

## FORSCHUNG

# Wolkendoktor und Steinhorcher

Vom Hitzerekord zum Hochwasseralarm und dazwischen ein heftiger Kälteeinbruch – die Wetterextreme heizen die Klimadebatte wieder an. Wie komplex die ganze Sache ist, zeigt ein Besuch bei zwei Forschern, die der Erderwärmung und deren Folgen auf den Grund gehen.

TEXT: ANDREA ELMER UND DANIEL BENZ; FOTOS: STEFAN WALTER

Auf dem Jungfrauoch, im ewigen Eis auf 3500 Meter Höhe, starren Japaner gebannt ins neblige Nichts. Die grandiose Gebirgskulisse, für deren Anblick sie viele Stunden Zug und Bus gefahren sind, ist nicht einmal zu erahnen. «Top of Europe» ist nicht viel mehr als eine weisse Wand in dünner, kalter Luft. Klar sieht an diesem winterlichen Sommertag nur einer: «Mischphasenwolken», murmelt Ernest Weingartner, als er in der Stube der Forschungsstation aus dem Fenster schaut. Der Physiker vom Paul-Scherrer-Institut (PSI) in Villigen AG ist aus dem Unterland heraufgekommen, nun sitzt er mit dem Hauswartspaar bei Kaffee und Guetsli beisammen. Gesprächsthema: das Klima. Selbst hier oben sei die Erwärmung spürbar, sagt Gertrud Hemund. «Nachts hört man es tropfen in den Gängen, das gab es früher nicht.» Mit ihrem Mann Kurt lebt sie seit Jahren hier oben, direkt am Fels.



Ruhe vor dem Sturm: Ernest Weingartner (links), Gertrud und Kurt Hemund

## Der Staubsauger des Wolkenforschers

Ernest Weingartner und seine Forscherkollegen lesen dasselbe Phänomen aus den Daten der Messinstrumente. «Die Erderwärmung ist erwiesen. Offen ist: Wie geht es damit genau weiter?» Antworten auf diese – für die Menschen existentielle – Frage soll das internationale Forschungsprogramm Global Atmosphere Watch bringen, zu dem das PSI einen wichtigen Beitrag liefert. Auf dem Jungfrauoch messen die Wissenschaftler des Instituts sogenannte Aerosole, winzige Teilchen in der Luft, teils natürlichen Ursprungs, von Pollen oder Meersalz, teils vom Menschen verursacht – beispielsweise durch Russpartikel. Dieser Feinstaub ist massgeblich an der Wolkenbildung beteiligt und beeinflusst das Klima – auf vielschichtige Weise. «Das sind komplexe chemische und physikalische Vorgänge, die wir besser verstehen wollen», umschreibt der 42-jährige Wissenschaftler die Aufgabe seines Teams.

Weingartner verlässt die warme Forschungsstation und bahnt sich im unter-

irdischen Stollen einen Weg durch den Touristenstrom, um zum Lift zu gelangen, der ihn 112 Meter durch den Berg zum Kuppelbau Sphinx hinaufführt. Dort sind Europas höchstgelegene Labors untergebracht. Auf dem Dach schaufelt er Schnee weg, um den «Rüssel» zu prüfen: ein System, das permanent Luft ansaugt, diese erwärmt und mitsamt ihren Aerosolpartikeln

zu den Analysegeräten schickt – der Staubsauger von Weingartner, dem Wolkenforscher. Ach ja: Was sind eigentlich Mischphasenwolken? «Solche Wolken, die nicht nur Wassertröpfchen enthalten, sondern auch Eiskristalle, vereinfacht gesagt.» Der Mann in der grünen Jacke würde gerne ausführlicher erzählen, wie das genau ist mit dem Wetter und den Wolken, doch dazu ist es hier im Freien bei minus sechs Grad allzu garstig. Jedenfalls: «Wunderbar vielschichtig» laufe das alles ab; er brüllt mit der Begeisterung eines entdeckungshungrigen Forschers gegen den Wind, der scharf vom Aletschgletscher her bläst.

## «Da muss was passiert sein»

40 Kilometer Luftlinie entfernt und rund 3000 Meter tiefer liegt das Forschungsgebiet von Christoph Graf: Der Geograf kautert im Bachbett, die Sonne brennt ihm auf den Rücken. Mit blossen Händen fährt er über den schlammigen Boden, stösst kleinere und grössere Steine weg und versucht,

den Sensor freizulegen, der in einer speziellen, die Murgänge (Gerölllawinen) messenden Waage eingebaut ist. Zwischendurch blickt er auf und schaut sich um. «Vor kurzem muss ein Ereignis passiert sein. Kein grosses, aber immerhin.» Der Wissenschaftler ist auf Spurensuche am Illgraben im Rhonetal, einem der aktivsten Wildbäche in der Schweiz. Hier hat die Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) vor sieben Jahren eine ihrer insgesamt vier automatischen Murgang-Beobachtungsstationen errichtet, um die Prozesse dieses Naturphänomens besser zu ergründen.

## Am Mittag ist die Luft rein

Ein Murgang entsteht in relativ steilem Gelände und wird zum Beispiel durch kräftigen Niederschlag oder Schneeschmelze ausgelöst. Geröll, Schutt und Erdmaterial mischen sich mit dem Wasser und bewegen sich dann im meist bereits existierenden Bachbett talwärts. Auf seinem Weg nimmt der Murgang, auch Rufe genannt, immer mehr Material mit, innert kurzer Zeit ergibt sich ein Gemisch aus Wasser, Schlamm, Sand, Geröll, metergrossen Gesteinsbrocken und Baumstämmen.

«Wir betreiben hier am Illgraben Grundlagenforschung. Denn über die Prozesse und Abläufe ist noch immer wenig bekannt», erklärt der 36-Jährige und sagt mit Blick auf das Rinnsal zu seinen Füßen: «Das Wasser wird trüb, nun tut sich oben offenbar etwas. In solchen Fällen ist es besser, man steigt aus dem Bachbett.» Ein Murgang könne ganz plötzlich kommen. Christoph Graf schultert seinen Rucksack und steigt hinauf. Über Leuk ist weit und breit keine Wolke zu sehen, das angekündigte heftige Sommergewitter in den Bergen lässt auf sich warten. 30 Grad im Schatten.

Oben auf dem Jungfrauoch hat sich Atmosphärenphysiker Ernest Weingartner ins Labor zurückgezogen. In einen engen, mit Mess- und Filtergeräten vollgestellten



Schneeschaufeln für die Wissenschaft: Die Labors auf dem Jungfrauoch sind die höchstgelegenen Europas.



Die Luft wird auf Herz und Nieren geprüft: Forschungsstation auf dem Jungfraujoch

Raum, den sich mehrere Forschungsteams teilen. Es brummt und summt, Digitalanzeigen blinken. Seit 1995 werden hier kontinuierlich Aerosole nach verschiedenen Parametern wie Lichtstreuung, chemische Zusammensetzung und Massenkonzentration untersucht. Um die Mittagszeit ist die Luft rein hier oben: 200 Kleinstteilchen pro Kubikzentimeter Luft melden die Instrumente – unten in den Städten können es über 100 000 sein.

**Nur noch ein halber Berg**

In die Computer-Messdaten vertieft sich Weingartner normalerweise täglich in seinem Büro beim PSI in Würenlingen. Auf Jungfraujoch, wo er früher in langen Tagen und Nächten Intensivmessungen durchführte, kommt er nur noch ausnahmsweise – dann aber gerne: «Hier riecht es mehr nach Forschung», sagt der Wissenschaftler. Sorgfältig schraubt er einen Abscheider auf, um ihn zu reinigen. Das Teil filtert die grossen Partikel aus der angesaugten Aussenluft heraus. «Gross» bedeutet: mehr als ein Tausendstel Millimeter.

Das PSI-Team beschäftigt speziell die Frage, unter welchen Bedingungen sich in den Wolken Eiskristalle bilden. Erst seit kurzem weiss man, dass dabei Russpartikel eine bedeutende Rolle spielen. Diese Er-

kenntnis steht unmittelbar vor der Bekanntmachung. Einem Laien wird die Nachricht kaum schlaflose Nächte bereiten, für Klimawissenschaftler wie Ernest Weingartner jedoch ist dieses Resultat «elektrisierend». Kein Wunder: Die Arbeit in diesem kleinen Labor auf dem Schweizer Berg ist für die ganze Welt relevant.

Weniger global, irgendwie bodenständiger, erscheint im Vergleich dazu die Arbeit von Christoph Graf von der WSL

im Wallis. Im Verlaufe der Jahre, nach vermutlich Hunderten von Murgängen, hat sich ein Kegel aus Gesteinsmaterial gebildet, «zwei Kilometer lang und mit einer Neigung von zehn Prozent», so der Forscher. Vom Damm, auf dem er steht, ist dieses Terrain, das der Illgraben durchschneidet, überschaubar: Auf der einen Hälfte, Richtung Sitten, ist das Schutzge-

**«Die Erderwärmung ist erwiesen. Offen ist: Wie geht es damit genau weiter?»**

Ernest Weingartner, Atmosphärenphysiker

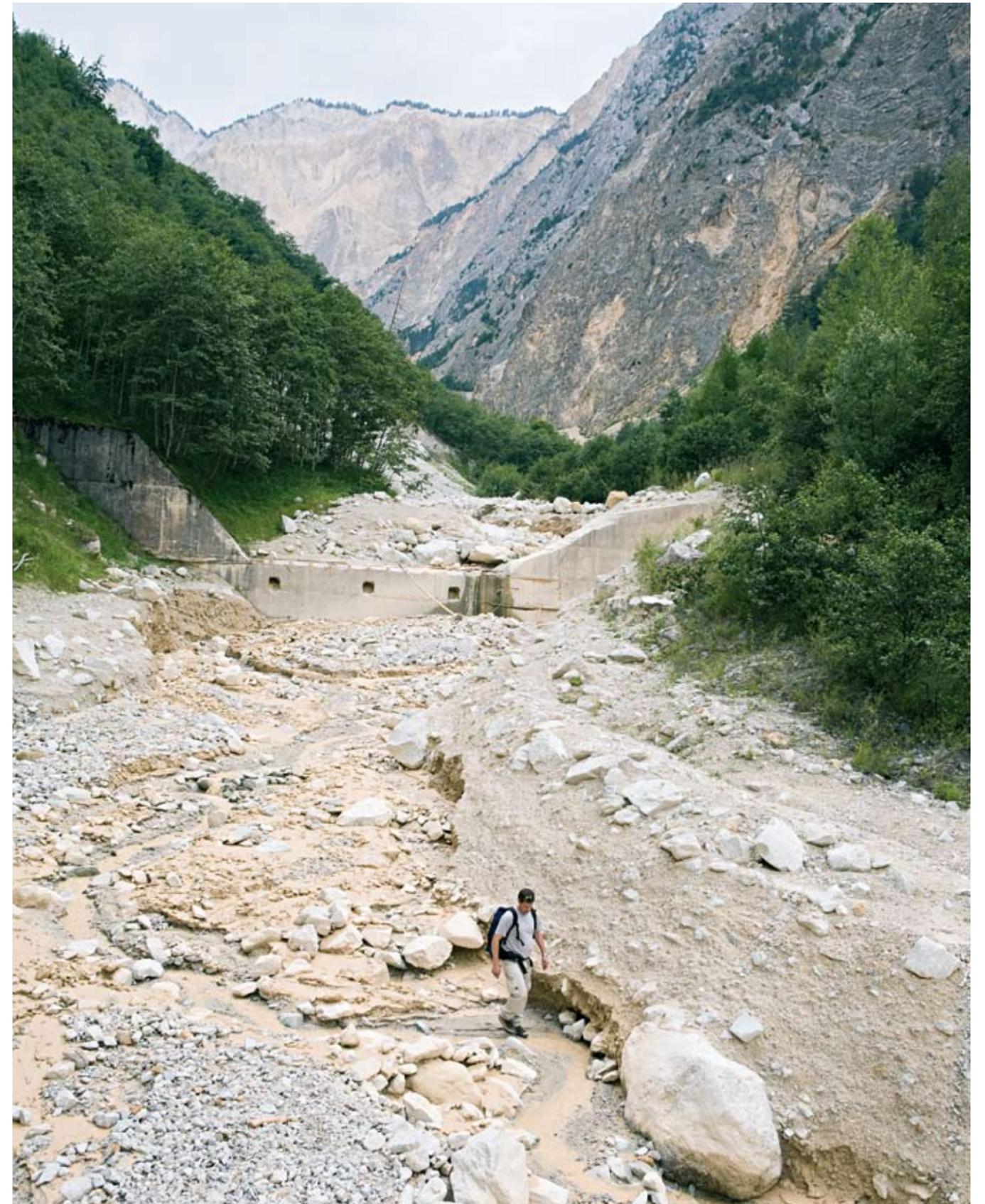
biet des Pfywaldes, die andere, gegen Brig hin, wurde kultiviert und bebaut. «Nicht nur optisch unterscheiden sich die beiden Teile, der Illgraben bildet zugleich auch die Sprachgrenze.» Hinter dem höchsten Punkt des Kegels ragt das 2700 Meter hohe Illhorn empor, das genau genommen nur noch ein halber Berg ist. Ein Teil hat sich vor Jahrhunderten gelöst, seither bröckelt er langsam ab oder donnert – wie 1961 – in einem Bergsturz herunter. Im Illgraben findet sich das Gestein wieder.

Inzwischen ist Graf auf dem Damm zur Sperre 28 hochmarschiert; insgesamt sind es 30, die nach dem Bergsturz Ende der sechziger Jahre im Bachbett angebracht wurden, um die Natur besser in Schach zu halten. Hier befindet sich auch eine der drei Fussgängerpassagen, die alle mit einer Warnanlage ausgestattet sind. Der Forscher schliesst einen Kasten auf und überprüft die technischen Apparaturen. Im und am Gerinne sind auf der ganzen Länge Ra-



Im Stollen unter dem Berg: per Velo zum Lift

Da bleibt was hängen: Luftfilter mit Feinstaub



Wenn das Wasser trüb wird, bringt man sich besser schnell in Sicherheit: der Illgraben im Rhonetal

dargeräte, Kraftsensoren oder Geofone installiert. Seit vier Jahren misst an einer der untersten Bachsperrn die Murgangwaage das Gewicht der sich darüber hinwegbewegenden Masse. Die so gewonnenen Daten werden an der WSL in Birmensdorf ausgewertet, um Simulationsmodelle zu entwickeln respektive zu testen und mögliche Szenarien von Murgang-Prozessen erstellen zu können.

### Immer mehr Extreme

Trotz all den exakten Messungen reist Christoph Graf im Sommerhalbjahr bis zu zwölf Mal von der Üsserschwiz ins Wallis: «Laborversuche bleiben immer lückenhaft, weil wir die Verhältnisse in der Natur nie ganz nachahmen können.» Für ihn sind die Exkursionen eine willkommene Abwechslung – und weit mehr. Er ist überzeugt, dass die optimale Forschung auf dem Zusammenspiel von Technik und menschlicher Beobachtung basiert. Jedes Mal präsentiert sich ihm der Illgraben anders, und wenn auch wie an diesem heissen Tag scheinbar nicht viel passiert, kann der Experte doch kleine Veränderungen erkennen. «Einmal aber durfte ich ein Ereignis miterleben. Das war am 28. Juni 2000», schwärmt der Forscher und strahlt, als hätte er den Lottojackpot geknackt. Er hat aus nächster Nähe gesehen, wie fast 100 Kubikmeter Material pro Sekunde mit rund 20 Kilometern pro Stunde herunterdonnerten. «Vor allem die Wucht der Front ist

gewaltig.» Die Front? Im Gegensatz zu Hochwasser, das Geröll, Steine und Holz mitschleppe, werde bei einem Murgang die grosse Gesteinsmasse regelrecht geschoben, wodurch eine deutlich höhere Stosswirkung entstehe. Insbesondere durch Steinblöcke, die laut Graf zuweilen die Dimension eines Fiat Cinquecento erreichen. «Als neuste Erkenntnis können wir nun die Dichte der Front und ihren Verlauf über das gesamte Ereignis bestimmen. Das Verhältnis ist etwa 40 Prozent Wasser zu 60 Prozent festem Material», erklärt er. Diese Front sei steil wie eine Mauer, und man könne sich die Mischung wie Beton vorstellen. «Wenn du da nicht rechtzeitig wegstommst, bist du tot.»

Sperre 10. Hier befindet sich das wichtigste Element des Warnsystems für die Bevölkerung. Laut Experten ist das «Schadenpotential» von Murgängen zwar nicht enorm hoch. Trotzdem hat die Gemeinde Leuk schon vor Jahren Sicherheitsmassnahmen getroffen. Dabei konnte sie auf die Hilfe der WSL-Forscher zählen. Bis ein neuer Schutzdamm auf der Seite der Gefahrenzone, wo auch bewohnte Häuser stehen, fertiggebaut ist, gibt es im Dorf ein Notfallkonzept. Anzeichen eines Murgangs werden von der Sperre 10 den zuständigen Behörden gemeldet. Gleichzeitig aktiviert sie die Sirenen an den drei Übergängen. Viel Zeit, sich in Sicherheit zu bringen, bleibt Menschen im Bachbett jedoch nicht; innert 5 bis 15 Minuten ist die Front da.

Während bei Murgängen der Zweck der Forschung offensichtlich ist, fällt den Wolkenjägern auf dem Jungfrauoch die Beschreibung ihrer Arbeit etwas schwerer. Für seine sechsjährige Tochter Camille ist Ernest Weingartner ein «Wolkendoktor». Die kindliche Vereinfachung enthält viel Wahres: Etwas ist nicht mehr ganz in Ordnung, dort oben. Seit die Kunde vom Klima-

### «Wenn du bei einem Murgang nicht rechtzeitig wegstommst, bist du tot.»

Christoph Graf, Gerölllawinen-Forscher

wandel die Massen erreicht hat, wird der Atmosphärenphysiker vermehrt darauf angesprochen. «Ich werde häufig gefragt, wann denn nun die Welt untergehe», erzählt er – und nicht selten verstecke sich hinter dem Scherz echte Besorgnis.

Weingartner freut sich über das Interesse an seiner Arbeit, darüber, dass seine Forschung als relevant empfunden wird. Deshalb hält er ab und zu Vorträge, erklärt mittels Folien und so einfach wie möglich, was Aerosole sind und wie sie auf unsere Gesundheit und unser Klima wirken. Mit Wertungen und Prognosen hält er sich zurück, macht – ganz Wissenschaftler – nur Aussagen über das, was sich belegen lässt. Ob Einzelereignisse wie der heisse Som-



Die Idylle täuscht: Vom Illhorn lösen sich immer wieder gewaltige Steinmassen ab.



Frühwarnsystem gegen Gerölllawinen: Geograf Christoph Graf im Rhonetal

mer 2003 oder der warme Winter 2007 eine Folge der Klimaveränderung seien, lasse sich nicht sagen. Sicher ist aber: «Es gibt immer mehr solcher Extreme.»

### Kleiner Beitrag für eine grosse Sache

Und wie hält es der Physiker Weingartner privat mit dem Umweltschutz? Er versuche schon, klimabewusst zu leben, sagt er. So baut er mit seiner Familie gerade ein ressourcenschonendes Holzhaus nach Minergie-Standard. In die Familienferien nach Italien ist er aber mit dem Auto gefahren; nüchtern sagt er: «Ich habe Russpartikel freigesetzt.»

Christoph Graf, der Geograf, schmunzelt bei der Frage, wie sehr er im Alltag auf die Umwelt Rücksicht nehme. «Vielleicht lebe ich etwas bewusster, aber als Naturschützer würde ich mich nicht bezeichnen», sagt er auf dem Weg zurück. Auch sonst entspreche er nicht unbedingt dem typischen Vertreter seiner Gilde, findet der Naturwissenschaftler. Er sei einer der wenigen am Institut, die keine Skitouren unternehmen oder klettern. «Wandern, ja. Aber eigentlich bin ich ein Flachländer.» Inzwischen hat sich der Himmel über Leuk verdunkelt, «aber der angekündigte Niederschlag wird wohl nicht reichen für ein Ereignis», glaubt Graf. Er wird am nächs-

ten Tag anhand der Daten in seinem Büro in Birmensdorf erfahren, ob sich im Illgraben doch noch etwas getan hat.

Bleibt die Grundsatzfrage: Wozu dient diese Forschung? Die Resultate, die die Aerosol-Forscher des PSI auf dem Jungfrauoch sammeln, fliessen in die Klimamodellierung an der ETH Zürich ein. Diese ermöglicht zusammen mit anderen Grundlagen, Szenarien der Erdklimaveränderung zu entwickeln, und dient als Wis-

sensbasis für künftige umweltpolitische Massnahmen. Aerosole bilden darin nur einen Puzzlestein, und der Nutzen ihrer Forschung ist nicht sofort ersichtlich. Ernest Weingartner stört das nicht. Ihm reicht die Überzeugung, einen kleinen Teil zu einer grossen, globalen Sache beizutragen. «Wir allein retten die Welt ganz sicher nicht», sagt er und lacht.

### Der Drang zur Forschung

«Die Relevanz meiner Arbeit?» Auf Christoph Grafts Gesicht zeichnet sich wieder ein Schmunzeln ab. «In der Welt der Wissenschaft hat meine Arbeit vielleicht keinen riesigen Stellenwert. Als angewandte Forschung ist sie aber von zentraler Bedeutung, insbesondere für die gefährdeten Regionen.» Die Forschungsergebnisse spielen bei der Erstellung und Dimensionierung von Schutzmassnahmen eine wichtige Rolle. Daneben liefern sie Entscheidungsgrundlagen für Behörden und tragen somit zum Schutz der Menschen, ihrer Besitztümer und Lebensräume bei. Teile der automatischen Mess- und Forschungsanlage im Illgraben sind weltweit einzigartig. Doch der Drang zur Forschung hat nicht primär mit Technik zu tun, oder? «Nein. Mein Ansporn ist, so banal es tönt, die Neugier.» ■

### ■ Weitere Infos

- Paul-Scherrer-Institut und Eidgenössische Forschungsanstalt WSL im Netz:
- <http://aerosolforschung.web.psi.ch>
- [www.wsl.ch/forschung/forschungunits/lawinen](http://www.wsl.ch/forschung/forschungunits/lawinen)
- Klimaforum vom 6. September in Thun:
- [www.climateforum.ch](http://www.climateforum.ch)

Der Illgraben steht unter Beobachtung: Jede kleinste Bewegung wird von Sensoren registriert.

