

Zeitschrift: Berichte der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft
Herausgeber: St. Gallische Naturwissenschaftliche Gesellschaft
Band: 89 (2000)

Artikel: Die Hydrographie des Bodenseeraums in Vergangenheit und Gegenwart
Autor: Keller, Oskar / Krayss, Edgar
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-832575>

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: 01.05.2026

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

89. Band

Seiten 39–56

11 Abbildungen

2 Tabellen

St.Gallen 2000

Die Hydrographie des Bodenseeraums in Vergangenheit und Gegenwart

(Erläuterungen zur Karte <Vorlandvereisung
des Bodensee-Rheingletschers in der Würmeiszeit>)

Oskar Keller

Edgar Krays

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	39
1. Einleitung	40
2. Hauptphasen und Gliederung der letzten Eiszeit	41
3. Glazialmorphologische Prozesse am Rande eines Vorlandgletschers ..	41
4. Grundzüge der Hydrographie während den stadialen Eisrandkomplexen	44
5. Bedeutung der letzteiszeitlichen Eisrand-Entwässerung für das heutige Talnetz	46
5.1 Altangelegte Talzüge	46
5.2 Die würmeiszeitliche Umgestal- tung der Hydrographie	46
5.3 Nacheiszeitliche Veränderungen der Gewässer	46
5.4 Überlagerung der Entwässe- rungssysteme	48
6. Schlussfolgerungen	53
Literaturverzeichnis	55
Kartenbeilage: hinten im Einband	

Zusammenfassung

Ausgehend von einer Arbeit zur <Hydrographie des Bodenseeraums während der letzten Vorlandvereisung> und einer detaillierten Karte der stadialen Eisrandlagen mit der zugehörigen Entwässerung (KRAYSS & KELLER 1996) wird die Entwicklung des heutigen Gewässernetzes untersucht. Die präwürmeiszeitliche Entwässerung ist auf einem älteren Täler- und Beckensystem aufgebaut und durch breite, teils stark übertiefte Talzüge gekennzeichnet.

Die hochwürmeiszeitliche Vergletscherung brachte stadiale Schmelzwasserbahnen, die vielfach dort neu angelegt wurden, wo die Eiskörper die früher benutzten Täler versperrten oder mit Lockermaterial verfüllt hatten. Als neu geschaffene, vorwiegend durch wasserreiche Schmelzwasserströme ausgestaltete Täler sind sie formlich <frisch>, das heisst markant ins Altgelände eingelassen. Häufig handelt es sich auch um canonartige, enge Durchbruchstäler.

Bezogen auf den im Bodenseebecken liegenden Eiskörper bildeten sich drei Entwässerungstypen heraus: zentrifugal aus dem Becken nach aussen weisende Abflüsse, zentripetal zum Eiskörper gerichtete Fließgewässer und konzentrisch angelegte, randlich

um den im Becken liegenden Gletscher herum fliessende Schmelzwasserströme.

Nach dem Abschmelzen der Eismassen im Vorlandbecken wurden die durch die Gletscherstände verursachten neuen Talzüge von den Fliessgewässern zum Teil beibehalten oder aber die Flüsse fanden die älteren Abflussbahnen wieder. Die meisten der zahlreich gestauten Eisrandseen sind später wieder ausgelaufen.

Mit dem Eisfreiwerden des gesamten Bodensee-Vorlandes um 14 500 Jahre vor heute war das Entwässerungsnetz im wesentlichen festgelegt und blieb seither unverändert. Einzig die Zuschüttung von Seen, die die Abschmelzphasen am Ende der Eiszeit überdauert hatten, verursachte im Postglazial noch bedeutendere Veränderungen.

Die heutige Hydrographie im Bodenseeraum basiert auf dem präwürmeiszeitlichen Tal- und Flussnetz. Dieses wird von hoch- bis spätglazial angelegten Schmelzwasserwegen überlagert. Aus der Kombination lässt sich das gegenwärtige Entwässerungsnetz ableiten und verstehen.

1. Einleitung

Im Laufe von bald 30 Jahren haben sich die Autoren mit immer wieder neuen Fragestellungen bezüglich der letzten Eiszeit im gesamten Bodenseegebiet beschäftigt. Es hat sich dabei gezeigt, dass zur Erstellung einer räumlichen und zeitlichen Ordnung im Ablauf der Vorlandvergletscherung der eiszeitlichen Entwässerung eine grosse Bedeutung zukommt. Die Abflusswege der Schmelzwässer werden einerseits durch das Relief des Gletscherumfeldes und andererseits durch die Geometrie der jeweiligen Eiskörper gesteuert. Daher liefern fossile Schmelzwassertäler wichtige Marken zur Rekonstruktion der zugehörigen Gletscher und zur Gliederung der Eisrandlagen rund um das Bodenseebecken. Es ist dabei auch klar geworden, dass das heutige Gewässernetz in weiten Bereichen aufgrund der Entwässerung der

letzteiszeitlichen Vorlandgletscher verstanden werden kann.

Um die vielen Einzelerkenntnisse in ein Gesamtbild einzufügen, war es gegeben, eine Karte zu erstellen, in der die zeitlich nacheinander entstandenen Schmelzwasserwege zusammen mit den Eisrandbildungen zur Darstellung gelangen. Diese Karte wurde 1996 als Bestandteil eines Artikels zur «Hydrographie des Bodenseeraums während der letzten Vorlandvereisung» in Band 114 der Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees (KRAYSS & KELLER 1996) publiziert. Die St.Gallische Naturwissenschaftliche Gesellschaft hatte sich damals bereit erklärt, den Druck finanziell zu unterstützen, unter der Bedingung, dass die Karte auch in den Berichtbänden mit einem Begleitartikel aufgelegt werden solle. Im Themenband 88 «Moore», der 1997 erschien, war dafür kein Platz, sodass dies erst jetzt in diesem Band 89 «Natur-Forschung» möglich ist. Im vorliegenden Artikel steht die Karte als Grundlage im Zentrum (Kartenbeilage). Der durch sie abgedeckte Grossraum und die verwirrende inhaltliche Fülle bedürfen der Erklärung. Nach der Erörterung der generellen Prozesse, die sich zwischen Gletscherkörper und Schmelzwasser am Eisrand abgespielt haben, werden die zeitlich und räumlich neben- und nacheinander entstandenen Entwässerungssysteme im Überblick behandelt. Schliesslich wird der Einfluss der eiszeitlichen Hydrographie auf das heutige Gewässernetz untersucht.

Eine in diesem Berichtband anschliessende Arbeit mit dem Titel «Eiszeitliche Gewässer von der Goldach bis zur Thur» von E. Krayss und O. Keller befasst sich mit den regionalen Aspekten des gleichen Themenkreises.

2. Hauptphasen und Gliederung der letzten Eiszeit

Die jüngste Eiszeit, die Würmeiszeit, beginnt vor 110 000 Jahren mit ersten Kühlphasen, die sich schrittweise zu eiszeitlich kalten Abschnitten (Stadiale) verstärken und mehrfach von etwas wärmeren Perioden (Interstadiale) unterbrochen werden. Zwischen 56 000 und 28 000 Jahren vor heute ist das Bodenseebecken gemäss Datierungen an den Mörschwiler Schieferkohlen (KELLER & KRAYSS 1998) bei interstadialem kühlfeuchtem Klima eisfrei. Die hochglaziale Vorlandvergletscherung setzt erst ab 25 000 Jahre vor heute mit dem Gletschervorstoss aus den inneren Alpen ein (KELLER & KRAYSS 1991b). Basierend auf eismechanischen Überlegungen und abgestützt auf einige wenige datierte Zeitmarken können in einem Modell zum Aufbau und Abbau der

Rhein-Bodensee-Vergletscherung die Etappen gemäss Tabelle 1 unterschieden werden (KELLER & KRAYSS 1993, 1999a; KRAYSS & KELLER 1996).

Über die Vorgänge während der Eisaufbauzeit ist wenig bekannt, da die maximale Eisüberflutung alles Ältere überfahren und dabei grossenteils zerstört hat (Phasen A und B, Tabelle 1).

Ab dem Würm-Maximum und dem nachfolgend einsetzenden Rückschmelzen (Phasen C und D, Tabelle 1) wurden die Relikte der Gletscherstände nicht nochmals vom Eis überdeckt und blieben daher gut erhalten. Dies betrifft vor allem Eisrandbildungen wie Wallmoränenzüge, Schotterfelder (Sander), Sedimente in glazialen Seen, Schmelzwasser-Abflusswege. Sie ermöglichen im ganzen Bodensee-Vorlandbecken eine Gliederung in stadiale Eisrandkomplexe als Grosseinheiten sowie die weitere Unterteilung in Gletscherstände (KELLER & KRAYSS 1980, 1987, 1993; KRAYSS & KELLER 1983, 1996). Vergleiche dazu Tabelle 2.

3. Glazialmorphologische Prozesse am Rande eines Vorlandgletschers

Vor und entlang dem Eisrand eines Vorlandgletschers sammelt sich Schmelzwasser. Die bedeutenden Wassermassen, die hier freigesetzt werden, müssen sich Abflusswege suchen. Je nach dem Relief der den Gletscher umgebenden eisfreien Landschaft bilden sich unterschiedliche Arten von Entwässerungsbahnen aus.

Phase	Verhalten des Vorlandgletschers
(A)	Vorstoss in die Vorlandbecken 25 000–22 000 J.v.h.
(B)	Aufbau der Vorlandvergletscherung 22 000–19 000 J.v.h.
(C)	Eishochstände Würm-Maximum bis Stein am Rhein 19 000–15 500 J.v.h.
(D)	Rückschmelzen in den Vorlandbecken und Auslasskanälen 15 500–13 500 J.v.h.

Tabelle 1: Hauptphasen der würmeiszeitlichen Vorlandvergletscherung.

Eisrandkomplexe	Abkürzung	Stände	ungefähre Zeitmarken
Würm-Maximum	W/M	W1 – W3	20 000–18 000 J. v. h.
Feuerthalen	W/F	W4 – W5	17 000 J. v. h.
Stein am Rhein	W/S	W7 – W8	16 000 J. v. h.
Konstanz	W/K	W9 – W10	15 000 J. v. h.
Weissbad-Koblach	W/W		14 500–14 000 J. v. h.

Tabelle 2: Eisrandkomplexe mit ihren Ständen und Zeiträumen.

Der klassische Fall der *glazialen Serie*, bereits vor 100 Jahren von Penck eingeführt, entwickelt sich, wenn das Vorland vom Eisrand weg freien Abfluss in ein tiefer gelegenes Hauptflussnetz gewährt, also *Flächenlage des Eisrandes* vorliegt (Abbildung 1). Der Eisstrom baut an seiner Front Moränenwälle auf, die von Gletschertoren unterbrochen sind. Das Schmelzwasser transportiert das Moränenmaterial nach aussen und schüttet einen Sander (Schotterfeld) auf, wobei zunächst die grobe Geröllfraktion und erst weiter draussen das Feinmaterial zur Deposition gelangen. In vorgelagerten Mulden können auch *Eisrandseen* liegen, in welche die Sander vorgebaut werden.

Im Bodenseeraum mit seiner Becken- gestalt im Grossen und den zahlreichen tiefen Taltrögen in den einzelnen Beckenabschnitten ist ein zweiter Typ häufig anzutreffen. Wenn sich innerhalb oder am inneren Ende eines Beckens eine Eisfront aufbaut, kommt es zur *Beckenlage des Eisrandes* (Abbildung 2). Riegelt der Gletscher auf der Innenseite unter Aufschüttung von Eisrandwällen und Sanderfluren das Becken ab, so wird ein *Eisrandsee* aufgestaut. Wenn das Eis direkt die stauende Front bildet, dann handelt es sich um einen *Eisstausee*, in dem der Gletscher kalbend (Eisberge bildend) stirnt. Aus der eisfreien Umgebung streben die Fliessgewässer zum See und damit gegen den Eisrand. Das aufgestaute Zufluss- und Schmelzwasser sucht dem Eisrand entlang den Abfluss in ein niedrigeres Tal. Manchmal läuft ein solcher See auch gegenüber der Gletscherstirn über, was in einem durch Rückschmelzen eisler gewordenen Zungenbecken der glazialen Serie oft der Fall ist. Das Resultat ist ein *Zungenbeckensee*.

Beide genannten Eisrand-Abflusstypen zeichnen sich durch *akkumulative Prozesse*, also Aufschüttungsvorgänge aus. Schiebt sich aber eine Eisfront auf die Abhänge eines Hügel- oder Berglandes vor, so beginnen die Schmelzwässer dem Eisrand entlang die Berghänge anzunagen, was zu erosiven Prozessen führt: *Hanglage des Eisrandes* (Abbil-

dung 3). In resistenten Felsgesteinen werden dabei durch *Tiefenerosion* auch enge, markant eingeschnittene Rinnentäler herauspräpariert, während bei weicherem Untergrund und weniger Gefälle häufig *Seitenerosion* die Hänge angreift.

Zusammengefasst und vereinfacht ergeben sich somit *drei Typen der Entwässerungswege* vor den Gletscherfronten (Abbildungen 4–6):

1. Bei der glazialen Serie, also *Flächenlage des Eisrandes* erfolgt der Schmelzwasserabfluss in der Regel vom Gletscher aus nach aussen: *zentrifugale Entwässerung*. Sie ist im Norden, wo die maximale Vergletscherung gerade die Wasserscheide zur Donau erreichte, mustergültig verwirklicht. Zentrifugale Abflussbahnen sind auch im Westen zwischen Schaffhausen und Winterthur zu finden.
2. Liegt *Beckenlage des Eisrandes* vor, führt dies in den meisten Fällen zu *zentripetaler Entwässerung* der Zuflüsse, die primär zum Eisrand oder zu Eisrandseen gerichtet ist. Der Hauptabfluss zeigt dann in den Sammelrinnen vom Vorlandgletscher weg nach aussen. Dieser Typ bildete sich nach der Maximalvereisung aus, als der Eiskörper das innere Bodenseebecken noch erfüllte und die Fliessgewässer aus den bereits eisfreien Zonen sich gegen das Beckeninnere ausrichteten, wie Goldach, Sitter, Urnäsch und Thur im Süden, Bregenzer Ach und Argen im Osten oder kleinere lokale Flösschen im Hegau und Linzgau im Nordwesten des Beckens.
3. Bei *Hanglage des Eisrandes* wird das Schmelzwasser hangparallel, respektive quer zu den Gletscherzungen als randliche, *konzentrisch angelegte Entwässerung* bogenförmig um das innere, eisgefüllte Bodenseebecken herumgeleitet. Sie findet sich im Würm-Maximum im Nordwesten am Randen und im Nordosten an der Adellegg. Sie trat auch abschnittsweise an beckeninneren Eisrändern auf, beispiels-

Glaziale Serie - Flächenlage des Eisrandes

- Merkmale:
- offenes Vorland mit freiem Abfluss
 - zentrifugale Entwässerung
 - glazifluviale Akkumulation

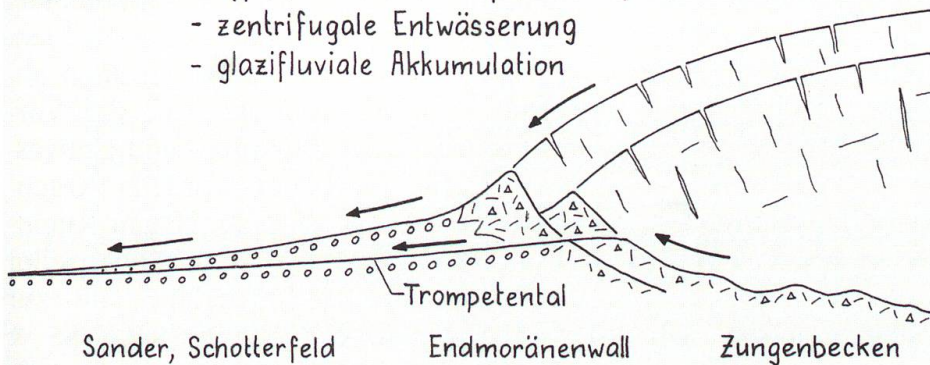


Abbildung 1:
Bei Flächenlage des Eisrandes (glaziale Serie) stirnt der Gletscher unbehindert im Vorland. Das Schmelzwasser fließt vom Gletscher weg nach aussen.

Beckenlage des Eisrandes

- Merkmale:
- ansteigendes Vorland, Eisfront im Beckeninneren
 - zentripetale Entwässerung
 - eisgestaute Gewässer, Verfüllungssedimente

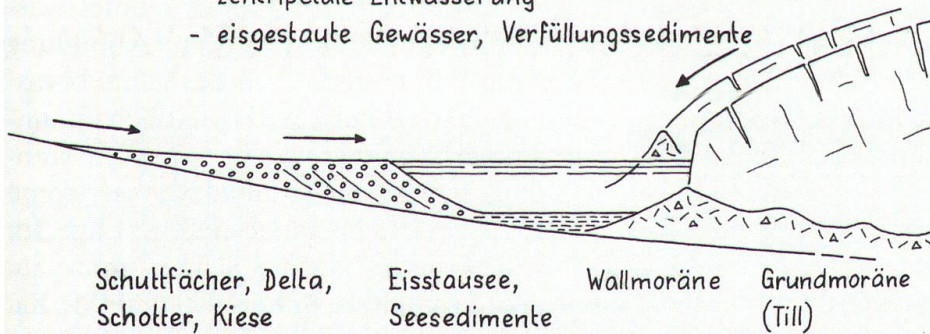


Abbildung 2:
Bei Beckenlage liegt der Gletscher im Innern des Vorlandbeckens. Es bilden sich Eisstauseen, in denen sich vom Gletscher her und von aussen zufließendes Wasser sammelt.

Hanglage des Eisrandes

- Merkmale:
- auf Abhänge aufgefahrene Eisfront
 - konzentrische, eisrandparallele Entwässerung
 - erosive Eintiefung der Schmelzwässer

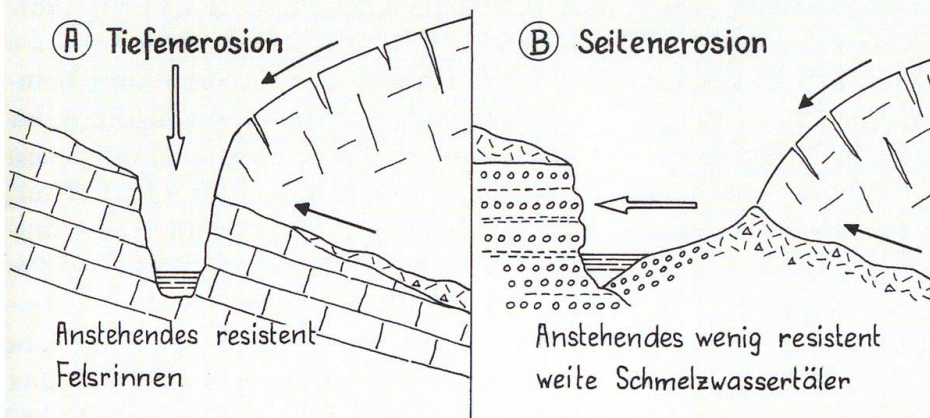


Abbildung 3:
Schiebt sich die Eisfront auf die Abhänge der Beckenumrandung, so ist das Schmelzwasser gezwungen, dem Eisrand entlang um den Gletscher herum abzufließen.

weise am Südrand zwischen St.Gallen und Wil oder zwischen Wangen und Singen entlang der nordseitigen Eisfronten.

Ausgeprägt erscheinen alle drei Entwässerungstypen im Stein am Rhein-Stadium, dargestellt in Abbildung 5.

4. Grundzüge der Hydrographie während den stadialen Eisrandkomplexen

Der Zeitraum der Vorlandvergletscherung zwischen Würm-Maximum W/M und dem Konstanz-Stadial W/K ist gekennzeichnet durch starke Aktivität in der Talbildung und hohe Dynamik in den sich ändernden Flusssystemen. In nur ungefähr 4000 Jahren (19000–15000 J.v.h.; vergleiche Kapitel 2) fand ein mehrfacher Wechsel der Entwässerungsbahnen im Bodenseeraum statt, während seit 14500 Jahren vor heute, ab dem endgültigen Eisfreiwerden des Bodenseebeckens, das Flussnetz im wesentlichen unverändert geblieben ist.

Zu jedem Gletscherstand – es sind immerhin deren zehn (vergleiche Tabelle 2) – entwickelte sich ein zugehöriges, spezifisches Schmelzwasser- und Abflusssystem. Um die rasch ändernde Hydrographie aufzeigen zu können, ist in den Abbildungen 4–6 für drei Eisrandkomplexe jeweils ein Gletscherstand mit seinem Gewässernetz in generalisierter Form dargestellt. Der exakte Verlauf der Linien des hydrographischen Netzes ist in der Kartenbeilage eingezeichnet.

Beim Studium der Gesamtkarte der Vorlandvereisung (Kartenbeilage) zeigt sich auch, dass die Eisränder klar verfolgbare sind. Die Entwässerung hingegen ist sehr komplex strukturiert und weist je nach Region spezielle Eigentümlichkeiten auf. Die fossilen Schmelzwasserwege sind zudem oft nur noch in Resten vorhanden, sodass die Zusammenhänge nicht einfach zu finden sind. Hier leisten Profile entlang der generellen Richtung der Eisfronten mit den noch feststellbaren Ablagerungen und den Talbodenresten der

Schmelzwasserflüsse gute Dienste. Die Relikte können unter Berücksichtigung der hydrologischen Gesetzmässigkeiten, insbesondere des Prinzips des Ausgleichs im Gefälle, zu Abflussbahnen zusammengefügt werden.

Um die Gletscher-Rekonstruktionen abzusichern, sind für fünf Bereiche der Vorlandvereisung exakte Eisrand- und Entwässerungsprofile erarbeitet worden: Argenggebiet, Schussental, Linzgau, Hegau-Rheinglisau sowie Südrand vom Appenzeller Sporn (Appenzeller Vorderland) bis zur Tösmündung in den Rhein (KRAYSS & KELLER 1996). Stellvertretend für alle übrigen wird in Abbildung 7 das Profil des Rheingletscher-Südrandes vorgestellt, das auch die Region St.Gallen durchzieht.

Für das Würm-Maximum kann erst ab dem Raum Kirchberg im westlichen Untertoggenburg ein durchlaufendes Schmelzwassersystem rekonstruiert werden (Abbildung 7). Dafür gibt es zwei Gründe. Schmelzwasser scheidet ein Gletscher eisrandlich nur unterhalb der Schneegrenze in grösseren Mengen aus, eigentliche Schmelzwasserströme bilden sich erst in nochmals tieferer Lage. Im Würm-Maximum lag die Schneegrenze im unteren Toggenburg unter 1000 m ü. M., die Eisrandentwässerung setzt zusammenhängend auf knapp 900 m ü. M. ein (KELLER & KRAYSS 1993; KRAYSS & KELLER 1994). Der zweite Grund liegt darin, dass im W/M eine einzige durchlaufende Eisdecke über dem Appenzellerland und dem Toggenburg nahtlos mit dem Vorlandgletscher verbunden war. Demnach existierte östlich der Thurgar kein südlicher Eisrand (KELLER 1981; KRAYSS & KELLER 1983, Karte).

Im Feuerthalen- und im Stein am Rhein-Stadium bildeten sich durch Abriegelung der zum Eisrand gerichteten, eisfrei gewordenen Flusstäler von Goldach, Sitter, Glatt, Thur, Murg und Töss verschiedentlich Eisstaussen (KELLER & KRAYSS 1991a, 1999a; KRAYSS & KELLER 1994).

Der Schmelzwasserstrom des Stein am Rhein-Standes W7 (Niveau <S> in Abbildung 7; vergleiche auch Tabelle 2) erodierte be-

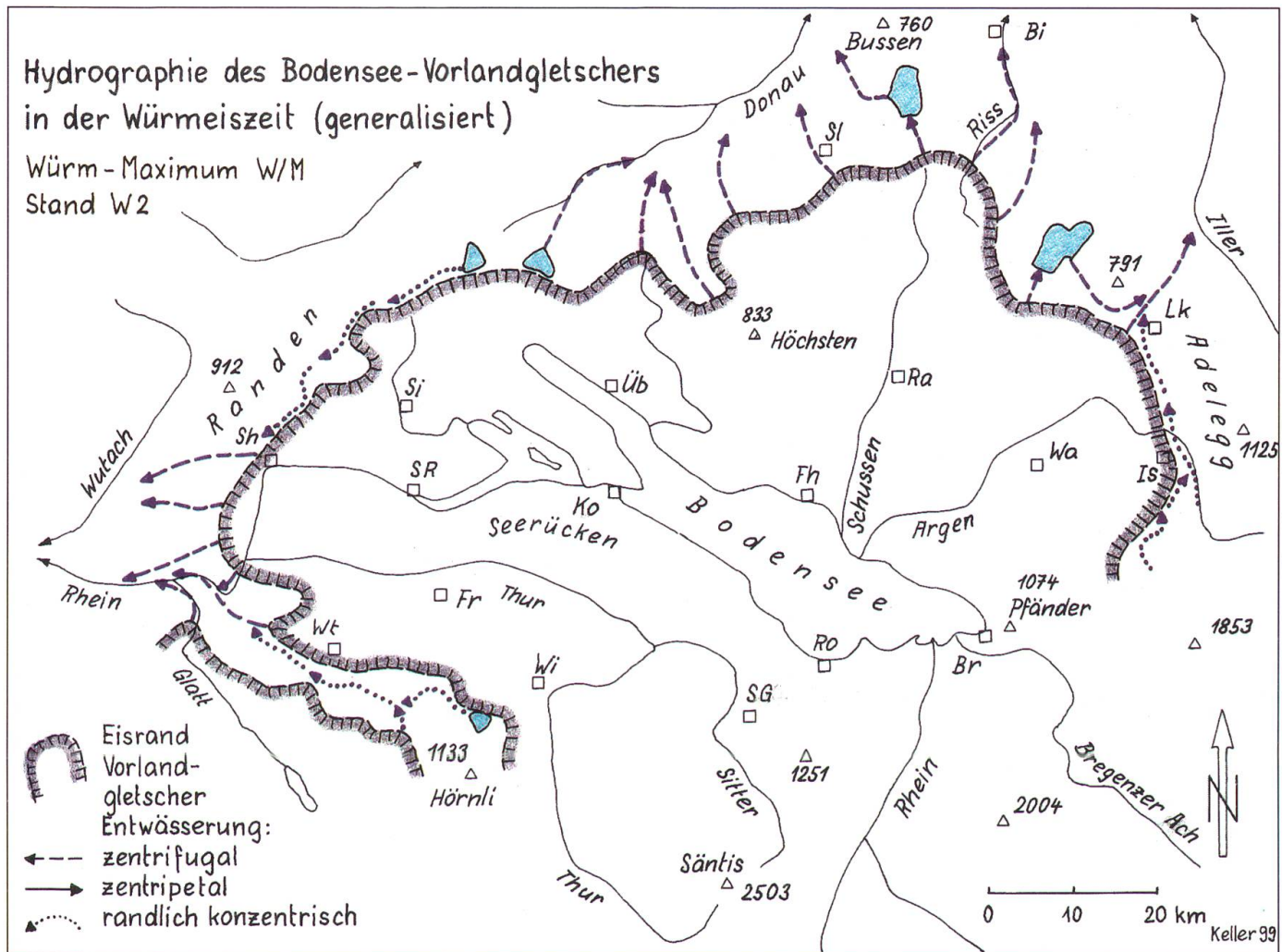


Abbildung 4:

Im Würm-Maximum liegt die Front des Vorlandgletschers zur Hauptsache auf dem Aussenrand des Bodenseebeckens. Die Entwässerungsbahnen sind daher vorwiegend zentripetal nach aussen gerichtet.

sonders stark eingetieftete Eisrandtäler. Sie sind noch heute, nur an wenigen Stellen unterbrochen, von Eggersriet-Grub bis zur Mündung in den Rhein bei Eglisau verfolgbar. Nach dem Rückschmelzen vom Stein am Rhein-Eisrand fielen diese Täler trocken und wurden, wie im Rindal und bei Bichelsee, mit bis 100 m mächtigen lokalen Schuttmassen verfüllt (KRAYSS & KELLER 1994).

Die Juraschwelle von Kaiserstuhl unterhalb Eglisau hat während der ganzen Würmeiszeit und auch während dem Postglazial bis heute das Abflussniveau des Rheins aus dem Bodenseebecken kontrolliert. Deshalb streben alle Niveaus der stadialen Schmelzwasserflüsse und des heutigen Töss-Rheinlaufs im Raum Eglisau aufeinander zu.

Die Konstanz-stadiale Eisrandentwässerung wurde in diesem Profil (Abbildung 7)

Ortsbezeichnungen:

Bi	Biberach	Fr	Frauenfeld
Lk	Leutkirch	SG	St.Gallen
Si	Singen	Wa	Wangen
Br	Bregenz	Is	Isny
Ra	Ravensburg	Sl	Saulgau
SR	Stein am Rhein	Wl	Wil
Fh	Friedrichshafen	Ko	Konstanz
Ro	Rorschach	Sh	Schaffhausen
ÜB	Überlingen	Wt	Winterthur

nicht berücksichtigt, weil der zugehörige Gletscher weiter nördlich und bereits sehr niedrig im innersten Bodenseebecken lag.

5. Bedeutung der letzteiszeitlichen Eisrand-Entwässerung für das heutige Talnetz

5.1 Altangelegte Talzüge

Zahlreiche Eiszeiten und Zwischeneiszeiten haben bereits vor der letzten Vergletscherung im Würm das Bodensee-Vorland durch glaziale und fluviale Erosion zu einem 120 auf 60 km weiten Becken ausgeformt (Abbildung 8). Rundum begrenzt ein geschlossener Rand das Oval des Grossbecken. Gegen innen ist das einstige Hügelland in Bergsporne und Einzelberge aufgelöst, getrennt durch markante Beckentäler. Die Kernzone um den Obersee ist fast vollständig ausgeräumt. Aus dem zentralen Becken heraus streben die Talachsen in alle Richtungen sternförmig auseinander. Sie wurden durch frühere Flusssysteme und eiszeitliche Gletscherzungen angelegt (KELLER 1994; KELLER & KRAYSS 1999b). Als alte Täler sind sie tief und breit ausgestaltet. Sie bilden auch heute noch den primären Grundraster der Hydrographie (Abbildung 9).

5.2 Die würmeiszeitliche Umgestaltung der Hydrographie

Vorgegeben durch die altangelegten Talzüge stiessen die Gletscher der würmglazialen Vorlandvereisung durch diese Täler vor und gaben sie auch beim Rückschmelzen auf die einzelnen Gletscherstände nur schrittweise frei. Dabei verbarrikierten sie immer wieder diese Talachsen (vergleiche Kapitel 3) und zwangen dadurch die Flüsse und Schmelzwässer neue Abflusswege zu suchen (Abbildung 10). Diese durchfurchen denn auch als «neue» Täler die Hügellandzonen und sind erosiv meist deutlich eingeschnitten. Die Eintiefung dieser Rinnentäler und Canons erfolgt, weil die durchfliessenden Was-

sermassen das Gefälle auf das Niveau der bestehenden Haupttäler ausrichten und ausgleichen. Die «jugendlichen», formlich frischen Täler überlagern als sekundäres Tal-system das primär angelegte (KELLER & KRAYSS 1999a, 1999b).

Typische sekundäre Täler der letzten Eiszeit finden sich im gesamten Bodenseeraum zahlreich: Fulachtal zwischen Thayngen und Schaffhausen, Owingen-Stockachtal, Urnautal nordseits des Gehrenbergs, Tal der Oberen Argen oberhalb Wangen, Schwarzachtal nordöstlich Tettngang, Tal der Demut und Gübsenseetal bei St.Gallen, Rindal von Flawil nach Bazenhaid, Littenheidertal südlich Wil, Tal des Bichelsees, Eulachtal von Elgg bis Winterthur, Sittertal zwischen Wittenbach und Bischofszell, Thurdurchbruch von Halden nördlich Bischofszell.

In vielen Fällen führte das Zurückschmelzen des Vorlandgletschers von einer Eisrandlage zum nächst internen und meist tiefer gelegenen Gletscherstand dazu, dass die Flüsse wieder ins eisfrei gewordene Zungenbecken zurückfielen und die zuvor modellierten Eisrandtäler trocken fielen. Diese markanten Flusstäler blieben zwar erhalten, die Flüsse selbst aber sind verschwunden; nur noch unscheinbare, lokale Wässerchen fliessen in ihnen. Besonders auffällig ist dies etwa im Fulachtal, im Urnautal, im Tal der Demut, im Rindal oder im Bichelseetal.

5.3 Nacheiszeitliche Veränderungen der Gewässer

Mit dem endgültigen Abtauen der letzten Eismassen im Vorland und dem Zurückschmelzen des Rheingletschers im Rheintal um 14 500 J v h (KELLER 1988) hörte im Bodenseebecken die dynamische Aus- und Umgestaltung des Gewässernetzes endgültig auf. Das was an den abschmelzenden Eisrändern etappenweise geschaffen worden war, wurde sozusagen zementiert (Abbildung 11). Die Hauptlinien der Entwässerungswege waren festgelegt, nur noch lokale Umstrukturierungen traten ein.

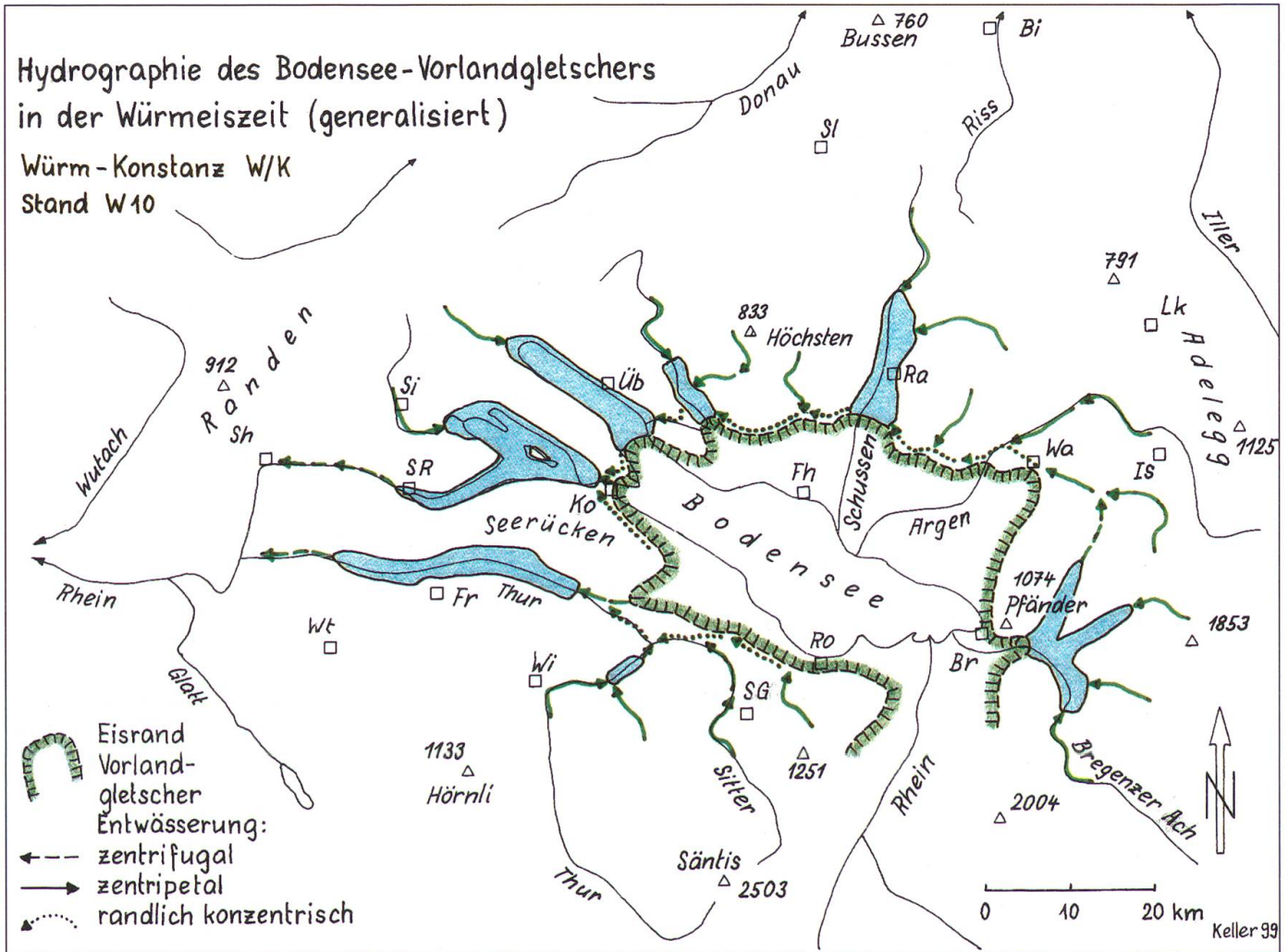


Abbildung 6:

Im Konstanz-Stadial erfüllt der Eiskörper nur noch das innerste Bodenseebecken. Die Entwässerung erfolgt rund um den Gletscher herum und beschränkt sich auf die zwei nach Westen weisenden Achsen des Untersee-Rheins und der unteren Thur.

Ortsbezeichnungen siehe Abbildung 4.

14000 J. v. h. gehalten hat (KELLER 1988). Dann begann sich der abfließende Rhein zwischen Stein am Rhein und Diessenhofen einzutiefen, sodass der Seespiegel sukzessive bis auf die heutigen 395 m ü. M. absank (KELLER 1994).

5.4 Überlagerung der Entwässerungssysteme

Werden die zwei Karten der Abbildungen 9 und 10 übereinandergelegt, so kann daraus das heutige Gewässernetz gemäss Karte Abbildung 11 herausgelesen werden. Die Entwicklung einiger Flussläufe ist im folgenden beispielhaft im einzelnen beschrieben und erklärt.

Die Argen

Präwürmeiszeitliche Anlage: Alte in der Tiefe verborgene Rinnen zeigen, dass ein altes Tal der Aitrach aus dem Raum Leutkirch zur Iller und damit zur Donau gerichtet war. Demgegenüber weisen die Talanlagen der beiden Argen ins Bodenseebecken hinein.

Würmeiszeit und Postglazial: Nach dem Würm-Maximum schwenkte die Untere Argen bei Isny gegen das Bodenseebecken ein und entwässerte während dem Stein am Rhein-Stadium zusammen mit der Oberen als grosser Eisrandstrom nordwärts zur Riss und über Biberach zur Donau. Im Konstanz-Stadium wurden beide Argen vereint über eine Seenkette dem nördlichen Eisrand entlang bis in den Überlingersee geleitet. Nach dem Abschmelzen des Rheingletschers im Oberseebecken fanden sie den Weg direkt zum Bodensee (KELLER & KRAYSS 1994; KRAYSS & KELLER 1996).

Die Schussen

Präwürmeiszeitliche Anlage: Das Quellgebiet lag damals weiter im Norden an den Hängen des Bussen, das Federseetal war der Oberlauf der Schussen (VILLINGER 1989).

Würmeiszeit und Postglazial: Im Würm-Maximum legte der Rheingletscher den Frontwall quer über das oberste Schussental. Der Federsee wurde dadurch hochgestaut und floss zur Donau über. Die Schussenquelle liegt seither am Innenrand der Moränenwälle des Maximalstandes (KRAYSS & KELLER 1996).

Der Hochrhein

Präwürmeiszeitliche Anlage: Aus dem Bodensee-Untersee floss der Rhein in einem tiefen Tal über Singen nach Schaffhausen (SCHREINER 1974; SCHINDLER 1985; KELLER 1994). Unterhalb Rheinau bog er nach Westen ins breite Tal von Rafz ab, um über die Juraschwelle bei Kaiserstuhl weiterzufließen (KELLER W. A. 1977).

Würmeiszeit und Postglazial: In den Stadien W/M und W/F (Tabelle 2) wurde das Rheintal zwischen Schaffhausen und Gott-

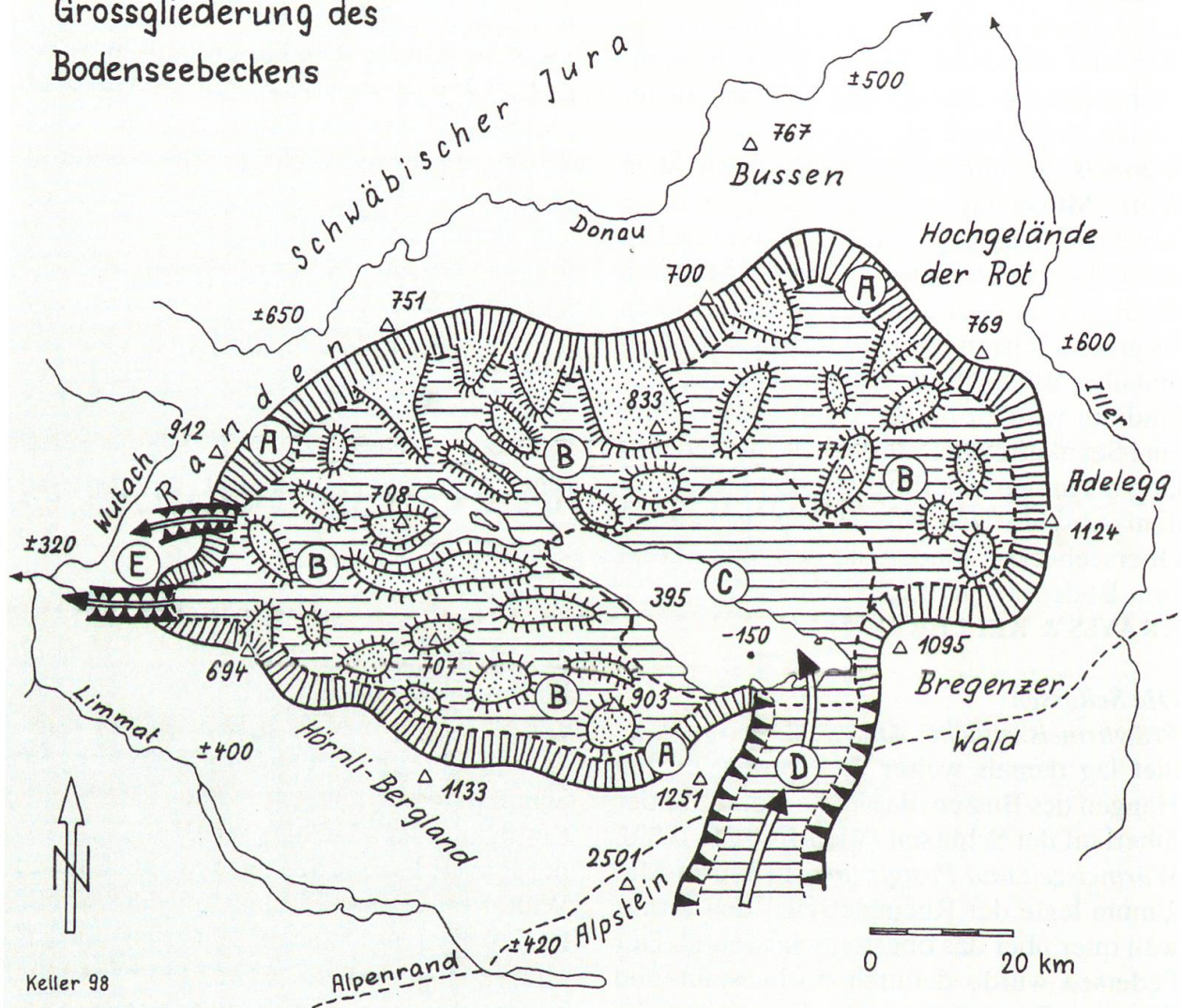
madingen im Hegau durch den Bodensee-Rheingletscher verschüttet. Zwischen den Stadien W/F und W/S (Tabelle 2) fand der Rhein den neuen Weg aus dem Untersee von Stein am Rhein nach Schaffhausen (KELLER 1994). Während dem Würm-Maximum entwässerte der Vorlandgletscher unterhalb Schaffhausen aus vier Gletschertoren zum Hochrhein bei Waldshut: durch den Klettgau, durch das Wangental, über das Rafzfeld und bei Buchberg zur Töss (KRAYSS & KELLER 1996). Der hoch aufgebaute Sander des Rafzfeldes induzierte während dem Stadien W/F den endgültigen Durchbruch des Rheins zur Töss oberhalb Eglisau (ELLENBERG 1972). Der dabei geschaffene Canon ist das imposanteste letzteiszeitliche Durchbruchstal im Bodenseeraum.

Die Töss

Präwürmeiszeitliche Anlage: Das Tösstal durchschneidet der Länge nach das gesamte Hörnli-Bergland auf der Westabdachung von Südosten nach Nordwesten. Es wurde vermutlich in früheren Eiszeiten als Schmelzwasserrinne zwischen Rhein- und Linthgletscher angelegt (WEBER 1928). Vor der letzten Eiszeit trat die Töss bei Seen ins Winterthurer Becken aus, um dann wieder nach Westen umzubiegen. Es liegen auch ein alter Talzug von Seen über Oberwinterthur nordostwärts ins Thurtal und ein weiterer von Wülflingen nach Andelfingen vor (STEFFEN & TRÜEB 1964).

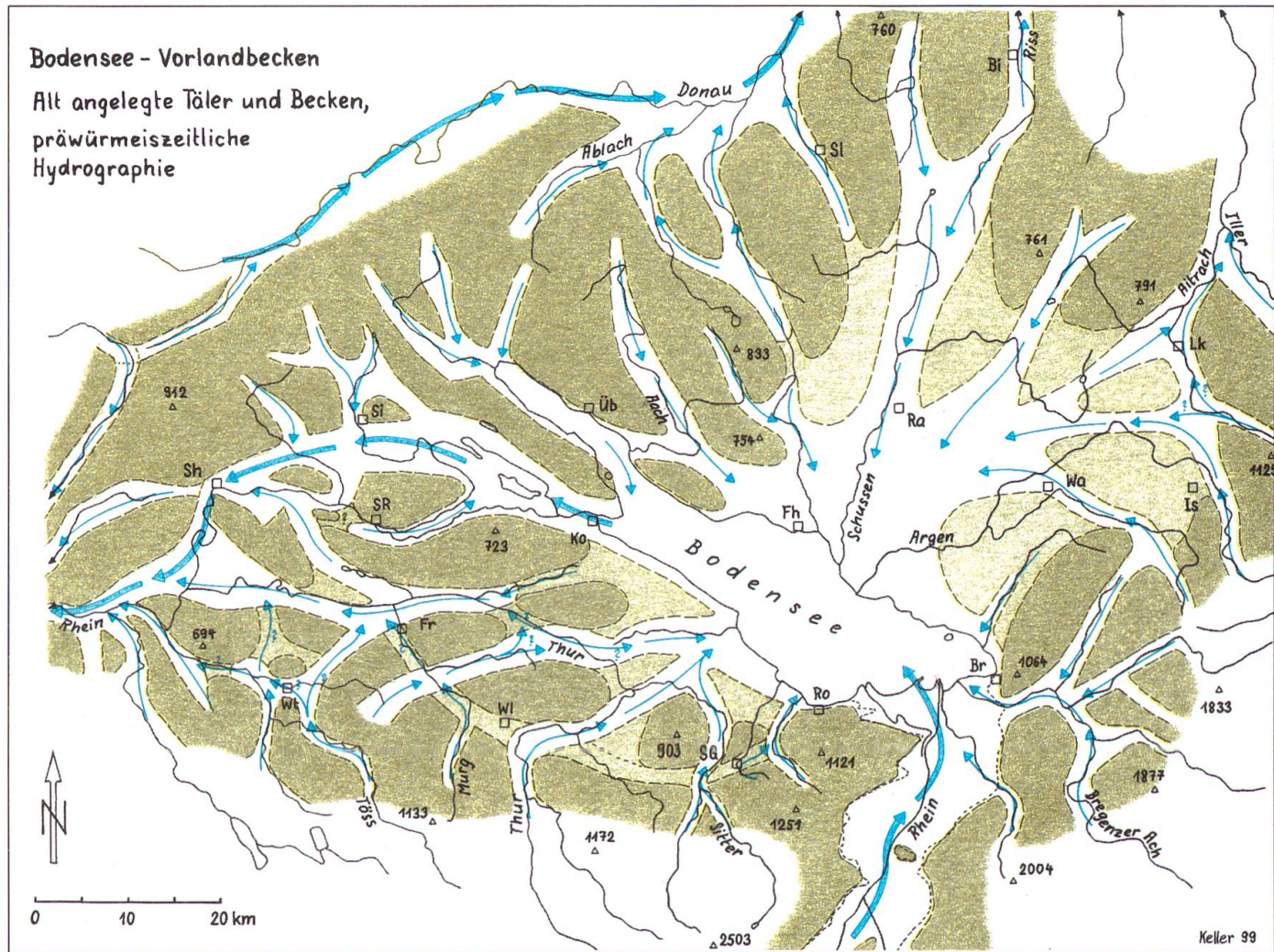
Würmeiszeit und Postglazial: Im äusseren Stand W1 (Tabelle 3) des Würm-Maximums berührten sich südlich Winterthur Rhein- und Linthgletscher, sodass das Tösstal hier unter Eis verborgen war. Während dem etwas interneren Hauptstand W2 war ein durchlaufender Korridor eisfrei. Er lag so, dass die Töss bei Sennhof westwärts zu fließen gezwungen war und sich an der Kyburg vorbei (KRAYSS & KELLER 1982) und durch die Dättnauer Rinne (KAISER 1979) ein neues Tal schuf. Zwischen Feuerthalen und Stein am Rhein-Stadial wurde das Winterthurer Becken eisfrei. Dabei benutzte die

Morphologische Grossgliederung des Bodenseebeckens



- | | |
|---------------------|--|
| (A) Randzone | Bergländer und Hochflächen |
| (B) Zwischenzone | Zeugenberge und Beckentäler |
| (C) Kernzone | zentrales Becken |
| (D) Einlasstor | Alpen-Auslasskanal |
| (E) Ausgangspforten | Durchbruchstäler:
Klettgau, Kaiserstuhl-Zürzach |

Abbildung 8:
Charakteristisch für das Bodensee-Vorland
ist das 120 auf 60 km messende Oval eines Gross-
beckens.



Töss weiterhin den Abschnitt bei der Kyburg, schwenkte aber bei Dättnau gegen Winterthur ein. Diese beiden Laufstrecken wurden bis heute beibehalten (KRAYSS & KELLER 1996).

Die Murg

Prähwürmeiszeitliche Anlage: Das Lauchetal mit seinen einstigen Quelltälern aus dem Schauenberg-Gebiet war ursprünglich nach Osten zum zentralen Bodenseebecken gerichtet. Die Lauche war also einst gegenläufig und leitete damit auch die Murg nach Osten ab (KELLER & KRAYSS 1999b). Unsicher ist, in welcher Richtung das Weinfelder Thurtal entwässerte (siehe Abschnitt <Die Thur>). Das Murgtal zwischen Matzingen und Frauenfeld ist auf höherem Niveau ebenfalls eine ältere Talanlage.

Abbildung 9:

Der Grossteil der alten Talzüge und damit auch die frühere Entwässerung weisen zum Zentrum des Bodensee-Beckens. Nur im Westen ist das Talnetz komplexer aufgebaut.

Ortsbezeichnungen siehe Abbildung 4.

Würmeiszeit und Postglazial: Mit dem Rückschmelzen vom Stein am Rhein-Stand W7 (Tabelle 2) wurde zuerst das mittlere Murgtal zwischen Wil und Matzingen eisfrei, sodass sich Stauseen bildeten, die über das Aadorfer Feld und das Eulachtal zur Töss entwässerten. Als darnach auch im unteren Murgtal das Eis abschmolz, brachen die Stauseen und damit auch die Murg nach Norden in den Frauenfelder Thursee durch. Jetzt tiefte die Murg ihr markantes, formlich frisches Engtal in die Molasse ein, das sie noch heute benutzt (KRAYSS & KELLER 1994). Da in dieser Phase das Eis der Thurzunge das Ostende des Lauchetals noch immer versperrte, wendete sich die Lauche als Schmelzwasserfluss nach Westen zur Murg um.

Die Thur

Präwürmeiszeitliche Anlage: Wie Delta-schüttungen und tiefe Rinnen südlich Amriswil und Bischofszell belegen (HIPPE 1986, 1992) verläuft das alte Thurtal von Bischofszell aus gegen Nordosten, wo die Thur in den Bodensee mündete. Das Engtal von Bischofszell nach Kradolf ins Thurgauer Thurtal existierte noch nicht.

Falls das Thurtal zwischen Weinfeldern und Wigoltingen schon bestand, entwässerte ein lokales Flüsschen aus dem Raum Sulgen, verstärkt durch eine Murg-Lauche, das Thurgauer Thurtal von Weinfeldern über Frauenfeld zum Rhein. Wahrscheinlicher scheint es aufgrund von hochliegenden, prähochwürmen Schottern und Seesedimenten, dass zwischen Ottenberg und Imenberg noch eine Geländeschwelle vorhanden war. Murg-Lauche und das Weinfelder Thurtal müssen in diesem Fall via Aachtal nach Osten zum Bodensee entwässert haben. Die Quellen der <Thurgauer Thur> hätten dann auf der Hochfläche zwischen Seerücken und Ottenberg gelegen.

Würmeiszeit und Postglazial: Die Eisfront des Rheingletschers verbaute in den Stadien W/F und W/S südlich und östlich Wil der Thur das angestammte Tal zum Bodensee.

Sie war zusammen mit Schmelzwasserströmen gezwungen in engen Rinnentälern nach Westen durch das Bichelseetal und das Töstal abzufließen (KRAYSS & KELLER 1994). Während dem Rückschmelzen der Thurzunge nach dem Stadal W/S wurde auch das glazial ausgeschürfte und ausgeweitete Thurtal zwischen Ottenberg und Imenberg eisfrei. Es entwickelte sich ein durchgehender Zungenbeckensee, der grosse Thursee, von Bürglen bis Dätwil bei Andelfingen. Damit war die Entwässerung des Weinfelder Thurtals im Konstanz-Stadal via Thursee nach Westen zum Rhein gerichtet.

Im frühen Konstanz-Stadium war der Abfluss der Toggenburger Thur zum Bodensee bei Bischofszell immer noch verbarrikiert. Ein Eisstausee im Wiler Thurtal war die Folge. Als das zurückschmelzende Eis die Hochfläche nordwestlich Bischofszell freigab, kam es bei Halden zum Ausbruch des Stausees. Die Fluten erodierten den mächtigen Canon und lenkten die Thur ins Thurgauer Thurtal um. Seit diesem Zeitpunkt mündet die Thur in der Gegend von Rüdlingen in den Rhein (HIPPE 1986; KELLER & KRAYSS 1994, 1999a und b; KRAYSS & KELLER 1996).

Die Sitter

Präwürmeiszeitliche Anlage: Das Sittertal ostseits um den Tannenbergrücken herum zum inneren Bodenseebecken ist vermutlich sehr alt (KELLER 1994). In der Gegend von Muolen traf die Sitter vor der letzten Eiszeit auf die Thur und mündete mit ihr in den Bodensee (HIPPE 1986, 1992).

Würmeiszeit und Postglazial: Als im Stein am Rhein-Stadal der Rheingletscher vom Bodensee her südlich Bruggen das Sittertal verbaute, wich die Sitter ähnlich wie die Thur nach Westen aus. Zusammen mit Schmelzwässern schotterte sie das Breitfeld bis Flauiwil auf und floss durch das Rindal zur Thur im Untertoggenburg ab (KELLER 1976). Später konsolidierte sich der abschmelzende Rheingletscher im Konstanzer Stand W10 (Tabelle 2) mit einer Eisrandlage von Berg

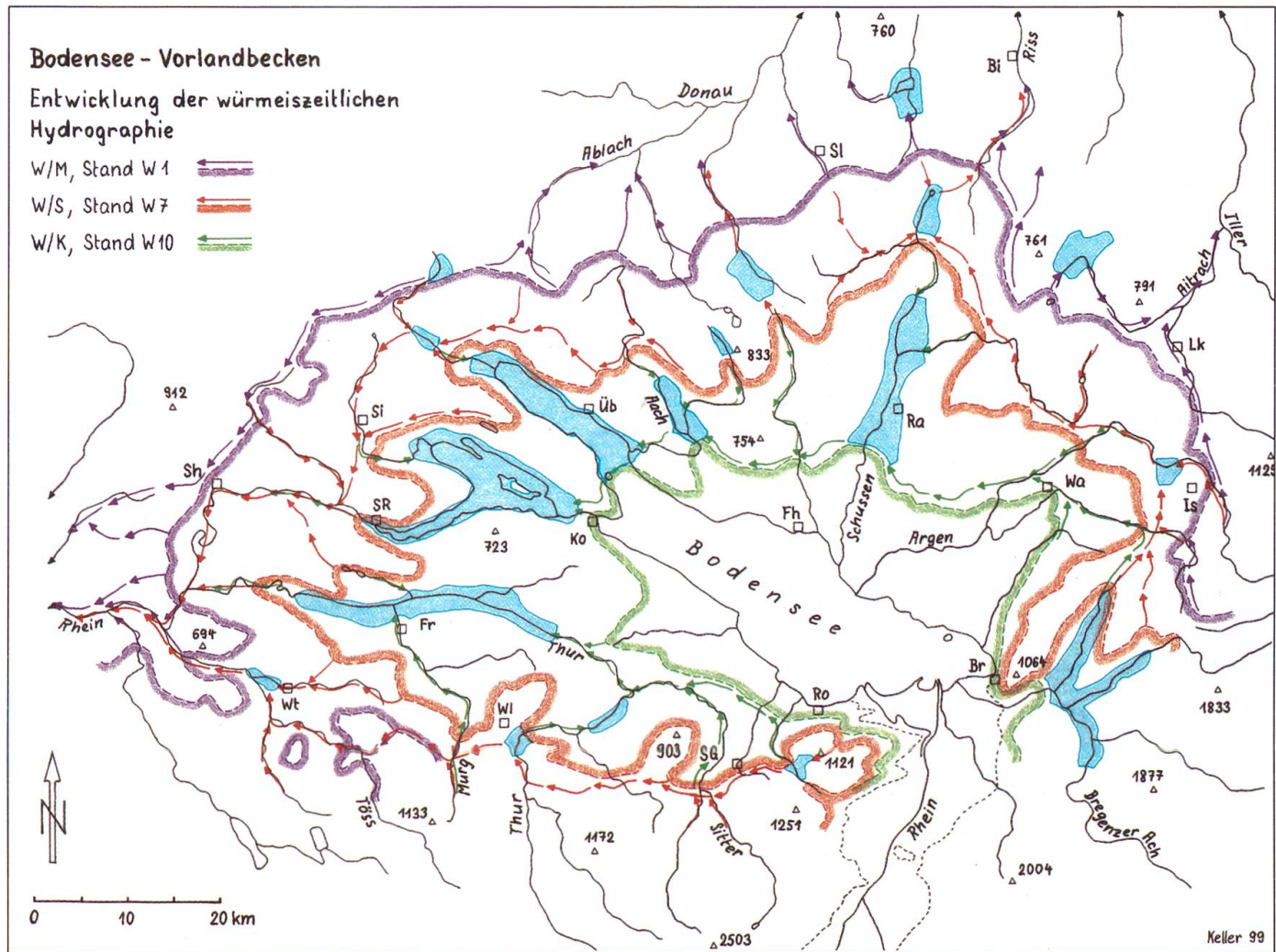


Abbildung 10:

Bei jedem Gletscherstand bildet sich ein durch das vorgegebene Talnetz und den jeweiligen Eiskörper bedingtes, kurzfristig benutztes Flusssystem aus.

SG über Häggenschwil und das Hudelmoos bis Sulgen. Der Abfluss ins Innere des Bodenseebeckens war damit verriegelt. Die Sitter bog deshalb ins einstige Thurtal von Häggenschwil nach Bischofszell ein, aber mit umgekehrter Fliessrichtung. Sie erreichte die Thur, die bereits durch das Durchbruchstal von Halden nach Nordwesten entwässerte. Diese Laufstrecke hat die Sitter seither nicht mehr verlassen (KELLER & KRAYSS 1994; KRAYSS & KELLER 1996).

6. Schlussfolgerungen

Aus der Entwicklung der Hydrographie im Bodenseeraum lassen sich einige prinzipielle Erkenntnisse zur Aus- und Umgestaltung eines durch eiszeitliche Vergletsche-

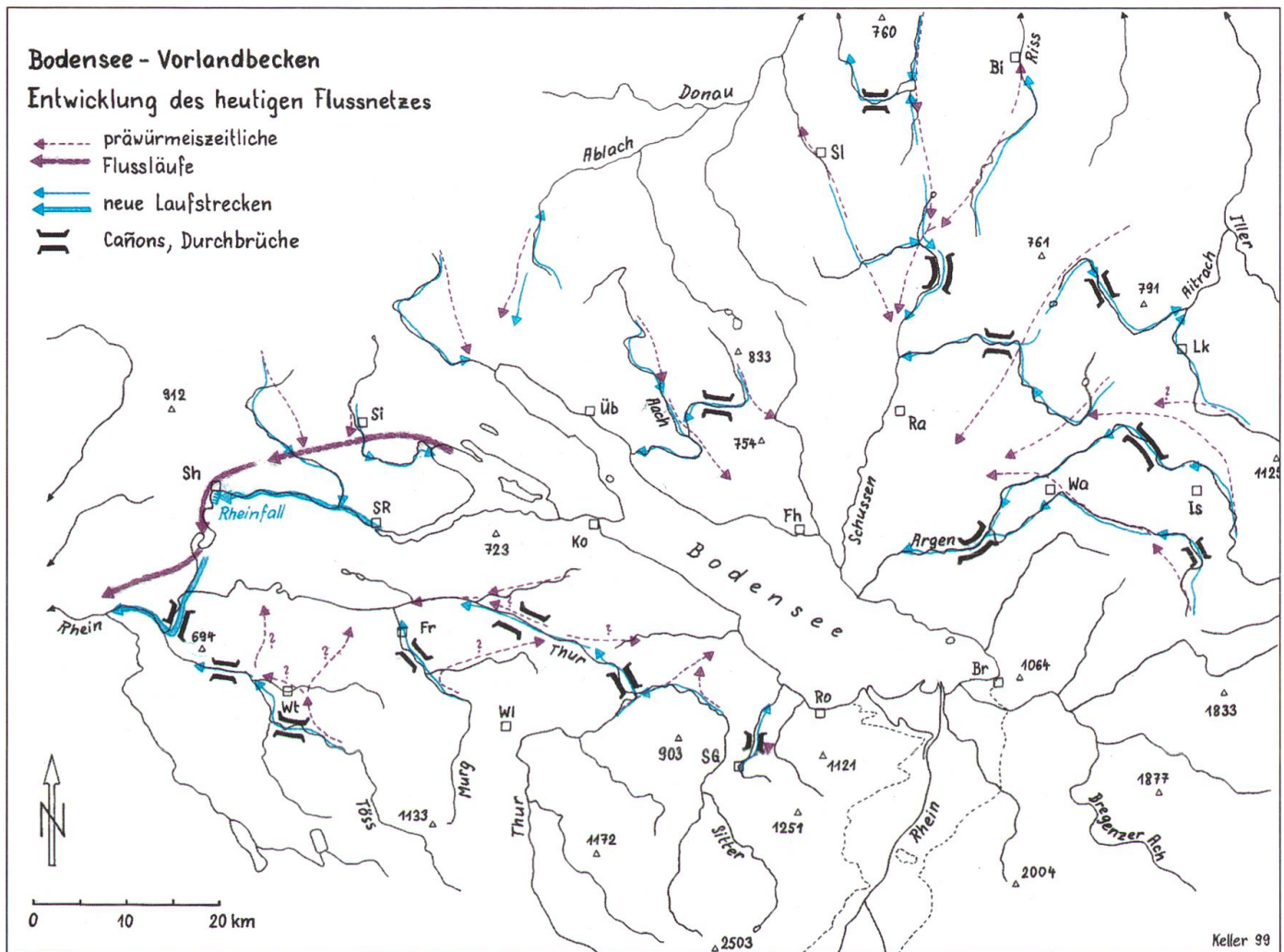


Abbildung 11:
 Das heutige Flussnetz ist durch Überlagerung eines älteren Entwässerungssystems durch letzteiszeitliche Schmelzwasserströme entstanden.
 Ortsbezeichnungen siehe Abbildung 4.

rungen beeinflussten Gewässernetzes ableiten:

1. In periodisch vergletscherten Gebieten und in der umgebenden proglazialen Zone entstehen dynamisch rasch sich ändernde Fluss- und Seensysteme. Das Entwässerungsnetz, das am Ende des Abschmelzens der Eiskörper vorliegt, wird «fixiert» und bleibt in den Hauptzügen während eines eisfreien Interglazials (auch im gegenwärtigen Postglazial) erhalten.
2. Jede Vorlandvereisung baut ein verändertes hydrographisches System auf, das auf dem vorgegebenen älteren Talnetz basiert und dieses mit neu angelegten Flussabschnitten und Seen überlagert.
3. Die das Vorlandbecken erfüllenden, je nach Eiszeit-Stadial unterschiedlich aus-

gedehnten Eiskörper führen zu drei Typen von Fliessgewässerbahnen:

- a) zentrifugale, aus dem Becken nach aussen gerichtete,
- b) zentripetale, ins Beckeninnere zum Eiskörper weisende und
- c) konzentrisch angelegte, randlich den Eiskörper umgürtende Entwässerungswege.

4. Grössere postglaziale Veränderungen in der Hydrographie beschränken sich auf Seen, die das Ende der eiszeitlichen Vergletscherung überdauert haben.

Literaturverzeichnis

- EBERLE, M. (1987): Zur Lockergesteinsfüllung des St.Galler und Liechtensteiner Rheintales. – *Eclogae geol. Helv.* 80/1, 193–206, Basel.
- ELLENBERG, L. (1972): Zur Morphogenese der Rhein- und Tössregion im nordwestlichen Kanton Zürich. – *Diss. Geogr. Inst. Univ. Zürich*, 63 S.
- ELLWANGER, D. (1988): Würmeiszeitliche Rinnen und Schotter bei Leutkirch/Memmingen. – *Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg* 30, 207–229, Freiburg i. Br.
- HANTKE, R. (1980): *Eiszeitalter*, Band 2. – Ott, Thun.
- HIPP, R. (1986): Zur Landschaftsgeschichte der Region Bischofszell. Eine glazialmorphologische Arbeit. – *Mitt. thurg. natf. Ges.* 47, 3–117, Frauenfeld.
- HIPP, R. (1992): Geologie und Landschaftsgeschichte des Hudelmooses und seiner näheren Umgebung. – *Mitt. thurg. natf. Ges.* 51, 9–27, Frauenfeld.
- KAISER, K.F. (1979): Ein späteiszeitlicher Wald in Dätteln bei Winterthur/Schweiz. – *Diss. Univ. Zürich*, 90 S., Zürich.
- KELLER, O. (1976): Das Rindal; zur Genese eines Urstromtales in der NE-Schweiz. – *Geogr. Helv.* 76/4, 161–166, Zürich.
- KELLER, O. (1981): Zur Glazialmorphologie der Region St.Gallen: Die eiszeitliche Ausgestaltung der Landschaft. – *Ber. St.Gall. Natw. Ges.* 81, 29–71, St.Gallen.
- KELLER, O. (1988): Ältere spätwürmzeitliche Gletschervorstösse und Zerfall des Eisstromnetzes in den nördlichen Rhein-Alpen. – *Phys. Geogr. Univ. Zürich Vol.* 27, 2 Bde., Zürich.
- KELLER, O. (1994): Entstehung und Entwicklung des Bodensees. Ein geologischer Lebenslauf. – In: MAURER, H. (Hrsg.): *Umweltwandel am Bodensee*, 33–92, UVK St.Gallen.
- KELLER, O. & KRAYSS, E. (1980): Die letzte Vorlandvereisung in der Nordostschweiz und im Bodensee-Raum (Stadialer Komplex Würm-Stein am Rhein). – *Eclogae geol. Helv.* 73/3, 823–838, Basel.
- KELLER, O. & KRAYSS, E. (1987): Die hochwürmzeitlichen Rückzugsphasen des Rhein-Vorlandgletschers und der erste alpine Eisrandkomplex im Spätglazial. – *Geogr. Helv.* 87/2, 169–178, Zürich.
- KELLER, O. & KRAYSS, E. (1991a): Geologie und Landschaftsgeschichte des voralpinen Appenzellerlandes. – *Das Land Appenzell* 21/22, 115 S., Appenzeller Hefte, Herisau.
- KELLER, O. & KRAYSS, E. (1991b): Der Eisaufbau des Rhein-Linth-Gletschers im Oberen Würm: Ein Modell. – *Paläoklimaforschung*, Bd. 1, 421–433, Akademie der Wissenschaften und Literatur, Mainz.
- KELLER, O. & KRAYSS, E. (1993): The Rhine-Linth-Glacier in the Upper Wurm: A model of the last Alpine Glaciation. – *Quaternary International Vol.* 18, 15–27, INQUA/Pergamon Press Ltd., Oxford/New York.
- KELLER, O. & KRAYSS, E. (1994): Die Bodensee-Vorlandvereisung des Rheingletschers im Konstanz-Stadium der letzten Eiszeit. – *Ber. St.Gall. Natw. Ges.* 87, 31–40, St.Gallen.
- KELLER, O. & KRAYSS, E. (1997): Eiszeit, Relief und Moorstandorte. – *Ber. St.Gall. Natw. Ges.* 88, 33–54, St.Gallen.
- KELLER, O. & KRAYSS, E. (1998): Datenlage und Modell einer Rhein-Linth-Vorlandvergletscherung zwischen Eem-Interglazial und Hochwürm. – *Geo Archaeo Rhein* 2, 121–138, Münster.
- KELLER, O. & KRAYSS, E. (1999a): Quartärgeologie zwischen Bodensee und Säntis (Ostschweiz). Führer zu den Exkursionen der AGAQ-Arbeitstagung 1999 in Kirchberg bei Wil SG. – *Phys. Geogr. Univ. Zürich Vol.* 39, 1–50, Zürich.
- KELLER, O. & KRAYSS, E. (1999b): Quartär und Landschaftsgeschichte. – In: *Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte des Kantons Thurgau 1:50000*. – *Mitt. thurg. natf. Ges.* 55, Frauenfeld.
- KELLER, W.A. (1977): Die Rafzerfeldschotter und ihre Bedeutung für die Morphogenese des zürcherischen Hochrheingebietes. – *Vjschr. natf. Ges. Zürich*, 122, 357–412, Zürich.

- KRAYSS, E. & KELLER, O. (1982): Zur Paläogeographie der Tössrinne im Würm-Hochglazial. – Phys. Geogr. Univ. Zürich Vol. 1, 205–214, Zürich.
- KRAYSS, E. & KELLER, O. (1983): Die Bodensee-Vorlandvereisung während des Würm-Hochglazials. – Schr. Ver. Gesch. des Bodensees 101, 113–129, Friedrichshafen.
- KRAYSS, E. & KELLER, O. (1994): Geologie und Landschaftsgeschichte des Murggebiets (Kanton Thurgau). – Mitt. thurg. natf. Ges. 52, 7–39, Frauenfeld.
- KRAYSS, E. & KELLER, O. (1996): Hydrographie des Bodenseeraums während der letzten Vorlandvereisung. – Schr. Ver. Gesch. des Bodensees 114, 111–143, Friedrichshafen.
- KRAYSS, E. & KELLER, O. (2000): Eiszeitliche Gewässer von der Goldach bis zur Thur. – Ber. St.Gall. Natw. Ges. 89, St.Gallen (in diesem Band).
- MÜLLER, E. (1979): Die Vergletscherung des Kantons Thurgau während der wichtigsten Phasen der letzten Eiszeit. – Mitt. thurg. natf. Ges. 43, 47–72, Frauenfeld.
- SCHINDLER, C. (1985): Geologisch-geotechnische Verhältnisse in Schaffhausen und Umgebung. – Mitt. natf. Ges. Schaffhausen 32, 119 S.
- SCHMIDLE, W. (1942): Postglaziale Spiegelhöhen des Bodensees und der Vorstoss des Konstanzer Gletschers. – Schr. Ver. Gesch. des Bodensees 68, Friedrichshafen.
- SCHREINER, A. (1974): Erläuterungen zur Geologischen Karte des Landkreises Konstanz mit Umgebung 1 : 50 000. – Geol. Landesamt Baden-Württemberg.
- STEFFEN, M. & TRÜEB, E. (1964): Quartärgeologie und Hydrologie des Winterthurer Tales. – Mitt. natw. Ges. Winterthur 31, 20 S., Winterthur.
- VILLINGER, E. (1998): Zur Flussgeschichte von Rhein und Donau in Südwestdeutschland. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. 80, 361–398, Stuttgart.
- WEBER, A. (1928): Die Glazialgeologie des Tösstales und ihre Beziehungen zur Diluvialgeschichte der Nordostschweiz. – Mitt. natw. Ges. Winterthur 17/18, Winterthur.