



Das letzte Tauen

Von Sonja Niederbrunner



Kaum ein Thema polarisiert aktuell so stark wie der Klimawandel. Sachlichkeit lässt sich in der Diskussion kaum verorten, Lobbyismus und verhärtete Fronten bestimmen die Debatten, die oft genug am Wesentlichen vorbeigehen. Als „Kleinkrieg“ bezeichnet der Innsbrucker Gletscher- und Klimaforscher Georg Kaser die sinnlosen Scharmützel, die in relativ naher Zukunft sowieso von der Realität eingeholt werden: Auf der Erde taut es.

Als die Wissenschaftler die Bombe platzen ließen, waren sie sicher: Jetzt ist es geschafft. Endlich. Der Innsbrucker Gletscher- und Klimaforscher Georg Kaser war als Lead Author dabei, als 2007 der vierte Bericht des Intergovernmental Panel on Climate Change¹ erschien, „dem ersten, der wirklich eingeschlagen hat. Die vorhergehenden drei gingen quasi an der Öffentlichkeit vorbei. Wir dachten damals: Jetzt begreifen es alle“, erinnert sich Kaser. Doch so war es nicht. Die Schockwellen waren kurz und reichten nicht aus für ein wirkliches Begreifen. Die Auswirkungen waren in der Tat ganz andere als erhofft: In den Monaten nach Veröffentlichung des Berichts sollten Kaser und seine Kollegen unter stetem Beschuss stehen. Unverhohlen wurde ihnen gedroht seitens jener, die sich als die Verlierer wähten, die nicht verstanden, dass ihr drohender monetärer Verlust ein kleiner sein würde im Vergleich zu dem, was allen blüht.

Nachdem klar wurde, dass der Klimawandel keine Erfindung von ewiggestrigen Grünen oder verkappten Wissenschaftlern, sondern real und bereits existent ist, änderten die Gegner ihre Taktik. „Sie sagten nicht mehr: Den Klimawan-

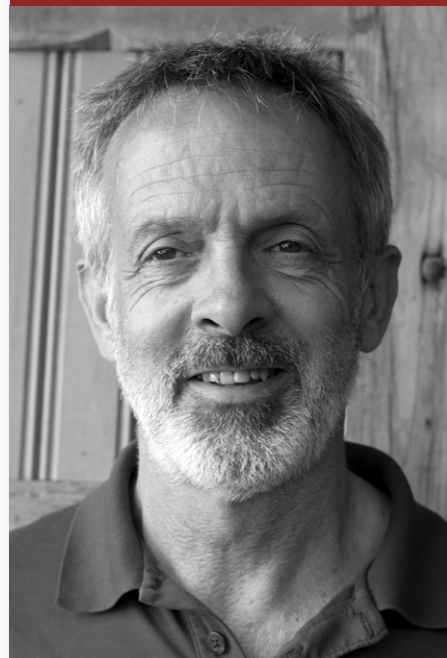
del gibt es nicht. Sondern: Natürlich gibt es ihn, aber ob es wirklich der Mensch ist, der ihn verursacht, ist nicht klar.“

Als einen Kleinkrieg, mit dem schwer umzugehen sei, bezeichnet Kaser das Ringen diverser Lobbys um den Erhalt von Macht, Geldflüssen, aber auch – ganz banal – liebgewonener Gewohnheiten. Während sich „da draußen“ und rund um uns seit Jahrzehnten wirklich enorme Probleme aufbauen, kämpft eine Minderheit um den Erhalt der bestehenden, zerstörerischen Strukturen. Denn was es bedeutet, wenn sich die Erde erwärmt, haben nur wenige wirklich verstanden – zumal die Zahlen lächerlich klingen: ein Grad, zwei Grad, drei Grad – Kinkerlitzchen. Zu den selbsterannten Experten in dieser Frage ist noch nicht durchgedrungen, wie groß die Auswirkungen kleiner Zahlen tatsächlich sein können und auch werden. Dass diese nicht nur Menschen in weit entfernten Ländern und in noch weit entfernten Zeiten treffen werden. Dass sie heute passieren, jetzt und hier, und uns genauso betreffen wie alles Leben auf dieser Welt.

„Sollten wir nicht imstande sein, die Erderwärmung bei 1,5 Grad über dem vorindustriellen Wert anzuhalten, wird der weitere Verlauf der Erwärmung wohl nicht mehr linear verlaufen“, sagt Georg Kaser. „Das Klimasystem wird dann außer Rand und Band geraten.“ Es hat bereits begonnen, sich deutlich zu verändern. Nicht immer, nicht überall. Punktuell, häufiger, extremer. Wer seine Heimat kennt, der sollte die Unterschiede benennen können. Dem muss auffallen, dass die Gletscher kleiner geworden sind, dass der Frühling früher kommt, der Winter später, dass die Sommer heißer werden, der Schnee im Tal nicht mehr lange liegen bleibt, die Schädlinge häufiger auftreten, die Berge grüner sind. Es sind viele kleine Details, die aber unseren Lebensraum, so wie wir ihn kennen, nachhaltig und für unsere Begriffe auf ewig ändern werden.

Der Begriff der Ewigkeit erfährt seine zeitliche Begrenzung durch den Betrachter. Wie gern wurde das ewige Eis der Alpengletscher besungen bis weit ins letzte Jahrhundert herauf, in welchem man es zugänglich machte, es eroberte – jetzt endet es. Eine „Ewigkeit“, deren Niedergang wir nun beobachten. Das Ende der meisten Gletscher in unseren Breitengraden werden wir in den kom-

GEORG KASER



1953 in Meran in Südtirol geboren, studierte Meteorologie und Geographie an der LFU Innsbruck. 1996 folgte die Habilitation. Von 1997 bis 2010 war er außerordentlicher Professor am Institut für Geographie, dann Professor für Klima- und Kryosphärenforschung am Institut für Meteorologie und Geophysik und Vorsitzender des Zentrums für Klima und Kryosphäre an der Leopold-Franzens-Universität Innsbruck.

Seit 2017 ist er Dekan der Fakultät für Geo- und Atmosphärenwissenschaften, stellvertretender Leiter des Forschungsschwerpunktes „Alpiner Raum – Mensch und Umwelt“ und Mitglied der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. Kaser arbeitete als einer der wenigen Wissenschaftler aus Österreich beim Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) mit und ist Träger des Ehrenkreuzes für Wissenschaft und Kunst der Republik Österreich. Sein Forschungsinteresse liegt in der Massen- und Energiebilanz von Gletschern, in Klimafluktuationen und Gletschern, in der Glaziologie, Klimatologie und Hydrologie tropischer Bergregionen und in globalen Massenänderungen von Gletschern und deren Treibern.

menden Jahrzehnten miterleben. Viele Gletscher sind bereits verschwunden: Sie sind so klein geworden, dass sie nicht mehr als solche definiert werden können. Die großen Gletscher sterben bedächtiger – weil mehr Eis länger taut. Doch ihr Ende ist in den Ostalpen nicht

VORHERGEHENDE SEITE/PREVIOUS PAGE:

Blick von der Hohen Mut, 2670 m, auf den Gaisberggletscher, Ötztal, um 1956 (© ETH Bibliothek Zürich, Archiv) und um 2008 © ETH Zürich

View from Hohe Mut, 2,670 m, over to the Gaisberg glacier, Ötztal, around 1956 (© ETH Library Zurich, Archive) and around 2008

© ETH Zurich

SONJA NIEDERBRUNNER

geboren in Südtirol, lebt seit 1998 in Nordtirol, studierte Politikwissenschaft und Russisch. Arbeitet seit 2003 als Redakteurin und Grafikerin für diverse Verlage und Medien.

mehr aufzuhalten. „Selbst, wenn wir mit heutigem Tage den Klimawandel stoppen könnten, wäre der Gletscherschwund nicht mehr umkehrbar. Gletscher reagieren zeitverzögert – bei kleinen Gletschern kommt die Entwicklung nach zehn bis 30 Jahren an, Eisriesen wie es sie in der Arktis gibt, spiegeln Veränderungen erst viel später wider, das kann bis zu hunderten von Jahren dauern“, sagt Kaser.

Es ist erschreckend zu sehen, wie unsere Gletscher verschwinden – aufgrund von Taten, die vor Jahrzehnten begangen wurden. Wohlwissend, dass unser Tun von damals nicht vergleichbar ist mit jenem von heute, dass der CO₂-Ausstoß jener Tage einen Bruchteil des heutigen darstellt.

Die Flucht nach oben

Die Alpenflora besetzt die von den Gletschern freigegebenen Flächen schnell, flüchtet aber ihrerseits bereits seit Jahren nach oben, weil die Temperaturen in niedrigeren Lagen nicht mehr zu ihrem Überlebensmodell passen. „Untersuchungen der Universität Wien wiesen nach, dass bereits während der letzten 100 Jahre Grasarten in den Alpen als Reaktion auf die Klimaerwärmung um bis zu vier Meter pro Jahrzehnt höher wanderten. In der Folge wird eine besonders artenreiche Pflanzenwelt oberhalb der Waldgrenze verdrängt, denn die kälteliebenden Arten, wie z. B. der Alpenmannschild, der Gletscher-Hahnenfuß oder der Moos-Steinbrech, die bereits jetzt auf den höchsten Punkten leben, haben keine Ausweichmöglichkeit mehr“, ist im Bericht „Klimawandel und Artenvielfalt“, der von WWF und BOKU Wien im Auftrag der Österreichische Bundesforste erstellt wurde, zu lesen. Was man wissen sollte: Auf nur drei Prozent der Fläche Europas – nämlich im Hochgebirge oberhalb der Waldgrenze – sind 20 Prozent von Europas Pflanzenvielfalt beheimatet. Erhöht sich die Temperatur – wie aufgrund der derzeitigen Emissionen wahrscheinlich – um drei oder mehr Grad Celsius, wird sich der Vegetationsgürtel weiter verschieben, um 400 bis 700 Höhenmeter, bis es eben nicht mehr weiter geht. „Nowhere to go“ nennt sich dieser Effekt. Schätzungen gehen davon aus, dass ein Viertel der 400 endemischen Pflanzenarten der Alpen vom

Aussterben bedroht ist. Und nicht nur Pflanzen sind davon betroffen. Auch viele Tierarten können nicht ausweichen. Die Klimaflüchtlinge sind schon lange unterwegs – weltweit: Studien zeigen, dass ca. 1.700 Arten begonnen haben, polwärts zu wandern – mit einer

Geschwindigkeit von zuletzt sechs Kilometern pro Jahrzehnt. Die Lebensräume, sprich die Klimazonen, verschieben sich aktuell aber bereits um etwa 50 Kilometer pro Jahrzehnt, also viel schneller. Künftig könnten es 100 Kilometer pro Jahrzehnt werden.



Die Vegetationszonen verschieben sich – kälteliebende Pflanzen werden keine Ausweichmöglichkeiten nach oben mehr haben. OBEN: Moos-Steinbrech, UNTEN: Gletscher-Hahnenfuß

© Harald Berger, Hans Hillewaert

The vegetation zones are shifting – cold-loving plants moving upwards will run out of options. ABOVE: mossy saxifrage, BELOW: glacier buttercup

© Hans Hillewaert, Harald Berger



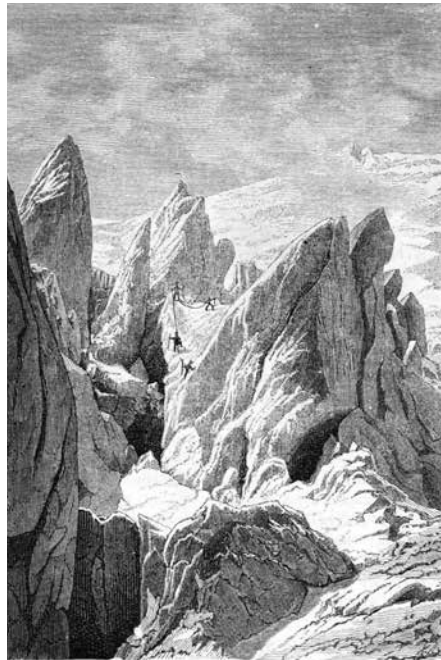
Das verschwindende Bindeglied

Das Eis schmilzt. Nicht nur das sichtbare auf den Gletschern, sondern auch jenes, das unseren Augen verborgen ist, der *Permafrost* – eine bis zu einigen Dekametern dicke Gesteins-, Boden- oder Schuttschicht, die ganzjährig gefroren ist, mehr oder weniger Eis enthält und in den Alpen ab etwa 2000 Höhenmetern auftritt. Wird es wärmer, weicht das Eis in den Felsklüften auf und der Fels wird instabil. Auch hier kommt es zu einer Verschiebung: Die Permafrostgrenze hat sich in den Alpen in den letzten 100 Jahren um die 200 Höhenmeter nach oben verlagert. „Wie beim Schmelzen der Gletscher steht hinter dem Auftauen des Permafrosts die zunehmende Wärme. Der Sommer 2003 zum Beispiel, der in den Alpen extrem heiß und trocken war, hat dem Permafrost immens zugesetzt. Beim heutigen Klima können sich, wenn sie einmal verloren sind, bei uns weder Permafrost noch Gletschereis wieder wiederherstellen. Dazu ist es einfach schon zu warm“, so Kaser.

Taut der Permafrost in steilen Geröllflanken, können diese vorübergehend labil werden und lokal zu Murenabgängen führen, Wege unpassierbar machen oder Infrastrukturen destabilisieren. So geschehen etwa beim *Hochwildehaus* (2.883 m) in den Ötztaler Alpen: Seit 2016 ist es wegen irreparabler Schäden geschlossen. Ursache war das Auftauen des Permafrosts, der das Gelände in Bewegung brachte.

Auch die *Erzherzog-Johann-Hütte* am Großglockner war durch den auftauenden Permafrostboden gefährdet. 2016 wurde – nach 15 Jahren Arbeit – die Fundamentkonsolidierung, Sanierung und Modernisierung abgeschlossen.

Auf 3026 Meter Höhe, im Südtiroler Teil der Zillertaler Alpen, wurde 2018 auf einem Joch zwischen Rotbachtal und Trippbachtal ebenfalls eine neue Hütte eröffnet: Der Neubau der *Schwarzensteinhütte*, hundert Höhenmeter über der alten Hütte, von der nichts übrig blieb, war nötig geworden, weil der Permafrostboden allmählich aufgetaut war, Risse zeigten sich, alles geriet in Schieflage. Laut einer Untersuchung aus dem Jahr 2015 (A. Kellerer-Pirklbauer, A. Bartsch, u.a.: permAT – Langzeitmonitoring von Permafrost und periglazialen Prozessen und ihre Bedeutung für die Prävention von Naturgefahren: Mögliche



Als die Riesen noch mächtig waren: Illustration einer Passage über den Schwarzensteingletscher 1869. © Wikipedia

When the giants were still mighty: illustration of a route over the Schwarzenstein glacier from 1869. © Wikipedia

Strategien für Österreich) liegen in Österreich insgesamt 42 bewirtschaftete alpine Hütten an einem Standort mit oder im Nahbereich von Permafrost – 29 davon in Tirol.

Ein anderes Beispiel, wie viel an Instabilität tauender Permafrost auslösen kann, ist der Hang am *Bliggferner*. 2007 rutschte er an die 20 Zentimeter am Tag ab, die vergletscherte Hangstruktur wurde dadurch aufgerissen. Die Gefahr eines plötzlichen Abrutschens des Hangs in den schräg darunter liegenden Gepatschspeicher wurde akut – die Folge wäre eine Flutwelle gewesen. Im Frühsommer 2015 brachen schließlich 25.000 Kubikmeter Gestein ab, der Staudamm wurde verschont. Ein in der Folge errichteter Ablenkdamdamm soll den Stausee seitdem sicherer machen.

Auch die Passierung vieler Wege wird durch das Tauen zunehmend schwieriger und gefährlicher: Am Großglockner ist die Gletscherschmelze derart massiv, dass Eisanstiege wie der durch die Pallavicinrinne meist nur noch im Frühling und Frühsommer ausreichende Firnbedeckung zur Begehung aufweisen. Auch die Steinschlaggefahr ist aufgrund der raschen Ausaperung stark erhöht.

Wasserspeicherung gefährdet?

Die insgesamt rund 900 Gletscher Österreichs nehmen eine Fläche von etwas mehr als 400 Quadratkilometer ein. Weltweit gibt es rund 215.000 erfasste Gletscher mit einer Gesamtfläche von ca. 705.000 Quadratkilometern und einem Volumen von rund 158.000 km³, was einem Meeresspiegeläquivalent von rund 33 Zentimetern entspricht. Die Zahl der zerfallenden Gletscher nimmt vorübergehend zu, beschreibt Kaser, während die Flächen und Volumen sukzessive weniger werden. „Wenn unsere heimischen Gletscher verschwinden, ist das vor allem ein emotionaler Verlust“, sieht Georg Kaser die Angelegenheit wissenschaftlich pragmatisch. „Als saisonale Wasserspeicher tragen sie zum allgemeinen Abflussgeschehen unserer Flüsse nur geringfügig und zeitlich auf die zweite Sommerhälfte begrenzt bei. Nur in sehr trockenen Sommern wie 2003 und in relativer Nähe zu den Gletschern ist der Betrag nennenswert.“ Dieser Beitrag ist in anderen Klimaten der Erde, wie in Zentralasien oder den tropischen Anden, deutlich größer. Dort spielt auch ein besonderer Effekt, den die Wissenschaftler *Peak Water* nennen, eine trügerische Rolle. „Sind Gletscher einem wärmeren Klima ausgesetzt, geben sie vorerst mehr Wasser als üblich ab. Werden sie dann, dem veränderten Klima angepasst, kleiner oder verschwinden ganz, fließt nur mehr wenig oder gar kein Gletscherwasser in die Bäche und Flüsse. Bei uns in den Alpen haben nahezu alle Gletscher diesen ‚Gipfel‘ schon überschritten. Nur die größten haben noch Substanz zu verlieren und das tun sie immer schneller.“

Sehr viel wichtiger in Sachen *Wasserspeicherung* ist bei uns die Winterschneedecke. Gerade der letzte Winter war diesbezüglich beachtlich: Meterhoch türmte sich der Schnee in den Bergen. „Und dann redet man von Klimawandel“, wurde es an den Stammtischen laut. „Wo denn! So viel Schnee gab es schon lang nicht mehr.“ „Der Winterniederschlag, der Niederschlag überhaupt, hat bei uns eine ganz starke Variabilität; und die hatte er immer schon. Es wird immer wieder Winter geben, in denen wir außerordentlich viele Schneefälle haben. Doch etwas ändert sich: Wir haben keine wirklich kalten Schneedecken mehr. In niederen Lagen wird auch im Winter

immer häufiger Regen fallen, ebenso in den Übergangsmo­naten. Das beobachten wir bereits und diese Entwicklung von Schnee hin zu Regen wird mit entsprechenden Konsequenzen wie schnellerem Abfluss weitergehen.“

Das Schmelzen der Gletscher bringt Wasser nicht nur zu Tal. Seen bilden sich hoch oben, und sie wachsen. Etwa jener im Vorfeld der Pasterze: Dessen Größe hat sich, wie aktuell von Wissenschaftlern der Universität Graz mittels Echolotmessung untersucht, seit dem Jahr 2010 versechsfacht und ist mittlerweile 30 Hektar groß und im zentralen Bereich über 48 Meter tief.

Was im Eis schlummert

Gletscher sind ein einzigartiges Geschichtsbuch. Solange es sie noch gibt, lassen sich in ihrem Eis sowohl natürliche als auch menschgemachte Ereignisse und Abläufe ablesen. Nehmen die Wissenschaftler Bohrproben aus entsprechend altem Eis, sind beispielsweise radioaktive Ablagerungen aus den 1960er-Jahren oder auch vom Reaktorunfall in Tschernobyl messbar. „In ganz hohen Firnschichten am Mont Blanc und am Monte Rosa gibt es Eisborkerne, in denen sich z.B. die Geschichte der industriellen Schadstoffemissionen in den umliegenden Tiefländern ablesen lässt“, sagt Kaser. „Durch das Schmelzen der Gletscher werden diese Schadstoffe freigesetzt. Auch Überbleibsel aus den ersten Jahren der Gletscher-Skigebiete, als man sich der Problematik noch nicht bewusst war und relativ sorglos mit Abwässern und Ölen umgegangen ist, finden sich darin.“ Große Probleme erwartet sich Kaser durch das Abfließen dieser Schadstoffe nicht, obwohl „es dort, wo es kanalisiert zu Tal fließt, messbare Belastungen geben wird. Doch angesichts des gesamten Belastungspegels, den wir haben, wären das kleine Peaks (Anm.: Spitzenwerte), die maximal im Lauf der entsprechenden Bäche auftreten werden. Zudem würden nicht große Eisflächen gleichen Alters gleichzeitig aktiviert, „man muss sich also nicht bedroht fühlen“.

Was auf der Welt gerade passiert, ist in dieser Form einzigartig. *David Wallace-Wells* schreibt in seinem Buch „Die unbewohnbare Erde: Leben nach der Erderwärmung“: „Die Auflösung des Eises stellt quasi ein neues Teilgebiet der Phy-

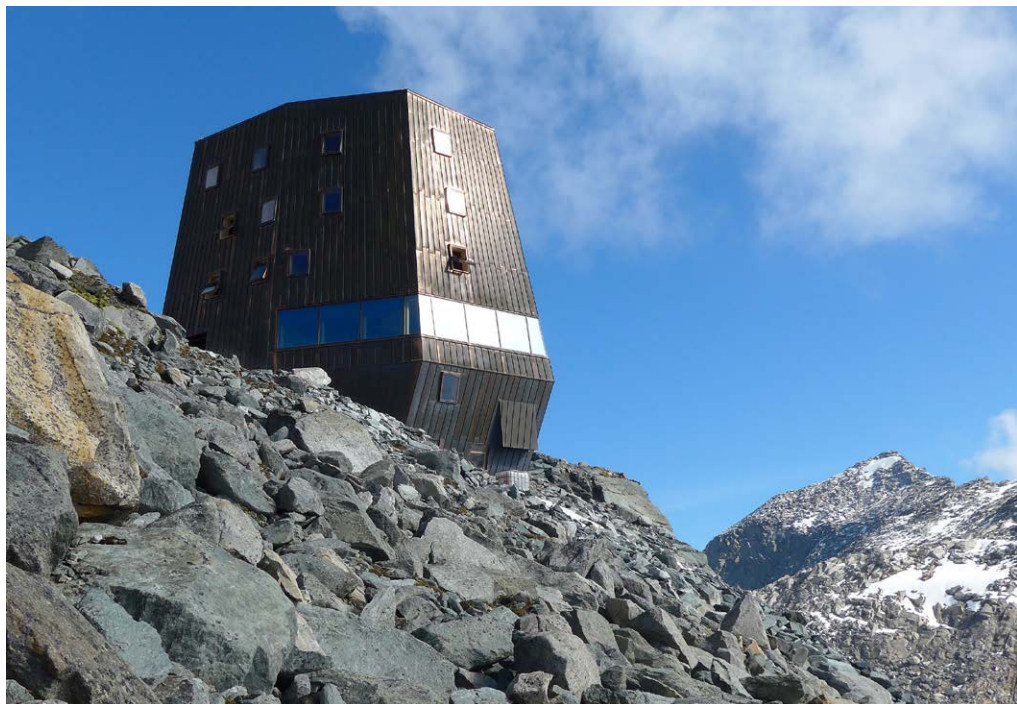


Das Ende der 1930er-Jahre erbaute Hochwildehaus am Gurgler Ferner in den Öztaler Alpen musste 2016 aus Sicherheitsgründen geschlossen werden. © Andreas Urban

The Hochwildehaus on the Gurgler Ferner glacier in the Öztal Alps, built at the end of the 1930s, had to be closed in 2016 for safety reasons. © Andreas Urban

Vergangenen Sommer wurde die neue Schwarzensteinhütte auf der Südtiroler Seite der Zillertaler Alpen eröffnet. Die alte Hütte 100 Meter tiefer, beschädigt durch auftauenden Permafrost, wurde abgerissen. © Wikipedia

Last summer the new Schwarzenstein hut was opened on the South Tyrolean side of the Zillertal Alps. The old hut 100 metres down the slope, damaged by thawing permafrost, was demolished. © Wikipedia





Gletscherschmelze der Pasterze am Großglockner – aufgenommen im Mai 2016 mit der Markierung des Gletscherstandes im Jahr 2000. © Naturpuur
 Melting of the Pasterze glacier on the Grossglockner – recorded in May 2016 with the glacier level as marked in the year 2000. © Naturepuur

sik dar, weil es so etwas in der Geschichte der Menschheit noch nie gegeben hat und wir daher wenig darüber wissen. Und obwohl wir mittlerweile über ein gutes Bild der Klimageschichte des Planeten verfügen, hat es doch in der gesamten untersuchten Zeit niemals eine derart rasche Erwärmung gegeben – laut einer Schätzung zehnmal schneller als zu irgendeinem anderen Zeitpunkt in den letzten 66 Millionen Jahren.“ Es ist nicht der Wandel an sich, der erschreckend ist – sein Tempo ist es aber sehr wohl. Und das, was ihn verursacht – nämlich wir. Doch wir bekämpfen – immer noch nicht – die Ursachen, sondern nur die Symptome. Klimaanlage und Ventilatoren machen bereits heute 10 Prozent des weltweiten Stromverbrauchs aus. Absurd. Und dennoch ist unsere Reaktion auf die bereits sichtbaren sowie drohenden Veränderungen nichts Neues. „Von dem Unglück, das sich schmerzlich spürbar macht, das sehr häufig in Katastrophen hereinbricht, wird gesprochen, daran hält sich die Erinnerung. Veränderungen (...) aber vollziehen sich langsam und allmählich, von ihnen spricht man nicht.“ (Eduard Richter: Geschichte der Schwan-

kungen der Gletscher der Ostalpen; Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins 1891.)

Der Stein des Anstoßes

Mit der *Friday for futures-Bewegung* tritt nun eine Generation – ohne diese an einem Alter festmachen zu wollen, sondern vielmehr an einem Grad von Bewusstsein, der Jugendliche ebenso auf die Straße treibt wie Erwachsene – in den Ring, die vehement und ausdauernd genug erscheint, um im Kampf um den Planeten ein gewichtiges, vielleicht entscheidendes Wort mitzureden. Als „ohne Einschränkung einfach phantastisch“ bezeichnet *Georg Kaser* das, was sich hier tut. Und als armselig, was man einer *Greta Thunberg* und all den Hunderttausenden, die ihr auf die Straße folgen, an boshafter Kritik entgegengesetzt. Er, der Wissenschaftler, der um Objektivität, um Sachlichkeit, um die Rolle des Beobachters bemüht sein muss, begegnet in seiner alltäglichen Arbeit genau dem Gegenteil davon. Subjektiven, teils zutiefst emotionalen Befindlichkeiten, Opportunismus, Lobbyismus, Sturköp-

figkeit, dem Verleugnen all dessen, was Menschen wie Kaser akribisch aufdecken und aufzeichnen. Das Spannungsfeld, das sich in Tirol zwischen Klimaschützern und Alpenverein auf der einen Seite, Tourismus, Wasserkraft und Industrie auf der anderen Seite eröffnet, ist eins mit harten Fronten. „Wir bemühen uns seit Jahren, mit Touristikern und Seilbahnern auf Augenhöhe reden zu können. Wir zeigen nur auf, was ist und was kommen wird – Probleme, in die man unweigerlich hineinlaufen wird, wenn man nicht vorbereitet ist.“ Annäherungen gäbe es, doch immer wieder auch massive Rückschläge. Es ist mehr als bedauerlich, wenn Erkenntnisse, die wissenschaftlich fundiert sind, keinen Adressaten finden. Nicht, weil es keine gäbe. Sondern vielmehr, weil die Annahme verweigert wird. Kleinkriege.

ANMERKUNGEN:

- 1 Das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) wurde 1988 durch die Weltorganisation für Meteorologie WMO und das Umweltprogramm der Vereinten Nationen UNEP gegründet. Seitdem hat das IPCC drei sogenannte „Assessment Reports on Climate Change“ erstellt.



The last thaw

by Sonja Niederbrunner



There can hardly be any topic at the present time so polarising as climate change. Objectivity is virtually impossible to come by during discussions, where lobbying and firmly-held opinions determine the debates and the essentials are often enough ignored. This is petty warfare, according to Innsbruck glacier and climate researcher Georg Kaser. But in the relatively near future the senseless skirmishes will be overtaken by the reality: the Earth is melting.

When the scientists dropped their bombshell, they were certain of one thing: finally, we've done it. Innsbruck glacier and climate researcher *Georg Kaser* was a lead author of the fourth report of the Intergovernmental Panel on Climate Change¹, published in 2007. The report was, according to Kaser, "the first that really attracted attention. The previous three went virtually unnoticed by the public. Back then we were thinking, now they'll understand", Kaser remembers. But that's not what happened. The shock waves generated by the report were brief in duration, not enough to bring about real understanding, and the effects were in fact quite different from what had been hoped for. In the months following publication of the report, Kaser and his colleagues were under constant attack. They were subjected to overt threats by those who considered themselves to be losing out, who did not understand that their impending monetary loss would be small compared to what may happen to us all.

Der Jamtalferner in der Silvretta bei Galtür hat massiv an Substanz verloren. Reichte er einst noch bis fast zur Jamtalhütte, müssen Besucher der Umweltbildungsstelle Jamtal heute etwa eine Stunde zum Gletscher wandern.

© Andrea Fischer

The Jamtalferner glacier in the Silvretta Alps near Galtür has massively reduced in size. While it once reached almost as far as the Jamtal Hut, visitors to the Jamtal environmental education centre nowadays walk for about an hour to reach the glacier.

SONJA NIEDERBRUNNER

born in South Tyrol, living in North Tyrol since 1998, studied political science and Russian. Since 2003 she has been working as an editor and graphic designer for various publishing houses using various media.

GEORG KASER



born in 1953 in Meran in South Tyrol, studied meteorology and geography at the University of Innsbruck. In 1996 he obtained his post-doctoral habilitation. Between 1997 and 2010 he was Associate Professor at the Institute of Geography, then Professor of Climate and Cryospheric Research at the Institute of Meteorology and Geophysics and Chair of the Centre for Climate and Cryosphere at the University of Innsbruck. Since 2017 he has been Dean of the Faculty of Geo and Atmospheric Sciences, deputy head of the research group "Alpine Space – Human and Environment" and member of the Austrian Academy of Sciences. Kaser was one of the few Austrian scientists to work for the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and is a holder of the Cross of Honour for Science and Art of the Republic of Austria. His research interests lie in the mass and energy balance of glaciers, climate fluctuations and glaciers, glaciology, climatology and hydrology of tropical mountain regions and global mass changes of glaciers and their drivers.

Once it became clear that climate change was not an invention of die-hard environmentalists or fake scientists, but was real and already in existence, the opponents changed their tactics. "They no longer said, 'there's no such thing as climate change', but, 'of course it exists, but it's not clear whether it is really caused by humans'", Kaser says.

The struggle of the various lobby groups to preserve not only power and the flow of cash but also – and quite banally – their preferred customs and habits is something he describes as petty warfare, something which is difficult to address. While both in the wider world and closer to home some really significant problems have been building up over decades, a minority is still fighting for the preservation of the existing, detrimental structures. That's because only a limited number of people have grasped

what it means if the Earth warms up – especially since the numbers sound ridiculous: one degree, two degrees, three degrees. Nothing serious, surely? The issue of how great the impact of small numbers actually can be and will be has not yet penetrated the minds of the self-proclaimed experts, that this is a matter that will affect not only people in far-away countries and in far-distant times but is happening today, here and now, and affects us just as much as it affects all life in this world.

"If we are unable to stop global warming at 1.5 degrees above the pre-industrial level, the further course of warming is unlikely to be linear", says Georg Kaser. "The climate system will then be out of control." It has already begun to change significantly. Not all the time, and not everywhere. But selectively the change is more frequent, more extreme. Those who know Tyrol well should be able to name the changes. The locals must have noticed that the glaciers have become smaller, that spring comes earlier, winter later, that the summers are hotter, the snow in the valleys doesn't last for long, that biological pests occur more frequently and the mountains are greener. There are many small details, but they will change the human habitat as we know it, permanently and forever.

The concept of eternity is temporally limited by the viewer. The praises of the "eternal ice" of the Alpine glaciers were sung until well into the last century. That eternal ice was made accessible, conquered, and now it ends, an "eternity" whose decline we now watch. We will witness the end of most glaciers in our latitudes in the coming decades. Many glaciers have already disappeared, having become so small that they can no longer be defined as such. The large glaciers die more slowly – because more ice takes longer to thaw. But their demise in the Eastern Alps can no longer be stopped. "Even if we could stop climate change today, glacier shrinkage would no longer be reversible. Glaciers have a time lag in how they react – in the case of small glaciers, changes occur after ten to thirty years. For ice giants such as those found in the Arctic, the changes are not reflected until much later, and this can take up to hundreds of years", says Kaser. It is frightening to see our glaciers disappearing because of actions from decades ago, while knowing full

well that the actions of that time are not comparable to those of today, that the CO₂ emissions of those days are a fraction of today's levels.

The flight to the top

The Alpine flora quickly occupies the areas vacated by the glaciers and has been fleeing upwards for years because the temperatures at lower altitudes no longer fit their survival model. "Studies by the University of Vienna have shown that grass species in the Alps have migrated up to four metres per decade higher during the last 100 years in response to global warming. As a result, a particularly species-rich plant world above the tree line is displaced, because the cold-loving species, such as Alpine rock-jasmine, glacier buttercup or mossy saxifrage, which already grow on the highest points, have nowhere else to go", according to "Climate Change and Biodiversity", a report prepared by WWF and the University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna on behalf of forestry company Österreichische Bundesforste. Here's what you should know: just three percent of the surface area of Europe – specifically, in the high mountains above the tree line – is home to 20 percent of Europe's plant diversity. If the temperature rises by three or more degrees Celsius – as is probably the case at current emissions levels – the vegetation belt will continue to shift upwards by 400 to 700 metres until it is no longer possible to continue. This is known as the "nowhere to go" effect. It is estimated that a quarter of the 400 plant species endemic to the Alps are threatened with extinction. And it's not just plants that are affected. There are many animal species which cannot escape this. Climate refugees have been on the move for a long time – worldwide. Studies show that about 1,700 species have begun to migrate towards the poles – at a speed of six kilometres per decade. The habitats, that is the climate zones, are currently shifting much faster, by about 50 kilometres per decade. In the future, this could increase to 100 kilometres per decade.

The disappearing link

The ice is melting. That includes not only the ice which is visible on the glaciers,



Am Großglockner ist die Gletscherschmelze massiv.
Glacier melt on the Grossglockner is massive.

Bild: Ködnitzkees © Marian Kröll
Photo: Ködnitzkees © Marian Kröll



but also the invisible ice, the *permafrost* – a layer of rock, soil or debris up to several tens of metres thick, which is frozen all year round, contains more or less ice and occurs in the Alps from about 2,000 metres above sea level upwards. With warmer temperatures, the ice in the rock fissures softens and the rock becomes unstable. Here, too, there are changes, with the permafrost limit in the Alps having moved upwards by around 200 metres over the last 100 years. "As with the melting of glaciers, the thawing of the permafrost is caused by increasing heat", says Kaser. "The summer of 2003,

for example, which was extremely hot and dry in the Alps, was an immensely difficult time for the permafrost. In today's climate, once the permafrost or glacial ice has been lost, neither can be restored. It's just too warm for that."

If there is thawing of the permafrost within steep banks of scree, the scree can become temporarily unstable, leading to local debris flows, making paths impassable or destabilising infrastructure. This was the case with the *Hochwilddehaus* Alpine hut (2,883 m) in the Ötztal Alps, which has been closed since 2016 because of irreparable damage. The



cause was the thawing of the permafrost, which rendered the ground unstable. The *Erzherzog Johann hut* on the Grossglockner was also endangered by the thawing soil in the permafrost. In 2016, a 15 year project to consolidate the foundations and renovate and modernise the hut was completed. And at an altitude of 3,026 metres, in the South Tyrolean section of the Zillertal Alps, a new hut was opened in 2018. Sited on a ridge between the Rotbach and Trippbach valleys a hundred metres above the old hut, of which nothing remained, the newly constructed *Schwarzenstein hut* had become necessary because of a gradual thaw in the permafrost ground. With the appearance of cracks, the old hut was in trouble. According to a study carried out in 2015 (Kellerer-Pirklbauer, A., Bartsch, A. et al: permAT – Langzeitmonitoring von Permafrost und periglazialen Prozessen und ihre Bedeutung für die Prävention von Naturgefahren: Mögliche Strategien für Österreich [permAT – long-term monitoring of permafrost and periglacial processes and their significance for natural hazard prevention: possible strategies for Austria]) a total of 42 managed Alpine huts in Austria have sites on or near permafrost – 29 of these in Tyrol.

Another example of how much instability can be caused by thawing permafrost is the hillside at *Bliggferner*. In 2007, it was slipping about 20 centimetres a day, ripping apart the glaciated slope structure. The danger of the hillside suddenly sliding down into the Gepatschspeicher reservoir lying below became acute – and the result would have been a tidal wave. In the early summer of 2015, 25,000 cubic metres of rock finally broke away, missing the reservoir dam. Since then, a deflecting dam has been erected to make the reservoir safer.

Thawing also makes the use of many routes increasingly difficult and dangerous. On the Grossglockner, the amount of glacier melt is so massive that ice climbing routes such as the Pallavicini couloir usually have sufficient coverage of compacted snow in the spring and

Das Glocknerleitl: oben im Jahr 1863, unten 2007 © Gustav Jägermayer, Tomasz Muszer

The Glocknerleitl: above in 1863, below 2007 © Gustav Jägermayer, Tomasz Muszer

early summer only. The danger of rock-falls has also greatly increased due to the rapid snowmelt.

Is water storage under threat?

Austria's approximately 900 glaciers cover an area of slightly more than 400 square kilometres. There are around 215,000 glaciers recorded worldwide, with a total area of around 705,000 km² and a volume of around 158,000 km³, corresponding to a sea level equivalent of around 33 centimetres. According to Kaser, the number of decaying glaciers is temporarily increasing, while their areas and volumes are gradually decreasing. "When our domestic glaciers disappear, this is above all an emotional loss", says Kaser, viewing the matter with scientific pragmatism. "As seasonal water reservoirs, they provide only a slight contribution to the general run-off of our rivers and are time-limited to the second half of summer. Only in very dry summers such as 2003 and in relative proximity to the glaciers is the quantity worth mentioning." This contribution is significantly greater in other parts of the world, such as Central Asia or the tropical Andes. A special effect, known by scientists as *peak water*, plays a deceptive role in such locations. "If glaciers are exposed to a warmer climate, they release more water than usual. If they then become smaller or disappear completely, in adaptation to the changed climate, little or no glacier water flows into the streams and rivers. Here in the Alps, almost all glaciers have already passed this 'peak'. Only the largest still have anything substantial to lose and they are doing that faster and faster."

In Tyrol, the winter snow cover is much more important when it comes to *water storage*. The last winter in particular was remarkable in this respect, with snow piling up in the mountains to a height of several metres. "And they're talking about climate change!" the regulars would laugh over a drink in the pub. "Where? There hasn't been this much snow in a long time." "Precipitation in winter, and precipitation in general, is very variable here in Tyrol, and it has always been so", says Kaser. "There will always be winters in which we have an extraordinary amount of snowfall. But something is changing. We no longer have really cold snow cover any more. At



Klassische Routen wie der Anstieg durch die Pallavicinirinne sind nur mehr zu bestimmten Zeiten und erschwert passierbar.

© Marian Kröll

Classic routes such as the ascent through the Pallavicini couloir are only passable at certain times and are more difficult.

© Marian Kröll

lower altitudes, rainfall will become more frequent in winter, as well as in the months either side. We are already observing this and this development from snow to rain will continue with consequences such as faster run-off."

The melting of the glaciers brings water not only to the valleys. Lakes form higher up, and grow in size. Consider the lake near the Pasterze glacier: this has increased in size sixfold since 2010, as recently investigated by scientists from



Selbst rund um die auf 3454 m gelegene Erzherzog-Johann-Hütte (Adlersruhe) ist die Gletscherschmelze deutlich sichtbar. © Marian Kröll

Even around the Erzherzog Johann hut at Adlersruhe, situated at 3,454 m, the glacier melt is clearly visible. © Marian Kröll

the University of Graz using sonar measurements. It is now 30 hectares in size and more than 48 metres deep at its centre.

What slumbers in the ice

Glaciers are a unique history book. As long as they still exist, both natural and man-made events and processes can be read in their ice. If scientists take core samples from appropriately old ice, radioactive deposits from the 1960s or from the reactor accident at Chernobyl, for example, can be measured. “In very high layers of compacted snow on Mont Blanc or Monte Rosa there are ice bore cores from which we can read the history of emissions of industrial pollutants in the surrounding lowlands, for example,” says Kaser. “The melting of the glaciers releases these pollutants. There are also remnants from the first years of glacier skiing, when people were not yet aware of the problems and were relatively careless with wastewater and oil.” Kaser does not expect major problems from the discharge of these pollutants, although, he says, “there will be measurable burdens where flows are channelled to the valleys. But given the overall level of stress we have, those would be small peaks in the courses of the corresponding streams.” In addition, large areas of

ice of the same age would not be activated at the same time, “so there is no need to feel threatened”.

What is happening in the world right now is unique in form. *David Wallace-Wells* writes in his book *The Uninhabitable Earth: Life After Warming*: “The breaking-up of ice represents almost an entirely new physics, never before observed in human history, and therefore poorly understood. And even though we now have a decent picture of the planet’s climatological past, never in the earth’s entire recorded history has there been warming at anything like this speed – by one estimate, around ten times faster than at any point in the last 66 million years.” It is not the change itself that is frightening but its pace and what is causing it – namely us. However, we are not – as yet – fighting the causes, only the symptoms. That air conditioning systems and fans now account for 10 percent of global electricity consumption is an absurdity. And yet our reaction to the already visible and threatening changes is nothing new. “*We talk of the sorrows that are painfully felt, that frequently befall us in times of catastrophe, and they stick in our memory. But changes (...) take place slowly and gradually, and they are not spoken of.*” (*Eduard Richter*: “Geschichte der Schwankungen der

Gletscher der Ostalpen”; Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins 1891 [“History of the fluctuations in the glaciers of the Eastern Alps”; Journal of the German and Austrian Alpine Association 1891].)

Stumbling blocks

A generation – without restricting this to an age-group, but rather to a level of consciousness that drives young people onto the streets just as much as adults – has now joined the campaign through the *Fridays For Future* movement, a generation that appears vehement and persistent enough to have a significant, perhaps decisive say in the battle for the planet. *Georg Kaser* describes what is happening here as “simply fantastic, no ifs or buts”, and thinks the malicious criticism directed at *Greta Thunberg* and all the hundreds of thousands who follow her on the streets is pathetic. As a scientist, who strives for objectivity, for a dispassionate approach, for the role of the observer, he encounters the exact opposite in his everyday work: subjective, sometimes deeply emotional attitudes, opportunism, lobbying, stubbornness, the denial of everything that people like Kaser have meticulously revealed and published. The conflict between climate protectors and the Alpine Association on the one hand, and tourism, hydro-power and industry on the other is one with hard fronts. “We have been trying for years to be able to talk to tourism professionals and cable car operators on equal terms. We are just showing the current state of things as they are now and what will come in future – the problems we will inevitably face if we are not prepared.” There has been some rapprochement, Kaser reports, but also frequent and massive setbacks. It is more than regrettable if findings that are grounded in the scientific data cannot find an audience. Not because there isn’t one, but rather because the audience refuses to accept the message. Petty feuds.

Translated by Hannah Burdekin

COMMENTS:

- 1 The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) was established in 1988 by the World Meteorological Organization WMO and the United Nations Environment Programme UNEP. Since then, the IPCC has produced three Assessment Reports on Climate Change.