

Aerosole und ihre Klimarelevanz kennen keine Landesgrenzen

Ein international zusammengesetztes Wissenschaftsteam unter der Federführung des Paul Scherrer Instituts (PSI) untersucht auf dem Jungfraujoch den Einfluss feinsten atmosphärischer Staubpartikel auf das Klima. Der Leiter des «Cloud and Aerosol Characterization Experiment in the free Troposphere» (Clace 3), Dr. Ernest Weingartner, und der Direktor der hochalpinen Forschungsstation, Prof. Dr. Erwin Flückiger, standen Red und Antwort.



Ernest Weingartner: «Die hier gemachten Aerosoluntersuchungen sind ganz zentral in der ganzen Diskussion um das Klima.»

MIT ERNEST WEINGARTNER UND ERWIN FLÜCKIGER SPRACH ROGER STRÄSSLE

Um was geht es konkret bei Ihren Forschungsarbeiten auf dem Jungfraujoch?

Dr. Ernest Weingartner: Hier auf 3580 Meter über Meer untersuchen wir mit State-of-the-Art-Messmethoden die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Aerosolpartikel. Wir untersuchen insbesondere, welchen Einfluss diese Aerosole auf die Bildung der Wolken haben.

Ist die Forschungsarbeit auf dem Jungfraujoch eine Liebhaberei der Schweiz?

Prof. Dr. Erwin Flückiger: Die Umweltforschung, die in dieser hochalpinen Station betrieben wird, gehört zur weltweiten Spitze. Die hier vom PSI durchgeführten Aerosol-Messungen sind, wie die meisten anderen Umwelt-Forschungsprojekte auf Jungfraujoch, eingebettet in globale Messprogramme, die von namhaften Institutionen wie den Vereinten Nationen z.B. im Rahmen der World Meteorological Organization (WMO) und des Umweltprogramms UNEP koordiniert und gefördert werden.

Inwiefern leistet das Wissenschaftsteam auf dem Jungfraujoch einen Beitrag zur Klimaforschung?

Dr. Ernest Weingartner: Die hier gemachten Aerosoluntersuchungen sind ganz zentral in der ganzen Diskussion um das Klima und der vom Menschen verursachten Beeinflussung des Klimas. Doch momentan herrschen noch grosse Unsicherheiten in den Modellen, wie stark die Aerosole lokal abkühlend wirken und wie dieser Effekt global verteilt ist. Genau um diesen Punkt geht es bei unseren Forschungsarbeiten hier auf 3580 Meter über Meer. Wir wollen herausfinden, wie gross die Beeinflussung durch die Aerosole auf den ganzen Strahlungshaushalt ist, der das Klima letztlich bestimmt.

Prof. Dr. Erwin Flückiger: Neben den Aerosoluntersuchungen des PSI



werden auf Jungfraujoch von weiteren Forschungsteams langfristig über 25 klimarelevante Luftschadstoffe gemessen, die insbesondere für die Überwachung der Klimaprotokolle von Montreal und Kyoto von eminenter Bedeutung sind.

Weshalb finden diese Messungen gerade auf dem Jungfraujoch statt?

Dr. Ernest Weingartner: Das «Joch» ist ein idealer Standort, weil man sich auf dieser Höhe in der so genannten freien Troposphäre befindet, welche repräsentativ für das Wettergeschehen ist. Das Stichwort lautet Wolkenbildung. Im Winter und in den ersten Frühlingsmonaten, während denen die Messungen von Clace 3 stattfanden, ist man in einer Atmosphärenschicht, die wenig direkte Emissionen aus dem Unterland enthält. Lokale Störquellen würden nämlich die wissenschaftliche Arbeit stark beeinträchtigen und sie im Extremfall unbrauchbar machen. Während der Sommermonate wird das Jungfraujoch am Nachmittag oft von der planetaren Grenzschicht beeinflusst. Bei dieser Grenzschicht handelt es sich um jene Luftschicht, in der sich die Luftschadstoffe ansammeln. Ihre Begrenzung zur Troposphäre ist durch einen

«Knick» im Temperaturprofil gekennzeichnet, der eine Durchmischung der beiden Luftmassen erschwert. Dadurch, dass die hochalpine Forschungsstation je nach Tages- und Jahreszeit entweder von der planetaren Grenzschicht beeinflusst ist, die von Menschen produzierte Aerosole mit sich trägt, oder sich gänzlich in der freien Troposphäre mit ihren gealterten Aerosolteilchen befindet, können an demselben Standort die unterschiedlichen Partikel-«Sorten» (als Funktion ihrer Lebenszeit in unserer Atmosphäre) untersucht werden.

Die Festlegung des PM10-Grenzwertes 1998 ist eine Folge der Aerosol-Forschung. Wird Clace 3 erneut zu strengeren Grenzwerten führen?

Dr. Ernest Weingartner: Ich denke nicht, dass sich die Resultate aus Clace 3 direkt auf diesen Grenzwert auswirken. Die Einführung des PM10-Grenzwertes ist vor allem auf die gesundheitlichen Auswirkungen der Aerosole auf den Menschen zurückzuführen. PM10 ist definiert als die Masse der Partikel mit einem Durchmesser kleiner als 10 Mikrometer, und dies ist die Partikelfraktion, welche die oberen Atemwege – Nase und Rachen – des Menschen ungehindert passieren kann und somit lungengängig ist. Es zeigt sich, dass bezüglich Klimaeffekte vor allem die Aerosol-Anzahlkonzentration ab einer gewissen Grösse, die hygroskopischen und die optischen Eigenschaften der Partikel wichtig sind. In diesem Zusammenhang muss auch erwähnt werden, dass quellenfern – wie zum Beispiel auf dem Jungfraujoch – die Partikel zu einem hohen Anteil sekundärer Natur sind. Das heisst, sie haben sich in der Atmosphäre aus gasförmigen Vorläufersubstanzen (z.B. aus den Schadstoffen Schwefeldioxyd (SO₂) oder organischen Verbindungen) gebildet.

Zwischen erhöhter Aerosolbelastung und erhöhter Sterberate konnte vor gut zehn Jahren ein Zusammenhang nachgewiesen werden. Allerdings weiss man nicht, welcher Teil des Aerosolpartikels für die höhere Sterblichkeit verantwortlich ist. Weiss man heute mehr darüber?

Dr. Ernest Weingartner: Es ist unbestritten, dass kleine Aerosolpartikel wie z.B. Dieseleruss über die Bronchien in die unteren Atemwege eindringen und von da auch in den Blutkreislauf gelangen. Epidemiologische Studien

haben in Städten klar einen Zusammenhang zwischen Aerosolbelastung und erhöhter Sterblichkeit nachgewiesen. Es ist jedoch nicht im Detail klar, wie die Partikel unsere Gesundheit negativ beeinflussen. Ist es ihre chemische Zusammensetzung? Ist es die Art ihrer Oberfläche? Ist es eine Kombination der beiden Faktoren? Oder schädigen ganz andere Eigenschaften unseren Körper? Hier ist eindeutig mehr Forschung nötig. Gesichert ist, dass das Massensignal, das zurzeit den PM10-Grenzwert darstellt, nur bedingt die Gefährdung unserer Gesundheit wiedergibt, da es vor allem die grossen Aerosol-«Brocken» erfasst. Von grösserer Bedeutung für unsere Gesundheit sind nebst der chemi-

Hochalpine Forschungsstation

Die Forschungsstation Jungfraujoch ist die höchstgelegene ganzjährig durch eine Bahn erschlossene Forschungsstätte in Europa. Sie ist heute besonders für Umweltwissenschaftler und für Astrophysiker, aber auch für Meteorologen, Glaziologen und Materialwissenschaftler von grosser Bedeutung. Das Jungfraujoch ist grossräumig der einzige erschlossene Beobachtungsstandort, der während eines grossen Teils der Zeit in die freie Troposphäre (Luftschicht bis 10 km Höhe) reicht. Die auf die Umweltprotokolle von Montreal und Kyoto bezogene Forschung und das Aerosol-Messprogramm auf dem Jungfraujoch gehören zu den umfassendsten der Welt.

Gemäss dem Paul Scherrer Institut (PSI) lautet die wissenschaftliche Definition für Aerosole: «Dispersion von flüssigen oder festen Teilchen, sprich Partikel in einem Gas, üblicherweise in Luft.» Ein mittelgrosses Aerosolpartikel misst zirka 100 Nanometer respektive 0,0001 Millimeter. Aerosolpartikel kommen an verschiedenen Standorten unterschiedlich häufig vor: In städtischem Gebiet werden pro Kubikzentimeter Luft etwa 100 000 Partikel gemessen, auf dem Land dagegen sind es nur 10 000 Partikel. In der mittleren und oberen Troposphäre, also auch auf dem Jungfraujoch, werden rund 1000 Aerosolpartikel pro Kubikzentimeter Luft festgestellt.

Es gibt zwei Sorten von Aerosolpartikeln: Anthropogene Aerosole sind vom Menschen verursacht, beispielsweise Russpartikel. Biogene oder natürliche Aerosolteilchen sind zum Beispiel Pollen, Mineralstaub oder Meersalz. Ammoniumsulfat und so genannte Nanopartikel können beiderlei Ursprung haben. Anthropogene wie auch biogene weisen ganz spezifische Merkmale auf, die ganz unterschiedlich auf das Klima und die Gesundheit einwirken können.

Weitere Informationen im Internet unter aerosolforschung.web.psi.ch



Blick ins Forschungslabor auf dem Jungfraujoch.

schen Zusammensetzung der Partikel auch deren Anzahl und deren Oberflächenkonzentration.

Sie sagten, dass gerade Forschungsergebnisse im Umweltbereich sehr gesellschaftsrelevant seien – ein enger Dialog zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Politik unerlässlich sei. Deshalb möchten wir bereits heute, wenige Wochen nach Abschluss der Aerosol-Messkampagne Clace 3, einige Ergebnissen und Aussagen über Zusammenhänge veröffentlichen.

Dr. Ernest Weingartner: Zum ersten Teil Ihrer Frage: Der enge Dialog ist relevant, weil Aerosole und ihre Wirkungsweise auf unser Klima und unsere Gesundheit keine Ländergrenzen kennen! Jetzt schon konkrete Aussagen über die in Clace 3 gewonnenen Erkenntnisse zu machen ist einfach noch verfrüht. Gesichert ist indes, dass die vom Menschen verursachten Aerosolteilchen, die auf dem Jungfraujoch klar nachgewiesen werden können, sich im Winter anders verhalten als jene, die wir im Sommer 2002 im Rahmen von Clace 2 untersucht haben. Sie wirken also klimatisch anders. Russteilchen werden im Winter beispielsweise kaum zu Wolkenröpfchen aktiviert. Die Klimamodelle werden diese Tatsache künftig berücksichtigen müssen.

Wie sehen die nächsten Ziele der Forschungsarbeit aus, was wird Clace 4 beinhalten?

Dr. Ernest Weingartner: Die aktuelle Kampagne hat gute Resultate geliefert, die wir zurzeit am Auswerten sind. Die kommende, die in derselben Jahreszeit wie Clace 3 stattfinden wird, wird die neu gewonnenen Erkenntnisse vertiefen, bestehende und neue Fragestellungen ins Zentrum rücken, aber auch mögliche Resultatlücken füllen. Glauben Sie mir, es gibt noch viel zu tun!