

Der Sonnblick

*Observatorium über
den Wolken*



*Wissenschaftliche Aktivitäten
August 2004*

Herausgeber:
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik / Sonnblickverein
Regionalstelle für Salzburg und Oberösterreich
Freisaalweg 16
A-5020 Salzburg

Redaktion: G. Lehner, G. Schauer, M. Staudinger
Layout: G. Schauer
Fotos Umschlagblatt: M. Staudinger, G. Schauer

Druck: J. Huttegger Ges.m.b.H. & Co. KG., Salzburg



Vorwort

Die Umwelt- und Klimaforschung hat in Europa in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen, da sich die Auswirkungen der Klimaänderung in den Alpen immer stärker bemerkbar machen. Der Sommer 2003 war typisch für eine Entwicklung, in der Extremwetterlagen mit immer größerer Häufigkeit auftreten. Ein rasanter Rückgang der Gletscher, Änderungen in der Flora und Fauna und die entsprechenden Auswirkungen verlangen profunde Planungs- und Gestaltungsunterlagen von den Naturwissenschaften.

Die Fragestellungen rund um die Begriffe Atmosphärenchemie, Atmosphärenphysik und Klimaänderung sind sehr komplex und betreffen fast immer mehrere Fachgebiete. Die Antworten auf diese Fragen können heute nur mehr durch gegenseitige Anregung und Unterstützung der einzelnen Forschungsdisziplinen gegeben werden.

Am Sonnblickobservatorium, der höchstgelegenen interdisziplinären Forschungsstätte der Europäischen Union, werden derzeit mehr als 25 verschiedene Forschungsprojekte auf engstem Raum durchgeführt. Auf Grund der sehr guten Kooperation wird hier „Interdisziplinarität“ nicht nur als Schlagwort geführt, sondern tatsächlich gelebt. Der Datenaustausch in einem Online Netzwerk am Observatorium, die Abstimmung von Messkonzepten und die gemeinsame Nutzung der Infrastruktur sind in den letzten Jahren erfolgreich praktiziert worden.

Eine erfolgreiche Wissenschaftspolitik bedeutet heute die Antworten auf die Fragen von morgen vorzubereiten. In der Klimaforschung geht es dabei vor allem um das „Warum“ der Klimaänderungen, nachdem am Sonnblick seit mehr als 115 Jahren das „Wie“ in einer weltweit einzigartigen Untersuchungsreihe aufgearbeitet wurde. Nur durch ein detailliertes Verständnis der Ursachen können gezielte und wirksame Gegenmaßnahmen auf einem internationalen Niveau getroffen werden. Österreichs Beitrag zur Erfüllung der Kyotoziele findet hier eine seiner wichtigsten wissenschaftlichen Grundlagen.

Die ZAMG als Betreiber und Koordinator dieser Einrichtung und der Sonnblickverein als Eigentümer des Observatoriums haben in einer mehr als 100-jährigen Zusammenarbeit viele schwierige Situationen gemeistert. Vorbildlich war in den abgelaufenen Jahren auch die Zusammenarbeit zwischen Bund und Ländern bei der geologischen Sanierung des Gipfelaufbaus. Die gemeinsame Finanzierung war ein Beweis dafür, dass das Sonnblickobservatorium eine „nationale Angelegenheit“ im besten Sinn des Wortes ist.

Ich danke den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, die das Observatorium betreiben und eine lückenlose Beobachtung auch unter Extrembedingungen sicherstellen. Ganz besonders danke ich Herrn Dr. Michael Staudinger, dem Leiter des Observatoriums, der mit seinem Engagement dazu beiträgt, dass die österreichische Klimaforschung international einen hohen Stellenwert genießt. Ich bin überzeugt, dass die hervorragende Arbeit, die am Sonnblick geleistet wird, maßgeblich zur wissenschaftlichen Aufarbeitung des Klimawandels beitragen wird.

Elisabeth Gehr
Bundesministerin für Bildung, Wissenschaft und Kultur

Der Sonnblick - Forschungsinstitution mit Tradition und Zukunft

Ein Blick auf den alten Steinturm aus dem Jahr 1886 und die daneben montierten Messgeräte genügt um zu sehen, wie an diesem Ort Tradition und Moderne ineinander übergreifen. Ohne die Tradition einer fast 120 jährigen Messreihe würde sich nicht an diesem Punkt eine Vielzahl von Projekten rund um die Themen Atmosphärenphysik und Atmosphärenchemie ansiedeln und ohne die moderne Infrastruktur wären die Messungen von extrem geringen, aber sehr relevanten Spurenstoffen in einer sehr exponierten Umgebung nicht möglich.

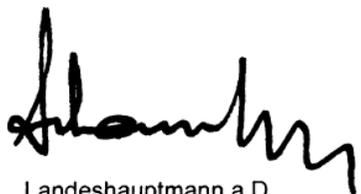
Die Geschichte des Observatoriums ist voll von Zeugnissen des Pioniergeists, der für solche Projekte an der Grenze des technisch Möglichen notwendig ist. Obwohl der Goldbergbau technisch auf Grund der vorstoßenden Gletscher im 19. Jahrhundert immer schwieriger wurde, ermöglichte der Bergwerkbetreiber Ignaz Rojacher der Wissenschaft 1886 den Bau und Betrieb des Observatoriums. Die damaligen technischen Herausforderungen des Betriebs auch während der Winterzeit hatten die Gefahren und den Abenteuercharakter einer perfekt geplanten Expedition auf einen Achttausender im 20. Jahrhundert.

Hauptziel der Messungen zu Beginn des Observatoriumsbetriebs war es, Informationen aus den höheren Schichten der Atmosphäre zu bekommen. Zu dieser Zeit waren Messungen aus den mittleren Schichten der Atmosphäre nicht vorhanden und für die Wissenschaft ungewöhnlich wertvoll. Getragen wurden Kosten und Organisation seit den ersten Jahrzehnten durch den Sonnblickverein als private Initiative und durch die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik als staatliche Institution.

Der gleiche Pioniergeist wie im 19. Jahrhundert ist heute notwendig, wenn neue Messverfahren unter den oft sehr widrigen Bedingungen auf 3100m Höhe erprobt werden. Tonnenschwere Eislasten unter dem Winddruck von mehr als 180 km/h türmen sich oft auf den Geräten, die in den Niederungen lediglich einige Zentimeter Schneeauflage zu überstehen haben. Die gemessenen Konzentrationen mancher Spurenstoffe betragen hier nur ein Hundertstel der Werte in den Tälern. Die Gerätestest, die am Sonnblick durchgeführt wurden machten daher heikle Meßsystem fit für den Trip in die Arktis.

Die Anforderungen an die Messungen sind deutlich gestiegen; Messungen die als Grundlage für globale Klimamodelle dienen sollen, lassen sich nur an Orten gewinnen, die von lokalen Quellen und Verunreinigungen weit entfernt sind. Der Sonnblick ist dafür in hervorragender Weise geeignet, da weder industrielle Emissionen in der näheren oder weiteren Umgebung stattfinden, noch lokaler Tourismus die Messung der Spurenstoffe verhindert.

Das Observatorium hat daher durch die Modernisierung der letzten Jahre und durch den idealen Standpunkt inmitten der Alpen einen enormen Aufschwung gewonnen. Diese kleine Broschüre sollte einen Überblick über die vielfältigen Aktivitäten am Observatorium geben und zeigen, wie komplex die Fragestellungen und wissenschaftlichen Methoden in der Atmosphärenforschung in den letzten Jahren geworden sind.



Landeshauptmann a.D.
Univ.-Doz. Dr. Franz Schausberger
Vorsitzender des Sonnblickvereins



Univ.-Doz. Dr.
Fritz Neuwirth
Direktor der ZAMG



Dr. Michael Staudinger
Leiter des
Sonnblickobservatoriums

“Die fortschreitende Entwicklung der Meteorologie als Wissenschaft hat die Erforschung der Vorgänge in den höheren Luftschichten zu einer unabweisbaren Nothwendigkeit gemacht.”



Mit diesen Zeilen beginnt der erste Präsident des Sonnblickvereines, Albert von Obermayer, seine Beschreibung über die Errichtung der meteorologischen Beobachtungsstation auf dem Sonnblick im ersten Jahresbericht des Sonnblick-Vereines. Julius Hann - Direktor der K.K. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetis-

mus - war einer der Pioniere dieser Forschungsrichtung und ein Initiator für den Bau des Observatoriums. Ohne den Tatendrang des Rauriser Bergwerksbesitzer Ignaz Rojacher wären die wissenschaftlichen Ideen aber nie in die Realität umgesetzt worden. Rojacher und seine Knappen waren es auch, die in diesen Jahren den Betrieb des Observatoriums sicherstellten.

Die Erhaltung des Observatoriums wurde anfangs von der Österreichischen Gesellschaft für Meteorologie wahrgenommen. Durch den plötzlichen Tod Rojachers im Jahre 1891 war jedoch die weitere Erhaltung durch finanzielle Probleme gefährdet. Um die Zukunft des Observatoriums auf eine sicherere Basis zu stellen wurde 1892 der Sonnblick-Verein gegründet. Damals wurde die Österreichische Gesellschaft für Meteorologie in der Erhaltung der Station auf dem Sonnblick unterstützt, später hat der Sonnblick-Verein diese Aufgabe alleine übernommen und zudem die wissenschaftliche Forschung im Hochgebirge in der Fachrichtung Meteorologie und Geophysik allgemein gefördert.

Wissenschaftler aller Richtungen haben die einmaligen Vorzüge des Observatoriums genützt, stellvertretend für viele sei hier der Entdecker der kosmischen Strahlung, Nobelpreisträger Viktor Franz Hess genannt. In schwierigeren Zeiten war die Erhaltung des Observatoriums oft gefährdet und konnte nur durch den persönlichen Einsatz Einzelner gesichert werden.

Ansprechpartner:

Dr. Wolfgang Schöner
Generalsekretär Sonnblickverein
 Hohe Warte 19
 A-1191 Wien
 +43(1)36026-2290
 Wolfgang.Schoener@zamg.ac.at

Zu Beginn der 80er Jahre wurde dann das Observatorium in einen modernen Zustand gebracht. Energie wird ausschließlich mit Strom bereitgestellt, die Seilbahn wurde modernisiert und die Räumlichkeiten für Beobachter und Wissenschaftler vergrößert. Damit wurde der Grundstein für eine moderne, in Europa einzigartige hochalpine Umweltmeßstation ohne lokale Störungsquellen in der Umgebung gelegt, die von internationalen Forschergruppen genützt werden kann. Die finanziellen Mittel für den Betrieb des Observatoriums werden vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur, der Österreichischen



Foto: Staudinger

Akademie der Wissenschaft, der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, den Bundesländern Salzburg und Kärnten sowie durch Vereinsbeiträge und Spenden bereitgestellt.

Dr. Michael Staudinger
Observatoriumsleiter Sonnblickverein
 Freisaalweg 16.
 A-5020 Salzburg
 +43(662)626301
 Michael.Staudinger@zamg.ac.at

“Abwechslungsreiches” Wettergeschehen auf dem Gipfel des Sonnblick

Als höchste Beobachtungsstation Österreichs liefert der Sonnblick natürlich auch einige der extremsten Wetterwerte. Vieles ist aber nicht aus den reinen Zahlen abzulesen, da zum Beispiel die Kombination einer typischen Herbsttemperatur von -10°C mit einem Herbstwind von 70km/h einen chill-Faktor von ca. -30°C ergibt. Wer hier länger als 15 Minuten im Freien ist, riskiert schwere Erfrierungen ohne entsprechender Ausrüstung.

Ältestes Bergobservatorium Europas: erbaut 1886

Höchste dauernd besetzte Arbeitsstelle Österreichs
4 Wetterbeobachter
(15 Tage Dienst, 10 Tage frei, immer mind. 2 im Dienst)

Meteorologische Rekorde am Sonnblick

Temperatur :

Absolutes Maximum $+15,0^{\circ}\text{C}$

(27.07.1983)

Absolutes Minimum $-37,4^{\circ}\text{C}$

(02.01.1905)

Monatsmitteltemperatur :

Maximum $+5,6^{\circ}\text{C}$ (07/1983, 08/1992)

Minimum $-21,1^{\circ}\text{C}$ (02/1956)

Jahresmitteltemperatur :

Maximum $-4,2^{\circ}\text{C}$ (2002)

Minimum $-7,8^{\circ}\text{C}$ (1909)

Schneedecke : Maximum 1190 cm (05/1944)

Wind :

Böen 201,6 km/h (20.12.1993)

Tagesmittel

123,1 km/h (34,2 m/s) (17.01.1920)

117,4 km/h (32,6 m/s) (26.04.1948, 16.04.1970)

Saharastaub: ca. 2 bis 4 mal pro Jahr

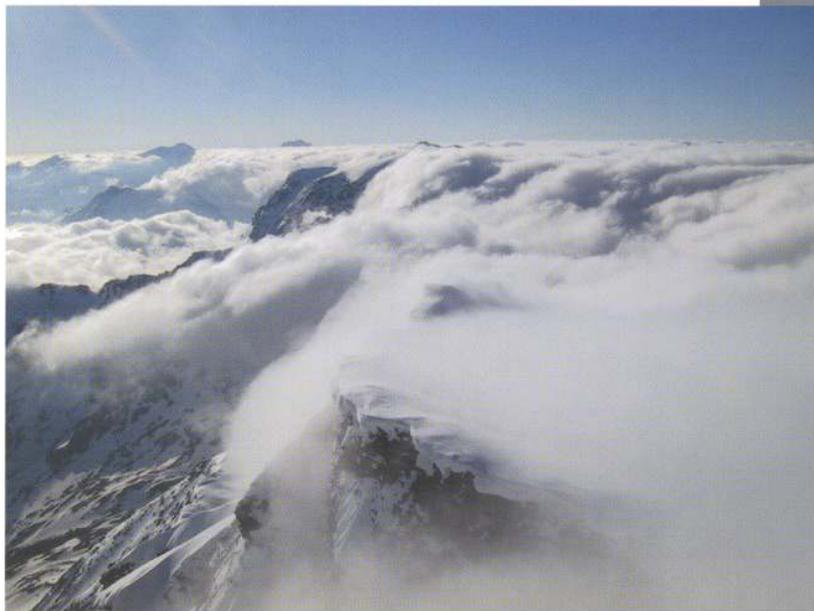


Foto: Rasser



Raureif mit Saharasand

Foto: Rasser

Ansprechpartner:

Anton Lackner, Hans Lindler,
Ludwig Rasser, Friedl Wallner
Sonnblick Observatorium
5661 Rauris
sonnblick@zamg.ac.at

Dr. Michael Staudinger
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
Freisaalweg 16
A-5020 Salzburg
+43(662)626301
michael.staudinger@zamg.ac.at

Der Sonnblick zwischen Tradition, Moderne und digitaler Zukunft

Durch die Digitalisierung der Messtechnik hat sich in den letzten Jahren auch auf dem Sonnblick sehr viel getan. Modernste Ausrüstung und lange Tradition ergeben eine brisante Mischung, die dem Observatorium zu einer weltweit beachteten Sonderstellung verhilft. Es gibt weltweit keine andere Institution, die auf so lange und ununterbrochene Datenreihen stolz sein kann.

Schon seit 1886 - mehr als 118 Jahre - machen Wetterbeobachter auf dem Sonnblick ihre meteorologischen Aufzeichnungen. Dazu kommt als Vorteil, dass dieses Observatorium in einer von



Der alte Messturm mit Fensterhütte

Foto: Rasser

zivilisatorischen Einflüssen fast unberührten Umgebung steht - ein großer Vorteil für effektive Klimaforschung, die sich auch mit großräumigen Wirkungen industrieller Verbrennungsprozesse auseinandersetzt.

Von mechanisch zu digital

Die Erfassung der Windrichtung und seiner Geschwindigkeiten erfolgte noch bis in die achtziger Jahre des letzten Jahrhunderts

auf mechanische Art über eine Trommel. Dann wurde - zusätzlich zur mechanischen Registrierungen - auf elektronische Messung und entsprechende digitale Sensoren umgestellt.

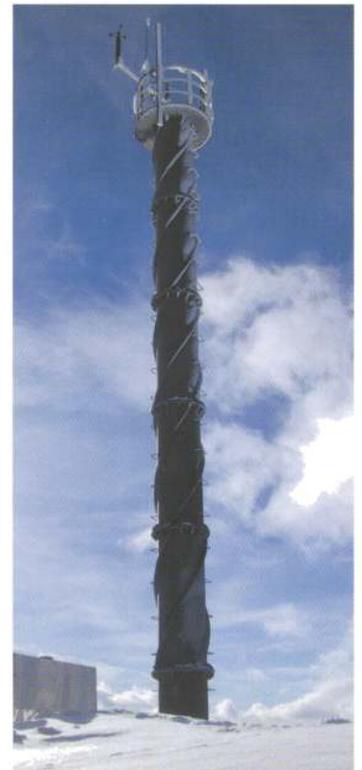
Das Observatorium bekam zwar einige Neubauten, hat in den Grundzügen jedoch noch jenen Grundriss, wie er zur Zeit des Pioniers Ignaz Rojacher konzipiert worden ist. An der Nordseite des Turmes ist die sogenannte „Fensterhütte“ angebracht. Hier werden in unveränderter Aufstellung seit Beginn der Messungen vor mehr als 100 Jahren die Temperatur und Luftfeuchtigkeit aufgezeichnet. Den Niederschlag von Schnee und Regen erfassen automatische Waagensysteme nord- und südseitig des Gipfels.

Sonnenscheindauer und Globalstrahlung

Die Plattform an der Südseite des Neubaues beherbergt seit den achtziger Jahren jene Vorrichtungen, die Sonnenscheindauer und Globalstrahlung messen. Diese Daten werden automatisch registriert sowie nach Wien und Salzburg übertragen.

Neuer Messturm garantiert ungestörte Windströmung

Durch die Gebäude auf dem Sonnblickgipfel entstehen in Bodennähe aerodynamische Turbulenzen. Deshalb ist 1995 der 20 Meter hohe Messturm dazu gekommen und die Windmessinstrumente (Anemometer) sind auf den Turm „gewandert“. In 20 Metern Höhe strömt das Windfeld ungestört, Windgeschwindigkeit und Windrichtung können somit unbeeinträchtigt von bodennahen Effekten erfaßt werden.



Moderner Messturm

Foto: Schauer

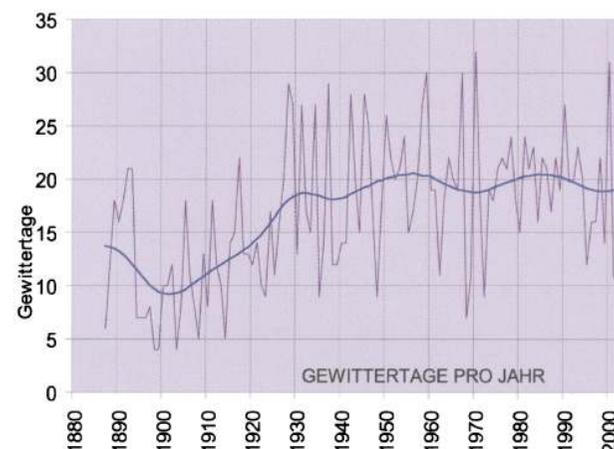
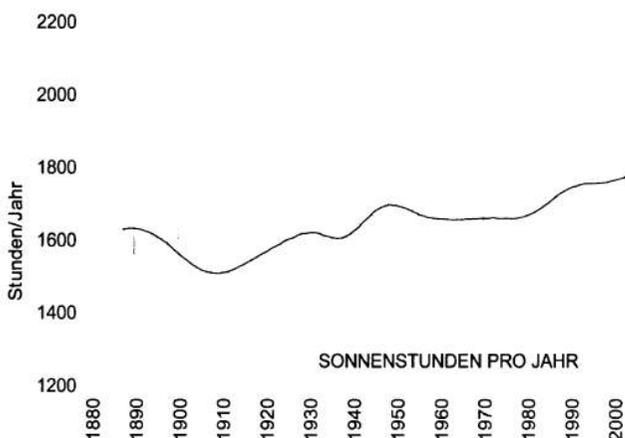
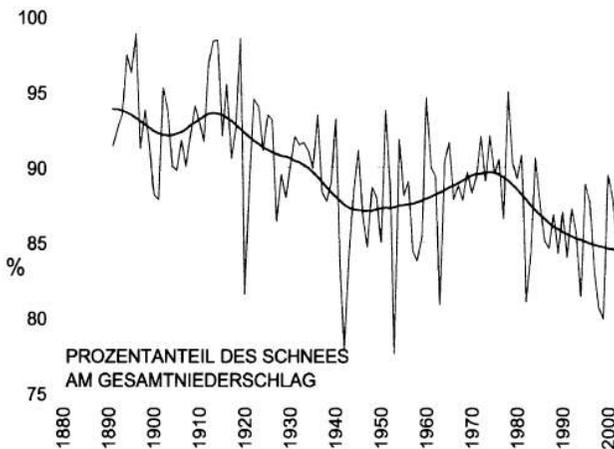
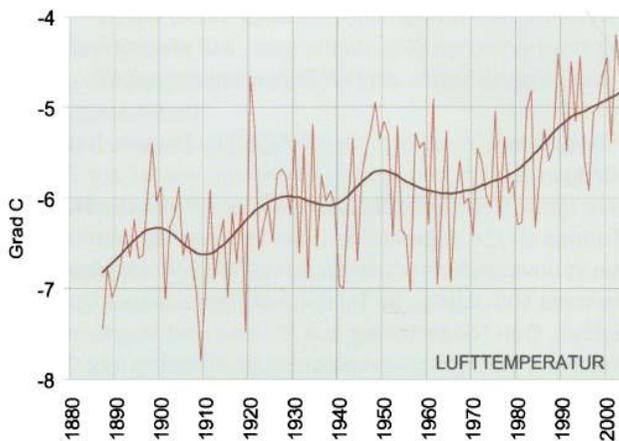
Ansprechpartner:

**Anton Lackner, Hans Lindler,
Ludwig Rasser, Friedl Wallner**
Sonnblick Observatorium
5661 Rauris
sonnblick@zamg.ac.at

Dr. Michael Staudinger
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
Freisaalweg 16
A-5020 Salzburg
+43(662)626301
michael.staudinger@zamg.ac.at

Sonnblick hält Weltrekord bei Messungen

Es gibt weltweit keine andere Forschungsstation auf einem mehr als 3000m hohen Berggipfel, die seit so langer Zeit das Klima dokumentiert und aufzeichnet. Seit 1886 dient das Observatorium auf dem Sonnblick der Klimaforschung. Das ist einsamer Weltrekord - noch dazu in einer Seehöhe von 3.100 Metern abseits von Städten, Strassen und Fabriken, wo in der (noch relativ) ungestörten Hochgebirgsluft auf Messwerte besonderer Verlass ist.



Entwicklung der Klimaparameter seit 1887

Grafik: ZAMG

So wie überall auf der Erde ist es auch auf dem Sonnblick „wärmer“ geworden - so von etwa -6.5 Grad in einem typischen Jahr des 19. Jahrhunderts auf derzeit etwa -4.8 Grad C. Diese Erwärmung war begleitet von (und zum Teil verursacht durch) immer mehr Sonnenschein. 1500 Stunden Sonnenschein gab es in den Jahren um 1910, jetzt sind es im Schnitt mehr als 1700. Das Jahr 2003 brachte uns mit 2145 Sonnenscheinstunden einen neuen Rekord in der Messreihe seit 1887. Diese für den Bergsteiger durchaus angenehme „Begleiterscheinung“ des Klimawandels muss allerdings mit einer Verdoppelung der gefähr-

lichen Hochgebirgsgewitter „bezahlt“ werden. Dass außerdem der Schneeanteil in der 3000er Region von 95% auf unter 85% zurückgegangen ist, wird die Schitourenger hier noch nicht beunruhigen - von großer Bedeutung ist der entsprechende Rückgang allerdings in den tiefer gelegenen Schigebieten der Alpen.

Neben den vier hier gezeigten Beispielen gibt es eine Vielzahl anderer „Sonnblick-Klimakurven“, die alle in der Sonnblick-Klimatographie nachgeschlagen werden können.

Ansprechpartner:

Dr. Ingeborg Auer, Dr. Reinhard Böhm
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
Abteilung Klimatologie

Hohe Warte 38

A-1190 Wien

+43(1)36026-2206, +43(1)36026-2203

ingeborg.auer@zamg.ac.at, reinhard.boehm@zamg.ac.at

Das neue Klimabuch vom Sonnblick

Die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik hat einen neuen Klima-Atlas herausgebracht, der die Ergebnisse von mehr als 100 Jahren Wetterforschung im Hochgebirge sehr anschaulich darstellt. Das Sonnblick-Gebiet steht bei diesem bisher einzigartigen Projekt im Zentrum. Experten durchforsteten dafür ihre Archive und verarbeiteten Unmengen von Mess- und Beobachtungsdaten. Diese wurden seit 1886 unter extremen Bedingungen im Gebiet des traditionsreichen Hochgebirgsobservatoriums gesammelt.

Konkretes Beispiel: Interessiert Sie die typische Bewölkung der Hohen Tauern im Hochwinter? Wie sieht dazu ein durchschnittlicher Jänner im Salzachtal, im hinteren Rauriser Tal - wo der Sonnblick steht - oder im Kärntner Mölltal aus? Für die Erstellung der entsprechenden Karte im neuen Atlas haben die Fachleute alle Bewölkungsdaten eines dreißigjährigen Zeitraums zu einem mittleren Bild nach Prozent-Bereichen zusammengerechnet und diese auf die Karte des Sonnblickgebietes in verschiedenen Farben aufgetragen. Man sieht, dass der Himmel im Jänner im Süden weniger stark bewölkt ist, als im Norden, und dass hier vor allem die Täler weniger schönes Wetter haben als die Berggipfel.

Das Sonnblick-Observatorium dokumentiert seit Jahrzehnten millionenfache Daten über Wind, Sonne, Temperatur und andere Größen, die das Wetter ausmachen. Damit diese nicht in Archiven als graue Theorie in Vergessenheit geraten, wurde dieses Projekt gestartet. Der neue Wetter-Atlas vom Sonnblick bietet einen schnellen Überblick über den Sinn mittel- und langfristiger Wetterforschung.

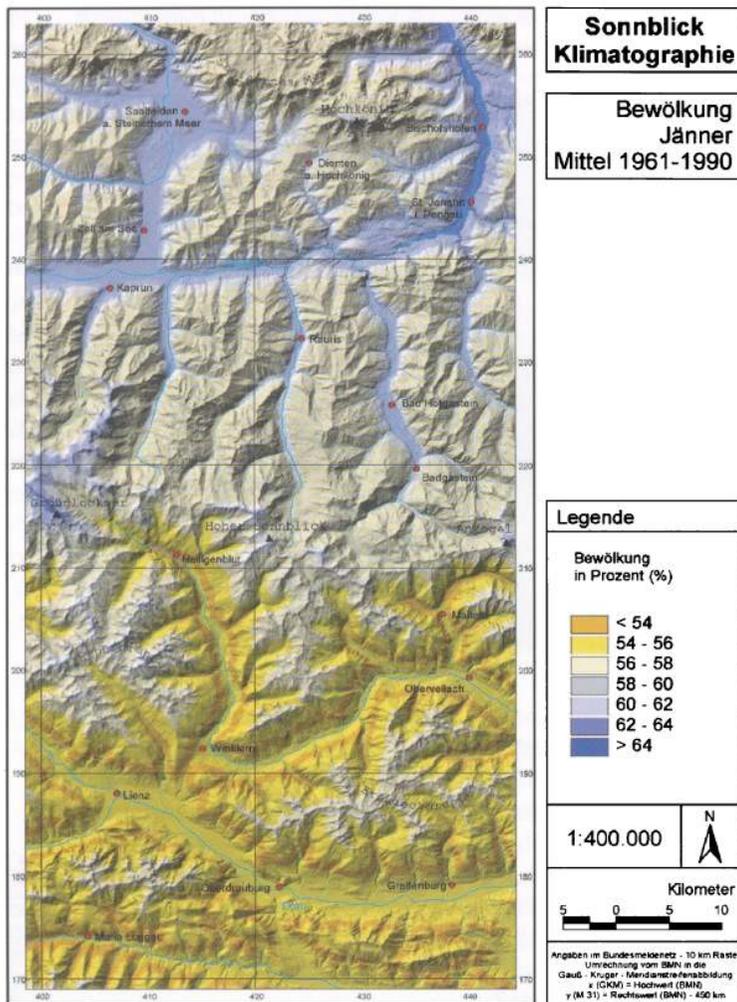
Viele Parameter erstmals übersichtlich dargestellt

Ähnliche Karten wie die gezeigte, sowie Texte, Grafiken, und Tabellen gibt es für Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag, Schnee, Sonnenscheindauer, Strahlung, Luftdichte und Luftdruck - je nach Monat und/oder Jahr - errechnet aus dem Durchschnitt von jeweils 30 Jahren Beobachtung. Neben den 30-jährigen Klimanormalwerten ist auch den Klimaschwankungen breiterer Raum gewidmet, sowie den daraus resultierenden Gletscherschwankungen. Ein eigenes Kapitel ist dabei den „verrückten 1990er Jahren“ gewidmet, die mit dem Klima früherer Jahrzehnte verglichen worden sind.

Für Spezialisten und Computerfreaks ist dem Buch eine CD beigelegt, die alle nur erdenklichen Klima-Zahlenwerte enthält und auch eine einzigartige Zusammenstellung von mehreren 100 Gletscherfotos vom 19. Jahrhundert bis heute.

Ansprechpartner:

Dr. Ingeborg Auer, Dr. Reinhard Böhm, Dr. Wolfgang Schöner
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
Abteilung Klimatologie
 Hohe Warte 38
 A-1190 Wien
 +43(1)36026-2206, 2203, 2290
 ingeborg.auer@zamg.ac.at., reinhard.boehm@zamg.ac.at, wolfgang.schoener@zamg.ac.at



Grafik: ZAMG

Nicht vergessen haben die Autoren die Mühe und die Gefahr, unter der die Sonnblick-Wetterwarte die Basisdaten für die Klimatographie gesammelt haben. Eine kurze Darstellung der Geschichte der Wetterwarte erzählt, was es heißt, jahraus-jahrein in Österreichs „Arktis“ zu leben und zu arbeiten.

Eispanzerung der Tauern wird immer dünner

In den 1980er und 1990er Jahren verloren die Gletscher der Ostalpen besonders viel Eis. Diese Periode hinterlässt nicht nur im Hochgebirge deutliche Spuren sondern auch in Messkurven und Statistiken. Im Gebiet des Sonnblick-Observatoriums untersuchen Wissenschaftler die Massenbilanz von drei großen Gletschern: Wurtenkees auf dem Schareck (seit 1982), Goldbergkees (seit 1987) und das Kleine Fleißkees (seit 1999) - beide auf dem Sonnblick.

Gletscherkundler (Glaziologen) unterscheiden - grob gesprochen - zwei Hauptzonen bei einem Gletscher. Im oberen Bereich liegt das sogenannte Nährgebiet, wo vorwiegend Schnee und kaum



Foto: Böhm

Regen fällt. Schmelzen und Wiedergefrieren sowie der Druck der darüber lagernden Schneeschichten verwandeln den Schnee in Firn und letztlich in Gletschereis. Der untere Bereich ist das sogenannte Zehrgebiet, also der Bereich wo der Gletscher durch Schmelzen „aufgezehrt“ wird und schließlich in oft reißenden Schmelzwasserströmen mündet. Durch die Bewegung des Gletschers in Richtung Tal wird fortwährend Nachschub an Masse vom Nährgebiet zum Zehrgebiet geliefert.

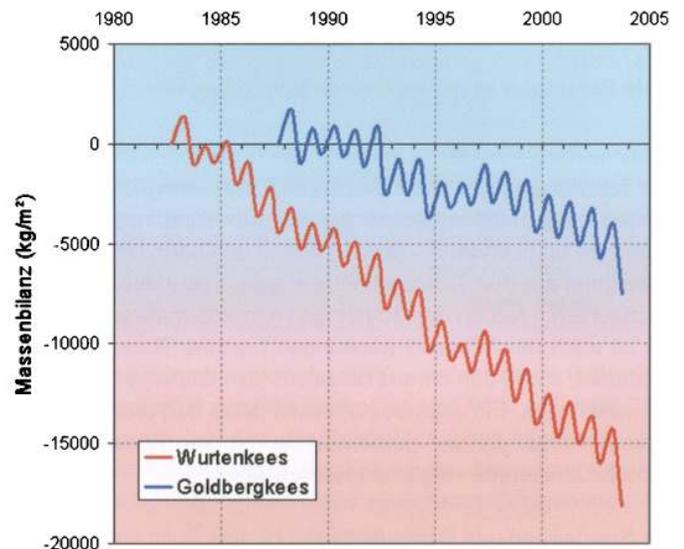
Was ist Massenbilanz?

Es wird untersucht, ob die Gesamtmasse eines Gletschers während eines Jahres abnimmt, zunimmt oder gleich bleibt. Während im Winter, der für die Gletscher der Alpen ungefähr von Anfang Oktober bis Ende April des Folgejahres dauert, Gletschermasse vorwiegend durch Schneefall dazu kommt, bestimmt dann die sommerliche Abnahme ob von diesem Winterzuwachs etwas übrig bleibt oder ob ältere Reserven aufgebraucht werden. Die Abnahme wird von 2 Hauptfaktoren bestimmt, der Schmelz-

energie durch die Sonnenstrahlung einerseits und durch die Lufttemperatur andererseits. Auf die vom Gletscher aufgenommene Strahlung hat aber wiederum auch der Niederschlag einen starken Einfluss. Fällt nämlich während des Sommers mehrmals Schnee bis weit hinab zur Gletscherzunge, so wird auf Grund der dadurch erhöhten Strahlungsreflexion die zur Verfügung stehende Schmelzenergie und damit der Massenverlust drastisch reduziert.

Gletscher bilanzieren stark negativ

Damit eine Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Gletschern möglich ist, wird die in der Abbildung dargestellte spezifische Massenbilanz errechnet, die auf die Flächeneinheit bezogen ist. Es zeigt sich, dass im Sonnblickgebiet alle untersuchten Gletscher stark negativ bilanzieren, sich also stark zurückziehen. Dieser Trend wird den gesamten Alpen beobachtet. Die Massenbilanzmessungen im Sonnblickgebiet sind Teil eines weltweiten Umwelt- und Klimamonitoringprogrammes das von der Universität Zürich in der Schweiz geleitet wird.



Grafik: Schöner

Ansprechpartner:

Dr. Wolfgang Schöner

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

Abteilung Klimatologie

Hohe Warte 38

A-1190 Wien

+43(1)36026-2290

wolfgang.schoener@zamg.ac.at

Messung und Modellierung des Schmelzabflusses vom Goldbergkees

In den Sommerperioden 2002 und 2003 wurden vom Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und Konstruktiven Wasserbau (IWHW) der Universität für Bodenkultur Wien Messungen des Gletscherabflusses des Goldbergkees durchgeführt. Dabei gelangte ein vollautomatisiertes Messgerät mit integrierter Datenerfassung und Datenfernübertragung zum Einsatz. Daraus lassen sich neue Erkenntnisse der Abflussentstehung am Gletscher sowie der Schmelzprozesse innerhalb des Tageszyklus und deren Abhängigkeit von hydro-meteorologischen Gegebenheiten ableiten.

Veranlassung und Motivation

Seit September 2002 werden vom IWHW Abflussmessungen am Goldbergkees durchgeführt. Dafür wurde ein selbstregistrierendes Pegel-system installiert. Diese Messungen sollen die von der ZAMG kontinuierlich durchgeführten Bilanzierungen der Schneebedeckung und des Gletschervolumens unterstützen. Weiters ergeben sich aufgrund der vor-



Aufbau des Abflusspegels

Foto: Seitz

handenen Einzugsgebietscharakteristik und Datenlage für schneehydrologische Fragestellungen folgende Möglichkeiten und Nutzeneffekte:

- Zugriff auf ein umfangreiches hydrometeorologisches Messnetz als Basis,
- Ausgeprägte Identifizierbarkeit des Schmelzvorganges durch Fehlen von boden- oder grundwasserbedingten Basisabfluss,
- Prüfung bestehender Schneeschmelz- und Schneeakkumulationsprogramme des IWHW,
- Adaptierung der Programme an Gletscherschmelze,
- Testen der Messgeräte unter hochalpinen Bedingungen,
- Untersuchung der hydraulischen Abflussbedingungen am Gletscher.

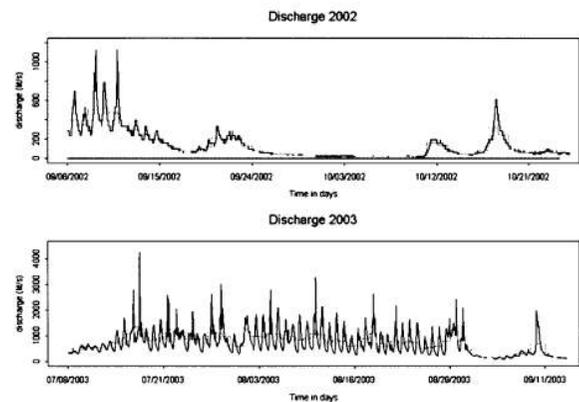
Durchgeführte Arbeiten

Die errichtete Pegelstation befindet sich beim Auslass des Gletschensees am Fuße des Unteren Goldbergkees. Die Messung des Wasserstands erfolgt durch Aufzeichnung des hydrostatischen Drucks im Gerinne des Gletscherbaches. Die Station ist mit Modem ausgestattet und ermöglicht eine Fernabfrage über Telefon. Aufgrund der exponierten, lawinengefährdeten Lage wird die Dataloggereinheit jeweils im Herbst demontiert, der Ausperltopf an der Gerinnesohle bleibt bestehen. In der Sommerperiode liefert das Messgerät kontinuierlich Wasserstandsdaten. Im Zuge der periodischen Feldarbeiten wurden auch Abflussmessungen

Ansprechpartner:

Ao.Univ.-Prof. Hubert Holzmann
 Universität für Bodenkultur Wien
 Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und Konstruktiven Wasserbau
 Muthgasse 18,
 A-1190 Wien
 +43(1)36006-5505
 hubert.holzmann@boku.ac.at

mittels Fließgeschwindigkeitsmessungen durchgeführt. Dies ermöglicht eine Transformation der Wasserstandshöhen (mm) in Abflusswerte (l/sec). Im August 2003 wurde mit Salztracerversuchen im unteren und mittleren Goldbergkees begonnen und im September 2003 fortgesetzt. Diese ermöglichen eine lokale Zuordnung der Abflussanteile aus verschiedenen Bereichen des Gletschers, sowie eine Abschätzung der Fließzeiten. Der beobachtete Abfluss entsteht infolge des direkten Niederschlags und des abschmelzenden Schnees und Gletschereises.



Abflussganglinien 2002 und 2003

Grafik: Holzmann

In der Abbildung besonders auffällig zu sehen ist der ausgeprägte Tagesgang, wobei Maxima und Minima durchaus um 100% differieren können. Die dargestellten Treppelinien (rot) zeigen die Tagesmittelwerte des Abflusses.

Im Rahmen von zwei Diplomarbeiten werden die beobachteten Daten aufbereitet und Schmelzberechnungen mit den o.g. Modellen sowie eine Untersuchung der Abflussdynamik durchgeführt.

Ausblick

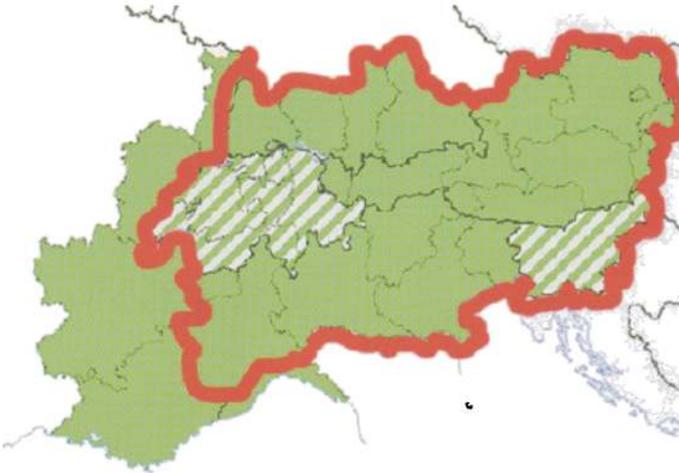
Anhand der durchgeführten Arbeiten werden neue Erkenntnisse zur Schneeschmelzmodellierung und deren Übertragbarkeit auf gebietsbezogene Niederschlags-Abfluss Modelle erwartet. Damit können u.a. Fragestellungen zur Speicherbewirtschaftung, zur Prognose von Ausaperungen im Hochgebirge oder zur Abflusswirksamkeit höhenverteilter Niederschläge behandelt werden. Die bisherigen Arbeiten werden zur Zeit als Eigenforschung des IWHW durchgeführt.

Dr. Wolfgang Schöner
 Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
 Abteilung Klimatologie
 Hohe Warte 38.
 A-1190 Wien
 +43(1)36026-2290
 wolfgang.schoener@zamg.ac.at

METEORISK – Wetterwarnungen in den Alpen

Extreme meteorologische Ereignisse entstehen oft südlich der Alpen und greifen dann über den Alpenhauptkamm auf den Norden über. Auswirkungen dieser Ereignisse sind Überschwemmungen, Muren, Lawinen und andere Naturgefahren, die außerhalb der Alpen nicht in dieser Form auftreten.

Die Vorhersage von extremen meteorologischen Ereignissen in den Alpen ist oft schwierig, da vor allem im Hochgebirge ein Netz von geeigneten Stationen fehlt, das permanent Meldungen über



Sturm, Hagel und Gewitter mit Starkniederschlägen absetzt. Zudem ist durch die unterschiedliche Organisationsstrukturen der Wetterdienste in den Alpen das Zusammenführen von meteorologischen Online Daten gar nicht so leicht möglich. Hier soll METEORISK durch alpenübergreifende Strukturen Abhilfe schaffen.

Vernetzung von Messdaten ...

Ziel von METEORISK ist es, ein Netzwerk von automatischen meteorologischen Stationen zu errichten, die die Daten an die regionalen Zentren im Alpenraum weiterleiten. Der Sonnblick ist dabei eine wichtige Zentralstation, da mit diesen Daten die Messungen von automatischen Stationen geeicht werden können. Ein spezielles Ultraschallanemometer misst am Windturm des Sonnblicks Windgeschwindigkeiten auch bei starken Vereisungen mit bisher noch nicht gegebener Präzision. Weiterer Schwerpunkt ist die Zusammenführung von verschiedenen Radardaten, die bisher nur in einzelnen Zentren getrennt

vorhanden waren. Der Vergleich von meteorologischen Vorhersagemodellen geschieht in diesem Projekt.

... und Meteorologen aus dem Alpenraum

Über eine Internetanwendung, wo mehrere Meteorologen gleichzeitig Vorhersagefelder für Starkniederschläge auswerten und eine optimierte Lösung gemeinsam grafisch festlegen. Zusammen mit einer verbesserten Interpretation von kleinräumigen



Ultraschall-Anemometer

Foto: Schauer

meteorologischen Modellen und verbesserten Kommunikationswegen zwischen den Meteorologen in den einzelnen Ländern können Öffentlichkeit und die Zivilschutzbehörden mit besseren Vorhersagen in Extremsituationen versorgt werden.

Ansprechpartner:

Dr. Michael Staudinger

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

Freisaalweg 16

A-5020 Salzburg

+43(662)626301

michael.staudinger@zamg.ac.at

www.meteorisk.info

ENVINET (European Network for Arctic-Alpine Environmental Research)

Dieses von der EU-Kommission finanzierte Projekt im Rahmen des Human Potential Programs vereinigt 17 Observatorien, die sich mit biologischen, atmosphärischen und marinen Fragestellungen beschäftigen und mit entsprechender Größe einen multidisziplinären Ansatz zwischen Biologie und Physik verfolgen.

Hauptfragestellungen sind Klimaänderungen und ihre Auswirkungen auf Lebewesen im Wasser und der Luft, sowie Fragen der Umweltbeeinträchtigungen in polaren und hochalpinen

übertragen wurden, bildet eine enorme Bereicherung für die einzelnen Institute, da auf diese Weise das Rad nicht zwei mal erfunden werden muß.



Beteiligte Stationen

Quelle: envinet.npolar.no

Die Harmonisierung von Datenbeständen schafft dabei eine Grundlage für die Vergleichbarkeit von Daten aus sehr unterschiedlicher Herkunft aus den einzelnen Fachdisziplinen und teilnehmenden Ländern.

Durch die Zusammenarbeit der Stationen konnten Online-Datenbanken geschaffen werden, die eine Übersicht sämtlicher laufender Projekte an allen Stationen geben. Gleichzeitig wurden gemeinsame Forschungsnotwendigkeiten formuliert um im Rahmen von EU-Projekten eine Realisierung von Forschungsvorhaben in polaren und hochalpinen Ökosystemen realisieren zu können.

Zu diesem Stationsnetzwerk gehören neben dem Sonnblick unter anderen so berühmte und historische Einrichtungen wie das Jungfraujoch in der Schweiz, Lautaret in Frankreich,



Zeppelin Air Monitoring Station

Quelle: www.nilu.no

Gebieten. Die Formel "high altitude and high latitude" zeigt auch, worum es bei der Meßproblematik der Projektteilnehmer geht:

In beiden Fällen kann mit Standardmeßgeräten kaum oder überhaupt nicht gearbeitet werden, da bei -30° und einer Windgeschwindigkeit von 80 km/h wie sie für den Sonnblick oder Spitzbergen typisch sind, normale Meßgeräte auf der Strecke bleiben. Der Austausch von Erfahrungen und der Einsatz von Meßtechniken, die z.B. von Spitzbergen auf den Sonnblick

Dunstaffnage in Schottland, Mace Head in Irland, Zackenberg in Grönland, Kiruna in Schweden, Sverdrup in Spitzbergen und Alomar in Norwegen.

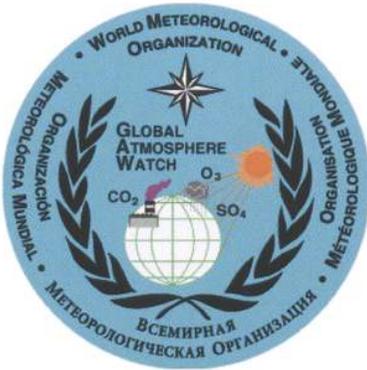
Ansprechpartner:

Prof. Hans Puxbaum
Technische Universität Wien
Institut für Chemische Technologien und Analytik
 Getreidemarkt 9/151
 A-1060 Wien
 hpuxbaum@mail.zserv.tuwien.ac.at

Dr. Michael Staudinger
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
 Freisaalweg 16
 A-5020 Salzburg
 +43(662)626301
 michael.staudinger@zamg.ac.at

Internationale Kooperationen zum Schutz der Atmosphäre

Österreich, Deutschland und die Schweiz sind in einem globalen Netzwerk zur Erforschung und Beobachtung der Erdatmosphäre eingebunden. Beitragende Stationen sind: das Observatorium auf dem Sonnblick, die Zugspitze und der Hohenpeissenberg in Deutschland und das Jungfraujoch in der Schweiz. Sie sind im GAW-System (Global Atmosphere Watch) der World Meteorological Organization (WMO) eingebunden. Es geht um die langfristige Messung meteorologischer und luftchemischer Parameter an so genannten "Hintergrundstationen" - das heißt: fernab von menschlichen und industriellen Einflüssen.



Die internationale Zusammenarbeit der drei Länder ist nach den Auto-Kurzzeichen der Beteiligten benannt: DACH (D, A, CH). Ein Hauptziel der DACH-Forschung ist die Erkennung von "Trends" wie Veränderungen der Ozonschicht und der daraus folgenden Änderung der UV-B-Strahlung auf der Erdoberfläche.

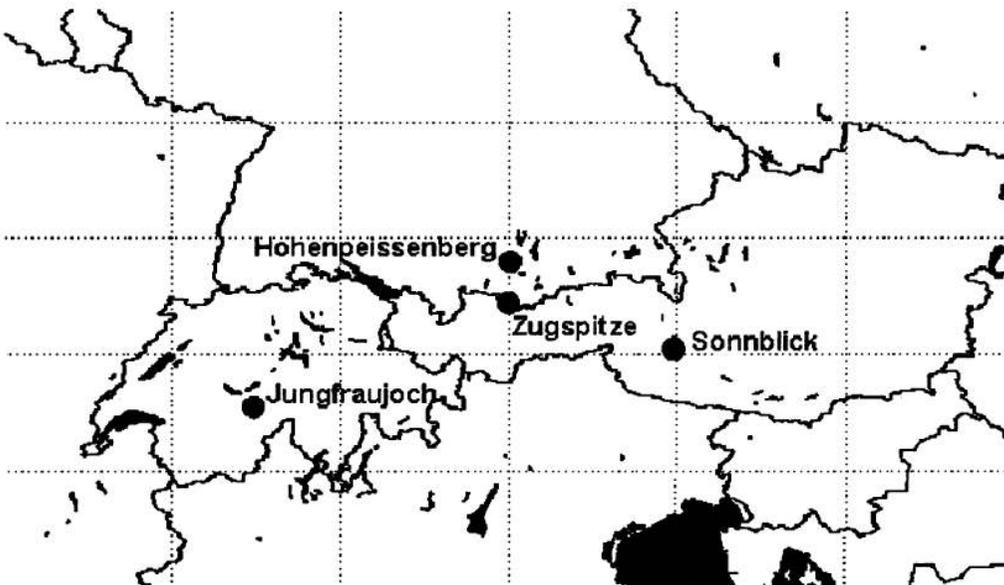
Weiters sollen mittel- und langfristige Klimaveränderungen dokumentiert und aufgespürt sowie Luftschadstoffe festgestellt und analysiert werden. Die Ergebnisse ermöglichen den Betrieb von Frühwarnsystemen.

Breite Palette von Messungen bei Luft und Strahlung

Auf dem Sonnblick werden neben allen meteorologischen Messgrößen vom Umweltbundesamt in Wien die Konzentrationen von bodennahem Ozon, Kohlenstoffmonoxid und Kohlenstoffdioxid gemessen. Das Institut für Meteorologie und Physik der Universität für Bodenkultur misst den gesamten Ozongehalt der Erdatmosphäre (Gesamtozon bzw. Ozonsäule) und die UV-B-Strahlung. Das Institut für Chemische Technologien und Analytik der TU Wien untersucht mit dem Amt der Salzburger Landesregierung die Niederschlagschemie und betreut das im Herbst 2002 gestartete Projekt „Backgroundmessung Sonnblick“. Das Bundeskanzleramt finanziert Forschungen mit Beryllium-7.

Luft hat kein Etikett - Forschung kann helfen

Besonderes Augenmerk legen Forscher auf die Herkunft bestimmter Luftmassen. Bodennahe Luftschichten weisen demnach einen deutlich höheren Anteil an Verschmutzungen auf, die von Mensch und Industrie verursacht sind - die also "anthropogen" sind. Bei der Analyse muss diese Luft von Luft in größeren Höhen streng unterschieden werden. Genauer untersucht wird, ob sich bodennahe Luft mit ihren Schadstoffen in jüngster Zeit stärker geografisch verlagert oder ob veränderte Messwerte dem allgemeinen Wetter zugeschrieben werden können? Außerdem sind die Konzentrationen der Bestandteile in der Luft an bestimmten Standorten ein wichtiges Thema. Verändern sich die Emissionen über Europa generell? Oder ändert sich die Atmosphäre großräumig und von sich aus? Fragen über Fragen.



Grafik: DWD

Ansprechpartner:
Dr. August Kaiser
 Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
 Hohe Warte 38
 A-1190 Wien
 +43(1)36026-2407
 kaiser@zamg.ac.at

Dr. Ruth Baumann
 Umweltbundesamt
 Spittelauer Lände 5
 A-1090 Wien
 +43(1)31304-5852
 baumann@umweltbundesamt.at

Lawinmeldestation Sonnblick

Lawinen halten sich selten an vom Menschen erdachte Regeln, sondern treten sporadisch an den verschiedensten Stellen der Alpen auf. Modelle können hier zwar helfen, die ultimativen Informationen bekommt man jedoch nur durch ein dichtes Informationsnetz, das alle Höhenstufen im Salzburger Land umfassen muss. Der Sonnblick ist dabei Salzburgs höchstgelegene Station.

Der Salzburger Lawinenwarndienst bezieht seine Informationen aus einem Netzwerk von 33 Stationen, die zum Teil durch den Lawinenwarndienst betrieben werden, zum Teil aber auch



Foto: Staudinger

Kooperationen mit anderen Institutionen, wie z.B. dem Sonnblickobservatorium sind. Die täglichen Beobachtungen erfassen lawinenrelevante Daten der Schneedecke und das geht über die reine Höhe der Schneedecke weit hinaus: Einsinktiefe eines Normgewichts innerhalb der Schneedecke, Oberflächenart des Schnees, Schneetemperaturen, Schneeverfrachtungen im Gelände und eine genaue Beobachtung und Beschreibung der abgegangenen Lawinen werden bereits in den frühen Morgenstunden vom Sonnblick an die Lawinenwarnzentrale gemeldet, um dort das sehr unterschiedliche Bild der Schneedecke im Salzburger Land komplettieren zu können.

Der Sonnblick ist dabei Salzburgs höchstgelegene Lawinmeldestation. Nur mit Beobachtungspunkten in dieser Höhen-

lage kann der Unterschied in den verschiedenen Elementen der Schneedecke zwischen den mittelhohen Lagen rund um 2000m und dem Hochgebirge über 3000m genau erfasst werden. Alle 14 Tage wird nochmals gründlicher angepackt: ein „Schneeprofil“ in der Nähe des Observatoriums bringt die Wahrheit über die tieferen Schichten innerhalb der Schneedecke zu Tage. Die Bindung der einzelnen Schichten zueinander kann sich nämlich im Lauf der Zeit stark ändern. Durch Wind, Kälte, Temperaturunterschiede oder Wärme in der Frühjahrszeit wird die Bindung der Schichten untereinander geschwächt oder gestärkt, dabei kann sich die Festigkeit der Schneedecke innerhalb einer Schicht bis zum Faktor 1000 ändern. Gleichzeitig schätzt der Beobachter auch das Ausmaß der lokalen Lawinengefahr in einer 5-teiligen Skala ab.

Die Art und Zahl der abgegangenen Lawinen in der Umgebung des Sonnblicks ist Input für ein statistisches Modell, das aus ähnlichen meteorologischen Fällen in der Vergangenheit Ableitungen für die aktuelle Lawinengefahr zulässt.



Foto: Staudinger

Ansprechpartner:

**Anton Lackner, Hans Lindler,
Ludwig Rasser, Friedl Wallner**
Sonnblick Observatorium
5661 Rauris
sonnblick@zamg.ac.at

Dr. Michael Staudinger
Lawinenwarnzentrale Salzburg
Freisaalweg 16
5020 Salzburg
+43(662)8042-2170
michael.staudinger@salzburg.gv.at
www.lawine.salzburg.at

Höhentaugliche Geräte checken mit Infrarot- und UV-Licht die Bergluft

Seit 1988 misst das Umweltbundesamt Österreichs auf dem Sonnblick verschiedene Schadstoffe der Luft. Erfasst werden Ozon, Kohlenstoffmonoxid sowie Kohlenstoffdioxid. Zur Erweiterung der Messungen um Stickstoffoxide wurden Geräte auf ihre „Sonnblicktauglichkeit“ geprüft und vervollständigen demnächst das Messprogramm. Lachgas soll ab Herbst 2004 ebenfalls kontinuierlich gemessen und überwacht werden.

Die Anlage saugt Außenluft über einen beheizten Stutzen an, der am nördlichen Teil des Daches der meteorologischen Station montiert ist. Die Beheizung muss wegen der Höhenlage und



Beheizte Ansaugung der Außenluft

Kohlenstoffmonoxid (CO)

Diese Messung läuft ebenso über ein Gerät mit Temperatur- und Druckkompensation (Horiba APMA360). Das Messprinzip beruht auf der "nichtdispersiven Infrarotabsorption" von CO, wie es in der Fachsprache heißt. Über ein Magnetventil wird abwechselnd Meß- bzw. Referenzgas in die Meßküvette zwischen Infrarot (IR)-Quelle und Detektor geleitet. Abhängig von der CO Konzentration erfolgt eine Abschwächung des IR Strahles und folglich gelangt weniger IR Energie in den Detektor. Die unterschiedliche Energieaufnahme führt nun innerhalb des Detektors zur Auslenkung einer dünnen Metallmembrane. Diese Auslenkung wird registriert und in eine Konzentration umgerechnet.

Kohlenstoffdioxid (CO₂)

Kohlendioxid, das bedeutendste Treibhausgas, wird auf dem Sonnblick nach einem "Zwei-Kammer-Verfahren" gemessen. Prinzip: Eine Kammer ist gefüllt mit Probenluft, die andere mit einem Prüfgas, dessen Kohlenstoffdioxidkonzentration bekannt ist. Durch beide Kam-

den vorherrschenden Wetterbedingungen ganzjährig erfolgen. Anschließend wird die Luft zu den Messgeräten über spezielle Teflonschläuche möglichst unverändert weitergeleitet.

Ozon

Die Ozonmessung läuft mit einem - für die Höhenlage modifizierten - Thermo Electron-Gerät (TE 49C). Das Prinzip beruht auf Absorption von ultraviolettem Licht bei 254 nm durch Ozon: Die Abschwächung der Strahlung ist direkt proportional zur Konzentration von Ozon. Eine automatische Funktionskontrolle des Gerätes ist durch den eingebauten Ozon-Generator sichergestellt. Dabei werden alle 23 Stunden Messungen an einer sogenannten Nullluft (ozonfrei) und an Luft mit einer definierten Ozonkonzentration durchgeführt.

mern wird Infrarot-Licht (IR) gestrahlt und von einem Detektor am anderen Ende erfaßt. Abhängig von der CO₂-Konzentration erfolgt eine Abschwächung der Lichtleistung, somit ist die detektierte Lichtstärke indirekt proportional zur Kohlenstoffdioxidkonzentration. Die Kalibrierung des Mess-Gerätes läuft über Prüfgase in der Mitte und am unteren bzw. oberen Ende des Mess-Bereiches, weil es keine kohlendioxid-freie Außenluft gibt. Zusätzlich wird wöchentlich ein Check mit bekannter Referenzkonzentration gemacht..

Die Meßwerte zeichnet der Stationsrechner auf und überträgt sie via Telefonleitung in die UBA-Messnetz-Zentrale nach Wien.

Ansprechpartner:

Franz Rokop, Franz Zimmerl

Umweltbundesamt

Abt. f. Lufthygiene

Spittelauer Lände 5

A-1090 Wien

+43(1)31304-5856, +43(1)31304-5859

franz.rokop@umweltbundesamt.at,

franz.zimmerl@umweltbundesamt.at

DI Gerhard Schauer

Zentralanstalt f. Meteorologie und Geodynamik

Freisaalweg 16

A-5020 Salzburg

+43(662)626301-31

gerhard.schauer@zamg.ac.at

Backgroundmessungen Sonnblick

Ein erfolgreiches Projekt, das in den Jahren 1991 bis 1993 durchgeführt wurde, fand im Herbst 2002 seine Fortsetzung. Mit moderner Gerätschaft werden Spurengase und Aerosolkomponenten gesammelt und im Labor ausgewertet. Ziel ist einerseits das Monitoring der genannten Luftbestandteile als auch eine Erweiterung der theoretischen Kenntnisse über die chemischen Prozesse in der Atmosphäre.

Das internationale Forschungsprogramm „Global Atmosphere Watch“ (GAW) dokumentiert seit 1992 chemische Vorgänge in der Erdatmosphäre weltweit. Im Rahmen des Projektes „Back-



Foto: Kasper-Giebl

groundmessungen Sonnblick“, das Teil der GAW-Aktivitäten ist, werden atmosphärische Spurengase (Schwefeldioxid, Salpetersäure und Ammoniak) und ionische Aerosolkomponenten (Nitrat, Sulfat, Oxalat und Ammonium sowie Chlorid, Natrium, Kalium, Calcium und Magnesium) erfaßt. Die Probenahme wird mit Filterpacks durchgeführt, um eine simultane Bestimmung teilchenförmiger und gasförmiger Luftinhaltsstoffe zu erhalten. Die Messungen stellen eine Weiterführung des Projektes „Saisonalität Anorganischer Aerosolkomponenten und Spurengase“, das in den Jahren 1991 bis 1993 am Sonnblick Observatorium durchgeführt wurde, dar. Die Backgroundmessungen Sonnblick wurden im Herbst 2002 begonnen und werden für den Zeitraum von 2 Jahren durchgeführt. Es werden Tagesproben erfasst.

Kenntnis der Chemie der Atmosphäre entscheidet über die Qualität von Klimamodellen

Die Bestimmung der Hintergrundbelastung durch teilchenförmige und gasförmige Luftinhaltsstoffe stellt eine wesentliche Grundlage für die Erstellung und Überprüfung von Klimamodellen

oder Depositionsmodellen dar. Während es über die Luftqualität in Städten, Siedlungsgebieten oder in der Umgebung von Industriegebieten noch verhältnismäßig viele Informationen gibt, liegen für höhere Luftschichten kaum Messdaten vor. Dies gilt ganz besonders für die „nicht-konventionellen“ Luftschadstoffe, die in den Immissionsmeßnetzen schon aus praktischen Gründen noch kaum Berücksichtigung finden. Modelle berechnen die horizontale und vertikale Verteilung der Konzentrationswerte der Aerosole (Schwebstoffe) und Gase aufgrund von Emissionsdaten und meteorologischen Größen. Diese Werte müssen zumindest punktwise mit Messdaten überprüft werden - der Sonnblick stellt so einen Messpunkt in 3 km Höhe dar. Während Flugmessungen nur Momentaufnahmen bieten könnten, ist der Sonnblick das ganze Jahr über verfügbar.

Wie entsteht der „Saure Regen“?

In der Zusammenschau der Filtermessungen und der Bestimmung der nassen Deposition, die am Sonnblick seit 1987 erfolgt, ist es auch möglich Aussagen über die Entstehung des „sauren Regens“ zu treffen. Auch diese Ergebnisse werden für Modellrechnungen benötigt. Die Konzentration, der in Schnee und Regen gelösten Stoffe kann aus der Konzentration der Spurengase und Aerosolkomponenten abgeleitet werden. Dabei ist es wichtig, dass die Messungen in Wolkenhöhe durchgeführt werden, das heißt dort wo sich der Niederschlag bildet. Der Sonnblick bildet dafür eine ideale Meßplattform in den Wolken. Zur besseren Charakterisierung der Luftmassen wurden ein Partikelzähler (CPC 3022A TSI) und ein Meßgerät zur Bestimmung des Flüssigwassergehaltes der Wolken (PVM-300) am Observatorium installiert.



„Gerber PVM-300“ mißt den Flüssigwassergehalt in Wolken
Foto: Schauer

Ansprechpartner:

Prof. Anne Kasper-Giebl

Technische Universität Wien

Institut für Chemische Technologien und Analytik

Getreidemarkt 9/164-AC

A-1060 Wien

+43(1)58801-15130

akasper@mail.zserv.tuwien.ac.at

Warum gibt es weit abseits von Städten besonders viel Ozon?

Lange glaubte man, Ozon und seine Vorläufer-Substanzen würden fast ausschließlich aus Abgasen des Straßenverkehrs stammen. Neueste Messungen auf dem Sonnblick zeigen deutlich, dass auch Pflanzen große Mengen an flüchtigen Substanzen emittieren, die zu extremer Ozonbildung führen können.

Auf dem Sonnblick lief ein Forschungsprojekt, das die tages- und jahreszeitlichen Schwankungen bei der Entstehung von bodennahem Ozon untersucht. Es wurden vielerlei Daten gesammelt, damit Grundlagenmodelle zum Verständnis dieser "troposphären Ozonchemie" erstellt werden können. Zur Ausarbeitung der Daten arbeitet das Institut für Ionen-Physik der Universität Innsbruck eng mit dem Max-Planck-Institut in Mainz (BRD) zusammen.

Doppelnatur des dreifachen Sauerstoffs: Was ist Ozon?

Ozon besteht aus Molekülen, von denen jedes aus drei Atomen Sauerstoff zusammengesetzt ist. Während Ozon in den obersten Schichten der Atmosphäre (viele Kilometer über Grund) einen wirksamen Schutz gegen gefährliche Strahlung aus dem Weltall bietet, kann es bei hoher Konzentration in Bodennähe als Umweltgift wirken sowie Atemwege von Mensch und Tier reizen. Das dritte Sauerstoffatom im Ozon-Molekül stammt von Kohlenmonoxid bzw. Stickoxiden, die bei Sonnenlicht mit dem normalen Sauerstoff der Luft (2 Atome) reagieren. Beim Ozon, das sich in Städten konzentriert, gibt es daneben noch zahlreiche unverbrannte Komponenten aus Abgasen, die ebenfalls Ozonbildung verstärken können: Benzol, Toluol, Aldehyde, Azeton, Isopren ...

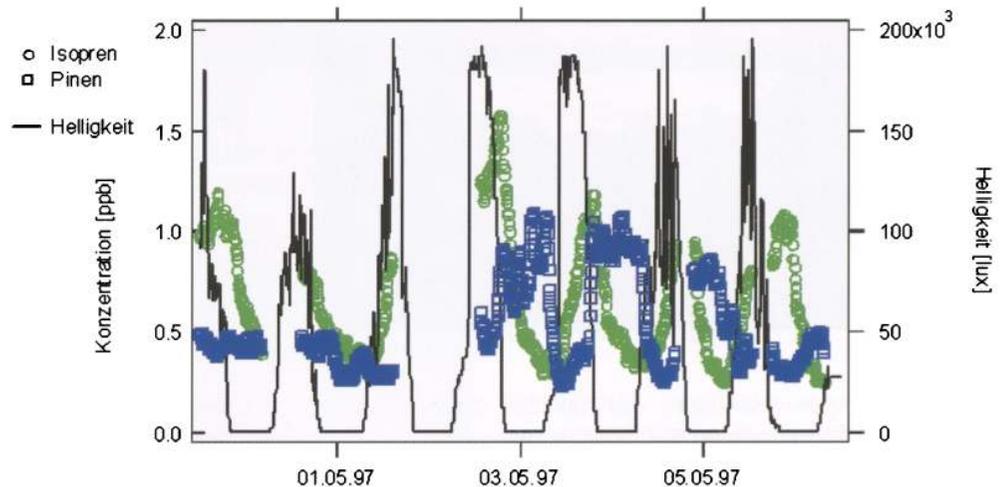
Wohin der Wind weht ...

Mittlerweile wissen Experten, dass Stickoxide und Kohlenmonoxid von Ballungsgebieten und Verkehrswegen über sehr große Entfernungen verfrachtet werden. Wind und Sturm wehen Schadstoffe in einsamere Gegenden mit dichter Bewaldung - zum Beispiel von München oder dem Salzburger Zentralraum an den Alpenhauptkamm ins Rauriser Tal. Hier reagieren solche Stoffe mit Gasen, die von Pflanzen in die Atmosphäre emittiert werden, darunter auch Methan und andere. Fachleute sprechen dabei von "flüchtigen organischen Komponenten", die bei star-

ker Sonneneinstrahlung viele Sauerstoff-Wasserstoff-Radikale bilden. Das sind dann ideale Voraussetzungen für die Bildung von besonders viel Ozon in Bodennähe.

Vielerlei Einflüsse

Die genauen Fachbegriffe klingen für Laien seltsam: Biogene



Grafik: Hansel

Isoprene, Monoterpene und andere "volatile Komponenten", wie Chemiker schnell verdampfende Luftbestandteile bezeichnen, weisen starke tages- und jahreszeitliche Schwankungen auf. Emissionen und Windverfrachtungen hängen von allgemeinen klimatischen Bedingungen, Temperatur und Sonneneinstrahlung stark ab. Die natürlichen Gesetze ihres Zusammenwirkens sind Gegenstand der Untersuchungen auf dem Sonnblick.

Nobelpreisträger hilft bei Auswertung

Die Auswertung und Interpretation der gewonnenen Daten läuft gerade. Für die Interpretation wurde übrigens ein Nobelpreisträger für Chemie gewonnen: Prof. Dr. P. J. Crutzen vom Max-Planck-Institut in Mainz (BRD). Aufgrund der Erfolge dieser Kampagne sind weitere Messungen im Sonnblick für 2005 geplant - unter der Leitung von Prof. Dr. Armin Hansel.

Ansprechpartner:

Dr. Armin Hansel, Dr. Alfons Jordan

Universität Innsbruck

Institut für Ionenphysik

Technikerstr. 25

A-6020 Innsbruck

+43(512)507-6245/, +43(512)507-6257

armin.hansel@uibk.ac.at, alfons.jordan@uibk.ac.at

Den Killern der schützenden Ozonschicht auf der Spur

“Freie Radikale” sind aggressive Substanzen in der Erdatmosphäre, die chemisch nicht sehr stabil sind und auf schnelle Reaktionen mit anderen Stoffen angelegt sind. Radikale vernichten auch jenes Ozon, das in hohen Luftschichten die Erde vor schädlicher Strahlung schützt. Sie sind schwierig zu messen. Deshalb tastet sich die Wissenschaft über das äußerst seltene Kohlenstoff-Isotop ^{14}C der Luft heran, dessen Monoxid mit freien Radikalen reagiert.

Fotochemische oder thermische Energie spalten verschiedene Verbindungen zu Radikalen auf. Sie entstehen auch bei jeder Art von Verbrennung. Diese Reste von früher stabilen Molekülen sind laut neuesten Erkenntnissen auch an der Vernichtung des Ozons beteiligt, das in der Stratosphäre die Erdoberfläche vor schädlicher Strahlung aus dem Weltraum schützt. Radikale kommen auch im menschlichen Körper vor, können Krebs, Erbschäden und genetische Defekte hervorrufen.

OH ist eines der aggressivsten Radikale

Als eines der aggressivsten Radikale gilt die Verbindung von einem Atom Sauerstoff mit einem Atom Wasserstoff (OH). Es gilt nicht nur als schädlich. Für Experten ist es auch ein “Waschmittel der Erdatmosphäre”, weil sich OH bevorzugt auf andere Substanzen stürzt, mit ihnen reagiert und sie bindet. OH reagiert daneben besonders gern mit Kohlenmonoxid (CO) und dem Treibhausgas Methan. Außerdem führt OH zahlreiche unlösliche Spurenstoffe in wasserlösliche Verbindungen über, die dann mit dem Regen ausgewaschen werden können.

OH hat zu kurze Lebensdauer

Ein Problem für die Wissenschaft ist die extrem kurze Lebensdauer des Radikals OH. Dadurch lässt sich seine Verbreitung kaum messen. Das Radikal besteht normalerweise nur etwa eine Sekunde, ehe es mit anderen Stoffen reagiert. Das Sammeln entsprechender Luft mit anschließender Messung im Labor ist fast ausgeschlossen. Deshalb weicht die Wissenschaft auf das relativ langlebige Kohlenmonoxid-Isotop ^{14}CO aus, um indirekt auf Konzentrationen von OH zu kommen. ^{14}CO besteht als Kohlenmonoxid-Isotop im Durchschnitt einige Monate, ehe es durch OH nahezu vollständig abgebaut wird. Das Kohlenstoff-Isotop ^{14}C findet sich in der Erdatmosphäre äußerst selten. Es kann in Aerosolen und den Spurengasen CO_2 , CO , CH_4 und anderen Kohlenwasserstoffen enthalten sein. ^{14}C entsteht in zehn bis 15 Kilometern Höhe über Grund durch Sekundärteilchen der kosmischen Höhenstrahlung aus dem Weltraum. Es dauert nicht lange, ehe ^{14}C in diesen Höhen eine Verbindung mit Sauerstoff eingeht (oxidiert). Es bildet sich das oben schon erwähnte Kohlenmonoxid-Isotop ^{14}CO . Mehr als 90 Prozent davon werden in den folgenden Tagen und Wochen durch freie Radikale (OH)

zum Kohlendioxid-Isotopen ($^{14}\text{CO}_2$) abgebaut bzw. oxidiert.

Methodik auf dem Sonnblick

Forscher des Vienna Environmental Research Accelerators (VERA) und des MPI Mainz (Atmosphärenchemie) haben spezielle Verfahren entwickelt, um über diese Vorgänge auf Kon-

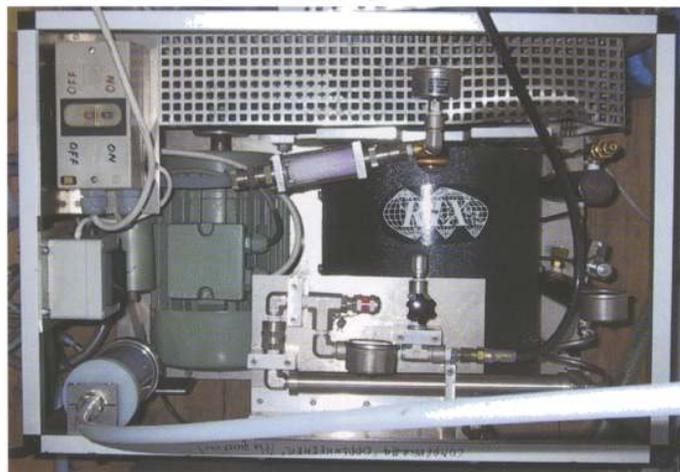


Foto: Schauer

zentrationen des aggressiven Radikals OH zu schließen. Dazu wurden alle zwei Wochen etwa 600 Liter Außenluft auf dem Rauriser Sonnblick mit einem dreistufigen Kompressor verdichtet und in Stahlflaschen abgefüllt - ähnlich wie bei Geräten, die im Tauchsport verwendet werden. Das Max-Planck-Institut Mainz (MPI) hat diese Luft in ihre Bestandteile zerlegt. Kohlenmonoxid (CO) ist in Gebirgsluft nur in äußerst geringen Spuren vorhanden und wurde exakt abgetrennt.

Dem extrem seltenen ^{14}C auf der Spur

Mit einem komplizierten Verfahren folgte die genaue Analyse der Kohlenstoff- und Sauerstoff-Isotope. Der Anteil von ^{14}C wurde am Institut für Radiumforschung und Kernphysik der Universität Wien festgestellt - mit einem so genannten Beschleuniger-Massenspektrometer, das den Nachweis einiger weniger ^{14}C -Atome in einer Billiarde Kohlenstoffatome möglich macht.

Ansprechpartner:

Univ.Prof. Dr. Walter Kutschera
Vienna Environmental Research Accelerator
 Währingerstr.17
 A-1090 Wien
 +43(1)4277-51-712
 walter.kutschera@univie.ac.at

Dr. C.A.M. Brenninkmeijer
MPI Mainz Atmosphärenchemie
 University Campus, J. Becher Weg 29
 D-55128 Mainz
 +49(6131)305-453
 carlb@mpch-mainz.mpg.de

Westeuropa trug kaum zum Sauren Regen bei

In Luftmassen aus Westeuropa fanden sich bei dieser Studie kaum erhöhte Werte von Schwefeldioxid. Weil in den Hohen Tauern die Nordwest-Wetterlage vorherrscht, ist diese Belastung geringer als in Gegenden, die klimatisch stärker von Osteuropa beeinflusst sind. Die Messungen wurden vom Institut für Chemische Technologien und Analytik der Technischen Universität Wien, dem Labor für Umweltanalytik und dem Institut für Meteorologie und Physik der Universität für Bodenkultur durchgeführt.

Laut Experten sei "Saurer Regen" im Alpenraum heute keine akute Gefahr mehr. Aufgeschreckt durch Bilder ruiniertes Wälder Tschechiens und Polens begannen Forscher auf dem Sonnblick

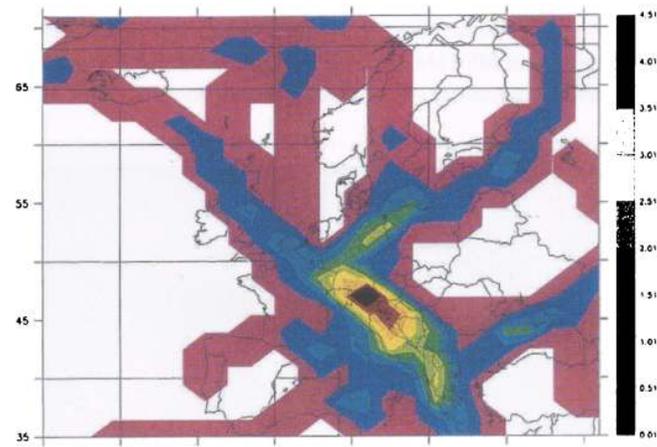
blick die im Winter stark erhöhten SO_2 -Emissionen Osteuropas zu Buche.

Wind aus Ost

Daneben beobachteten die Forscher so genannten "SO₂-Episoden". Das heißt: In Zeiten mit normalerweise niedrigen Werten traten jeweils erhöhte Konzentrationen auf, die von mehreren Stunden bis zu zwei Tagen dauerten. Diese Episoden hatten mit Wind zu tun, der von West bzw. Nordwest auf Ost, Nordost oder Südost drehte.

Peroxide entschärfen das Problem

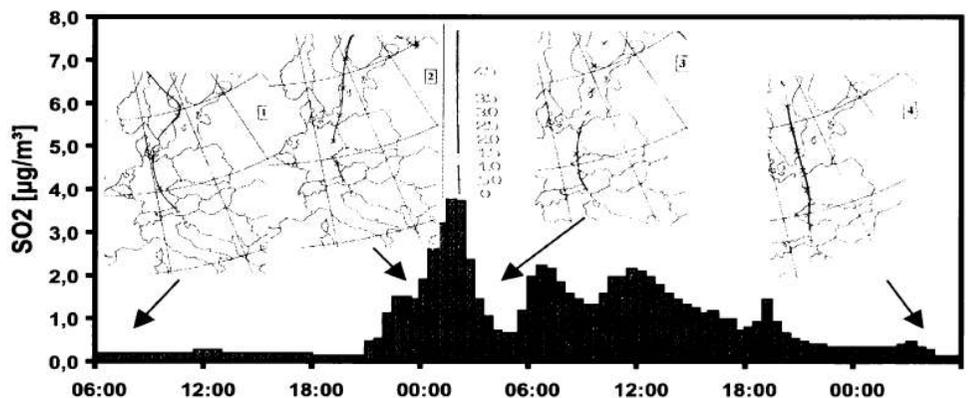
Generell gilt: Schwefeldioxid wird von Wolkenmassen mittransportiert und ist als Gemisch mit Luft und Wasserdampf in der mittleren Troposphäre eingelagert, also in Mitteleuropa zwischen 5.000 und 8.000 Metern über Grund. Wehte nun der Wind das Schwefeldioxid bei Westwetterlage an, dann reichten die in der Atmosphäre auf natürliche Art vorhandenen Peroxide (zum Beispiel das "Bleichmittel" Wasserstoffsuperoxid H_2O_2) aus, um mit dem Schadstoff zu reagieren und ihn zu neutralisieren. Viel selte-



Statistik über Herkunft angereicherter Luftmassen Grafik: Tschervenka

mit entsprechenden Analysen der Luft. In Osteuropa waren im Untersuchungszeitraum (Juni 1995 bis April 1996) viele Kraftwerke in Betrieb, die minderwertige und sehr schwefelhaltige Brennstoffe verheizten. Die Studie brachte große jahreszeitliche Unterschiede.

Einerseits Mittelwerte von 0,11 bis 0,17 Mikrogramm/Kubikmeter: Im Sommer und im Herbst wurden nur diese geringen Konzentrationen Schwefeldioxid auf dem Sonnblick gemessen. SO_2 verwandelt sich bei Regen in schwefelige Säure, geht als "Saurer Regen" nieder und kann die Bodenvegetation massiv schädigen.



Die „Spur“ der Luftpakete gibt Auskunft über die Herkunft von Schadstoffen Grafik: Tschervenka

Schlimmste Zeit im Frühling

Andererseits war die Konzentration im Frühjahr mit 0,70 Mikrogramm/Kubikmeter bis fast zum Siebenfachen der Sommerwerte erhöht. Damit schlugen sich, mit Zeitverzögerung, auf dem Sonn-

ner trat Wolkentransport aus Osteuropa auf. Dann jedoch erhöhten sich die Schwefeldioxidmengen in der Luft ganz beträchtlich. Dabei reichten die in der Luft vorhandenen Peroxide jedoch nicht mehr zur Umsetzung der Schadstoffe aus.

Ansprechpartner:

DI Dr. Werner Tschervenka
Laboratorium für Umweltanalytik
 Cottagegasse 5
 A-1180 Wien
 +43(1)4705504-14

Dr. Petra Seibert
Universität für Bodenkultur
Inst. f. Meteorologie und Physik
 Türkenschanzstr. 18
 A-1180 Wien
 +43(1)4705820-20
 seibert@mail.boku.ac.at

MONARPOP sucht hochtoxische organische Schadstoffe im Alpenraum

Sind die Alpen eine bedeutende Senke für persistente organische Schadstoffe? Gibt es einen Zusammenhang zwischen Belastung und Seehöhe? Woher kommen die Schadstoffe? Dies sind Beispiele für Fragen, die anhand des internationalen Projektes MONARPOP geklärt werden sollen. Weltweit erstmalig werden dafür auch Luftmessungen an hochalpinen Standorten, wie dem Sonnblick, durchgeführt.

POPs: Umweltverschmutzung über lange Distanzen und Zeiträume.

POPs (persistent organic pollutants) sind schwer abbaubare organische Schadstoffe, wie etwa polychlorierte Dibenzodioxine oder DDT. Aufgrund der langen Verweildauer in der Umwelt werden sie in der Luft über Hunderte von Kilometern bis in entlegene Regionen verfrachtet. Ihre bevorzugte Bindung an fettreiche oder organische Substanz ist für die Anreicherung in Humus, Pflanzenteilen, tierischem Gewebe sowie in Nahrungsketten verantwortlich. Ein bedenklicher Vorgang, da POPs bereits in sehr geringen Konzentrationen eine Reihe von toxischen Wirkungen entfalten.

Die Alpen als Schadstofffänger?

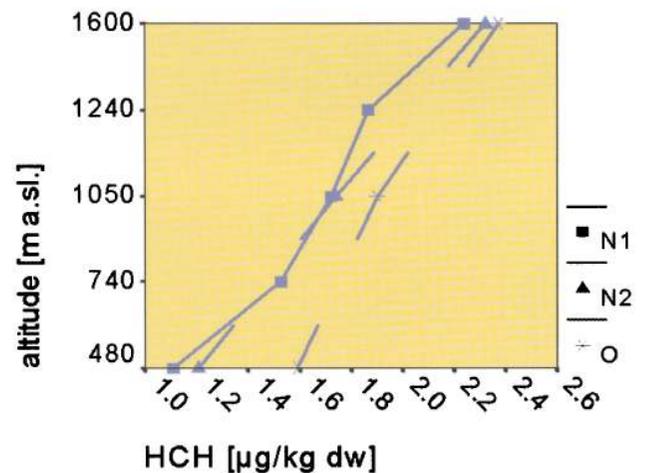
Erste Untersuchungen des Umweltbundesamtes zeigten, dass Fichtennadel- und Humusproben aus entlegenen Gebieten relativ hohe Konzentrationen und höhergelegene Standorte höhere Konzentrationen gewisser, teilweise selbst längst verbotener POPs besaßen. Trotz der Abwesenheit örtlicher Schadstoffquellen kam es an diesen Standorten offenbar zu einer maßgeblichen Schadstoffanreicherung, und zwar über den Eintrag aus belasteten Luftmassen. Niedrige Temperaturen, hohe Depositionsraten und Windanprall sind Bedingungen, die eine Anreicherung dieser Substanzen fördern und gleichzeitig im Alpengebiet typisch sind. Eine beunruhigende Perspektive für diesen einzigartigen europäischen Landschaftsraum und guter Grund für eine großangelegte Kooperation zur Beobachtung und Entwicklung von Gegenmaßnahmen.

MONARPOP als beispielgebendes europäisches Pionierprojekt

MONARPOP (Monitoring in the Alpine Region for POPs) soll nun die POPs-Belastung im Alpenraum in dreidimensionaler Auflösung erheben. Dazu werden 40 im Alpenraum verteilte Bergstandorte, zusätzlich sechs Höhenprofile, drei hochalpine Luftmessstationen (Sonnblick, Weißfluhjoch, Zugspitze), fünf verschiedene Probenmedien (Luft, Deposition, Passivsammler, Fichtennadeln, Boden) und über 70 Analyseparametern untersucht. Die Kosten zur Verwirklichung des Großprojektes werden

aus Mitteln des EU-Programmes „Interreg III B Alpine Space“ und aus nationalen Geldern gedeckt.

Unter der Führung des BMLFUW und dem Projektmanagement durch das Umweltbundesamt werden Forschungseinrichtungen und Behörden von fünf Alpenländern gemeinsam jedoch nicht nur die Belastungssituation erheben, sondern auch Gegenmaßnahmen erarbeiten und umsetzen (z.B. im Rahmen von internationalen Abkommen wie der UNEP-Konvention oder dem UN-ECE-Protokoll zu POPs).



Die Grafik zeigt den Anstieg der Hexachlorcyclohexangehalte in Fichtennadeln (N1, N2) und Auflagehumus (O) mit der Höhe (Koralpe) Grafik: UBA

Ansprechpartner:

Dr. Peter Weiss, DI Wolfgang Moche

Umweltbundesamt

Spittelauer Lände 5

A-1090 Wien

+43(1)31304-3430, +43(1)31304-3430

peter.weiss@umweltbundesamt.at, wolfgang.moche@umweltbundesamt.at

www.monarpop.at

Somewhere over the rainbow ...

Auf dem Sonnblick läuft dieses Projekt zum Umweltschutz schon seit 1984. Schwefeldioxid (SO_2), Stickstoffoxide (NO_x) und Ammoniak (NH_3) erzeugen ‚Saurer Regen‘ der die Wälder und generell das Ökosystem bedroht. Wer die ‚Chemie des Niederschlags‘ mißt – d.h. die Inhaltsstoffe bestimmt – kommt dem ‚Saurer Regen‘ direkt auf die Spur.

Niederschlag besteht eben nicht nur aus sauberem Regen-, Eis- und Schneewasser. Zahlreiche Feststoffe und Gase werden im Wasser gelöst und gehen auf die Erdoberfläche nieder. Diese



„WADOS“ Niederschlagsammler

Foto: Staudinger

„Nasse Deposition“ wird auf dem Sonnblick nach chemischen Kriterien untersucht. Am Institut für Chemische Technologien und Analytik der Technischen Universität Wien werden die Substanzen für die Analysen getrennt. Leitfähigkeit und pH-Wert (Säure-Gehalt) stehen genauso im Mittelpunkt des Interesses wie ionische Bestandteile - also die Umwandlungsprodukte der Emissionen von Schwefeldioxid, Stickstoffoxiden und Ammoniak.

Der Beitrag der Stickstoffoxide wächst

Die Qualität der verwendeten fossilen Energieträger, der Kraftwerksfilter und Katalysatoren ist in den letzten zwei Jahrzehnten stark verbessert worden. Als Folge kann man stark reduzierte Konzentrationswerte von Schwefeldioxid, jener Verbindung, die ursprünglich hauptverantwortlich für den Saurer Regen war, feststellen. Anders verhält es sich mit den Konzentrationswerten für Stickstoffoxide und Ammoniak. Für diese Verbindungen konnte keine Abnahme beobachtet werden. Daher nimmt ihre Bedeutung für die Entstehung des Saurer Regens zu.

Aus der Meßreihe am Sonnblick ist auch der Rückgang der Konzentrationswerte für Blei, der durch die Umstellung auf unverbleibten Treibstoff verursacht wurde, eindrucksvoll zu sehen.

Womit wird der Niederschlag gesammelt?

Zum Auffangen des Niederschlages wird ein WADOS (Wet And Dry Only Precipitation Sampler) verwendet. Das zylindrische Sammelgefäß bleibt bis zum Beginn des Regens oder Schneefalles verschlossen um eine Verunreinigung während der trockenen Perioden auszuschließen. Ein Regensensor steuert dabei das Öffnen und Verschließen des Sammelbehälters. Jeden Tag um 8.00 Uhr früh werden die Proben gewechselt und das Gerät überprüft. Die Analyse erfolgt zeitversetzt im Labor an der Technischen Universität Wien. Die Bestimmung der Ionen (Anionen und Kationen) erfolgt über die Ionenchromatographie (IC), einzelne Metalle werden mit Atomabsorptionsspektroskopie (AAS) gemessen. Die Bestimmung von Leitfähigkeit und pH-Wert erfolgt mit elektrochemischen Methoden.

Ansprechpartner:

Dr. Andreas Falkensteiner
Amt der Salzburger Landesregierung
Abt. 16/02 Immissionsschutz
 Ulrich Schreier Str. 18
 A-5020 Salzburg
 +43(662)8042-4576
 andreas.falkensteiner@salzburg.gv.at

Prof. Anne Kasper-Giebl
Technische Universität Wien
Institut für Chemische Technologien und Analytik
 Getreidemarkt 9
 A-1060 Wien
 +43(1)58801-15130
 akasper@mail.zserv.tuwien.ac.at

Wie wirken Aerosole auf das Klima seit 1850?

Schwebstoffe (Aerosolpartikel) in der Luft haben Einfluss auf die Strahlungsbilanz der Erde - je nach Zusammensetzung und Auftreten der Schwebstoffe kann der bekannte Treibhauseffekt deutlich verringert oder aber auch verstärkt werden. Mit dem Projekt CARBOSOL der Europäischen Union analysieren Fachleute die Zusammensetzung und die Auswirkungen von Schwebstoffen in der Luft.

Aerosole in der Atmosphäre bestehen aus organischen und anorganischen Stoffen. Besonders über den organischen Aerosolanteil, der gewichtsmäßig etwa die Hälfte des Aerosols ausmacht, ist derzeit wenig bekannt. Daher gilt den organischen Verbindungen derzeit das besondere Interesse der Wissenschaftler. CARBOSOL wird auf dem Sonnblick vom Institut für Chemische Technologien und Analytik der Technischen Universität Wien betreut und gilt als sehr aktuelles Programm der EU.

Start im Herbst 2002

Mit CARBOSOL fördert die Europäische Union die Erforschung der Klima-Geschichte und des Ist-Zustandes zwischen Azoren (Spanien) und Ungarischer Tiefebene. Dazu wurden fünf spezielle Messstellen eingerichtet - eine davon befindet sich seit Herbst 2002 auf dem Hohen Sonnblick in 3105 Metern Seehöhe. Wöchentlich werden auf der so genannten „Hintergrund-Messstelle“ Aerosolproben aus der Höhenluft gezogen.



Grafik: Pio

Historisches ist nur über Gletscher zu analysieren

Gewünschte Rückschlüsse auf die historische Situation seit 1850 sind nur über altes Gletschereis möglich. Dazu werden Bohrungen auf kalten Gletschern durchgeführt. Diese Eiskerne liefern in Labor-Untersuchungen Information über Schwebstoffe früherer Jahrhunderte. Auf Basis dieser historischen und aktu-

ellen Messdaten errechnen Experten Emissions-Inventuren und Klimamodelle, die mögliche Veränderungen der Aerosolkonzentration sichtbar machen.



Foto: Kasper-Giebl

Ruß und Bioaerosole

Die Entstehung von Schwebstoffen und deren Transport kann sehr unterschiedlich sein. So gab es in den letzten Jahren - besonders im Frühjahr - immer wieder extrem warme Tage und Wochen, bei denen Schwebstoffe aus Nordafrika in die schneebedeckten Alpen geweht wurden. Im Unterschied zur menschlich verursachten Luftverschmutzung, die sich besonders deutlich durch erhöhte Rußkonzentrationswerte niederschlägt, ist Flugsand eines von vielen Aerosolen, die in der Erdatmosphäre ganz „natürlich“ vorhanden sind: wie auch Vulkan-Aschen, Bakterien und Pollen. Winzige Cellulosepartikel und Anhydrozucker sind weitere Boten für Bioaerosole, da sie entweder direkt, zum Beispiel durch Pflanzenabrieb, in die Atmosphäre eingebracht werden, oder bei der Verbrennung von Biomasse entstehen. Die Frage der relativen Bedeutung dieser natürlichen und menschgemachten Schwebstoffe auf das Klima ist ein weiteres Forschungsziel von CARBOSOL.

Ansprechpartner:

Prof. Anne Kasper-Giebl, Prof. Hans Puxbaum

Technische Universität Wien

Institut für Chemische Technologien und Analytik

Getreidemarkt 9/164-AC

A-1060 Wien

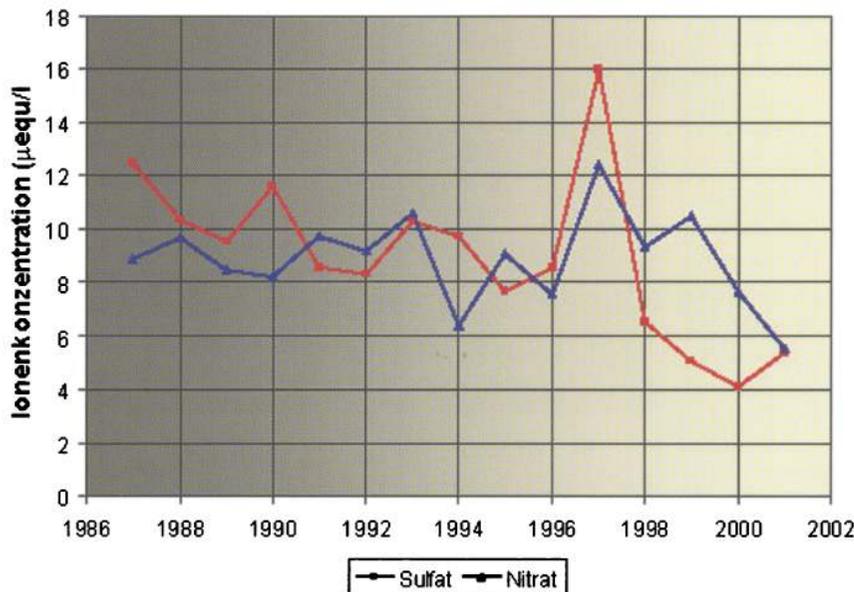
+43(1)58801-15130, +43(1)58801-15177

akasper@mail.zserv.tuwien.ac.at, hpuxbaum@mail.zserv.tuwien.ac.at

Saurer Regen wird weniger, Stickoxide bleiben gleich

Die winterliche Schneedecke dient bei diesem Forschungsprojekt seit 20 Jahren als eine Art Journal für Umweltbelastungen. Auf dem Sonnblick und dem benachbarten Schareck untersuchen Experten die Schneesichten nach bestimmten Ionen und zeichnen jährliche Veränderungen auf. Es geht um das Aufspüren von Sulfaten, Nitraten, ihre Leitfähigkeit und die pH-Werte. Letzere zeigen den Säuregehalt im Schnee an.

Alle diese Messgrößen lassen auf den Gehalt von Schwefeldioxid (SO_2) und Stickoxiden (NO_x) in Luft und winterlichem Niederschlag schließen. Die Messungen finden alljährlich im Mai



wurde Mitteleuropa von gewaltigen Mengen sauren Regens fast flächendeckend heimgesucht. Seine Ursache lag in veralteten kalorischen Kraftwerken, in denen schwefelreiche und minderwertige Kohle verfeuert wurde und die zum Großteil in Osteuropa lagen.

Bessere Brennstoffe setzen sich durch

Ein weiterer Faktor waren erhöhte Schwefelmengen in Heiz- und Dieselöl, die auch in Westeuropa weit verbreitet waren. Mittlerweile scheinen sich technische Standards und Umweltfreundlichkeit stark verbessert zu haben. Seit Mitte der 1980er Jahre verzeichnen Forscher auf Sonnblick und Schareck sinkende Mengen von Sulfat in der Schneedecke. Das lässt direkt den Schluss zu: In Atemluft, Regen und Schnee befindet sich immer weniger Schwefeldioxid.

Stickoxide bleiben gleich

Es geht bei diesen Messreihen auch um zeitliche Einordnung von erhöhten oder erniedrigten Werten innerhalb eines Jahres. Die Forscher versuchen, ihre Ergebnisse in den zeithistorischen Rahmen jeweils aktueller technischer Standards bei der Energieverwertung zu stellen. Sie fragen auch, woher verschiedene Schadstoffe stammen, die mit Wind, Regen und Schneesfall in die Hochregion der Tauern kommen? Bei den Nitraten - direkten Abkömmlingen der Stickoxide - sind seit Jahren kaum Veränderungen festzustellen. Das stimmt laut Experten mit den allgemeinen Daten über Emissionen überein, wonach über den Schnitt vieler Jahre gleich viele Stickoxide in die Atmosphäre geblasen werden - aus der Sicht des Umweltschutzes laut Experten ein negatives Faktum..

Grafik: Schöner

statt, wenn die Schneedecke ihre maximale Höhe erreicht. Diese konserviert bis ins Frühjahr die Belastungen des Winters, der als Erfassungszeitraum besonders wichtig ist. Bei Kälte werden die meisten fossilen Brennstoffe verfeuert. Vor noch nicht allzu langer Zeit dominierten Schlagworte wie „Saurer Regen“ und „Waldsterben“ die öffentliche Diskussion. Umweltschützer und Medien warnten vor grauenvoller Zukunft ohne Bergwälder. Mit saurem Regen war der erhöhte Gehalt von schwefeliger Säure in Regenwasser und Schnee gemeint, eine direkte Folge von zu viel Schwefelgasen in der Erdatmosphäre.

Was wurde aus dem Waldsterben?

Kaum jemand redet heute noch darüber. Ein Grund mag sein, dass immer weniger Schwefeldioxid die Luft belastet. 1983 wurde dieses Projekt der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik sowie des Institutes für Chemische Technologien und Analytik an der Technischen Universität Wien gestartet. Damals

Ansprechpartner:

Dr. Wolfgang Schöner
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
Abteilung Klimatologie
Hohe Warte 38
A-1190 Wien
+43(1)36026-2290
wolfgang.schoener@zamg.ac.at

Prof. Anne Kasper-Giebl
Technische Universität Wien
Institut für Chemische Technologien und Analytik
Getreidemarkt 9
A-1060 Wien
+43(1)58801-15130
akasper@mail.zserv.tuwien.ac.at

Laserstrahl misst Aerosole

Wüstensand, Pollen, Bakterien und Asche ...

Mit einem Laser-Verfahren wird im Sonnblickgebiet die Verteilung von Aerosolen in der Luft gemessen. Wie sieht die Tagesverteilung dieser fein zerstäubten Luftinhaltsstoffe mit ihren kleinen, flüssigen und festen Teilchen aus?



Foto: Staudinger

Luft ist von Natur aus immer "verunreinigt" - mit Aerosolen. In einem Kubikzentimeter Luft schweben selbst über offenen Ozeanen bis zu 1.000 kleine Partikel: Vulkan- und Wüstenstaub, Salze, Pollen, von Algen ausgeschiedenes Dimethylsulfid sowie Bakterien sind Aerosole. Sie erzeugen durch ihre optischen Eigenschaften besonders farbenprächtige Sonnenuntergänge - vor allem in Zeiten nach heftigen Vulkanausbrüchen. Öfter vorherrschend sind Effekte

verursacht durch Sand aus der Nordsahara, der bei starker Südströmung bis in die Hohen Tauern gelangen kann.

Was ist LIDAR?

Nun interessiert Wissenschaftler, ob die Verteilung von Aerosolen an tageszeitliche Abläufe gebunden ist. Immerhin steigen bei Erwärmung im Laufe des Tages gigantische Luftmassen vom Tal auf. Um den Aerosolen dabei auf die Spur zu kommen, setzt das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung im Sonnblickgebiet einen sogenannten LIDAR-Verfahren ein: "Light Detection and Ranging". LASER ist die Abkürzung für konzentriertes rotes Licht, das über weite Strecken mit wenig Verlusten "geschossen" werden kann: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation.

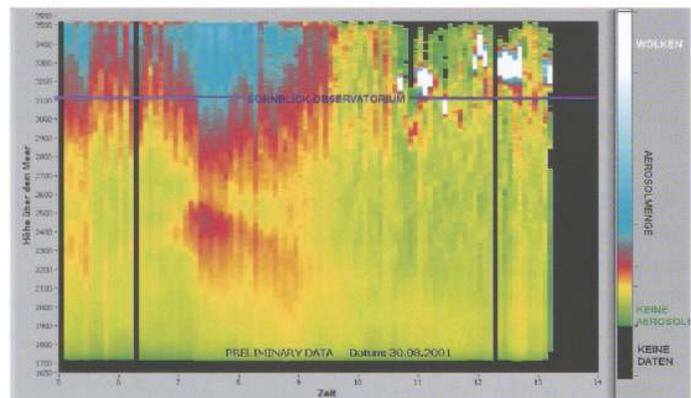
Aerosole streuen Laser-Licht

LIDAR arbeitet mit einem Laserstrahl. Dieser "rast" nun konstant mit ca. 300.000 km pro Sekunde von Kolm Saigurn Richtung Sonnblickgipfel bzw. in einer zweiten Messstrecke zum Niedersachsenhaus weiter östlich. Während der Strecke Richtung Sonnblickgipfel durchquert oder "durchschneidet" der Laser optisch die Luftschichten des Hochgebirges und wird durch die Inhaltsstoffe (Aerosole) minimal verändert bzw. gebrochen, abgeschwächt,

abgelenkt und reflektiert. Das reflektierte Licht ist meßbar und läßt Rückschlüsse auf die Anwesenheit und tageszeitlich abhängige Verteilung von Aerosolen in verschiedenen Höhenstufen zu.

Technische Daten

Der LIDAR-Laser von Kolm Saigurn hat eine Wellenlänge von 532 Nanometern (1nm = ein Milliardstel eines Meters oder das Millionstel eines Millimeters). Leistung: 60 Milliwatt. Die Wissenschaftler messen damit im Sonnblickgebiet auf Messstrecken von bis zu 3.700 Metern. Entfernungsauflösung: 7,5 Meter. Auf der Messachse von Kolm zum Sonnblickgipfel: Die Abbildung



Grafik: Neuber

zeigt die Entwicklung des Aerosolgehalts von 5.00 Uhr bis 13.00 Uhr am 30. August 2001. Der Aerosolgehalt nimmt entsprechend der Farbskala von grün (keine Aerosole) bis weiß (Wolken) zu.

Noch in Erprobung

Alle Instrumente sowie die Auswertungsverfahren sind noch in Entwicklung. Daher ist eine genaue Interpretation dieser Daten noch nicht möglich. Das Bild zeige nach Angaben der Experten jedoch die gute räumliche und zeitliche Auflösung, mit der die Veränderungen im Aerosolgehalt der Luft erfasst werden können. Mit dem am Sonnblick gesammelten Erfahrungen wird das Lidar-System weiterentwickelt um für Messungen vom Flugzeug aus eingesetzt zu werden.

Ansprechpartner:

Dr. Roland Neuber, David Kaiser, Günther Wehrle
Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung
 Telegrafenberg A43
 D-14473 Potsdam
 +49(331)288-2129
 neuber@awi-potsdam.de

Wie wird das "Mascherl" von Kohlendioxid (CO₂) sichtbar?

Immer mehr Industrie-Abgase oder "natürliche" Ursachen? Die Herkunft des Treibhausgases CO₂ kann über den enthaltenen Kohlenstoff ermittelt werden. Dazu nehmen Fachleute das CO₂ unter die Lupe. Springender Punkt: Erdgas, Kohle und Erdöl enthalten keine ¹⁴C - Isotope. - und ihre Verbrennungsprodukte auch nicht. Das identifiziert die Entstehung von Kohlendioxid.



Meßaufbau

Foto: Levin

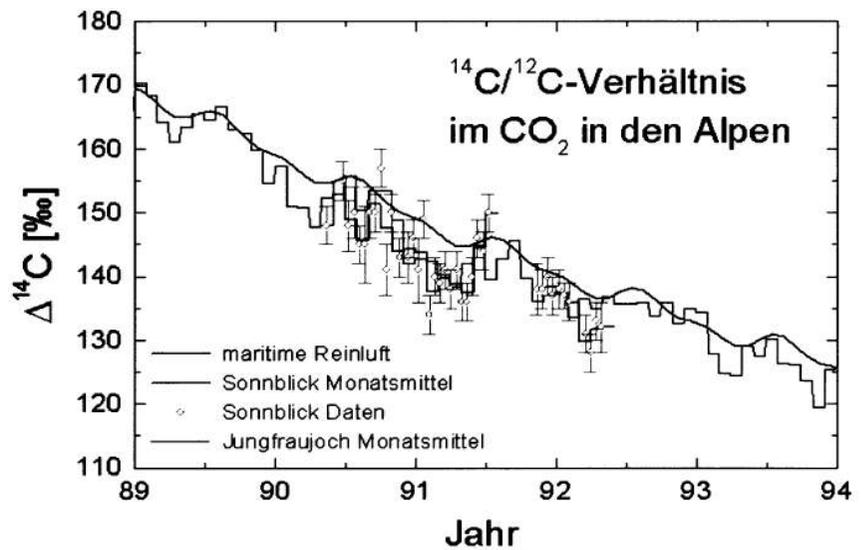
¹⁴C entsteht in der Atmosphäre durch Reaktion von Stickstoff mit kosmischer Strahlung oder durch künstliche Kernreaktionen. Seit Jahren sinkt der relative Anteil von Radiokohlenstoff (¹⁴CO₂) in der Erdatmosphäre - das klingt gut, ist es aber nicht. Solche Ergebnisse zeigen weltweite Messungen in der Antarktis, auf Teneriffa (Station Izaña), auf dem Jungfrauoch in der Schweiz und dem Sonnblickgipfel im Land Salzburg. Das hat mit stetigem Anstieg von CO₂ zu tun, welches aus der Verbrennung von Kohle, Erdöl und Erdgas stammt und kein ¹⁴C enthält.

Eine weitere Ursache des ¹⁴CO₂-Abfalls ist das Verschwinden von sog. Bomben-¹⁴CO₂, das bei Atombombenversuchen in den 1950er und 60er Jahren in der Atmosphäre entstanden ist und nun in den Kohlenstoff-Reservoirs Ozean und Biosphäre gespeichert wird. Da die hierfür verantwortlichen Prozesse dieselben sind wie bei „normalem“ CO₂, kann die Abnahmerate von ¹⁴CO₂

in der Atmosphäre auch Aufschluss geben über die Aufnahme von anthropogenem CO₂ durch diese beiden Kompartimente. (vergl. hierzu einen Übersichtsartikel von Levin und Hesshaimer im Jahr 2000 in der Zeitschrift Radiocarbon).

Wenig ¹⁴C bedeutet viel künstliches Abgas

Im Vergleich zu Küstenregionen wird in Mitteleuropa in den Alpen ein kleineres ¹⁴C/¹²C-Verhältnis im CO₂ gemessen. Rund um die Alpen ist die Belastung mit Verbrennungsabgasen höher als in sauberen Meeresregionen. Zwischen der hochalpinen Messstation Jungfrauoch in der Schweiz und dem 400 km östlich gelegenen Sonnblick besteht jedoch kein messbarer Unterschied. Laut IUP sind deshalb die sehr aufwendigen ¹⁴CO₂-Messungen auf dem Sonnblick wieder eingestellt worden.



Verlauf des ¹⁴C/¹²C-Verhältnisses im atmosphärischen CO₂ in den Alpen im Vergleich zu maritimer Reinluft
Grafik: Levin

Ansprechpartner:

Dr. Ingeborg Levin, Dr. Bernd Kromer
Rupprecht-Karls-Universität Heidelberg
Institut für Umweltphysik (IUP)
 Im Neuenheimer Feld 229
 D-69120 Heidelberg
 +49(6221)546-330
 ingeborg.levin@iup.uni-heidelberg.de

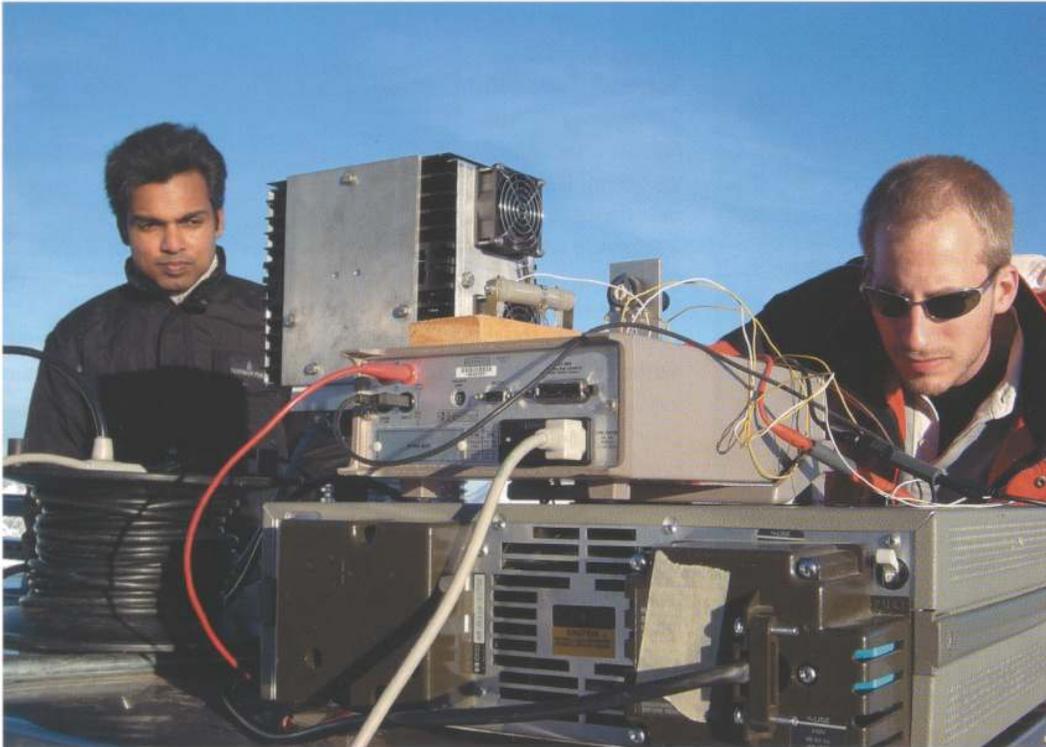
Erhöhte UV-Strahlung - Gefahr für Mensch und Umwelt?

Gibt es Langzeitveränderungen der UV-Strahlung? Um solche Fragen zu beantworten, müssen Wissenschaftler UV-Messungen mit langzeitstabilen Messgeräten durchführen. Aus diesem Grund werden seit 1996 am Hohen Sonnblick UV-Messungen mit Bentham-Spektralradiometer im Auftrag des BMLFUW durchgeführt. Hohe Datenqualität ist wegen der Empfindlichkeit und Komplexität des Spektralradiometers nur von Betreuern mit ausreichender Erfahrung erzielbar.

Die biologischen und ökologischen Wirkungen von UV-Strahlung zeigen starke Wellenlängenabhängigkeit. Sowohl für die Biosphäre als auch für luftchemische Vorgänge ist die Strah-

Genauere UV-Messungen erst seit kurzem

Wegen der biologischen Wirkung der UV-B-Strahlung und unter dem Eindruck einer abnehmenden stratosphärischen Ozonkonzentration wurden verstärkt in den letzten Jahren zahlreiche Messungen der UV-Strahlung durchgeführt. Da im Gegensatz zu Ozonmessungen keine langjährigen Datenreihen über die UV-Strahlung existieren, sind Aussagen über Änderungen in der Vergangenheit nicht möglich und können experimentell nicht überprüft werden. Wegen der hohen natürlichen Variabilität der UV-B-Strahlung lässt sich jedoch ein Trend der UV-Strahlung erst nach jahrzehntelangen Messreihen verlässlich erkennen, so die Experten. Während die hoch liegende Ozonschicht schon frühzeitig näher untersucht wurde, begann man erst in den 1990er Jahren mit kontinuierlichen spektral aufgelösten Messungen der UV-Strahlung.



Kalibrierung des Bentham-Spektralradiometers

Foto: Schauer

lung unterhalb 300 nm hoch wirksam und muss präzise erfasst werden, wie die Experten des Institutes für Meteorologie der Universität für Bodenkultur in Wien sagen. Deswegen sind die Untersuchungen biologischer Auswirkungen nur mit spektral hochauflösenden Geräten möglich. Mit den erfassten Messzeitreihen können unter Anwendung verschiedener Wirkungsspektren die verschiedenen biologischen und ökologischen Wirkungen quantitativ bestimmt werden. Aktueller Hintergrund ist die in manchen Erdteilen beobachtete schleichende Zerstörung jener Ozonschicht, die in höchsten Bereichen der Erdatmosphäre einen Schutz gegen Strahlung bietet. Mit Vergrößerung des sogenannten „Ozonloches“ gelangt immer mehr schädliche UV-B-Strahlung zur Erdoberfläche.

Methodik

In der Fachsprache liest sich das so: „Das Bentham-Spektralradiometer ist ein Gitterspektroskop und besteht aus einem Doppelmonochromator und einem Photomultiplier. Der Doppelmonochromator besitzt ein Beugungsgitter mit 2400 Linien pro mm. Die solare UV-Strahlung fällt auf einen Diffuser und gelangt über einen Lichtleiter in den Monochromator. Am Austrittsschlitz werden die Photonen von einem Photomultiplier aufgenommen.“

Ansprechpartner:

Mag. Stana Simic
 Universität für Bodenkultur
 Institut für Meteorologie (BOKU-Met)
 Türkenschanzstraße 18
 A-1180 Wien
 +43(1)4705828-31
 stana.simic@boku.ac.at
 http://www.boku.ac.at/imp/met/

Mag. Martin Kriech
 BM.f. Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und
 Wasserwirtschaft
 Sektion V
 Stubenbastei 5
 A-1011 Wien
 +43(1)51522-1740
 martin.kriech@lebensministerium.at

OZON - ein Schutz vor UV-Strahlung. Ozonloch?

Die Ozonschicht in etwa 20-30 km Höhe ist ein wichtiger Schutzschild für alles Leben auf der Erde. Ozon verhindert, dass der größte Teil der gefährlichen Sonnenstrahlung den Erdboden erreicht. In den letzten Jahrzehnten wurde allerdings beobachtet, dass die Dicke der Ozonschicht über vielen Gebieten der Erde, vor allem der Antarktis, zeitweise stark zurückgegangen ist („Ozonloch“). Der Verlust von stratosphärischem Ozon über dem Sonnblick beträgt im Vergleich zum langjährigen Mittel - gemessen im schweizerischen Arosa - gemittelt über die Winter der Jahre 1994 bis 2001 neun Prozent.

Nach 10 Jahren kontinuierlicher Ozon- und UV-Messung am Hohen Sonnblick können nun von Wissenschaftlern des Institutes für Meteorologie und Physik an der Universität für



Brewer-Spektralradiometer

Foto: Schauer

Bodenkultur klimatologische Untersuchungen durchgeführt und Schlussfolgerungen aufgestellt werden. Als Messgerät dient ein so genanntes Brewer Spektralradiometer, das bereits seit August 1993 im Einsatz steht und sich laut Experten bestens bewährt.

Das Gerät misst vollautomatisch die Dicke der Ozonschicht über den Hohen Tauern. Durch ein sehr wetterfestes Gehäuse ist das Messgerät für Einsätze in klimatisch extremen Gegenden wie auf dem Sonnblick bestens geeignet.

Vielerlei Anwendungen

Neben der quantitativen Messung der Ozonkonzentration in 20-30 km Höhe eignet sich der „Brewer“ für genaue Daten über die Dicke von Schwefeldioxid-Schichten, außerdem können Stickoxide und die genaue Höhenverteilung des Ozons ins Visier genommen werden. Daneben erhalten die Experten auch spektrale Messungen von schädlicher UV-B-Strahlung.

Vollautomatisch immer der Sonne nach

Das Messgerät befindet sich auf einem Suntracker, welcher durch einen Kontrollrechner gesteuert die Sonne azimuthal verfolgt. Das Spektralradiometer besteht aus einem Monochromatorteil, einem Photomultiplier, einem Diffuser und zwei Eichlampen. Der Monochromator besitzt ein Beugungsgitter mit 1200 Linien pro mm und sechs Schlitzen, die die sechs gewählten Wellenlängen ausblenden. Zur Bestimmung des stratosphärischen Gesamtozons wird die absolute Strahlungsintensität bei fünf verschiedenen Wellenlängen (306.3 nm, 310.1 nm, 313.5 nm, 316.8 nm, 320.1 nm) ab einer Sonnenhöhe von 15° gemessen. Die Bestrahlungsstärken werden von einem Photomultiplier mit anschließendem Photonenpulzzählsystem registriert.

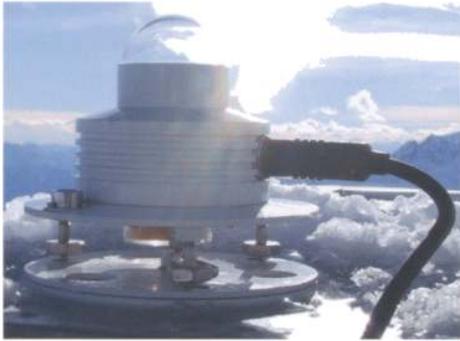
Ansprechpartner:

Mag. Stana Simic
 Universität für Bodenkultur
 Institut für Meteorologie (BOKU-Met)
 Türkenschanzstraße 18
 A-1180 Wien
 +43(1)4705828-31
 stana.simic@boku.ac.at
 http://www.boku.ac.at/imp/

Mag. Martin Kriech
 BM.f. Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und
 Wasserwirtschaft
 Sektion V
 Stubenbastei 5
 A-1011 Wien
 +43(1)51522-1740
 martin.kriech@lebensministerium.at

Strahlenbelastung durch Ultraviolette Strahlung. Nimmt die Sonnenbrandgefahr zu?

Auf den Menschen bezogen, ist vor allem die in den letzten Jahrzehnten zu beobachtende sehr hohe Zunahme der Hautkrebserkrankungen besorgniserregend. Um das Risiko, an Hautkrebs zu erkranken, möglichst gering zu halten, ist daher ein vernünftiger Umgang mit der Sonne geboten. Dazu ist es notwendig, der Bevölkerung Information über tagesaktuelle und zukünftige UV-Belastung zur Verfügung zu stellen. Das Observatorium auf dem Sonnblick ist seit Jahren in ein österreichweites Messnetz integriert, das die Bevölkerung vor UV-Strahlung warnen soll.



UV-Biometer

Foto: Schauer

Die entsprechenden Geräte heißen „UV-Biometer“. Damit messen Experten der Universität für Bodenkultur in Wien, der Universität Innsbruck und der Tiroler Firma Schreder den „biologisch wirksamen Anteil

der UV-Strahlungen“, wie es in der Fachsprache heißt. Zur Information über die UV-Strahlungsintensität wird durch Filtern eine Gewichtung entsprechend der Wirkungskurve für die Rötung der Haut (Erythembildung) vorgenommen. Die gemessene Strahlungsintensität wird als UV-Index angegeben.

Durch „Ozonloch“ immer mehr gefährliches UV?

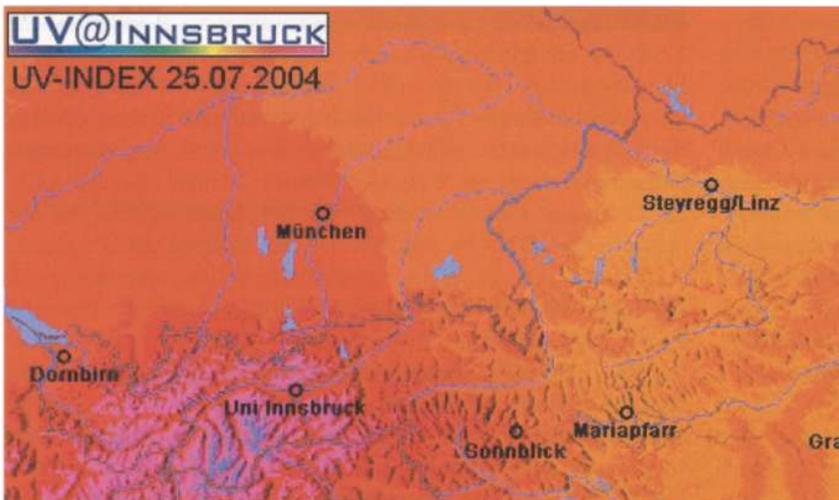
UV-Biometer liefern ein Maß für die hautschädigende Wirkung von UV-Bestrahlung. Die gemessene Intensität wird als „UV-Index“ angegeben und veröffentlicht. Diese Einheit ist weltweit

genormt und soll die Bevölkerung einheitlich informieren. Das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft hat sich mit den Ämtern der Landesregierungen vor einigen Jahren entschlossen, auf lange Sicht in ganz Österreich ein entsprechendes Netz mit Messstationen zu betreiben. Diese Entwicklung wurde umso aktueller, je mehr bekannt wurde, dass die vor schädlichen UV-Strahlen schützende Ozonschicht immer dünner werde. Diese hat nichts mit dem in Bodennähe zunehmenden Ozon zu tun, das als gesundheitsschädigendes Reizgas wirken kann.

Höchstgelegene von neun Messstationen Österreichs

Auf dem Gipfel des Sonnblick befindet sich dazu eine von insgesamt neun Messstationen in ganz Österreich. Weitere Standorte: Bad Vöslau, Dornbirn, Graz, Klagenfurt, Linz, Mariapfarr, Innsbruck und Wien. Die absolute Zunahme der UV-Strahlung in den Bergen bei reduziertem Ozon ist höher als im Flachland. Von größter Bedeutung sind Reflexionsprozesse an der Schneedecke. Die hohe Albedo am Sonnblick führt zu einer vermehrten Rückstreuung in die Atmosphäre und damit zu einer Erhöhung der UV-Strahlung.

Frühwarnung und Beratung der Bevölkerung



Grafik: <http://www.uibk.ac.at/projects/uv-index/>

Hauptziel der Forschungen ist verlässliche Frühwarnung der Bevölkerung. Demnach ist die hohe Qualität ermittelter Daten von entscheidender Bedeutung. Die im österreichischen Netz verwendeten Messgeräte müssen regelmäßig geprüft und kalibriert werden. Aktuelle Werte des UV-Index aus ganz Österreich werden via Teletext des ORF (Seite 644) publiziert. Außerdem bietet die Website des Umweltministeriums aktuelle Informationen über die UV-Strahlenbelastung nach Tageszeit und Regionen Österreichs.

Information im Internet:

<http://www.lebensministerium.at/umwelt/>

<http://www.uibk.ac.at/projects/uv-index/index.html>

Ansprechpartner:

Mag. Stana Simic
Universität für Bodenkultur
stana.simic@boku.ac.at

Mag. Ing. Josef Schreder
Fa. Schreder CMS
josef.schreder@uibk.ac.at

Mag. Martin Kriech
BM.f. Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

A.Univ.Prof. Dr. Mario Blumthaler
Universität Innsbruck
mario.blumthaler@uibk.ac.at

Vielerlei Wellen aus den Weiten des Weltraumes

Je höher man hinaufkommt, umso stärker werden elektromagnetische Strahlungen. Diese sind natürlich und können bis zu Radioaktivität aus den Tiefen des Universums reichen. Besatzungen von Flugzeugen verbringen in bis zu 12.000 Metern Höhe einen Teil ihres Lebens bei solchen Bedingungen. Ein Forschungsprojekt des Atominstutes der Österreichischen Universitäten, der Gesellschaft für Weltraummedizin und des Bundeskanzleramtes erkundet auf dem Sonnblick die kosmische Höhenstrahlung. Auf hohen Bergen ist die kosmische Strahlung bereits weit stärker als in Tälern.

Höhenstrahlung setzt sich aus unterschiedlichen Arten von Strahlen wie hochenergetischer Protonen, Neutronen, Elektronen und Gamma-Quanten zusammen. Fachleute sagen, ein

also jene, die auf den menschlichen Körper direkt wirkt. Dazu ist ein so genannter Bonner Spektrometer im Einsatz. Der besteht aus neun kugelförmigen passiven Detektoren. Diese werden



Foto: Staudinger

großer Teil dieser Strahlung zeichne sich "durch hohen linearen Zusammenhang von Energie und biologische Wirksamkeit" aus. Das bedeutet: Sie können für den menschlichen Körper gesundheitsschädlich sein.

Langzeitmessungen nur auf Bergen möglich

In großen Höhen - zum Beispiel in Verkehrsflugzeugen - trägt der natürliche Neutronenbeschuss der Erde aus dem Weltraum bis zu 50 Prozent zu jener Dosis bei, die für menschliche Körper gerade noch zu tolerieren ist. Diese Neutronen durchdringen alle Materialien, also auch die Außenhaut der Jets und die Menschen, die reisen oder dort oben arbeiten. Das Problem ist, dass im Flugverkehr kaum über längere Zeit gemessen werden kann - damit sind Wochen, Monate und Jahre gemeint.

Methodik

Es werden dazu aktive und passive Messgeräte eingesetzt. Ziel ist die Erfassung des gesamten Neutronenspektrums, das aus dem Weltraum heranstrahlt als auch dessen Dosis. Außerdem wird die so genannte "gesamte äquivalente Dosis" ermittelt,

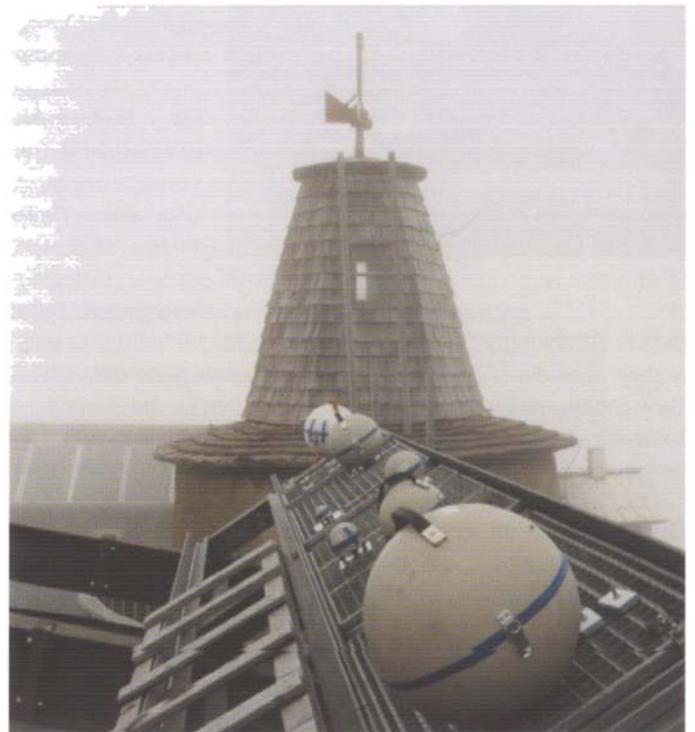


Foto: ATI

für jeweils mehrere Wochen auf dem Sonnblick dem offenen Himmel ausgesetzt. Aktive Systeme dienen zu vergleichenden Messungen - wie der "Extended Sievert Counter oder das LET-Spektrometer. Dieses arbeitet mit einem spezieller Zähler, der menschliches Gewebe simuliert und den Einfluss der Strahlung.

Dreifach höhere Strahlung als in Wien

Auf dem Sonnblick wurde mit solchen Messungen bisher ein natürlicher Neutronenbeschuss festgestellt, der sich in einem Energiebereich von bis zu 100 MeV bewegt. Die gesamte Äquivalentdosisleistung beträgt rund 240 nSv pro Stunde. Zum Vergleich: In Wien liegen die Werte bei rund 80 bis 90 nSv pro Stunde, also einem Drittel.

Ansprechpartner:

DI Michael Hajek

Atominstut der Österreichischen Universitäten

Institut für Technischen Strahlenschutz, Dosimetrie und Strahlenphysikalische Archäometrie

Stadionalle 2

A-1020 Wien

+43(1)58801-14193

mhajek@ati.ac.at

Wie wirkt Kernfusion auf die Erdatmosphäre?

Tritium ist hier das Zauberwort. Dieses Wasserstoff-Isotop kommt in freier Natur kaum vor, ist nur schwach radioaktiv und selbst nicht wirklich gefährlich. Auf dem Sonnblick wird seine Konzentration in der Luft dennoch gemessen. Sollten sich die Werte erhöhen, dann weisen sie auf Lecks in Kernfusions-Reaktoren hin. Diese stehen hunderte oder tausende Kilometer vom Sonnblick entfernt.

Diese Projekt betreibt die Arbeitsgruppe Isotopen-Geophysik beim Österreichischen Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal in Wien. Sie messen auf dem Sonnblick mit einem Spezialverfahren, ob sich die Mengen von Tritium in der freien Atmosphäre erhöhen, verringern oder ob sie gleich bleiben.

Was ist Kernfusion?

Physiker vieler Länder sehen künstlich erzeugte Kernfusion als mögliche und nahezu unerschöpfliche Energiequelle der mittleren bis fernen Zukunft. Fusion ist als "Kernverschmelzung" das physikalische Gegenteil von Kernspaltung. Es geht um "Sonnen-Energie" im Wortsinn: Die menschliche Anwesenheit auf dem Planeten Erde ist nämlich ausschließlich der Kernfusion zu verdanken. Denn unsere Sonne funktioniert wie die meisten Sterne einzig und allein auf dieser Basis: "Schwerer Wasserstoff" oder ^3H , wie Experten sagen, verschmilzt bei Kernfusion unter gigantischen Temperaturen und extremen Drücken zu Helium.

Bisher nur Versuche möglich

Bei Kernfusion auf größeren Volumen werden gigantische Energiemengen freigesetzt - in Wärme und Strahlung auf verschiedensten elektromagnetischen Frequenzen. Es gibt in Europa und Übersee einige Versuchsreaktoren, in denen solche Bedingungen kurzzeitig und auf kleinstem Raum künstlich zustande gebracht werden können - jedoch noch nicht über längere Zeiträume, die für eine wirtschaftlich nutzbare Ausbeute freiwerdender Energie nötig wäre. Die Fusionstechnologie steckt weltweit noch in den Kinderschuhen. Sie gilt insgesamt und - rein theoretisch - als eher "saubere" Energieform.

Tritium im Hochgebirge messbar

Im Gegensatz zur Kernspaltung entstehen bei Kernfusion wesentlich weniger bedenkliche Substanzen. Dennoch sind Physiker auf der Hut, damit Versuchsreaktoren keine Lecks haben und keine neu entstehenden Substanzen in die Erdatmosphäre entweichen. Um unbemerkten möglichen Lecks auf die Spur zu kommen, gibt es in Österreich zwei spezielle Messstellen für Tritium: in Wien und auf dem Sonnblick. Laut Dipl.-Ing. Roland Tesch vom Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal, der beide Anlagen betreut, stehen in ganz Europa nur sehr wenige solcher Vorrichtungen.

Ansprechpartner:

DI Roland Tesch

Österreichisches Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal Ges.m.b.H

Arbeitsgruppe Isotopengeophysik, Bereich Umwelt

Faradayg. 3

A-1030 Wien

+43(1)79747-516

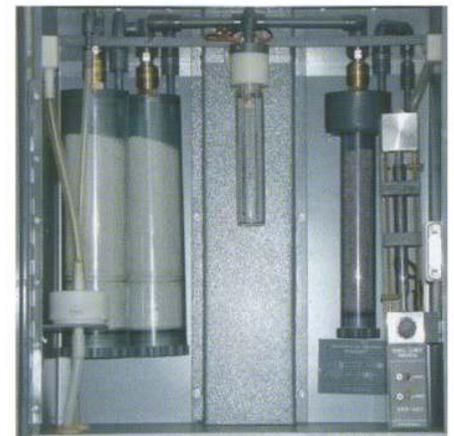
tesch.r@arsenal.ac.at

Hinweise auf defekte Reaktoren

Tesch betont, Tritium müsse für Versuche der Kernfusion stets künstlich erzeugt werden. Für jeden kleinen Reaktor sei nämlich mehr Tritium nötig, als in natürlicher Form auf der gesamten Erde vorhanden ist. So gesehen ist jede Erhöhung der Werte in freier Luft ein Alarmzeichen und Hinweis auf defekte Reaktoren. Auf dem Sonnblick wäre es möglich, selbst geringe Spuren von Tritium zu registrieren, die möglicherweise Wochen, Monate oder Jahre zuvor aus amerikanischen Reaktoren entwichen sein könnten. Allerdings ist die genaue Herkunftsbestimmung der Substanz bisher nicht möglich.

Europäische Perspektiven

Die Anlage des Forschungszentrums Arsenal nimmt seit Oktober 1999 auf dem Sonnblick jede Woche gezielte Luftproben und untersucht Luftfeuchtigkeit und enthaltenden Wasserstoff. Es wird ein so genannter "Sammler" verwendet, der aus zwei Einheiten für die Aufnahme der Proben sowie einer zusätzlichen Einheit für Elektrolyse besteht. Im ersten Schritt erfolgt die Analyse der Luftfeuchtigkeit. Dann wird mit einem Spezialverfahren die Probe menge für exaktere Messung des Tritiums künstlich vergrößert. Projektleiter Roland Tesch betont, Fachkollegen in der Schweiz und Deutschland hätten bereits Interesse an dem in Österreich entwickelten "Sammler" bekundet. Laut Tesch sei ein Netz mehrerer Stationen wünschenswert. Für das Schweizer Bundesamt für Gesundheit wurde im Wiener Arsenal bereits eine neue Sammelvorrichtung zur Tritium-Messung angefertigt. Diese soll zunächst im Raum Bern und später auf dem Jungfrauoch zum Einsatz kommen.



Tritium - Meßapparatur

Foto: Tesch

Kontinuierliche Beobachtung der atmosphärischen Radon-Konzentration

Der Weg der Luftmassen über Mitteleuropa ist für sämtliche Projekte am Sonnblick von großem Interesse; kommen die verschmutzten Luftmassen direkt aus den Tälern der näheren Umgebung, oder werden sie von weither transportiert und sind für mitteleuropäische Verhältnisse typisch? Die Radon Messungen geben einen ausgezeichneten Indikator für viele dieser Vorgänge.

Radon ist ein radioaktives Edelgas, welches ausschließlich natürlich erzeugt wird (Zerfall des überall im Boden enthaltenen Urans). Die Radon Lebensdauer von 5,5 Tagen ist gut vergleich-

Variabilität der organischen Luftstaubkonzentration auf dem Sonnblick (Untersuchungen der TU-Wien) rekonstruieren lässt.



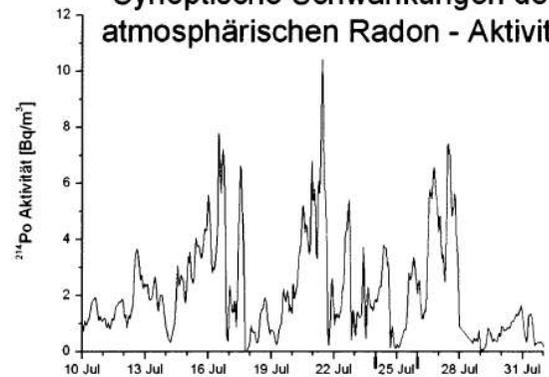
Grafik: Pio

bar mit der atmosphärischen Aufenthaltsdauer von Luftstaub oder auch mit der charakteristischen Zeit großskaliger Zirkulationänderungen. Da die Quellen und Senken dieses passiven Spurengases vergleichsweise genau bekannt sind, bietet Radon ein hervorragendes Werkzeug, um den Luftmassentransport auf experimentellem Weg zu untersuchen. Insbesondere an Bergstationen kann damit der Vertikaltransport von Spurenstoffen aus der Grundsicht in die freie Troposphäre quantitativ erfasst werden (siehe Abbildung 1).

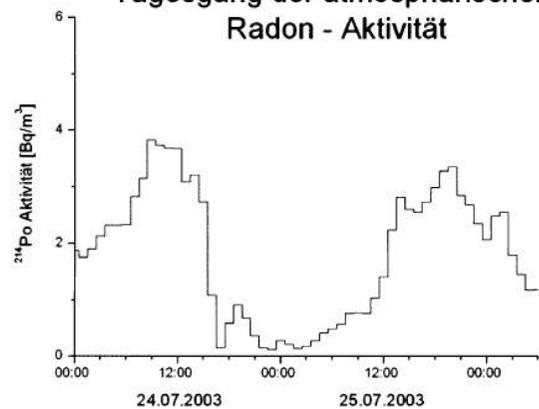
Europäisches Forschungsprojekt CARBOSOL

Im Rahmen des Europäischen Forschungsprojektes CARBOSOL soll die atmosphärische Radonaktivität auf dem Sonnblick Observatorium kontinuierlich aufgezeichnet werden (Beginn Herbst 2002). CARBOSOL widmet sich der europaweiten Verteilung von organischen Luftstaubkomponenten, um hieraus deren Klimawirksamkeit besser einschätzen zu können. Der Sonnblick stellt innerhalb von CARBOSOL die Referenzstation für die freie Atmosphäre dar (siehe Abbildung oben), wobei Radonzeitreihen helfen sollen, die tageszeitlichen und saisonalen Schwankungen des vertikalen Luftmassenaustausches eindeutig zu erkennen. Es wird erwartet, dass sich hieraus die transportbedingte

Synoptische Schwankungen der atmosphärischen Radon - Aktivität



Tagesgang der atmosphärischen Radon - Aktivität



Ansprechpartner:

Dr. Ingeborg Levin, Dr. Dietmar Wagenbach
Rupprecht-Karls-Universität Heidelberg
Institut für Umweltphysik
 Im Neuenheimer Feld 229
 D - 69120 Heidelberg
 Ingeborg.Levin@iup.uni-heidelberg.de
 Dietmar.Wagenbach@iup.uni-heidelberg.de

Prof. Dr. Hans Puxbaum
Technische Universität Wien
Institut für Chemische Technologien und Analytik
 Getreidemarkt 9/151
 A -1060 Wien
 hpuxbaum@mail.zserv.tuwien.ac.at

Altersbestimmung von Eis mit kosmogenen Radionukliden

Anhand von Luftfiltern und Schneeproben vom Sonnblick wird derzeit am Institut für Isotopenforschung und Kernphysik der Universität Wien, in Zusammenarbeit mit dem Institut für Umweltphysik der Universität Heidelberg, an der Entwicklung einer Methode zur Datierung von tiefem polarem Eis gearbeitet.

Eisbohrkerne bieten ein einzigartiges Archiv unserer Klimageschichte und tragen somit wesentlich zum Verständnis unseres heutigen Klimasystems bei. So lässt sich z.B. aus antarktischen



VERA Beschleunigermassenspektrometer

Foto: Auer

Eiskernen der Temperatur- und Kohlendioxidverlauf der letzten 400 000 Jahre rekonstruieren. Ein Schlüssel zum Verständnis dieser Klimarchive ist die Altersbestimmung des Eises. Insbesondere in den tieferen Schichten des 3 km mächtigen antarktischen Eisschildes sind herkömmliche Datierungsmethoden aufgrund der komplexen Eisdynamik nicht mehr anwendbar. Hier bietet sich die Altersbestimmung über die kosmogenen Radionuklide ^{26}Al und ^{10}Be an.

In der Atmosphäre werden kontinuierlich radioaktive Isotope durch kosmische Strahlung erzeugt. Manche dieser kosmogenen Radionuklide haften sich an Aerosole und werden nach einiger Zeit auf der Erdoberfläche deponiert. Deren Konzentration im Eis nimmt stetig durch den radioaktiven Zerfall ab. Daher lässt sich aus der Messung der verbliebenen Menge das Alter des Eises bestimmen. Insbesondere die Kombination der kosmogenen Radionuklide ^{10}Be und ^{26}Al (Halbwertszeiten 1,5 Mio. und 0,7 Mio. Jahre) eröffnet die Möglichkeit einer relativ genauen Datierung.

Wesentlich bei der Anwendung dieser Methode ist jedoch dass man das Verhältnis beider Nuklide zur Zeit der Deposition genü-

gend gut kennt. Für das in der Atmosphäre produzierte ^{10}Be und ^{26}Al ist dieses Verhältnis zeitlich konstant. Allerdings gibt es für ^{26}Al im Eis, im Gegensatz zu ^{10}Be , nicht-atmosphärische Quellen, die möglicherweise nicht vernachlässigbar sind. So wird ^{26}Al auch durch Meteoritenstaub (dessen Fluss auf die Erde auf ca. 40 000 Tonnen pro Jahr geschätzt wird) und durch aufgewirbelten Mineralstaub in die Atmosphäre eingetragen, wobei der Beitrag dieser Quellen gegenwärtig unbekannt ist.

Um diesen Beitrag zu bestimmen, aber auch um die Messmethode zu optimieren, werden gegenwärtig Aerosolfilter vom



Schneeprobennahme

Foto: Schauer

Sonnblickobservatorium auf ^{26}Al und ^{10}Be hin gemessen. Dazu werden vergleichsweise sehr große Luftmengen von ca. 15.000 m^3 Luft durch einen Filter gesaugt. Da ^{10}Be und ^{26}Al nur in kleinsten Spuren vorkommen, können sie nur mit einem hochsensitiven Beschleunigermassenspektrometer (am Institut für Isotopenforschung und Kernphysik), gemessen werden. Um solche Messungen auch an Eis zu erproben, werden ausserdem Schneeproben vom Sonnblick gesammelt und die Ergebnisse mit den Luftfiltermessungen verglichen. Insgesamt erhofft man sich daraus eine hinreichende Bestimmung des atmosphärischen ^{26}Al um eine zuverlässige Altersbestimmung aus dem glazialen ^{26}Al - ^{10}Be Verhältnis zu ermöglichen.

Ansprechpartner:

Dipl. Phys. Matthias Auer

Universität Wien

Institut für Isotopenforschung und Kernphysik

Währingerstr. 17

A - 1090 Wien

+43-(1)4277-51712

Matthias.Auer@ap.univie.ac.at

Dr. Dietmar Wagenbach

Rupprecht-Karls-Universität Heidelberg

Institut für Umweltphysik

Im Neuenheimer Feld 229

D - 69120 Heidelberg

+49(6221)546310

Dietmar.Wagenbach@iup.uni-heidelberg.de

Österreichisches Strahlenfrühwarnsystem

In Österreich wird seit Ende der 70er-Jahre ein automatisches Strahlungsmessnetz, das so genannte „Strahlenfrühwarnsystem“, betrieben, das aus 336 Gammamessgeräten sowie neun Luftmonitoren zur Messung der Alpha-, Beta- und Iodaktivität besteht. Die Betreuung dieses Systems obliegt dem BMLFUW.

Flächendeckendes Warnsystem

Die Gammamessstationen sind flächendeckend über Österreich (etwa in einem 15 km-Raster) verteilt und liefern wertvolle Informationen über allfällige radioaktive Kontaminationen, die das österreichische Bundesgebiet, zum Beispiel nach Störfällen in grenznahen Kernkraftwerken, betreffen. Ergänzt werden diese Messungen durch die Luftmonitore, die in grenznahen Gebieten Österreichs situiert sind.



Foto: Mandl

Vollautomatische Übertragung

Alle Anlagen messen kontinuierlich und vollautomatisch die externe radioaktive Strahlung; die Datenweiterleitung erfolgt online über krisensichere Datenleitungen, und zwar im Regelfall an die Landeswarnzentralen

bei den Ämtern der Landesregierung sowie in weiterer Folge nach Wien, wo die Messdaten aus Gesamtösterreich in der Strahlenschutzabteilung des BMLFUW zusammenlaufen und dort, gemeinsam mit anderen strahlenschutzrelevanten Messdaten und sonstigen Informationen, die Grundlage für Maßnahmenplanungen im Anlassfall bilden.

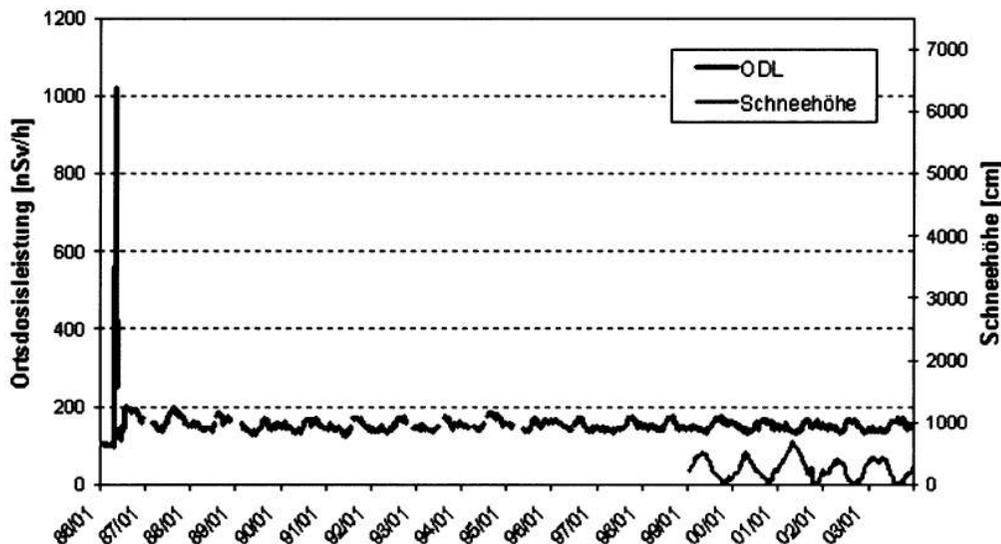
Eine dieser Gammamessstellen ist im Bereich des Sonnblick-Observatoriums untergebracht; sie nimmt aufgrund der Höhenlage (es handelt sich um die höchstgelegene Messstation in Österreich) eine sehr wichtige Rolle hinsichtlich der Frühwarnung beim Durchzug radioaktiv kontaminierter Luftmassen ein.

Methodik

Zur Erfassung der Gammastrahlung dient ein Proportionalzählrohr, das sich – in einem Aluminium-Hüllrohr – an der höchstgelegenen Freiterrasse des Observatoriums befindet (im Bild mit Raureiffahne). Das Messgerät kann für einen weiten Messbereich verwendet werden (von der natürlichen Hintergrundstrahlung bis zu einer Strahlenexposition von 10 Sievert pro Stunde). Die vom Messgerät gelieferten Daten (etwa jede Minute wird ein aktueller Datensatz generiert) werden an eine Auswerteeinheit in einem Messraum des Observatoriums übermittelt, die die Verarbeitung der Messwerte vor Ort sowie deren Weiterleitung besorgt.

Das gesamte Messsystem hat unter anderem im Zusammenhang mit dem Reaktorunfall in Tschernobyl (April 1986) wertvolle Resultate über die jeweils aktuelle Kontaminationssituation in Österreich geliefert.

Die jeweils aktuellen Messwerte von knapp 100 der 336 Gammamessstationen werden im ORF-Teletext auf Seite 784 veröffentlicht.



Verlauf der Ortsdosisleistung am Hohen Sonnblick 1986 – 2003; Abhängigkeit der Ortsdosisleistung von der Schneehöhe 1999 – 2003
Grafik: AGES

Ansprechpartner:

DI Wolfgang Haider

BM für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abt. V/7 - Strahlenschutz

Radetzkystr.2

A-1031 Wien

+43(1)71172-4212

wolfgang.haider@lebensministerium.at

“Mitbringsel” der Luft nach atomaren Unfällen

Offene Luftmassen transportieren große Mengen Staub und andere Partikel über weite Distanzen und lagern sie zum Teil auf der Erdoberfläche ab. Bei Versuchen mit Atombomben oder Unfällen in Kernkraftwerken werden auch gefährlich strahlende Partikel aus der Kernspaltung in die Atmosphäre frei gesetzt. Experten der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) und des Umweltministeriums messen auf dem Sonnblick solche „Radio-Nuklide, die an Aerosolen angelagert sind“, wie es in der Fachsprache heißt.

Rasche Umsetzung von Schutzmaßnahmen

Auf dem Sonnblick steht eine moderne Anlage zur Sammlung von Aerosolen auf Filterpapier. Die Filter werden dann im Kompetenzzentrum für Strahlenschutz in Linz auf ihre Radioaktivität



untersucht. Mit diesen Messungen kann die Dosis und Gesundheitsgefährdung der Bevölkerung abgeschätzt werden, sollten sich die Partikel auf österreichischem Gebiet ablagern. In der Folge können entsprechende Schutzmaßnahmen rasch umgesetzt werden.

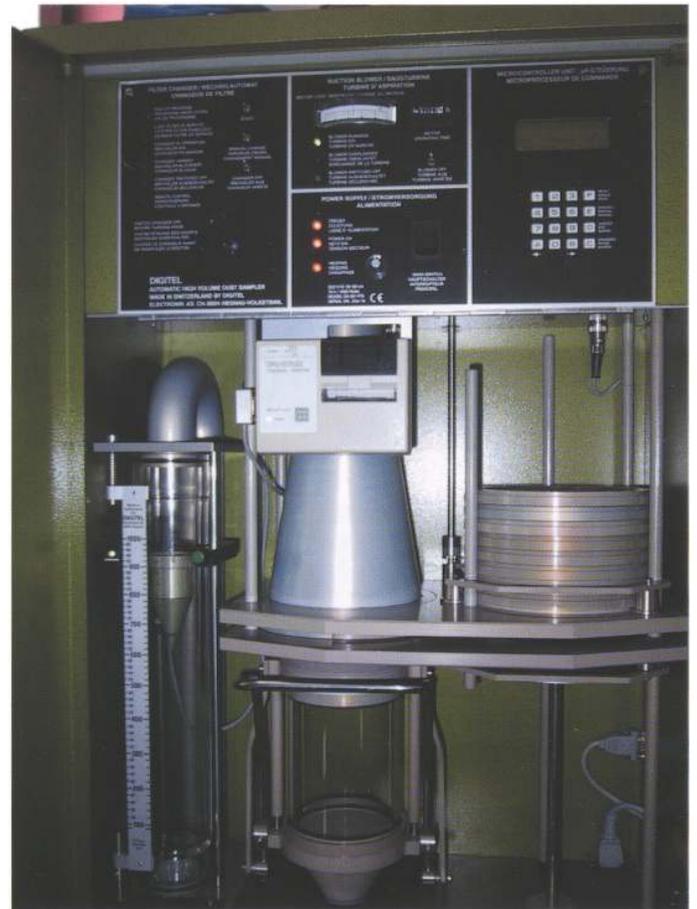
Gamma-Spektrometrie liefert genaue Konzentrationen

Mit den hochauflösenden Gamma-Spektrometern des Strahlenschutz-Kompetenzzentrums wird die genaue Konzentration der radioaktiven Teilchen in der Luft bestimmt. Aufgrund der hohen Empfindlichkeit der Messgeräte können schon Konzentrationen von wenigen radioaktiven Aerosolen pro Kubikmeter Luft bestimmt werden. 1998 wurde das letzte Mal ein Ereignis mit (wenngleich geringfügig) erhöhter künstlicher Radioaktivität nachgewiesen, nachdem in einem Stahlwerk in Spanien versehentlich eine Cäsium-Kapsel mit dem Schrott eingeschmolzen wurde. Zur genauen Berechnung der Aktivitätskonzentrationen wird automatisch mit Sammelende der temperatur- und druckkorrigierte Luftdurchsatz durch den Filter berechnet. Der Filterwech-

sel erfolgt ebenfalls automatisch und ist frei programmierbar; er kann so situationsbezogen festgelegt werden.

Vielerlei Nebennutzen

Neben dem Nachweis strahlender Luftteilchen liefern die Messungen auch Informationen über verschiedene Prozesse in der Atmosphäre - zum Beispiel bei Verwendung von Beryllium-7 als so genannter "Tracer" für Untersuchungen über Ozonverfrachtung.



High Volume Sampler

Foto: Schauer

Ansprechpartner:

DI MSc Dr. Wolfgang Ringer
AGES
CC Strahlenschutz Linz
 Derfflingerstr. 2
 A-4017 Linz
 +43(732)775092
 wolfgang.ringer@ages.at

DI Wolfgang Haider
BM für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und
Wasserwirtschaft
 Radetzkystr. 2
 A-1031 Wien
 +43(1)71172-4212
 wolfgang.haider@lebensministerium.at

Geräte gegen Atomwaffen-Tests auf dem Prüfstand

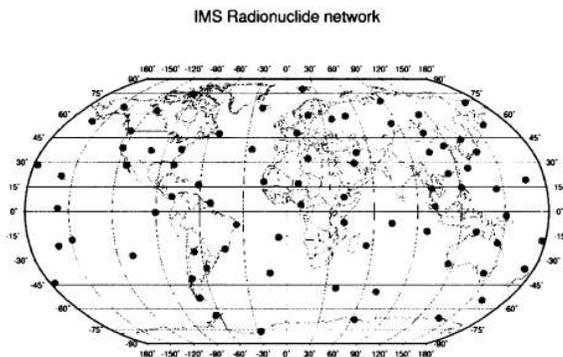
Auf dem Sonnblick stehen künftig Instrumente im Dauertest, die für die globale Rüstungskontrolle und Überwachung eine wichtige Rolle spielen. Es geht um die Erprobung neuer Überwachungssysteme für Stationen in der Antarktis und im Bereich des Nordpols. Dort können illegale Versuche mit Kernwaffen physikalisch besonders früh erkannt und durch genaue Datensammlungen aufgedeckt werden.

Diese High-Tech-Spurensicherung sucht nach radioaktiven Partikeln, die bei atomaren Explosionen in die Atmosphäre geschleudert werden. Allerdings machen Schnee, Eis, Wind und Wetter



Foto: Lackner

solchen Messgeräten oft schwer zu schaffen. Die Tests auf dem Sonnblick sollen diese Hochtechnologie härtesten Bedingungen aussetzen, bevor das Material in entlegensten Gebieten endgültig zum Einsatz kommt.



Grafik: CTBTO

Weltweite Überwachung mit 321 Stationen

Dieses Projekt läuft im Rahmen des internationalen Überwachungssystems zum Schutz des umfassenden Verbotes von Nuklearversuchen. Der entsprechende Vertrag laut Völkerrecht

Ansprechpartner:

Mag. Herbert Gohla

CTBTO IMS - Radionuclide Monitoring Section

Vienna International Centre

P.O. Box 1200

A-1040 Wien

+43(1)26030-6404

herbert.gohla@ctbto.org

heißt "Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty" (CTBT). Die Überwachung wird weltweit von 321 Messstationen, darunter 80 die nach speziellen Radio-Nukliden "fahnden". Dabei handelt es sich um kleinste Partikel, die bei Kernexplosionen entstehen und sich durch Wind und Wetter über extreme Distanzen auf der Erde verteilen.

Die Polargebiete zählen zu den ökologisch sensibelsten Klimazonen, wo geringe Veränderungen der Atmosphäre sofort spürbar werden. Wer hier hochempfindliche Messgeräte aufstellt, hat jedoch mit großen technischen Problemen zu kämpfen, die mit der extremen Natur zusammenhängen.

Kaltes Klima behindert Messungen

Oft werden die Einsaugstutzen für die Luft durch Schnee oder Eis verstopft. Dadurch verringert sich der Durchsatz an Luft je Zeitintervall. Somit werden möglicherweise zu wenig Inhaltsstoffe der Luft (Aerosole) am Filter abgeschieden was einen negativen Einfluß auf die Detektionsqualität hätte. Eine Mindestanforderung pro Station wäre beispielsweise ein Frischluft-Durchfluss von 500 Kubikmetern pro Stunde. Es dringen Eis bzw. unterkühlter Nebel, Schnee und Regen durch das System bis zum Filter vor, wo die sich die Luftpartikel möglichst unbeeinflusst ablagern sollten. Das führt zu Schäden, zur Reduktion des Durchflusses und zu einem Auswaschen von Aerosolen, was die Messwerte verfälscht. Weiters stellen hohe Windgeschwindigkeiten ein großes Problem für die Stabilität der Geräte dar.

Sonnblick als Simulator für Polargebiete

Um Risiko-Faktoren auf ein Minimum zu beschränken, wurde ein spezielles "Aerosol-Sampling-System" entwickelt. Zum Beispiel findet dabei der Wechsel der Filter in einem geschlossenen Raum statt. Und die Filter werden über eine Infrarot-Heizung funktionsfähig gehalten, um Nässe, extreme Kälte und die Vereisung abzuhalten. Nach Tests im Windkanal sind diese neuen Messgeräte seit Februar 2002 auf dem Sonnblick unter realen Bedingungen im Einsatz und werden weiter entwickelt. Das Klima der Region sei laut Experten vergleichbar mit subpolaren Gegenden: Niederschlagsmengen von jährlich bis zu 2.000 mm und extreme Temperaturgegensätze, deshalb sei der Sonnblick "ein ideales Testgebiet", wie es heißt.

Sensationsfund aus der Blütezeit des Goldbergbaues

Diese Mine stammt aus der Zeit, als Columbus 1492 nach Amerika segelte: Ein vollständiges Goldbergwerk auf dem Sonnblick hält Geologen, Bergbau-Experten, Metallurgen, Chemiker und Historiker in Atem. Die "Untere Goldzeche" war schon in den 1930er Jahren entdeckt worden, geriet jedoch wieder in Vergessenheit.

Neben anderen Fachleuten erforscht der Salzburger Georg Zagler, Student der Mineralogie und Geologie, nun diese alte Goldmine im Rahmen seiner Diplomarbeit. Die Anlage stammt



Foto: Zagler

- laut neuen Gutachten - aus der Zeit zwischen 1480 und 1650. Im Gegensatz zu den meisten Goldbergwerken der Renaissance in den Tauern ist dieses noch nicht eingestürzt. Wahrscheinlich ist, dass es einst "über Nacht" aufgegeben werden musste - oder von einem Jahr auf das andere. Vorstellbar ist z.B. eine große Lawine, die den Eingang verschüttete und für jede weitere Verwendung unauffindbar machte.

Werkzeuge von Knappen gefunden

Das Bergwerk ist laut Montanhistorikern in hervorragendem Zustand: Es sind zahlreiche zeitgenössische Werkzeuge der Knappen vorhanden. Förderkörbe und frisch erscheinende Schrämmspuren an Stollenwänden vermitteln einprägsame Bilder damaliger Methoden. Es wurde mechanisch mit der Hand gearbeitet - keine Spuren von Sprengungen: Schwarzpulver wurde demnach nicht verwendet.

Ansprechpartner:

Univ. Prof. Dr. Werner Paar, Georg Zagler
Universität Salzburg
Institut für Mineralogie
 Hellbrunnerstraße 34
 A-5020 Salzburg,
 +43(662)8044-5404
 werner.paar@sbg.ac.at, zagler@yahoo.de

Hoher Gold- und Silbergehalt

Den Salzburger Mineralogie-Studenten Zagler interessiert der hohe Gold- und Silbergehalt. Die alten Stollen befinden sich auf Kärntner Seite des Sonnblick-Massivs. Ihre Lage wird geheimgehalten, weil Plünderer und unbefugte Steinsucher ferngehalten werden sollen, wie auch Grundbesitzer betonen, eine Almgengesellschaft. Der Eingang befindet sich in hochalpinem Steilgelände, eine gefährliche Umgebung, die - ohne technische Hilfsmittel - nur Felskletterern zugänglich wäre.

Datierung: Radiocarbon und Jahresringe im Holz

"Bühnhölzer" nennen Bergbau-Experten die Balken in Stollen, die ein Bergwerk vor dem Einstürzen bewahren. Im Fall der "Unteren Goldzeche" sind diese in einem außergewöhnlich guten Zustand. Da das Bergwerk über Jahrhunderte von Frischluft abgeschlossen war, konnte das Stützwerk nicht vermodern. Im Bergwerk befindet sich auch ein altes, 13 Meter langes und senkrechtes Wasserpumpwerk aus Lärchenholz. Datierung mittels Radiocarbon-Methode (Uni Wien): Das verwendete Holz wurde zwischen 1480 und 1650 gefällt. Um es mehr einzugrenzen, folgen weitere Messungen: Ein dendro-chronologisches Verfahren nutzt die Jahresringe im Holz.

Metallurgische Analysen der Werkzeuge

Schnitte von Balken auf dem Sonnblick werden mit Material aus früheren Jahrhunderten verglichen, das bereits sicher datiert ist. So können genaue Rückschlüsse auf das Alter von Baumstämmen gezogen werden. Parallel sind weitere Analysen geplant: Experten der Uni Innsbruck sowie der TU Wien untersuchen die chemische Zusammensetzung der Grubenwässer. Eisen bzw. den Stahl der Werkzeuge nehmen Metallurgen und Chemiker unter die Lupe. Von besonderem Interesse sind Kristallgefüge und Kohlenstoffgehalt im Metall, die auf möglichen Warenaustausch mit anderen Regionen schließen lassen. Die historische Dokumentation läuft über das Landesmuseum von Kärnten.

Das (Über)Leben von Flechten in Eis und Schnee.

Wasser ist eine unabdingbare Voraussetzung für die Photosynthese. Während ein Großteil der Pflanzen einen mehr oder weniger gleichmäßigen Wassergehalt in ihrem Körper aufrechterhalten können, ist das bei Flechten anders. Flechten besitzen keine wasserundurchlässige Rinde, sodass sie Feuchtigkeit über die gesamte Fläche abgeben aber auch aufzunehmen vermögen.

Flechten haben keine Wurzeln mit denen sie Wasser aus dem Untergrund aufnehmen könnten; der Wassergehalt (und damit das Wachstum) einer Flechte hängt rein vom Feuchtegrad der Atmosphäre und des Substrates ab. Manche benötigen direkte Benetzung durch Regen, andere kommen schon mit der Feuchtigkeit von wassergesättigter Luft aus.



Foto: Schauer

Methodik:

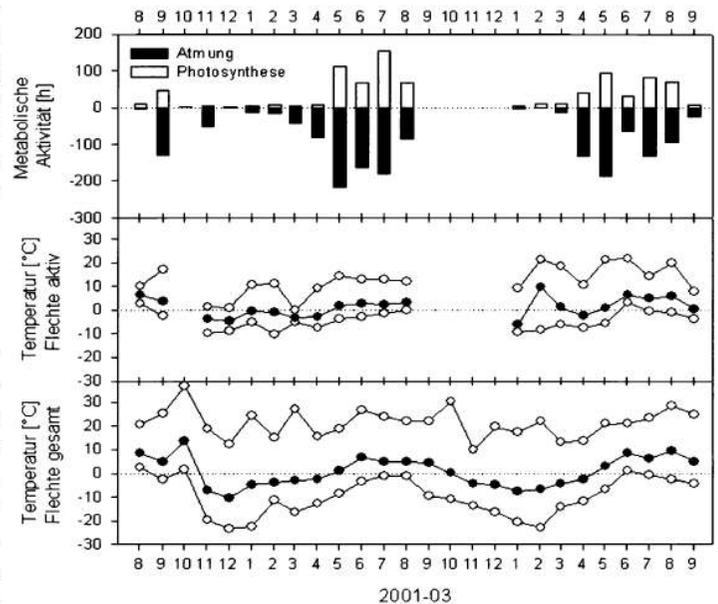
Um der metabolischen Aktivität (Aufnahme und Abgabe von CO_2) einer Flechte nachzuspüren, gibt es einen sehr eleganten methodischen Ansatz, der hier stark vereinfacht

erklärt werden soll: Chlorophyll (die Solarzelle der Pflanzen) emittiert während der Photosynthese langwelliges rotes Fluoreszenzlicht. Über die Stärke dieses Lichtes können Rückschlüsse auf den Umfang und die Effizienz der Photosynthese gezogen werden. Beim pulsamplitudenmulierte Meßprinzip wird auf die Flechte stark gepulstes Licht (Licht in einer hohen Frequenz, 600 Hz) gerichtet und das Photosystem gibt gepulstes Fluoreszenz zurück. Das Signal von aktiven, also feuchten Flechten ist ein anderes als bei trockenen und deshalb inaktiven. Man erhält ein simples Ja/Nein-Signal für die metabolische Aktivität. Wenn man nun das Mikroklima nur für jene Zeiträume herausfiltert, in denen ein Meßwert des Chlorophyllfluoreszenz-Meßgerätes anzeigt, daß die Flechte genügend Feuchtigkeit für die metabolische Aktivität aufweist, erhält man das flechtenrelevante Mikroklima.

Stoffwechsel wird innerhalb von Stunden aktiviert

Es hat sich gezeigt, dass Flechten lange Zeiträume des Jahres (Trocken- und Kälteperioden) inaktiv bleiben können, jedoch

innerhalb von Stunden ihren Stoffwechsel hochfahren können, wenn geeignete Bedingungen herrschen. Die Graphik zeigt den Unterschied der Flechtentemperatur für die metabolisch aktiven



Grafik: Reiter

Zeiträume im Vergleich zum Gesamtzeitraum auf. Die maximale Temperatur der Flechte von $36,7\text{ °C}$ wurde im Oktober 2001 aufgezeichnet und die minimale mit $-23,6\text{ °C}$ im Dezember desselben Jahres. Die Temperatur von feuchten und dadurch physiologisch aktiven Flechten variierte dagegen nur zwischen $-10,4$ und $21,8\text{ °C}$. Die Messungen der Chlorophyll-Fluoreszenz zeigen, daß die Flechten über das ganze Jahr hinweg aktiv sind. Die beste Zeit für das Wachstum ist der Sommer; letzteres steht beispielsweise im Gegensatz zu antarktischen Flechten, welche ihre Hauptvegetationszeit im Frühling und Herbst haben.

Die opportunistische Lebensweise der Flechten hat Vorteile: Die für das Wachstum günstigen feuchten Witterungsbedingungen werden genützt und die ungünstigen im trockenen Zustand überdauert. Diese Strategie ermöglicht den Flechten das Wachstum in klimatischen Regionen, welche im Allgemeinen feindlich für Leben sind. Bezahlt wird diese Lebensweise mit einem sehr langsamen Wachstum; aber Zeit ist für eine Flechte kein Faktor.

Ansprechpartner:

Univ.Prof. Dr. Roman Türk, Dr. Robert Reiter

Universität Salzburg

Inst. für Pflanzenphysiologie

Hellbrunnerstraße 34

A-5020 Salzburg,

+43(662)8844-5588

roman.tuerk@sbg.ac.at, robert.reiter@sbg.ac.at

Bakterien sind Trittbrettfahrer der Wolken

Lange dachte man, die Wolkengebirge seien nichts als feuchte, kalte oder wärmere Luft. Kaum jemand hätte vermutet, dass sie auch als Brutstätten und Transportmedium für hochaktive Organismen wirken. Diese Bakterien schweben mit vollem Stoffwechsel und wacher Vermehrung durch die Lüfte. Also doch viel Sex im Himmel? Diese Schlagzeile wäre nun doch die maßlose Übertreibung. Allerdings sprechen Biologen bei ihren Erkenntnissen über die winzigen Reisenden schon von einer Sensation.

Dieses Forschungsprojekt auf dem Sonnblick initiierte Prof. Hans Puxbaum vom Institut für Analytische Chemie der Universität Wien. Hauptergebnis bisheriger Forschungen: Wolken sind



Foto: Braasch

ernstzunehmender mikrobakterieller Lebensraum und nicht nur - über weite geografische Entfernungen - ein Transportmedium für Organismen. Letzteres wusste man schon seit langer Zeit.

Genügend "Futter" in den Wolken

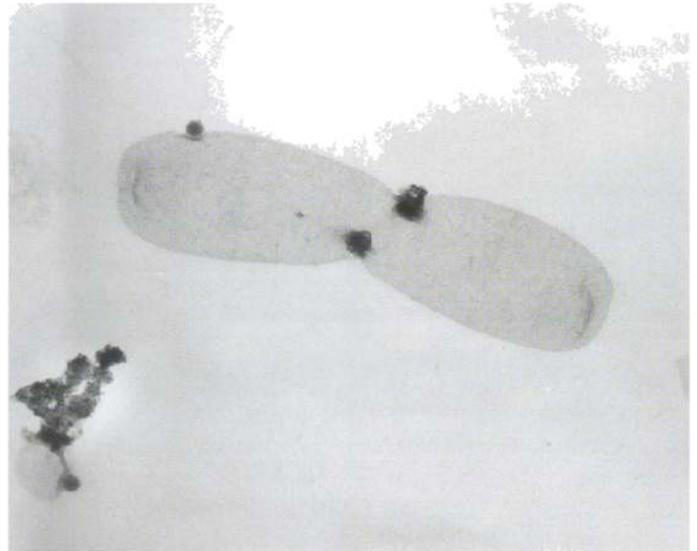
Auf dem Sonnblick wurde ein "Wolkenwassersammler" installiert, der die Entnahme von Proben ermöglicht. Zur Bestimmung der bakteriellen DNA- und Protein-Synthese in schwebenden Bakterien wurden radiochemische Methoden verwendet. Die Ergebnisse zeigen, dass Wolken über Hochgebirge ähnliche Lebensräume bilden wie Gletschereis oder ganzjährig zugefrorene Seen der Antarktis. Im aufgefangenen Wasser konnten die Experten verschiedene organische Verbindungen nachweisen, die Bakterien als Lebensgrundlage dienen und in genügend großen Mengen vorliegen, damit sie unter so extremen klimatischen Bedingungen ihren Stoffwechsel aufrecht erhalten können.

Ansprechpartner:

Dr. Birgit Sattler, Prof. Roland Psenner
Universität Innsbruck
Institut für Zoologie und Limnologie
 Technikerstraße 25
 A-6020 Innsbruck
 birgit.sattler@uibk.ac.at, roland.psenner@uibk.ac.at

Haben Bakterien Einfluss auf Ozonbildung?

Die Bedeutung lebender Bakterien in Wolken liegt weniger in deren körperlichem Wachstum (Kohlenstoffproduktion) - diese ist global gesehen verschwindend klein. Neu ist die Erkenntnis, dass Mikro-Organismen mit Hilfe von Wolken und Wind effizient und in hochaktivem Zustand von einem in den anderen Lebensraum verfrachtet werden und zudem auch als so genannte "Eiskeime" fungieren können. Am interessantesten erscheint die Frage, die der Atmosphärenchemiker Daniel Jacobs von der Harvard University (USA) zu beantworten versucht. Er vermutet, dass Wolkenbakterien durch Produktion von Carbonylen in die Bildung von freien Radikalen und Ozon eingreifen können.



Mikroskopische Aufnahme von Wolkenwasserbakterien

Foto: Sattler/Hofer

Prof. Hans Puxbaum
Technische Universität Wien
Institut für Chemische Technologien und Analytik
 Getreidemarkt 9/151
 A-1060 Wien
 hpuxbaum@mail.zserv.tuwien.ac.at

Hochalpine Völkerwanderung der Schwebfliegen ...

Sie fliegen gern gegen den Wind, suchen den warmen Südföhn und gelten aus der Sicht des Menschen als "Nützlingle", weil sie Blattläuse gerne fressen. Sonnentage steigern ihre Reiselust, und die zunehmende Erwärmung des Klimas lässt Biologen vermuten, dass künftig immer mehr Schwebfliegen vom Norden der Alpen nach Südeuropa auf Wanderschaft gehen. Die Gewohnheiten dieser Insekten beleuchtet ein Forschungsprojekt von Zoologen der Universität Graz auf dem Sonnblick.

Schon jetzt überqueren Milliarden von Schwebfliegen alljährlich im Sommer den Alpenhauptkamm zwischen den französischen Seealpen und dem Wienerwald. Erste Studien liegen dazu

Mehr als 100 Arten von Schwebfliegen

Die großen Wanderungen stehen in direktem Zusammenhang mit Sonnentagen und Tageserwärmung, so viel ist laut Experten sicher. Sie weisen auf die insgesamt mehr als 100 verschiedenen Arten von Schwebfliegen hin. Die Forschungen auf dem Sonnblick sind demnach "ein erster Anriss" dieser Fragestellungen. 2003 war das erste Jahr intensiver Schwebfliegen-Beobachtungen auf dem Sonnblick.



Foto: Gepp

bereits aus der Schweiz und Österreich vor. Dennoch gibt es hier noch viel zu erforschen.

Navigieren sie mit Gipfeln?

Ob die Insekten ausschließlich Alpenpässe als Routen benützen oder auch über hohen Gipfeln von Nord nach Süd unterwegs sind, sollen diese Studien klären. Es wird von einigen Forschern angenommen, dass ihnen markante Gebirgszüge auch zur Orientierung dienen könnten.



Foto: Gepp

Ansprechpartner:

Univ.Doz.Dr. Johannes Gepp

Institut für Naturschutz und Landschaftsökologie Graz

Heinrichstraße 5/III

A-8010 Graz

+43(316)326068-0

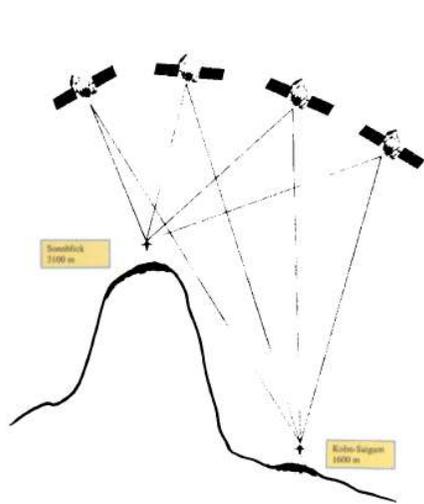
gepp.inl@magnet.at

Sonnblick kommuniziert verstärkt mit Navigationssatelliten

Auf dem **Sonnblick** wurde im Sommer 2003 eine „permanente GNSS Referenz-Station“ der **KELAG** in Betrieb genommen. Die neue Station erweitert das Referenznetz in Kärnten. Auf Basis von Mikrowellen-Signalen amerikanischer (GPS) sowie russischer (GLONASS) Navigationssatelliten werden Fehlerkorrekturdaten berechnet, die eine präzise Positionierung mobiler GNSS-Empfänger in Echtzeit ermöglichen. Daneben können diese Daten für Klimastudien genutzt werden.

Projekt von Technischer Universität Wien und KELAG

Das System ist seit August 2003 in Betrieb. Die neue Station empfängt und registriert kontinuierlich die Mikrowellensignale von amerikanischen (GPS) sowie russischen (GLONASS) Navigationsatelliten.



Grafik: Fragner

Sie liefert damit Basisdaten für alle Arten von Vermessungen, die auf Satelliten basieren. Durch ein Netz von GPS-Referenz-Stationen kann man auch den Wassergehalt der Troposphäre ermitteln. Dazu brauchen die Fachleute genaue Koordinaten von Standorten und genaue Verläufe von Satelliten-Umlaufbahnen.

GPS Referenzstation Sonnblick

Die Station auf dem Sonnblick ist besonders interessant, weil hier die zur Berechnung zusätzlich notwendigen Daten von Luftdruck und Lufttemperatur bereits vorliegen. Mit ihrer Hilfe kann der Wasserdampfgehalt über der GPS-Station direkt berechnet werden. Das ist ein wertvoller Beitrag zur Klimaforschung und erleichtert auch Wettervorhersagen.

GPS Referenzstation Kolm Saigurn

Demnächst soll ein zweiter Empfänger dieser Art in der Talstation der Versorgungsseilbahn für den Sonnblick installiert werden. Dadurch kann dann der Wasserdampfgehalt der Luftmassen zwischen Gipfel und Talbereich direkt abgeleitet werden. Weiterer Vorteil: Auch im Tal sind bereits meteorologische Sensoren in Betrieb, die Luftdruck und Lufttemperatur exakt messen.

Die Auswertung des troposphärischen Feuchte-Gehalts wird am Institut für Geodäsie u. Geophysik der Technischen Universität Wien durchgeführt. Das System übermittelt die Daten vom Sonnblickgipfel und von der Talstation direkt nach Wien.



GPS Empfänger, im Hintergrund die Talstation

Foto: Schauer

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Robert Weber, DI Elisabeth Fragner
Technische Universität Wien
Institut für Geodäsie und Geophysik
 Gußhausstraße 25-29
 1040 Wien
 +43(1)58801-12846
 rweber@luna.tu-wien.ac.at, efragner@luna.tu-wien.ac.at

Ing. Jakob Frank
KELAG
 Kanzlweg 19
 A-9523 Landskron
 +43(4242)41255-2741
 jakob.frank@kelag.at

Was wäre, wenn der Berg stürzt?

Geologen hatten schon vor Jahren erstmals Alarm geschlagen: Der 3.105 Meter hohe Gipfel des Rauriser Sonnblicks, wo das Observatorium und das Zittelhaus stehen, drohe zu bersten, hieß es. Die Sanierung lief über die kurzen Bergsommer 2002 und 2003 auf Hochtouren. Viele atmen auf, und der Sonnblick-Verein bekommt auch die Kosten in den Griff ...

Wie eine frei stehende Säule ragt der abschließende Gipfelaufbau mit Observatorium und dem Zittelhaus aus der Nordwand. Das ist von Norden, Nordwesten und Nordosten her gesehen das



Foto: Staudinger

typische Markenzeichen des Rauriser Sonnblicks. Gegen Süden hin liegt zwar etwas flacheres Gletschergelände. Exponierte Sturmlage, Eisbildung und extreme klimatische Gegensätze verringern jedoch die Festigkeit des gesamten Untergrundes. Deshalb entschlossen sich der Sonnblickverein und Österreichs Bundesländer gemeinsam zu massiven und sehr teuren Sicherungen.

Physikalische Verwitterung

Bei sommerlicher Höhenstrahlung extreme Hitze, im Winter bei Sturm oft Temperaturen bis weit unter -30 Grad jenseits des Gefrierpunktes, dann wieder nass, wenig später tonnenweise Eis mit entsprechenden Sprengwirkungen im Fels: Unter solchen Bedingungen splittert und bricht der Sonnblickgipfel schon seit vielen Jahrzehnten. Geologen sprechen dabei von "physikalischer Verwitterung". Im Jahr 2002 wurde nun aus Sicherheitsgründen die Sanierung in Angriff genommen werden: Zahlreiche Anker und Sicherungen wurden während der letzten beiden Sommer mit großem Kostenaufwand eingebaut.

Ansprechpartner:

Firma Felbermayr GmbH

Machstr. 7
A-4600 Wels
+43(7242)695 - 0
www.felbermayr.cc

Abrutschen der Gebäude drohte

Zu den Verwitterungen kamen natürliche Klüfte und Spalten im Gipfelbereich, die durch Schieferung und tektonisch angelegte Platten seit der natürlichen Auffaltung des Gebirges vor Jahrmillionen vorhanden sind. Jeweils mehrere verlaufen in jeweils gleichen Richtungen, die Experten sprechen dabei von "Kluftscharen". Einige verlaufen nach Norden hin abfallend und einige nach Osten. Sie sind die Hauptgefahr für ein mögliches Abrutschen der Gebäude auf dem Gipfel - und zwar in die Nordwand, wo es hunderte Meter fast in freiem Fall hinuntergeht.



Foto: Lindler

Enorme Kosten föderalistisch gedrittelt

Die auf Höhenbaustellen spezialisierte Firma stabilisiert mit insgesamt 500 Tonnen Stahl und Beton den brüchigen Gipfel. Kosten: 450.000 Euro. Ein enormer Aufwand, der durch Zusammenarbeit von Bundesregierung, Bundesländern und dem Sonnblick-Verein als Forschungs-Institution gemeinsam aufgebracht wird. Die Gesamtsumme wird zwischen diesen Partner zu je einem Drittel aufgeteilt.

Dr. Michael Staudinger

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

Freisaalweg 16
A-5020 Salzburg,
+43(662)626301
michael.staudinger@zamg.ac.at

Permafrostprojekt Sonnblick

Im Hochgebirge ist nichts so sicher wie es auf den ersten Blick aussieht - blickt man auf die riesigen Schutthalden unterhalb von steilen Felswänden, so merkt man welche Massen von Felsmaterial im Lauf der Jahrhunderte umgelagert werden. Ähnlich sieht es rund um den Gipfel des Sonnblick aus, allerdings ist hier durch den zurückweichenden Permafrost in den letzten Jahren eine beschleunigte Verwitterung eingetreten.

Unter Permafrost versteht man Bodenmaterial im Untergrund, das ganzjährig gefroren ist. Es entsteht dort, wo der winterliche Bodenfrost im Sommer nicht vollständig auftaut. Faktoren wie



Sonnblick Nordflanke

Foto: Schober

Höhenlage, Exposition, Sonneneinstrahlung, ihre Dauer, Hangneigung und Art des Bodens sind entscheidend, ob, wie tief und wie lange Böden dauernd gefroren sind. Im mitteleuropäischen Raum ist Permafrost auf hochalpine Lagen beschränkt. Dort findet man ihn in Festgestein sowie Lockermaterial – das heißt unter Geröllhalden zum Beispiel.

Der Gipfel des Rauriser Sonnblicks befindet sich wegen der großen Seehöhe von 3.105 Metern und seiner exponierten Lage in der Permafrostzone. Die Klima-Beobachtungen des Sonnblick Observatoriums zeigen einen fortgesetzten Anstieg der Lufttemperatur. Es ist zu vermuten, dass diese thermischen Störungen auch in das Innere des Berges vordringen. Durch das Aufschmelzen des Eises

im Permafrost sowie vermehrte Wechsel zwischen Frost und Tau-Bereich kann der Untergrund im Gipfelaufbau des Sonnblick geschwächt werden. Das laut Geologie hier vorgegebene Trennflächengefüge und der spröde Granitgneis bieten dafür „gute“ Voraussetzungen, die aus der Sicht der Betreiber des Observatoriums naturgemäß sehr schlecht sind.

Deshalb werden zahlreiche Löcher in den Untergrund gebohrt und mit Temperatur-Sensoren ausgestattet. Dadurch soll die Einwirkung von Temperatur-Schwankungen im Felsuntergrund deutlich sowie messbar werden. Neben der Messung von tages- und jahrszeitlichen Schwankungen ist auch die Erfassung längerfristiger Temperaturänderungen beabsichtigt. Vergleiche mit den am Sonnblick Observatorium dokumentierten meteorologischen Daten können dabei eine Wechselwirkung zwischen Luft und Boden aufzeigen. Neben allgemeiner wissenschaftlicher Bedeutung leisten die Untersuchungsergebnisse auch einen Beitrag zur Beantwortung der Frage: Welche Methoden sind notwendig, um den Sonnblick auf Jahrzehnte standfest zu machen?



Foto: Schober

Ansprechpartner:

Dr. Christian Schober

A-5221 Lochen
 +43(664)413 3941

DI Andreas Knittel

Schöndorferplatz 6
 5400 Hallein
 +43(6245)88284-0

Dr. Gerhard Poscher, Dr Klaus Robl

ILF Beratende Ingenieure ZT GmbH

Framsweg 16
 A-6020 Innsbruck
 +43(512)2412-0

gerhard.poscher@ibk.ilf.com, klaus.robl@ibk.ilf.com

Auf den Sonnblick führt eine der "wildesten" Seilbahnen Europas

Die steilsten Eisrinnen bei klassischen Klettereien in den Hohen Tauern erreichen Neigungen um die 50 Grad. Die kleine Material- und Personenseilbahn auf den Rauriser Sonnblick ist im Gipfelbereich der Nordwand stolze 47 Grad gegenüber der Horizontalen geneigt. Ohne sie wären Betrieb des Observatoriums sowie die Bewirtschaftung des Zittelhauses kaum möglich - zumindest nicht so kostengünstig.

Die Anlage ist alles andere als komfortabel, weil sie wegen der Steilheit der Trassenführung kaum ebene Sitzflächen bietet. Für viele Fahrgäste ist die Seilbahn sogar "spartanisch". Wenn Höhenwinde zu stark sind, dann geht mit dem liebevoll "Kisterl" genannten System nichts mehr. Bei Notfällen heißt es dann zu Fuß gehen, die Ski zu benutzen oder einen Hubschraubereinsatz in Erwägung zu ziehen. Es gibt in Europa nur wenig Materialseilbahnen, die so extrem sind wie jene auf den Sonnblick. Sehr ausgesetzt und mit nur einer Stütze hängt das insgesamt 3.300 Meter lange Tragseil in der Nordwand bzw. Nordostwand. Es hat 18 Millimeter Durchmesser, ist in der Bergstation fix verankert und im Tal mit 13 Tonnen flexibel auf Zug gehalten. Das Zugseil hat einen Durchmesser von 11 Millimetern.

In 20 Minuten auf den Gipfel

Ein Limit für die kleine Sonnblick-Seilbahn sind Windgeschwindigkeiten 30 bis 40 km/h je nach Richtung, und solche werden im Hochgebirge oft erreicht. Die Talstation liegt 1.484 Höhenmeter tiefer beim Ammererhof in Kolm Saigurn. Kaum zu glauben, dass ein Elektromotor in der Bergstation mit 39KW vollauf genügt, um das voll beladene Gefährt mit einer Geschwindigkeit von ca. 10km/h oder 2,6m/s bergwärts zu ziehen. Die Reise von Kolm auf den Gipfel dauert so ziemlich genau 20 Minuten.

Notfallplan, wenn der Strom ausfällt

"Erweiterer Werksverkehr" nennt sich der behördliche abgesegnete Fahrbetrieb, wonach neben Material und Gütern auch Personen transportiert werden dürfen - aber nur wer im Observatorium oder Zittelhaus beschäftigt ist. Die kommerzielle oder touristische Nutzung ist untersagt. Mit der Erlaubnis für Personentransport sind strenge technische und organisatorische Auflagen verbunden. Falls die Stromversorgung über das nor-

male talgebundene Netz der KELAG den Geist aufgeben sollte, steht ein Notstrom-Dieselaggregat samt Generator zur Verfügung. Wenn auch das ausfällt, gibt es einen eigenständigen Notmotor, damit das "Kisterl" die nächstgelegene Station erreichen kann.

Abseilen oder Rettungshubschrauber

Für den äußersten Notfall liegt für Passagiere auch ein professionelles Bergegerät bereit, mit dem sie sich über große Tiefen bis auf den Grund abseilen können. Bei entsprechendem Wetter



Tauernstütze

Foto: Schauer

wäre auch eine Notfallbergung mit dem Rettungshubschrauber möglich. Um den Personenverkehr laut geltenden Vorschriften ordnungsgemäß zu betreuen, muss während der Fahrt eine dauernde Funkverbindung zwischen Führerstand in der Bergstation und Passagieren aufrecht erhalten werden.

Ansprechpartner:

**Anton Lackner, Hans Lindler,
Ludwig Rasser, Friedl Wallner**
Sonnblick Observatorium
5661 Rauris
sonnblick@zamg.ac.at

DI Gerhard Schauer
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
Freisaalweg 16
A-5020 Salzburg,
+43(662)626301-31
gerhard.schauer@zamg.ac.at

Forschungsbedingungen auf 3100m wie im Labor

Um den breit gestreuten Projekten mit ihren komplexen und hochgenauen Messungen gute Forschungsbedingungen zu garantieren, muß auch laufend die Infrastruktur verfeinert werden. So wird z.B. mittels Luftmanagement die im Observatorium umgesetzte Atemluft an einem zentralen Punkt wieder ausgeblasen.

In den letzten 20 Jahren wurde das Sonnblickobservatorium zu einem Zentrum österreichischer Atmosphärenforschung weil hier einmalige und unvergleichliche Bedingungen für die Wissenschaftler geschaffen wurden: Weitab von lokalen Verschmutzungsquellen, die jede Messung empfindlich stören können, kann genau untersucht werden, was sich in der freien Atmosphäre über dem europäischen Kontinent abspielt und wie das Zusammenwirken von Sonnenstrahlung, Niederschlag und den einzelnen hochaktiven Spurenelementen funktioniert.

Bedingung ist aber auch, daß am Observatorium selbst keine Emissionen stattfinden, Heizung und Seilbahn werden daher nur elektrisch betrieben. Voraussetzung dafür ist eine 38kV Leitung, die von der AHP - Verbund vor 20 Jahren auf der Strecke Zirm-



„Nabelschnur“ der AHP-Verbund zum Observatorium

Foto: Staudinger

see - Sonnblick installiert wurde und die seither ohne einen Tag Unterbrechung ausreichend Strom lieferte. Für den nicht wahrscheinlichen, aber durchaus möglichen Fall eines Stromausfalls stehen Dieselaggregate mit ausreichender Leistung für Seilbahn und Heizung bereit.

Damit innerhalb des Hauses Emissionen von Meßgeräten und sonstigen Infrastruktureinrichtungen nicht in die Ansaugvor-

richtung der hochempfindlichen Meßanlagen gelangen können, wird das Innere des Hauses unter leichtem Unterdruck gehalten. Die dabei angesaugte Luft wird 20m höher über den Turm nach oben ausgeblasen. Damit kann auch gleichzeitig



Entlüftungskonzept

Foto: Staudinger

die Temperatur in den Räumen reguliert werden, einzelne Meßgeräte heizen auf Grund ihrer Leistung in den Laborräumen stärker als eine Zentralheizung.

An Räumlichkeiten stehen innen für Laborzwecke ca. 60m² zur Verfügung, auf den Außenterrassen sind es ca 100m². Die Nutzung jedes Quadratmeters muß daher innen und außen gut geplant werden, da die Meßgeräte sich gegenseitig beeinflussen könnten. Die Betreuung der Meßeinrichtungen und kleinere Wartungsarbeiten werden durch 4 Beobachter und einen Wissenschaftler (Meßtechniker) wahrgenommen. 2 Beobachter sind ständig vor Ort, der Wissenschaftler kommt 1 mal pro Woche auf das Observatorium.

Normalerweise ist das Observatorium für Projektanten über die Seilbahn erreichbar. Für den Fall daß die Seilbahn auf Grund der Wetterlage (zu starke Windgeschwindigkeit) nicht benützt werden kann, steht ein Bergführer zur Verfügung, der kleinere Gruppen sicher ins Tal bringen kann. Voraussetzung für den ca. 4 stündigen Fußmarsch sind aber entsprechende Ausrüstung und festes Schuhwerk, das bei jedem Besuch mitgeführt werden muß.

Ansprechpartner:

Dr. Michael Staudinger, DI Gerhard Schauer
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
 Freisaalweg 16
 A-5020 Salzburg
 +43(662)626301, +43(662)626301-31
 michael.staudinger@zamg.ac.at, gerhard.schauer@zamg.ac.at

Dr. Wolfgang Schöner
Generalsekretär Sonnblickverein
 Hohe Warte 38
 A-1190 Wien
 +43(1)36026-2290
 wolfgang.schoener@zamg.ac.at

Höchstgelegenster LINUX-Cluster Österreichs

Seit März 2004 versieht der höchstgelegenste Server Österreichs in luftigen 3106m Seehöhe seinen Dienst. Genauer gesagt sind es zwei Server, die zur Erhöhung der Ausfallsicherheit zu einem sogenannten Cluster zusammengeschlossen wurden. Wenn Ende Juli die Programmierarbeiten an der Webseite abgeschlossen sind können die Wissenschaftler Messdaten vom Sonnblick unter www.sonnblick.net/komfortabel abrufen.

Als im September 2003 vom Ministerium die Zusage zur geplanten Erweiterung der EDV Infrastruktur kam, konnten die Spezialisten der IBM durch ihre Fachkompetenz überzeugen. Gemeinsam



Serverschrank als Herz des Sonnblick-Netzwerkes

Foto: Schauer

wurde an einem Gesamtkonzept gearbeitet, schließlich galt es, verschiedenste Anforderungen unter einen Hut zu bringen: sowohl anonymer als auch autorisierter Zugriff aus dem Internet, sammeln und übertragen aller Messdaten, Funktionsüberwachung von Messgeräten, sichern der Daten, Virenschutz, Wartung aus der Ferne via Internet uvm.

Die Dienste müssen natürlich 24 Stunden pro Tag, 7 Tage die Woche zur Verfügung stehen - alles andere bedeutet Ausfall von Messungen! Diese Anforderungen, die schon in einem Server-

raum im Tal besondere Vorkehrungen verlangen, müssen erst recht bei einer möglichen mehrtägigen Nichterreichbarkeit des Observatoriums besonders berücksichtigt werden.

Das Herz der Installation, ein IBM xSeries Hochverfügbarkeits-Cluster, basiert auf dem Betriebssystem Linux. Alle Hardware- und Softwarekomponenten wurden redundant ausgelegt. Beide Server melden dem jeweiligen Partner über sogenannte „Heart-beat“- Leitungen einen fehlerfreien Betrieb. Falls dieser „Herzschlag“ ausbleiben sollte, stellt der verbleibende Server auf Notbetrieb um und übernimmt zusätzlich die Arbeit des ausgefallenen Servers.

Die mit einer Firewall geschützte Anbindung an das Internet erfolgt über eine 2 Mbit Richtfunkstrecke, was ungefähr dem 30-fachen einer normalen Modemverbindung entspricht. Die Web-Server vom Sonnblick werden allen Interessierten Informatives zu Geschichte und Wissenschaft anbieten.

Direktverbindung zu den Messgeräten über Internet

Umfangreichere Zugriffsmöglichkeiten bis hin zur Fernwartung der eigenen Messgeräte werden die Wissenschaftler nutzen, die sich mittels Verschlüsselungstechnologie (VPN - virtual private network) direkt in das Sonnblick - Netzwerk einklinken können. Dazu wurde ein spezielles RSA-Sicherheitssystem integriert, das nur berechtigten Benutzern den Zugriff zu den eigenen Projektdaten erlaubt. Die Benutzer müssen sich dabei auch mit PIN-Codes identifizieren, die in intelligenten Schlüsselanhängern jede Minute neu erzeugt werden. Das im Jahr 2001 installierte Glasfasernetzwerk („fibre to the desk“) steht in allen Laborräumen für die Datenübertragung zur Verfügung, die Glasfaser schützt gleichzeitig die Netzwerkkomponenten erfolgreich vor den Folgen von Blitzschlägen und anderen Überspannungen. Zur Versorgung von Messgeräten außerhalb des Gebäudes wurde ein Funknetzwerk in Betrieb genommen.



WLAN Antenne

Foto: Schauer

Ansprechpartner:

DI Gerhard Schauer

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

Freisaalweg 16

A-5020 Salzburg

+43(662)626301-31

gerhard.schauer@zamg.ac.at

Ludwig Wegmann

IBM Österreich

Maxglaner Hauptstraße 72

A-5020 Salzburg

+43(662)8388-9310

wegmann@at.ibm.com

