

Zeitschrift: Bericht über die Tätigkeit der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft

Herausgeber: St. Gallische Naturwissenschaftliche Gesellschaft

Band: 81 (1973-1981)

Artikel: Zur Glazialmorphologie der Region St. Gallen : die eiszeitliche Ausgestaltung der Landschaft

Autor: Keller, Oskar

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-832808>

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: 30.04.2026

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

ZUR GLAZIALMORPHOLOGIE
DER REGION ST.GALLEN:

DIE EISZEITLICHE
AUSGESTALTUNG
DER LANDSCHAFT

VON
OSKAR KELLER

1981

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	32
1. Einleitung	33
1.1. Gegenstand der Untersuchung	
1.2. Ziele der vorliegenden Abhandlung	
1.3. Bisherige Arbeiten	
2. Geologische und morphologische Grundzüge des Bodenseeraumes	34
2.1. Die präglaziale Landschaft	
2.2. Die Vorgänge zu Beginn des Quartärs	
2.3. Die Einwirkungen der Gletscher auf die Landschaft	
2.4. Zur Mindel- und Risseiszeit	
2.5. Die letzte, die Würmeiszeit	
3. Besonderheiten der Landschaftsentwicklung um St.Gallen	55
3.1. Der Wattbach und das Quertal Riethüsli—Liebegg	
3.2. Tal und Terrasse von Notkersegg—Dreilinden	
3.3. Der Bergrutsch am Freudenberg	
3.4. Die glaziale Serie bei Bild—Winkeln	
3.5. Die einstigen Seen im Hochtal von St.Gallen	
Literatur- und Kartenverzeichnis	69

Zusammenfassung

Die Grundzüge der Landschaften der Nordostschweiz und des Bodenseebeckens sind im geologischen Aufbau und in der Tektonik der Molasse zu suchen. Vor den Eiszeiten müssen im Pliozän fluviale Formen bei relativ geringen Reliefunterschieden ausgebildet worden sein, denn das regionale Erosionsniveau lag, da der Rhein damals noch zur Donau entwässerte, in der Gegend von Ulm auf über 500 m ü. M.

Die heutige Gestalt dieses Raumes wird als vorwiegend glazial geformt und damit als fossile Landschaft dargestellt. Die morphologisch tätigen exogenen Kräfte und ihre Auswirkungen auf den Formenschatz werden für die Eiszeiten und die Interglaziale einander gegenübergestellt.

Im Quartär setzte mit den Eisvorstössen bis ins Alpenvorland die glaziale Umprägung und Ausräumung ein. Als besonders wichtig für die heutige starke Durchtalung wird die Umlenkung des Alpenrheins zur Oberrheinischen Tiefebene mit wesentlich tieferer Erosionsbasis um 250 m ü. M. angesehen. Dieses Ereignis wird den älteren Eiszeiten (Günz, Mindel) zugeschrieben; Riss und Würm setzten die Auskolkung des Bodenseebeckens fort.

Die altangelegte tertiäre Durchtalung mit vorwiegend N-Richtung wurde im Raum St.Gallen durch die quartären Eiszeiten überprägt, vor allem aber entstanden neue Talzüge als Entwässerungsrinnen entlang dem S-Rand der Bodensee-Vereisungen in E-W-Richtung vom Appenzeller Sporn über St.Gallen und Wil gegen Winterthur. Die Entwicklung wird anhand des phasenweisen Ablaufes der Riss- und vor allem der Würmeiszeit aufgezeigt.

An einigen besonders typischen Beispielen aus der näheren Umgebung von St.Gallen werden schliesslich die eiszeitlichen, morphologisch wirksamen Prozesse im Detail untersucht und interpretiert: Talentwicklungen und Seebildungen bei verschiedenen Eisrandlagen, intra- und extramoränische Formen (glaziale Serie) sowie ein charakteristischer Bergrutsch.

1. Einleitung

1.1. Gegenstand der Untersuchungen

Zwischen die Hochtäler und Molasserücken des Appenzellerlandes und die grosszügige Hochflächenlandschaft N St. Gallen schaltet sich ein auffällig vielgestaltiger Landschaftsstreifen ein. Hier wechseln auf engem Raum steil abfallende Hügelketten mit sanft gerundeten Kuppen ab, flache Talböden mit cañonartigen Einschnitten, moorige Hochtalmulden mit abrupten Steilstufen, E-W laufende Talzüge mit Durchbrüchen nach N. In markantem Gegensatz dazu steht die Tallinie St. Gallen-Gossau sowie das mittlere Sittertal mit den begrenzenden Hochzonen Tannenbergr und Rosenberg. Diese Region ist durch weite, offene Talformen, in die sich Sitter und Steinach scharf eingeschnitten haben, gekennzeichnet. Die Hügel weisen keine Gratlinien sondern an ihrer Stelle breite Verflachungen auf. Die Frage nach der Entstehung dieser Landschaft und die Suche nach den Zusammenhängen mit der weiteren Umgebung drängt sich auf.*

1.2. Ziele der vorliegenden Abhandlung

Die Entstehung der Landschaft von St. Gallen wird dargestellt in ihrer Abhängigkeit

- von den geologischen und tektonischen Verhältnissen,
- vom glazialen Geschehen,
- von den postglazialen Vorgängen.

Für die morphologische Entwicklung werden die Beziehungen zu den umgebenden Landschaften hergestellt:

- zum südlich anschliessenden Appenzellerland,
- zum Bodenseebecken, welches für den Grossraum bestimmend ist,
- zum nach N vorgeschobenen Tannenbergr-Hochgelände.

An einigen speziellen Beispielen werden die gestaltend wirkenden Vorgänge detailliert besprochen. Die getroffene Auswahl soll die Mechanismen der Landschaftsentwicklung exemplarisch aufzeigen.

1.3. Bisherige Arbeiten

Eine vollständige Darstellung der bereits vorhandenen Untersuchungen würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen; sie kann daher nur hinweisend erfolgen. GUTZWILLER (1871, 1877) erkannte wesentliche Grundzüge der Molassegeologie der Ostschweiz und hat die Ausbreitung der Gletscherströme aufgrund des Erratikums untersucht. In die grossen Zusammenhänge wird die St. Galler-Molasse wie auch das glaziale Geschehen durch ALB. HEIM (1919) in seinem fundamentalen Werk «Geologie der Schweiz» gestellt. STAUB (1934) zeigt unter anderem die Bildung der grossen Talanlagen der NE-Schweiz auf. Arbeiten zur Geologie und Tektonik der st. gallischen Molasse liegen vor von RENZ, HABICHT, SAXER, BÜCHI, HOFMANN. Mit Eiszeitfragen setzten sich FALKNER, LUDWIG, HANTKE, KELLER auseinander. Eine spezielle Untersuchung der Morphologie der Landschaft von St. Gallen wurde bisher noch nicht durchgeführt.

* Am 28. 5. 1980 wurde dieses Thema vom Verfasser anlässlich der Ausstellung «Die Schweiz und ihre Gletscher von der Eiszeit bis zur Gegenwart» in St. Gallen in einem Referat vorgestellt.

2. Geologische und morphologische Grundzüge des Bodenseeraumes

2.1. Die präglaziale Landschaft

Der geologische Untergrund und die Tektonik der Molasse bilden das Grundgerüst der Landschaft der weiteren Region St.Gallen. Es musste zuerst die Gebirgsbildung des Molasselandes erfolgen, bevor im Anschluss daran (und parallel dazu) die Ausgestaltung einsetzen konnte.

Seit ALB. HEIM (1919) gilt allgemein die Ansicht, dass im jüngeren Miozän und im Pliozän, vor 10—6 Mio. Jahren, die letzte wichtige Phase der Alpenbildung erfolgte (Fig. 1):

- Ein letztes Mal wurden die Alpen kräftig vertikal gehoben. Dabei glitten die höchsten Schichtstösse von der Gebirgskulmination nach N ab und «brandeten» an den Molasseserien auf. Unter dem Druck und Stoss zerbrachen diese in Pakete, welche übereinander geschoben und schräggestellt wurden.
- Der Alpstein (Säntisgebirge) bildete die dabei am weitesten nach N vorstossende alpine Schichtreihe (Säntisdecke des Helvetikums).
- In derselben Phase wurde auch das Molasse-Vorland aus Meereshöhe um rund 1000 m herausgehoben.

Neuere Untersuchungen deuten darauf hin, dass nicht ein passives Abgleiten zur Faltenbildung der Helvetischen Decken (inklusive Alpstein) führten, sondern dass durch die Kontinente-Kollision im Bereich der Alpen (Plattentektonik) ein aktiver Zusammenschub erfolgte und erst anschliessend im Pliozän vor 6 Mio. Jahren eine allgemeine Hebung im Alpenkörper wie im Molassetrog einsetzte (MILNES and PFIFFNER, 1980). Die Folgen dieser letzten bedeutenden Verschiebungen und Hebungen waren für die Landschaft des Alpenvorlandes umwälzend:

1. Die Molassepakete wurden zu den Höhenzügen des Toggenburgs und des Appenzellerlandes aufgeschoben: Speer — Stockberg, Hochalp — Kronberg, Hochhamm — Hundwiler Höhe — Gäbris — St.Anton, Wilket — Schwellbrunn — Eggen — Kaien.
2. In der flachliegenden Molasse dagegen fehlen einheitliche, durchlaufende Höhenkämme: nördliches Toggenburg, Nollen, Tannenbergl.
3. Die Hebung beendete die Molasse-Ablagerung, Ausräumung und Abtragung nahmen im Alpenvorland ihren Anfang.
4. Der auf den Hörnli-Schuttfächer aufgeglittene Alpstein versperrte dem Rhein den einstigen Weg von Chur nach NW; er musste ostwärts ausweichen und fliesst seither durchs Rheintal nach N, vorerst noch zur Donau (HOFMANN, 1957; SCHREINER, 1979), wie Fig. 2 zeigt.

Die alte Entwässerung spiegelt sich immer noch im heutigen Flussnetz. Die grössten ehemaligen Rheinläufe konnten die Hebung überstehen. Als Wassersammler im einstigen Schuttfächer haben sie sich gleichzeitig mit der Hebung eingetieft und durchbrechen daher die Höhenzüge: Sitter, Urnäsch, Necker, Goldach (vergleiche auch STAUB, 1934).

Die zwischen den Höhenzügen parallel zu ihnen fliessenden Gewässer haben sich dem Gesteinsuntergrund angepasst und vorwiegend die weicheren Sandsteine und Mergel erodiert. Sie schufen so die Anlagen zu den grossen Längsfurchen: Talungen von St.Gallen, Speicher — Teufen, Waldstatt — St.Peterzell, Stoss — Appenzell — Gonten — Urnäsch.

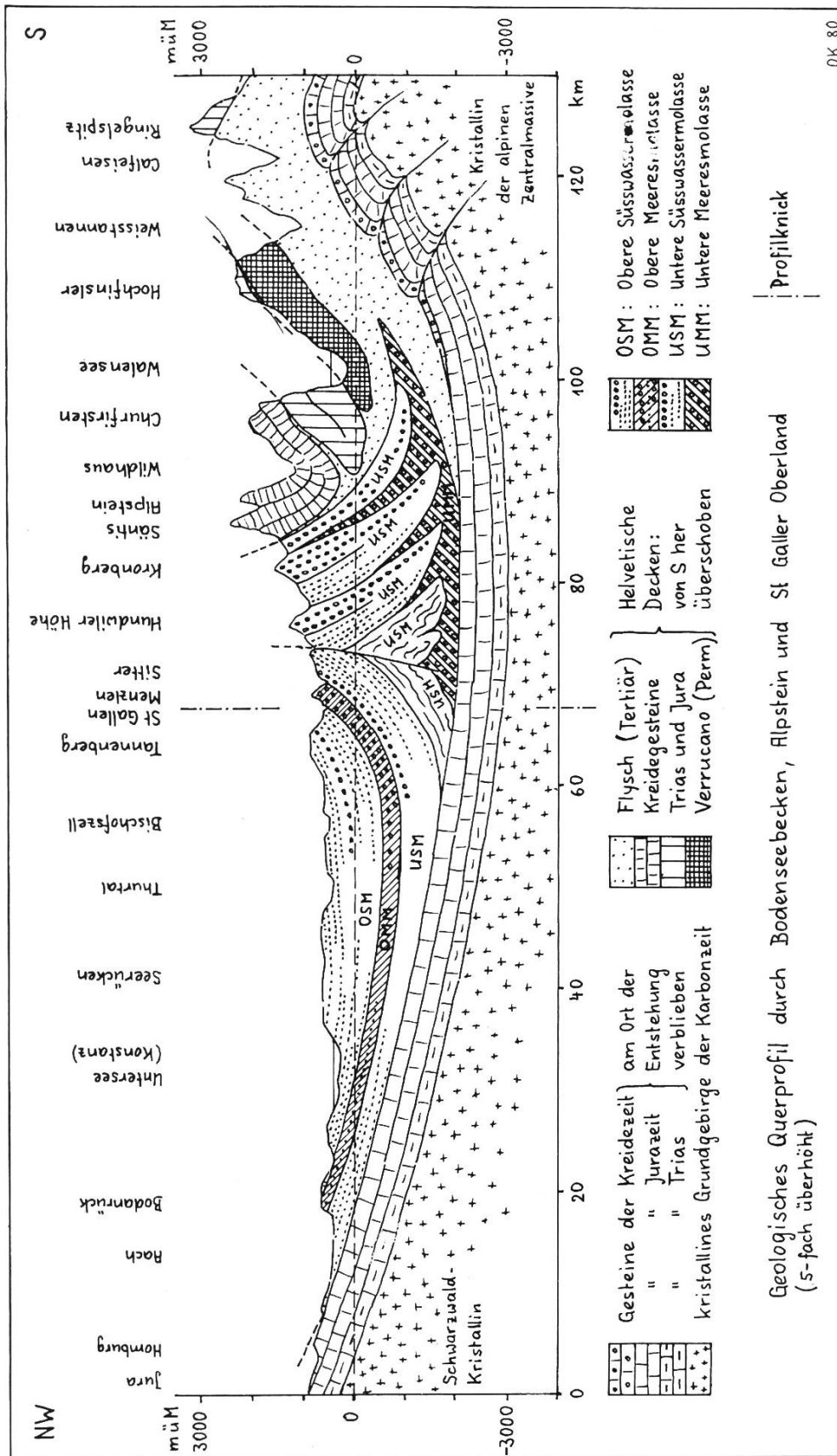


Fig. 1: Die geologischen Verhältnisse in der Nordostschweiz.

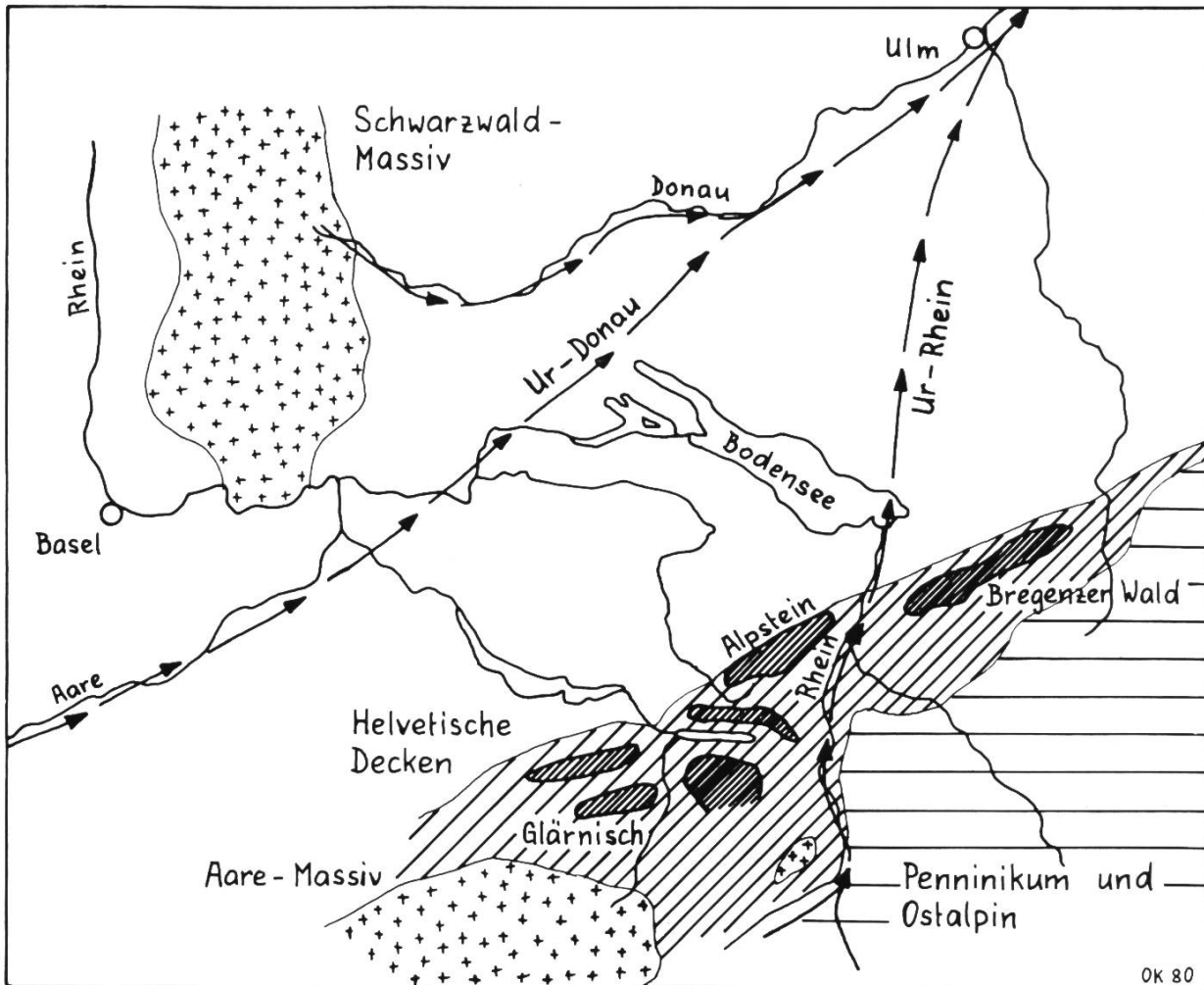


Fig. 2: Entwässerung des Bodenseeraumes im Pliozän im Anschluss an die Faltung des Alpsteins.

Die Quellbäche von den Höhenzügen herunter verlaufen konsequent mehr oder weniger in der Falllinie der Abhänge. Die Entwicklung dieses Entwässerungsnetzes ist in Fig. 3 dargestellt.

Wenn auch die Talzüge im wesentlichen vor 5 Mio. Jahren geschaffen waren, so müssen sie im Detail aber noch anders gestaltet gewesen sein als heute. Sie waren rein fluvialer Natur, also weite V-Täler und nicht U-Täler (Gletschertäler) oder Schluchten und Tobel (benötigen zur Entstehung grosses Gefälle). Generell dürfte die Landschaft etwa den Gebirgszonen im Balkan oder in Südspanien geähnelt haben.

Damit war das Talnetz südlich St. Gallen noch vor den Eiszeiten vorgezeichnet, während im Bodenseeraum die Situation völlig anders aussah (Fig. 4). Der Rhein entwässerte immer noch zur Donau Richtung Ulm (LINIGER, 1966; SCHREINER, 1979 und andere). Da Ulm auf knapp 500 m ü. M. liegt, muss der Rhein über St. Margrethen in ca. 700 m Höhe geflossen sein. Die alten Talböden des Appenzellerlandes, auf denen sich oft später die Dorfkerne entwickelt haben, mit 800 bis 900 m ü. M., in die sich in der Folge Sitter, Urnäsch und Goldach einerosiert haben, bestätigen diese Höhenlage. Vom Bodensee fehlte noch jedes Anzeichen, hat dieser doch eine Spiegelhöhe von nur 395 m ü. M. Das sich abspielende Einbrechen des Oberrheingrabens zwischen Basel und Mainz hatte bereits die Aare wegen dem grösseren Gefällsangebot Richtung Basel abgelenkt.

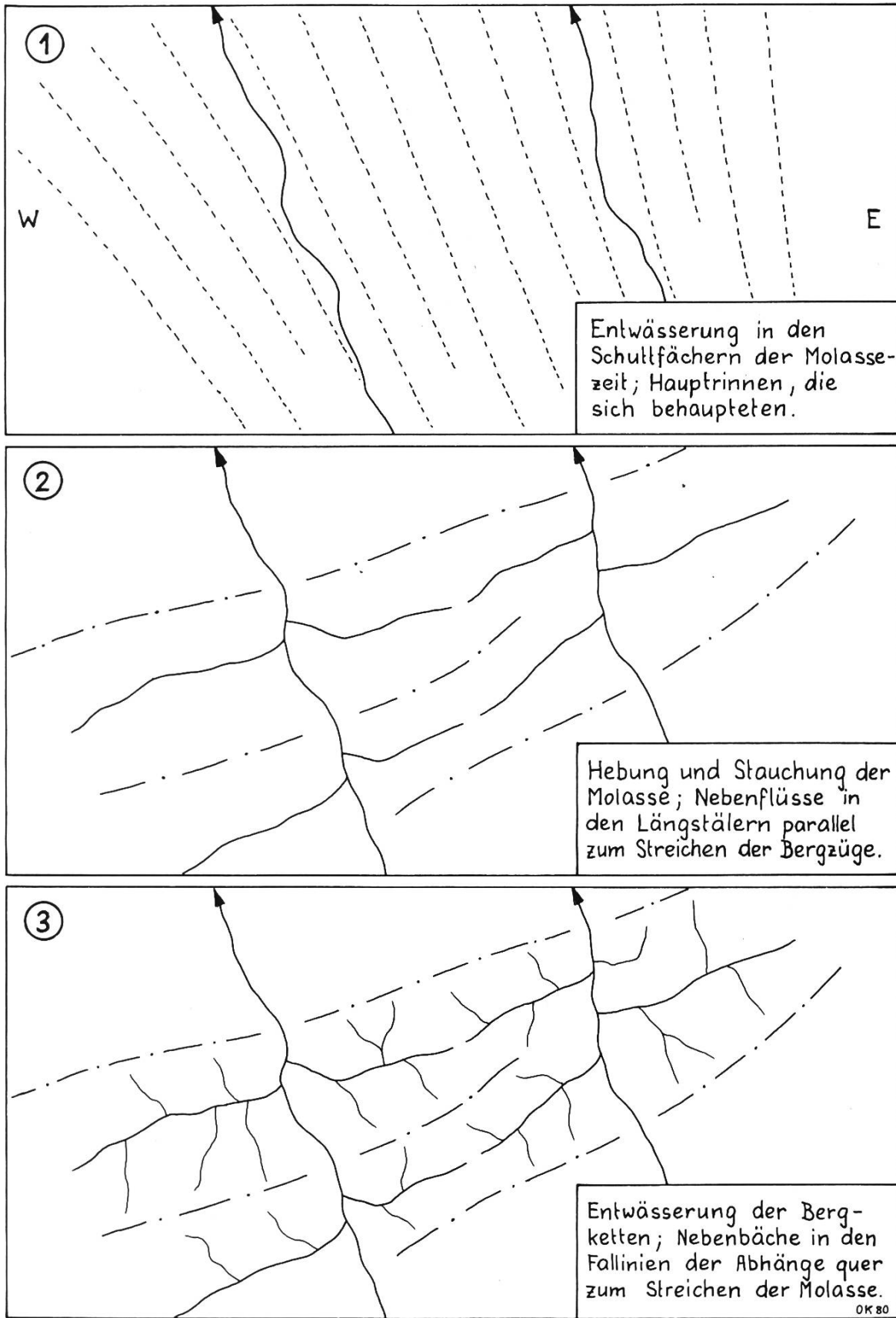


Fig. 3: Schema der Entwicklung der Entwässerung in der subalpinen und in der aufgerichteten Molasse.

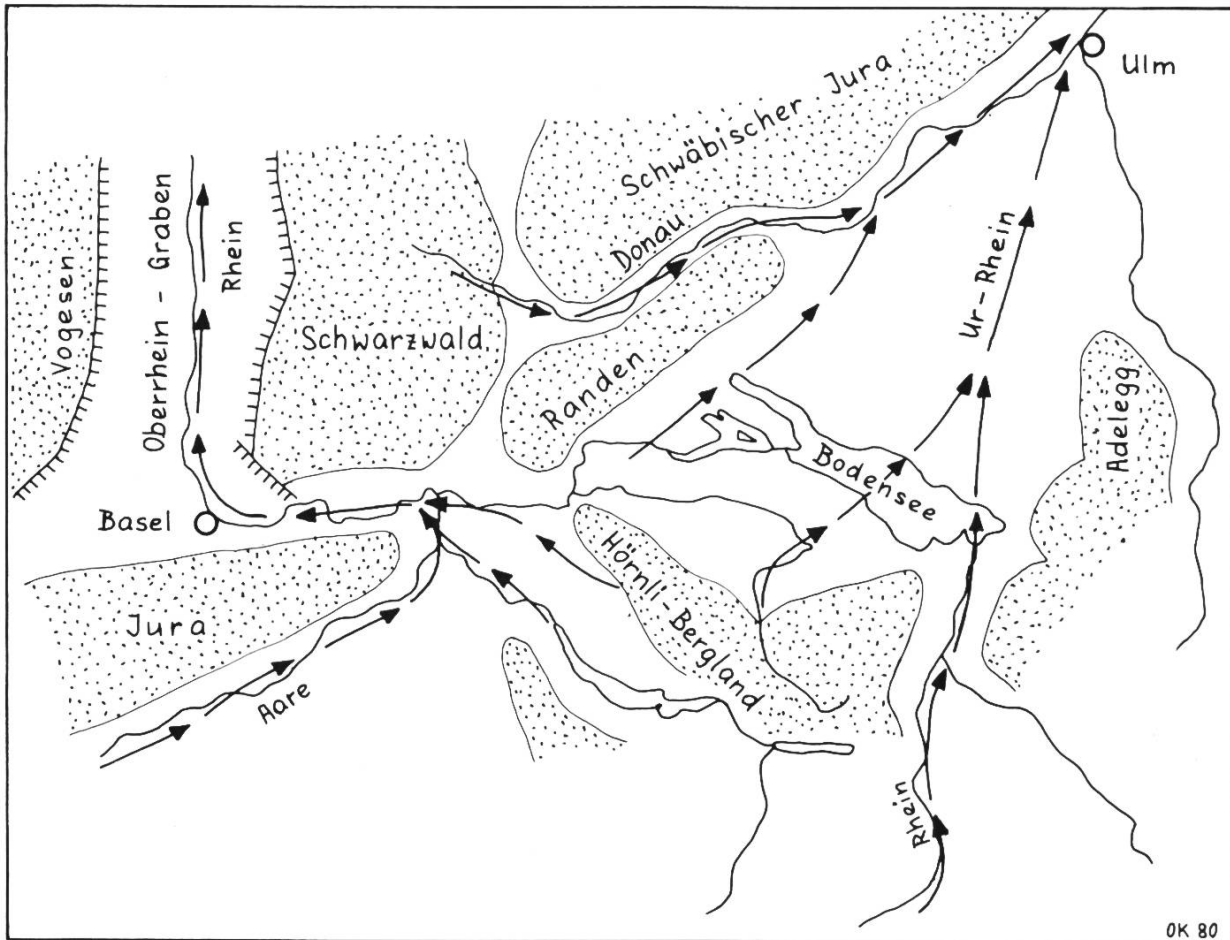


Fig. 4: Entwässerung von Rhein und Aare zu Beginn des Quartärs.

2.2. Die Vorgänge zu Beginn des Quartärs

Durch das ganze Tertiär hindurch während 60 Mio. Jahren wurde das Klima stetig kühler, zuerst langsam, später schneller. Dieses Phänomen harret noch einer Erklärung, hat aber sicher mit dem Eiszeitenproblem zu tun. Die Entwicklung der Klimaver-schlechterung ist gesichert; dafür liegen Beweise in Form von Fossilien aus Flora und Fauna vor aus Europa, wie aus N-Amerika, Russland, aber auch aus der südlichen Hemisphäre.

Die Entwicklung des Klimas kann aufgrund der Funde für den Faktor Temperatur etwa so beschrieben werden, wie Tab. 1 zeigt.

Seit Beginn des Quartärs lassen sich innerhalb des generellen Temperaturrückganges kältere und wärmere Perioden feststellen (FRENZEL, 1967; SUGDEN and JOHN, 1976; HANTKE, 1978). Dies führte vorerst im älteren Quartär zu Warm- und Kaltzeiten, wobei vermutlich nur die Hochalpen vergletscherten. Erst vor etwa 1 (?) Mio. Jahren war es kalt genug geworden, dass der erste Eisvorstoss bis ins Mittelland erfolgen konnte (Fig. 5).

Jede nächstfolgende Eiszeit verwischte die Spuren der vorangegangenen wieder, so dass wir über die frühen Glaziale wenig orientiert sind. Die Risseiszeit erreichte im schweizerischen Alpenvorland die grösste Ausdehnung; von ihr blieben am Aussenrand etliche Zeugen vor der Zerstörung durch die letzte, die Würmeiszeit, bewahrt.

Temperaturverhältnisse im jüngeren Tertiär und im Quartär				
Epochen		Mitteltemperaturen im Voralpenland in °Celsius	Temperaturzonen	Vergleich mit heutigen Verhältnissen
Quartär	Holozän	8 bis 9°	kühl gemässigt	—
	Pleistozän	schwankend: Glaziale 0 bis -5° Interglaziale um 10°	polar kühl gemässigt	Grönland, Spitzbergen Mitteleuropa
Tertiär	Pliozän	10 bis 15°	warm gemässigt	europäische Mittelmeerküsten
	Miozän	15 bis 18°	subtropisch	Kanarische Inseln
	Oligozän	18 bis 20°	randtropisch	Florida

Tab. 1: Zur Entwicklung der Jahresdurchschnittstemperaturen seit dem mittleren Tertiär.

2.3. Die Einwirkungen der Gletscher auf die Landschaft

Da die Eismassen zwar langsam, aber doch breiähnlich fließen, haben die vorstossenden Gletscherzungen naturgemäss die von den Entwässerungswegen vorgezeichneten Täler und Rinnen benutzt und in erster Linie diese glazial ausgestaltet. Die das Eis überragenden Höhen wurden höchstens durch lokale Eiskappen überprägt (KELLER, 1973).

Generell muss festgestellt werden, dass die Landoberfläche am Nordrand der Alpen im Gefolge der quartären Klimaschwankungen in unvergleichlich stärkerem Mass durch die Eiszeiten modelliert wurde, als durch die Warmzeiten. Die Bedeutung des fließenden Eises bei den morphologischen Formungsprozessen geht unter anderem aus den Arbeiten von MAAG (1967), WOLDSTEDT (1969), EMBLETON and KING (1975), SUGDEN and JOHN (1976) hervor. Massgebend sind die in der Tab. 2 zusammengestellten Charakteristika.

Im Anschluss an diese Feststellungen erhebt sich folgerichtig die Frage, welche morphologischen Vorgänge denn noch in den Zwischeneiszeiten, also auch heute, landschaftsformend wirken. Wie der Vergleich zeigt (siehe Tab. 2), handelt es sich um Zeiten relativer Ruhe im Bereich der exogenen Kräfte mit geringen morphologisch wirksamen Prozessen.

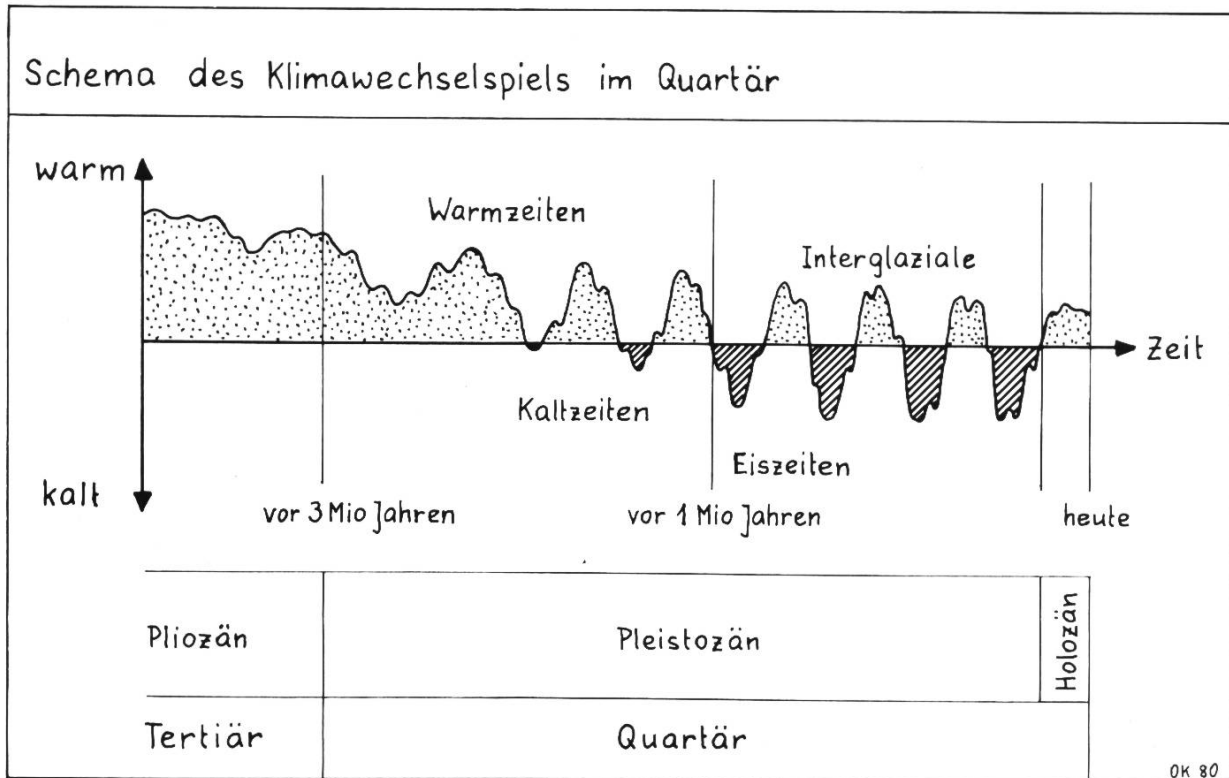


Fig. 5: Charakteristika der Klimaentwicklung im Verlauf des Quartärs:
 1. Genereller Temperaturrückgang,
 2. Klimawechselfolge mit sich verstärkenden Amplituden.

Zusammenfassend sei festgehalten:

Die Gestalt der heutigen Landschaft der NE-Schweiz und des Bodenseebeckens ist im wesentlichen das Werk der Eiszeiten, das heisst, die heutige Landschaft ist mit Ausnahme weniger rezenter Umformungen fossil.

2.4. Zur Mindel- und Risseiszeit

Die höheren und tieferen Deckenschotter zeigen im Raum Untersee—Schaffhausen—Klettgau ein Gefälle Richtung W (SCHREINER, 1970; HOFMANN, 1977). Damit wird bereits die Entwässerung mindestens des westlichen Teils des Bodenseebeckens zur Oberrheinischen Tiefebene bekundet. Die Zuordnung der höheren Deckenschotter zur Günz- und der tieferen zur Mindeleiszeit (PENCK, 1909) ist heute nicht mehr allgemein gesichert. In Oberschwaben wird teils für bisher als günzzeitlich angesehene Schotter höheres Alter (Donau eiszeit?) gefordert (GRAUL, 1962 und andere). Umgekehrt könnten Deckenschotterrelikte in der NE-Schweiz auch wesentlich jünger sein. In der Region Untersee—Klettgau zeigen sie einheitliches Gefälle und ein von Riss abweichendes Geröllspektrum (GEIGER, 1961; HOFMANN, 1977), so dass sie hier immer noch der Mindel- und eventuell der Günzeiszeit zuzuweisen sind. Bei ihrer Schüttung muss der Mindel- (Günz-) gletscher im inneren Hauptbecken des Bodensees gelegen haben, da sie sich bis über den Überlingersee nach E verfolgen lassen. Dies entspricht nicht dem Maximalstand, denn zumindest die Mindeleiszeit muss in etwa die Ausdehnung des Rissgletschers erreicht haben, liegen doch östlich Biberach die Mindelmoränen des Rheingletschers sogar ausserhalb der Rissvereisung (GRAUL und andere, 1968).

Einwirkungen auf die Gestalt der Landoberfläche	
während den Eiszeiten	in den Zwischeneiszeiten
1. Flächenhafte Erosion durch die Eisströme nach der Seite und in die Tiefe	1. Linienhafte Tiefenerosion der fließenden Gewässer
2. Stark und während langen Perioden wirkender Spaltenfrost	2. Geringer und nur selten auftretender Spaltenfrost
3. Keine Vegetation und als Folge starke Hangabspülung	3. Zusammenhängende Vegetationsdecke und daher kaum Hangabspülung
4. Solifluktion (Bodenfließen) im Sommer auf dem Permafrost (Dauerfrostboden)	4. —
5. Bildung von Talfurchen und Flusslauf-Verlegungen durch die Schmelzwasserströme entlang der Eisränder	5. —
6. Weiträumige Akkumulation von Grundmoränen und Moränenwällen, Bildung ausgedehnter Schotterfluren	6. Eng begrenzte Akkumulation von Schottern und Sanden in Ebenen und Seen

Tab. 2: Vergleich der landschaftsgestaltenden Vorgänge im Bereich von Alpen und Vorland zwischen den Glazialzeiten einerseits und den Interglazialen andererseits.

Mit den Kernbohrungen im Federsee- und im Wurzacherbecken (GERMAN, 1968) konnte die Riss-Würm-Warmzeit, vermutlich auch das Mindel-Riss-Interglazial nachgewiesen werden, was bedeutet, dass diese Becken in der Riss- und schon in der Mindel-eiszeit ausgekolkt worden sind. Beide Mulden liegen am N-Rand des Bodenseeraumes und bekunden somit auch, dass die Bildung des Bodenseebeckens spätestens in der Mindel-eiszeit eingesetzt hat.

Entwässerte der Rhein zu Beginn des Quartärs noch zur Donau (Kap. 2.1. und Fig. 4), so muss er in der Mindel-eiszeit endgültig (eventuell schon in der Günzeiszeit) Richtung W umgekippt sein. Dies lässt sich so erklären: Die Mindel-eisströme, die ja ungefähr die Ausdehnung der Rissvereisung erreichten, überflossen die Molasseschwelle Hörnli—Irchel—Randen (vergleiche Fig. 4), also diese damalige Wasserscheide zwischen Donau—Schwarzem Meer und Aare—Nordsee, und haben diese abgeschliffen und erniedrigt. Dies ereignete sich vor allem deshalb, weil das Aaretal zur Oberrheinebene mit ± 250 m ü. M. deutlich niedriger lag als das Donautal oberhalb Ulm mit gegen 600 m. Im Gefolge dieser glazialen Eintiefung flossen nun auch die Schmelzwässer vorwiegend zur Aare. Wegen dem in dieser Richtung stets grösseren Gefälle wurden anschliessend

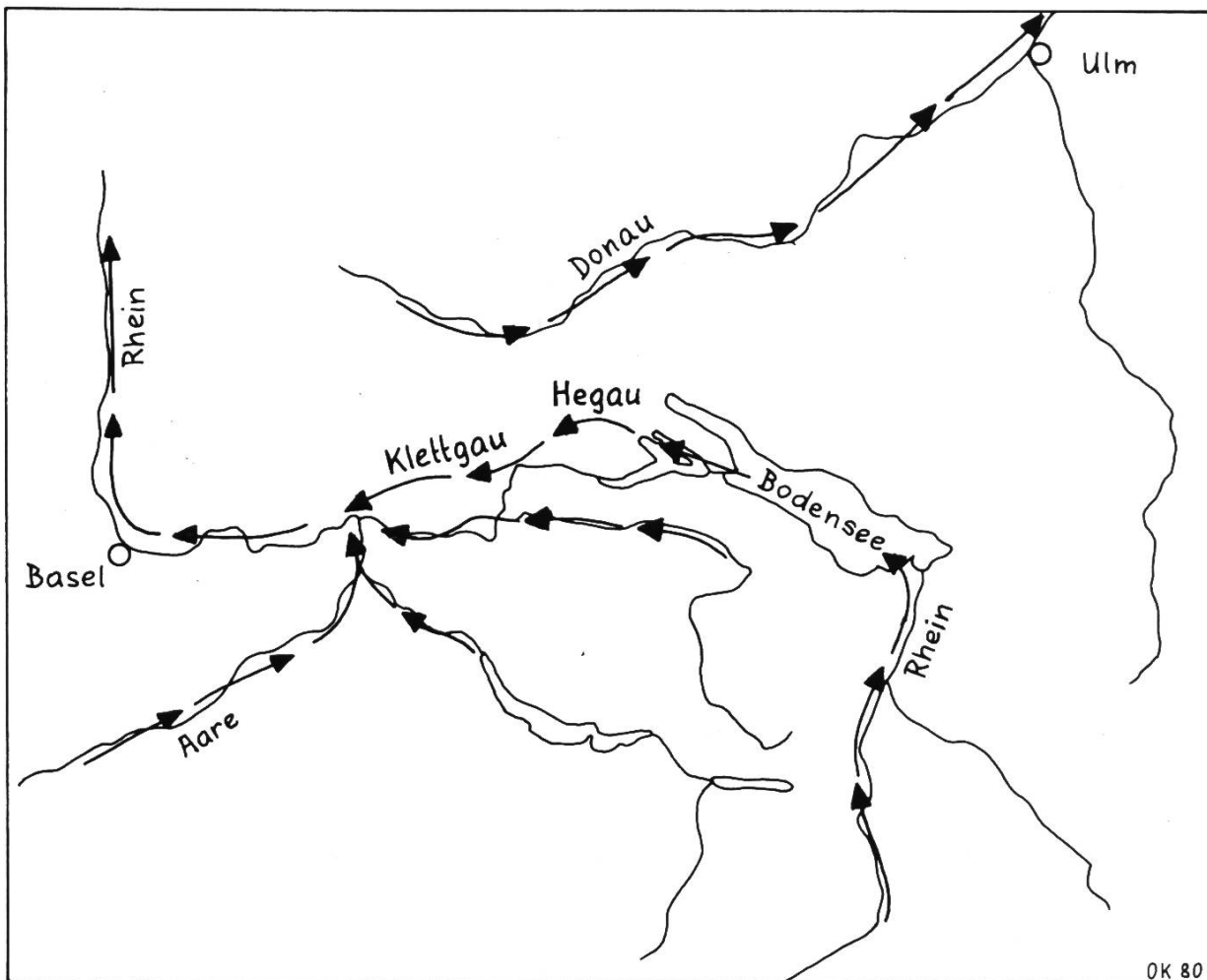


Fig. 6: Entwässerung des Rheins im mittleren Quartär.

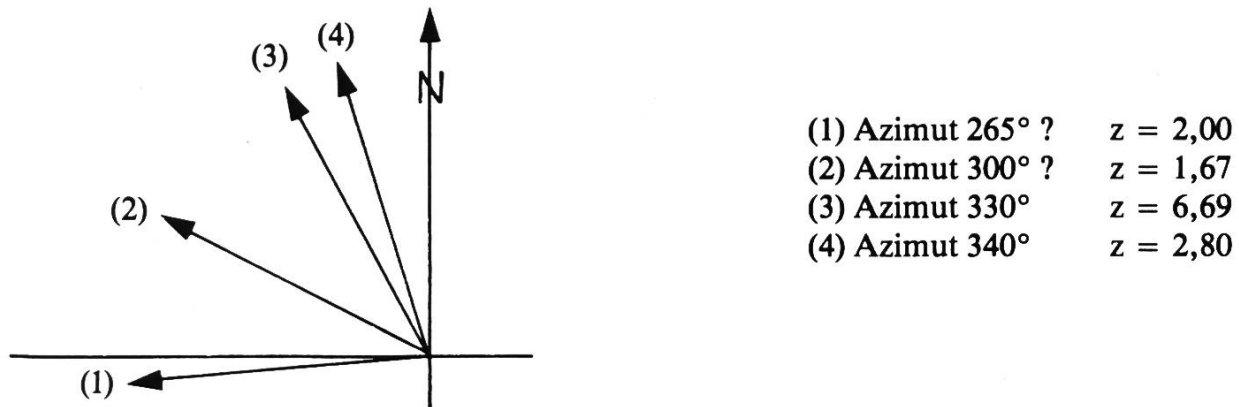
Eintiefung und Auskolkung noch verstärkt. Damit ist auch eine kräftigere Ausräumung des Bodenseebeckens in die Mindeleiszeit zu stellen. Riss und Würm haben dann das Werk noch vollendet. Tiefbohrungen in jüngster Zeit haben ergeben, dass der Bodensee ausser teilweise im NW kein Einbruchsbecken ist (SCHREINER, 1975, 1979). Vor allem die letzten drei Eiszeiten haben damit eine gewaltige Erosionsleistung vollbracht. Aufgrund einer Bohrung bei Dornbirn (HUF, 1963) muss man annehmen, dass das untere Rheintal eine Felssohle unter dem Meeresspiegel aufweist, während vor den Eiszeiten die Talsohle des Rheins ja hier auf 700-800 m ü. M. lag (Kap. 2.1.). Das bedeutet, dass die glaziale Übertiefung im Bodensee-Rheintal mit wenigstens 800 m zu veranschlagen ist.

Das Alter vieler alpennaher Deckenschotter, die bisher als der Mindeleiszeit zugehörig angesehen wurden, wird von HANTKE (1952, 1970) angezweifelt. Er möchte sie der letzten Eiszeit zuordnen und als später überfahrene Vorstossschotter vor das Würmmaximum stellen. Für die Tannenberg-Deckenschotter im besonderen kann sich HOFMANN (1957, 1973) der Ansicht von Hantke nicht vorbehaltlos anschliessen. Er weist auf die sorgfältigen Geröllanalysen und -zählungen von GEIGER (1948, 1961) hin, welcher ein von Würm deutlich abweichendes Spektrum erhält.

Auf der NW-Seite des Tannenberges zeigt sich in der Kiesgrube Grimm (740600/257500), dass die früher als Indiz für «alt» angesehene Verkittung durch Kalkkrusten nur in den

äusseren/höheren Partien auftritt. Hohle Gerölle, die eine lange Zeitdauer der Verwitterung andeuten, sind einzig in den verkitteten Paketen, hier allerdings häufig, anzutreffen.

An verschiedenen Punkten in der Kiesgrube durchgeführte Einregelungsmessungen zur Feststellung der Schüttungsrichtung (Methode vergleiche KELLER, 1973) ergaben das folgende Bild:



Gemäss dem Signifikanztest von Greenwood und Durand (BATSCHELET, 1965) liegen die kritischen Grenzwerte für die Testgrösse z für 5% Fehlerwahrscheinlichkeit bei 2,9642, für 1% bei 4,4775. Daraus ergibt sich, dass die Schüttungsrichtungen der Messungen (1) und (2) nicht signifikant sind, während (4) nahe des 5%-Grenzwertes liegt und (3) mit weniger als 1% Fehlerwahrscheinlichkeit gesichert ist. Folgerungen: Die Schotter wurden vorwiegend wirt und aus südlichen bis östlichen Richtungen abgelagert. Die Messung (3) weist signifikant auf eine Schüttung aus SSE hin. Die schwache Einregelung und die Tendenz der Schüttungsrichtungen deuten auf einen als Stau wirkenden, wenig nördlich gelegenen Gletscher.

Bei der heutigen exponierten Lage des zeugenbergartig vorgeschobenen Tannenbergs käme eine Aufschotterung im Würm nur direkt an einem Eisrand in Nunatakkerlage in Frage. Dies widerspricht aber dem völlig ungestörten Aufbau des Schotterkörpers sowie der ausgeglichenen Kornverteilung und dem Fehlen gekritzter Geschiebe. Vielmehr bedeuten diese Feststellungen, dass die Schotterzufuhr aus einem eisfreien Raum im S oder E erfolgt sein muss. Zusammenfassend ist eine Einordnung der Schüttung in das würmeiszeitliche Geschehen abzulehnen.

Die Höhenlage der Schotter um 820-870 m ü. M. am Rande des Bodenseebeckens schliesst auch eine direkte Zugehörigkeit zum prämindeleiszeitlichen Entwässerungsniveau, das über dem Bodensee um 650-700 m Höhe lag (Kap. 2.1.), aus. Hingegen ist an eine Schüttung zu denken, die nahe eines Eisrandes erfolgte, wobei der Gletscher das Bodenseebecken und das thurgauische Thurtal erfüllte, während die Region südlich des Tannenberges als Liefergebiet eisfrei war. Diese Bedingungen waren für die Akkumulation der Tannenbergschotter während eines späten Stadials der Mindel- oder der Riss-eiszeit erfüllt.

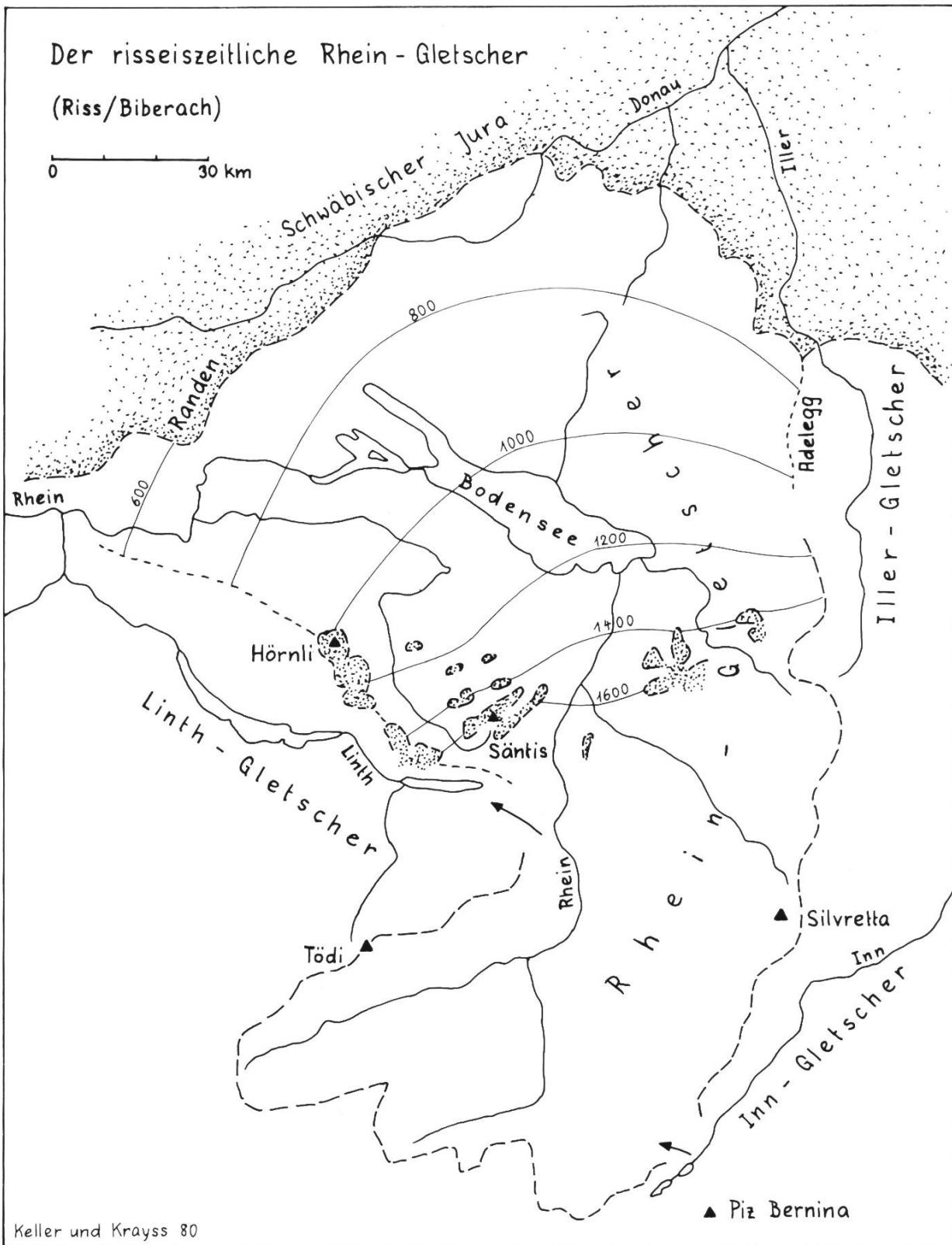


Fig. 7: Das Einzugsgebiet des Rheingletschers zur Risseiszeit. Das Höhenkurvenbild der Eisoberfläche resultiert aus den Höhenlagen der Eisränder im Vorland und an den voralpinen Nunatakkern.

Während der grössten, der Risseiszeit, wurde auch der höchste Eisstand erreicht (Fig. 7). Die Relikte sind in der Region St.Gallen allerdings spärlich und zwar aus folgenden Gründen:

1. Riss liegt gegenüber Würm zeitlich weit zurück (mehr als 130'000 Jahre, in Anlehnung an WOLDSTEDT, 1974), so dass deren Ablagerungen weitgehend abgetragen worden sind. Vor allem wirkten die späteren Würmgletscher und die parallel laufenden Periglazialvorgänge während Jahrzehntausenden zerstörend.
2. Im Untersuchungsgebiet lag die Eisoberfläche so hoch (um 1200 m) und die Schneegrenze so tief (unter 1000 m), dass dieses Areal zum Akkumulationsgebiet wurde, in welchem keine Moränenwälle ausgeschieden und kaum Eisrandschotter abgelagert wurden (LICHTENECKER, 1938).

Immerhin gibt uns die Schlifffgrenze an den höchsten Molassebergen Hinweise über die Höhenlage der Eisränder. Ausser Kronberg, Hochalp, Hundwiler Höhe, Hochhamm und Wilket dürfte das ganze Voralpenland östlich der Thur in den Eismassen ertrunken sein. An der Hochalp und am Kronberg stieg das Eis auf 1350 m Meereshöhe an, an der Hundwiler Höhe auf mehr als 1250 m, so dass über St.Gallen die Gletscheroberfläche bei rund 1200 m ü. M. lag (KELLER, 1973; HANTKE, 1978; laufende Untersuchungen von KELLER und KRAYSS).

2.5. Die letzte, die Würmeiszeit

Über sie sind wir, da viele Zeugen erhalten geblieben sind, am besten orientiert und dokumentiert. Mit wenigen Ausnahmen entgeht allerdings unserer Kenntnis, was sich alles während der Vorstossperiode zum Maximalstand abspielte, wurden doch gerade durch den Hauptvorstoss die meisten älteren Relikte wieder zerstört.

In die Vorstosszeit, also ins Frühwürm, sind die Mörschwiler Schieferkohlen einzuordnen. Sie sind auf mehr als 50'000 Jahre «vor heute» C14-datiert und zeigen bereits ein kühl-feuchtes Klima an (SAXER, 1965). Sie werden zur Zeit von WELTEN in Bern neu pollenanalytisch untersucht, um genauere Vegetations- und Klimahinweise zu erhalten.

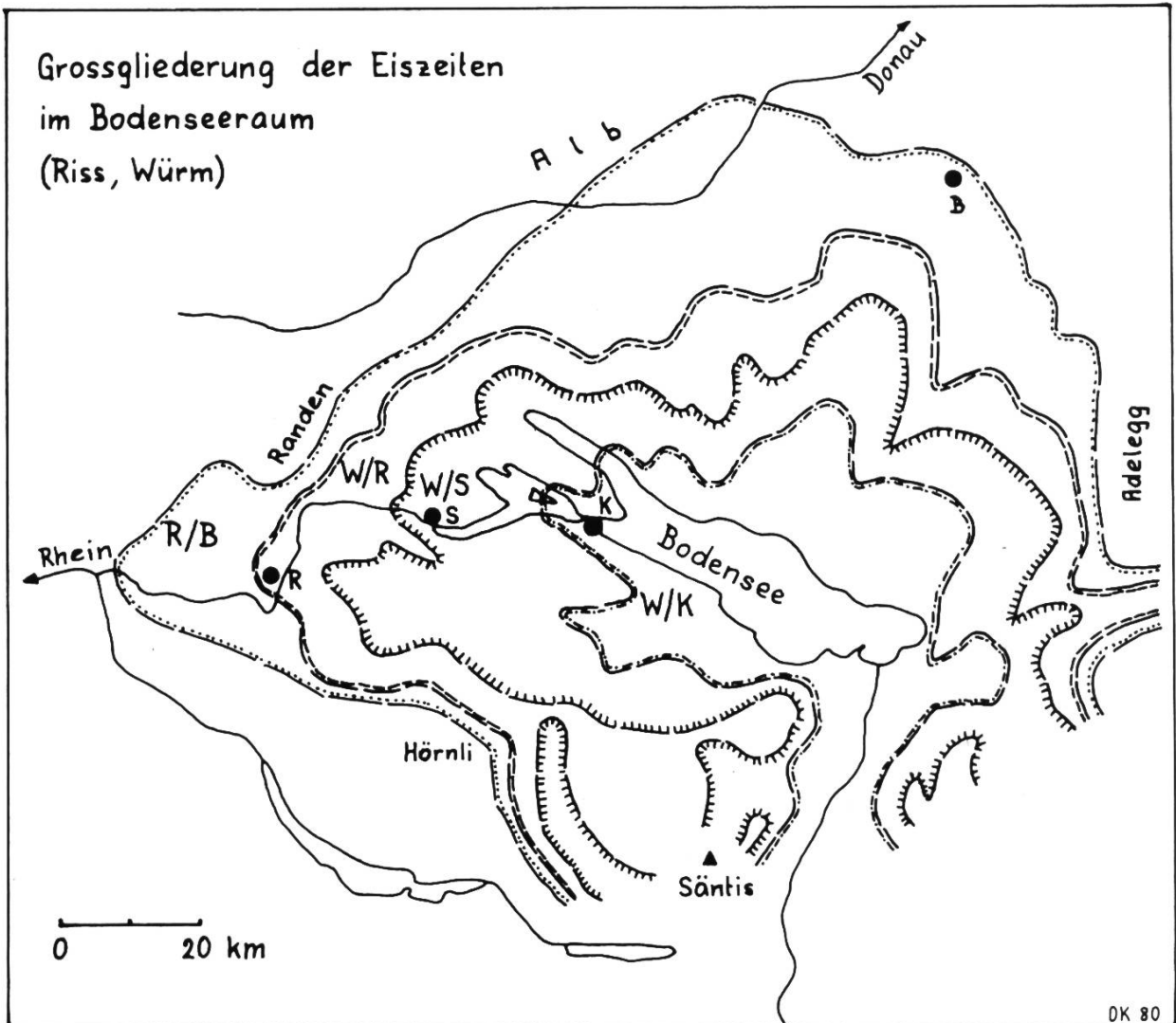
Ab dem Würmmaximum kann man beckeneinwärts im Bodenseeraum mehrere Eisrandlagen unterscheiden, die sich zu Gruppen oder Streifen häufen, die **stadialen Komplexe** (KELLER und KRAYSS, 1980). Darnach halten wir im Bodenseebereich 3 Stadia auseinander (Fig. 8):

1. Würm-Rüdlingen = W/R, oft auch als Würmmaximum bezeichnet
2. Würm-Stein am Rhein = W/S, das etwa dem Zürich-Stadium des Linthgletschers entspricht
3. Würm-Konstanz = W/K

Die stadialen Komplexe lassen sich in **Stände** aufgliedern, deren Abfolge sich aufgrund von Schotterniveaux im Raum Stein a/Rh.—Schaffhausen ergibt (PENCK, 1896; ERB, 1936; SCHREINER, 1970) und die von aussen nach innen, respektive von oben nach unten numeriert werden. Darnach sind dem Stein a/Rh.-Komplex die 3 Stände (6), (7) und (8) zuzuweisen (KELLER und KRAYSS, 1980):

Stadialer Komplex W/S:

- äusserer Stand = Eisrandlage Staffeln = Stand (6)
- mittlerer Stand = Eisrandlage Etwilen = Stand (7)
- innerer Stand = Eisrandlage Stein a/Rh. = Stand (8)



Stadiale Komplexe

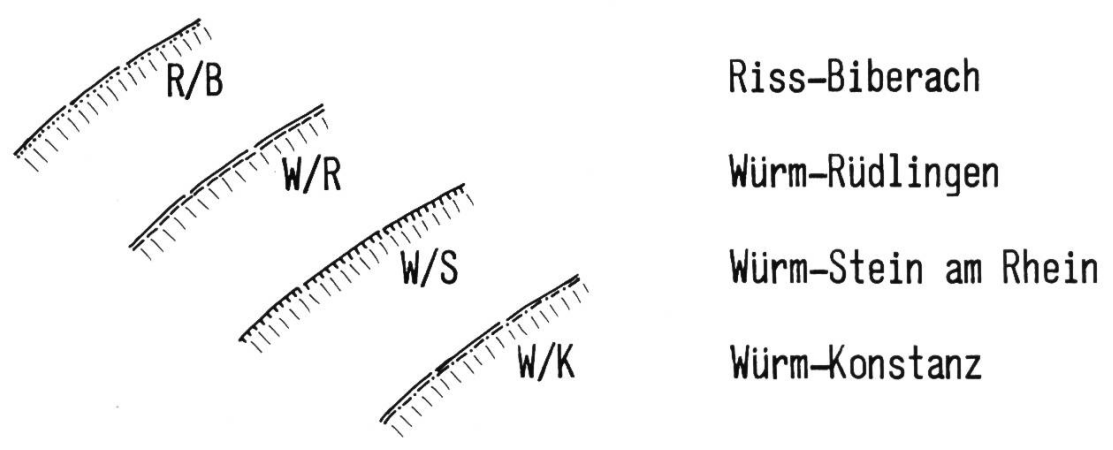


Fig. 8: Die Ausdehnung des Rheingletschers im Vorland in den Stadien der Würmeiszeit. Zum Vergleich wurde auch die Rissvereisung im Stadal Biberach eingezeichnet.

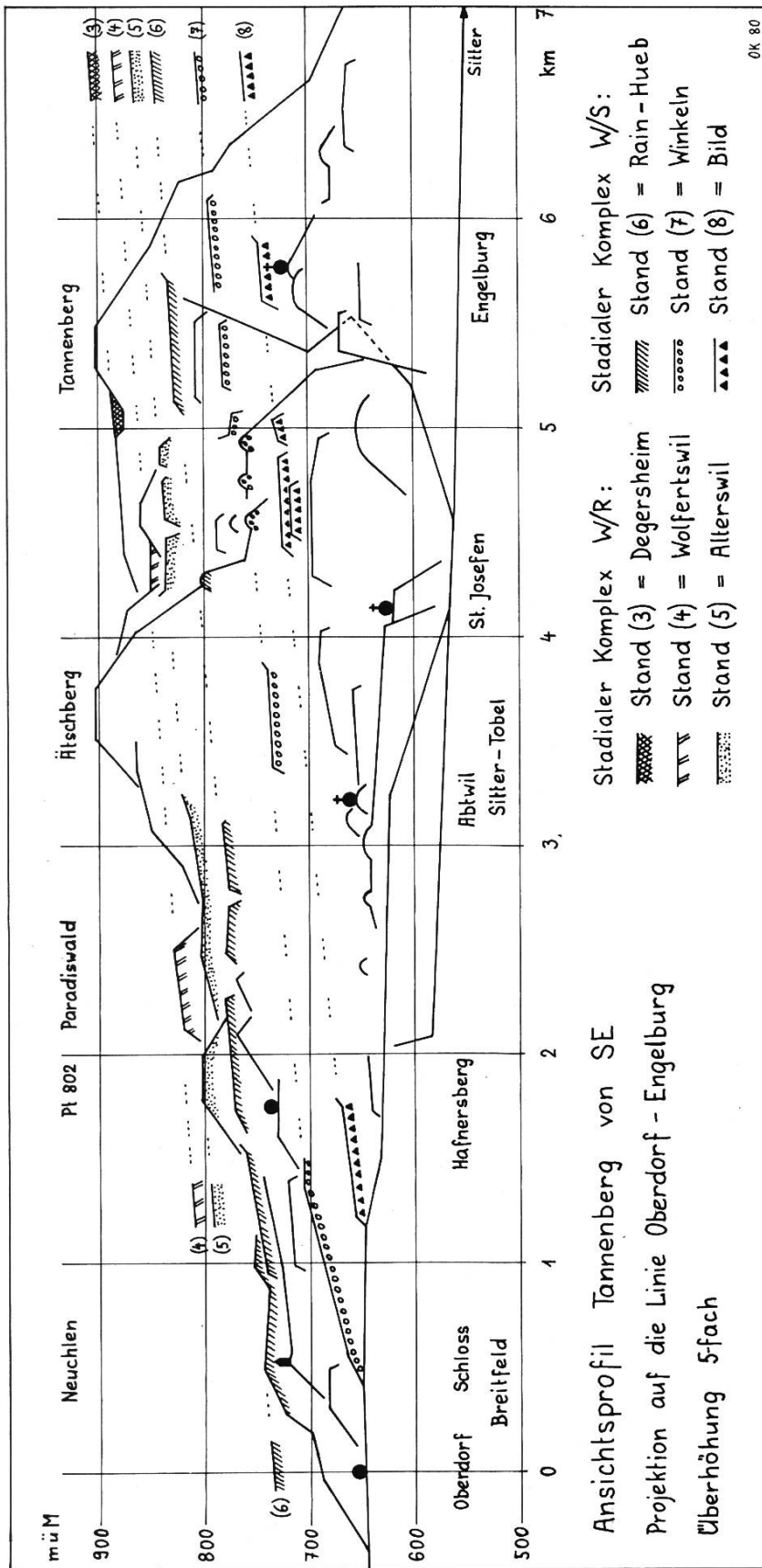


Fig. 9: Die Abfolge der Würm-Stände des Bodensee-Rheingletschers am Tannenberg im NW von St.Gallen.

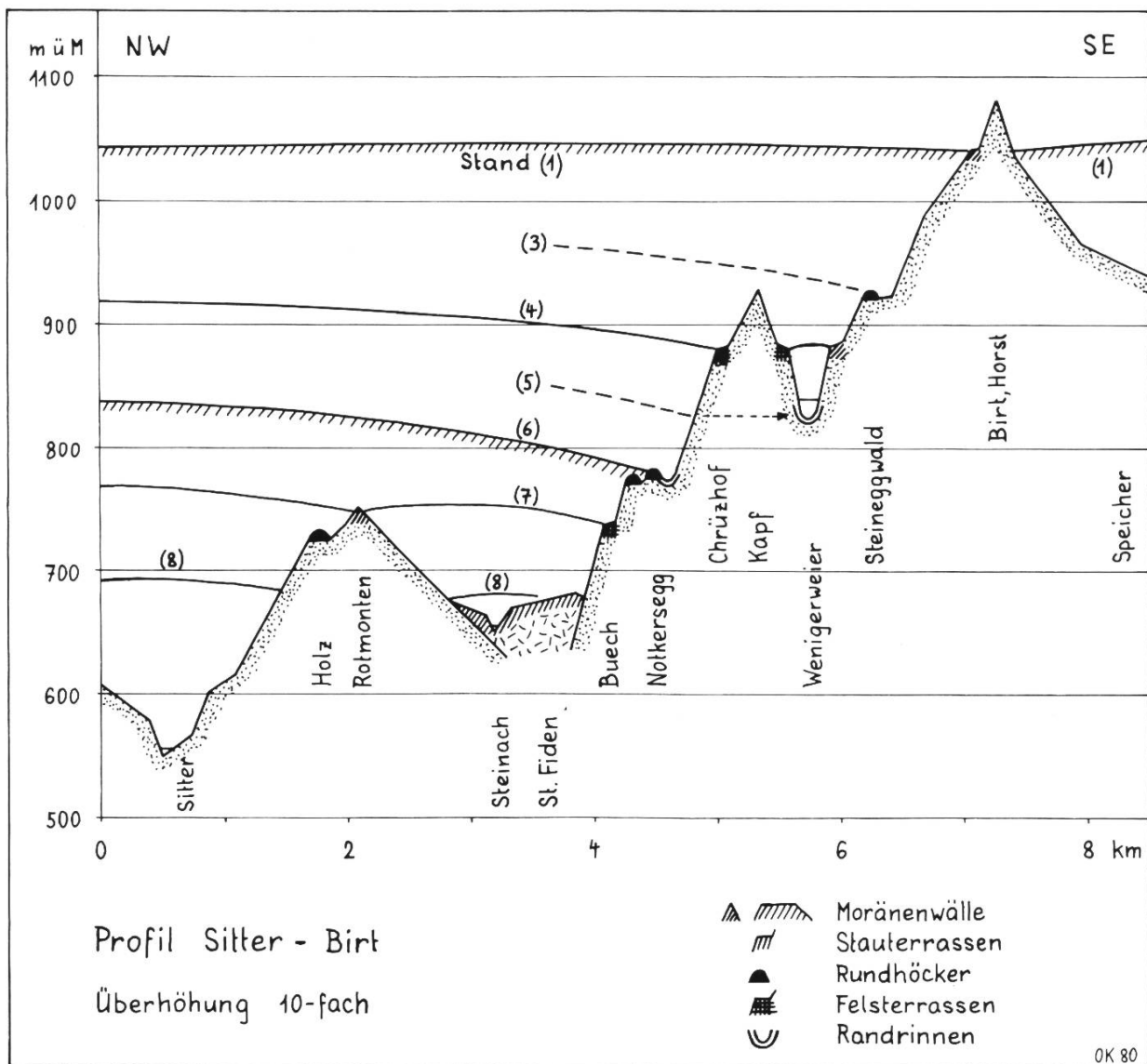


Fig. 10: Die Würm-Stände des Bodensee-Rheingletschers im E von St.Gallen.

Die Stadiale mit ihren Ständen können auch im Raum St.Gallen auseinander gehalten werden. Sehr markant ist die Abfolge zum Beispiel am Tannenberg (Fig. 9). Sie lässt sich aber auch zwischen St.Gallen und Speicher erkennen (Fig. 10).

Das Würmmaximum Stand (1), das zum Stadial W/R zu zählen ist, wird in einer instruktiven Übersicht auf der Karte «Die Schweiz zur Würmeiszeit» im Atlas der Schweiz dargestellt (JÄCKLI, 1962, 1970). Im Untersuchungsgebiet zwischen Säntis und Bodensee bietet sich die Vergletscherungssituation gemäss Fig. 12 an, aus der sich gegenüber der Karte von JÄCKLI etliche Korrekturen vor allem im Verlauf der Höhenkurven ergeben (KELLER, 1973 und laufende Untersuchungen von KELLER und KRAYSS).

Während dem Stadial W/S (Würm-Stein a/Rh.) vermochte der Rheingletscher die Appenzeller Transfluenzspässe vom Rheintal her nur noch knapp zu übersteigen. Der Hauptstrom umfloss den Appenzeller Sporn und drang von NE nach St.Gallen und Gossau vor (FALKNER, 1910). Die Zungen der Gletscher im Toggenburg und im Appenzellerland waren selbständig und erreichten den Bodensee-Vorlandgletscher

nicht mehr (ANDRESEN, 1964; HANTKE, 1970; KELLER, 1973; KELLER und KRAYSS, 1980). Diese Situation kommt auf dem Kartenausschnitt aus «Der Bodensee-Vorlandgletscher im W/S» zum Ausdruck (Fig. 11).

Ein Vergleich des eiszeitlichen Sittergletschers mit dem heutigen Aletschgletscher zeigt im Profil auffallende Übereinstimmung. Die etwas geringere Mächtigkeit macht der Sittergletscher im Zungenbereich durch seine grössere Breite wett (Fig. 13).

Von Eggersriet bis Winterthur entwickelte sich ein durchlaufender Eisrand-Entwässerungsstrom (Fig. 14). Nach den Berechnungen von KRAYSS ist im Raum Wil ein Randfluss anzunehmen, der im Sommer zur Schneeschmelze eine Wasserführung aufwies, wie dies heute für den Rhein bei Chur zutrifft. So ist es verständlich, dass Täler von erstaunlichen Ausmassen oft quer durch die Molasse-Höhenrücken wie das Rindal (SAXER, 1969; KELLER, 1976), das Tal von Littenheid (ANDRESEN, 1964) und das Eulachtal einerodiert wurden.

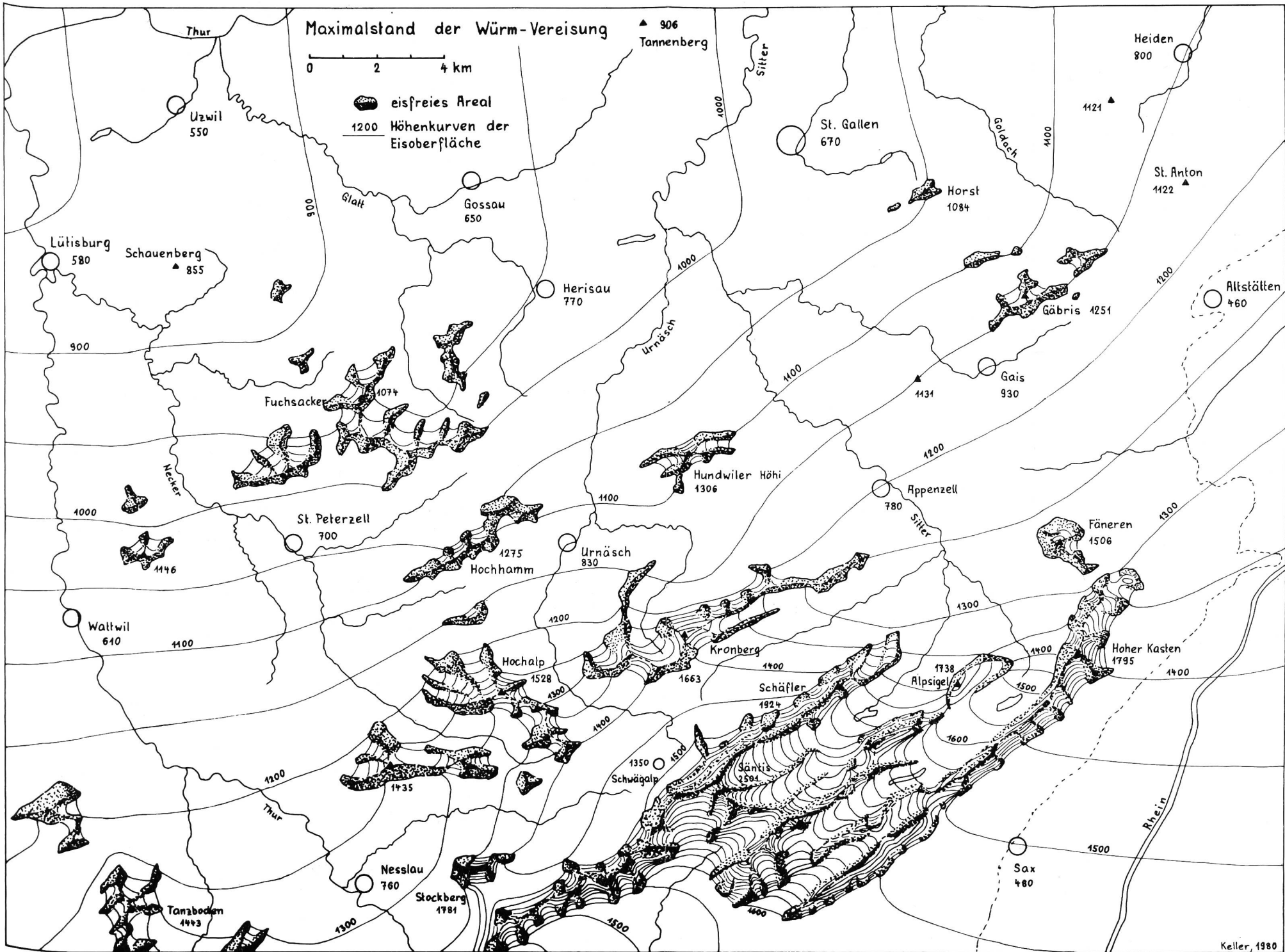
Über die zeitliche Abfolge der Würm-Stadiale sind sich seit einiger Zeit die Eiszeitforscher nicht mehr einig. Bevor die C14-Methode absolute Altersbestimmungen ermöglichte, setzte man den Beginn des Würms auf 50'000 Jahre «vor heute» an, das Maximum auf etwa 30'000 und die anschliessenden Stadiale in die Zeit bis 10'000 «vor heute» (PENCK und BRÜCKNER, 1909 und andere).

Seit einigen Jahren aber weiss man, dass innerhalb des Würms längere Wärmeperioden auftraten (WOLDSTEDT, 1974; WELTEN, 1976; GROOTES, 1977), die zum Beispiel bei Innsbruck (Baumkirchen) Buschvegetation mit kleineren Nadelgehölzen aufkommen liessen, und dies zwischen 35'000 und 25'000 Jahren vor heute (FLIRI, 1973). Das einst einheitliche Bild des Würms wird immer verwirrender; es muss mit Gletscher-rückzügen bis in die Alpentäler gerechnet werden.

So stellt sich die Frage: Wann war W/R, also das Würmmaximum? Erfolgte der Maximalvorstoss im Früh- oder erst im Hauptwürm, also um 50'000 oder um 20'000? Und folglich auch: War W/S (Stein a/Rh.) das Maximum der letzten Vorlandvereisung vor 20'000 Jahren? Beweise für die eine oder andere Version dieser brennenden Frage sind leider noch ausstehend. Morphologische Befunde lassen es immerhin als möglich erscheinen, dass das Stadial Würm-Stein a/Rh. diesem zweiten Maximalstand nach einem länger dauernden Interstadial entspricht (KELLER und KRAYSS, 1980).

Das Stadial W/K (Würm-Konstanz) liess den Rheingletscher nur noch bis Untereggen und Mörschwil ansteigen (vergleiche Fig. 8), das heisst, dass der Eisrand bereits ausserhalb des engeren, hier zur Diskussion stehenden Raumes lag.

Fig. 12: Rekonstruktion der maximalen Ausdehnung der Würmvereisung in der Nordostschweiz zwischen Säntis und St.Gallen. Die lokalen Eisströme von Sitter, Urnäsch, Necker und Thur vereinigen sich mit dem Rheingletscher zu einem Eisstromnetz.



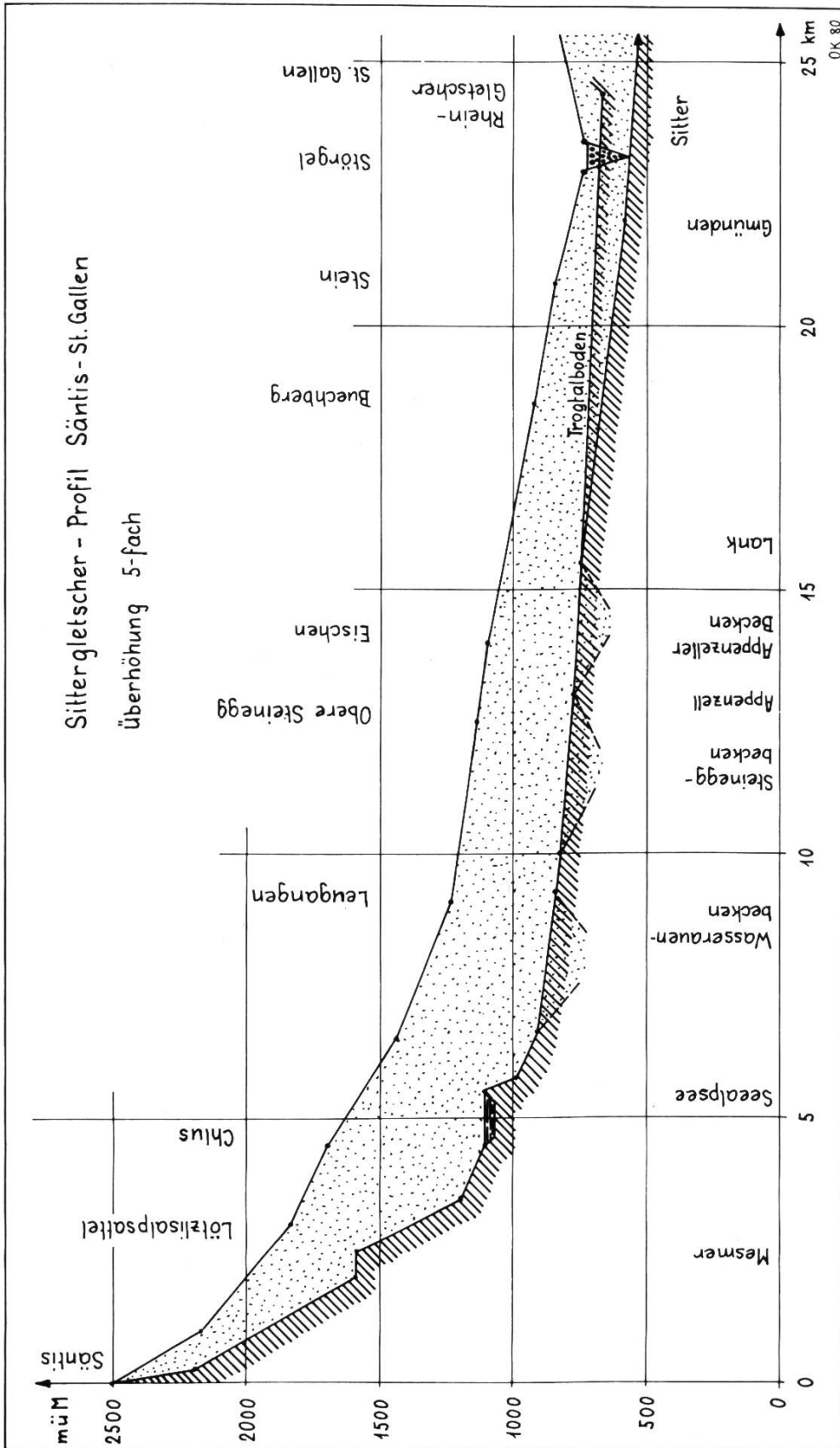
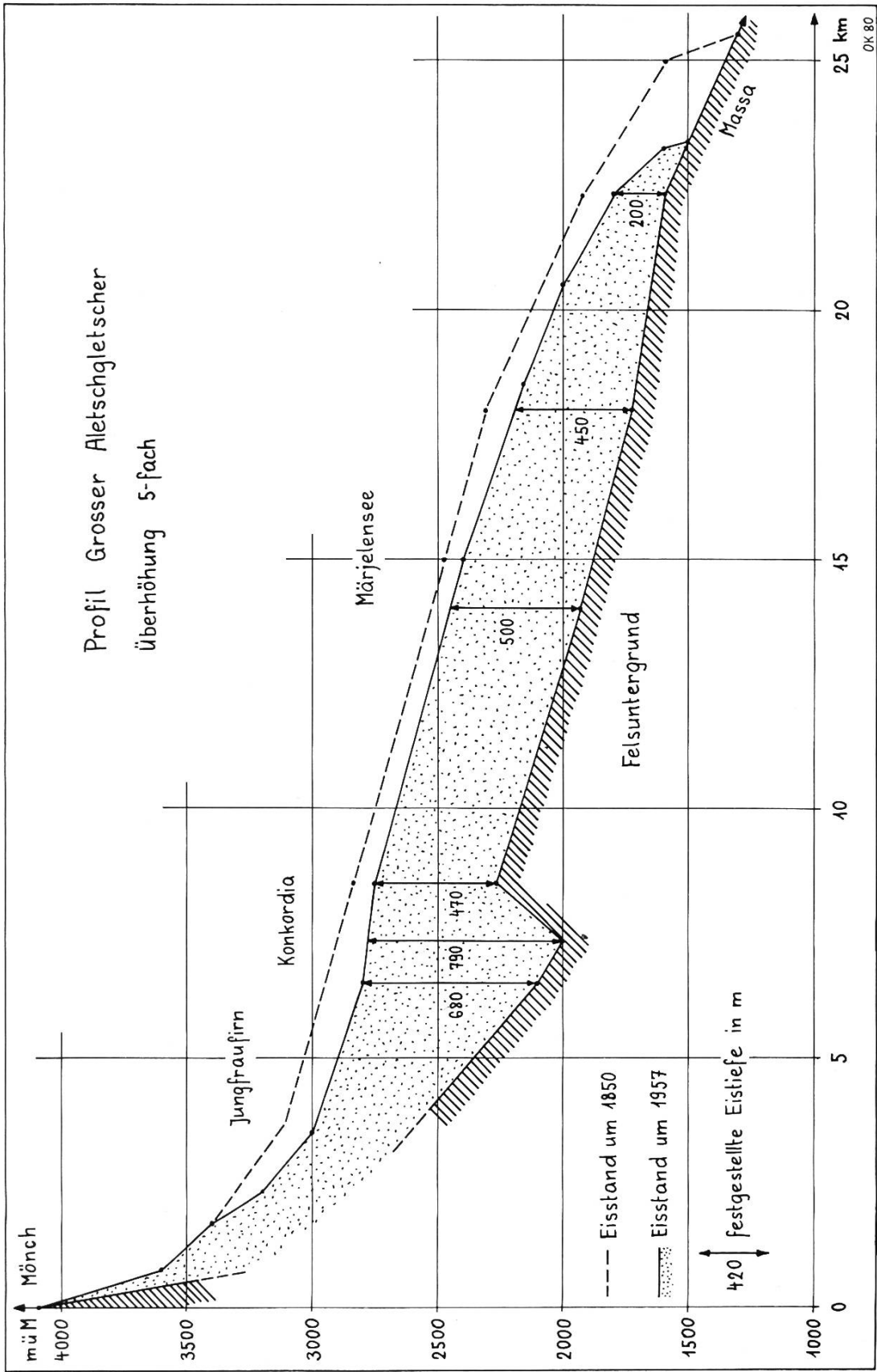


Fig. 13: Vergleich zwischen dem würmeiszeitlichen Sittergletscher im Stadial Stein am Rhein mit dem heutigen Grossen Aletschgletscher.



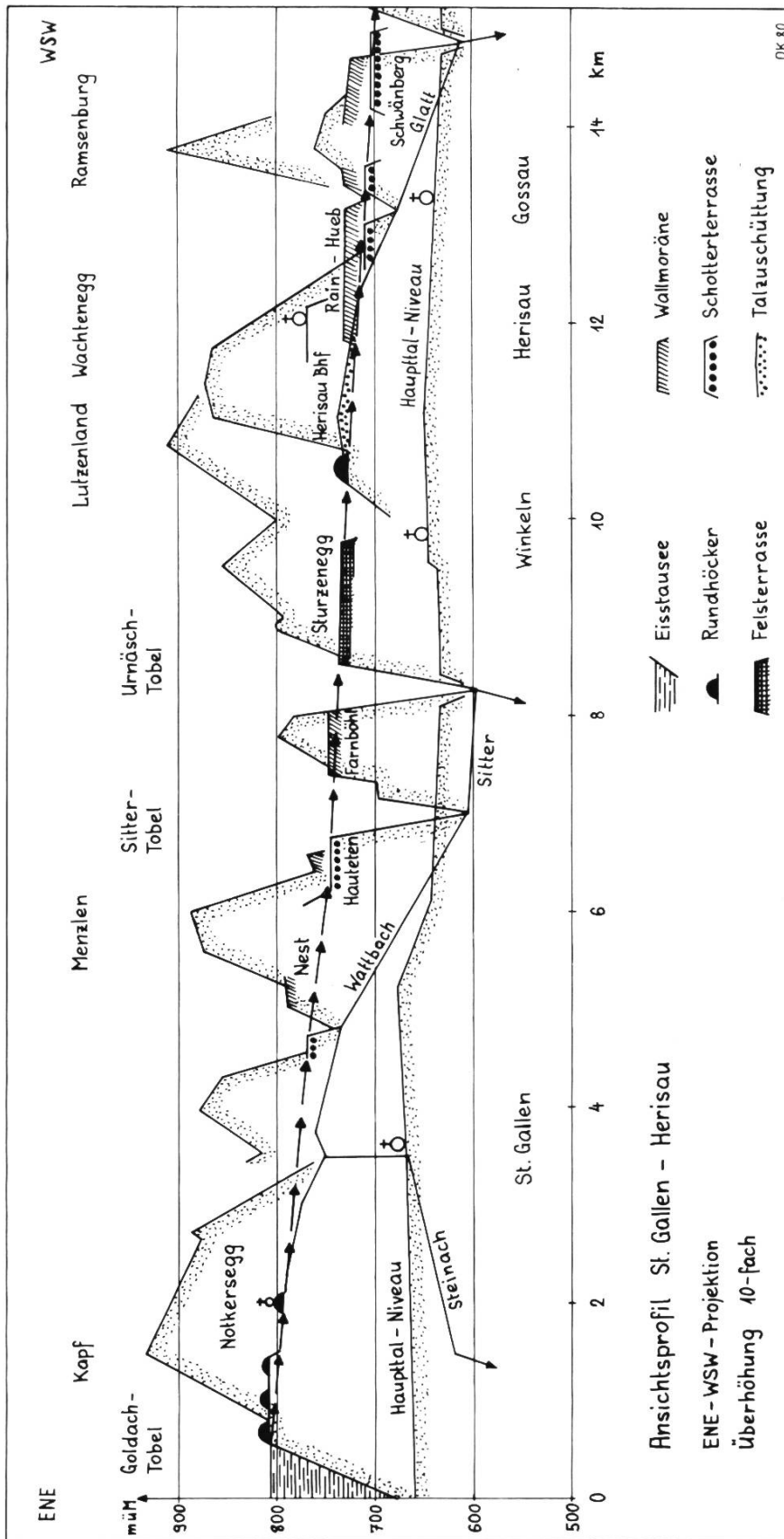


Fig. 14: Glazialrelikte und rekonstruierte Eisrandentwässerung zwischen Goldach und Glatt im Würm-Stadial Stein am Rhein Stand (6).

3. Besonderheiten der Landschaftsentwicklung um St.Gallen

Für das heutige st.gallische Landschaftsbild sind gemäss Kap. 2.3. vorwiegend eiszeitliche Formungsprozesse zu fordern. Einige charakteristische Beispiele werden im folgenden im Detail entwickelt und dargestellt.

3.1. Der Wattbach und das Quertal Riethüsli—Liebegg

In auffälliger Weise werden im S von St.Gallen die Molassehügelketten quer zum Streichen bei St.Georgen und beim Riethüsli von S nach N von Tälern zerschnitten, in denen heute kein der Talgrösse entsprechendes Gewässer mehr fliesst. Andererseits durchzieht der Wattbach in scharf eingeschnittenen Tobeln (Brandtobel, Wattwald) von E nach W die Hügellandschaft zwischen Menzlen und Eggen. Zur Genese dieses Gewirrs von ausgeprägten Tälern und freistehenden Hügelkuppen wird im folgenden eine Interpretation gegeben (Fig. 15).

1. Phase: Vor den Eiszeiten flossen die Quellbäche des Wattbachs von den Eggen herunter konsequent nach Norden:

- oberster Wattbach und Buebenrütibach vereint über den Brand nach St.Georgen zur Steinach,
- der Gstaldenbach über Liebegg — Riethüsli zur Chrüzbleichi.

Dies kann aus der Analyse der Niveaux der Talanlagen dieser Bäche und aus ihren Richtungen geschlossen werden, zeigen ihre Achsen doch im wesentlichen nach St.Georgen, respektive Riethüsli.

2. Phase: Wann und ob erste Ablenkungen in den frühen Eiszeiten zustande gekommen sind, ist ungewiss. — Der Hochstand des letzten Glazials brachte eine Eisbedeckung bis auf 1000 m Meereshöhe, so dass nur die höchsten Kuppen der Eggen als Nunatakker das Eismeer überragten. Die E-W-Bewegung der Eismassen bewirkte durch Abschleifen eine Erniedrigung der Kuppen am N-Hang der Eggen, ferner von Ringelberg, Bernegg und Menzlen, aber auch der Sättel zwischen den Hügeln und Tälern.

3. Phase: Im Stadial W/R Stand (5), als das Eisstromnetz bereits wesentlich tiefer lag, stand der Bodenseegletscher beim Schwarzen Bären, ferner am N-Eingang des Brand-Tales und bei der Wallmoräne von Oberhofstetten (SW Riethüsli). Das Schmelzwasser aus dem Goldachtal floss über das oberste Steinachtal Rank — Wenigerweier — Terrasse Laderen ab. Oberhalb St.Georgen versperrte ihm der Gletscher den Weg nach N; es suchte sich deshalb seinen Lauf über die Stauterrasse Bädli und den Brand. Bei Liebegg wiederholte sich der Vorgang: Das Wasser wurde nach W zur Sitter abgedrängt. Vor allem zwischen Liebegg und Hauteten erkennt man dieses Geschehen am markanten Durchbruch des Wattbachs in der «Höll». Dieser Talabschnitt ist wild, eng, gekennzeichnet durch Rutschungen (Strassenbau Liebegg — Lustmühle), also ein junges, schnell in die ausgeglichenen Höhen zwischen Menzlen und Eggen einerodiertes Tobel.

4. Phase: Der weitere Eisrückzug gab zwar die Talausgänge bei St.Georgen und Riethüsli frei, aber der Wattbach hatte sich inzwischen derart eingeschnitten, dass er sein altes, höheres Tal nicht mehr erreichen konnte. Übrig blieben gekappte Täler beim Brand und Riethüsli.

3.2. Tal und Terrasse von Notkersegg — Dreilinden

Quer zum normalen Gefälle zur Stadt St.Gallen hinunter «klebt» auf halber Höhe zum Freudenberg an seinem N-Hang das Dreilindental als markante Geländestufe in E-W-

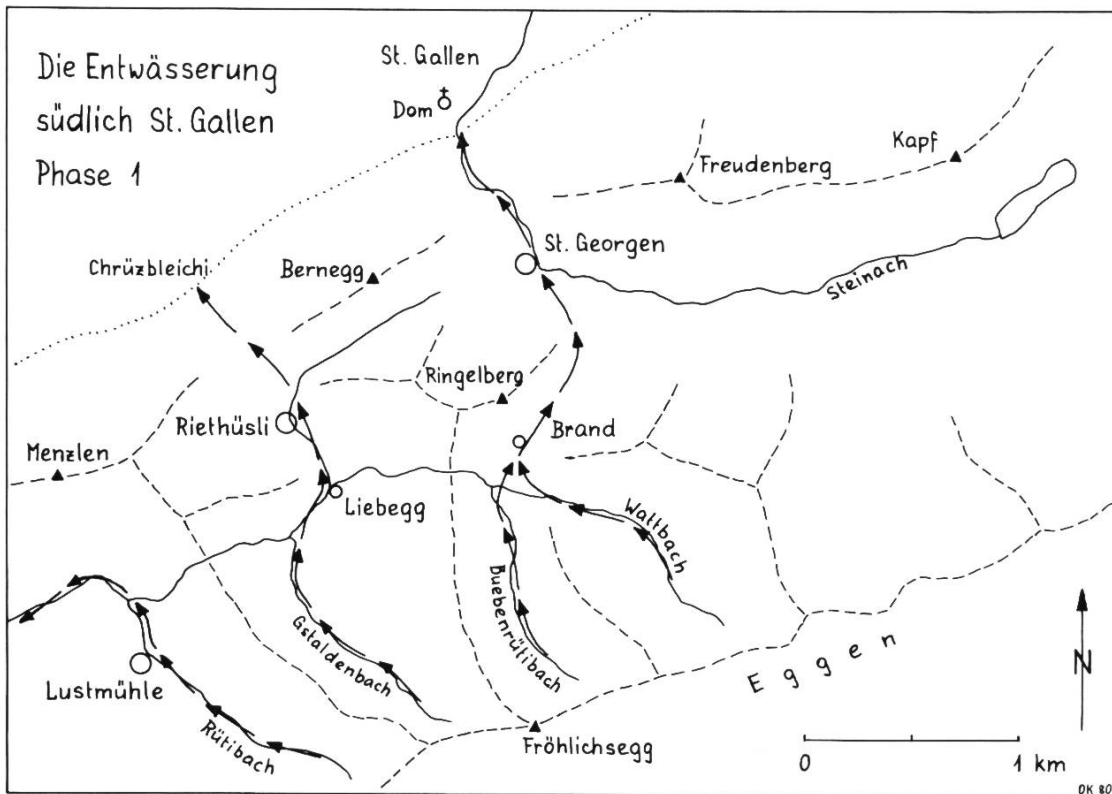


Fig. 15/1: Zur Entwicklung der Entwässerung zwischen St.Gallen und dem Höhenzug der Eggen im Gefolge der Vorgänge in der Würmeiszeit: präglaziale Täler.

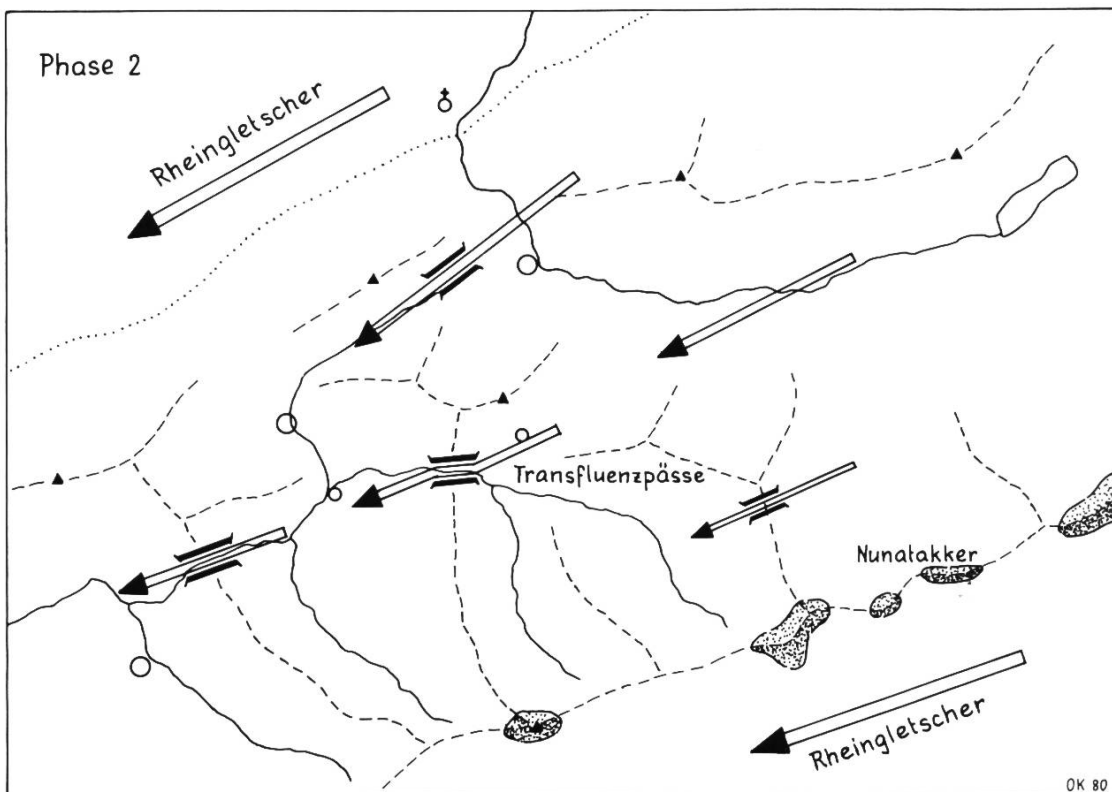


Fig. 15/2: Eisfluss im Maximum der letzten Eiszeit.

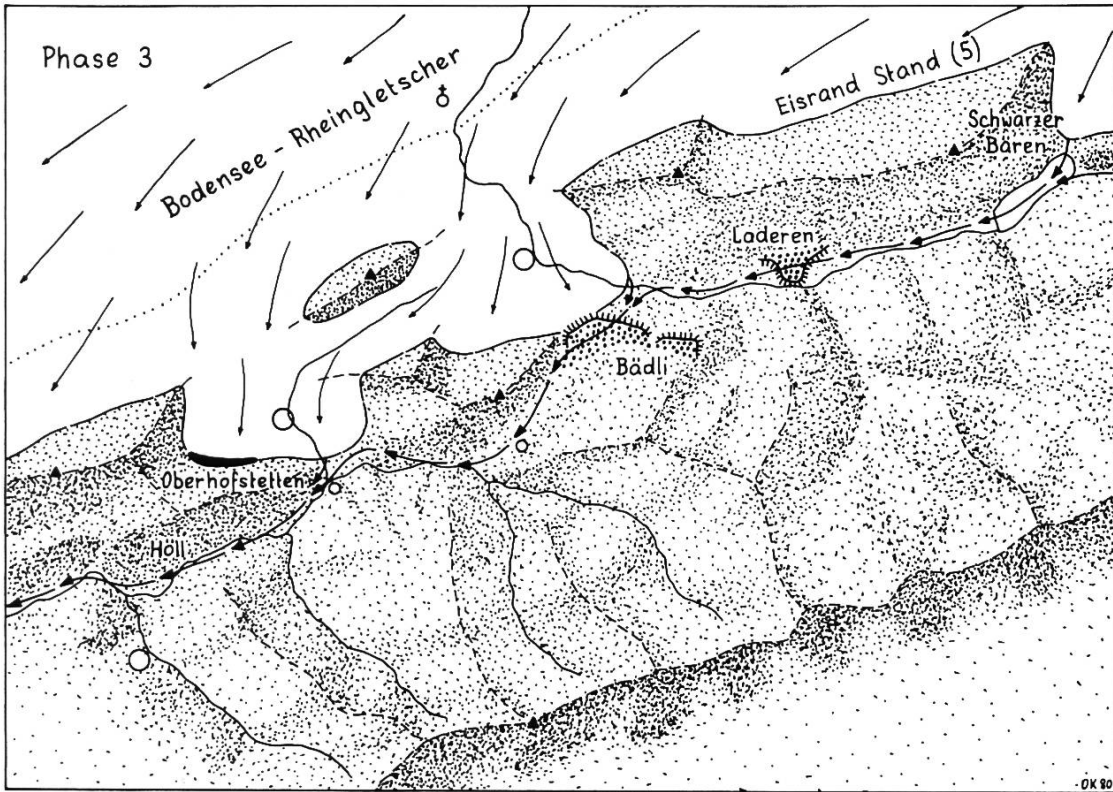


Fig. 15/3: Zur Entwicklung der Entwässerung zwischen St.Gallen und dem Höhenzug der Eggen im Gefolge der Vorgänge in der Würmeiszeit: Gletscherausdehnung und Eisrandentwässerung im Würm-Stand (5).

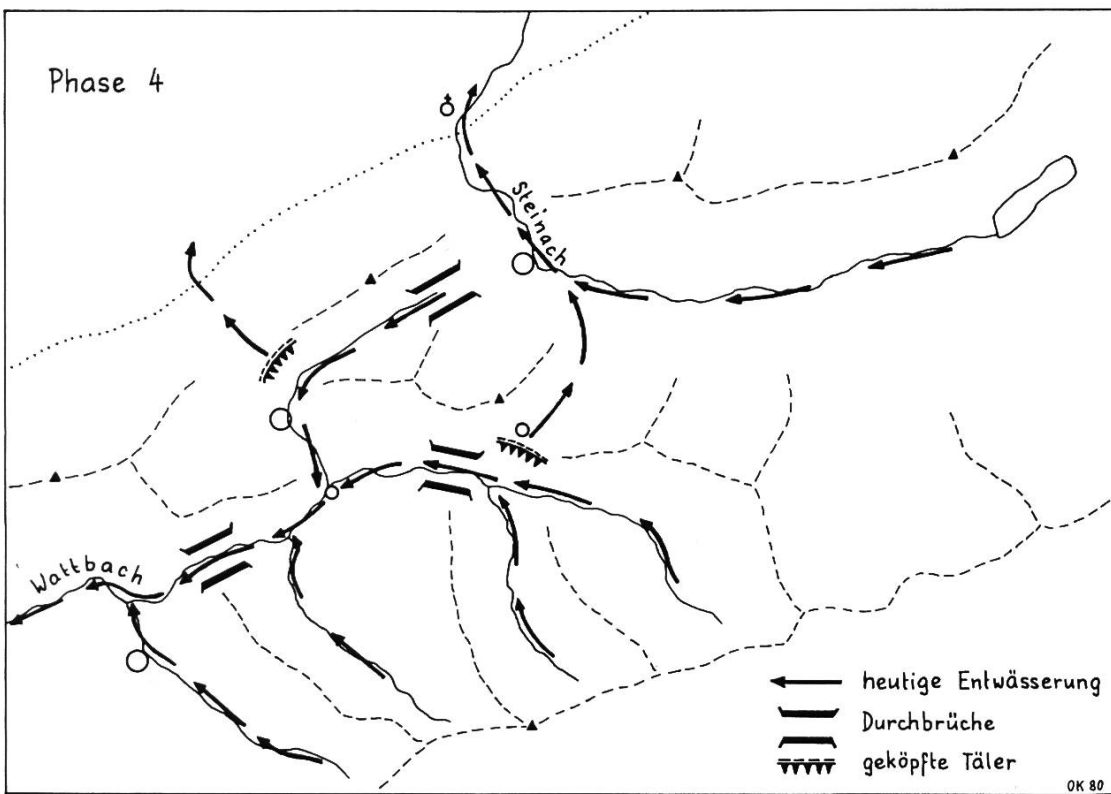


Fig. 15/4: Nacheiszeitliche Wasserläufe.

Richtung. Es wird von HANTKE (1961) und SAXER (1965) als Entwässerungsrinne des Zürichstadiums der letzten Eiszeit betrachtet, wobei seine Entstehung jedoch nicht besprochen wird. Diese ist Gegenstand der anschliessenden Untersuchung und Auslegung, ausgehend vom Maximalstand der Würmvereisung. Eine ältere Anlage ist kaum anzunehmen, da die Formen frisch sind und die Zuweisung zu Würm-Ständen in Beziehung zur weiteren Umgebung eindeutig erfolgen kann (Fig. 16).

1. Phase: Der Bodensee-Rheingletscher überfuhr im W/R = Würm-Maximum unter anderem auch den Freudenberg (vergleiche Kap. 3.1. und Fig. 11). In dieser Zeit wurden seine Abhänge glazial bearbeitet, Nagelfluhzonen wurden oben entlang der Schichtrippen abgerundet, die weicheren Mergel und Sandsteine dazwischen rundlich ausgehöhlt. — Mehrere Rückzüge und Zwischenhalte folgten sich, wobei aber der Gletscher am Freudenberg kaum Anzeichen hinterliess, denn das obere Steinachtal Wenigerweier — St.Georgen funktionierte stets als Schmelzwassersammler (Fig. 10).

2. Phase: Nach einem Eisschwund als Folge einer Klimaverbesserung, durch den der Rheingletscher mindestens bis ins innere Bodenseebecken abgeschmolzen war, kam es im Stand (6) W/S (KELLER und KRAYSS, 1980) zu einem erneuten Vorstoss, der die Eismassen eben die Höhenlage von Dreilinden erreichen liess. Das Schmelzwasser sammelte sich hier entlang dem südlichen Eisrand und floss nach W ab. Im Sommer muss es jeweils zu einem beachtlichen Fluss von der Wasserführung der Sitter bei Schneeschmelze angestiegen sein, was sich aus dem Einzugsgebiet vom Gletscher herunter und aus dem Goldachtal errechnen lässt. Es erodierte die höchsten Partien der Dreilinden-Nagelfluh ab und vor allem dahinter die weicheren Mergelzonen, so dass darin ein Tal entstehen konnte. Da das Eis den Weg zur Stadt hinunter versperrte, mussten die Schmelzwässer oben am Hang des Freudenbergs über Dreilinden abfliessen.

3. Phase: Nach einer weiteren Abschmelzperiode blieb der Gletscher einige Zeit auf dem Niveau der Terrasse Buech S der Altstadt stehen, allerdings weniger lang, aber immerhin wurde auch diese Terrasse durch das Schmelzwasser aus der Molasse herauspräpariert.

3.3. Der Bergrutsch am Freudenberg

Er war kein weltbewegendes Naturereignis, dafür sind seine Ausmasse zu gering. Zudem sind die Wunden in der Landschaft durch die Vegetation schon stark verheilt, so dass er selbst den Bewohnern der Stadt St.Gallen, obwohl gerade vor der Hintertüre gelegen, kaum bekannt ist. Aber er ist für derartige Katastrophenereignisse besonders typisch, indem er einen mit den Bergstürzen von Flims und Arth-Goldau vergleichbaren Mechanismus zeigt.

Erstmalig wird eine Rutschung auf der geologischen Karte Blatt 1075 Rorschach (SAXER, 1965) angedeutet (747'600/254'200). Die Ursachen sind einerseits in den geologischen und tektonischen Verhältnissen und andererseits in den Formungsprozessen der letzten Eiszeit zu suchen.

Randbedingungen

Am Freudenberg liegt in den Molasseserien (Fig. 17) eine Wechsellagerung von Nagelfluhen einerseits und Mergeln und Sandsteinen andererseits vor (oberes Burdigalien und unteres Helvétien: BÜCHI, 1950, 1956; SAXER, 1960, 1965). Mergel und Mergel-sandsteine vermögen entlang der Schichtfugen einsickerndes Wasser aufzunehmen, wodurch sie «schmierig» und damit zu potentiellen Gleithorizonten werden. Über-

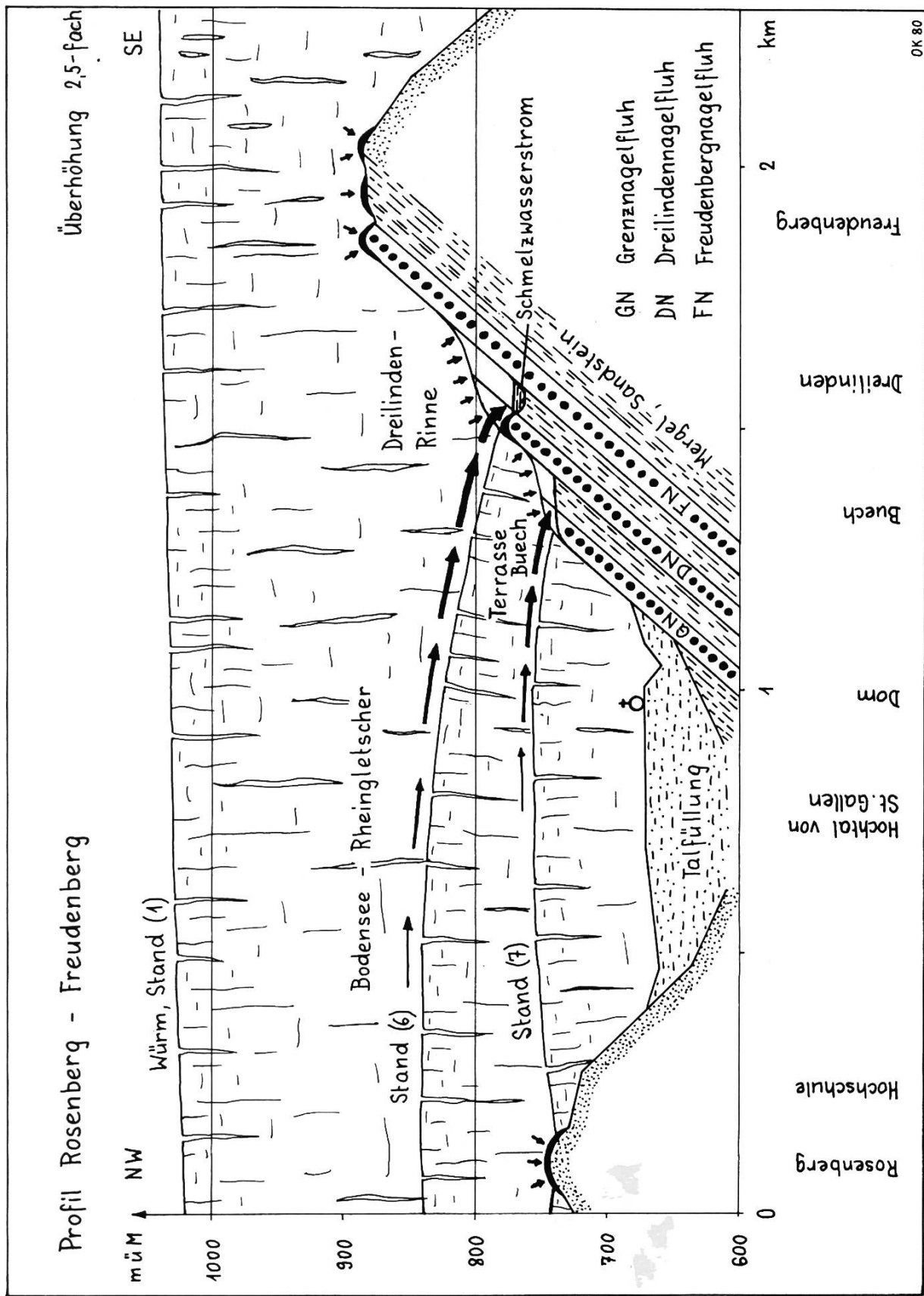


Fig. 16: Eisranderosion und Rinnenbildung südlich St.Gallen während der Würmeiszeit.

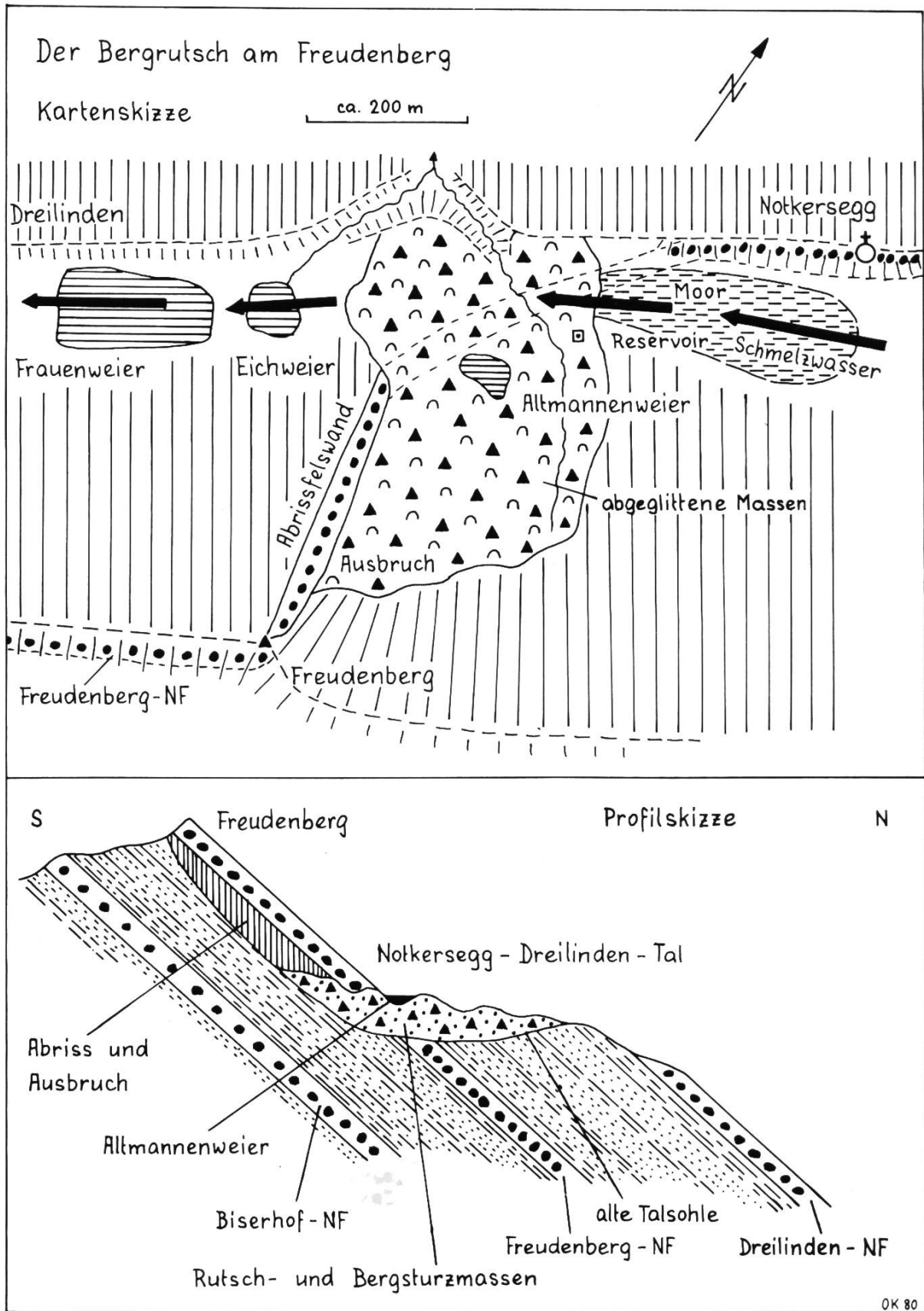


Fig. 17: Der eiszeitlich bedingte Bergrutsch am Freudenberg südlich St.Gallen.

lagernde Konglomerate (hier die Freudenberg-Nagelfluh) sind kompakt und massig aufgebaut und neigen dazu, in grossen Paketen abzubrechen und abzugleiten, falls sie schräg gelagert sind und ihres Widerlagers im Tal beraubt werden. Diese Konglomerate als östlichste Ausläufer der Hörnlischüttung des Urrheins dünnen zwischen Freudenberg und Goldach aus und werden durch marine Sandsteine und Mergel am Rorschacherberg ersetzt. Im Zusammenhang mit der pliozänen Dislokation der st.gallischen Molasse (Kap. 2.1.) wurde auch die Obere Meeresmolasse schräggestellt; sie weist deshalb ein allgemeines Fallen gegen NNW von 25° auf.

Ablauf der Vorgänge

1. Phase: Die Eisströme der verschiedenen Glaziale haben im Quartär das Molassebergland überprägt (Kap. 2.3.) sowie durch selektive Glazialerosion die resistenteren Nagelfluhen überformt und die weicheren Sandsteine und Mergel stark ausgeräumt. Da im Bereich Notkersegg — Hueb die harten Konglomerate auszukeilen beginnen, wurde der N-Hang des Kapfs stärker erosiv und denudativ bearbeitet und zurückversetzt als der Freudenbergabhang. Das hatte schliesslich zur Folge, dass die Bank der Freudenberg-Nagelfluh im Bereich östlich des Freudenbergs abgetragen wurde und so heute nur noch in tieferer Lage ansteht.

2. Phase: Im Würm-Stein a/Rh.-Stadial Stand (6) ergoss sich von Hueb über Notkersegg — Dreilinden nach St.Georgen ein mächtiger Schmelzwasserstrom (Kap. 3.2.), der zwischen Notkersegg und Dreilinden die Freudenberg-Nagelfluh von E her und stratigraphisch von unten beim Queren annagte (Fig. 17). Auf diese Weise wurde eine wohl mehrere 100 m breite Nagelfluhplatte ihres Widerlagers beraubt. Gleichzeitig, gefördert durch Gefrier- und Wiederauftauvorgänge im Periglazialbereich, wurden Mergel und Sandsteine durchnässt und «geschmiert».

3. Phase: Nach dem Zurückschmelzen des Eises vom Stand (6) löste sich schliesslich das Gesteinspaket E des Freudenberggipfels zusammen mit liegenden Mergelsandsteinen und glitt ab, die Dreilindenrinne füllend und verstopfend. Da die Rutschmassen weder glazial überprägt noch mit Moräne oder Erratika bedeckt sind und keine Anzeichen einer erosiven Ausräumung durch Schmelzwässer aufweisen, kann das Abgleiten erst nach dem Stand (6) erfolgt sein.

4. Phase: Seit dem Ereignis, das grössenordnungsmässig um 15'000 Jahre zurückliegt, wurden die Rutschmassen nur noch schwach durch Denudation beeinflusst, weisen sie doch immer noch eine unruhige Oberfläche mit Buckeln und Mulden auf. Eine dieser versumpften Mulden wurde vor etlichen Jahren künstlich zu einem Weiher aufgestaut (Altmannenweiher). Auch die Abriss-Felswand wirkt noch immer frisch und wenig verwittert. Nach der holozänen Wiederbewaldung erfolgten noch weitere Rutsche, fanden sich doch am E-Rand der Verschüttung beim Aushub für das Reservoir zahlreiche eingebettete Baumstämme (mündliche Mitteilung von F. Saxer).

3.4. Die glaziale Serie bei Bild-Winkeln

Schon früh in der Erforschung der Eiszeiten in der Ostschweiz wurde die Natur der Hügel mitten im Tal bei Bild im W von St.Gallen als Moränenwälle erkannt (GUTZWILLER, 1871). FALKNER (1910) fügte diese Wälle in ein Gesamtbild des Eisrandes von St.Gallen bis Aadorf ein. Als Folge der Untersuchungen über das Stadial Würm-Stein a/Rh. im gesamten Bodenseeraum (KELLER und KRAYSS, 1980) zeigte es sich, dass sie dem Stand (8) dieses stadialen Komplexes zuzuweisen sind (Fig. 18).

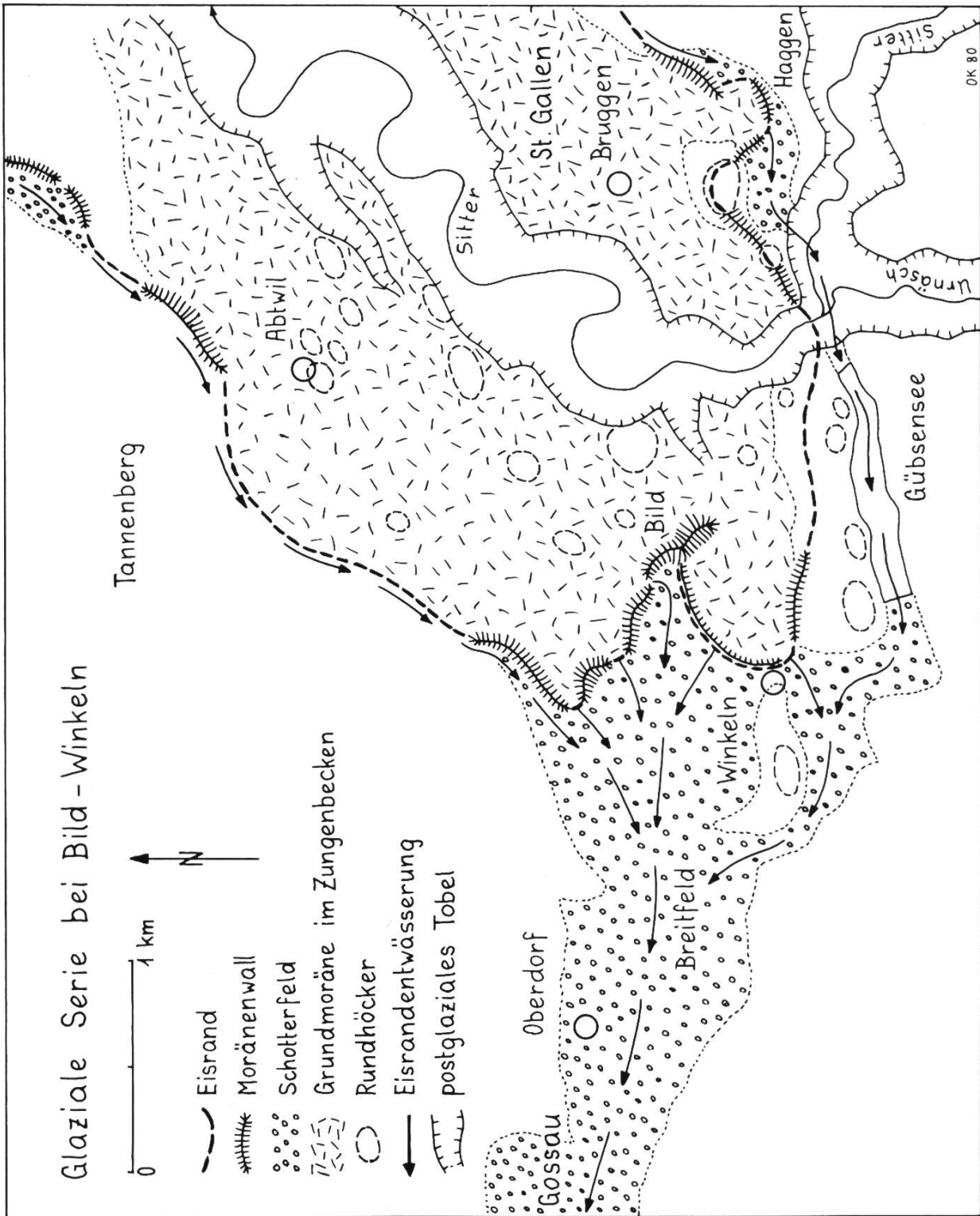


Fig. 18: Zungenbecken, Eisrandentwässerung und Vorfeld der Rheingletscherzunge westlich St. Gallen im Würm-Stadial Stein am Rhein Stand (8).

Die Besonderheit liegt in der für die Region St.Gallen einzigartigen Ausprägung einer glazialen Serie, das heisst Zungenbecken, Moränenkranz und Schotterfeld. Vom Bodensee her vordringend erfüllte die Sitterzunge das gleichnamige Tal bis Winkeln. Auf der Talsohle wurden dabei durch den Eisstrom in den Mulden Grundmoränen abgelagert (Gründen, Bildweier, Moos bei Bruggen), während die Molasserippen, meist Nagelfluhbänke, zu Rundhöckern abgeschliffen wurden (Altenwegen, Billenberg, Abtwiler Kirchhügel). Entlang des Eisrandes kam es zur Akkumulation von Seitenmoränen, sowohl auf der N-Seite (Meldegg, Hüslen), wie auf der S-Seite (Haggen, Hinterberg). An der Gletscherstirn bildeten sich zwei Bögen aus, der nördliche mit markanten Moränenwällen zwischen Bild und Gründen, der südliche, direkt ins Vorfeld übergehend, zwischen Bild und Winkeln. Von den verschiedenen Gletschertoren aus schütteten die Schmelzwässer den Sander des Breitfeldes mit ausgedehnten Schottern, die heute das grösste Grundwasservorkommen (SAXER, 1969) von St.Gallen und Gossau enthalten.

Besondere Beachtung verdient die randglaziale Entwässerung. Entlang dem nördlichen Eisrand ist sie wenig ausgeprägt; hier fehlte denn auch ein grösseres Einzugsgebiet (nur Abhänge des Tannenberges und Teilareale der Sitterzunge). Auf der S-Seite dagegen sammelten sich die Schmelzwässer einerseits von der Goldach her und andererseits auch noch diejenigen der Appenzeller Gletscher, hergeleitet durch Sitter und Urnäsch. Deshalb wurde das Talstück Haggen — Hinterberg breit ausgestaltet; seine Höhenlage und seine Richtung weisen genau zum Gübsenseetal, durch welches das Wasser weiter nach W abfloss, denn über dem Kubel wurde der Abfluss im Sittertobel durch den dort liegenden und abdämmenden Gletscher verhindert. Auch bei Winkeln war der Weg nach N versperrt, da hier die Stirne der Gletscherzunge lag. Das Schmelzwasser, verstärkt durch Sitter und Urnäsch, musste sich daher auch noch S um den Hügel von Schoretshueb herum einen Abfluss suchen, bis es schliesslich ins Breitfeld austreten konnte. Die Anlage des abrupt eingeschnittenen Gübsenseetales geht allerdings auf den Stand (7) zurück, der die notwendige Eisrandhöhe erreichte, die den Schmelzwasserstrom zwang, sich durch die Molasserücken S Winkeln durchzusägen.

Die an den Stand (8) Bild anschliessenden interneren Eisrandlagen waren offenbar von kurzer Dauer, wurden doch im Sittertal keine Vorfelder mehr geschüttet und nur noch undeutliche Randmoränen akkumuliert. Zudem muss die Entwässerung subglazial durch das heutige Sittertal nach NE erfolgt sein. Nur diesen Umständen ist es zu verdanken, dass das Zungenbecken Bild — Abtwil — Bruggen erhalten blieb und nicht eingeschottert wurde.

3.5. Die einstigen Seen im Hochtal von St.Gallen

Bereits FALKNER und LUDWIG (1904) wiesen auf die Stausituation während der letzten Eiszeit im Tal von St.Gallen hin. SAXER (1965) ordnete die Seebildungen dem Zürichstadium zu und stellte sich einen grossen Stausee zwischen St.Fiden und Hauptbahnhof vor. Genauere Studien der Ablagerungen (Bau der Tiefgarage Brüeltor sowie jüngste Aufschlüsse und Bohrprofile des Autobahnbaus) und der Höhenlagen der Uferterrassen, die durch teilweise Zuschüttung der Seen entstanden sind, zeigten nun, dass mehrere Niveaux und verschiedene Seebecken vorliegen. Fig. 19 zeigt den reichen Formenschatz im Hochtal von St.Gallen, der im wesentlichen auf den Stand (8) des stadialen Komplexes W/S und seine interneren Eisrandlagen zurückzuführen ist. Die Genese wird im folgenden phasenweise dargelegt, unterstützt durch die Fig. 20 und 21.

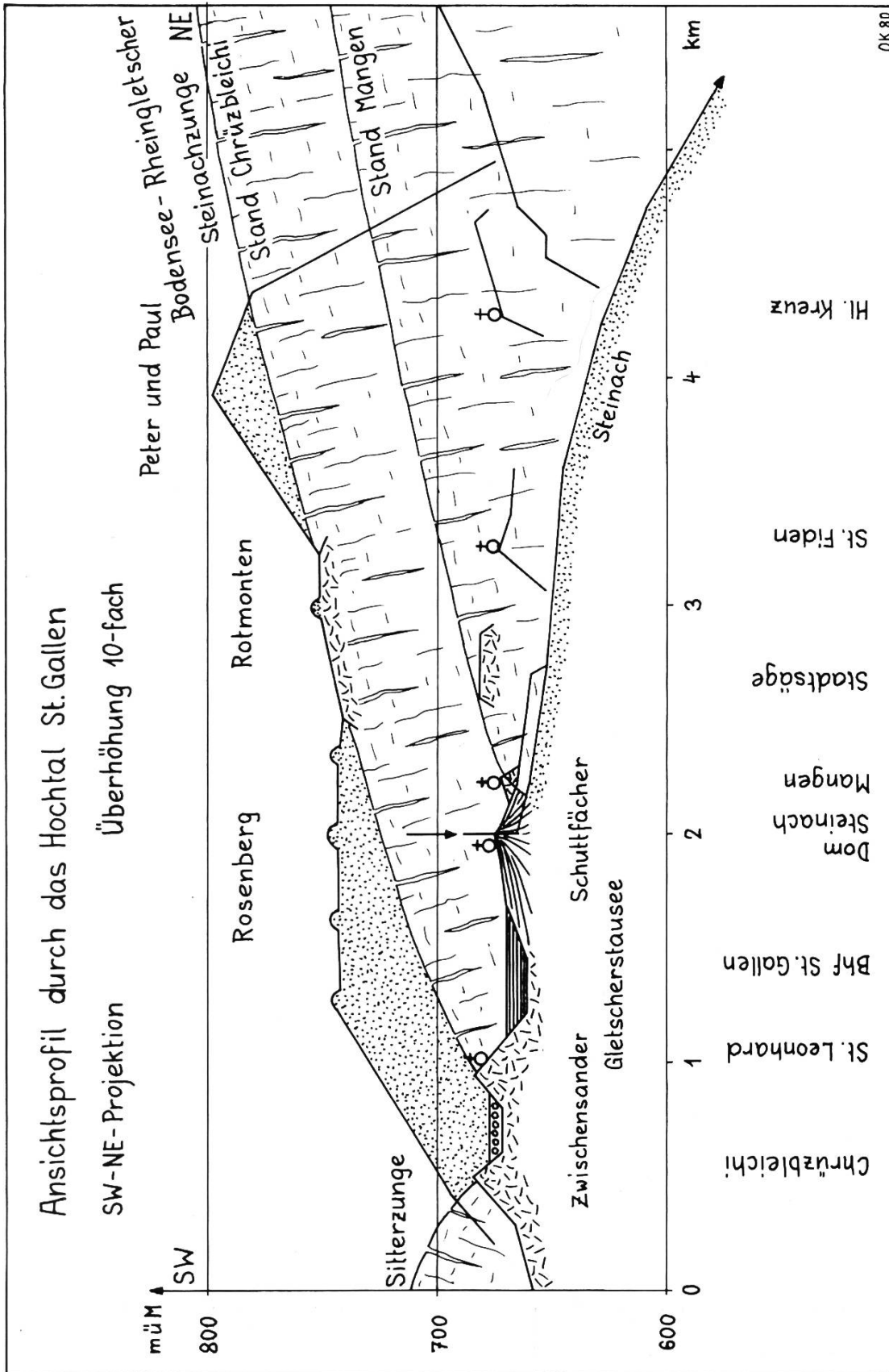


Fig. 20/1: Die eiszeitlichen Seen im Hochtal St. Gallen. Die Entwicklung ist vierphasig als Folge verschiedener Gletscherstände der Steinachzunge des Rheingletschers, der vom Bodensee her gegen St. Gallen vorstieß. Eisrandlagen Chrüzbleichi und Mangen.

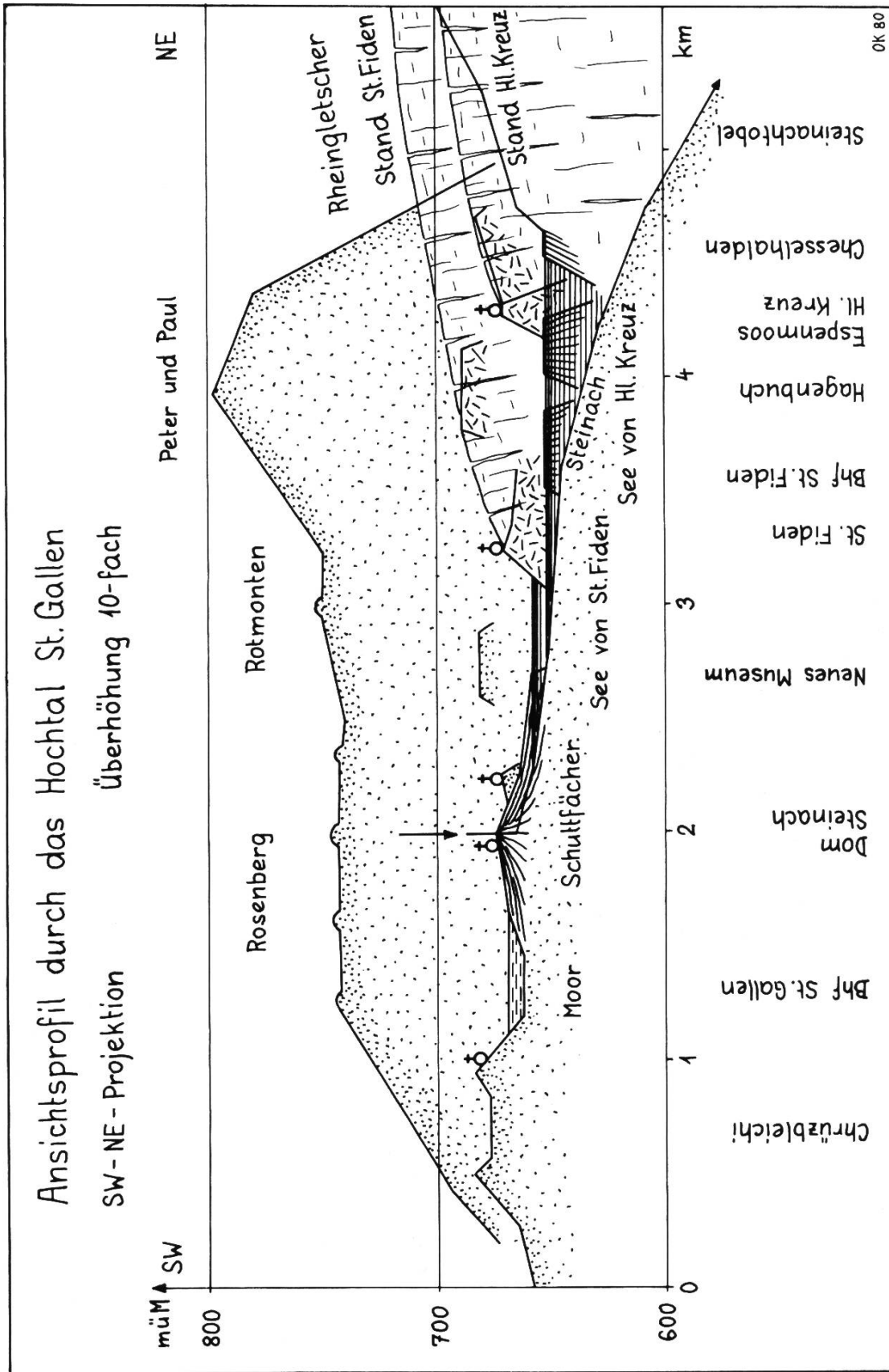


Fig. 20/2: Die eiszeitlichen Seen im Hochtal St. Gallen. Die Entwicklung ist vierphasig als Folge verschiedener Gletscherstände der Steinachzunge des Rheingletschers, der vom Bodensee her gegen St. Gallen vorstieß. Eisrandlagen St. Fiden und Hl. Kreuz.

1. Phase: Im Stand (8) stirnte der Bodensee-Rheingletscher beim Städtchen Stein a/Rh. und umgürtete damit eben noch den Untersee. Dieser Stand ist auch für die glaziale Serie von Bild-Winkeln verantwortlich (Kap. 3.4.). Kurz nach dieser Phase durchfloss das Eis vom Bodensee her das Hochtal von St.Gallen nicht mehr vollständig; die Gletscherzunge endete bei der Moränenkuppe hinter der Kirche St.Leonhard (SW Hauptbahnhof). Im Sittertal, das tiefer und weiter angelegt ist, schob sich eine zweite Zunge kräftiger vor und erreichte um den Rosenberg herum von N her die Chrüzbleichi. Im Zwischenareal der beiden Zungen wurde das kleine Vorfeld bei der Kaserne geschüttet.

2. Phase: Nach einem geringen Rückzug des Eises stellte sich ein Stillstand ein, bei dem der Moränenhügel von Mangen (Kirche am N-Rand der Altstadt), die Randterrasse der Stadtsäge (SW St.Fiden) und weitere Eisrandzeugen akkumuliert wurden (Fig. 19). Gleichzeitig baute die Steinach von St.Georgen herunter im Bereich der Altstadt einen Schuttfächer auf. Durch den Stau von Gletscher und Schuttfächer bildete sich in der Mulde davor beim Hauptbahnhof ein See, belegt durch Bändertone, der später im Zuge der Moorbildung versumpfte. Deshalb mussten die Bahnhofsanlagen seinerzeit auf eingerammten Eichenpfählen errichtet werden.

3. Phase: Rückzug und erneuter Etappenhalt auf der Höhe von St.Fiden — Langgasse, Schüttung der Moränen von St.Fiden, der Terrasse Hagenbuch (N unter dem gleichnamigen Wald), usw. (Fig. 21). Dies bedeutete einen weiteren Stau, der einen See auf der Kote 659 m zur Folge hatte. Dieses Gewässer wurde anschliessend teilweise eingefüllt: Der Schuttfächer der Steinach schob sich vom Brüeltor bis zum Neuen Museum vor und vom südlichen Eisrand her bildete sich die Seeuferterrasse des Kantonsspitals (N Pt. 662) aus Schottern, im Seebereich vorwiegend aus Silten. Dies kam bei den Hochhaus-Neubauten des Spitals im schlechten Baugrund und durch Rutschungen zum Ausdruck.

4. Phase: Wieder eine kürzere Abschmelzperiode und Halt beim Moränenwall Hl. Kreuz. Wieder war ein Stausee die Folge, diesmal auf dem Niveau 653 m (Terrassen beidseits des Bhf. St.Fiden). Dieser See scheint völlig eingedeckt worden zu sein, vor allem vom Gletscher her, was die vorgeschobenen Terrassen Espenmoos (S Hl. Kreuz) und Chesselhalden zeigen. Hier gaben die Aufschlüsse beim Autobahnbau den Nachweis eines ehemaligen Sees.

5. Phase: Das Eis zog sich endgültig aus dem Hochtal von St.Gallen gegen Mörschwil hinunter zurück. Damit konnte die Steinach Richtung Bodensee abfließen, das heisst, sie begann sich in der Folge in die Seeablagerungen und in ihren eigenen Schuttfächer einzutiefen, bis sie das heutige Niveau erreicht hatte.

Verdankung

Diese Arbeit entstand parallel zu weiter gefassten Untersuchungen im Bodenseeraum, welche der Verfasser zusammen mit Herrn E. Krayss, St.Gallen durchführt (vergleiche KELLER und KRAYSS, 1980). Für viele gemeinsame Exkursionen und interessante Diskussionen sei ihm an dieser Stelle bestens gedankt. In verdankenswerter Weise durfte das Manuskript mit Herrn Dr. F. Saxer, St.Gallen, der die st.gallischen Quartärverhältnisse à fond kennt, durchbesprochen werden, wobei etliche aufschlussreiche Hinweise in dieser Arbeit Aufnahme fanden. Dank gebührt auch Herrn Dr. F. Hofmann, Neuhausen. Mit ihm konnte anlässlich von quartärgeologischen Exkursionen in der Ostschweiz stets ein wertvoller Gedankenaustausch gepflegt werden.

LITERATURVERZEICHNIS

- ANDRESEN, H. (1964): Beiträge zur Geomorphologie des östlichen Hörnliberglandes; — Jb. St. G. Naturw. Ges. 78.
- BATSCHLET, E. (1965): Statistical Methods for the Analysis of Problems in Animal Orientation and certain Biological Rhythms; — American Inst. of Biol. Sciences, Washington.
- BÜCHI, U. P. (1950): Zur Geologie und Paläogeographie der südlichen mittelländischen Molasse zwischen Toggenburg und Rheintal; — Diss. Univ. Zürich.
- (1956): Zur Geologie der Oberen Meeresmolasse von St.Gallen; — Eclogae geol. Helv. 48/2.
- EMBLETON, C. and KING, C.A.M. (1975): Glacial and Periglacial Geomorphology; — E. Arnold Ltd, London.
- EUGSTER, H., FRÖHLICHER, H. und SAXER, F. (1960): Erläuterungen zu den Blättern 222-225 Teufen-Appenzell des Geol. Atlas der Schweiz 1:25'000; — Schweiz. geol. Komm.
- FALKNER, C. (1910): Die südlichen Rheingletscherzungen von St.Gallen bis Aadorf; — Jb. St. G. Naturw. Ges. 1909.
- FALKNER, C. und LUDWIG, A. (1904): Beiträge zur Geologie der Umgebung St.Gallens; — Jb. St. G. Naturw. Ges. 1902/03.
- FLIRI, F. (1973): Beiträge zur Geschichte der alpinen Würmvereisung: Forschungen am Bänder-ton von Baumkirchen (Inntal, Tirol); — Zschr. für Geomorphologie 16.
- FRENZEL, B. (1967): Die Klimaschwankungen des Eiszeitalters; — Braunschweig.
- GEIGER, E. (1948): Untersuchungen über den Geröllbestand im Rheingletschergebiet; — Schweiz. mineral. und petrogr. Mitt. 28/1.
- (1961): Der Geröllbestand des Rheingletschers im allgemeinen und im besonderen um Winterthur; — Mitt. naturw. Ges. Winterthur 30.
- GERMAN, R. et al. (1968): Ergebnisse der wissenschaftlichen Kernbohrungen Ur-Federsee I; — Oberrhein. Geol. Abh. 14.
- — (1968): Ergebnisse der wissenschaftlichen Kernbohrung Wurzacher Becken I; — Jh. Ver. Vaterl. Naturk. Württemb. 123.
- GRAUL, H. (1962): Eine Revision der pleistozänen Stratigraphie des schwäbischen Alpenvorlandes; — Peterm. Geogr. Mitt. 106.
- GRAUL, H. et al. (1968): Beiträge zu den Exkursionen der DEUQUA-Tagung 1968 in Biberach; — Heidelb. Geogr. Arb. 20.
- GROOTES, P.M. (1977): Thermal Diffusion Isotopic Enrichment and Radiocarbon Dating; — Rijks-U., Groningen.
- GUTZWILLER, A. (1871): Das Verbreitungsgebiet des Säntisgletschers zur Eiszeit; — Ber. Tätigk. Naturw. Ges. St.Gallen 1871/72.
- (1877): Molasse und jüngere Bildungen auf Dufourblatt IX; — Beiträge geol. Karte der Schweiz, 14. Lieferg.
- HABICHT, L. (1945): Geologische Untersuchungen im südlichen st.gallisch — appenzellischen Molassegebiet; — Diss. Univ. Zürich.
- HANTKE, R. (1961): Die Nordostschweiz zur Würm-Eiszeit; — Eclogae geol. Helv. 54/1.
- (1962): Zur Altersfrage des höheren und tieferen Deckenschotter in der Nordostschweiz; — Vjschr. naturf. Ges. Zürich 107.
- (1965): Zur Chronologie der präwürmeiszeitlichen Vergletscherungen in der Nordschweiz; — Eclogae geol. Helv. 58/2.
- (1967): Die würmeiszeitliche Vergletscherung im oberen Toggenburg (Kt. St.Gallen); — Vjschr. naturf. Ges. Zürich 112.

- (1970): Aufbau und Zerfall des würmeiszeitlichen Eisstromnetzes in der zentralen und östlichen Schweiz; — Ber. naturf. Ges. Freiburg i. Br. 60.
- (1978/80): Eiszeitalter, Bde. 1 und 2; — Ott Verlag AG, Thun.
- HEIM, ALB. (1919): Geologie der Schweiz, Bd. 1; — Leipzig.
- HOFMANN, F. (1951): Zur Stratigraphie und Tektonik des st.gallisch-thurgauischen Miozäns (Obere Süßwassermolasse) und zur Bodenseegeologie; — Jb. St. G. Naturw. Ges. 74.
- (1957): Pliozäne Schotter und Sande auf dem Tannenbergr NW St.Gallen; — Eclogae geol. Helv. 50/2.
- (1973): Erläuterungen zu Blatt 1074 Bischofszell des Geologischen Atlas der Schweiz 1 : 25'000; — Schweiz. geol. Komm.
- (1973): Horizonte fremdartiger Auswürflinge in der ostschweizerischen Oberen Süßwassermolasse und Versuch einer Deutung ihrer Entstehung als Impaktphänomen; — Eclogae geol. Helv. 66/1.
- (1977): Neue Befunde zum Ablauf der pleistocänen Landschafts- und Flussgeschichte im Gebiet Schaffhausen — Klettgau — Rafzerfeld; — Eclogae geol. Helv. 70/1.
- JÄCKLI, H. (1962): Die Vergletscherung der Schweiz im Würmmaximum; — Eclogae geol. Helv. 55/2.
- KAPP, H.E. und MÜLLER, H.W. (1968): Der Baugrund der Stadt St.Gallen; — Strasse und Verkehr, Zschr. Ver. Schweiz. Strassenfachmänner 1968/6.
- KELLER, O. (1973): Untersuchungen zur Glazialmorphologie des Neckertales (Nordostschweizer Voralpen); — Jb. St. G. Naturw. Ges. 80.
- (1976): Das Rindal; Zur Genese eines Urstromtales in der NE-Schweiz; — Geogr. Helv. 1976/4.
- KELLER, O. und KRAYSS, E. (1980): Die letzte Vorlandvereisung in der Nordostschweiz und im Bodenseeraum; — Eclogae geol. Helv. 73/3.
- KESSELI, E. (1926): Die Jungmoränenstadien in den Quertälern der st.gallisch-appenzellischen Molasse; Jb. St. G. Naturw. Ges. 62.
- LICHTENECKER, N. (1938): Die gegenwärtige und die eiszeitliche Schneegrenze in den Ostalpen; — Verh. 3. internat. Quartär Konf., Wien.
- LINIGER, H. (1966): Das Plio-Altpleistozäne Flussnetz der Nordschweiz; — Regio Basiliensis 7.
- LUDWIG, A. (1930): Die chronologische Gliederung der eiszeitlichen Ablagerungen zwischen Säntis und Bodensee; — Jb. St. G. Naturw. Ges. 65.
- MAAG, H.U. (1967): Ice-dammed lakes and marginal glacial drainage on Axel Heiberg Island; — Diss. Univ. Zürich.
- MILNES, A.G. and PFIFFNER, O.A. (1980): Tectonic evolution of Central Alps in the cross section St.Gallen — Como; — Eclogae geol. Helv. 73/2.
- PENCK, A. und BRÜCKNER, E. (1909): Die Alpen im Eiszeitalter; — Leipzig.
- RÜETSCHI, G. (1928): Über die morphologischen Verhältnisse von St.Gallen und deren Einfluss auf die Kultur; — Mitt. ostschweizer. geogr.-commercielle Ges. 1926/27, St.Gallen.
- SAXER, F. (1965): Erläuterungen zu Blatt 1075 Rorschach des Geologischen Atlas der Schweiz 1 : 25'000; — Schweiz. geol. Komm.
- (1969): Erläuterungen zur Grundwasserkarte des Kantons St.Gallen; — Jb. St. G. Naturw. Ges. 79.
- SCHREINER, A. (1970): Erläuterungen zur geologischen Karte des Landkreises Konstanz mit Umgebung 1 : 50'000; — Geol. Landesamt Baden-Württemberg, Freiburg i. Br.
- (1975): Zur Frage der tektonischen oder glazigen-fluviatilen Entstehung des Bodensees; — Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver. 57, Stuttgart.
- (1979): Zur Entstehung des Bodenseebeckens; — Eiszeitalter und Gegenwart 29, Hannover.

- STAUB, R. (1934): Grundzüge und Probleme alpiner Morphologie; — Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges. 69/1.
- SUGDEN, D.E. and JOHN, B.S. (1976): *Glaciers and Landscap*; — E. Arnold Ltd, London.
- WELTEN, M. (1976): Das jüngere Quartär im nördlichen Alpenvorland der Schweiz auf Grund pollenanalytischer Untersuchungen; — Führer zur Exkursionstagung des IGCP-Projektes 73/1/24.
- WILHELM, F. (1975): *Schnee- und Gletscherkunde*; — Berlin/New York.
- WOLDSTEDT, P. (1969): *Quartär. Handbuch stratigr. Geologie*; — Enke, Stuttgart.
- WOLDSTEDT, P. und DUPHORN, K. (1974): *Norddeutschland und angrenzende Gebiete im Eiszeitalter*, 3. Aufl.; — Stuttgart.

KARTENVERZEICHNIS

- EUGSTER, H., FRÖHLICHER, H. und SAXER, F. (1949): Blätter 222-225 Teufen-Appenzell 1:25'000; Geol. Atlas der Schweiz; — Schweiz. geol. Komm.
- FALKNER, C. (1910): Karte der südlichen Rheingletscherzungen von St.Gallen bis Aadorf; — Jb. St. G. Naturw. Ges. 1909.
- HOFMANN, F. (1973): Blatt 1074 Bischofszell 1:25'000; Geol. Atlas der Schweiz; — Schweiz. geol. Komm.
- JÄCKLI, H. (1970): *Die Schweiz zur letzten Eiszeit* 1:550'000; — Atlas der Schweiz.
- KELLER, O. und KRAYSS, E. (1980): Karte zur Bodensee-Vorlandvereisung W/S 1:200'000; — *Eclogae geol. Helv.* 73/3.
- LUDWIG, A. (1930): Blätter 218-221 Flawil-Schwellbrunn 1:25'000; Geol. Atlas der Schweiz; — Schweiz. geol. Komm.
- SAXER, F. (1965): Blatt 1075 Rorschach 1:25'000; Geol. Atlas der Schweiz; — Schweiz. geol. Komm.
- (1968): Grundwasserkarte des Kantons St.Gallen; — Jb. St. G. Naturw. Ges. 79.

TOPOGRAPHISCHE KARTEN:

- Landeskarte der Schweiz 1:50'000, Blätter 217 Arbon, 227 Appenzell, 5014 St.Gallen-Appenzell.
- Landeskarte der Schweiz 1:25'000, Blätter 1074 Bischofszell, 1075 Rorschach, 1094 Degersheim, 1095 Gais, 2501 St.Gallen und Umgebung.

Adresse des Verfassers:

Dr. Oskar Keller, Sonderstrasse 22, CH-9034 Eggersriet

