Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae

Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft

Band: 73 (1980)

Heft: 3

Artikel: Die letzte Vorlandvereisung in der Nordostschweiz und im Bodensee-Raum (Stadialer Komplex Würm-Stein am Rhein)

Autor: Keller, Oskar / Krayss, Edgar

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-164991

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: 15.07.2025

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

Eclogae geol. Helv.	Vol. 73/3	Seiten 823–838	5 Textfiguren und 1 Tafel	Basel, November 1980

Die letzte Vorlandvereisung in der Nordostschweiz und im Bodensee-Raum (Stadialer Komplex Würm–Stein am Rhein)

Von OSKAR KELLER[1]) und EDGAR KRAYSS[2])

ZUSAMMENFASSUNG

Die letzte Vorlandvereisung im Bodensee-Raum wird als «Stadialer Komplex Würm–Stein am Rhein» beschrieben, in einer Isohypsenkarte 1:200000 dargestellt und im Lichte der glaziologischen und hydrographischen Verhältnisse erörtert. Aufgrund von morphologischen Untersuchungen wird der stadiale Komplex Würm–Stein am Rhein, der räumlich ungefähr dem «Zürich-Stadium» der Würmeiszeit entspricht, zeitlich durch einen grösseren Eisrückzugs-Abschnitt (Mittelwürm-Interstadial oder Hochwürm-Intervall?) von den äusseren Würm-Randlagen abgetrennt.

ABSTRACT

The last foreland glaciation in the Lake of Constance area is described as "stadial complex Würm–Stein am Rhein", graphed in a contour map (scale 1:200000) and discussed considering the glaciological and hydrographic circumstances. Based on morphological observations, the stadial complex Würm–Stein am Rhein, which spatially corresponds to the "Zürich-Stadium" of the Würm approximately, is chronologically separated by a large period of an ice retreat (interstadial of the Middle-Würm or an intervall of the Late-Würm?) from the outer glaciation rim of the Würm.

1. Einleitung

Gegenstand der Untersuchung: Ein geomorphologisch markanter *stadialer Komplex* der letzten Vorlandvereisung im Bodensee-Raum, der bisher als «Innerer Kranz der Jung-Endmoränen» bzw. als «Zürich-Stadium» der Würmeiszeit angesprochen wurde. Unter dem stadialen Komplex verstehen wir:

1. die räumliche Ausdehnung der Vereisung innerhalb eines gewissen Schwankungsbereiches sowie
2. den zugehörigen Zeitraum, in dem die glazialen Prozesse ablaufen.

Wir nennen den hier untersuchten stadialen Komplex *W/S*, wobei *W* für Würm (zeitlich) und *S* für Stein am Rhein und Singen (räumlich) stehen.

[1]) Sonderstrasse 22, CH-9034 Eggersriet.
[2]) Girtannerstrasse 18, CH-9010 St. Gallen.

Ziele der Untersuchung

1. Darstellung des stadialen Komplexes *W/S* in seiner Beziehung
   — zu den glazialen Relikten,
   — zum glaziologischen System,
   — zu den hydrographischen Verhältnissen.
2. Diskussion des chronologischen Ranges dieses stadialen Komplexes *W/S*.

2. Bisherige Darstellungen

Neben zahlreichen Untersuchungen über die würmzeitliche Vergletscherung des Bodensee-Raums (FALKNER 1909, HANTKE 1961, 1970, 1978, SCHREINER 1974) liegen folgende Gesamtdarstellungen mit Karten vor:

— Im fundamentalen Werk «Die Alpen im Eiszeitalter» stellt PENCK (1909) den Rheingletscher in einer Übersichtskarte 1:700000 dar. Innerhalb der Begrenzung des Würmgletschers durch die äusseren Wälle wird auch ein innerer Kranz von Jung-Endmoränen angedeutet.

— SCHMIDLE (1914) zeichnet in seiner Arbeit «Die diluviale Geologie der Bodenseegegend» mehrere Karten etwa 1:330000 für ein Gebiet nördlich der Linie Winterthur–Bregenz. Die Tafeln III–V zeigen den «Würmgletscher innerhalb des Konstanzer-, Stein-Singener- und Schaffhausener-Moränengürtels»; die Eisoberfläche wird durch 100-m-Höhenkurven dargestellt.

— Über ältere Vergletscherungskarten der gesamten Schweiz orientiert JÄCKLI (1962) im Aufsatz «Die Vergletscherung der Schweiz im Würmmaximum». Die beigegebene Karte 1:1000000 bildet einen Vorläufer zu JÄCKLIS Tafel 6, «Die Schweiz zur letzten Eiszeit» 1:550000, im «Atlas der Schweiz» (1970). Letztere Darstellung «soll zeigen, wie die Schweiz zur Zeit der grössten Ausdehnung der Gletscher während der letzten Eiszeit vor rund 15000 bis 20000 Jahren ausgesehen hat».

3. Die Eisrandlagen des Stadials Würm–Stein am Rhein

Räumliche Einordnung in die Würm-Randlagen

Seit 1975 befassen sich die Autoren mit glazialgeologischen Untersuchungen zur Gliederung des gesamten Bodensee–Rhein-Gletschers nördlich Wildhaus–Feldkirch sowie der Gletscherströme im Toggenburg, im Appenzellerland und im nördlichen Vorarlberg. Dabei konzentrierte sich das Interesse sehr rasch auf eine Serie von Eisrandgebilden, die sich morphologisch und bezüglich ihrer hydrographischen und periglazialen Zusammenhänge besonders markant im Relief abzeichnen. Es handelt sich um eine genetisch mehrphasige Abfolge von Eisrandzeugen, die zum Teil mit jenen Glazialrelikten zusammenfallen, die in der Literatur zum «inneren Kranz der Jung-Endmoränen» gezählt werden, zum Teil aber auch ausserhalb/oberhalb dieses Bereiches liegen. Das Studium vieler Einzelsituationen führte zu einer Aufspaltung dieses stadialen Komplexes in drei Stände.

Zur Gliederung von Würm-Ständen des Rheingletschers bietet sich die Abfolge der Schotterterrassen im Gebiet von Schaffhausen an (PENCK 1896; ERB 1936; SCHREINER 1974):

1. Guntmadinger Terrasse
2. Breiteterrasse
3. Stockarterrasse
4. Munotterrasse
5. Fulachterrasse
6. Obere Singener Terrasse
7. Untere Singener Terrasse
8. Böhringer Terrasse
9. Konstanz-Stadium

Wir übernehmen diese Numerierung und unterscheiden:

Stand (6) = äusserer Stand *W/S* = Eisrandlage Staffel
Stand (7) = mittlerer Stand *W/S* = Eisrandlage Etzwilen
Stand (8) = innerer Stand *W/S* = Eisrandlage Stein am Rhein

Die Höhenlagen der Eisränder der drei Stände und damit auch die Eisoberflächen unterscheiden sich je um durchschnittlich 50 m. Im Raum Stein am Rhein liegen äusserer und innerer Stand 6 km auseinander und bilden zusammen einen stadialen Komplex, der in erster Linie nach aussen/oben deutlich abgesetzt ist.

Die drei Stände zeichnen sich durch ihnen eigene Besonderheiten aus. Die Randlagen (6) (siehe Karte) und (7) (als markanteste Phase) werden im folgenden kurz charakterisiert. Ortsangaben sind entweder der Landeskarte der Schweiz 1:50000 oder den Deutschen Topographischen Karten 1:50000 entnommen.

Merkmale des äusseren Standes

Eisrandlage (6): Staffel (am Rhein)/Alten (an der Thur)

Die vor den Zungen liegenden Talmulden wurden meist nur teilweise aufgeschottert, so dass ausgedehnte Eisstauseen oder Vorfeldseen entstanden.

Durch See- und Bändertone belegte Seen: bei Schlatt im Hegau und bei Gottmadingen (SCHREINER 1974), bei Schaaren, Basadingen (HOFMANN & HANTKE 1964; SCHREINER 1974), im Aachbecken nördlich Taisersdorf (1978 durch die Autoren).

Durch Deltaschotter belegt: Im Deggenhausertal bei Oberboshasel (1978 durch die Autoren), im unteren Toggenburg am Gonzenbach (ANDRESEN 1964), im unteren Neckertal (KELLER 1974).

Erhalten gebliebene Restseen: bei Kisslegg: Obersee und Zellersee, südöstlich Kisslegg: Argensee, nördlich Fronhofen: Ebenweilersee, westlich Wil: Bichelsee. Vermutlich lagen Stauseen nördlich Aulendorf bis zum Überlauf zur Riss Richtung Donau, im Pfrunger Ried, im Winterthurer Becken sowie im Goldachtobel nördlich Trogen.

Talverbauungen entlang den Eisrändern sowohl nördlich des Bodensees als entlang der südlichen Begrenzung des Gletschers zwischen Heiden und Winterthur sind häufig, oft begleitet von Stauseen (siehe oben) oder vorgelagerten Hochsandern.

Vorfelder bei Schuttannen südlich Dornbirn, bei Simmerberg westlich Lindenberg, bei Nenzingen westlich Stockach, bei Hueb südlich Gossau SG.

Periglaziale durch Solifluktionsstrukturen geprägte Füllungen in eisfreien Seitentälern sind vor allem in den Molasse-Voralpen charakteristisch und spielen auf den Eisrand (6) ein.

Im Appenzellerland: Wissbachtal westlich des Gäbris, Mulde von Waldstatt, oberes Glattal südlich Herisau; im Toggenburg: Täler des Tellbachs und des Tüfenbachs östlich Hemberg, Wissenbachtal östlich Degersheim, Täler von Libingen, Mühlrüti und Gähwil westlich der Thur.

Weit verfolgbare, markante Randrinnen, die deutlich eingeschnitten, aber selten breit ausgebildet sind, treten als typische Begleiterscheinungen verbreitet auf.

Rinne Kisslegg-Tal der Rot, Owinger Tal, Langensteiner Rinne, Fulachtal, Rinne von Dussnang südlich Wil, Burgau-Botsberg-Rinne südlich Flawil.

Moränenwälle sind vorwiegend langgezogene, schmale, steile Rücken.

Moränenzüge am Sulzberg westlich Oberstaufen bei Schnellers, bei Rötenbach westlich Kisslegg, bei Hausen nördlich Singen, der Wall von Alten an der Thur, die Wallmoräne Rain/Hueb südlich Gossau SG.

Folgerungen: Aus diesen Merkmalen ist abzuleiten, dass dieser Stand einem schnellen Eisvorstoss entspricht, bei dem Wälle aufgehäuft und Täler verbaut wurden, welcher aber nur kurzfristig war, da offenbar die Zeit fehlte, die vorgelagerten Senken völlig einzuschottern. Auch die eher engen Randrinnen deuten auf eine kurze Zeit des Funktionierens und der Ausgestaltung hin. Anschliessend dürfte eine kräftige, rasche Abschmelzphase eingesetzt haben, die zu einem deutlichen Eisrückzug führte.

Merkmale des mittleren Standes

Eisrandlage (7): Etzwilen/Andelfingen

Eisrandbereiche und vor den Zungen liegende Becken wurden weitflächig eingeschottert, die Vorfelder sind ausgedehnt, die Eisränder werden von breiten Schottersträngen begleitet.

Schotterfeld von Schönau östlich Lindenberg, das Vorfeld von Bad Waldsee-Aulendorf, die Hochflächen südwestlich Aulendorf, das Pfrunger Ried, der Flachsander von Singen-Ramsen, die Schotterfluren von Schaaren, Unterstammheim, Wiesendangen-Winterthur, bei Aadorf und Wil, der Schotterstrang St. Gallen-Gossau-Flawil.

Die Moränenwälle sind besonders markant, breit und hoch und liegen meistens in mehreren Staffeln dicht geschart hintereinander. Sie lassen sich oft, nur von einzelnen Durchbrüchen durchsetzt, über viele Kilometer verfolgen.

Wallabfolgen rund um Weiler im Allgäu, von Röthenbach (Allgäu) über Ratzenried bis Waldburg, von Aulendorf bis Fronhofen, rund um Wilhelmsdorf, nördlich Frickingen, bei Wahlwies, Etzwilen, Stammheim, von Niederneunforn über Andelfingen bis Wiesendangen, bei Aadorf, Sirnach-Wil, von Uzwil über Flawil-Gossau zum Tannenberg.

Die Randstromtäler sind weiträumig ausgestaltet und kräftig eingetieft.

Eisrandtäler von Gestraz-Isny-Untere Argen-Wolfegger Ach, Orsinger und Nesselwanger Tal, Stahringer Tal, Tal der Eulach bis Winterthur, das Rindal bei Flawil.

Die Zungenbecken in den Seitentälern zeigen gegenüber den Vorfeldern eine deutliche Übertiefung, von den nächstinneren Ständen her wurde kaum aufgeschottert, und ihre Beckenform ist gut erhalten.

Zungenbecken von Weiler im Allgäu, Karsee östlich Waldburg, Wilhelmsdorf, Frickingen, Wahlwies südwestlich Stockach, Nussbaumen bei Stammheim, bei Sirnach, Oberuzwil-Bettenau, Abtwil-Winkeln westlich St. Gallen.

Folgerungen: Nach dem Rückschmelzen der Gletscherzungen von Stand (6) bis hinter Stand (7) ist das Eis in die internen Ablagerungen von (6) wieder vorgestossen und hat umfangreiche Mengen Lockermaterial in den Staffeln von (7) zu ausgedehnten Wallmoränen zusammengeschoben. Die Randlage von (6) wurde dabei allerdings nicht mehr erreicht, liegen doch die Moränenzüge (7) meist um

50 m, die Randstromrinnen um 20 m tiefer. Das Eis hat sich längere Zeit im Bereich von Stand (7) gehalten, denn es wurden ausgedehnte Schotterfluren vor der Eisfront geschüttet bzw. weite Randrinnen ausgestaltet. Auch die vielen Staffeln deuten auf eine lange dauernde Phase hin, in welcher verschiedene Oszillationsbewegungen zum Entstehen der Wallabfolgen führten. Schliesslich zogen sich die Gletscher schnell und kräftig zurück, so dass beim Abschmelzen die Zungenbecken nicht eingeschottert wurden.

4. Zur Karte «Bodensee-Vorlandvereisung Würm-Stein am Rhein»

Die aufgrund der morphologischen Differenzierung dem äussern Stand (6) zugeordneten Eisrandzeugen sind in der Karte 1:200000 dargestellt (Tafel). Zur Konstruktion der *Isohypsen der Eisoberfläche* wurde eine grosse Zahl von Höhenkoten auf Moränenwällen, Sandern, Terrassen und Transfluenzpässen verglichen und ausgemittelt. Die naturgemäss hypothetische Kurvenführung im Zentralbereich des Gletschers erfolgte normal zu möglichen Eisstrom-Linien und unter Beachtung einer ± stetigen Flächenkrümmung. Als Beleg sei eine Auswahl von Eisrandgebilden aufgeführt, deren Höhenlage in enger Relation zur jeweils bezeichneten Eis-Isohypse steht.

Thurlappen bis St. Gallen

Isohypse 600 m:	Wall und Hochsander Ober-Tuttwil (612 m)-Krillberg
	Wälle P.593 und P.571 nördlich Ober-Schneit, westlich Hagenbuch (dazwischen Hochsander)
	Wall Steinegg (589 m)-P. 621 nördlich Hüttwilen
Isohypse 700 m:	Wall Rain (715 m)-Hueb (714 m) südöstlich Gossau
	Wälle P. 716-P. 718.7 südlich und ± 700 m nördlich Salen-Reutenen auf dem Seerücken
Isohypse 800 m:	Wall (± 780 m) westlich Riethüsli südlich St. Gallen
	Wälle bei P. 786.4 im Zungenbecken von Niederwil südlich Waldkirch

Appenzellersporn-Rheintal

Isohypse 900 m:	Hochsander Spitzen (874 m) nordöstlich Eggersriet
	Zungenbecken Riemen (840 m) östlich Eggersriet (Stauterrassen ± 820 m)
Isohypse 1000 m:	Moräne und Schmelzwasser-Überlauf bei Kaien (967 m) östlich Rehetobel
Isohypse 1100 m:	Eistransfluenz (Schliff-Formen) von Landmark (1003 m) bis Honegg (± 1050 m) nordwestlich Altstätten
	Stauterrasse Hofguet (± 1080 m) westlich Altstätten

Untersee-Lappen bis Waldburg

Isohypse 600 m:	Wall Imelhusen (582 m)-P. 605.5 südwestlich Mammern
	Wall (± 600 m) östlich Liggeringen (Bodanrück)
	Wall (± 560 m), Talverbauung im Zungenbecken südlich Bonndorf
	Wall von Taisersdorf (619 m) (dahinter Stausee)
Isohypse 750 m:	Wall (± 760 m) Oberhomberg (am Höchsten)
	Wall P. 747-Badstuben (750 m) westlich Waldburg

Pfänder/Sulzberg

Isohypse 800 m:	Wall Riederhöhe (833 m bis ± 800 m) südlich Lindenberg
Isohypse 850 m:	Wall Stadels-Weienried (841 m) südwestlich Scheidegg
	Wall Hammerbühl (862 m) südlich Scheidegg
Isohypse 900 m:	Wall Hinter-Schweinhöf (908 m)-Schnellers nördlich Sulzberg

Einen wichtigen Beitrag zur Bestimmung der Eisränder leistet die Analyse der *Rand-Entwässerung*. Mit Hilfe von stark überhöhten Längenprofilen wurden die Flachsander, Hochsander und Randstromrinnen rings um den Vorlandgletscher untersucht.

Als Beispiel seien die *Randstromrinnen* der südlichen Eisrand-Entwässerung im Stand (6) von *Eggersriet bis Winterthur* bezüglich Lage und Niveau aufgezeigt:

- Eisstausee (± 820 m) südwestlich Eggersriet im Goldachtobel
- Randstromrinne südlich St. Gallen ins Sittertal: Hueb (815 m)-St. Georgen-Riethüsli-nördlich Lustmühle-Hauteten (739 m)
- Randstromrinne nördlich Herisau ins Glattal: südlich Burghalden-P. 727-Tüfi-Schwänberg (708 m)
- Randstromrinne südlich Flawil ins Thurtal: südlich Burgau-P. 661 südöstlich Flawil-Botsberger Riet-Oberrindal (639 m)-Unterrindal ins Thurtal
- Randstromrinne südlich Wil ins Murgtal: Rütihof (609 m) südlich Rickenbach-Littenheid-Anwil-Dussnang (593 m)-Balterswil (575 m)
- Randstromrinne westlich Eschlikon ins Eulachtal: Ifwil (564 m)-Ettenhausen (556 m)-Elgg (536 m)-Räterschen (477 m) ins Becken von Winterthur (± 440 m)

Die Niveaux Littenheid (572 m) und Elgg (508 m) gehören zum Stand (7).

5. Glaziologie

Topographie des Eiskörpers Würm-Stein am Rhein

Die elliptische Form des Bodensee-Beckens zeichnet die Umgrenzung des Vorland- oder Piedmontgletschers vor. Unterhalb des Durchbruchs des Rheintals durch die Front der Helvetischen Decken (Säntisdecke) setzt die Ausbreitung der Eismassen ein, indem Transfluenzen ins Appenzellerland (Eggerstanden, Stoss, Ruppen) und in den Bregenzerwald (über Alberschwende und Bregenzer Ach aufwärts) erfolgen. Die eigentliche Vorlandsenke wird erst mit dem Durchlass zwischen Appenzeller Sporn und Pfänder erreicht, wo auch die schiefgestellte mittelländische Molasse in die flachliegende übergeht. Von hier aus fliesst das Eis ungehindert von Südwesten über Norden bis Nordosten in einem weiten Bogen aus. Die alten Anlagen grosser Talzüge führen im Zungenbereich zur Auffächerung des Vorlandgletschers in fünf Grosslappen:

Argenlappen nach Nordosten; Entwässerung über die Aitrach zur Donau,
Schussenlappen nach Norden; Entwässerung über die Riss/Ostrach zur Donau,
Linzgau-Lappen nach Nordwesten; Entwässerung über den Hegau zum Rhein,
Untersee-Lappen nach Westen; Entwässerung direkt in den Rhein,
Thurlappen nach Westen; Entwässerung über die Thur zum Rhein.

Im Nordwesten erreicht der Linzgau-Lappen noch beinahe den Jura; zwischen Randen und Eisfront bleibt ein Korridor, in dem sich die Hegau-Vulkane erheben, eisfrei. In den Nordrand der Molassehöhen des Hörnli-Berglandes und die südliche Begrenzung des Gletschers schieben sich die Entwässerungsrinnen aus dem Appenzellerland und dem Toggenburg ein. Das fingerartige Vorstossen der Einzelzungen in die zentripetal angeordneten Täler rund um das Bodensee-Becken, die Aufwölbung des Eiskörpers und die Oberflächenneigung des Piedmontgletschers sind im Blockschema (Fig. 2) dargestellt.

Die Gefällsverhältnisse der Oberfläche werden durch folgende Mittelwerte charakterisiert:

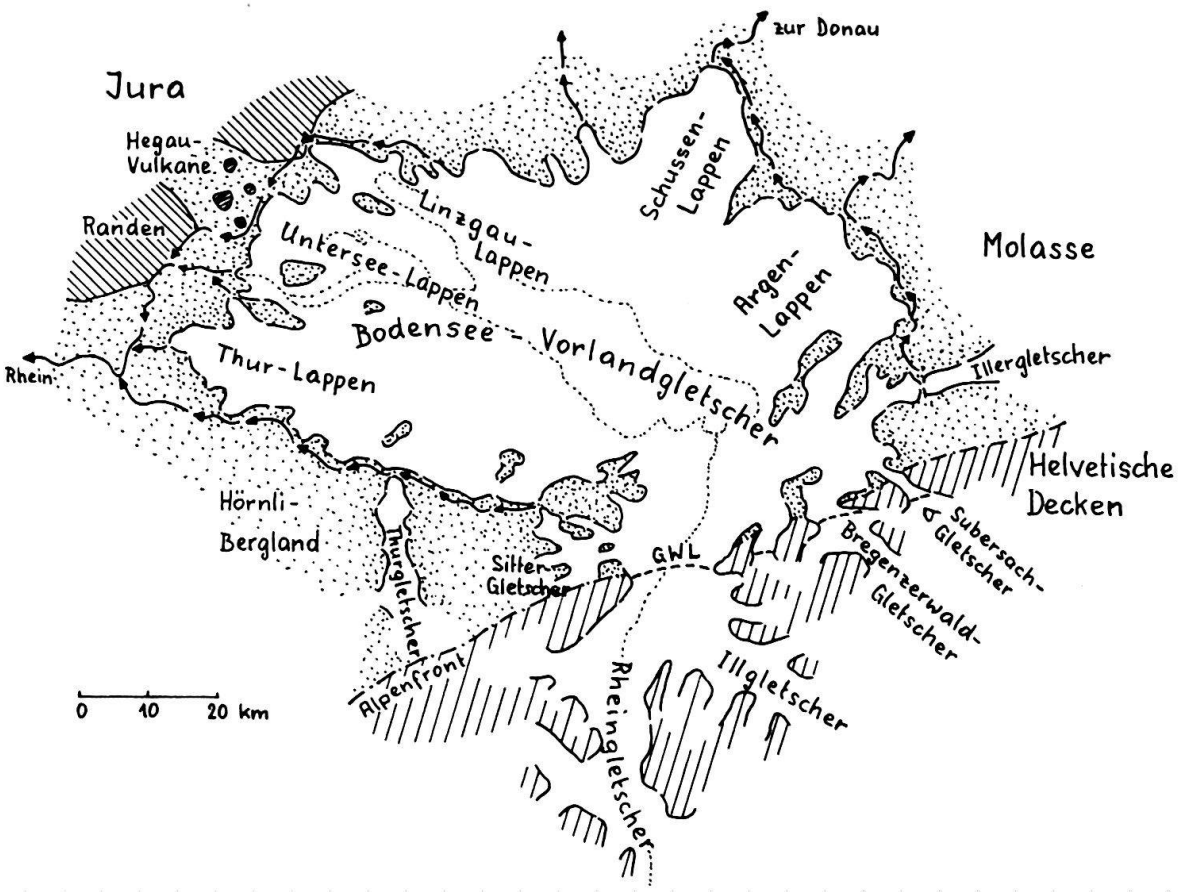


Fig. 1. Gliederung des Bodensee-Rhein-Gletschers im stadialen Komplex Würm-Stein am Rhein.

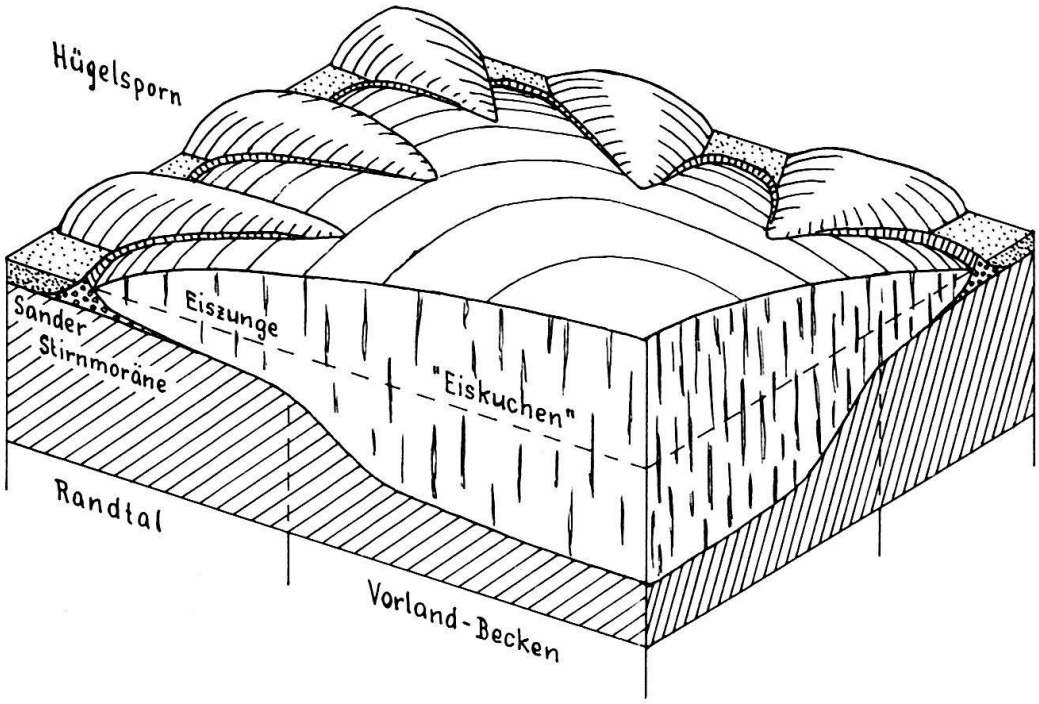


Fig. 2. Blockschema des Vorlandgletschers.

Rheingletscher im Rheintal zwischen Sargans und Oberriet:	15‰
Rheingletscher im Rheintal zwischen Oberriet und St. Margrethen:	11‰
Vorlandgletscher über dem Bodensee zwischen St. Margrethen und Reichenau:	6,5‰
Gletscherzunge Unterseelappen zwischen Reichenau und Singen:	12‰
Gletscherzunge Thurlappen zwischen Frauenfeld und Andelfingen:	11‰

Die Ernährung des Bodensee-Vorlandgletschers erfolgt zur Hauptsache aus dem Einzugsgebiet des Rheins in Graubünden und durch den Illgletscher aus dem Montafon. Zuschüsse liefern noch der Bregenzerwald-, der Subersach- und der Dornbirner-Ach-Gletscher. Bei Hinterstaufen (südöstlich Oberstaufen) berühren sich Iller- und Rheingletscher (Weissachzunge), während Sitter- und Thurgletscher mit einem Zwischensander knapp vor dem Bodenseegletscher-Eisrand enden.

Figur 3 zeigt den Verlauf der Eisoberfläche vom Alpenkamm bis zum nordwestlichen Zungen-Ende bei Singen. Daraus lassen sich sowohl die beeindruckende Eismächtigkeit von mehr als 1200 m im Churer Rheintal als auch der Gefällsverlauf ablesen. Besonders markant zeichnen sich die Eisfüllung im Bodensee-Stammbekken sowie das Hineinbauen des Vorlandeiskörpers in die älteren Glazialformen ab. Auffallend ist die über dem Bodensee höhere Lage der *W/S*-Eisoberfläche gegenüber derjenigen des Würm-Maximalstandes nach JÄCKLI (1970). Zurzeit laufende Untersuchungen deuten darauf hin, dass hier eine Revision nötig wird. Oberhalb Feldkirch ist, da der inneralpine *W/S*-Gletscher nicht untersucht wurde, die Profillinie hypothetisch, angelehnt an die Karte im «Atlas der Schweiz».

Flächen und Volumina

Die Flächen und Volumina des Rheingletschers im *W/S*-Stand (6) sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Bereich	Fläche	Volumen
Bodensee-Vorlandgletscher *W/S* (ausserhalb des Alpentors)	4150 km²	1300 km³
Bodensee-Rhein-Gletscher (innerhalb des Alpentors)	6300 km²	2200 km³
Bodensee-Rhein-Gletscher total	10450 km²	3500 km³

Für die *Flächenberechnung* wurde über den vergletscherten Bereich ein Quadrat-Raster von 3×3 km² gelegt und bezogen auf Alpen- und Vorlandbereich ausplanimetriert. Um das *Volumen* des Vorlandgletschers zu erhalten, wurde für jedes Quadrat die Eismächtigkeit der Nordwestecke als Differenz aus Eisoberfläche (vgl. Tafel) minus Geländeoberfläche bestimmt, wobei $n = 461$ Einheitsquadrate zu berücksichtigen waren. In den Bereichen Thurebene, Untersee, Bodensee, Schussental, Rheintal wurden zwischen 50 und 300 m postglaziale Aufschüttungen einbezogen. Darnach ergaben sich:

Summe aller Höhendifferenzen	= 145 130 m
Mittlere Eismächtigkeit	= 315 m
Volumen des Vorlandgletschers	= 1310 km³

Im inneralpinen Gebiet wurde das Volumen mit Hilfe von Talquerschnitten samt Eisfüllung und mit Tallängserstreckungen abgeschätzt. Das Längenprofil

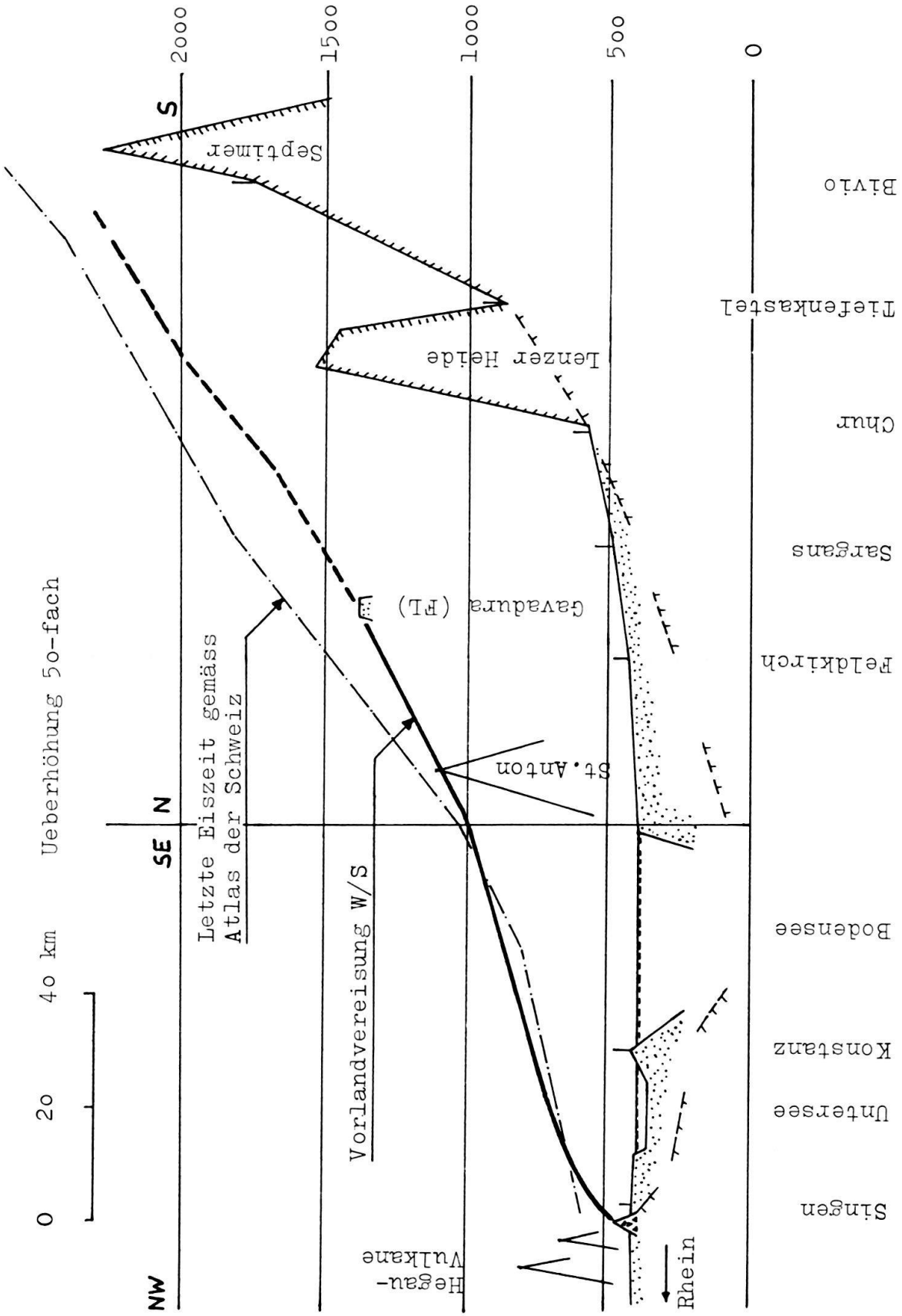


Fig. 3. Längsprofil des Rheingletschers im Stadial Würm-Stein am Rhein. Stand (6). Bodensee-Chur-Septimer.

wurde von den Pässen Oberalp, San Bernardino und Julier herunter ausgemittelt, da in diesem Bereich Eisränder morphologisch nicht festgestellt werden können.

Als *Alpentor* ist der Quertalabschnitt des Rheintals im Frontbereich der Helvetischen Decken zwischen Alpstein (Säntisgebirge) und Bregenzerwald zu bezeichnen. Unterhalb der Konfluenz Rheingletscher–Illgletscher ist dieser Durchbruch der engste Auslass, welcher glazialgeographisch gerade mit der Eis-Isohypse von 1200 m des Rheingletschers zusammenfällt. Die Querschnittsfläche des Eisstroms beträgt an dieser Stelle 8,5 km².

Zum Flächenverhältnis Ablationsgebiet:Akkumulationsgebiet

Anhand der untersuchten Eisränder und der rekonstruierten Eis-Isohypsen des Bodensee–Rhein-Gletschers im *W/S* konnte die hypsographische Kurve, die die Zusammenhänge zwischen Gletscherareal und Höhenverlauf der Eisoberfläche veranschaulicht, gezeichnet werden (Fig. 4). Um die Diffluenz von Sargans, die den direkten Eiskontakt vom Rhein- zum Linthsystem herstellt, zu berücksichtigen, wurde auch der Linthgletscher für den Stand Zürich-Altstetten, der mit dem Stand (6) *W/S* des Bodensee–Rhein-Gletschers zu parallelisieren ist, ausplanimetriert.

Bemerkungen zur Konstruktion der Kurven

- Bei der Kurve des Linthgletschers wurde kein Anteil des Einzugsgebietes des bündnerischen Rheingletschers eingerechnet, da dieser Flächenteil für die Verhältnisse S_a:S_c von 1:3 bis 1:1,6 nur zwischen 50 und 200 km² variiert, d.h. 1–4% der Bündner Rheingletscherfläche beträgt.
- Über 1500 m ü.M. lassen sich keine Eisrand-Hinweise mehr auffinden. Daher wurde einzig für die approximative Eis-Isohypse von 2000 m ü.M. die Fläche ausplanimetriert.
- Den höchsten Punkt sowohl des Rhein- als auch des Linthgletschersystems bildet der Tödi mit 3620 m Meereshöhe.

Zurzeit kann noch keine eindeutige Aussage über die Klimabedingungen, die während des Hochwürms, speziell im hier zur Diskussion stehenden stadialen Komplex *W/S*, herrschten, gemacht werden. Wenn polares, kalttrockenes Klima zutrifft, ist mit Verhältnissen Ablationsgebiet: Akkumulationsgebiet = S_a:S_c von 1:3 bis 1:2 zu rechnen, was zu einer Gleichgewichtslinie zwischen 850 m und 1000 m ü.M. führen würde. Setzt man hingegen kühlfeuchtes Klima und temperierte Gletscher an, so wären eher rezente alpine Gletscher zum Vergleich heranzuziehen. In diesem Fall dürften die Werte zwischen 1:2 und 1:1,5 liegen, wie sie bei Gletschern mit geringem Gefälle im Zungenbereich (S_a) auftreten, was auch für den Rhein- und den Linthgletscher zutrifft. Damit ergäben sich Gleichgewichtslinien zwischen 1000 m und 1150 m ü.M.

6. Die hydrographischen Verhältnisse

Die *Rand-Entwässerung* des Bodenseegletschers im stadialen Komplex *W/S* erfolgt durch drei Hauptsysteme, nämlich durch

- das südliche Töss/Rhein-System,
- das nordwestliche Fulach/Rhein-System,
- das nordöstliche Riss/Donau-System.

Daneben besteht ein kleinerer Überlauf aus der Wilhelmsdorfer Zunge über die Ostrach zur Donau. Durch grosse Gletschertore fliessen östlich Diessenhofen und

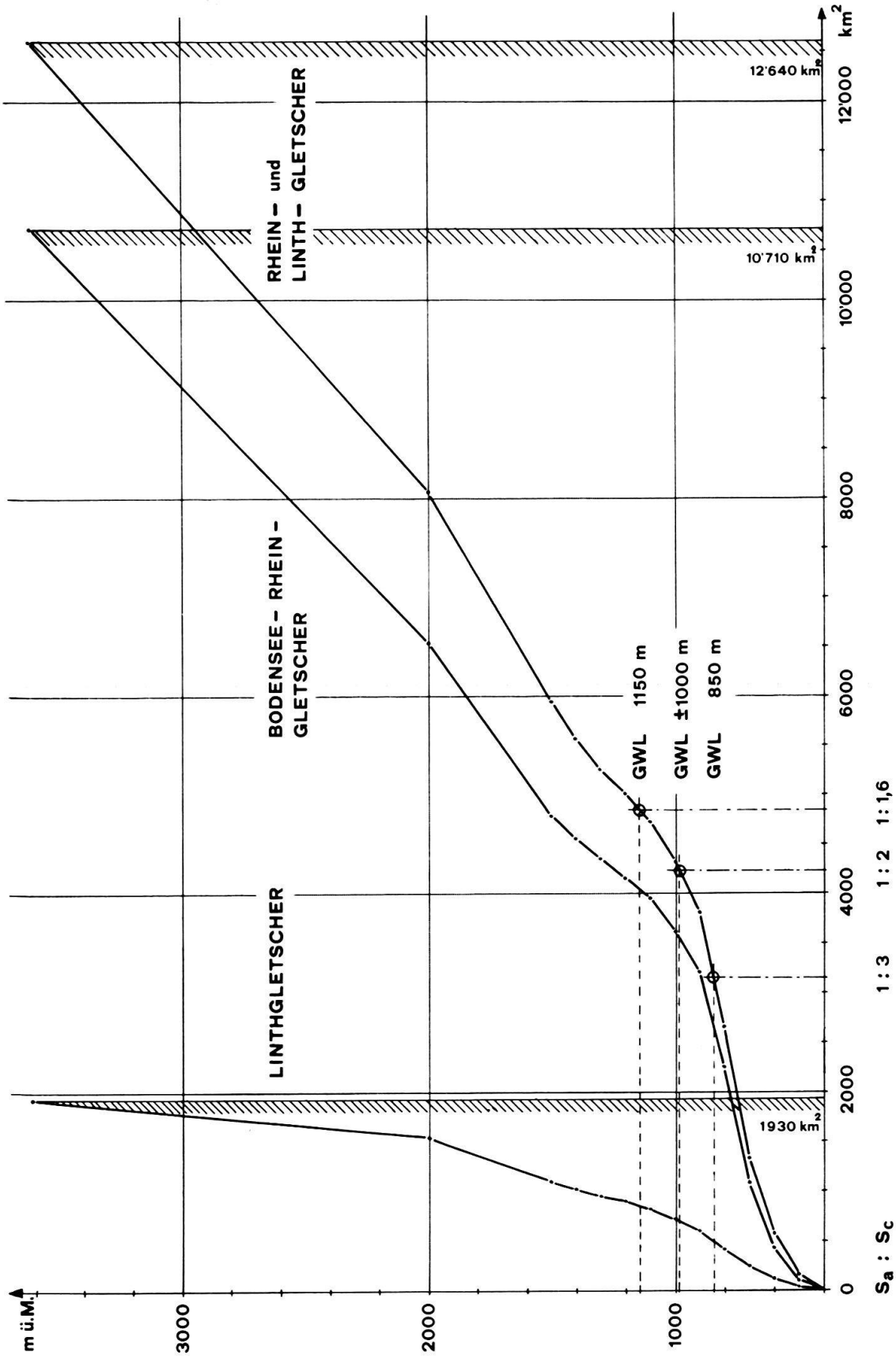


Fig. 4. Hypsographische Kurven für Rhein- und Linthgletscher im Stadial Würm-Stein am Rhein.

westlich Andelfingen subglaziale Schmelzwässer direkt als Rhein und Thur ab. Damit verläuft die *kontinentale Wasserscheide* vom Höchsten ins Zentrum des Eiskörpers und von dort an theoretisch auf dessen Kammlinie bis ins Firngebiet.

Das *Töss/Rhein-System* (topographisch genauer belegt in Kap. 4) beginnt in einem Eisstausee im Goldachtal östlich St. Gallen mit Schmelzwasserzuflüssen über die Pässe von Landmark, Hoggen, Kaien und Halten. Weitere Zuflüsse bringen die vom Rheineis unterstützten Rotbach-, Sitter- und Urnäschgletscher sowie der selbständige Thurgletscher. Ab Flawil fliesst der Randstrom in den der Anlage nach älteren Urstromtälern von Burgau/Rindal (KELLER 1976) und Littenheid/Dussnang (ANDRESEN 1964). Morphologische Befunde deuten darauf hin, dass das Tal von Bichelsee im stadialen Komplex *W/S* trocken lag. Bemerkenswert an diesem Abschnitt sind die isoliert gelegenen Sander- und Rinnensysteme am Tannenberg nordwestlich St. Gallen und auf den Braunauer Höhen nordöstlich Wil, welche gefällsmässig signifikant auf die Niveaux der Rand-Entwässerung einspielen. Im Raume Aadorf–Elgg bilden sich Sander vor dem Lauchelappen (vgl. Fig. 1 in SCHINDLER et al. 1978). Über die Eulachrinne mündet der Randstrom auf den Sander von Winterthur und in die Töss, der aus den Gletschertoren bei Welsikon und Stadel weitere Schmelzwässer zufliessen. Ein kleineres Randsystem mit Hochsandern bildet sich am *Sporn von Oberneunforn* mit Abflüssen zu den Vorfeldern der Andelfinger und Stammheimer Zunge.

Das *Fulach/Rhein-System* hat seinen Ursprung im Gletschertor der Owinger Zunge am Ostende des Mahlspürer Urstromtals. Subglazial dürften von Osten her die Überläufe (oder Durchbrüche) der Eisstauseen vor der Deggenhauser und Frickinger Zunge zufliessen. Östlich Stockach münden die Hochsander des Bonndorfer Beckens. Bei Schloss Langenstein bildet sich eine kurze Rinne im Jura. Über die Sander von Singen findet der Randstrom seinen Weg in den Stausee von Gottmadingen und weiter durch das Herblinger Tal (Fulach) in die Rheinrinne bei Schaffhausen. Der Rheinfall liegt noch nicht frei, entsprechen doch nach SCHREINER (1974) dem Stand (6) die Schotter von Altenburg und Rheinau (Fulach-Terrasse gem. HOFMANN 1977, Fig. 4).

Der Randstrom des *Riss/Donau-Systems* setzt bei Oberstaufen an der Stauzone zwischen Illergletscher und der Weissachzunge ein. Subglazial oder dem Eisrand folgend fliessen von Süden her Schmelzwässer vom Bregenzerwald- und Subersachgletscher sowie aus dem im Balderschwangertal zu. Der Randstrom folgt dem Tal der Oberen Argen und vereinigt sich bei Grünenbach mit Schmelzwässern aus den Gebieten der isolierten Lindenberger Hochsander, des Sulzbergs und der über Simmerberg entwässernden Gletscherzunge östlich Oberreute. Der weitere Abfluss erfolgt mit Ausnahme des Talabschnitts der Unteren Argen über breite Sander bis südlich Kisslegg. Es scheint möglich, dass dort im Stand (6) und in Hochwasser-Situationen die Rinne nach Diepoldshofen im Tal der Wurzacher Ach und weiter über die Aitrach zur Iller als Überlauf benutzt wurde. Jedenfalls hat sich spätestens im Stand (7) der Abfluss im Tal der Wolfegger Ach mit Durchbruch bei Wolfegg ins Schussenbecken durchgesetzt. Über breite Sanderflächen wird die Vorflut der Riss erreicht, in welche sich auch die westwärts gelegenen Sandergebiete bis zum Sporn von Wechsetsweiler entwässern.

Gegenüber *Stand (6)* verändert sich im *Stand (7)* die hydrographische Situation wie folgt:

Im *Töss/Rhein-System* werden die tieferen Niveaux über Gossau, Eschlikon und Aadorf benützt. Im *nordwestlichen Rheinsystem* fallen die Rinne von Schloss Langenstein und der Stausee von Gottmadingen trocken; der Randstrom fliesst nunmehr über Ramsen zum Rhein. Das *Riss/Donau-System* bleibt bis in den Stand (8) hinein in Funktion.

Die *Gefällsverhältnisse* der Rand-Entwässerung sind abschnittsweise sehr unterschiedlich und spiegeln die hydrographischen Randbedingungen des gesamten Gletschergebietes (siehe Fig. 5).

Im *Rhein/Töss-System* sind die Rinnen fast durchwegs in die Molasse eingeschnitten und gegenüber dem heutigen Niveau meist übertieft. Das Gefälle von ± 6‰ ist über die gesamte Strecke sehr ausgeglichen und entspricht dem mittleren Gefälle des Eisrandes (von ± 850 m bei Eggersriet bis ± 520 m bei der Mörsburg nordöstlich Winterthur 6,2‰).

In den *nördlichen Systemen* treten Gefälle >6‰ nur noch in den Oberläufen Oberstaufen-Grünenbach und Owingen-Stockach auf. Für den Abfluss des Argenlappens von Kisslegg über die Aitrach zur Donau stehen infolge des hochliegenden Illersystems nur knappe 2‰ Gefälle zur Verfügung. Da die Rinne der Wolfegger Ach mehr als 3‰ anbieten kann, setzt sich schliesslich dieser Talweg durch. Im Schussenbecken richtet sich der Abfluss nach dem Vorfluter Donau, wobei die Riss bei ihrem Lauf durch die mächtigen Quartärsedimente mit einem Gefälle um 1‰ auskommen muss. Der untere Abschnitt des *Fulach/Rhein-Systems* ab dem Langensteiner Durchbruch wird mit weniger als 1‰ Gefälle primär durch die Juraschwelle bei Thayngen, sekundär durch den Thursander vor der Andelfinger Zunge bestimmt.

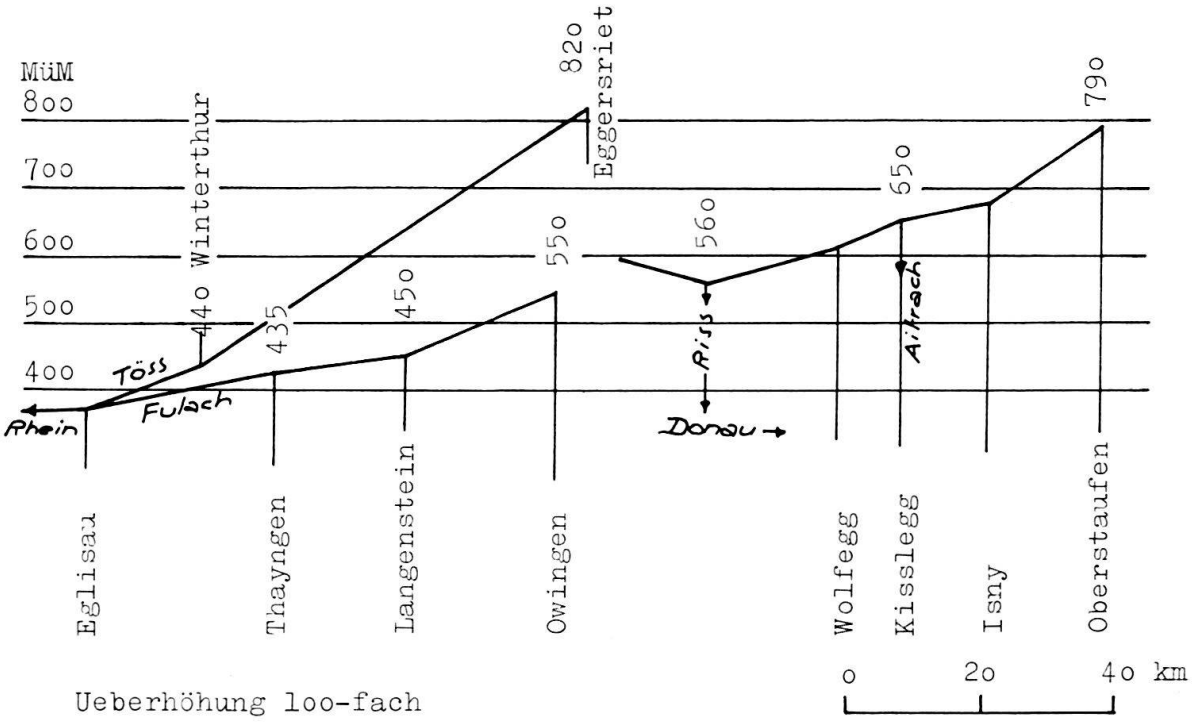


Fig. 5. Längsprofile der Eisrandentwässerung im Stadial Würm-Stein am Rhein, Stand (6).

Die *Wasserführung* der Eisrandströme ist beträchtlich. So kann gemäss der folgenden Rechnung für den Durchfluss im Profil von Dussnang südwestlich Wil ein sommerliches Monatsmittel von ± 300 m³/s abgeschätzt werden. Dieser Wert entspricht dem heutigen Rhein bei Felsberg (Chur) mit einem Junimittel von 285 m³/s.

Einzugsgebiete:	
— auf dem Eiskörper vom Alpentor bis Wil	etwa 800 km²
— Thur/Sitter/Goldach	etwa 900 km²
	1700 km²
Mittlere Jahresabflusswerte:	
— entsprechend 2,0 m Ablation	6,3 m³/s/100 km²
— Sitter bei Appenzell heute	4,7 m³/s/100 km²
Angenommener Mittelwert	5,5 m³/s/100 km²
Durchfluss bei Dussnang:	
Jahresmittel 1700 km² × 5,5 m³/s/100 km²	= 94 m³/s

Sommerliches Monatsmittel etwa 300 m³/s entsprechend einem Koeffizienten $k = 3{,}2$ (z. B. Massa bei Massaboden VS: $k = 3{,}75$, «Atlas der Schweiz», Tf. 15).

7. Morphologische Differenz und Chronologie

Im Kapitel 3 wurden die Glazialgebilde beschrieben und dem stadialen Komplex *W/S* zugeordnet. Es soll nun hier in einer zweiten morphologischen Betrachtung untersucht werden, in welcher Weise sich die *W/S*-Gebilde von den ausserhalb liegenden Relikten unterscheiden und was für Folgerungen sich aus der *morphologischen Differenz* für eine chronologische Einstufung des stadialen Komplexes *W/S* ergeben. Natürlich können die folgenden knappen Beschriebe eine beurteilende Feldbeobachtung nicht ersetzen, auch stellen die Beispiele nur eine kleine Auswahl dar.

Langgezogene *W/S-Moränenwälle* lassen sich in Reihe über grössere Distanzen von oft mehreren Kilometern verfolgen. Sie zeigen klare Wallformen mit deutlichen Graten und einheitlichen Kammhöhen:

- Wallmoränenzug von Sulzberg-Schnellers (Vorarlberg-Allgäu),
- Moränenwälle im Raum Waldburg-Rötenbach (östlich Ravensburg),
- Moränenstaffeln bei Andelfingen und Alten (untere Thur),
- Wallmoränenabfolgen Gossau-Flawil SG und bei Rain-Hueb (südlich Gossau SG).

Demgegenüber sind die *äussern Wälle* über grössere Strecken nicht mehr zusammenhängend und meist in eine Hügelkuppenfolge mit abgerundeten Formen zergliedert:

- Moränenwälle knapp westlich Sulzberg (Vorarlberg-Allgäu),
- Moränen nördlich und südlich Bad Waldsee,
- Wallstücke im Raum Rüdlingen-Jestetten,
- Wallmoränenstücke in der Umgebung von Degersheim.

W/S-Sanderfluren und -Eisrandterrassen sind wenig oder aber scharfkantig zerschnitten und weisen deutliche Terrassen-Aussenränder auf; die Oberflächen sind ausgeglichen. Die Hangfusslinien sind kaum durch Gehängeschutt oder Schuttkegel verwischt:

— Terrassen von Schönau bei Röthenbach (Allgäu),
— Pfrunger-Ried (zwischen Wilhelmsdorf und Ostrach),
— Schotterfeld St. Gallen-Gossau-Flawil,
— Eisrandterrassen von Eggersriet-Speicherschwendi (südöstlich St. Gallen).

Demgegenüber sind die *höheren Schotterfelder und Randterrassen* oft durch Bäche stark erodiert oder randlich mit Schuttkegeln und Gehängeschutt bedeckt:

— Vorfeld von Saulgau,
— Randterrassen Schachen bis Degersheim,
— Flur von Jestetten ins Wangental,
— Terrassen von Speicher-Trogen (südöstlich St. Gallen).

W/S-Randglaziale Schmelzwasserrinnen und Urstromtäler sind zusammenhängende, lange Rinnen mit kastenförmig eingelassenen flachen Talsohlen. Die obere Begrenzung der Einschnitte ist markant, die Eintiefung setzt abrupt ein:

— Tal der Mahlspürer Ach (östlich Stockach),
— Langensteiner Rinne (Hegau),
— Rinne von Littenheid (südlich Wil SG),
— «Tal der Demut» zwischen St. Georgen und Riethüsli (südlich St. Gallen).

Demgegenüber sind die *höheren Rinnen* oft nur noch abschnittsweise und mit zerstörtem Niveau vorhanden. Die seitliche Zuschüttung ist oft beträchtlich:

— Tal der Ablach bei Liggersdorf,
— Eigeltinger Rinne (Hegau),
— Rinne von Oberschönau südlich Wil SG,
— Rinne beim Brand südlich St. Gallen.

Die *periglazialen Prozesse*, die sich oft durch eine flächenhafte Verwischung von Kleinformen und als Gehängelehmzonen anzeigen, finden ihre untere Grenze am *W/S*-Eisrand, mit dem sich auch die Niveaux von Schotterströmen aus unvergletscherten Tälern verknüpfen.

All diese Feststellungen können in der generellen Beobachtung zusammengefasst werden, dass sich deutlich *frische, junge W/S-Formen in ein älteres Relief hineinbauen.* Welchen Charakter hatte aber der Zeitraum, während dessen dieses ältere Relief ausgestaltet wurde? Handelt es sich um ein grosses *Interstadial*, also um einen Zeitabschnitt, der sich floristisch und faunistisch als Klimaverbesserung anzeigt? Die Forschungen von FLIRI (1973) am Bänderton von Baumkirchen (Inntal, Tirol) deuten mit ^{14}C-Daten auf ein Interstadial vor 30000-25000 Jahren. Ein entsprechender Nachweis konnte indessen im Bodensee-Raum bezüglich des Komplexes *W/S* bisher nicht erbracht werden.

Oder genügte für die Morphogenese des älteren Reliefs ein *Intervall innerhalb des Hochwürms*, während dessen die Gletscher sich in ihre Stammbecken, also etwa in die heutigen Seetröge, oder sogar bis in die Alpentäler zurückgezogen hatten? Beispiele für die Aufspaltung des Hochwürms in mehrere Vorstösse zeigen sich auch in den grossen Eisschildern Nordeuropas und Nordamerikas. So wird in der skandinavischen Vereisung die Haupteisrandlage (Brandenburger Stadium) mit 20000 Jahren v.h. datiert und das Beltstadium (Pommersches Stadium) auf 14800 Jahre angesetzt (LIEDTKE 1975, Tab. 3). Innerhalb der nordamerikanischen Wisconsin-Vereisung werden zwischen 22000 und 11000 Jahren v.h. die zwei Vorstösse Woodford und Two Creeks unterschieden, welche durch einen mehrere tausend

Jahre dauernden Rückzugsabschnitt voneinander getrennt sind (SUGDEN & JOHN 1976, S. 134). Eine entsprechende Abfolge liesse sich für das alpine Hochwürm durchaus vorstellen. Einem solchen *Hochwürm-Intervall* könnten Teile der überfahrenen Schotter im schweizerischen Mittelland (Seetalschotter, Glattalschotter) zugeordnet werden. Ihre Schüttung erfolgte aus Gletscherlagen heraus, die ungefähr einem Rückschmelzen der Gletscher in die inneren Seetröge des Vorlandes entsprechen würden. Aus einer solchen einige tausend Jahre dauernden Position heraus wäre dann das Eis auf die Randlage des stadialen Komplexes *W/S* vorgestossen.

Weitere Untersuchungen werden zeigen müssen, welcher chronologische Rang dem stadialen Komplex *W/S* zuzuweisen ist. Jedenfalls aber konnte mit dem genaueren Nachweis der markanten Randlagen *W/S* über den ganzen Bodenseeraum hinweg ein nützlicher *Leithorizont* für künftige glazialmorphologische Studien erarbeitet werden.

LITERATURVERZEICHNIS

ANDRESEN, H. (1964): *Beiträge zur Geomorphologie des östlichen Hörnliberglandes.* - Jb. st.gall. natw. Ges. *78*, 1-112.

Atlas der Schweiz (1965-1978), bearbeitet von E. IMHOF. - Eidg. Landestopographie, Wabern-Bern.

ERB, J. (1936): *Zur Stratigraphie des mittleren und jüngeren Diluviums in Süddeutschland und dem schweizerischen Grenzgebiet.* - Mitt. bad. geol. Landesanst. *11*.

FALKNER, C. (1909): *Die südlichen Rheingletscherzungen von St. Gallen bis Aadorf.* - Jb. st.gall. natw. Ges. *49* (1908 u. 1909), 190-263.

FLIRI, F. (1973): *Beiträge zur Geschichte der alpinen Würmvereisung: Forschungen am Bänderton von Baumkirchen (Inntal, Tirol).* - Z. Geomorph. [N.F.] *16*, 1-14.

HANTKE, R. (1961): *Die Nordostschweiz zur Würmeiszeit.* - Eclogae geol. Helv. *54/2*, 123-133.

— (1970): *Aufbau und Zerfall des würmeiszeitlichen Eisstromnetzes in der zentralen und östlichen Schweiz.* - Ber. natf. Ges. Freiburg i. Br. *60*, 5-33.

— (1978): *Eiszeitalter* (Bd. 1). - Ott, Thun.

HANTKE, R., und Mitarbeiter (1967): *Geologische Karte des Kantons Zürich und seiner Nachbargebiete.* - Vjschr. natf. Ges. Zürich *112/2*.

HOFMANN, F. (1977): *Neue Befunde zum Ablauf der pleistocaenen Landschafts- und Flussgeschichte im Gebiet Schaffhausen-Klettgau-Rafzerfeld.* - Eclogae geol. Helv. *70/1*, 105-126.

HOFMANN, F., & HANTKE, R. (1964): *Erläuterungen zu Blatt 1032 Diessenhofen.* - Geol. Atlas Schweiz 1:25000, Bern.

JÄCKLI, H. (1962): *Die Vergletscherung der Schweiz im Würmmaximum.* - Eclogae geol. Helv. *55/2*, 285-294.

KELLER, O. (1974): *Untersuchungen zur Glazialmorphologie des Neckertales (Nordostschweizer Voralpen).* - Jb. st.gall. natw. Ges. *80*.

— (1976): *Das Rindal; zur Genese eines Urstromtales in der NE-Schweiz.* - Geographica helv. *4*, 161-166.

LIEDTKE, H. (1975): *Die nordischen Vereisungen in Mitteleuropa.* - Forsch. dtsch. Landeskd. *204*, Bonn-Bad Godesberg.

PENCK, A. (1896): *Die Glazialbildungen um Schaffhausen.* - N. Denkschr. schweiz. Ges. Natw. *35*.

PENCK, A., & BRÜCKNER, E. (1909): *Die Alpen im Eiszeitalter* (Bd. 2). - Tauchnitz, Leipzig.

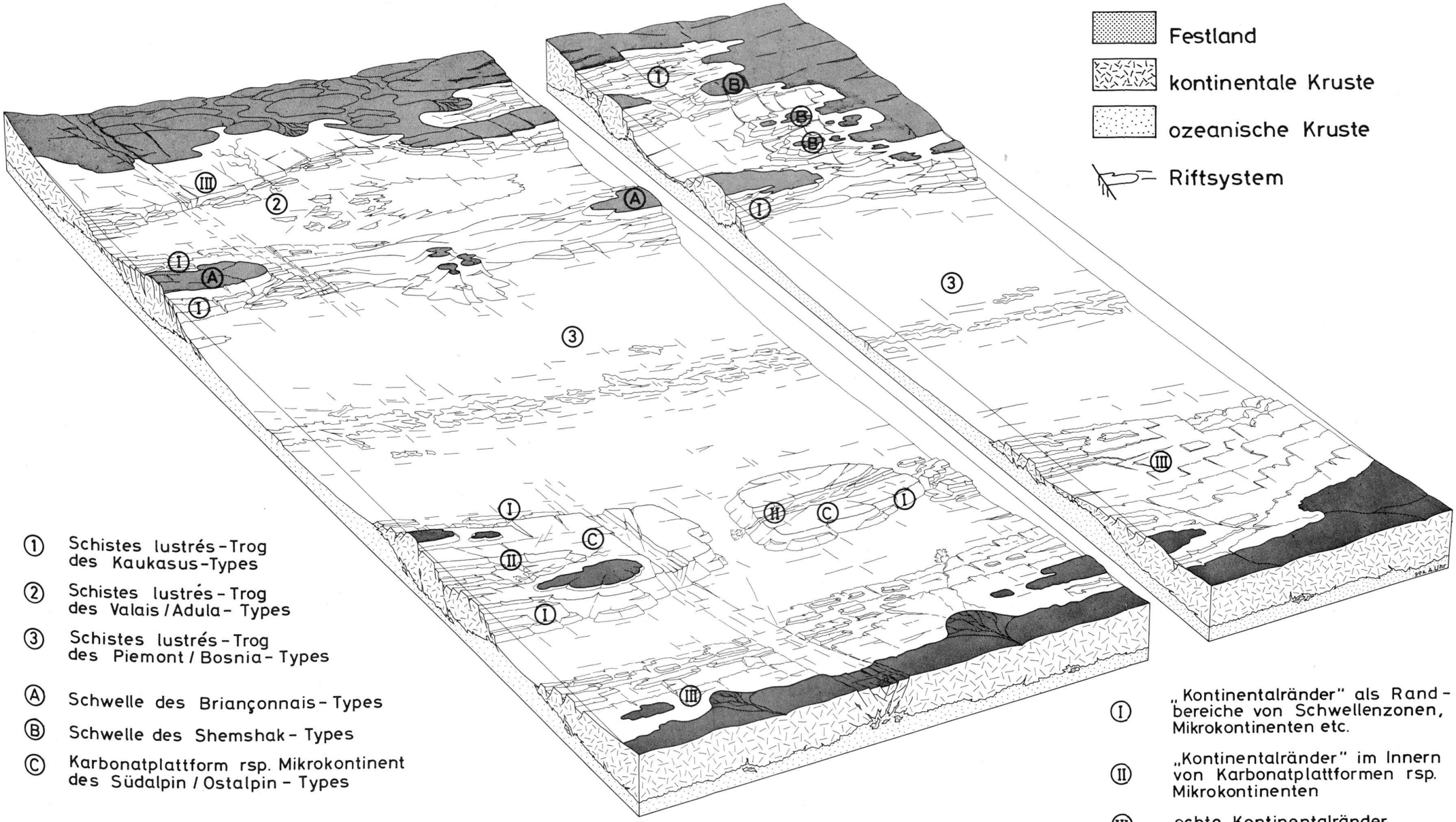
SCHINDLER, C., RÖTHLISBERGER, H., & GYGER, M. (1978): *Glaziale Stauchungen in den Niederterrassen-Schottern des Aadorfer Feldes und ihre Deutung.* - Eclogae geol. Helv. *71/1*, 175-182.

SCHMIDLE, W. (1914): *Die diluviale Geologie der Bodenseegegend.* - Westermann, Braunschweig, Berlin.

SCHREINER, A. (1974): *Erläuterungen zur Geologischen Karte des Landkreises Konstanz mit Umgebung 1:50000.* - Geol. Landesamt Baden-Württemberg.

SUGDEN, D.E., & JOHN, B.S. (1976): *Glaciers and Landscape.* - Arnold, London.

WILHELM, F. (1975): *Schnee- und Gletscherkunde.* - Berlin, New York.

Hypothetisches Blockdiagramm eines Sedimentationsraumes während der Schistes lustrés-Phase

(vertikal stark überhöht)