

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

Herausgeber: St. Gallische Naturwissenschaftliche Gesellschaft

Band: 80 (1969-1972)

Artikel: Untersuchungen zur Glazialmorphologie des Neckertales (Nordostschweizer Voralpen)

Autor: Keller, Oskar

Kapitel: 5.: Schneegrenzen im Hochwuerm in der NE-Schweiz

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-832790>

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: 29.01.2026

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

5. SCHNEEGRENZEN IM HOCHWUERM IN DER NE-SCHWEIZ

5.1. Schneegrenzbestimmung für das Würm-Maximum im Neckergebiet

5.1.1. Vorbemerkungen

Von den Autoren, die Schneegrenzen (Sgr) untersuchen, werden die verschiedensten Definitionen für die einzelnen Sgr-Typen angeführt. Bereits der Begriff der "klimatischen Sgr" führt zu unterschiedlichen Definitionen (Hermes, 1955, 1964 und Escher, 1969). Da im Würm-Maximum weitaus der grösste Anteil des Neckerraumes unter dem Eisstromnetz lag und nur wenige, zum Teil selbst wieder verfirnte Nunatakker die Eishochfläche überragten, ist die klimatische Sgr über vereistem Areal interessant. Rezent liegt diese in den Alpen deutlich tiefer als diejenige über nicht vereistem Gebiet. So erhält Zingg (1954) für die E-Schweiz eine Differenz von 300 m, Escher im Silvrettagebiet über 500 m. Im weiteren war der Einfluss der gewaltigen glazialen Eismassen auf das Klima viel bedeutender als bei den heutigen Alpengletschern.

Louis (1954) definiert die verschiedenen Sgr-Begriffe. Für grossräumige Vergleiche ist allein die klimatische Sgr geeignet. Hermes (1964) und Haase (1966) möchten dafür die Bezeichnung "regionale Sgr" einführen, weil damit auch die orographischen Verhältnisse zum Ausdruck kommen. Dabei ist aber jeweils zu berücksichtigen, ob es sich um die regionale Sgr über vergletschertem Areal

handelt oder nicht.

Der Begriff der lokalen Sgr bedarf ebenfalls noch einer Zusatzerklärung. Bei der Bestimmung eiszeitlicher lokaler Sgr ist man auf Zahlen, die von eiszeitlichen Gletschern hergeleitet werden, angewiesen. Damit werden diese Sgr stets über vereistem Areal berechnet, was auch bei Bestimmungen an rezenten Gletschern der Fall ist. Nach Messerli stimmen lokale Sgr auf Eis, nach der Höferschen Methode gerechnet, und Gleichgewichtslinie gut überein; dabei hat Höfer allerdings die Auflage "auf Eis" nicht beachtet, aber praktisch mit einbezogen.

Die zur Sgr-Bestimmung benutzten Grundlagen sind gelegentlich unsicher, ebenso ihre Uebertragbarkeit auf andere Regionen und andere Zeiten (Würmglazial). Sie wurden trotzdem benutzt, um aus mehreren verschiedenen Ableitungen Richtwerte zu erhalten.

Für den Untersuchungsraum soll für das Würm-Maximum die Höhenlage der regionalen Sgr über vergletschertem Areal gefunden werden. Der Zweck dieser Bestimmung ist ein doppelter. Einerseits resultiert daraus eine erstmals über dem S-Rand des e Schweizer Mittellandes bestimmte Sgr-Höhenlage für ein weit vom Alpenrand nw-wärts vorgeschoenes Gebiet. Andererseits können damit lokale Gletscherrandlagen und Firnvorkommen den Würm-Stadien zugeordnet werden.

Die Sgr-Berechnungen wurden aus folgenden Gründen für den Raum des Degersheimer Berglandes vorgenommen:

- Im Bereich des Untersuchungsgebietes ist es das geschlossenste Bergland mit Höhen, die sowohl das würmeiszeitliche Eisstromnetz als auch die Sgr des Würm-Maximums überragten.
- Die Umgebung ist das gegenseitige "Kampfgebiet" des Rheingletschers auf der N-Seite, des Thur-Neckergletschers auf der SW- und der Appenzeller Gletscher auf der E-Seite.
- Es hat eine weit vom Alpenrand nach NW vorgeschoene Lage, die nur im Hörnlibergland noch einen Parallelfall aufweist.

- Es lässt sich gut mit dem Alpstein vergleichen, welchem es als nördlichstes Bergland in direkter Linie zwischen 15 und 20 km vorgelagert ist. Dies ist insofern von Bedeutung, als der Alpstein den gegen NW exponiertesten Gebirgsstock der n Alpen darstellt, der im Säntis mit 2501 m die rezente Sgr über vereistem Gebiet gerade noch erreicht und wo zudem die meteorologische Station wichtige Klimadaten liefern kann.

5.1.2. Schneegrenze aufgrund der höchsten Moränenwälle

Moränenzüge werden von den Gletschern erst unterhalb der Sgr ausgeschieden, weil

- die Zufuhr von Schnee und Eis von den Seitenhängen erst in tieferer Lage unterbleibt, so dass Moränenmaterial an den Rand des Eisstromes gelangen und ausgeschieden werden kann,
- das oberhalb der Sgr im Eis eingebettete Material erst unterhalb, wo die Ablation deutlich eingesetzt hat, wieder an der Gletscheroberfläche erscheint.

Diese Tatsachen benutzte Lichtenecker (1938) zur Festlegung der Sgr-Höhenlage, die folglich etwas über den höchsten, auskeilenden Moränenwällen liegen muss.

Höchste Wallmoränen des Würm-Maximums finden sich s Oberstaufen im Allgäu um 1000 m, am Pfänder etwas über 1000 m, am Bachtel um 980 m und am Etzel in 1020 m Höhe ü M (Penck, 1909; Hantke, 1970 und andere). Das Mittel für diese den Rhein- und Linthgletscher charakterisierenden Werte liegt bei 1000 m; die Sgr ist daher bei etwas über 1000 m anzusetzen.

Penck (1909) berichtet von auffälligen Moränenwällen, welche vom Schussenriet von 610 m gegen das Vorarlberg bis zu den Quellen der Weissach auf 1000 m ansteigen und dort auslaufen. Daraus folgert er, dass die Sgr im Würm-Maximum im Voralpenbereich des Rheingletschers auf ca 1000 m gelegen haben müsse. Dabei dachte

Penck regional und erhielt die klimatische Sgr über vereistem Areal, welche er aber nur mit Sgr bezeichnete.

Der Raum Degersheim ist bezüglich Alpenwall noch exponierter und weiter gegen das Mittelland vorgeschoben. Daraus ergibt sich eine regionale Sgr für das Degersheimer Bergland von 1000 bis wenig über 1000 m für das Würm-Maximum. Dabei handelt es sich um die Sgr über vereistem Areal. Die obigen, für die Herleitung verwendeten Einzelfälle bedeuten zwar grundsätzlich lokale Sgr, sind aber für den Rhein- und Linthgletscher massgebend, welche beide hier am Austritt ins Mittelland so wenig Gefälle aufweisen, dass die Exposition nicht mehr zum Spielen kommt und folglich die regionale Sgr direkt eruiert werden kann.

5.1.3. Schneegrenze mit Hilfe der Sgr-Depression

Rezente Sgr

Am Säntis liegen überdauernde Firnfelder in E-Exposition bis auf 2300 m herunter, während sie in W-Exposition noch ausapern (Schröter, 1926; Hantke, 1970; eigene Beobachtungen). An den steilen S- und N-Flanken gleitet der Schnee in tiefere Lagen ab. Der Blaue Schnee und der Grosse Schnee je mit E-Exposition weisen lokale Sgr auf Eis von ca 2400 m ü M auf. Auf der ausapern den W-Seite ist sie um etwa 100 m höher anzusetzen wegen der verstärkten Wirkung der Nachmittagssonne (5.1.4), d h sie liegt auf rund 2500 m, also auf Säntisgipfelhöhe. Mittelt man die lokalen Sgr-Höhenlagen, so ergibt sich eine regionale Sgr über verfirnitem Areal von 2450 m ü M. Diese Höhe wird auch von Jegerlehner (1902) und Streiff-Becker (1947) angegeben.

Sgr im Würm-Maximum

Aufgrund neuerer Erkenntnisse ist am Alpennordrand und in den n Voralpen mit einer Sgr-Depression für das Würm-Maximum gegenüber heute von 1300 - 1400 m zu rechnen (Hermes, 1955, 1964; Hantke, 1970). Für den S-Schwarzwald erwähnt Haase (1966) 1300 m Depres-

sion. Entsprechende Beträge gibt auch Messerli (1967) für die ähnlich niederschlagsreichen w Pyrenäen und die Berge Montenegros an. Für die N-Alpen bestimmt er sogar eine Sgr-Depression von 1700 m, wobei er diese allerdings zwischen Mittelland und Berner Alpen ohne Korrektur aufgrund der vorgeschobenen und nördlicheren Lage des Mittellandes erhält.

| | | |
|--------|-----------------|---------------|
| Säntis | rezente Sgr | 2450 m |
| | Sgr-Depression | 1300 - 1400 m |
| | Sgr im Würm-Max | 1150 - 1050 m |
| | im Mittel um | 1100 m |

Das gegenüber dem Säntis deutlich nach NW vorgeschobane Degersheimer Bergland dürfte demnach eine etwas tiefer liegende regionale Sgr aufgewiesen haben. Ein Vergleich mit dem noch weiter n gelegenen S-Schwarzwald, wo verschiedene Forscher mit einer Sgr zwischen 950 und 1000 m ü M rechnen (Brusch, 1948; Erb, 1948; Weischet, 1954; Haase, 1966), bestätigt diese Ueberlegungen.

Zusammenfassung: Die regionale Sgr auf Eis lag im Bergland von Degersheim im Würm-Maximum in 1000 bis 1050 m ü M.

5.1.4. Schneegrenze anhand würmeiszeitlicher Kargletscher

Methoden

Wie viele Autoren nachweisen (Klebelsberg, 1948; Louis, 1954; Messerli, 1967; Hantke, 1970), führen die verschiedenen Berechnungsmethoden zu unterschiedlichen Höhenlagen der Sgr, wobei die Ergebnisse, je grösser oder steiler der Gletscher ist, desto mehr auseinanderklaffen. Sie empfehlen daher, kleinere, nicht zu steile, in sich geschlossene Gletscher für Sgr-Berechnungen heranzuziehen.

Methode des Flächenvergleichs von Akkumulationsgebiet und Ablationsgebiet:

Die Gleichgewichtslage rezenter, nicht zu steiler Kargletscher ist so anzusetzen, dass 1/4 bis 1/3 der Gletscherfläche auf die Zunge entfällt, respektive 3/4 bis 2/3 auf das Firngebiet (Richter, 1888; Penck und Brückner, 1909). Die Gleichgewichtslinie entspricht dabei annähernd der lokalen Sgr über vergletschertem Areal (5.1.1).

Höfersche Methode: Nach ihr liegt die lokale Sgr auf der mittleren Höhe zwischen höchstem Punkt der Karumrahmung und dem tiefsten Punkt des Gletschers am Zungenende (Simony, 1851; Höfer, 1879; Partsch, 1894).

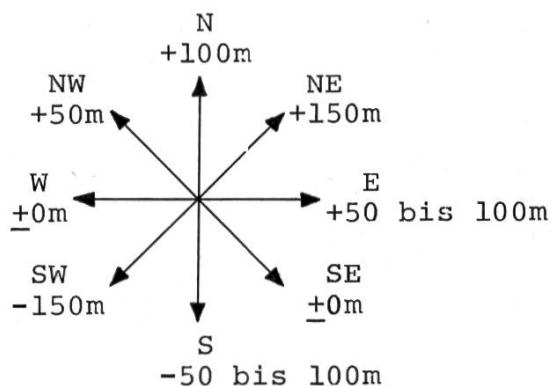
Methode der Mittelbildung aus Karumrahmung und Gletschererde: Die lokale Sgr findet sich darnach in der Mitte zwischen mittlerer Höhe der Gletscherumrahmung des Akkumulationsgebietes und der Höhe des Zungenendes. Die mittlere Höhe der Umrahmung wird graphisch ermittelt. Es handelt sich bei dieser Berechnungsart um eine Verfeinerung der Methode, welche von Höfer (1879) aufgestellt wurde.

Bestimmung der regionalen Sgr aus der lokalen:

Aus der Gleichgewichtslage \approx lokale Sgr auf dem Gletscher, lässt sich unter Einbezug der Exposition die regionale Sgr über verestem Areal berechnen. Hantke verwendet dazu das anhand rezenter mittelsteiler Gletscher gefundene System:

Fig 12

Exposition gegen →
Lage der regionalen Sgr bezüglich
der lokalen →



Aehnliche Expositionsunterschiede um 300 m fand auch Messerli (1967) im Mittelmeerraum für die Würmeiszeit, sofern das untersuchte Gebirge nicht eine deutliche Klimascheide darstellte.

Anwendung auf das Fuchsacker-Kar s Degersheim

Dieses kleine Hochtal mit Karschluss im Bergland von Degersheim zeigt Lokalvereisungsspuren, die aufgrund des Kontaktes mit dem am Talausgang stehenden Rheingletscher dem Würm-Maximum zugeordnet werden können (2.8 und 6.3).

Sgr nach der Methode des Flächenvergleichs:

Bei Aufteilung der Eisoberfläche in 1/4 Zunge und 3/4 Akkumulationsgebiet befindet sich die lokale Sgr ungefähr auf der Höhenquote 900 m. Wegen der N-Exposition sind 100 m zu addieren (Fig 12), so dass eine regionale Sgr von 1000 m resultiert. Unterteilt man im Verhältnis 1/3 zu 2/3, so ergibt sich für die lokale Sgr nur eine Erhöhung auf 910 - 920 m ü M.

Sgr nach der Methode der doppelten Mittelbildung:

Die Karumrahmung weist bei einer Kammlinie von 6,2 km Höhen zwischen 900 und 1074 m ü M auf. Der Durchschnitt aus mittlerer Kammhöhe 980 m und Gletscherende bei 820 m berechnet sich auf 900 m, was der lokalen Sgr entspricht. Somit ist die regionale Sgr auf der Quote 1000 m ü M zu suchen.

Sgr nach der Höferschen Methode:

Aus dem Mittel zwischen höchstem Punkt 1074 m und dem Zungenende 820 m ergibt sich die lokale Sgr um 950 m. Die regionale müsste dann wegen der Nordlage um 1050 m gelegen haben, woraus im Vergleich mit den beiden andern Methoden ein um 50 m höherer Wert resultiert. Nun zeigten aber bereits Enquist (1916) und Klebelberg (1948), dass bei dieser Art der Sgr-Bestimmung durchschnittlich sogar 100 - 200 m zu hohe Zahlen zu erwarten sind. Wegen der kleinen Fläche des Kargletschers ist hier der Fehler geringer.

Aus diesen Berechnungen geht hervor, dass die regionale Sgr über vereistem Areal im Würm-Maximum auf 1000 m ü M oder wenig darüber lag.

5.1.5. Zusammenfassung der Ergebnisse und Vergleich

Die Berechnungen zur regionalen Sgr über vergletschertem Areal im Würm-Maximum ergeben für das Bergland von Degersheim folgende Werte:

| | |
|--|-------------------------------|
| Sgr aufgrund höchster Moränenwälle (5.1.2) | in 1000 m ü M bis wenig höher |
| Sgr mit Hilfe der Sgr- Depression (5.1.3) | in 1000 - 1050 m ü M |
| Sgr anhand würmeiszeitli- cher Kargletscher (5.1.4) | in 1000 m ü M bis wenig höher |
| Sgr gemittelt | in 1000 m ü M bis etwas höher |

Die resultierenden Werte zeigen trotz gewissen Unzulänglichkeiten der Methoden geringe Unterschiede, die auf verschiedenen Wegen gewonnenen Zahlen weisen auf denselben auffälligen Mittelwert. Daher darf mit ziemlich grosser Sicherheit festgehalten werden:

Die regionale Schneegrenze über vergletschertem Areal lag im Würm-Maximum im Bergland von Degersheim in einer Höhe von gut 1000 m ü M.

5.2. Vergleich rezenter Gletscher mit Necker-, Thur- und

Urnäschgletscher im jüngeren Hochwürm

5.2.1. Zahlen zu den ausgewählten Beispielen (Tabelle 6)

| Gletscher | Lage (Region) | Zeit | geschätzte Höhenlage der regionalen Sgr auf Eis | Höhenlage Zungenende |
|---------------------------------|------------------------------|-------------------------|---|----------------------|
| 1. Morteratsch | Oberengadin | rezent | 2900 m | 2000 m |
| 2. Forno | Oberengadin | " | 2800 ? | 2200 |
| 3. Oberaar | Berner Oberland | " | 2850 | 2300 |
| 4. Oberaletsch | Wallis, N-Seite | " | 2900 | 2250 |
| 5. Hintereisferner ¹ | Oetztaler Alpen | " | 2840 ⁴ | 2400 |
| 6. Vernagtferner ² | Oetztaler Alpen | " | 3025 ⁴ | 2717 |
| 7. Gries ³ | Wallis, Goms | " | 2800 ⁴ | 2400 ? |
| 8. Necker | Toggenburg, Voralpen | Hochwürm, Stein a/Rh | 1100-1150 | 700 |
| 9. Thur | Toggenbg, Kalk- und Voralpen | | 1100-1150 | 600 |
| 10.Urnäsch | Appenzeller Voralpen | " | 1100-1150 | 750 |

¹ Untersuchungen von Patzelt, Innsbruck, nicht publiziert

² Persönl Mitt an Patzelt von Reinwarth, München, nicht publiziert

³ Persönl Mitt an Patzelt von Kasser, Zürich, nicht publiziert

Alle drei Fälle freundl Mitt von Dr G Patzelt, Innsbruck, 1972

⁴ Lokale Sgr auf dem Gletscher

⁵ Extrapolierte Flächen für den Urnäschgletscher ohne Zuschuss des Sittergletscherarmes über Gonten. Vergleiche dazu unter 5.2.3. Folgerungen 4.

⁶ Rezente Werte

| Höhen-differenz Sgr-Zungenende | Fläche in km ² | | | Verhältnis Abl-gebiet : Akk-gebiet | Nieder-schlags-mengen im Akk-gebiet | Rich-tung der Tal-achse |
|--------------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| | total | Abla-tions-gebiet | Akkumula-tions-gebiet | | | |
| 900 m | 20,5 | 8 | 12,5 | 1 : 1,6 | 200-300cm | NNE |
| 600 | 9,5 | 4,5 | 5 | 1 : 1,1 | 200-250 | N |
| 550 | 7,5 | 3,3 | 4,2 | 1 : 1,3 | 240-260 | ENE |
| 650 | 28,5 | 11 | 17,5 | 1 : 1,6 | 200-250 | SE |
| 480 | 8,94 | 2,45 | 6,49 | 1 : 2,56 | ca 200 | E |
| ca 300 | 9,52 | 3,26 | 6,26 | 1 : 1,91 | ? | S |
| 400 | 6,69 | 2,67 | 4,02 | 1 : 1,51 | 180-260 | NE |
| 400-450 | 18,5 | 6,5 | 12 | 1 : 1,85 | 200-240 ⁶ | NW |
| 500-550 | 244,5 | 92,5 | 152 | 1 : 1,65 | 180-300 ⁶ | W - N |
| 350-400 | 33 27 ⁵ | 16 10 ⁵ | 17 17 | 1 : 1,05 1 : 1,7 | 180-300 ⁶ | N |

5.2.2. Allgemeine Bemerkungen (zu Tabelle 6)

Die Flächen wurden mit einem $1/4 \text{ km}^2$ Netz auf der LK 1:100'000 ausgezählt. Genaueres Ausplanimetrieren ist für den Zweck der hier angestellten Überlegungen weder nötig noch möglich, da seitliche Abgrenzungen der einzelnen Gletscher sowie die exakte Lage der Sgr nicht bekannt sind, ausgenommen die Fälle 5 - 7.

Die Sgr der rezenten Gletscher entsprechen den heute angenommenen Durchschnittswerten für die betreffenden Regionen; es sind also regionale Sgr auf vergletschertem Areal. 2800 m für das Fornogletschergebiet s des Malojapasses sind dabei wohl zu tief; aber selbst so steht dieser Gletscher abseits der übrigen mit nur 1/10 Flächendifferenz. Bei den Fällen 5 - 7 handelt es sich um die lokale Sgr auf vergletschertem Areal, d.h. der Expositionen aber auch andere lokale Effekte sind hier in die Verhältniszahlen einbezogen. Für die Gletscher 8 - 10 wurde die für das Gebiet n des Säntis anzunehmende regionale Sgr aufgrund derjenigen des Würm-Maximums zwischen 1100 und 1150 m angesetzt (5.4). Bei rezenten Gletschern ist nicht berücksichtigt, ob diese sich im Gleichgewicht befinden oder nicht; Gleichgewichtslage darf von den Hochwürmgletschern in den einzelnen Stadien angenommen werden.

Die Tabelle enthält zum Vergleich rezenten Alpengletscher, die vorab 2 Punkte gemeinsam haben wie der Neckergletscher während dem Stein a/Rh-Stadium im Hochwürm:

1. Entsprechende Größenordnung der Gesamtfläche.
2. Gletscherzungen mit mindestens ab der Gleichgewichtslinie wenig Gefälle, was meist Höhendifferenzen zwischen 400 und 600 m ergibt.

Nur Gletscher mit vergleichbarer Gestalt und Größe können wegen ihres sonst stark variierenden Massenhaushaltes einander gegenübergestellt werden. Der im Ablationsbereich liegende Teil des Gletschers, die Zunge, stellt den am wesentlichsten ändernden Faktor für das Verhältnis Ablationsgebiet zu Akkumulations-

gebiet dar. Steil abfallende Zungen erreichen rasch Temperaturgebiete, welche stärkeres Abschmelzen herbeiführen, als solche mit wenig Gefälle, die sich in der Höhendifferenz wenig von der Sgr entfernen. Daher werden wenig geneigte Zungen bei gleichem Akkumulationsgebiet wesentlich länger werden als solche mit starkem Gefälle.

Die Niederschlagsmengen können nur mit grob abgeschätzten rezenten Werten für das Akkumulationsgebiet angegeben werden. Sie sind sicher von grosser Bedeutung für den Massenhaushalt eines Gletschers. Auch hier ist größenordnungsmässig Uebereinstimmung vorhanden. Poser (1948), Weischet (1954), Büdel (1960) und Frenzel (1967) zeigen die veränderten Luftdruck- und Niederschlagsverhältnisse im Pleniglazial der letzten Eiszeit auf, grossenteils hervorgerufen durch die Eiskalottenbildung von Irland bis Skandinavien. Sie sind aber trotzdem der Meinung, dass besonders im Frühjahr und Sommer wandernde Tiefs nach Mitteleuropa vordrangen, so dass es am Alpenrand im Luv der Winde beachtliche Niederschläge gegeben haben dürfte. Wie Hoinkes (1967) feststellt, sind sommerliche Niederschläge, welche in Form von Schnee fallen, für einen positiven Massenhaushalt der Gletscher wichtig, indem sie durch den hohen Albedowert viel von der eingestrahlten Sonnenenergie zurückwerfen.

Im Ablationsbereich fällt die Exposition zur Sonne bei steilem Zungenabfall stark ins Gewicht. Bei unseren Fällen hat dieser Faktor mindestens im Zungenbereich weniger Bedeutung. Hier wäre auch die vorherrschende Windrichtung (Triebeschnee) und die Hauptrichtung, aus der die Niederschläge kommen (Stauwirkung), zu beachten. Die Auswirkungen all dieser Faktoren und ihr Zusammenspiel sind allerdings grossenteils erst noch zu untersuchen.

5.2.3. Folgerungen

1. Die Zusammenstellung in der Tab 6 zeigt, dass bei Gletschern in der Größenordnung von 10 - 30 km² Fläche bei geringem Gefälle der Zunge, wobei das Zungenende nur einige 100 m tiefer liegt als die Sgr, das Verhältnis von Ablations- zu Akkumulationsgebiet meist unter 1 : 2 liegt.
2. Der Neckergletscher passt sich gut in die ausgewählten rezenten Alpengletscher ein. Daraus ergibt sich, dass für das Peterzell-Stadium des Neckergletschers (Abb 24 in 10.3) eine Sgr von gut 1100 m sich als gültig erweist, womit dieses Stadium dem Bazenheid-Stadium des Thurgletschers oder entsprechend dem Stein a/Rhein-Stadium des Rheingletschers zuzuordnen ist.
3. Selbst der wesentlich grössere Thurgletscher dieses Stadiums weist ähnliche Charakteristika auf wie der Neckergletscher. Mit einer Ablationsfläche von 92,5 km² und einer Akkumulationsfläche von 152 km² ergibt sich das Verhältnis 1 : 1,65. Auch er besitzt eine wenig steile Zunge, die nur 500 m tiefer als die Sgr endet. Immerhin steht er noch über die Wildhauser Transfluenz mit dem Rheingletscher in Verbindung, der, gemäss Erratikern im obern Toggenburg, einen gewissen Druck auf den Thurgletscher ausgeübt haben muss. Nach den gefundenen Werten dürfte aber der Eiszuschuss aus dem Rheingebiet gering gewesen sein; es handelte sich eher um einen gegenseitigen Einstau im Raume Wildhaus, was auch andere Autoren annehmen (Gutzwiller, 1873; Arn Heim, 1907; Hantke, 1967).

Es lassen sich nun einerseits die Berechnungen Ludwigs (1930) über die Ausdehnung des Thurgletschers mit Hilfe des hydrographischen Einzugsgebietes bis zum Zungenende nach Beck (1926) widerlegen. Ludwig bestimmte das Einzugsgebiet des Thurgletschers im Bazenheid-Stadium (bei ihm als risszeitlich interpretiert) auf 215,4 km². Die Sgr setzte er dabei auf

1200 m an und erhielt $104,6 \text{ km}^2$ Akkumulationsgebiet über und $110,8 \text{ km}^2$ Ablationsgebiet unter dieser Höhenlinie. Dabei zeigt sich allein anhand dieser Flächen im Vergleich mit rezenten Gletschern, dass die Sgr für dieses Stadium zu hoch angesetzt war (Tab 6). Die Differenz in den Gesamtflächen röhrt von der Frage her: Erreichte dieser oder jener Seiten-talgletscher den Thurgletscher noch oder nicht mehr? Bei einer tiefer gelegenen Sgr (hier um 1100 m) müssen konsequenterweise mehr Seitengletscher den Hauptgletscher noch ernährt haben, so dass dessen Einzugsgebiet grösser wird und sich das Verhältnis Akkumulationsgebiet : Ablationsgebiet entsprechend ändert.- Ludwig, der für das Würm-Maximum eine Sgr-Depression von nur 1200 m annahm, berechnete das Zungenende des Würm-Maximum auf 2 km s Wattwil, woraus er ein eisfreies unteres Toggenburg, also auch Neckertal, ableitete.

Andererseits bestätigt dieser Vergleich mit rezenten Gletschern die von Gutzwiller (1873), Frey (1916), Andresen (1964), Hantke (1967) und anderen angegebene Ausdehnung des würmzeitlichen Thurgletschers, für den sie im Stadium von Bazenheid Parallelisierung mit dem Zürich-Stadium fordern.

4. Der Urnäschgletscher mit dem extremen Verhältnis Ablationsgebiet : Akkumulationsgebiet = 1 : 1,05, welches noch unterhalb desjenigen des Fornogletschers liegt, lässt sich rechtfertigen. Er erhielt durch die Talung von Gonten vom Sittergletscher her einen kräftigen Zuschuss, so dass er bis Hundwil vorzustossen vermochte (Kartenbeilage 9). Dies deckt sich mit der Auffassung von Hantke (1960), steht aber im Widerspruch zu Ludwig (1930) und Saxer (1967). Dieser lehnt einen selbständigen Urnäschgletscher, der in der Würm-Eiszeit bis ins mittlere Urnäschtal gereicht habe, ab, während selbst ohne Eiszuschuss durch den Sittergletscher noch im Stein a/Rh-Stadium dieser Eisstrom mit etwa 27 km^2 Fläche bei einer Sgr-Höhenlage von gut 1100 m über das Dorf Urnäsch hinausgereicht haben müsste. Diese theoretische Gletscherausdehnung wurde

durch eine Schätzung erhalten, indem der Eiszuschuss von Appenzell her anhand von Talquerschnitt und Eishöhe bei der Konfluenz der beiden Gletscher mit dem eigentlichen Urnäsch-gletscher verglichen und abgerechnet wurde.

5.3. Bestimmung der Sgr an den lokalen Gletschern der Hochalp

5.3.1. Die Lokalvereisung der Hochalp

Auf der N-Abdachung der Hochalp 1530 m kam es auch während dem Stein a/Rh-Stadium zur Ausbildung kleinerer Gletscher. Die steilen S- bis SW-Abhänge gegen das hinterste Neckertal jedoch dürften wegen ihrer Exposition firnfrei gewesen sein. Das auf den N-Hängen sich bildende Eis floss durch die Täler des Rötel- und Stöckbaches in wnw Richtung gegen das Tal des Tellbaches ab, wo der Neckergletscher den Talausgang abdämmte (Moränenwall von Harzenmoos 2.3, 2.5 und 4.6.3). Der Rötel- und der Stöckgletscher vermochten von SE her eben noch mit ihren Zungen bis in die Stauablagerungen im Telltal vorzudringen (2.3.4 und 2.5.4). Ihre Endmoränenreste und die Seitenmoräne des Neckergletschers von Harzenmoos lassen sich daher wegen der gemeinsamen Schuttmassen korrelieren und ins Peterzell-Stadium des Neckergletschers einordnen.

Der Kargletscher im südlichsten Talabschnitt des Stöckbaches muss aufgrund der Topographie zur Hauptsache bei Dürrenwälderen über eine niedrige Transfluenz zum obersten Neckergletscher abgeflossen sein, während der betreffende Bach heute zum unteren Stöckbach entwässert.

5.3.2. Zusammenstellung der gefundenen Werte (Tabelle 7)

| | Stöckgletscher | Rötigletscher |
|--|---|--|
| Totale Gletscherfläche im Stein a/Rhein-Stadion | 1,5 km ² | 2,1 km ² |
| Zungenfläche, wenn diese 1/3 der Gesamtfläche ist daraus Höhenlage der lokalen Sgr auf vergletschertem Areal | 0,5 km ² 1130 m | 0,7 km ² 1160 m |
| Zungenfläche, wenn diese 1/4 der Gesamtfläche ist daraus Höhenlage der lokalen Sgr auf vergletschertem Areal | ca 0,4 km ² 1080 m | ca 0,5 km ² 1080 m |
| Mittlere Exposition Abstand der regionalen Sgr auf Eis bezüglich der lokalen (5.1.4) daraus ergibt sich: regionale Sgr auf Eis zwischen Mittelwert für die regionale Sgr über vereistem Gebiet | WNW 0 bis +50 m ca 1150 m und ca 1100 m um 1130 m, d h zw 1100 und 1150 m ¹ | WNW 0 bis +50 m ca 1180 m und ca 1100 m |

¹Um klarzustellen, dass den ausplanimetrierten oder auf Uebertragung beruhenden Werten Fehler anhaften, wurden die berechneten Mittelwerte im Eingabelungsverfahren angegeben (Rahmenwerte).

Mit zwei verschiedenen Berechnungsmethoden wurde die lokale Sgr auf den beiden Gletschern im Rötel- und im Stöcktal bestimmt. Auf dem Wege des Flächenvergleiches (Tab 7) erhält man Werte von wenig über 1100 m ü M für die regionale Sgr auf vergletschertem Areal. Da aufgrund der bekannten Ausdehnung dieser Gletscher deren Einzugsgebiet und damit die Umrahmung der Firngebiete festgelegt werden konnte, liess sich die Sgr auch mit der verfeinerten Höferschen Methode berechnen:

| | Stöckgletscher | Rötelgletscher |
|---------------------------------|----------------|----------------|
| Mittlere Höhe der Firnumrahmung | 1280 m | 1300 m |
| Höhenlage der Gletscherenden | 900 m | 920 m |
| Mittelwert = lokale Sgr auf Eis | <u>1090 m</u> | <u>1110 m</u> |

Wegen der Exposition gegen WNW sind zwischen 0 und 50 m für die regionale Sgr zu addieren (5.1.4). Daraus resultiert eine regionale Sgr auf Eis für beide Gletscher von etwas über 1100 m. Dieser Wert stimmt praktisch mit demjenigen aufgrund des Flächenverhältnisses zwischen Akkumulations- und Ablationsgebiet (siehe oben) überein und sichert die Sgr-Höhenlage ab.

5.3.3. Folgerungen

Die durch die Verknüpfung mit den Stauschottern nachgewiesenen Zusammenhänge zwischen den Randlagen des Neckergletschers bei Harzenmoos und denjenigen von Stöck- und Rötelgletscher an den Mündungen ins Telltal werden durch die Berechnung der lokalen Sgr auf den beiden Gletschern bestätigt, indem die daraus abgeleitete Höhenlage der regionalen Sgr über vergletschertem Areal sehr gut zu derjenigen des Stein a/Rh-Stadiums von gut 1100 m passt. Damit wird die in der Tab 6 (5.2) verwendete Höhe der regionalen Sgr für dieses Stadium durch diejenige anhand der beiden kleinen Gletscher im Stöck- und Röteltal, welche sich für eine Sgr-Berechnung gut eignen, als richtig ausgewiesen.

5.4. Zusammenfassung: Sgr-Höhen in der NE-Schweiz während den Hoch- und Spätwürm-Stadien

Unter Sgr sei auch hier die regionale Sgr über vergletschertem Areal verstanden. Die weit nach N vorgeschobene Lage des Degersheimer Berglandes bewirkt ein Absinken der Sgr vom Alpstein in nnw Richtung um über 50 m (5.1.3), welches in allen Hochwürm-Stadien miteinbezogen worden ist. Dies konnte anhand der Verhältnisse im Fuchsackerkar s Degersheim bestätigt werden.

Ausgehend von der Sgr-Höhe im Würm-Maximum konnte diejenige für das Stein a/Rhein = Zürich-Stadium n des Alpstein angenähert werden. Der Vergleich mit rezenten Gletschern ähnlicher Ausmasse wie bei Necker- und Urnäschgletscher in diesem Hochwürm-Stadium (Kartenbeilage 9) ergab gute Uebereinstimmung (5.2), was die Höhenlage der angenommenen regionalen Sgr untermauert. Das Peterzell-Stadium des Neckergletschers liess sich auf diesem Wege mit demjenigen von Bazenheid des Thurgletschers parallelisieren, was im Kap 4.5.3 mit morphologischen Schlüssen bereits gezeigt wurde.

Eine weitere Absicherung der Sgr-Höhe für das Stein a/Rh-Stadium konnte mit Hilfe zweier kleiner Lokalgletscher (Rötel- und Stöckgletscher) an der Hochalp vorgenommen werden.

Die Angaben der Tab 8 stellen wegen der vielen Unsicherheitsfaktoren nur Annäherungswerte dar. Sie sollen als Richtwerte betrachtet werden, welche aus den angestellten Untersuchungen und Ueberlegungen abgeleitet sind.

Tabelle 8 : Sgr-Höhen in der NE-Schweiz während den Hoch- und Spätwürm-Stadien

| Rheingletscher Linthgletscher | Stadien | Sgr-Depression | | Regionale Sgr auf Eis | |
|-------------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| | | Andere Bezeichnungen | am Säntis | im Raum Degersheim | im Raum |
| Hochwürm | | | | | |
| Rüdlingen | Killwangen | Würm-Maximum | um 1350 m ⁴ | um 1100 m ⁴ | gut 1000 m ⁴ |
| Diessenhofen | Schlieren | 1. Rückzugshalt | um 1300 m ³ | um 1150 m? | um 1050 m? |
| Stein a/Rhein | Zürich | 2. Rückzugshalt | 1250-1300 m | 1200-1150 m ⁴ | um 1100 m? |
| Spätwürm | | | | | |
| Konstanz | Hurden | 3. Rückzugshalt | 1150 m ³ | um 1300 m ⁵ | um 1250 m ⁶ |
| Feldkirch ¹ | Weesen ¹ | 4. Rückzugshalt | 1050 m ³ | um 1400 m ⁵ | - |
| | Sargans ¹ | Bühl ² | 900-1000 m ² | 1450 m ¹ | - |
| | Chur ¹ | Steinach ² | 700 ² - 800 m ³ | um 1700 m ¹ | - |

¹ Nach Hantke (1970)

² Heuberger - Mayr (1966)
³ Hantke (1973, mdl Mitt)

⁴ Eigene Untersuchungen
⁵ Feststellungen im Hochalpgebiet (4.6.)

⁶ Theoretische Zahl, da der Wilketal als höchste Erhebung 1170 m aufweist
? Aus der Sgr-Depression bestimmte Höhenlage