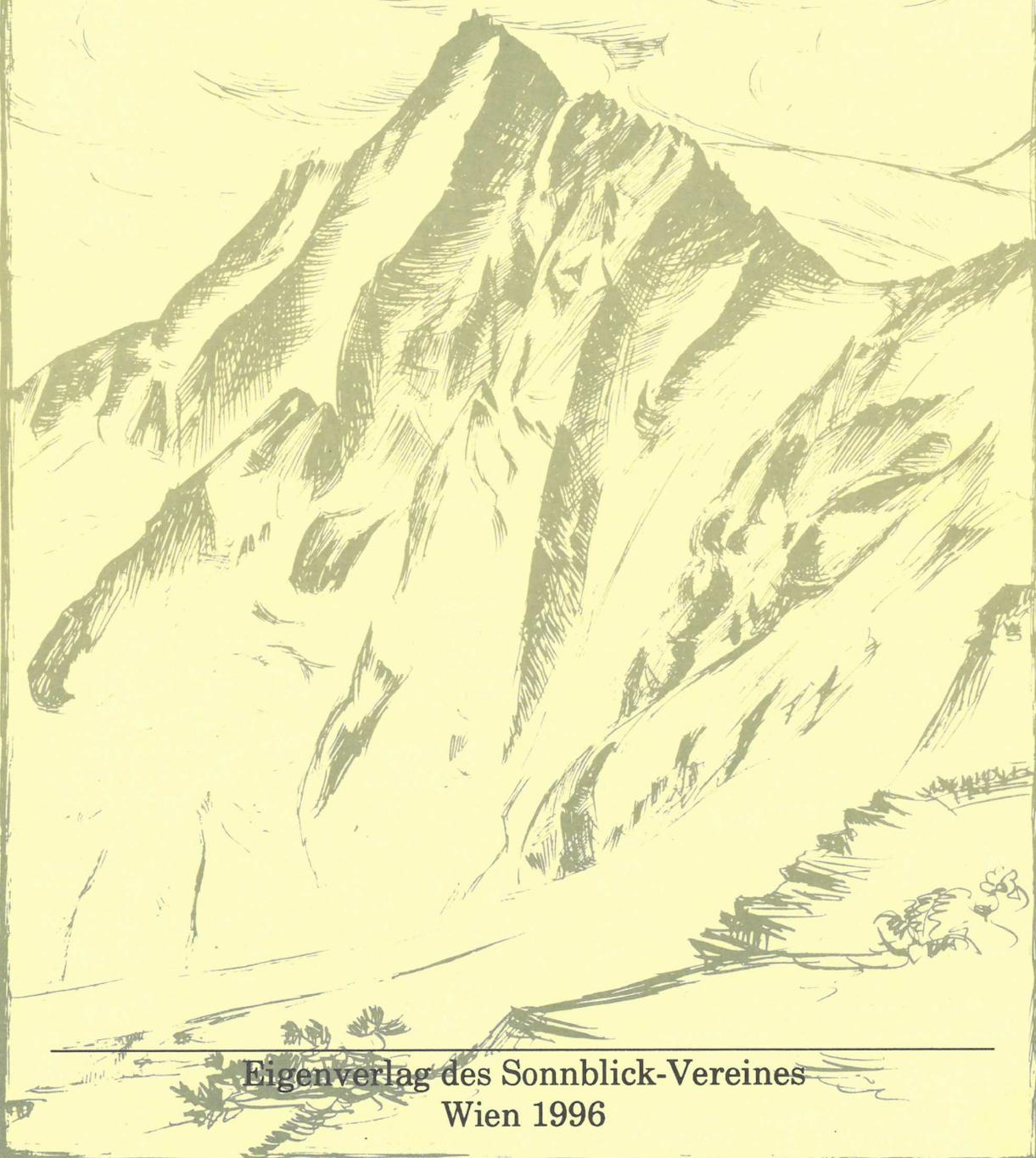
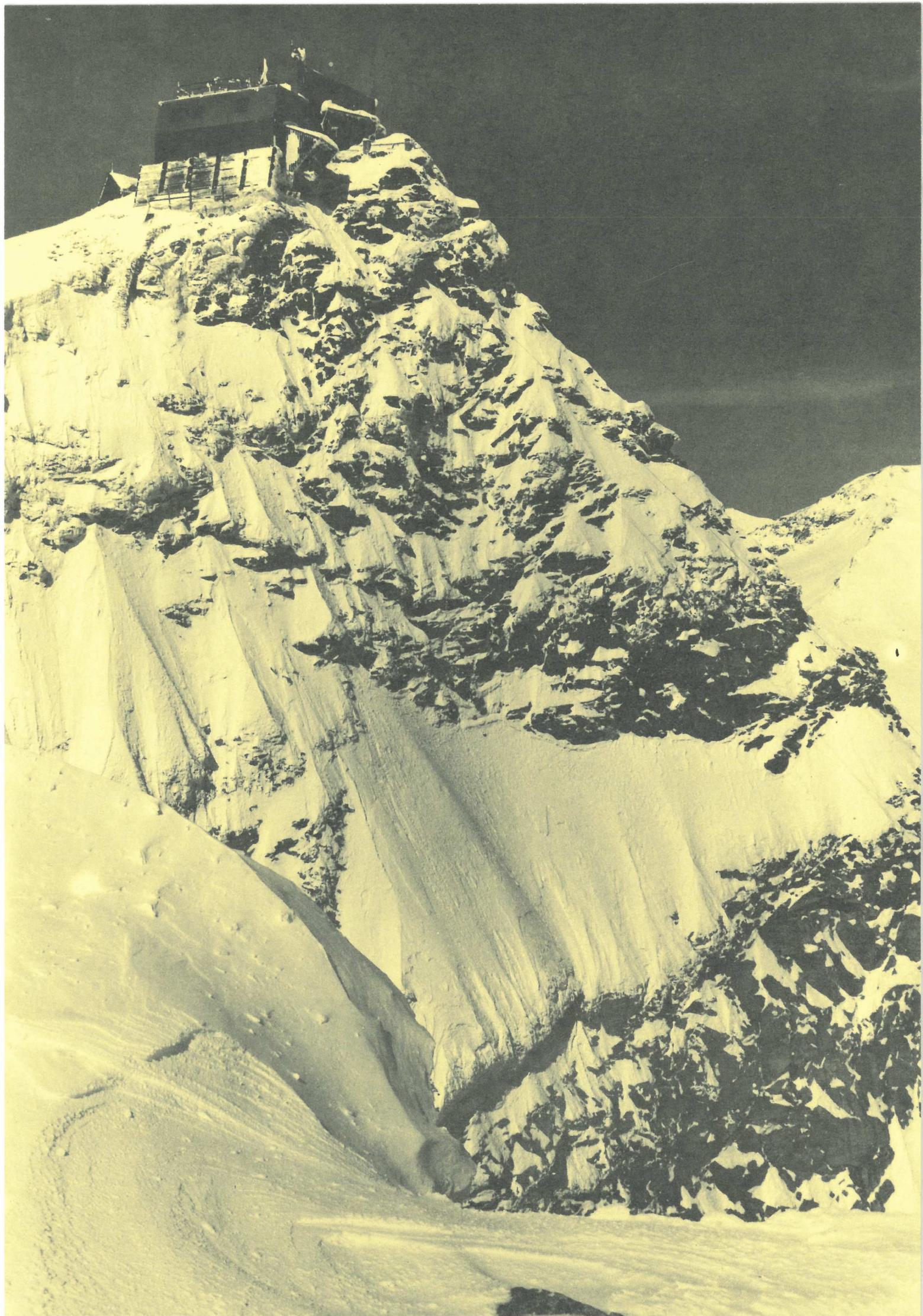


92. - 93. Jahresbericht  
des Sonnblick-Vereines  
für die Jahre 1994 - 1995



---

Eigenverlag des Sonnblick-Vereines  
Wien 1996



# 92. - 93. Jahresbericht des Sonnblick-Vereines für die Jahre 1994 - 1995

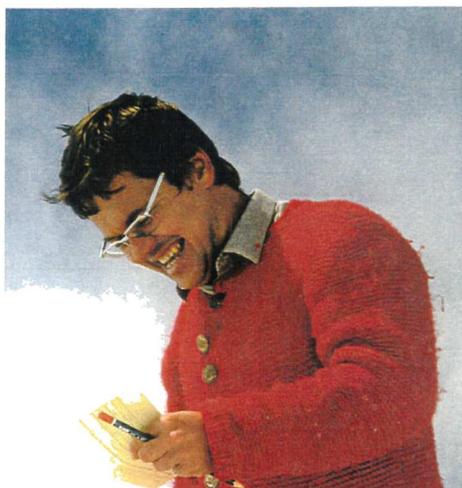
---

**Eigenverlag des Sonnblick-Vereines, Wien 1996**

**Redaktion: R. Böhm**

**Satz, Graphik, Layout: E. Scharm, G. Seifriedsberger**

## Nachruf auf Norbert Hammer



Am 4. März 1995 ist unser Kollege und Freund Dr. Norbert Hammer bei einem Bergunfall auf der Rax ums Leben gekommen.

Während seiner langjährigen Tätigkeit als Klimatologe an der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik haben wir ihn als Wissenschaftler und als Mensch schätzen gelernt.

Seine großen Spezialkenntnisse auf dem Gebiet der mathematischen Modellierung von naturwissenschaftlichen Zusammenhängen benutzte er zur Entwicklung einer Vielzahl von Programmen und Modellen. In seinem Beruf war er immer auf der Suche nach einer sinnvollen Verbindung von theoretischer Exaktheit und sinnvoller Anwendbarkeit. Eine große Zahl von wissenschaftlichen Veröffentlichungen zeugt von seiner Aktivität.

Als Beispiele seien erwähnt:

Er entwickelte ein Verfahren zur Berechnung des Einflusses von Witterung und Klima auf den Energieverbrauch für Heizzwecke, das er erstmals für das Land Steiermark in die Praxis umgesetzt hat.

Für ein Projekt über starke Niederschlagsereignisse erarbeitete er ein Verfahren zur Berechnung von Extremfällen aus Meßdaten.

Er erstellte ein aufwendiges mathematisches Rechenmodell der Energiebilanz des Menschen, das unter anderem in der Kurortklimatologie laufend verwendet wird und das auch wichtige Erkenntnisse über die Möglichkeiten lieferte, in einem Schneehöhlenbiwak alpine Notsituationen zu überstehen.

Eine glückliche Verbindung seiner privaten und beruflichen Interessen stellten seine Forschungen im Bereich der Gletscherkunde dar. Seine letzte Veröffentlichung auf diesem Gebiet beschrieb ein Verfahren, die Gletscherschwankungen des Wurtenkeeses aus Klimadaten abzuleiten. Hergeleitet und überprüft hat er diese Berechnungen seit 1978 mit aufwendigen und oft mühsamen Feldmessungen im Sonnblickgebiet.

Gerade bei diesen Messungen im hochalpinen Gelände zeichnete er sich immer durch große Vorsicht und Rücksichtnahme aus, vor allem, wenn es um die Sicherheit anderer ging. Doppelt trifft uns daher, daß gerade einer wie er einem Bergunfall zum Opfer gefallen ist, dessen große Bergerfahrung und Umsicht uns immer ein Vorbild war.

Nicht nur wissenschaftlich sondern auch menschlich war Norbert Hammer eine starke Persönlichkeit. Im Umgang mit Kollegen, die oft zu Freunden wurden, war er vor allem von denjenigen geschätzt, die einem offenen Wort gegenüber inhaltsleeren Höflichkeiten den Vorzug geben. Nicht nur in seiner Zeit als Personalvertreter zeichnete er sich vor allem dadurch aus, daß sein Einsatz denen galt, die ihn am ehesten benötigten. Wenn er von einer Sache überzeugt war, widmete er sich ihr voll. Halbheiten entsprachen nicht seiner Überzeugung.

Sein Tod hat bei uns sowohl wissenschaftlich, als auch - und das ist wohl wichtiger und schmerzlicher - menschlich eine tiefe Lücke hinterlassen.

Wir werden Norbert Hammer ein ehrendes Andenken widmen. Die Spuren, die er bei uns hinterlassen hat, werden wir nicht verwehen lassen.

Reinhard Böhm

# Inhalt

W. Schöner, M. Staudinger, H. Puxbaum: Schadstoffkonzentrationsmessungen in der Winterschneedecke von Wurtenkees und Goldbergkees .....	5
A. Kasper, B. Brantner, H. Fierlinger, M. Kalina, S. Palaczek, W. Tscherwenka, W. Winiwarter, H. Puxbaum: Aerosol- und Schneechemie am Sonnblick .....	35
W. Schmittner: Massenhaushalt Wurtenkees für das Haushaltsjahr 1993/94 .....	51
T. Wiesinger: Massenhaushalt Wurtenkees für das Haushaltsjahr 1994/95 .....	60
I. Auer: Der Zustand der Gletscher im Sonnblickgebiet in den Gletscherhaushaltsjahren 1993/94 und 1994/95 .....	70
Vereinsnachrichten und Tätigkeitsberichte 1994 und 1995 .....	75
Totalisatoren- und Schneepegelmessungen im Sonnblickgebiet in den Jahren 1994 und 1995 .....	84
Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen auf dem Sonnblickgipfel in den Jahren 1994 und 1995 .....	86

# SCHADSTOFFKONZENTRATIONSMESSUNGEN IN DER WINTERSCHNEEDECKE VON WURTENKEES UND GOLDBERGKEES

## Ergebnisse des ALPTRAC Teilprojektes SNOSP

Wolfgang Schöner, Michael Staudinger und Hans Puxbaum

### 1. Erläuterungen zur Motivation des ALPTRAC-Teilprojektes SNOSP

Die vorliegende Arbeit untersucht die Ionenkonzentration in einer hochalpinen winterlichen Schneedecke und wurde im Rahmen des Projektes ALPTRAC durchgeführt. ALPTRAC (High Alpine Aerosole and Snow Chemistry Study), ein Teilprojekt von EUROTRAC<sup>1</sup>, beschäftigt sich mit dem Vorkommen, der Umwandlung und der Deposition von Schadstoffen in einer hochalpinen Umwelt und gliedert sich in vier Forschungsschwerpunkte:

#### *SNOSP (Alpine Wide Snow Sampling Program):*

Über die ganzen Alpen verteilt werden jährlich an ungefähr 10 bis 15 hochgelegenen Meßstellen (über 3000 m Seehöhe) Schneeproben der gesamten Winterakkumulation genommen und hinsichtlich der wichtigsten Ionen analysiert, um die geographische Verteilung und die zeitliche Änderung von Schadstoffen zu erfassen. Die Probennahme und Auswertung wird von insgesamt sieben Forschergruppen aus allen Alpenländern durchgeführt.

#### *CORE:*

Zur Untersuchung der Luftverschmutzung in den letzten 100 Jahren werden an einzelnen Stellen in den Alpen Bohrkerne gezogen und chemisch sowie physikalisch analysiert.

#### *ALASS:*

ALASS untersucht die Wechselwirkungen zwischen Luft-, Wolken- und Schneechemie, das heißt die Einbindung der Schadstoffe (atmosphärische Gase und Partikel) in den Niederschlag und die anschließende Deposition.

#### *SNOWMET:*

Die Ergebnisse der Konzentrations- und Depositionsmessungen werden meteorologisch interpretiert, sowie alle Meßorte klimatologisch charakterisiert.

Die vorliegende Arbeit beinhaltet Ergebnisse des Forschungsschwerpunktes SNOSP und behandelt im wesentlichen Untersuchungen am Goldberg- und Wurtenkees. Diese Gletscher wurden einerseits auf Grund ihrer östlichen Lage im Bereich der Alpen (als östlichster Meßpunkt für den alpenweiten Vergleich) und andererseits wegen ihrer Nähe zum Sonnblickobservatorium gewählt. Auf dem Sonnblickobservatorium werden eine Vielzahl von luftchemischen, meteorologischen und Niederschlagsmessungen durchgeführt, die für die Interpretation der Schadstoffmessungen der Schneedecke wichtig sind.

---

<sup>1</sup> EUROTRAC (European Experiment on Transport and Transformation of Environmentally Relevant Trace Constituents in the Troposphere over Europe) ist ein Umweltprojekt von EUREKA. Näheres dazu siehe Puxbaum (1991).

An diesen Gletschern wurden im Rahmen des SNOSP-Programmes Schneeproben genommen und hinsichtlich der wichtigsten Schadstoffe untersucht. Unter dem Begriff Schadstoffe werden in dieser Arbeit die wichtigsten Anionen ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  und  $\text{Cl}^-$ ) verstanden, die für die „Versauerung“ der Schneedecke verantwortlich sind. Gemessen wurden im Rahmen dieser Arbeit jedoch alle wichtigen anorganischen Ionenkomponenten, die einerseits eine Ionenbilanzierung ermöglichen und andererseits auch Puffereffekte erfassen lassen.

Zwei Fragen drängen sich in diesem Zusammenhang auf:

- a) warum wird die Schadstoffbelastung der Schneedecke gemessen (und nicht die Schadstoffbelastung von Neuschnee, Regen, Nebel etc.)
- b) warum werden die Schneeproben im Hochgebirge genommen (was einen sehr hohen logistischen und finanziellen Aufwand erforderlich macht).

Messungen der Schadstoffbelastung einer hochalpinen Schneedecke bieten mehrere Vorteile: Wie bereits vorher erwähnt, hat Schnee die Eigenschaft, atmosphärische Gase und Teilchen (und somit auch Schadstoffe) während seiner Bildung und Ablagerung an sich zu binden und schließlich am Boden witterungsbedingt schichtförmig zu deponieren. Solange der abgelagerte Schnee (die Schneedecke) nicht schmilzt, bleibt die Konzentration der meisten Ionenkomponenten in der Schneedecke konserviert. Umgekehrt ist es jedoch auch möglich, aus der Schadstoffkonzentration der einzelnen Schneesichten auf die Belastung des Herkunftsgebietes des Niederschlages zu schließen. In kalten Gebieten (Polargebiet, hochalpine Gebiete) kann man daher auf Grund der Konservierung der Schadstoffe durch die Entnahme von Proben oder Bohrkernen und geeigneten Datierungsmethoden frühere Schadstoffkonzentrationen bestimmen (siehe z. B. Wagenbach et al., 1988). Die Schadstoffkonzentration in der Schneedecke beinhaltet neben der nassen Deposition auch die trockene Deposition, die aber für die meisten Schadstoffe einer hochalpinen Schneedecke prozentual nur einen geringen Anteil ausmacht (siehe z. B. Cadle und Muhlbaier-Dasch, 1987).

Im Fall der Alpengletscher kann man für Seehöhen über 3000 m in der Periode November bis März Schmelzfreiheit, bzw. für die gesamte winterliche Akkumulationsperiode höchstens nur sehr geringfügiges Schmelzen der Schneedecke annehmen, weshalb auch hier die Ionenkonzentrationen in der Schneedecke konserviert bleibt. Dies ermöglicht es, am Ende des Winters Schneeproben zu ziehen und so die Schadstoffbelastung im Niederschlag für die gesamte Winterperiode zu bestimmen. Weil in diesen großen Seehöhen während des Winters praktisch jeder Niederschlag in Form von Schnee fällt und in Abhängigkeit von Witterungsperioden schichtweise abgelagert wird, bildet sich somit ein durchgehendes Archiv der Schadstoffkonzentration für diese Zeitperiode. Eine möglichst ungestörte Schneeakkumulation wäre für die Untersuchungen am günstigsten, was jedoch im Hochgebirge nicht vorkommt. Schneeakkumulations- und -erosionsprozesse durch starken Wind führen immer wieder zu Störungen der Ablagerungen. Relativ gesehen bieten jedoch die Mulden und sanfteren Geländeformen im Nährgebiet der Gletscher im Gegensatz zum Gelände außerhalb bessere und brauchbarere Bedingungen. In Tallagen, die windschwächer sind, müßte man jede Niederschlagsprobe unmittelbar nach dem Ereignis sammeln, da erstens nicht jeder Niederschlag in Form von Schnee fällt, und zweitens es in Abhängigkeit von der Seehöhe öfters zu Schmelzprozessen kommt. Der Vorteil der Schmelzfreiheit im Hochgebirge wiegt jedoch den Nachteil des gestörten Schneeprofiles auf. Bei einem stratigraphisch ungestörten Schneeprofil ist dadurch nicht nur die Schadstoffbelastung je Schneesicht meßbar, sondern, wenn jeweils eine Datierung durchgeführt wird, die zeitliche Zuordnung zu den Niederschlagsereignissen und damit die Auflösung der Akkumulationsperiode in Einzelereignisse möglich.

Schmelzprozesse sind jedoch nicht außer acht zu lassen. Findet Schmelzung in der Schneedecke statt, kommt es zu sogenannten "Säurepulsen", das heißt mit dem ersten Schmelzvorgang wird ein Großteil der sauren Komponenten aus der Schneedecke ausgewaschen, was für die sensiblen hochalpinen Ökosysteme sehr weitreichende Folgen haben kann (Baird et al., 1987).

Während des Winterhalbjahres ist für den europäischen Raum die Häufigkeit von Inversionswetterlagen bzw. von Wetterlagen mit einer Mischungsschichthöhe unter 3000 m sehr groß. Das bedeutet, daß die gemessenen Schadstoffbelastungen in einer Seehöhe über 3000 m im wesentlichen nicht von lokalen Emittenten stammen, sondern durch Ferntransport zu den Alpen gebracht wurden (siehe z.B. Seibert 1991). Somit ergibt sich mit den Messungen dieser Arbeit die Möglichkeit, den Ferntransport der Schadstoffbelastung zu untersuchen.

Messungen der Ionenkonzentration der Schneedecke werden am Wurtenkees schon seit dem Jahre 1983 und am Goldbergkees seit dem Jahre 1987 durchgeführt. Diese Untersuchungen waren zum Großteil als Pilotstudie für das ALPTRAC Projekt gedacht und konnten mit nur geringen finanziellen Mitteln durchgeführt werden. Neben der eigentlichen Ionenmessung sollte vor allem Erfahrung bei der Probennahme und Analytik gewonnen werden. Eine Zusammenfassung dieser ersten Untersuchungen ist in der Diplomarbeit von W. Vitovec (1988) zu finden. Diese lange Meßreihe bietet andererseits eine einmalige Gelegenheit, die Auswirkungen in den Änderungen der Schadstoffemissionen der letzten Dekade auf die Depositions- bzw. Konzentrationswerte zu untersuchen.

Allgemeine Studien über die Schadstoffbelastung der Schneedecke sind in der Literatur sehr zahlreich zu finden. Es sei hier nur das Buch von H. G. Jones und W. J. Orville-Thomas (1987) erwähnt. Seltener wurde die Schadstoffbelastung hochalpinen Schnees untersucht, während der Ansatz einer zeitlichen Datierung der Schneeeproben und eine dadurch mögliche meteorologisch-klimatologische Interpretation noch nie durchgeführt wurde. Eine derartige Interpretation wurde höchstens für einzelne Fälle von Neuschneeeproben versucht.

Folgende Punkte sollten daher im Rahmen des ALPTRAC-SNOSP-Projektes am Goldbergkees und Wurtenkees untersucht werden:

- Repräsentativität einer punktuellen Schadstoffmessung in der Schneedecke.
- Regionaler und Überregionaler Vergleich der Schadstoffdeposition in den Alpen.
- Untersuchung der langjährigen Depositionsmessungen in der Schneedecke am Wurtenkees und Goldbergkees im Vergleich zu den Emissionsänderungen dieser Periode
- Entwicklung einer Datierungsmöglichkeit von Schneeeproben aus einem Schneeschacht (Schneekalender) hinsichtlich einer Zuordnung zu einzelnen Niederschlagsereignissen.
- Anwendung der Schneekalendermethode am Beispiel des Goldbergkees.
- Klassifikation der Schadstoffbelastung in den einzelnen Schneeschichten nach verschiedenen charakteristischen Wetterlagen.

Ein ausführliche Darstellung von allen oben erwähnten Fragestellungen findet sich in der Dissertation von Schöner (1995). Im vorliegenden Bericht sollen nur einige wesentliche Ergebnisse der Ionenkonzentrationsmessungen der Winterschneedecke von Wurtenkees und Goldbergkees vorgestellt werden.

Die Feldarbeiten und Probennahmen wurden von M. Staudinger, T. Wiesinger, G. Rad, U. Wührheim, B. Riepl, F. Scharm, M. Schöner, H. Steindl, E. Hagenauer, M. Ruhsam, K. Blochberger, W. Tschervenka, M. Mayerl, T. Bruggraber, K. Jerlich, C. Resch, J. Keintzel, I. Schwarzl, T. Lackner, H. Lindler, L. Rasser, S. Weigl, A. Trieb, K. Fussenegger und W. Schöner durchgeführt.

Die Analysen der Schneeproben hinsichtlich der wichtigsten Ionen wurden vom Institut für Analytische Chemie, Abteilung für Umweltanalytik der Technischen Universität Wien durchgeführt. Die Bestimmung der  $^{18}\text{O}$  und  $^2\text{H}$  Isotope erfolgte durch Dr. W. Stichler (International Atomic Energy Agency, Section for Isotopic Hydrology).

## 2. Besonderheiten der Ionendeposition für eine hochalpine winterliche Schneedecke

Einige Besonderheiten der Ionendeposition in einer hochalpinen winterlichen Schneedecke sollen in diesem Kapitel noch kurz angeführt werden, da sie für die Interpretation der Ionenmessungen von wesentlicher Bedeutung sind.

- 1.) In Höhenbereichen in denen sich die beiden Probennahmestellen dieser Arbeit (im Gipfelbereich von Sonnblick und Schareck) befinden, fällt während der Periode Oktober bis Mai (Winterhaushaltsjahr der Massenbilanz) jeder Niederschlag in fester Form.
- 2.) Die Schneedecke sammelt sowohl die trockene Deposition, die okkulte Deposition als auch die nasse Deposition und ist somit mit anderen Depositionsmessungen (z.B. WADOS) nur bedingt vergleichbar. Für den Anteil der einzelnen Depositionsarten an der Gesamtdeposition gibt es für den Ostalpenbereich keine zuverlässigen Messungen. Eine Untersuchung von Cadle und Muhlbaier-Dasch (1987) gibt für eine ländliche Meßstelle in Nord-Michigan (USA) einen Anteil der trockenen Deposition an der Gesamtdeposition von

14 bis 19% für  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$  und  $\text{NH}_4^+$  sowie von

30 bis 34% für  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  und  $\text{K}^+$  an.

Diese Werte können aber nicht unmittelbar auf den Alpenraum übertragen werden und dienen nur als Anhaltspunkte.

- 3.) Erosions- bzw. Akkumulationsprozesse durch den Wind haben einem Verlust bzw. Zuwachs der Schneeakkumulation eines Meßpunktes zur Folge und führen somit auch zu einer Veränderung der Ionendeposition. Für Depositionsmessungen der Schneedecke ist man daher bestrebt, einen Probennahmeort mit geringem Windeinfluß zu finden.
- 4.) Die aufbauende Metamorphose in der Schneedecke kann die Ionenkonzentrationen auf Grund von Wasserdampftransporten verändern. Diverse Meßergebnisse (z. B. Sigg et al., 1987, bzw. Ergebnisse dieser Arbeit) zeigen jedoch, daß dieser Einfluß, im Vergleich zum ursprünglichen Konzentrationswert, sehr gering ist.
- 5.) Auf Grund der Höhenlage der beiden Probennahmeorte sind für die Schneedecke nur sehr geringfügige Schmelzprozesse zu erwarten. Daher bleiben die Ionenkonzentrationen in jener Schneeschicht erhalten, mit der sie während eines Schneefallereignisses abgelagert wurden.
- 6.) Der Chemismus der abgelagerten Schneedecke kann durch den Wind nachträglich verändert werden. Da der Faktor Wind eine sehr wesentliche Bedeutung für das Hochgebirge besitzt, wird dieser Punkt im folgenden etwas genauer ausgeführt. In Abbildung 3.5 ist das Problem des Windeinflusses auf den Chemismus der Schneedecke graphisch veranschaulicht. Prinzipiell kann man zwei verschiedene Möglichkeiten des Schneetransportes durch den Wind unterscheiden: Die erste Möglichkeit wird als Saltation bezeichnet und findet in unmittelbarer Nähe der Schneedecke bei geringer

Windgeschwindigkeit statt. Schneeteilchen werden dabei in paraboloidförmigen Trajektorien entlang der Oberfläche durch den Wind im Dezimeterbereich weitertransportiert. Durch diesen Transport werden die Partikel zerbrochen bzw. gerundet. Durch das Zerschneiden können große Aerosolteilchen, die zuerst in den Schneekristall eingebunden waren, freigesetzt werden. Die Saltation wird durch die Oberflächenbeschaffenheit der Schneedecke, durch die atmosphärische Schubspannung in Bodennähe sowie durch den Massenfluß aus der überlagernden Suspensionsschicht bestimmt. Die zweite Möglichkeit des Schneetransportes durch den Wind ist die Suspension. Die Suspensionsschicht schließt an die Saltationsschicht an und besitzt eine Mächtigkeit im Dekameterbereich. In dieser Schicht werden bei großen Windgeschwindigkeiten Teilchen durch Turbulenz (Eddies) bis zu einige km weitertransportiert. Die Teilchen werden dabei gemäß einer Doppelgammafunktion nach ihrer Größe sortiert (Pomeroy et al., 1991), wobei die kleinsten Teilchen am weitesten von der Oberfläche entfernt werden. Während des Transports der Schneekristalle bestimmen (neben dem Zerschneiden durch die Saltation) im wesentlichen zwei Prozesse die chemische Veränderung der Teilchen (Abbildung 2.1). Durch Sublimation kann es zu einer Konzentrationserhöhung in den Schneekristallen kommen, wobei aber dieser Vorgang sehr stark von der Temperatur, der Feuchtigkeit und dem Durchmesser der Teilchen abhängt (Pomeroy et al., 1991). Der zweite wesentliche Vorgang der zur Änderung des Chemismus der Eiskristalle während des Transportes durch den Wind führt ist das Aerosol Scavenging, wobei eine mögliche elektrostatische Aufladung der Teilchen in der Saltationsschicht einen großen Einfluß auf das Aerosol Scavenging besitzen kann.

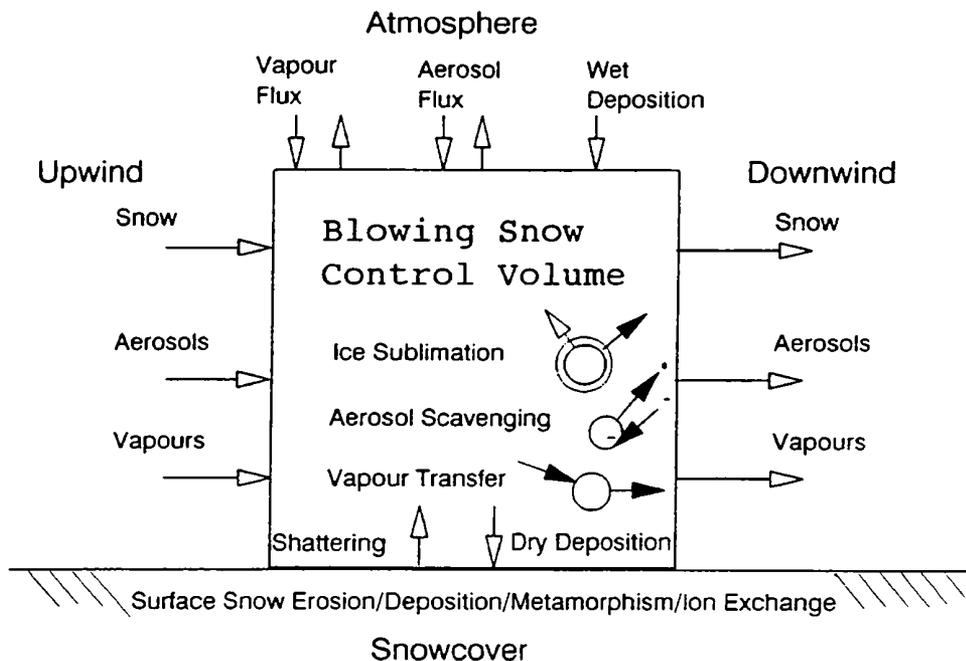


Abbildung 2.1: Veränderung des Chemismus des Oberflächenschnees durch den Windeinfluss für ein definiertes Volumen (aus Pomeroy et al., 1991)

Meßergebnisse von Delmas und Jones (1987) an einer Schneedecke in Ostkanada zeigen eine Abnahme der Ionenkonzentrationen des Oberflächenschnees nach einer Periode mit Windeinfluß. Dagegen konnten Pomeroy et al. (1991) in einer Untersuchung der Schneedecke in Schottland eine Erhöhung der  $\text{NH}_4^+$  und  $\text{NO}_3^-$  Konzentration im akkumulierten Schnee messen, während  $\text{SO}_4^{2-}$  keine Veränderung zeigte und die Konzentration für  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  und  $\text{Ca}^{2+}$  abnahm.

### 3. Probennahme und Analytik

#### 3.1. Vorgang der Probennahme

Die Schneeprobennahme am Goldbergkees erfolgte in der Vorprojektphase von ALPTRAC Anfang Mai 1987, 1988, 1989 und 1990 sowie während der Laufzeit von ALPTRAC jeweils Anfang März und Anfang Mai 1991, 1992, 1993 und im Mai 1994. Am Wurtenkees wird die Probennahme seit 1983 regelmäßig Anfang Mai durchgeführt. Durch die Probennahmen Anfang März am Goldbergkees sollte die sogenannte "reine Hochwinterphase" und durch die Probennahmen im Mai die gesamte Winterakkumulation erfaßt werden. Die Lage der Probennahmeorte ist aus Abbildung 3.1.1 und die Daten der Probennahmen sind aus Tabelle 3.1.1 zu ersehen.

Um die Schneeproben entnehmen zu können, wurden Schneeschächte bis zum Vorjahreshorizont (Oktober des Vorjahres) gegraben. Dann wurden die Schneeproben mit einem 10 cm langen Stechzylinder aus rostfreiem Stahl abgestochen und zwar der Länge des Stechzylinder entsprechend in 10 cm-Schichten, wobei ein durchgehender Kern der Schneedecke entnommen wurde. Um eine Kontamination der Schneeproben zu vermeiden, wurden während der Probennahme Schutzhandschuhe und Atemschutz getragen. Die Schneeproben wurden anschließend in Tiefkühlsäcken verpackt, gut verschlossen und für den Weitertransport (in gefrorenem Zustand) in Tiefkühlboxen gegeben. Für die erwähnten Schutzmaßnahmen während der Probennahme, während des Transportes und in weiterer Folge auch während der Analyse der Schneeproben sind eine Vielzahl von möglichen Fehlerquellen die Ursache. Eine genaue Beschreibung dieser Fehlerquellen findet man in Legrand und Delmas (1987).

Die Schneeproben wurden vom Sonnblick mit der Materialseilbahn ins Tal und von dort mit einem Kleinbus nach Wien gebracht. Da das Zentrum der Untersuchungen am Sonnblick bzw. Goldbergkees lag, fiel dort auch immer eine wesentlich größere Probenmenge als am Wurtenkees an, die einen Abtransport mit der Seilbahn unumgänglich machte. Am Wurtenkees wurden die Schneeproben in Tiefkühlboxen mit einer Rückentragung zur Talstation "Stübele" der Seilbahn gebracht und von dort mit einem Kleinbus weiter nach Wien transportiert.

Da die Daten der Ionenkonzentrationen der Winterschneedecke auch für einen alpenweiten Vergleich dienen sollten, die Probennahmen an den verschiedenen Alpenorten aber von verschiedenen Gruppen durchgeführt wurden, waren sogenannte "Vergleichs-samplings" notwendig. Diese wurden am Daunerferner im Stubaital (1990) und am Versuchsfeld des Eidgenössischen Institutes für Schnee- und Lawinenforschung in Davos (1993) durchgeführt (Schwikowski, 1994). Trotz der unterschiedlichen ProbennahmeprozEDUREN der einzelnen ALPTRAC Gruppen konnte eine gute Übereinstimmung in den Ergebnissen gezeigt werden und somit kann angenommen werden, daß keine systematischen Fehler bei der Probennahme vorliegen.

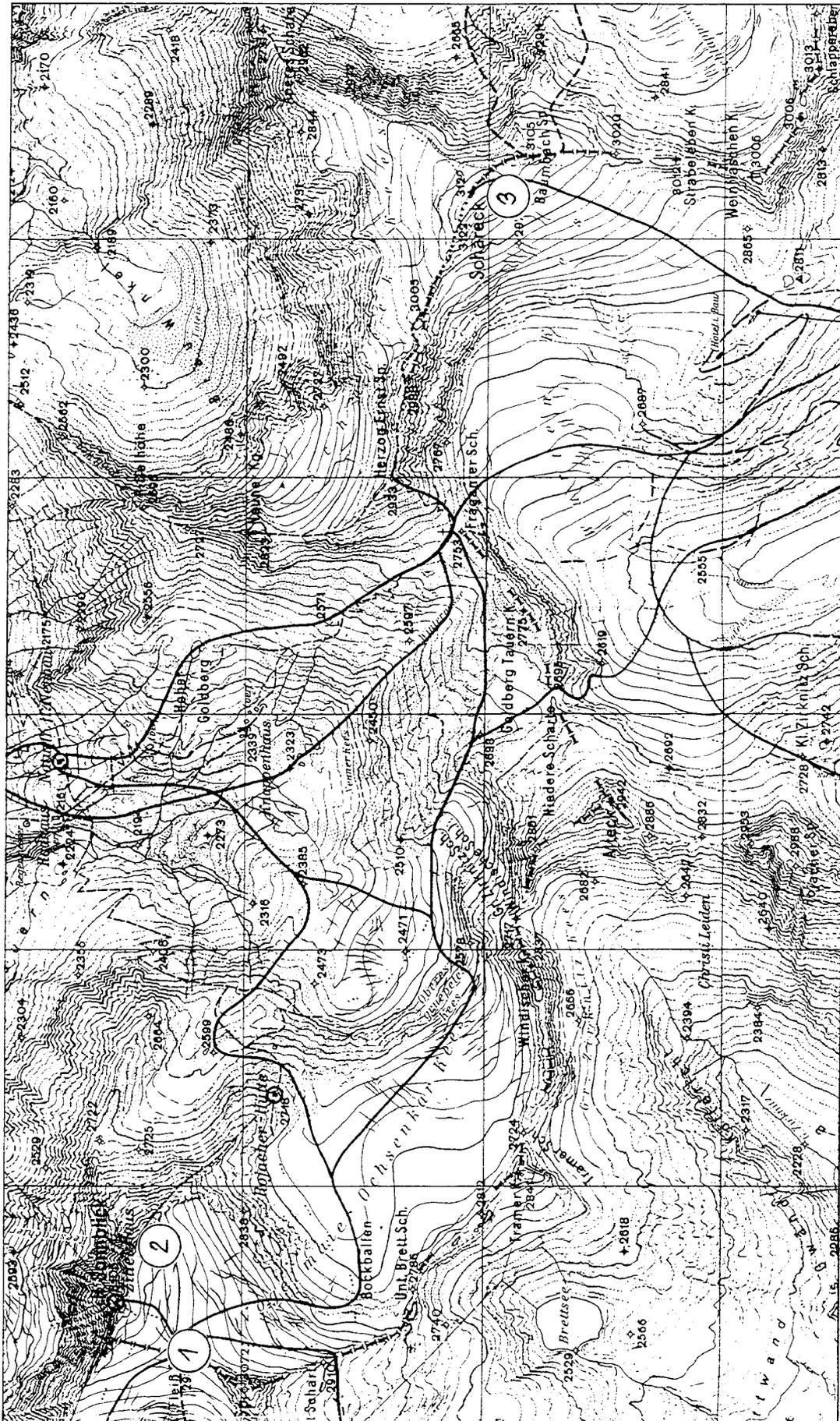


Abbildung 3.1.1: Lage der Probenahmeorte auf dem Goldbergkees (1 = Profil Fleißscharte (1987-1989), 2 = Profil Liesstange (1990-1994)) und auf dem Wurtenees (3 = Profil Gipfelhang (1987-1994)); Ausschnitt der Alpenvereinskarte 1:25000 (Blatt Sonnblick)

Tabelle 3.1.1: Daten der Schneedeckenbeprobung in der Goldberggruppe

Jahr	Goldbergkees	Goldbergkees	Wurtenkees
	März	Mai	Mai
1982/83			2.5.1983
1983/84			2. 5.1984
1984/85			30.5.1985
1985/86			6.5.1986
1986/87		9.5.1987	24.5.1987
1987/88		7.5.1988	4.5.1988
1988/89		28.4.1989	9.5.1989
1989/90		12.5.1990	5.5.1990
1990/91	5.3.1991	1.5.1991	8.5.1991
1991/92	7.3.1992	30.4.1992	6.5.1992
1992/93	5.3.1993	29.4.1993	4.5.1993
1993/94		29.4.1994	3.5.1994

### 3.2. Analyse der wichtigsten Anionen und Kationen

Die gefrorenen Schneeproben wurden zur Analyse der wichtigsten Ionen ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{Mg}^{2+}$ ) an das Institut für Analytische Chemie, Abteilung für Umweltanalytik (Technische Universität Wien) weitergeleitet.

Die Bestimmung der Ionenkonzentrationen erfolgte für  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , durch Ionenchromatographie (Dionex D10), für  $\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{Mg}^{2+}$  entweder durch Ionenchromatographie oder Atomabsorptionsspektroskopie. Zusätzlich wurden auch pH-Wert und Leitfähigkeit (bei 25 °C) der Schneeproben gemessen. Die Nachweisgrenze für die einzelnen Ionen ist in Tabelle 3.2.1 zu ersehen.

Tabelle 3.2.1: Nachweisgrenzen der Analyseverfahren in  $\mu\text{eq/l}$  (aus: W. Winiwarter, 1995) und der Isotopenmessungen in ‰ (W. Stichler, persönliche Mitteilung)

Cl	$\text{NO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	Na	$\text{NH}_4^+$	K	Ca	Mg	$\text{d}^2\text{H}$	$\text{d}^{18}\text{O}$
0,6	0,3	0,6	0,9	1,1	0,8	0,1	0,28	1,0	0,15

Eine Kontrolle der Analysenqualität ist gemäß der Elektroneutralitätsbedingung durch die Ionenbilanz (Kationen - Anionen) und durch einen Vergleich der gemessenen mit der aus den Ionenkonzentrationen bestimmten Leitfähigkeit möglich und wurde vom analysierenden Institut für alle Proben durchgeführt.

Ähnlich wie für die Probennahme wurde auch für die Analysen die Vergleichbarkeit der Ergebnisse der einzelnen Labors (der einzelnen ALPTRAC Gruppen) in sogenannten "ring tests" geprüft. Bei diesen Tests wurden künstliche Schneeproben, mit bekannter Ionenkomposition, an alle Labors versandt und von diesen dann analysiert. Es konnte auch hier, nach anfänglichen Schwierigkeiten bei manchen Ionen, eine gute Vergleichbarkeit der Ergebnisse erzielt werden.

### 3.3. Messung der $^2\text{H}$ - und $^{18}\text{O}$ Isotope

Teilweise wurden Schneeproben auch zur Isotopenbestimmung ( $\delta^{18}\text{O}$  und  $\delta^2\text{H}$ ) an die International Atomic Energy Agency (Section of Isotope Hydrology) weitergeleitet. Die stabilen Isotope  $^{18}\text{O}$  und  $^2\text{H}$  wurde mittels Massenspektrometer gemessen.  $\delta^{18}\text{O}$  und  $\delta^2\text{H}$  ist definiert durch (Stichler, 1987):

$$\delta = \left( \frac{R_s}{R_{std}} - 1 \right) 1000(\text{‰})$$

wobei  $R_s$  und  $R_{std}$  die jeweiligen Isotopenverhältnisse ( $^2\text{H}/^1\text{H}$  oder  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ) der Probe ( $R_s$ ) und eines Standards ( $R_{std}$ ) sind. Die Nachweisgrenzen der  $\delta^{18}\text{O}$  und  $\delta^2\text{H}$  Messung sind ebenfalls in Tabelle 3.2.1 zu ersehen.

## 4. Ergebnisse der Ionenkonzentrationsmessungen auf dem Wurtenkees und dem Goldbergkees

### 4.1. Überblick über die Ionenkomposition einer hochalpinen winterlichen Schneedecke am Beispiel von Goldbergkees und Wurtenkees

Grundlegende Ergebnisse über die Untersuchung der chemischen Zusammensetzung einer hochalpinen Schneedecke wurden für das Goldbergkees und das Wurtenkees in der Arbeit von Vitovec (1988) gezeigt. Aufbauend auf diese Arbeit sollen hier noch einige weiterführende Ergebnisse beschrieben werden.

Abbildung 4.1.1 zeigt die Ionenzusammensetzung der Schneedecke von Wurtenkees und Goldbergkees, gemittelt über mehrere Jahre. Die Abbildung zeigt, daß die wichtigsten Anionen  $\text{SO}_4^{2-}$  und  $\text{NO}_3^-$  und die wichtigsten Kationen  $\text{H}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$  und  $\text{Ca}^{2+}$  sind. Die restlichen Ionen haben nur einen geringen Anteil (kleiner 6%) an der Ionenzusammensetzung der Schneedecke. In Tabelle 4.1.1 sind die mittleren Konzentrationswerte (mit dem Wasserwert gewichteter Mittelwert) einzelner Ionen für die Periode 1987 bis 1994 der gesamten Winterschneedecke sowohl für das Goldbergkees als auch das Wurtenkees dargestellt. Man sieht bereits in dieser Tabelle, daß die Werte der einzelnen Jahren stark schwanken und ein zeitlicher Trend nicht unmittelbar aus der Tabelle abgelesen werden kann. Eine Erklärung für die unterschiedlichen Werte der einzelnen Jahre wird in Kapitel 4.4. gegeben, während Schlußfolgerungen einer Gegenüberstellung von Goldbergkees und Wurtenkees in Kapitel 4.5 beschrieben werden.

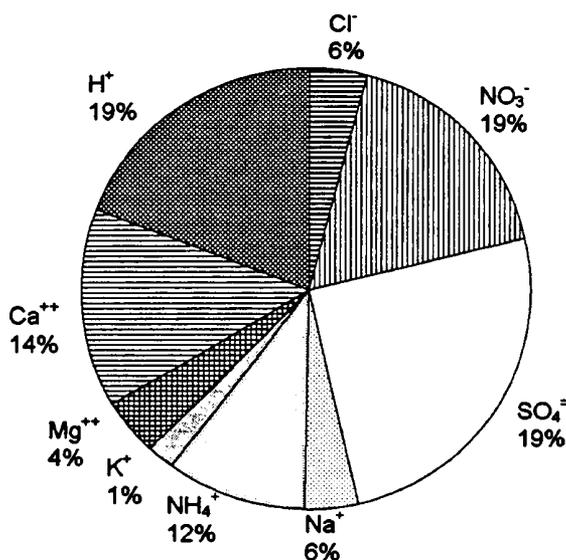


Abbildung 4.1.1:  
Mittlere Ionenzusammensetzung der Schneedecke von Goldbergkees und Wurtenkees; Verwendet wurden Jahre mit vollständiger Ionenbestimmung (siehe Tabelle 4.1)

Tabelle 4.1.1: Ergebnisse der Depositionsmessungen auf Goldbergkees und Wurtenkees für die Jahre 1987 bis 1994.

	Cl	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup>	Wasserw. (cm)	Bemerkung
	µeq/l										
GOL 87	2,3	9,1	13,2	2,2	5,2	1,1	2,3	7,7	10,1	169	
GOL 88	4,2	9,7	12,5	3,2	7,6	1,9	nicht gemessen			101	
GOL 89	2,3	7,5	8,2	1,7	4,5	0,8	nicht gemessen		6,0		arith. Mittel
GOL 90	3,0	6,4	10,1	2,2	9,3	1,4	nicht gemessen		7,9		arith. Mittel
GOL 91 III	5,6	11,0	6,9	5,6	4,3	1,9	1,9	4,3	10,6	64	
GOL 91 V	2,1	11,4	9,3	3,7	7,1	0,7	1,9	6,4	9,2	103	
GOL 92 III	3,1	10,5	7,7	3,2	4,4	0,1	2,5	7,4	5,6	131	
GOL 92 V	2,7	9,0	8,3	3,1	4,7	0,4	2,4	6,4	8,4	162	
GOL 93 III	1,4	7,8	8,3	1,2	4,1	0,2	1,2	2,7	9,0	75	
GOL 93 V	1,3	11,8	11,9	1,0	8,6	0,1	2,1	6,0		130	
GOL 94	1,8	6,6	8,2	1,5	5,7	0,1	1,3	6,8		134	
WUR 87	1,5	8,6	11,7	1,2	4,8	0,8	0,6	5,4	12,6	109	
WUR 88	3,7	9,7	8,2	2,8	6,4	1,3	nicht gemessen			128	
WUR 89	5,6	9,4	10,7	4,9	4,4	2,3	nicht gemessen		3,4	156	
WUR 90	3,2	10,0	13,1	2,0	9,6	1,1	nicht gemessen		7,7	96	
WUR 91	4,1	8,1	7,8	4,0	6,7	1,7	2,1	3,4	6,3	102	
WUR 92	5,2	9,4	8,3	5,2	5,0	0,6	1,1	5,0	10,2	154	
WUR 93	1,7	9,4	8,7	1,3	7,0	0,2	2,2	7,2	10,9	127	
WUR 94	2,6	6,2	11,3	2,2	5,4	0,1	1,3	10,9	4,5	117	

## 4.2 Hauptquellen für die Ionenkonzentrationen in der Schneedecke

Untersucht man die Ionenkonzentrationen im Niederschlag hochalpiner Meßstellen, so sind NO<sub>3</sub><sup>-</sup> und SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> die wesentlichen Anionen und H<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> und Ca<sup>2+</sup> die bedeutendsten Kationen. Als wichtigste Quellen für die verschiedenen Ionen im hochalpinen Niederschlag werden angenommen:

- anthropogene Aktivitäten für NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> und NH<sub>4</sub><sup>+</sup>
- Staubfälle für Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> und K<sup>+</sup>
- maritime Aerosole für Na<sup>+</sup> und Cl<sup>-</sup>.

Diese Einteilung der drei wichtigsten Quellen kann mittels einer Faktoranalyse der Ionenkonzentrationen in den Schneeproben verifiziert werden. In Tabelle 4.2.1 sind die Ergebnisse einer Faktoranalyse (Hauptkomponentenmethode mit anschließender Varimax-Rotation) für die Proben des Goldbergkees für die Jahre 1991 bis 1993 dargestellt. Mit 3 Faktoren kann man 80% der gesamten Varianz erklären. Faktor 1 weist eine hohe Faktorladung für NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, und NH<sub>4</sub><sup>+</sup> auf, Faktor 2 für Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> sowie K<sup>+</sup> und Faktor 3 für Na<sup>+</sup> und Cl<sup>-</sup>. Abbildung 4.2 zeigt die Faktorladungen für die verschiedenen Ionen auch in graphischer Form. Man sieht sehr deutlich, daß die obige Einteilung in 3 verschiedene Hauptquellen für die Ionenkonzentrationen im Schnee sehr gut durch die Faktoranalyse bestätigt wird. Ein ähnliches Ergebnis wurde durch Maupetit (1994) für die französischen SNOSP Probennahmeorte gezeigt.

Tabelle 4.2.1: Ergebnisse der Faktoranalyse für die Ionenkonzentrationen der Schneedecke vom Goldbergkees (Periode 1991-1993)

## Eigenwerte

Faktor	Eigenwert	Varianz (%)	Varianz kum. (%)
1	3,11	38,8	38,8
2	1,93	24,2	63,0
3	1,41	17,6	80,6

## VARIMAX Faktorladungen

	Faktor			Kommunalität
	1	2	3	
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	0,93	0,21	0,02	0,91
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,93	0,12	-0,04	0,88
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,86	0,04	0,07	0,74
Ca <sup>++</sup>	0,08	0,96	0,06	0,93
Mg <sup>++</sup>	0,13	0,80	0,13	0,68
K <sup>+</sup>	0,12	0,77	0,07	0,62
Na <sup>+</sup>	-0,05	0,09	0,91	0,84
Cl <sup>-</sup>	0,09	0,13	0,91	0,85
Quadratsumme	2,51	2,25	1,69	6,45
% der Varianz	31,4	28,1	21,1	80,6

- 1: Cl<sup>-</sup>
- 2: NO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- 3: SO<sub>4</sub><sup>=</sup>
- 4: Na<sup>+</sup>
- 5: NH<sub>4</sub><sup>+</sup>
- 6: K<sup>+</sup>
- 7: Mg<sup>++</sup>
- 8: Ca<sup>++</sup>

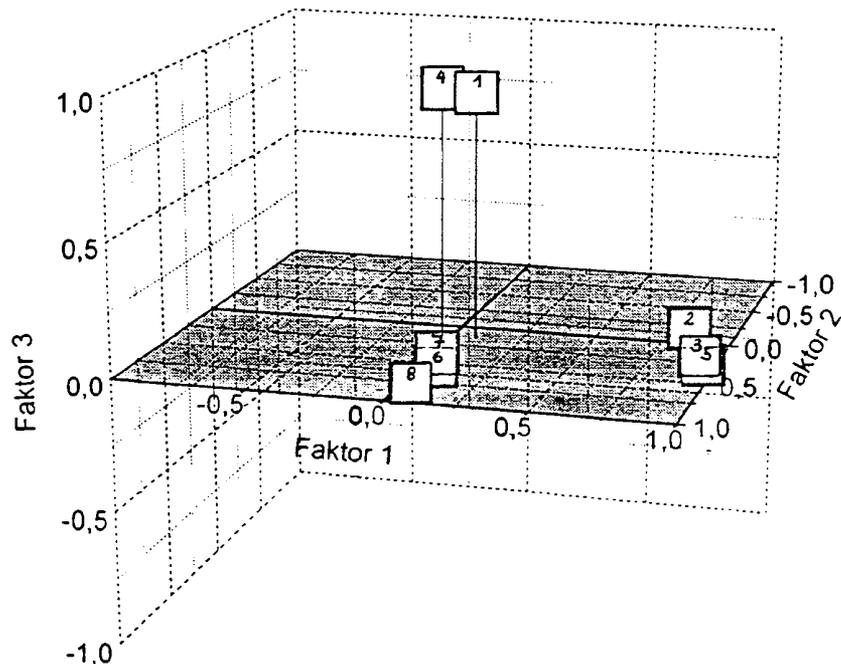


Abbildung 4.2.1: Ergebnis der Faktoranalyse für die Schneeproben vom Goldbergkees der Periode 1991 bis 1993 für die Überprüfung der Annahme über die Hauptquellen der Ionenzusammensetzung in der Schneedecke; Faktor 1 = anthropogene Aktivitäten, Faktor 2 = Staubfälle und Faktor 3 = maritime Aerosole

#### 4. 3. Bedeutung der Staubfälle für die Schadstoffbelastung des Schnees

Staub wird vorwiegend durch trockene Deposition auf der Schneeoberfläche abgelagert, wobei das Verteilungsmuster stark vom Wind beeinflusst wird. Das Verteilungsmuster erklärt wahrscheinlich auch die hohe räumliche Variabilität der Ionenkomponenten des Staubfalls (s. Schöner, 1995). Zwei wesentliche Arten von Staubfällen können unterschieden werden. Erstens der durch Ferntransport herangebrachte Saharastaub und zweitens

lokale Staubeinwehungen. Der durch anthropogene Prozesse (Zementherzeugung, Kraftwerke etc.) emittierte Staub ist vom Standpunkt der Konzentration für die hochalpine Schneedecke von untergeordneter Bedeutung. Er ist aber auf Grund der Gesamtmenge von  $\text{Ca}^{2+}$  Deposition für die neutralisierende Wirkung der versauerten Schneedecke wichtig. Lokale Staubeinwehungen größeren Ausmaßes finden nur dann statt, wenn die Schneedecke nicht völlig geschlossen ist und daher eine Einwehung von den umliegenden Kämmen, Graten, Moränen etc. möglich ist und außerdem der Boden nicht gefroren ist. Daher sind derartige Staubbfälle meist noch im Oktoberschnee zu finden, wobei aber die gemessenen Ionenkonzentrationen etwa für  $\text{Ca}^{2+}$  deutlich unter jenen für Saharastaubereignissen liegen (hier ist natürlich auch die Geologie des Untersuchungsgebietes entscheidend).

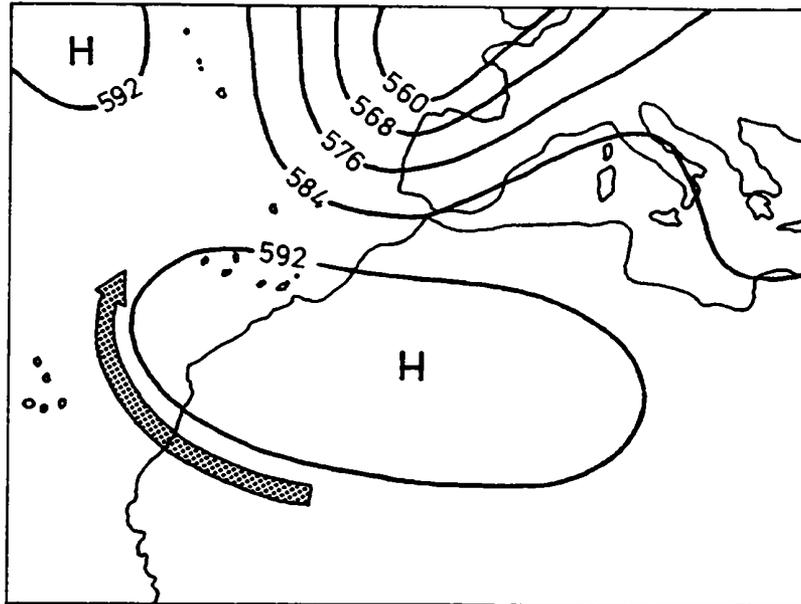


Abbildung 4.3.1: Darstellung einer typischen synoptischen Situation im 500 hPa Niveau, die mit einem Staubtransport aus der Sahara auf den Atlantik auf der Rückseite eines Hochs und weiter nach Mitteleuropa durch eine starke SW-Strömung verbunden ist (aus Tezlaff et al., 1989)

Transport von Saharastaub zu unseren Alpen kann bei bestimmten Wettersituationen stattfinden. Eine typische Wetterlage für Saharastaubtransport zu den Alpen ist in Abbildung 4.3.1 dargestellt. Ein Hochdruckgebiet über Nordafrika bewirkt eine Ostströmung, wodurch der Staub in Richtung Atlantik gebracht wird. Dort wird er dann durch eine SW-Strömung an einer Trogvorderseite über Westeuropa Richtung Alpen transportiert, wobei auch eine beträchtliche Hebung der Luftmassen stattfindet (indirekter Transport). Bei einer zweiten typischen Wetterlage für Saharastaubtransport wird die mit Staub belastete Luft direkt durch eine starke S- bis SW-Strömung gegen die Alpen geführt (direkter Transport).

In der Winterschneedecke der Goldberggruppe kann ungefähr ein Saharastaubereignis pro Jahr gefunden werden, das meist in der Periode Anfang März bis Mai stattfindet. In Tabelle 4.3.1 sind alle identifizierten Saharastaubfälle in der Schneedecke für die Jahre 1990/91 bis 1993/94 aufgelistet.

Tabelle 4.3.1: Identifizierte Saharastaubfälle in den Schneeeproben vom Goldbergkees und vom Wurtenkees für die Jahre 1990/91 bis 1993/94 (Die Nummern bezeichnen die Schneeprobennummer; \* bedeutet, daß die Staubfälle im Schneeprofil identifiziert wurden; ? bedeutet, daß der Staubfall im Schneeprofil nicht nachgewiesen werden konnte bzw. nicht in den Klimaaufzeichnungen registriert wurde).

Jahr	Goldbergkees		Wurtenkees		Datum lt. Klimaaufzeichn.
	März	Mai	Mai		
1990/91	—	77,80*	12,13*		9.3.1991
1991/92	106,107,108	22*	?		6.3.1992
1992/93		1*	?		25./26./27.4.1993
1993/94		3,4*	3,4*		?

Saharastaubfälle wurden im Rahmen des ALPTRAC Projektes recht genau untersucht (z.B. Schwikowski, 1992). Ihre Bedeutung liegt in ihrer Pufferwirkung, das heißt, in der neutralisierenden Wirkung auf die Versauerung des Schnees durch  $\text{NO}_3^-$  und  $\text{SO}_4^{2-}$ . In Abbildung 4.3.2 ist die typische Aerosolgrößenverteilung während eines Saharastaubfalles und ohne Saharastaubsituation dargestellt. Sehr deutlich kommt hier die Verschiebung der Verteilung in Richtung größere Aerosolteilchen während des Staubfalls zum Ausdruck.

Durch Saharastaubfälle kann es bei entsprechendem Wetter zu einem oberflächlichen Antauen der Schneedecke kommen. Zwei wesentliche Gründe sind dafür entscheidend. Erstens bewirkt der Staub an der Oberfläche eine starke Verminderung der kurzwelligen Albedo und zweitens ist zu der Zeit, wenn diese Staubfälle stattfinden, das Strahlungsangebot schon sehr hoch. Durch diese Schmelzvorgänge werden die einzelnen Ionenkomponenten aber nur sehr geringfügig verlagert. Deutlich sichtbar ist das für das Profil vom Goldbergkees im Mai 1991 (Abbildung 4.3.3) an Hand der  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentration. Die deutliche Erhöhung der  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentration durch den Staubfall ist nur bis ungefähr 15 cm unterhalb des sehr ausgeprägten Schmelzhorizontes zu finden.

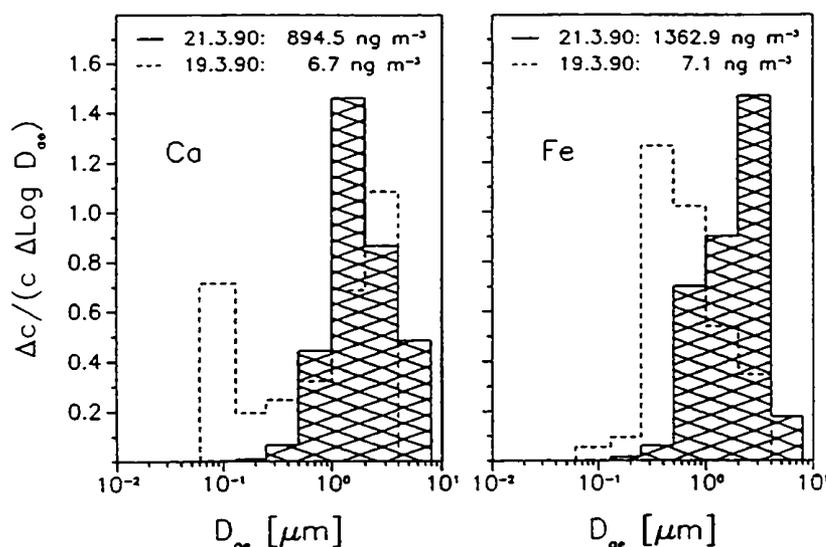


Abbildung 4.3.2: Meßergebnis der Aerosol Größenverteilung für Ca und Fe während eines Saharaereignisses und für den nächsten Tag am Jungfraujoch (Schwikowski et al., 1992)

Berechnet man nun die mit dem Wasserwert gewichtete mittlere  $\text{Ca}^{2+}$  Konzentration der Schneedecke mit und ohne Saharastaubeignis, so kommt die Bedeutung der Saharastaubfälle klar zum Ausdruck (Abbildung 4.3.4 und 4.3.5). So macht etwa der Saharastaubfall für das Schneeprofil am Goldbergkees im Mai 1991 ungefähr 40% der gesamten  $\text{Ca}^{2+}$  Konzentration aus. Dieser hohe Anteil der Saharastaubfälle an der  $\text{Ca}^{2+}$  Deposition unterstreicht ihre Bedeutung für die neutralisierende Wirkung auf die Versauerung der Schneedecke.

Vergleicht man die Saharastaubfälle der Periode 1990/91 bis 1993/94 vom Wurtenkees mit jenen vom Goldbergkees (Tabelle 4.3.1), so fällt auf, daß zwei der vier Staubfälle im Profil am Wurtenkees nicht nachweisbar waren. Der Staubfall im Jahr 1992 wurde jedoch im Rahmen der Massenbilanzuntersuchungen auf dem Wurtenkees in fast allen Schneeprofilen mit Ausnahme des Chemieprofils identifiziert. Auch der Staubfall 1991 war im Profil am Wurtenkees wesentlich schwächer ausgeprägt als im Profil am Goldbergkees. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte die unterschiedliche Exposition der zwei Gletscher im Bereich der Probennahmeorte sein. Während das Wurtenkees im Bereich des Chemieprofils WSW exponiert ist, befindet sich das Chemieprofil am Goldbergkees im Bereich einer ausgeprägten S-Exposition (bei ungefähr gleicher Hangneigung). Da der Saharastaub meist mit einer S-Strömung zu den Alpen gebracht wird, führt vielleicht die bessere Ausrichtung der „Auffangfläche“ Goldbergkees im obersten Gletscherbereich zu einer besseren Sammeleigenschaft. Für eine genaue Erklärung dieses Phänomens wären aber zusätzliche Untersuchungen über die flächenmäßige Verteilung des Saharastaubes auf Goldbergkees und Wurtenkees notwendig.

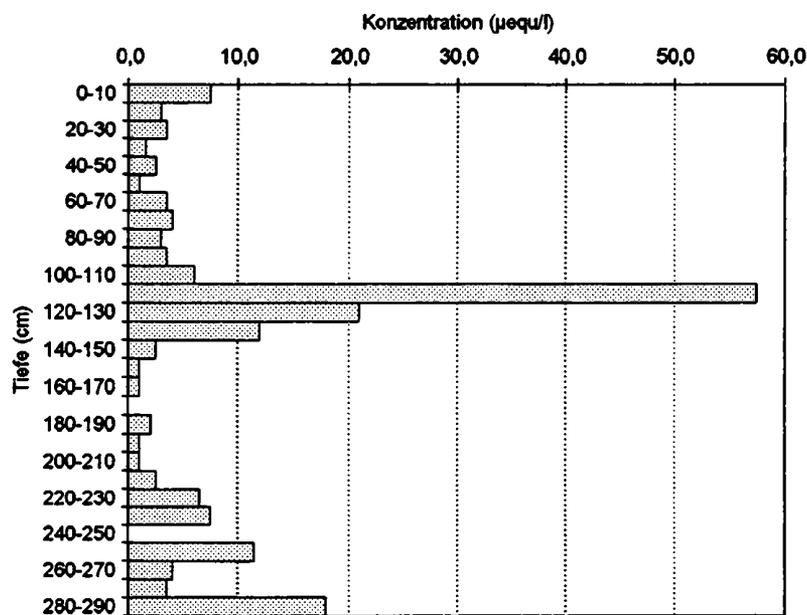


Abbildung 4.3.3: Ca<sup>2+</sup> Konzentration des Schneeprofils vom Goldbergkees im Mai 1991; die Sahara-schicht befindet sich in der Tiefenstufe 110 bis 120 cm

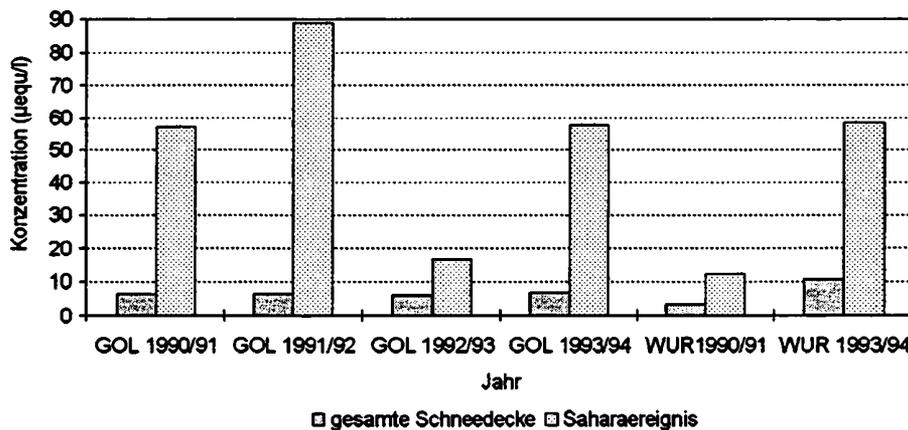


Abbildung 4.3.4: Ca<sup>2+</sup>-Konzentration der Schneeproben mit Saharastaub sowie die Ca<sup>2+</sup>-Konzentration der gesamten Schneedecke für Wurtenkees und Goldbergkees 1990/91 bis 1993/94

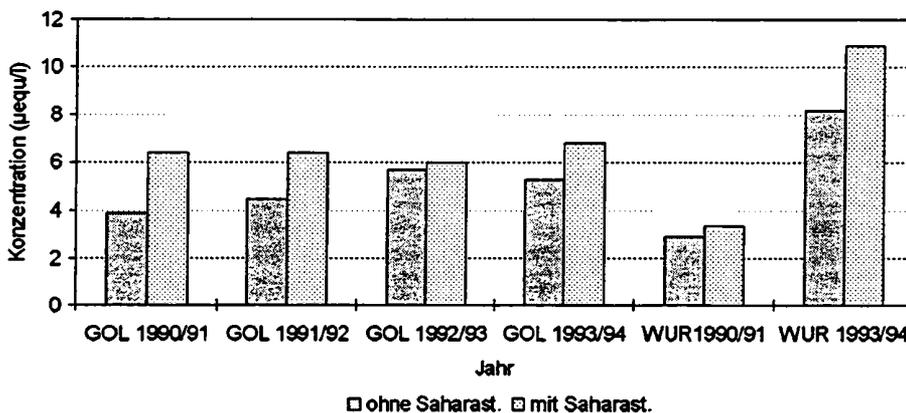


Abbildung 4.3.5: Ca<sup>2+</sup>-Konzentration der Schneeprofile von Wurtenkees und Goldbergkees mit und ohne Saharastaubereignis für die Periode 1990/91 bis 1993/94

### 4.4 Pollutionserignisse

Als Pollutionserignisse werden in dieser Arbeit Schichten der Schneedecke mit einer deutlich höheren NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> und NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-Konzentration bezeichnet, wobei der Grenzwert für derartige Pollutionserignisse mit 20 µeq/l festgelegt wurde.

Die Definition der Pollutionserignisse durch einen Grenzwert der Ionenkonzentration (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> und SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) von 20 µeq/l erfolgte auf Grund der Variabilität der Ionenkonzentrationen der einzelnen Schneeproben. Um einen ersten Eindruck über die Bedeutung der Pollutionserignisse zu bekommen sind in den Abbildungen 4.4.1 bis 4.4.3 Histogramme der Ionenkonzentration der Schneeproben vom Wurtenkees und vom Goldbergkees für NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> und NH<sub>4</sub><sup>+</sup> dargestellt (Untersuchungsperiode 1990-1994). Die Klassengröße beträgt 2 µeq/l für Konzentrationen bis 20 µeq/l, während Proben mit Ionenkonzentrationen größer 20 µeq/l zu einer Klasse zusammengefaßt wurden. Man sieht für alle Ionen und für beide Gletscher eine positivschiefe Verteilung. Mittels eines Kolmogorov-Smirnov Tests kann gezeigt werden, daß für alle drei Ionen die Annahme einer logarithmischen Normalverteilung gut erfüllt ist.

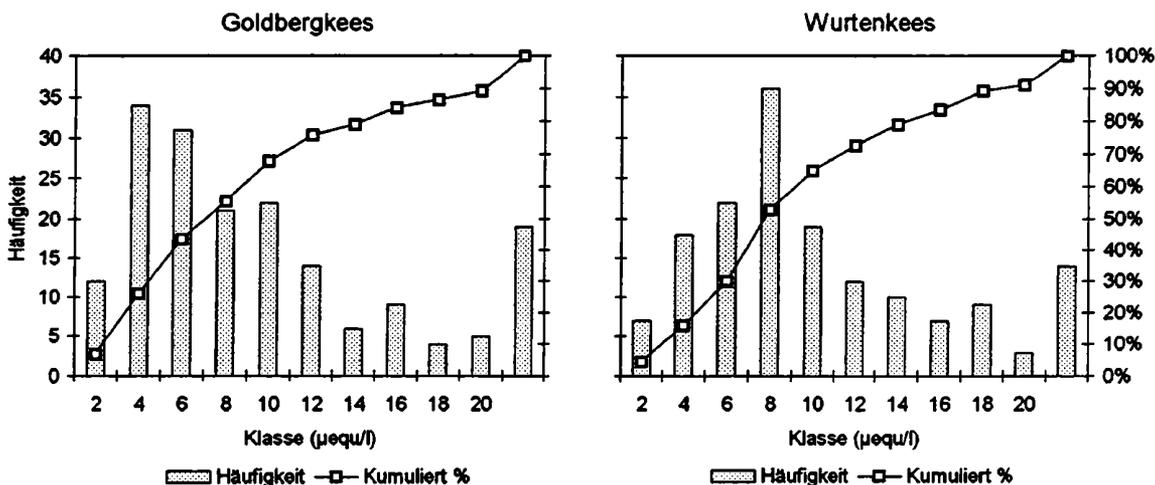


Abbildung 4.4.1: Histogramme der SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-Konzentration der einzelnen Schneeproben von Wurtenkees und Goldbergkees der Periode 1989/90 bis 1993/94

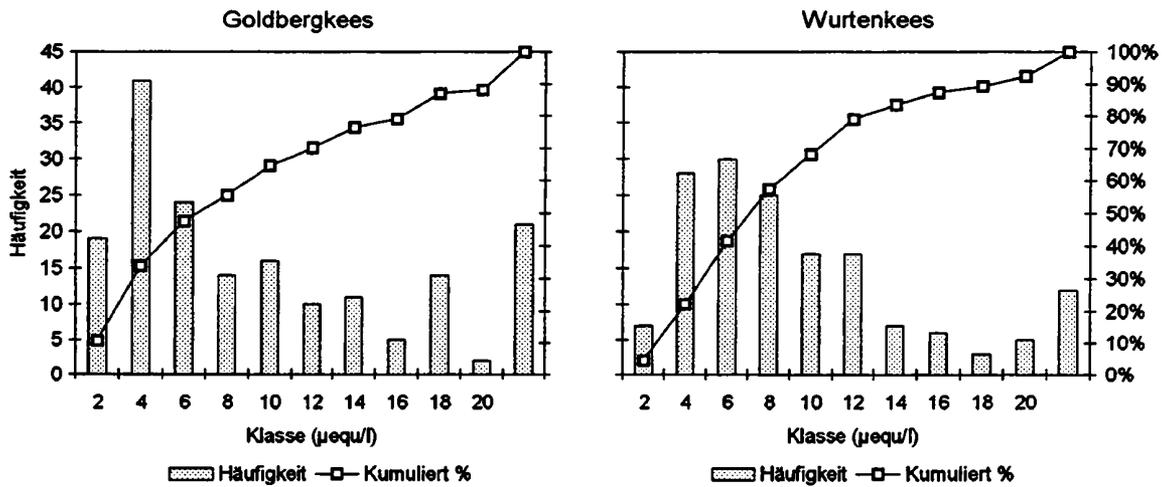


Abbildung 4.4.2: Histogramme der  $\text{NO}_3^-$ -Konzentration der einzelnen Schneeproben von Wurtenkees und Goldbergkees der Periode 1989/90 bis 1993/94

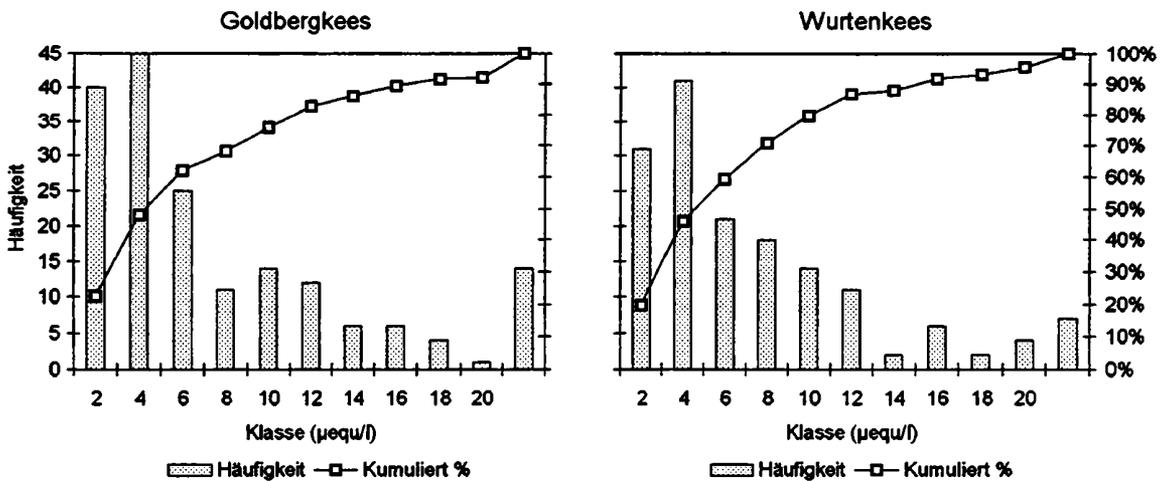


Abbildung 4.4.3: Histogramme der  $\text{NH}_4^+$ -Konzentration der einzelnen Schneeproben von Wurtenkees und Goldbergkees der Periode 1989/90 bis 1993/94

Die meisten Schneeproben weisen eine  $\text{SO}_4^{2-}$ - und  $\text{NO}_3^-$ -Konzentration von 2 bis 4  $\mu\text{eq/l}$  am Goldbergkees bzw. von 4 bis 6  $\mu\text{eq/l}$  ( $\text{NO}_3^-$ ) und 6 bis 8  $\mu\text{eq/l}$  ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) am Wurtenkees auf.  $\text{NH}_4^+$  hat bei beiden Gletschern die meisten Fälle in der Klasse von 2 bis 4  $\mu\text{eq/l}$ . 60% aller Schneeproben von Goldbergkees und Wurtenkees weisen eine  $\text{NH}_4^+$ -Konzentration kleiner 6  $\mu\text{eq/l}$  auf, ungefähr 45% eine  $\text{NO}_3^-$ -Konzentration kleiner 6  $\mu\text{eq/l}$  und 30% (Wurtenkees) bzw. 45% (Goldbergkees) eine  $\text{SO}_4^{2-}$ -Konzentration kleiner 6  $\mu\text{eq/l}$ .

In den Tabellen 4.4.1 und 4.4.2 ist der Anteil der Pollutionseignisse an der Gesamtdosition von  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  und  $\text{SO}_4^{2-}$  für das Goldbergkees und das Wurtenkees nach verschiedenen Kriterien für die Jahre 1987/88 bis 1993/94 dargestellt. Man sieht, daß der Beitrag der Pollutionseignisse zur Gesamtdosition größer ist als ihr Anteil am gesamten Wasserwert (bzw. ihr Anteil an der Gesamtanzahl der Proben), wobei maximal ein Faktor 3 als Unterschied auftritt. Prozentmäßig macht aber der Anteil der Pollutionseignisse bis zu 50% der Gesamtdosition aus. Sehr wesentlich für die jährlichen Schwankungen der Gesamtdosition von  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  und  $\text{SO}_4^{2-}$  ist aber die Anzahl der Pollutionseignisse (bzw. die Summe des Wasserwertes der Pollutionseignisse) im Verhältnis zur

gesamten Schneedecke. Die Abbildung 4.4.4 zeigt die lineare Korrelation zwischen der Gesamtdeposition der drei Ionen (in  $\mu\text{eq/l}$ ) und dem Verhältnis der Schneeproben mit Pollutionseignissen zur Gesamtprobenzahl. Sowohl für  $\text{NO}_3^-$  und  $\text{SO}_4^{2-}$  und mit Einschränkung für  $\text{NH}_4^+$  findet man eine sehr gute lineare Korrelation, was bedeutet, daß die jährliche Schwankung der Gesamtdeposition zum Großteil durch die Häufigkeit des Auftretens von Pollutionseignissen bestimmt wird.

Tabelle 4.4.1:  $\text{SO}_4^{2-}$ -,  $\text{NO}_3^-$ - und  $\text{NH}_4^+$ -Pollutionseignisse für die Beprobung am Goldbergkees in der Periode 1987-1994 (PE = Pollutionseignis, n = Anzahl der Proben, WE = Wasseräquivalent der Proben, ges = gesamt); mit Pollutionseignis werden Proben mit einer Konzentration größer 20  $\mu\text{eq/l}$  bezeichnet

$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{SO}_4$ ohne PE $\mu\text{eq/l}$	$\text{SO}_4$ PE $\mu\text{eq/l}$	$\text{SO}_4$ ges $\mu\text{eq/l}$	n PE( $\text{SO}_4$ )	n ges	WE PE( $\text{SO}_4$ ) cm	WE ges cm	ohne PE/ges %	n PE/n ges %	WE PE/WE ges %	Anmerk.
1986/87	7,5	40,2	13,2	9	44	29,3	169	57,2	20,5	17,3	
1987/88	7,9	29,8	12,5	6	27	21,3	101	63,0	22,2	21,0	
1988/89	6,3	33,1	8,2	3	41			76,2	7,3		arithm. Mittel
1989/90	6,0	27,9	10,1	7	37			59,2	18,9		arithm. Mittel
1990/91	7,5	31,4	9,3	3	29	7,6	103	80,6	10,3	7,4	
1991/92	7,0	43,0	8,3	2	41	5,9	162	84,5	4,9	3,6	
1992/93	7,4	39,8	11,9	6	36	18,4	130	61,9	16,7	14,2	
1993/94	8,0	35,8	8,2	1	35	2,4	134	97,0	2,9	1,8	

$\text{NO}_3^-$	$\text{NO}_3$ ohne PE $\mu\text{eq/l}$	$\text{NO}_3$ PE $\mu\text{eq/l}$	$\text{NO}_3$ ges $\mu\text{eq/l}$	n PE( $\text{NO}_3$ )	n ges	WE PE( $\text{NO}_3$ ) cm	WE ges cm	ohne PE/ges %	n PE/n ges %	WE PE/WE ges %	Anmerk.
1986/87	6,7	25,0	9,1	6	44	22,7	169	73,1	13,6	13,4	
1987/88	7,3	31,1	9,7	3	27	9,9	101	75,9	11,1	9,8	
1988/89	6,9	20,5	7,5	2	41			91,1	4,9		arithm. Mittel
1989/90	5,5	21,7	6,4	2	37			85,9	5,4		arithm. Mittel
1990/91	8,6	26,3	11,4	5	29	16,3	103	75,7	17,2	15,8	
1991/92	7,2	23,1	9,0	5	41	18,2	162	80,3	12,2	11,2	
1992/93	7,6	28,8	11,8	8	36	26,0	130	64,3	22,2	20,0	
1993/94	6,1	39,5	6,6	1	35	2,4	134	93,0	2,9	1,8	

$\text{NH}_4^+$	$\text{NH}_4$ ohne PE $\mu\text{eq/l}$	$\text{NH}_4$ PE $\mu\text{eq/l}$	$\text{NH}_4$ ges $\mu\text{eq/l}$	n PE( $\text{NH}_4$ )	n ges	WE PE( $\text{NH}_4$ ) cm	WE ges cm	ohne PE/ges %	n PE/n ges %	WE PE/WE ges %	Anmerk.
1986/87	4,4	23,5	5,2	2	44	7,0	169	85,1	4,5	4,1	
1987/88	4,9	49,4	7,6	2	27	6,1	101	64,6	7,4	6,0	
1988/89	4,5	0,0	4,5	0	41			100,0	0,0		arithm. Mittel
1989/90	7,6	29,0	9,3	3	37			81,2	8,1		arithm. Mittel
1990/91	6,0	32,1	7,1	2	29	4,6	103	84,2	6,9	4,5	
1991/92	3,8	26,3	4,7	2	41	5,9	162	81,7	4,9	3,6	
1992/93	4,4	34,1	8,6	6	36	18,4	130	51,0	16,7	14,2	
1993/94	4,6	64,0	5,7	1	35	2,4	134	81,2	2,9	1,8	

Tabelle 4.4.2:  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  und  $\text{NH}_4^+$ -Pollutionsereignisse für die Beprobung am Wurtenkees in der Periode 1987-1994 (PE = Pollutionsereignis, n = Anzahl der Proben, WE = Wasseräquivalent der Proben, ges = gesamt); mit Pollutionsereignis werden Proben mit einer Konzentration größer 20  $\mu\text{eq/l}$  bezeichnet

$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{SO}_4$ ohne PE $\mu\text{eq/l}$	$\text{SO}_4$ PE $\mu\text{eq/l}$	$\text{SO}_4$ ges $\mu\text{eq/l}$	n PE( $\text{SO}_4$ )	n ges	WE PE( $\text{SO}_4$ ) cm	WE ges cm	ohne PE/ges %	n PE/n ges %	WE PE/WE ges %
1986/87	7,2	30,5	11,7	7	33	21,1	109	61,5	21,2	19,3
1987/88	7,0	36,7	8,2	2	30	6,0	128	84,7	6,7	4,6
1988/89	8,0	27,0	10,7	5	41	12,0	156	74,8	12,2	7,7
1989/90	8,5	26,6	13,1	6	23	24,4	96	64,9	26,1	25,5
1990/91	6,5	30,6	7,8	2	32	5,2	102	83,7	6,3	5,1
1991/92	7,3	29,1	8,3	2	38	6,8	154	88,4	5,3	4,4
1992/93	7,9	36,5	8,7	1	34	3,2	127	91,1	2,9	2,5
1993/94	10,0	22,3	11,3	3	30	12,6	117	88,6	10,0	10,8

$\text{NO}_3^-$	$\text{NO}_3$ ohne PE $\mu\text{eq/l}$	$\text{NO}_3$ PE $\mu\text{eq/l}$	$\text{NO}_3$ ges $\mu\text{eq/l}$	n PE( $\text{NO}_3$ )	n ges	WE PE( $\text{NO}_3$ ) cm	WE ges cm	ohne PE/ges %	n PE/n ges %	WE PE/WE ges %
1986/87	7,3	22,2	8,6	4	33	9,4	109	84,9	12,1	8,6
1987/88	8,2	23,1	9,7	3	30	13,3	128	85,4	10,0	10,4
1988/89	7,6	34,2	9,4	4	41	10,8	156	80,5	9,8	6,9
1989/90	8,6	27,9	10,0	2	23	7,0	96	85,5	8,7	7,3
1990/91	6,7	24,7	8,1	3	32	8,0	102	82,2	9,4	7,8
1991/92	7,6	24,5	9,4	4	38	16,0	154	81,2	10,5	10,4
1992/93	7,6	28,5	9,4	3	34	10,8	127	81,1	8,8	8,5
1993/94	6,2	0,0	6,2	0	30	0,0	117	100,0	0,0	0,0

$\text{NH}_4^+$	$\text{NH}_4$ ohne PE $\mu\text{eq/l}$	$\text{NH}_4$ PE $\mu\text{eq/l}$	$\text{NH}_4$ ges $\mu\text{eq/l}$	n PE( $\text{NH}_4$ )	n ges	WE PE( $\text{NH}_4$ ) cm	WE ges cm	ohne PE/ges %	n PE/n ges %	WE PE/WE ges %
1986/87	4,8	0,0	4,8	0	33	0,0	109	100,0	0,0	0,0
1987/88	5,6	30,8	6,4	1	30	1,6	128	87,0	3,3	1,2
1988/89	4,0	32,6	4,4	1	41	2,2	156	90,9	2,4	1,4
1989/90	8,1	25,9	9,6	2	23	8,2	96	84,3	8,7	8,6
1990/91	4,3	34,7	6,7	3	32	8,1	102	63,9	9,4	7,9
1991/92	5,0	0,0	5,0	0	38	0,0	154	100,0	0,0	0,0
1992/93	5,2	26,8	7,0	3	34	11,0	127	73,6	8,8	8,7
1993/94	5,4	0,0	5,4	0	30	0,0	117	100,0	0,0	0,0

Zusammenfassend kann man für die nach obiger Definition festgelegten Pollutionsergebnisse folgende Bedeutung herausstreichen: Die Pollutionsergebnisse können bis zu 50% der gesamten Deposition von  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  und  $\text{SO}_4^{2-}$  ausmachen, wobei ihr Anteil meist aber ungefähr 20% beträgt. Die jährliche Schwankung der Gesamtdosition der drei Ionen in der Schneedecke wird zum Großteil durch die Häufigkeit des Auftretens von Pollutionsergebnissen in den einzelnen Jahren bestimmt.

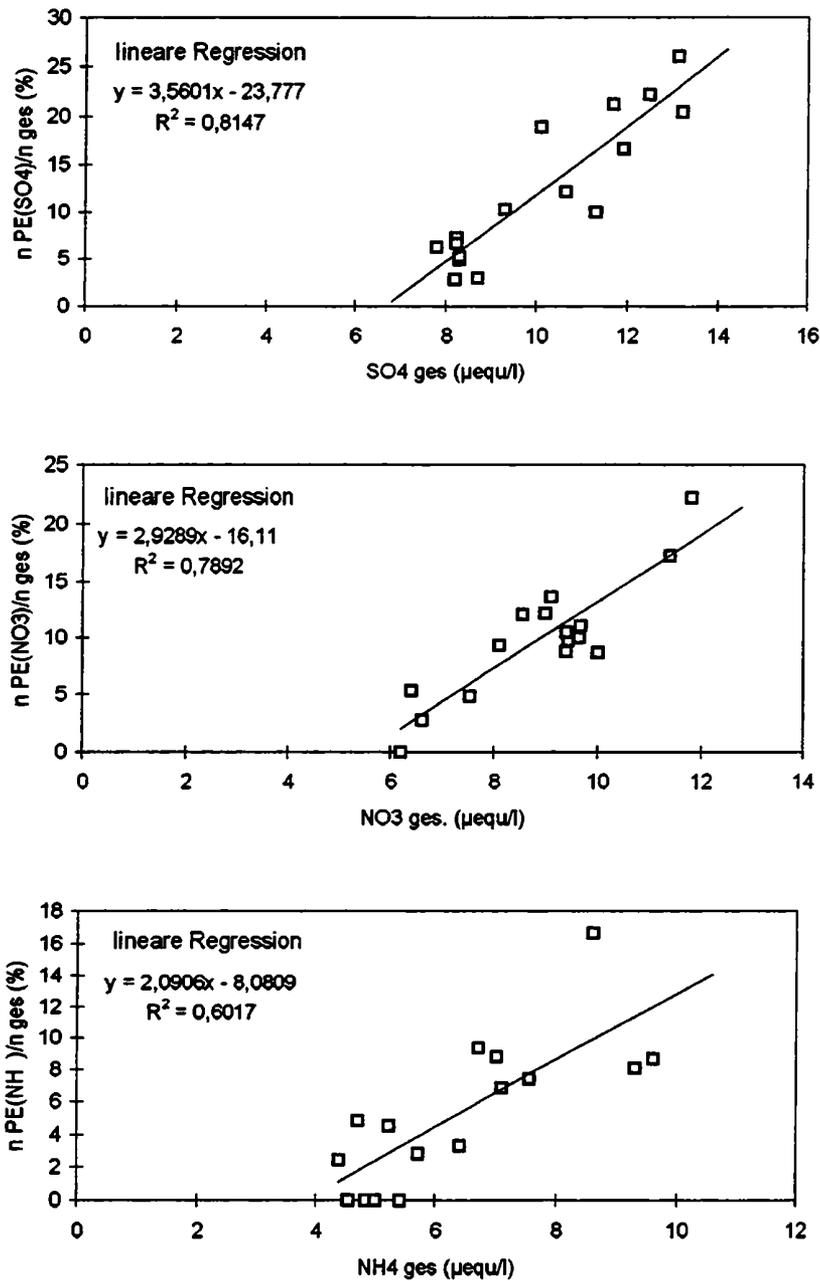


Abbildung 4.4.4: Beziehung zwischen der SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>- und NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-Konzentration der gesamten Schneedecke und dem Anteil der Proben mit Pollutionseignis an der Gesamtprobenzahl ( $n_{PE}/n_{ges}$ ) für Wurtenkees und Goldbergkees der Periode 1986/87 bis 1993/94

#### 4.5. Beziehungen zwischen den Emissionen und den Depositionsmessungen am Wurtenkees und Goldbergkees für die Periode 1987 bis 1994

Messungen der Ionenkonzentration der Schneedecke werden am Wurtenkees seit dem Jahr 1983 und auf dem Goldbergkees seit dem Jahr 1987 durchgeführt. Eine erste Untersuchung des langfristigen Trend für verschiedene Ionen wurde von Winiwarter et al. (1994) durchgeführt. Wesentliche Probleme dieser Langfristuntersuchung sind jedoch die uneinheitliche Probennahmetechnik und die oft sehr unterschiedlichen Probennahmeorte am Wurtenkees vor 1987. Erst ab 1987 wurde jedes Jahr eine durchgehende Beprobung

der Schneedecke mit einem 10 cm-Stechzylinder durchgeführt. Aus diesem Grund wurde im Rahmen dieser Arbeit nur die Periode 1987 bis 1994 untersucht, wobei als zweiter Vorteil für die selbe Periode auch die Daten vom Goldbergkees zur Verfügung standen.

In Abbildung 4.5.1 sind die gemittelten  $\text{NO}_3^-$ -,  $\text{SO}_4^{2-}$ - und  $\text{NH}_4^+$ -Konzentrationen (mit dem Wasserwert gewichtete Mittelwerte = vwm) der gesamten Schneedecke für die einzelnen Jahre für das Goldbergkees und das Wurtenkees dargestellt. Während für  $\text{NO}_3^-$  und  $\text{SO}_4^{2-}$  nicht unmittelbar eine Parallelität für Wurtenkees und Goldbergkees festgestellt werden kann, sieht man für  $\text{NH}_4^+$  eine sehr gute Parallelität, aber auch ein recht gutes Übereinstimmen der Einzelwerte.  $\text{NH}_4^+$  dürfte somit eine großräumig geringere Variabilität aufweisen. Dagegen sind für  $\text{NO}_3^-$  und  $\text{SO}_4^{2-}$  schon auf einer so kleinen Entfernung wie für Goldbergkees und Wurtenkees große Unterschiede in der Ionenkonzentration (bis zu einem Faktor 1.6 für  $\text{SO}_4^{2-}$  und 1.7 für  $\text{NO}_3^-$ ) möglich.

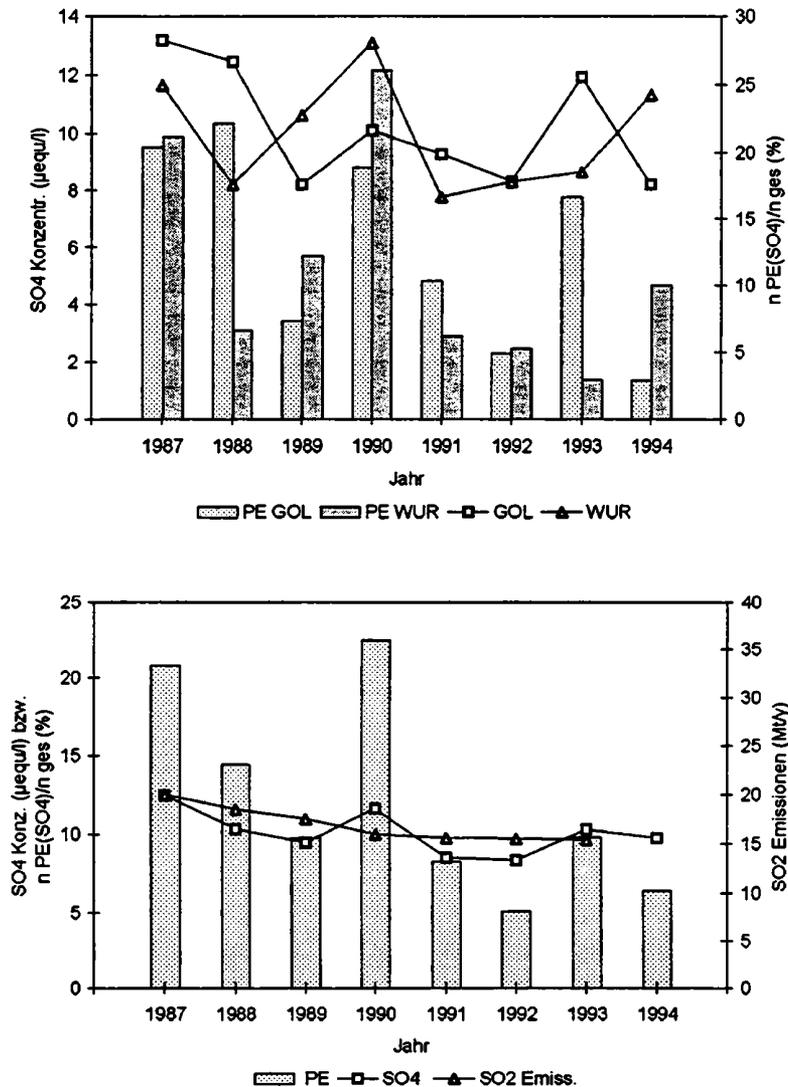


Abbildung 4.5.1: Zeitlicher Trend der  $\text{SO}_4^{2-}$ -Konzentration für Wurtenkees und Goldbergkees im Vergleich zu den  $\text{SO}_2$ -Emmissionen und den Anteil der Proben mit  $\text{SO}_4^{2-}$ -Pollutionsereignis an der Gesamtprobenzahl ( $n_{\text{PE}(\text{SO}_4)}/n_{\text{ges}}$ ) der einzelnen Jahre; die obere Abbildung zeigt die Werte von Wurtenkees und Goldbergkees getrennt, die untere zeigt das Mittel aus beiden Gletschern

Die großen Unterschiede zwischen Wurtenkees und Goldbergkees in den Depositionsdaten können aber gut durch die unterschiedliche Häufigkeit der Pollutionseignisse, die ebenfalls in den Abbildungen 4.5.1, 4.5.2 und 4.5.3 für Goldbergkees und Wurtenkees dargestellt sind, erklärt werden. Hier muß aber noch einmal darauf hingewiesen werden, daß mit "Häufigkeit der Pollutionseignisse" die Anzahl der Proben mit einer Konzentration größer 20  $\mu\text{eq/l}$  verstanden wird. Das heißt, daß mit diesem Verhältnis nicht wirklich die Anzahl der Pollutionseignisse erfaßt wird, da manchmal ein Pollutionseignis aus mehreren Proben besteht. Da aber eine genaue Differenzierung zwischen benachbarten Pollutionseignissen oft nur sehr schwer möglich ist, wurde die im Kapitel 4.1 eingeführte objektivere Definition verwendet.

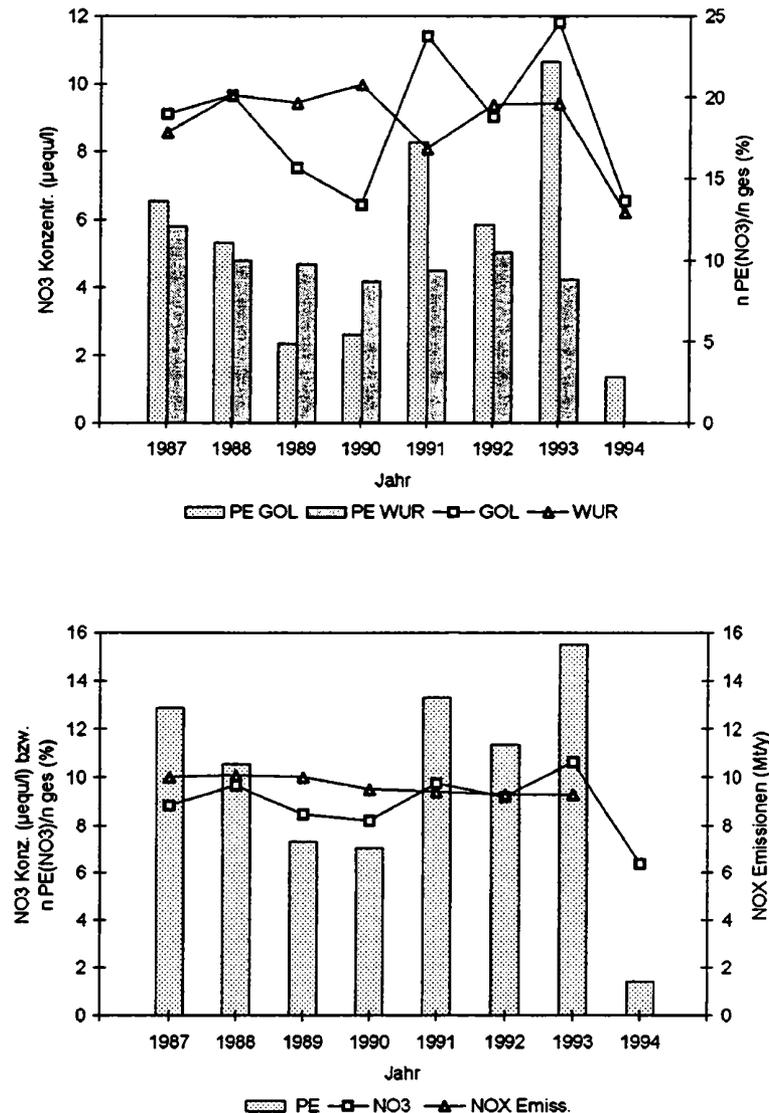


Abbildung 4.5.2: Zeitlicher Trend der NO<sub>3</sub>-Konzentration für Wurtenkees und Goldbergkees zu den NO<sub>x</sub>-Emissionen und den Anteil der Proben mit NO<sub>3</sub>-Pollutionseignis an der Gesamtprobenzahl ( $n_{\text{PE}(\text{NO}_3)}/n_{\text{ges}}$ ) der einzelnen Jahre; die obere Abbildung zeigt die Werte von Wurtenkees und Goldbergkees getrennt, die untere zeigt das Mittel aus beiden Gletschern

In einem nächsten Schritt kann man nun die Depositionsmessungen von Wurtenkees und Goldbergkees mit Emissionsdaten für die selbe Zeitperiode vergleichen. Die Emissionsdaten sind aus Winiwarter (1994) entnommen und sind Jahreswerte der  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$  und  $\text{NH}_3$  Emission der für Österreich am wichtigsten umliegenden Staaten (d.h. inklusive Polen und Frankreich).

In den Abbildungen 4.5.1, 4.5.2 und 4.5.3 sind die gemessenen mittleren Ionenkonzentrationen der Schneedecke von Wurtenkees und Goldbergkees für  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  und  $\text{NO}_3^-$ ; daher im Vergleich zu den  $\text{SO}_2$ -,  $\text{NH}_3$ - und  $\text{NO}_x$ -Emissionen dargestellt, wobei jeweils der Mittelwert aus Goldbergkees und Wurtenkees mit den Emissionen verglichen wird. Man sieht, daß im Vergleich zu den Emissionen die Depositionsdaten eine große zeitliche Variabilität aufweisen. Ein ähnliches Ergebnis ist auch von Bohrkernuntersuchungen z.B. am Colle Gnifetti bekannt (Wagenbach et al., 1988).

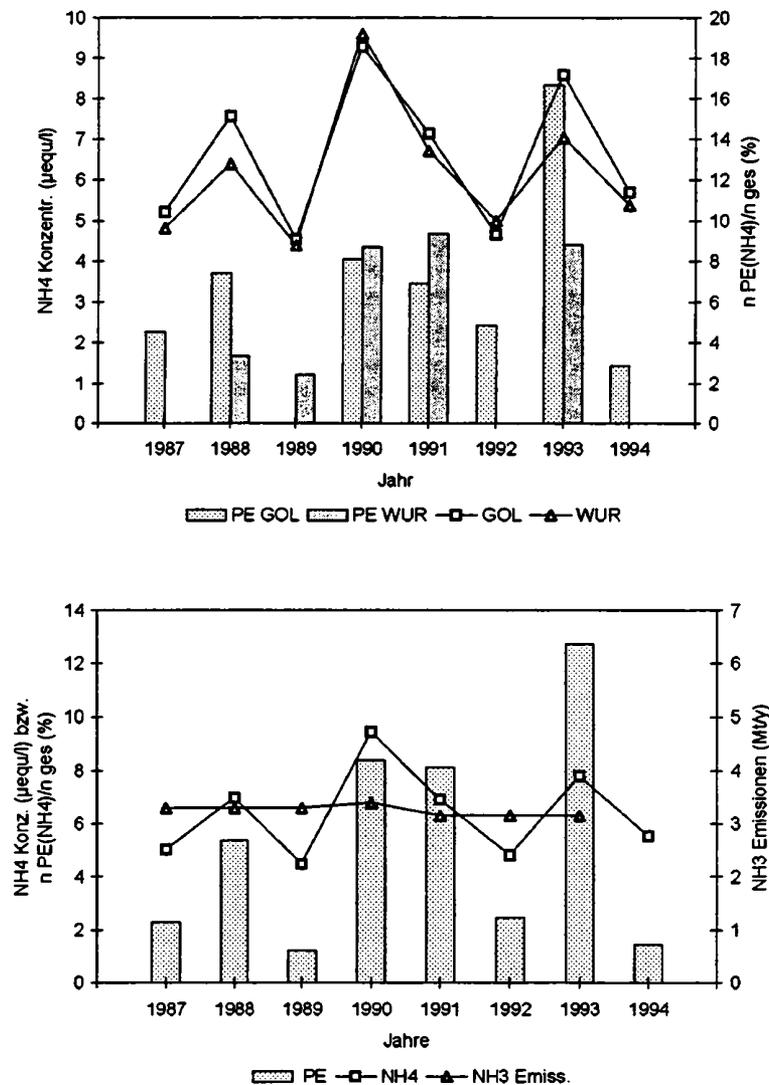


Abbildung 4.5.3: Zeitlicher Trend der  $\text{NH}_4^+$ -Konzentration für Wurtenkees und Goldbergkees im Vergleich zu den  $\text{NH}_3$ -Emissionen und dem Anteil der Proben mit  $\text{NH}_4^+$ -Pollutionsereignis an der Gesamtprobenzahl ( $n_{\text{PE}(\text{NH}_4)}/n_{\text{ges}}$ ) der einzelnen Jahre; die obere Abbildung zeigt die Werte von Wurtenkees und Goldbergkees getrennt, die untere zeigt das Mittel aus beiden Gletschern

Die zeitlich sehr große Variabilität der Depositionsdaten kann, wie oben erwähnt, gut durch die Häufigkeit der Pollutionseignisse erklärt werden. Da die zeitliche Variabilität der Depositionsdaten, verursacht durch die Pollutionseignisse, viel größer ist als der zeitliche Trend in den Emissionen, sind die Änderungen der Emissionen teilweise nur schlecht in den Depositionsdaten wiederzufinden. Deutlicher wird die Beziehung zwischen den Emissionen und den Depositionsdaten von Wurtenkees und Goldbergkees in den gemittelten Daten (Abbildung 4.5.1, 4.5.2 und 4.5.3) Man sieht, daß sich der Rückgang der  $\text{SO}_2$ -Emissionen (vorwiegend durch Emissionsdrosselung in der ehemaligen DDR) gut in den Depositionsmessungen widerspiegelt. Diese Ergebnis ist sehr wertvoll, da der Rückgang der Emissionen bisher nur an wenigen Stellen durch Depositionsdaten zu belegen war. Für  $\text{NH}_4^+$  und  $\text{NO}_3^-$  läßt sich kein zeitlicher Trend in den Depositionsdaten feststellen, wobei aber auch in den Emissionsdaten nur ein geringfügiger Trend zu sehen ist.

#### 4.6 Vergleich Goldbergkees - Wurtenkees

Ein Vergleich der Ergebnisse der Depositionsmessungen von Goldbergkees und Wurtenkees ist auf Grund der Lage der beiden Gletscher sehr interessant. Wie bereits früher erwähnt, liegt das Goldbergkees nördlich des Alpenhauptkammes und das Wurtenkees südlich davon. Obwohl beide Gletscher nur etwa 6 km voneinander entfernt liegen, wirkt sich ihre Lage zum Alpenhauptkamm sehr wesentlich auf ihre Wintermassenbilanz aus. Das Goldbergkees weist im Vergleich zum Wurtenkees wesentlich höhere Werte der spezifischen Wintermassenbilanz auf (Abbildung 4.6.1), die durch den größeren Einfluß von Wetterlagen für das Goldbergkees zu begründen sind.

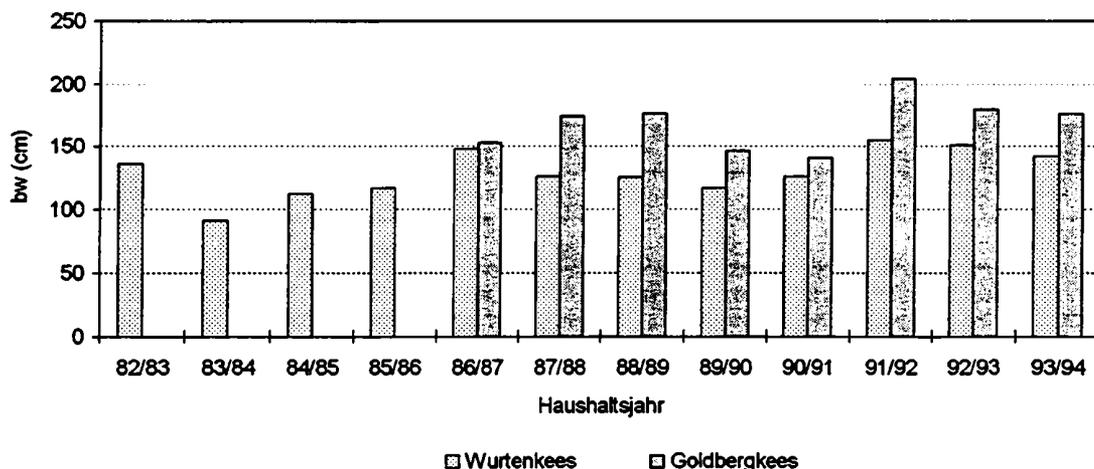


Abbildung 4.6.1: Spezifische Wintermassenbilanz von Wurtenkees und Goldbergkees für die Periode 1983 bis 1994 (aus: Auer et al., 1995 und Schöner et al., unveröffentlicht)

Durch die Arbeit von Schöner (1995) konnte aber eine gute Übereinstimmung der Niederschlagsmengen des Chemieprofils vom Wurtenkees mit jenem vom Goldbergkees für die einzelnen Winterhaushaltsjahre gezeigt werden. Außerdem konnte auf Grund der Isotopenprofile ( $\delta^{18}\text{O}$ ) auch ein sehr gleichartiger Aufbau hinsichtlich der Niederschlagsereignisse gefunden werden (Abbildung 4.6.2 und 4.6.3). Daraus kann man folgern, daß die unterschiedlichen Wintermassenbilanzen von Wurtenkees und Goldbergkees durch tiefer gelegene Gletscherteile bewirkt werden, wo der Alpenhauptkamm als Wetterscheide einen größeren Einfluß besitzt.

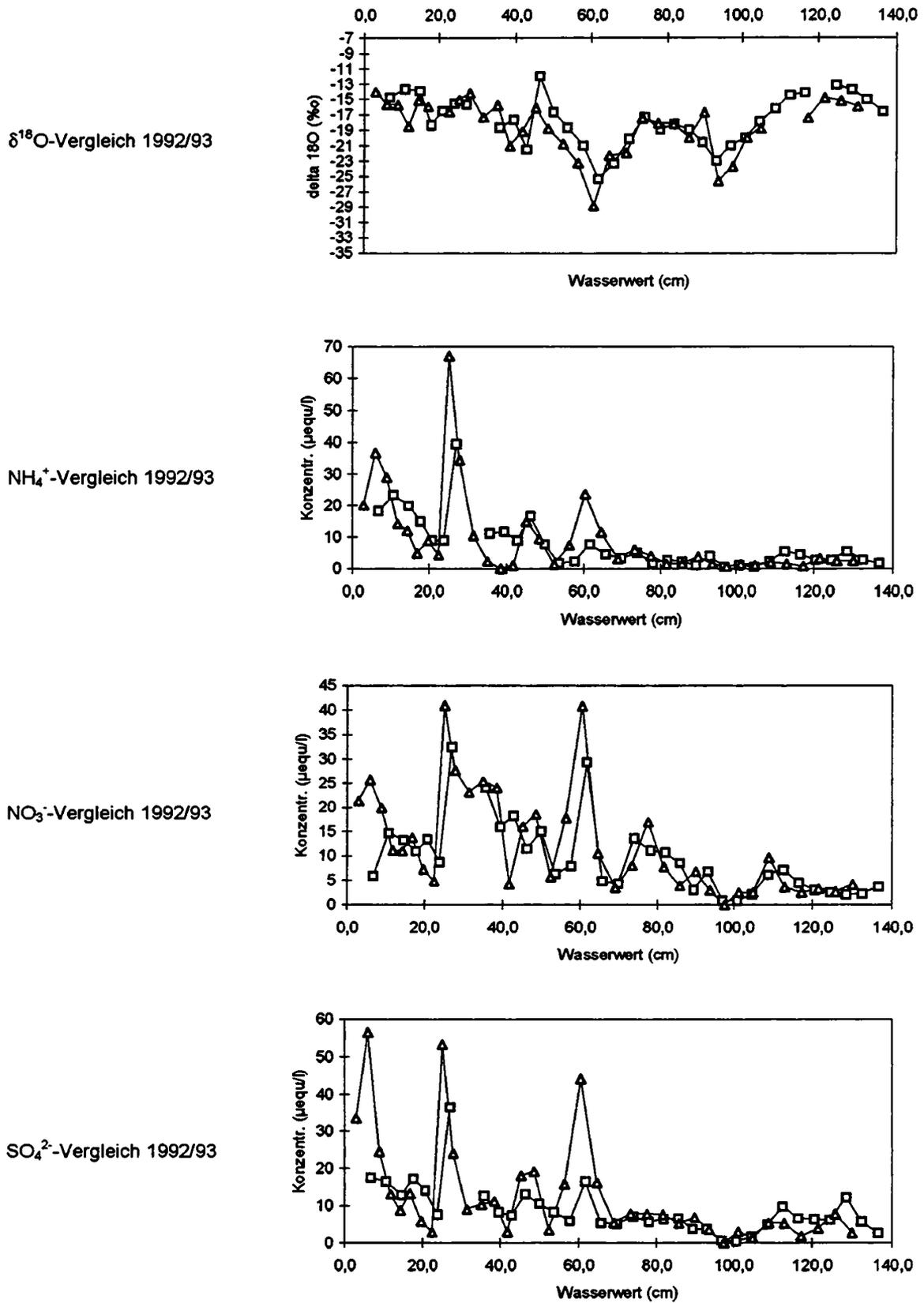
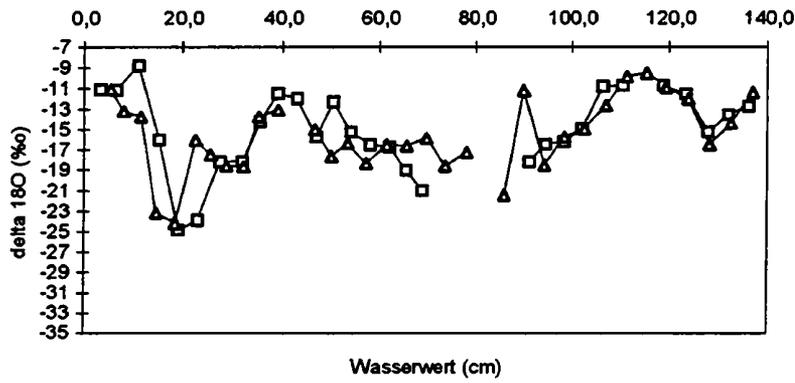
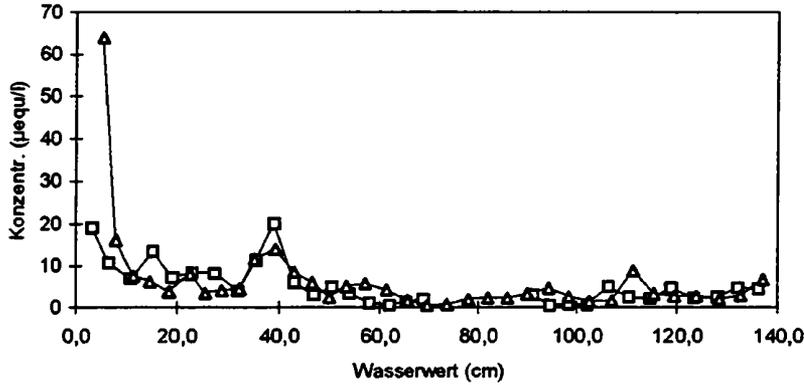


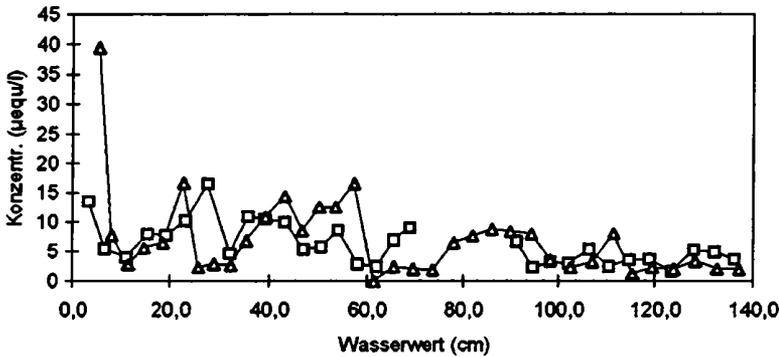
Abbildung 4.6.2: Vergleich der  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte und der  $\text{NH}_4^+$ -,  $\text{NO}_3^-$ - und  $\text{SO}_4^{2-}$ -Konzentrationen für die Schneeprofile von Goldbergkees und Wurtenkees im Winter 1992/93  
 $\square$  Wurtenkees  $\triangle$  Goldbergkees



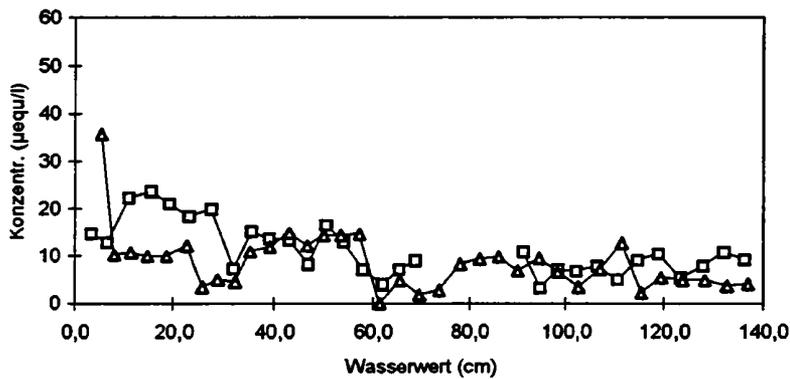
$\delta^{18}\text{O}$ -Vergleich 1993/94



$\text{NH}_4^+$ -Vergleich 1993/94



$\text{NO}_3^-$ -Vergleich 1993/94



$\text{SO}_4^{2-}$ -Vergleich 1993/94

Abbildung 4.6.3: Vergleich der  $\delta^{18}\text{O}$ -Werte und der  $\text{NH}_4^+$ -,  $\text{NO}_3^-$ - und  $\text{SO}_4^{2-}$ -Konzentrationen für die Schneeprofile von Goldbergkees und Wurtenkees im Winter 1993/94  
 —□— Wurtenkees —▲— Goldbergkees

In einem nächsten Schritt ist es nun interessant zu fragen, wie weit sich der sehr gleichartige Schneedeckenaufbau der zwei Probennahmeorten in der Ionenkomposition widerspiegelt. Abbildung 4.6.2 und 4.6.3 zeigen den Vergleich für  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ , und  $\text{NH}_4^+$  für die Jahre 1992/93 und 1993/94, wobei auf Grund der Isotopenprofile entsprechende Schneeschichten ungefähr in die selbe Tiefe verschoben wurden.

Ähnlich wie für die Isotopenprofile sieht man für die Ionenkonzentrationen eine recht gute Übereinstimmung (besonders für 1992/93). Da für 1993/94 nicht so viele markante Maxima und Minima der Ionenkonzentration wie für 1992/93 zu finden sind, wirkt die Übereinstimmung auch dadurch etwas schlechter. Es kann aber aus den beiden Abbildungen gefolgert werden, daß besonders die einzelnen Konzentrationspeaks, aber auch die Perioden mit sehr geringen Konzentrationswerten, nicht lokal auf einen Meßort beschränkt sind, sondern für ein großräumiges Gebiet repräsentativ sind. Natürlich sind die einzelnen Peaks am Wurtenkees und am Goldbergkees nicht immer gleich hoch, da die Probennahme auf Grund der Probenlänge von 10 cm bereits eine gewisse Mittelung beinhaltet. Während für 1992/93 bei beiden Probennahmeorten ziemlich exakt die selben Niederschlagsereignisse zum Schneedeckenaufbau ohne wesentliche Akkumulationsprozesse bzw. Erosionsprozesse geführt haben, scheint 1993/94 ein Ereignis (bei 80 cm) am Wurtenkees erodiert worden zu sein, bzw. wurde beim Goldbergkeesprofil Schnee durch den Wind geringfügig akkumuliert

Die obige Aussage über die Parallelität der Konzentrationspeaks für Wurtenkees und Goldbergkees für die Jahre 1992/93 und 1993/94 steht im ersten Moment etwas im Gegensatz zu den Aussagen über die Pollutionsergebnisse im Kapitel 4.4. Dort wurde erwähnt, daß die unterschiedlichen Konzentrationsmittelwerte der gesamten Schneedecke für einzelne Jahre recht gut durch die Anzahl der Pollutionsergebnisse auf dem Wurtenkees und dem Goldbergkees erklärt werden kann. Aus den Abbildungen 4.6.2 und 4.6.3 geht aber nun eindeutig hervor, daß die Konzentrationspeaks nicht mit den in Kapitel 4.4 definierten Pollutionsergebnissen übereinstimmen müssen und es daher zu den recht beträchtlichen Konzentrationsunterschieden zwischen Goldbergkees und Wurtenkees kommen kann.

#### 4.7 Die Schadstoffbelastung von Schnee und Raureif im Vergleich zur Trinkwasserqualität

Im Zusammenhang mit den Schadstoffuntersuchungen in der Schneedecke, stellt man sich naheliegenderweise die Frage, wie „gefährlich“ diese Schadstoffbelastung für den Menschen wirklich ist. Als brauchbarer Anhaltspunkt kann man hierfür die Grenzwerte der Belastung von Trinkwasser mit den wichtigsten anorganischen Ionen heranziehen. In Tabelle 4.7.1 sind die Grenzwerte und Richtwerte für die Trinkwasserbelastung durch die wichtigsten anorganischen Ionen für Österreich (1991), die EU (1980) sowie die entsprechenden Werte der WHO (1984) angegeben.

Tabelle 4.7.1: Grenz- und Richtwerte für Trinkwasser (Stand 1992) und Vergleichswerte der Schneedeckenuntersuchung auf dem Wurtenkees und dem Goldbergkees (Periode 1990-1994) sowie von Rauhreif- und Neuschneeproben, die am Sonnblick in der Periode 1992 bis 1994 gesammelt wurden (RW = Richtwert, GW = Grenzwert, RZ = Richtzahl, ZHK = zulässige Höchstkonzentration; Werte in ppm)

		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Österr.	RW	25		100	50	
	GW	100	250			
EU	RZ	25	25	25	20	
	ZHK	50	250		150	
WHO	RW	≅45	400	250	200	
<b>Schneedecke</b>						
Maximalwert		3,44	3,35	0,73	0,55	1,21
Median		0,43	0,36	0,07	0,04	0,07
<b>Neuschnee</b>						
Maximalwert		4,56	4,46	0,56	1,34	2,17
Median		0,51	0,48	0,09	0,05	0,16
<b>Rauhreif</b>						
Maximalwert		19,52	27,28	4,98	2,70	12,13
Median		1,45	1,97	0,14	0,10	0,40

Ebenfalls angeführt sind in Tabelle 4.7.1 Meßergebnisse von Neuschnee- und Rauhreifproben, die ebenfalls während des ALPTRAC Projektes auf dem Sonnblickobservatorium gesammelt wurden. Neuschnee bedeutet hier, daß jedes Schneefallereignis mit einer Neuschneehöhe größer 10 cm bei der täglichen Frühbeobachtung mittels eines eigenen Sammelgerätes erfaßt wurde. Die Konzentrationswerte für diese Proben im Vergleich zu den entsprechenden Schichten der Schneedecke sind oft wesentlich höher, da in der Schneedecke durch die Komprimierung der Schneedecke eine Mittelung durch die Schneeprobenlänge von 10 cm stattfindet. Analog zu den Neuschneeproben wurden auch alle markanten Rauhreifereignisse auf dem Sonnblick Observatorium gesammelt. Verschiedene Untersuchungen (z.B. Duncan, 1992) zeigen, daß Rauhreif wesentlich höhere Ionenkonzentrationen aufweist als Schnee. Das ist eine Folge der wesentlich höheren Ionenkonzentrationen der unterkühlten Wassertröpfchen in der Atmosphäre, die durch Anfrieren an Gegenständen den Rauhreif bilden.

In Tabelle 4.7.1 sieht man recht deutlich, daß die maximalen Konzentrationswerte im Schnee deutlich unter den Grenzwerten für die Trinkwasserqualität liegen, während die maximalen Konzentrationswerte für Rauhreif teilweise schon sehr nahe bei den Richtwerten liegen, bei Nitrat auch sehr nahe zum Grenzwert liegen. Bei einer Nitratbelastung größer 50 ppm im Trinkwasser, besteht für Säuglinge im ersten Lebensjahr eine Gesundheitsgefährdung (Schöller, 1989). Es muß außerdem betont werden, daß für die sehr sensiblen hochalpinen Ökosysteme oft noch strengere Kriterien für die Wasserqualität gelten als für das Trinkwasser.

Für das Wurtenkees besteht außerdem die besondere Situation, daß es seit 1987 als Gletscherschigebiet genutzt wird. Durch die Untersuchungen während des ALPTRAC Projektes auf dem Wurtenkees konnte jedoch kein Einfluß durch den Schigebietsbetrieb im Bereich der Probennahmestelle gefunden werden. Eine Untersuchung des Einflusses des Schibetriebes auf die Schadstoffbelastung der Schneedecke war nicht Ziel der Untersuchungen, sondern es sollte, ganz im Gegenteil, die vom Schibetrieb unbeeinflusste Schadstoffbelastung erfaßt werden. Daher wurde die Probennahmestelle auf dem Wurtenkees so gewählt, daß ein Einfluß durch den Schibetrieb mit hoher Wahrscheinlichkeit auszuschließen war. Eine Untersuchung der Beeinflussung des Gletscherschibetriebes auf dem Wurtenkees und anderen österreichischen Gletscherschigebieten für die Schadstoffbelastung der Schneedecke, wurde in einer Studie des Umweltbundesamtes (1993) versucht.

## 5. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde die Schadstoffkonzentration in einer hochalpinen winterlichen Schneedecke am Beispiel des Wurtenkees und des Goldbergkees untersucht. Diese Untersuchung war Teil des EUROTRAC Subprojektes ALPTRAC (High Alpine Aerosol and Snow Chemistry Study).

Die wichtigsten Anionen in der winterlichen Schneedecke von Wurtenkees und Goldbergkees sind  $\text{SO}_4^{2-}$  und  $\text{NO}_3^-$  (jeweils 19% der gesamten Ionenzusammensetzung), die wichtigsten Kationen bilden  $\text{H}^+$  (19%),  $\text{Ca}^{2+}$  (14%) und  $\text{NH}_4^+$  (12%). Alle anderen Ionen haben einen Anteil kleiner 6%. Mittels einer Faktoranalyse konnte die Hypothese der Hauptquellen der Ionenkonzentration in der Schneedecke (anthropogene Aktivitäten für  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  und  $\text{NH}_4^+$ , Staubfälle für  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  und  $\text{K}^+$  sowie maritime Aerosole für  $\text{Na}^+$  und  $\text{Cl}^-$ ) verifiziert werden. Einzelne Saharastaubfälle machten in der Untersuchungsperiode 1990/91 bis 1993/94 bis zu 40% der gesamten  $\text{Ca}^{2+}$ -Deposition der Winterschneedecke aus, was ihre Bedeutung für die neutralisierende Wirkung auf die Schneedecke unterstreicht. Für die Periode 1986/87 bis 1993/94 konnte gezeigt werden, daß die Anzahl der Pollutionseignisse (das sind Schneeproben der Schneedecke mit einer  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ - oder  $\text{NH}_4^+$ -Konzentrationen größer 20  $\mu\text{eq/l}$ ) die meist sehr stark schwankenden Depositonswerte der einzelnen Jahre zum Großteil bestimmen. Pollutionseignisse machen bis zu 50% der Gesamtdosition der einzelnen Winterhalbjahre aus. Vergleicht man die Emissionsdaten der wichtigsten Schadstoffquellgebiete für Österreich mit den gemessenen Depositionsdaten der beiden Gletscher, so wird die Drosselung der  $\text{SO}_2$ -Emissionen seit 1987 auch in den Depositionsdaten klar sichtbar, während für  $\text{NO}_3^-$  und  $\text{NH}_4^+$ , in Übereinstimmung mit den Emissionsdaten, kein Trend zu finden ist. Als wesentliches Teilergebnis der Arbeit konnte gezeigt werden, daß die starke Schwankung der gemessenen Konzentrationen zwischen den einzelnen Jahren durch die Anzahl der Pollutionseignisse erklärt werden kann, während eine geglättete Kurve der Depositionsdaten mit den Änderungen der Emissionen korreliert ist. Vergleicht man die Schadstoffbelastung des hochalpinen Schnees mit den Richt- und Grenzwerten von Trinkwasser, so sieht man, daß die gemessenen Maximalwerte deutlich niedriger sind, während die auf dem Sonnblick gemessenen maximalen Ionenkonzentrationen des Rauhreif für  $\text{NO}_3^-$  und  $\text{SO}_4^{2-}$  schon deutlich in der Nähe von Richt- bzw. Grenzwerten liegen.

### Literatur

- AUER, I., BÖHM, R., HAMMER, N., SCHÖNER, W., WIESINGER, T., WINIWARTER, W., 1995: Glaziologische Untersuchungen im Sonnblickgebiet: Forschungsprogramm Wurtenkees, Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik, Heft 12.
- BAIRD, S., BUSO, D., HORNBECK, J., 1987: Acid pulses from snowmelt at acidic cone pond, *Water, Air and Soil Pollution*, 34, 325 - 338.
- CADLE, S. H., MUHLBAIER-DASCH J., 1987: The contribution of dry deposition to snowpack acidity in Michigan. in: Jones, H. G., Orville-Thomas, W. J., (eds.): *Seasonal Snowcovers: Physics, Chemistry, Hydrology*. Dordrecht, Holland: D. Reidel Publishing Comp., 299 - 320.
- COLBECK, S. C., AKITAYA, E., AMSTRONG, R., GUBLER, H., LAFEUILLE, J., LIED, K., MCCLUNG, D., MORRIS, E., 1990: The international classification for seasonal snow on the ground. *Int. Comm. Snow and Ice (IAHS), World Data Center A for Glaciology, U. of Colorado, Boulder, CO, USA*.
- DUNCAN, L. C., 1992: Chemistry of rime and snow collected at a site in the central Washington Cascades. *Environmental Science Technology*, Vol. 26, No. 1, 61 - 66.

- HOUGH, A. M., 1988: Atmospheric Chemistry at elevated sites - a discussion of the processes involved and the limits of current understanding. in: Unsworth, M. H., Fowler, D. (eds): Acid Deposition at High Elevation Sites. Kluwer Academic Publishers, 1 - 47.
- JONES, H. G., ORVILLE-THOMAS, W. J., (eds), 1987: Seasonal Snowcovers: Physics, Chemistry, Hydrology. Dordrecht, Holland: D. Reidel Publishing Company.
- KASPER, A., 1994: Saisonale Trends atmosphärischer Spurenstoffe sowie deren Auswaschverhalten an der Hintergrundmeßstelle Sonnblick. Dissertation, Technische Universität Wien, 142pp.
- KOLB, H., SCHÖNER, W., SEIBERT, P., 1993: ALPTRAC Data Catalogue, A Directory of Data Collected in ALPTRAC Field Measurements and Related Information. EUROTRAC-ISS, Garmisch Partenkirchen: Zerhoch-Schmidt, 137 pp.
- LEGRAND, M. R., DELMAS, R. J., 1987: Experimental protocol for the chemical analysis of snow, firn and ice cores. in: Jones, H. G., Orville-Thomas, W. J., (eds.): Seasonal Snowcovers: Physics, Chemistry, Hydrology. Dordrecht, Holland: D. Reidel Publishing Company, 225 - 254.
- MAUPETIT, F., 1992: Chimie de la neige de très haute altitude dans les Alpes Françaises. Ph. D. thesis, Paris 7 University, 246 pp.
- MAUPETIT, F., DELMAS, J. R., 1994: Snow chemistry of high altitude glaciers in the French Alps. Tellus, 46B, 304 - 324.
- PALECZEK, S., 1993: Analytische Charakterisierung von Aerosol-, Wolkenwasser- und Niederschlagsproben der hochalpinen Hintergrundmeßstelle Sonnblick (3106m). Dissertation, Technische Universität Wien, 166pp.
- POMEROY, J. W.; DAVIES, T. D., TRANTER, M., 1991: The impact of blowing snow on snow chemistry. in: Seasonal Snowpacks, T. D. Davies et al. (eds.), NATO ASI Series, Vol. G 28, Berlin Heidelberg: Springer Verlag, 273 - 297.
- PUXBAUM, H., 1991: Introduction to ALPTRAC: the high alpine aerosol and snow chemistry study. in: The Proceedings of EUROTRAC Symposium '90, P. Borrell et al. (eds.), The Hague, Netherlands: SPB Academic Publishing, 53 - 54.
- SCHÖLLER, F., 1989: Wasserqualität im Spiegel neuer Erkenntnisse. Schriftenreihe des Österreichischen Wasserwirtschaftsverbandes Heft 79.
- SCHÖNER, W., et al., unveröffentlicht: Massenbilanzmessungen auf dem Goldbergkees (Periode 1986/87 bis 1993/94).
- SCHWIKOWSKI, M., MAUPETIT, F., WINIWARTER, W., SEIBERT, P., TSCHIRSCH, J., 1992: A single case study of Saharan dust in March 1990. in: Proceedings of EUROTRAC Symposium '92, Borell P. M. et al. (eds.) The Hague, Netherlands, SPB Academic Publishing, 765 - 769.
- SCHWIKOWSKI, M., et al., 1994: Snow Pit Sampling Intercomparison at Weissfluhjoch, Switzerland. in: The Proceedings of EUROTRAC Symposium '94, Borell P. M. et al. (eds.) The Hague, Netherlands, SPB Academic Publishing, 716-720.
- SEIBERT, P., 1991: Meteorologisch synoptische Analyse des März 1990 im Hinblick auf die Immissionsmessungen im Rahmen der ALPTRAC-IOP. Studie im Auftrag des BM f. W. u. F.; Eigenverlag Inst. f. Met. u. Geoph., Univ. Wien.

- SIGG, A., NEFTEL, A., ZÜRCHER, F., 1987: Chemical transformations in a snowcover at Weissfluhjoch, Switzerland, situated 2500 m.a.s.l. in: Jones, H. G., Orville-Thomas, W. J., (eds.): Seasonal Snowcovers: Physics, Chemistry, Hydrology. Dordrecht, Holland: D. Reidel Publishing Company, 269 - 280.
- STICHLER, W., 1987: Snowcover and snowmelt processes studied by means of environmental isotopes. in: Jones, H. G., Orville-Thomas, W. J., (eds.): Seasonal Snowcovers: Physics, Chemistry, Hydrology. Dordrecht, Holland: D. Reidel Publishing Company, 673 - 726.
- STICHLER, W., 1994: persönliche Mitteilungen.
- TEZLAFF, G., PETERS, M., JANSSEN, W., ADAMS, L. J., 1989: Aeolian dust transport in West Africa. in: M. Leinen and M. Saruthein (eds), Paleoclimatology and Paleometeorology: Modern and Past Patterns of Global Atmospheric Transport. Kluwer Acad. Publ., 185 - 203
- Trinkwasser-Nitratverordnung, 1989: Bundesgesetzblatt 557/1989
- UMWELTBUNDESAMT (Hrg.), 1993: Gletscherschgebiete Österreichs. Wien, Monogr., Bd. 32
- VITOVEC, W., 1988: Untersuchungen zur Schneechemie des Wurtenskees. Diplomarbeit, Technische Universität Wien, 115pp.
- WAGENBACH, D., MÜNNICH, K. O., SCHOTTERER, U., OESCHGER, H., 1988: The anthropogenic impact on snow chemistry at Colle Gnifetti, Swiss Alps. Annals of Glac., 10, 183 - 187.
- WINIWARTER, W., SCHÖNER, W., PUXBAUM, H., 1994: Ionic contents of wintertime deposition at an alpine glacier- results from a decade of sampling. in: Proc. of EUROTRAC Symposium '94, Borell P. M. et al. (eds.) The Hague, Netherlands, SPB Academic Publishing, 731 - 734.

**Anschrift der Verfasser:**

W. Schöner

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik  
A-1190 Wien, Hohe Warte 38

M. Staudinger

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik  
Regionalstelle Salzburg  
A- 5020 Salzburg, Freisaalweg 16

H. Puxbaum

Institut für analytische Chemie der TU Wien  
A-1061 Wien, Getreidemarkt 9/151

# AEROSOL- UND SCHNEECHEMIE AM SONNBLICK

Anne Kasper, Bernhard Brantner, Helga Fierlinger, Michael Kalina,  
Susanne Paleczek, Werner Tscherwenka, Wilfried Winiwarter, Hans Puxbaum

## Zusammenfassung

Seit 1991 werden am Sonnblick Observatorium umfangreiche Untersuchungen zur Wolken- und Niederschlagschemie durchgeführt. Neben prozeßorientierten Studien der Gasphase, von Aerosolbestandteilen, Wolkenwasser und nasser Deposition wurden auch mikroskopische Untersuchungen an Eiskristallen durchgeführt und die chemische Klimatologie ausgewählter atmosphärischer Spurengase und Aerosolkomponenten bestimmt. Die Aerosolkomponenten Sulfat, Ammonium und Nitrat sowie die Gase Salpetersäure und Ammoniak zeigten deutliche Jahresgänge mit vergleichsweise hohen Konzentrationswerten im Sommer und geringeren Werten im Winter. Diese Saisonalitäten entsprechen qualitativ den Jahresgängen der Inhaltsstoffe des Wolkenwassers und der nassen Deposition. Sowohl der Verreifungsgrad als auch die Auswascheffizienz zeigten keine jahreszeitlichen Veränderungen. Vielmehr dürfte die starke Saisonalität der Inhaltsstoffe der nassen Deposition auf die jahreszeitlich unterschiedliche vertikale Durchmischung der Atmosphäre zurückzuführen sein.

## 1. Einleitung

Seit 1991 werden am Sonnblick Observatorium neben den routinemäßig vom Umweltbundesamt und der Wetterdienststelle Salzburg betreuten Meßprogrammen im Rahmen des Projektes ALPTRAC verstärkt luftchemische Messungen durchgeführt.

Das Konzept des EUROTRAC-Subprojektes ALPTRAC wurde 1988 vorgestellt (Puxbaum 1991). Zu diesem Zeitpunkt war unser Wissen über die Schnee- und Wolkenchemie im hochalpinen Raum überaus spärlich (siehe Diskussionen in Wagenbach 1989, Puxbaum et al. 1991). Das Phänomen des Langstreckentransportes von Luftschadstoffen war zwar lange bekannt, wurde jedoch als Transport innerhalb der Grenzschicht betrachtet und modelliert (Sandnes 1993). Wolkenprozesse über der Grenzschicht werden in diesen Modellen vernachlässigt, die Auswaschung von Gasen und Aerosolteilchen als Vorgang innerhalb der Grenzschicht parameterisiert. Wolkenchemische Untersuchungen wurden in der Regel in nicht regnenden Wolken (Nebel, Stratus, Cumulus) durchgeführt (Ten Brink et al. 1987, Fuzzi 1986, Hegg und Hobbs 1982, Hegg und Hobbs 1984, Hegg und Hobbs 1986, Jacob et al. 1986), die Vorgänge in Wolken mit Flüssigwasser- und Eisphase waren nur qualitativen Untersuchungen zugänglich (Borys et al. 1988, Mitchell und Lamb 1989), bzw. auf sehr wenige punktuelle Studien beschränkt (z.B. Isaac und Daum 1987).

Punktuelle Meßdaten der Schneechemie im Hochalpin ergaben Hinweise darauf, daß auch vertikale Austauschprozesse bei der Betrachtung luftchemischer bzw. niederschlagschemischer Vorgänge überaus wichtig sind. So fanden Psenner und Nickus (1986), daß die nassen Flüsse von Sulfat und Nitrat auf einem hochalpinen Schneefeld etwa jenen an niedriger, in "verschmutzter" Atmosphäre gelegenen, Stationen entsprachen. Wagenbach et al. (1988) fanden, daß die Ionengehalte von Schneeproben in 4000m Höhe seit den Fünfzigerjahren stark zugenommen haben. Es ergaben sich somit deutliche Hinweise, daß auch das hochalpine Ökosystem (über 2000 m) der anthropogenen Versauerung ausgesetzt ist. Der hochalpine Raum stellt somit ein Rezeptorgebiet dar, in welchem die natürlichen

Stoffkreisläufe durch anthropogene Einflüsse bereits nachhaltig verändert wurden. Ausgehend von diesen Ergebnissen wurde es zum Zeitpunkt der Planung von ALPTRAC klar, daß zum Verständnis der beobachteten Effekte ein prinzipieller Einblick in die komplexen Vorgänge in schneeliefernden Wolkensystemen ("Mixed Clouds", Wolken in welchen Flüssigwasser und Eisphase koexistiert) erforderlich war. Da Wolkenexperimente zum mechanistischen Verständnis der Vorgänge auf sehr kurze intensive Kampagnen beschränkt sind, die beobachteten Effekte jedoch ein Verständnis der Vorgänge im chemisch-klimatologischen Zeitmaßstab verlangten, wurde bei der Planung von ALPTRAC eine Hierarchie von Experimenten vorgesehen, welche Untersuchungen auf der Ebene von einzelnen Auswaschereignissen bis zu synoptischen und chemisch-klimatologischen Zeitskalen umfaßten.

Zum Erreichen des grundlegenden Zieles von ALPTRAC - ein grundlegendes Verständnis der wichtigsten chemischen und physikalischen Vorgänge, die für Transport, Umwandlung und Deposition von sauren Komponenten im hochalpinen Gebiet verantwortlich sind, zu erwerben - wurden vier verschiedene, aber eng vernetzte Projektteile definiert:

SNOSP	eine alpenweite Untersuchung der Schneechemie im Höhenbereich von 3000 m
ALASS	eine prozeßorientierte Feldstudie der Transfervorgänge im mehrphasigen System schneeliefernder Wolken ausgehend von Einzelereignissen bis zur chemisch-klimatologischen Zeitskala
CORE	eine retrospektive Untersuchung der zeitlichen Entwicklung der Verunreinigung von hochalpinem Schnee anhand von Eiskernen von "kalten" Gletschern
SNOWMET	eine meteorologische Begleitstudie

Am Sonnblick Observatorium wurden Messungen zu den Unterprojekten ALASS, SNOSP und SNOWMET durchgeführt. Ausführende Institute waren die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, das Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien, das Institut für Experimentalphysik der Universität Wien, das Forschungszentrum Seibersdorf und das Institut für Analytische Chemie der Technischen Universität Wien.

In diesem Bericht wird auf die vom Institut für Analytische Chemie im Rahmen des Projektes ALASS durchgeführten Arbeiten eingegangen.

## 2. Darstellung der Meßprogrammes

Kurzzeitige Gas- und Aerosol- Auswaschexperimente ("In-cloud scavenging"-Experimente) wurden in Feldmeßkampagnen durchgeführt. Diese Meßkampagnen wurden zu unterschiedlichen Jahreszeiten abgehalten, um die im Jahresverlauf wechselnden luftchemischen und meteorologischen Bedingungen zu erfassen.

Die Probenahme ausgewählter gasförmiger und partikulärer Luftinhaltsstoffe erfolgte mit Denudersystemen, Filterpacks, Filter- und Impaktorprobenahme (Brantner 1994, Brantner et al. 1994, Paleczek 1993, Kasper 1994, Grasserbauer et al. 1994). Die Probenahme von Wolkenwasser erfolgte mit einem vom Institut für Experimentalphysik der Universität Wien entwickelten Wolkenwassersammler (Kruisz et al. 1993). Dieser Sammler diente auch der Bestimmung des Flüssigwassergehaltes der Wolke. In einzelnen Meßkampagnen wurde zu diesem Zweck zusätzlich auch ein PVM-100 eingesetzt. Schnee- und Regenproben wurden mittels eines WADOS (Wet And Dry Only Sampler, Winkler 1989)

genommen. Zusätzlich wurde Oberflächenschnee gesammelt. Der Verreifungsgrad von Eiskristallen wurde durch mikroskopische Untersuchungen bestimmt (Kalina und Puxbaum 1994). Zeitpunkt und Dauer der einzelnen Meßkampagnen sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

Tabelle 2.1: Verzeichnis der Meßkampagnen

06.05.1991 - 13.05.1991	SBO
11.11.1991 - 18.11.1991	SBO
24.02.1992 - 05.03.1992	SBO, Kolm Saigum
16.06.1992 - 24.06.1992	SBO, Kolm Saigum
17.05.1993 - 15.06.1993	SBO, Kolm Saigum, Rauris

Zusätzlich zu den Kampagnenmessungen zielte ein Langzeitexperiment auf die Erfassung der chemischen Klimatologie der Spurenstoffe in der Atmosphäre und im Niederschlag. Die täglichen Filterpackmessungen zur Bestimmung ausgewählter atmosphärischer Spurengase und Aerosolkomponenten wurde von November 1991 bis November 1993 betrieben (Kasper und Puxbaum 1994, Kasper und Puxbaum 1996). Die Probenahme und Analytik der Nassen Deposition wird seit 1987 in Zusammenarbeit der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, der Salzburger Landesregierung und der Technischen Universität Wien durchgeführt. Für beide Systeme wurde die tägliche Probenahme von den Wetterbeobachtern durchgeführt.

Das Sonnblickobservatorium erwies sich als ideale Meßplattform zur Untersuchung von Wolkenprozessen von regnenden beziehungsweise schneeliefernden Wolken, da in diesem Höhenbereich der für die Zusammensetzung des Schneefalls bzw. des daraus resultierenden Regens maßgebliche Prozeß, der Verreifungsvorgang der Schneeflocke ("riming"), stattfindet. Aufgrund der niederen Temperaturen am Sonnblick war es möglich, den Verreifungsvorgang in verschiedenen Jahreszeiten zu verfolgen.

In einzelnen Meßkampagnen wurden zusätzlich zu den Messungen am Sonnblick Observatorium auch in Kolm-Saigum und in Rauris Untersuchungen durchgeführt.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Chemische Klimatologie

Zur Bestimmung der chemischen Klimatologie ausgewählter Gase und Aerosolkomponenten wurden Filterpackmessungen durchgeführt. Diese zeigten für die Aerosolbestandteile Sulfat, Ammonium und Nitrat sowie für die Gase Salpetersäure und Ammoniak ausgeprägte Jahresgänge mit geringen Konzentrationswerten in den Wintermonaten und maximalen Konzentrationen im Sommer (Abbildung 3.1.1). Zur Darstellung dieser saisonalen Änderungen wurden die Monate November, Dezember und Jänner als Wintermittel und die Monate Juni bis August als Sommermittel zusammengefaßt. Die Verhältniszahlen dieser Sommer- und Wintermittel lagen für die Aerosolkomponenten Sulfat, Ammonium und Nitrat bei 7, 10 und 11 und für die Gase Salpetersäure und Ammoniak bei 3 und 5. Der Jahresgang von Schwefeldioxid zeigte ein Frühjahrsmaximum, während im Sommer und Winter vergleichbare Monatsmittel bestimmt wurden. Im Frühjahr (Februar bis April) lagen die Monatsmittel um einen Faktor 3 über den Mittelwerten des restlichen Jahres (Kasper und Puxbaum 1994, Kasper und Puxbaum 1996).

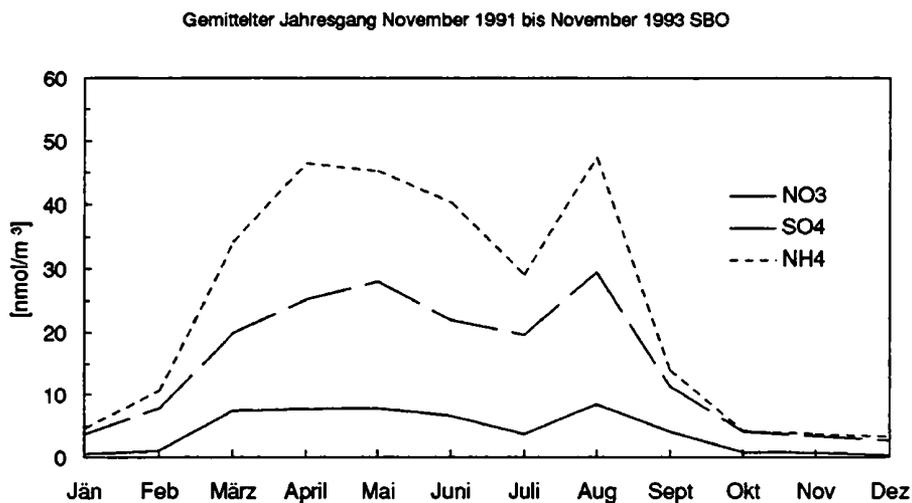
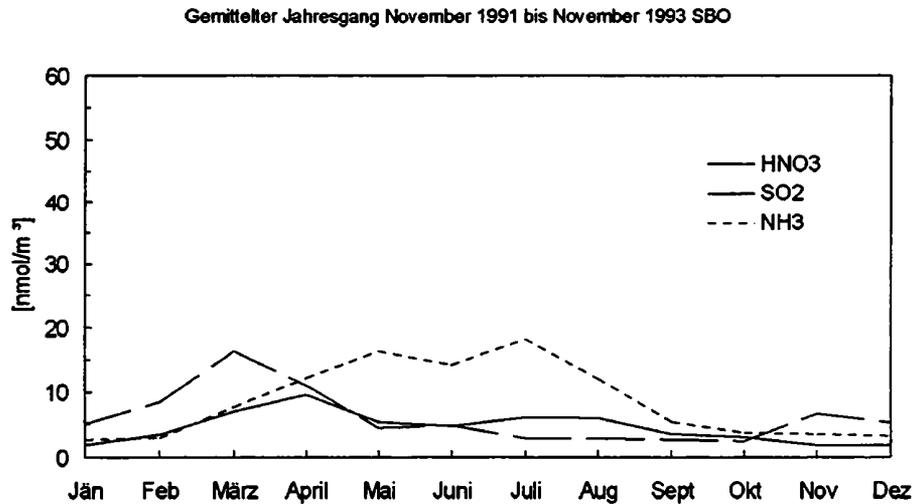


Abbildung 3.1.1: Gemittelter Jahresgang der Filtermessungen am Sonnblick

Der Vergleich der Filterpackmessungen mit in der Literatur angegebenen Meßwerten zeigt, daß besonders die im Winter bestimmten Konzentrationswerte mit Messungen in der freien Troposphäre oder in der Arktis vergleichbar sind (z.B. Huebert und Lazrus 1980, Galasyn et al. 1987, Talbot et al. 1992, Norton et al. 1992). Während der Sommermonate wurden auch höhere Konzentrationswerte bestimmt, die auf eine Beeinflussung des Meßpunktes durch Luftmassen der bodennahen Mischungsschichte hinweisen. Die maximalen Tagesmittelwerte liegen dabei in einem Konzentrationsbereich wie er auch bei Messungen in ländlichen Hintergrundgebieten bestimmt wurde (Puxbaum et al. 1993, Gregori 1991, Gomiscek 1993).

Die unterschiedlich starke Beeinflussung des Meßpunktes durch bodennahe Luftmassen wird auch aus einer Gegenüberstellung der Ergebnisse der Filtermessungen mit meteorologischen Parametern wie der relativen Feuchte deutlich. Bei verhältnismäßig hoher Luftfeuchtigkeit, wie sie etwa für bodennahe Luftschichten charakteristisch ist, konnten sowohl hohe als auch geringe Konzentrationswerte bestimmt werden. Hohe Luftfeuchtigkeiten am Meßpunkt Sonnblick Observatorium sind natürlich nicht nur auf

den Aufwärtstransport bodennaher Luftschichten, sondern auch auf Niederschlagsereignisse und Wolkenbildung zurückzuführen. Während der Einfluß bodennaher Luftmassen einen Anstieg der Konzentrationswerte bewirkt, kommt es durch Auswascheffekte zu einer Verringerung dieser Werte. War die relative Feuchte im Tagesmittel gering, so wurden ausschließlich sehr niedrige Konzentrationswerte bestimmt. Sowohl die Meßwerte der Luftfeuchtigkeit, als auch die Konzentrationswerte entsprachen in diesem Fall den Bedingungen der freien Troposphäre. Sehr geringe Tagesmittelwerte der relativen Feuchte (<40%) wurden ausschließlich in den Wintermonaten gemessen (Kasper und Puxbaum 1996).

Im Rahmen dieses Langzeitmeßprogrammes waren die Filterpacks auf der Meßplattform in unmittelbarer Nähe des Observatoriums exponiert. Da auch reaktive Gase wie Salpetersäure bestimmt werden sollten, bestand die Gefahr, daß es durch trockene Deposition zu einem Minderbefund dieser Komponenten kommen könnte. Da im Herbst 1994 ein neuer Windturm errichtet wurde, war es im Rahmen einer neuerlichen Intensivmeßkampagne im September 1995 möglich neben den Messungen auf der Plattform auch einen Meßpunkt zu wählen, der durch Depositionseffekte nicht beeinflusst ist. Die Vergleichsmessung umfaßten sowohl Schönwettertage als auch Messungen unter „ungünstigen“ Bedingungen wie Nebel, Schneefall und Wind.

Bei den Ergebnissen können drei Klassen unterschieden werden. Für Salpetersäure wurden am Turm tendentiell höhere Konzentrationswerte bestimmt als auf der Meßplattform. Dieser Effekt weist auf Depositionseffekte hin. Für Ammoniak trat der gegenteilige Fall ein. Die höheren Konzentrationswerte im Bereich der Meßplattform sind wohl auf lokale Verunreinigungen zurückzuführen. Für die weiteren Komponenten konnte trotz gewisser Abweichungen eine ausreichende Übereinstimmung der Messungen am Turm und auf der Plattform festgestellt werden (Tabelle 3.1.1).

Tabelle 3.1.1: Vergleich der Filterpackmessungen auf der Meßplattform und am Windturm  
r: Korrelationskoeffizient, k: Anstieg der Ausgleichsgeraden,  
d: Ordinatenabschnitt der Ausgleichsgeraden; die y-Achse entspricht den am Windturm gemessenen Konzentrationswerten

	r	k	d
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,734	0,75 ± 0,42	0,57 ± 1,1
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,859	0,91 ± 0,32	1,2 ± 1,9
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,764	0,94 ± 0,48	4,7 ± 6,0
Ca <sup>2+</sup>	0,618	1,3 ± 1,01	0 ± 0,41
HNO <sub>3</sub>	0,841	1,0 ± 0,39	0,81 ± 1,1
SO <sub>2</sub>	0,659	1,2 ± 0,81	0,81 ± 1,9
NH <sub>3</sub>	0,777	0,35 ± 0,17	4,3 ± 2,7

### 3.2 Scavenging Ratios

Die für die Aerosolkomponenten, Salpetersäure und Ammoniak bestimmten Saisonalitäten entsprechen qualitativ den Jahrgängen der Inhaltsstoffe der nassen Deposition. Allerdings sind die Saisonalitäten für die Gase und Aerosolkomponenten noch stärker ausgeprägt. Zum Vergleich der beiden Datensätze wurden Scavenging Ratios ( $\omega$ ) berechnet (Kasper 1994).

$$\omega_i = C_{s,i} / C_{a,i} \quad (1)$$

$\omega_i$  Scavenging Ratio der Komponente i

$C_{s,i}$  Konzentration der Komponente i im Niederschlag (Schnee)

$C_{a,i}$  Konzentration der Komponente i in der Gasphase

Aufgrund der unterschiedlich stark ausgeprägten Saisonalitäten wurden im Winter im Monatsmittel höhere Scavenging Ratios bestimmt als in der warmen Jahreszeit. Der Vergleich mit für das Jungfrauoch berechneten Werten (Gäggeler et al. 1995) zeigte eine gute Übereinstimmung sowohl der Absolutwerte als auch der saisonalen Veränderungen (Abbildung 3.2.1). Stellt man die Ergebnisse hingegen Berechnungen aus Bodenmessungen gegenüber, so ergeben sich deutliche Abweichungen. Die für den Sonnblick berechneten Werte liegen bis zu einer Größenordnung über den in der Literatur angegebenen Werten. Dieser Effekt ergibt sich aus der unterschiedlichen Vertikalverteilung der Aerosol- bzw. Gaskomponenten und der Konzentration der Inhaltsstoffe der nassen Deposition. Dieser Effekt wurde in der Literatur bereits besprochen (z.B. Slinn 1984).

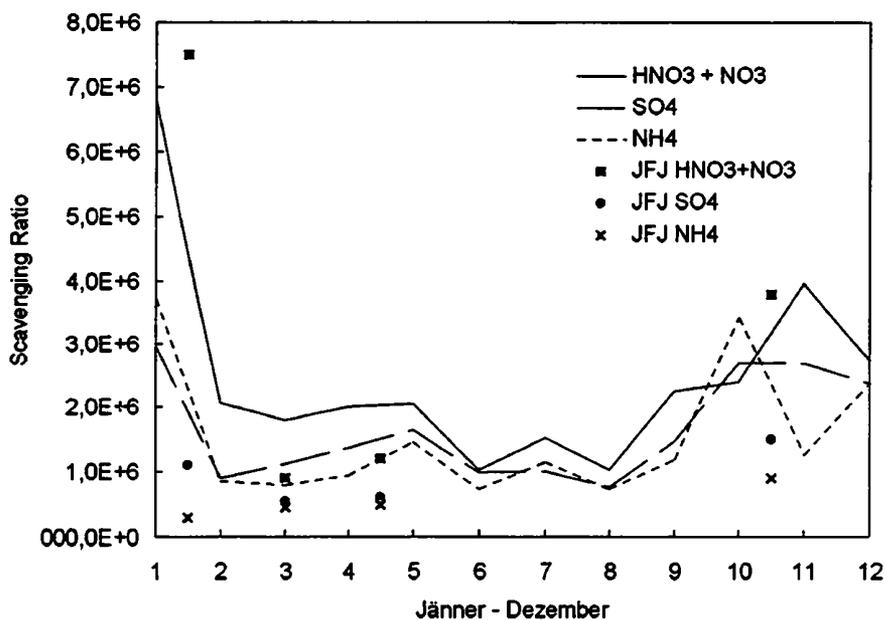


Abbildung 3.2.1: Gegenüberstellung des gemittelten Jahresganges der am Sonnblick-Observatorium gemessenen Scavenging Ratios (Kasper et al., 1995) mit Ergebnissen von Meßkampagnen am Jungfrauoch (Gäggeler et al., 1995)

Für Nitrat wurden höhere Scavenging Ratios bestimmt als für Sulfat oder Ammonium. Dies kann auf den Einfluß von Gasphasenscavenging (Salpetersäure) und das verstärkte Auftreten von Nitraten in größeren Aerosolteilchen zurückgeführt werden. Auch diese Ergebnis ist in Übereinstimmung mit Beobachtungen von anderen Gruppen (z.B. Davidson et al. 1995, Baltensperger et al. 1993).

### 3.3 Wolkenwasser

Auch für die Inhaltsstoffe des Wolkenwassers konnten starke Saisonalitäten mit höheren Konzentrationswerten in der warmen Jahreszeit und geringeren Werten im Winter gemessen werden (Brantner et al. 1994).

Aus den Verhältnissen der Konzentrationswerte im Wolkenwasser und im Niederschlag (Schnee) wurde auf die Zusammensetzung der Eiskristalle aus durch Sublimation gewachsene reine Eisphase und Wolkenwasser rückgeschlossen. In erster Näherung kann folgende Mischungsformel verwendet werden (Brantner et al. 1994):

$$a * C_{i,j} + b * C_{c,i} = C_{s,i} \quad (2)$$

$$a + b = 1 \quad (3)$$

a Massenbruch der Eisphase

b Massenbruch des Wolkenwassers

$C_{i,j}$  Konzentration der Komponente i in der Eisphase

$C_{c,i}$  Konzentration der Komponente i im Wolkenwasser

$C_{s,i}$  Konzentration der Komponente i im Niederschlag (Schnee)

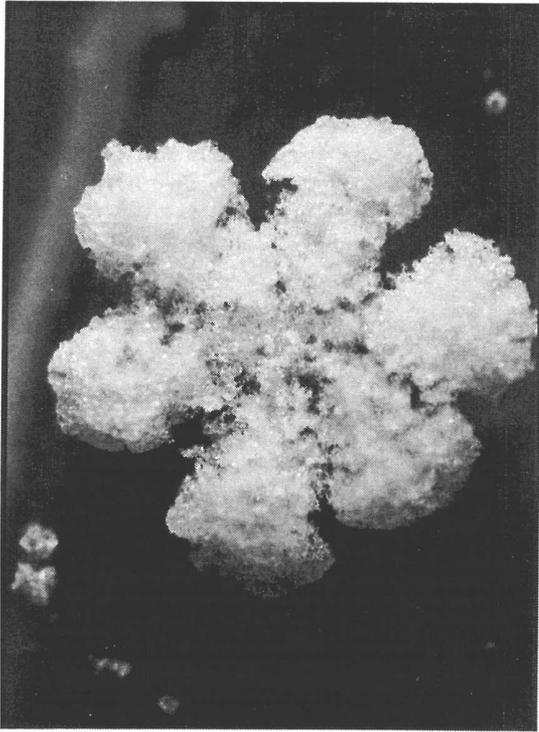
Da die Konzentration von Sulfat in der reinen Eisphase als vernachlässigbar gering angenommen werden kann, ist es möglich aus den Konzentrationswerten im Wolkenwasser und im Schnee auf das Mischungsverhältnis dieser beider Phasen zurückzurechnen.

Die mittleren Mischungsverhältnisse (a/b) betragen in den einzelnen Jahreszeiten 1.4 (Mai), 2.5 (November) und 3.1 (Juni). Dies bedeutet, daß Wolkenwasser in der Menge von 70, 40 bzw. 30 % der Masse der reinen Eisphase an den Eiskristall angelagert werden muß, um die Konzentrationswerte von Sulfat im Schnee zu erklären. Diese berechneten Werte werden im nachfolgenden Abschnitt weiter diskutiert.

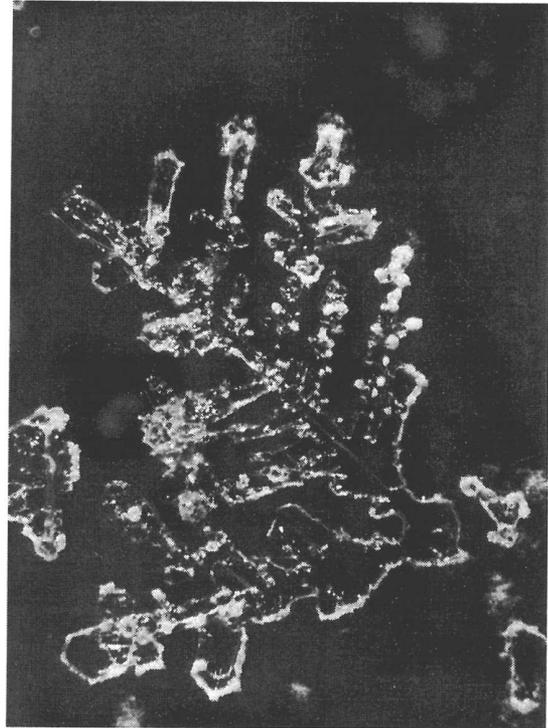
### 3.4 Bestimmung des Verreifungsgrades von Eiskristallen

Die Eiskristalle wurden auf Basis der Methode nach Schäfer (1956) gesammelt und der Verreifungsgrad auf einer Skala von 0 (unverreift) bis 5 (Graupel) bestimmt (Mosimann et al. 1993). Eine Auswahl der mit dieser Methode erfaßten Eiskristallrepliken ist in Abbildung 3.4.1 gegeben (Kalina und Puxbaum 1994, Kalina 1992).

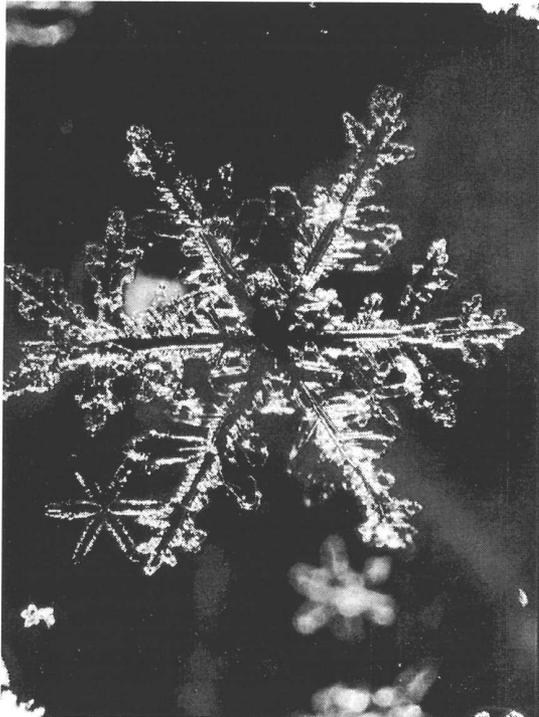
Der mittlere Verreifungsgrad wurde oberflächengewichtet gemittelt (Kalina und Puxbaum 1994). Dies war notwendig, da durch die Messungen in schneebildenden Wolken oftmals kleine noch unverreifte Eiskristalle neben größeren bereits verreiften Kristallen vorlagen. Allgemein konnten drei unterschiedliche Größenverteilungen der Eiskristalle beobachtet werden. Die erste Verteilung zeigte viele kleine unverreifte Kristalle ( $<0,2 \text{ mm}^2$ ) neben einer geringen Zahl großer stark verreifter Kristalle (etwa  $6,4 \text{ mm}^2$ ). Diese Verteilung charakterisiert die Verhältnisse in einer schneebildenden Wolke. In der zweiten Verteilung fehlt der Anteil der kleinen, unverreiften Kristalle - am Meßplatz werden keine Eiskristalle gebildet. Die dritte Verteilung ist eine Kombination der beiden Verhältnisse. Diese unterschiedlichen Größenverteilungen konnten auch bei einem Vergleich der Messungen am Sonnblick und in Kolm Saigurn beobachtet werden (Abbildung 3.4.2). Bei gleichzeitig durchgeführten Messungen konnte am Sonnblick die erste Verteilung beobachtet werden, während in Kolm Saigurn der Anteil an kleinen Eiskristallen vernachlässigbar gering ist. Dies zeigt anschaulich die Alterung des Niederschlags zwischen den beiden Meßplätzen (Kalina und Puxbaum 1994).



a: Verreifungsstufe 4 „graupelähnlich“



b: Verreifungsstufe 1 „leicht verreift“



c: Verreifungsstufe = „unverreift“

Abbildung 3.4.1:  
Photos von Eiskristallrepliken

Abbildung 3a-c : Photos der Eiskristallrepliken  
a: Verreifungsstufe 4 „graupelähnlich“, b: Verreifungsstufe 1 „leicht verreift“, c: Verreifungsstufe 0 „unverreift“

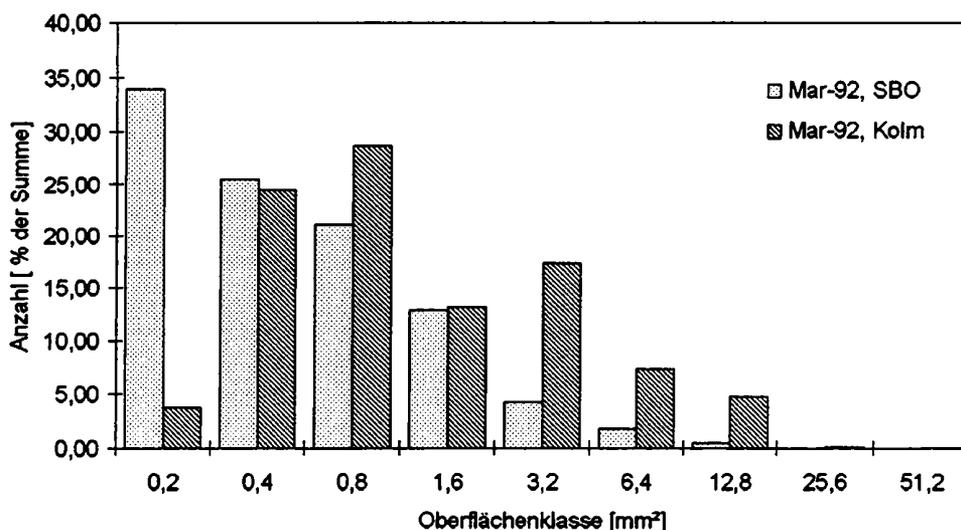


Abbildung 3.4.2: Vergleich der am Sonnblick-Observatorium (3106 m a.s.l.) und in Kolm-Saigurn (1600 m a.s.l.) bestimmten Größenverteilungen der Eiskristalle

Innerhalb der einzelnen Meßkampagnen wurden sehr unterschiedliche Verreifungsgrade bestimmt, was auf Inhomogenitäten in der Wolke hinweist. Die Werte schwankten zwischen 0.5 und 4.5. Dabei wurden zu Beginn eines Niederschlagsereignisses tendenziell höhere Werte bestimmt, die dann während des Ereignisses abnahmen. Die Mittelwerte über die einzelnen Kampagnen bzw. Ereignisse waren hingegen sehr ähnlich und lagen bei 2.0 (November 1991), 2.1 (Juni 1992) und 2.3 (Juni 1993). Diese gute Übereinstimmung zwischen Sommer und Winterwerten ist kein Gegensatz zu dem saisonalen Verlauf wie er von Davidson et al. (1989) für die Arktis bestimmt wurde, da am Sonnblick die Lufttemperaturen in jedem Fall mit der warmen Jahreszeit in der Arktis vergleichbar waren (Kalina und Puxbaum 1994).

Es konnte eine deutliche Abhängigkeit des Verreifungsgrades vom Flüssigwassergehalt der Wolke gezeigt werden (Kalina und Puxbaum 1994). Auch die Zusammensetzung der Niederschlagsproben zeigte eine deutliche Abhängigkeit vom Verreifungsgrad, was auf die grundlegende Bedeutung des Verreifungsprozesses für die Konzentration der Inhaltsstoffe nassen Deposition hinweist. Obwohl die Konzentrationswerte im Wolkenwasser gewisse Schwankungen aufwiesen (rsd 24 bis 47%), lagen die Korrelationskoeffizienten zwischen Verreifungsgrad und Nitrat-, Sulfat-, Ammoniumkonzentration und dem pH-Wert der Schneeproben zwischen 0.64 und 0.92 (Kalina und Puxbaum 1994).

In erster Näherung entsprechen die Verreifungsstufen 1 bis 3 einer Anlagerung von Wolkenwasser an den Eiskristall im Ausmaß von 10, 30 und 80% der ursprünglichen, reinen Eisphase. Bei höheren Verreifungsstufen ist aus den mikroskopischen Untersuchungen eine entsprechende Abschätzung nicht mehr möglich. Auf Basis dieser Annahme kann der aus den Einzelmessungen bestimmte Verreifungsgrad mit den im vorangegangenen Abschnitt dargestellten Verhältniszahlen zwischen der Konzentration im Wolkenwasser und in den Schneeproben verglichen werden. Diese Verhältniszahlen ergaben, daß im November die Anlagerung von 40% und im Juni die Anlagerung von 30% Wolkenwasser an den Eiskristall nötig sind um die Konzentrationsunterschiede zwischen Wolkenwasser und Niederschlag zu erklären. Dies entspricht mit zufriedenstellender Genauigkeit dem aus dem Verreifungsgrad (im Mittel über die einzelnen Kampagnen lag der Verreifungsgrad bei 2) bestimmten Wert von 30%.

### 3.5 Auswascheffizienz - Scavenging Efficiency

Die Scavenging Efficiency ( $\epsilon$ ) für Aerosolkomponenten berechnet sich aus der Konzentration der Komponente im Wolkenwasser und der Aerosolkonzentration vor der Bildung der Wolke. Da dieser Wert im Rahmen der beschriebenen Messungen nicht bestimmt werden konnte, wurde er mit der Summe aus interstitiellem Aerosol und der Konzentration im Wolkenwasser ersetzt (Brantner 1994).

$$\epsilon_i = C_{c,i} * LWC / C_{a,i} \quad (4)$$

$$C_{a,i} = C_{c,i} * LWC + C_{i,i} \quad (5)$$

$\epsilon_i$	Scavenging Efficiency für die Komponente i
$C_{c,i}$	Konzentration der Komponente i im Wolkenwasser
LWC	Flüssigwassergehalt der Wolke
$C_{a,i}$	Aerosolkonzentration der Komponente i vor der Bildung der Wolke
$C_{i,i}$	Konzentration des interstitiellen Aerosols der Komponente i

Da die Konzentration von Sulfat, Nitrat und Ammonium im Wolkenwasser sowohl das Ergebnis aus Gas- als auch aus Aerosolscavenging sein können, mußten konservative Tracer verwendet werden um auf den Anteil des Aerosolscavengings zurückzurechnen. Auf Basis von Impaktormessungen, die am Sonnblick durchgeführt wurden (Palezcek 1993) wurde Blei als Tracer für feine Aerosolpartikel (Sulfat und Ammonium) und Calcium als Tracer für gröbere Partikel (Nitrat) verwendet.

Die Scavenging Efficiency zeigte eine starke Abhängigkeit vom Flüssigwassergehalt der Wolke, wobei ein hoher Flüssigwassergehalt zu hohen Auswascheffizienzen führte. Ab einem Flüssigwassergehalt von  $0.2 \text{ g/m}^3$  bleiben die Scavenging Effizienzen weitestgehend konstant und streuen um 0.85 (Sulfat und Blei) und 0.9 (Calcium). Da der Flüssigwassergehalt im Sommer im Mittel höher war als im Winter waren auch die mittleren Scavenging Effizienzen im Sommer höher als im Winter. Allerdings stimmen die Werte mit geringem LWC im Sommer ausreichend gut mit den Winterwerten überein (Brantner 1994, Puxbaum et al. 1996).

### 3.6 Inhomogenitäten der Wolke

Mit einem PVM-100 wurde der Flüssigwassergehalt der Wolke mit hoher Zeitaufösung bestimmt. Im Verlauf eines einzelnen Ereignisses wurden starke Schwankungen dieser Größe festgestellt (Brantner et al. 1993). Bereiche mit hohem Flüssigwassergehalt wechseln mit wolkenfreien Luftpaketen ab. Da die Probenahme von Wolkenwasser aber Sammelzeiten von mehreren Minuten bis zu wenigen Stunden erfordert, muß über diese unterschiedlichen Bedingungen gemittelt werden (Abbildung 3.6.1). Dies kann bei der Bestimmung des Gleichgewichtes zwischen Gasphase und in der flüssigen Phase gelösten Komponenten zu großen Fehlern führen. So erscheinen bei Probenahmezeiten von 30 bis 180 Minuten die flüssigen Proben (Wolkenwasser) zu verdünnt. Die Abweichungen zu den theoretisch zu erwartenden Gleichgewichtsbedingungen betragen bis zu einem Faktor 20 (Winiwarter et al. 1992).

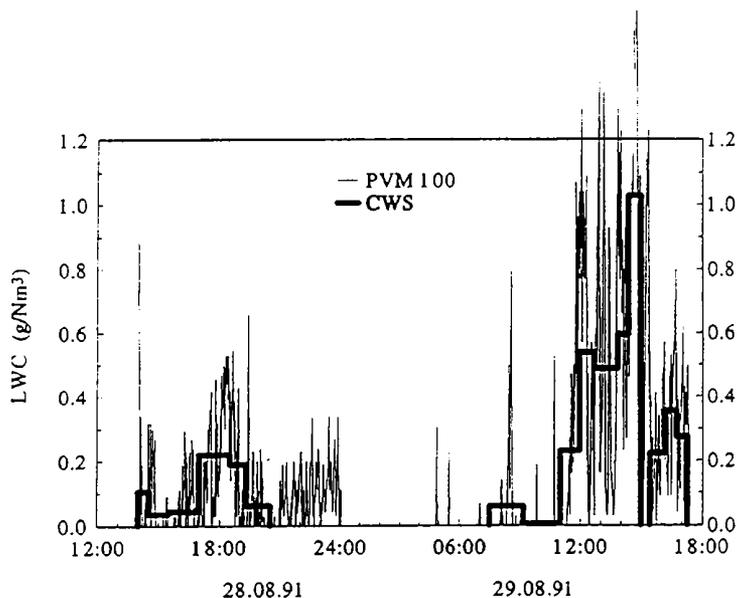


Abbildung 3.6.1:  
Vergleich der Bestimmung des Flüssigwassergehaltes der Woke aus der Messung mit dem Wolkenwassersammler (CWS) und einem PVM-100

### 3.7 Vergleich des Langzeitexperimentes und prozessorientierter Studien

Scavenging Ratios stellen Summenwerte über den gesamten, sehr komplexen Prozeß des Auswaschens partikulärer und gasförmiger Luftinhaltsstoffe aus der Atmosphäre dar. Im Rahmen der Messungen am Sonnblick konnten diese Summenparameter mit den prozessorientierten Studien verglichen werden. Der Vorgang wurde dafür in zwei Teilschritte zerlegt:

Langzeitexperiment:		$\omega$	
	Aerosol	$\Rightarrow$	Schnee
Feldmessungen:		$\epsilon$	Riming
	Aerosol	$\Rightarrow$	Wolkenwasser $\Rightarrow$ Schnee

Die Scavenging Efficiency ( $\epsilon$ ) erlaubt das Auswaschen des Aerosols in das Wolkenwasser zu quantifizieren, während der Verreifungsgrad (Riming) den Austrag des Wolkenwassers in den Niederschlag angibt. Die aus der Scavenging Efficiency und dem Verreifungsgrad berechnete Scavenging Ratio wird in der Folge mit  $\omega'$  angegeben.

Für diesen Vergleich mußte die Vereinfachung getroffen werden, daß die Konzentration der betrachteten Komponente in der reinen Eisphase vernachlässigbar gering ist. Dies kann nur für Sulfat angenommen werden.

Aus Tabelle 3.7.1 ist eine gute Übereinstimmung der im Langzeitexperiment und in den prozessorientierten Studien bestimmten Scavenging Ratios zu erkennen.

Tabelle 3.7.1: Vergleich der aus dem Langzeitexperiment und den Feldmessungen bestimmten Scavenging Ratios

	$\omega$	$\omega'$	$\epsilon$	b	LWC
November 1991	$2,8 \cdot 10^6$	$2,3 \cdot 10^6$	0,31	0,35	0,047
Juni 1992	$1,1 \cdot 10^6$	$0,5 \cdot 10^6$	0,66	0,25	0,351
Mai / Juni 1993	$0,5 \cdot 10^6$	$0,8 \cdot 10^6$	0,5	0,5	0,297

$\omega$ ,  $\omega'$ : Scavenging Ratios,  $\epsilon$ : Scavenging Efficiency, b: Mischungsverhältnis zwischen Wolkenwasser und Eisphase, LWC: Flüssigwassergehalt der Wolke

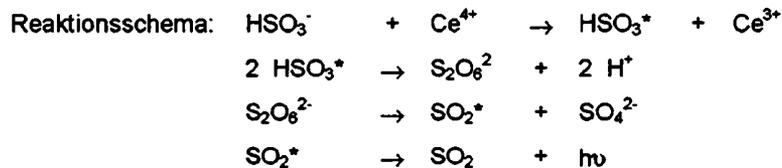
## 4. Weiterführende Messungen

Zur Zeit werden die im Rahmen von ALPTRAC begonnenen luftchemische Messungen am Sonnblick Observatorium weitergeführt. Dabei werden zwei Schwerpunkte gesetzt. Einerseits werden neue Methoden eingesetzt, die eine Messung mit höherer Zeitauflösung ermöglichen, weiters wird das Meßprogramm auf die Erfassung organischer Komponenten ausgeweitet.

### 4.1 Schwefeldioxidmessungen mit hoher Zeitauflösung

Die bislang bei den luftchemischen Messungen eingesetzten Meßmethoden haben eine zeitliche Auflösung von 12 bis 24 Stunden. Diese Methoden sind für das Erfassen langfristiger Trends gut geeignet. Kurzfristige Konzentrationsänderungen sind nur mit kontinuierlich arbeitenden Monitoren bestimmbar.

In den Monaten Juni und Juli 1995 kam erstmals ein  $\text{SO}_2$ -Monitor am Sonnblick zum Einsatz. Das Gerät (UD 8802, Fa. Umwelt Data) arbeitet nach dem Prinzip der „continuous-flow“-Analyse. Das im Meßgas enthaltene Schwefeldioxid wird als S(IV) in eine Trägerlösung ausgewaschen. Der Nachweis beruht auf einer Chemolumineszenzreaktion die bei der Reaktion von Schwefel der Oxidationsstufe +IV mit geeigneten Oxidationsmitteln wie zum Beispiel  $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$  auftritt.



Obwohl diese Methode mit einer Nachweisgrenze von  $0.1 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$  zu den nachweisstärksten Meßmethoden zählt, lagen in Verlauf des Testeinsatzes nur 40% der Meßwerte über der Nachweisgrenze. An diesen Meßtagen wird jedoch deutlich, welche großen Schwankungen die Schwefeldioxidkonzentration zeitweise unterliegt (Abbildung 4.1.1).

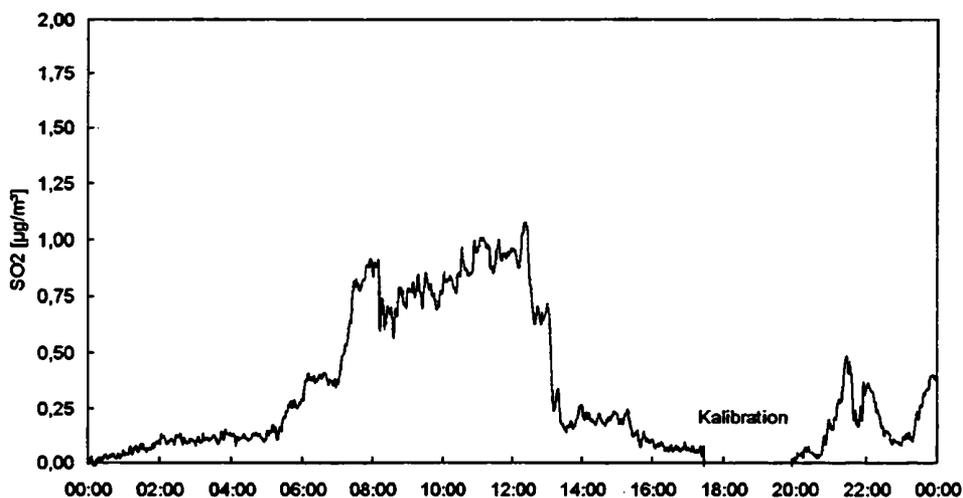


Abbildung 4.1.1: Tagesgang der Schwefeloxidkonzentration am Sonnblick vom 24. Juni 1995

Aufgrund des erfolgreichen Testeinsatzes wurden die kontinuierlichen SO<sub>2</sub>-Messungen am Sonnblick Observatoriums fortgesetzt.

In Tabelle 4.1.1 sind die bislang verfügbaren SO<sub>2</sub>-Daten als Monatsmittelwerte den Monatsmittelwerten der Filtermessungen der Jahre 1992 und 1993 und der Meßkampagne im September 1995 gegenübergestellt. Die Daten stimmen gut überein, was die Vergleichbarkeit der beiden Meßmethoden bestätigt.

Tabelle 4.1.1: Monatsmittelwerte Schwefeldioxid in µg/m<sup>3</sup>

	Filter				
	Filter 1992	Filter 1993	Mittelwert 1992-1993	Filter 1995	Monitor 1995
Juni	0,51	0,13	0,32	—	<0,10
Juli	0,26	0,06	0,19	—	0,13
September	0,26	0,13	0,19	0,11	<0,10
Oktober	0,26	0,06	0,13	—	0,18
November	0,13	0,32	0,23	—	0,25

### **Danksagung**

*Besten Dank an Monika Brunda, Michaela Gaberscik, Heinrich Giebl, Bostjan Gomiscek, Christina Gröllert, Sandra Haudek, Robert Knienider, Andreas Kovar, Sabine Krenn, Sabina Marischka, Rupert Schindler, Jutta Schmidbauer und Patricia Schubert, die in den vergangenen Jahren bei Feldmessungen und im Labor mitgearbeitet haben.*

*Unser besonderer Dank gilt auch Friedl Wallner, Hans Lindler, Lug Rasser und Toni Lackner, den Wetterbeobachtern am Sonnblick sowie Toni Wallner in Kolm Saigurn. Ihre kontinuierliche Arbeit am Observatorium und die tatkräftige Unterstützung während der Meßkampagnen stellen eine wesentliche Voraussetzung für den Umfang und die Qualität der Messungen dar.*

*Sowohl die praktischen Arbeiten an einer Meßstelle wie dem Sonnblick Observatorium als auch die Auswertung und Interpretation der Meßergebnisse erfordern die Kooperation mit einer Reihe von Institutionen. Wir danken den Mitarbeitern des Forschungszentrums Seibersdorf, des Instituts für Experimentalphysik der Universität Wien, des Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien, des Referats für Immissionsschutz des Amtes der Salzburger Landesregierung, des Umweltbundesamtes, der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik für die Zusammenarbeit. Unser besonderer Dank geht dabei an den Sonnblickverein für die Möglichkeit die Materialseilbahn und die am Observatorium befindliche Grundausstattung zu benutzen.*

*Die beschriebenen Arbeiten wurden vom österreichischen Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung unterstützt (FWF-Projekt P7806-Geo, FWF-Projekt P 10328-Che).*

### Literatur

- BALTENSPERGER U., SCHWIKOWSKI M., GÄGGELER H.W., JOST D.T., BEER J., SIEGENTHALER U., WAGENBACH D., HOFMANN H.J., SYNAL H.A.: Atmos. Environ. 27 (1993) 1881-1890
- BORYS R.D., HINDMAN E.E., DEMOTT P.J. (1988): The chemical fractionation of atmospheric aerosol as a result of snow crystal formation and growth, J. Atmos. Chem. 7, 213-239.
- BRANTNER B. (1994): Multiphase Chemistry in the Subcooled Droplet Regime at Mount Sonnblick (3106 m a.s.l., Salzburg, Austria), Dissertation an der Technischen Universität Wien
- BRANTNER B., FIERLINGER H., KALINA M., KASPER A., PALECZEK S., PUXBAUM H. and WINIWARTER W. (1992): Phase distribution of sulfur and nitrogen compounds in frontal cloud systems at the Sonnblick Observatory. Proceed. EUROTRAC Symposium '92, ed. by P.M. Borell, P. Borell, T. Cvitas and W. Seiler, SPB Academic Publ., The Hague, 543-546
- BRANTNER B., FIERLINGER H., BERNER A., PUXBAUM H. (1994): Cloudwater chemistry in the subcooled droplet regime at Mount Sonnblick (Austrian Alps), Water, Air and Soil Pollution 74, 363-384.
- DAVIDSON C.I., SANTHANAM S., FORTMANN R.C., OLSON M.P. (1985): Atmospheric transport and deposition of trace elements onto the Greenland Ice Sheet. Atmos. Environ. 19, 2065-2081
- FUZZI S. (1986): Radiation Fog Chemistry and Microphysics. in Chemistry of Multiphase Atmospheric Systems, NATO ASI Series, Vol. C252, Kluwer, Dordrecht, pp. 231-257
- GALASYN J.F., TSCHUDY K.L. and HUEBERT B.J. (1987): Seasonal and diurnal variability of nitric acid vapor and ionic aerosol species in the remote free troposphere at Mauna Loa, Hawaii. J. Geophys. Res. 92, 3105-3113
- GÄGGELER H.W., SCHWIKOWSKI M., BALTENSPERGER U. AND JOST D.T. (1995): Eurotrac Final Report, in press
- GOMISCEK B. (1993): Atmospheric behaviour of ozone in alpine valleys. Ph.D. Thesis, Institute of Analytical Chemistry, Vienna University of Technology
- GRASSERBAUER M., PALECZEK S., RENDL J., KASPER A. und PUXBAUM H. (1994): Inorganic Constituents in Aerosol, Cloud Water and Precipitation Collected at the High Alpine Measurement Station Sonnblick: Sampling, Analysis and Exemplary Results. Fresenius J. Anal. Chem. 350, 431-439
- GREGORI M. (1992): Höhenabhängigkeit der trockenen Deposition von Stickstoff- und Schwefelverbindungen sowie Ozon in einem Alpental. Dissertation, Institut für Analytische Chemie, Technische Universität Wien
- HEGG D.A. and HOBBS P.V. (1982): Measurements of Sulfate Production in Natural Clouds. Atmos. Environ. 16, 2663-2668
- HEGG D.A., HOBBS P.V. and RADKE L.F. (1984): Measurements of the Scavenging of Sulfate and Nitrate in Clouds. J. Atmos. Chem. 18, 1939-1984
- HEGG D.A. and HOBBS P.V. (1986): Sulfate and Nitrate Chemistry in Cumuliform Clouds. J. Atmos. Chem. 20, 901-909
- HUEBERT B.J. and LAZRUS A.L. (1980): Bulk composition of aerosols in the remote troposphere. J. Geophys. Res. 85, 7337-7344
- ISAAC G.A., DAUM P.H. (1987) A winter study of air, cloud and precipitation chemistry, Atmos. Environ. 21, 1587-1600.
- JACOB D.J., MUNGER J.W., WALDMAN J.M. and HOFFMANN M.R. (1986): The H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-HNO<sub>3</sub>-NH<sub>3</sub> system at high humidities and in fogs. Spatial and temporal patterns in the San Joaquin Valley of California. J. Geophys. Res. 91, 1073-1088

- KALINA M.F. und PUXBAUM H. (1994): A Study of the Influence of Riming of Ice Crystals on Snow Chemistry during Different Seasons in Precipitating Continental Clouds, *Atmospheric Environment* 28, 3311-3328
- KALINA M. (1992): Untersuchung des Verreifungsgrades von Eiskristallen in Wolken, Diplomarbeit an der Technischen Universität Wien
- KASPER A. (1994): Saisonale Trends atmosphärischer Spurenstoffe sowie deren Auswaschverhalten an der Hintergrundmeßstelle Hoher Sonnblick, Dissertation an der Technischen Universität Wien
- KASPER A. und PUXBAUM H. (1994): Determination of SO<sub>2</sub>, HNO<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub> and Aerosol Components at a High Alpine Background Site with a Filter Pack Method, *Analytica Chimica Acta* 291, 297-304
- KASPER A. and PUXBAUM H. (1996): Seasonal variation of SO<sub>2</sub>, HNO<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub> and selected aerosol components at Sonnblick (3106 m a.s.l.), submitted to *Atmos. Environ.*
- KASPER A., PUXBAUM H., BRANTNER B. and PALECZEK S. (1996): Determination of the scavenging efficiency of lead, sulfate and SO<sub>2</sub> in supercooled continental clouds at the 3 km level., in preparation
- KRUISZ C., BERNER A. and BRANTNER B. (1993): A Cloud Water Sampler for High Wind Speeds, *Proceed. EUROTRAC Symposium '92*, ed. by P.M. Borell, P. Borell, T. Cvitas and W. Seiler, SPB Academic Publ., The Hague, 523-525
- MITCHELL D.L., LAMB D. (1989): Influence of riming on the chemical composition of snow in winter orographic storms, *J. Geophys. Res.* 94, 14831-14840.
- MOSIMANN L., STEINER M., COLLETT J.L., HENRICH W., SCHMID W. and WALDVOGEL A. (1993): Ice crystal observations and the degree of riming in winter precipitation. *Water Air Soil Pollut.* 68, 29-42
- NORTON R.B., CARROLL M.A., MONTZKA D.D., HÜBLER G. HUEBERT B.J., LEE G., WARREN W.W., RIDLEY B.A. and WALEGA J.G. (1992): Measurements of nitric acid and aerosol nitrate at the Mauna Loa Observatory during the Mauna Loa Observatory Photochemistry Experiment 1988. *J. Geophys. Res.* 97, 10415
- PALECZEK S. (1993): Analytische Charakterisierung von Aerosol-, Wolkenwasser- und Niederschlagsproben an der hochalpinen Hintergrundmeßstelle Sonnblick (3106 m), Dissertation an der Technischen Universität Wien
- PSENNER R. und NICKUS U. (1986): Snow Chemistry of a Glacier in the Central Eastern Alps (Hintereisferner, Tyrol, Austria). *Zeitschr. Gletscherkunde und Glazialgeol.* 22, 1-18
- PUXBAUM H. (1991): ALPTRAC - The High Alpine Aerosol and Snow Chemistry Study, *Proceed. EUROTRAC Symposium '90*, ed. by P. Borell, P.M. Borell and W. Seiler, SPB Academic Publ., The Hague, 53-54
- PUXBAUM H., KOVAR A., KALINA M. (1991): Chemical composition and fluxes of wet deposition at elevated sites (700-3105 m a.s.l.) in the Eastern Alps (Austria), *NATO ASI Series, Vol.G28, Seasonal Snowpacks*, ed. by T.D.Davies et al., Verlag Springer Berlin Heidelberg, pp. 273-297.
- PUXBAUM H., HAUMER G., MOSER K. and ELLINGER R. (1993): Seasonal variation of HNO<sub>3</sub>, HCl, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> and particulate matter at a rural site in northeastern Austria (Wolkersdorf, 240 m a.s.l.) *Atmos. Environ.* 27A, 2445-2447
- PUXBAUM H. und WAGENBACH D. (1994): High Alpine Precipitation Chemistry, *Proceed. EUROTRAC Symposium '94*, ed. by P.M. Borell, P. Borell, T. Cvitas and W. Seiler, SPB Academic Publ., The Hague, 597-605
- SANDNES H. (1993): Calculated budgets for airborne acidifying components in Europe, 1985, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, and 1992, *EMEP Report 1/93, MSC-W, Norway.*
- SCHÄFER V.J. (1956): The preparation of snow crystal replicas - VI. *Weatherwise* 9, 132-135

- SCOTT B.C. (1981): Sulfate Washout Ratios in Winter Storms. *J.App.Met.* 20, 619-625
- SLINN W.G.N. (1984): Precipitation Scavenging. in *Atmospheric Sciences and Power Production*. ed: D.Randerson, Technical Information Center U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tennessee
- TALBOT R.W., VIJGEN A.S. and HARRISS R.C. (1992): Soluble species in the Arctic Summer Troposphere: Acidic Gases, Aerosols and Precipitation. *J.Geophys.Res.* 97, 16531-16543
- TEN BRINK H.M., SCHWARTZ S.E. and DAUM P.H. (1987): Efficient Scavenging of Aerosol Sulfate by Liquid-Water Clouds. *Atmos.Environ.* 21, 2035-2052
- WAGENBACH D. (1989): Environmental records in alpineglaciers. In: Oeschger H., Langway C.C. (Eds.) *The environmental records in glaciers and ice sheets*. Wiley-Interscience (Dahlem Workshop Reports)
- WAGENBACH D., MÜNNICH K.O., SCHOTTERER U., OESCHGER H. (1988): The anthropogenic impact on snow chemistry at Colle Gnifetti, Swiss Alps. *Ann. Glaciol.* 10, 183-187.
- WINIWARTER W., BRANTNER B. and PUXBAUM H. (1992): Comment on: Should Bulk Cloudwater Samples Obey Henry's Law? *J. Geophys. Res.* 97, 6075-6078
- WINKLER P., JOBST S. and HARDER C. (1989): 'Meteorologische Prüfung und Beurteilung von Sammelgeräten für die nasse Deposition', BPT-Bericht 1/89, GSF München, Deutschland

**Anschrift der Verfasser:**

c/o Institut für Analytische Chemie der TU-Wien  
Getreidemarkt 9/151  
A-1060 Wien

# MASSENHAUSHALT WURTENKEES FÜR DAS HAUSHALTSJAHR 1993/94

Wolfgang Schmittner

## 1. Zusammenfassung

Diese Arbeit beschreibt die Meßergebnisse der Massenhaushaltsuntersuchung des Haushaltsjahres 1993/94 auf dem Schareckteil des Wurtenkees im Sonnblickgebiet. Auch in diesem Jahr setzte sich der Trend des vorigen Jahrzehnts und der 90er Jahre fort, die Jahresbilanz war negativ. Der durchschnittlich hohen Winterbilanz von  $142,2 \text{ g/cm}^2$  stand eine sehr negative Sommerbilanz von  $-303,9 \text{ g/cm}^2$  gegenüber. Dies führt zu einer negativen Jahresbilanz von  $-161,7 \text{ g/cm}^2$ . Das ist die negativste spezifische Jahresbilanz der Periode 1982-1994 überhaupt.

Der Massenbilanzverlust betrug in diesem Jahr 1,771 Mio.t.

Dieses absolute Bilanzvolumen darf aber nur mit den Werten der Periode 1990 bis 1993 verglichen werden, da des Wurtenkees 1991 neu vermessen wurde und daher die Gletscherflächen nicht mehr gleich sind. Somit weist das Wurtenkees in den nunmehr zwölf untersuchten Haushaltsjahren auch weiterhin nur ein positives Haushaltsjahr (1983/84) auf.

## 2. Einleitung

Dieser Bericht beschreibt die Messungen und Ergebnisse des Massenhaushaltes des Wurtenkees für das Haushaltsjahr 1993/94 mittels der direkten glaziologischen Methode. Die Messungen werden jährlich seit dem Haushaltsjahr 1982/83 durchgeführt. Seither weist das Wurtenkees auf Grund seiner ungünstigen Exposition fast jedes Jahr einen sehr großen relativen Massenverlust auf und kann daher mangels genügender Nettoakkumulation als "sterbender" Gletscher bezeichnet werden. Seit dem Haushaltsjahr 1986/87 besteht der Schareckteil des Wurtenkees aus zwei völlig getrennten Gletscherteilen, die jeweils eine eigene Dynamik mit eigenem Akkumulations- und Ablationsgebiet besitzen. Nun zeichnet sich auch noch eine Teilung des oberen Gletscherteiles ab, wobei der untere dieser beiden Teile ein fast reines Ablationsgebiet wäre.

Alle Massenhaushaltsuntersuchungen auf dem Wurtenkees von 1982/83 bis 1987/88 sind in der Zeitschrift "Wetter und Leben", seit 1988/89 im "Jahresbericht des Sonnblickvereines" veröffentlicht worden.

## 3. Witterungsverlauf 1993/94

Für die Beschreibung des Witterungsverlaufes auf dem Wurtenkees werden wieder die beiden meteorologischen Stationen Sonnblick (3106 m, für die hochgelegenen Gletscherteile) und Villacher Alpe (2139 m, etwa 70 km entfernt, mit Einschränkungen für den Zungenbereich).

Tabelle 3.1 zeigt die monatlichen Abweichungen einiger Meßgrößen des Haushaltsjahres 1993/94 von den 30jährigen Mitteln 1961 bis 1990.

Tabelle 3.1: Witterungsverlauf im Haushaltsjahr 1993/94 (Abweichungen von 1961-1990)

## Sonnblick

	Glaziologischer Winter								
	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mar	Apr	Winter	
Lufttemperatur	0,2	-0,9	0,4	1,2	-0,2	3,9	-0,5	0,6	°C
Zahl der Frosttage	3	0	0	0	0	0	0	3	Tage
Zahl der Eistage	11	2	-2	0	0	-1	0	11	Tage
Sonnenscheindauer	-39	-8	-17	-2	-2	13	-22	-12	%
Niederschlag	60	-48	39	39	-39	-6	35	11	%
Niederschlagstage $\geq 0,1$ mm	6	1	5	1	-1	4	6	23	Tage
Schneefalltage	6	1	6	1	-1	3	6	22	Tage

	Glaziologischer Sommer							
	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Sommer		
Lufttemperatur	0,7	1,0	2,9	2,4	0,6	1,5	°C	
Zahl der Frosttage	1	-5	-13	-7	-6	-30	Tage	
Zahl der Eistage	-3	0	-4	-3	-2	-13	Tage	
Sonnenscheindauer	15	25	24	42	-23	17	%	
Niederschlag	5	-6	-22	3	9	-3	%	
Niederschlagstage $\geq 0,1$ mm	2	-4	-4	1	1	-3	Tage	
Schneefalltage	1	-5	-6	-6	-2	-18	Tage	

## Villacher Alpe

	Glaziologischer Winter								
	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mar	Apr	Winter	
Lufttemperatur	-0,4	-2,3	0,8	2,0	-0,6	4,8	-0,3	0,6	°C
Zahl der Frosttage	0	1	1	1	0	-7	-1	-6	Tage
Zahl der Eistage	-2	5	0	-3	0	-16	1	-15	Tage
Sonnenscheindauer	-44	-40	-7	1	-17	23	-3	-13	%
Niederschlag	233	-69	54	48	-77	-73	18	11	%
Niederschlagstage $\geq 0,1$ mm	8	8	0	1	-1	-8	4	12	Tage
Schneefalltage	-3	3	-1	1	-2	-9	3	-7	Tage

	Glaziologischer Sommer							
	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Sommer		
Lufttemperatur	1,2	1,4	2,7	2,7	0,5	1,7	°C	
Zahl der Frosttage	-7	0	-2	-1	-2	-11	Tage	
Zahl der Eistage	-3	0	0	0	0	-3	Tage	
Sonnenscheindauer	10	18	21	20	-28	9	%	
Niederschlag	-20	-39	-31	61	70	6	%	
Niederschlagstage $\geq 0,1$ mm	0	-3	-1	4	-1	0	Tage	
Schneefalltage	-2	1	0	0	0	-1	Tage	



## SOMMER

Im Sommer (Mai bis September) waren alle Monate wärmer als im 30jährigen Mittel, wobei Juli und August die höchsten positiven Abweichungen zeigten. Die Sonnenscheindauer war deutlich übernormal, die Niederschlagsmenge durchschnittlich. Insgesamt war die Ablationssaison 1994 sehr abträglich für den Gletscher und führte bereits im Verlauf des Monat August zu einem völligen Ausapern der Eisoberfläche. Auffällig war im August die Kombination von hohen Temperaturen mit übernormalem Niederschlag, der hauptsächlich in flüssiger Form fiel und somit ebenfalls zur Ablation beitrug. Bei den für Gletscher so wichtigen, albedoerhöhenden sommerlichen Schneefalltagen bestand 1994 auf dem Sonnblick ein Defizit von 18 Tagen gegenüber dem Mittel 1961-1990.

### 4. Die Messungen vom 3. und 4.5.1994 - Winterbilanz

Die Feldmessungen für die Winterbilanz 1993/94 konnten wieder Anfang Mai durchgeführt werden. An 15 Schneeprofilen wurden die Dichte und der Schneetemperaturenverlauf gemessen und teilweise auch die Stratigraphie der Schneedecke bestimmt (Tabelle 4.1 und 4.2). Die Lage und Seehöhe der Profilstandpunkte wurde von der KELAG geodätisch eingemessen bzw. mit Bussole und Kompaß bestimmt und ist aus der Karte der Winterbilanz zu ersehen. Zusätzlich zu den Messungen in den Schneeschächten wurde der Gletscher mit einem dichtem Schneetiefensondierungsnetz (jeweils 34 Sondierungspunkte am oberen und unteren Gletscherteil) abgedeckt, um die graphische Interpolation der Isolinen der spezifischen Winterbilanz zu verbessern. Die Schneetiefenwerte und interpolierten Bilanzwerte der Sondierung sind in Tabelle 4.3 dargestellt.

Tabelle 4.1: Östliches Wurtenkees; Winterbilanzmessungen 3. und 4.5.1994 ; Schneeschächte

Profil	Koordinaten (M31)			h (cm)	bw (g/cm <sup>2</sup> )	Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	Vorjahres- horizont
	x	y	z				
PE 3	210842.00	-25101.00	2567	316	143	0.45	EIS
PE 5	210983.60	-24088.03	2626	310	144	0.47	EIS
PE 7	211186.70	-24851.27	2647	340	154	0.45	EIS
PE 9	210953.00	-25074.00	2592	240	105	0.44	EIS
PE 11	210985.18	-24559.94	2680	520	233	0.45	EIS
PE 13	210822.98	-24550.33	2687	432	187	0.43	EIS
PE 15	210502.08	-24430.14	2737	330	140	0.42	EIS
PE 17	210463.00	-24227.00	2806	320	132	0.41	EIS
PE 19	210671.19	-24191.70	2833	334	140	0.42	EIS
PE 21	210781.00	-24044.00	2896	330	134	0.41	EIS
PE 23	210863.73	-23978.38	2932	285	118	0.41	EIS
PE 25	210946.09	-23873.99	2986	270	108	0.40	EIS
PE 27	211016.68	-23803.24	3019	362	146	0.40	EIS
GIHA	211175.00	-23811.00	3059	300	118	0.39	EIS

Tabelle 4.2: Östliches Wurtenkees; Winterbilanzmessungen 3. und 4.5.1994; Schneetemperaturen

Pegel	Höhe (m)	Schneetiefe in cm												Mittel 50-300	
		10	20	30	40	50	100	150	200	250	300	350	400		
PE 3	2567	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			0,0
PE 5	2626	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,4	-1,6	-1,6				-0,6
PE 7	2647	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,6	-1,4	-1,6	-1,5	-1,7			-0,9
PE 9	2592	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,7	-0,7					-0,3
PE 11	2680	-1,6		-1,6		-1,0	-2,6	-3,6	-5,2	-3,8	-5,7	-6,0	-1,6		-3,7
PE 13	2687	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-1,5	-1,7	-2,2	-2,2	-1,4	-1,4		-1,3
PE 15	2737	-0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,6	-2,6	-2,8	-2,8				-1,5
PE 17	2806	-1,1	-1,8	0,0	-2,4	-3,0	-2,4	-5,0	-5,6	-3,6	-5,6				-4,2
PE 19	2833	-1,8	-0,2	0,0	0,0	0,0	-1,7	-2,6	-2,7	-3,0	-3,0				-2,2
PE 21	2896	-6,3	-3,0	-2,3	-0,2	-1,7	-2,6	-1,8	-1,9	-4,1	-2,5	-3,2			-2,4
PE 23	2932	-0,1	0,0	0,0	-0,1	-0,1	-1,0	-2,0	-2,9	-3,3	-3,8				-2,2
PE 25	2986	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,6	-2,1	-2,8	-3,6					-1,9
PE 27	3019	-2,1	-0,6	-0,1	-0,1	-0,1	-1,1	-2,6	-1,0	-4,1	-3,7	-3,5			-2,1
GIHA	3059	-1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,8	-2,4	-3,3	-3,2	-2,9				-2,1

**Tabelle 4.3: Östliches Wurtenkees; Winterbilanzmessungen 3. und 4.5.1994; Schneetiefensondierung**

**Unterer Teil - Wurtenkees**

Punkt	Tiefe (cm)	Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	bw (g/cm <sup>2</sup> )	Punkt	Tiefe (cm)	Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	bw (g/cm <sup>2</sup> )
1	400	0,45	180	18	355	0,45	161
2	395	0,45	178	19	380	0,45	171
3	295	0,45	133	20	385	0,45	172
4	300	0,45	136	21	330	0,44	146
5	280	0,45	126	22	360	0,43	158
6	275	0,44	121	23	340	0,43	148
7	240	0,44	106	24	340	0,45	151
8	270	0,45	120	25	390	0,45	174
9	300	0,45	135	26	350	0,45	156
10	310	0,46	141	27	370	0,45	165
11	315	0,46	145	28	610	0,45	272
12	340	0,47	158	29	430	0,45	191
13	320	0,46	146	30	455	0,45	198
14	325	0,45	145	31	530	0,45	236
15	330	0,45	149	32	420	0,45	187
16	350	0,45	158	33	460	0,45	205
17	355	0,45	161	34	520	0,45	231

**Oberer Teil - Wurtenkees**

Punkt	Tiefe (cm)	Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	bw (g/cm <sup>2</sup> )	Punkt	Tiefe (cm)	Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	bw (g/cm <sup>2</sup> )
1	300	0,39	118	18	305	0,41	124
2	390	0,40	154	19	320	0,41	131
3	430	0,40	170	20	350	0,41	144
4	360	0,40	143	21	315	0,41	130
5	280	0,40	111	22	295	0,41	122
6	260	0,41	105	23	350	0,41	144
7	390	0,41	158	24	445	0,42	186
8	360	0,41	146	25	305	0,42	128
9	240	0,41	97	26	285	0,42	119
10	310	0,41	126	27	310	0,42	129
11	370	0,41	152	28	335	0,42	140
12	270	0,41	110	29	325	0,42	136
13	420	0,40	169	30	325	0,42	136
14	315	0,41	128	31	320	0,42	133
15	170	0,41	69	32	320	0,42	133
16	330	0,41	135	33	255	0,42	107
17	310	0,41	127	34	290	0,42	123

Die Abhängigkeit der Schneetemperatur (gemittelt über den Bereich 50 bis 300 cm) von der Seehöhe wurde mittels einer linearen Regression untersucht. Abbildung 4.4 zeigt, dass in diesem Jahr im unteren Gletscherteil schon teilweise eine vollständige Durchwärmung der Schneedecke stattgefunden hat. Dies ist hauptsächlich auf die stark übernormalen Märztemperaturen zurückzuführen und verursachte auch eine übernormale Schneedichte der Winterschneedecke.

Es konnte auch in diesem Jahr eine Abhängigkeit der Schneedichte von der Seehöhe beobachtet werden (Abbildung 4.4).

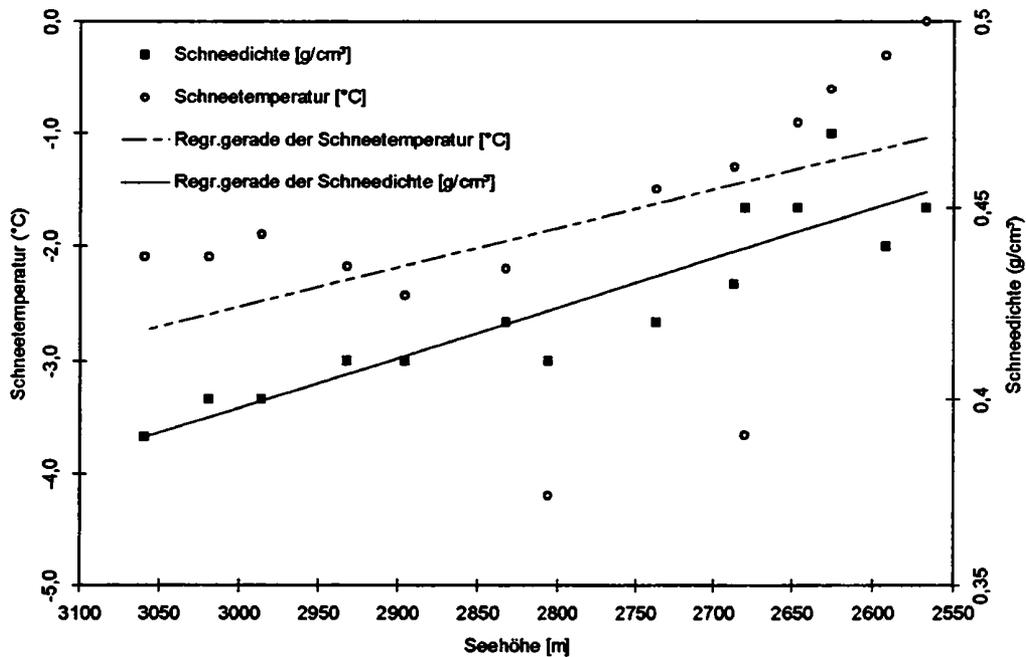


Abbildung 4.4: Mittlere Schneetemperaturen und Schneedichte in Abhängigkeit von der Seehöhe

Im Rahmen des ALPTRAC/SNOSP-Projektes wurden auch dieses Jahr wieder Schnee-proben für eine chemische Analyse genommen und an das Institut für Analytische Chemie der Technischen Universität Wien übergeben.

## 5. Die Messungen im Sommer und Herbst 1994

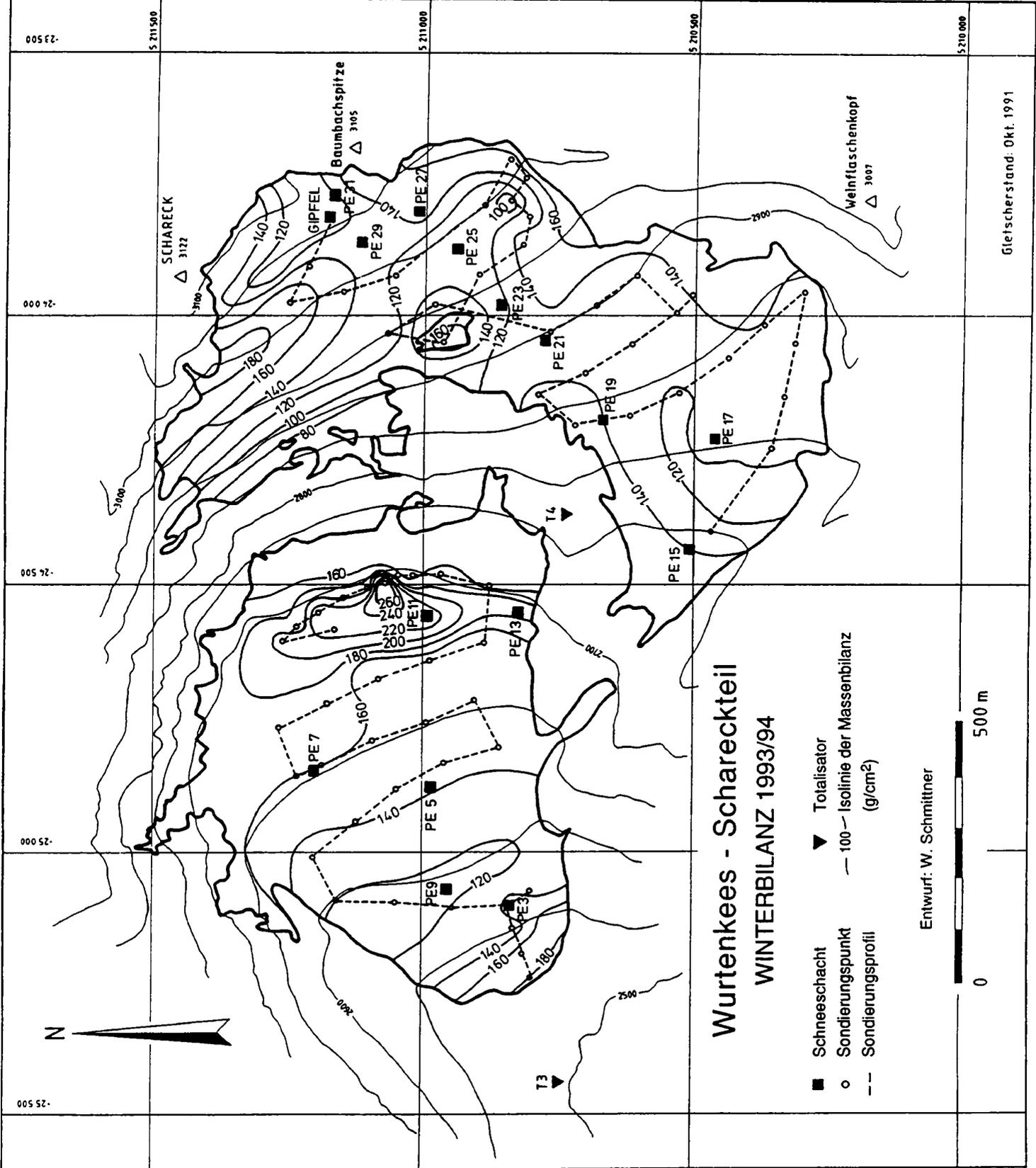
Das Ablationspegelnetz wurde am 2.11.1994 vom Vermessungsdienst der KELAG geodätisch eingemessen.

Die Ablationspegel wurden am 5.7., 5.8., 30.8., 26.9. und 11.10.1994 abgelesen. Die Lage der Pegel, sowie die Abschmelzbeträge bzw. spezifische Massenbilanz für das Haushaltsjahr 1993/94 sind in Tabelle 5.1 zusammengefaßt.

Tabelle 5.1: Östliches Wurtenkees; Ablationspegel 1993/94

Ablations-pegel	Koordinaten (M31)			Pegelstand (Segment/cm)						Abschmel-zung (cm)	Spez. Massen-bilanz (g/cm <sup>2</sup> )	Pegel-stand 1.10.93 Segment/cm
	x	y	z	1.10.93	5.7.94	5.8.	30.8.	26.9.	11.10.			
C22	211186	-24853	2646	2/130		2/160	1/90	1/140	1/160	216	-194,0	2/175
K3	210823	-25104	2556	2/10		2/80	1/5	1/80	1/105	278	-250,0	2/120
L1	210885	-25150	2550		2/0	2/150	1/90	1/135	1/150	340	-306,0	2/160
L2	210923	-25153	2554		3/170	2/105	1/45	1/115	1/135	352	-317,0	2/50
L3	210962	-25102	2576		2/0	2/150	1/90	1/160	1/190	376	-338,0	2/25
L4	210891	-25093	2569		3/80	2/60	1/0	1/80	1/110	410	-369,0	3/190
L5	210983	-24881	2623		3/175	2/60	2/160	1/20	1/35	250	-225,0	2/150
L6	210835	-25083	2564		3/-10	3/140	2/60	2/125	2/150	344	-310,0	2/55
L13	210823	-24551	2686		3/175	2/10	2/90	2/130	2/130	156	-140,0	1/45
L15	210502	-24430	2735		3/30	3/135	2/35	2/85	2/100	260	-34,0	2/140
J19	210704	-24166	2844	2/50		2/95	1/0	1/40	1/55	195	-176,0	1/5
J25	210907	-23901	2934	2/50		3/110	3/195	1/30	1/50	185	-167,0	1/15

Vermessungsdatum : 2.11.1994



# Wurtenkees - Schareckteil

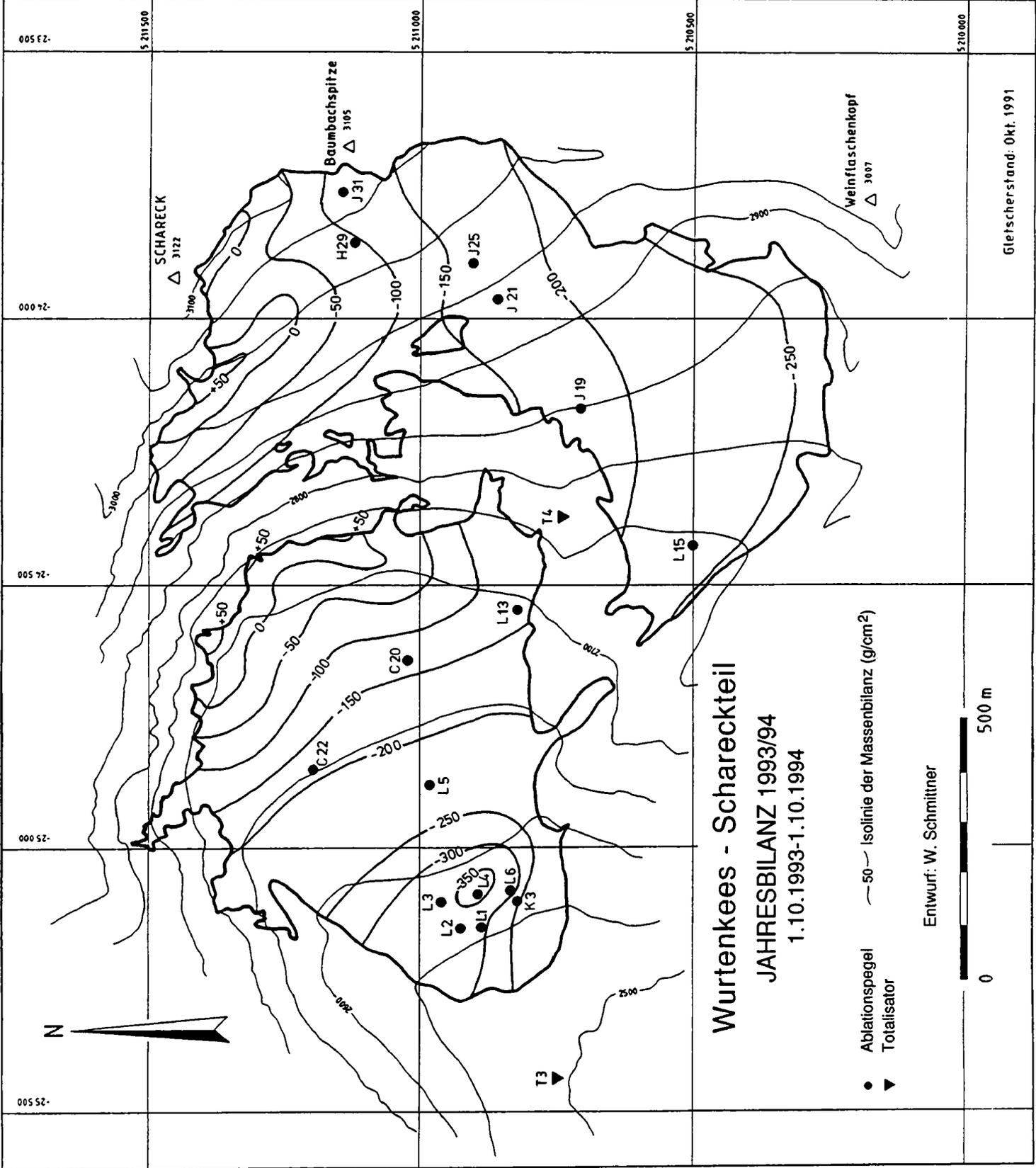
## WINTERBILANZ 1993/94

- Schneeschacht
- Sondierpunkt
- Sondierprofil
- ▼ Totalisator
- Isolinie der Massenbilanz (g/cm<sup>2</sup>)

Entwurf: W. Schmittner



Gletscherstand: Okt. 1991



**Wurtenkees - Schareckteil**

**JAHRESBILANZ 1993/94**  
**1.10.1993-1.10.1994**

- Ablationspegel
- ▼ Totalisator
- 50— Isolinie der Massenbilanz (g/cm<sup>2</sup>)

Entwurf: W. Schmittner



Gletscherstand: Okt. 1991

## 6. Auswertung der Bilanzkarten und Ergebnisse für das Haushaltsjahr 1993/94

Die Karten der Jahresbilanz und der Winterbilanz wurden mit einem Planimeter in 50m Höhenstufen ausgemessen und die Flächen der einzelnen Teilzonen bestimmt. Durch die Neuvermessung der Gletscherfläche im Oktober 1991 können die Werte der absoluten Massenbilanzen recht genau bestimmt werden. Mit einer spezifischen Jahresbilanz von  $-161,7\text{g/cm}^2$  war dieses Haushaltsjahr das negativste in der nunmehr 12jährigen intensiven Beobachtungsperiode.

Die Erstellung der Jahresbilanzkarte wurde durch zerstörte Ablationspegel erschwert, was auf die Aktivitäten des Schibetriebes zurückzuführen ist. Die räumliche Verteilung der Massenbilanz kann den Karten entnommen werden, die nach Höhenstufen aufgegliederten Werte den Tabellen 6.1, 6.2, und 6.3, bzw. Abbildung 6.1 und 6.2. Aus Tabelle 6.4 sind schließlich die Gesamtergebnisse und die glaziologischen Maßzahlen zu ersehen.

Tabelle 6.1: Östliches Wurtenskees; Ergebnisse für das Haushaltsjahr 1993/94; spezifische Bilanz in  $\text{g/cm}^2$ , Bilanzvolumen in 1000 Tonnen

Höhenstufe	Fläche ( $\text{m}^2$ )	Winterbilanzvolumen	spez. Winterbilanz	Sommerbilanzvolumen	spez. Sommerbilanz	Jahresbilanzvolumen	spez. Jahresbilanz
2500-2550	24164	38,73	160,3	-104,03	-430,5	-65,30	-270,2
2550-2600	66596	80,36	120,7	-279,02	-419,0	-198,66	-298,3
2600-2650	137635	192,96	140,2	-508,81	-369,7	-315,86	-229,5
2650-2700	194282	344,63	177,4	-564,22	-290,4	-219,59	-113,0
2700-2750	99044	150,89	152,3	-247,01	-249,4	-96,12	-97,1
2750-2800	59037	74,94	126,9	-203,13	-344	-128,19	-217,1
2800-2850	95061	122,14	128,5	-330,30	-347,5	-208,17	-219,0
2850-2900	114805	143,02	124,6	-356,63	-310,7	-213,61	-186,1
2900-2950	91520	114,38	125,0	-245,49	-268,3	-131,11	-143,3
2950-3000	95769	130,88	136,7	-223,16	-233,1	-92,29	-96,4
3000-3050	74557	106,94	143,4	-183,13	-245,6	-76,19	-102,2
3050-3100	35139	46,56	132,5	-69,10	-196,6	-22,53	-64,1
3100-3150	6107	8,40	137,5	-9,07	-148,5	-0,67	-11,0
gesamt	1093716	1554,82	142,2	-3326,39	-304,1	-1768,29	-161,7

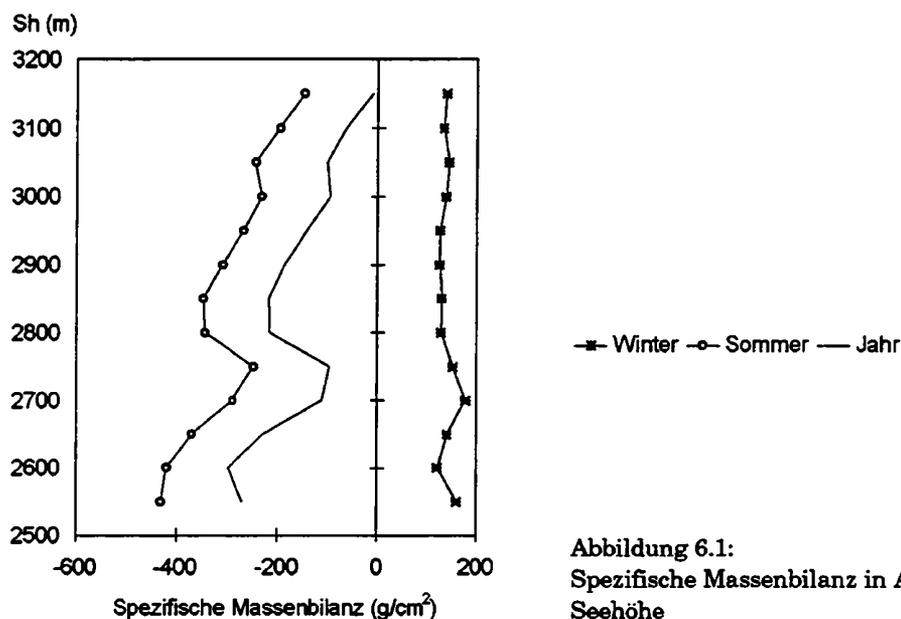


Abbildung 6.1:  
Spezifische Massenbilanz in Abhängigkeit von der Seehöhe

Tabelle 6.2: Winterbilanz 1993/94 mit Aufteilung in oberen bzw. unteren Gletscherteil; spezifische Bilanz in  $g/cm^2$ , Bilanzvolumen in 1000 Tonnen

Höhenstufe	Bilanzvolumen gesamt	Bilanzvolumen unten	Bilanzvolumen oben	spez. Bilanz gesamt	spez. Bilanz unten	spez. Bilanz oben
2500-2550	38,73	38,73	0	160,3	160,3	0
2550-2600	80,36	80,36	0	120,7	120,7	0
2600-2650	192,96	192,96	0	140,2	140,2	0
2650-2700	344,63	344,63	0	177,4	177,4	0
2700-2750	150,89	111,56	39,33	152,6	155,7	143,6
2750-2800	74,94	8,19	66,75	127,2	153,6	124,2
2800-2850	122,14	0	122,14	128,5	0	128,5
2850-2900	143,02	0	143,02	124,6	0	124,6
2900-2950	114,38	0	114,38	125	0	125,0
2950-3000	130,88	0	130,88	136,7	0	136,7
3000-3050	106,94	0	106,94	143,4	0	143,4
3050-3100	46,56	0	46,56	132,5	0	132,5
3100-3150	8,40	0	8,40	137,5	0	137,5
gesamt	1554,82	776,402	778,38	142,2	155,4	131,0

Tabelle 6.3: Jahresbilanz 1993/94 mit Aufteilung in oberen bzw. unteren Gletscherteil; spezifische Bilanz in  $g/cm^2$ , Bilanzvolumen in 1000 Tonnen

Höhenstufe	Bilanzvolumen gesamt	Bilanzvolumen unten	Bilanzvolumen oben	spez. Bilanz gesamt	spez. Bilanz unten	spez. Bilanz oben
2500-2550	-65,30	-65,30	0	-270,2	-270,2	0
2550-2600	-198,66	-198,66	0	-298,3	-298,3	0
2600-2650	-315,86	-315,86	0	-229,5	-229,5	0
2650-2700	-219,59	-219,59	0	-113,0	-113,0	0
2700-2750	-96,12	-32,82	-63,30	-97,1	-45,3	-231,1
2750-2800	-128,19	-6,43	-121,76	-217,1	-123,0	-226,6
2800-2850	-208,17	0	-208,17	-219,0	0	-219,0
2850-2900	-213,61	0	-213,61	-186,1	0	-186,1
2900-2950	-131,11	0	-131,11	-143,3	0	-143,3
2950-3000	-92,29	0	-92,29	-96,4	0	-96,4
3000-3050	-76,19	0	-76,19	-102,2	0	-102,2
3050-3100	-22,53	0	-22,53	-64,1	0	-64,1
3100-3150	-0,67	0	-0,67	-11,0	0	-11,0
gesamt	-1768,29	-838,38	-929,63	-161,7	-167,8	-156,5

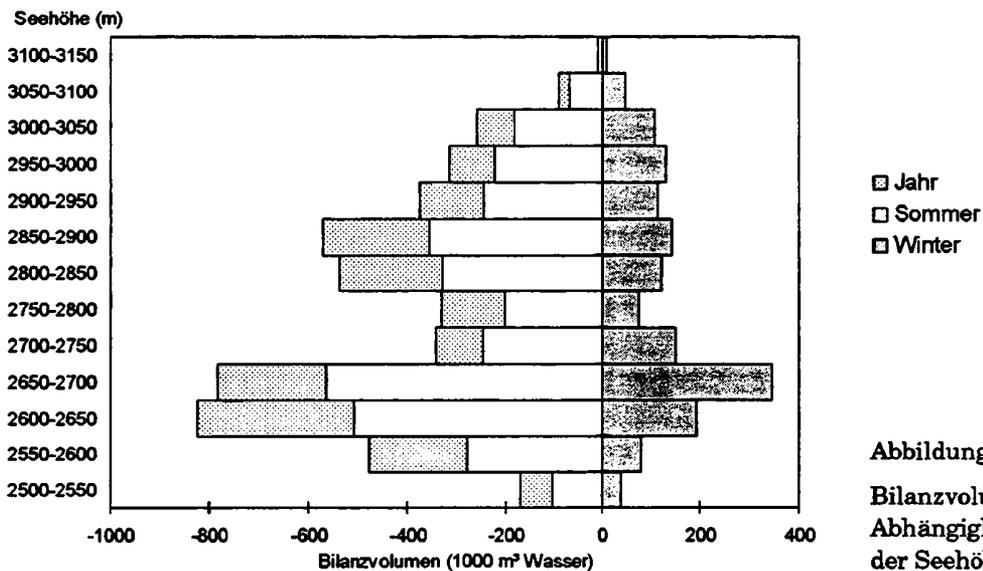


Abbildung 6.2:  
Bilanzvolumen in  
Abhängigkeit von  
der Seehöhe

Tabelle 6.4: Glaziologische Maßzahlen für das Haushaltsjahr 1993/94

	gesamt	unten	oben	Einheit
S (Fläche)	1093716	499641	594075	m <sup>2</sup>
Sc (Akkumulationsfläche)	52028	29149	23435	m <sup>2</sup>
Sa (Ablationsfläche)	1041688	470492	570640	m <sup>2</sup>
Sc/S	0,048	0,058	0,039	-
Sc/Sa	0,05	0,062	0,041	-
B (Bilanzvolumen)	-1768,3	-838,4	-929,5	1000 t
b (spez. Bilanzvolumen)	-161,7	-167,8	-156,5	g/cm <sup>2</sup>
Bc (Nettoakkumulation)	13,28	7,86	5,45	1000 t
bc (spez. Nettoakkumulation)	1,2	1,6	0,9	g/cm <sup>2</sup>
Ba (Nettoablation)	-1781,6	-846,2	-935,0	1000 t
ba (spez. Nettoablation)	-162,9	-169,4	-157,4	g/cm <sup>2</sup>
bw (spez. Winterbilanz)	142,2	155,4	131,0	g/cm <sup>2</sup>
bs (spez. Sommerbilanz)	-303,9	-323,2	-287,5	g/cm <sup>2</sup>
bj (spez. Jahresbilanz)	-161,7	-167,8	-156,5	g/cm <sup>2</sup>
bw +  bs  (spez. Totalmassenumsatz)	446,1	478,6	418,5	g/cm <sup>2</sup>
bc +  ba  (spez. Nettomassenumsatz)	164,1	171,0	158,3	g/cm <sup>2</sup>

Tabelle 6.5: Gesamtergebnisse Wurtenkees-Schareckteil für das Haushaltsjahr 1993/94

Bilanzvolumen		spezifische Bilanz	
Winter :	1,5548 Mio. t	Winter :	142,2 g/cm <sup>2</sup>
Sommer :	-3,3231 Mio. t	Sommer :	-303,9 g/cm <sup>2</sup>
Jahr :	-1,7683 Mio. t	Jahr :	-161,7 g/cm <sup>2</sup>
Massenumsatz :	4,7858 Mio. t		

**Anschrift des Verfassers**

W. Schmittner

Institut für Meteorologie und Geophysik

Universität Wien

A-1190 Wien, Hohe Warte 38

# MASSENHAUSHALT WURTENKEES FÜR DAS HAUSHALTSJAHR 1994/95

Thomas Wiesinger

## 1. Zusammenfassung

Diese Arbeit beschreibt die Meßergebnisse der Massenhaushaltsuntersuchungen des Haushaltsjahres 1994/95 auf dem Schareckteil des Wurtenkees im Sonnblickgebiet. Den sehr hohen Winterbilanzen von  $154,5 \text{ g/cm}^2$ , standen negative Sommerbilanzen von  $-195,8 \text{ g/cm}^2$  gegenüber. Dies führt zu einer negativen Gesamtbilanz von  $-41,4 \text{ g/cm}^2$ . Zum Vergleich: Das Mittel der spezifischen Jahresbilanz der Periode 1982 bis 1993 beträgt  $-80 \text{ g/cm}^2$ , das Mittel der Winterbilanz  $127,7 \text{ g/cm}^2$ , das Mittel der Sommerbilanz  $-207,7 \text{ g/cm}^2$ . Der Massenverlust in diesem Haushaltsjahr betrug  $444.800 \text{ t}$ . Ein schneereicher Winter und ein kurzer, aber heißer Sommer ohne Schneefälle führten somit zu einer leicht negativen Massenbilanz. Das Wurtenkees weist in den dreizehn untersuchten Haushaltsjahren auch weiterhin nur ein positives Haushaltsjahr (1983/84) auf.

## II. Einleitung

Dieser Bericht beschreibt die Messungen und Ergebnisse des Massenhaushaltes des Wurtenkees für das Haushaltsjahr 1994/95 mittels direkter glaziologischer Methode. Die Messungen werden jährlich seit dem Haushaltsjahr 1982/83 durchgeführt. Das Wurtenkees weist auf Grund seiner ungünstigen Exposition fast jedes Jahr einen sehr großen relativen Massenverlust auf und verliert mangels genügender Nettoakkumulation ständig an Volumen. Seit dem Haushaltsjahr 1986/87 besteht der Schareckteil des Wurtenkees aus zwei völlig getrennten Gletscherteilen, die jeweils eine eigene Dynamik mit eigenem Akkumulations- und Ablationsgebiet besitzen. Nun zeichnet sich auch noch eine Teilung des oberen Gletscherteiles ab, wobei einer dieser Teile ein fast reines Ablationsgebiet wäre.

Alle Massenhaushaltsuntersuchungen auf dem Wurtenkees von 1982/83 bis 1987/88 sind in der Zeitschrift "Wetter und Leben", seit 1988/89 im "Jahresbericht des Sonnblickvereines" veröffentlicht worden.

### 1.1 Witterungsverlauf

Für die Beschreibung des Witterungsverhalten in der Gipfelregion des Wurtenkees steht das Sonnblick-Observatorium (3106 m) zur Verfügung. Bedingt durch die nach Süden hin offene Lage des Gletschers sind für seine tiefer gelegenen Gebiete vor allem in Hinblick auf die Temperaturverhältnisse noch am ehesten die Beobachtungen der Gipfelstation Villacher Alpe (2139 m) heranzuziehen, obwohl diese ca. 70 km gegen Südosten entfernt und zu tief gelegen ist. Die Tabelle 1.1 gibt monataweise den Witterungsverlauf und die Abweichung (bezogen auf das 30jährige Mittel 1961-1990) für die beiden erwähnten Stationen wieder.

## WINTER

Der Winter begann trocken und schneearm und wurde von einem schneereichen Hochwinter gefolgt. Eine mächtige Schneedecke bildete sich also erst spät. November, Dezember und Februar waren ca. 2.5°C zu warm, Jänner und März 2°C zu kalt. Der gesamte Winter war 0,6°C zu warm.

Zur Winterbilanzmessung (Schneemaximum) lagen im Mittel im unteren Gletscherteil ca. 357 cm Schnee, im oberen Gletscherteil ca. 353 cm Schnee. Obwohl der Winter schneereich war, lag das kleinste gemessene Maximum bei nur 110 cm. Das macht deutlich welchen Einfluß der Wind bei der Deposition von Schnee am Gletscher hat und läßt erahnen, daß die Totalisatorenmessungen zu geringe Werte liefern.

## SOMMER

Einem normalen Mai folgte ein schneereicher Juni (20 Schneefalltage am Sonnblick). Der Juli war heiß (3.6°C zu warm) und es gab keinen nennenswerten Neuschneezuwachs mehr. Der August begann ebenfalls warm, die Witterung wurde aber ab Monatsmitte kühl und unbeständig und am 27.8.1995 brachte eine Kaltfront massiven Schneefall (die Rudolfshütte verzeichnete den größten Neuschneezuwachs in 24h seit Beobachtungsbeginn). Dieser Schnee blieb auch an der Zunge liegen und der 27.8. markiert somit auch das Datum des Einschneiens. Die feuchtkalte und unbeständige Witterung hielt auch im September an.

Im Bereich des Gletschers wurden vom Hochalpendienst der KELAG drei Totalisatoren und 15 Schneepegel betreut. Zusammen mit den Werten der beiden Stationen des Hydrographischen Dienstes in Kleindorf und Innerfragant sind die Monatswerte in Tabelle 1.1.1 enthalten. Der Vergleich mit dem 12jährigen Mittel (1981-1992) ergibt für den oberen Bereich (T4) für das Jahr 94% Niederschlag, während der untere Bereich (T1) 104 % aufwies (Beim T 3 ist die Niederschlagsaufzeichnung fehlerhaft, daher erreicht er nur 75 % vom Mittel).

Tabelle 1.1.1: Niederschlags- und Schneehöhenmessungen im Wurtenkeesgebiet (in mm) im Haushaltsjahr 1994/95

### Niederschlagsmonatssummen WINTER

Meßstelle	Seehöhe(m)	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Winter
Kleindorf	735	45	20	23	30	17	22	29	186
Innerfragant	1195	63	18	34	48	20	34	68	285
Wurtenkees T1	2420	77	66	79	89	74	37	56	479
Wurtenkees T3	2511	225	100	83	96	118	185	127	934
Wurtenkees T4	2791	95	94	70	53	99	152	113	675

### Niederschlagsmonatssummen SOMMER

Meßstelle	Seehöhe(m)	V	VI	VII	VIII	IX	Summe Sommer	Summe Jahr
Kleindorf	735	59	124	81	98	86	448	634
Innerfragant	1195	84	173	108	109	104	578	863
Wurtenkees T1	2420	181	185	136	130	211	841	1320
Wurtenkees T3	2511	210	250	238	266	302	1266	2200
Wurtenkees T4	2791	195	223	177	231	250	1075	1750

## Schneehöhen im Wurttenkeesgebiet 1994/95 (in cm)

Pegel	1.10.94	1.11.	1.12.	1.1.91	1.2.	1.3.	1.4.	1.5.	1.6.	1.7.	1.8.	1.9.	1.10.
PE 3	21	41	61	100	190	251	325	375	341	302	95	5	34
PE 5	29	58	94	126	168	288	371	424	>400	>400	195	22	38
PE 7	36	70	104	146	205	252	303	337	330	314	111	9	71
PE 9	23	46	61	79	119	163	190	203	182	155	0	3	41
PE11	27	54	84	134	217	269	Lawine	Lawine	Lawine	Lawine	196	28	53
PE13	32	62	90	126	187	239	303	348	341	321	127	7	63
PE15	23	46	66	91	136	186	210	215	213	199	40	8	57
PE17	21	41	54	77	139	183	240	293	271	Piste	95	6	50
PE19	23	46	61	91	159	189	238	292	280	261	95	6	54
PE21	27	54	69	99	175	207	277	348	341	353	167	5	41
PE23	25	50	75	110	163	204	272	325	300	Piste	157	32	48
PE25	21	41	59	93	163	190	248	290	289	313	119	6	54
PE27	21	41	65	102	164	208	273	331	293	273	156	32	73
PE29	42	83	113	153	224	254	329	393	384	382	189	138	118
PE31	72	63	77	135	228	222	280	343	307	320	171	69	140
Mittel unten	28	55	82	119	181	244	298	337	298	273	121	12	50
Mittel oben	31	52	71	106	173	205	263	314	298	300	132	34	70
Kleindorf	0	0	0	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Innerfragant	0	0	0	10	25	21	0	0	0	0	0	0	0

Der Schneedeckenaufbau begann bereits vor dem 1.10. 1994

## 1.2 Winterbilanzmessung am 4. und 5.5. 1995

Die Feldmessungen für die Winterbilanz 1994/95 konnten wieder Anfang Mai durchgeführt werden. An 14 Profilen wurden die Dichte und der Schneetemperaturverlauf gemessen und teilweise auch die Stratigraphie der Schneedecke bestimmt (Tab. 1.2.1 und 1.2.2). Die Lage der Profilstandpunkte wurde nicht geodätisch vermessen und ist somit nicht absolut genau. Ihre Lage ist in der Karte der Winterbilanz zu sehen.

Zusätzlich zu den Messungen in den Schneeschächten wurde der Gletscher mit einem dichten Schneetiefensondierungsnetz (96 Sondierungspunkte) abgedeckt, um die graphische Interpolation der Isolinien der spezifischen Winterbilanz zu verbessern. Die Tiefenwerte und interpolierten Bilanzwerte der Sondierung sind in Tabelle 1.2.3 dargestellt.

Tabelle 1.2.1: Östliches Wurttenkees; Winterbilanzmessungen 8.-10.5.1990; Schneeschächte

Profil	Koordinaten (M31)			h (cm)	bw (g/cm <sup>2</sup> )	Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	Vorjahres- horizont
	x	y	z				
3	210834	-25084	2570	370	168	0,465	Eis
9	211003	-25119	2575	138	51	0,369	Eis
5	210978	24879	2630	438	179	0,426	Eis
7	211178	24851	2650	334	138	0,414	Eis
11	211136	24510	2695	530	225	0,454	?
13	210955	24619	2650	330	113	0,402	Eis
17	210589	24128	2850	300	121	0,433	Eis
19	210666	24190	2845	318	124	0,390	Eis
Weinflaskenkopf	210500	24000	2870	351	138	0,396	Eis
21	210859	24037	2920	340	127	0,373	Eis
23	210722	23906	2930	342	146	0,428	Eis
27	210918	23811	3000	336	134	0,403	Eis
Chemie	211100	23878	3015	450	171	0,385	Firn
Gipfelhang	211292	24072	2985	387	138	0,364	Eis

Tabelle 1.2.2: Östliches Wurtenkees; Winterbilanzmessungen 8.-10.5.1991; Schneetemperaturen

Pegel	Höhe	S c h n e e t i e f e i n c m										Mittel 50-250
		10	20	30	40	50	100	150	200	250	300	
3	2570	-1	-0,7	-0,8	-0,8	-0,9	-1,6	-2,5	-2,8	-3,3	-3,5	-2,22
9	2575	-2	-0,7	-0,7	-0,8	-0,9	-2,1					-1,50
5	2630											
7	2650	-1,4	-1,7	-0,7	-0,7	-0,9	-1,1	-2,6	-2,9	-2,9	-3,2	-2,08
11	2695	-0,2	-1,1	-1,9	-1,7	-2,3	-5,5	-7,4	-8,0	-8,5	-8,7	-6,34
13	2650	-1,8	-0,2	0,0	-0,4	-0,9	-2,7	-3,3	-3,4	-3,1	-2,8	-2,68
17	2850	-6,3	-4,7	-3,1	-2,9	-3,5	-5,0	-5,3	-5,1	-5,6	-5,5	-4,90
19	2845	-1,6	-2,0	-0,9	-1,4	-2,1	-2,9	-3,8	-4,1	-4,2	-4,0	-3,42
Weinflaschenkopf	2870	-0,6	-1,6	-2,0	-2,2	-2,4	-4,0	-4,6	-4,7	-4,4	-4,0	-4,02
21	2920	-1,0	-2,4	-1,1	-2,7	-3,3	-3,5	-4,7	-5,3	-5,0	-3,7	-4,36
23	2930	-2,0	-3,0	-2,6	-3,0	-3,1	-4,2	-5,1	-5,0	-5,0	-4,8	-4,48
27	3000	-5,3	-3,9	-3,4	-3,3	-3,5	-4,9	-5,4	-4,6	-4,8	-4,4	-4,64
Chemie	3015	-3,9	-1,8	-1,4	-2	-2,5	-4,9	-5,5	-5,3	-4,7	-4,1	-4,58

Tabelle 1.2.3: Östliches Wurtenkees; Winterbilanzmessungen 8.-10.5.1991; Schneetiefensondierung

## Oberer Teil-Wurtenkees

Punkt	Tiefe (cm)	Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	bw (g/cm <sup>2</sup> )	Punkt	Tiefe (cm)	Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	bw (g/cm <sup>2</sup> )	Punkt	Tiefe (cm)	Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	bw (g/cm <sup>2</sup> )
1	300	0,40	121	23	305	0,43	131	45	450	0,38	171
2	305	0,43	131	24	320	0,43	138	46	385	0,39	150
3	360	0,43	155	25	345	0,43	148	47	280	0,53	148
4	360	0,42	150	26	340	0,43	146	48	430	0,39	166
5	315	0,40	126	27	350	0,40	140	49	430	0,38	163
6	285	0,42	120	28	355	0,36	127	50	500	0,37	186
7	290	0,41	120	29	295	0,37	109	51	470	0,37	172
8	303	0,41	124	30	345	0,43	148	52	370	0,37	138
9	450	0,39	176	31	360	0,43	155	53	350	0,39	135
10	430	0,39	168	32	350	0,43	151	54	475	0,38	181
11	250	0,37	93	33	345	0,43	148	55	500	0,37	186
12	250	0,43	108	34	340	0,43	146	56	560	0,39	218
13	265	0,43	114	35	320	0,43	138	57	460	0,38	175
14	285	0,43	123	36	295	0,43	127	58	425	0,38	162
15	310	0,43	133	37	300	0,43	129	59	365	0,38	137
16	308	0,40	123	38	312	0,40	125	60	365	0,37	135
17	320	0,40	128	39	336	0,40	134	61	355	0,37	131
18	315	0,40	126	40	335	0,43	144	62	330	0,37	122
19	300	0,43	129	41	420	0,43	181	63	200	0,43	86
20	300	0,43	129	42	350	0,39	137	64	345	0,36	125
21	295	0,43	127	43	340	0,39	133				
22	300	0,43	129	44	360	0,39	140				

In der Schneedecke herrschte noch keine Isothermie, mit Masseverlusten infolge Abschmelzung ist daher nicht zu rechnen. Es ist aber möglich, daß die Messung vor dem eigentlichen Wintermaximum stattfand. Jedenfalls war Anfang Juli kein wesentlicher Unterschied in der Schneeverteilung zu Anfang Mai zu erkennen und der Sonnblick verzeichnete im Mai und Juni noch 35 Schneesfalltage und im Mittel negative Temperaturen.

Die mittlere Schneedichte zeigt ein recht durchschnittliches Verhalten. Es konnte diesmal auch wieder eine Abhängigkeit der Schneedichte von der Seehöhe beobachtet werden (Abbildung 1.2.1b).

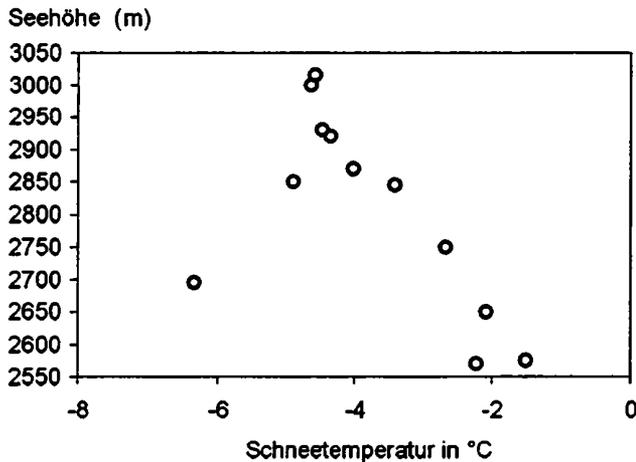


Abbildung 1.2.1a:  
Mittlere Schneetemperatur in  
Abhängigkeit von der Seehöhe

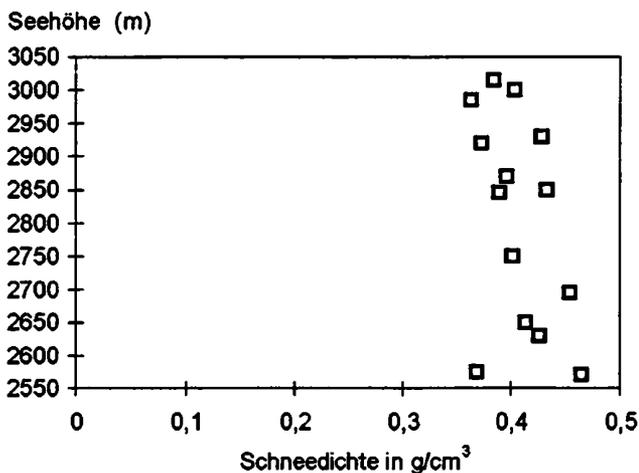


Abbildung 1.2.1b:  
Mittlere Schneedichte in Abhängig-  
keit von der Seehöhe

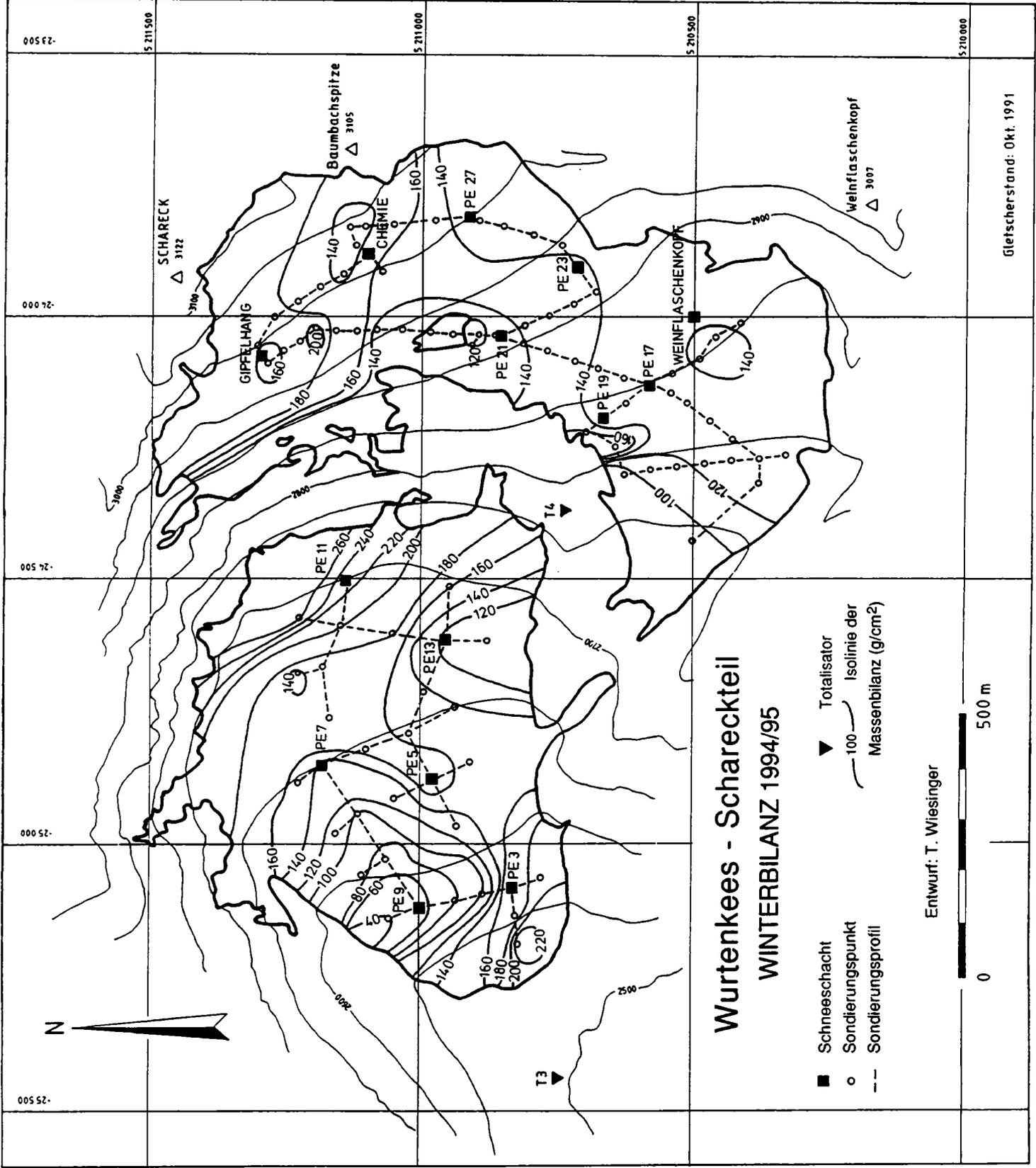
Im Rahmen des ALPTRAC/SNOSP-Projektes wurden auch dieses Jahr wieder Schnee-  
proben für eine chemische Analyse genommen und an das Institut für Analytische Chemie  
der Technischen Universität Wien übergeben.

### 1.3 Die Messungen im Sommer und Herbst 1995

Sechs neue Ablationspegel wurden am 7.7. und 8.7. 95 ins Eis gebohrt (M1 - M15). Die  
Feldarbeiten mußten wegen starkem Wind und Schneefall mehrmals verschoben werden.  
Im Bereich unterhalb des Hotels konnten sie dann in 2 Tagen bei gutem Wetter, mit  
technischen Problemen und verkleinerter Mannschaft beendet werden.

Das Ablationspegelnetz wurde am 25.7.95 vom Vermessungsdienst der KELAG geodä-  
tisch eingemessen. Im Bereich des Schigebietes im oberen Gletscherteil wurde dieses Jahr  
kein Ablationspegel vom Pistenpräparierungsgerät verschont. Diese Pegel sind nicht mehr  
aus weiß lackiertem Holz, sondern hellgraue, UV-stabile PVC-Rohre. Ein Rohr ist 150cm  
lang, also 50 cm kürzer als die bisher verwendeten! Mit Draht verbunden lassen sich  
beliebige Pegellängen herstellen.. Auf die unterschiedlichen Längen der verwendeten  
Pegel wird in den nächsten Jahren besonders geachtet werden müssen. Die Ablationspegel  
wurden am 20.7., 23.8., 17.9., 19.9. und 3.10. 1995 abgelesen. Die Lage der Pegel, sowie die  
Abschmelzbeträge bzw. spezifische Massenbilanz für das Haushaltsjahr 1994/95 sind in  
Tabelle 1.3.1 zusammengefaßt.







Der Wintereinbruch Ende August erschwerte die Herbstmessungen. Über den ganzen Gletscher verteilt wurden 10 Schneeprofile gegraben und 48 Schneetiefensondierungen gemacht. Die Schneehöhe betrug zwischen 20 und 60 cm. Nachdem der Gletscher und die seine Umgebung völlig mit Schnee bedeckt war, konnten auch keine Fotos vom Ausaperungszustand gemacht werden.

#### 1.4 Auswertung der Bilanzkarten und Ergebnisse für das Haushaltsjahr 1994/95

Die Karten der Jahresbilanz und der Winterbilanz wurden mit einem Planimeter in 50 m Höhenstufen ausgemessen und die Flächen der einzelnen Teilzonen bestimmt. Durch die Verkleinerung der Gletscherfläche seit der letzten Neuvermessung 1991 ergeben sich ungenauigkeiten bei der Berechnung der Bilanzen. Die errechneten Bilanzvolumina werden etwas größer sein als die tatsächlichen. Diese Tatsache kann erst nach der nächsten Gletscherneuvermessung ausgeglichen werden.

So wie in fast allen untersuchten Haushaltsjahren war auch in diesem Jahr die Jahresbilanz negativ ( $-41,4 \text{ g/cm}^2$ ). Da im oberen Gletscherteil aufgrund des Schigebietes keine Ablationsmessungen und auch keine Fotos zur Verfügung stehen, ist dieser Bereich mit einer größeren Unsicherheit behaftet. Die Ermittlung der Massenbilanz erfolgte für diesen Bereich durch Vergleich der Ausaperung mit früheren Haushaltsjahren.

Die räumliche Verteilung der Massenbilanz kann den Karten entnommen werden, die nach Höhenstufen aufgegliederten Werte den Tabellen 1.4.1, 1.4.2 und 1.4.3, bzw. Abbildung 1.4.1 und Abbildung 1.4.2. Aus Tabelle 1.4.4 sind die Gesamtergebnisse und die glaziologischen Maßzahlen zu ersehen.

Tabelle 1.4.1: Östliches Wurtchenkees; Ergebnisse für das Haushaltsjahr 1994/95; spezifische Bilanz in  $\text{g/cm}^2$ , Bilanzvolumen in 1000 Tonnen

Höhenstufe	Fläche $\text{m}^2$	Winter- bilanz- volumen	spez. Winter- bilanz	Sommer- bilanz- volumen	spez. Sommer- bilanz	Jahres- bilanz- volumen	spez. Jahres- bilanz
2500-2550	24164	45,34	187,4	-93,16	-384,97	-47,82	-197,61
2550-2600	66596	77,47	116,3	-211,15	-317,05	-133,68	-200,72
2600-2650	137635	192,70	140,0	-351,12	-255,17	-158,42	-115,13
2650-2700	194282	327,06	168,3	-364,12	-187,40	-37,06	-19,07
2700-2750	99044	183,51	185,3	-181,49	-183,24	2,02	2,04
2750-2800	59037	72,28	122,4	-110,82	-187,75	-38,54	-65,33
2800-2850	95061	126,88	133,4	-174,43	-183,42	-47,55	-50,00
2850-2900	114805	155,50	136,4	-195,89	-171,83	-40,39	-35,43
2900-2950	91520	135,74	148,4	-142,88	-156,16	-7,14	-7,80
2950-3000	95769	154,72	161,5	-139,47	-145,58	15,26	15,93
3000-3050	74557	118,21	158,5	-90,27	-123,00	27,94	35,45
3050-3100	35139	59,57	169,7	-42,02	-119,71	17,55	50,00
3100-3150	6107	10,98	180,0	-7,93	-130,02	3,05	50,00
gesamt	1093716	1660,0		-2104,8		-444,8	
Mittelwert			154,5		-195,8		-41,4

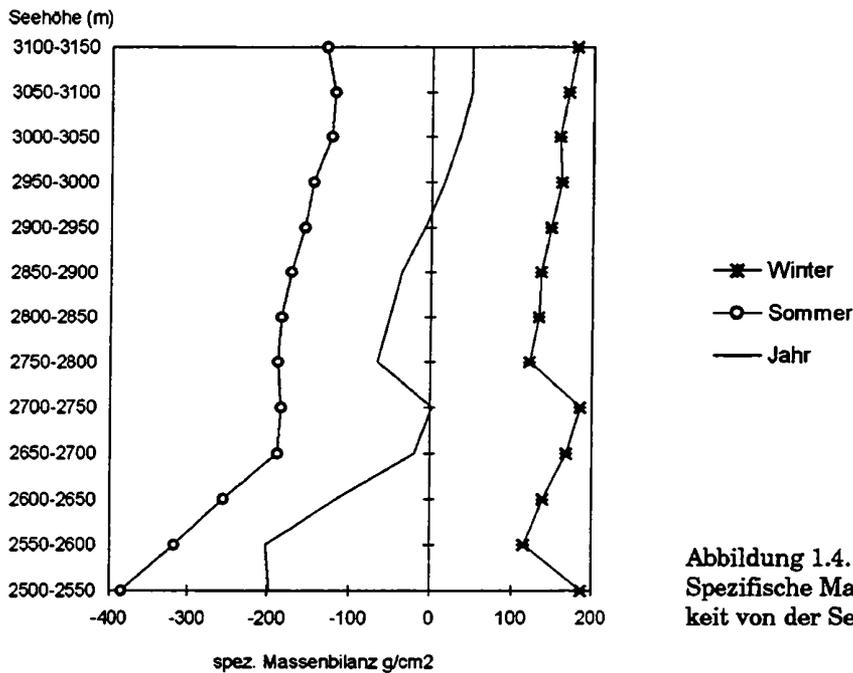


Abbildung 1.4.1:  
Spezifische Massenbilanz in Abhängigkeit von der Seehöhe

Tabelle 1.4.2: Winterbilanz 1994/95 mit Aufteilung in oberen bzw. unteren Gletscherteil; spezifische Bilanz in g/cm<sup>2</sup>, Bilanzvolumen in 1000 Tonnen

Höhenstufe	Bilanzvolumen gesamt	Bilanzvolumen unten	Bilanzvolumen oben	spez. Bilanz gesamt	spez. Bilanz unten	spez. Bilanz oben
2500-2550	45,3	45,3	0,0	187,37	187,37	
2550-2600	77,5	77,5	0,0	116,32	116,32	
2600-2650	192,7	192,7	0,0	140,04	140,04	
2650-2700	327,1	327,1	0,0	168,33	168,33	
2700-2750	183,5	159,0	24,5	185,28	221,90	89,51
2750-2800	72,3	7,3	65,0	122,42	137,32	120,95
2800-2850	126,9	0,0	126,9	133,42	0,00	133,42
2850-2900	155,5	0,0	155,5	136,41	0,00	136,41
2900-2950	135,7	0,0	135,7	148,35	0,00	148,35
2950-3000	154,7	0,0	154,7	161,51	0,00	161,51
3000-3050	118,2	0,0	118,2	158,45	0,00	158,45
3050-3100	59,6	0,0	59,6	169,71	0,00	169,71
3100-3150	11,0	0,0	11,0	180,02	0,00	180,02
gesamt	1660,0	808,9	851,1	154,43	161,88	144,26

Tabelle 1.4.3: Jahresbilanz 1994/95 mit Aufteilung in oberen bzw. unteren Gletscherteil; spezifische Bilanz in g/cm<sup>2</sup>, Bilanzvolumen in 1000 Tonnen

Höhenstufe	Bilanzvolumen gesamt	Bilanzvolumen unten	Bilanzvolumen oben	spez. Bilanz gesamt	spez. Bilanz unten	spez. Bilanz oben
2500-2550	-47,8	-47,8	0,0	-197,61	-197,61	0,00
2550-2600	-133,7	-133,7	0,0	-200,72	-200,72	0,00
2600-2650	-158,4	-158,4	0,0	-115,13	-115,13	0,00
2650-2700	-37,1	-37,1	0,0	-19,07	-19,07	0,00
2700-2750	2,0	27,3	-25,2	2,04	38,03	-92,09
2750-2800	-38,5	-1,0	-37,5	-65,33	-19,42	-69,82
2800-2850	-47,5	0,0	-47,5	-50,00	0,00	-50,00
2850-2900	-40,4	0,0	-40,4	-35,43	0,00	-35,43
2900-2950	-7,1	0,0	-7,1	-7,80	0,00	-7,80
2950-3000	15,3	0,0	15,3	15,93	0,00	15,93
3000-3050	27,9	0,0	2,2	35,45	0,00	2,94
3050-3100	17,6	0,0	17,6	50,00	0,00	50,00
3100-3150	3,1	0,0	3,1	50,00	0,00	50,00
gesamt	-444,8	-350,8	-119,8	-41,36	-85,65	-15,14

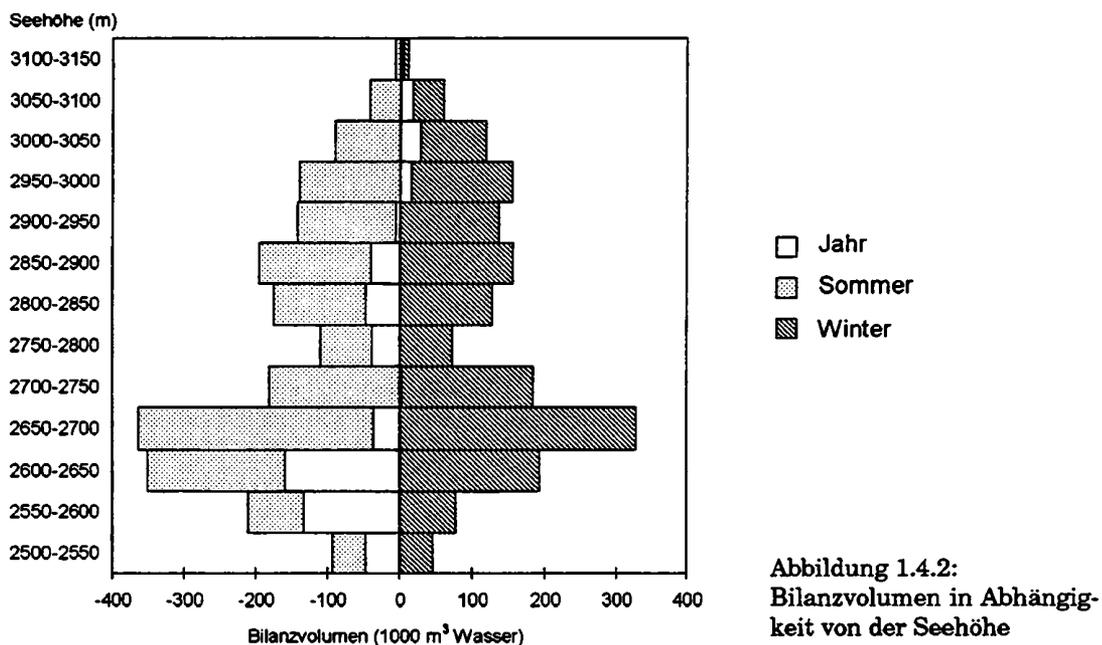


Tabelle 1.4.4: Glaziologische Maßzahlen für das Haushaltsjahr 1994/95

	gesamt	unten	oben	Einheit
S (Fläche)	1093716	499641	594075	m <sup>2</sup>
Sc (Akkumulationsfläche)	350726	135726	215000	m <sup>2</sup>
Sa (Ablationsfläche)	742990	363915	379075	m <sup>2</sup>
S <sub>c</sub> /S	0,32	0,27	0,36	
S <sub>c</sub> /S <sub>a</sub>	0,47	0,37	0,57	
B (Bilanzvolumen)	-444,8	-350,8	-119,8	1000 t
b (spez. Bilanzvolumen)	-41,4	-85,7	-15,1	g/cm <sup>2</sup>
B <sub>c</sub> (Nettoakkumulation)	123,9	48,6	75,3	1000 t
b <sub>c</sub> (spez. Nettoakkumulation)	11,3	9,7	8,2	g/cm <sup>2</sup>
B <sub>a</sub> (Nettoablation)	-564,8	-395,4	-169,4	1000 t
b <sub>a</sub> (spez. Nettoablation)	-51,6	-79,1	-28,5	g/cm <sup>2</sup>
b <sub>w</sub> (spez. Winterbilanz)	154,4	161,9	144,3	g/cm <sup>2</sup>
b <sub>s</sub> (spez. Sommerbilanz)	-195,8	-247,6	-159,4	g/cm <sup>2</sup>
b <sub>j</sub> (spez. Jahresbilanz)	-41,4	-85,7	-15,1	g/cm <sup>2</sup>
b <sub>w</sub> +  b <sub>s</sub>   (spez. Totalmassenumsatz)	350,2	409,5	303,7	g/cm <sup>2</sup>
b <sub>c</sub> +  b <sub>a</sub>   (spez. Nettomassenumsatz)	63,0	88,9	36,7	g/cm <sup>2</sup>

Tabelle 1.4.5: Gesamtergebnisse Wurtenkees-Schareckteil für das Haushaltsjahr 1994/95

Bilanzvolumen (1000 t)		spez. Bilanz (g/cm <sup>2</sup> )	
Winter:	1660,0	Winter:	154,5
Sommer:	-2105,0	Sommer:	-195,8
Jahr:	-444,8	Jahr:	-41,4
Massenumsatz:	3765,0		

### **Danksagung**

*Die Feldmessungen wurden wieder in Zusammenarbeit zwischen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, dem Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien, der Kärntner Elektrizitätswirtschafts-AG, der Österreichischen Akademie der Wissenschaft und mit Unterstützung durch den Fond zur Förderung der wissenschaftl. Forschung (Projekt P7807-Geo) durchgeführt, denen an dieser Stelle herzlich für ihre Unterstützung des Projektes gedankt sei. Folgende Mitarbeiter führten die Feldmessungen auf dem Gletscher durch: Roland Backfriedler, Katharina Elias, Monika Fritz, Martina Jauscheg, Helga Kromp-Kolb, Timotej Mišić, Michael Schöffmann, Wolfgang Schöner, Roland Steinbrecher, Thomas Wiesinger, Helga Wunderer, Isabell Zernitz. Wie in den vergangenen Jahren nahm kein Meteorologiestudent am Gletscherpraktikum teil.*

### **Literatur**

- AUER, I., R. BÖHM, N. HAMMER, W. SCHÖNER, T. WIESINGER und W. WINIWARDER (1995): Glaziologische Untersuchungen im Sonnblickgebiet : Forschungsprogramm Wurtenkees. Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik, Heft 12, Zentralanstalt f. Meteorologie und Geodynamik, Wien, 143pp.
- BÖHM, R. (1984) : Monographie der Gletscher der Goldberggruppe in den Hohen Tauern. Teil 1: Das Wurtenkees. Entwicklung des Gletschers seit 1850. Jb. d. SV. 1981-1983, 3-59, Wien.
- BÖHM, R. (1983) : Massenhaushalt Wurtenkees - Jahresbilanz 1982/83. Wetter und Leben 35, 200-229 Wien.
- BÖHM, R., N. HAMMER und J. STROBL (1985): Massenhaushalt Wurtenkees - Jahresbilanz 1983/84. Teil 1 und 2 Wetter und Leben 37, 37-51 und 88-96, Wien.
- BÖHM, R., N. HAMMER, und J. STROBL (1986): Massenhaushalt Wurtenkees - Jahresbilanz 1984/85. Wetter und Leben 38, 201-221, Wien.
- BÖHM, R., N. HAMMER, und J. STROBL (1988): Massenhaushalt Wurtenkees - Jahresbilanz 1985/86. Wetter und Leben 40, 43-56, Wien.
- BÖHM, R., N. HAMMER, und J. STROBL (1988) : Massenhaushalt Wurtenkees - Jahresbilanz 1986/87. Wetter und Leben 40, 235-251, Wien.
- HAMMER, N. (1992) : Umweltverträglichkeitsprüfung Wurtenkees. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien.
- SCHÖNER, W. (1990) : Massenhaushalt Wurtenkees - Jahresbilanz 1987/88. Wetter und Leben 42, Wien.
- SCHÖNER, W. (1992) : Massenhaushalt Wurtenkees - Jahresbilanz 1988/89. 86.-87. Jahresbericht des Sonnblick-Vereines für die Jahre 1988-89, 40-51, Wien.
- SCHÖNER, W. (1993) : Massenhaushalt Wurtenkees - Jahresbilanz 1989/90. 88.-89. Jahresbericht des Sonnblick-Vereines für die Jahre 1990-91, 40-51, Wien.
- FORMAYER, H., M. RUHSAM und W. SCHÖNER (1994): Massenhaushalt Wurtenkees - Jahresbilanz 1990/91, 1991/92 und 1992/93. 90.-91. Jahresbericht des Sonnblick-Vereines für die Jahre 1992-1993, 48-72, Wien.

#### **Anschrift des Verfassers:**

Mag. Dr. Thomas Wiesinger  
Glaziologe & Bergführer  
A - 5721 Piesendorf 96

# DER ZUSTAND DER GLETSCHER IM SONNBLICKGEBIET IN DEN GLETSCHERHAUSHALTSJAHREN 1993/94 UND 1994/95

Ingeborg Auer

## 1. Einleitung

Wie aus Tabelle 1.1 hervorgeht wurden die Längenmessungen im Gletscherhaushaltsjahr 1993/94 zwischen 3. und 23.9. durchgeführt, im Haushaltsjahr 1994/95 wurden Goldberggletscher, Kleines Fleißkees und Wurtenkees zwischen 10 und 17.9, das Schlapperebenkees bedingt durch Schlechtwetter erst am 25.10. vermessen. In beiden Berichtsjahren konnte aufgrund der Witterungsverhältnisse das Krumlkees nicht vermessen werden. Die Messungen 1993/94 wurden von Magda und Norbert Hammer, Inge Auer und Reinhard Böhm durchgeführt, 1994 von Inge Auer, Reinhard Böhm und Albert Egger.

Tabelle 1.1: Termine der Vermessung am Ende der einzelnen Gletscherhaushaltsjahre

Glazialjahr	Goldberggletscher	Kleines Fleißkees	Wurtenkees	Schlapperebenkees
1993/94	10.9.1994	10.9.1994	23.9.1994	3.9.1994
1994/95	16.9.1995	10.9.1995	17.9.1995	25.10.1995

Im folgenden sind rechts und links im orographischen Sinn zu verstehen, also von einem in Richtung des fließenden Wassers schauenden Beobachters aus gesehen.

Es wurden also nur vier der Hauptgletscher im Sonnblickgebiet vermessen: der Goldberggletscher, das Kleine Fleißkees, das Wurtenkees und das Schlapperebenkees. Am Wurtenkees-Alteckgletscherteil konnten, da das Gletscherende sich nun hinter den Stausee zurückgezogen hat, neue Meßmarken angelegt werden. Genaue Untersuchungen über das Wurtenkees, unter anderem auch getrennte Winter- und Jahresmassenbilanzen, finden sich zusammenfassend in Auer et al, 1995 sowie in den Artikeln Massenhaushalt Wurtenkees für das Haushaltsjahr 1993/94 (Schmittner, W.), und Massenhaushalt für das Wurtenkees 1994/95 (Wiesinger, T.) in diesem Heft.

## 2. Witterungsverhältnisse

Der Witterungsverlauf für die Gletscherregion des Sonnblickgebietes für die Glazialjahre 1993/94 und 1994/95 kann den vorhin erwähnten Massenhaushaltsartikeln entnommen werden.

## 3. Meßergebnisse

In Tabelle 3.1 sind die Abstände der Meßmarken vom Gletscherrand zu den einzelnen Beobachtungsterminen angeführt. Die Angaben innerhalb der Klammer neben der Bezeichnung der Meßmarken beziehen sich darauf, ob es sich um eine Zungenmarke (Z) zur Bestimmung des Vorstoßes bzw. Rückzuges der Gletscherstirn oder um eine Seitenmarke (S) zur Beobachtung der Breitenausdehnung des Gletschers handelt. Alle genannten Seitenmarken befinden sich in Zungennähe.

Tabelle 3.1: Abstand der Meßmarken vom Gletscherrand (in m)

## a) Goldberggletscher

Marken	P24(S)	B25(S)	A72(Z)	22/72(Z)	B72(Z)	C72(Z)
1994	50.0	56.5	84.0	83.0	95.0	74.0
1995	—	—	92.6	83.3	95.5	81.2

## b) Kleines Fleißkees

Marken	A87(Z)	B87(Z)
1994	94.5	101.0
1995	keine Messung	keine Messung

## neu angelegte Marken:

Marken	B94(Z)	A94(Z)	C94(Z)	D94(Z)
1994	22.5	20.5	7.0	3.5
1995	22.2	26.5	8.3	5.2

## c) Wurtenkees (Schareck-Gletscherteil)

Marken	A84(Z)	B84(Z)	C84(Z)	D84(Z)
1994	107.5	93.9	101.0	65.7
1995	90.0	85.0	83.0	-

## neu angelegte Marken:

Marken	A94(S)	B94(Z)	C94(Z)	D94(Z)	I94(Z)	J94(S)	B95(Z)
1994	6.9	12.9	10.5	32.0	14.5	3.5	—
1995	verschwunden	umgestoßen	13.0	35.0	16.8	6.1	25.4

## Wurtenkees (Alteck-Gletscherteil)

## neu angelegte Marken:

Marken	R94	S94	T94	U94
1994	14.4	15.6	15.5	11.5
1995	19.9	18.5	17.6	11.9

## d) Schlapperebenkees

Marken	B83(Z)	E83(Z)	F83(Z)	D83(Z)
1994	15.8	nicht mehr auffindbar	24.0	16.5
1995	Eis, nicht erkennbar	—	27.5	—

## e) Krumlkees

Das Krumlkees wird seit 1994 nicht mehr vermessen

### 3.1. Glazialjahr 1993/94

#### **Goldberggletscher**

Der Goldberggletscher hat auch im abgelaufenen Glazialjahr wiederum deutlich an Masse verloren und wies im Berichtsjahr den stärksten Zungenrückgang der 4 vermessenen Gletscher auf. Aus dem arithmetischen Mittel von drei auch im Vorjahr vermessenen Marken (22/72, B72, und C72) ergab sich ein Rückgang der Zunge um 15.0 m. Auch bei den Seitenmarken ist er deutlich zurückgegangen

Unterhalb des Oberen Grupeten Kees fanden sich zahlreiche Gletscherspalten. Das Gletschertor war im Gegensatz zum vorangegangenen Jahr deutlich ausgeprägt, jedoch relativ klein. Markante Schuttansammlungen wurden am orographisch rechten Zungenende vorgefunden.

#### **Kleines Fleißkees**

Aus dem Mittel der beiden Meßmarken A87 und B87 ergab sich ein Zungenrückgang von 10.8 m im Berichtsjahr. Insgesamt wurden 4 neue Meßmarken angelegt (B94, A94, C94 und D94), die in Hinkunft anstelle der beiden Marken A87 und B87 Verwendung finden werden.

Die Gletscherzunge war sehr flach und befand sich hinter dem Vorfeldsee, das Gletschertor war nur ganz schwach ausgeprägt. Durch den Rückzug der gesamten Gletscherzunge hinter den Vorfeldsee kann nun mit den neuen Marken C94 und D94 die volle Breite der Zungenstirn vermessen werden.

#### **Wurtenkees**

##### **Schareckgletscherteil**

Das arithmetische Mittel aus den Gletscherrückzügen bei den Gletschermarken A84, B84 und C84 ergab eine mittlere Längenänderung von -14.8 m. Für die Zukunft wurden insgesamt 6 neue Meßmarken angelegt (A94, B94, C94, D94, I94 und J94), wobei es sich bei A94 und J94 um halbschräge Seitenmarken handelt.

##### **Alteckgletscherteil**

Die Zungenstirn des Alteckgletscherteils des Wurtenkeeses kalbt nun nicht mehr in den Wurtenspeicher, sodaß am 23.9.94 neue Meßmarken (R94, S94, T94, U94) angelegt werden konnten. Es ist geplant diesen "sterbenden" Gletscher in der Zukunft zu beobachten.

##### **Schlapperebenkees**

Der Gletscher hat wiederum an Masse verloren. Wegen der etwas frühen Messung am 3.9. ergab sich aus den Vermessungen bei den Marken B83 und F83 ein mittlerer Rückgang von nur 0.5 m. Die Meßmarke E83 war nicht auffindbar.

### 3.2. Glazialjahr 1994/95

Aufgrund der allgemein schlechten Spätsommerwitterung (Schneedecke auf den Gletschern bereits im August) fiel der Gletscherrückgang insgesamt nur mäßig aus. Die Gletscherenden waren nicht bei allen Marken eindeutig lokalisierbar. Bei den vermessenen Marken wurde das Eisende durch Grabungen in Meßrichtung freigelegt.

#### Goldberggletscher

Der mittlere Gletscherrückgang berechnet aus 4 Messungen (A72, 22/72, B72 und C72) betrug 4.2 m, womit dieser Gletscher von den im Berichtsjahr vermessenen Gletschern der Goldberggruppe den stärksten Rückgang aufwies. Die Seitenmarken P24 und B25 wurden nicht mehr vermessen. Als Ersatz für die Meßmarken aus dem Jahr 1972 wurden in Richtung derselben neue Marken 22/95, A95, B95 und C95 (leicht nach Süden versetzt) für die Zukunft angelegt.

#### Kleines Fleißkees

Beim Kleinen Fleißkees fanden die im Vorjahr angelegten Meßmarken Verwendung, wobei die Messungen bei A94 und D94 infolge Schneekragens etwas unsicher waren. Insgesamt betrug der Gletscherrückgang 2.2 m.

#### Wurtenkees

##### Schareckteil

Obwohl das Gletscherende komplett unter einem Schneekragen lag, konnten die Messungen zufriedenstellend durchgeführt werden. Leider waren 2 der im Vorjahr angelegten neuen Meßpunkte im Berichtsjahr nicht mehr zu verwenden, da B94 umgestoßen war und A94 überhaupt verschwunden war (wahrscheinlich infolge der dort regen Bautätigkeit). Der Gletscherrückgang betrug 2.6 m. Bei Marke C94 befand sich ein kleines Gletschertor.

##### Alteckteil

Mit einem Rückgang von 2.7 m, bestimmt aus den 4 im Vorjahr angelegten Marken, war der Zungenrückzug nur geringfügig höher als am Schareckgletscherteil.

#### Schlapperebenkees

Durch die extreme Schneesituation seit Ende August konnte bei diesem Gletscher nur bei einer Marke (F83) der Gletscherrand eindeutig identifiziert werden. Obwohl mit der Messung bis Ende Oktober zugewartet wurde, blieb der Gletscher ab Ende August schneebedeckt. Es ergab sich ein Rückgang von 3.5 m, wobei ein Teil dieses Rückganges bereits im September 1994 erfolgte, da die Vorjahrmessung bereits am 3. September durchgeführt worden war.

Tabelle 3.2.5.1: Mittlere Längenänderung der Gletscherzungen (in m)

	Goldberggletscher	Kleines Fleißkees	Wurtenkees Schareckgletscher	Wurtenkees Alteckgletscher	Schlapperebenkees
1993/94	-15.0	-10.8	-14.8	---	0.5
1994/95	-4.2	-2.2	-2.6	-2.7	-3.5

### 3.3. Längenänderungen der Gletscher in der Goldberggruppe seit 1978

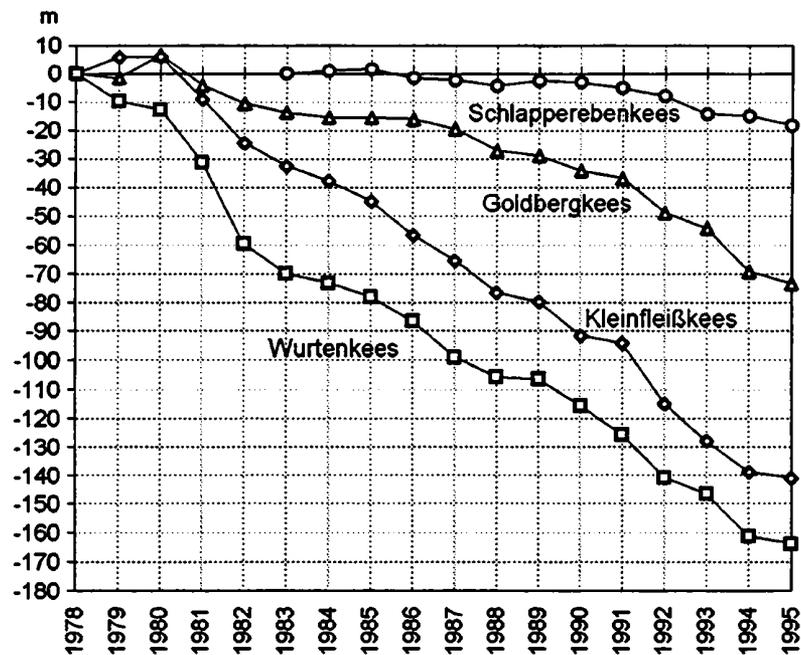


Abbildung 3.3.1: Längenänderungen von vier Gletschern in der Goldberggruppe

#### Literatur

- AUER, I., R. BÖHM, N. HAMMER, W. SCHÖNER, T. WIESINGER, W. WINIWARTER: Glaziologische Untersuchungen im Sonnblickgebiet: Forschungsprogramm Wurtenkees. Österr. Beitr. zu Meteorologie und Geophysik, Heft 12, Zentralanst. f. Met. u. Geodyn., Wien 1995.
- BÖHM, R.: Monographie der Gletscher der Goldberggruppe in den Hohen Tauern, Teil 1: Das Wurtenkees. Entwicklung des Gletschers seit 1850. 79.-81. Jb. d. SV., 3-59, Wien 1984.
- BÖHM, R. UND J. STROBL: Monographie der Gletscher der Goldberggruppe in den Hohen Tauern, Teil 2: Goldberggletscher und Kleines Fleißkees. Entwicklung der Gletscher seit 1850. 82.-83. Jb. d. SV., 3-44, Wien 1987.

#### Anschrift der Verfasserin:

Dr. Ingeborg Auer  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik  
A-1190 Wien, Hohe Warte 38

## Vereinsnachrichten 1994

### Tätigkeitsbericht 1994

#### PERSONAL

Am Observatorium übte das Quartett Wallner, Lindler, Rasser und Lackner die Beobachtertätigkeit aus. Der Sonnblickverein dankt dafür herzlichst. Zum 20jährigen Dienstjubiläum von Herrn Lindler gratuliert der Sonnblickverein mit einer finanziellen Belohnung.

Dr. Mahringer, Dr. Staudinger und dem Team der Regionalstelle Salzburg wird für ihre Arbeit um das und am Observatorium herzlichst gedankt.

Herrn Ludwig Neureiter dankt der Sonnblickverein für seine umsichtige Arbeit an den technischen Einrichtungen.

#### VERWALTUNG

Die Firma Elin hat das elektrische Fernwirksystem an der Talstation montiert, aber noch nicht übergeben.

Seit August ist Herr Roland Streili beim Sonnblickverein beschäftigt; Dr. Mahringer führt die Dienstaufsicht, die Fachaufsicht liegt bei Dr. Radunsky vom UBA und die Lohnverrechnung beim Büro Dkfm. Schäffer. Frau Reg.Rat Grilz sei an dieser Stelle herzlichst für ihre Arbeit zur Geldbeschaffung und zur Abrechnung der vielen Konten gedankt.

Der Mitgliederstand war in etwa gleichbleibend: Austritte hielten sich mit Beitritten die Waage.

#### BAULICHE AKTIVITÄTEN

Der Innenausbau des Aufenthaltsraumes in der Talstation ist abgeschlossen. Die Wartungsstege wurden beauftragt. Die Verhandlungen um den Wasseranschluß werden weitergeführt und müssen bis Oktober 1995 unbedingt erledigt sein.

Sanierungsarbeiten am Observatorium, an der Tauernstütze und an den Seilen der Seilbahn wurden beauftragt. Bei der Talstation aufgebaut. Die bergseitige Anlage wird nach fast schon wieder 10 Jahren Betrieb generalüberholt.

#### GAW

Zwischen Deutschland, Österreich und Schweiz wurde ein Vertragsentwurf zur gemeinsamen Durchführung von GAW vereinbart. Unter diesem Aspekt sind in Zukunft die GAW-Aktivitäten am Sonnblick zu sehen. Ein Vertragswerk zur Durchführung des österreichischen Anteils an GAW, abgeschlossen zwischen den einzelnen betroffenen Ministerien, Ländern und Dienststellen, ist unterschriftsreif.

## WISSENSCHAFTSBERICHT

**ALPTRAC:** Sieben Institute nehmen an diesem Projekt teil. Bei SNOSP geht es um Schneeanalysen aus Schneeprofilen vom Gipfelbereich des Scharecks und des Sonnblicks und um Analysen von fallendem Schnee, Reif und Niederschlag schlechthin. SNOWMET gibt Auskunft über den Zutransport.

Winiwarter et al. haben 12 Jahre lang schneechemische Untersuchungen durchgeführt, deren Resultate derzeit in Druck sind. W. Schöner hat eine Dissertation über SNOSP fertiggestellt.

**TGM-E01:** Die Freibewitterungsversuche mit Kunststoffteilen laufen weiter.

**Glaziologische Massenbilanzen Wurtenkees und Goldbergkees:** Sie werden von der Teilrechtsfähigkeit der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik unterstützt und auch von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik Wien und der Regionalstelle Salzburg durchgeführt. Im Sommer 1995 wird die Gesamtbearbeitung vorliegen. Ein Resultat sei vorgestellt: Die Massenbilanzen beider Gletscher korrelieren mit nur 0,66, das bedeutet, daß die Untersuchung beider Gletscher ihre Berechtigung hat.

**PASTEX:** Die Universitäten Utrecht und Amsterdam mit der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik zusammen, versuchen die glaziologischen Messungen und Wärmehaushaltsmessungen auf der Pasterze mit den Meßreihen des Sonnblicks in Verbindung zu setzen, um eine lange Massenbilanzreihe des Gletschers errechnen zu können.

**AV, Gletscherlängenmessung:** Der österreichische Alpenverein und die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik führen diese laufenden Untersuchungen durch. 1993/94 befanden sich alle Gletscher weiter im Rückzug.

**Biologische UV-Dosismessungen:** Semmelweiss Med. Universität, Institut für Biophysik, Budapest. Mittels Biosensoren (Bakteriophage T7) werden UV-Dosismessungen durchgeführt.

**UV- und Gesamtozonregistrierung:** Durchgeführt vom Institut für Meteorologie und Physik der Universität für BOKU.

## Vereinsnachrichten 1995

An dieser Stelle sei es erlaubt, ein paar Worte im Gedenken an zwei verstorbene Mitglieder des Sonnblick-Vereines voranzustellen:

Herr Karl Mazura war eines jener stillen Vorbilder für die Mitglieder des Sonnblickvereines und der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, wie es nur allzu wenige heute noch gibt. Trotz aller Unbilden bei der Arbeit am Observatorium, schon mit der Anreise beginnend, war er stets bereit bei Problemen sich der Herausforderung „Sonnblick“ zu stellen. Seine Begeisterung für die Sache Sonnblick war bis ins hohe Alter ungebrochen.

Herr HR Dr. Hans Mesal verstarb im 93. Lebensjahr, hat also den Sonnblick über lange Zeit begleitet und vor allem in der schwierigen Zeit nach dem 2. Weltkrieg mit großem Engagement mitgeholfen, den Betrieb aufrecht zu erhalten. Seine Arbeit wurde allerdings nicht immer bedankt und so sei Herrn Mesal noch ein herzliches Dankeschön nachgerufen.

## Tätigkeitsbericht 1995

### PERSONAL

Den Sonnblickbeobachtern Wallner, Lindler, Rasser und Lackner ist für ihre nun schon langjährige Tätigkeit als Sonnblickbeobachter zu danken. Dieser Dank geht auch an den Leiter des Observatoriums Prof. Dr. Mahringer mit seinem Team: Dr. Staudinger, Ing. Pichler und Mitarbeiter. Stellvertretend sei aus der Reihe der Mitarbeiter Herr Johann „Jonny“ Theusinger erwähnt, der durch Jahre immer wieder als stellvertretender Beobachter auf dem Sonnblick Dienst versah.

### VERWALTUNG

Seit August 1993 hat der Sonnblick-Verein Herrn Ing. Streili zur Betreuung der Luftchemie am Observatorium angestellt. Die Bezahlung erfolgte durch die beiden Bundesministerien Umwelt und Wissenschaft und durch die Länder Kärnten und Salzburg. Die Lohnverrechnung führte das Büro Dkfm. Peter Schäffer, Wien, prompt und kostengünstig durch.

Mit 1. April 1996 wurde Herr Streili gekündigt, da dem Sonnblick-Verein keine Mittel mehr zur Bezahlung von Herrn Streili zur Verfügung gestellt wurden. Ursache hierfür war der Abschluß eines Vertragswerkes zwischen den Ländern, den Ministerien und den jeweiligen ausführenden Dienststellen, das die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik als neuen Arbeitgeber für einen ähnlichen Dienstposten vorsieht. Herrn Ing. Streili wird für seine geleistete Arbeit an dieser Stelle gedankt.

1995 wurde nun endgültig der Kaufvertrag zwischen Tomasek/Mühlthaler und Sonnblick-Verein für das Grundstück Talstation Seilbahn von Herrn Rechtsanwalt Dr. W. Stolarz, Hollabrunn, kostengünstig für den Sonnblick-Verein, zu Ende gebracht. Der Sonnblick-Verein dankt Herrn Dr. Stolarz herzlich für seine sechsjährigen (!) Bemühungen!

Die Abwassergenossenschaft Kolm-Saigurn wurde gegründet und auch von den Behörden genehmigt. Der Sonnblick-Verein ist in dieser Abwassergenossenschaft Mitglied. Derzeit laufen diverse Planungen zur Realisierung der Abwasserbeseitigung.

Eine ähnliche Genossenschaft ist für die Bereitstellung von Trinkwasser im Raum Kolm-Saigurn zufolge behördlicher Aufforderung in Gründung. Auch dabei wird der Sonnblick-Verein zur Sicherstellung von Trinkwasser für das Observatorium und die Talstation Mitglied werden.

## GAW

In dem oben zitierten Vertragswerk zur Durchführung der Global-Atmospheric-Watch-Untersuchungen ist auch der Sonnblick-Verein Vertragspartner. Parallel zu diesem Vertragswerk kam es auf der Ebene Deutschland, Schweiz und Österreich zu einem Abkommen zur gemeinsamen Durchführung von Global-Atmospheric-Watch-Untersuchungen auf den Standorten Jungfraujoch, Zugspitze/Hochpeißenberg und Sonnblick.

## BAULICHE AKTIVITÄTEN

Bauliche Arbeiten führte vor allem wieder die Firma Neureiter an den Anlagen aus:

Zunächst kam es durch Rauhreifansatz im Hochwinter zu einem Schaden am Zugseil, das mittels Hubschrauber geborgen wurde und nach Feststellung zwar nicht gravierender Schäden doch teilweise ersetzt werden mußte. Nach dem Spleißen und auch gleich einer notwendigen Tragseilverschiebung wurden die Seile magnetinduktiv untersucht und in Ordnung befunden. Die Hauptstütze der Seilbahn wurde an das von der Behörde verlangte längere Gehänge des Seilbahnwagens adaptiert. Die Renovierung der Stütze (neuer Anstrich) wurde auf 1996 verschoben und bereits beauftragt (Firma Neureiter).

Wegen der Errichtung des 20 m hohen Windmastes mußte für die diversen Strahlungsmeßgeräte die Meßplattform umgebaut und erweitert werden. Das Fernwirksystem der Firma Elin zur Überwachung der Talstation wurde montiert und in Betrieb genommen. Ausständig ist nur mehr der automatische Türöffner (Eingangstüre Talstation). Die Eisenbahnbehörde führte - dies bereits als Vorgriff auf den Bericht 1996 - die Endkollaudierung der Einheit Berstation Seilbahn-Observatorium und Talstation Ende März 1996 durch. Ausgenommen geringfügige Auflagen, z.B. ergänzende Formalunterlagen, wurde die gesamte Anlage genehmigt und die Betriebsbewilligung auf 15 Jahre erteilt.

Damit sind im 110. Bestandsjahr des Observatoriums die Bauaktivitäten des Sonnblick-Vereines nach rund 18 Jahren abgeschlossen.

## WISSENSCHAFTSBERICHT

ALPTRAC: Teilnehmende Institute: Institut für Analytische Chemie, TU-Wien, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Institut für Meteorologie und Geophysik, Uni-Wien, Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf, Umweltbundesamt, Amt der Salzburger Landesregierung, Institut für Experimentalphysik, Uni Wien.

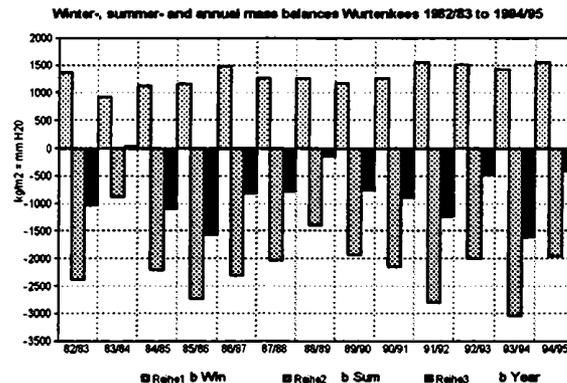
SNOSP (Schneeanalysen) mit der Routineanalyse von Schneeprofilen in Gipfelnähe des Scharecks und des Sonnblicks, Analysen des fallenden Schnees, von Reif und von Niederschlag (VADOS)

SNOWMET (Meteorologisches Unterstützungsprojekt zur Interpretation der Meßergebnisse auf Herkunft, horizontal- und Vertikaltransport). Das Projekt ist erfolgreich abgeschlossen worden. Zahlreiche Veröffentlichungen von W.Schöner und Mitarbeitern des Instituts für analytische Chemie wurden angefertigt. Eine Zusammenfassung der ALPTRAC Untersuchungen wird im nächsten SBV-Jahresbericht erscheinen. Es ist geplant, ein Nachfolgeprojekt (Dr. Staudinger) zu initiieren.

TGM-E01: Institut für Kunststofftechnik, TGM Wien: Alpiner Freibewitterungsstand Sonnblick. Die Untersuchungen an Materialien, die auf dem Dach des Observatoriums der hochalpinen Witterung exponiert sind, wird weitergeführt und mit meteorologischen Meßdaten des Observatoriums versorgt.

**WURTENKEES:** Glaziologisches Massenbilanz-Projekt, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik im Rahmen der Teilrechtsfähigkeit. Alle Massenbilanzmessungen (Winter und Sommer) werden im bisherigen Umfang weitergeführt. Eine Gesamtbearbeitung der Projektergebnisse (seit 1982) ist in der Reihe „Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik“, Bd.12 erschienen. Als Beispiel hier die Meßreihe der mittleren spezifischen Winter-, Sommer- und Jahresbilanzen:

Das Wurtenkees ist der einzige Gletscher der Ostalpen, dessen Massenbilanz nach der direkten glaziologischen Methode getrennt für Winter und Sommer erstellt wird. In diesen Tagen werden soeben (bei schlechter Witterung) die Winterbilanzfeldmessungen durchgeführt.



**GOLDBERGKEES:** Glaziologisches Massenbilanz-Projekt, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Regionalstelle Salzburg. Analog zu den Wurtenkeesmessungen wird seit dem Bilanzjahr 1986/87 auch das Goldbergkees bearbeitet. Ein Vergleich der bisherigen Massenbilanzen der beiden benachbarten Gletscher zeigt die Sinnhaftigkeit der Messungen an beiden Gletschern: Die Korrelation beträgt nur 0,66, es bestehen also auch bei der Massenbilanz markante Unterschiede auf kleinstem Raum.

**PASTEX:** Universität Utrecht, Universität Amsterdam, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. Im Mai 95 wurde eine Zusammenarbeit mit den Unis. Utrecht und Amsterdam begonnen, deren Ziel es ist, die von der Uni. Utrecht auf der Pasterze durchgeführten glaziologischen und Wärmehaushaltsmessungen mit den aktuellen und langjährigen Klimadaten des Sonnblickobservatoriums zu verbinden. Ziel: Ableitung der glaziologischen Massenbilanz aus Klimadaten mit dem Ziel der Rekonstruktion einer langen Massenbilanzreihe des Gletschers. Kollege Wouter Greuell aus Utrecht wurde von I.Auer, R.Potzmann und R.Böhm mit homogenisierten 100jährigen Tagesdaten von Temperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer versorgt. Es war der erste Versuch, aus homogenisierten Monatsreihen solche von Tagesdaten abzuleiten. Homogene Tagesdatenreihen werden in Hinkunft große Bedeutung erlangen, um der Frage evt. existierender Trends bei Extremwertereignissen nachzugehen.

**AV-Projekt Gletscher Längenmessungen:** Österreichischer Alpenverein, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. Weiterhin werden die Hauptgletscher der Goldberggruppe mit Vorlandmarken vermessen und die Gletscher mit Fotos von fixen, vermessenen Standorten aufgenommen. I.Auer, R. Böhm und A.Egger (KELAG) haben folgende Längenänderungen gemessen: 1994/95 befanden sich die vermessenen Gletscher der Goldberggruppe in deutlich schwächerem Rückzug als in den Vorjahren. Die ab dem Schneefall Ende August anhaltende Schneebedeckung der Gletscher hat den Rückgang vermindert: Goldbergkees: -4,2 m, Kleinfleißkees: -2,2 m, östliches Wurtenkees: -2,6 m, westliches Wurtenkees: -2,7m, Schlapperebenkees: -3,5 m.

**Projekt UV und Gesamtzozonregistrierung:** Institut für Meteorologie und Physik, Univ. f. Boku, Wien. Das Projekt wird weitergeführt und kann bereits als eine Art Bestandteil der Routine des Observatoriums bezeichnet werden. Kollegin Breycha wird im übernächsten Jahresbericht des SBV einen Bericht darüber veröffentlichen.

## BUDGET SONNBLICK-VEREIN 1994

## EINNAHMEN

Mitgliedsbeiträge und Spenden	öS	65.820,--
Subventionen (Nationalbank und LKT)	öS	38.000,--
Kostenersätze für Seilbahnfahrten	öS	129.300,--
Kostenersätze für Datenüberlassung	öS	13.600,--
Vergütung für Beitrag in Zeitschrift	öS	1.500,--
Rückvergütung der Gemeinde Rauris	öS	7.004,10
Habenzinsen	öS	917,27
Verkauf von Jahresberichten des SV	öS	2.579,--
<b>Summe</b>	<b>öS</b>	<b>258.720,37</b>

## AUSGABEN

Postgebühren	öS	8.635,--
Stempelgebühren	öS	1.310,--
Gebühr für Funkanlage	öS	840,--
Bankgebühren, Spesen, KEST	öS	2.005,33
Büromaterial	öS	185,--
Abonnement der Österr. Hochschulzeitung	öS	645,--
Abonnement „Wetter und Leben“ 1993, 1994	öS	990,--
Versicherungen	öS	38.651,--
Stromkosten (an SAFE)	öS	16.324,--
Gebühr für Müllcontainer	öS	2.200,--
Kosten für 90.-91. Jahresbericht für 1992/93	öS	59.840,--
Reinigungsmaterial und -arbeiten im Observatorium	öS	10.340,40
Diverse Ausrüstungsgegenstände	öS	8.344,80
<i>(Schutzhaube für Schreibmaschine</i>	öS	276,--
<i>Handschuhe für Beobachter</i>	öS	463,80
<i>Kabel</i>	öS	468,--
<i>Schneepegel</i>	öS	1.200,--
<i>Piepsgerät</i>	öS	1.998,--
<i>Kamera</i>	öS	3.539,--)
<b>Kostenersätze</b>	<b>öS</b>	<b>11.406,--</b>
<i>(GT Dir. Schwabl</i>	öS	628,--
<i>Fahrtkosten</i>	öS	460,--
<i>Kosten bei Beob.-Treffen</i>	öS	2.008,--
<i>Wäschereinigung und Inst.Hlt.</i>	öS	8.310,--)
Service-Arbeiten an Skiern und Ski-Doo		2.036,60
Betreuung des Witterungsstandes durch 4 Beobachter für 1992-1994	öS	32.000,--
Dienstjubiläum (20j. v. F. Wallner)	öS	10.000,--
Weihnachtsremuneration	öS	1.200,--
Arbeiten an Seilbahn	öS	196.423,88
Arbeiten an Talstation	öS	13.708,12
<b>Summe</b>	<b>öS</b>	<b>417.085,13</b>
Summe der Einnahmen 1994	öS	258.720,37
Summe der Ausgaben 1994	öS	417.085,13
Vermögensverminderung bis Ende 1994	öS	158.364,76

**ZUSAMMENSTELLUNG**

Gesamtübertrag aus 1993	öS	227.022,47
Einnahmen 1994	öS	258.720,37
Summe aus Übertrag und Einnahmen	öS	485.742,84
abzgl. Ausgaben 1994	öS	417.085,13
verbleibt als ÜBERTRAG für 1995	öS	68.657,71
Übertrag für 1994	öS	227.022,47
Vermögensverminderung bis Ende 1994	öS	158.364,76

**VERMÖGENSZUSAMMENSTELLUNG (Stand Ende 1994)**

Barkasse	öS	132,66
Konto bei Österr. Postsparkasse Nr. 7.280.971	öS	62.581,84
Konto ordinario bei CA-BV Nr. 0044-14017/00	öS	2.626,59
Sparbuch bei CA-BV Nr. 6044-00-05613	öS	3.316,62
<b>Summe</b>	<b>öS</b>	<b>68.657,71</b>

**KONTO bei Postbank München Nr. 0120116808**

Übertrag aus 1993	DM	301,34
Einnahmen 1994	DM	1.216,80
<i>Zwischensumme</i>	<i>DM</i>	<i>1.518,14</i>
abzgl. Ausgaben 1994	DM	42,40
Saldovortrag für 1995	DM	1.475,74

**500 öS-Spenden und mehr im Jahre 1994**

OSTR Dr. Elisabeth Rathschüler, Salzburg	öS	15.000,--
Dr. Max Diem, Karlsruhe (DM 200,--)	öS	1.400,--
Gersheimer Marmorwerke OMYA GesmbH, Gummern	öS	700,--

**Zusammenstellung SV allgemein 1994 und SV ÖAW 1994**

Vortrag für 1994 (allgemein und ÖAW)	öS	245.669,98
zuzgl. Einnahme 1994 (allgemein)	öS	258.720,37
zuzgl. Einnahme 1994 (ÖAW-Subv.)	öS	199.999,87
<i>Zwischensumme</i>	<i>öS</i>	<i>704.390,22</i>
abzgl. Ausgaben 1994 (allgemein)	öS	417.085,13
abzgl. Ausgaben 1994 (ÖAW-Subv.)	öS	218.337,73
Vortrag für 1995	öS	68.967,36
<b>Gegenüberstellung</b>		
Vermögenssumme allgemein Ende 1994	öS	68.657,71
Saldovortrag aus ÖAW-Subvention Ende 1994	öS	309,65
<b>Summe</b>	<b>öS</b>	<b>68.967,36</b>

## BUDGET SONNBLICK-VEREIN 1995

## EINNAHMEN

Mitgliedsbeiträge und Spenden	öS	128.801,50
Subvention (Nationalbank)	öS	20.000,--
Kostenersätze für Seilbahnfahrten	öS	42.600,--
Kostenersätze für Datenüberlassung	öS	3.600,--
Rückvergütung von SAFE	öS	6.277,--
Habenzinsen	öS	491,56
Durchlaufer (GAW Pers.Konto)	öS	50.000,--
<b>Summe</b>	<b>öS</b>	<b>251.770,06</b>

## AUSGABEN

Postgebühren	öS	4.537,--
Stempelgebühren	öS	2.550,--
Bankgebühren, Spesen KEST	öS	2.071,85
Gebühr für Funkanlage	öS	1.440,--
Büromaterial	öS	334,10
Abonnement „Wetter und Leben“	öS	600,--
Versicherung für Ski-Doo	öS	793,--
Stromkosten an SAFE	öS	6.096,--
Abfallbeseitigungsgebühren	öS	2.805,--
Service an Ski-Doo	öS	720,--
Service an Schreibmaschine	öS	3.580,80
Wartung der Feuerlöscher	öS	11.853,60
Wartung eines Motors	öS	8.978,--
Kaminkehrerarbeiten	öS	2.100,--
Reinigungsarbeiten im Obs. und -Material	öS	11.700,--
Wäschereinigung und -instandhaltung 94	öS	9.160,--
Hubschraubertransporte	öS	10.164,--
Ausgaben für Seilbahn	öS	39.147,80
Ersätze für div. Fahrten	öS	9.350,--
Dienstjubiläum (20j. Hr. Lindler)	öS	10.000,--
Weihnachtsremunerationen	öS	1.000,--
Div. Ausrüstungsgegenstände	öS	40.535,24
<i>(Skier</i>	<i>öS</i>	<i>24.119,97</i>
<i>Sicherheitsgurte</i>	<i>öS</i>	<i>2.496,77</i>
<i>Windsäcke</i>	<i>öS</i>	<i>3.644,50</i>
<i>Feuerlöscher</i>	<i>öS</i>	<i>2.850,--</i>
<i>Bettwäsche</i>	<i>öS</i>	<i>7.424,--</i>
<b>Summe</b>	<b>öS</b>	<b>179.586,39</b>
Summe der Einnahmen	öS	251.770,06
Summe der Ausgaben	öS	179.586,39
Vermögensvermehrung bis Ende 1995	öS	72.183,67

## ZUSAMMENSTELLUNG

Gesamtübertrag aus 1994	öS	68.657,71
Einnahmen 1995	öS	251.770,06
Summe aus Übertrag und Einnahmen 1995	öS	320.427,77
abzüglich Ausgaben 1995	öS	179.586,39
verbleibt als Übertrag für 1996	öS	140.841,38
Übertrag für 1995	öS	68.657,71
daher Vermögensvermehrung bis Ende 1995	öS	72.183,67

## Vermögenszusammenstellung (Stand Ende 1995)

Barkasse	öS	1.131,56
Konto Österr. Postsparkasse Nr. 7.280.971	öS	80.177,96
Konto ordinario bei CA-BV Nr. 0044-14017/00	öS	56.133,08
Sparbuch bei CA-BV Nr. 6044-00-05613	öS	3.398,78
<b>Summe</b>	<b>öS</b>	<b>140.841,38</b>

Der Durchlauferbetrag (öS 50.000,--) wurde im Jänner 1996 sofort auf das GAW-Pers.-Konto überwiesen.

## Konto bei Postbank München Nr. 01201116808

Übertrag aus 1994	DM	1.475,74
Einnahmen 1995	DM	896,--
<i>Zwischensumme</i>	<i>DM</i>	<i>2.371,74</i>
abzüglich Ausgaben 1995	DM	45,60
Saldovortrag für 1996	DM	2.326,14

## 500-Schilling-Spenden und mehr im Jahred 1995

OSTR Dr. Elisabeth Rathschüler, Salzburg	öS	15.000,--
DI Werner Kroneis, Wien	öS	5.000,--
Willi Scherbinek, Dienten	öS	3.000,--
Dr. Max Diem, Karlsruhe (DM 200,--)	öS	1.400,--
Frieda Nagl, Rauris	öS	1.000,--
Dr. Elisabeth de Bary, Bad Soden (DM 120,--)	öS	800,--

## Zusammenstellung SV allgemein und SV ÖAW 1995

Vortrag für 1995 (allgemein und ÖAW)	öS	68.967,36
zuzüglich Einnahmen 1995 (allgemein)	öS	251.770,06
zuzüglich Einnahmen 1995 (ÖAW)	öS	200.000,--
<i>Zwischensumme</i>	<i>öS</i>	<i>520.737,44</i>
abzüglich Ausgaben 1995 (allgemein)	öS	179.586,39
abzüglich Ausgaben 1995 (ÖAW-Subv.)	öS	163.713,12
Vortrag für 1996	öS	177.437,93

## Gegenüberstellung

Vermögenssummen (allgemein) Ende 1995	öS	140.841,38
Saldovortrag aus ÖAW-Subvention Ende 1995		
CA-BV-Konto 0044-14025/00	öS	36.596,55
	<b>öS</b>	<b>177.437,93</b>

**Totalisatorenmessungen im Sonnblickgebiet im Jahr 1994**  
(Messung am 1. des Monats)

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Sonnblick-horizontale Auffangfläche	308	96	252	340	220	288	136	248	76	152	172	152
Sonnblick-hangparallele Auffangfläche	236	100	164	272	200	308	204	412	184	160	112	116
Oberes Fleißkees	148	104	80	236	140	236	124	160	204	92	96	108
Unteres Fleißkees	80	100	44	164	76	204	92	176	172	80	60	116
Fleißtotalisator	132	60	12	224	116	100	100	204	216	90	84	60
Rojachertotalisator	288	68	180	270	248	236	148	252	244	200	160	80
Radhaustotalisator	200	60	64	140	168	132	120	240	256	152	72	80
Kolm-Saigurn	114	47	93	200	164	164	107	178	234	146	116	125

**Schneepegelmessungen im Sonnblickgebiet im Jahr 1994**  
(Messung am 1. des Monats, Pegel am 1.10. auf Null gestellt)

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Unterer Goldkeesboden	197	330	338	390	340	315	203	Eis	Eis	Eis	45	95
Oberer Goldkeesboden	192	248	233	275	330	278	168	Eis	Eis	Eis	54	98
Steilhang	210	260	250	280	400	390	240	40	Eis	Eis	40	90
Untere Brettscharte	260	280	260	295	380	370	280	90	Eis	Eis	60	100
Obere Brettscharte	260	210	230	280	370	360	250	105	Eis	Eis	65	100
Fleißscharte	355	378	382	462	557	570	455	290	148	105	88	100
Pilatusscharte	180	280	290	320	380	390	290	130	Eis	Eis	65	100
Fleißkees oben	180	180	160	185	270	250	160	Eis	Eis	Eis	0	30
Fleißkees unten	160	300	290	320	395	400	310	140	Eis	Eis	50	100
Fleißkees Zunge	190	220	220	250	340	280	200	10	Eis	Eis	50	95

**Totalisatorenmessungen im Sonnblickgebiet im Jahr 1995**  
(Messung am 1. des Monats)

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Sonnlick-horizontale Auffangfläche	460	288	420	296	352	408	104	372	152	80	188	212
Sonnlick-hangparallele Auffangfläche	308	256	288	220	280	444	180	440	260	60	224	436
Oberes Fleißkees	56	136	216	204	156	304	104	260	172	84	120	116
Unteres Fleißkees	132	92	144	140	180	236	80	176	124	72	132	96
Fleißtotalisator	252	48	104	160	84	212	72	216	136	48	76	80
Rojachertotalisator	68	168	308	264	180	536	156	364	256	96	224	156
Radhaustotalisator	144	80	120	136	140	356	180	168	216	75	68	132
Koim-Saigurn	203	86	221	114	79	325	150	250	182	61	125	114

**Schneepegelmessungen im Sonnlickgebiet im Jahr 1995**  
(Messung am 1. des Monats, Pegel am 1.10. auf Null gestellt)

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Unterer Goldkeesboden	162	248	293	377	397	397	338	73	70	50	50	80
Oberer Goldkeesboden	137	215	265	320	402	402	322	95	90	70	49	80
Steilhang	150	240	300	450	500	550	420	200	160	150	50	120
Untere Brettscharte	160	270	340	420	480	510	390	280	255	265	55	110
Obere Brettscharte	120	240	260	360	480	500	340	240	190	195	55	120
Fleißscharte	117	211	281	255	352	400	343	158	157	163	20	95
Pilatusscharte	150	270	280	245	340	390	380	170	150	170	25	80
Fleißkees oben	40	90	140	160	210	230	220	EIS	90	70	20	50
Fleißkees unten	80	200	260	295	390	410	380	200	210	190	25	70
Fleißkees Zunge	100	170	230	250	320	340	310	105	90	80	20	60

Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen auf dem Sonnblickgipfel (H=3105 m, H<sub>p</sub>=3106,5 m) aus dem Jahr 1994

	Luftdruck in hPa			Temperatur in °C			Bewölkung in Zehntel	Niederschlag			Zahl der Tage				Sonnenscheindauer in h	Windstärke m/s			
	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.		in mm	Tage		Schnee	Nebel	Sturm	Tage					
									N	S				heiter			trüb	Frost	Eis
Jänner	687,8	701,6	677,0	-11,4	-3,5	-22,6	6,5	125	203	18	18	22	4	3	9	31	31	112	8,3
Februar	686,6	695,7	680,0	-13,0	-1,8	-22,7	6,4	51	81	15	15	17	3	2	9	28	28	119	7,8
März	694,0	702,9	684,6	-7,4	0,2	-16,9	7,2	84	179	23	22	25	9	1	13	31	30	161	7,5
April	687,2	705,6	672,1	-8,8	1,0	-18,2	8,6	160	245	25	25	28	2	0	21	30	29	102	5,7
Mai	694,3	702,6	681,7	-3,1	2,2	-12,2	7,5	125	192	21	18	26	5	1	16	31	19	166	5,8
Juni	700,7	708,1	686,0	0,3	9,6	-10,0	7,7	62	210	16	8	24	4	0	14	18	10	178	5,4
Juli	703,8	707,3	698,5	4,6	11,4	-1,9	6,8	97	149	15	1	19	0	2	13	4	0	221	3,5
August	702,0	710,8	690,2	4,0	11,8	-4,7	6,5	121	195	19	1	24	0	1	10	9	1	241	5,2
September	698,3	707,4	685,7	0,2	6,8	-9,4	7,6	147	106	15	6	26	47	1	14	15	7	128	7,8
Oktober	695,7	708,9	686,9	-4,2	5,6	-16,8	6,4	104	133	13	10	22	1	2	10	27	21	181	6,4
November	696,6	704,6	683,4	-5,4	2,4	-10,8	7,1	40	101	12	12	21	3	1	13	30	29	93	7,8
Dezember	693,6	704,8	677,3	-8,9	0,8	-20,3	5,8	61	179	19	19	21	2	4	10	31	30	120	7,9
Jahr	695,0	710,8	672,1	-4,4	11,8	-22,7	7,0	1177	1973	211	155	275	37	18	152	285	235	1822	6,5

Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen auf dem Sonnblickgipfel (H=3105 m, H<sub>p</sub>=3106,5 m) aus dem Jahr 1995

	Luftdruck in hPa			Temperatur in °C			Bewölkung in Zehntel	Niederschlag			Zahl der Tage				Sonnenscheindauer in h	Windstärke m/s			
	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.		in mm	Tage		Schnee	Nebel	Sturm	Tage					
									N	S				heiter			trüb	Frost	Eis
Jänner	686,3	699,4	672,2	-14,4	-4,3	-26,6	6,8	114	244	20	20	18	2	5	14	31	31	76	8,6
Februar	689,9	700,2	673,3	-9,8	-2,5	-18,0	6,9	83	160	19	19	11	2	0	12	28	28	94	7,6
März	685,2	699,6	668,0	-13,1	-3,9	-23,2	7,3	92	182	25	25	21	5	3	17	31	31	133	8,2
April	690,9	700,4	678,0	-7,8	-0,3	-18,4	8,4	164	268	24	24	26	8	0	20	30	30	97	7,4
Mai	694,9	704,6	674,1	-3,4	7,4	-12,6	7,3	118	134	18	15	23	0	1	14	29	18	162	5,6
Juni	696,7	707,7	688,1	-1,1	8,5	-8,0	8,4	132	204	21	20	27	0	0	21	26	12	109	4,5
Juli	703,1	709,7	693,0	5,3	12,8	-1,8	6,5	60	36	17	1	22	1	3	11	3	0	238	3,7
August	699,9	708,9	687,3	1,4	10,9	-9,0	8,0	138	303	22	6	27	0	0	19	11	3	138	3,8
September	694,5	701,2	686,9	-3,0	3,4	-13,0	8,4	88	192	20	15	29	2	0	18	28	17	111	5,9
Oktober	703,5	710,5	689,7	0,0	5,1	-10,6	3,6	11	38	5	5	9	1	10	2	19	6	255	5,3
November	690,6	698,5	678,9	-10,0	-1,3	-21,9	6,5	66	223	16	16	23	8	5	12	30	30	102	7,2
Dezember	687,3	702,6	672,8	-11,3	-5,0	-23,5	7,2	131	111	24	24	22	11	3	16	31	31	82	9,1
Jahr	693,5	710,5	668,0	-5,6	12,8	-26,6	7,1	1197	2095	231	190	258	40	30	176	297	237	1597	6,4

**E r r a t a :**

Seite 42 ..... statt Abbildung 3a-c ..... **Abbildung 3.4.1 a-c**

Seite 55 und 56 ..... statt Abbildung 4.4 ..... **Abbildung 4.1**

Seite 61 ..... in Tabelle 1.1.1 Tabellenüberschrift richtig:  
**Niederschlagsmessungen (mm) und  
Schneehöhenmessungen (cm)**

Seite 62 ..... Fortsetzung Tabelle 1.1.1 statt 1.1.91 ..... **1.1.95**

Seite 62-63 ..... bei Tabelle 1.2.1, 1.2.2, 1.2.3 richtiges Datum ..... **4.-5.5.1995**

Ab Seite 70 bis Seite 86 ..... Kopfzeile soll richtig lauten ..... , **1994-1995**

Seite 70, 1.Absatz ..... statt 1994 ..... **1994/95**

Seite 73 ..... statt Tabelle 3.2.5.1 ..... **3.2.1**

Seite 80 ..... **AUSGABEN** Schneepegel statt öS 1.200,-- ..... **öS 1.600,--**  
Service Arbeiten an Skiern und Ski-Doo ..... der Betrag von  
**öS 2.036,60** gehört in die **Summenspalte** nach rechts

Seite 84 u. 85, Tabellen ..... **Totalisatorenmessungen (mm) am 1. des Folgemonats**  
**Schneepegelmessungen (cm)**

Seite 86 ..... in Tabelle 1994 statt 47 Sturmtage (September) ..... **4**

FRÜHLING  
SOMMER  
HERBST &  
WINTER...

... WIR SIND FÜR SIE DA

Ob Bergsport, Skifahren,  
Tennis, Angeln usw.

**Ihr Fachberater seit 55 Jahren**

**SPORTHAUS MARKUS MAIER**

A-5020 Salzburg, Rainerstraße 2, Tel. 06 62/7 14 41

# MULTICOPY

ALLES ANDERE IST NUR KOPIE

Info-Hotline  
0222/37 65 11

Brillante Kopien  
rasend schnell

DIGITALER DRUCK  
GESTOCHEN SCHARF

S/W Kopien (auch Großauflagen)

Farblaserkopien  
(auch doppelseitig)

Plankopien

Weiterverarbeitung: Binden, Heften, Schneiden

Poster - Service

S/W Kopien mit einer Zusatzfarbe

Kopier-Papier und Zubehör

Spezialdruckträger

Electronic Printing:  
Ausdrucke direkt von Diskette,  
Cartridge oder CD-Rom

Kompatibel mit modernen DTP-  
Programmen für Macintosh und PC

Datenkonvertierung- und Archivierung

Layout-Service und Beratung

Personalisierte Briefe

MultiCopy Zentrale, Muthgasse 42-46, 1190 Wien, Tel: 0222/37 65 11 - 0  
Zedlitzgasse 1, 1010 Wien, Tel: 0222/512 39 02  
Lassallestraße 12, 1020 Wien, Tel: 0222/728 22 58  
Triester Straße 122, 1232 Wien, Tel: 0222/667 37 87  
4020 LINZ, Pillweinstr. 34, Tel: 0732/60 28 28  
8020 GRAZ, Alte Poststr. 134-136, Tel: 0316/57 48 33  
6020 INNSBRUCK, Salurner Str. 15, Tel: 0512/58 43 62  
9020 KLAGENFURT, Gasometerg. 4a, Tel: 0463/31 01 06

Kompetentes Service durch das MultiCopy - Team 8 mal in Österreich.

Bitte Abschnitt abtrennen und Gutschein bis zum 31.12.1996 in einer der 8 MultiCopy Filialen einlösen.

Testen Sie uns!  
**Gutschein über ös 100,-**  
auf alle MultiCopy-Dienstleistungen lt. Preisliste.  
Gültig in allen MultiCopy Filialen.  
**MULTICOPY**  
ALLES ANDERE IST NUR KOPIE

Info-Hotline  
0222/37 65 11