

Die Eiszeiten in den NWG-Berichten

Autor(en): **Keller, Oskar**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Berichte der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft**

Band (Jahr): **93 (2019)**

PDF erstellt am: **21.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-869256>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

Die Eiszeiten in den NWG-Berichten

Oskar Keller

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	225
1 Vorbemerkungen	226
2 Frühe Eiszeiten-Hinweise	226
3 Erkenntnisse zu den lokalen Vergletscherungen und zur glazialen Landschaftsformung (bis um die Mitte des 20. Jahrhunderts)	227
4 Zeitliche und räumliche Ausweitung der Eiszeitbeiträge (ab Mitte 20. Jahrhundert)	240
5 Schlussgedanken	250
Literaturverzeichnis	250

Kurzfassung

Zur Gründungszeit der NWG vor 200 Jahren war der Begriff «Eiszeiten» noch inexistent. Zur Erkenntnis einst viel ausgedehnter Alpenglatscher finden sich in den frühesten Berichten der NWG nur äusserst zaghafte Bemerkungen. Ab den 1860er-Jahren beginnen Nachforschungen zu den inzwischen akzeptierten Eiszeiten auch im st.gallisch-ostschweizerischen Raum. Die zahlreich über diese Region verstreuten erratischen Blöcke und die als solche erkannten Moränenwälle führten zur Erkenntnis der einstigen Ausbreitung des Rhein- und des «Sentis-Gletschers». In der neueren Zeit ab Mitte 20. Jahrhundert werden Vergletscherungen im ganzen Alpenrand-Bodenseeraum detailliert untersucht. Insbesondere können ältere Deckenschotter-Eiszeiten und vor allem jüngere Becken-Eiszeiten nachgewiesen und unterschieden werden. Die rund 200 Jahre Erforschung der Eiszeiten und ihrer Hinterlassenschaften sind in den Berichtbänden der NWG in Wort, Bild und Karten zahlreich dokumentiert.



Abbildung 1:
Die Alpen in der Eiszeit.
Im Bild Grönland Inlandeis.
Foto: Wikimedia Hendrik
Harms.

1 Vorbemerkungen

Dieser Beitrag zu den Eiszeiten wurde von einem Autor verfasst, der sich während Jahrzehnten mit den Hinterlassenschaften der Eiszeiten auseinandergesetzt und Artikel dazu verfasst hat. Er könnte deshalb als befangen gelten. Das stimmt grundsätzlich, wobei ein Eiszeit-Forscher wohl besser verstehen und erklären kann, was zu dieser Thematik im Laufe der Zeit erarbeitet und erkannt worden ist, als ein Aussenstehender. Dies berücksichtigend wird zurückhaltend versucht darzulegen, was zum Thema «Eiszeiten» in den Jahresberichten der NWG publiziert worden ist.



Abbildung 2:
Findling des Rhône-Gletschers bei Monthey im
Unterwallis. Aus: Jean de Charpentier 1841.

Die Eiszeiten sind erst zu Beginn des 19. Jahrhunderts aufgrund der Deutung von Findlingen als eistransportierte Gesteine postuliert worden (Abbildung 2). Es waren die Forschungen von Jean Pierre Perraudin, Walliser Bergführer und Gemsjäger, Ignaz Venetz, Bauingenieur im Wallis, Jean de Charpentier, Direktor des Salzbergwerks Bex, und Louis Agassiz, Professor an der Universität Neuchâtel, die sich zwischen 1818 und 1837 mit dem Rhône-Gletscher und seiner Ausbreitung über das Mittelland bis auf die Jurahöhen auseinandergesetzt haben. Ab der Mitte des 19. Jahrhunderts sind dann die Eiszeiten endgültig als Klima-Phänomene und als morphologisch äusserst wirksame Landschaftsgestalter erkannt und akzeptiert worden. Dies zeigt sich auch in den Berichten der NWG, in denen bis 1842 nur Randbemerkungen zur Eiszeitenfrage zu finden sind. Dann ab 1860 enthalten sie auch ganze Artikel zur regionalen Eiszeitforschung.

2 Frühe Eiszeiten-Hinweise

In den Verhandlungen von 1836/37 tauchen erstmals Bemerkungen in Bezug auf Eiszeiten auf. Herr Prof. Scheitlin berichtet von

einer Thurgau-Wanderung, auf der er ortsfremde Steinblöcke angetroffen habe, nämlich Diorit-, Granit- und Muschelkalksteine, ohne sich aber über deren Herkunft und Antransport zu äussern. Immerhin vermutet er bei mehrfach festgestellten «riesigen Sandsteingeschieben» die Herkunft von Staad (Seelaffe?), wobei er auch hier die Art und Weise des Transports offen lässt.

In den einleitenden Bemerkungen der «Verhandlungen» von 1837-42, die offenbar vom damaligen Aktuar Daniel Meyer verfasst worden sind, gibt es erstmals Hinweise auf Gletscher und Eiszeiten, indem Charpentier, Hugi und Agassiz «höchst interessante Aufschlüsse» beim Studium der einstigen Ausbreitung der Gletscher erhalten hätten. Zudem sind Ausschnitte aus einem Reisebericht von Daniel Meyer ins «Niklaustal» und an den «Zermattgletscher» abgedruckt. Darin erwähnt dieser, dass mehr als 500 (ca. 150m) über dem Gletscher polierte Felsen angetroffen worden sind «zu nicht geringer Freude» des Teilnehmers Agassiz. Dies war eine Bestätigung, dass die Gletscher einst ausgedehnter waren als selbst während des damaligen Hochstandes um die Mitte des 19. Jahrhunderts. Agassiz hatte kurz zuvor am 24. Juli 1837 an der Jahresversammlung der Schweizer Naturforschenden Gesellschaft in Neuchâtel seinen berühmten Vortrag gehalten über «eine Zeit, da riesige Gletscher das Schweizer Alpen- und Mittelland bedeckt hatten», eine Zeit, die er später «Eiszeit» nannte.

3 Erkenntnisse zu den lokalen Vergletscherungen und zur glazialen Landschaftsbildung (bis um die Mitte des 20. Jahrhunderts)

Erst Beiträge in den Berichten der NWG ab 1860 lassen erkennen, dass die Eiszeiten-Theorie auch in der Ostschweiz endgültig angekommen war. Die Bände 1858/60 und 1860/61 enthalten Artikel von J. C. Deicke über «das Erratische und das Diluvium» im

Bodenseeraum. Er trägt in grosser Anzahl Feststellungen und Einzelbeobachtungen aus der Nordostschweiz, dem Linzgau und dem Hegau zusammen. Dabei hält er fest, dass «das Erratische» Gletschergebilde, «das Diluvium» aber Wassergebilde seien. An mehreren Orten, so in Mörschwil (Bereich Abbau der Mörschwiler Schieferkohlen) und beim Nest ob St.Gallen, stellt er fest, dass diese Bildungen mehrfach übereinander liegen. Es bestärkt ihn in der Ansicht, dass dies nur «durch eine zweifache Eiszeit» erklärt werden kann. Interessant ist auch seine Erkenntnis, dass der Rhein vor der letzten Eiszeit durch den Hegau abgeflossen sein muss.

In dieser Zeitperiode ging es vor allem darum, Hinweise und Belege zu einstigen Vergletscherungen ausserhalb der Alpen zu finden und zu erkennen. So erliess Prof. A. Favre aus Genf an der Jahresversammlung der Schweizer Naturforschenden Gesellschaft 1867 den Appell an alle Mitglieder, dass sie erratische Blöcke schweizweit schonen und Findlinge beträchtlicher Grösse in Karten einzeichnen möchten. Damit könnte die Ausbreitung der quartären Gletscher abgeschätzt werden. Im Frühjahr 1870 machte auch das «Tagblatt der Stadt St.Gallen» auf die Bedeutung der «Fündlinge» aufmerksam. In der Folge fanden sich etliche Personen bereit, Ärzte, Apotheker, Lehrer, Förster,, einen «Theil ihrer freien Zeit der Wissenschaft zu opfern». Im Zusammenhang mit der «Aufnahme der Molasseformationen der Kantone St.Gallen und Appenzell» widmete sich unter anderen auch der Geologe A. Gutzwiller den «eiszeitlichen Gebilden».

Im Berichtband 1871/72 publizierte A. Gutzwiller in einem umfangreichen Artikel seine durch Feldarbeit gewonnenen Erkenntnisse zu den Findlingen und eiszeitlichen Ablagerungen im st.gallisch-appenzellischen Voralpengebiet unter dem Titel «Das Verbreitungsgebiet des Sentisgletschers zur Eiszeit». Er beschreibt darin minutiös die zahlreichen Erratiker mit ihrer Lage im Gelände und mit der Gesteinsart, was er auch in einer

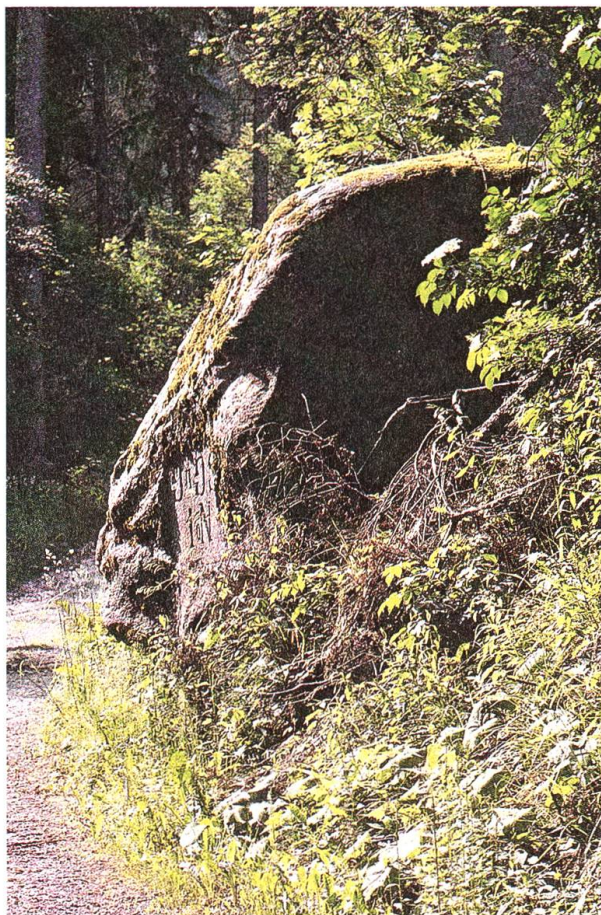


Abbildung 3a:
Riesiger Granitgneis-Erratiker am Rorschacherberg. Erster geschützter Findling der NWG (1873). Aus: R. Widmer 2004.



Abbildung 3b:
Seitenverkehrt eingemeisselte Gravur: SGNG, No. 1!

Karte festhält. Zudem erkennt er in diesem Raum etliche eiszeitliche Ablagerungen wie Moränenwälle, eisrandliche Schüttungen und Schmelzwasser-Sedimente. Sein besonderer Verdienst liegt dabei darin, dass er einen «Sentisgletscher» festlegen kann, der sich zwischen dem Rheingletscher im Osten und dem Linthgletscher im Westen ausgebreitet haben muss. Als Einzugsgebiet bestimmt er das «Sentisgebirge» und das Obertoggenburg mit den Churfürsten bis zum Speer. Er findet auch dessen Nordgrenze zwischen St. Gallen und Wil, wo sich der «Sentisgletscher» mit dem Rheingletscher vereinigt haben muss. Zudem kann er aufgrund der höchsten Findlinge die Höhe der Eisüberflutung festlegen, was bis heute Gültigkeit hat. Schliesslich äussert er sich auch noch zu den Randgebieten von Rhein- und Linthgletscher im Umfeld des Sentisgletschers in Bezug auf glaziale und eisrandliche Ablagerungen. Erwähnenswert sind hier die Talung von St. Gallen über Gossau bis Wil, das Gebiet westlich des Rickenpasses sowie das Tösstal bis Turbenthal. Abschliessend entwirft er noch eine Vorstellung über den Verlauf der Eiszeit im Ausbreitungsgebiet des «Sentisgletschers».

Die Berichtebände 1873/74 und 1874/75 enthalten keine Artikel zur eiszeitlichen Forschung, dafür aber Verzeichnisse der erratischen Blöcke, welche die NWG erworben hat. Es war damals üblich grössere Findlinge der NWG zu schenken oder ihr gegen ein kleines Entgelt zu verkaufen, womit sie unter Schutz gestellt wurden. A. Gutzwiller hat dazu Verzeichnisse erstellt mit Angaben über Grösse und Gesteinsart der Blöcke sowie Beschreibung des Standortes und Angabe der Entschädigung oder Schenkung. Zudem wurden den Steinen Nummern sowie das Signet SGNG eingraviert (Abbildung 3).

Ein Beispiel: «Nr. 61. *Der grosse Kalkblock im Unterstein*, ein Kieselkalk von 5,1 m Länge, 3,9 m Breite und 3 m Höhe. Er liegt im Unterstein am Gätziberg unter der Stossstrasse, auf Grund und Boden (einer Weide) des Herrn Joh. Jakob Haltiner von Altstätten.» Es folgen drei weitere Findlinge. «Herr



Abbildung 4:
Gruppe von im Jahr 1874 geschützten Findlingen. Foto aus: C. Rehsteiner 1901/02.

Joh. Jakob Haltiner hat die vier genannten Blöcke im Unterstein um 60 Fr. an die Gesellschaft abgetreten.»

Im Jahrbuch 1901 findet sich ein weiterer Artikel zu den Findlingen der NWG von C. Rehsteiner unter dem Titel: «Unsere erratischen Blöcke» (Abbildung 4). Er geht einleitend auf die Bedeutung der Erratiker als Zeugen der Eiszeit ein und ruft dabei auf, weitere Blöcke zu schützen, aber nur wenn sie auffallen durch ihre Grösse, die Gesteinsart und besondere Höhenlage. Zentral in diesem Beitrag aber ist die Auflistung aller bis 1900 in den Besitz der NWG gelangten Steine inklusive diejenigen in den Verzeichnissen von A. Gutzwiller (1874 und 1875). Er kommt auf die stattliche Anzahl von 147 Findlingen sowie weitere 28 Steine, die in den Stadtpark von St. Gallen überführt worden sind.

Mit viel Enthusiasmus wurden bis um 1900 grosse erratische Blöcke als wichtige Eiszeitzeugen registriert und unter den Schutz der NWG gestellt. Mit der weiteren Erforschung

der Eiszeiten ebte dann aber «das Sammeln von Erratikern» ab. Inzwischen sind viele der geschützten Blöcke wohl in Unkenntnis des Schutzstatus «verschwunden». Die Verträge sind darum nach 1978 gelöscht, respektive den betreffenden Gemeinden abgetreten worden, die nun über ihre Schutzwürdigkeit (Schutzverordnungen) entscheiden. Zu den erratischen Blöcken der NWG äussert sich R. Widmer ausführlich im Artikel «Zum Stellenwert des Naturschutzes innerhalb der NWG» im Berichtband 90 (WIDMER 2004).

Ein besonderes Schicksal erfuhr 2017 der Erratiker NSG9 in Altstätten (Abbildung 5), der 1872 für Fr. 30.– von der NWG erworben worden war, seit 1993 im Besitz der Gemeinde Altstätten ist und weiterhin unter Schutz steht. Es ist ein vergneister Granit aus dem Raum Disentis mit 8,5m Länge und 70 Tonnen Gewicht. Da er mitten in einem Baugrund lag, wurde er 2017 mit einem Spezialkran um 15m an den Strassenrand versetzt



Abbildung 5:
Mächtiger Erratiker NSG 9 in Altstätten während
der aufwändigen Verschiebung 2017.
Foto: O. Keller.

und damit der Nachwelt erhalten (2017 ist eine Tafel von Keller beim Erratiker in Vorbereitung).

Im Berichtband 1884/85 finden sich Beobachtungen und zeitgemässe Erkenntnisse zur Eiszeit im Raum Rorschach–St.Gallen–Wil verfasst von Dr. J. Früh, Kantonsschullehrer in Trogen. In diesem Artikel «Zur Geologie von St.Gallen und Thurgau» widmet er das Kapitel III der lokalen Vergletscherung mit dem Titel «Zur Kenntnis des Rheingletschers». Sein besonderes Augenmerk gilt dabei der Verbreitung der Seelaffe-Blöcke. Diese stammen, wie er festhält, aus der Molasse zwischen Staad und dem Rossbüchel, wo dieser stark verfestigte, fossilreiche Sandstein ansteht und ausschliesslich dort vorkommt. Aus den Funden dieser Erratikerart im Osten von St.Gallen bis in die Gegend

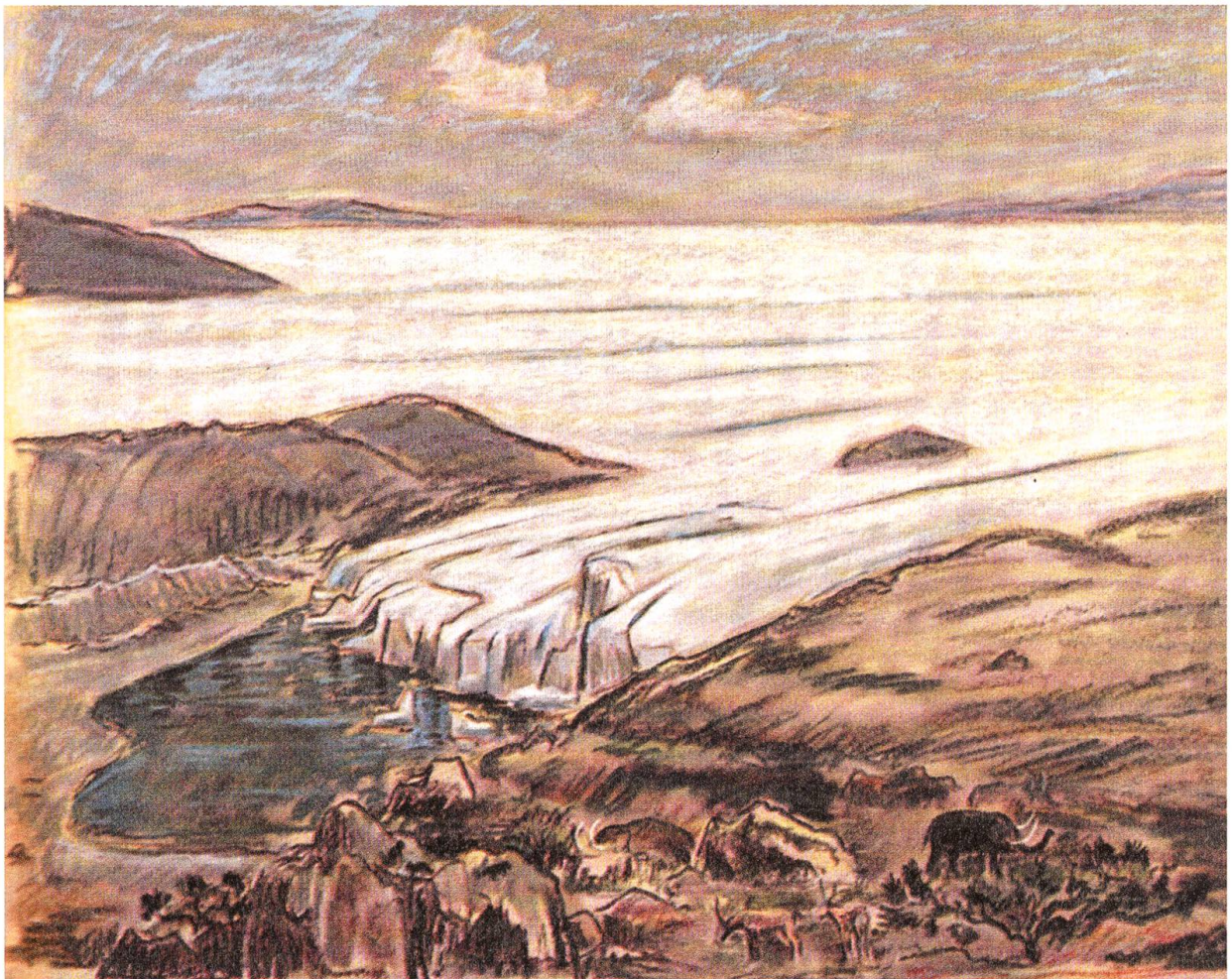


Abbildung 6:
St.Gallen zur Eiszeit mit Eisstausee im Hochtal sowie Mammuts und Rentieren. Gemälde von W. Früh
um 1900.

Abbildung 7:
Drumlinslandschaft von
Wittenbach. Zeichnung in C.
Falkner & A. Ludwig 1916.



von Henau-Uzwil schliesst er auf das Vorrücken des Rheingletschers von Rorschach via St.Gallen–Gossau bis Wil (Abbildung 6). Den Stadthügel von Wil betrachtet er als Moränenwall des Rheingletschers, ebenso die Wälle südlich der «Schwemmgebilde» des Wilerfeldes. Dabei stellt er auch die Frage nach der Bedeutung der Littenheid–Bichelsee–Rinne, wozu er aber keine Antwort gibt. Zwischen Münchwilen und Sirnach fand er deutliche Gletscherschliffe mit allgemeiner Richtung NNE gegen SSW. Für ihre Bildung postuliert er eine Rheingletscherzunge vom Thurgauer Thurtal durch das Lauchetal.

Bemerkenswert ist, dass in der Frühzeit der Erforschung des Rheingletschers zwar einzelne Eisströme erkannt und beschrieben wurden, aber auf den Gesamt-Eiskörper des Gletschers nicht eingegangen wurde.

Der Band 1894/95 enthält einen umfangreichen und detaillierten Beitrag von Dr. J. Früh über «Die Drumlins-Landschaft». Einerseits untersucht er die Drumlins auf ihren Materialinhalt, andererseits beschreibt er typische, durch Drumlins geprägte Landschaften. Er schreibt, dass diese auffälligen, in Serie vorkommenden Hügel aus Grundmoräne bestehen, längliche Gestalt haben von selten mehr als 1 km Länge und maximal um 30 m hoch sind. Er stellt insbesondere auch ihre asymmetrische Form fest, wobei sie im Luv bezüglich der Gletscherbewegung steiler sind und im Lee flacher auslaufen. Sie bilden Schwärme und charakterisieren oft ausgedehnte Landschaften in leicht erhöhter Lage

auf Plateaus. Im Weiteren beschreibt Früh Drumlins-Landschaften in Nordamerika, im Vorland der Ostalpen und in Irland, woher auch der Begriff stamme, abgeleitet von «drum». Offenbar kannte er diese Regionen aus eigener Anschauung. Besondere Aufmerksamkeit widmet er dem Ausbreitungsgebiet von Rhein- und Linthgletscher. Hier werden im Einzelnen die charakteristischen Drumlinslandschaften vorgestellt. Dazu hat er auch eine Spezialkarte gezeichnet (Abbildung 7). Generell darf festgehalten werden, dass es bis heute keine neuen Erkenntnisse zu den Drumlins gibt. Das bedeutet, dass bereits vor mehr als 100 Jahren das Wesen der Drumlins erfasst worden ist. Drumlins sind längliche Kuppen aus vorwiegend Moränenmaterial, angeordnet in Bewegungsrichtung des Gletschers.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde seit längerem die Frage der Entstehung der Alpentäler und der Alpenrandseen kontrovers und oft mit grossem Engagement diskutiert. Auf der einen Seite standen die Anhänger der Fließwassererosion. Sie vertraten die Ansicht, dass die Alpentäler durch Bäche und Flüsse einerodiert und ausgeweitet worden wären, wobei die Alpenrandseen durch spätere Rücksenkung des Alpenkörpers entstanden seien. Glaziale Erosion wurde als kaum wirksam ausgeschlossen. Der bekannteste Vertreter dieser Erklärung war der damals bereits höchst angesehene Albert Heim (HEIM 1919). Auf der anderen Seite standen die Befürworter der Gletscherero-



Abbildung 8:
Churfirsten als Restberge zwischen eiszeitlichen Kardurchbrüchen. Foto: O. Keller.

sion, die aufgrund der U-Talformen und der felsigen, steilen Talstufen Eiszeitgletscher als Verursacher annahmen. Nur die darin eingeschnittenen Schluchten wären durch linear erodierende Fließgewässer geschaffen worden. Die Alpenrandseen müssten durch die Eiszeitgletscher ausgeschürfte, übertiefte Becken sein. Diese Theorie wurde insbesondere durch die berühmten Eiszeitforscher Albrecht Penck und Eduard Brückner aufgestellt (PENCK & BRÜCKNER 1905).

A. Ludwig berichtet im NWG-Band 1905 «Über glaziale Erosion und über die Ursachen der Eiszeit». Er schildert ausführlich, wie er ursprünglich die Fließwassererosion als treibende Kraft für die Ausformung der Alpentäler angesehen habe. Später, bei seinen zahlreichen Exkursionen im Alpenraum wurde ihm klar, dass die Talformen im Wesentlichen nur als Werk der Eiszeitgletscher verstanden werden können. Er beschreibt zahlreiche Täler und Berge, deren Formen Zeugnis der Glazialerosion ablegen. Auch die Churfirsten werden ihm als glazial geformt klar. Er schreibt dazu: «Die so auffallende Gipfelreihe der Churfirsten, herausgearbei-

tet aus einer schiefen Platte von Schichten des Kreidesystems, erscheint mir jetzt als Resultat der Tätigkeit erodierender Hängegletscher, welche die Nischen zwischen den Gipfeln bildeten.» Es ist erstaunlich, dass schon vor mehr als 100 Jahren die Churfirsten in ihrer einzigartigen Gestaltung als glazial geformt gedeutet wurden – und dies ist auch heute noch gültig (Abbildung 8).

Im zweiten Teil seines Artikels versucht er die Eiszeiten als Gletschervorstöße aus den vor der Eiszeit bedeutend höheren, noch nicht glazial ausgeräumten Alpen zu erklären, die eine gewaltige Eisdecke getragen hätten. Seine Eiszeittheorie, die ohne Temperatur-Absenkung auskommt, stand schon damals im Widerspruch zu den von Penck angenommenen, um etwa 4°C erniedrigten Temperaturen. Sein Erklärungsversuch ist heute nicht mehr verständlich, zeigt aber deutlich, dass das Phänomen «Eiszeiten» zwar erkannt, aber noch nicht erklärt werden konnte.

Im Jahrbuch 1908/09 wurde die Dissertation von C. Falkner gedruckt mit dem Titel «Die südlichen Rheingletscherzungen von

St. Gallen bis Aadorf». Sie wurde gemäss seiner Verdankung von Prof. Dr. A. Heim betreut. Kurze Zeit zuvor war 1905 das umfassende Werk «Die Alpen im Eiszeitalter» von A. Penck und E. Brückner herausgekommen, worin der Rheingletscher vor allem nördlich und westlich des Bodensees genauer behandelt wird. Falkner ging von der Voraussetzung aus, dass sich der Rheingletscher südwestlich des Bodensees in drei Zungen aufgespalten hatte, eine Zunge über St. Gallen bis gegen Gossau, eine weitere um den Tannenberg herum bis Wil und eine dritte Zunge von Weinfelden her durch das Lauchetal gegen Sirnach und Aadorf. Er stützte sich bei seinen Untersuchungen auf zahlreiche, damals noch vorhandene kleinere Aufschlüsse, meist Kiesgruben. Die drei Zungen konnte er mit frontnahen Eisrandwällen und mit eigentlichen Frontwällen begrenzen, was auch noch heute Bestand hat. Interessanterweise hat er aber die seitlichen Eisränder um den Tannenberg, die Braunauer Höhen und am Sonnenberg nicht in seine Untersuchungen einbezogen. Das heisst, er hat die vertikalen Ausmasse des Rheingletschers als zentraler Eiskörper nicht berücksichtigt. Hingegen widmete er dem Molasse-Untergrund grosse Aufmerksamkeit. Ein weiteres Kernstück seiner Arbeit stellen die Drumlinsfluren dar, die generell intern seiner Frontwälle auftreten. Er behandelt schliesslich auch die grossen Schotterfelder ausserhalb seiner Zungen, insbesondere die Räume Winkeln-Gossau, Wilerfeld, Eschlikon und Aadorf. Hingegen entgingen offenbar seinen Beobachtungen die in verschiedenen Höhenlagen eingetieften Eisrand-Entwässerungswege, wie das Rindal. Zusammenfassend kann C. Falkner den inneren Jungendmoränenkranz, die sehr markante Eisrandlage der Nordseite des Bodenseebeckens, auch südlich des Bodensees gut abgesichert nachweisen. Dazu hat er auch eine detaillierte Vergletscherungskarte gezeichnet.

Zu den Mörschwiler Schieferkohlen und deren Einordnung ins glaziale Geschehen äussert sich A. Ludwig im Band 1910 in

einem kompakten Aufsatz. Er hat sich eingehend mit diesen Ablagerungen auseinandergesetzt, indem er nebst Aufschlüssen im direkten Bereich des Kohlelagers auch zahlreiche Aufschlüsse in dessen Umgebung untersucht hat. Frühere Autoren vertraten die Ansicht, dass die Kohlen, die viele Pflanzenreste enthalten und zwischen Grundmoränen eingeschoben sind, interglazial zwischen der vorletzten und der letzten Eiszeit aus einem Moor hervorgegangen wären. Ludwig vertritt nun die Ansicht, dass es sich eher um eine interstadiale Bildung, also um eine Warmphase innerhalb der letzten Eiszeit handle. Heute weiss man, dass aufgrund des Floreninhalts und von ¹⁴C-Datierungen tatsächlich ein Interstadial innerhalb der letzten Eiszeit vorliegt (KELLER & KRAYSS 1998) (Abbildung 9).

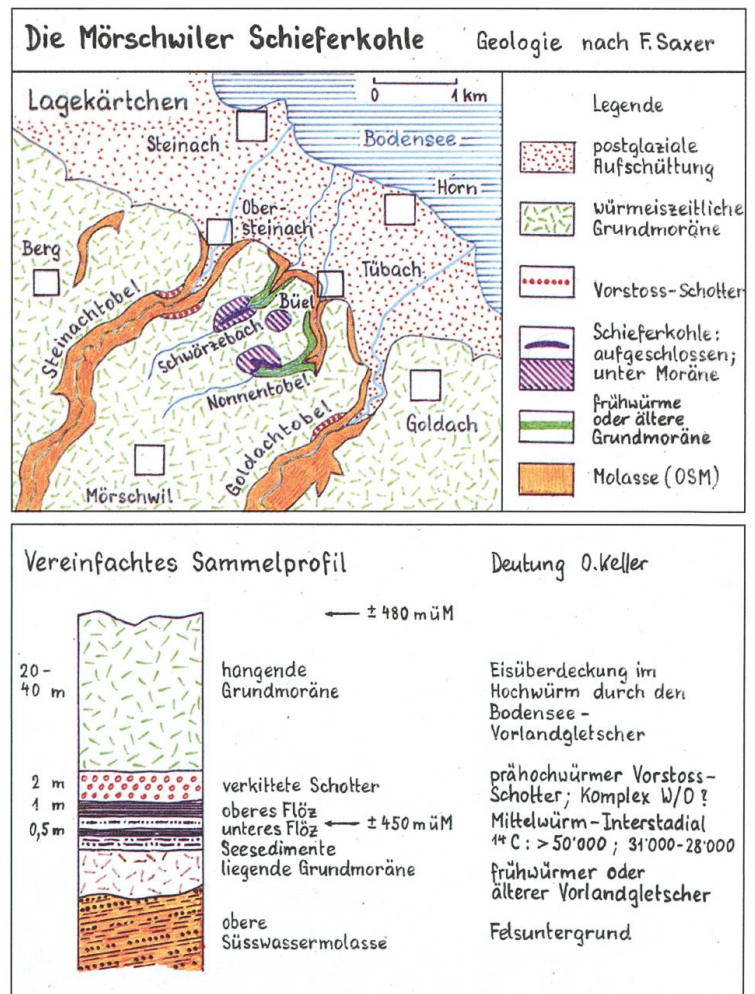


Abbildung 9: Geologische Karte und Profil zu den Mörschwiler Schieferkohlen. Nach Saxer 1964 (Geol. Karte) und Keller & Krays 1998.

In demselben Jahrbuch von 1910 berichtet C. Falkner, bereits zuvor auch im Band 1908/09 über einen Gletscherschliff in St. Georgen, der bei der Anlage der Fahrstrasse zum Biserhof hinauf am Westhang des Freudenbergs (heute erste Kurve der Biserhofstrasse) zum Vorschein kam, mit deutlicher Schrammung der Molasse-Sandsteine sowie einigen Erosionskesseln (Gletschermühlen). Aufliegende kristalline Erratiker, auch Seelaffe belegen den Rheingletscher als Verursacher. Er schliesst: «Leider konnte dieses seltene Eiszeitzeugnis nicht geschützt und erhalten werden, es musste der Strasse weichen.» (Abbildung 10).

Zu den Vereinsjahren 1914–1916 erschien der 54. Band der Jahrbücher der NWG. Er enthält zwei umfangreiche Beiträge zu Eiszeitfragen von A. Ludwig «Über die Entstehung des Rheintals und des Bodensees» und von A. P. Frey «Die Vergletscherung des oberen Thurgebietes».

Nachdem A. Ludwig in seinem Artikel im Band 1905 die Ausformung der Alpentäler (z. B. Rheintal) und der Alpenrandseen (z. B. Bodensee) den Eiszeitgletschern zuschrieb, macht er in diesem Artikel von 1916 eine Kehrtwendung hin zur «alleinig verantwortlichen Fliesswassererosion» und zur nachfolgenden Rücksenkung der Alpenrandbecken im Sinne der Theorie von A. Heim. – Was hat ihn bewogen, die glaziale Erosion plötzlich

als nichtig anzusehen? Es ist dem Autor völlig unverständlich. – Er beschreibt wiederum eine Vielzahl von Tälern, die durch hin und her pendelnde Flüsse ausgeweitet worden seien, wie beispielsweise das Tal der oberen Bregenzerach, das Prättigau oder das Schams (oberhalb der Viamala). Auch das gesamte Rheintal erklärt er als fluvial entstanden, wobei er seine Breite mit einst parallel fließenden Flüssen in Zusammenhang bringt. «Nie und nimmer können wir im Rheintal einen Glazialtrog erblicken.» Die auffälligen Stufenmündungen von Seitentälern sind für ihn auf harte Gesteinsformationen zurückzuführen. Die darin eingetieften Schluchten der Talflüsse wie Tamina- oder Viamala-Schlucht sind der Beweis für fluviale Erosion der gesamten Täler auch oberhalb der Schluchten. Eine allgemeine Absenkung hätte danach zu den tief liegenden Tälern wie Rheintal oder Walgau geführt und anschliessend zur Verfüllung mit Schutt der Flüsse. Nach seiner Anschauung ist auch der Bodensee ein ehemaliges Flusstal des Rheins, das später infolge Absenkung zum See umgewandelt worden ist. – Offensichtlich hat sich Ludwig neu wieder der Theorie von A. Heim zugewandt, der einmal gesagt haben soll: «Mit Butter kratzt man keinen Stein.» Was auch immer der tiefere Grund für diese Kehrtwendung von Ludwig gewesen sein mag, es zeigt sich klar, dass noch damals die formende Kraft der Eiszeitgletscher nicht allgemein akzeptiert worden ist.

Ein völlig anders gelagerter Beitrag im selben Band ist derjenige von A. P. Frey. Es handelt sich, was aus seinen Vorbemerkungen zu schliessen ist, um seine Dissertation, indem er die Anregung zu dieser Arbeit seinem «hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. H. Schardt» verdankt. Frey hat das Toggenburger Thurtal und seine Nebentäler in zwei Jahren Feldarbeit auf Hinterlassenschaften der Eiszeit untersucht. Seine Erkenntnisse hält er in Karten und Profilen fest und beschreibt sie ausführlich in seiner Dissertation. Einen grösseren Abschnitt widmet er den damals bereits gut bekannten eiszeitli-



Abbildung 10:
Eisgeschliffene Sandsteinplatte oberhalb
St. Georgen. Foto: C. Falkner 1910.

chen Gletschern der Umgebung: Rheingletscher im Rheintal, Walensee-Rheingletscher, Linthgletscher westlich des Rickenpasses, Rheingletscher im Raum Wil, Urnäsch- und Sittergletscher. Im Detail berichtet er über seine Erkenntnisse im Thurggebiet zu Grundmoränen, Wallmoränen und Erratikern. Aufgrund seiner Untersuchungen kann er die Maximalvergletscherung der letzten Eiszeit abschätzen. Besonders genau kartiert er das «1. Rückzugsstadium des Thurgletschers» im Raum Bazenhaid – Kirchberg – Bütschwil, wo er auch Schmelzwassertäler und Eisstauseen erkennt (Abbildung 11). Im obersten Toggenburg legt er das «Bühlstadium» fest, das er mit dem Penck'schen «Bühl» im Inntal korreliert (PENCK & BRÜCKNER 1905). Er kartiert und beschreibt auch verschiedene Schotter und Bergstürze sowie späteiszeitliche Gletscherstände am Nordfuss der Churfürsten, im westlichen Säntisgebirge und im Wissthurtal. – Mit seinen Untersuchungen hat er erstmals ein lokales eiszeitliches Gletschersystem in den Grundzügen erfasst, wenn auch zum Teil noch lückenhaft.

Im Band 58, 2. Teil, 1922, der NWG-Jahrbücher ist die Dissertation von W. Tappolet zur Lokalvergletscherung des Säntisgebirges gedruckt. Es ist die erste Arbeit zu einem Eiszeitthema über den gesamten Alpstein und sein direktes Vorland. Tappolet findet einleitend die Feststellungen von A. Heim von 1905 bestätigt, ohne sie aber weiter zu kommentieren. Heim äussert sich folgendermassen: «Die Gletscher im Säntisgebirge haben gewiss auch die Felsen abgeschliffen, bei tiefer Firngrenze auch etwas ausgeräumt, aber niemals ganze Täler und Mulden ausgekolkt. Die Täler sind fast alle tektonisch begründet. ... Diese geringen Eismassen besaßen aber keine bedeutende Formen bildende Macht.» In der Tat entdeckt Tappolet innerhalb des Alpsteins nur wenige eiszeitliche Ablagerungen, während die Gletscher in den Randzonen zahlreiche Moränen und erratische Blockstreu hinterlassen haben. So kartiert er im Luterental, im Raum Schwägalp, aber auch im Weissbachgebiet zahlrei-

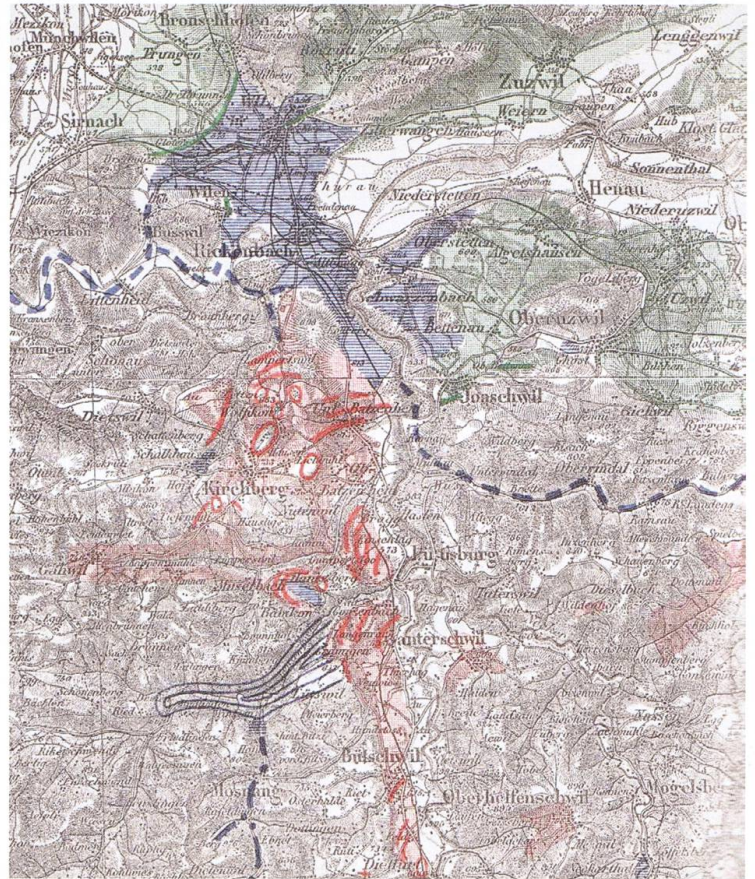


Abbildung 11:
Eiszeitliche Bildungen des Zürich-Stadiums der letzten Eiszeit im Raum Wil – Bütschwil. Ausschnitt aus der Karte von A.P. Frey 1916.

che, meist frontale Eisrandwälle. Er erkennt auch die markanten Glazialbildungen am Ausgang des Säntisthurtals und des Schwendetals beim Weissbad. Dabei konzentriert er sich auf die Gletscher-Frontmoränen, während etwa im Bereich Schwende-Wasserauen die Seitenmoränen und Eisrandterrassen seinen Untersuchungen entgehen. Die Glazialbildungen rund um den Alpstein stellt er ins «Bühl-Stadium» (nach PENCK 1905) mit einer Schneegrenzabsenkung von 850–950 m gegenüber der damaligen Schneegrenze von etwa 2400 m ü. M. Diese Werte konnten seither bestätigt werden (KELLER 1989, Band 84). Die wenigen innerhalb des Alpsteins festgestellten Moränen ordnet er jüngeren spätglazialen Stadien zu. Genauer hat er auch den Salezer Bergsturz, der vom Staubereng-

KARTE DER LOKALGLETSCHER DES SÄNTISGEBIRGES

1:50 000.



Abbildung 12:
Ausschnitt aus der Karte der
späteiszeitlichen Gletscher
des Säntisgebirges. Karte:
W. Tappolet 1922.

rat ins Rheintal niederfuhr, untersucht und kommt zur Überzeugung, dass er nacheiszeitlich einzustufen ist. Seine umfangreichen Forschungen hat er abschliessend in einer Gesamtkarte des Alpsteins festgehalten, die nebst den Glazialbildungen durch sorgfältig dargestellte Felspartien auffällt (Abbildung 12).

Das Jahrbuch der NWG von 1926 enthält einen umfangreichen und detaillierten Artikel von E. Kesseli mit dem Titel «Die Jungmoränenstadien in den Quertälern der st. gallisch-appenzellischen Molasse». Nach den Untersuchungen von J. Gutzwiller (Band 1871/72) hat Kesseli als erster eine Ordnung der Gletscherzungen im Voralpengebiet zwischen Toggenburger Thurtal im Westen und dem Appenzeller Sporn ob St. Margrethen im Osten aufgrund der von ihm gefundenen Moränenwälle erarbeitet. Insbesondere hat er erkannt, dass zur Zeit, als die Jungendmoränen der Rheingletscherzungen zwischen St. Gallen und Wil entstanden (FALKNER im Jahrbuch 1908/09), die Lokalgletscher vom Alpstein her diesen Eisrand nicht mehr

erreichten. Er findet deren Zungenenden, ausgewiesen durch zahlreiche Moränenwälle, in den Tälern von Rotbach, Sitter, Urnäsch, Necker und Goldach. Diese Eisrandlagen haben zum Teil auch noch nach neueren Erkenntnissen Gültigkeit. Allerdings hat er die oft hoch an den Molasse-Berghängen vorkommenden Eisrandterrassen und Moränenwälle nicht erkannt, sodass er die Gletscherzungen zu flach und zu wenig mächtig angenommen hat. Dies zeigt sich auch in seiner dem Artikel beigelegten Vergletscherungskarte in sehr schmal gezeichneten Eisströmen (Abbildung 13). Offenbar hat man sich die eiszeitlichen Gletscher der Voralpen als wenig mächtige, fast flussartige Eisströme vorgestellt, die «wie Schlangen» durch die Täler gekrochen wären. Andererseits aber wusste man, dass der Rheingletscher im Rheintal so mächtig war, dass er Zungen über den Stoss und über Eggerstanden vorschieben konnte.

Besondere Erwähnung verdient unter anderem die Erkenntnis von Kesseli, dass der Weissbach vom Kronberg herunter durch die glaziale Talverbauung beim Gontenbad

gestaut und beim Jakobsbad zur Urnäsch umgelenkt worden ist. Andererseits kommt er aufgrund einiger erratischer Blöcke für den Dreilindenkamm südlich St. Gallen von Notkersegg bis St. Georgen zur Auffassung, dass das ganze Gebilde einen Moränenwall darstelle, hinter dem sich die Talung der Dreiweiheren gebildet habe. Tatsächlich aber handelt es sich um einen Molasse-Nagelfluhrücken mit dem Talzug Notkersegg-Dreiweiheren als eiszeitliche Schmelzwasserrinne.

Kesseli unterscheidet zwei Gletscherstadien, die innerhalb und höhenmässig unterhalb der Maximalvergletscherung der letzten Eiszeit liegen. In seinem «Steiner-Stadium» (Stein AR) verschmelzen Sittergletscher und Rheingletscher noch im Raum Haggen im Westen von St. Gallen, während sie im «Gmündertobel-Stadium» südlich von Haggen getrennt sind. Dieses Stadium parallelisiert er mit dem «Zürich-Stadium», was noch heute akzeptiert ist.

Das Jahrbuch Band 65, 1929/30 enthält von E. Bächler den Beitrag «Die Eiszeit in den Alpen in ihren Beziehungen zur Urge-

schichte des Menschen, mit besonderer Berücksichtigung der schweizerischen Prähistorie». Es ist eine umfassende Darstellung des damaligen Wissens über die Eiszeiten in geraffter Form. Als Grundlage verwendet der Autor die bereits gewaltige Flut an Literatur. Es geht ihm darum, einen weiten Rahmen zu den Eiszeiten in geologischer, klimatischer und systematischer Hinsicht sowie über die Entwicklung der Flora, Fauna und des Menschen im Eiszeitalter zu geben. Diese Arbeit muss insbesondere im Rahmen der prähistorischen Forschungen von E. Bächler gesehen werden. Einen besonderen Akzent legt er als Prähistoriker auf die Erkenntnisse und offenen Fragen zur Erforschung der Frühmenschen (Neanderthaler) und zum «Modernen Menschen» (Cro Magnon).

Im Kapitel «Die Eiszeit und das schweizerische Paläolithikum» geht er ausführlich auf die Entdeckungen, Auswertungen und Einstufungen im eiszeitlichen Geschehen von «Wildkirchli», «Drachenloch» und «Wildmannlisloch» ein. Die hier vorgefundenen paläolithischen Kulturstufen ordnet er dem

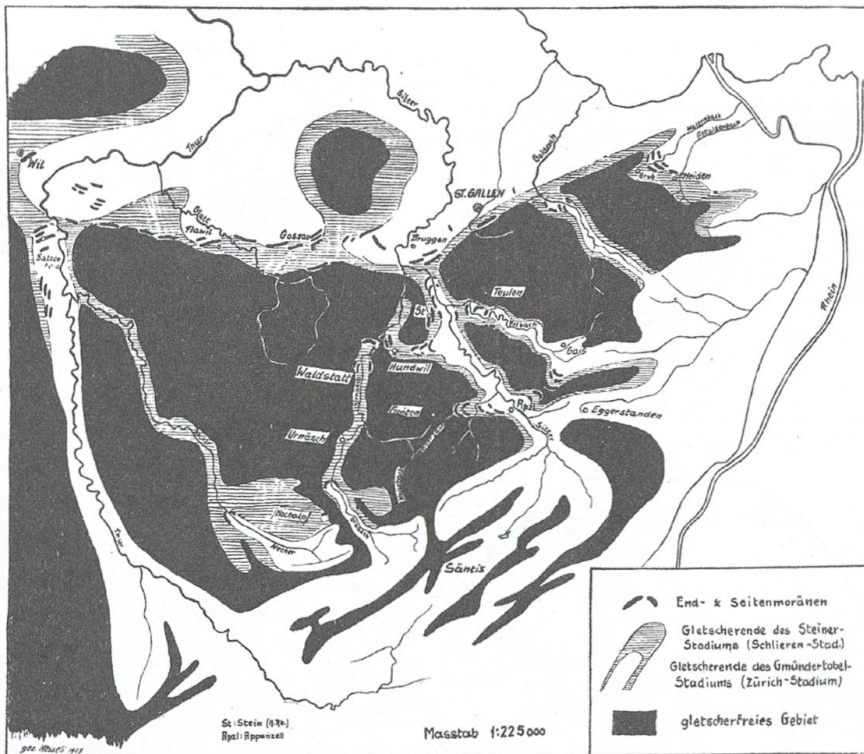


Abbildung 13:
Eiszeitliche Gletscher zur Zeit des Zürich-Stadiums der letzten Eiszeit im Appenzellerland und Toggenburg. Karte: E. Kesseli 1926.

letzten Interglazial zu (Abbildung 14). – Heute weiss man, dass die Wildkirchli-Besiedlung im grossen Interstadial innerhalb der letzten Eiszeit einzuordnen ist (SCHMID 1977).

In demselben Band 65 findet sich auch ein Artikel von F. Saxer zum Baugrund der Altstadt St.Gallen, wo eine tiefe Baugrube Einblick in die Lockersedimente gewährte. Saxer erkennt Deltastrukturen unter Moräne, die wieder von Deltaschüttungen von Süden her überdeckt sind. Ob diese mit der etwas östlich austretenden Steinach zusammenhängen, bleibt unklar. Generell stellt er fest, dass der Untergrund der Stadt St.Gallen, aber auch des Tal der Demut postglaziale, teils mächtige Verfüllungen aufweisen. Die Anlage und Ausweitung dieser Täler im Zusammenhang mit Eiszeitgletschern ist für ihn unumstritten.

Im Weiteren enthält Band 65 auch einen grösseren Beitrag von A. Ludwig mit dem Titel «Die chronologische Gliederung der eiszeitlichen Ablagerungen zwischen Sän-

tis und Bodensee». Er hält einleitend fest, dass die Eiszeitgliederung mit vier Glazialen allgemein anerkannt ist und dass die Würm-Stadien «Schlieren» und «Zürich» das letzteiszeitliche System vervollständigen. Offensichtlich werden in dieser Zeit die lokalen Gletscherstände bereits in eine übergeordnete Chronologie eingestuft.

Ludwig unterstreicht die Bedeutung des Erkennens glazialer Ablagerungen im Gelände. Vor allem sind Moränenwälle und Schotterfelder für die Abgrenzung von eiszeitlichen Eisrandlagen wichtig. Allerdings sind Täuschungen bei Moränenwällen etwa durch Molasse-Erhebungen häufig. Dazu führt er Beispiele an, z.B. auch den Dreilindengrat (KESSELI 1926), der bei genauerem Nachforschen sich eindeutig als Molassekamm erwiesen hat. Er beschreibt auch zahlreiche, von ihm untersuchte Eisrandmoränen im gesamten Gebiet zwischen Bodensee, Wil und Alpstein. Insbesondere aber beschäftigt ihn die eiszeitliche Chronologie, das heisst die Einstufungen der eiszeitlichen Eisrand-

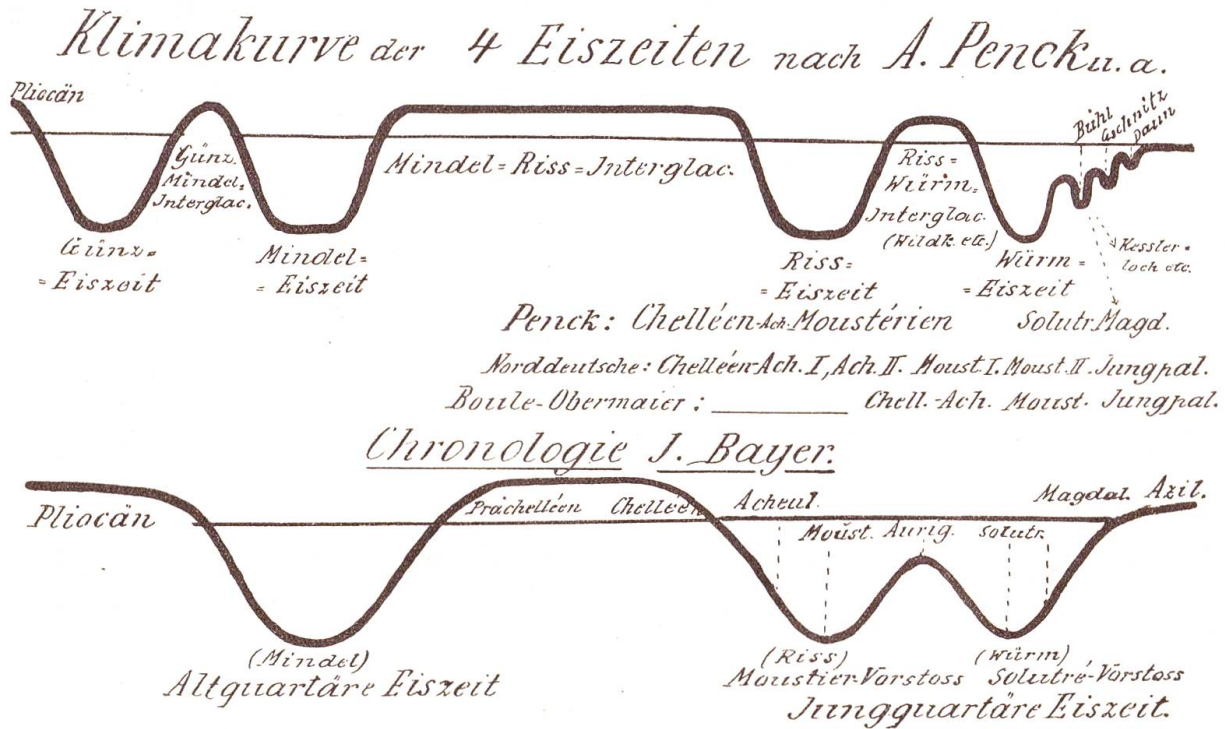


Abbildung 14: Eiszeitliche Klimakurven nach Penck und Bayer mit Ergänzungen von Bächler. Grafik in E. Bächler 1929.

lagen. Dabei geht es ihm zuerst einmal um die Abgrenzung der Würm-Vergletscherung gegenüber Riss. Als Grundlage dient ihm die Höhenlage der Schneegrenze, die er gemäss Penck (1905) mit 1200 m Absenkung gegenüber damals 2400 m ü. M. am Säntis annimmt und die damit der Höhenlinie 1200 m ü. M. entspricht. Er wendet sodann eine rechnerische Methode an, nach der die Vergletscherung über der Schneegrenze von 1200 m ü. M. in etwa gleiche Fläche aufweisen soll wie das hydrographische Einzugsgebiet bis zur Gletscherfront. Damit kommt beispielsweise die Front des Thurgletschers im Würm-Maximum in den Raum südlich Wattwil zu liegen, also weit innerhalb des Bazenheid-Stadiums, das gemäss FREY (1916) und KESSELI (1926) mit dem Zürich-Stadium (kleiner als Würm-Maximum) parallelisiert wird. Ludwig schreibt dazu: «Einen Thurgletscher anzunehmen, der sogar nach dem Würm-Maximum noch bis Bazenheid hinabreichte, ist undenkbar.»

Der Sittergletscher wäre demnach nur bis Haslen vorgestossen, wobei Ludwig nur einen geringen Eiszuschuss vom Rheintal her annimmt, indem der Rheingletscher bei etwa 900 m ü. M. gestanden hätte. – Da stellt sich die Frage, ob sich Ludwig wohl nicht bewusst war, dass der Rheingletscher bei dieser niedrigen Höhenlage niemals bis zum Federsee nahe der Donau hätte vorstossen können. – Diese geringen Ausmasse der Würm-Vereisung, die Ludwig annahm, fanden in etwas abgeschwächtem Mass aber noch Eingang in die Geologischen Karten Flawil-Herisau 1930, St.Gallen-Appenzell 1949 und Rorschach 1964, indem die höheren Regionen noch als «Riss-Eiszeit» eingezeichnet sind. Ausführlich behandelt Ludwig im Weiteren die einzelnen glazialen Bildungen im Appenzeller und Toggenburger Voralpengebiet, wobei er folgerichtig den grössten Teil der Riss-Eiszeit zuweist.

In den Schlussbemerkungen weist der Autor auf mögliche Einwände zu seinen Zuweisungen hin, indem er den grössten Teil der eiszeitlichen Formen als «Riss» erklärt hat



Abbildung 15:
Gletscher geformte Karwanne und Karausgang
im südlichen Alpstein. Foto: H. Lüthi 1937/38.

im Widerspruch zur öfteren «Frischheit» von Moränenwällen oder dem geringen Verwitterungsgrad. Ein weiterer von ihm genannter möglicher Einwand bezieht sich auf die eiszeitliche Schneegrenze, deren Höhenlage vor allem zu seinen Riss-Einstufungen geführt hat.

Der Band 69 der Jahrbücher der NWG 1937/38 enthält einen Beitrag von H. Lüthi mit dem Titel «Geomorphologische Untersuchungen im Säntisgebirge» (Dissertation). Nebst dem tektonischen Bau des Alpsteins, der damals bereits im Detail von Alb. Heim und Arn. Heim in den Jahren 1905 bis 1923 erforscht worden ist, geht Lüthi auf die morphologische, formgebende Ausgestaltung des Alpsteins ein und zwar sowohl auf die Bergformen als auch auf die Täler und Beckenformen. Während Alb. Heim das Gebirge noch als hauptsächlich tektonisch modelliert und durch Verwitterung und fluviale Erosion ausgestaltet betrachtet, erkennt Lüthi einen grossen Teil des Formenschatzes als glazial entstanden. Eindeutige Kennzeichen einer ehemaligen intensiven Vergletscherung sind die Karräume und hochliegenden Trogbildungen (Abbildung 15). Die zahlreichen U-förmigen Täler sind klare Zeugen der Wirkung der Eisströme. Es sind aus-

geweitete Täler, die zwar oft den tektonischen Faltenstrukturen folgen, aber auch über abgetragene Falten hinwegziehen und durch Fliesswasser nicht erklärable Übertiefungen aufweisen, z.B. das Fälenseetal oder die poljenartige Wanne des Säntisersees. Er beschreibt auch das Wasserauen-Schwendental als glaziales Trogtal, gebildet hinter dem Moränenkranz beim Weissbad. Etliche aussagekräftige Fotos und zwei Kartenbeilagen vervollständigen den Beitrag von Lüthi. – In den bisherigen eiszeitlichen Untersuchungen im randalpinen Raum und in den Voralpen bis zum Bodensee wurden ausschliesslich die glazialen Aufschüttungen, insbesondere Moränen, Erratiker und Schotterfelder beschrieben und besprochen. In dieser Arbeit von Lüthi steht nun zum ersten Mal vertieft die glaziale Erosion im Vordergrund.

4 Zeitliche und räumliche Ausweitung der Eiszeitbeiträge (ab Mitte 20. Jahrhundert)

Untersuchungen, in deren Zentrum eiszeitliche Fragestellungen stehen, finden weiterhin in den Jahrbüchern/Berichten der NWG Raum zur Publikation. Dabei wird der Fächer der Beiträge ausgeweitet, indem auch Arbeiten zu Eiszeitfragen aus der ganzen Ostschweiz und dem Bodenseeraum in den Berichten Eingang finden.

Kernstück des Berichtbandes 78 der NWG 1961/62 ist die Dissertation von H. Andresen «Beiträge zur Geomorphologie des östlichen Hörnliberglandes». Räumlich hat Andresen das Gebiet im Hinterthurgau und im nordwestlichen Toggenburg untersucht. Im Vordergrund stehen die Eiszeitgletscher mit ihren Hinterlassenschaften und den landschaftsbildenden Prozessen. So kann Andresen anhand eines Kiesgruben-Auf-

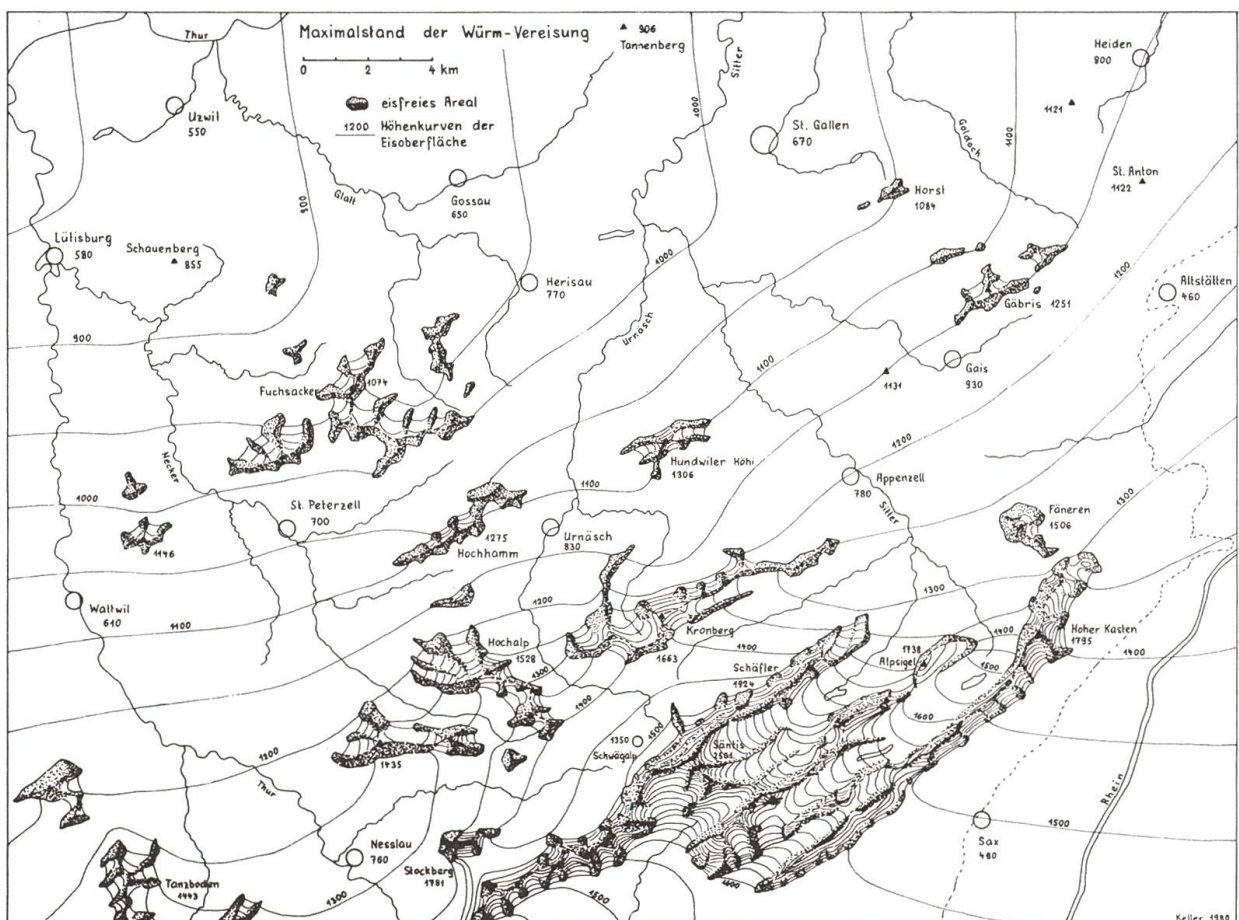


Abbildung 16:
Eisstromnetz im Maximum der letzten Eiszeit über dem Voralpengebiet nördlich des Alpsteins. Karte:
O. Keller 1973.

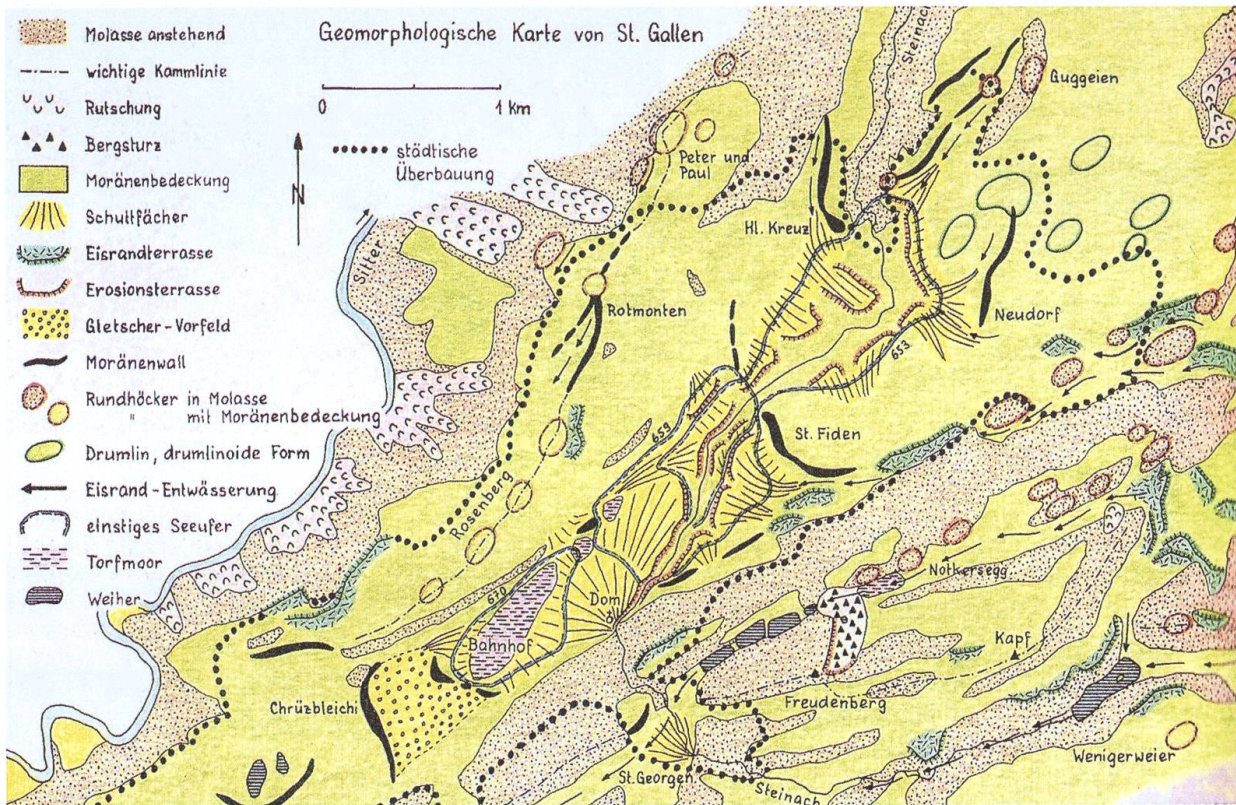


Abbildung 17:
Geologie und Morphologie im Raum Stadt St. Gallen. Karte: O. Keller 1981.

schluss im höchst gelegenen Moränenwall des Hörnli-Berglandes (Chalcharen bei der St. Iddaburg) nachweisen, dass dieser in der letzten Eiszeit Würm, und nicht wie bisher angenommen im Riss, geschüttet worden ist. Damit muss der Rhein-Thur-Vorlandgletscher im nördlichen Hörnligebiet eine Höhenlage von nahezu 900 m ü. M. erreicht haben. Direkt westlich der St. Iddaburg weist die Murg ein seltsam schluchtartiges Talstück auf. Die Untersuchungen von Andresen zeigen, dass letzteiszeitliche Zungen des Thurgletschers bis Mühlrüti vorgestossen sind und damit den Bächen von der Hulftegg herunter den Abfluss ins Toggenburg verwehrt haben. Sie bildeten Stauseen, die nach Norden überflossen und dabei die Schlucht geschaffen haben, eine klassische Flussumlenkung. Er kann auch die eiszeitlichen Moränenwälle und einstigen Eisstauseen im Raum nördlich Mosnang festlegen und sie dem Zürich-Stadium zuweisen.

Im Band 80 der NWG-Berichte 1973 hat O. Keller seine Dissertation «Untersuchungen zur Glazialmorphologie des Neckertales» veröffentlicht. Aufgrund der Bearbeitung von zahlreichen, damals noch vorhandenen, zum Teil kleinen Kiesgruben konnte er einerseits die letzteiszeitliche lokale Vergletscherung des Neckertals rekonstruieren, aber auch überregionale Erkenntnisse gewinnen. Anhand von glazialen Sedimenten, Rundhöcker-Häufungen und wenig angewitterten, hochliegenden Erratikern gelang es ihm, die maximale Vergletscherung der letzten Eiszeit Würm zwischen Toggenburg und Rheintal zu rekonstruieren. Demnach überzog ein Eisstromnetz diese gesamte Region in einer Höhenlage, aus der nur die höchsten Molassehöhen wie Degersheimer Bergland oder Gäbris noch als Nunatakker herausragten. Dazu hat Keller eine Karte gezeichnet, die als Neuerung ein Höhenkurvenbild der Eisoberfläche zeigt, sodass der gewaltige Eiskörper dreidi-

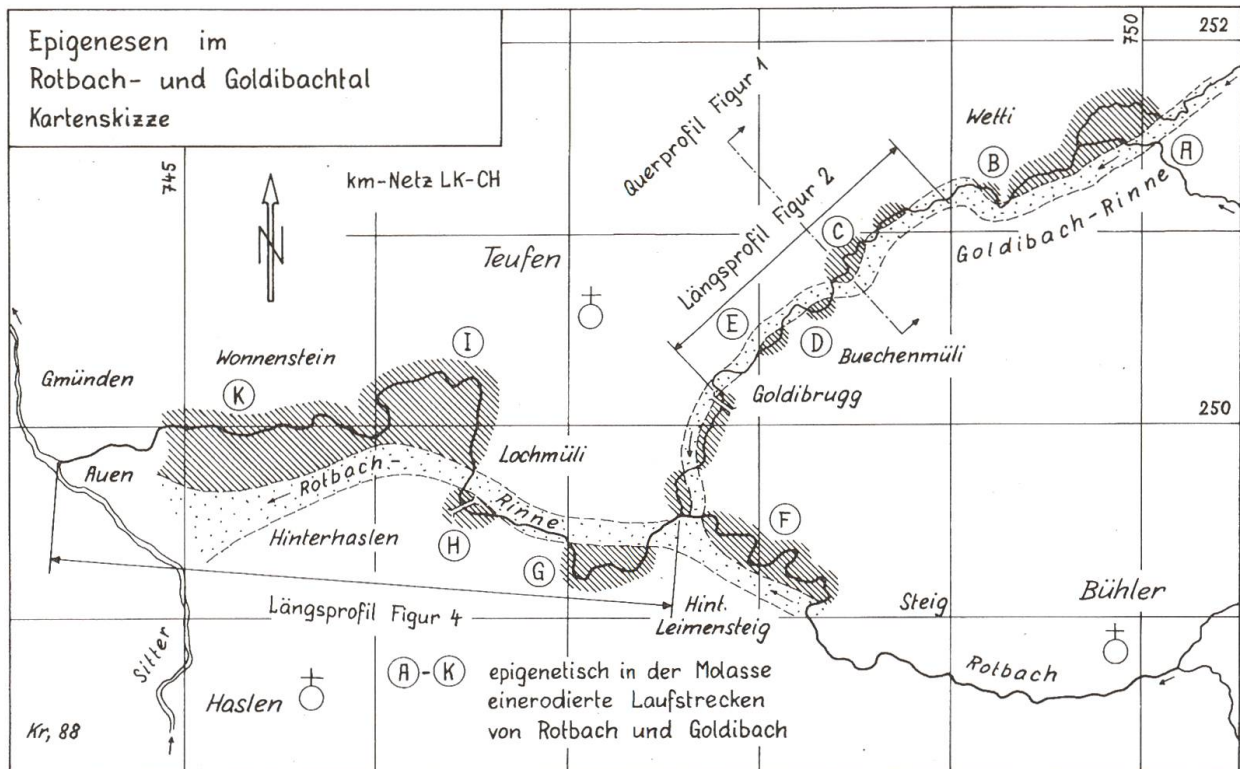


Abbildung 18:
Die Laufänderungen (Epigenesen) von Rotbach und Goldibach. Karte: E. Krays 1989.

mensional erfassbar wurde (Abbildung 16). Ein weiterer Eckpunkt der Untersuchungen waren die Schneegrenz-Berechnungen anhand von rekonstruierten Lokalgletschern im Degersheimer Bergland und an der Hochalp. Daraus ergab sich für das Würm-Maximum am nördlichen Voralpenrand eine Schneegrenz-Höhenlage um 1000 m ü. M., deutlich tiefer als bisher angenommen mit etwa 1200 m ü. M. Generell hat sich zudem gezeigt, dass Höhenkurven-Darstellungen von rekonstruierten eiszeitlichen Gletschern unerlässlich sind, um Eisrandrelikte richtig einzuordnen. Seine Untersuchungen und Erkenntnisse hat Keller in zahlreichen grafischen Darstellungen, glazial-geologischen Karten und Fotos festgehalten, was in bisherigen Arbeiten nur vereinzelt vorkommt.

Der Band 81, 1981 enthält einen Beitrag zur eiszeitlichen Landschaftsformung von O. Keller «Zur Glazialmorphologie der Region St.Gallen: Die eiszeitliche Ausgestaltung der Landschaft.» Im 2. Kapitel

wird die morphologische Entwicklung des gesamten Bodenseeraums ab der Bildung der Alpenfrontgebirge (Alpstein) und der Molasse-Voralpen umrissen. Demnach war die präglaziale Landschaft fluvial geprägt und in der Entwässerung auf den Rhein ausgerichtet, der damals noch zur Donau floss. Mit dem Einsetzen der eiszeitlichen Vergletscherungen setzte die tiefe Ausschürfung des Bodenseebeckens ein, noch verstärkt ab der Umlenkung des Rheins nach Westen. Generell wird die heutige Struktur der Landschaft wesentlich als Werk der Eiszeiten betrachtet.

Das 3. Kapitel ist der Landschaftsentwicklung im engeren Umkreis von St.Gallen gewidmet. Im Detail wird die Hügellandschaft südlich der Stadt als durch eiszeitliche Gletscher und eisrandliche Entwässerungswege heraus präpariert beschrieben. Auch die Ausgestaltung des St.Galler Hochtals wird im Zusammenhang mit dem etappenweisen Zurückschmelzen des Bodensee-Rheingletschers erklärt. Die zahlreich eingestreuten

glazialen Karten und Profile dienen der Visualisierung der eiszeitlichen Prozesse (Abbildung 17).

E. Krayss hat im 84. Band der Berichte der NWG 1989 eine geomorphologische Studie «Zur Landschaftsgeschichte des Längstals von Teufen (AR)» publiziert. Er zeigt auf, dass mehrere Perioden der Talbildung zu erkennen sind. Die Talanlage geht auf die Zeit der Gebirgsbildung der Molasse-Voralpen zurück. Während den älteren Eiszeiten wird der Talzug glazial ausgeweitet, ausgerichtet auf das hochliegende Niveau der Entwässerung zur Donau. Durch die letzteiszeitliche Vergletscherung wird insbesondere die Talsohle mit Grundmoräne überdeckt. In der Nacheiszeit finden der das obere Tal entwässernde Goldibach sowie im unteren Abschnitt der Rotbach ihre einstigen Flussläufe nicht mehr. An mehreren Stellen kann E. Krayss epigenetisch im Fels einerodierte Laufabschnitte nachweisen, insbesondere sehr markant beim Rotbach, der eine tiefe Schlucht zur Sitter hinunter angelegt hat (Abbildung 18).

Eine Kurzfassung der Untersuchungen von O. Keller zur «Vergletscherung des Alp-

steins und der Region zwischen Arlberg und Rickenpass gegen Ende der letzten Eiszeit» findet sich ebenfalls im Band 84. Ausgehend vom späteiszeitlichen Gletschervorstoss im Alpstein im Weissbad-Stadium hat der Autor die entsprechenden zeitgleichen Vergletscherungszeugen in den Gebirgseinheiten vom Arlberg bis zum Rickenpass sowie im Alpenrheintal gesucht, kartiert und beschrieben (Abbildung 19). Dabei spielten Schneegrenzberechnungen, glaziale Formen, Schotterfelder und Gletscherzungen-Kontakte eine wichtige Rolle. Es gelingt ihm auch eine zeitliche Einstufung zwischen 14500 und 14000 Jahren v.h. mit ^{14}C -Daten (17500–17000 Kalenderjahre v.h.). Zwei grossmassstäbige Vergletscherungskarten des Alpsteins und der gesamten untersuchten Region, gezeichnet aufgrund der Forschungsergebnisse und versehen mit Höhenkurven der Eisoberflächen bilden das «graphische Resultat» dieser Arbeit.

1994 feierte die NWG ihr 175-Jahre-Jubiläum. Dies war Anlass die Jahresversammlung der «Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft» (heute «Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften») in St. Gal-

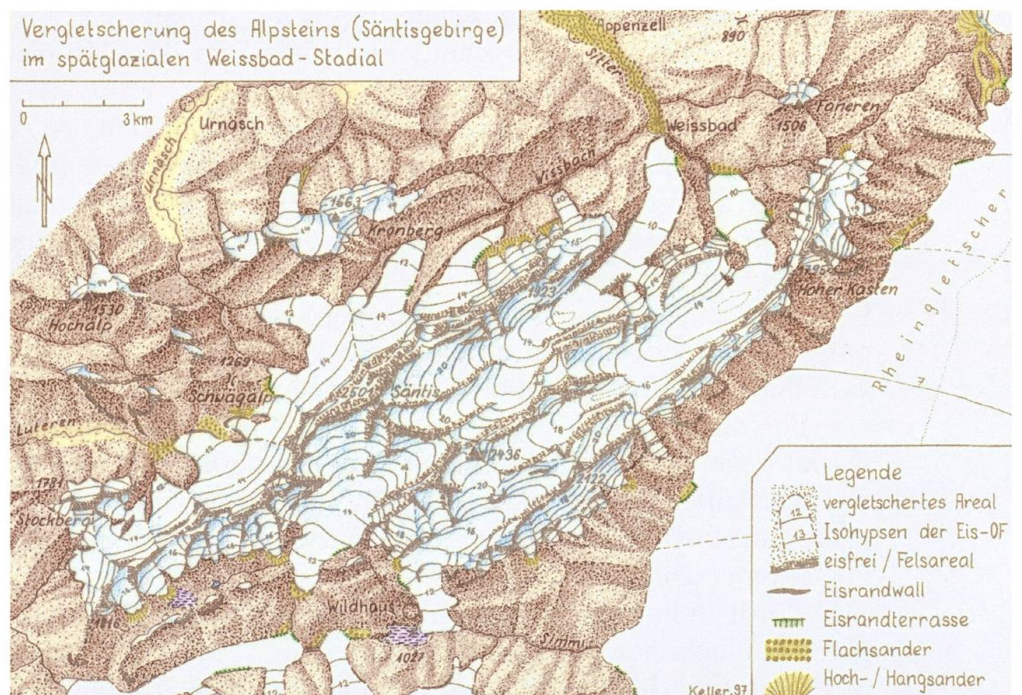


Abbildung 19:
Die späteiszeitliche Vergletscherung des Alpsteins.
Karte: O. Keller 1989.

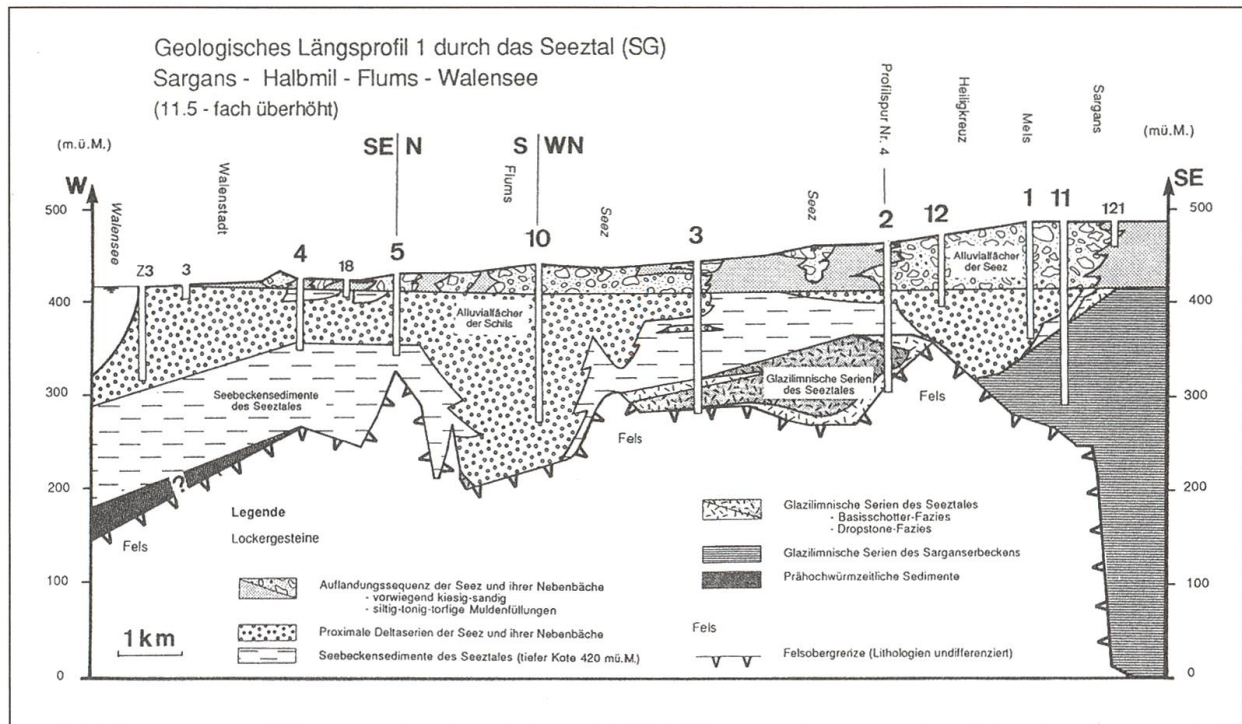


Abbildung 20:
Geologisches Profil durch das Seetzal. Grafik: B. U. Müller, 1994.

len durchzuführen. Auf diesem Hintergrund entstand der 87. Berichtband mit dem Titel «Forschung in Naturwissenschaft und Technik in der Region St.Gallen». Mit 36 knapp gefassten Beiträgen naturwissenschaftlichen Inhalts und aus dem technischen Bereich von Firmen wurde ein Querschnitt durch das Forschen in der Ostschweiz gegeben. Vier eiszeitgeologische Artikel fanden Eingang in diesen Jubiläumsband.

B.U. Müller stellt die Ergebnisse seiner Eiszeitforschung an den Talfüllungen des Seetzales vor. Aufgrund paläomagnetischer Untersuchungen kann er zeigen, dass bereits um 780000 J.v.h. ein Seetzal existierte. Die Talfüllung weist wenige ältere Ablagerungen auf, die wahrscheinlich dem letzten Interglazial angehören. Die Hauptmasse der bis 200m mächtigen Sedimente ist aber mit und nach dem Abschmelzen der letzteiszeitlichen Gletscher geschüttet worden (Abbildung 20).

U. Jordi stellt Forschungsergebnisse seiner glazialgeologischen Untersuchungen im St.Galler Oberland und im Rheintal von

Chur bis Feldkirch vor. Vereinzelt hochliegende Erratiker und Schliiffspuren stellt er in eine Eiszeit älter als Würm, deren Obergrenze besser fassbar ist. Gut dokumentiert ist mit Erratiker-Häufungen das Stein am Rhein/Zürich-Stadium auf den Hochzonen im Pizol-Gebiet. Zum Feldkirch-Stadium, das etwa Weissbad-Koblach (KELLER 1989, Band 84) entspricht, kann er eine Vergletscherungskarte für das Rheintal und das Pizolgebiet zeichnen. Aufgrund der Höhenlinien der Eisoberfläche ist auch der zugehörige Eiskörper fassbar. 14C-Basisdaten aus einem Moor zeigen, dass um 14000 J.v.h. (ca. 17000 Kalenderjahre) das Eis das Rheintal bei Feldkirch frei gegeben hatte.

Zur Rekonstruktion der Vorlandvereisung des Bodensee-Rheingletschers im Konstanz-Stadium legen O. Keller und E. Krays eine Vergletscherungskarte vor. Diesen Gletscher können sie anhand von Moränenwällen, Eisrand-Entwässerung, Schotterfeldern und Seesedimenten räumlich fassen und durch das Höhenkurvenbild des Eiskörpers be-

stätigen. Aufgrund von wenigen ^{14}C -Daten stufen sie das Konstanz-Stadium um etwa 15 000 J. v. h. (ca. 18 000 Kalenderjahre) ein. In diesem Stadium waren Untersee und Überlingersee bereits eisfrei, während der gesamte Bodensee-Obersee noch unter Eis lag. Die Moränenwälle von Konstanz-Kreuzlingen sind verantwortlich für die Zweiteilung des Bodensees.

Die späteiszeitliche Vergletscherung im Schilstal (St.Galler Oberland), untersucht von S. Bader, benützt der Autor, um auf das damalige Klima zu schliessen. Er verwendet dazu ein glaziologisches Klimamodell über den Zusammenhang von Temperaturen und Niederschlägen zur Bestimmung des Paläoklimas am einstigen, gut rekonstruierbaren Schils-Gletscher. Diese Vergletscherung setzt er in die Dryaszeit am Ende der Würm-Eiszeit. Er erhält Jahresmittel-Temperaturen von -1 bis -2°C (heute um $+1^\circ\text{C}$) und Jahres-Niederschläge im Bereich 2000–2500 mm (heute 2400–2800 mm).

1997 wurde der Berichtband 88 «Moore» veröffentlicht. Er enthält einen Beitrag von E. Krayss und O. Keller zur Bedeutung der Eiszeiten für die Entstehung von Mooren. Darin stellen die Autoren den Verlauf der letzten Eiszeit in Wort und Bild dar. Vor allem zeigen sie auf, dass die meisten Mulden, in denen Moore entstanden sind, durch die Gletscher ausgeschürft oder durch Moränen abgedämmt worden sind. Zahlreiche Beispiele werden durch Kartenskizzen erläutert (Abbildung 21).

In zwei Artikeln im Berichtband 89, 2000 untersuchen E. Krayss und O. Keller einerseits «Die eiszeitlichen Gewässer von der Goldach bis zur Thur» und andererseits «Die Hydrographie des Bodenseeraums in Vergangenheit und Gegenwart». Im ersten Beitrag werden die Zusammenhänge zwischen Gletschern, Eisrandentwässerungen und Eisstauseen im weiteren Umkreis von St.Gallen rekonstruiert und die Befunde in zahlreichen Kartenbildern dargestellt und erklärt.

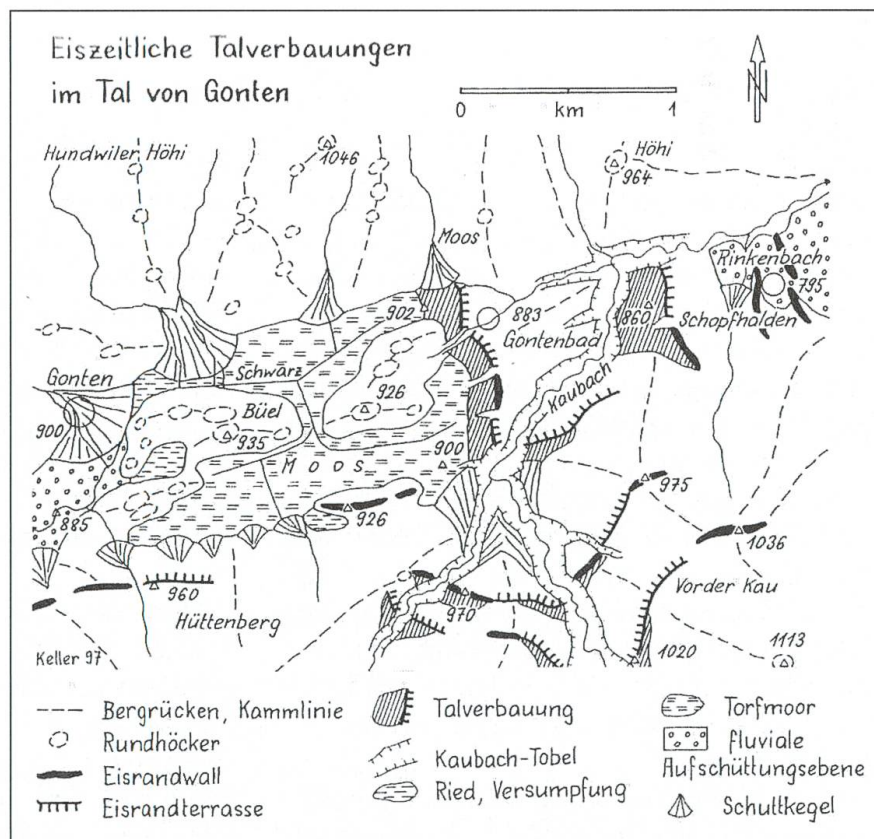


Abbildung 21:
Talverbauungen und
Moorbildungen im Gontental. Karte in O. Keller & E. Krayss 2000.

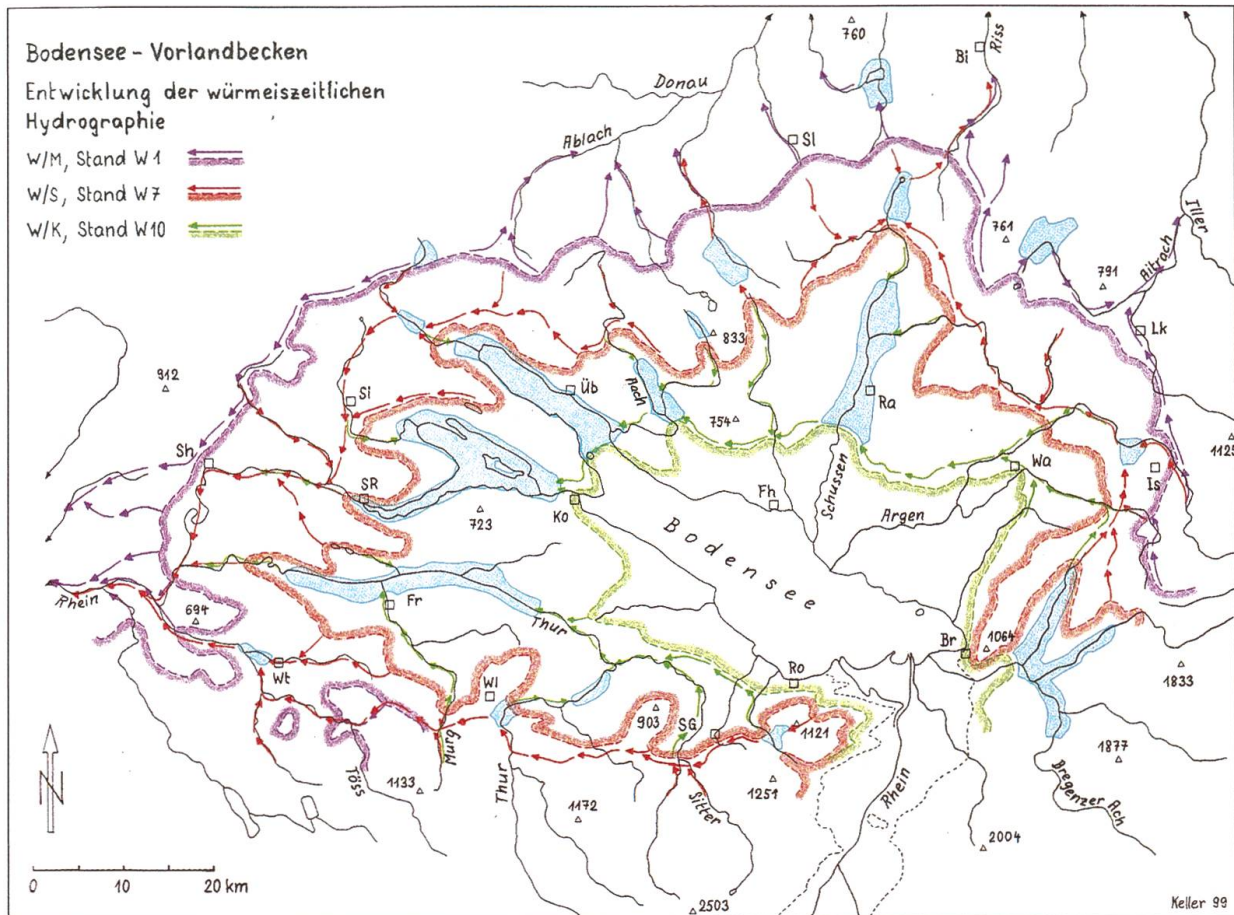


Abbildung 22:
 Wichtigste Eisrandlagen des Bodensee-Vorlandgletschers in der letzten Eiszeit mit den jeweiligen Entwässerungsbahnen. Karte in O. Keller & E. Krays 2000.

In einer umfassenden Profildarstellung sind die generellen und die eisrandlichen Entwässerungswege des Stein am Rhein- und des Konstanz-Stadials graphisch festgehalten.

Der Beitrag zur Hydrographie des Bodenseeraums zeigt die Gliederung der letzten Eiszeit auf, wobei speziell die Grundzüge der Hydrographie in diesem Zeitraum bearbeitet werden. Analysiert wird die Entwicklung der Entwässerung des würmeiszeitlichen Vorlandgletschers während den einzelnen stadialen Eisrandlagen. In einer Kartenbeilage des gesamten Bodenseeraums sind nebst den Gletscherständen die zugehörigen eisrandlichen Entwässerungswege dargestellt (Abbildung 22).

In diesen beiden Artikeln kommt die langjährige und fruchtbare Zusammenarbeit der

beiden Autoren E. Krays und O. Keller besonders klar zum Ausdruck. Krays als Tiefbauingenieur bearbeitet insbesondere die hydrologischen Zusammenhänge der Entwässerungswege und der Eisstauseen in den zahlreichen Eisrandlagen der letzten Eiszeit. Keller als Glazialmorphologe liefert dazu die Grundlagen durch Kartierung der Eisrandlagen mittels Moränenabfolgen, Schotterfeldern, Stausedimenten und Schmelzwasser-tälern.

Der Band 90, 2004, «Geotope und Biotope» ist in erster Linie dem Geotop-Inventar des Kantons St.Gallen gewidmet. Während den Jahren 1997 bis 2003 wurden durch ein 15-köpfiges Expertenteam rund 400 kantonal und zum Teil auch national wichtige Geotope definiert, kartiert und beschrieben.

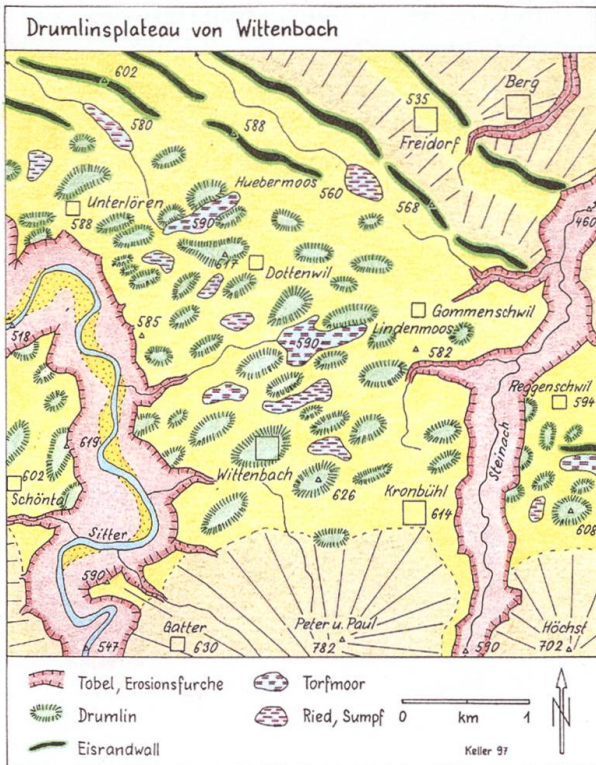


Abbildung 23:
Das Hochplateau von Wittenbach ist von einem Schwarm Drumlins erfüllt und nordwärts abgeschlossen durch Moränenwälle des Konstanz-Stadiums. Karte: O. Keller 2004.

Weitere 120 Geotope erhielten den Status «prüfenswerte Geotope», die in den Schutzverordnungen der Gemeinden berücksichtigt werden sollen. Nebst den allgemeinen Erklärungen zu «Geotopen» und zur Entstehung des Geotop-Inventars weist dieser Berichtsband Artikel zu Geotop-Landschaften auf, in deren Perimeter auf engerem Raum zahlreiche Geotope vorkommen. Naturgemäss wird in diesen Beiträgen auch die eiszeitliche Formung der betreffenden Landschaft behandelt, wobei die Autoren auf frühere Arbeiten und Studien zurückgreifen können. Artikel dieser Art sind:

- «Geotope im Raum Wittenbach-Hägenschwil-Bernhardzell», verfasst von E. Krays (Abbildung 23).
- «Die Geotop-Landschaft Luterental-Schwäg-alp-Wissbachtal», verfasst von O. Keller.
- «Das Schwendital (AI) – eine vielschichtige Geotop-Landschaft» von O. Keller (Abbildung 24).
- «Geolandschaft obere Steinach – Geologische und morphologische Geschichte» von O. Keller.



Abbildung 24:
Das Weissbad-Stadium des Schwendigletschers im nordöstlichen Alpstein. Landschaftszeichnung anhand der Gletscherrekonstruktionen. Zeichnung: O. Keller 2004.

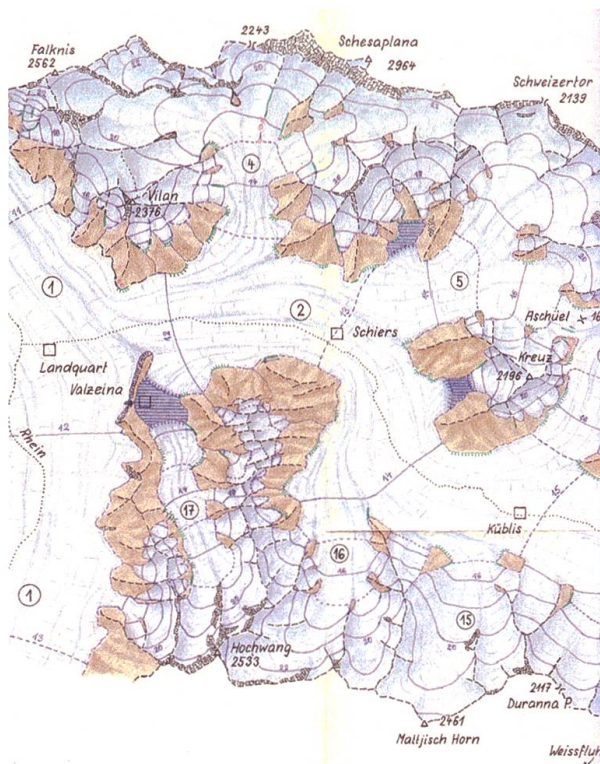


Abbildung 25:
Ausschnitt aus der Vergletscherungskarte des Prättigaus im Weissbad-Stadial. Karte in O. Keller & E. Krays 2008.

Mit dem Artikel «Zur letzteiszeitlichen Vergletscherung im Prättigau» im Band 91, 2008 verlassen die Autoren E. Krays und O. Keller ihr angestammtes Untersuchungsgebiet Ostschweiz und Bodenseeraum. Aufgrund ihrer Forschungen und in Ableitung ihrer Kenntnisse zu den letzteiszeitlichen Vergletscherungen im Alpenrandgebiet und im Vorland können sie den Verlauf der Eiszeit im Prättigau rekonstruieren (Abbildung 25). Sie zeigen auf, wie das Eisstromnetz im Maximum der letzten Eiszeit etappenweise zurückgeschmolzen ist und sich späteiszeitliche Lokalgletscher entwickelten. Schliesslich erklären sie auch die besonderen Landschaftsformen, die mit den Abschmelzprozessen im mittleren und im unteren Prättigau entstanden sind. Auch dieser Beitrag ist mit etlichen Karten, Profilen und Fotos zum besseren Verständnis des eiszeitlichen Geschehens ausgestattet.

Nach einem Unterbruch von sieben Jahren ist der Band 92, 2015 erschienen. Diese Zeitspanne hat dazu geführt, dass E. Krays altershalber sich aus dem Publizieren zurück-

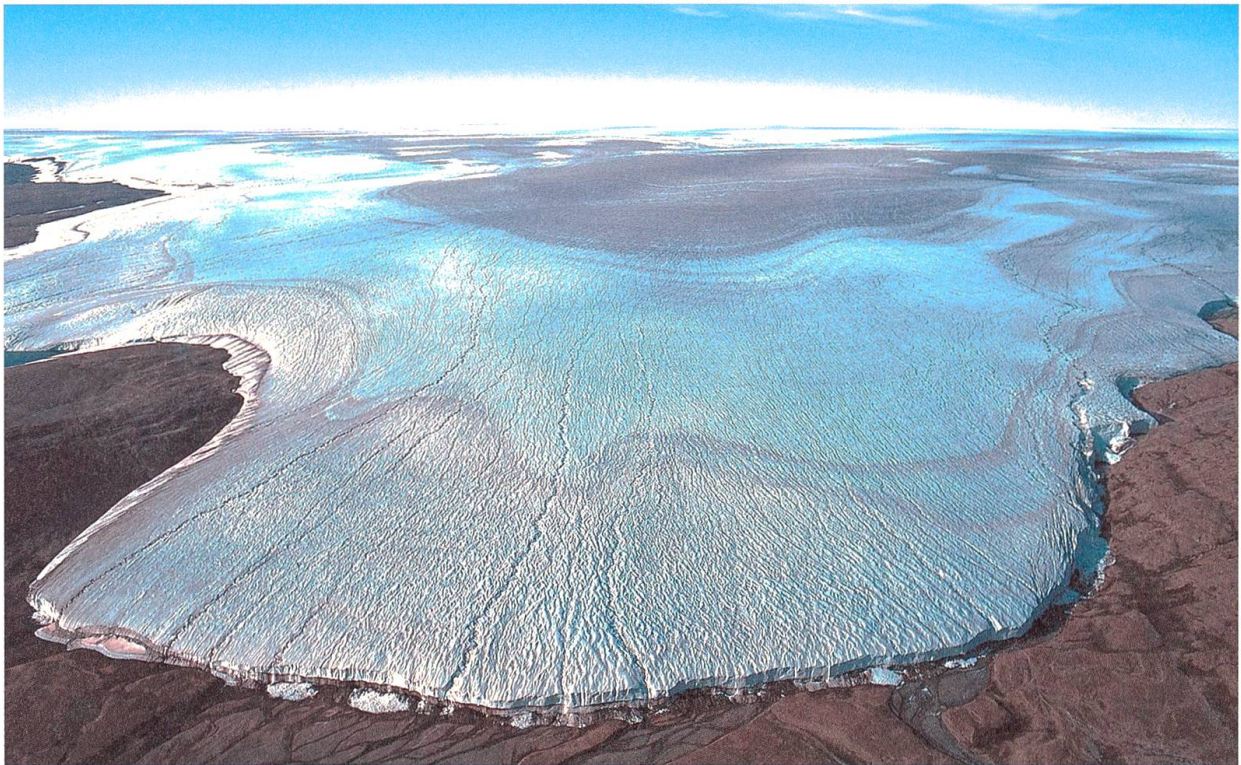


Abbildung 26:
Das Bodensee-Vorland war im Maximum der letzten Eiszeit vollständig vom Rheingletscher überdeckt. Im Bild Vorlandgletscher in Grönland. Foto: Wikipedia, brandigg.de.

gezogen hat. Daher ist der Beitrag «Neue Erkenntnisse und Argumente zu den Eiszeiten in der Nordschweiz und im Bodenseeraum» von O. Keller allein verfasst, aber von E. Krayss noch begutachtet worden, indem darin die Ansichten von beiden Eiszeitspezialisten zum Ausdruck kommen. Dargelegt wird, dass man zwei deutlich verschiedene Typen von Vorland-Vergletscherungen erkennen kann, die sich insbesondere im schweizerischen Mittelland und im Bodenseeraum klar unterscheiden lassen. Die älteren, die sogenannten «Deckenschotter-Eiszeiten», führten zu Vergletscherungen über ein noch existierendes Hochland ohne ausgeprägtes Relief hinweg. Nachfolgend zur

Umlenkung des Alpenrheins zur niedrig gelegenen Oberrheinischen Tiefebene konnten die Gletscher der «Becken-Eiszeiten» tiefe Vorlandbecken ausschürfen und über diese hinweg vorstossen. Zur Anzahl der Deckenschotter-Eiszeiten ist sich die Forschung noch nicht im Klaren, es kann aber mit mindestens vier dieser Glaziale gerechnet werden. Aufgrund einer Reihe von Sedimentabfolgen und Eisrandmarken ist von ebenfalls vier Becken-Eiszeiten auszugehen (Abbildung 26). Demzufolge ist im Bodenseeraum die Abfolge der bisherigen Eiszeiten Würm (in der Schweiz neu Birrfeld-Glazial) und Riss (Beringen-Glazial) um zwei vorausgehende Becken-Eiszeiten zu erweitern, nämlich eine

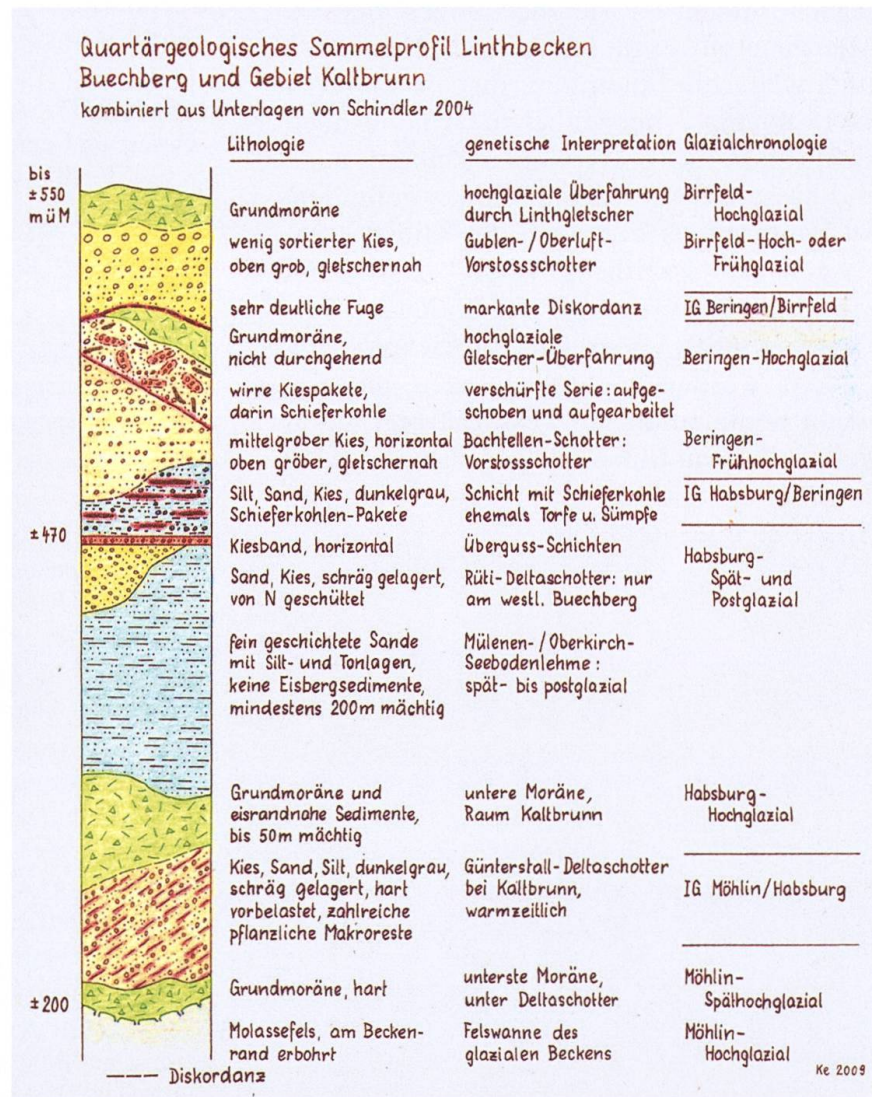


Abbildung 27:
Sammelprofil zusammen-
gestellt aus mehreren
Einzelprofilen. Es zeigt die
Abfolge der eiszeitlichen
Sedimente im Linthbecken.
Für die Erkenntnis der 4 Be-
cken-Eiszeiten sind die Mo-
ränen-Komplexe ausschlag-
gebend. Die Chronologie
(zeitliche Abfolge) ist in der
Kolonne rechts festgehalten.
Profil in O. Keller 2015.

fragliche Eiszeit (Habsburg-Glazial) und die Hosskirch-Eiszeit (Möhlin-Glazial). Letztere erreichte die grösste Ausdehnung aller Vergletscherungen. Aufgrund von Zeitmarken für die Interglaziale ergeben sich folgende mittleren Werte für die Becken-Eiszeiten: Möhlin = Hosskirch +350ka BP (in 1000 Jahren vor heute), Habsburg +250ka BP, Beringen = Riss +150ka BP und Birrfeld = Würm 30–15ka BP.

5 Schlussgedanken

Wie sich aus den Artikeln in den jüngeren Berichtebänden ableiten lässt, sind die grossräumige Gliederung und die Festlegung der Eisrandlagen für die Bodensee-Vorlandvergletscherungen so ziemlich abgeschlossen. Allerdings gibt es für lokale Interpretationen auch weiterhin Spielraum. Insbesondere ist die Problematik der zeitlichen Ordnung noch nicht gelöst. Es werden wohl in Zukunft neue und bessere Datierungsmethoden gefunden. Im Weiteren werden auch die Klimabedingungen für eiszeitliche Vergletscherungen, wie diejenigen der Rhein-Bodensee-Vergletscherungen, noch zu erforschen sein. Zudem werden Untersuchungen an glazialen Sedimenten mit besseren Methoden weitere Erkenntnisse bringen. Eine nächste Forscher-Generation wird Neues finden und Altes neu interpretieren.

Literaturverzeichnis

Berücksichtigte «Verhandlungen» der St.Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft, Schriften: 1836/37 | 1837-42; Berichte, Jahrbücher: 1860/61 | 1867/68 | 1871/72 | 1873/74 | 1874/75 | 1884/85 | 1894/95 | 1900/01 | 1905 | 1908/09 | 1910 | 1914-16 | 1922 | 1926 | 1929/30 | 1937/38 | 1961/62 | 1969-72 | 1981 | 1989 | 1994 | 1997 | 2000 | 2004 | 2008 | 2015

Verwendete Arbeiten, Artikel:

ANDRESEN, H. (1961/62): Beiträge zur Geomorphologie des östlichen Hörnliberglandes. – Jahrbuch St.Gall. Natw. Ges. 78, 3–113. St.Gallen.

BÄCHLER, E. (1929): Die Eiszeit in den Alpen in ihren Beziehungen zur Urgeschichte des Menschen, mit besonderer Berücksichtigung der schweizerischen Prähistorie.–Jahrbuch St.Gall. Natw. Ges. 65, 369–483. St.Gallen.

BADER, S. (1994): Klimainformation aus rekonstruierten Gletschern, dargestellt am Beispiel des Schilstales (St.Galler Oberland). – Berichte St.Gall. Natw. Ges. 87, 41–47. St.Gallen.

DEICKE, J. C. (1860): Das Erratische und das Diluvium mit besonderer Beziehung auf die Ostschweiz und den badischen Seekreis. – Berichte St.Gall. Natw. Ges. 1858/1860, 33–47. St.Gallen.

DEICKE, J. C. (1861): Nachträge über die Quartärgebilde zwischen Alpen und dem Jura. – Berichte St.Gall. Natw. Ges. 1860/1861, 17–32. St.Gallen.

FALKNER, C. (1909): Die südlichen Rheingletscherungen von St.Gallen bis Aadorf. – Berichte St.Gall. Natw. Ges., 190–263. St.Gallen.

FALKNER, C. (1909 und 1910): Der Gletscherschliff bei St.Georgen. – Berichte St.Gall. Natw. Ges., 190–263 und 333–335. St.Gallen.

FREY, A. P. (1916): Die Vergletscherung des oberen Thurgobietes. – Berichte St.Gall. Natw. Ges., 35–130. St.Gallen.

FRÜH, J. (1885): Zur Geologie von St.Gallen und Thurgau. – Berichte St.Gall. Natw. Ges. 84/85, 91–173. St.Gallen.

FRÜH, J. (1895): Die Drumlins-Landschaft mit besonderer Berücksichtigung des alpinen Vorlandes. – Berichte St.Gall. Natw. Ges. 94/95, 325–396. St.Gallen.

GUTZWILLER, A. (1872): Das Verbreitungsgebiet des Sentisgletschers zur Eiszeit. Ein Beitrag zur Karte der Quartärbildungen der Schweiz. – Berichte St.Gall. Natw. Ges. 71/72, 80–155. St.Gallen.

GUTZWILLER, A. (1874 und 1875): Verzeichnis der erratischen Blöcke der NWG. – Berichte St.Gall. Natw. Ges. 73/74 und 74/75, 419–433 und 298–304. St.Gallen.

- HEIM, ALB. (1919/21): Geologie der Schweiz, 2 Bände, Tauchnitz, Leipzig.
- HEIM ARN. (1905): Der westliche Teil des Säntisgebirges. – Beitr. zur geol. Karte der Schweiz N.F. Band 16.
- JORDI, U. (1994): Eine Übersicht der Gletschergeschichte und Glazialmorphologie im St. Galler Oberland und im Churer Rheintal. – Berichte St. Gall. Natw. Ges. 87, 9–20. St. Gallen.
- KELLER, O. (1973): Untersuchungen zur Glazialmorphologie des Neckertales. – Jahrbuch St. Gall. Natw. Ges. 80, 1–199. St. Gallen.
- KELLER, O. (1981): Zur Glazialmorphologie der Region St. Gallen: Die eiszeitliche Ausgestaltung der Landschaft. – Jahrbuch St. Gall. Natw. Ges. 81, 1–43. St. Gallen.
- KELLER, O. (1989): Die Vergletscherung des Alpsteins und der Region zwischen Arlberg und Rickenpass gegen Ende der letzten Eiszeit. – Berichte St. Gall. Natw. Ges. 84, 95–123. St. Gallen.
- KELLER, O. (2004): Die Geotoplandschaft Luterental-Schwägalp-Wissbachtal. – Berichte St. Gall. Natw. Ges. 90, 57–82. St. Gallen.
- KELLER, O. (2004): Das Schwendital (AI) – eine vielschichtige Geotoplandschaft. – Berichte St. Gall. Natw. Ges. 90, 83–98. St. Gallen.
- KELLER, O. (2004): Geo-Landschaft obere Steinach – Geologische und morphologische Geschichte. Berichte St. Gall. Natw. Ges. 90, 287–312. St. Gallen.
- KELLER, O. (2015): Neue Erkenntnisse und Argumente zu den Eiszeiten in der Nordschweiz und im Bodenseeraum. – Berichte St. Gall. Natw. Ges. 92, 259–289. St. Gallen.
- KELLER, O. & KRAYSS, E. (1994): Die Bodensee-Vorlandvereisung des Rheingletschers im Konstanz-Stadium der letzten Eiszeit. – Berichte St. Gall. Natw. Ges. 87, 31–40. St. Gallen.
- KELLER, O. & KRAYSS, E. (1997): Eiszeit, Relief und Moorstandorte. – Berichte 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. – GeoArcheoRhein 2, 121–138. Münster.
- KELLER, O. & KRAYSS, E. (2000): Die Hydrographie des Bodenseeraums in Vergangenheit und Gegenwart. – Berichte St. Gall. Natw. Ges. 89, 39–56. St. Gallen.
- KELLER, O. & KRAYSS, E. (2008): Zur letzteiszeitlichen Vergletscherung im Prättigau. – Berichte St. Gall. Natw. Ges. 91, 55–75. St. Gallen.
- KESSELI, E. (1926): Die Jungmoränenstadien in Quertälern der st. gallisch-appenzellischen Molasse. – Jahrbuch St. Gall. Natw. Ges. 62, 56–80. St. Gallen.
- KRAYSS, E. (1989): Zur Landschaftsgeschichte des Längstals von Teufen (AR), eine geomorphologische Studie. – Berichte St. Gall. Natw. Ges. 84, 74–93. St. Gallen.
- KRAYSS, E. (2004): Geotope im Raum Wittenbach-Häggenschwil-Bernhardzell. – Berichte St. Gall. Natw. Ges. 90, 35–56. St. Gallen.
- KRAYSS, E. & KELLER, O. (2000): Eiszeitliche Gewässer von der Goldach bis zur Thur. – Berichte St. Gall. Natw. Ges. 89, 13–37. St. Gallen.
- LUDWIG, A. (1905): Über glaziale Erosion und über die Ursachen der Eiszeit. – Berichte St. Gall. Natw. Ges., 161–211. St. Gallen.
- LUDWIG, A. (1910): Über die Lagerung der Schieferkohle von Mörschwil. – Berichte St. Gall. Natw. Ges., 220–226. St. Gallen.
- LUDWIG, A. (1916): Über die Entstehung des Rheintales und des Bodensees. – Berichte St. Gall. Natw. Ges., 1–34. St. Gallen.
- LUDWIG, A. (1929): Die chronologische Gliederung der eiszeitlichen Ablagerungen zwischen Säntis und Bodensee. – Jahrbuch St. Gall. Natw. Ges. 65, 509–552. St. Gallen.
- LÜTHI, H. (1937/38): Geomorphologische Untersuchungen im Säntisgebirge. – Jahrbuch St. Gall. Natw. Ges. 69, 129–190. St. Gallen.
- MÜLLER, B. U. (1994): Zur Quartärgeschichte des Seeztales (Kt. St. Gallen). – Berichte St. Gall. Natw. Ges. 87, 9–20. St. Gallen.
- PENCK, A. & BRÜCKNER, E. (1905): Die Alpen im Eiszeitalter, 3 Bände. – Tauchnitz, Leipzig.
- REHSTEINER, C. (1901): Unsere erratischen Blöcke. – Berichte St. Gall. Natw. Ges., 138–168. St. Gallen.
- SAXER, F. (1929): Geologische Beobachtungen auf dem Gebiete der Stadt St. Gallen. – Jahrbuch St. Gall. Natw. Ges. 65, 484–498. St. Gallen.
- SCHMID, E. (1977): Zum Besuch der Wildkirchli-Höhle. – Schweizer. Ges. für Ur- und Frühgeschichte 29. Basel.
- TAPPOLET, W. (1922): Beiträge zur Kenntnis der Lokalvergletscherung des Säntisgebirges. – Jahrbuch St. Gall. Natw. Ges. 58, 1–66. St. Gallen.
- WIDMER, R. (2004): Zum Stellenwert des Naturschutzes innerhalb der NWG. – Berichte St. Gall. Natw. Ges. 90, 343–371. St. Gallen.

