Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft des Kantons Glarus
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft des Kantons Glarus
Band: 18 (2008)

Artikel: Glaziologie des Untersuchungsgebiets
Autor: Bischofberger, Pascal
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1046764

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: 11.01.2026

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

Glaziologie des Untersuchungsgebiets

Pascal Bischofberger, Ennenda

1. Das Relief und die heutigen Gletscher im Gebiet von Obersand

1.1 Die Vielfalt der Reliefformen rund um Obersand

Die Alp Obersand ist Teil eines grossen Kars, einer typischen mulden- oder sesselförmigen glazialen Abtragungsform. Das Kar von Obersand wird durch folgende Reliefelemente begrenzt (Karte **Abb. 2**): Zuetribistock, Geissbützistock, Bocktschingel, Clariden, Claridenpass, Piz Cazarauls, Sandpass, Tödi, Bifertengrätli und Ochsenstock. Nach Osten hin, bei der Bergstation der Seilbahn, ist die Karschwelle über den steil abfallenden Felsen der Geissfad gut erkennbar. Die Alphütten und das Gebiet In den Löchern liegen auf dem Karboden, auf dem andernorts manchmal ein Karsee liegt. Ein Beispiel dafür ist der Oberblegisee. Vermutlich lag auch auf Obersand eine Zeit lang ein Karsee.

Die Gletscher haben im Gebiet von Obersand wie fast überall in den Alpen weitere Glazialformen geschaffen: viel Gletscherschliff (z.B. **Abb. 13**), Rundhöcker (z.B. **Abb. 6**) und Moränen (z.B. **Abb. 14**).

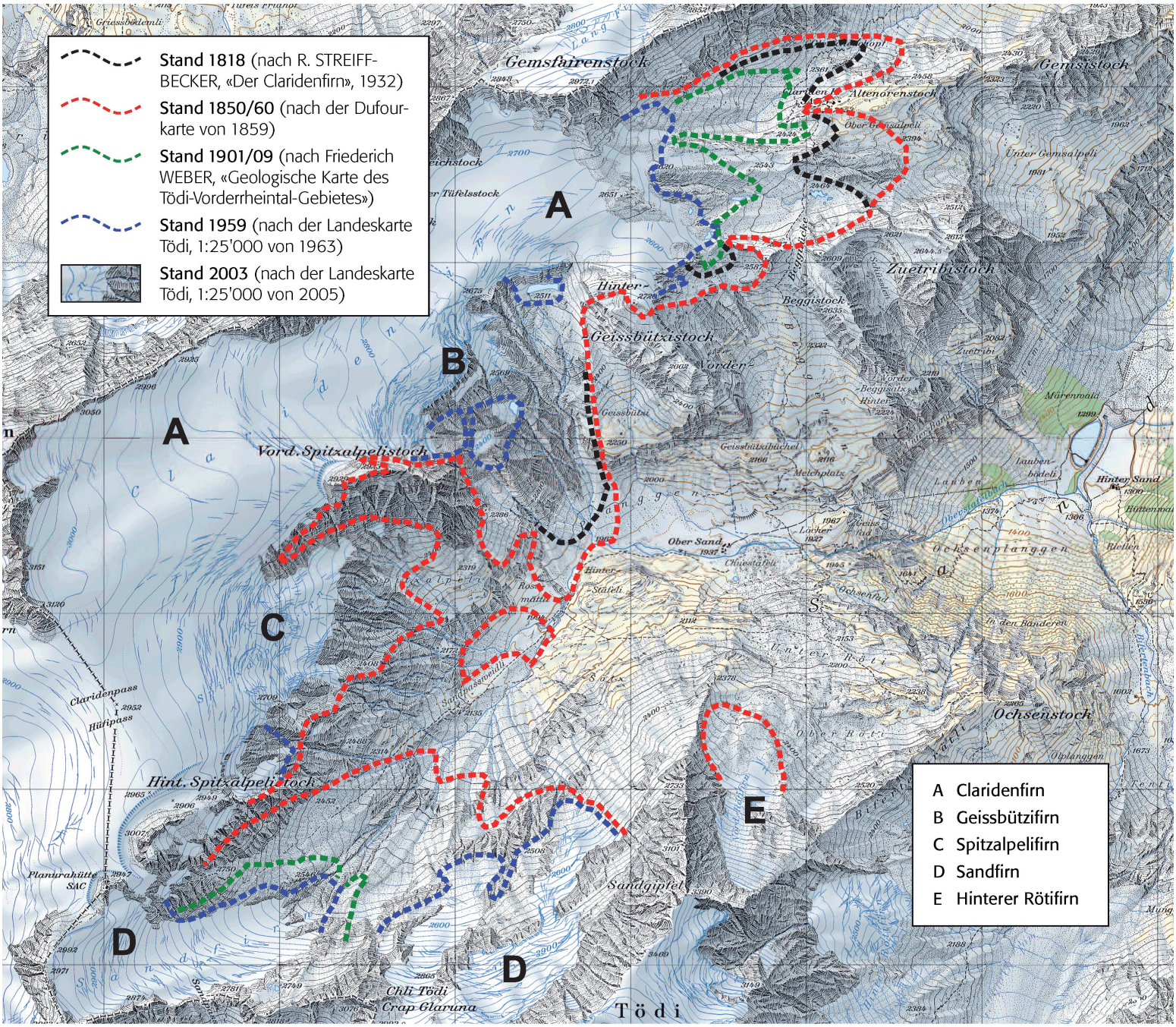
Neben den dominierenden Glazialformen finden wir auch einige jüngere Fluvialformen wie Schotter, Mäander oder die eindrücklichen kleinen Schluchten des Oberstafelbachs. Auch Schuttkegel und Bergsturzablagerungen, wie das Chuestäfeli (**Abb. 7 unten**) oder die Zone westlich der Alphütten, prägen den Karboden. Vereinzelt sind auch Karstformen (z.B. Karren) und durch Jahreszeitenfrost bedingte Solifluktionsmusterböden (**Abb. 8**) festzustellen.

1 Das Gebiet zwischen Tödi und Glärnisch zur Zeit des Hochwürms (vergrösserter Ausschnitt aus dem Atlas der Schweiz von H. JÄCKLI, Landestopographie, 1970, Blatt 6).

Firn
Das Wort «Firn» wird im Glarnerland oft mit «Gletscher» gleichgesetzt, d.h. «dass sowohl für Firneis als auch für Gletschereis und Altlawinenschnee das Wort ‹Firn› gebraucht wird, dagegen das Wort ‹Gletscher› nur für das Wassereis.» (R. STREIFF-BECKER, 1943)

1.2 Die heutigen Gletscher rund um Obersand

Das grosse Kar von Obersand setzt sich aus diversen kleineren Karnischen zusammen, in denen heute noch Gletscher zu finden sind. Im Norden und Westen erstreckt sich auf einer Geländeterrasse zwischen Clariden



2 Ausschnitt aus der Landeskarte 1:25'000 Tödi (Nr. 1193, 2005). Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA091516).

und Gemsfairenstock der Claridenfirn, ein über 200 Meter mächtiger, plateauartiger Gletscher. Rudolf Streiff-Becker zählt ihn zum «Skandinavischen Gletschertypus». Dieser Typus nimmt eine Mittelstellung zwischen dem Inlandeistypus der Polarzonen und dem alpinen Typus der Hochgebirge ein (STREIFF-BECKER, Der Claridenfirn, 1932). Er ist Teil einer grösseren Eismasse, die sich im Hüfifirn fortsetzt. In J.R. MEYER'S «Atlas Suisse» von 1796 heissen Hüfi- und Claridenfirn zusammen noch «Haufe Gletscher»!

Das meiste Eis des Claridenfirns fliesst in zwei wilden, unüberhörbaren Eisabstürzen Richtung Obersand ab: im Westen der Spitzalpelifirn (**Abb. 4**) und im Osten der Geissbützifirn (**Abb. 3**). Gegen Nordosten wurde der Claridenfirn zwischen Gemsfairen- und Geissbützistock eingeschnürt, so

dass praktisch kein Eis mehr Richtung Altenoren/Claridenhütte abfliesst. Im Südwesten finden wir zwischen Sandpass und Sandgipfel des Tödi den Sandfirn, der keine zusammenhängende Eismasse mehr bildet (**Abb. 5**). Im Südosten liegt zudem der kleine Gletscherfleck des Vorderen Rötifirns.

Die Schmelzwässer fast aller dieser Eismassen fliessen im Oberstafelbach ab. Sie werden heute dort, wo der Bach die Karschwelle in einer Schlucht durchbricht, gefasst und unterirdisch in den Limmernsee geführt. Dies verweist auf die Bedeutung der Gletscher im Kar von Obersand für die Wasserkraftgewinnung der Kraftwerke Linth-Limmern.

2. Die Veränderungen der letzten 20'000 Jahre

2.1 Würmeiszeit (vor ca. 115'000 bis 10'000 Jahren)

Während des Hochwürms vor ca. 20'000 bis 18'000 Jahren lag das Gebiet von Obersand noch unter den dicken Eismassen eines Sand-Clariden-Firns, der alle obengenannten Gletscher umfasste (**Abb. 1**).

Zusammen mit dem Biferten- und dem Limmernfirn bildete dieser den Kern des mächtigen Linthgletschers, der damals mit Hilfe weiterer Seitenäste (zum Beispiel vom Urnerboden, aus dem Sernftal oder aus dem Klöntal) bis nach Killwangen im Kanton Aargau vorstiess. 80 bis 90 Prozent der Schweiz waren damals von Gletschern bedeckt und erhielten in wesentlichen Grundzügen ihr heutiges charakteristisches Gepräge (M. MAISCH & D. JOST, Von der Eiszeit zur Heisszeit, Zytglogge, 2006).

Nach der «Nunataktheorie», dem Gegenteil der «Tabula-Rasa-Theorie», bildeten die aus dem Eis herausragenden Berge, sogenannte Nunatakker wie beispielsweise der matterhornähnliche Spitzalpelistock, Rückzugsgebiete für verschiedene Pflanzenarten.

Im Spätwürm zog sich der Linthgletscher, der sich im Gebiet des heutigen Ziegelbrücke mit dem Walenseearm des Rheingletschers vereinigt hatte, etappenweise zurück und hinterliess verschiedene Rückzugsstadien. Tabelle 1 zeigt eine Auswahl der wichtigsten Rückzugsstadien des Linthgletschers (zusammengestellt nach R. HANTKE, Eiszeitalter 1 und 2, Ott Verlag, 1978/80).

Vor etwa 11'000 Jahren muss sich der Sand-Clariden-Biferten-Firn schon im Gebiet von Hintersand befunden haben. In 7000 bis 8000 Jahren hatte er sich also gut 110 Kilometer zurückgezogen, was eine durchschnittliche Rückzugsgeschwindigkeit von etwa 15m/Jahr ergibt. Nach einer kälteren Zwischenphase im ausgehenden Spätwürm vereinigte sich der Sand-Clariden-Biferten-Firn auf der Üelialp noch einmal mit dem Limmernfirn und stiess bis in die Linthschlucht vor (Linthschlucht-Stadium).

3 Geissbützifirn von Obersand aus gesehen im August 2008.

4 Spitzalpelifirn von Obersand aus gesehen im August 2008.

5 Südlicher Teil des Sandfirns von Obersand aus gesehen im August 2008.

6 Oberstafelbach und Hinter Stäfeli vom Geissbützistock aus gesehen; jenseits der Bachvereinigung (oberer Bildteil) zuerst ein welliges Moränenfeld (1850/60) und darüber glazial geschliffene Felsrücken (Rundhöcker).

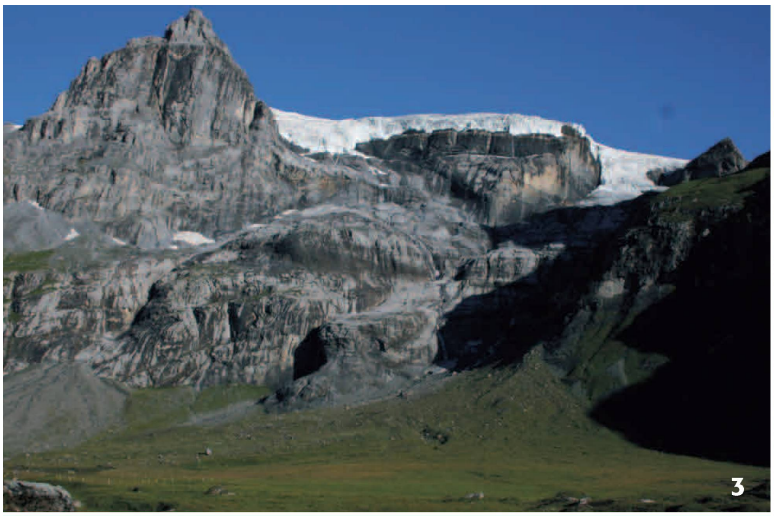
7 Die Folgen des Bergsturzes von 1965 aus der Nordostwand des Tödi; im Vordergrund der Oberstafelbach.

8 Solifluktionsmusterböden oberhalb des Sandpassweidli.

9 Vom Beggilappen des Claridenfirns geschliffene Malm- und Kreideschichten im Osten des Geissbützistocks.

Fotos 3 bis 9:
P. Bischofberger 2008

10 Frühere Lage des Beggilappens des Claridenfirns in der Mulde östlich des Geissbützistocks nach der Wiedergabe einer Zeichnung von Gottlieb STUDER von 1873 (Neue Alpenpost, Jg. 1877).


3

4

5

6

7

8

9

10

Stadien

des Linth-Rhein-Gletschers	des Hauptarmes des Rheingletschers	
Killwangen (vor ca. 20'000 Jahren)	Binningen-Thayngen-Schaffhausen	
Zürich-Lindenhof-Obere Zäune	Etzwilen	
Hurden (Seedamm)	Konstanz	
Ziegelbrücke	Altstätten	
des Linthgletschers	**des Walenseearmes des Rheingletschers**	**des Hauptarmes des Rheingletschers**
Näfels-Mollis	Weesen	Sennwald-Feldkirch
Netstal	Heiligkreuz	Wartau
des Linthgletschers	**des Rheingletschers**	
Ennenda	Sargans	
Nidfurn	Chur	
des Linthgletschers	**des Vorderrheingletschers**	**des Hinterrheingletschers**
Linthal	Disentis	Andeer
Auengüter	Sedrun	Sufers
Tierfehd	Selva	Nufenen
Linthschlucht	Östlich von Tschamut	Hinterrhein
Üeli (vor ca. 10'000 Jahren)	Westlich von Tschamut	Nordportal San-Bernardino-Tunnel

Tab. 1: Der Rückzug des Linthgletschers im Spätwürm im Vergleich mit dem Rheingletscher (zusammengestellt nach R. HANTKE, 1978/80).

Danach wurde es wieder wärmer, der Limmernfirn machte sich endgültig selbständig und der Sand-Clariden-Biferten-Firn endete eine Zeit lang auf einer Höhe von 1050m, südlich der Üelialp. Zwischen Sand- und Limmernbach ist also ein weiteres Rückzugsstadium zu finden, nämlich das Üeli-Stadium. Zu dieser Zeit lag die klimatische Schneegrenze noch um 2300m ü.M., also rund 500m tiefer als heute (R. HANTKE).

2.2 Holozän (10'000 bis Hochstand von 1850/60)

Damit war die Würmeiszeit vorbei und es begann das Holozän, das heisst die aktuelle Warmzeit, oft auch die «Nacheiszeit» genannt. In dieser Zeit zogen sich alle erwähnten Gletscher allmählich auf ihre heutigen Positionen zurück, wobei wiederum die wärmeren Rückzugsphasen von kälteren Vorstossphasen unterbrochen wurden.

Das Gebiet von Obersand ist glaziologisch nie detailliert untersucht worden. Trotzdem lassen sich vereinzelt Informationen über den weiteren Rückzug des Sand-Clariden-Firns finden. Am südwestlichen Rand der Alp Hintersand liegen westlich der Vereinigung von Biferten- und Oberstafelbach zwischen 1320 und 1380m ü.M. zwei Moränen (J. OBERHOLZER,

Geologie der Glarner Alpen, 1933), welche nach R. HANTKE aber schwer einem bestimmten holozänen Rückzugsstadium zuzuordnen sind. Nach einer mittelalterlichen Warmzeit folgte um die Mitte des 14. bis Mitte des 19. Jahrhunderts wegen geringerer Sonnenaktivität und verstärktem Vulkanismus ein Klimapessimum, die sogenannte Kleine Eiszeit. Es kam zu mehreren stärkeren Vorstössen: nachweislich um die Jahre 1350, 1600/1620, 1818 und zum Abschluss der kleinen Eiszeit um 1850/60 herum (M. MAISCH). Diese jüngsten Vorstösse lassen sich oft anhand der Seiten- und Endmoränen in der Landschaft, aber auch in alten Bildern, Karten oder Stichen erkennen.

Bemerkenswert ist, dass die Alp Obersand vermutlich schon vor der kleinen Eiszeit alpwirtschaftlich genutzt wurde, sicher ab der etwas wärmeren Zeit im 15./16. Jahrhundert (siehe Kapitel «Erste Forscher auf Obersand»). Es muss für die damaligen Sennen höchst eindrücklich gewesen sein, diese Vorstösse und Rückzüge zu beobachten.

Stände von 1620

Über den Hochstand des Sand-Clariden-Firns von 1620, damals noch verstärkt durch die Spitzalpeli- und Geissbützilappen des Claridenfirns, lassen sich im Gebiet Obersand kaum Relikte finden. Dessen Spuren wurden durch die Erosion abgetragen oder durch Bergstürze, Hangschutt und Bodenbildung verwischt. Beim Absuchen verdächtiger Spuren an der Oberfläche fand ich im Sommer 2008 zwischen dem Stand des Geissbützifirns von 1850/60, nördlich des Hinter Stäfeli, und der Karschwelle keine Moränenablagerungen. Das unruhige Relief westlich der Alphütten und auch das Gebiet Chuestäfeli erweisen sich ausschliesslich als Bergsturzmaterial.

Intensiv nach Spuren älterer Moränen gesucht hat schon der Naturforscher Johannes HEGETSCHWEILER (1789-1839), der nach 1818 mehrmals das Tödigebiet erforschte (Reisen im Gebirgsstock zwischen Glarus und Graubünden, Orell Füssli, Zürich, 1825). Aufgrund seiner Darstellung im Kapitel über die genaue Beschreibung der Gletscher der Sandalp kann man vermuten, dass die Gletscherstirne möglicherweise bei den Alphütten lag. HEGETSCHWEILER fand nämlich «auf der Seite gegen die Hütte Spuren von älteren Seitenwällen». Ob er sie damals besser vom Bergsturzmaterial unterscheiden konnte, als dies heute möglich ist, sei aber dahingestellt.

Dass der Sandfirn 1620 womöglich über die Karschwelle hinaus vorstiess, ist wegen der Distanz von mindestens 1300m zum Stand von 1818 zu bezweifeln. Genaue Untersuchungen des Bifertenfirns ergaben bei vergleichbarem Relief einen Abstand von nur knapp 300m zwischen den

Ständen von 1620 und 1818 (R. HANTKE, Eiszeitalter 2, S. 202). Von der Höhe her wäre der grosse Vorstoss allerdings denkbar, denn der Biferten-firn stiess 1620 bis auf 1570m ü.M. hinunter vor. Die Frage nach dem 1620er-Stand des Sandfirns ist also schwierig zu beantworten, da weitere Faktoren, wie zum Beispiel die Menge des Eisnachschubs, ebenfalls auf die Dynamik eines Gletschers einwirken.

Über die Lücke westlich des Geissbützistocks und über die Beggilücke drang damals ein Lappen des Claridenfirns Richtung Ober- und Hintersand vor. Seine Moränen und Gletscherschliffe sind heute noch gut erkennbar (**Abb. 9**). Auch der Vordere Rötifirn drang über die untere Röti vor. Ob diese zwei Gletscher zur damaligen Zeit noch teilweise mit dem Sandfirn verbunden waren, ist ebenfalls schwierig zu beantworten.

Situation im Jahr 1780

Die Zeichnung der Sandalp von Heinrich THOMANN aus dem Jahr 1780 (**Abb. 11**) zeigt im Vergleich zur Situation von 2008 (**Abb. 12**) eindrücklich, wie weit der Geissbützifirn damals vorstiess. So lag seine Zunge etwa 60m über dem Talboden, was nicht ganz so tief ist wie 1818 oder 1850/60. Obwohl gewisse Verzerrungen erkennbar sind, kann man dem Gletscher-stand vertrauen, da andererseits Details, wie die grossen Blöcke entlang des Oberstafelbachs, davon zeugen, dass THOMANN ein sehr genauer Zeichner war.

Stände von 1818

Sicherere Aussagen sind zu den Ständen von 1818 möglich. Diese hat HE-GETSCHWEILER sowohl kartographisch, in einer für die damalige Zeit recht

11 Ansicht von Obersand 1780 (H. THOMANN) mit den Alphütten, dem Geissbützifirn rechts, dem Spitzalpelistock in der Mitte und dem Spitzalpelifirn links.

12 Obersand und Geiss-bützifirn im September 2008; rechts oben ist die grosse graue Seiten-moräne von 1820 und 1850 erkennbar, unter dem Gletscher die glatt-polierten Malmkalkfelsen und darunter die beiden Moränensturzkegel. Foto: P. Bischofberger

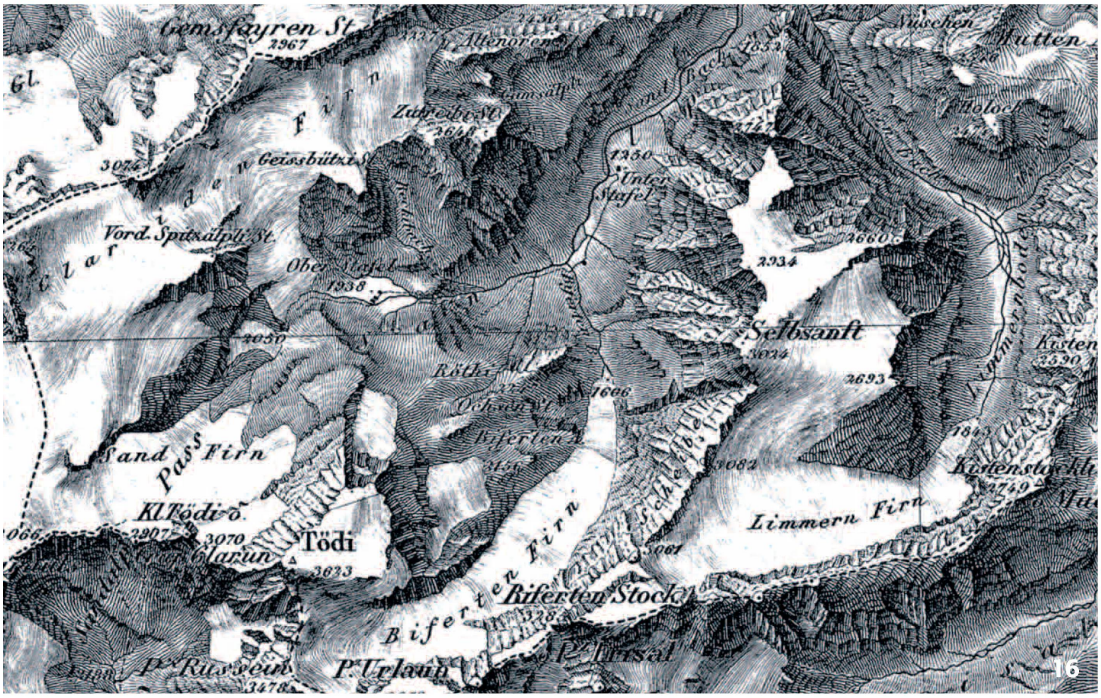
13 Frühere Stirn des Geissbützifirns vom Geissbützistock aus gesehen; man sieht in der Mitte die glattpolierten Malmkalkbänder, davor die lange Seitenmoräne von 1820 und 1850. Foto: P. Bischofberger

14 Sandpassweidli mit der Moräne von 1620 und 1850/60. Foto: P. Bischofberger

genauen Expeditionskarte (**Abb. 15**), als auch zeichnerisch und beschreibend festgehalten. Für den Geissbützifirn hält er fest: «Der Firnstoss [Moräne] von 1818 liegt kaum 10 Schritte [etwa 7m] vom Oberstaffelbach, und giebt von nun an einen sichern Maastab für Zu- oder Abnahme.» Im Gelände ist von diesem Stand heute im Bereich des Talbodens nichts zu finden, da der Gletscher 1850/60 weiter vorstiess. Dafür entstanden westlich von «Geissbützi» der Kern der mächtigen östlichen Seitenmoräne und auch der Kern des Moränensturzkegels über dem Karboden. Diese beiden Oberflächenformen wurden 1850/60 vergrössert und sind heute noch gut zu sehen (**Abb. 12** und **13**).

Der Spitzalpelifirn stiess laut HEGETSCHWEILER 1818 im Bereich Sandpassweidli-Rossmättli bis an den Fuss des Tödi vor und deckte den «so eben aus dem Sandfirn entsprungenen Oberstafelbach» sowie Weiden von 1815 zu. HEGETSCHWEILER liess sogar «abgestandene Rasenstücke … unter dem Eis hervornehmen», um dies nachzuweisen. Der Spitzalpelifirn hing oben auch eine Zeit lang «durch firnartigen Schnee mit dem Sandfirn zusammen», so dass die beiden eine grosse Firnfläche bildeten. Der Sandfirn stiess vermutlich bis etwa 2050m ü.M. vor, also bis zum Sandpassweidli. Dabei entstand die Seitenmoräne, die dann ziemlich sicher beim Vorstoss von 1850/60 noch vergrössert wurde und heute gut sichtbar ist (**Abb. 14**). 1822 waren die beiden Gletscher aber schon wieder getrennt und der Spitzalpelifirn und/oder der Sandfirn hinterliessen unter den Felswänden Toteismassen, welche HEGETSCHWEILER eindrücklich beschreibt. Es handelt sich dabei um Eismassen, die nicht mehr aktiv sind, im periglazialen Raum aber noch lange weiter bestehen können. Später bildeten sich an der gleichen Stelle wieder Toteismassen, welche auf der Dufourkarte gut zu erkennen sind.

15 Ausschnitt aus der «Expeditionskarte» von Joh. HEGETSCHWEILER von 1825.



16 Dufourkarte von 1859.

Stände von 1850/60

Über die Gletschersituation von 1859 kann man sich ein Bild aus der Dufourkarte machen (siehe **Abb. 16**), wobei zu vermuten ist, dass die dargestellten Stände im angegebenen Jahr teilweise etwas tiefer lagen. Mehr Gewissheit könnte nur das genaue Studium der Originalmesstischblätter bringen.

Auf der Dufourkarte lassen sich viele Einzelheiten erkennen:

- Der Claridenfirn war viel ausgedehnter und mächtiger als heute; sein Eis reichte vielfach bis zu den Kreten und im Nordosten hatte er im Gegensatz zu heute Richtung Altenoren noch eine deutliche Zunge, die auf 2227m ü.M., also beim Gletscherchopf unterhalb der Claridenhütte stirnte.
- Der Claridenfirn stürzte westlich des Geissbützistocks ebenfalls Richtung Obersand und bildete die Quelle des Beckibachs [Beggibaches]. Der Beggilappen, so wie ihn G. STUDER noch 1877 naturgetreu abgezeichnet hatte (**Abb. 10**), ist nicht erkennbar.
- Der Geissbützifirn stiess auf einer Breite von etwa 200 bis 300 Meter bis zum Talboden vor.
- Der Spitzalpelifirn drang bis auf rund 2200m ü.M. hinunter vor. Darunter ist beim Rossmättli, an der von J. HEGETSCHWEILER beschriebenen Stelle, eine grosse Toteismasse zu erkennen, die in der Zwischenzeit vom Spitzalpelifirn oder vom Sandfirn abgetrennt worden war.

- Der Sandfirn bildete, im Gegensatz zu heute, noch eine grosse zusammenhängende Eisfläche und stiess bis auf etwa 2200m ü.M. vor. Hier erscheint es wahrscheinlich, dass der Sandfirn kurz vor der Kartenaufnahme noch etwa 100 bis 200 Meter tiefer vordrang und die 1620er-Seitenmoräne beim Sandpassweidli vergrösserte (**Abb. 14**). Auch R. HANTKE vermutet beim Sandfirn um 1855 einen Vorstoss bis auf 2100m ü.M.
- Der Vordere Rötifirn war noch etwa zwei- bis dreimal grösser als heute.

Auch im Gelände lassen sich einige Spuren von 1850/60 erkennen, wie beispielsweise beim Geissbützifirn die schon erwähnte östliche Seitenmoräne sowie der wellige untere Bereich des Hinter Stäfeli, der vermutlich der Stirnmoräne des Geissbützifirns entspricht.

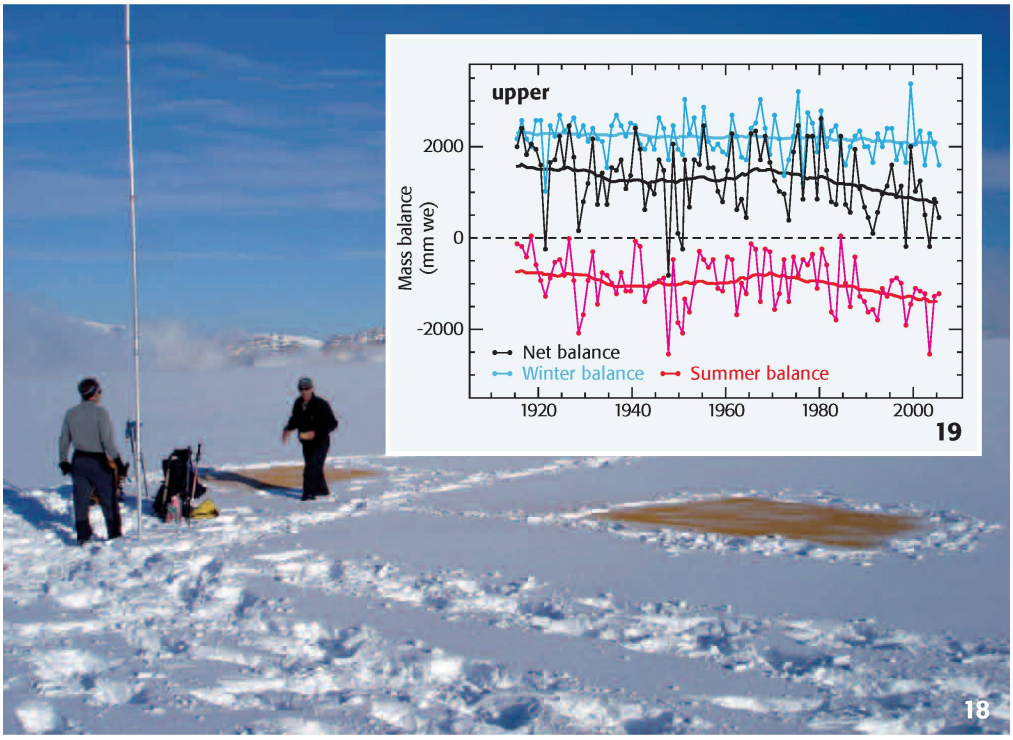
2.3 Die Entwicklung nach dem Hochstand von 1850/60: ein allgemeiner Rückzug der Gletscher

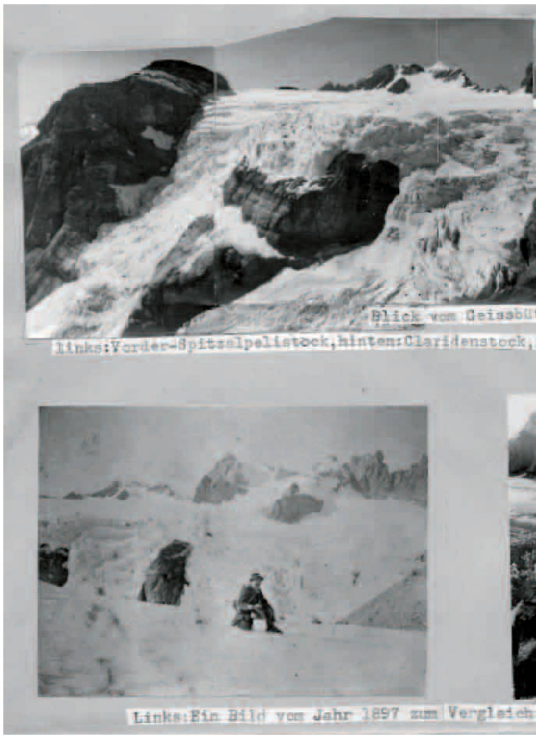
Seit 1850/60 haben sich die Gletscher weltweit verstärkt zurückgezogen, obwohl es auch hier zwischenzeitlich zu kleineren Vorstossphasen oder zu gebremster Schwundtendenz kam. Dies war in den Alpen zum Beispiel von 1900 bis 1920 oder von 1965 bis 1985 der Fall. Von 1970 bis 1985 stiessen zeitweilig bis zu 75 Prozent aller vermessenen Alpengletscher vor (F. PAUL, The New Swiss Glacier Inventory 2000, Dissertation ETHZ, 2003). Die Jahre 1935 bis 1965 und ab 1985 waren hingegen wärmere Jahre, während denen die Gletscher bekanntlich zum Teil massiv abschmolzen, wie beispielsweise im Jahr 2003.

17 Siegfriedkarte 1:50'000 von 1852, revidiert 1876 (Ausschnitt aus Landeskarte Blatt Tödi).

Die Siegfriedkarte von 1876 (vgl. **Abb. 17**) zeigt die Situation im Untersuchungsgebiet rund 20 Jahre nach der kleinen Eiszeit. Man erkennt, dass sämtliche heute beweideten Alpflächen schon eisfrei waren! Mit weiteren Ausgaben des Siegfried-Atlas, etwa von 1930, der Landeskarte sowie später mit Luft- und Satellitenbildern lässt sich der weitere Gletscherschwund relativ gut rekonstruieren.

Aus dem Vergleich der Dufourkarte mit heutigen Quellen haben Glaziologen folgende Zahlen abgeleitet: Im Vergleich zum gut dokumentierten 1850/60er-Hochstand hat die Gletscherfläche in den Schweizer Alpen bis zum Inventarjahr 1973 um 27% von etwa 1800 km² auf etwa 1300 km² abgenommen, von 1850 bis 2000 sogar um 42%. Es verschwanden also in den rund 30 Jahren bis zum Aktualisierungsjahr 2000 weitere 250 km² (M. MAISCH/D. JOST). Der Trend fällt eindeutig aus, dies bestätigt auch F. PAUL in der erwähnten Dissertation: «Die Gletscher in der Schweiz haben von 1985 bis 1998 knapp 20% ihrer Fläche verloren. Das entspricht einer





siebenmal höheren Verlustrate pro Jahrzehnt als im Vergleichszeitraum 1850 bis 1973!» Seither hat sich dieser Trend noch schneller verschärft als vorausgesagt.

2.4 Die glaziologisch-klimatologischen Messungen im Claridengebiet

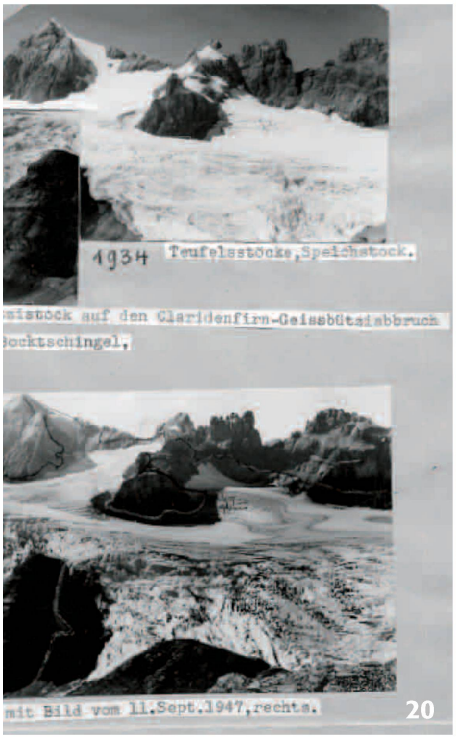
Seit 1914 werden im Claridengebiet Mitte September und Mitte Mai jeweils klimatologische und glaziologische Messungen vorgenommen. Es sind weltweit die längsten Messreihen ihrer Art. 1914 bis 1946 wurden die Messungen von der Zürcher Gletscherkommission betreut, zu der so berühmte Glaziologen wie A. DE QUERVAIN gehörten. Ab 1947 bis 1971 übernahm die Meteorologische Zentralanstalt die Messungen und seit 1972 Private.

Heute sind der Klimatologe Giovanni KAPPENBERGER und der Hydrologe Urs STEINEGGER dafür verantwortlich. Sie führen die Arbeit mit viel Idealismus in ihrer Freizeit weiter, im Bewusstsein, wie wichtig diese Messungen im Zusammenhang mit dem aktuellen Klimawandel sind, welcher sich in den Veränderungen der Niederschlagsmenge und vor allem im Verhalten der Gletscher äussert.

Die klimatologischen Messungen werden im Gebiet um Obersand mit Hilfe zweier Totalisatoren vorgenommen. Einer steht auf dem Geissbützi-

18 Obere Messboje auf dem Claridenfirn auf ca. 2900m ü.M.; dank der Ockerfarbe kann im nächsten Frühling der Firnzuwachs beim Graben erkannt werden. Foto: P. Bischofberger

19 Massenbilanz bei der oberen Boje auf dem Claridenfirn (A. BADER, M. HUSS, G. KAPPENBERGER, H. MÜLLER-LEMANS und A. OHMURA, 90 years of seasonal mass balance observations on Claridenfirn, Switzerland, ETH Zürich, 2008).



20 Claridenfirn vom Geissbützistock aus gesehen 1897, 1934, 1947 (aus R. STREIFF-BECKER).

21 Claridenfirn vom Geissbützistock aus gesehen im August 2008. Foto: P. Bischofberger

22 Leeren des Totalisators von Obersand im September 2008. Foto: P. Bischofberger

stock und einer gleich westlich der Alphütten von Obersand in den alten Bergsturzablagerungen (**Abb. 22**). Hier wird auf raffinierte Art und Weise energieunabhängig die gesamte Niederschlagsmenge eines hydrologischen Jahres (Sept. bis Sept.) abgelesen. Vom September 2007 bis zum September 2008 fielen beispielsweise auf dem Geissbützistock 2075mm Niederschläge, auf Obersand 1809mm, was jeweils leicht unter beziehungsweise über dem Durchschnitt von 1964 bis 1997 liegt. Dieser beträgt 2132mm für den Geissbützistock und 1708mm für Obersand. Obersand weist praktisch immer tiefere Werte auf als alle anderen Totalisatoren der Gegend. Dies liegt vermutlich an der Windschattenlage auf dem Karboden.

Die glaziologischen Messungen bestehen in Massenbilanzmessungen bei zwei Pegeln, auch Bojen genannt. Das sind 10 Meter lange Stangen, welche in den Claridenfirn gerammt wurden. Der untere Pegel liegt auf 2700m ü.M. im Zehrgebiet des Gletschers, der obere auf 2900m ü.M. im Nährgebiet (**Abb. 18**). Mit Theodoliten und Geländefixpunkten werden die vertikalen und die horizontalen Lageveränderungen der Stangen gemessen. Daneben werden die Tiefe des Schnees und sein Wasseräquivalent festgestellt. Auf komplexe Art und Weise kann man anschliessend die Eismassenbilanz, den jährlichen Firnzuwachs oder -abtrag, berechnen, sowie Rückschlüsse auf den ganzen Gletscher ziehen. Im Rekordsommer

23, 24 Vor wenigen Jahren noch unter dem Eis: Rundhöcker aus Nummulitenkalk (Tertiär) und Grundmoränenmaterial nordöstlich des Geissbützistocks. Fotos: P. Bischofberger

2003 nahm der Gletscher beim unteren Pegel um etwa zweieinhalb Meter Dicke ab, 2008 um 1.24 Meter. Die Messungen von 1914 bis 2004 sind in **Abb. 19** zusammengefasst. Die Einheit «we» bedeutet Milimeter Wasseräquivalent, also 1mm = 1 Liter/m². Man erkennt, dass der Claridenfirn tendenzmässig im Winter nur leicht, im Sommer und über das ganze Jahr hinweg jedoch seit 1985 klar an Masse abnimmt.

2.5 Die Arbeit von Rudolf STREIFF-BECKER (1873 bis 1959)

Der bekannte Glarner Naturforscher Rudolf STREIFF-BECKER hat von 1920 bis 1947 an fast allen Messungen teilgenommen und das Gebiet des Claridenfirns intensiv erforscht. In «Der Claridenfirn» (Die Alpen, 1934/1) und in seinem «Beitrag zur Gletscherkunde – Forschungen am Claridenfirn im Kt. Glarus» von 1943 fasst er seine interessanten Beobachtungen und Theorien im Bereich der Gletscherdynamik und -erosion zusammen. Man findet dort auch sehenswerte Fotos und Zeichnungen sowie eine genaue Karte aus dieser Zeit. Als Beispiel zeigen **Abb. 20** und **21** einen Vergleich des unteren Teils des Claridenfirns zu vier verschiedenen Zeitpunkten vom Geissbützistock aus gesehen.

3. Blick in die Zukunft

Bei gleich bleibendem Trend der Klimaerwärmung wird vermutlich bis 2050 die Mehrheit der Schweizer Gletscher verschwinden und nur die volumenmässig grossen Gletscher, wie beispielsweise der Claridenfirn, werden länger überleben.

Vermutlich wird zuerst in wenigen Jahren nördlich des Hinteren Geissbützistocks der letzte, nach Nordosten ausgerichtete Lappen des Claridenfirns verschwinden. Bald dürfte auch der Vordere Rötifirn und weitere Teile des Sandfirns stark bis ganz abschmelzen. Der Sandpass lässt sich heute schon erreichen, ohne dass man den Gletscher betreten muss, indem man dem Sandfirn östlich ausweicht. Bis heute ist diese Route allerdings noch nicht empfehlenswert.

Als Nächstes wird der östliche untere Teil des Claridenfirns in Etappen vom oberen westlichen Teil abgeschnürt werden und verschwinden, so dass die wilden Eisabbrüche des Geissbützifirns Richtung Obersand nicht mehr zu hören sein werden. Am längsten, vielleicht bis ins 22. Jahrhundert hinein, werden sicher der heute über 200 Meter mächtige obere Teil des Claridenfirns und damit auch die Abbrüche des Spitzalpelifirns überleben. Welche neuen Landschaftsformen und Vegetationszonen werden wir erleben können?

Es werden stellenweise grössere Toteismassen eine Zeit lang weiter bestehen; neue Seen und mächtige Wasserfälle werden entstehen, ebenso wie von Rundhöckern und Grundmoränenmaterial geprägte Landschaften (wie z.B. in **Abb. 23** und **24**), auf denen sich die Vegetation der nivalen Stufe ausbreitet. Aber auch die tieferen Höhenstufen werden sich dementsprechend weiter verändern und die Permafrostgrenze wird ansteigen. Dadurch werden vermehrt Fels- und Bergstürze ausgelöst, welche der Landschaft ein neues Gesicht geben. Vielleicht werden auch weitere Überraschungen freigegeben, wie die im Jahr 2000 im Rötidolomit entdeckten Archosaurierspuren, welche bis am Ende der Kleinen Eiszeit vom Sandfirn zugedeckt waren (vgl. Kapitel «Die Saurierspuren am Tödi und ihre geologische Umgebung»). Die seit dem Hochstand von 1850/60 freigelegten Bereiche geben uns also heute schon einen Anhaltspunkt, wie es mit der Entwicklung unserer Landschaft in Zukunft weitergehen wird.

Zum Schluss geben wir das Wort Rudolf STREIFF-BECKER, der in seinem Werk über den Claridenfirn von 1943, also während einer wärmeren Phase, Folgendes schrieb : «Auch der schwindende Gletscher hinterlässt interessante Spuren, denen zu folgen viel Freude macht, und mancher Bergsteiger wird das Werden der nachrückenden Pflanzendecke mit Spannung verfolgen.» … und die Naturforschende Gesellschaft des Kantons Glarus wird schon bald die nächste Feldaktion durchführen können!