostalpin sind zu vernachlässigen, da ihr Anteil im Bereich des Unsicherheitsfaktors liegt.

Die **Ur-Ill** wird als Zuliefer-Fluss **ausgeschlossen**, da sie mit ihren Zuflüssen eine ähnliche Morphologie zeigt wie die seit dem Oligozän präexistenten Bündnertäler und demnach ihr Quellgebiet schon weit ins Oberostalpin und Unterostalpin zurückverlegt hatte, so dass das Verhältnis Flysch: Nördliche Kalkalpen wesentlich kleiner war (BERLI, 1985a). Sie baute seit der Oligozän/Miozän-Wende die Schuttfächer des Kronberg (HABICHT, 1945), der teilweise die gleichen Flysch-Gerölle führt wie der Sommersberg, und den des Gäbris auf, wobei hier die Flysch-Komponenten seltener sind. Der Hörnli-Schuttfächer (BÜRGISSER, 1980) der OSM führt teilweise ebenfalls Flysch-Gerölle, wobei aber Komponenten aus den Bündner Tälern und den nördlichen Kalkalpen (PAVONI, 1955) überwiegen.

Das Einzugsgebiet des Sommersbergs kann somit nur weiter NE der Ill gelegen haben. Dazu bietet sich der **FRUTZBACH**, dessen Achse Richtung Sommersberg zeigt, mit seinem Quellgebiet im Penninischen Flysch der Region Furkajoch (1770 m) geradezu an. Wird er über die Penninische Hauptflysch-Zone des Grossen Walsertals verlängert, so gelangt man im heutigen Quellgebiet des Lutzbaches im Bereich der Roten Wand zur Wasserscheide zwischen der heutigen Ill (bzw. Lutzbach) und den Quellen der Lech. Diese befinden sich auf dem alten Talboden von Spullersee und Formarinsee (ca. 2000 m) und haben sich in der OSM zusammen mit der Lech über die Ur-Iller zum Adelegg-Schuttfächer entwässert (EBERHARD, 1985). Das aus den Geröll-Analysen ermittelte Verhältnis kann mit dem Einbezug des **Quellgebiets des Lutzbaches** in den Nördlichen Kalkalpen somit aufrechterhalten werden. Die N Begrenzung des Einzugsgebietes bildeten die Quelläste von Ur-Dornbirner und Ur-Bregenzer Ach, die gemeinsam die Pfänder-Schüttung aufbauten.

Das durch den **Ur-Frutzbach** und den hinteren **Ur-Lutzbach** entwässerte Einzugsgebiet des Sommersberg-Schuttfächers betrug somit etwa **500 km²**.

Zur Zeit der Tannerwald-Schotter (HOFMANN, 1957) wurde der Ur-Frutzbach seines

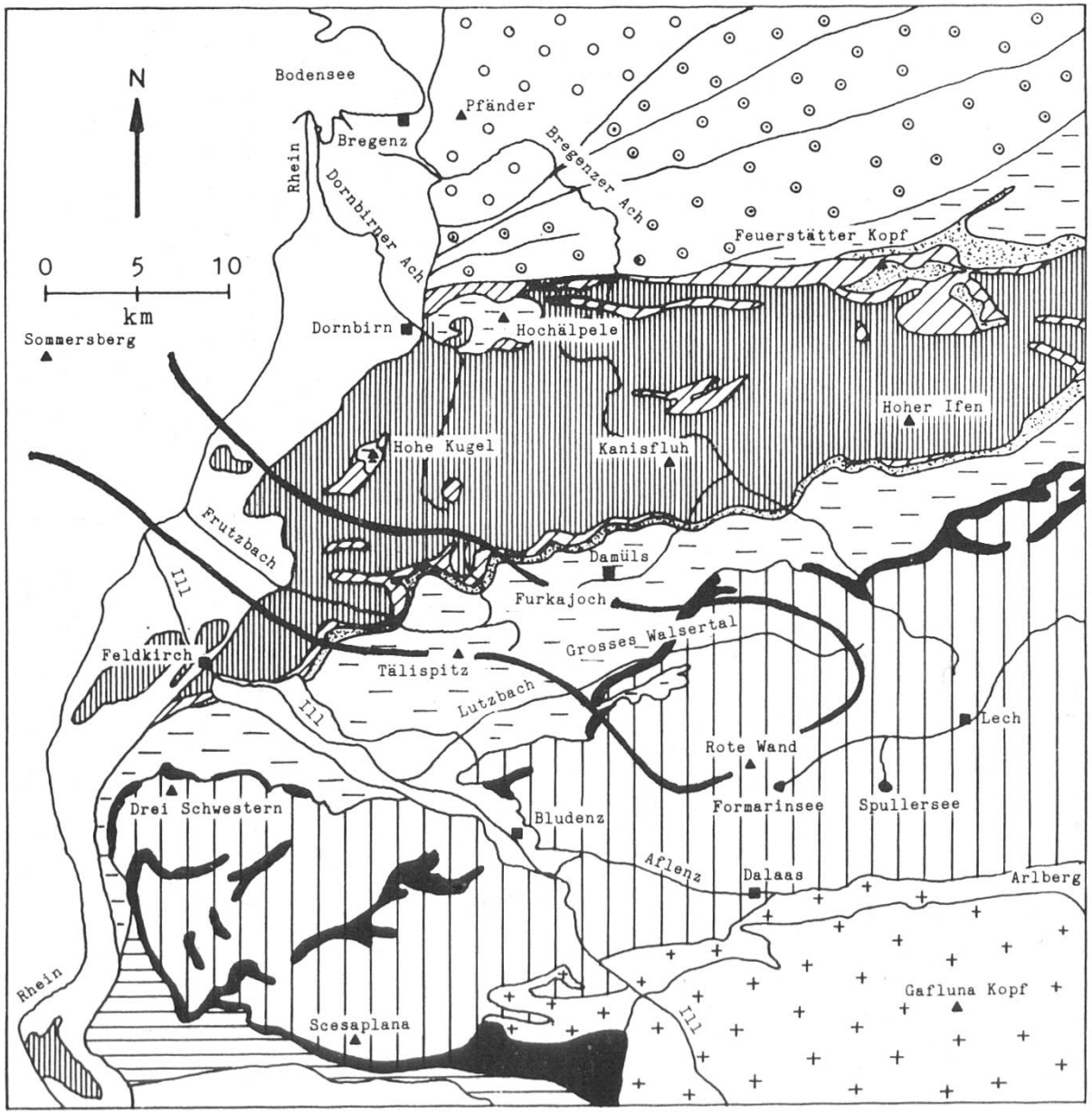


Abb. 4: Einzugsgebiet und Geröllspektrum am Sommersberg (tekt. Karte nach Matura 1980 und Richter 1969)

Legende:

H Sb	Höherer Sommersberg
M Sb	Mittlerer Sommersberg
T Sb	Tieferer Sommersberg
SF	Schwäbrig-Formation
A M	Aufgerichtete Molasse
FGZ	Forst-Gonten-Zone

Einzugsgebiet des Ur-Frutzbaches

Tektonische Einheiten im Bereich des Einzugsgebietes / %-Anteile der Gerölle in der st.gallisch-appenzellischen Molasse	Stein StGA 3	Stein StGA 2	Schwendi - Unt. Chlosmeren	Aeusserer Sommersberg	Chlosmeren CGA 7	Chlosmeren CGA 5	Egg	Gibel	Sommersberg-Basiskonglomerat Hafenwald	Sommersberg-Basiskonglomerat Gais	Hohegg - Hebrig	Hafenwald HGA 3	OMM-Basiskonglomerat St.Gallen-St.Georgen	Alter Zoll	Ill-Mündung
HELVETIKUM	1	9	8	8	12	4	5	3			1				
Säntis-Decke		2	4	6											
Ultra-Helvetikum															
Liebensteiner-Decke	1	7	4	2	12	4	5	3			1				
PENNINISCHE HAUPTFLYSCH-ZONE	81	70	72	80	67	72	82	82	96	100	8	9	40	10	28
Feuerstätter-Decke	45	27	31	42	33	24	51	48	41	43	4	6	13	1	16
Uentschen-Decke + Hauptflysch	36	43	41	38	34	48	31	34	55	57	4	3	27	9	12
OBEROSTALPIN	18	17	18	12	21	24	12	16	4		77	78	57	83	66
Nördliche Kalkalpen	16	13	18	12	20	24	12	15	4		61	60	46	68	41
Silvretta-Decke	2	4			1			1			16	18	11	15	25
UNTEROSTALPIN		4	2								14	13	3	6	6
Aroser-Zone			2								4	5	3	6	3
Falknis-Sulzfluh-Decke		4									10	8			3
	H Sb		M Sb						T Sb		SF		A M	FGZ	

Oberostalpinen Quellgebietes beraubt indem der Ur-Lutzbach im Grossen Walsertal zur Ill durchbrach, so dass nur noch Flysch-Gerölle über das heutige Rheintal und ein präexistentes Rotbachtal W Gais (HANTKE, 1985) bis über St. Gallen hinaus vordrangen, bevor sich die Ur-Ill und der Ur-Frutzbach im tektonischen Störungsbereich des Rheintals mit einer zur Miozän/Pliozän-Wende aktiven E Entwässerungsrinne des alpinen Rhein-Gletschers zusammenschlossen (HANTKE, 1985).

4.2. Die OSM-Schuttfächer mit Einzugsgebiet in Vorarlberg

Wie Abb. 5 zeigt, können im Mittel-Miozän vier Schuttfächer unterschieden werden:
— Hörnli-Schuttfächer: Ur-Ill; Ur-Rhein und Ur-Landquart
— Sommersberg-Schuttfächer: Ur-Frutzbach, Ur-Lutzbach
— Pfänder-Schuttfächer: Ur-Dornbirner Ach, Ur-Bregenzer Ach
— Adelegg-Schuttfächer: Ur-Iller

Ihre Quelläste verlaufen in präexistenten, meist tektonischen Störungszonen folgenden Alpentälern, die im Bereich von Mulden und Achsendepressionen — wie der Ur-Frutzbach im Rheintal — und alten Senkungsfeldern ins Molasse-Becken münden. Das Wasser wird schliesslich in der Glimmersandrinne gegen W in die Ur-Rhône abgeleitet (BÜRGISSER, 1980). Die Höhenlagen der Alpentore ergeben sich aus paläohydrologischen Berechnungen (HANTKE, 1984; BÜRGISSER, 1980; BERLI, 1985a). Die Ur-Ill wird im Bereich der Helvetischen Achsendepression der Amdener — Wildhauser-Mulde S des Eschnerberges (Feldkirch) gegen W in den Ur-Rhein-Hörnli-Fluss umgeleitet. Das seit der OMM aktive Senkungsfeld im unteren Rheintal dürfte mit der Akzentuierung eines präexistenten beidseitigen Achsengefälles der Helvetischen Decken gegen das Rheintal einhergegangen sein, so dass der Ur-Frutzbach hier seinen Weg ins Molasse-Becken finden konnte. Es ist daher auch nicht möglich, dass sich die Zuflüsse des Pfänder-Schuttfächers bis zum Sommersberg entwässert hätten.

Eine vermehrte Stauchung der Ostschweizer und Vorarlberger Helvetischen Decken während der **Ruchi-Phase** (MILNES, 1980) lenkte die **mittel-miozänen Alpen-Flüsse** (Ur-Rhein, Ur-Ill) durch **präexistente Längsmulden**, bevor eine verstärkte **Hebung** — beidseits des Rheintals — an der **Miozän-Pliozän-Wende** ihr Niveau anhob, so dass die vereinigten Alpen-Flüsse durch die **Achsendepression** und den durch Zerrung verursachten **Einbruch des Rheintals** in den Bodensee-Raum vorzustossen begannen.

Die Gebiete N des Alpsteins lagen somit seit der ausgehenden OMM im Schüttungs-Schatten der Alpen-Flüsse.

4.3. Paläohydrologische Daten des Sommersberg-Schuttfächers

Die kühlerzeitlichen Konglomerate des Sommersberg-Schuttfächers lassen sich durch zwei Typen (Abb. 6), die von MIALL (1977, 1981) nach rezenten Flüssen beschrieben worden sind, vollständig charakterisieren:
— **Tollheim/Scott Typ:** Konglomerat-Assoziation **H1** im Hörnli-Schuttfächer nach BÜRGISSER (1980)

Als Beispiel sei das **höchste Sommersberg-Konglomerat** (100 m NE Pkt. 1177) hier kurz beschrieben, wobei die Abb. 6D aus der Analyse der Verteilung und Einregelung der Geröll-Achsen und runden Gerölle hervorgegangen ist (Abb. 6C). Bei der Darstellung wurden zur Hauptsache die internen Strukturen der Schichtung ohne differenziertere Aufzeichnung der Geröllgrössen berücksichtigt; sie sind, soweit notwendig, im Text erwähnt.

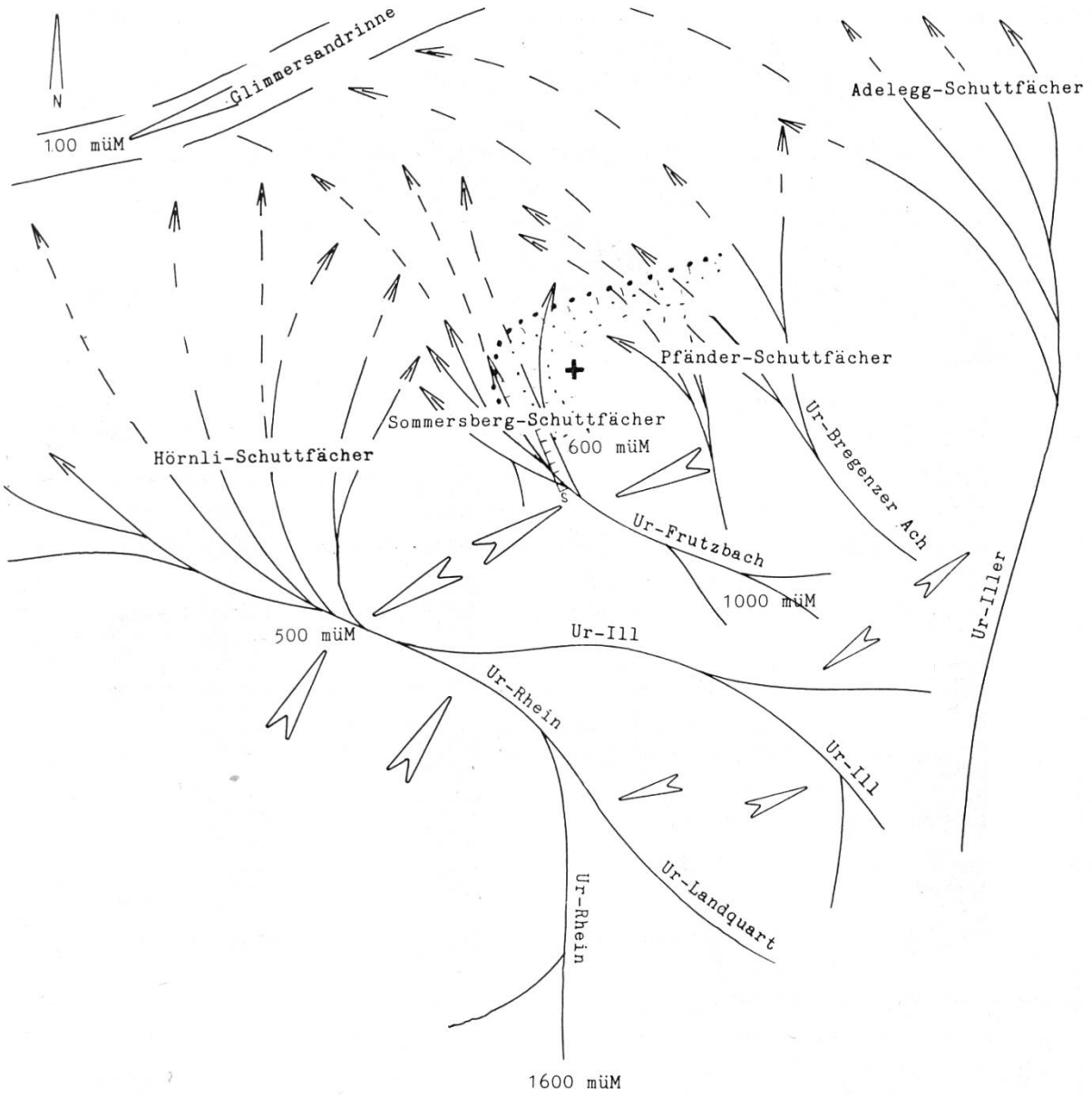


Abb. 5: Die Flussysteme der Nordostschweiz im Badenian

Achsengefälle

Senkungsgebiet seit der OMM aktiv

S synsedimentäre Brüche

heute erhöhter geothermischer Gradient (ANGEHRN und STARCK, mdl. Mitt.)

100 m ü.M. ungefähre Paläohöhen

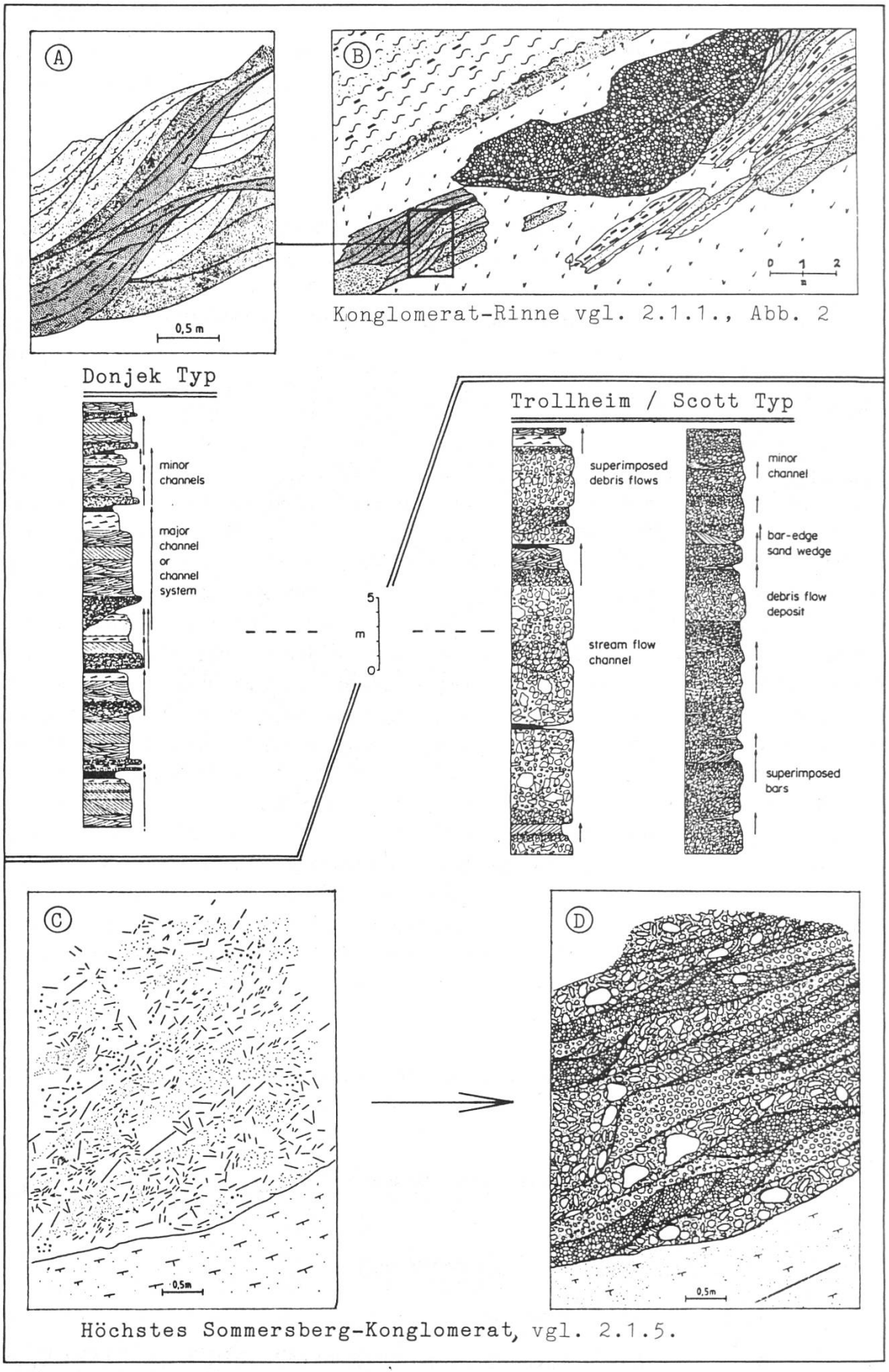


Abb. 6: Konglomerat-Typen am Sommersberg (nach Miall 1981)

Die Konglomerat-Serie über den Mergeln beginnt mit einem matrixreichen, grobgerölligen **Schuttstrom,** ohne das Liegende stark zu erodieren, und geht dann nach dieser für den **Trollheim Typ** charakteristischen Ablagerungsform über in Y-kreuzgeschichtete, kornunterstützte Konglomerate des **Scott Typs,** die sich bei abschwellendem Hochwasser und Überflutungen in Form von groben **Kiesbänken** bildeten. Ein nächster Schuttstrom folgt mit sehr grossen (50 cm) Komponenten und gewellter Basis. Er verringert seine Korngrösse mit abnehmender Fliesskraft plötzlich und lagert Linsen mit matrixarmen Konglomeraten ohne deutliche Schichtung ein. Dies ist typisch für normale Hochwasser bei geringerem Gefälle als es der vorherige Schuttstrom verlangte (MIALL, 1981).
Ein neuer Schuttstrom füllt eine Rinne auf, in der er auch seine gröbsten Gerölle zur Ablagerung bringt, sobald sich die Fliesskraft nach der Überflutung zu verringern beginnt. Der gesamte mittlere Teil des höchsten Sommersberg-Konglomerats wird somit von Schuttströmen des **Trollheim Typs** beherrscht.
Erst in der Folge finden sich wieder die ruhigeren Sedimente des **Scott Typs** mit Y-kreuzgeschichteten Kiesbänken, -linsen und sogar dachziegel-artig abgelagerten Geröllen, die sich bei abnehmendem Hochwasser bzw. in Flüssen bei Normalwasser manifestieren. Anschliessend verlässt die Hauptrinne dieses Schüttungsgebiet, so dass es kurzfristig zur Bildung von Sand- und Feinkieslinsen kommt.
Die Sommersberg-Konglomerate weisen viele Ähnlichkeiten mit den rezenten Ablagerungen **verflochtener Kiesflüsse auf Gletschervorfeldern** (MIALL, 1981) mit **gelegentlichen Hochwassern** (Scott Typ) sowie den **Geröll-Schutt liefernden Überschwemmungsfluten** von Flüssen in semi-ariden Klimatas (Trollheim Typ) auf. Im Hinterland **aufgestaute Flüsse** bilden nach ihrem Ausbruch mehrheitlich Konglomerate des Trollheim Typs; sie machen den grössten Teil der grobdetritischen Sedimente des proximalen Sommersberg-Schuttfächers aus.
Die **paläohydrologischen Daten** wurden mittels derselben Berechnungsgrundlagen erhalten, die BÜRGISSER (1980) für den Hörnli-Schuttfächer verwendete (vgl. BERLI, 1985a). Als quantifizierte Grunddaten zur Analyse der paläohydrologischen Entwicklung eines etwa 5 m mächtigen Profils am höheren Mittlern Sommersberg (755 200/248 425) mussten folgende Grössen ermittelt werden: durchschnittliche Niederschlagsmenge und Jahresmitteltemperatur (HANTKE, 1954, BÜRGISSER, 1980), Fläche des Einzugsgebietes, durchschnittliche und maximale Geröllgrössen und vermutete Rinnentiefe.
Die **Ergebnisse,** die sich mit den rezenten Beispielen (SCHUMM, 1977; MIALL, 1977, 1981; BÜRGISSER, 1980) vergleichen lassen und durchschnittlich wenig höhere Werte als der Hörnli-Schuttfächer ergeben — der Sommersberg lag näher bei der Alpenfront — sind in Tab. 5 aufgelistet.

* — Niederschlagsmenge im Einzugsgebiet		1800 mm/J
* — mittlere Temperatur im Einzugsgebiet		11° C
+ — effektiv abfliessende Niederschläge		1200 mm/J
* — Fläche des Einzugsgebietes		500 km^2
* — durchschnittliche Geröllgrössen		2-10 cm
* — maximale Geröllgrössen		40 cm
+ — mittlere jährliche Abflussspende		19 m^3/s
○ — rinnenfüllende Abflussspende		190 m^3/s
+ — katastrophale Abflussspende	>	190 m^3/s
+ — Anzahl Rinnen		1-2
+ — Rinnenbreite		50-100 m
* — Rinnentiefe		1-2 m
+ — mittlere minimale Fliessgeschwindigkeit		2,1-3,4 m/s
+ — Gefälle für Schuttströme		10-15 m/km
+ — Fliesskraft bei Schuttströmen		ca $660 \cdot 10^3$ erg/cm^2s

* Grunddaten
○ Schätzung nach rezenten Alpenflüssen
\+ Berechnung

Tab. 5: Paläohydrologische Daten des Ur-Frutzbaches im Sommersberg-Schuttfächer

5. Ausblick

Da in der subalpinen Molasse der Ostschweiz der Nachweis von OSM erbracht werden konnte, ist es angebracht, die hier als fluviale OMM vermuteten höchsten Kronberg- und Hundwiler Höhe-Schichten ebenfalls auf stratigraphisch verwertbare Fossilien wie Säugerzähne oder Palynomorphen zu untersuchen. Sodann ergäben allfällige Pflanzenfunde ein abgerundeteres Bild der klimatischen Verhältnisse während der fluvialen OMM. Zudem wäre die gesamte S aufgerichtete Molasse inkl. subalpine Molasse — älter als OMM — von St. Gallen (E Sitter) bis Gäbris und Stoss bis Alpenrand erstmals chronostratigraphisch zu gliedern.

LITERATURVERZEICHNIS

AMMANN, M. (1979): Geologische Untersuchungen in der untern Süsswassermolasse des Appenzeller Vorderlandes; — Unpubl. Dipl.-Arb. Phil. Fak. II Univ. Zürich — Dep. Geol. Inst. ETH Zürich.

BAYER, H.-J. (1983): Bruchtektonische Bestandesaufnahme des Steinheimer Beckens und des westlichen Nördlinger Rieses; — Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. 65.

BERLI, ST. (1979): Die grosse Katastrophe; — St.Galler Tagblatt, Zeitlupe, 29.4.79.

— (1985a): Geologische Untersuchungen der Sommersberg-Zone (Kantone Appenzell-Ausserrhoden und St. Gallen); — Dipl.-Arb. Phil. Fak. II Univ. Zürich — Dep. Geol. Inst. ETH Zürich.

BÜCHI, U.P. et al. (1945): Die obere marine Molasse zwischen Sitter-Urnäsch und dem Rheintal; — Eclog. geol. Helv. 39/1.

— (1950): Zur Geologie und Paläogeographie der südlichen mittelländischen Molasse zwischen Toggenburg und Rheintal; — Diss. Univ. Zürich.

— (1955): Zur Geologie der Oberen Meeresmolasse von St.Gallen; — Eclog. geol. Helv., 48/2.

— et al. (1976): Zur Geologie der Thermalwasserbohrung Konstanz und ihre sedimentpetrographische Korrelation mit der Erdölbohrung Kreuzlingen; — Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. Ing., 42/103.

BÜRGISSER, H.M. (1980): Zur mittelmiozänen Sedimentation im nördlichen Molassebecken: Das «Appenzellergranit»-Leitniveau des Hörnli-Schuttfächers (Obere Süsswassermolasse, Nordostschweiz); — Diss. Geol. Inst. ETH Zürich.

DIETRICH. V. (1969): Die Ophiolithe des Oberhalbsteins (Graubünden) und das Ophiolithmaterial der ostschweizerischen Molasseablagerungen, ein petrographischer Vergleich; — Europ. Hochschulschr., 17/1.

EBERHARD, M. (1984): Das Fenster von Nüziders (Vorarlberg) und sein Rahmen; — Jb. Geol. B.-A., Wien, 127/3.

— (1985): Die Adelegg-Molasse W von Kempten; — Diss. ETH Zürich, im Druck.

FREI, H.P. (1979): Stratigraphische Untersuchungen in der subalpinen Molasse der Nordostschweiz zwischen Wägitaler Aa und Urnäsch; — Diss. Phil. Fak. II Univ. Zürich.

FRÜH, J.J. (1987): Beiträge zur Kenntnis der Nagelfluh der Schweiz; — N. Denkschr. schweiz. Ges. Natw., 30/1.

FÜCHTBAUER, H. (1964): Sedimentpetrographische Untersuchungen in der älteren Molasse nördlich der Alpen; — Eclog. geol. Helv., 57.

GREGOR, H.-J. et al. (1982): Die jungtertiären Floren Süddeutschlands; — Enke, Stuttgart.

HABICHT, K. (1945): Geologische Untersuchungen im südlichen st.gallisch-appenzellischen Molassegebiet; — Beitr. geol. Karte d. Schweiz.

— (1945b): Neuere Beobachtungen in der subalpinen Molasse zwischen Zugersee und dem St.Gallischen Rheintal; — Eclog. geol. Helv., 38.

HANTKE, R. (1954): Die fossile Flora der obermiozänen Öhninger Fundstelle Schrotzburg Schienerberg, Süd-Baden); — Denkschr. SNG, 80/2.

— (1980b): Die Obere Süsswassermolasse der Schweiz, ihr Paläorelief und ihre stratigraphische Fortsetzung in die Vogesen-Schüttung; — Vjschr. natf. Ges. Zürich, 125/4.

— (1982b): Die jüngere Landschaftsentwicklung in der Nordostschweiz; — Mitt. natf. Ges. Schaffhausen, 32.

— (1982c): Die jüngstoligozäne Molasse im Bergsturzanriss der Beichlen (Gemeinde Flühli, LU) — Ein Vergleich mit weiteren Floren der Unteren Süsswassermolasse und stratigraphische, paläoklimatische und paläogeographische Schlussfolgerungen; — Mitt. natf. Ges. Luzern, 27.

— (1984a): Die Fächerpalmenreste aus der Molasse der Schweiz und ihrer nordöstlichen Grenzgebiete sowie ihr paläoklimatischer Aussagewert; — Diss. bot., 72.
— (1984b): Floreninhalt, biostratigraphische Gliederung und Paläo-Klima der mittelmiozänen Oberen Süsswassermolasse (OSM) der Schweiz und ihrer nördlichen Nachbargebiete; — Heimatl. Schrr. Lkr. Günzburg, 2
— (1984c): Zur tertiären Relief- und Talgeschichte des Bergeller-Hochgebirges, der zentralen Südalpen und der angrenzenden Gebiete: — Eclog. geol. Helv., 77/2.
— (1985a): Zur Relief-, Tal- und Klimageschichte der zentralen und östlichen Schweizeralpen — Teil 1: Das Geschehen vom mittleren Oligozän bis ins frühe Miozän; — Vjschr. natf. Ges. Zürich, 130/1.
— (1985b): dito — Teil 2: Das Geschehen vom mittleren Miozän bis ins frühe Pleistozän; — Vjschr. natf. Ges. Zürich, *130*/2.
HEER, O. (1859): Flora tertiaria Helvetiae; — 1, 2, 3, Winterthur.
HEIERLI, H. (1984): Die Ostschweizer Alpen; — Sammlung geol. Führer, 75, Bornträger, Berlin.
HOCHULI, P. (1982): Organische Mikrofossilien aus Proben der Molasse von Vorarlberg und Teilen des Schweizerischen Mittellandes; — Projet P.I.C.G. 73/1/25, section 5, H.S.7, 1982
HOFMANN, F. (1951): Zur Stratigraphie und Tektonik des st.gallisch-thurgauischen Miozäns (Obere Süsswassermolasse) und zur Bodenseegeologie; Diss. Univ. Zürich.
— (1965): Die stratigraphische Bedeutung der Bentonite und Tufflagen im Molassebecken; — Jb. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. 47.
— (1957a): Pliozäne Schotter und Sande auf dem Tannenberg NW St.Gallen; — Eclog. geol. Helv., 50/2.
— (1957b): Untersuchungen in der subalpinen und mittelländischen Molasse der Ostschweiz; — Eclog. geol. Helv., 50/2.
— (1973): Horizonte fremdartiger Auswürflinge in der ostschweizerischen Oberen Süsswassermolasse und Versuch einer Deutung ihrer Entstehung als Impaktphänomen; — Eclog. geol. Helv., 66/1.
— (1978): Spuren eines Meteoriteneinschlags in der Molasse der Ostschweiz und deren Beziehung zum Riesereignis; — Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. Ing., 107/44.
HÜNERMANN, K.A. (1981): Die Glimmersandgrube am Rodenberg bei Schlattingen (Kt. Thurgau) als paläontologisches Studienobjekt in der Oberen Süsswassermolasse; — Mitt. thurg. natf. Ges., 44.
— et al. (1983): Stratigraphie und Säugetierfaunen der mittelmiozänen Fossilfundstellen Hüllistein und Martinsbrünneli (Obere Süsswassermolasse, Nordostschweiz); — Eclog. geol. Helv., 76/3.
KELLER, O. et al. (1980): Die letzte Vorlandvereisung in der Nordostschweiz und im Bodensee-Raum (Stadialer Komplex Würm-Stein am Rhein); — Eclog. geol. Helv., 73/3.
— (1981): Zur Glazialmorphologie der Region St.Gallen: Die Ausgestaltung der Landschaft; — Ber. Tätig. st.gall. natw. Ges., 81.
KELLER, R. (1890/91): Beiträge zur Tertiärflora des Kantons St.Gallen; — Jb. st.gall. natw. Ges., 1890/91, St.Gallen, Zollikofer 1892.
KOVAR, J.B. (1982): Eine Blätterflora des Egerien (Ober-Oligozän) aus marinen Sedimenten der Zentralen Paratethys im Linzer Raum (Österreich); — Diss. Univ. Wien.
KRÜSSMANN, G (1960/62): Handbuch der Laubgehölze; — Parey, Berlin.
LEMCKE, K. (1978): Ölschiefer im Meteoritenkrater des Nördlinger Rieses; — Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. Ing. 106/44.

MATURA, A. et al. (1980): Geology of the Eastern Alps, excursion 034 A; — Abh. Geol. B.-A., 26e C.G.I., 34, Wien.
MIALL, A.D. (1977): A Review of the Braided-river Depositional Environment; — Earth-Sci. Rev. 13.
— (1981): Analysis of Fluvial Depositional Systems; — AAPG, education course note series 20.
MILNES, A.G. (1980): Tectonic Evolution of Central Alps in the Cross Section St.Gallen-Como; Eclog. geol. Helv., 73/2.
PAVONI, N. (1955): Das Niveau des «Appenzeller Granites» (Degersheimer Kalknagelfluh) und seine Ausdehnung in der Zürcher Molasse; — Eclog. geol. Helv., 48.
RENZ, H. (1937): Zur Geologie der östlichen st.gallisch-appenzellischen Molasse: — Jb. st.gall. natw. Ges., 69.
RICHTER, M. (1969): Vorarlberger Alpen; — Sammlung geol. Führer, 49, Berlin.
RÜBEL, E. (1930): Pflanzengesellschaften der Erde; — Huber, Bern-Berlin.
SAXER, F. (1960): Erläuterungen zu Blatt St.Gallen-Appenzell, Nr. 23; — geol. Atlas der Schweiz 1:25'000.
SCHUMM, S.A. (1963): Sinuosity of Alluvial Rivers on the Great Plains; — Bull. geol. Soc. Amer. 74.
— (1968): Speculations Concerning Paläohydrologic Controls of Terrestrial Sedimentation; — Bull. geol. Soc. Amer., 79.
— (1977): Analysis of River Systems; — Univ. of Colorado.
SCHWERD, K. et al. (1983): Zur Stratigraphie und Herkunft der Feuerstätter Decke im Oberallgäu; — Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F., 65.
STEININGER, F. et al. (1982): Biostratigraphische Gliederung und Korrelation: Zentrale und westliche Paratethys, Rhône-Tal und mediterraner Raum; — Projet P.I.C.G. 73/1/25, section 5, H.S.7, 1982.
STRICKER, H. (1970): Unsere Stadt St.Gallen; eine geographisch-geschichtliche Heimatkunde; — Tschudy, St.Gallen.
WALTER, H. et al. (1954): Arealkunde; floristisch-historische Geobotanik; — Ulmer, Stuttgart.
— et al. (1967): Klimadiagramm — Weltatlas; — Jena.
WILDI, W. (1984): Isohypsenkarte der quartären Felstäler in der Nord- und Ostschweiz, mit kurzen Erläuterungen; — Eclog. geol. Helv., 77/3.

KARTENVERZEICHNIS

Landeskarte der Schweiz 1:50'000, Blatt 227 Appenzell.
Landeskarte der Schweiz 1:25'000, Blatt 2501 St.Gallen und Umgebung

BERLI, ST. (1985): Geologische Karte des Sommersberges 1:10'000; — Dipl.-Arb. Phil. Fak. II. Univ. Zürich, Dep. Geol. Inst. ETH Zürich
EUGSTER, H. et al. (1949): Blätter 222-225 St.Gallen-Appenzell 1:25'000; Geol. Atlas der Schweiz; — Schweiz, Geol. Komm.
KELLER, O. et al. (1980): Karte zur Bodensee-Vorlandvereisung W/S 1:200'000; — Eclog. geol. Helv., 73/3.
SAXER, F. (1965): Blatt 1075 Rorschach 1:25'000; Geol. Atlas der Schweiz; — Schweiz, geol. Komm.