

24.11.2006

Das Ende des Fatalismus¹

Der Klimawandel ist selbst mit einschneidenden Maßnahmen nicht mehr zurückzudrehen. Während die Politik noch streitet, werden rund um den Globus erste zaghafte Anpassungsstrategien sichtbar.

Von Niels Boeing

Friedlich erstreckt sich das Meer in die Ferne. Schafe weiden im Sonnenschein auf der Deichkrone, durch die frische Brise ertönen vereinzelte Möwenschreie. Die Idylle wird nicht halten an diesem Tag: Am Horizont jagen schon erste Regenwolken in den blauen Mittagshimmel über dem Jadebusen hinein. Aber hässliches Wetter ist unbedeutend im Vergleich zu dem, was Gerd Haschen beschäftigt. „Wir beobachten, dass das Mitteltidehochwasser in den letzten Jahren merklich angestiegen ist“, sagt der rüstige ältere Herr, der Vorstandsmitglied des 2. Oldenburger Deichbandes ist. Mitteltidehochwasser wird im Jargon der Küste der mittlere Pegel des täglichen Fluthöchststandes genannt. Der hat seit 1965 um 17 Zentimeter zugenommen – eine Folge der schleichenden Erwärmung der

Ozeane, die zur Ausdehnung ihrer Wassermassen führt.

Für die Wissenschaft ist dieser geringfügige Anstieg des Meeresspiegels nur ein Zeichen von vielen, die rund um den Globus auf einen bevorstehenden Klimawandel hindeuten – ausgelöst durch eine menschengemachte Verstärkung des natürlichen Treibhauseffekts der Erde. Auf sämtlichen Kontinenten ziehen sich die Gletscher in den Hochgebirgen zurück, häufen sich Hitzewellen und Dürren in einem bislang nicht beobachteten Ausmaß. In der Arktis schmilzt die Eiskappe an den Rändern mit jedem Sommer stärker als je zuvor, und in der Westantarktis brechen zunehmend riesige Stücke aus dem Schelfeis ab. Glaubt man den Modellrechnungen der Klimaforscher, ist das erst der Anfang massiver Umweltveränderungen, die in diesem Jahrhundert auf die Menschheit zukommen: Küstenlandschaften und Inselstaaten könnten vom Meer überflutet werden, während auf den Kontinenten das Verschwinden der Gletscher und ausbleibender Regen die Trinkwasserversorgung gefährden. Eine deutliche Erwärmung zahlreicher Landstriche könnte Ernten schrumpfen und Krankheiten zunehmen lassen (zu Hintergründen siehe Kasten rechts, "Grundlagen" und "Big Picture").

Zu Panik besteht allerdings kein Anlass: Die Menschheit ist diesem globalen Wandel nicht vollkommen hilflos ausgeliefert – und sie könnte zumindest in einigen Regionen gar von ihr profitieren. „Man muss das jetzt leidenschaftslos angehen“, sagt der Klimaforscher Hans von Storch vom

¹ Eine Bilderstrecke zu diesem Artikel gibt es bei Technology Review online unter <http://www.heise.de/tr/artikel/81513>

GKSS-Forschungszentrum in Geesthacht. Anders als ihm von manchen Umweltschützern immer wieder unterstellt wird, leugnet er den Klimawandel und seine Gefahren nicht. „Aber wir müssen von dem vorherrschenden Fatalismus wegkommen.“

Und das bedeutet: Es geht nicht mehr nur um die Streitfrage, ob und wie der Klimawandel zu begrenzen ist, sondern auch darum, sich an ihn anzupassen. Denn darin sind sich die Klimaforscher einig: Selbst wenn es gelänge, die weltweiten Emissionen des wichtigsten Treibhausgases Kohlendioxid ab sofort auf dem Niveau von 2004 zu halten, würde sich die globale Durchschnittstemperatur dennoch bis 2100 um etwa 1,5 bis 2 Grad Celsius erhöhen. Mit manchen Folgen einer solch moderaten Erwärmung könnte man durchaus fertig werden. Einige der dazu nötigen Ansätze sind bereits seit Jahrzehnten erprobt, andere – ursprünglich gar nicht für eine Klimaanpassung vorgesehen – lassen sich dafür weiterentwickeln.

Der Anstieg des Meeresspiegels

An der Nordseeküste wappnet man sich bereits für ein weiteres Ansteigen des Meeresspiegels. Gerd Haschen zeigt auf die Schaumkronen, die in der Ferne auf dem Jadebusen tanzen: „Wenn hier der Deich bricht, kommt das Wasser bis an Oldenburg heran.“ Ein Bauwagen und aufgeschichtete Steinplatten am Fuße des Deiches verraten, dass er und die anderen Verantwortlichen das nicht riskieren wollen: Die Deichkrone ist hier gerade erst auf einer Länge von sieben Kilometern auf zehn Meter erhöht

worden. Noch in den Siebzigern hielt man eine Deichhöhe von siebeneinhalb Metern für ausreichend. Die Erhöhung übertrifft zwar den durchschnittlich prognostizierten Meeresspiegelanstieg von 40 Zentimetern bis zum Jahr 2100 deutlich. Doch aus der Ozeanographie ist bekannt, dass die Wucht von Sturmfluten schon bei geringfügigem Anstieg stärker zunimmt. Billig ist der Küstenschutz nicht: „Ein Kilometer Deichneubau kostet rund 4 Millionen Euro, so viel wie ein Kilometer Autobahn“, sagt Haschen, denn mit einer bloßen Aufschüttung sei es nicht getan, die würde dem Meer nicht lange standhalten.

Sollte das Meer jedoch mehr als 40 Zentimeter steigen, wird es eng. Bei einer durchschnittlichen Erwärmung von drei Grad in den kommenden hundert Jahren würde Wasser aus schmelzenden Gletschern und den Poleiskappen verstärkt in die Ozeane strömen. Bis 2300 wäre dann mit einem zusätzlichen Anstieg von mindestens 2,30 Meter zu rechnen. „Mit Deichen allein werden wir wohl noch 50 bis 80 Jahre auskommen, danach wird das nicht mehr genügen“, warnt denn auch Michael Schirmer, Umweltforscher an der Universität Bremen. Dann kämen Küstengebiete nicht umhin, sich mit weiteren Maßnahmen zu wappnen. Dazu gehören eine zweite Deichlinie im Hinterland oder riesige Flutwehre an Flussmündungen, wie die Niederländer sie bereits an der Rhein-Maas-Mündung gebaut haben.

In den Niederlanden, die – zur Hälfte unter dem Meeresspiegel gelegen – sich seit Jahrhunderten vor der Gewalt der

Nordsee schützen müssen, denkt man noch weiter. „Langfristig müssen wir anders bauen“, sagt Koen Olthuis vom Architekturbüro Waterstudio. Das könnte heißen: Häuser entweder wasserdicht oder schwimmfähig machen. Waterstudio setzt auf schwimmende Architektur. Das Haus, das Olthuis in einem Kanal unweit des Amsterdamer Flughafens Schiphol präsentiert, erinnert nicht im entferntesten an die zusammengeflackten Wohnboote im apokalyptischen Film „Waterworld“. Ein mondäner Flachbau liegt da im Wasser, versteckt hinter Treibhäusern und kleinen Werkstätten. Eine großzügige Terrasse am einen Ende des Hauses lädt zum Sonnenbaden ein. „Bei Hochwasser könnte es einfach nach oben treiben“, sagt Olthuis. Leitungen für Abwasser, Trinkwasser und Strom werden – „plug’n’play“ sozusagen – an die vorgesehenen Stützen in der Kanalmauer angeschlossen.

Als Olthuis und sein Kollege Rolf Peters das schwimmende Luxusapartment planten, hatten sie wohl selbst noch nicht an den Klimawandel gedacht. Aber seit der Überflutung von New Orleans im vergangenen Jahr liefen bei Waterstudio die Telefone heiß, berichtet Olthuis, als Peters mit einem Geschäftsmann aus Dubai anlegt, den er an der nahegelegenen Hauptstraße abgeholt hat. Denn Waterstudio hat auch leichte, mit Kunststoffschäum gefüllte Betonplattformen entwickelt, die bis zu 100 Meter lang sein können: „Damit können wir schwimmende Städte bauen.“

Der Gast aus Dubai hat wohl eher Spielkasinos und Hotels auf dem Meer im Sinn. Doch künftig dürften andere Kunden bei Waterstudio anklopfen. Erst kürzlich habe das niederländische Umweltministerium 15 Gebiete für neue schwimmende Siedlungen ausgewiesen, sagt Olthuis. Was, wie im Wohnpark „Gouden Kust“ in Maasbommel, noch als weiterer Luxuswohnraum in den dichtbesiedelten Niederlanden gedacht ist, könnte schon bald zu einem Testgebiet für eine Folge des Klimawandels werden. Zumindest für die reichen Industrieländer: Im bitterarmen Bangladesh hingegen sind mehrere Millionen Menschen von einem Meeresspiegelanstieg bedroht, denen dann nur die Migration in höher gelegene Landesteile bliebe. In den pazifischen Inselstaaten wäre nicht einmal Raum für schwimmende Siedlungen – viele Inseln müssten hier wohl einfach aufgegeben werden.

Die Verknappung des Trinkwassers

Andere Regionen hingegen lechzen nach Wasser. Im wahrsten Sinne des Wortes „plastisch“ vor Augen geführt wird dies beim Anflug auf Almería in Südspanien: Kilometer weit erstrecken sich hier Plastiktreibhäuser über die karge Landschaft Andalusiens. Die ist mit hohem Wasser- und Energieeinsatz in den vergangenen 20 Jahren in den Obst- und Gemüsegarten der EU verwandelt worden. Doch die natürlichen Trinkwasserreservoirs reichen hier schon längst nicht mehr. Eine technische Lösung für das Problem befindet sich eine Autostunde von Almería entfernt an der Mittelmeerküste in Carboneras. Dort,

unter der sengenden Sonne der Provinz Murcia, ging im Sommer 2005 Europas größte Meerwasserentsalzungsanlage in Betrieb.

In den trockenen Hang hinein hat die Betreiberfirma Acusur die Trinkwasserfabrik gebaut. Im Innern herrscht gedämpftes Licht. Hunderte von blauen Stahlrohren stapeln sich meterhoch unter der Hallendecke. In ihnen wird das Meerwasser unter Hochdruck durch Membranen gepresst. Deren hauchfeine Poren filtern Mikroorganismen und den größten Teil des Salzes heraus. Dieses Umkehrosmose genannte Verfahren nutzt die Hälfte aller Meerwasserentsalzungsanlagen weltweit. Täglich produziert die Anlage in Carboneras damit ungefähr ein Drittel der Trinkwassermenge, die die Hamburger Wasserwerke den Hanseaten bereitstellen.

Die Gewinnung von Trinkwasser aus dem Meer ist ökologisch allerdings nicht ganz unbedenklich. So muss das zurückbleibende Salzkonzentrat zurück ins Meer entsorgt werden. „Wir verringern den Salzgehalt des Abwassers, indem es mit dem Kühlwasser des angeschlossenen Kraftwerks verdünnt wird“, sagt Acusur-Sprecher Álvaro González. Das zweite Problem: Pro Kubikmeter (oder tausend Liter) Trinkwasser sind bis zu neun Kilowattstunden Energie nötig. Das entspricht etwa der Energiemenge, die sich aus einem Liter Erdöl gewinnen lässt. Die Anlage in Carboneras kommt immerhin mit 4,25 Kilowattstunden pro Kubikmeter aus. Ein neues Verfahren des kalifornischen Unternehmens Energy Recovery

könnte diesen Wert bei künftigen Anlagen noch einmal halbieren, in dem das Abführen der salzigen Brühe in einer Drehkammer direkt mit der Weiterleitung des herbeigepumpten Meerwassers kombiniert wird. Erneuerbare Energiequellen werden zwar im Nahen Osten vereinzelt genutzt. „Solarenergie ist aber unwirtschaftlich, weil sie nicht kontinuierlich genutzt werden kann“, sagt Boris Lieberman von der israelischen IDE Technologies, die Entsalzungsanlagen konstruiert.

Bislang galt Meerwasserentsalzung vor allem als Luxustechnologie für arabische Ölstaaten. Doch wie die Szenarien der Klimaforscher zeigen, werden in den kommenden Jahrzehnten etliche Landstriche mit einer heftigen Verknappung des Trinkwassers zu kämpfen haben. Im westaustralischen Perth etwa nahmen die Niederschläge bereits seit 1975 derart ab, dass der Vorrat der Trinkwasserreservoirs der Stadt heute nur noch ein Drittel der damaligen Menge umfasst. Im Osten Australiens sieht es nach einer mehrjährigen Dürre nicht besser aus: „Die vier Millionen Einwohner Sidneys haben noch Wasser für zwei Jahre in ihren Speichern“, warnt der australische Umweltexperte Tim Flannery in seinem Buch „Wir Wettermacher“.

An der Meerwasserentsalzung wird deshalb – selbst bei einem effizienteren Umgang mit dem kostbaren Nass – kein Weg vorbei führen. Allein Spanien, das im vergangenen Sommer von einer dramatischen Dürre heimgesucht wurde, will in den kommenden Jahren durch neue

Fabriken die Menge von aus dem Meer gewonnenem Trinkwasser verdoppeln. Das ist ökologisch immer noch besser als die zweifelhafte Umleitung des Flusses Ebro, die im Juni 2004 von der Regierung Zapatero gekippt wurde. Und das trocken fallende Sidney plant die größte Anlage der Welt mit einem Ausstoß von 500 Millionen Litern am Tag.

Lösen lässt sich das künftige Trinkwasserproblem mit Meerwasserentsalzung allein aber nicht. Denn etwa ein Sechstel der Menschheit ist auf Schmelzwasser aus Hochgebirgen angewiesen. „In einer wärmeren Welt wird die Schneeschmelze im Frühling eher einsetzen“, schrieb der US-Forscher Tim Barnett mit Kollegen vor einem Jahr im Wissenschaftsmagazin Nature. Selbst wenn es weiterhin so viel regnete wie bisher, würde das bedeuten, dass die Flüsse das Schmelzwasser zu früh abführen. Im Spätsommer, wenn der Bedarf am größten ist, käme es dann zu verstärktem Wassermangel. Vor allem rund um Himalaya und Hindukush könnte dies Hunderte Millionen Menschen betreffen – weit entfernt von jeder Küste, an der Meerwasser aufbereitet werden kann.

Die Suche nach dem Formel-1-Reis

Während eine globale Erwärmung das Trinkwasser rund um den Globus verknappen dürfte, werden die Auswirkungen auf die Landwirtschaft nicht unbedingt schlecht sein – zumindest in gemäßigten Breiten. Versuche der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft zeigten bereits vor

einigen Jahren, dass ein deutlich erhöhter Kohlendioxid-Gehalt in der Atmosphäre in Europa den Ertrag von Wintergerste, Winterweizen und Zuckerrüben um 15 Prozent steigern könnte, vorausgesetzt die Pflanzen bekommen ausreichend Wasser. Sollte mediterranes Klima zwischen Rhein und Elbe Einzug halten, könnte hier zudem verstärkt Hartweizen angebaut werden. Der reift schneller ab und bringt höhere Erlöse auf dem Getreidemarkt. „Da eröffnen sich vielleicht Möglichkeiten, an die man bisher gar nicht gedacht hat“, sagt Frank Wechsung, Agrarwissenschaftler am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung. Wärmere Temperaturen könnten auch dem Obstanbau nutzen: „Die Bedingungen etwa für die Apfelproduktion werden sich wohl verbessern“, schätzt Wechsung. Und wenn sich der Maisanbau in Europa nach Norden und Osten ausdehnt, könnte gar die Erzeugung von Biogas, das sich vor allem aus Mais gewinnen lässt, zunehmen.

Andernorts sind die Aussichten allerdings nicht ganz so rosig. 2004 veröffentlichten Forscher am Internationalen Reisforschungsinstitut (IRRI) auf den Philippinen eine alarmierende Entdeckung: Mit jedem Grad Celsius Erwärmung des Tagesminimums nimmt in den Reisanbaugebieten der Ertrag um etwa zehn Prozent ab – vermutlich aufgrund von Hitzestress. Anders als lange Zeit angenommen, profitieren die Reispflanzen offenbar nicht von einer Zunahme des Treibhausgases CO₂ in der Atmosphäre.

Schon der dichtbesiedelte, wuchernde Großraum von Manila, der nur selten von Reisfeldern unterbrochen wird, zeigt die Dramatik des Problems: Reis ist für dreieinhalb Milliarden Menschen das Grundnahrungsmittel, vor allem in Asien, das nach wie vor ein rasantes Bevölkerungswachstum aufweist. Wo lassen sich in dieser tropischen Landschaft noch Anbauflächen erschließen? „Es gibt kein gutes Land mehr, das nicht schon kultiviert würde“, winkt John Sheehy, Leiter der Klimaforschungsgruppe am IRRI, ab und blickt aus seinem Büro auf die ausgedehnten Forschungsfelder des Instituts. Auf akkurat abgesteckten Parzellen, in denen beschriftete Tafeln aus den grünen Reispflanzen ragen, entwickeln IRRI-Forscher seit den sechziger Jahren immer ertragreichere Sorten. Etwa die Hälfte aller weltweit angebauten Reissorten wurde hier gezüchtet.

Die Produktivität der Pflanzen weiter zu erhöhen, ist für Sheehy in einer wärmeren Welt die einzige Lösung: „Ich suche deshalb nach einer Art Formel-1-Reis.“ Der könnte möglich sein, wenn es gelänge, die Photosynthese der Reispflanze zu verbessern. Reis gehört zu den so genannten C3-Pflanzen. Sie setzen ein Drittel weniger Sonnenenergie um als C4-Pflanzen, zu denen der Mais zählt.

Die Antwort könnte bereits in der Reisgenbank des IRRI verborgen sein. Körner von 107.000 Reisproben werden in der gut gekühlten Halle aufbewahrt – fein säuberlich abgepackt in silbrige Plastikbeutel. Wie in einer Bibliothek lagern sie in fahrbaren Regalwänden. Sheehy vermutet, dass

die Reispflanzen bereits die Gene für eine C4-Photosynthese enthalten – nur sind diese deaktiviert. Um einen Hinweis zu finden, wo man suchen müsste, will er nun die Blattstruktur von 6.000 Wildreissorten mittels Mikroskopie untersuchen lassen. In Sorten, deren Blätter spezielle kleine Kammern enthalten – ein Hinweis auf ihre potenzielle C4-Fähigkeit –, könnte er dann nach entsprechenden Genen fahnden.

Die technischen Grundlagen für diese Antwort auf den Klimawandel sind bereits vorhanden: Das Reisgenom wurde bereits 2002 entschlüsselt, so dass eine gezielte Suche möglich ist. Für Sheehy ist allerdings klar: Sollte er Erfolg haben, würde der Reis der Zukunft nur mittels Genmanipulation herstellbar sein. Die Formel-1-Pflanze auf konventionellem Wege zu züchten, hält er für aussichtslos – es wäre wohl zu langsam angesichts des nahenden Problems.

Die Kühlung der Metropolen

Es gibt einige Gebiete auf der Welt, denen eine globale Erwärmung besonders heftig zusetzen würde: die städtischen Ballungsräume. Die UNO schätzt, dass 2030 60 Prozent der Weltbevölkerung in Städten leben werden. Bereits heute liegt in ihnen die Durchschnittstemperatur zwischen fünf und elf Grad höher als auf dem umgebenden Land. Wissenschaftler sprechen deshalb vom „Urban-Heat-Island-Effekt“.

Tokio, mit 35 Millionen Einwohnern der größte Ballungsraum der Welt, ist so eine Hitzeinsel. „Die

Durchschnittstemperatur in der Stadt ist fünfmal so stark gestiegen wie die globale Erwärmung im 20. Jahrhundert – um drei Grad“, sagt Takehiko Mikami, Klimaforscher von der Tokyo Metropolitan University. In Shanghai oder Peking gebe es denselben Trend. Und obwohl Tokio noch 35 Breitengrade vom Äquator entfernt ist, gibt es hier mehr tropische Nächte als je zuvor. Das sind Sommernächte, in denen sich die Luft nicht unter 25 Grad abkühlt. Noch vor hundert Jahren sei eine solche Nacht ein, zwei Mal im Jahr vorgekommen, sagt Mikami. Inzwischen sind es zwischen 40 und 60.

Die Entwicklung der städtischen Hitzeinseln hat zwei unangenehme Konsequenzen: eine Zunahme des Energieverbrauchs durch Klimaanlage, die ihrerseits wieder Abwärme in die Straßen blasen, und von Herz- und Kreislaufbeschwerden. Der Zusammenhang zwischen Überhitzung und Todesfällen in Megastädten ist, wie Studien zeigen, unabhängig vom Breitengrad: Er gilt für gemäßigte Zonen ebenso wie etwa im subtropischen São Paulo. Welches Gesundheitsproblem auf die Metropolen zukommt, zeigt die Hitzewelle in Europa im August 2003. Innerhalb von zwei Wochen starben schätzungsweise 30.000 Menschen.

Wie aber kühlt man einen Moloch wie Tokio wieder auf ein erträgliches Maß herunter? Die Antwort der Tokioter Stadtverwaltung TMG lautet: mit Grünflächen in luftiger Höhe. „Die Dächer sind der letzte Raum, der in Tokio dafür noch übrig geblieben ist“, sagt Yuko Nishida, Umweltreferentin

bei der TMG. Die TMG hat deshalb 2001 eine Richtlinie erlassen, nach der alle Neubauten bei einer Grundstücksfläche von mehr als 1000 Quadratmetern Dachgärten anlegen müssen. Denn gemessen an der Einwohnerzahl hat Tokio fünfmal weniger innerstädtische Grünflächen als New York City.

Eine geradezu üppige Dachbegrünung hat die Mitsui Sumitomo Insurance Company auf einem Teil ihres Bürokomplexes im Stadtteil Chiyoda anlegen lassen. Ein Pfad schlängelt sich durch Bäume und Sträucher und öffnet sich schließlich zu einem großen Garten, der von Bürogebäuden und Wohnhäusern überragt wird. Aus der Mitte ragt ein Glasdach auf. „Darunter liegt unser Konferenzraum“, sagt Seiji Takahashi, Leiter der Rechts- und Umweltabteilung des Unternehmens. „Durch die Pflanzen wird er kühl gehalten und entlastet die Klimaanlage.“ Der Effekt von Dachgärten ist beachtlich: Auf unbegrüntem Dächern werden bis zu 60 Grad gemessen, die Dachvegetation hält die Temperatur dagegen bei etwa 30 Grad. „Die Anwohner können den Garten uneltgeltlich nutzen“, sagt Takahashi und deutet auf eine Frau, die mit einem Gartenschlauch gerade ihr Gemüsebeet im fünften Stock sprengt.

Zwischen 2001 und 2003 sind in Tokio so 90 Hektar zusätzliche Grünflächen entstanden. In Nordamerika haben bereits die Millionenstädte Chicago oder Toronto derartige Programme aufgelegt. Für Klimaforscher Mikami ist das zu wenig: „Dachgärten allein werden das Problem nicht lösen.“ Er hat der TMG deshalb vorgeschlagen,

ein Netz aus Parkanlagen zu schaffen, die durch begrünte Schneisen miteinander verbunden sind. Die könnten dann Winde aus der Tokioter Bucht durch die Stadt leiten und so ein großflächiges urbanes Kühlsystem bilden. Das wird aber ohne Gebäudeabriss im großen Stil nicht möglich sein – angesichts der Immobilienpreise in Tokio und der finanziellen klammen TMG wohl Wunschdenken.

Träume und Alpträume im Permafrost

Eine Veränderung infolge des Klimawandels ist inzwischen unübersehbar: das Schrumpfen der Polkappen an ihren Rändern und der Gletscher in den Hochgebirgen. In den letzten Jahren schmilzt jeden Sommer mehr Eis, als im Winter wieder neu gebildet wird. In Grönland etwa hat sich die im Sommer abtauende Eismasse in den vergangenen zehn Jahren verdreifacht. In Tibet geht das Gletschervolumen jährlich derzeit um sieben Prozent zurück. Die drei afrikanischen Gletscher auf dem Kilimandscharo, dem Mount Kenya und dem Ruwenzori-Massiv werden in 20 Jahren ganz verschwunden sein. Und von den einst 200 Kubikkilometern Eis, die die Alpengletscher Mitte des 19. Jahrhunderts hatten, ist nur noch ein Drittel übrig.

Das trifft vor allem die Skiorte in den Alpen hart. Einige haben nach dem Jahrhundertssommer von 2003 begonnen, den Schwund zumindest zu verlangsamen: Während der Sommermonate breiten sie über stark

gefährdete Eispartien weiße Kunststoffplanen. Die reflektieren das Sonnenlicht und retten immerhin eine Eisschicht von eineinhalb Metern Dicke, die sonst bis zum Herbst verloren gehen würde. „Im Moment ist die Vliesabdeckung das wirkungsvollste Mittel“, sagt Willi Krüger, Prokurist der Pitztaler Gletscherbahnen. Am dortigen Gletscher sind in den vergangenen zwei Sommern an die sieben Hektar Pistenfläche geschützt worden. „Zu einer Totalabdeckung wird es aber nicht kommen.“ Die würde bei Quadratmeterkosten von 2 Euro 1,7 Millionen Euro verschlingen, um die gesamten 85 Hektar Pistenfläche abzudecken.

Langfristig wird das kaum helfen, das wissen auch die Betroffenen. „Die Schweizer Skiorte wollen die starke Abhängigkeit vom Wintertourismus los werden“, sagt Bruno Fläcklin, Tourismusdirektor in Sörenberg-Flühli in der Südschweiz. Die Gemeinde auf einer Höhe zwischen 850 und 1150 Metern dürfte in nicht allzu ferner Zukunft unterhalb der Schneegrenze liegen. Deswegen baut man dort bereits vorsichtig die Sommerangebote aus: eine Wassererlebniswelt, ein Kletterpark und Höhlenbesichtigungen sollen das Mehr an Touristen anziehen, die irgendwann im Winter ausbleiben werden.

Doch das ist nicht das einzige Problem. Weil in den Bergen allmählich die Permafrostböden auftauen, kommen die Hänge ins Rutschen. Im schweizerischen Pontresina im Engadin hat man deshalb 2003 zwei riesige Dämme oberhalb der Stadt

fertiggestellt. Sie sollen verhindern, dass der Ort eines Tages unter Geröll- und Schlammlawinen begraben wird.

Tauender Permafrost in Nordamerika und Sibirien, der dort Hunderte von Metern in die Tiefe reicht, birgt aber noch viel dramatischere Probleme: Ölpipelines könnten über viele Kilometer im Morast versinken und bersten, gewaltige Mengen Methan – ein äußerst treibhauswirksames Gas – freigesetzt werden, wenn Mikroben bislang gefrorene Pflanzenreste zersetzen. Russlands Präsident Wladimir Putin sieht in den tauenden Weiten Sibiriens hingegen die neue Kornkammer auf der Nordhalbkugel entstehen.

Auch anderswo wird die Erwärmung der Arktis eher als Chance gesehen: Die US Geological Survey vermutet ein Viertel der weltweiten Öl- und Gasreserven unter dem 12,2 Millionen Quadratkilometer großen Arktischen Ozean (auch Nordpolarmeer genannt). Der Rückzug des Polareises würde den Zugriff auf diese Ressourcen ermöglichen. Einen Vorgeschmack auf den dann einsetzenden Goldrausch kann man im norwegischen Hammerfest besichtigen, laut Selbstdarstellung die „nördlichste Stadt der Welt“. Bitterkalt pfeift der Wind der angrenzenden Barentssee über die kleine Insel Melkøya, die in der Hammerfester Bucht liegt. Blaues Herbstlicht schimmert auf den umliegenden Inseln, die Sonne kommt schon am Mittag nicht mehr über den Horizont. Doch Sverre Kojedal, Sprecher des norwegischen Ölkonzerns Statoil, ist guter Dinge, als er von der Aussichtsplattform auf die riesige

Gasverflüssigungsfabrik hinunterblickt, in die sich Melkøya verwandelt hat. Über eine Pipeline wird sie aus dem 140 Kilometer entfernten Erdgasfeld Snøhvit in der Barentssee beliefert. „Zum ersten Mal wird Erdgas mit einer vollautomatischen unterseeischen Förderanlage heraufgeholt“, sagt Kojedal.

Wenn die Fabrik 2007 in Betrieb geht, sollen jährlich vier Milliarden Kubikmeter in Tanker gepumpt und nach Europa und Nordamerika verschifft werden. „Das ist der Beginn einer ganz neuen Ära in der Erdgas- und Ölförderung“, schwärmt Kojedal. In Hammerfest herrscht schon jetzt Aufbruchstimmung: „Zum ersten Mal seit Jahrzehnten ziehen mehr Menschen in die Stadt als abwandern“, sagt er, „und es sind vor allem junge Leute, die hier gut verdienen können.“ In der Tat: Im eisigen Meer hinter den Inseln am Horizont stecken derzeit Russland und Norwegen ihre Claims ab. Sollte die Arktis, wie Szenarien voraussagen, in wenigen Jahrzehnten im Sommer weitgehend eisfrei sein, hätte Statoil bereits wichtiges Know-how, wie man die Schätze aus den eisigen Tiefen des Nordpolarmeers fördern könnte. Dann aber haben nicht nur die Ölkonzerne gut lachen. Reedereien könnten ihre Frachter und Tanker auf direktem Wege zwischen dem Atlantik und Fernost pendeln lassen – ohne wie heute den Umweg über Suez- oder Panamakanal nehmen zu müssen.

Auch dieses letzte Beispiel zeigt: Mit manchen Folgen wird man sich vielleicht arrangieren können. Technische Möglichkeiten hierzu sind durchaus vorhanden, einige mehr,

einige weniger entwickelt. Die internationale Staatengemeinschaft hat allerdings bislang nicht den Ansatz eines globalen Anpassungskonzeptes, der ähnlich konkret wäre wie das Kioto-Protokoll zur Reduzierung der Treibhausgase. Wie der sich abzeichnende Klimawandel am Ende wirklich ausfallen wird, darüber kann gegenwärtig nur spekuliert werden. Dass er ohne nennenswerte Verluste an Menschenleben und Lebensräumen gemeistert werden könnte, ist wenig realistisch. Der Internationale Beirat zum Klimawandel IPCC schrieb 2001 in seinem bislang letzten Klimabericht: „Länder mit begrenzten ökonomischen Ressourcen, einem niedrigen technischen Niveau, schwachen Informations- und Bildungsangeboten, einer unterentwickelten Infrastruktur, instabilen oder schwachen politischen Institutionen sowie einem ungleichen Zugang zu Ressourcen haben kaum die Fähigkeit, sich anzupassen.“ Die haben nur die Länder, die mit ihrer fortgeschrittenen Industrialisierung die Gefahr des Klimawandels heraufbeschworen haben.