

Umweltforschungsstation Schneefernerhaus | Zugspitze

Zentrum für Höhen- und Klimaforschung in Bayern

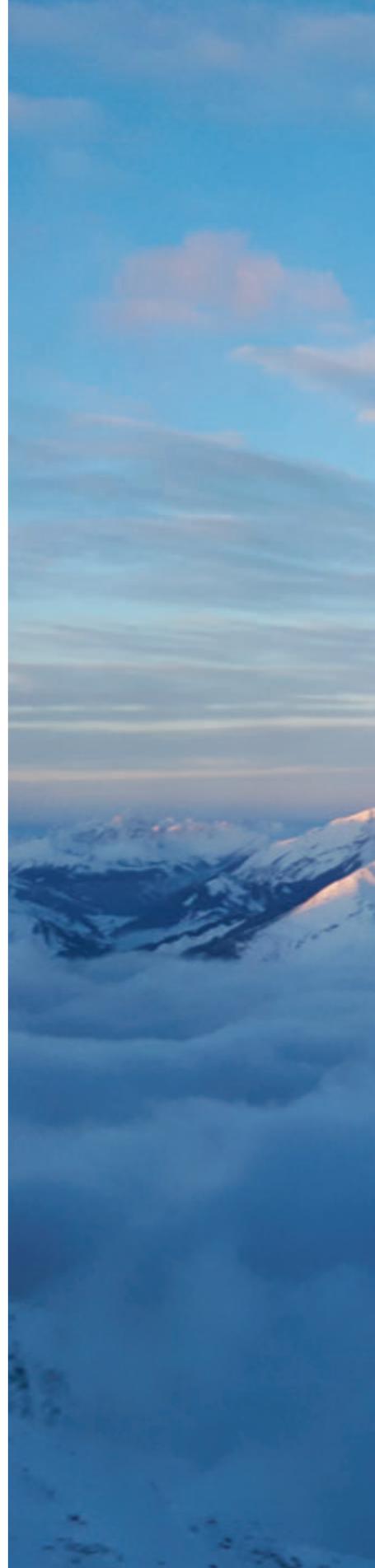


Umwelt
Forschungsstation
Schneefernerhaus

| Inhalt |

Umweltforschungsstation Schneefernerhaus (UFS) | Zugspitze

Umweltforschungsstation Schneefernerhaus (UFS) 	4
Konsortialpartner 	7
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)	10
Deutscher Wetterdienst (DWD)	12
Helmholtz Zentrum München (HMGU)	14
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	16
Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU)	18
Max-Planck-Gesellschaft München (MPG)	20
Technische Universität München (TUM)	22
Universität Augsburg (UAU)	24
Umweltbundesamt (UBA)	26
Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)	28
Umweltforschungsstation Schneefernerhaus (UFS) 	30
Die UFS als Forschungsstation und Tagungszentrum	30
Die UFS im internationalen Umfeld	32
Die UFS als Bildungseinrichtung	34
Impressum 	38





Umweltforschungsstation Schneefernerhaus (UFS)

International vernetztes Kompetenzzentrum für Höhen- und Klimaforschung

Die Umweltforschungsstation Schneefernerhaus (UFS) liegt auf 2650 Metern Höhe auf der Südseite der Zugspitze knapp unterhalb des Gipfels und ist somit die höchstgelegene Umweltforschungsstation Deutschlands.

Das Gebäude wurde in den dreißiger Jahren als Hotel und Endbahnhof der damals auch neu erbauten Zahnradbahn gebaut, und wurde in den folgenden Jahrzehnten viel von Touristen und Skifahrern besucht. Nach der Eröffnung des günstiger gelegenen Sonnalpin im Jahr 1986, nahmen die Besucherzahlen im Hotel Schneefernerhaus jedoch immer mehr ab, sodass Anfang der neunziger Jahre der Betrieb eingestellt werden musste. In den Folgejahren hat der Freistaat Bayern das Gebäude zu einer Umweltforschungsstation umgebaut, die dann 1999 in Betrieb genommen wurde.

Derzeit betreiben in der UFS neun renommierte Forschungseinrichtungen permanente Studien und bilden mit dem Freistaat Bayern die Konsortialpartner der Station. Sie nutzen das zwölfstöckige Gebäude und die Terrassenflächen zur Messung verschiedenster Parameter die zur Beantwortung hochakuter und innovativer Forschungsfragen dienen. Interdisziplinär forschen sie schwerpunktmäßig an Themen zum System Atmosphäre, Biosphäre, Hydro- und Kryosphäre und Gesundheit. Die UFS ist jedoch nicht nur diesen Forschungsgruppen vorbehalten: Jede Einrichtung hat die Möglichkeit sich mit



[1]

einem Projekt zu bewerben und ihre Studien hier oben durchzuführen. So kommt es, dass seit 2007 neben den Konsortialpartnern bereits über 50 weitere Gruppen wissenschaftlich tätig waren.

Seit 2007 ist die Betriebsgesellschaft UFS GmbH (BG UFS GmbH) für die Station verantwortlich. Sie besteht aus zehn Mitarbeitern aus den Bereichen Forschung, Ingenieurwesen, Veranstaltungsmanagement und Öffentlichkeitsarbeit, welche tagsüber dauerhaft vor Ort sind. Die BG UFS GmbH versteht sich als neutraler Servicepartner der Wissenschaft im Hinblick auf eine national wie international genutzte hochalpine Mess- und Experimentierplattform. Sie konzentriert sich dabei insbesondere auf das Gebäudemanagement als notwendigen Bestandteil eines reibungslosen wissenschaftlichen Betriebs. Dabei liegen die Aufgabenschwerpunkte in erster Linie bei der Betreuung und Führung von Forscher- und Besuchergruppen, der Organisation von Übernachtungsgästen und der Wartung und Instandhaltung der Forschungseinrichtungen.

Die Geschäftsstelle der BG UFS GmbH ist beim Geschäftsbesorger bifa Umweltinstitut, Augsburg, eingerichtet, in der seit 01.01.2007 alle zentralen Organisations- und Verwaltungsaufgaben der Betriebsgesellschaft gebündelt werden. Die Geschäftsstelle steht bei allen Fragen des laufenden Betriebs zur Verfügung.

| 1 | [Werbeposter aus den 1930er-Jahren](#)

| 2 | [Skitouristen beim Aufstieg zum Schneefernerhaus](#)

| 3 | [Speisesaal im ehemaligen Hotel Schneefernerhaus](#)



| 2 |



| 3 |

Gesellschafter der BG UFS GmbH sind der Freistaat Bayern (vertreten durch das Bayerische Staatsministerium der Finanzen, für Landesentwicklung und Heimat und dem Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz), die Marktgemeinde Garmisch-Partenkirchen, der Landkreis Garmisch-Partenkirchen und die Gemeinde Grainau.

In den letzten Jahren hat die BG UFS GmbH damit begonnen, gemeinsam mit Forschungspartnern, auch selber wissenschaftliche Projekte durchzuführen. Ziel dieser Projekte ist es, die Palette an Angeboten für die Wissenschaftler weiter auszubauen. So wurde zum Beispiel von Herbst 2015 bis April 2016 eine Machbarkeitsstudie zur Anwendung von UAVs

(Unmanned Aerial Vehicles) auf der Station durchgeführt. Die UAVs können mit unterschiedlichen Sensoren ausgestattet werden, und erweitern somit die Messmöglichkeiten durch eine mobil einsetzbare Messplattform.

| 1 | [Die Umweltforschungsstation Schneefernerhaus 2019](#)

| 2 | [UFS von Osten](#)



[1]



Die Konsortialpartner im Überblick



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)



Deutscher Wetterdienst (DWD)

HelmholtzZentrum münchen

Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt

Helmholtz Zentrum München (HMGU)



Karlsruher Institut für Technologie (KIT)



Ludwig-Maximilians-Universität (LMU)



Max-Planck-Gesellschaft München (MPG)



Technische Universität München (TUM)



Universität Augsburg (UAU)



Umweltbundesamt Dessau-Roßlau (UBA)



Freistaat Bayern (BY)





Instrumente auf der Terrasse im 5. Obergeschoss



| 1 |

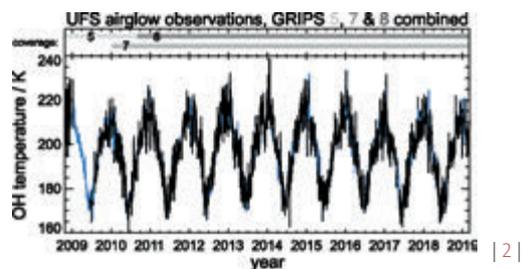
| Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) |

Die Aktivitäten des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) im Schneefernerhaus umfassen Beobachtungen mit bodengebundenen Instrumenten zur Beobachtung der Atmosphäre, die Koordination des internationalen Netzwerkes zur Beobachtung von Veränderungen im Höhenbereich von etwa 80 bis 100 Kilometern Höhe (NDMC), die Leitung des Virtuellen Alpenobservatoriums (VAO), die Mitwirkung beim Aufbau und Betrieb des Alpine Environmental Data Analysis Center, AlpEnDAC, sowie die Entwicklung des bioklimatischen Informationssystems BioCLiS.

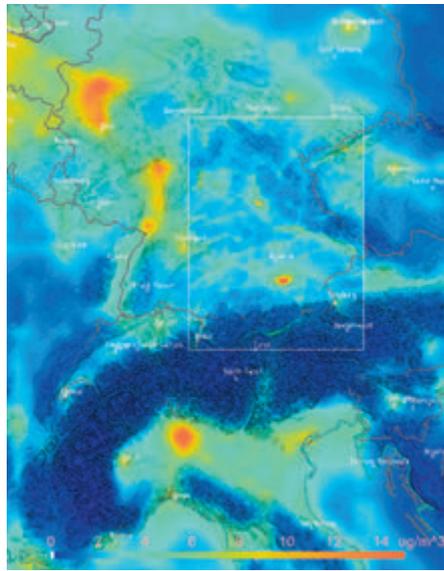
Messungen in der Atmosphäre werden in verschiedenen Höhenbereichen der Atmosphäre durchgeführt. Mit Atmosphärenspektrometern (GRIPS) und bildgebenden Infrarotkameras (BAIER, FAIM) wird die Strahlung des sogenannten Luftleuchtens („Airglow“) gemessen. Die Strahlung wird von Hydroxyl-(OH-)Molekülen ausgesendet, die in etwa 83 bis 90 Kilometer Höhe eine Schicht bilden. Verfolgt werden einerseits grundlagenwissenschaftliche Fragestellungen: wie und warum ändern sich die Temperatur und die Strömungseigenschaften in der Atmosphäre? Welche Rolle spielen dabei natürliche Einflüsse (z. B. Sonnenaktivität) und wie groß ist der Anteil der beobachteten Veränderungen durch menschgemachte Aktivitäten? Wie erfolgt die Kopplung verschiedener Höhenbereiche in der

Atmosphäre durch sogenannte planetare Wellen, Schwerewellen, Infraschall und durch Turbulenz? Andererseits geht es um die Umsetzung dieser Technologien in die Anwendung: wie können extreme Wettersituationen (z. B. Vb-Zyklone), vulkanische Aktivität und Tsunamis möglichst frühzeitig erkannt werden? Ein internationales und weltweites Netzwerk derartiger Messungen (NDMC; <https://ndmc.dlr.de>) wird durch das DLR vom Schneefernerhaus aus koordiniert. Die Messungen werden in enger Kooperation mit der Professur für Atmosphärenfernerkundung (Professor Michael Bittner) am Institut für Physik der Universität Augsburg durchgeführt; sie tragen zum Weltklimaforschungsprogramm der Weltmeteorologischen Organisation bei.

Ein weiterer Schwerpunkt der Messaktivitäten des DLR ist die Untersuchung von Wolken in den unteren Stockwerken der Atmosphäre. Diese schatten die Erdoberfläche von der Sonnen-



| 2 |



| 4 |

einstrahlung ab und spielen damit eine zentrale Rolle im Klimageschehen. Die Frage, wie sich Wolken zusammensetzen und sich insbesondere unter dem Einfluss von Aerosolen bilden, ist noch immer nicht vollständig verstanden. Mit der Beobachtung von Wolken geht auch die Beobachtung von Niederschlag einher. Das DLR setzt hierzu in der Umweltforschungsstation seit dem Jahr 2011 ein spezielles **meteorologisches Radar** ein. Dessen Beobachtungen erlauben Rückschlüsse auf das Strömungsverhalten, die Strahlungswirksamkeit sowie den Flüssigkeits- und Eisgehalt von Wolken. Die Messungen dienen im Verbund mit ergänzenden anderen Messungen insbesondere der Evaluierung numerischer Wettermodelle und der Validation satellitenbasierter Messungen.

Das Alpine Environmental Data Analysis Data Center (AlpEnDAC; www.alpendac.eu/) stellt das informationstechnische Rückgrat des **Virtuellen Alpenobservatoriums (VAO; www.vao.bayern.de/)** dar. In VAO haben sich verschiedene Einrichtungen aus den Alpenstaaten und weiteren assoziierten



| 3 |

- | 1 | Wolkenradar MIRA-36
- | 2 | Die ersten 10 Jahre der Temperaturmessungen von der UFS aus im Bereich der OH-Airglowschicht (schwarz). Seit 2010 werden an der UFS aus Gründen der Ausfallsicherheit zwei Instrumente simultan betrieben. Verbleibenden Datenlücken sind bedingt durch meteorologische Bedingungen. In Blau ist das Zehnjahresmittel gezeigt.
- | 3 | Globale Verteilung der NDMC-Stationen: viele Stationen liefern ihre Daten in naher Echtzeit an das Weltzentrum für Fernerkundung der Atmosphäre (grün), andere haben den Fokus auf Kampagnenmessungen (pink), einige sind mit einer Vielzahl von Instrumenten ausgerüstet (verschiedenen Farben). Das Schneefernerhaus liegt mit seinen Messungen im Zentrum des dichtesten Teils des Netzwerkes.
- | 4 | Bodennahe Konzentration von Stickstoffdioxid (NO₂) für den Juli 2018, wie sie mit dem POLYPHEMUS/DLR-Modell berechnet wurde.

Staaten zusammengeschlossen, um gemeinsam umweltrelevante wissenschaftliche Fragestellungen im Alpenraum zu untersuchen. In Kooperation mit dem Leibniz Rechenzentrum, der Universität Augsburg (Professur für Atmosphärenfernerkundung), der UFS GmbH sowie der bifa GmbH leistet das DLR einen Beitrag zum Aufbau und zum Betrieb des AlpEnDAC. Innovative Ansätze wie „computing-on-demand“, „operating-on-demand“ und „data-on-demand“ werden hier implementiert; Verfahren aus den Bereichen des High Performance Computing (HPC) sowie der High Performance Data Analysis (**HPDA**) kommen zum Einsatz.

Umwelteinflüsse beeinträchtigen die menschliche Gesundheit.

In enger Kooperation mit der Universität Augsburg (Professur für Atmosphärenfernerkundung), dem Leibniz-Rechenzentrum, dem UNIKA-T und der UFS GmbH arbeitet das DLR an einem **bioklimatischen Informationssystem (BioCliS)**. Dieses System soll als Service der UFS das menschliche Gesundheitsrisiko aufgrund verschiedener sogenannter Umweltstressoren (Luftqualität, Strahlung, meteorologische Einflüsse, Pollen, Lärm) in Bayern und im Alpenraum ermitteln können. Eingesetzt und weiterentwickelt werden hier das gekoppelte numerische Wetter-Chemie-Transport-Modell WRF/POLYPHEMUS, satellitenbasierte und bodengebundene Messungen sowie Informationen aus Emissionskatastern. Zur Bestimmung der Reizantwort des menschlichen Organismus auf Umwelteinflüsse.



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

www.dlr.de





| 1 |

| Deutscher Wetterdienst (DWD) |

Wie verändern menschliche Aktivitäten die Zusammensetzung der Atmosphäre? Wichtige Indikatoren sind die Konzentration von Teilchen, z. B. Ruß oder Staub, und von Spurengasen Schwefeldioxid (SO₂) etwa entsteht hauptsächlich durch die Verbrennung fossiler, schwefelhaltiger Energieträger wie Erdöl und Braunkohle, während Ozon (O₃) im Zusammenspiel mit Sonnenlicht aus Abgasen gebildet wird Die Konzentration und die Größenverteilung der Partikel ändern sich durch die Emissionen aus Verkehr, Heizung und Industrieproduktion – aber auch durch Vulkanausbrüche, Waldbrände oder den „Ferntransport“ von Saharastaub.

Gemeinsam mit dem Umweltbundesamt betreibt der Deutsche Wetterdienst (DWD) am Schneefernerhaus eine Station im Netz des Global-Atmosphäre-Watch-Programms (GAW) Schwerpunkt der DWD-Aktivitäten sind Messungen der Partikelanzahl, der Partikelgrößenverteilung sowie der Ozon- und Schwefeldioxidkonzentrationen.

Dazu kommt die Erfassung von Radionukliden und der Vertikalverteilung von weiteren Spurenstoffen. Außerdem beobachtet der DWD auf der Zugspitze ganz klassisch auch das Wettergeschehen und liefert Messdaten zu Wind, Luftdruck, Temperatur, Niederschlag und Bewölkung. Die kontinuierlichen

Messungen des DWD auf der UFS tragen dazu bei, die Zusammensetzung der Atmosphäre zu beobachten – und Klimaänderungen frühzeitig zu erkennen.

Seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 2001 konnten die Wissenschaftler keinen klaren Trend für eine höhere oder geringere Teilchenkonzentration feststellen. Allenfalls ist eine Tendenz zu niedrigeren Partikelzahlen zu beobachten, die auf erste Erfolge der auf EU-Ebene eingeleiteten Luftreinigungsmaßnahmen hinweisen. In der Regel ist die Partikelanzahl im Sommer höher als im Winter, da dann warme, partikelreiche Luftmassen aus den Tälern bis zur Höhe der UFS aufsteigen Besonders viele Teilchen spürten die Wissenschaftler im Frühjahr 2010 auf, nachdem der isländische Vulkan Eyjafallajökull ausgebrochen war.

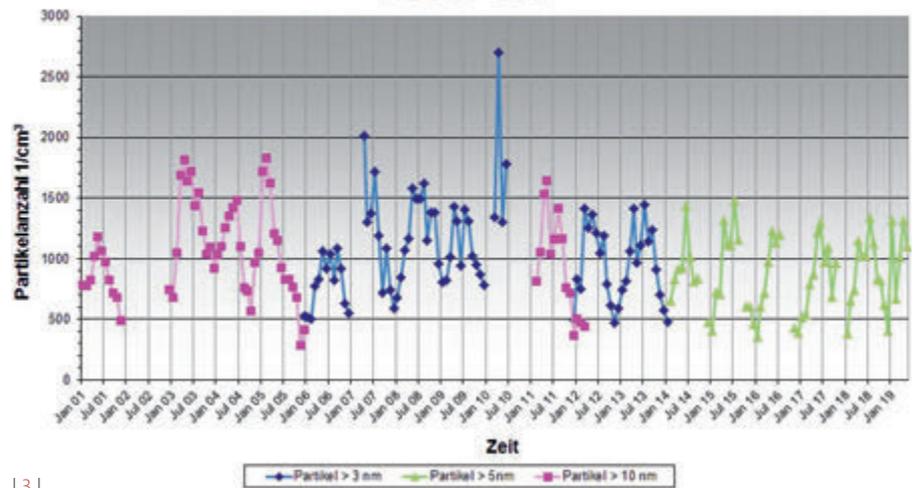
Die Ozonmessungen startete der DWD im Jahr 2000. Da O₃ photochemisch, d. h. unter dem Einfluss von Sonnenlicht, gebildet wird, steigen die Ozonwerte im Sommer regelmäßig an. Insgesamt nimmt das bodennahe Ozon leicht ab eine Entwicklung, die auch von anderen Messeinrichtungen beobachtet wird. Die seit dem Jahr 2002 gemessenen Schwefeldioxid-Konzentrationen sind auf niedrigem Niveau stabil. Lediglich 2005 gab es einen Ausreißer nach oben, der allerdings nichts mit dem Klima zu tun hat: Verantwortlich dafür waren



| 2 |

Baumaßnahmen im Umfeld der Station Im Frühjahr 2010 allerdings sorgte der isländische Vulkan Eyjafallajökull für erhöhte SO_2 -Konzentrationen und im September 2014 wurden kurzzeitig erhöhte SO_2 -Konzentrationen aufgrund der Aktivitäten des ebenfalls auf Island befindlichen Vulkans Bárðarbunga gemessen. Diese Beispiele zeigen, wie wichtig kontinuierliche Beobachtungen generell sind: Nur so lassen sich kurzzeitige Schwankungen von echten, langfristigen Klimatrends unterscheiden

Monatsmittelwerte der Partikelanzahl
UFS 2001 - 2019



| 3 |

| 1 | Ceilometer des DWD

| 2 | Gammaskpektrometrie des DWD

| 3 | Verlauf der Feinstaubmessungen von 2001–2019





| 1 |

| Helmholtz Zentrum München (HMGU) |

Das Helmholtz Zentrum München betreut auf dem Schneefernerhaus ein Messlabor mit einem Referenzstrahlenfeld für hochenergetische Neutronen. Derartige Neutronen entstehen bei der modernen Protonen- bzw. Kohlenstoff-Krebstherapie als unerwünschte Sekundärteilchen, wo sie zur zusätzlichen Strahlenexposition von Patienten beitragen. In der Atmosphäre werden derartige sekundäre Neutronen durch ähnliche physikalische Prozesse über die Wechselwirkung von hochenergetischen Protonen der primären kosmischen Strahlung mit den Molekülen der Atmosphäre erzeugt.

Mit dem auf dem Schneefernerhaus betriebenen Neutronen-Spektrometer können sowohl kurzzeitige Schwankungen der Neutronenintensität als auch die Energie der Neutronen gemessen werden. Ziel ist es, mit diesen Messungen Simulationsrechnungen der kosmischen Strahlung in der Atmosphäre zu überprüfen. Dazu wird der Einfluss von Umweltparameter wie Schneehöhe, Niederschläge, Luftdruck etc. auf das Neutronenenergiespektrum untersucht. Damit kann zu einem beliebigen Zeitpunkt das Neutronen-Energiespektrum sowohl über Simulationen und über die Spektrometer-Messungen bestimmt werden und für Referenzmessungen von Instrumenten, die bei der Protonen- und Kohlenstofftherapie eingesetzt werden, herangezogen werden. Ein ähnliches mobiles Neutronen-Spek-

trometer wie das auf dem Schneefernerhaus wird vom HMGU zum Nachweis sekundärer Neutronen bei der Protonen- und Kohlenstoff-Therapie benutzt.

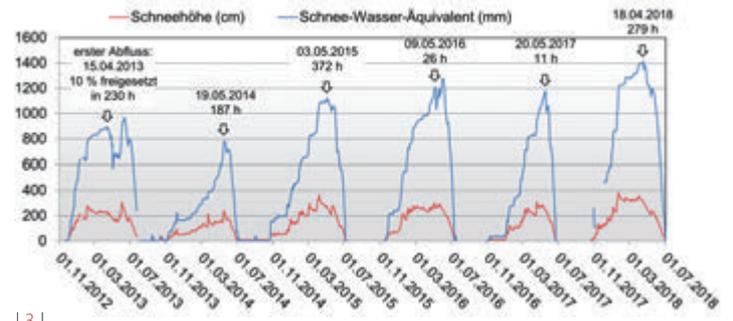
Bei genauer Kenntnis der kosmischen Strahlung zu einem beliebigen Zeitpunkt und an einem beliebigen Ort in der Atmosphäre lässt sich zudem die Strahlenexposition von fliegendem Personal (Piloten, Kabinenpersonal) berechnen.



| 2 |



- | 1 | Depositionssammler zur Messung von organischen Luftschadstoffen
- | 2 | Bonner Vielkugelspektrometer
- | 3 | Entwicklung der Schneedeckenparameter am Messfeld Zugspitzplatt (2.420 m ü. NN) seit 2012. Aus den Messwerten kann der Zeitpunkt der ersten Schneeschmelze bestimmt werden und die Dauer, bis 10 % der Schneedecke abgeschmolzen sind. Die ersten 10 % des Schmelzwassers enthalten i. d. R. >50 % der potentiell in der Schneedecke abgelagerten Radionuklide
- | 4 | Profilaufnahme und Schneeeprobenahme am Messfeld Zugspitzplatt



| 3 |

Ausbreitung von Radionukliden im Schnee

Um potenziell gesundheitsgefährdende Strahlenexpositionen der Bevölkerung in der Alpenregion zu bestimmen, wird der Transportpfad von Umweltradionukliden mit und im Schnee untersucht. Durch die Art des Niederschlags (Schnee, Regen) werden Radionuklide unterschiedlich stark aus der Atmosphäre ausgewaschen, die dann über den Winter in der Schneedecke angereichert werden und bei der Schneeschmelze in größeren Mengen ins Schmelzwasser und somit in Gebirgsbäche gelangen können. Mit einer Bilanzierung des Wasser- und Radionuklidhaushalts für das Zugspitzplatt können der genaue Zeitpunkt und die Menge der freigesetzten von Schadstoffen mit einsetzender Schneeschmelze bestimmt werden. In Zusammenarbeit mit Kollegen im Virtuellen Alpenobservatorium (EURAC Bozen) sollen die Ergebnisse mit Hilfe von Fernerkundungsdaten alpenweit extrapoliert werden.



| 4 |



| 1 |

| Karlsruher Institut für Technologie (KIT) |

Atmosphärischer Wasserdampf spielt eine Schlüsselrolle in der Klimaproblematik. Er ist für zwei Drittel des gesamten Treibhauseffekts verantwortlich. Die globale Erwärmung hat zur Folge, dass mehr Wasser verdunstet und damit mehr Wasserdampf entsteht. Dieser verstärkt dann den Treibhauseffekt.

Wasserdampf ist nach Einschätzung des Weltklimarats (IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change) ein Hauptunsicherheitsfaktor bei der Vorhersage des zukünftigen Klimas. Der Grund: Die künftige Stärke des durch den Wasserdampfgehalt der Atmosphäre bewirkten Treibhauseffekts kann noch nicht präzise genug beschrieben und damit nicht genau genug in die Vorhersagemodelle eingegeben werden.

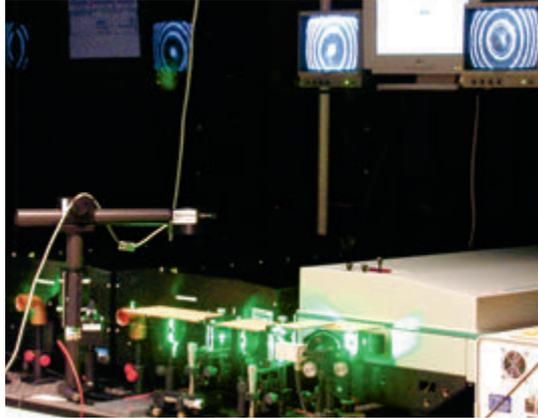
Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) führt dazu ein langfristig angelegtes Strahlungsexperiment durch, bei dem zwei Messgrößen sehr genau bestimmt werden: Der Wasserdampfgehalt der Atmosphäre und der Anteil der Wärme-(Infrarot-)Strahlung, der von diesem Wasserdampf auf die Erde zurückgestrahlt wird.

Aus dem gemessenen Wasserdampfgehalt rechnen die Wissenschaftler zunächst unter Nutzung der in den Klimamodel-

len verwendeten Maßzahlen für den Treibhauseffekt den sich ergebenden theoretischen Anteil der zurückgestrahlten Wärmestrahlung aus und vergleichen diesen anschließend mit dem tatsächlich gemessenen Anteil. Aus der Differenz ergibt sich dann der erforderliche Korrekturfaktor. Auf diese Weise können Unsicherheiten in Klimasimulationen entscheidend reduziert werden.

In Ergänzung zu diesen Studien untersucht das KIT auch die Langzeitveränderungen der Wasserdampfkonzentration in verschiedenen Atmosphärenschichten. Bisher am wenigsten erforscht ist die klimasensitivste Schicht, die Tropopausenregion mit der unteren Stratosphäre, weil es für diesen Höhenbereich bisher weltweit praktisch keine dafür geeigneten Messverfahren gab. Das mit Förderung durch das bayerische Umweltministerium an der Umweltforschungsstation Schneefernerhaus entwickelte Wasserdampf-Raman-LIDAR schließt diese Lücke. Mit 24 Kilometern ist seine Reichweite doppelt so groß wie die seines einfacheren Vorgängers.

Die nunmehr möglichen Trenduntersuchungen auch in diesem kritischen Höhenbereich werden ergänzt durch die solare Infrarot-Spektrometrie, die am Zugspitze-Gipfel im Rahmen des NDACC- und TCCON-Netzwerkes betrieben wird. Dieses Verfah-



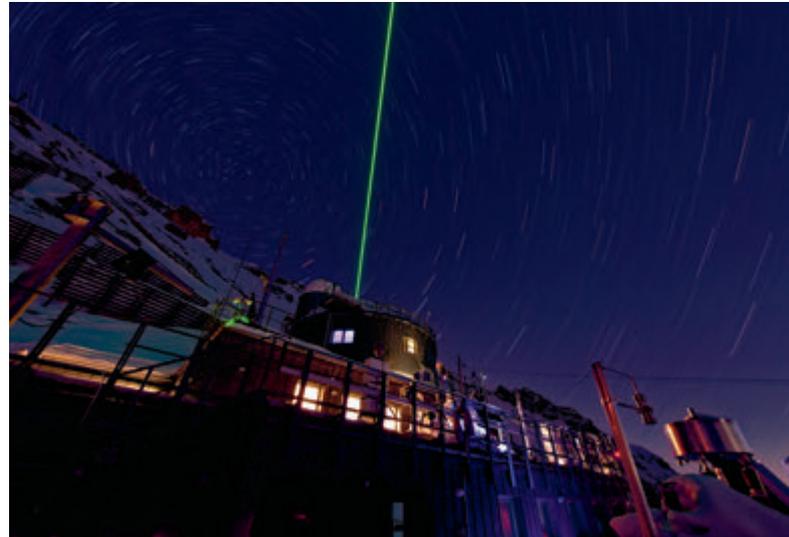
| 2 |



| 3 |

ren erlaubt es neben zahlreichen weiteren Klimagasen die Verteilung der Isotopenzusammensetzung von Wasserdampf zu quantifizieren und damit atmosphärische Transportprozesse zu erforschen.

Schwebeteilchen (Aerosole) und Wolken haben ebenfalls große Bedeutung für das Klima: Ihre Wechselwirkungen sind noch nicht hinreichend verstanden. Speziell die Aerosole werden hinsichtlich ihrer Zusammensetzung sowie Größe und Anzahl auch durch die anthropogenen Aktivitäten beeinflusst. Ihre Klimawirkung kann je nach Partikelbeschaffenheit kühlend oder wärmend ausfallen. Insbesondere versuchen die Wissenschaftler herauszufinden, wie Eiskristalle in Wolken wachsen und welche Rolle dabei die Temperatur und die Wasserdampfsättigung spielen – Schlüsselprozesse für das Entstehen von Niederschlag in unseren Breitengraden.



| 4 |

- | 1 | Raman-LIDAR auf der Turmterrasse im 9. Stock
- | 2 | Der optische Aufbau des DIAL-Systems
- | 3 | Messkuppel des DIAL-Systems
- | 4 | Der Laser-Strahl der Lidarmessungen am Schneefernerhaus reicht bis weit in die Stratosphäre





| 1 |

| Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU) |

Das Hochgebirgsklima stellt für den menschlichen Körper eine besondere Herausforderung dar. Neben der höhenbedingten Sauerstoffarmut wirken sich der erniedrigte Luftdruck, Temperaturextreme, Veränderungen der Luftfeuchtigkeit und Strahlungsexposition direkt und indirekt auf den menschlichen Organismus aus. Dieser kann sich mit Hilfe unterschiedlicher Mechanismen an die Bedingungen anpassen. In besonderer Weise betrifft dies die Lunge, welche mit jedem Atemzug direkt mit der Umwelt interagiert. Die Höhenmedizin der LMU München hat es sich zur Aufgabe gemacht die Auswirkungen der Höhenexposition auf den gesunden und erkrankten Organismus zu untersuchen und die Reaktion des Organismus besser zu verstehen. Der Schwerpunkt der Forschung liegt auf Untersuchungen praktisch relevanter Fragestellungen.

Hierzu zählen Untersuchungen wie Patienten mit Lungenerkrankungen (z. B. Asthma, COPD, Lungenhochdruck) auf die Hochgebirgseinflüsse reagieren und wie mögliche negative Auswirkungen verhindert oder gemindert werden können, aber auch positive Auswirkungen gezielt zur Verbesserung der Gesundheit genutzt werden können.

Auch die Untersuchung gesunder Probanden liefert wichtige Erkenntnisse bezüglich der Auswirkungen einer Höhenexposition und erweitert so das Verständnis auf die Anpassungsmechanismen des menschlichen Körpers, insbesondere der Lungen und des Lungenkreislaufs. Eine Besonderheit der UFS ist, dass durch die Höhenlage ähnliche Luftdruck- und Sauerstoffverhältnisse wie an Bord eines Langstreckenfluges herrschen. Somit können



| 2 |



| 3 |

Untersuchungen in der UFS als Modell für die Reaktionen bei einer Flugreise dienen, was die Bedeutung der gewonnenen Erkenntnisse erweitert. Spezielle Fragestellungen können in der UFS in einem gut erreichbaren und gut ausgestatteten Labor untersucht werden.

In der Vergangenheit erforschten Wissenschaftler außerdem – unter Nutzung u. a. der meteorologischen Daten des UFS Science Teams – in verschiedenen Regionen Bayerns, wie empfindlich Patienten mit Atemwegserkrankungen auf

verschiedene Wetterlagen reagieren. Dies wurde auch durch Untersuchungen von Patienten mit chronisch obstruktiven Lungenerkrankungen am Schneefernerhaus überprüft. Ein Fokus der Untersuchungen ist dabei der Einfluss des Klimas auf Menschen mit Atemwegs-, Herz-Kreislauf- sowie metabolischen Erkrankungen. Diese sprechen auf die zu erwartenden Klimaschwankungen besonders empfindlich an. Auswirkungen des Klimas insbesondere auf Menschen dieser Gruppe werden nun unter Aspekten des Tourismus in verschiedenen Regionen des Alpenraums analysiert.

| 1 | Föhnsturm

| 2 | Spirometrie und Stickstoffmonoxid-Bestimmung in der Ausatemluft, Asthma-Projekt 2019

| 3 | Messung der Lungenfunktion, Asthma-Projekt 2019



Ludwig-Maximilians-Universität (LMU)

www.uni-muenchen.de

Konsortialpartner





| 1 |

| Max-Planck-Gesellschaft (MPG) |

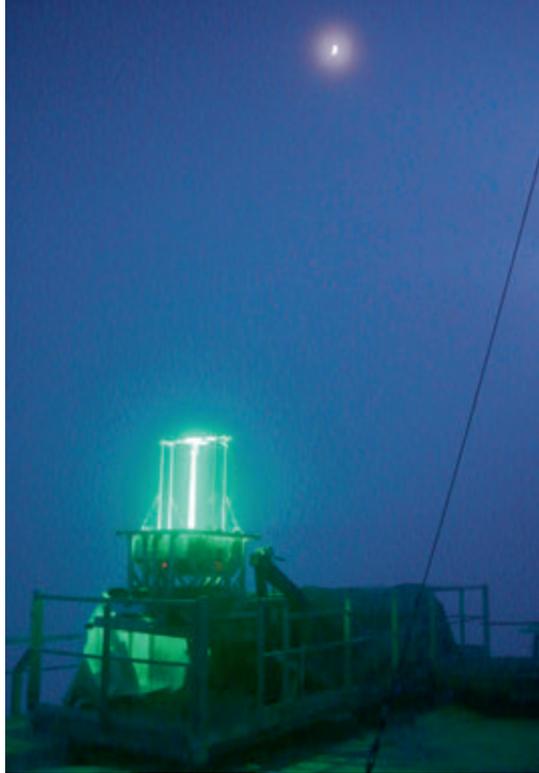
Es wird vermutet, dass Turbulenz in den Wolken die Kollisionsrate von Wolkentropfen signifikant erhöht und somit den Prozess des Tröpfchenwachstums wesentlich beschleunigt, was schließlich zu Regen führt. Die Möglichkeit, den Zeitpunkt des Regens vorherzusagen, wird in unserer klimatisch unsicheren Zukunft von zunehmender Bedeutung sein. Die Max-Planck-Gesellschaft führt an der Umweltforschungsstation Schneefernerhaus (UFS) Langzeit-In-situ-Experimente durch, um das komplexe Zusammenspiel zwischen Wolkenteilchen und dem turbulenten Luftstrom zu untersuchen und die Rate des Tropfenwachstums in Abhängigkeit von den turbulenten Eigenschaften besser zu quantifizieren. So können die Vorhersagen für Regen verbessert werden.

Regen tritt auf, wenn Wolkentropfen so groß werden, dass ihre Absetzgeschwindigkeit größer wird als die Geschwindigkeit des Aufwinds innerhalb der Wolke. Um aus den winzigen Mikrotropfen, die auf suspendierten Aerosolpartikeln kondensieren, auf diese Größe zu wachsen, müssen die Tropfen den sogenannten „Flaschenhals“ durchqueren. Innerhalb des Flaschenhals sind die Tropfen zu groß, um durch Kondensation effektiv zu wachsen, und ihre Größenverteilung ist zu eng, um ein kollisionales Wachstum aufgrund unterschiedlicher Gravitationssetzungen zu ermöglichen. Die starken Verwirbe-

lungen der Turbulenz führen zu Tröpfchenkollisionen innerhalb des Flaschenhalses, indem sie einerseits Tröpfchen zu Clustern bündeln und andererseits ihre Relativgeschwindigkeiten erhöhen, was wiederum Kollisionen bewirkt.

Um die Dynamik von Tröpfchen in Wolken zu untersuchen, hat das Institut für Dynamik und Selbstorganisation der MPG ein Lagrange-Partikelverfolgungssystem namens „die Wippe“ gebaut. Sie besteht aus einem kippbaren Satz von Schienen, auf denen ein beweglicher Tisch mit kontrollierter Geschwindigkeit gleiten kann. Auf dem Tisch ist eine Box mit drei Hochgeschwindigkeitskameras montiert. Sie besitzt einen Faserausgang für einen leistungsstarken Laser, der zur Beleuchtung der Tropfen verwendet wird. Aus den Aufnahmen der drei Kameras können die dreidimensionalen Tropfenbahnen mit mikrometrischer Genauigkeit rekonstruiert werden. Mit der Wippe können die Kameras mit einer Geschwindigkeit von bis zu 30 km/h mit dem mittleren Durchfluss mitfahren und so einzelne Tropfen auch bei Wind über einen längeren Zeitraum verfolgen.

Das UFS bietet aus drei Gründen einzigartige Bedingungen für die Durchführung dieses Experiments. Erstens ist es aufgrund seiner Lage oft in Wolken getaucht, was eine notwendige Voraussetzung ist. Zweitens lässt die lokale Topographie des



| 2 |

Tals den Wind hauptsächlich in West-Ost-Richtung wehen, was die technischen Herausforderungen für die Lagrangesche Partikelverfolgung vereinfacht. Schließlich bietet die Station genügend Platz für ein so großes Experiment mit dem entsprechenden Computercluster, das benötigt wird, um die Daten in den vom schnell wechselnden Bergwetter geforderten Raten zu speichern.

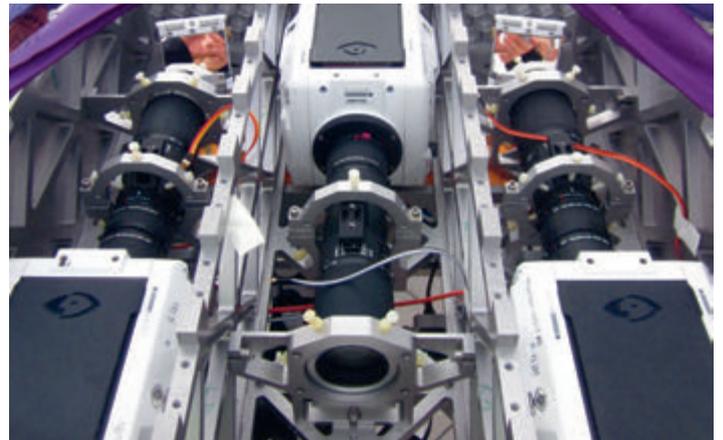
Mit dem Experiment kann die Statistik der räumlichen Verteilung der Tröpfchen und der relativen Geschwindigkeiten gemessen werden, die beiden Hauptkomponenten, die zur Berechnung der Kollisionsraten benötigt werden. Gleichzeitig wird mit einer Phase-Doppler-Interferometrie Sonde die Tröpfchengrößenverteilung und mit Ultraschallanemometern die relevanten Turbulenz-Eigenschaften gemessen. Obwohl dieses Thema in jüngster Zeit mit direkten numerischen Simulationen und Laborexperimenten aktiv untersucht wurde, kann man dieses Phänomen derzeit nur durch In-situ-Experimente an der entsprechenden Reynoldszahl untersuchen, einschließlich potenziell wichtiger Effekte von Tröpfchenladung und hydrodynamischen Wechselwirkungen. Das Schneefernerhaus ist dazu ideal geeignet.



| 3 |



| 4 |



| 5 |

- | 1 | Die Wippe bei einem Test 2017
- | 2 | Die Wippe während der Messung in einer dünnen Wolke. Der grüne Strahl wird verwendet um die Tröpfchen zu erleuchten.
- | 3 | Mast mit Anemometer: Es misst die Windgeschwindigkeit und die virtuelle Temperatur mit 10 Hz.
- | 4 | PDI-Probe während einer Messung: Dabei können Tröpfchen bis zu $0,5\mu\text{m}$ aufgenommen werden.
- | 5 | Montage von Hochgeschwindigkeitskameras des Max-Planck Instituts für Dynamik und Selbstorganisation. Das System kann einzelne Tröpfchen in Wolken filmen um ihre Bewegung und Dynamik zu ergründen.



Max-Planck-Gesellschaft München (MPG)

www.mpg.de





| 1 |

| Technische Universität München (TUM) |

Das übergreifende Forschungsthema an der Umweltforschungsstation Schneefernerhaus ist die Klima- und Atmosphärenforschung. Die Technische Universität München (TUM) befasst sich u. a. mit Langzeitmessungen verschiedener Treibhausgase, den Auswirkungen des Klimawandels auf die Biosphäre und die menschliche Gesundheit sowie dem Rückgang des Permafrosts als Risikofaktor im Alpenbereich.

Um die Quellen und Verteilung von Treibhausgasen zu ermitteln, messen Wissenschaftler der Professur Ökologikologie der TUM stabile Isotope im Kohlendioxid (CO₂) und Wasserdampf (H₂O) auf der UFS. Anhand dieser und Messungen anderer Forschergruppen lassen sich die Herkunftsgebiete der jeweiligen Luftmassen ermitteln und natürliche bzw. anthropogene Quellen von Luftschadstoffen identifizieren. In Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt (UBA) werden die Zeitreihen der Messdaten hinsichtlich ihrer Variationen und Trends analysiert sowie statistische Methoden für die Datenselektion zur Bestimmung der Hintergrundkonzentrationen entwickelt.

Wissenschaftler der TUM (Professur Ökologikologie, Zentrum Allergie und Umwelt / ZAUM, Lehrstuhl für Umweltmedizin / UNIKA-T) untersuchen auf der UFS interdisziplinär die Einflüsse des Hochgebirgsklimas auf Allergien und Umweltkrankheiten.

Denn mit dem Klimawandel nehmen allergische Krankheiten zu, da Pflanzen länger und intensiver blühen und weil neue, Allergie-auslösende Pflanzen einwandern. Sie betreiben Pollenfallen auf der UFS, im tiefer gelegenen Garmisch und an verschiedenen Stellen im Alpenvorland, um Verteilungsmuster und Transport von Pollen in verschiedenen Höhenlagen zu untersuchen.

Gebirgsregionen sind vom Klimawandel besonders betroffen, da die Temperatur im Vergleich zum Flachland deutlich stärker steigt. Die steilen, nach Norden ausgerichteten Bereiche der Zugspitze zählen zu den wenigen Orten mit Permafrost in Deutschland. Seit 2007 überwacht die Professur Analyse, Monitoring und Frühwarnung von Hangbewegungen der TUM den Permafrost im Kammstollen der Zugspitze. Dort wird dieses Vorkommen über eine Länge von 300 m durch Temperatursensoren und moderne geophysikalischen Methoden, wie der elektrischen Resistivitätstomographie, in seiner zeitlich-räumlichen Dynamik dokumentiert und überwacht. Diese langjährige Messreihe von Permafrost im steilen Hochgebirge ist von größter Bedeutung für die Beurteilung der Permafrostentwicklung im Zuge des Klimawandels und für Gefahreinschätzungen und Stabilitätsanalysen. Seit einigen Jahren ist auch das Institut für Astronomische und Physikalische Geodäsie der TUM mit der



- | 1 | Wissenschaftler der TU München im Kammstollen
- | 2 | Burkhard-Pollenfalle
- | 3 | Bohrung neue Temperaturlogger
- | 4 | UNIKA-T-Doktorandin des Fachbereiches Aerobiologie im Labor des UNIKA-T (Birken-)Pollen unter dem Mikroskop

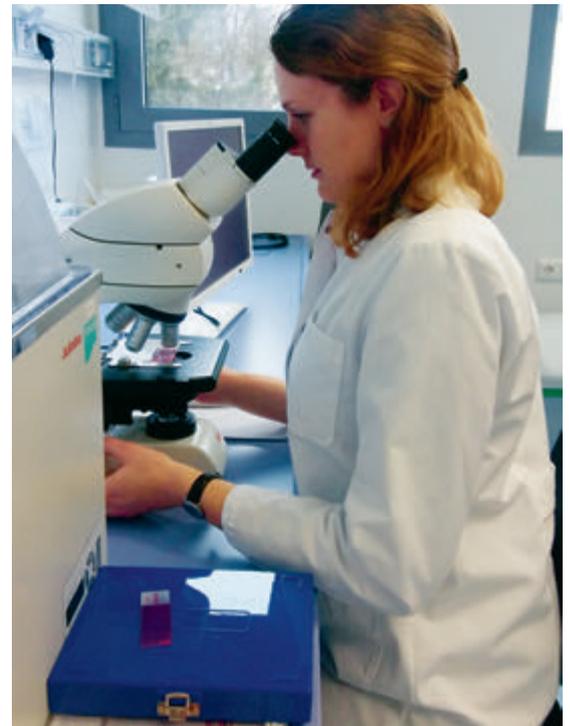
| 2 |



| 3 |

Ermittlung von zeitlichen Massenänderungen in der Zugspitze mittels Gravimetrie beschäftigt.

Die UFS ist außerdem die Ankerstation im so genannten KLIMAGRAD-Projekt: Dazu zählen vier Klimastationen sowie ein dichtes Netz aus Temperatur- und Feuchtesensoren in verschiedenen Höhenlagen im Werdenfelser Land. Wissenschaftler untersuchen an diesen Gradienten, wie Merkmale der Vegetation in Abhängigkeit von Höhelage und damit Temperatur variieren und welchen Einfluss die Witterung einzelner Jahre auf ausgesuchte Prozesse, wie Beginn und Ende des Stammwachstums, Phänologie (z. B. Austrieb und Blüte) oder Waldbrandgefahr hat. Damit können zukünftige Auswirkungen des Klimawandels besser abgeschätzt werden.



| 4 |



Technische Universität München (TUM)

www.tum.de





| 1 |

| Universität Augsburg (UAU) |

Die Hochgebirge der Erde sind vom Klimawandel besonders stark betroffen. Dies gilt auch für den Alpenraum, in dem der bisherige Temperaturanstieg mit fast 2 °C ungefähr doppelt so hoch ist wie im globalen Durchschnitt. Klimaprojektionen für die nächsten Jahrzehnte gehen von einem Anstieg der Jahresmitteltemperaturen um weitere zwei Grad aus, was zu starken Veränderungen auch im Wasserhaushalt des Gebirgsraumes führen wird. So zeigen die Gletscher im Alpenraum schon seit einigen Jahrzehnten deutliche Längen- und Massenverluste, während in den Tallagen vor allem die Schneedeckendauer zurückgeht. Dies hat schon jetzt vielfältige Auswirkungen auf den Tourismus sowie die Wasser- und Energiewirtschaft. Gleichzeitig ändern sich die Umweltbedingungen in der Höhe mit deutlichen Auswirkungen auf Flora und Fauna, aber auch auf die Prozesse der Bodenbildung und den Umsatz von Kohlenstoff und Nährstoffen.

Die Universität Augsburg betreibt an der UFS integrierte Umweltforschung mit dem Schwerpunkt Hydrologie. Aufgrund der hydrogeologischen Situation, die das gesamte Niederschlags- und Schmelzwasser zur Quelle der Partnach leitet, eignet sich das Gebiet hervorragend für die Bilanzierung des Wasserhaushaltes. Zusammen mit anderen Konsortialpartnern (Helmholtz-Zentrum München, LMU) und Wissenschaftlern aus weiteren

Alpenländern wurden in den vergangenen Jahren zahlreiche Untersuchungen zum Auf- und Abbau der Schneedecke sowie zum Abflussverhalten der Partnach durchgeführt. Untersuchungen im verkarsteten Untergrund des Zugspitzgebietes auf Basis der stabilen Wasser-Isotope ergaben, dass dort Wassermassen in der Größenordnung eines halben Jahresniederschlags gespeichert sind. Die Abgabe des Wassers an der Quelle variiert dabei von Jahr zu Jahr, weil sich auch die Durchlässigkeit des Höhlensystems im Untergrund laufend verändert.

Ein weiteres Forschungsfeld in Kooperation mit dem Umweltbundesamt bezieht sich auf klimawirksame Spurengase wie CO₂ und CH₄, deren Konzentrationsmessungen an Höhenstationen wie dem Schneefernerhaus, Sonnblick, Jungfraujoch und Plateau Rosa in Relation zu den synoptisch-skaligen atmosphärischen Transportprozessen gesetzt werden, um die unterschiedlichen Herkunftsgebiete und deren relative Beiträge zu den hochalpinen Spurengaskonzentrationen zu bestimmen. Rückwärtstrajektorien aus Dispersionsmodellierungen geben Auskunft über spezifische Transportwege, konzentrationsgewichtete Trajektorienfelder entschlüsseln die Beiträge der Herkunftsgebiete zu den gemessenen CO₂- und CH₄-Konzentrationen im Alpenraum.



| 2 |

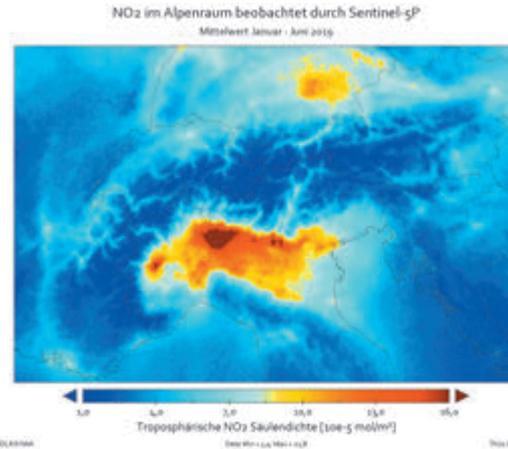
- | 1 | Schneehydrologische Station Süd im Winter
- | 2 | Mai 2019: Lawinenschnee im gesamten Bereich der oberen Partnach
- | 3 | Troposphärisches NO₂ im Alpenraum (Sentinel 5P, Tropomi, Oktober 2018)
- | 4 | Durchschnittlicher aggregierter Risikoindex für Atemwegserkrankungen für Personen im Alter von 0–14 Jahren am 1. März 2019

Die Universität Augsburg betätigt sich auch im Bereich unbemannter Luftfahrtsysteme (unmanned aerial systems UAS) zur In-situ-Messung verschiedener Umweltparameter. So ist am Institut für Geographie ein leichtgewichtiges Starrflüglersystem entwickelt worden, das zur dreidimensionalen Sondierung der planetaren Grenzschicht der Atmosphäre eingesetzt wird und dabei meteorologische Parameter (v. a. Temperatur, Feuchte und Wind) sowie Partikelverteilungen (Aerosole, Pollen) zu erfassen gestattet. Dieses System hat bei Einsätzen an der UFS auch seine Hochgebirgstauglichkeit unter Beweis gestellt.

Integrierte Umweltforschung beinhaltet auch Untersuchungen zur Vegetations- und Bodenentwicklung mit Hilfe von Pollen- und Mineralanalysen. Der dokumentierte Wandel der Umwelt auf einer Zeitskala von Jahrtausenden lässt dabei auch den direkten Einfluss des Menschen auf die Vegetation durch die Nutzung des Zugspitzplatts als Hochweide v. a. für Schafe deutlich werden.

Weitere Forschungsfelder der UAU

Neben den genannten Forschungsfeldern der Augsburger Geographie sind auch weitere Fachgebiete involviert: Die Professur für Atmosphärenfernerkundung (Physik) arbeitet an der Weiter-



Das ERDLEBEN

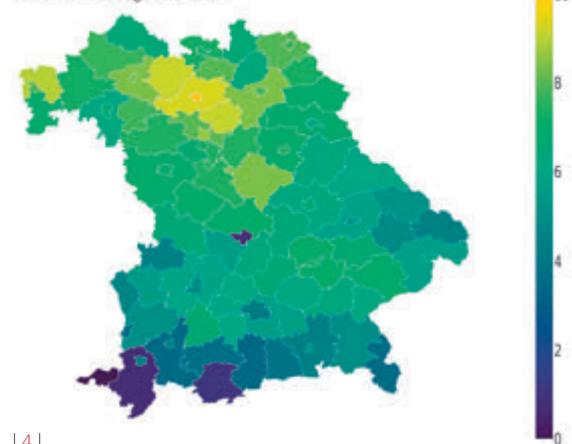
Das ERDLEBEN

| 3 |

entwicklung eines numerischen Modells zur Abschätzung des menschlichen Gesundheitsrisikos durch Luftverschmutzung in Bayern. Mit IR-Kameras wird die 3D-Struktur kleinräumiger atmosphärischer Strömungen in etwa 90 Kilometer Höhe untersucht.

Die Umweltmediziner des UNIKA-T nutzen Laborräume, Messgeräte, eigene Daten und Daten der Konsortialpartner auf der Umweltforschungsstation Schneefernerhaus für die Erforschung von Entstehung und Verlauf der Neurodermitis und von Allergien im Vergleich zwischen alpiner und urbaner Umgebung. Die Forschungsprojekte sind Teil der klinischen Forschung am UNIKA-T, deren Ergebnisse für die Entwicklung effektiver Präventions- und Therapiestrategien die Voraussetzung stellen.

Durchschnittlicher aggregierter Risikoindex für Krankenhausaufenthalte aufgrund von Atemwegserkrankungen für Personen im Alter zwischen 0 und 14 Jahren für den Tag 01.03.2019



| 4 |

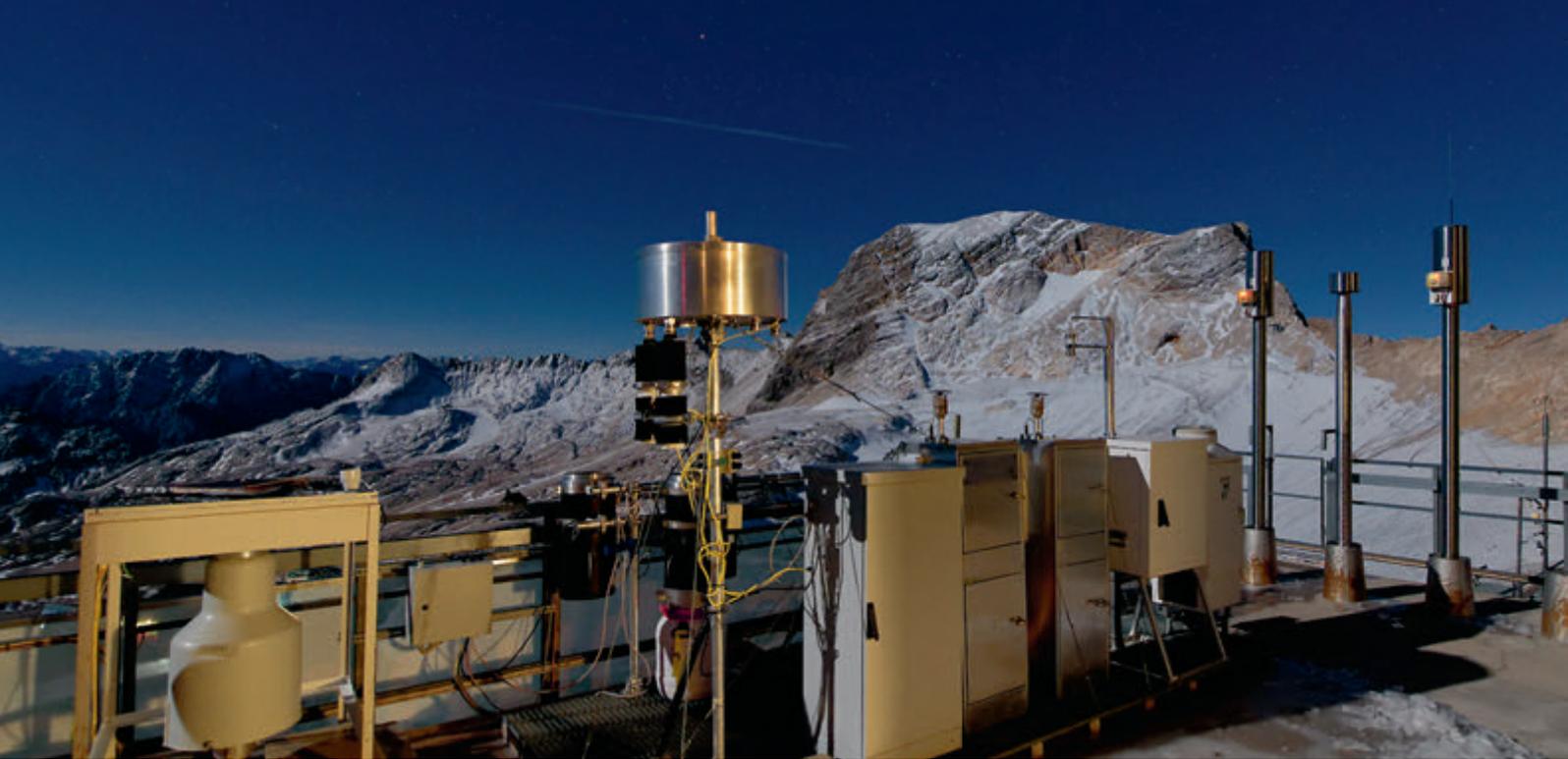


Universität Augsburg (UAU)

www.uni-augsburg.de

Konsortialpartner





| 1 |

| Umweltbundesamt (UBA) |

Die Erdatmosphäre ist ein wichtiger Gradmesser für den Klimawandel. Mit Global Atmosphere Watch (GAW) rief die UNO 1989 ein Programm ins Leben, um die chemischen und physikalischen Veränderungen in der Atmosphäre zu beobachten. Weltweit sammelt GAW Daten aus 31 globalen Messstationen. Fast alle Globalobservatorien befinden sich im Hochgebirge oder in Küstenregionen. Der Grund: Die Messungsergebnisse sollen möglichst nicht durch lokale, von Menschen verursachte Einflüsse, wie z. B. durch Straßenverkehr, Heizung oder Emissionen der Industrie, verfälscht werden.

Die GAW-Stationen zeichnen die Konzentrationen langlebiger Treibhausgase, auch „Klimagase“ genannt, wie z. B. Kohlendioxid, Methan oder Lachgas, und halogenierter Spurengase, wie z. B. FCKW, auf. Außerdem werden chemisch reaktive Gase, wie z. B. Ozon, Kohlenmonoxid und Stickoxide, sowie Aerosole und die atmosphärische Radioaktivität gemessen. Aus den verfügbaren Zeitreihen der ermittelten Gaskonzentrationen ermittelt das Weltzentrum für Treibhausgase in Tokio globale Trends für deren Anstieg in der Atmosphäre. Das GAW-Netzwerk bildet damit das zentrale Messsystem für das weltweite Klimaüberwachungssystem GCOS (Global Climate Observing System).

Die einzige GAW-Globalstation in Deutschland befindet sich an den beiden bayerischen Standorten Hoher Peißenberg und Schneefernerhaus, betrieben vom Umweltbundesamt und vom Deutschen Wetterdienst. Die Messungen dort laufen rund um die Uhr. Insgesamt zeichnen die Instrumente der Observatorien 60 Messgrößen in verschiedenen Zeitabständen auf: Kohlendioxid, Methan und Wasserdampf werden z. B. alle 5 Sekunden gemessen, Stickoxide, Kohlenmonoxid und Lachgas alle 10 Sekunden, einige Radionuklide im Zweistundentakt. Tag für Tag produzieren die Messgeräte etwa über 50 000 Messwerte.

Inzwischen hat sich das GAW-Programm zu einem integrierten Beobachtungssystem weiterentwickelt: Neben den 31 Globalstationen sind weltweit mehr als 500 Regionalstationen im Einsatz. Ihre Messergebnisse sind allerdings weniger repräsentativ, da sie näher an anthropogenen Emissionsquellen liegen. Zu den Bodenstationen kommen noch mobile Messeinrichtungen: Schiffe erfassen wichtige Daten von der anteilig größeren Wasseroberfläche. Flugzeuge und Satelliten messen die atmosphärische Zusammensetzung in großen Höhen – dort, wo die großräumigen und klimabestimmenden Luftströmungen der Erde zu finden sind.



- | 1 | Messgeräte auf der Terrasse des 4. Obergeschosses
- | 2 | GC-MS zur Messung von halogenierten Kohlenwasserstoffen
- | 3 | Multipositionsventil zur Messung von SF6
- | 4 | Kalibriergase zur Messungen von Treibhausgasen

Mit seinem weltweiten Messnetzwerk liefert GAW präzises Datenmaterial. Seine „Kunden“ sind Wissenschaftler auf der ganzen Welt: Sie arbeiten daran, die Prognosemodelle für die mittel- und langfristige Klimaentwicklung zu optimieren sowie chemische und physikalische Veränderungen in der Erdatmosphäre besser zu verstehen, die zu einem Klimawandel führen. Die GAW-Daten dienen aber nicht nur der Erforschung des Klimasystems. Sie werden auch gebraucht, um die Wirksamkeit internationaler Klimaschutzabkommen zu überprüfen. So zeigte sich auf Basis von GAW-Daten, dass seit dem Inkrafttreten des Montreal-Protokolls im Januar 1989 die halogenierten Treibhausgase (FCKW) in der Atmosphäre deutlich zurückgegangen sind.



| 2 |



| 3 |



| 4 |



Umweltbundesamt (UBA)
www.umweltbundesamt.de





| 1 |

| Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) |

Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) – Bayerns zentrale Fachbehörde für Umwelt- und Naturschutz, Geologie und Wasserwirtschaft – nutzt die besondere Lage der UFS für vier sehr unterschiedliche Überwachungs- und Forschungsprojekte.

Chemische Schadstoffe in der Luft und im Niederschlag werden an der Zugspitze stellvertretend für den bayerischen Alpenraum vom LfU bereits seit 2005 überwacht. Seit 2016 wird mit dem Programm PureAlps zusätzlich der Fokus auf die Anreicherung chemischer Schadstoffe in der Biosphäre gelegt.

Gemessen werden Substanzen, die persistent und toxisch sind und sich in der Nahrungskette anreichern, unter anderem schwer abbaubare Insektenvernichtungsmittel wie DDT, hochgiftige Verbrennungsprodukte wie Dioxine und Industriechemikalien wie Flammschutzmittel und Weichmacher. Da die Alpen mit hohen Niederschlägen und tiefen Temperaturen eine Schadstoff-Falle darstellen, ist eine Überwachung dort besonders wichtig. Beispielsweise ist der Eintrag von Quecksilber an der UFS etwa doppelt so hoch wie im Tiefland.

Das bayerische Immissionsmessnetz für Radioaktivität (IfR) ist ein automatisches Messnetz, das an derzeit 32 Orten in ganz Bayern kontinuierlich und flächendeckend die Radioaktivität der Umwelt überwacht. Das IfR hat insbesondere eine Früh-

ererkennungsfunktion für den Fall, dass radioaktive Stoffe in die Umwelt gelangen. Um eventuelle, in höheren Luftschichten stattfindende Einträge aus dem Ausland erfassen zu können, ist am UFS eine IfR-Messstation eingerichtet. Sie ist umfassend ausgestattet: mit einem Messgerät für die Gamma-Ortsdosisleistung, mit dem insbesondere radioaktive Edelgase bestimmt werden, mit einem Aerosolmonitor zur Erfassung radioaktiver Stoffe, die an Schwebstoffe gebunden sind, und mit einem Jodmonitor für radioaktives Jod.

Die einzige Permafrost-Messstation in Deutschland wurde 2007 an der Zugspitze durch das LfU mit zwei Bohrungen eingerichtet. Permafrost bedeutet, dass die Temperaturen im Fels dauerhaft unter 0 °C liegen. In den Alpen ist dies üblicherweise ab einer Höhe von 2.200 m der Fall. Infolge der Klimaerwärmung ist mittel- bis langfristig ein Auftauen von Permafrost zu erwarten. Dadurch können Steinschläge, Felsstürze und Setzungen häufiger auftreten. Im Lockergestein können sich verstärkt Muren bilden. In den Bohrungen erfassen Sensoren im Stundenrhythmus die Temperaturen im Fels. Ziel ist, langfristige Veränderungen im Bestand des Permafrostes zu erfassen und zu dokumentieren. Nach 10 Messjahren zeigt sich ein leichter Trend zur Abnahme des Permafrostes.



| 2 |



| 3 |

Der Erdbebendienst Bayern überwacht mit 24 Stationen die Erdbebenaktivität (Seismizität) in Bayern und informiert die Öffentlichkeit über das Auftreten von Erdbeben. Jährlich treten in Bayern Hunderte von Erdbeben auf. Einige dieser Erdstöße sind stark genug, um von der Bevölkerung verspürt zu werden. Um die Öffentlichkeit über alle fühlbaren Erdbeben schnell und umfassend zu informieren, wird in einer gemeinsamen Initiative des Departments für Geo- und Umweltwissenschaften der Ludwig-Maximilians-Universität München und des LfU der

Erdbebendienst Bayern betrieben. Die seismische Station in der UFS ist ein Beispiel für das Zusammenspiel von seismischer Überwachung und Forschung. Sie ist eine wichtige Station zur Überwachung der Erdbebenregion Inntal-Estergebirge und dient zugleich der Untersuchung von Topografieeffekten der seismischen Wellenausbreitung, welche zu verstärkten Schäden führen kann. Die Erdbebenstation ist in einer Felsnische im 5. Stock der UFS untergebracht.



| 4 |

- | 1 | Insektenfallen auf dem Zugspitzplatt dienen dem LfU zur Erfassung der Artenvielfalt. Im Rahmen des INTERREG-Projekts protectAlps wurden zudem Insekten für die Analyse auf ferntransportierte Schadstoffe gewonnen.
- | 2 | Bohrarbeiten im August 2007 zur Anbringung von Temperatursensoren im Gipfelkamm
- | 3 | Sammelgefäße (links) zur Bestimmung des Eintrags persistenter Schadstoffe aus Staub und Niederschlägen und Messsonde (rechts) zur Überwachung der Radioaktivität
- | 4 | Chemikalienmonitoring: Luft-Ansaugergerät zur Luftbeprobung



Freistaat Bayern (BY)
www.bayern.de



Umweltforschungsstation Schneefernerhaus

Die UFS als Forschungsstation und Tagungszentrum

Für die Wissenschaftler ist das Schneefernerhaus nicht nur wegen der besonders exponierten Lage im Hochgebirge und seiner hochmodernen Labor- und Gebäudetechnik eine optimale Wirkungsstätte. Das zehnköpfige Technik- und Servicepersonal der Betriebsgesellschaft (BG UFS GmbH) kümmert sich um alle Belange der Wissenschaftler, sodass diese sich hier ganz auf Ihre Forschungsarbeit konzentrieren können. Eine besondere Herausforderung ist dabei die hochalpine Lage der Forschungsplattform mit immer wieder auftretenden Wetterextremen, niedrigem Luftdruck, niedriger Luftfeuchtigkeit, hoher UV-Strahlung und natürlich starken Schneefällen. So wird beispielsweise durch die BG UFS GmbH im Winter dafür Sorge getragen, dass die Instrumente frei von Schnee und damit zugänglich sind. Bei regelmäßigen Rundgängen werden alle Geräte auf ihre Funktionalität geprüft und bei Ausfällen oder Störungen das zuständige Forscherteam informiert. In den meisten Fällen können auftretende Probleme dann auch gleich direkt von der BG UFS GmbH gelöst werden, ohne dass eine zeitaufwendige Anreise eines Wissenschaftlers erforderlich ist. Für größere Reparaturen unterhält das Schneefernerhaus zwei moderne Werkstätten, die mit hochwertigen Maschinen und Werkzeugen ausgestattet sind. Entsprechend ausgebildete und erfahrene Mitarbeiter können so defekte oder beschädigte Instrumente zeitnah vor Ort reparieren.

Es wird außerdem mit größter Sorgfalt darauf geachtet, die hohen internationalen Standards bei Messungen und Analysen zu gewährleisten. So wurde etwa in Kooperation mit der TU München eine kabellose und leistungsstarke elektrische Schneefräse entwickelt, die anstelle einer herkömmlichen benzinbetriebenen Schneefräse zum Einsatz

kommt. Dies ist nötig um den hohen Ansprüchen an die Spurengasmessungen des Umweltbundesamtes und des Deutschen Wetterdienstes gerecht zu werden: Die Messungen wären sonst durch die Emissionen der Schneefräse beeinflusst.

Die an der UFS tätigen Forscher profitieren außerdem von der sehr guten Erreichbarkeit der Station. Mindestens einmal pro Monat fährt auf der noch aus Hotelzeiten existierenden Zahnradbahnstrecke, die im Inneren der Zugspitze verläuft, ein Versorgungszug aus dem Tal direkt in die Forschungsstation. Auf diesem Transportweg können beispielsweise schwere Versorgungsgüter und Messapparaturen sicher auf die UFS gebracht werden. Die BG UFS GmbH kümmert sich dabei um die logistischen Details und stellt so, in Absprache mit den Forschern, eine pünktliche Lieferung sicher.

Die direkte Anbindung an das Wissenschaftsnetz über eine 200 Mbit-Glasfaserleitung ermöglicht den Wissenschaftlern reibungsloses Arbeiten und gegebenenfalls den operationellen Betrieb der Messgeräte vom heimischen Institut aus. Natürlich steht auch flächendeckendes und kostenfreies WLAN auf der Forschungsstation zur Verfügung.



| 1 |



| 2 |



| 3 |



| 4 |

Mit der ehemaligen Lifthütte auf dem Schneefernerkopf (2836 m) existiert noch ein externer Messstandort, der gegenüber dem Schneefernerhaus auch eine freie Sicht in Richtung Norden und Westen bietet. Dieser Standort ist über eine gerichtete WLAN-Strecke mit dem Schneefernerhaus datentechnisch verbunden, kann jedoch nur über einen teilweise verfallenen Klettersteig erreicht werden.



| 5 |

Drei Konferenzräume mit Platz für bis zu 80 Personen, 45 Übernachtungsbetten sowie eine Selbstversorgerküche bieten auch die Möglichkeit für längere Forschungsaufenthalte, Tagungen oder Workshops. Diese Räumlichkeiten stehen in erster Linie den Konsortialpartnern zur Verfügung. Sie können aber bei Verfügbarkeit auch an andere wissenschaftliche Einrichtungen vermietet werden. Auch hier wird die gesamte Organisation und Abwicklung von Mitarbeitern der BG UFS GmbH übernommen. Die Zahlen von durchschnittlich 2.500 Übernachtungen pro Jahr belegen, dass dieses Angebot von Wissenschaftlern sehr gerne und häufig in Anspruch genommen wird.

Für interessierte Personen außerhalb der Wissenschaft bietet die BG UFS GmbH für Gruppen bis maximal 20 Personen die Möglichkeit kostenpflichtige Führungen durch das Gebäude zu buchen, bei denen die Gäste etwas zur Geschichte des Gebäudes, dem Arbeiten in der UFS sowie dem aktuellen Stand verschiedener Forschungsprojekte erfahren.

| 1 | [Führung durch das Schneefernerhaus](#)

| 2 | [Seminarbesucher im Tagungsraum Gletscherstube](#)

| 3 | [Tagungsraum Gletscherstube](#)

| 4 | [Übernachtungszimmer im Schneefernerhaus](#)

| 5 | [Transportflug zum Aufbau des externen Standorts am Schneefernerkopf, November 2018](#)

Die UFS im internationalen Umfeld

Seit April 2012 existiert das „Virtuelle Alpenobservatorium“ (VAO) als Netzwerk von europäischen Höhenforschungsstationen in den Alpen und alpenähnlichen Gebirgen aus mittlerweile zehn Ländern (Bulgarien, Deutschland, Frankreich, Georgien, Italien, Norwegen, Österreich, Schweiz, Slowenien und Tschechien). Wissenschaftliche Fragestellungen im System Atmosphäre, Biosphäre, Hydro- und Kryosphäre und auch potentielle gesundheitliche Auswirkungen von Umwelteinflüssen können durch diesen Zusammenschluss in einer inhaltlichen Tiefe beantwortet werden, die ohne diese länder- und fachübergreifende Kooperation nicht möglich wäre.

Eine moderne informationstechnische Infrastruktur, das sogenannte Alpine Environmental Data Analysis Center (AlpEnDAC) stellt sicher, dass die an den verschiedenen Orten gewonnenen Messdaten nach international etablierten Standards einfach und komfortabel innerhalb des VAO zugänglich sind und ausgetauscht werden können, egal, an welchem Ort sich die jeweiligen WissenschaftlerInnen und IngenieurInnen befinden („data-on-demand“). Zudem wird der Zugang zu Daten ermöglicht, die an anderer Stelle verfügbar sind (z. B. satellitenbasierte Messungen). Den Kern des AlpEnDAC bilden leistungsfähige



[1]



[2]



[3]



[4]



[5]

Rechenzentren wie das LRZ-Supercomputing Center in Garching und vernetzte Datenzentren wie das WMO/ICSU-Weltdatenzentrum für Fernerkundung der Atmosphäre in Oberpfaffenhofen. Durch diese Partner können auch Initiativen z. B. zur Optimierung von numerischen Codes (z. B. Parallelisierung) unterstützt werden, um Auswertearbeiten noch weiter zu optimieren.

Die UFS ist aber nicht nur innerhalb von VAO international tätig: Es wurden bereits über zehn Projekte mit wissenschaftlichen Einrichtungen aus dem Ausland durchgeführt; Tendenz steigend.



| 8 |



| 6 |



| 7 |



| 9 |

- | 1 | Start des europaweitem Kooperationsvorhaben ‚virtuelles Alpenobservatorium‘ VAO
- | 2 | BEO Moussala, Bulgarien
- | 3 | Col du Lautaret, 2100 m NN, Frankreich
- | 4 | Abastumani Astrophysical Observatory, Georgien
- | 5 | Alomar Observatorium, Norwegen
- | 6 | Hoher Sonnblick, Österreich
- | 7 | Jungfrauoch, Schweiz
- | 8 | Otlica Observatory, Slovenien
- | 9 | Antenne der EURAC Station, Italien
- | 10 | Observatorium Panska Ves, Tschechien



| 10 |

Die UFS als Bildungseinrichtung

Neben der Forschung an der Station nimmt auch die Rolle der UFS GmbH als Bildungseinrichtung zu fungieren einen hohen Stellenwert ein. Seit 2001 findet das Global Atmosphere Watch Training & Education Centre (GAWTEC) der World Meteorological Organization (WMO) zwei Mal jährlich in der Forschungsstation statt. Hierfür kommen für zwei Wochen die Verantwortlichen der GAW Stationen aus aller Welt zusammen um ausgebildet zu werden.

Des Weiteren finden im Rahmen des 2019 bewilligten INTERREG-Projektes ‚KlimaAlps‘ regelmäßig Veranstaltungen und Workshops zur Ausbildung zum Klimapädagogen unter der Leitung der UFS GmbH im Schneefernerhaus statt.

Mit dem 2019 eröffneten Experimentierlabor für Schüler aller Altersstufen werden neben bereits wissenschaftlich tätigen Personen noch zusätzliche Bevölkerungsgruppen angesprochen.

Unabhängig von den Bildungsangeboten, die direkt von der UFS GmbH angeboten werden, gibt es einige Veranstaltungen die von externen Einrichtungen im Schneefernerhaus durchgeführt werden. Dazu zählt z. B. das von der Politecnico di Torino in Kooperation mit der Max-Planck-Gesellschaft regelmäßig in der UFS durchgeführte COMPLETE Innovative Training Network, MINT Veranstaltungen oder das ‚PerspektivForum‘ Deutscher Zukunftspreis.

| 1 | Teilnehmer des GAWTEC Kurses 2018

| 2 | 15-Jahresfeier GAWTEC

| 3 | Durchführung einer Veranstaltung durch die BG UFS GmbH bei der Kinderuni in Garmisch-Partenkirchen



| 1 |



| 2 |



| 3 |





Bildnachweise

| **Titelbild** – M. Neumann (UFS GmbH) | **S. 2/3** UFS GmbH | **S. 4/5** – 1 – BZB AG, Technikmuseum Berlin; 2 – BZB AG, Technikmuseum Berlin; 3 – BZB AG, Technikmuseum Berlin | **S. 6/7** – 1 – M. Neumann (UFS GmbH); 2 – M. Neumann (UFS GmbH) | **S. 8/9** M. Neumann (UFS GmbH) | **S. 10/11** – 1 – M. Neumann (UFS GmbH); 2 – DLR; 3 – NASA, geändert durch DLR; 4 – DLR | **S. 12/13** – 1 – M. Neumann (UFS GmbH); 2 – T. Rehm (UFS GmbH); 3 – DWD | **S. 14/15** – 1 – UFS GmbH; 2 – UFS GmbH; 3 – HMGU; 4 – HMGU | **S. 16/17** – 1 – M. Neumann (UFS GmbH); 2 – KIT; 3 – H. Vogelmann (KIT); 4 – M. Neumann (UFS GmbH) | **S. 18/19** – 1 – M. Neumann (UFS GmbH); 2 – P. Mertsch (LMU); 3 – P. Mertsch (LMU) | **S. 20/21** – 1 – MPG; 2 – MPG; 3 – MPG; 4 – MPG; 5 – MPG | **S. 22/23** – 1 – TUM; 2 – UFS GmbH; 3 – TUM; 4 – F. Haering | **S. 24/25** – 1 – UAU; 2 – UAU; 3 – DLR; 4 – UAU / DLR | **S. 26/27** – 1 – M. Neumann (UFS GmbH); 2 – L. Ries; 3 – L. Ries; 4 – L. Ries | **S. 28/29** – 1 – K. Freier (LfU); 2 – LfU; 3 – K. Freier (LfU); 4 – K. Freier (LfU) | **S. 30/31** – 1 – UFS GmbH; 2 – E. van Kempen; 3 – UFS GmbH; 4 – UFS GmbH; 5 – UFS GmbH | **S. 32/33** – 1 – StMUV; 2 – C. Angelov BEO Moussala; 3 – F. Delbart / UMS3370; 4 – G. Didebulidze; 5 – S. Jaax; 6 – L. Rasser (ZAMG); 7 – N. Trauffer; 8 – S. Stanic; 9 – EURAC; 10 – J. Simunek | **S. 34/35** – UFS GmbH; 2 – M. Gebhardt (UFS GmbH); 3 – VHS GAP | **S. 36/37** – M. Neumann (UFS GmbH) | **S. 39** – M. Neumann (UFS GmbH)

Impressum

Herausgeber

Betriebsgesellschaft Umweltforschungsstation
Schneefernerhaus GmbH
Zugspitze 5
82475 Zugspitze

Internet

www.schneefernerhaus.de

E-Mail

presse@schneefernerhaus.de

Titelfoto

Markus Neumann (UFS GmbH)

Redaktion

Dr. Inga Beck
Betriebsgesellschaft Umweltforschungsstation
Schneefernerhaus GmbH

Gestaltung

CMS – Cross Media Solutions Würzburg
www.crossmediasolutions.de

Lektorat

Angela Obermaier / München

Druck

Druckerei Schmerbeck

Stand

November 2019

© Betriebsgesellschaft Umweltforschungsstation Schneefernerhaus GmbH, alle Rechte vorbehalten

Mit Biofarben und Ökostrom gedruckt.

Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars erbeten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Publikation wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt.



