

SCHNEECHEMIEMONITORING

Marion Rothmüller¹, Wolfgang Schöner¹, Anne Kasper-Giebl²

¹Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG)

²Technische Universität Wien, Institut für Chemische Technologien und Analytik

EINLEITUNG

Atmosphärischer Spurenstoffe in der Luft und im Niederschlag spielen eine wesentliche Rolle in diversen Umweltprozessen wie zum Beispiel dem Nährstoffhaushalt oder dem Säuregehalt in terrestrischen und aquatischen Ökosystemen (Jones, 2001). Die Analyse der chemischen Zusammensetzung der Luft und des Niederschlages ist daher von essentieller Bedeutung um einerseits Rückschlüsse auf die Verschmutzung der Luft, des Wassers oder des Bodens ziehen zu können, und andererseits um den Einfluss auf die Vegetation, die Tierwelt und auf den Menschen zu untersuchen. Die in der Luft befindlichen Spurenstoffe werden durch unterschiedliche Depositionsprozesse auf die Erdoberfläche gebracht. Einerseits durch Sedimentation und Diffusion (= trockene Deposition), andererseits durch Niederschlag (= nasse Deposition) oder Nebel bzw. Reif (= okkulte Deposition).

Mit Hilfe des Schneechemiemonitorings an verschiedenen Gletschern rund um den Hohen Sonnblick wird der Eintrag atmosphärischer Spurenstoffe in eine hochalpine winterliche Schneedecke untersucht. Speziell im hochalpinen Bereich kann der Eintrag atmosphärischer Luftschadstoffe zu einer Versauerung des Gletschers und der Schneedecke und somit auch zu einer Versauerung des abfließenden Schmelzwassers führen. Das abfließende „saure“ Schmelzwasser wiederum kann dadurch einen „Säureschock“ in angrenzenden Ökosystemen wie Flüssen, Seen oder Böden hervorrufen. Die Wahl einer hochalpinen winterlichen Schneedecke für derartige Untersuchungen hat zwei Gründe. Erstens kommt es für die Periode Oktober bis Mai in diesen Höhenlagen nur zu sehr geringfügigen Schmelzvorgängen, wodurch die Ionen aus der Schneedecke kaum ausgewaschen werden. Zweitens sind die gewählten Probenahmestellen weit entfernt von lokalen Emissionsquellen. Somit lässt sich vor allem die Hintergrundbelastung durch Luftschadstoffe messen.

Um den Eintrag atmosphärischer Spurenstoffe in eine hochalpine winterliche Schneedecke zu untersuchen, werden seit 1987 Schneeproben am Goldbergkees (GOK) genommen und auf die wichtigsten Ionen untersucht. Von 1984 bis 2012 wurden auch am nahe gelegenen Wurtenkees (WUK) Schneeproben genommen und analysiert. Seit 2013 wurden die Messungen am WUK aber aufgrund des stark ansteigenden Schibetriebes und der damit einhergehenden künstlichen Beschneigung eingestellt da keine Beprobung der natürlichen Schneedecke mehr garantiert war. Stattdessen wurde das Fleißkees (FLK) als neuer Messstandort hinzugefügt.

Die Messung der Schadstoffdeposition im Bereich des Sonnblicks wurde im Rahmen des EUROTRAC Subprojektes ALPTRAC etabliert (Schöner, 1995) und ist gegenwärtig die einzige lange Zeitreihe im Bereich der Alpen. Diese für den Alpenraum nun einzigartige Messreihe stellt einen wesentlichen Beitrag zu den Umweltmessungen der GAW-Station Sonnblick dar und bietet ein großes Potential für interdisziplinäre Forschung.

DATEN UND METHODEN

Seit den frühen 80ern werden alljährlich am Ende der Winterakkumulationsperiode (Ende April bis Anfang Mai) Schneeprofile bis zum Vorjahreshorizont gegraben und Schneeproben entnommen. Die Proben werden im tiefgekühlten Zustand nach Wien transportiert, dort tiefgekühlt gelagert bis sie im Labor des Institutes für Chemische Technologien und Analytik der Technischen Universität Wien analysiert werden.

Die Analyse umfasst die Bestimmung der Konzentrationen der wichtigsten Ionen in der Schneedecke mittels Ionenchromatographie. Zu diesen zählen Nitrat (NO_3^-), Sulfat (SO_4^{2-}), Chlorid (Cl^-), Ammonium (NH_4^+), Calcium (Ca^{2+}), Magnesium (Mg^{2+}), Kalium (K^+) und Natrium (Na^+). Zusätzlich erfolgt auch die Messung des pH-Wertes um die Protonenkonzentration (H^+) zu berechnen sowie die Messung der elektrischen Leitfähigkeit. Die gemessenen Konzentrationen sind repräsentativ für die gesamte Winterschneedecke (Periode ungefähr von Oktober bis Mai des Folgejahres).

Zusätzlich zur Schneeprobenentnahme werden Kornform, Korngröße, Härte, Wassergehalt, Temperatur und Dichte der einzelnen Schichten bestimmt. Aus diesen physikalischen Kenngrößen und den meteorologischen Messungen am Sonnblick können einzelne Schichten Niederschlagsereignissen zugeordnet werden. Von besonderem Interesse sind dabei die Staubfälle aus der Sahara, die eine deutliche Pufferwirkung gegenüber den sauren Bestandteilen in der Schneedecke ausüben (siehe Abbildung 1).

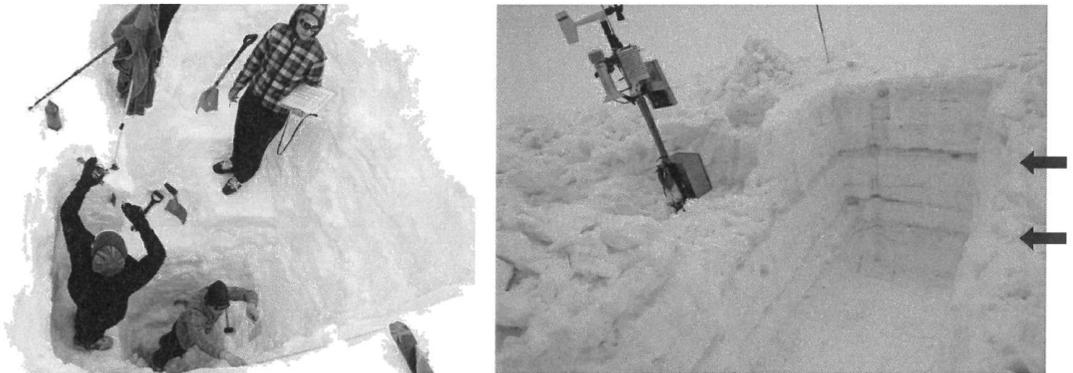


Abbildung 1: Links – Schneeprobenentnahme am Sonnblick (Foto: Bernhard Hynek); Rechts – Schneeprofil mit deutlichen Schichten zweier Saharastaubereignisse Mitte Februar und Anfang April 2014

ERGEBNISSE

Für die Sulfat- und Nitratkonzentrationen wurde ein signifikant abnehmender Trend festgestellt (siehe Abbildung 2). Diese beiden Ionen gelten als die Hauptverursacher für den Säureeintrag in die Schneedecke. Für die Protonenkonzentration wurde ebenfalls ein signifikant abnehmender Trend gefunden. Die Protonenkonzentration steht dabei in einem inversen Verhältnis zum pH Wert (pH niedrig = sauer = viele Protonen und vice versa). Daher ist es kaum verwunderlich, dass einhergehend mit dem Rückgang der „sauren“ Ionen wie Sulfat und Nitrat auch die Protonenkonzentration signifikant abnimmt, der pH-Wert also einen signifikant positiven Trend aufzeigt. Die Versauerung des Gletschers ist somit rückläufig. Alle anderen untersuchten Ionen (wie z.B. Ammonium) zeigen hingegen (noch) keinen signifikanten Trend.

Aus den bisher vorliegenden Zeitreihen der Ionendeposition bzw. -konzentration kann sehr gut gezeigt werden, dass die Deposition von Sulfat und Nitrat gut mit den entsprechenden Emissionen von Schwefeldioxid und Stickoxiden übereinstimmen (Rothmüller, 2012).

Die Ionenkonzentrationen in der Schneedecke wurden zudem auch auf saisonale Unterschiede untersucht. Aufgrund des Monitorings der Schneeakkumulation mittels Totalisatoren konnten die gemessenen Konzentrationen auf saisonale Werte umgerechnet werden. Vor allem für Sulfat, Nitrat und Ammonium wurden jeweils die geringsten Konzentrationen im Winter und die höchsten Konzentrationen im Frühling gefunden (siehe Abbildung 2). Die größte saisonale Variation besteht dabei für Ammonium und ist auf den beginnenden Einsatz von Düngemitteln im Frühling zurückzuführen. Zudem setzt im Frühling langsam Konvektion ein, wodurch der Eintrag von lokalen Quellen (z.B. Straßenverkehr und Industrieabgase) größer ist als im Winter. In der kalten Jahreszeit ist die Atmosphäre stabiler geschichtet weshalb der Schadstoffeintrag aus Ferntransport überwiegt.

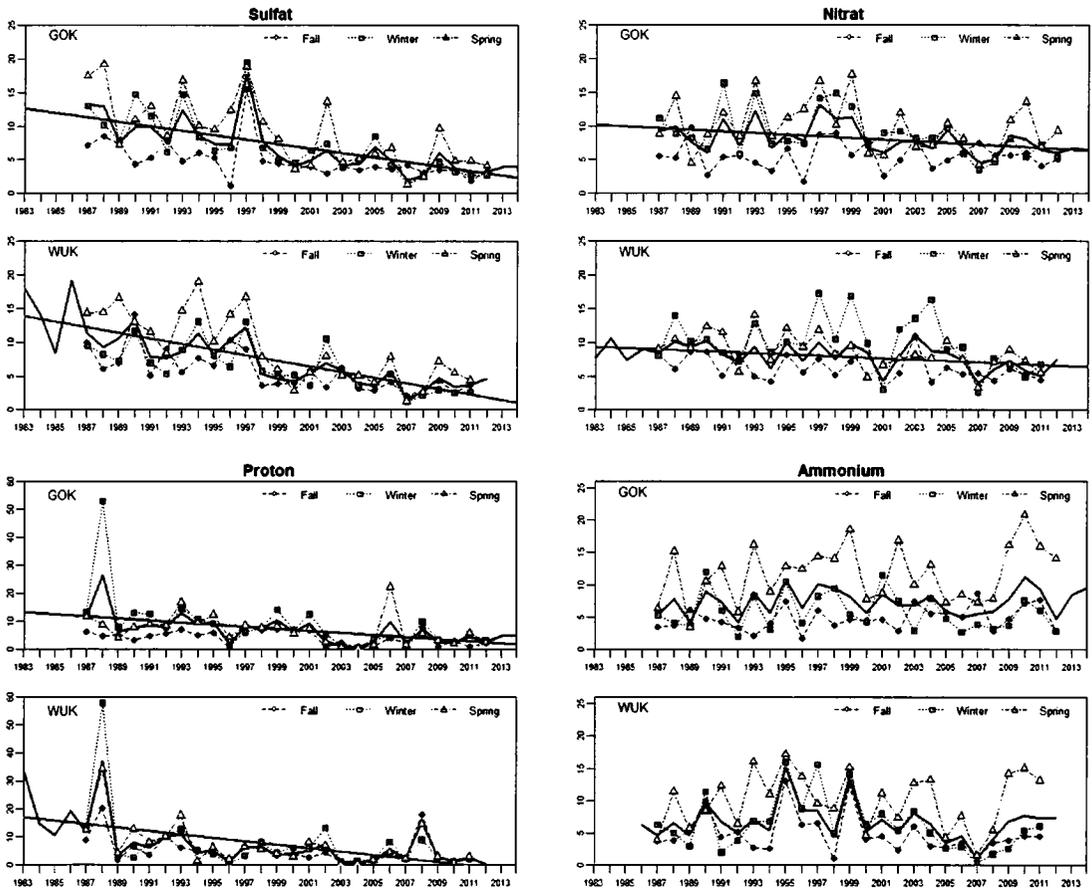


Abbildung 2: Zeitreihe der Ionenkonzentrationen der Schneedecke am Goldbergkees (GOK) und Wurtenkees (WUK) seit 1984. Die schwarze dicke Linie gibt das jährliche Mittel an, die blaue bzw. grüne Linie den Trend und die strichlierten Linien die jeweilige saisonale Konzentration

AUSBLICK

Im Jahr 2013 wurde die Schneehöhenmessung am Sonnblick an den Standort Lieslstange, dem Ort der Progenentnahme für die Schneechemie, verlegt. Damit ergibt sich in Zukunft ein wesentlich größeres Potential der Datenanalyse, da einzelne Schneeschnitte viel besser einzelnen Niederschlagsereignissen zugeordnet werden können. Eine geplante Erweiterung des Strahlungs- und Aerosolmonitorings am Sonnblick bietet ein außerordentlich großes Potential für interdisziplinäre Forschungsprojekte zum Zusammenwirken von Aerosoldeposition, Schneeökologie und Auswirkungen auf die Albedo, einer zentralen Fragestellung der Kryosphärenforschung zum besseren Verständnis der Folgenwirkung von Klimaveränderungen auf Schnee- und Gletschermassenbilanz.

LITERATUR

- JONES, H.G., 2001. Snow Ecology: An Interdisciplinary Examination of Snow-Covered Ecosystems. Cambridge University Press.
 ROTHMÜLLER, M., 2012. Temporal trends of ion concentration and deposition in high alpine snow packs from 1983-2011 (Hohe Tauern, Austria). Diplomarbeit.
 SCHÖNER, W., 1995. Schadstoffdeposition in einer hochalpinen winterlichen Schneedecke von Wurtenkees und Goldbergkees (Hohe Tauern). Dissertation.

PROJEKTECKDATEN

Die in ALPTRAC begonnenen Messungen wurden im Rahmen der Projekte ALEMOP, MOMBASA und HIGHMON fortgesetzt. Derzeit werden die Messungen und Analysen aus dem Forschungsprojekt GCW-S_G (Global Cryosphere Watch Sonnblick – Gletscher- und Schneedeckenmonitoring) finanziert.

Kontakt:

Mag.^a Marion Rothmüller
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
Abteilung Klimaforschung
Hohe Warte 38
1190 Wien

marion.rothmueller@zamg.ac.at

Ao. Univ. Prof. Anne Kasper-Giebl
Technische Universität Wien
Institut für Chemische Technologie
und Analytik
Getreidemarkt 9/164/UPA
1060 Wien
akasper@mail.zserv.tuwien.ac.at