



**ZAMG**  
Zentralanstalt für  
Meteorologie und  
Geodynamik

# SONNBLICK OBSERVATORIUM

Höhenobservatorium  
und Forschungsplattform

Wissenschaftliche Aktivitäten 2016



# SONNBLICK OBSERVATORIUM

130 Jahre meteorologisches Monitoring mit zusätzlichen Schwerpunkten in Atmosphärenchemie, -physik und Strahlung, Glaziologie, Permafrost und Biologie

Impressum:

Herausgeber: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), Hohe Warte 38, 1190 Wien

Redaktion: Bernhard Niedermoser und Projektanten, [bernhard.niedermoser@zamg.ac.at](mailto:bernhard.niedermoser@zamg.ac.at)

Erschienen am: 15.06.2106

Fotos: M. Staudingre & C. Schober (Titelseite), L. Pilz (Titelinnenseite), B. Niedermoser (Innenrückseite), M. Daxbacher (Rückseite)



## Vorwort

Reinhold Mitterlehner

Michael Staudinger

## Geschichte und Entstehung

Der Sonnblick – eine österreichische Lösung ..... 4

Die fortschreitende Entwicklung der Meteorologie als Wissenschaft... ..... 5

## Infrastruktur

Die Lebensadern auf 3.106 m Seehöhe – ohne Infrastruktur geht gar nix ..... 6

Cloud neu definiert ..... 7

## Forschen am Sonnblick

ENVISON – Environmental Research and Monitoring Program Sonnblick ..... 8

## Meteorologie

Ein extremer Standort – ein Standort für Rekorde ..... 9

Meteorologie - zwischen massiver Mechanik und digitalen Sensoren ..... 10

20 Jahre Messung der Ozonschicht und der UV-Strahlung auf dem Hohen Sonnblick ..... 11

## Atmosphärenchemie

MONARPOP-Persistent Organic Pollutants: Teil des Global Monitoring Plans ..... 12

MONET - MONitoring NETwork of persistent organic compounds in the air... ..... 13

Höhentaugliche Messgeräte überprüfen die Bergluft ..... 14

Niederschlagschemie am Sonnblick ..... 15

Aerosolmessungen ..... 16

Staub im Nanometerbereich ..... 17

Die Sahara unterm Mikroskop ..... 18

Ein Blick auf Saharastaub ..... 19

Ferntransport aus der Wüste ..... 20

Transportwege des Saharastaubs ..... 21

## Radioaktivität

Deposition von Umweltradionukliden mit Schnee ..... 22

“Mitbringsel” der Luft nach nuklearen Unfällen ..... 23

Langzeitmessung von <sup>222</sup>Radon-Folgeprodukten ..... 24

## Atmosphärendynamik

Die Alpen – homogene “Quelle” für Wellen in der Atmosphäre? ..... 25

## Astronomie und Hohe Atmosphäre

Zodiakallicht und Airglow ..... 26

## Schnee und Lawinen

Sonnblick als fixer Teil des Lawinenwarndienstes ..... 27

## Glaziologie

Schneechemie am Sonnblick ..... 28

## Glaziologie, Schnee und Lawinen

Global Cryosphere Watch: Gletschermonitoring Sonnblick und Pasterze ..... 29

Glacio-Live: Ein Echtzeit-Informationssystem des Gletscherzustandes ..... 30

## Permafrost und Hangstabilität

MOREXPRT 2 – From Climate Change Impact Monitoring to Dynamic Risk Management ..... 31

Update: Permafrost Monitoring-Netzwerk im Sonnblickgebiet ..... 32

## Biosphäre

Fledermäuse am Hohen Sonnblick ..... 33

## Internationale Netzwerke

Global Atmosphere Watch (GAW) am Sonnblick I ..... 34

Global Atmosphere Watch (GAW) am Sonnblick II ..... 35

Global Cryosphere Watch (GCW) ..... 36

ARAD / BSRN : Exakte Messung der Sonnen- und Wärmestrahlung ..... 37

Virtuelles Alpenobservatorium (VAO) ..... 38

INTERACT ..... 39

## Arbeiten für das Sonnblick Observatorium: Das Team

Arbeiten und Leben in 3.106 m Seehöhe ..... 40



Das Observatorium der ZAMG am Sonnblick ist in mehrfacher Hinsicht eine herausragende österreichische Forschungseinrichtung. Der hochalpine Standort, die ausgesetzte Lage am Alpenhauptkamm und die ganzjährige Betreuung durch die Techniker ermöglichen Messungen und wissenschaftliche Untersuchungen wie nur an wenigen vergleichbaren Observatorien weltweit.

Herausragend ist das Sonnblick-Observatorium auch durch die Entwicklung zu einem erfolgreichen Beispiel für interdisziplinäre Zusammenarbeit. Aus dem anfangs rein meteorologischen Observatorium ist in den letzten Jahren ein Forschungsstandort geworden, den nationale und internationale Universitäten und Forschungseinrichtungen aus unterschiedlichsten Fachgebieten schätzen.

Das bringt zahlreiche Synergien und eine sehr effiziente Nutzung. Um nur ein Beispiel von vielen zu nennen: Hochwertige Messungen der UV-Strahlungen werden gleich in mehreren Forschungsprojekten verschiedener Fachbereiche verarbeitet, wie in der Klimaforschung, der Biologie und der Medizin.

Das Sonnblick-Observatorium schlägt außerdem eine Brücke von der Wissenschaft in unser tägliches Leben. Hier findet Grundlagenforschung genauso statt wie anwendungsorientierte Forschung. So gehen beispielsweise die hier erhobenen Daten und Ergebnisse in das Erstellen von Klimaszenarien für die nächsten Jahrzehnte in Österreich und Europa ein. Daraus können konkrete Anpassungsmaßnahmen für die Folgen des Klimawandels entwickelt werden.

Zwei wesentliche Faktoren ziehen sich durch die 130-jährige Erfolgsgeschichte des Sonnblick-Observatoriums: wissenschaftliche Visionen und konsequente Arbeit. Diese Faktoren ließen im Jahr 1886 die anfangs absurd anmutende Idee eines Gipfel-Observatoriums in über 3.100 Meter Seehöhe Wirklichkeit werden. Und diese Faktoren ermöglichten auch die heute herausragende Positionierung in einem sehr komplexen internationalen Wissenschaftsbetrieb.

Der vorliegende Jahresbericht des Sonnblick-Observatoriums gibt Ihnen einen eindrucksvollen Einblick in die zahlreichen Projekte an einem der extremsten Arbeits- und Forschungsplätze Österreichs.

Dr. Reinhold Mitterlehner  
Vizekanzler und Bundesminister für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft



Das Sonnblick-Observatorium zeigt, wie ein Forschungsstandort mit großer Tradition im modernen Wissenschaftsbetrieb nicht nur bestehen, sondern seine herausragende Rolle auch weiter ausbauen kann. Vor 130 Jahren wurde das nahezu unmöglich scheinende Projekt eines Observatoriums in 3.106 Meter Höhe zur „Erforschung der hohen Atmosphäre“ verwirklicht. Heute laufen am Sonnblick jedes Jahr rund 40 nationale und internationale Forschungsprojekte aus den unterschiedlichsten Bereichen der Wissenschaft.

Die starke Vernetzung über die Grenzen von Fachbereichen und Ländern hinweg ist sicher eines der wesentlichen Erfolgsmerkmale des Sonnblick-Observatoriums. Daher wird dieser Weg auch konsequent fortgesetzt. So ist der Antrag, den Sonnblick zu einer von 40 globalen GAW-Stationen zu machen im Mai 2016 durch die WMO (Weltmeteorologische Organisation) nach eingehender Prüfung akzeptiert worden. Das Global Atmosphere Watch Programm (GAW) der WMO überwacht weltweit auf höchstem Qualitätsstandard die chemische Zusammensetzung und die physikalischen Eigenschaften der Atmosphäre. Die Aufwertung als Globalstation hat das Observatorium weltweit als internationale Forschungs- und Monitoringstation sichtbar gemacht.

Ein weiteres Beispiel ist der Beitrag des Sonnblicks zum Virtuellen Alpenobservatorium, einem Verbund von Höhenobservatorien aus sechs Ländern im Alpenraum. Die Tagung im Oktober 2015 in der Stadt Salzburg zeigte einmal mehr, welche Synergien und Möglichkeiten in der Zusammenarbeit dieser speziellen Forschungsstandorte liegen. Ein konkretes Beispiel ist das Datenanalysezentrum AlpenDAC, eine digitale Plattform, die Messdaten aus der Höhenforschung zusammenführt.

Wichtig ist aber auch, hier ein anderes wesentliches Erfolgsmerkmal des Sonnblick-Observatoriums zu erwähnen: die ganzjährige Betreuung. Jeweils zwei Techniker sind am Observatorium im Dienst und garantieren, dass alle Messgeräte der nationalen und internationalen Forschungseinrichtungen das gesamte Jahr optimal betreut sind und trotz Sturm, Schnee und starkem Reifansatz rund um die Uhr korrekt messen.

Im Namen der ZAMG danke ich allen am Sonnblick in den letzten Jahren tätigen Forschungseinrichtungen für die gute Zusammenarbeit und freue mich auf zahlreiche weitere spannende Projekte in den nächsten Jahren.

Dr. Michael Staudinger  
Direktor der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

## Der Sonnblick – eine österreichische Lösung

Franz Schausberger, Michael Staudinger

Der Sonnblick passt nur schwer in unsere schnelllebige Zeit, in der so vieles in kurzlebigen Projektzyklen und Jahresbudgetplanungen gedacht wird. Ein kleiner Gebäudekomplex, der seit 130 Jahren ständig besetzt ist, inmitten eines abweisenden Hochgebirges am Alpenhauptkamm, extrem exponiert und nur beschwerlich erreichbar – ein Vorposten der Forschung, der sein Bestehen neben einiger Pioniere vor allem dem Zusammenspiel von Sonnblickverein und der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik verdankt.

Der Blick auf den Steinturm aus dem Jahr 1886 und die daneben montierten Messgeräte zeigt, wie Tradition und Moderne ineinander greifen.



Abbildung 1: Der Beginn der Wetterwarte am Sonnblick (Stich von A. Heilmann, 1886)

Ohne lange Tradition würden sich nicht so viele Projekte rund um die Themen Atmosphärenphysik und Umweltchemie ansiedeln.



Abbildung 2: Das wachsende Observatorium in den 1950ern.

Die Geschichte des Observatoriums ist geprägt von Pioniergeist an der Grenze des technisch Möglichen. Obwohl der Goldbergbau auf Grund der vorstoßenden Gletscher im 19. Jahrhundert schwieriger wurde, ermöglichte der Bergbau die Errichtung und den Betrieb des Observatoriums. Die damaligen Herausforderungen waren vergleichbar mit einer Expedition auf einen Achttausender im 20. Jahrhundert. Getragen wurden Kosten und Organisation seit den ersten Jahrzehnten durch den Sonnblickverein als private Initiative und der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik als staatliche Institution. Der gleiche Pioniergeist wie damals ist auch heute notwendig, wenn neue Messverfahren unter den oft sehr widrigen Bedingungen auf 3106 m Höhe erprobt werden. Tonnenschwere Eislasten und Stürme um 200 km/h setzen Geräten und Mannschaft zu.



Abbildung 3: Das Sonnblickobservatorium der Gegenwart

Das Observatorium hat in den letzten 30 Jahren einen enormen Aufschwung durchgemacht. Diese kleine Broschüre sollte einen Überblick über die vielfältigen Aktivitäten geben und zeigen, wie komplex die Fragestellungen und Methoden geworden sind.

### Autoren:

F. Schausberger<sup>1</sup>, M. Staudinger<sup>2</sup>

1) Sonnblickverein

2) Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien

### Ansprechpartner:

Univ. Prof. Dr. Franz Schausberger, Landeshauptmann a. D., Vorsitzender des Sonnblickvereins

Prof. Dr. Michael Staudinger, Direktor der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Hohe Warte 19, 1191 Wien

## Die fortschreitende Entwicklung der Meteorologie als Wissenschaft hat die Erforschung der Vorgänge in den höheren Luftschichten zu einer unabwendbaren Notwendigkeit gemacht...

Bernhard Niedermoser

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 Erdmagnetismus - 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 den 1880ern den Betrieb des Observatoriums sicherstellten. Die Erhaltung des Observatoriums wurde anfangs von der Österreichischen Gesellschaft für Meteorologie wahrgenommen.

Durch den Tod Rojachers im Jahre 1891 war jedoch die 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 die wissenschaftliche Forschung im Hochgebirge im Bereich der Meteorologie und Geophysik gefördert.

Viktor Franz Hess genannt. In schwierigeren Zeiten war die Erhaltung des Observatoriums oft gefährdet und konnte nur durch den persönlichen Einsatz Einzelner gesichert werden.

Zu Beginn der 1980er Jahre wurde das Observatorium zukunftsweisend umgebaut. Sämtliche Energie wird seither mit Strom bereitgestellt, die Seilbahn wurde modernisiert und die Räumlichkeiten für Beobachter und Wissenschaftler vergrößert. Mit dem Strom kam die Emissionsfreiheit und der wichtige Schritt zur Reinfluftstation und einer der saubersten Messstandorte der Alpen. Damit wurde der Grundstein für eine moderne, in Europa einzigartige hochalpine Umweltmessstation ohne lokale Störungsquellen gelegt, die von internationalen Forschergruppen genutzt wird.



Abbildung 1: Das Gelehrtenzimmer im frühen Observatorium

Wissenschaftler aller Richtungen haben die einmaligen Vorzüge des Observatoriums genutzt, stellvertretend für viele sei hier der Entdecker der kosmischen Strahlung, Nobelpreisträger



Abbildung 2: Heute – ein High-Tech-Observatorium an einem extrem exponierten Platz

Die finanziellen Mittel für den Betrieb des Observatoriums werden vom Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft, der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, den Bundesländern Salzburg und Kärnten sowie durch Vereinsbeiträge und Spenden bereitgestellt.

### Autor:

B. Niedermoser  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik,  
Salzburg

### Ansprechpartner:

Dr. Elke Ludewig  
Generalsekretärin Sonnblickverein  
Freisaalweg 16, 5020 Salzburg, Österreich  
Tel.: +43 (0)664 88 41 49 77  
E-Mail: elke.ludewig@zamg.ac.at

Bernhard Niedermoser  
Schatzmeister Sonnblickverein  
Freisaalweg 16, 5020 Salzburg, Österreich  
Tel.: +43 (0)662 626301 3624  
E-Mail: bernhard.niedermoser@zamg.ac.at

## Die Lebensadern auf 3.106 m Seehöhe – ohne Infrastruktur geht gar nix

Bernhard Niedermoser

Ein ständig besetzter Stationsbetrieb mit vielen Projekten und großem Energiebedarf braucht eine passende und ausfallsichere Infrastruktur. Die Höhenlage sowie die klimatischen und logistischen Notwendigkeiten stellen dabei noch spezielle Anforderungen. Scheinbare Standard-Infrastruktur wird dadurch zu High-Tech mit hohem Innovationsanteil.

Ohne Strom geht gar nichts! Die **Stromleitung** liefert seit den 1980ern zu 100 % die Energie für den gesamten Gipfel, auch für das angeschlossene Schutzhaus. Nur dadurch ist es möglich, den Sonnblick als Reinluftstation mit Weltrang zu führen. Die Leistung wird aktuell als 20 kV vom Kärntner Zirmsee über den Goldzechkopf zum Gipfel geführt. Großteils als Freileitung, im Teilbereich wird sie am Boden geführt. Der Defekt im Jahre 2014 hat gezeigt, wie existenziell diese Leitung für das Observatorium ist.



Abbildung 1: Die Stromleitung – oberster Teil zwischen Sonnblick und Goldzechkopf

Ohne Seilbahn wird es extrem mühsam. Die Versorgung mit Material, Verpflegung und Trinkwasser sowie der Projektantenverkehr erfolgt seit den 1950ern über die Seilbahn. Diese „**Materialeilbahn mit eingeschränktem Personenverkehr**“ befördert ZAMG Personal und Projektanten in rund 25 Minuten von Kolm Saigurn aus über einen Höhenunterschied von 1.500 m ins exponierte Hochgebirge. Das Aussehen des Fahrbetriebsmittels, liebevoll „Kisterl“ genannt, erinnert noch an den Seilbahnbetrieb der Zwischenkriegszeit. Im Inneren versteckt sich jedoch High-Tech, speziell angepasst auf die Gegebenheiten des Sonnblicks.

Der Gipfel braucht Wärme und produziert selbst Wärme. In einigen Räumen erzeugen IT und Messgeräte so viel Abwärme, dass diese Probleme verursachen könnte (Ausfall von Messgeräten, Erwärmung des Permafrostes, Stören der Immissionsmessungen).

Zwischen 2013 und 2015 wurde daher eine ausgeklügelte

Wärme-Klima-Anlage umgesetzt. Diese verteilt die Wärme optimal im Haus und führt für das Observatorium „überschüssige“ Wärme ins benachbarte Zittelhaus und heizt dort. Ein nachhaltiges und energiesparendes Konzept.

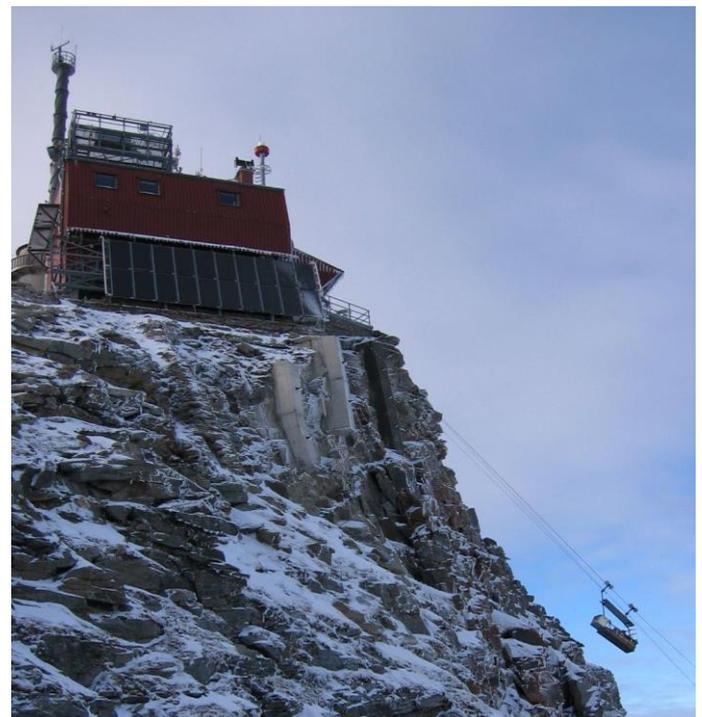


Abbildung 2: Die Seilbahn – High-Tech-Seilbahn mit spartanischem Fahrbetriebsmittel



Abbildung 3: Die Kläranlage – die höchste Österreichs mit besonderen Anforderungen

Ganz speziell ist auch die Kläranlage. Errichtet 2012 und 2013 ist sie vollbiologisch und ausfallsicher.

Das Besondere daran: Über Monate hinweg kann sie damit umgehen, dass nur zwei Personen einen Input liefern, in Hochzeiten sind es dann bis zu 100 Menschen am Tag.

### Autor:

B. Niedermoser  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Salzburg

### Ansprechpartner:

Dr. Elke Ludewig  
Leiterin Sonnblickobservatorium  
Freisaalweg 16, 5020 Salzburg, Österreich  
Tel.: +43 (0)664 88 41 49 77  
E-Mail: [elke.ludewig@zamg.ac.at](mailto:elke.ludewig@zamg.ac.at)

## Cloud neu definiert

Gerhard Schauer

Seit 104.885 Stunden oder 4.370 Tagen laufen die beiden Server in luftigen 3.106 m Seehöhe und speichern zuverlässig die im Observatorium und im angrenzenden Gelände gewonnenen Messdaten. Höchste Zeit also, um sie in den Ruhezustand zu schicken und die für das Observatorium so wichtige Infrastruktur neu zu definieren.

Nach mehr als 12 Jahren on-premise Betrieb und einer Verfügbarkeit von 99,954 % (48 Stunden Ausfall bei ca. 105.000 Betriebsstunden) trotz wetterbedingt stark eingeschränkter Erreichbarkeit wurden auch am Sonnblick die Weichen in Richtung Cloud gestellt. Schritt für Schritt werden derzeit die einzelnen Komponenten in ein deutsches Rechenzentrum verlagert, ohne den Betrieb und die Aufzeichnung der Messdaten zu unterbrechen.

Auch bei der Abfrage und Analyse von Messdaten und zur Berichterstellung wird mit dem KNIME Server ein neuer Weg beschritten. Zusammenarbeit, Dokumentation und Wiederverwendbarkeit erstellter Auswertungen werden durch dieses zentrale Repository bestmöglich unterstützt und erreicht.

Mit einer gemeinsamen EDV Infrastruktur entfällt der individuelle Aufwand für Datenspeicherung und Übertragung, wovon sowohl Projektbetreiber als auch Projektbudget profitieren.

Für die Forscherinnen und Forscher wird ein Zugriff aus dem Internet per VPN bis hinauf zum eigenen Messgerät, sammeln und übertragen aller Messdaten, automatisierte Funktionsüberwachung von Messgeräten, sichern der gesammelten Daten und die strukturierte Bereitstellung von Messdaten für eine interdisziplinäre Zusammenarbeit angeboten.

Die mit einer Firewall geschützte Anbindung an das Internet erfolgt über eine 4 Mbit Richtfunkstrecke. Innerhalb des Hauses steht ein weit verzweigtes Glasfasernetzwerk in allen Laborräumen und auf der Terrasse zur Verfügung. Die Glasfaser bietet eine zuverlässige Verbindung und schützt gleichzeitig vor Blitzschlägen und anderen Überspannungen. Zur Versorgung von Messgeräten außerhalb des Gebäudes wurde ein WLAN Funknetzwerk in Betrieb genommen. Die Talstation ist ebenfalls über WLAN an das Observatorium angekoppelt – interessant für Messungen die sich den großen Höhenunterschied von 1.500 m zu Nutze machen.

Das Web Portal unter <http://www.sonnblick.net> bietet allen Interessierten Informatives zu Geschichte und Wissenschaft. Die Darstellungen ausgewählter Messdaten und das aktuelle Wetterpanorama zählen zu den am stärksten besuchten Seiten.

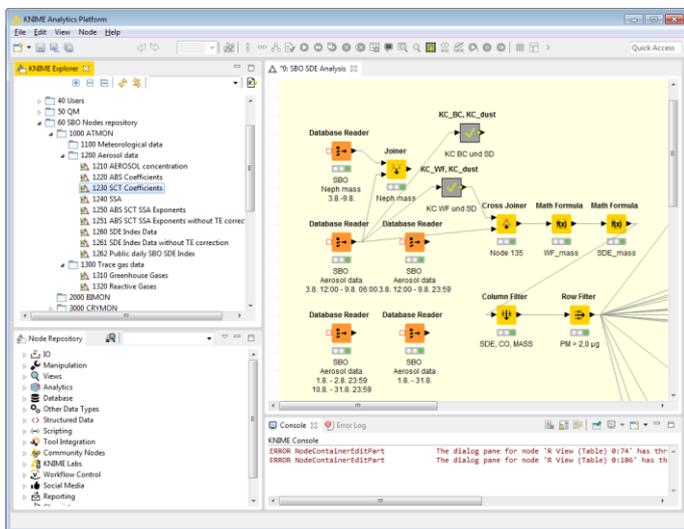


Abbildung 1: KNIME Analytics Platform

**Autor:**  
G. Schauer  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Salzburg

**Ansprechpartner:**  
Gerhard Schauer  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik  
Freisaalweg 16, 5020 Salzburg, Österreich  
Tel.: +43 (0)662 626301 – 3631  
E-Mail: gerhard.schauer@zamg.ac.at

## ENVISON – Environmental Research and Monitoring Program Sonnblick

Anne Kasper-Giebl

Aufgrund seiner besonderen Lage und der bereits verfügbaren langen Zeitreihen bietet der Sonnblick gerade für die interdisziplinäre Forschung den idealen Ausgangspunkt. Um diese Sonderstellung weiter zu betonen und gleichzeitig eine Zielsetzung innerhalb der allgemeinen Forschungsaktivitäten zu treffen, wurde im Jahr 2011 das Forschungsprogramm ENVISON formuliert. Das Programm wird vom ‚Sonnblick Beirat‘ (Wissenschaftlicher Beirat der ZAMG zur Koordination der wissenschaftlichen Aktivitäten am Sonnblick Observatorium) gemeinsam mit internationalen und nationalen Experten erstellt. Derzeit geht ENVISON in die zweite Runde und wird wieder für den Zeitraum von 5 Jahren definiert.

Am Gipfel des Hohen Sonnblicks in über 3.100 m Seehöhe gelegen, abgeschieden von lokalen Emissionsquellen und doch direkt ‚über‘ Mitteleuropa - das sind keine schlechten Voraussetzungen für eine Hintergrundmessstelle. Unter diesen Bedingungen kann bereits eine Zigarette, die von einem unachtsamen Besucher nahe an der Plattform geraucht wird, zu einer Veränderung der Messwerte führen. Auch auf solche Störungen müssen die Wetterbeobachter, die das ganze Jahr am Observatorium anwesend sind, achten und sie dokumentieren, damit der Datensatz bereinigt werden kann.

Um die Stellung des Observatoriums an dieser Schnittstelle zu betonen, gliedert sich ENVISON in drei Teilbereiche:

- ATMON – die Beobachtung der Atmosphäre
- CRYMON – die Beobachtung der Kryosphäre
- BIMON – die Beobachtung der Biosphäre

In ENVISON wird aber auch ein weiterer Faktor betont, der für erfolgreiche Forschung unerlässlich ist: das Zusammenspiel von umfassenden und hochqualifizierten Monitoringprogrammen mit zeitlich befristeten Forschungsprojekten.

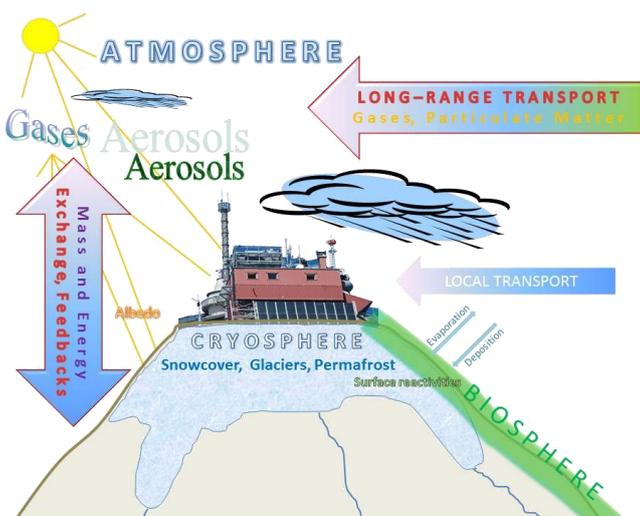


Abbildung 1: Das Sonnblick-Observatorium an der Schnittstelle zwischen Atmosphäre, Kryosphäre und Biosphäre (Quelle: ENVISON, 2011)

Die Wissenschaft braucht aber nicht nur den Standort am Gipfel, mit den Messungen zur Meteorologie, dem Strahlungshaushalt und den unterschiedlichsten Luftinhaltsstoffen: Unmittelbar angrenzend beginnen die Gletscherfelder - das ‚ewige Eis‘, Permafrost und auch die Biosphäre. Die Chancen, die dieser direkte Zugang zum Gletscher bietet, manifestieren sich zum Beispiel in den langen Zeitreihen zur Massenbilanz der Gletscher und der Schneechemie.

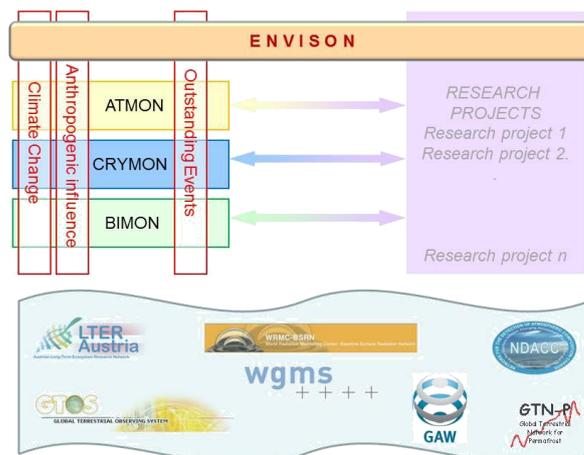


Abbildung 2: Das ENVISON-Konzept (Quelle: ENVISON, 2011)

In den Jahren 2011 bis 2015 wurden die Themen Aerosol- und Strahlungsmonitoring sowie die Verbindung von Kryosphäre zur Atmosphäre und dem Wasserkreislauf, speziell der Ökologie des Gletscherabflusses als Schwerpunkte der Forschung am Sonnblick definiert. Eine Reihe der Ergebnisse dieser Projekte und auch laufende Aktivitäten sind in der vorliegenden Broschüre dargestellt. In der nächsten Periode von ENVISON werden die Vorhersage und Analyse von Extremereignissen, aber auch Untersuchungen zur Albedo und deren Beeinflussung durch die Schneedecke und Wolken im Fokus stehen.

Unabhängig von dieser Schwerpunktsetzung steht ‚der Sonnblick‘ Projekten aus allen Fachrichtungen offen.

### Autorin:

A. Kasper-Giebl  
TU-Wien, Institut für Chemische Technologien und Analytik

### Ansprechpartner:

Anne Kasper-Giebl  
Technische Universität Wien  
Getreidemarkt 9/164-UPA, 1060 Wien, Österreich  
Tel.: +43 (1) 58801-15130  
E-Mail: akasper@mail.tuwien.ac.at



## Ein extremer Standort – ein Standort für Rekorde

Ludwig Rasser, Matthias Daxbacher, Hermann Scheer, Norbert Daxbacher

Als höchste Beobachtungsstation Österreichs liefert der Sonnblick natürlich auch einige der extremsten Wetterwerte Österreichs. Sehr vieles ist aber nicht aus den reinen Zahlen abzulesen, da zum Beispiel die Kombination mehrerer „normaler“ Faktoren wie einer typischen Herbsttemperatur von  $-10^{\circ}\text{C}$  mit einem Herbstwind von  $70\text{ km/h}$  einen chill-Faktor von ca.  $-30^{\circ}\text{C}$  ergibt. Wer sich hier länger als 15 Minuten im Freien aufhält, riskiert ohne entsprechender Ausrüstung schwere Erfrierungen.

### Ältestes Bergobservatorium Europas:

- ~ erbaut 1886
- ~ seit 130 Jahren permanent besetzt, mit Ausnahme von 4 Tagen nach dem Ende des Ersten Weltkrieges
- ~ der höchste, dauernd besetzte Arbeitsplatz Österreichs
- ~ 4 Observatoriumstechniker im Wechseldienst
- ~ Dienstzeiten: 15 Tage Dienst, 10 Tage frei
- ~ mindestens 2 Techniker sind gleichzeitig im Dienst

### Meteorologische Rekorde am Sonnblick:

#### Temperatur :

Absolutes Maximum  $+15,3^{\circ}\text{C}$  (30.06.2012)

Absolutes Minimum  $-37,4^{\circ}\text{C}$  (02.01.1905)

#### Monatsmitteltemperatur :

Maximum  $+5,7^{\circ}\text{C}$  (08/2003)

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

#### Jahresmitteltemperatur :

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

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

#### Niederschlag:

Maximaler Monatssumme 490 mm (05/1962)

#### Schneedecke :

Gesamthöhe Maximum 1190 cm (05/1944)

#### Wind :

Böen  $201,6\text{ km/h}$  (20.12.1993)

Tagesmittel  $123,1\text{ km/h}$  (17.01.1920)

#### Luftdruck:

Maximum  $717,1\text{ hPa}$  (17.09.1975)

Mimumum  $654,4\text{ hPa}$  (26.02.1989)

### Saharastaub:

In leichter Ausprägung fast 1 mal im Monat

Als intensiveres Phänomen ca. 2 bis 4 mal pro Jahr.



Abbildung 1: Über Nacht mit 4 m zugeweht – der Eingangsbereich (H. Scheer)



Abbildung 2: Raureif am Suntracker vor der täglichen „Befreiung“ (N. Daxbacher)

### Autoren:

L. Rasser, M. Daxbacher, H. Scheer, N. Daxbacher  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Salzburg

### Ansprechpartner:

ZAMG - Sonnblickobservatorium  
5661 Rauris  
sonnblick@zamg.ac.at  
www.sonnblick.net

## Meteorologie - zwischen massiver Mechanik und digitalen Sensoren

Leo Hettegger

Seit 1886 - seit 130 Jahren – machen Wetterbeobachter auf dem Sonnblick täglich meteorologische Aufzeichnungen. Die harten Bedingungen auf 3.100 m sind in diesen Jahren gleich geblieben, die Technik hat sich deutlich gewandelt. Vieles wird inzwischen automatisch gemessen, aber nicht alles ist in dieser Höhe mit der Elektronik einfacher geworden.

Die Erfassung des Windes erfolgte noch bis in die 1980er-Jahre auf mechanische Art über eine Trommel im alten Wasserturm. Dann wurde – zusätzlich zur mechanischen Registrierungen – auf elektronische Messung und digitale Sensoren umgestellt.



Abbildung 1: Blick vom Turm auf eine Messplattform (Foto: H. Tomasek)

Das Observatorium wurde mehrmals erweitert, hat im Inneren jedoch noch jenen Grundriss der Anfangsjahre. Dadurch gibt es gleichgebliebene Messstandorte wie die „Fensterhütte“ an der Nordseite des alten Wasserturms. Dort werden in unveränderter Aufstellung seit 128 Jahren Temperatur und Luftfeuchtigkeit registriert.



Abbildung 2: Alt neben Neu – die zwei Wassertürme des Observatoriums (Foto: L.Rasser)

Auf eigenen Messplattformen messen hochsensible Geräte (Abbildung 1). Damit in 3.106 m aber auch das gemessen wird, was man messen will, dafür sorgt die Sonnblickmannschaft. Denn nur durch die permanente Kontrolle der Messungen vor Ort und die tägliche „Pflege“ der High-Tech-Geräte durch das Befreien von ständig wachsenden Raureifansätzen (Abbildung 3) ist es möglich, qualitativ wertvolle Messserien zu liefern. Und letztendlich sind es genau diese Messdaten, die ein Bergobservatorium so unverzichtbar für die Gegenwart und die Nachwelt machen.



Abbildung 3: Raureif der letzten Nacht (G. Schauer)

Durch die Gebäude auf dem Sonnblickgipfel entstehen unerwünschte Turbulenzen. Deshalb wurde 1995 der 20 Meter hohe Messturm errichtet (Abbildung 2). Der Wind und andere Spezialparameter können somit unbeeinflusst von Gebäudeeffekten erfasst werden.

### Autor:

L. Hettegger  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Salzburg

### Ansprechpartner:

Leo Hettegger, Martin Mair  
Tel.: +43 (662) 626301-3626  
E-Mail: l.hettegger@zamg.ac.at

## 20 Jahre Messung der Ozonschichtdicke und der UV-Strahlung auf dem Hohen Sonnblick- Jubiläumsveranstaltung am 30.09.2015

Stana Simic

Die Universität für Bodenkultur Wien und das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft feierten am 30.09.2015 "20 Jahre Messung der Ozonschichtdicke und der UV-Strahlung auf dem Hohen Sonnblick". Die Jubiläumsveranstaltung war der 2008 verstorbenen Meteorologin und ersten Professorin an der BOKU Inge Dirmhirn gewidmet. Durch die gute Zusammenarbeit zwischen den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Universität für Bodenkultur, der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik und dem Sonnblickverein und dank der tatkräftigen Unterstützung durch die Wetterbeobachter am Sonnblick konnten die Messungen über 20 Jahre lang ohne größere Datenausfälle durchgeführt werden.

Am Hohen Sonnblick werden seit 1994 an der einzigen Messstation in Österreich vom Institut für Meteorologie der BOKU im Auftrag des BMLFUW kontinuierlich Messungen der Ozonschichtdicke und der spektralen UV-Strahlung durchgeführt. Die Messungen werden entsprechend den rigiden Qualitätsanforderungen des "Network for the Detection of Atmospheric Composition Change" (NDACC) durchgeführt. Damit wird eine von weltweit sehr wenigen langjährigen Zeitreihen für spektrale UV-Daten gewonnen, die den hohen Qualitätsanforderungen von NDACC entspricht.

Mitinitiatorin der Messungen am Hohen Sonnblick war die Meteorologin Inge Dirmhirn, eine Pionierin der Hochgebirgs- und Strahlungsforschung. In Erinnerung an Inge Dirmhirn wurde die Messstelle am Sonnblickobservatorium als „Inge Dirmhirn UV-Messstation“ benannt. Die Plakette „Inge Dirmhirn UV-Messstation“ wurde durch den Generalsekretär des BMLFUW, DDr. Reinhard Mang an Dr. Staudinger (Direktor der ZAMG) und an den Rektor der Universität für Bodenkultur Univ.Prof. Dipl. Ing. Dr. Dr.h.c.mult. Martin Gerzabek übergeben.

Der Generalsekretär des BMLFUW DDr. Reinhard Mang wies in seiner Festansprache bei der Jubiläumsveranstaltung über die "Bedeutung von UV-Messungen aus Sicht des Umweltministers" auf das vor 30 Jahren abgeschlossene Wiener Übereinkommen zum Schutz der stratosphärischen Ozonschicht hin. Der Generalsekretär betonte, dass fundierte Daten und wissenschaftliche Erkenntnisse zu den Voraussetzungen für eine zielgerichtete Umweltpolitik gehörten.

Prof. Seckmeyer von Institut für Meteorologie und Klimatologie, Universität Hannover hat in seiner Keynote "Warum Politikberatung sowohl langfristige (UV-) Messungen als auch wissenschaftliche Innovationen erfordert" auf die Wichtigkeit der Langzeitmessungen von qualitativ hochwertigen Daten hingewiesen, um Klimaveränderungen erfassen und interpretieren zu können.

Die Jubiläumsveranstaltung gab die Gelegenheit, die aktuellsten Forschungsergebnisse aus dem Bereich der UV-Messungen und der Forschungsarbeiten am Sonnblick vorzustellen und ermöglichte einen fachlichen Austausch zwischen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus dem Fachgebiet. Vorträge und Diskussionen spannten den Bogen vom Sonnblickobservatorium über Ergebnisse der Messungen bis hin zur Rolle der UV-Strahlung bei der Bildung von Vitamin D im menschlichen Organismus und gaben einen Überblick über den Stand des Wissens.



von links: Reinhard Mang (BMLUFW), Stana Simic (BOKU-Met), Martin Gerzabek (BOKU), Michael Staudinger (ZAMG), Helmut Hojesky (BMLUFW), Martin Kriech (BMLUFW). Quelle: Christian Müller BMLUFW

Die Vorträge der Jubiläumsveranstaltung sind auf den Webseiten der Universität für Bodenkultur abrufbar (<http://www.wau.boku.ac.at/met/>). Laufend aktualisierte Informationen zu den Messungen der Ozonschichtdicke sind im Internet auf den Webseiten der Universität für Bodenkultur und im ORF Teletext auf Seite 644 zu finden.

### Autor:

Stana Simic  
Universität für Bodenkultur Wien

### Ansprechpartner:

Stana Simic  
Universität für Bodenkultur Wien  
Institut für Meteorologie (BOKU-Met)  
Tel.: +43 (1) 47654 814 30  
E-Mail: [stana.simic@boku.ac.at](mailto:stana.simic@boku.ac.at)



## MONARPOP-Persistent Organic Pollutants: Teil des Global Monitoring Plans

Wolfgang Moche, Peter Weiss

Die im Rahmen des internationalen Projektes MONARPOP erstmalig an hochalpinen Standorten durchgeführten herkunftsspezifischen Luftmessungen werden nun in Kooperation mit dem Projekt VAO und im Rahmen des Global Monitoring Plans zur Evaluierung der Stockholm Konvention fortgeführt. Gemessen werden persistente organische Schadstoffe (POP) wie Dioxine, PCB, Chlorpestizide etc. in der Deposition und in der Umgebungsluft.

**POPs:** Umweltverschmutzung über lange Distanzen und Zeiträume. POP (persistent organic pollutants) sind schwer abbaubare organische Schadstoffe, wie etwa polychlorierte Dibenzodioxine oder DDT. Aufgrund der langen Verweildauer werden sie in der Luft über Hunderte von Kilometern 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 POP bereits in sehr geringen Konzentrationen eine toxische Wirkung entfalten.

**MONARPOP als europäisches Pionierprojekt:** MONARPOP erhob in den Jahren 2004 bis 2007 die POP-Belastung im Alpenraum in dreidimensionaler Auflösung. Dazu wurden 40 verteilte Bergstandorte, drei hochalpine Luftmessstationen (Sonnblick, Weißfluhjoch, Zugspitze), fünf verschiedene Probenmedien (Luft, Deposition, Passivsammler, Fichtennadeln, Boden) und über 70 Analyseparameter untersucht. Erstmals verwendet wurde eine Luftprobenahmemethode mit der es möglich ist, die gemessenen Konzentrationen Quellgebieten zuzuordnen. Gesteuert werden diese Probennehmer über Trajektorienvorhersagen der ZAMG in Salzburg.

**Die Alpen als Schadstofffänger?** Dabei zeigte sich, dass Fichtennadel- und Humusproben relativ hohe Konzentrationen und höhergelegene Standorte höhere Konzentrationen gewisser, teilweise selbst längst verbotener, POP besaßen. Trotz der Abwesenheit lokaler Quellen kam es an diesen Standorten offenbar zu einer Schadstoffanreicherung, und zwar über den Eintrag aus belasteten Luftmassen. Auch an den drei Luftmessstationen wurden sowohl in der Umgebungsluft, als auch in der Deposition Konzentrationen in der gleichen Größenordnung gefunden, wie sie auch in landwirtschaftlich genutzten Gebieten im Flachland vorkommen.

**Global Monitoring Plan:** Dies war Grund für die UN das Projekt MONARPOP mit den drei Luftmessstationen, und damit auch den Sonnblick, in den „Global Monitoring Plan“ zur „Effectiveness Evaluation“ der UN „Stockholm Convention“

zum Verbot bzw. zur Verminderung von Persistenten Organischen Schadstoffen (POP) aufzunehmen. Mit diesen Messungen soll der Erfolg der Regelungen der Stockholm Konvention kontrolliert werden.

**Ergebnisse:** Die Konzentrationen, die am Sonnblick gemessen wurden, liegen in der gleichen Größenordnung wie jene, die an EMEP und AMAP Messstationen gefunden wurden und um ein (PCB) bis zwei (PCDD/F) Größenordnungen niedriger als in Ballungsräumen. Bis zur Periode 2010 wurden signifikante zeitliche Abnahmen der Luftkonzentration der PCDD/F an den Messstellen Weißfluhjoch und Zugspitze und der PCBs an allen drei Alpengipfeln nachgewiesen. In den nachfolgenden Perioden wurden jedoch wiederum etwas höhere Gehalte wie zu Beginn der Messungen nachgewiesen, sodass insgesamt keine signifikante Abnahme der Luftkonzentrationen festzustellen ist.

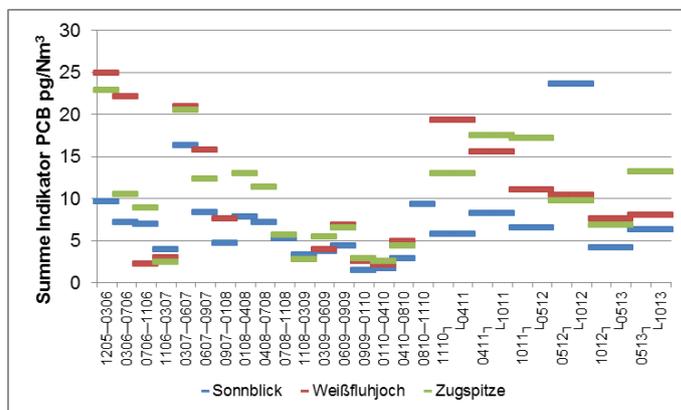


Abbildung 1: Zeitliche Entwicklung der Belastung an drei Bergobservatorien

Bemerkenswert ist der Unterschied zwischen POPs-Konzentration in der Luft und POPs-Deposition. Die Deposition gibt Hinweise zum Eintrag dieser Schadstoffe in die Umwelt. Während bei den Luftkonzentrationen doch deutliche Unterschiede zwischen den Alpengipfeln und quellnahen Gebieten festgestellt wurden, liegt die POPs-Deposition an den Alpengipfeln in gleicher Größenordnung zu quellnahen Gebieten.

### Autoren:

W. Moche, P. Weiss  
Umweltbundesamt GmbH, Wien

### Ansprechpartner:

Wolfgang Moche  
Umweltbundesamt GmbH;  
Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien, Österreich  
Tel.: +43(1)31304 5114 (3430);  
E-Mail: wolfgang.moche@umweltbundesamt.at



## MONET - MONitoring NETwork of persistent organic compounds in the air using the passive air sampling technique

Wolfgang Moche, Peter Weiss, Jana Klánová, Pavel Čupr

Das Sonnblick Observatorium ist Teil des europäischen Messnetzes MONET Europa. Im Rahmen dieses Netzwerkes wird die Verteilung der POPs in Europa mit einfachen, geräuschlos und wartungsarmen Passiv-Luftsammlern untersucht. Die Sammler können auch an entlegenen Hintergrundstandorten aufgestellt werden und erlauben damit einen Vergleich der Belastungssituation in den verschiedensten Teilen Europas. Die Messergebnisse werden in der GENASIS Datenbank, die von der Universität Brunn betrieben wird, gesammelt.

**Monet, Monitoring Network.** Die Tschechische Republik hat eine lange Tradition bei Monitoring Programmen für POPs in allen wichtigen Umweltmatrices. Im Zusammenhang mit der Stockholm Konvention ist ein Monitoring der Schlüsselmatrices Luft und Muttermilch wichtig. Ein Hauptaugenmerk wurde daher auf die Entwicklung von einfachen und billigen passiven Luftprobenahmetechniken gelegt. Diese Methoden wurden in das nationale Monitoringnetzwerk (MONET CZ) integriert. Basierend auf diesen Erfahrungen wurde in der Folge ein europaweites Langzeitmonitoring Programm an Hintergrundstandorten mit diesen Passivsammlern vorgeschlagen. Derzeit umfasst dieses Netzwerk (MONET Europe) 37 europäische Staaten. Seit 2010 wurde das Netzwerk mit dem Teil MONET Africa um 14 afrikanische Staaten erweitert. Die Messergebnisse sind in der GENASIS Datenbank ([www.genasis.cz](http://www.genasis.cz)) einsehbar.

Die Probenahme erfolgt durch spontane Diffusion der Stoffe aus Umgebungsluft auf den PU-Schaum. Die Luft strömt ungehindert durch den Spalt des Probenehmers über den stationären PU-Schaum, auf welchem die Schadstoffe festgehalten werden.

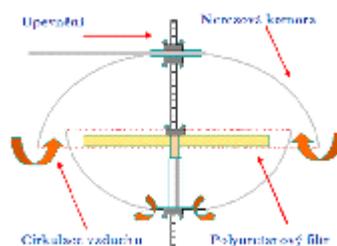


Abbildung 2: Schnitt durch einen Passivsammler

Nach der Exposition (84 Tage) werden die PU-Schäume entnommen und im Labor auf den POP-Gehalt analysiert. Passivsammler haben eine geringe Sensitivität gegenüber extremen, kurzzeitigen Konzentrationsschwankungen und bieten einen guten Überblick über die durchschnittliche Konzentration der Schadstoffe im Beprobungszeitraum. Darüber hinaus ist es eine kostengünstige, geräuschlose und mit geringem Wartungsaufwand verbundene Probenahmemethode.



Abbildung 1: Vier Stück Passive-Sammler am Sonnblick

**Passivsammler.** Passivsammler auf Basis von Polyurethanschaum sind gut geeignet für das Langzeitmonitoring bestimmter POPs.

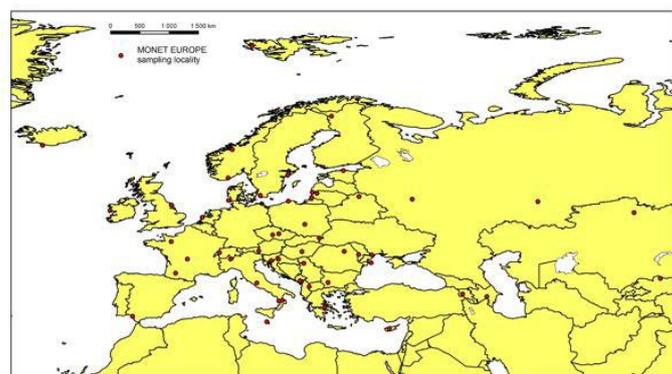


Abbildung 3: MONET Messstellen in Europa.

### Autoren:

Wolfgang Moche<sup>1</sup>, Peter Weiss<sup>1</sup>, Jana Klánová<sup>2</sup>, Pavel Čupr<sup>2</sup>

1) Umweltbundesamt GmbH, Wien

2) Masaryk University, Research Centre for Toxic, Brno, Czech Republic

### Ansprechpartner:

Wolfgang Moche  
Umweltbundesamt GmbH  
Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien, Österreich  
Tel.: +43(1)31304 5114 (3430)  
[wolfgang.moche@umweltbundesamt.at](mailto:wolfgang.moche@umweltbundesamt.at)

## Höhentaugliche Messgeräte überprüfen die Bergluft

Marina Fröhlich, Gerhard Schauer

Seit 1988 misst das österreichische Umweltbundesamt auf dem Sonnblick verschiedene Gase in der Luft. Erfasst werden Ozon, Kohlenmonoxid, Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid sowie die Treibhausgase Methan und Kohlendioxid.

Für diese Messungen wird die Außenluft am nördlichen Teil des Observatoriums über der Dachkante zentral angesaugt und gelangt von dort zu den Messgeräten. Wegen der Höhenlage und der vorherrschenden Wetterbedingungen müssen alle Teile der zentralen Ansaugung ganzjährig elektrisch beheizt werden.

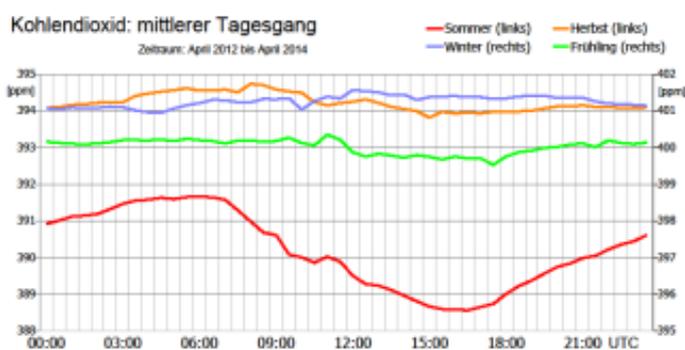


Diagramm 1: mittlere saisonale Tagesgänge der CO<sub>2</sub> Konzentration mit ausgeprägtem Tagesgang in den Sommermonaten

Das reaktive Gas Ozon (O<sub>3</sub>) entsteht durch Reaktion von Stickstoffoxiden und Kohlenwasserstoffen unter der Einwirkung von Sonnenlicht. Die Ozonmessung erfolgt mit einem für die Höhenlage modifizierten Messgerät. Das Messprinzip beruht auf der Fähigkeit der Ozonmoleküle, ultraviolettes Licht bei einer Wellenlänge von 254 nm zu absorbieren. Da kaum andere Gase Licht dieser Wellenlänge absorbieren, ist die Abschwächung der Lichtintensität proportional zur Ozonkonzentration.

Das Messprinzip für Kohlenstoffmonoxid (CO) beruht auf der Eigenschaft von Kohlenmonoxid, infrarotes Licht bei einer Wellenlänge von 4,7 µm zu absorbieren. Da dazu aber auch eine ganze Reihe anderer Gase in der Lage sind (insbesondere Wasserdampf und Kohlendioxid), wird aus einem Teil der Außenluft das Kohlenmonoxid katalytisch entfernt. Die Differenz der beiden Signale wird als Maß für die Kohlenmonoxid-Konzentration herangezogen. Als Detektor dient eine dünne Metallmembran, die sich je nach einfallender Infrarotstrahlung verschieden stark ausdehnt.

Stickstoffoxide – am bekanntesten sind Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), gemeinsam als „NO<sub>x</sub>“ bezeichnet – haben sowohl natürliche als auch anthropogene Quellen und spielen eine wichtige Rolle bei der Ozonbildung, der Eutrophierung und der Partikelbildung, wobei ein vorrangiges Ziel die Messung der NO<sub>2</sub>-Konzentration ist. Die Bestimmung der Stickstoffoxide beruht auf dem Prinzip der Chemilumineszenz von NO – in der Messkammer reagiert NO mit einem Überschuss an Ozon wieder zu NO<sub>2</sub>, wobei Licht im Infrarotbereich abgegeben wird. Für die Messung des in der Außenluft vorhandenen NO<sub>2</sub> ist dieses vorher in NO umzuwandeln. Seit Jänner 2010 ist das NO<sub>x</sub>-Messgerät mit einem Photolyse-Konverter zur selektiven Umwandlung von NO<sub>2</sub> in Betrieb, die Umwandlung von höheren Stickstoffoxiden (N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), salpetriger- und Salpetersäure sowie organische Nitratverbindungen wird damit vermieden.

Die Messung des Treibhausgases Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) erfolgte anfangs mit einem für die Höhenlage modifizierten Messgerät mittels Infrarotabsorption. 2011 wurde ein neues Messgerät angeschafft, das auf Laserspektroskopie (Cavity Ring Down Spectrometer) beruht und sich durch höhere Empfindlichkeit und Datenqualität auszeichnet. Da das Messgerät auch Methan (CH<sub>4</sub>) detektiert, wurde zusätzlich eine Messreihe für Methan gestartet.

Die korrekte Funktion aller Messgeräte wird täglich automatisch überprüft. Viermal jährlich werden sie mit einem unabhängigen System kalibriert und so die internationale Vergleichbarkeit der Messergebnisse sichergestellt.

Alle Messwerte werden vor Ort aufgezeichnet und sofort in die Umweltbundesamt - Messnetzzentrale nach Wien übertragen. Die Daten von Ozon und Kohlenmonoxid sind von der Umweltbundesamt-Website unter den aktuellen Luftgütedaten prompt abrufbar.

Links:  
[http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/luft/luftguete\\_aktuell](http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/luft/luftguete_aktuell)  
<http://ds.data.jma.go.jp/gmd/wdcgg/>

### Autoren:

Marina Fröhlich<sup>1</sup>, Gerhard Schauer<sup>2</sup>

1) Umweltbundesamt GmbH

2) Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

### Ansprechpartner:

Mag. Marina Fröhlich

Umweltbundesamt GmbH

Spittelauer Lände 5, 1090 Wien

Tel.: +43(1)313 04 5862

E-Mail: [marina.froehlich@umweltbundesamt.at](mailto:marina.froehlich@umweltbundesamt.at)

## Niederschlagschemie am Sonnblick

Anne Kasper-Giebl, Alexander Kranabetter

Seit mehr als 25 Jahren werden am Sonnblick Observatorium die Inhaltsstoffe des Niederschlags erfasst. Zu Beginn der Messreihe lenkte der ‚Saure Regen‘ die Aufmerksamkeit vieler Forschergruppen auf den Stoffeintrag auf den Gletschern. Inzwischen sind die Konzentrationswerte für Sulfat deutlich zurückgegangen und auch der Säureeintrag hat sich verringert. Heute richtet sich das Interesse vornehmlich auf die Stickstoffverbindungen. Ein erhöhter Stickstoffeintrag kann eine Überdüngung bewirken und schädigt dabei den Artenreichtum.

Die Probenahme am Sonnblick in 3.106 m Seehöhe nimmt im österreichischen Niederschlagsmessnetz eine Sonderstellung ein. Aufgrund der hohen und exponierten Lage befindet sie sich oft in den Wolken und damit viel näher am Ort der Niederschlagsbildung als andere Stationen.

Die Probenahme erfolgt täglich mit einem ‚Wet and Dry Only Sampler‘ - kurz WADOS genannt. Meistens sammelt der WADOS hier Schnee, nur in der warmen Jahreszeit gelangt auch Regen in das Probenahmegefäß am Sonnblick Observatorium.



Abbildung 1: Der WADOS am Sonnblick Observatorium

Die chemische Analyse der Proben umfasst die anorganischen Ionen Sulfat, Nitrat und Ammonium. Dies sind die Umwandlungsprodukte von Schwefeldioxid, den Stickstoffoxiden und von Ammoniak - die durch Industrie, Verkehr und Landwirtschaft zumeist bodennahe emittiert werden. Über den Niederschlag werden diese Verbindungen wieder aus der Atmosphäre ausgewaschen und in das Ökosystem eingebracht. Aber auch Chlorid, sowie die basischen Kationen Natrium, Kalium, Kalzium und Magnesium werden gemessen. Die Bestimmung des pH-Wertes (ein Maß für die Acidität, d.h. die Säurestärke) und der elektrischen Leitfähigkeit vervollständigt das Bild.

Die Konzentrationswerte der genannten Spurenstoffe im Niederschlag am Sonnblick sind zumeist gering. Aufgrund der

hohen Niederschlagsmengen kann der Stoffeintrag aber Werte erreichen, die mit den Verhältnissen in Tallagen vergleichbar sind, oder diese sogar überschreiten.

Der Sulfatkonzentration im Niederschlag hat seit Beginn der Untersuchungen deutlich abgenommen. Grund dafür ist die Verwendung schwefelarmer Brennstoffe und die Reinigung der Abgase. Für Stickstoff ist die Situation leider anders. Die Stickstoffoxide aus dem Verkehr sind daran schuld, dass sich die Stickstoffkonzentration im Niederschlag und damit auch der Stickstoffeintrag nicht sonderlich geändert hat.

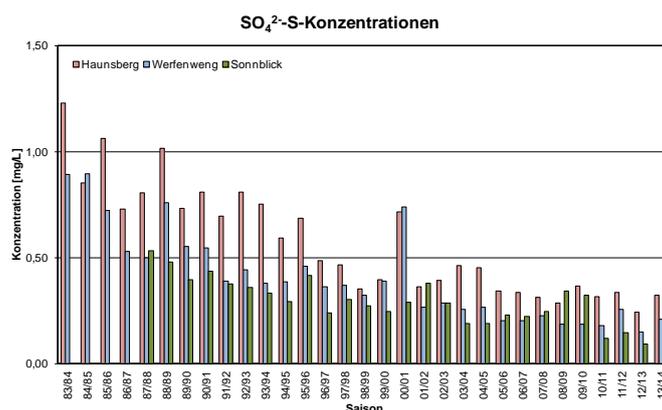


Abbildung 2: Zeitreihe der Sulfatkonzentration an den WADOS-Stationen in Salzburg

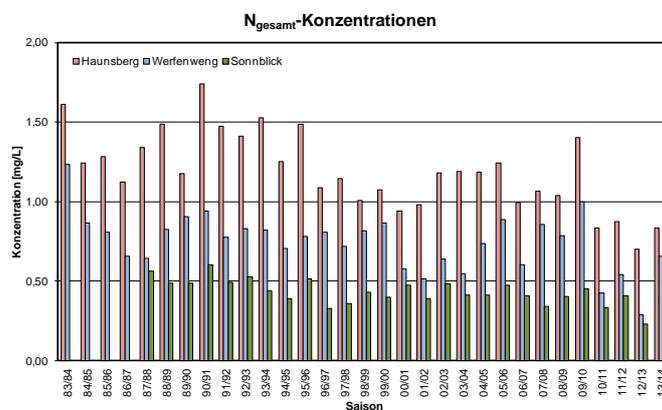


Abbildung 3: Zeitreihe der Stickstoffkonzentration an den WADOS-Stationen in Salzburg

### Autoren:

A.Kasper-Giebl<sup>1</sup>, A.Kranabetter<sup>2</sup>

1) TU-Wien, Institut für chemische Technologien und Analytik, Wien

2) Land Salzburg, Abt. 5 – Umweltschutz und Gewerbe, Salzburg

### Ansprechpartner:

Anne Kasper-Giebl

Technische Universität Wien

Getreidemarkt 9/164-UPA, 1060 Wien, Österreich

Tel.: +43 (1) 58801-15130

E-Mail: anneliese.kasper-giebl@tuwien.ac.at

## Aerosolmessungen

Anne Kasper-Giebl, Gerhard Schauer

**Aerosolpartikel beeinflussen den Strahlungshaushalt der Erde, wobei sie sowohl kühlende Eigenschaften haben, aber auch zu einer weiteren Erwärmung führen können. Da sie Kondensationskeime für Wasserdampf darstellen und die Bildung von Eis auslösen können, bilden sie auch die Grundlage für die Entstehung von Wolken und in der Folge von Niederschlag. Darüber hinaus sind Aerosolpartikel, auch bekannt unter dem Namen Feinstaub, eine gesundheitsrelevante Größe. Die Aerosolmessungen am Sonnblick Observatorium können Grundlagen für all diese Themenbereiche liefern.**

Im Jahr 1991 wurden die Aerosolmessungen am Sonnblick Observatorium mit einer Messreihe zur Erfassung der wasserlöslichen Ionen (Nitrat, Sulfat und Ammonium) begonnen. Diese Komponenten stellen die Umwandlungsprodukte der Spurengase Schwefeldioxid, der Stickstoffoxide und Ammoniak dar. In den weiteren Jahren fand dieses erfolgreiche Projekt mehrere Fortsetzungen und Erweiterungen. So konnten schließlich auch Gesamtkohlenstoff, Ruß und organische Tracer kampagnenweise im Aerosol bestimmt werden.

Seit November 2012 erfolgt die Probenahme des atmosphärischen Aerosols über eine eigene Ansaugvorrichtung, die störungsfreie Messungen auch in den Wintermonaten ermöglicht. Dies ist besonders wichtig, da die Probenahme im hochalpinen Bereich aufgrund der geringen Temperaturen und hohen Windgeschwindigkeiten höchste Anforderungen an Material und Technik stellt.



Abbildung 1:  
Whole-Air Inlet

In Zusammenarbeit der ZAMG mit dem Umweltbundesamt, dem Amt der Salzburger Landesregierung, der Kommission für Klima und Luftreinhaltung der ÖAW und der TU-Wien wird ein umfassendes Messprogramm umgesetzt, das sich an den Anforderungen orientiert, die an eine globale GAW-Station gerichtet sind. So wird die Staubmasse kontinuierlich gemessen und auch die Anzahl der Staubpartikel erfasst. Dabei gilt es, die einzelnen Größenklassen zu unterscheiden. Die Durchmesser der Partikel liegen im Bereich von wenigen Nanometern bis zu einigen Mikrometern. Die Bestimmung der Absorptions- und Streukoeffizienten charakterisiert die optischen Eigenschaften des atmosphärischen Aerosols.

Staubmasse	Sharp 5030, Thermo
Gesamtanzahl der Partikel	CPC 3022A, TSI
Anzahlgrößenverteilung	TCC-3, Klotz Promo 3000H, Palas SMPS 3938, TSI
Absorptionskoeffizient bei 7 Wellenlängen, Rußkonzentration	AE-33, Magee
Streukoeffizient bei 3 Wellenlängen	Aurora 4000, Ecotec

Die Aerosolmessungen am Sonnblick sind besonders interessant: Während es über die Luftqualität am Boden verhältnismäßig viele Informationen gibt, liegen für höhere Luftschichten kaum Messdaten vor. Das Sonnblick Observatorium ist das ganze Jahr verfügbar und erlaubt so einen kontinuierlichen Einblick in die Zusammensetzung der Atmosphäre fernab menschlicher Emissionen.



Abbildung 2: Aerosolmessplatz am Sonnblick Observatorium

### Autoren:

A.Kasper-Giebl<sup>1</sup>, G.Schauer<sup>2</sup>,

1) TU-Wien, Institut für Chemische Technologien und Analytik, Wien

2) Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien

### Ansprechpartner:

Anne Kasper-Giebl

Technische Universität Wien

Getreidemarkt 9/164-UPA, 1060 Wien, Österreich

Tel.: +43 (1) 58801-15130

E-Mail: akasper@mail.tuwien.ac.at

## Staub im Nanometerbereich

Lisa Beck, Ulrike Nickus, Anne Kasper-Giebl, Anna Wonaschütz, Regina Hitzenberger, Gerhard Schauer, Ludwig Ries

Die Bildung und das Wachstum neuer Aerosolpartikel stellen eine wichtige Quelle für ultrafeine Partikel in der Atmosphäre dar. Diese Partikel sind anfangs nur wenige Nanometer groß und entstehen durch Kondensation von Gasen mit niedrigem Dampfdruck. In der Folge wachsen die Partikel an und erreichen Größen von mehr als 100 Nanometern. So haben sie, je nach Zusammensetzung, Größe und Anzahl Einfluss auf die Gesundheit, das Klima und den Wasserkreislauf. Diese Prozesse werden sowohl in belasteten Regionen als auch in Reinluftgebieten weitab von anthropogenen Quellen beobachtet.

In dieser Arbeit wird das Auftreten und Wachstum von neuen Partikeln im Größenbereich von etwa 10 bis 500 nm auf dem Sonnblick untersucht. Die Messungen umfassen den Zeitraum von März bis Juli 2013. Der Vergleich mit Messungen auf der Zugspitze soll zeigen, ob bzw. unter welchen Bedingungen an beiden Bergstationen erhöhte Konzentrationen und Wachstum dieser ultrafeinen Partikel auftreten. Die einzelnen Messtage werden diesbezüglich in drei verschiedene Klassen eingeteilt:

- Event: Tage mit Partikelbildung und -wachstum
- Undefined: nicht eindeutig definierbar
- Non-Event: Tage ohne Partikelbildung oder -wachstum

Auf der Zugspitze gibt es während 153 klassifizierten Tagen 22 Events, auf dem Sonnblick während 123 klassifizierten Tagen 14 Events. An allen 14 Event-Tagen des Sonnblicks ist auch auf der Zugspitze Partikelwachstum von feinen Teilchen zu beobachten. Auffällig ist dabei, dass an allen diesen Event-Tagen der Wind an beiden Stationen aus südlichen bis nordwestlichen Richtungen kommt. Wind aus dem östlichen Sektor wird hingegen nur an anderen Tagen gemessen. Der Ursprung der Luftmasse scheint also ein wichtiger Faktor für das Auftreten der Ereignisse zu sein.

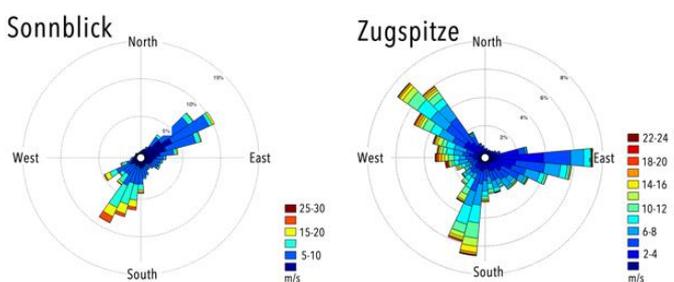


Abbildung 1: Windverteilung auf dem Sonnblick und der Zugspitze über den Zeitraum März bis Juli 2013

Bei den Event-Tagen fällt auf, dass die Partikel in Anzahl und Größe an beiden Standorten oftmals sehr ähnlich sind. Ein Beispiel ist in Abbildung 2 zu sehen. Die absolute Partikelanzahl ist zwar auf der Zugspitze höher als am Sonnblick, die Partikelgrößen und deren relative Konzentrationen ähneln sich jedoch sehr stark. Das Wachstum der Partikel beginnt auf dem Sonnblick um 12 UTC bei vorherrschendem Westwind. Auf der Zugspitze setzt das Partikelwachstum etwa 2 Stunden später ein, nachdem der Wind von Südwest auf West gedreht hat. Gegen 14 UTC befinden sich beide Messstandorte in der gleichen Luftmasse. Ähnliche Verhältnisse sind auch an anderen Event-Tagen zu beobachten.

Das lässt darauf schließen, dass Partikelbildung und Wachstum in Abhängigkeit von der Luftmasse ein großräumiges Phänomen darstellt.

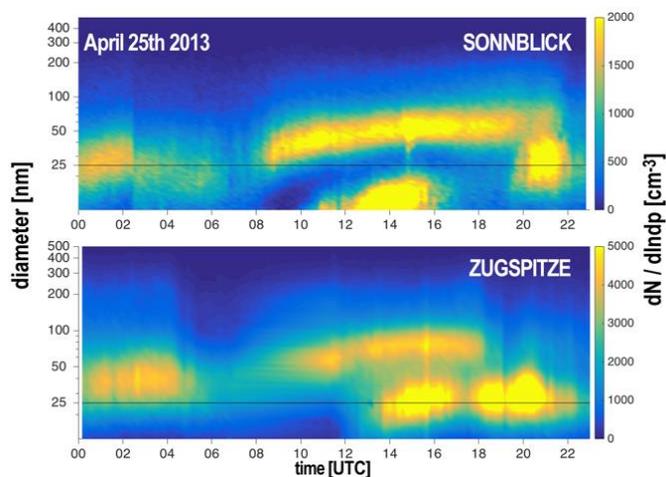


Abbildung 2: Partikelgrößenverteilungen auf dem Sonnblick und auf der Zugspitze am 25. April 2013. Die x-Achse zeigt die Uhrzeit in UTC, die y-Achse den Partikeldurchmesser. Farblich aufgetragen ist die Partikelanzahl pro  $\text{cm}^{-3}$

### Autoren:

L. Beck<sup>1</sup>, U. Nickus<sup>1</sup>, A. Kasper-Giebl<sup>2</sup>, A. Wonaschütz<sup>3</sup>, R. Hitzenberger<sup>3</sup>, G. Schauer<sup>4</sup>, L. Ries<sup>5</sup>

- 1) Universität Innsbruck, Institut für Atmosphären- und Kryosphärenwissenschaften
- 2) TU-Wien, Institut für Chemische Technologien und Analytik
- 3) Universität Wien, Aerosolphysik und Umweltpophysik
- 4) Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Salzburg
- 5) Umweltbundesamt, II4.5, Messplattform Zugspitze der GAW-Global Station, Zugspitze/Hohenpeissenberg, Deutschland

### Ansprechpartner:

Anna Wonaschütz  
Universität Wien, Fakultät für Physik  
Boltzmannngasse 5, 1090 Wien, Österreich  
Tel.: +43 (1) 4277 73403  
E-Mail: anna.wonaschuetz@univie.ac.at

## Die Sahara unterm Mikroskop

Johannes Ofner, Gerhard Schauer, Anne Kasper-Giebl

**Aerosole durchlaufen während ihrer Reise in der Atmosphäre durch Sonnenstrahlung, Wasserdampf, Spurengase und andere Partikel komplexe physikalische und chemische Veränderungen. Dabei ändert sich auch das Verhalten dieser Partikel in der Umwelt. Die chemische und morphologische Zusammensetzung der einzelnen, oft weniger als einen Mikrometer großen Partikel, ist mit herkömmlichen analytischen Methoden kaum zu entschlüsseln. Moderne bildgebende Methoden der Analytischen Chemie erlauben nun einen detaillierten Blick auf einzelne Staubpartikel, z.B. auch auf Sahara-Staub, der bis zum Sonnblick Observatorium reiste.**

Die mehrere tausend Kilometer weite Reise des Sahara-Staubes von den Sandwüsten Afrikas über die industrialisierten und dicht besiedelten Gebiete Europas bis zum Sonnblick Observatorium hinterlässt auch an den Sandkörnern ihre Spuren. Das Sonnblick Observatorium ermöglicht dabei als Hintergrundmessstelle einen besonders interessanten Blick auf die Staubkörner.

Zunächst werden die Staubpartikel mit einem Impaktor – dieses Sammelsystem wurde über ein Projekt der Hochschul-Jubiläumsstiftung der Stadt Wien finanziert - gesammelt. Am Institut für Chemische Technologien und Analytik der TU Wien werden die gesammelten Teilchen sodann mittels unterschiedlichster bildgebender Verfahren unter die Lupe genommen. Raman-Laser Mikroskopie ermöglicht die Darstellung des Schwingungsverhaltens einzelner Moleküle der Aerosole. Dadurch können sehr einfach Salze, organische Komponenten, Ruß aber auch Oxide und Silikate analysiert werden. Hochauflösende Bilder zur Interpretation der Morphologie der Partikel werden mittels Elektronenmikroskopie erzielt. Energiedispersive Röntgenspektroskopie ermöglicht die Aufklärung der elementaren Zusammensetzung der gleichen Probenstelle. Schlussendlich sorgen aufwendige statistische Verfahren für eine methodenübergreifende Interpretation der Ergebnisse und Analyse der Partikel. Gegenwärtig wird bildgebende Massenspektrometrie in das sogenannte Multisensor Imaging der Partikel integriert, wodurch neben Schwingungen und Elementen auch Massenspektren der gleichen Partikelprobe orts aufgelöst untersucht werden können. Diese umfangreichen Arbeiten erfolgen im Bereich Umwelt- und Prozessanalytik in Kooperation mit den Arbeitsgruppen Mikro- und Nanoanalytik und Physikalische Analytik.

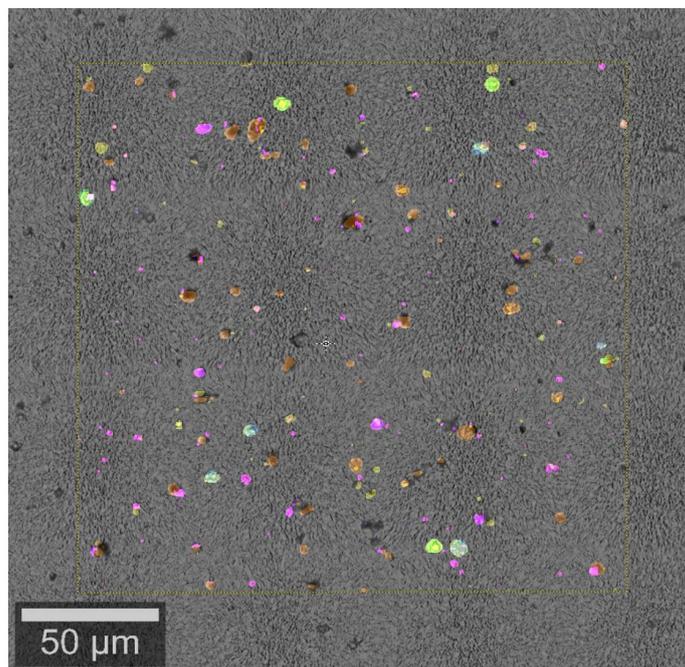


Abbildung 1: Chemisches Bild einer Partikelprobe vom 19.02.2016, gesammelt am Sonnblick Observatorium mit sichtbarer Vermischung von Sand mit Salzen und Organik (Quarzsand ( $\text{SiO}_2$ ) und Silikate – pink; Salze – grün und blau; Organik und Ruß – gelb und orange).

Bei ersten Analysen einer Staubprobe vom 19.02.2016 konnten Sandpartikel, die an der Oberfläche organische Komponenten und Salze aufweisen, nachgewiesen werden (Abbildung 1). Auf Grund der meteorologischen Bedingungen ist die Herkunft dieser Luftmassen aus dem Saharagebiet sehr wahrscheinlich, dabei legten die Staubteilchen aber auch große Strecken über Westeuropa zurück, wobei sie verändert wurden. Die methodenübergreifende gemeinsame bildgebende chemische Analytik ermöglicht somit einen neuen und sehr detailreichen Blick auf die kleinen Körner aus Afrika und ihre Reise durch Europa.

### Autoren:

J.Ofner<sup>1</sup>, G.Schauer<sup>2</sup>, A.Kasper-Giebl<sup>1</sup>

1) TU Wien, Institut für Chemische Technologien und Analytik, Wien

2) Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Salzburg

### Ansprechpartner:

Johannes Ofner

Technische Universität Wien

Institut für Chemische Technologien und Analytik

Getreidemarkt 9, 1060 Wien, Österreich

Tel.: +43 (1) 58801 – 15177

E-Mail: johannes.ofner@tuwien.ac.at



## Ein Blick auf Saharastaub

Marion Rothmüller, Annett Bartsch, Anne Kasper-Giebl, Griša Močnik, Gerhard Schauer

In regelmäßigen Abständen werden Staubteilchen aus der Wüste bis nach Österreich transportiert. Die herantransportierten Staubpartikel haben dabei einen großen Einfluss auf den Strahlungshaushalt und die chemische Zusammensetzung des Niederschlages, aber auch auf die Luftqualität. Um den Einfluss auf Letztere genauer untersuchen zu können, wurde am Sonnblick eine Apparatur zur Abscheidung von Staubteilchen an Quarzfaserfilter installiert; jene werden anschließend optisch und chemisch analysiert. Ziel ist es eine Methode zur Quantifizierung von Saharastaub basierend auf Durchlichtmessungen der Luftfilter zu entwickeln.

Sobald durch das am Sonnblick bestehende Aerosolmonitoring ersichtlich ist, dass nennenswerte Mengen an Saharastaub in Richtung Sonnblick transportiert werden bzw. den Sonnblick erreichen, werden mit zwei unterschiedlichen Apparaturen, einem Digital High-Volume-Sampler sowie einem Kaskaden-Impaktor, Staubproben genommen. Damit werden die Staubpartikel in zwei Größenfraktionen aufgeteilt und können separat untersucht werden.

Mit dem Digital High-Volume-Sampler wird die am Sonnblick eintreffende Luft für einen definierten Zeitraum über Quarzfaserfilter gesaugt. Partikel kleiner als 10 µm (PM10) werden am Filter abgeschieden und stehen für eine nachfolgende chemische oder optische Analyse zur Verfügung.

Mit dem Kaskaden-Impaktor erfolgt eine aerodynamische Abtrennung der groben Staubpartikel (Partikel größer als 1 µm) von den kleineren Staubteilchen (Fraktion mit einem Durchmesser unter 1 µm, PM1). Letztere werden wieder auf einem Quarzfaserfilter abgeschieden.

Diese Messanordnung erlaubt es, zwischen dem Hintergrundaerosol (PM1), das aus kleinen Staubteilchen besteht, und den großen Staubteilchen, die aufgrund des Ferntransports von Wüstensand zum Sonnblick gelangt sind, zu unterscheiden.

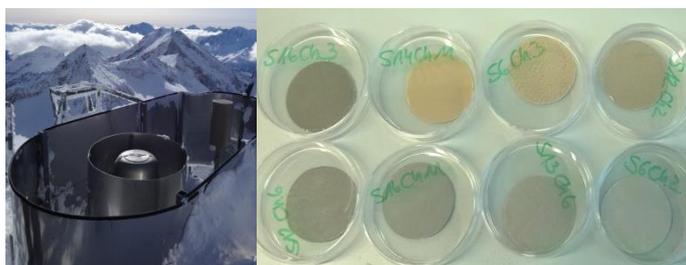


Abbildung 1: Links: Digital Ansaugkopf auf der Messplattform des Sonnblickobservatoriums; Rechts: Mittels Digital beprobte Filterstücke vom Sonnblick (Quelle ZAMG/Rothmüller)

Die auf den Filtern abgeschiedenen Partikel werden anschließend hinsichtlich ihrer optischen Eigenschaften mittels

Durchlichtmessungen im Infrarotbereich bei 880 nm und im Ultraviolettbereich bei 370 nm (SootScan™ Model OT21 Transmissiometer, Fa. Magee Scientific) untersucht. Zusätzlich ist eine chemische Analyse möglich.

Die Messungen mit dem Transmissiometer ermöglichen in einem ersten Schritt die Quantifizierung des sogenannten „Schwarzen Kohlenstoffs“ (engl. Black Carbon, BC) oder Ruß. Der Vergleich der BC-Konzentration aus der Durchlichtmessung mit jener aus einer unabhängigen thermo-optischen Messung (Sunset Laboratory Inc.) erlaubt darüber hinaus die Bestimmung des „Filter-Loading-Effekts“.

Dieser Loading Effekt ist abhängig vom Aerosol- und Filtertyp. Für den Sonnblick als Remote-Station ist diese Loading-Effekt-Kompensation in Abbildung 1 dargestellt. Die Messungen bilden die Grundlage für eine methodische Weiterentwicklung.

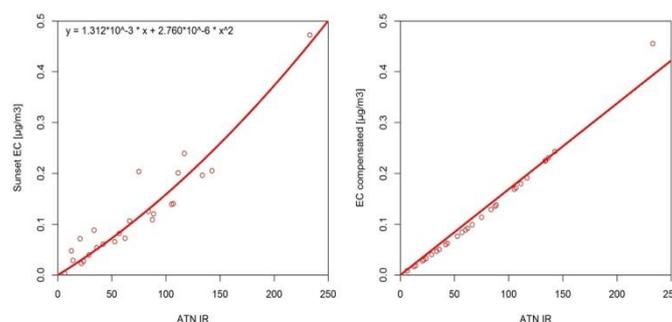


Abbildung 2: Zusammenhang zw. Durchlichtmessung und BC-Konzentration vor (links) und nach (rechts) der Loading-Effekt-Korrektur (Quelle: ZAMG/Rothmüller)

Ziel des Projektes ist es auf Basis der Durchlichtmessung eine Methode zu entwickeln, die auch eine Quantifizierung des Saharastaubs ermöglicht. Da die Durchlichtmessungen auch für Filter, die an anderen Messpunkten beprobt wurden eingesetzt werden kann, soll dadurch in weiterer Folge auch der Einfluss des Saharastaubs auf die Luftqualität in Tallagen untersucht werden.

### Autoren:

M. Rothmüller<sup>1</sup>, A. Bartsch<sup>1</sup>, A. Kasper-Giebl<sup>2</sup>, G. Močnik<sup>3</sup>, G. Schauer<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik-Klimaforschung, Wien

<sup>2</sup> TU-Wien, Institut für Chemische Technologien und Analytik,

<sup>3</sup> Aerosol d.o.o., Ljubljana, Slovenia

### Ansprechpartner:

Marion Rothmüller

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik-Klimaforschung

Hohe Warte 38, 1190 Wien, Österreich

Tel.: +43 (1) 36026 2232

E-Mail: marion.rothmueller@zamg.ac.at



## Ferntransport aus der Wüste

Gerhard Schauer, Anne Kasper-Giebl, Griša Močnik

Auf den ersten Blick gibt es zwischen Gletschern und der Wüste wohl kaum Gemeinsamkeiten. Trotzdem findet man auch auf dem Sonnblick Saharasand. Staubkörner, die in der Wüste aufgewirbelt werden, reisen mit dem Wind und landen bei entsprechenden Bedingungen auf den Gletscherfeldern der Alpen. Dort verändern sie die chemische Zusammensetzung und auch die Farbe der Schneedecke. Aber auch im luftgetragenen Zustand verändern die Staubteilchen den Strahlungshaushalt der Atmosphäre. Genug Gründe, diese Ereignisse genauer unter die Lupe zu nehmen.

Nicht immer hinterlässt der Ferntransport von Saharasand zum Sonnblickgebiet so intensive Spuren wie auf dem hier gezeigten Foto vom Oktober 2002.



Abbildung 1: Ablagerung von Saharasand am Sonnblick Observatorium (Foto: Lug Rasser)

Viel öfter kommt es zu vergleichsweise schwachen Ereignissen, bei denen vielleicht nur eine geringe Trübung der Luftmassen oder eine schwache Ablagerung von Staub zu erkennen ist. Durch ein Aerosolmonitoring lassen sich aber auch diese Ereignisse aufspüren und dokumentieren. So stehen sie für die Untersuchung in weiteren Projekten am Sonnblick zur Verfügung. Beispiele wären die Darstellung der Auswirkungen der Staubteilchen auf den Strahlungshaushalt der Atmosphäre, oder auch auf die chemische Zusammensetzung der Schneedecke.

Als Beispiel für das „Aufspüren“ von Mineralstaub soll hier das Saharastaubeignis vom 3. bis 9. August 2013 dienen. An diesen Tagen stieg die Staubmasse am Sonnblick auf einen mittleren Wert von  $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$  an. Dieser Wert liegt vier Mal höher als der Mittelwert über die restlichen Tagen des Monats ( $5,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Über viele Stunden wurde die Zunahme der Staubmasse durch „große“ Staubteilchen verursacht (schwarze Linien in Abbildung 2). „Große“ Staubteilchen haben einen Durchmesser von mehr als  $2,5 \mu\text{m}$  (Mikrometer). Ein Mikrometer wiederum ist tausendmal kleiner als ein Millimeter. Diese Zunahme der „großen“ Teilchen ist schon ein guter Hinweis auf Sand aus der Wüste. Weitere Informationen erhalten wir aus der Messung der Lichtstreuung und Lichtabsorption durch die Staubpartikel in der Atmosphäre, und der daraus folgenden Berechnung der sogenannten Single Scattering Albedo (SSA).

Da Wüstenstaubteilchen relativ groß und aufgrund der chemischen Zusammensetzung auch gefärbt sind, können sie mit dieser Methode aufgespürt werden. Während der orange eingefärbten Zeitabschnitte in Abbildung 2 liegen messbare Anteile von Wüstenstaub am Sonnblick vor.

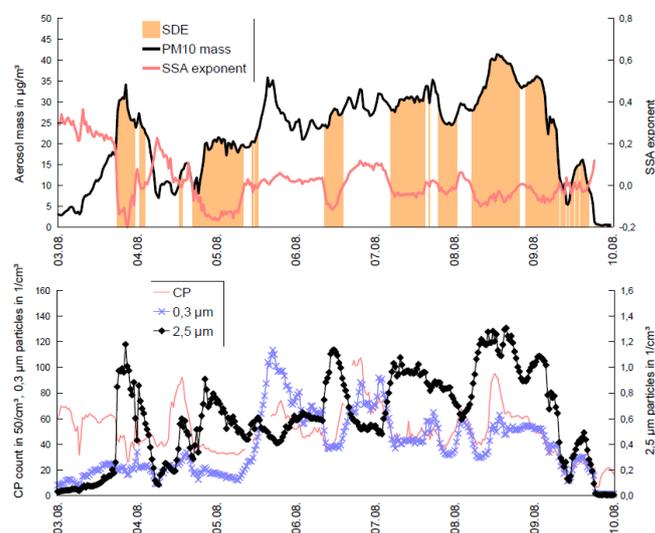


Abbildung 2: Konzentrationsverlauf der Staubmasse und der Partikelkonzentration im August 2013

Besonders interessant wurden die Bedingungen im August 2013 aber durch ein weiteres Ereignis, das zu einem Ferntransport von Staubteilchen zum Sonnblick Observatorium führte: Dies waren Waldbrände in Kärnten und Norditalien, deren Rauchfahnen sich mit dem Saharastaub in der Luft mischten. Über einen Zeitraum von mehreren Tagen waren damit auch Staubteilchen im Größenbereich ab  $0,3 \mu\text{m}$  Durchmesser (blaue Linie in Abbildung 2) in veränderlichen Anteilen für die Zunahme der Staubmasse verantwortlich. Der Einfluss der Brände war auch in einer Zunahme der CO-Konzentration, wie durch Messungen des Umweltbundesamtes dargestellt wurde, zu erkennen.

### Autoren:

G.Schauer<sup>1</sup>, A.Kasper-Giebl<sup>2</sup>, G. Močnik<sup>3</sup>

- 1) Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Salzburg
- 2) TU-Wien, Institut für Chemische Technologien und Analytik
- 3) Aerosol d.o.o., Ljubljana, Slovenia

### Ansprechpartner:

Gerhard Schauer  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik  
Freisaalweg 16, 5020 Salzburg, Österreich  
Tel.: +43 (0)662 626301 – 3631

## Transportwege des Saharastaubs

Kathrin Baumann-Stanzer, Gerhard Schauer, Anne Kasper-Giebl, Marion Rothmüller, Claudia Flandorfer

Mehrmals pro Jahr geben Staubmessungen am Sonnblick Hinweise auf den möglichen Eintrag von Saharasaand. Zeitweise sind diese Staubwolken in Satellitenbildern gut zu erkennen. Anhand der Messdaten und Modellierungen werden mögliche Saharastaubereignisse erkannt und die Transportwege, auf welchen Saharastaub bis nach Österreich gelangt, untersucht.

Für den Zeitraum April 2013 bis September 2015 wurden für 20 ein- bis mehrtägige Episoden mit auffälligen Aerosolmessungen Rückwärtsrechnungen mit dem atmosphärischen Partikeldiffusionsmodell FLEXPART durchgeführt, um zu klären, ob es sich in diesen Fällen um Saharastaub gehandelt hat und auf welchem Weg die staubreiche Luft den Sonnblick erreicht hat.



Abbildung 1: Saharastaub über dem Mittelmeer im Satellitenbild am 1.2.2015  
Quelle: <http://earthobservatory.nasa.gov>

Die Auswertungen einer Saharastaubepisode im April 2014 zeigen exemplarisch, wie die Herkunft der staubreichen Luftmassen mittels Rückwärtstrajektorien (Zugbahnen berechnet mit dem Modell FLEXPART), Quell-Rezeptor-Feldern aus FLEXPART-Rückwärtsrechnungen und Staubprognosen des online-gekoppelten Modells WRF-Chem untersucht werden kann.

Während dieser Episode wurden drei Phasen mit auffällig erhöhten Staubkonzentrationen aufgrund der am Sonnblick gemessenen optischen Eigenschaften (Absorptions- und Streulichtmessungen) als Saharastaub identifiziert, welche in Abbildung 2 mit A, B und C gekennzeichnet sind.

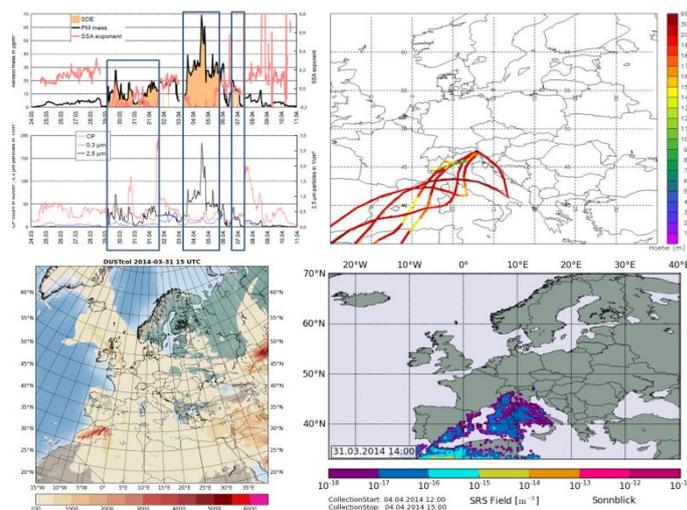


Abbildung 2: Zeitverlauf der gemessenen Partikelzahlen und -masse (oben links), 4-Tage Sonnblick-Rückwärtstrajektorien (oben rechts), prognostizierter Staubgehalt in der Atmosphäre (unten links) und 4 Tagessumme der Quell-Rezeptor-Sensitivitätsfelder für die Ankunftsperiode (i.e. Messzeitraum) 4.4.2014 12UTC bis 15UTC am Sonnblick

Die berechneten viertägigen Trajektorien ebenso wie die aus der Rückwärtsmodellierung abgeleiteten wahrscheinlichsten Herkunftsbereiche der vorangegangenen vier Tage (Abbildung 2 rechts oben und unten) zeigen, dass staubreiche Luft mit der in dieser Zeit vorherrschenden Höhenströmung aus der nordwestlichen Sahara über das Mittelmeer in den Alpenraum verfrachtet wird.

Auch in der WRF-Chem Simulation (Abbildung 2 unten links), in welcher Sandstürme auf Basis des Modellwindes parametrisiert werden, sind in diesem Fall hohe Staubkonzentrationen über der nordwestlichen Sahara und dem Atlasgebirge zu erkennen.

Wie die Detailuntersuchungen der am Sonnblick gemessenen Saharasaandereignisse ergeben, weisen sie je nach vorherrschender Wetterlage einen sehr unterschiedlichen Verlauf der Transportwege auf, lassen sich aber anhand der vorgestellten Modellverfahren zumeist sehr gut nachvollziehen.

### Autoren:

K. Baumann-Stanzer<sup>1</sup>, G. Schauer<sup>1</sup>, A. Kasper-Giebl<sup>2</sup>, M. Rothmüller<sup>1</sup>, C. Flandorfer<sup>1</sup>

1) Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien

2) TU-Wien, Institut für Chemische Technologien und Analytik, Wien

### Ansprechpartner:

Kathrin Baumann-Stanzer

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

Hohe Warte 38, 1190 Wien, Österreich

Tel.: +43 (1) 36026-2402

E-Mail: [k.baumann-stanzer@zamg.ac.at](mailto:k.baumann-stanzer@zamg.ac.at)

## Deposition von Umweltrationukliden mit Schnee

Kerstin Hürkamp, Eva-Maria Schiestl, Rainer Lindner, Jochen Tschiersch

Im Rahmen des Projektes „Virtuelles Alpenobservatorium“ (Verbund der Konsortialpartner der Umweltforschungsstation Schneefernerhaus in Kooperation mit anderen europäischen Höhenforschungsstationen) wurde am 2. Juli 2015 am Sonnblick ein Schneeprofil beprobt, um die Verteilung der Umweltrationuklide Be-7, Pb-210 und Cs-137 darin zu bestimmen. Im Teilprojekt „Auswirkung des Klimawandels auf den alpinen Wasserhaushalt und die Umweltradioaktivität“ werden mit Hilfe dieser Tracernuklide die Transportpfade und -prozesse radioaktiver Partikel von der Atmosphäre über die Schneedecke ins Schmelz- und Oberflächenwasser untersucht. Die Aufnahme der Gesamtschneeprofile auf Zugspitze (D, 2.420 m ü. NN), Jungfrauoch (CH, 3.400 m ü. NN) und Sonnblick (A, 3.110 m ü. NN) dient dazu, den Ist-Zustand der deponierten Umweltradioaktivität an unterschiedlichen Lokalitäten zu ermitteln, um klimabedingte Änderungen des Wasser- und Radionuklidhaushaltes für die Zukunft daraus abzuleiten.

Mit den Niederschlägen werden in Abhängigkeit von der Niederschlagsart unterschiedlich effizient aerosolgebundene Radionuklide im Schnee deponiert und durch partielle Schmelze sowie Sublimation aufkonzentriert. Diese können bei der Schneeschmelze in großen Mengen zeitlich nahezu punktuell an Oberflächen- und Grundwasser abgegeben werden und somit über das Trinkwasser eine Strahlenexposition für den Menschen darstellen.

Um den Ist-Zustand der Deposition der natürlichen Radionuklide Be-7 (kosmische Strahlung), Pb-210 (terrestrische Strahlung) und des künstlichen Cs-137 (Resuspension Tschernobyl-Fallout) zu erfassen, wurden im Mai-Juli 2015 auf Zugspitze, Jungfrauoch und Sonnblick je ein Schneeprofil bis in die Tiefe der letzten Sommeroberfläche gegraben. Das Profil am Sonnblick (ca. 200 m südöstlich des Observatoriums) hatte eine Tiefe von 404 cm (238 cm Wassersäule) und konnte in 22 Schichten mit Dichten von 500-700 kg m<sup>-3</sup> unterteilt werden. Zahlreiche geringmächtige Eislagen markieren alte Oberflächen, die der Sonneneinstrahlung ausgesetzt waren oder rekristallisierte Schichten hoher Wassersättigung auf geringdurchlässigen Schneeschichten darunter. In 329 cm Tiefe wurde eine 12 cm mächtige braungraue sedimentreiche Schicht angetroffen, die als die Sommeroberfläche 2014 interpretiert wurde. Zehn Schneeeproben à 6-8 Liter Wasser-Äquivalent für die gammaspektrometrische Aktivitätsbestimmung wurden entnommen, zudem 22 Proben zur Bestimmung der stabilen Wasserisotope O-18 und H-2, deren Auswertung noch läuft.

Der Vergleich der stabilen Isotope in den Schneeeproben mit den Werten im Niederschlag lässt auf klimatische Einflüsse auf die Schneedecke (z.B. Evaporation, Schmelzwasserfluss) rückschließen.

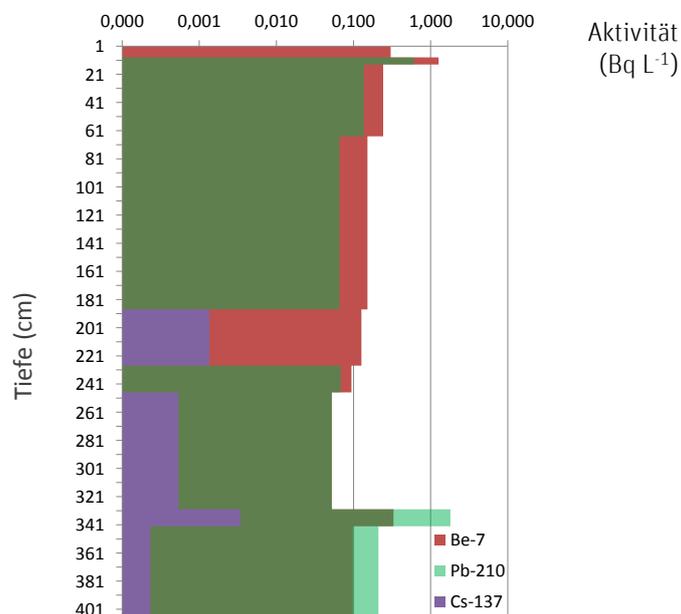


Abbildung 1: Tiefenverteilung der Umweltrationuklide im Schneeprofil.

Die Konzentrationen an Be-7 und Pb-210 sind relativ homogen verteilt über die gesamte Tiefe des Profils und liegen insgesamt nur geringfügig über den Nachweisgrenzen der Gammaskopie. Cs-137-Aktivitäten lagen zumeist darunter, Radiocäsium ist nur in den älteren Schichten angereichert. Eine Anreicherung von Pb-210 und Cs-137 ist in den Schichten bei 10 cm und 330 cm Tiefe zu erkennen, die als alte Oberflächen einen hohen Anteil an mineralischen Partikeln enthalten. Die berechnete Gesamtdeposition der letzten Wintersaison summiert sich auf:  $310 \pm 45 \text{ Bq m}^{-2}$  Be-7,  $284 \pm 47 \text{ Bq m}^{-2}$  Pb-210 und  $0,9 \pm 0,6 \text{ Bq m}^{-2}$  Cs-137, wobei beim Be-7 die kurze Halbwertszeit von 54 d zu berücksichtigen ist. Die Aktivitäten sind jeweils auf den Tag der Probenahme bezogen.

### Autoren:

K. Hürkamp<sup>1</sup>, E.-M. Schiestl<sup>1,2</sup>, R. Lindner<sup>1</sup>, J. Tschiersch<sup>1</sup>

1) Helmholtz Zentrum München, Institut für Strahlenschutz, Deutschland

2) jetzt: Landesgeologie, Land Tirol, Innsbruck, Österreich

### Ansprechpartner:

Kerstin Hürkamp

Helmholtz Zentrum München - Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit

und Umwelt - Institut für Strahlenschutz, AG Experimentelle Radioökologie

Ingolstädter Landstraße 1, 85764 Neuherberg, Deutschland

Tel.: +49 (89) 3187-2582

E-Mail: kerstin.huerkamp@helmholtz-muenchen.de

## “Mitbringsel” der Luft nach nuklearen Unfällen

Wolfgang Ringer, Johannes Klimstein

Bei Unfällen in Nuklearanlagen können radioaktive Stoffe in die Atmosphäre freigesetzt werden, die dann über weite Distanzen transportiert werden können und später auf der Erdoberfläche abgelagert werden. Experten der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) messen auf dem Sonnblick routinemäßig die an Aerosole angelagerten Radionuklide. Bei Kernkraftwerksunfällen liefert die Analyse der radioaktiven Wolke wertvolle Informationen über das Unfallereignis und dessen Auswirkung auf die Bevölkerung.

### Rasche Umsetzung von Schutzmaßnahmen

Auf dem Sonnblick steht eine leistungsfähige Anlage zum Sammeln von Aerosolen auf Filterpapier. Nach der Besaugung werden die Filter in der Strahlenschutz-Abteilung der AGES Linz auf Radioaktivität untersucht. Diese Auswertungen werden im Auftrag des Lebensministeriums durchgeführt. Sollten radioaktive Partikel künstlichen Ursprungs über die Luft nach Österreich transportiert werden, kann mit diesen Messungen die Dosis und Gesundheitsgefährdung für die Bevölkerung abgeschätzt werden. Diese Informationen helfen den Behörden bei der Festlegung von entsprechenden Schutzmaßnahmen.

Nach dem Kernkraftwerkunfall von Fukushima (Japan) im März 2011 konnte so sehr genau der zeitliche Verlauf der nach Österreich transportierten radioaktiven Aerosole beobachtet werden.

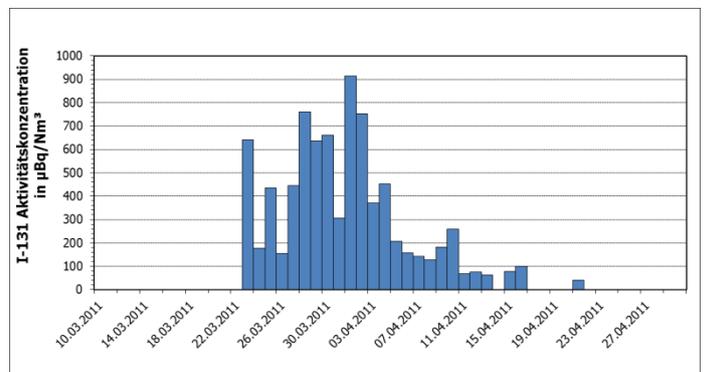


Abbildung 2: Verlauf der Iod-131 Konzentration am Sonnblick nach KKW-Unfall FUKUSHIMA (11.03.2011)

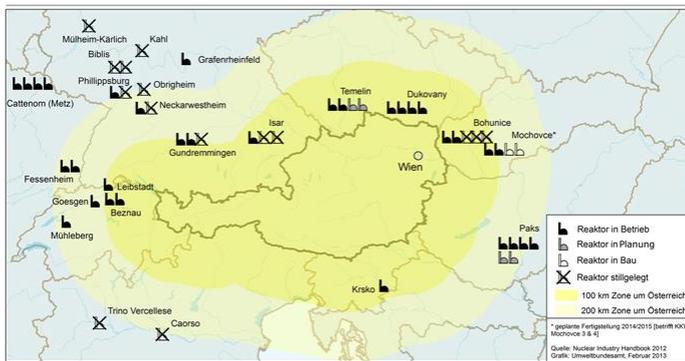
Die gemessenen Konzentrationen waren sehr gering (ca. ein Zehntel der Konzentration des natürlichen Radionuklids Beryllium-7). Eine Gesundheitsgefährdung für die Bevölkerung bestand nicht.

Zur genauen Berechnung der Aktivitätskonzentrationen wird automatisch mit Sammelende der temperatur- und druckkorrigierte Luftdurchsatz durch den Filter berechnet. Der Filterwechsel 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.

Kernkraftwerke in Grenznähe Österreichs



umweltbundesamt®

Abbildung 1: Kernkraftwerke in Grenznähe Österreichs

### Hochauflösende Gamma-Spektrometrie am Beispiel FUKUSHIMA

Mit den hochauflösenden Gamma-Spektrometern der Strahlenschutz-Abteilung der AGES 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.

### Ansprechpartner:

Johannes Klimstein  
Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES)  
Abt. Radon und Radioökologie  
Wieningerstraße 8, 4020 Linz, Österreich  
Tel.: +43 (0) 50 555 41904  
E-Mail: johannes.klimstein@ages.at

### Autoren:

W. Ringer, J. Klimstein  
Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES), Linz

## Langzeitmessung von $^{222}\text{Rn}$ -Radon-Folgeprodukten

Ingeborg Levin, Dominik Schmithüsen

Das aus kontinentalen Böden exhalierte natürliche Edelgas  $^{222}\text{Rn}$  wird vielfach als Tracer zur Charakterisierung der Herkunft von Luftmassen, also kontinental gegenüber maritim bzw. zur Parametrisierung der atmosphärischen Vertikalmischung über dem Kontinent verwendet. Am Sonnblick Observatorium wird die Aktivität der  $^{222}\text{Rn}$ -Töchter seit 2004 kontinuierlich gemessen. Sie zeigt starke kurzzeitige Variationen sowie einen ausgeprägten Jahresgang, der mit dem Jahresgang der Anbindung der freien Atmosphäre an die bodennahen Luftschichten einhergeht. Diese ist in den Sommermonaten besonders ausgeprägt.

$^{222}\text{Rn}$  ( $^{222}\text{Rn}$ ) ist ein radioaktives Edelgas, welches durch  $\alpha$ -Zerfall von  $^{226}\text{Ra}$ , einem natürlichen Bestandteil aller Böden, entsteht.  $^{222}\text{Rn}$  hat eine radioaktive Halbwertszeit von 3,8 Tagen und kann nach seiner Entstehung aus den oberen Metern der ungesättigten Bodenzone in die Atmosphäre entweichen. Dort wird es von der bodennahen Luftschicht turbulent in größere Höhen der Atmosphäre transportiert bis es schließlich über kurzlebige Tochternuklide wie  $^{214}\text{Po}$  in das stabile  $^{206}\text{Pb}$ -Atom zerfällt. Kurz nach ihrem radioaktiven Zerfall lagern sich die kurzlebigen  $^{222}\text{Rn}$ -Töchter, allesamt Metalle, an das atmosphärische Aerosol an; sie können daher zu ihrer Messung auf Aerosolfiltern akkumuliert werden.

Der Heidelberger Radon-Monitor misst die  $\alpha$ -Zerfälle dieser Aerosol-gebundenen Tochternuklide in situ mit einem Oberflächensperrschichtdetektor. Aus der gemessenen  $^{214}\text{Po}$ -Zählrate auf dem Filter, dem Luftdurchsatz durch den Filter, der Filtereffizienz und dem Raumwinkel des direkt über dem Filter angebrachten Detektors lässt sich dann die atmosphärische  $^{214}\text{Po}$ -Aktivitätskonzentration berechnen. Annahmen über das Ungleichgewicht zwischen  $^{222}\text{Rn}$  und  $^{214}\text{Po}$  in der Atmosphäre erlauben schließlich die Berechnung der atmosphärischen  $^{222}\text{Rn}$ -Aktivitätskonzentration. An einer Bergstation wie dem Sonnblick-Observatorium kann man bei einer Luftfeuchte  $< 90\%$  im Allgemeinen von einem vollständigen Gleichgewicht zwischen  $^{222}\text{Rn}$  und seiner kurzlebigen Tochter  $^{214}\text{Po}$  ausgehen. Dieses Gleichgewicht kann jedoch bei Nebel oder bei aufliegender Wolkendecke stark gestört sein, da dann die Aerosol-gebundenen Tochternuklide schnell ausgeschieden werden.

Die  $^{214}\text{Po}$ -Messungen am Sonnblick wurden 2004 von Dietmar Wagenbach<sup>†</sup> begonnen und werden seitdem nahezu lückenlos weitergeführt. Abbildung 1 zeigt den Verlauf über mehr als ein Jahrzehnt. Stundenmittelwerte liegen typischerweise zwischen 1 und 10  $\text{Bq}/\text{m}^3$ .

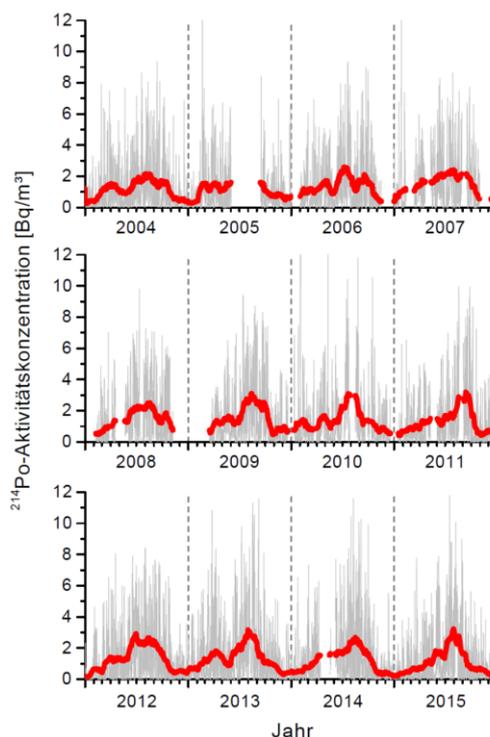


Abbildung 1: Langzeitmessung der  $^{214}\text{Po}$ -Aktivitätskonzentration am Sonnblick. Die rote Kurve stellt einen gleitenden Filter der Stundenmittelwerte über 30 Tage dar, um den saisonalen Verlauf zu verdeutlichen

Wir beobachten deutlich ausgeprägte Jahresgänge mit niedrigeren Werten im Winter und Maximalwerten im Spätsommer, wenn die strahlungsbedingte Vertikalmischung  $^{222}\text{Rn}$ -reiche bodennahe Luft bis in große Höhen transportiert. Aber auch die im Herbst oft ausgeprägten stabilen Hochdruckwetterlagen tragen häufiger kontinentale Luftmassen mit hohen  $^{222}\text{Rn}$ -Gehalten zum Sonnblick. Dies zeigt die gute Eignung von  $^{222}\text{Rn}$ - oder  $^{214}\text{Po}$ -Messungen zur Charakterisierung von Luftmassen (kontinental vs. maritim) bzw. zur Untersuchung der Intensität der Vertikalmischung.

### Autoren:

I. Levin, D. Schmithüsen  
Universität Heidelberg, Institut für Umweltphysik,  
Heidelberg, Deutschland

### Ansprechpartner:

Ingeborg Levin  
Universität Heidelberg, Institut für Umweltphysik  
Im Neuenheimer Feld 229, D-69120 Heidelberg, Deutschland  
Tel.: +49 (6221) 54 6330  
E-Mail: ingeborg.levin@iup.uni-heidelberg.de



## Die Alpen – homogene “Quelle” für Wellen in der Atmosphäre?

Sabine Wüst, Patrick Hannawald, Carsten Schmidt, Michael Bittner

**Wellen prägen nicht nur die Bewegungsvorgänge im Ozean, sondern auch die der Atmosphäre. Sie können Energie über weite Strecken transportieren. Die Kenntnis, wo sie entstehen, wohin sie sich ausbreiten und wo sie ihre Energie an die Umgebung abgeben, ist daher für die Verbesserung von Atmosphären- und Klimamodellen von Bedeutung. Messungen, die helfen, diese Fragen zu beantworten, finden seit August 2015 auch am Sonnblick Observatorium im Rahmen des Projektes LUDWIG (Länderübergreifende Untersuchung der Dynamik von atmosphärischen Wellen Im Gebirge) statt.**

Im Projekt LUDWIG, einem Teilprojekt des Virtuellen Alpenobservatoriums (VAO) stehen Schwerewellen im Mittelpunkt. Sie ähneln den Schallwellen und unterscheiden sich von ihnen im Wesentlichen durch die Tatsache, dass die Schwerkraft eine entscheidende Rolle bei ihrer Ausbreitung spielt. Schwerewellen entstehen vorwiegend an Gebirgen oder aufgrund von Konvektion. Ihr Einfluss auf die Atmosphäre ist z.B. unmittelbar an der Temperaturverteilung in der Mesopause (etwa 85 km Höhe) zu erkennen. Intuitiv erwartet man dort über dem Winterpol kältere Temperaturen als über dem Sommerpol, da letzterer durch die permanente Sonneneinstrahlung den ganzen Tag „geheizt“ wird. In der Realität wird eine genau entgegengesetzte Temperaturverteilung beobachtet: der Sommerpol ist deutlich kälter als der Winterpol. Dieser Effekt ist maßgeblich auf brechende Schwerewellen und deren Einfluss auf die großskalige Zirkulation zurückzuführen.

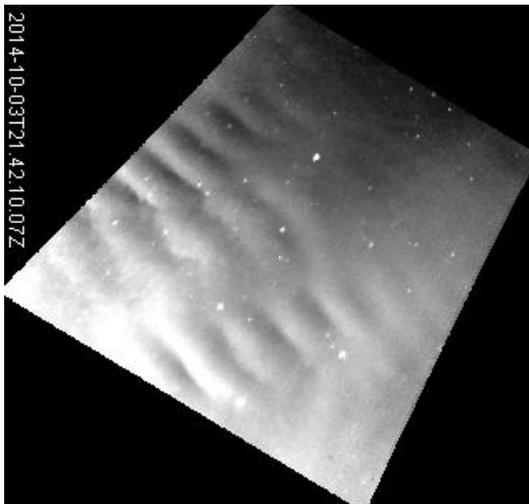


Abbildung 1 Schwerewellen in der OH-Airglowschicht

Um in der Mesopause messen zu können, beobachten das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt und die Universität Augsburg den sogenannten OH\*-Airglow. Dieses "Luftleuchten" wird durch chemische Reaktionen von Wasserstoff und Ozon in diesem Höhenbereich erzeugt. Schwerewellen verursachen eine Modulation dieses Leuchtens, das sich in Helligkeits- und Temperaturosillationen widerspiegelt. Auf diese Weise können Schwerewellen „sichtbar“ gemacht werden (Abbildung 1, siehe auch <http://wdc.dlr.de/ndmc>). Durch bodengebundene Messungen mit baugleichen Instrumenten an der Umweltforschungsstation Schneefernerhaus, Deutschland, am Observatoire Haute Provence, Frankreich, am Meteorologischen Observatorium Hohenpeißenberg, Deutschland, und auf dem Sonnblick in Österreich soll festgestellt werden, ob die Alpen als eine in sich homogene Quelle für Schwerewellen betrachtet werden können oder regionale Unterschiede zu beachten sind. Die genannten Stationen sind Teil des VAO.

Ziel des Vorhabens LUDWIG ist es, mithilfe der Untersuchung von Schwerewellen im Alpenraum einen Beitrag zur Verbesserung von Klima-, Atmosphären- und Wettermodellen bzw. deren Prognosen zu leisten. Eine optimale Behandlung von Schwerewellen in den Modellen ist nur möglich, wenn Informationen darüber vorliegen, ob überall am Gebirge Wellen mit den gleichen Parametern angeregt werden. Werden Gebirgsregionen zu stark abstrahiert, führt dies zu angreifbaren Modellprognosen.

Das Projekt LUDWIG wird vom bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, BayStMUV, gefördert (weitere Informationen zum VAO:

<http://www.schneefernerhaus.de/station/virtuelles-alpenobservatorium/internationale-vernetzung.html>).

### Autoren:

S. Wüst<sup>1</sup>, P. Hannawald<sup>2</sup>, C. Schmidt<sup>1</sup>, M. Bittner<sup>1,2</sup>

- 1) Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum, Oberpfaffenhofen, Deutschland
- 2) Universität Augsburg, Institut für Physik, Deutschland

### Ansprechpartner:

Sabine Wüst  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt  
Münchener Straße 20, 82234 Wessling, Deutschland  
Tel.: +49 (0)8153 28-1325  
E-Mail: [sabine.wuest@dlr.de](mailto:sabine.wuest@dlr.de)



## Zodiakallicht und Airglow

Norbert Span, Michael Butschek

Seit Jahrtausenden begleitet die Nacht die Menschen. Die Dunkelheit wird gleichgesetzt mit Einsamkeit, Gefahr und schlechter Orientierung. Und doch projizieren die Menschen gerade ihre Ängste und Sehnsüchte in die Sternbilder am Firmament. Die Alpen schauen vom Weltraum aus gesehen noch recht dunkel aus – es wird aber jedes Jahr weniger dunkel. Das Sonnblick-Observatorium bietet – entsprechendes Wetter vorausgesetzt – dank seiner Exponiertheit und Höhenlage exzellente Rahmenbedingungen zur Beobachtung des Nachthimmels.



Abbildung 1: Der Kegel des Zodiakallichts spannt sich mit Venus und Mars in seinem Zentrum in den Nachthimmel über dem Sonnblick Observatorium (Foto: N. Span)

Beim Zodiakallicht handelt es sich um jenes Licht, das kurz nach Sonnenuntergang an den Staubpartikeln der Ekliptik zum Betrachter gestreut wird. Ein zarter, sich nach oben verjüngender Lichtkegel füllt dann das Licht zwischen Dämmerung und Dunkelheit aus.

Airglow entsteht in der Mesopause und in der Thermosphäre durch Lichtemissionen von Atomen und Molekülen. Durch harte UV- und Röntgenstrahlung der Sonne werden Sauerstoffmoleküle in atomaren Sauerstoff aufgespalten. Dieser rekombiniert nur sehr langsam zu  $O_2$ . Er stellt daher einen Speicher für die aus der UV-Strahlung stammende Energie dar, welcher während der Nacht chemische Reaktionen antreibt, die zu Airglow führen. Diese Reaktionen spielen sich abhängig von den beteiligten Atomen und Molekülen in unterschiedlichen Höhen ab, wobei jeweils spezifische Emissionslinien entstehen. Daraus resultieren mehrere Airglow-Layer in Höhen von etwa 85 bis zu 300 Kilometern.

In der Neumondnacht vom 18. zum 19. Februar 2015 konnten in der klaren Sonnblickluft zunächst das Zodiakallicht und gegen Mitternacht in Richtung Osten auch das grünliche und

gelb-rötliche Airglow beobachtet und mittels Spiegelreflexkamera festgehalten werden. So entstanden spektakuläre Aufnahmen, unter anderem auch ein Kugelpanorama von der Turmspitze sowie nächtliche Zeitrafferaufnahmen.

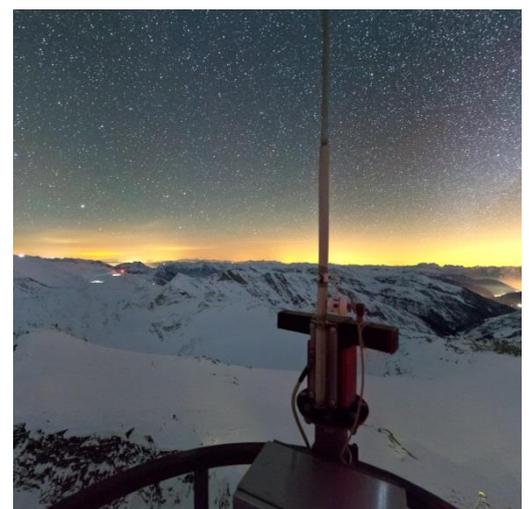


Abbildung 2: Airglow und Schwerewellen über Kolm-Saigurn und dem Alpenhauptkamm (Foto: N. Span)

### Autoren:

N. Span<sup>1</sup>, M. Butschek<sup>2</sup>

1) Idee GmbH, Innsbruck

2) Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Salzburg

### Ansprechpartner:

Norbert Span

Trinserstraße 80a, 6150 Steinach am Brenner, Österreich

+43 699 17701850

<http://portfolio.fotocommunity.de/span-portfolio>

## Sonnblick als fixer Teil des Lawinenwarndienstes

Bernhard Niedermoser

Es gibt im 21. Jahrhundert kaum ein Naturphänomen, bei dem die Wissenschaft und auch die operationelle Warnung noch so nahe an der Natur selbst ist wie beim Themenkreis Lawine. Gute Beobachtungen sind daher essentiell für die Qualität eines Lawinenwarndienstes und für die Einschätzung der Lawinensituation. Neben der bestmöglichen Schnee- und Lawinenbeobachtung ist ein dichtes und ausgewogenes Informationsnetz, das alle Höhenstufen im Salzburger Land umfasst, von entscheidender Bedeutung um ein möglichst komplettes Bild zu bekommen. Das Sonnblick Observatorium spielt in diesem Netzwerk seit Jahrzehnten eine wichtige Rolle als höchst gelegener Vorposten des Salzburger Lawinenwarndienstes.

Der Salzburger Lawinenwarndienst bezieht seine Informationen unter anderem aus einem Netzwerk von über 40 Stationen und Beobachterstandorten, die zum Teil vom Lawinenwarndienst betrieben werden, zum Teil aber auch in Kooperation mit anderen Institutionen, wie z.B. der ZAMG und dem Sonnblickobservatorium. Die täglichen Beobachtungen der Lawinmannschaft erfassen eine Fülle von lawinenrelevanten Daten der Schneedecke, die weit über die reine Gesamtschneehöhe und der Neuschneemenge hinausgehen. Dazu zählen zum Beispiel auch Einsinktiefen, Oberflächenart des Schnees, Schneetemperatur, aber auch Verteilung, Mächtigkeit und Störanfälligkeit von Tribschneepaketeten im Gelände sowie eine genaue Beobachtung und Beschreibung spontaner Lawinen.

Nur mit permanenten Beobachtungspunkten in dieser Höhenlage kann der Unterschied in den verschiedenen Elementen der Schneedecke zwischen den mittelhohen Lagen rund um 2.000 m und dem Hochgebirge über 3.000 m erfasst werden. Neben den täglichen Beobachtungen werden regelmäßig, im Mittel alle 7 bis 10 Tage, Schneedeckeluntersuchungen und Stabilitätstests zwischen Neuhau und dem Observatorium durchgeführt.



Abbildung 1: Große spontane Lawinen im Bereich Edlenkopf am 5. Mai 2015

Sämtliche Infos werden bereits in den frühen Morgenstunden vom Sonnblick an die Lawinenwarnzentrale gemeldet und komplettieren dort ein Bild der Gesamtsituation im Bundesland Salzburg. Der Stützpunkt am Rauriser Sonnblick ist dabei Salzburgs höchstgelegene Lawinmeldestation und seit den 1960ern ein fixer Bestandteil des Beobachtungsnetzes.

### Autor:

B. Niedermoser  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Salzburg



Abbildung 2: Schneedeckenuntersuchung und Stabilitätstest

Damit bekommt man einen tieferen Einblick in die Schneedecke, es zeigen sich Schwachschichten und mögliche Bruchfortpflanzungen. Die Verbindung der einzelnen Schneefallepisoden untereinander kann sich nämlich mit der Zeit stark ändern. Durch Wind, Kälte, Temperaturunterschiede oder Wärme wird die Verbindung der Schichten geschwächt oder gestärkt. Besonders wichtig ist auch die Rolle der Lawinenbeobachter am Sonnblick als Wahrnehmer von Gefahrenzeichen im Gelände – gerade durch den umfassenden Einblick in die umgebende Bergwelt können Lawinenabgänge sehr gut dokumentiert werden.

### Ansprechpartner:

L. Rasser, M. Daxbacher, N. Daxbacher, H. Scheer - Lawinenbeobachter  
Bernhard Niedermoser – Leiter Lawinenwarnzentrale Salzburg  
Freisaalweg 16, 5020 Salzburg, Österreich  
Tel.: +43 (0)662 626 301 3624  
E-Mail: niedermoser@zamg.ac.at

## Schneechemie am Sonnblick

Marion Rothmüller, Anne Kasper-Giebl

Die winterliche Schneedecke dient seit fast 30 Jahren als eine Art Archiv für Umweltbelastungen. Auf dem Sonnblick wird jedes Jahr von allen Schneeschichten des Winterhalbjahres die Ionenzusammensetzung bestimmt und so die alljährliche Veränderung erfasst. Die am Sonnblick gemessenen Konzentrationen im Schnee sind eine Folge großräumiger Transporte in der Atmosphäre. Besonders eindrucksvoll zeigt sich aus diesen Messungen der Rückgang der Sulfat- und Nitratbelastungen im Schnee – eine Erfolgsgeschichte der Umweltmaßnahmen in Europa.

1983 wurde dieses Projekt von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik sowie des Institutes für Chemische Technologien und Analytik an der Technischen Universität Wien gestartet. Damals war der sogenannte „Saure Regen“ ein vieldiskutiertes wissenschaftliches Problem. In unmittelbarem Zusammenhang damit stand auch das „Waldsterben“ in Europa. Die Ursache für die hohen Schadstoffwerte lag in veralteten kalorischen Kraftwerken, in denen schwefelreiche und minderwertige Kohle verfeuert wurde und die zum Großteil in Osteuropa lagen. Messungen der Schadstoffbelastung der Schneedecke wurden 1983 am benachbarten Wurtenkees (Schareck) begonnen und werden seit 1987 auch am Sonnblick durchgeführt. Folgende Ziele werden damit verfolgt:

- Langfristiges Monitoring der Ionenzusammensetzung (Schadstoffbelastung) der Schneedecke
- Zuordnung einzelner Schneeproben zu Niederschlagsereignissen und meteorologische Beschreibung der Niederschlagsereignisse
- Quantifizierung des Ferntransportes von Schadstoffen in Europa
- Beitrag zum Verständnis der Prozesskette Einbindung und Deposition von Schadstoffen im Niederschlag in den Alpen



Abbildung 1: Schneeprobennahme am Sonnblick (Foto: Bernhard Hynek)

Die Messungen wurden im Rahmen eines alpenweiten Forschungsprojektes optimiert und international

standardisiert, sodass eine internationale Vergleichbarkeit mit Messungen an anderen Standorten gegeben ist.

Die Messungen werden alljährlich Ende April durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt ist mit hoher Wahrscheinlichkeit anzunehmen dass die Schneedecke in 3.000 m Seehöhe noch nicht von Schmelzprozessen beeinflusst ist. Schmelzvorgänge würden nämlich die Ionen aus der Schneedecke „auswaschen“.

Es werden Schneeschächte bis zum Sommerhorizont des letzten Jahres gegraben und dann Schicht für Schicht Schneeproben entnommen. Die Schneeproben werden im tiefgekühlten Zustand ins Labor nach Wien gebracht und analysiert.

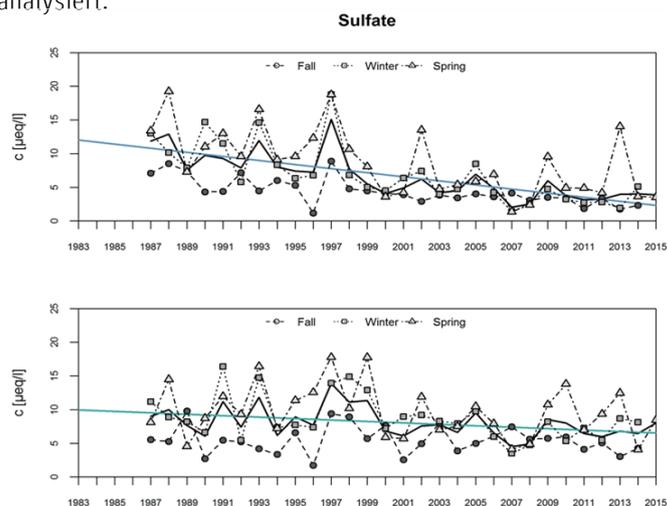


Abbildung 2: Zeitreihe der Sulfat- und Nitratkonzentrationen der Schneedecke am Sonnblick seit 1987. Die schwarze dicke Linie gibt das jährliche Mittel an, die blaue Linie den Trend und die strichlierten Linien die jeweilige saisonale Konzentration

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

### Ansprechpartner:

Marion Rothmüller  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik – Klimaforschung  
Hohe Warte 38, A-1190 Wien  
Tel.: +43 (1) 36026 2232  
E-Mail: marion.rothmueller@zamg.ac.at

Anne Kasper-Giebl  
Technische Universität Wien – Inst. für Chemische Technologien und Analytik  
Getreidemarkt 9, A-1060 Wien  
Tel.: +43 (1) 58801 15130  
E-Mail: akasper@mail.zserv.tuwien.ac.at



## Global Cryosphere Watch: Gletschermonitoring Sonnblick und Pasterze

Bernhard Hynek, Daniel Binder, Anton Neureiter, Marion Rothmüller, Ursula Weiser, Gernot Weyss

Auf der Pasterze und den Gletschern am Sonnblick, dem Kleinfleißkees und dem Goldbergkees wird seit Jahren von der ZAMG ein umfangreiches glazialhydrologisches Langzeitmonitoring betrieben. Im Sinne eines umfassenden Monitorings wird dabei unter anderem die saisonale Gletschermassenbilanz, der Schmelzwasserabfluss, die Schadstoffdeposition in der hochalpinen Schneedecke, der Schneebedeckungsgrad und diverse meteorologische Größen räumlich verteilt gemessen. Die Daten werden sowohl für Klimaanalysen als auch zur Modellverifikationen verwendet.

Um die Beziehung zwischen Klimaänderungen und Gletscheränderungen nachhaltig zu erforschen und unser Prozessverständnis über diese Wechselwirkung zu verbessern, eignen sich die Gletscher rund um den Sonnblick besonders gut. Zum einen weil das Sonnblick-Observatorium die logistische Basis für Arbeiten auf den Gletschern darstellt, zum anderen weil am Standort Sonnblick besonders viele Klimaparameter gemessen werden, und das schon seit langer Zeit. Dieses Messnetz inkludiert direkte Messungen der Oberflächenmassenbilanz auf den Gletschern in Form von Schneetiefensondierungen, Radarmessungen und Schneeprofilen im Winter und Messungen der Eisabschmelzung und der Schneelinien im Sommer.

Bei der Messung der Gletschermassenbilanz wird zunehmend auf automatische Systeme gesetzt, wie z.B. automatische Kameras, deren Fotos online übertragen werden, und mit denen man den Schneebedeckungsgrad des Gletschers zeitlich und räumlich hochauflösend messen kann.



Abbildung 1: Vergleich der Ausaperung des Kleinfleißkeeses im Sommer 2014 (links) und 2015 (rechts).

Gegenwärtig verlieren die Sonnblickgletscher und die Pasterze ca. 1 m pro Jahr an Eisdicke. Zur Validierung von Prozessstudien werden automatische Wetterstationen direkt auf den Gletschern betrieben, die die Energiebilanz der Gletscheroberfläche messen. Ein Netz von Schneepegeln, Niederschlagsmessungen und Abflussmessstationen vervollständigen das Monitoring der Wasserbilanz in den Einzugsgebieten rund um den Sonnblick.

Gegenwärtiges Ziel ist die vollständige Datenanbindung aller räumlich verteilten Stationen und automatischen Kameras an das Sonnblick-Observatorium, damit die Daten in Echtzeit zur Verfügung stehen.

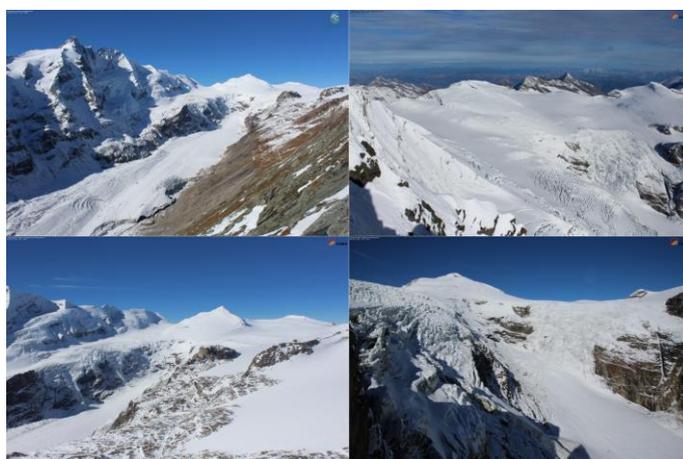


Abbildung 2: Fotos der 4 neuen automatischen Kameras zur Messung des Schneebedeckungsgrades an der Pasterze

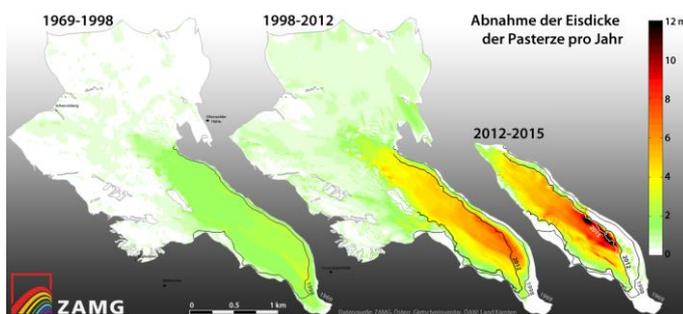


Abbildung 3: Vergleich der Höhenänderungen der Pasterze zwischen den letzten Geländeaufnahmen.

Das Gletschermonitoring wird finanziert durch die ZAMG und das BMLFUW (aktuelles Projekt: Global Cryosphere Watch – Sonnblick, Gletscher- und Schneedeckenmonitoring.)

### Autoren:

B. Hynek, D. Binder, A. Neureiter, M. Rothmüller, U. Weiser, G. Weyss  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien

### Ansprechpartner:

Bernhard Hynek  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik  
Hohe Warte 38, Wien, Österreich  
Tel.: +43 (1) 36026 2225  
E-Mail: b.hynek@zamg.ac.at



## Glacio-Live: Ein Echtzeit-Informationssystem des Gletscherzustandes

Bernhard Hynek, Peter Fischer, Johann Moitzi, Gernot Weyss, Wolfgang Schöner

### Entwicklung eines Nahe-Echtzeit-Informationssystems des Zustandes von Österreichs größtem Gletscher, der Pasterze, und kleinerer Gletscher rund um das Sonnblick-Observatorium

Die Alpengletscher gehören zu den am stärksten vom Klimawandel betroffenen Naturphänomenen, ihre Massenänderungen werden dementsprechend häufig als Klimazeiger in wissenschaftlichen Berichterstattungen und Medienberichten verwendet. Quantitative Informationen über das Gletscherverhalten liegen derzeit jedoch frühestens im Herbst jedes Jahres vor, sobald alle Jahresmessungen abgeschlossen und ausgewertet sind.

Das Ziel von GLACIO-LIVE ist es, dieses Informationsdefizit zu reduzieren und die Massenentwicklung der von der ZAMG regelmäßig vermessenen Alpengletschern weitgehend automatisiert und tagesaktuell zu erfassen und den augenblicklichen Zustand des Gletschers über ein Web-Portal öffentlichkeitswirksam zu präsentieren.

Dazu wird von der Partnerschule TGM ein hochgebirgstaugliches dezentrales Mesh-WLAN Netzwerk entwickelt und auf den Gletschern installiert, das die Messdaten von den Gletschern auch unter extremen Umweltbedingungen in Nahe-Echtzeit zur Verfügung stellen soll. Mittels eines innovativen Modellansatzes und einer möglichst umfangreichen Datenassimilation wird dann die augenblickliche Massenänderung dieses Gletschers berechnet und über ein von den Schülern des TGM entwickeltes Web-Portal präsentiert.

GLACIO-LIVE kann damit den Nutzen der Nahe-Echtzeitanbindung durch die erstmals angewandte

glaziologische Datenassimilation zeigen und öffentlichkeitswirksam das Thema „Klimawandel und Gletscherschmelze in den Alpen“ einem breiten Publikum vorstellen. Ein langfristiges Ziel ist es, die auf Alpengletschern getestete Mesh-WLAN Datenanbindung auf arktische Gletscher zu übertragen, wo die Nahe-Echtzeitanbindung aufgrund der großen Entfernungen und der damit verbundenen Reisekosten ein hohes Einsparungspotential darstellt.

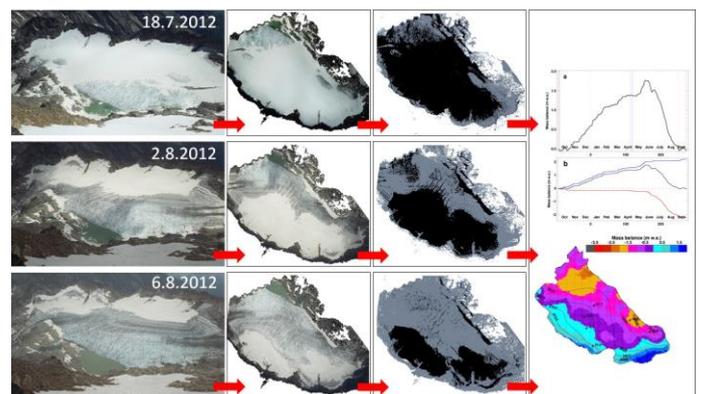


Abbildung 2: Aus Fotos von automatischen Kameras wird die Gletscheroberfläche klassifiziert in Eis/Schnee/Firn, diese Daten fließen werden täglich vom Modell assimiliert, und die Modellergebnisse werden damit kalibriert

Durch das Projekt GLACIO-LIVE können die Schüler/innen im Rahmen ihrer Diplomarbeiten technische Innovation entwickeln, die direkt eine Umsetzung in der Forschung findet. Gleichzeitig bekommen die Schüler/innen einen Einblick in den Alltag naturwissenschaftlicher Forschung. Durch den direkten Kontakt mit den Wissenschaftler/innen haben die Schüler/innen auch die Möglichkeit, Wissenschaft direkt zu erleben und so mehr Bezug zur Realität des wissenschaftlichen Arbeitens zu bekommen.

GLACIO-LIVE wird vom BMFW im Rahmen des Programmes Sparkling Science finanziert.



Abbildung 1: Automatische Energiebilanz- und Massenbilanzmessstationen auf der Pasterze (links) und am Kleinfleißkees (rechts).

#### Autoren:

B. Hynek<sup>1</sup>, P. Fischer<sup>2</sup>, J. Moitzi<sup>2</sup>, G. Weyss<sup>1</sup>, W. Schöner<sup>3</sup>

1) Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien

2) TGM Wien

3) Universität Graz, Institut für Geographie und Raumforschung

#### Ansprechpartner:

Bernhard Hynek

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

Hohe Warte 38, Wien, Österreich

Tel.: +43 (1) 36026 2225

E-Mail: b.hynek@zamg.ac.at

## MOREXPART 2 – From Climate Change Impact Monitoring to Dynamic Risk Management

Ingo Hartmeyer, Markus Keuschnig

Permafrostdegradation führt zu einer kritischen Beeinflussung des Stabilitätsverhaltens hochalpiner Felsflanken. Im Kontext des Klimawandels werden Felsinstabilitäten damit zu einem immer bedeutenderen Risikofaktor. Im Rahmen von MOREXPART 1 wurde am Kitzsteinhorn ein langfristiges Monitoring von Oberflächen-, Untergrund- und Atmosphärenbedingungen errichtet. Ziel von MOREXPART 2 ist die Integration der Monitoringdaten in ein dynamisches Risikomanagement auf betrieblicher Ebene. Durch die Einbeziehung von Echtzeitdaten ist das System in der Lage, auf Änderungen der Umweltbedingungen umgehend mit einer Anpassung der Risikostufe zu reagieren. MOREXPART 2 soll zur verbesserten Risikowahrnehmung, Infrastruktur- und Maßnahmenplanung, sowie nicht zuletzt zum Schutz von Menschenleben beitragen.

Besonders während lang anhaltender Hitzeperioden wurden in der jüngeren Vergangenheit im gesamten Alpenraum zahlreiche Felsstürze beobachtet. Die Ablösebereiche befanden sich häufig in Bereichen mit Felspermafrost, eine mögliche Zunahme gravitativer Massenbewegungen als Reaktion auf veränderte Klimabedingungen wird vermutet. Um auf solche Risiken vorbereitet zu sein, ist innerhalb des nächsten Jahrzehnts die Entwicklung von Anpassungsstrategien notwendig. Hierfür ist einerseits ein verbessertes Verständnis der Reaktionen von Felswänden auf klimatische Veränderungen und andererseits eine verbesserte Inwertsetzung der zur Verfügung stehenden Daten und Informationen von entscheidender Bedeutung.

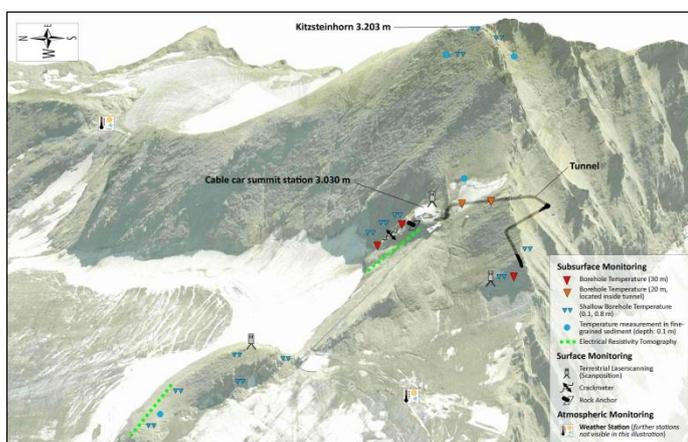


Abbildung 1: Monitoring zur Überwachung der Oberflächen-, Untergrund- und Atmosphärenbedingungen in der Gipfelregion des Kitzsteinhorns.

Ziel von MOREXPART 2 ist die Entwicklung eines dynamischen Risikomanagement-Systems für Steinschlag- und Felssturzprozesse im Betriebsgebiet der Gletscherbahnen Kaprun.

Grundlage des Risikomanagements ist ein in der ersten Projektphase eingerichtetes, umfangreiches Monitoring zur Überwachung Permafrost-beeinflusster Felswände.

Basierend auf Bohrlochmessungen, geophysikalische Erhebungen, terrestrischem Laserscanning, geotechnischen Methoden und automatischen Wetteraufzeichnungen werden die Oberflächen-, Untergrund- und Atmosphärenbedingungen im Untersuchungsgebiet kontinuierlich überwacht.

Auf Grund variabler Umweltbedingungen und Besucherzahlen unterliegen Risiken eines hochalpinen Tourismusgebietes erheblichen, kurzfristigen Veränderungen. Durch die Integration von Echtzeit-Monitoringdaten in das Risikomanagementsystem werden Risiken semiautomatisch berechnet und zielgruppenabhängig aufbereitet. Das neu entwickelte Risikomanagementsystem wird im Jahr 2016 als Prototyp eingeführt und bis zum Projektende im Jahr 2017 trainiert.



Abbildung 2: Instrumentierungsarbeiten an einem 30 m tiefen Bohrloch unterhalb der Kitzsteinhorn-Gipfelstation durch Firma GEODATA (Foto: M. Keuschnig)

### Autoren:

I. Hartmeyer<sup>1,2</sup>, M. Keuschnig<sup>3</sup>

1) alpS – Zentrum für Klimawandeladaption, Innsbruck

2) Universität Salzburg

3) Research and Development, Geoconsult ZT GmbH, Wals bei Salzburg

### Ansprechpartner:

Ingo Hartmeyer

alpS – Zentrum für Klimawandeladaption

Grabenweg 68, 6020 Innsbruck, Österreich

Tel.: +43 512 39 29 29 0

E-Mail: hartmeyer@alps-gmbh.com

## Update: Permafrost Monitoring-Netzwerk im Sonnblickgebiet

Stefan Reisenhofer, Claudia Riedl

Der Kern des Permafrost Monitoring-Netzwerkes bilden die drei 20 m tiefen Bohrlöcher an der Südflanke des Hohen Sonnblicks. Aufgrund der Heterogenität der Oberflächen und Untergrund-Charakteristika des Gebirgspermafrostes bedarf es der Kombination unterschiedlicher Messmethoden – Temperaturmessungen, Seismik, Geoelektrik, Laserscan. Hierdurch soll ein möglichst genaues Bild der Prozesse und Änderungen im gefrorenen Untergrund gewonnen werden und als Grundlage zur Abschätzung zukünftiger Entwicklungen dienen.

### Einleitung und Hintergrund

Im Rahmen des aktuell laufenden Projektes *PERSON-GCW* (Permafrostmonitoring Sonnblick – Etablierung des Sonnblicks (Hohe Tauern) als Global Cryosphere Watch Supersite) wird von der ZAMG der Permafrost im Auftrag des Lebensministeriums untersucht. Das Ziel des Projektes besteht darin, grundlegende Informationen über den gegenwärtigen Zustand und die Veränderungen des Permafrostes zu dokumentieren. Das Projekt *PERSON-GCW* wird in enger Abstimmung mit dem ZAMG internen Projekt „*SSBO – Strukturprojekt Sonnblick Observatorium – Begleitende Maßnahmen zur Umsetzung der ENVISION Ziele*“ durchgeführt. *SSBO* kann insbesondere durch die Erweiterung der gerätetechnischen Ausstattung einen wichtigen Beitrag erbringen und die Betreuung der Bohrlochmessungen am Sonnblick gewährleisten. Zusätzlich starteten im April 2015 zwei weitere permafrostbezogene Projekte, die über die ÖAW finanziert werden. Das Projekt „*SeisRockHT – Seismic Rockfall Monitoring in the Hohe Tauern region*“ – hat die Überwachung des Steinschlags (passive Seismik) zur Aufgabe. Das Projekt „*ATMOperm – Atmosphere – permafrost relationship in the Austrian Alps – atmospheric extreme events and their relevance for the mean state of the active layer*“ – dient der langjährigen Überwachung des Bodeneisvorkommens im Hochgebirge.

### Tätigkeiten im Jahr 2015

In Bezug auf den Permafrost kann auf ein sehr ereignisreiches und erfolgreiches Jahr 2015 zurückgeblickt werden:

Im Rahmen des Projektes *PERSON-GCW* wurde in Kooperation mit der Geologischen Bundesanstalt (GBA) ein Active Layer Monitoring mittels Geoelektrik etabliert. Die Installation des Geoelektrikprofils fand am 14. und 15. Juli 2015 statt. Es wurden auf einer gesamten Profillänge von 92 m mit jeweils 1 m Abstand 92 Elektroden installiert.

Der gewählte Abstand der Elektroden ermöglicht eine vertikale Eindringtiefe von etwa 10 Meter, so dass eine entsprechend hohe Auflösung des Untergrundes erzielt wird und die

dynamischen Prozesse des Tausens und Gefrierens sowie die Tiefenlage des Permafrosthorizontes in vollem Umfang erfasst werden können.

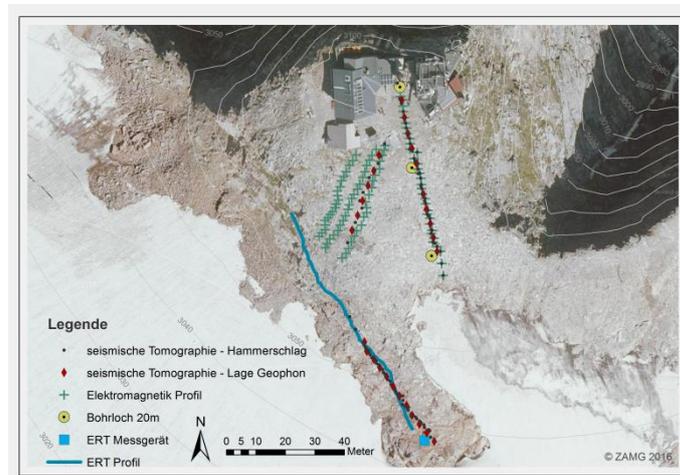


Abbildung 1: Lage der Messprofile am Sonnblickgipfel.

Im Rahmen der Kooperation von *PERSON-GCW* und *ATMOperm* fand Anfang August 2015 eine geophysikalische Feldkampagne statt, bei der Messmethoden aus Seismik, Georadar und induzierter Polarisation sowie Elektromagnetik angewandt wurden. Aufbauend auf den Messdaten von Hausmann et al. (2009) wird versucht Veränderungen in diesem Zeitraum von 2008 bzw. 2009 und 2015 festzustellen und entsprechend zu quantifizieren.

Am 20. und 21. Juli 2015 wurde im Rahmen der Projekte *SSBO* und *SeisRockHT* das oberste Bohrloch, welches sich direkt neben dem Eingang zum Zittelhaus befindet, neu instrumentiert. In 20 Meter Tiefe wurde ein 3 Komponenten Geophon angebracht, welches zusammen mit drei weiteren Geophonen am Fuße der Sonnblicknordwand ein seismologisches Netzwerk bildet. Weiters wurde eine neue Thermistorenkette und ein neuer Datenlogger in Zusammenarbeit mit der Firma Sommer installiert. Aktuelle Daten sind auf [www.sonnblick.net](http://www.sonnblick.net) abrufbar.

### Autoren:

S. Reisenhofer<sup>1</sup>, C. Riedl<sup>2</sup>

1) ZAMG, Wien

2) ZAMG, Salzburg

### Ansprechpartner:

Stefan Reisenhofer

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

Abteilung Klimaforschung

Hohe Warte 38, 1190 Wien, Österreich

Tel.: +43 (1) 36026 2296

E-Mail: [stefan.reisenhofer@zamg.ac.at](mailto:stefan.reisenhofer@zamg.ac.at)

Claudia Riedl

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

Kundenservice Salzburg

Freisaalweg 16, 5020 Salzburg, Österreich

Tel.: +43 (0)662 626301 3615

E-Mail: [claudia.riedl@zamg.ac.at](mailto:claudia.riedl@zamg.ac.at)

## Fledermäuse am Hohen Sonnblick

Karin Widerin

Fledermäuse sind kleine, wärmeliebende, insektenfressende Säugetiere mit einem sehr hohen Energiebedarf. Ihre Körpertemperatur beträgt 41°C, sie atmen bis zu 600 Mal pro Minute und ihr Herzschlag kann im Flug bis auf über 1000 Schläge pro Minute ansteigen. Sie müssen deshalb täglich mindestens ein Drittel ihres Körpergewichtes an Nahrung aufnehmen. Diese Tatsachen ließen darauf schließen, dass das Hochgebirge mit seinen extremen Umweltbedingungen kein geeigneter Lebensraum für Fledermäuse ist.



Abbildung 1: Zweifarbflodermäus (*Vespertilio murinus*) eine ziehende Art, die am Sonnblick anzutreffen ist (Foto: K. Widerin)

In Österreich leben 28 Fledermausarten, von denen bisher 19 Arten auch im Land Salzburg nachgewiesen werden konnten. Vier dieser Arten zeigen ein besonderes Verhalten. Sie leben ähnlich wie Zugvögel und legen dabei zwischen ihren Sommerquartieren im Nordosten Europas und ihren weiter südlich gelegenen Winterquartieren bis zu 2.000 km zurück. Wo genau ihre Zugrouten verlaufen, ist aber weitgehend unbekannt.

Wie in den Untersuchungen des internationalen Alpenzugprojektes 2013/14 (BONTADINA F., REITER G. et al. in Vorb.; WIDERIN K., JERABEK M. 2014) zum Zugverhalten von Fledermäusen nachgewiesen werden konnte, überqueren die Tiere dabei auch den Alpenhauptkamm bis zu einer Höhe von 2.500 m.

Um herauszufinden bis in welche Höhen Fledermäuse vordringen können, wurde am Observatorium am Sonnblick ein Ultraschalldetektor (Batcorder, ecoObs) angebracht.

Dieses Gerät zeichnete automatisch die Ultraschallrufe vorbeifliegender Fledermäuse in der Zeit von Mitte August bis Mitte September 2014 auf.

Trotz des schlechten Wetters während der einmonatigen Untersuchungszeit konnten 130 Rufsequenzen von Fledermäusen aufgezeichnet werden. Die Analyse der Daten ergab, dass es sich dabei um mindestens fünf verschiedene Arten handelte. Unter den nachgewiesenen Fledermausarten waren sowohl Tiere lokaler Populationen als auch migrierende Arten. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass Fledermäuse hier in unglaublichen 3.106 m die Alpen auf ihrem Weg in die Winterquartiere überqueren.

Um mehr über die Aktivität der Fledermäuse in diesem extremen, hochalpinen Lebensraum herauszufinden, wurden die Untersuchungen 2015 fortgesetzt.



Abbildung 2: Batcorder (Foto: K. Widerin)

Lit.: WIDERIN K., JERABEK M. (2014): Fledermausnachweise am Kalser Törl (2.518 m, Hohe Tauern, Salzburg). Ber.nat.-med.Ver.Salzburg 17: 33-42.

### Autorin:

K. Widerin  
KFFÖ (Koordinationsstelle für Fledermausschutz u. -forschung in Österreich),  
Salzburg

### Ansprechpartnerin:

Karin Widerin  
KFFÖ (Koordinationsstelle für Fledermausschutz u. -forschung in Österreich)  
Itzlinger Hauptstr. 39 b, 5020 Salzburg, Österreich  
Tel.: +43 (0)662 460102  
E-Mail: karin.widerin@fledermausschutz.at | www.fledermausschutz.at



## Global Atmosphere Watch (GAW) am Sonnblick I

Elke Ludewig und Helfried Scheifinger

Global Atmosphere Watch (GAW) ist ein weltweites, von der World Meteorological Organisation (WMO) eingerichtetes Programm zur Erfassung und Sammlung hochqualitativer wissenschaftlicher Daten über die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre. Dadurch wird es möglich, die natürliche Variabilität und die vom Menschen verursachten Veränderungen der atmosphärischen Spurengase zu beobachten und zu beschreiben und darüber hinaus unser Verständnis der Wechselwirkungen zwischen den Systemen Atmosphäre, Ozeane und Biosphäre zu vertiefen. Nach über 20 Jahren Spurengasmessungen am Sonnblick wurde das Observatorium im Mai 2016 von der WMO von einer regionalen zu einer globalen GAW-Station aufgewertet.

**Was ist GAW?** Die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) ist eine von den Vereinten Nationen gegründete Sonderorganisation, die die Rahmenbedingungen für die internationale Zusammenarbeit in den Bereichen Meteorologie, Klimatologie und Hydrologie festlegt. Innerhalb der WMO gibt es eine Vielzahl von Arbeitsgruppen mit unterschiedlichen Schwerpunkten und Programmen. Die Arbeitsgruppe für Umweltverschmutzung und Atmosphärenchemie (Environmental Pollution and Atmospheric Chemistry, kurz WG-EPAC) ist der Kommission für Atmosphärenwissenschaften (Commission for Atmospheric Science – CAS) unterstellt und koordiniert das internationale Programm Global Atmospheric Watch (GAW). Das GAW Programm wurde bereits 1989 in Verbindung mit dem Ozonloch von der WMO ins Leben gerufen. Der Schwerpunkt von GAW liegt in der langfristigen Erfassung von physikalischen und besonders von chemischen Eigenschaften der Atmosphäre auf hohem Qualitätsniveau. Ziel ist es, die Rolle der atmosphärischen Spurengase für den Klimawandel zu beschreiben. Messungen aus dem GAW Programm finden in den Bereichen Klima, Wetter, Wasser, Gesundheit, Energie, Ökosystem, Landwirtschaft und Biodiversität breite Anwendung. Dies verlangt aber auch weltweite Messungen, die miteinander vergleichbar sind - also Daten, die auf eine ganz bestimmte Art und Weise gemessen werden. Die Vorgaben für dieses Datenmonitoring werden vom GAW Programm festgelegt und deren Einhaltung ebenfalls vom GAW Programm kontrolliert.

**Was wird bei GAW gemessen?** Das globale GAW Netzwerk erfasst Daten aus sechs Bereichen: Treibhausgase, UV Strahlung, Ozon, Aerosole, reaktionsfreudige Gase (CO, VOCs, NO<sub>y</sub> und SO<sub>2</sub>), sowie die chemische Zusammensetzung des Niederschlags. Diese Daten werden an das GAW World Data Centre geliefert. Für jeden Themenbereich existiert eine wissenschaftliche Beratergruppe (GAW Scientific Advisory Groups – SAGs), die überprüft, ob die Standards und

Bedingungen während der Messungen und bei der Kalibrierung der Geräte eingehalten wurden.



Abbildung 2: GAW globale Stationen (Quelle: [www.wmo.int](http://www.wmo.int))

**Wofür werden GAW Daten verwendet?** Das GAW World Data Centre sammelt und archiviert die Messdaten einschließlich ihrer Qualitätsmerkmale und stellt sie der wissenschaftlichen Community zur Verfügung. Damit lassen sich beispielsweise Trends der Spurengase erforschen, Prognosemodelle validieren oder die Bodenkalibrierung von Satellitenmessung verbessern. Die Ergebnisse und Analysen der Wissenschaftler wiederum werden der Allgemeinheit zur Verfügung gestellt und unterstützen so klimapolitische Entscheidungen und Maßnahmen, wie beispielsweise im Falle des Montreal oder Kyoto Protokolls.

**Wie ist GAW mit dem Sonnblick verknüpft?** Seit 1993 hat das Sonnblick Observatorium die vom GAW Programm verlangten Messgrößen nach und nach in sein Monitoring aufgenommen. Dank der kontinuierlichen Investitionen in Messinstrumente, in deren Instandhaltung und zahlreicher wissenschaftlicher Auswertungen und Publikationen erfüllt das Messprogramm des Sonnblick heute die Kriterien einer globalen GAW Station. Daher wurde das Observatorium am Sonnblick im Mai 2016 von der WMO von einer regionalen zu einer globalen GAW Station aufgewertet und zählt jetzt zu den rund 40 globalen GAW Stationen.

### Autoren:

E. Ludewig<sup>1</sup> und H. Scheifinger<sup>2</sup>

1) Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Salzburg, Österreich

2) Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien, Österreich

### Ansprechpartner:

Helfried Scheifinger, Kathrin Baumann-Stanzer  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik  
Hohe Warte 38, 1190 Wien

Tel.: +43 (1) 36026 2226 und 2402

E-Mail: [helfried.scheifinger@zamg.ac.at](mailto:helfried.scheifinger@zamg.ac.at) oder  
[kathrin.baumann-stanzer@zamg.ac.at](mailto:kathrin.baumann-stanzer@zamg.ac.at)

Elke Ludewig,  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik  
Freisaalweg 16, 5020 Salzburg  
Tel.: +43 (0)664 88 41 49 77  
E-Mail: [elke.ludewig@zamg.ac.at](mailto:elke.ludewig@zamg.ac.at)



## Global Atmosphere Watch (GAW) am Sonnblick II

Helfried Scheifinger, Ingrid Meran und Kathrin Baumann - Stanzer

Das Sonnblick Observatorium ist Teil des weltweiten Messnetzes zur Erforschung der großräumigen chemischen Zusammensetzung der Atmosphäre des Global Atmosphere Watch Programm (GAW) der World Meteorological Organisation. Solche Messstellen sollten frei von Einflüssen lokaler oder regionaler Schadstoffquellen sein. Die enge Zusammenarbeit mit den deutschen GAW Stationen Hohenpeißenberg/Zugspitze und dem Schweizer Observatorium am Jungfraujoch bildet die so genannte „GAW-DACH-Kooperation“.

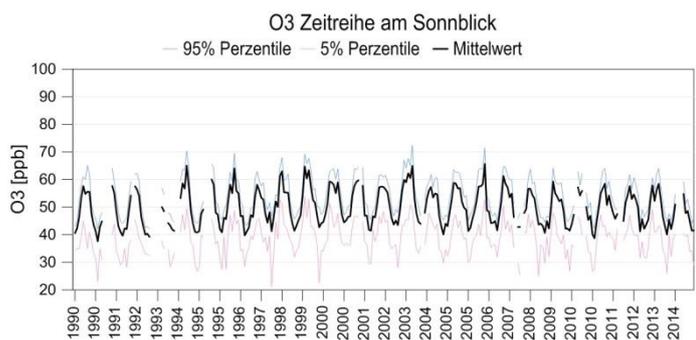


Abbildung 1: Ozonzeitreihe in monatlicher Auflösung am Sonnblick.

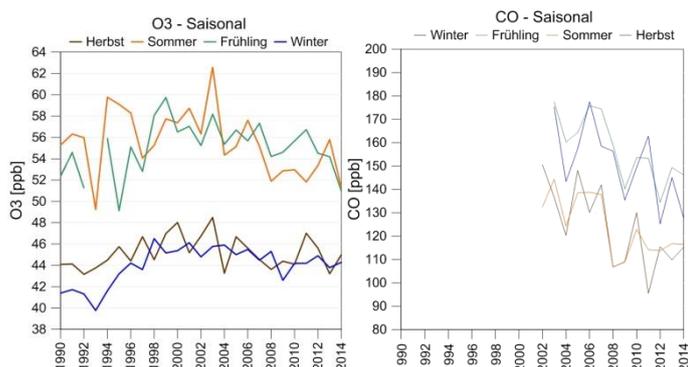


Abbildung 2: Zeitreihe des Jahreszeitenmittels von Ozon (links) und Kohlenmonoxid am Sonnblick (rechts).

Am Sonnblick werden durch das Umweltbundesamt seit dem Beginn der 90er Jahre die Konzentration von NO, NO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub> in der Atmosphäre mit Hilfe von Analysatoren kontinuierlich in halbstündlicher Auflösung erfasst. Damit ergibt sich für O<sub>3</sub> bald eine 25 jährige Zeitreihe – für ein Spurengas schon eine bedeutsame Länge.

Hier werden einige aktuelle Beobachtungen zur Spurengassituation am Sonnblick herausgegriffen.

Ozon gehört zu den am meisten untersuchten Spurengasen in der Atmosphäre. Zahlreiche Arbeiten berichten über Ozontrends in der Troposphäre und mögliche Erklärungen der

Variabilität des Ozons. Die Ozonkonzentration wird von zahlreichen Faktoren gesteuert. Der Fluss stratosphärischen Ozons in die Troposphäre bestimmt wesentlich die Variabilität der Ozonkonzentration von Jahr zu Jahr. Während der warmen Jahreszeit spielen photochemische Vorgänge für die Bildung von Ozon eine große Rolle. Weiters beeinflussen interkontinentale Transportvorgänge, Vulkanismus, globale Zirkulationssysteme wie El Nino, Waldbrände und synoptische Systeme die lokale Ozonkonzentration.

Während der 70er und 80er Jahre wurde ein starker Anstieg der Ozonkonzentrationen in der Troposphäre und seit den 90er Jahren eine Verringerung dieses Trends bzw. teilweise eine Verringerung der Konzentrationen beobachtet.

Dieses Verhalten wird auch von der Ozonreihe am Sonnblick widerspiegelt (Abbildung 1 und Abbildung 2 links). Dem Anstieg der Ozonkonzentration bis Ende der 90er Jahre folgt ein unterschiedlich starker Rückgang, der besonders markant im Frühjahr und Sommer zu bemerken ist.

Die sehr geringen Ozonkonzentrationen während der Jahre 1992 und 1993 werden auf die Eruption des Pinatubo im Juni 1991 zurückgeführt. Die höchsten monatlichen Ozonkonzentrationen traten im Sommer 2003 auf, der zu den heißesten Sommern Mitteleuropas während der letzten 200 Jahre zählt. Während der letzten Jahre ist parallel zu Ozon auch die Konzentration des CO, eines der sogenannten Vorläufersubstanzen des Ozons, zurückgegangen (Abbildung 2 rechts). Man schätzt, dass das CO 40% zur globalen Ozonproduktion beiträgt.

Die Zunahme der Ozonkonzentration bis zum Ende des zwanzigsten Jahrhunderts wird auf die Zunahme der Konzentration der vom Mensch in die Atmosphäre gebrachten Ozonvorläufersubstanzen zurückgeführt. Das Ausmaß dieser Zunahme ist deutlich höher, als erwartet und wird noch nicht ganz verstanden. Es bleibt zu beobachten, wie sich die Trends der Spurengase in Zukunft weiter entwickeln.

### Autoren:

H. Scheifinger, I. Meran und K. Baumann-Stanzer  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik,  
Wien, Österreich

### Ansprechpartner:

Helfried Scheifinger, Kathrin Baumann-Stanzer  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik  
Hohe Warte 38, 1190 Wien  
Tel.: +43 (1) 36026 2226 und 2402  
E-Mail: helfried.scheifinger@zamg.ac.at oder  
kathrin.baumann-stanzer@zamg.ac.at

Elke Ludewig,  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik  
Freisaalweg 16, 5020 Salzburg  
Tel.: +43 (0)664 88 41 49 77  
E-Mail: elke.ludewig@zamg.ac.at

## Global Cryosphere Watch (GCW)

Annett Bartsch, Wolfgang Schöner

**Global Cryosphere Watch (GCW) ist eine noch sehr junge Initiative der World Meteorological Organisation (WMO). Schnee, Gletscher, Permafrost und ggf. Meereis sollen koordiniert global an ausgewählten Standorten (CryoNet) erfasst werden. Das Sonnblick Observatorium ist weltweit eine der ersten Stationen in CryoNet.**

Die Erfassung von Daten in Polar und Gebirgsregionen ist eines der sieben Prioritäten der WMO für 2016-19 um operationelles meteorologisches und hydrologisches Monitoring, Vorhersage und Services zu verbessern. Dies soll unter anderem mit der Operationalisierung von Global Cryosphere Watch erreicht werden. GCW ist zum Teil eine Komponente des WMO Integrated Global Observing System (WIGOS) und damit auch dem Global Earth Observation System of Systems (GEOSS). Dieses „System der Systeme“ soll alle bestehenden Systeme der Erdbeobachtung so vernetzen, dass ein optimaler Nutzen für die Teilnehmerländer und ihre Bürger und Wirtschaftstreibende entsteht.

Das Sonnblick Observatorium ist eines von weltweit 17 sogenannten integrated sites. Dies bedeutet, dass nicht nur die Kryosphäre alleine untersucht wird, sondern auch weitere „Spähren“. Bei so genannten basic sites (19 weitere Standorte weltweit) wird nur die Kryosphäre untersucht. Aktuell bietet CryoNet hauptsächlich Meta-Informationen zu den Stationen an.

Die ZAMG trägt mit mehreren Projekten zum Ausbau des Standortes Sonnblick innerhalb CryoNet bei. Es werden sowohl die Gletscher, der Permafrost als auch Schneeparameter kontinuierlich erfasst.

Weitere GCW-Komponenten sind

- Snow Watch – Evaluierung von Schneeprodukten und verbesserter Zugang zu in situ Daten
- Measurement Standards and Best Practices – Messtandards und beste Verfahren
- Observational Requirements - Bedarfserhebung
- Terminology – Erstellung eines Glossar



Abbildung 1: Die Komponenten der Kryosphäre (Quelle globalcryospherewatch.org)

Im Rahmen von GCW werden in einem integrativen Ansatz die Kryosphäre und damit im Zusammenhang stehende Eigenschaften an der Landoberfläche und der atmosphärischen Grenzschicht erfasst.



Abbildung 2: GCW Cryonet Stationen (Quelle globalcryospherewatch.org)

### Autoren:

A. Bartsch<sup>1</sup>, W. Schöner<sup>2</sup>

1) Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien, Österreich

2) Karl Franzens Universität, Graz, Österreich

### Ansprechpartner:

Annett Bartsch

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

1190 Wien, Hohe Warte 38, Österreich

Tel.: +43 1 36026 2290

E-Mail: annett.bartsch@zamg.ac.at



## ARAD / BSRN : Exakte Messung der Sonnen- und Wärmestrahlung

Marc Olefs

**Das Baseline Surface Radiation Network (BSRN) gilt als das globale Referenznetzwerk für bodennahe Strahlungsmessungen. Aussagen über weltweite langfristige Änderungen der Strahlungsflüsse können nur mittels hochqualitativer und langfristig erhobener Messdaten erfolgen. Die Station Sonnblick des österreichischen Strahlungsmessnetzes ARAD ist seit dem Jahr 2013 auch eine von derzeit weltweit 64 aktiven BSRN Stationen.**

Die ARAD Station Sonnblick ist seit Januar 2013 Teil des internationalen Referenzmessnetzes BSRN. Die eingesetzten Sensoren sowie ihre Datenerfassung entsprechen einem sehr hohen Messstandard mit den höchsten Qualitätsansprüchen (an allen ARAD Stationen gleich). Das BSRN Netzwerk besteht derzeit aus weltweit etwa 64 Messstationen (<http://www.bsrn.awi.de/>). BSRN hat das Ziel, Referenzdaten für die bodennahe Strahlung zu liefern. Somit können zum Beispiel Satellitendaten durch Messungen am Boden überprüft und in Zukunft für Wetter- und Klimamodelle weltweite, flächendeckende Strahlungsdaten von Satelliten verwendet werden statt einzelner Stationsmessungen.

Erfasst wird neben der kurzwelligen auch die langwellige Strahlung. Die Abtastung der Messwerte erfolgt ein Mal pro Sekunde, woraus Minutenmittelwerte, Minimum, Maximum und Standardabweichung gebildet und abgespeichert werden. Gemessen wird die direkte Sonnenstrahlung (Pyrheliometer), die kurzwellig gestreute (diffuse) Himmelsstrahlung (abgeschattetes Pyranometer) sowie deren Summe, die Globalstrahlung (Pyranometer) und die langwellige Strahlung (oder Wärmestrahlung) der Atmosphäre (abgeschattetes Pyrgometer).

sicherstellt und andererseits der permanenten Abschattung des Pyranometers zur Messung der diffusen Strahlung und des Pyrgometers zur Messung der Wärmestrahlung dient. Eine strenge Datenqualitätskontrolle sorgt für maximale Datenqualität und möglichst kurze Unterbrechungen der Messreihen.

Derzeit werden an der ZAMG aus den Daten von 4 ARAD Stationen (Sonnblick, Innsbruck, Wien, Graz) in Kombination mit Gelände-, Satelliten, Wettermodell- und weiterer Messdaten unterschiedlichste Anwendungen entwickelt. Die ARAD-Daten sind zum einen für die Wetter- und Klimaforschung sehr wichtig, um regionale Vorhersagemodelle zu testen und zu verbessern. Zum anderen eröffnen sie eine neue Dimension bei vielen praktischen Anwendungen. Zum Beispiel können damit in Zukunft Standortanalysen und Ertragsprognosen für Solaranlagen sowie Gutachten zur Blendwirkung von großen Glasflächen und Photovoltaik-Modulen mit sehr hoher regionaler Genauigkeit gemacht werden. Ein weiterer Schwerpunkt liegt in der besseren Simulation des Auf- und Abbaus der Schneedecke mit einem sog. Schneedeckenmodell (SNOWGRID).



Abbildung 1: ARAD/BSRN Station Sonnblick: Sonnenfolger mit den verschiedenen Strahlungsmessgeräten.

Die Sensoren sind auf einem Sonnenfolger montiert (Abbildung 1), der einerseits für die exakte Nachführung entsprechend der Sonnenbahn sorgt und damit die kontinuierliche Ausrichtung des Pyrheliometers zur Messung der direkten Strahlung



Foto: H. Scheer

Das ARAD Messnetz ist eine Kooperation der ZAMG mit den Universitäten Innsbruck und Graz sowie der Universität für Bodenkultur in Wien.

Weitere aktuelle Informationen über ARAD sind hier zu finden: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/forschung/klima/datensaetze/arad>

Eine wissenschaftliche Publikation über ARAD finden Sie hier: <http://www.atmos-meas-tech-discuss.net/amt-2015-255/>

**Autor:**  
M. Olefs  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien

**Ansprechpartner:**  
Marc Olefs  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik  
Hohe Warte 38, 1190 Wien, Österreich  
Tel.: +43 (1) 36026 2233  
E-Mail: [marc.olefs@zamg.ac.at](mailto:marc.olefs@zamg.ac.at)





## Virtuelles Alpenobservatorium (VAO)

Michael Bittner, Martin Frede, Annett Bartsch

Der Forschungsverbund „Virtuelles Alpenobservatorium“ vernetzt Klima- und Umweltbeobachtung der alpinen Höhenforschungsstationen. Schwerpunkte sind die Themen Atmosphäre, alpine Umwelt und alpiner Wasserhaushalt. Das Sonnblick Observatorium ist assoziierter Partner dieser Initiative, welche vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz gefördert wird.

Ziel von VAO ist es, die Klimaforschung in den Alpen gemeinsam mit den alpinen Höhenforschungsstationen grenzüberschreitend und auf Basis vergleichbarer Daten voranzutreiben. Die wissenschaftliche Leitung liegt bei der Universität Augsburg (Institut für Physik, Professur für Atmosphärenfernerkundung). Im Forschungsverbund VAO kooperieren folgende Partner:

Umweltforschungsstation Schneefernerhaus, DLR, Karlsruhe Institute of Technology, Helmholtz Zentrum München, Technische Universität München, Ludwig-Maximilian-Universität, Universität Augsburg, das Max Planck Institut für Dynamik und Selbstorganisation und das Leibniz-Rechenzentrum der Bayerischen Akademie für Wissenschaften (LRZ).



Weitere assoziierte Partner sind die Internationale Stiftung Hochalpine Forschungsstation Jungfrauoch & Gornergrat (Schweiz), das Höhenobservatorium Sonnblick (Österreich), die Europäische Akademie Bozen (EURAC; Italien) und das Observatorium Haute Provence (Frankreich). Das administrative und finanzielle Projektmanagement wird von der Bayerischen Forschungsallianz und dem Bifa Umweltinstitut durchgeführt.

Vorhandene und künftige Messdaten sollen in einem zentralen Alpine Environmental Data Analysis Center (AlpEnDAC) zusammengeführt werden. Die informationstechnische Vernetzung des AlpEnDAC mit dem WMO/ICSU-Weltdatenzentrum für Fernerkundung der Atmosphäre in Oberpfaffenhofen (WDC-RSAT) und dem LRZ in Garching wird den Zugriff auf weitere relevante Daten (z.B. satellitenbasierte Messungen) und komplexe numerische Computermodelle ermöglichen.

Vom 27. bis 30. Oktober 2015 lud der Forschungsverbund VAO zu einem internationalen Symposium nach Salzburg ein. Die Veranstaltung bot der Höhenforschungsgemeinschaft ein ideales Forum, um sich über aktuelle Entwicklungen in VAO zu informieren, Ideen auszutauschen, zukünftige Forschungsthemen zu identifizieren und sich besser zu vernetzen.

Schwerpunkte von VAO sind:

- Vernetzung der Höhenforschungsstationen im IT-Bereich, einschließlich Qualitätssicherung und der Services „data-on-demand“, „computing-on-demand“ und „operating-on-demand“.
- Definition und Durchführung gemeinsamer grundlagen- und anwendungsorientierter Forschungsprojekte zu den Themen Klimawandel und -anpassung.
- Wissenschaftliches Begleiten von Klima- und Umweltinitiativen.
- Liefern von Informationen im Hinblick auf Energiewende und Naturgefahren.
- Verbesserung des Hochwasserschutzes.
- Besseres Abschätzen der Wasserressourcen während sommerlicher Trockenphasen.
- Sicherung der touristischen Nutzung der Alpen wie etwa des Wintersports.
- Schaffung eines erweiterten internationalen Forschungskonsortiums im Rahmen einer Beteiligung am europäischen Forschungsprogramm „Horizon 2020“.

### Autoren:

Michael Bittner<sup>1</sup>, Martin Frede<sup>2</sup>, Annett Bartsch<sup>3</sup>

1) Universität Augsburg, Deutschland

2) BayStMUV, München, Deutschland

3) Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien

### Ansprechpartner:

Andrea Reiter

Bayerische Forschungsallianz GmbH

[www.bayfor.org](http://www.bayfor.org)

Tel.: +49 89 9901888-121

E-Mail: [reiter@bayfor.org](mailto:reiter@bayfor.org)



## INTERACT

Annett Bartsch

Viele wissenschaftliche Fragestellungen erfordern Messungen an einer Reihe von Standorten bzw. in Regionen welche schwierig zugänglich sind. INTERACT wurde initiiert, um die Nutzung von Stationen für die terrestrische Ökosystemforschung in der Arktis und im Hochgebirge der nördlichen Hemisphäre auf internationaler Ebene zu unterstützen bzw. deren Zugänglichkeit zu verbessern. Das Sonnblick Observatorium ist Bestandteil dieses Netzwerkes.

Die Implementierung von INERACT erfolgte durch Finanzierung aus dem 5. Rahmenprogramm der EU. Zu Beginn lag der Fokus auf der Arktis. Es wurde ein Stationskatalog erstellt, welcher mittlerweile auch auf Observatorien im Hochgebirge ausgeweitet wurde. Derzeit umfasst das Netzwerk mehr als 70 Stationen.



Abbildung 1: Das INTERACT Stationsnetzwerk (Quelle <http://www.eu-interact.org>)

Zu den Hauptzielen zählt die Stärkung der Kompetenz für terrestrische Ökosystemforschung und -monitoring. Dies trägt zur Förderung der Fähigkeit Umweltveränderungen zu identifizieren, zu verstehen, vorherzusagen und darauf zu reagieren bei.

Aktivitäten an den Stationen umfassen die Themen Glaziologie, Hydrologie, Permafrost, Biodiversität, Biogeochemie, Ökologie, Klimaforschung und Geisteswissenschaften.

Der 2015 publizierte Stationskatalog enthält ausführliche Beschreibungen zu den Stationen einschließlich der verfügbaren Daten und Infrastruktur. Damit wird die Initialisierung von Observatorien- und länderübergreifenden Forschungsprojekten gefördert.

INTERACT trägt zur „Gruppe Erdbeobachtung“ (Group on Earth Observations) bei und somit auch zum Global Earth Observation System of Systems (GEOSS). Dieses „System der Systeme“ soll alle bestehenden Systeme der Erdbeobachtung so vernetzen, dass ein optimaler Nutzen für die Teilnehmerländer und ihre Bürger und Wirtschaftstreibende entsteht.

Ein wichtiger Bestandteil von INTERACT ist das Forum für Stationsmanager. Es bietet die Möglichkeit Herausforderungen für die Forschung, Monitoringsysteme und das Management von Observatorien in diesen schwer zugänglichen Regionen und unter extremen Umweltbedingungen zu diskutieren.



Abbildung 2: INTERACT Publikationen 2015 (Quelle <http://www.eu-interact.org>)

### Autorin:

A. Bartsch  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien

### Ansprechpartner:

Annett Bartsch  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik  
1190 Wien, Hohe Warte 38, Österreich  
Tel.: +43 1 36026 2290  
E-Mail: [annett.bartsch@zamg.ac.at](mailto:annett.bartsch@zamg.ac.at)

## Arbeiten und Leben in 3.106 m Seehöhe

Elke Ludewig

**Mit Mai 2016 wurden die Arbeitsressourcen am Sonnblick neu strukturiert. Neben zahlreichen helfenden Händen und Unterstützern, die den Observatoriumsbetrieb erst ermöglichen, hat sich ein neues Kernteam rund um das Sonnblick-Observatorium gebildet.**

Das Sonnblick Observatorium ist das ganze Jahr über rund um die Uhr besetzt. Das Kernteam setzt sich aus vier Hauptbeobachtern, drei Ersatzbeobachtern, mehreren Technikern für Infrastruktur, EDV und Messtechnik, einem Seilbahnbetriebsleiter und der Observatoriumsleitung zusammen. Zwei Beobachter sind stets am Observatorium stationiert, wobei man die Bezeichnung „Beobachter“ nicht missverstehen sollte! Unsere Beobachter vor Ort sind das Herzstück des Observatoriums. Neben den Wetterbeobachtungen unterstützen sie das Monitoring und Forschungsprojekte durch Kontrolle, Pflege und Wartung von Instrumenten, sowie der ganzen Stationstechnik. Sie unterstützen bei größeren Wartungsarbeiten, beim Aufbau von neuen Anlagen und bedienen die Seilbahn um Forscher und ihr Equipment die Anreise zu vereinfachen. Dabei darf man nicht die körperliche Belastung unterschätzen, die das Arbeiten in über 3000 m Höhe mit sich bringt. Regelmäßige Trainings und Fortbildungen halten das Team fit.

Unsere Techniker überprüfen, sowohl am Berg, als auch von Salzburg und Wien aus die Messanlagen und Infrastruktur. Vorgesehene Kontrollen am Gebäude und der Seilbahn müssen vorschriftsmäßig in einem bestimmten Zeitrahmen durchgeführt werden. Die Koordination dieser bedarf bei der starken Wetterabhängigkeit einer flexiblen Herausforderung.

Auch wenn zahlreiche Messgeräte verschiedenen Institutionen und Forschungseinrichtungen zu gewiesen werden, so ist das Kernteam stets bemüht auch institutsfremde Anlagen und Messungen nach fachgerechter Einführung durch die Eigentümer zu kontrollieren und durchzuführen. Die Tatsache, dass das Kernteam stets schnell vor Ort sein kann, ermöglicht es erst eine Vielzahl von Projekten am Sonnblick zu beheimaten. Diese Vielschichtigkeit macht das Sonnblick Observatorium neben der exponierten Lage für Forschungen sehr reizvoll.

Neben dem Observatoriums- und Forschungsauftrag sind wir aber auch stets bemüht, dem interessierten Publikum einen Einblick in unsere Arbeitswelt zu geben und ermöglichen nach Absprache Führungen durch die Räumlichkeiten des Observatoriums an. Wir freuen uns über jede Forschungs-idee und helfen bei der Umsetzung von Projekten am Sonnblick.



Das Sonnblick-Team vor Ort. Von links nach rechts die Hauptbeobachter: H. Scheer, L. Rasser, N. Daxbacher, M. Daxbacher.



Das Sonnblick-Team beim Beobachtertraining im Juni 2016 hinter der Aerosolmessanlage. von links nach rechts: L.Rasser, E.Ludewig, L. Hettegger, H. Scheer, T. Krumbholz, G. Schauer, N. Daxbacher. nicht am Bild M. Daxbacher, H. Tannerberger, A. Wiegele, A. Koller, M.Mair

### Autor:

E. Ludewig  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Salzburg

### Ansprechpartner:

Dr. Elke Ludewig  
Leiterin Sonnblickobservatorium  
Freisaalweg 16, 5020 Salzburg, Österreich  
Tel.: +43 (0)664 88 41 49 77  
E-Mail: elke.ludewig@zamg.ac.at



## **DER HOHE SONNBLICK mit 3.106 M HÖHE**

**Im Alpenhauptkamm an der Grenze zwischen den österreichischen Bundesländern Kärnten und Salzburg. In exponierter Lage befindet sich auf dem steilen Gipfel das Sonnblick Observatorium und die alpine Schutzhütte Zittelhaus.**



# IM FOKUS – DAS SONNBLICK OBSERVATORIUM

Forschung in luftiger Höhe, eine Herausforderung an  
Mensch und Technik seit 130 Jahren.