



Der Mensch und sein Wetter (1)

Wetterlaunen

*Ein dreiteiliger Wissenschaftsreport von Dieter E. Zimmer
mit Illustrationen von Angelika Fritsch*

Föhnsturm und Migräne-Attacke, Frühlingserwachen und saisonale Geburtenwelle. Sonnenschein und Stimmungshoch: Körperlich wie seelisch sind wir dem meteorologischen Geschehen ausgeliefert. Die erste Folge dieses Wissenschaftsreports beschreibt, wie unser Körper Hitze und Kälte übersteht.

DAS WETTER gilt als der Inbegriff des Stumpfsinnigen und Platten. Wer als Mensch von Geist angesehen werden will, tut gut daran, nie von ihm zu reden. Gleichzeitig aber liefert es das allerbeliebteste und das einzige wirklich demokratische Gesprächsthema. Unfehlbar verbindet es Arme und Reiche, Kluge und Dumme, Gute und Böse. Wer partout nicht weiß, worüber er mit einem Fremden reden soll – das Wetter bleibt ihm immer. Wir können auf Mitgefühl rechnen, wenn wir auf das aktuelle Regenwetter schimpfen, über eine Hitzewelle stöhnen, den Föhn beschuldigen, über die feuchte Düsternis des Novembers klagen, und wen das übrige Weltgeschehen kalt läßt, interessiert sich immerhin warm für den Wetterbericht.

Wettermetaphern gehören zum Grundbestand jeder Sprache. Ein *kalter* Rechner, eine *frostige* Antwort, ein *eisiges* Schweigen, eine finstere Miene, ein *schwüles* Lokal, ein *warmer* Brief, ein *dunkler* Vers, eine *nebulöse* Idee, eine *düstere* Stimmung, ein *aufklärendes* Buch, eine *helle* Freude, ein *sonniges* Gemüt, ein *laues* Temperament, eine *windige* Ausrede, ein *wetterwendisches* Verhalten, ein *reinigendes* Gewitter, die *drohende Wolke einer Gefahr* – ohne solche Sprachbilder wäre vieles unsagbar. Es gibt nämlich nicht vieles auf der Welt, das alle Menschen erleben und dann auch noch auf mehr oder minder ähnliche Art erleben und das damit einen Fundus für die allgemeingültigen Denkschemata abgeben kann, aus dem die Sprache ihre Metaphern bezieht. Das Wetter ist so etwas.

Die niederste wie die höchste Dichtung spricht von Meteorologischem. Tony Marshalls Schlager strebt vom *Dunkel ins Licht* und beschwert sich über die *Kälte der Welt*. In die Sprache der einschlägigen Wissenschaft übersetzt, lautet Goethes berühmtestes Gedicht: *Infolge lokaler Abkühlung der Erdoberfläche durch verminderte Sonneneinstrahlung findet keine Konvektion mehr statt, so daß auch die horizontale Luftbewegung gegen Null tendiert, was ein Indikator dafür ist, daß bald die circadiane Inaktivitätsphase beginnt.*

Als C. F. Delius 1971 seine germanistische Dissertation unter dem hübschen Titel *Der Held und sein Wetter* veröffentlichte, genierte er sich weidlich für die „Banalität des Gegenstands Wetter“. In der Sprache jener Jahre untersuchte sein Buch, wie deutsche Romanautoren des 19. Jahrhunderts das Wetter eingesetzt hatten, um ideologische Reklame zu machen. Delius fragte sich nicht, wieso das Wetter denn überhaupt als ein sicheres Mittel der Stimmungsmache dienen kann – wie es kommt, daß irgendein Wetter als „schön“ oder „schlecht“ empfunden wird und daß alle oder die meisten auf eine Wetterlage offenbar ähnlich reagieren. Hätte er auch das gefragt, das Thema Wetter wäre ihm vielleicht gar nicht mehr so banal vorgekommen.

Der moderne Mensch, verliebt in Dichotomien, hat jedoch klare Trennungsstriche gezogen. Beides scheint ihm verschiedenen Welten anzugehören: Hier die Seele (fühlend, „warm“), dort der Geist (denkend, „kalt“); hier die Psyche (hehr), dort der Körper (animalisch); hier der Mensch (edel), dort die Natur (ein niederes Chaos, aber mit ausreichendem und interesselosem Abstand betrachtet stellenweise auch wieder „schön“). Er kommt sich unabhängig von der Natur vor und gegen sie gründlich abgeschirmt. Gegen Blitze gibt es Blitzableiter, vor der Hitze oder Kälte zieht er sich eben in seine klimatisierten Innenräume zurück, unter dem Regen spannt er den Schirm auf – was soll ihm da das Wetter groß anhaben? Als das geistige Wesen, das er ist, so meint er, hat er mit etwas Platterem wie dem Wetter nichts zu schaffen.

Er hat es doch. Ganz am Anfang der europäischen Medizin stand die Überzeugung, daß das Wetter über Gesundheit oder Krankheit entscheidend. Für Hippokrates war es ausgemachte Sache, daß die Ursache aller

Krankheiten in meteorologischen oder klimatischen Bedingungen liege, vor allem in den Luftbewegungen. Der Arzt, schrieb er, „muß erstens über die Jahreszeiten und ihre Wirkungen nachdenken ... Ferner muß er sich über die Winde Gedanken machen, über die warmen und die kalten, und zwar vor allem über die allen Menschen gemeinsamen, aber auch über die jedem Lande eigentümlichen. Er muß auch über die Wirkungen der Gewässer nachdenken ...“ So radikal hat sich das nicht bewahrheitet; trotzdem war keine ganz falsche Fährte.

Wetter und Klima beeinflussen den Menschen, Körper und Seele, auf mannigfache Weise. „Wetterfühlig“ zwar ist nur jeder zweite, aber jeder ohne Ausnahme reagiert auf das Wetter und ist damit von ihm abhängig. Das Wort „Ökologie“ meint nicht ganz, was heute die meisten darunter verstehen: eine Bewegung gegen die Verpestung und Verhuzung der Natur. Eigentlich ist die Ökologie die Wissenschaft, die die Wechselwirkungen zwischen den Lebewesen und ihrer Umwelt untersucht, der belebten wie der unbelebten. Sich klar zu werden, wie und warum der Mensch auf das Wetter reagiert, wie er trotz aller Zivilisation mit ihm verwachsen bleibt und wie er es selber beeinflusst, ist geradezu ein Musterfall für ökologisches Denken.

Wenn die Beziehung zwischen Mensch und Wetter nicht gerade zu den Lieblingsthemen der Wissenschaft gehört, hat das zwei Gründe.

Erstens: Daß uns manches Wetter „schön“ und anderes „schlecht“ vorkommt, gehört zu den baren Selbstverständlichkeiten des Lebens, die man hinnimmt und normalerweise nicht befragt, von denen man sich nicht einmal vorstellen kann, daß sie sich überhaupt befragen lassen, wohl weil uns die Phantasie fehlt, uns auszumalen, daß es auch ganz anders sein könnte – daß wir etwa so begierig in die Arktis streben könnten, wie wir ans Mittelmeer streben. Aber gerade solche scheinbaren Selbstverständlichkeiten geben die interessantesten Fragen auf.

Zweitens: Es kursiert viel Stuß auf diesem Gebiet. Seit Hippokrates haben sich viele felsenfeste Überzeugungen zum Thema „Der Mensch und sein Wetter“ angesammelt; jeder nennt einige sein eigen. Daß viele davon stark übertrieben oder nur cum grano salis richtig sind oder augenscheinlich ganz ins Reich der Folklore gehören, hat manchen das ganze Gebiet von vornherein verdächtig gemacht.

Aber während es Jahrtausende lang bei bloßen Spekulationen bleiben mußte, hat die moderne Wissenschaft das Werkzeug, den Wirkungen nun wirklich und ernstlich auf den Grund zu gehen. Einige Experten im Schnittpunkt von Meteorologie, Biologie, Physiologie, Psychiatrie bauen seit etwa vier Jahrzehnten an einer modernen Biometeorologie.

Zu beschreiben und erklären ist: wie Wetter und Klima in den Körper und weiter in die Seele kommen. Natürlich befinden wir uns dabei auf der Suche nach dem Paradies.

Die wichtigste Auseinandersetzung mit dem Wetter ist für den Körper die mit den ständig wechselnden Außentemperaturen. Die biochemischen Vorgänge, die ständig in allen Körperzellen ablaufen, sind auf bestimmte Temperaturen angewiesen. Im Falle des Menschen etwa bricht das gegen Temperaturschwankungen besonders empfindliche Zentralnervensystem unter 35 und über 40,5°C zusammen. In dem Maße, in dem es den Tieren gelang, ihre eigene Temperatur zu erzeugen und gegen die bald wärmere, bald kältere Außenwelt zu verteidigen, konnten sie höherempfindliche biochemische Prozesse integrieren und blieben auch unter wechselnden Außenbedingungen lebens- und handlungsfähig, in der Kühle des Morgens wie in der Hitze des Mittags, und in gemäßigten Breiten in der Kälte des Winters wie in der Wärme des Sommers.

Der Mensch ist ein Warmblüter, sonst gäbe es ihn nicht. Aber die Begriffe „Warmblüter“ und „Kaltblüter“ führen in die Irre. Die sogenannten Kaltblüter haben nicht etwa ständig kaltes Blut. Es sind jene Tiere, die keinen inneren Mechanismus der Temperatursteuerung besitzen, deren Körpertemperatur also der Außentemperatur angeglichen ist und die allen für sie unzutraglichen Außentemperaturen nur dadurch entgehen können, daß sie sie vermeiden: Sie sind, wie es heute heißt, „ektotherm“. Es war eine große Errungenschaft der Evolution, als sie einige Tiere, vor allem die Säugetiere und die Vögel, von den Außentemperatur relativ unabhängig machte, indem sie ihnen einen nach und nach höchst raffinierten und effizienten Mechanismus der Thermoregulation einbaute. Sie, die „Endothermen“, können ihren Lebensgeschäften trotz täglich und jahreszeitlich stark schwankenden Außentemperaturen nachgehen.

Die inneren Organe des Menschen – Gehirn, Herz, Lunge, Leber – benötigen eine konstante innere Temperatur von 37°C. Es ist die sogenannte Kerntemperatur, für Messungen am zugänglichsten anzutreffen im Rektum. Die Haut ist nicht nur meist etwa 4 bis 7°C kälter; sie nimmt es auch nicht so genau und kommt, ohne Schaden zu nehmen, mit größeren Schwankungen zurecht.

Die Thermoregulation ist vor allem darauf bedacht, eine gleichbleibende Kerntemperatur zu erhalten, und sie muß zur Einhaltung der Energiebilanz dabei mit absoluter Genauigkeit arbeiten. Erzeugte der Körper nach der Einstellung auf seine 37°C auch nur um ein winziges mehr Wärme, als er an die Außenwelt abgeben kann, so würde er unweigerlich immer wärmer und stürbe bald den Hitzetod; und gäbe er mehr Wärme ab, als er erzeugt, so ginge er an Kälte zugrunde.

Da der Körper bei jeder Art von Muskelarbeit selber wechselnde Mengen von Wärme erzeugt, muß die Temperatursteuerung nicht nur die herrschende Außentemperatur berücksichtigen, sondern auch die körpereigene Wärmeproduktion registrieren und beeinflussen.

Daß wir ihn besitzen, wird uns selten oder nie bewußt; aber ständig ist er in uns am Werk: ein unfehlbarer und sinnreicher und recht strapazierfähiger Mechanismus der Temperaturregulierung. Stellte man ein Ingeni-

eurbüro vor die Aufgabe, einem Wirbeltier einen Mechanismus einzubauen, der ihm bei wechselnden Außentemperaturen und schwankender eigener Wärmeproduktion ohne äußere Hilfsmittel eine konstante Temperatur erhält – es stünde vor einer nicht trivialen Aufgabe.

Wie funktioniert dieser Mechanismus? Zunächst benötigt er ein Thermometer – Temperaturfühler, die feststellen, wie warm oder kalt es ist, und dies prompt einer Zentrale weitermelden, welche die Konsequenzen zieht und in die Tat umsetzt. Solche Fühler befinden sich in der Haut, in den inneren Organen und im Gehirn selbst. Die Kälte wird vor allem an der Haut gemessen; die dem Gehirn noch gefährlichere Wärme im Gehirn selbst. Wir haben sehr viel mehr als fünf Sinne.

Zwei verschiedene sind es allein für die Temperatur.

In der Haut befinden sich Wärme- und Kältepunkte, jeder etwa einen Quadratmillimeter groß. Unter ihnen befinden sich Nervenzellen, deren innere Chemie sich je nach Temperatur verändert und entsprechende Signale auslöst, die ans Gehirn weitergegeben werden. Diese Sensoren sind am dichtesten auf den Lippen (wo sie darüber wachen müssen, daß wir keine zu heiße oder kalte Nahrung zu uns nehmen), nämlich über 25 je Quadratzentimeter. An den Fingern sind es nur fünf, auf dem Rumpf weniger als einer. Am wärmeempfindlichsten ist die Stirn (sinnvollerweise, denn Wärmeeinstrahlung ist besonders gefährlich für das Gehirn), am wärmeunempfindlichsten sind die Waden. Insgesamt gibt es aber etwa zehnmal so viele Kältepunkte wie Wärmepunkte.

Einen Schmerz können wir genau lokalisieren, ein Temperaturgefühl nicht – und auch das ist zweckmäßig, denn auf den genauen Ort einer Wärme- oder Kälteempfindung kommt es nicht an. Die Sensoren sind dafür äußerst genau: Sie bemerken Temperaturunterschiede von drei Tausendstel Celsiusgraden.

Die Kältesensoren erwachen bei etwa 8°C und sind bei 25°C am aktivsten. Die Wärmesensoren sind zwischen 30 und 50°C aktiv, am stärksten bei 45°C. Bei 37°C hält sich ihre Aktivität genau die Waage. Unter 8 und über 50°C haben wir keinerlei Temperatursinn mehr. Was wir dann empfinden, ist nur noch Schmerz, der sich auch schon vorher langsam einzumischen beginnt. Darum fühlen sich eiskaltes und kochend heißes Wasser, in das wir versehentlich die Hand gesteckt haben, zunächst gleich an – nämlich schmerzhaft.

Solche Verwechslungen aber gibt es noch aus einem anderen Grund. Die gerade aufgedrehte Dusche können wir bei den ersten Tropfen als angenehm temperiert empfinden, obwohl sie, wie wir dann gleich merken, unleidlich heiß ist. Die Kältepunkte nämlich, die oberhalb von 44°C eigentlich vollständig schweigen, werden bei einer plötzlichen Erwärmung auf 45°C noch einmal angeregt und vermitteln uns ein „paradoxes Kältegefühl“.

Neben den Sensoren braucht der Körper eine Art Thermostaten. Wie seit Ende des letzten Jahrhunderts bekannt, befindet sich der wichtigste im Hypothalamus. Diese nur gut kirschgroße Struktur nahe der Basis des Gehirns, dort, wo sich die beiden von der Netzhaut kommenden Sehnerven kreuzen, steuert über das vegetative Nervensystem und etliche wichtige Hormone viele elementare autonome Körpervorgänge (Hunger, Durst, Blutdruck, Herzschlag); er ist damit auch eine Art Interface, das Seelisches in Körperliches und umgekehrt verwandelt. Hier, genauer: im präoptischen – nämlich vor der Sehnervenkreuzung gelegenen – Areal des vorderen Hypothalamus, befinden sich wärmeempfindliche Nervenzellen – die wichtigsten Wärmesensoren des Körpers. Im hinteren Hypothalamus werden alle Temperaturmeldungen zusammengefaßt und in Steuerbefehle umgesetzt.

Was kann der Körper tun, sich die ihm einzig genehme Temperatur zu bewahren? Ständig erzeugt er selber Wärme. Alle chemische Energie, die wir in Form von Nahrung zu uns nehmen und die zunächst von der Biochemie der Zellen als solche genutzt wird, endet schließlich als Wärme. Auch die Muskeln setzen nur einen Teil in Bewegung um. Die Ausbeute ist etwa so groß wie die eines Benzinmotors: Nur ein Fünftel der Energie, die sie verbrauchen, wird zu Bewegung, der Rest ist Wärmeabfall. Jede körperliche Anstrengung heizt also ein; eine heftige Anstrengung kann die Kerntemperatur bis auf 40°C treiben. Wenn wir ruhig dasitzen, entsteht stündlich pro Kilo Körpergewicht eine Kilokalorie; das macht bei Männern etwa 1800 (Kilo-)Kalorien pro Tag, bei Frauen 1500. Bei körperlicher Anstrengung sind es je nach Schwere mehr, bis zu sechsmal so viel; und entsprechend mehr Heizmaterial müssen wir zu uns nehmen.

Die überschüssige Wärme muß der Körper loswerden. Bei einer Außentemperatur um 26°C ist das für den nackten Menschen kein Problem. Etwa 60 Prozent strahlt er ab. Den Rest verliert er durch die ständige Wasserverdunstung in Lunge, Rachen, Mund und Nase, durch Abgabe an die Luft und durch den Kontakt mit Kleidung, Decken, Matratzen.

Tiere, die kleiner sind als der Mensch, haben eine im Verhältnis zu ihrem Gewicht größere Körperoberfläche, verlieren also relativ mehr Wärme durch Abstrahlung und müssen sich darum auch mehr erzeugen. Darum fressen zum Beispiel Katzen für unsere Begriffe so viel.

Der Thermostat steht auf dem Sollwert 37°C. Die Thermometer melden ihm, wenn der Körper kälter oder wärmer wird. Jetzt beginnt die Thermoregulation.

Gegen Überhitzung setzt der Körper zwei Mittel ein. Das eine besorgt eine schnelle Feinregulation: Auf Signale des Hypothalamus hin weiten sich die feinen Äderchen zwischen Haut und Unterhaut, ein dichtes Venengeflecht, das einzig der Wärmeabgabe dient. So strömt mehr Blut an die Körperoberfläche. Es bringt Wärme aus dem Körperinneren mit, und von der Haut wird sie an die Umgebung abgegeben. Diese Gefäßerweiterung in der Haut – die periphere Vasodilatation – ist die einzige Art, wie

der Körperkern die in ihm erzeugte Wärme (die meiste entsteht im Unterleib, vor allem in der Leber) verlieren kann. Sie ist sehr wirksam: Herrscht draußen Eiskälte, so geht die Durchblutung der Haut auf ein Fünftel des Normalwerts zurück, fast auf Null – der Kern konserviert seine Wärme; bei großer Hitze dagegen steigt die Hautdurchblutung um das Acht- bis Zwölfwache, wird fast ein Drittel des Bluts an die Körperoberfläche gepumpt.

Je wärmer es wird, je mehr sich die Außentemperatur der Körpertemperatur annähert, um so weniger hilft dem Körper selbst die stärkste Gefäßerweiterung, denn um so weniger Wärme kann er an die Außenwelt abgeben – bei 37° gar keine mehr, und bei noch höheren Temperaturen dann beginnt umgekehrt zusätzliche Wärme von außen in ihn einzudringen. Jetzt bleibt ihm nur noch ein Mittel: Schwitzen. Es setzt ein, sobald die Kerntemperatur genau 37°C überschreitet.

Es gibt eine angeborene Krankheit, bei der die Schweißdrüsen fehlen. In warmem Klima sind diese Menschen schlechthin nicht lebensfähig. Manche Tiere haben wenig oder keine Schweißdrüsen. Sie müssen ihre überschüssige Körperwärme auf andere Weise loswerden. Darum haben Elefanten oder Hasen so große, stark durchblutete Ohren: Sie strahlen Wärme ab. Darum hecheln Hunde, wenn ihnen heiß wird, also vor allem, wenn sie sich bei warmem Wetter selber heftig bewegen und damit als Nebenprodukt weitere Körperwärme erzeugen: So erhöhen sie die Verdunstung aus Lungen, Rachen, Schnauze.

Wenn Wasser verdunstet, verbraucht es Wärmeenergie. Anders gesagt: Verdunstung erzeugt Kälte, und zwar beträchtliche. Ein Liter verdunstendes Wasser nimmt der Umgebung 580 (Kilo-)Kalorien ab, soviel Wärme, wie der Körper aus 142 Gramm Zucker oder Stärke erzeugt hat.

Der Mensch hat zwei Millionen Schweißdrüsen, die meisten am Kopf, weniger am Rumpf, die wenigsten an den Gliedmaßen. Frauen haben genauso viele, schwitzen aber weniger. Die zahlreichen Schweißdrüsen an Handflächen und Fußsohlen dienen nicht der Kühlung; sie werden bei Unruhe, Beklemmung, Angst aktiv und bewirken das sogenannte „psychische Schwitzen“ (feuchte Hände bedeuten also tatsächlich etwas). Die vielen Schweißdrüsen in den Achselhöhlen wiederum dienen auch nicht der Kühlung, sondern der Erzeugung von Duftstoffen mit ursprünglich sexueller Bedeutung.

An heißen Tagen scheidet der Mensch stündlich mindestens 0,7 Liter Wasser aus – selbst jene, die von sich behaupten, nie zu schwitzen – und mit dem Schweiß auch das unentbehrliche Natriumsalz. Wessen Körper an die Hitze gewöhnt ist, bringt es auf 1 bis 2 Liter stündlich, unter extremen tropischen Bedingungen bis zu 12 Liter am Tag; außerdem beginnt

er früher zu schwitzen, und mit dem Schweiß geht ihm weniger Natrium verloren.

Das Durstgefühl hält mit einem derartigen Flüssigkeitsbedarf nicht mit. Unerfahrenen droht in heißen Gegenden darum die Dehydration. Sie meldet sich mit Durst und Mundtrockenheit, die Haut wird trocken und runzlig, die Augäpfel werden weich, die Augen fallen ein, infolge des Natrium-Mangels kommt es zu schmerzhaften Muskelkrämpfen, das Blutplasma wird weniger, die Herzleistung sinkt, die Urinausscheidung wird gedrosselt, so daß die Nieren die beim Körperstoffwechsel entstehenden giftigen Abfälle nicht mehr beseitigen können, das Schwitzen hört auf, die Körpertemperatur steigt, das Bewußtsein trübt sich.

Zu knapp 60 Prozent besteht der Körper aus Wasser – das sind etwa 40 Liter. Drei oder vier Liter davon kann er ohne weiteres entbehren; fehlen ihm fünf Liter oder mehr, ist er ernsthaft krank. Gehen ihm zwölf Liter verloren, so überlebt er es nicht: Er „verdurstet“.

Damit der Schweiß wirklich kühlt, muß er frei verdunsten können. Schweiß, der nur von der heißen Stirne rinnt, bringt keinerlei Kühlung. Enge, wasserundurchlässige Kleidung an warmen Tagen ist darum unerträglich. Die Verdunstung funktioniert besser, wenn die Luft bewegt ist und die von der Transpiration angefeuchtete Luft sogleich fortträgt: wenn ein Wind weht oder ein Ventilator ihn macht, wenn wir uns selber bewegen oder uns „Kühlung“ (nämlich trockene Luft) zufächeln. Wenn der Wind wärmer ist als die Haut, also ab etwa 31 °C, bringt er jedoch keine Kühlung mehr, sondern heizt die Haut noch weiter auf.

Je trockener die Luft, um so größer ist der Dampfdruck des Schweißes, desto leichter verdunstet er; je näher ihr Wassergehalt sich dem Sättigungspunkt nähert, desto weniger verdunstet. Ist die Luft mit Wasser vollständig gesättigt, also bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 100 Prozent, verdunstet der Schweiß gar nicht mehr. Darum ist uns Schwüle – feuchte, warme, unbewegte Luft – so überaus unangenehm: Sie setzt das einzige Kühlsystem, das dem Körper bei großer Wärme bleibt, außer Betrieb.

Die Temperatur allein sagt also noch wenig darüber, wie behaglich uns ein Wetter ist. Immer kommt es auch auf die Luftfeuchte an. Bei 17 °C empfinden wir selbst eine Luftfeuchtigkeit von 100 Prozent nicht als unangenehm; bei 28 °C erscheint uns alles über 50 Prozent, bei 40 °C schon alles über 15 Prozent als schwül, „drückend“; mehr als 40 Prozent könnten wir bei dieser Temperatur nicht überleben.

Auch feuchte Kälte ist unangenehm, „klamm“ – die Verdunstung auf der Haut fügt der sowieso schon niedrigen Lufttemperatur noch ihre Kälte hinzu.

Ist der Körper ganz und gar mit Schweiß bedeckt, hat er sein einziges Mittel der Kühlung ausgereizt. Und reicht der Kühleffekt wegen der hohen Umgebungstemperatur nicht aus, oder kann der Schweiß wegen der ho-

hen Luftfeuchte oder zu enger Kleidung nicht verdunsten, wird es im Körperinnern zwangsläufig immer wärmer. Bei einer Kerntemperatur 41°C beginnen sich die Proteine zu verformen und so das Gewebe zu beschädigen und schließlich zu zerstören. Da der Körper die Hautgefäße „aufreißt“, um möglichst viel Blut an die Oberfläche zu pumpen, sinkt der Blutdruck; das erklärt einige der Symptome, die nun einsetzen.

Zuerst fühlt man sich schwach und erschöpft, dann stellen sich Kopfschmerzen, Übelkeit und Schwindel ein, der Puls rast, es trübt sich das Bewußtsein, schließlich bricht man bewußtlos zusammen, und wessen Kerntemperatur nicht schleunigst wieder gesenkt werden kann (über die beste Methode streiten sich die Mediziner), ist verloren. Das ganze heißt Hitzschlag. Ist nur die Gehirntemperatur durch starke Sonneneinstrahlung auf Kopf und Nacken bis an die Toleranzgrenze erhöht, so nennt man es Sonnenstich. Die Symptome sind mehr oder weniger die gleichen, die Gefährlichkeit ist es auch. Das Gehirn verträgt höchstens 40,5°C und braucht einen besonderen Schutz gegen Überhitzung. Darüber beginnt die Zerstörung seiner Nervenzellen, deren erstes Anzeichen das einsetzende Delirium ist.

Der französische Mediziner Michel Cabanac hat nachgewiesen, daß wir selbst im Zustand der Austrocknung, wenn wir jede andere Schweißsekretion eingestellt haben, an Stirn und Schläfen weiter schwitzen und daß das an den Schläfen gekühlte venöse Blut sofort ins Gehirn zurückfließt. Die kühle Dusche übern Kopf, die Eisstücke an der Stirn, der Fächer – das alles wird als so angenehm empfunden, wie es zweckmäßig ist.

Manche Abfallprodukte giftiger Bakterien und degenerierter Gewebe haben die Eigenschaft, den Sollwert des Thermostaten im Hypothalamus heraufzusetzen. Die Körpertemperatur steigt, es herrscht Fieber. Wahrscheinlich ist es nicht einfach ein unangenehmer Nebeneffekt mancher Erkrankung, sondern dient dem nützlichen Zweck, die Immunabwehr zu verstärken. Der Sollwert steigt oft schnell, der Istwert folgt nur langsam; darum fröstelt man am Anfang einer Fieberperiode („Schüttelfrost“). An ihrem Ende sinkt er ebenso rasch, der Körper bleibt aber noch eine Weile wärmer und gerät heftig ins Schwitzen: Das ist die „Krise“, die eigentlich keine ist, sondern anzeigt, daß das Fieber nunmehr zu Ende geht.

Wenn die Lufttemperatur auf 26°C sinkt, beginnt der ruhende, unbedeckte Körper mehr Wärme zu verlieren, als er erzeugt. Jetzt muß er Wärme möglichst bei sich behalten und eventuell sogar zusätzliche hervorbringen. Wieder greift der Körper zum Regulativ der Hautdurchblutung. Jetzt aber verengen sich die Gefäße, und der Wärmefluß aus dem Körperinnern an die Oberfläche wird gedrosselt. Bei großer Kälte verengen sie sich so stark, daß die Haut gar nicht mehr durchblutet wird und die Temperatur der Umgebung annimmt; unter Umständen friert sie buchstäblich ein.

Manche Naturvölker – etwa die Ureinwohner Australiens – scheinen sonderbar kälteunempfindlich zu sein. Sie können in kühlen Nächten im Freien schlafen, ohne zu frösteln. Es liegt daran, daß sie von kleinauf gelernt haben, ihre Hautdurchblutung zu regulieren: Ihre Arteriolen beginnen sich früher als bei Europäern zusammenzuziehen, und weniger Wärme aus dem Körperinnern kann entweichen.

Von Nutzen ist jetzt eine gute Isolation, die die Wärmeabstrahlung des Körpers verringert. Ein Fettpolster isoliert: Dicke frieren weniger. Tiere sträuben die Haare ihres Fells oder ihr Gefieder und halten so die vom Körper erwärmte Luft in seiner Nähe fest. Auch dem Menschen ist diese Reaktion geblieben, aber da ihm das Fell fehlt, kommt dabei nur eine „Gänsehaut“ heraus.

Bei aller Muskelarbeit fällt Wärme an. Wer sich bei kaltem Wetter heftig bewegt, steigert seine Wärmeproduktion enorm, wie Skilangläufer bestens wissen – bis auf das Fünffache. Bleibt diese Bewegung aus, verschafft sie sich der Körper selber. Die Muskeln erhalten unrythmische Bewegungsbefehle, und die Folge ist das bekannte Kältezittern. Durch bloßes „Bibbern“ mit dem dazugehörigen Zähneklappern steigert man die Wärmeproduktion um das Zwei- bis Dreifache. Das allein ist sein Sinn.

Reichen die Methoden der Wärmekonservierung und -erzeugung nicht aus, so muß die Kerntemperatur unweigerlich immer weiter sinken. Bei 34°C läßt die Aufmerksamkeit nach, verliert man die Sprache; ab 33°C besteht Lebensgefahr; ab 30°C wird der Stoffwechsel reduziert und geht die Fähigkeit der Thermoregulation verloren; bei 27°C wird man bewegungsunfähig; bei 25°C tritt als Folge ungenügender Atmung Sauerstoffmangel ein. Das Ende ist meist Kammerflimmern und der Herztod. Aber in einigen Fällen haben Menschen auch eine Kerntemperatur von nur 16°C überlebt.

Mit allen diesen Methoden bringt es der Körper zuwege, in der weiten Spanne zwischen 16 und 50°C seine eigene Temperatur vollständig zu wahren, jedenfalls bei trockener Luft. Aber ihm steht ein noch viel wirksameres und stammesgeschichtlich sogar älteres Mittel zu Gebot. Er läßt es uns spüren, wenn wir den uns zuträglichen Temperaturkorridor verlassen: Es meldet sich ein körperliches Unbehagen in unserem Bewußtsein. In der Wissenschaft heißt es schlicht Diskomfort. Für den Kälte-Diskomfort hat die deutsche Sprache ein Wort: Wir „frieren“. Für den Wärme-Diskomfort selbst gibt es keines – „Schwitzen“ ist ja nur einer seiner Begleitumstände.

Ein Diskomfort veranlaßt uns, so zu handeln, daß er verschwindet; haben wir das getan, hat er seinen Zweck erfüllt – wir sind den Temperaturen, die uns hätten gefährlich werden können, entgangen. Wir bewegen uns also mehr oder weniger, kleiden uns so, daß er geringer wird, suchen Orte mit genehmeren Temperaturen auf. Er stellt die wirksamste Methode

unserer Thermoregulation da, unter extremen Bedingungen die einzige, die uns hilft.

Es ist oft darüber spekuliert worden, ob der Charakter der Völker so ist, wie er ist, weil sie in bestimmten Klimaten leben; und ob die Zivilisation ein kühleres, anregendes Klima braucht – vor allem der amerikanische Bioklimatologe Ellsworth Huntington dachte darüber noch ganz ungeniert nach. Solche Überlegungen sind heute nicht populär, könnten sie doch auf den Schluß hinauslaufen, das manche von vornherein benachteiligt und andere bevorzugt sind. Soviel aber wird man sagen müssen: Wenn körperliche Anstrengungen trotz aller Akklimatisation bei großer Hitze schwerfallen, da der Körper sich dagegen sträubt, selber weitere Wärme zu erzeugen („Tropenmüdigkeit“), und wenn bei großer Wärme auch die Konzentrationsfähigkeit nachläßt – dann kostet die Menschen des Tropengürtels schwere körperliche und geistige Arbeit viel mehr als die Menschen der gemäßigten Klimate. In einem anderen Klima würde keiner zu einem ganz anderen Menschen. Trotzdem könnte es ihm so vorkommen, denn der Lebensstil und das Befinden würden sich durchaus ändern.

In seinen *Satanischen Versen* hat Salman Rushdie es sich lebhaft vorgestellt: „Gibril Farishta schwebte auf einer Wolke und gelangte zu der Überzeugung, daß die moralische Verkommenheit der Engländer meteorologisch bedingt war. ‚Wenn der Tag nicht wärmer ist als die Nacht‘, argumentierte er, ‚wenn das Licht nicht heller ist als das Dunkel, wenn das Land nicht trockener ist als das Meer, dann wird ein Volk natürlich die Kraft verlieren, Unterscheidungen zu treffen, und alles – angefangen von den politischen Parteien über Sexualpartner bis hin zu religiösen Überzeugungen – als mehr oder weniger gleich betrachten ... Gibril zählte die Vorzüge der geplanten Metamorphose Londons in eine tropische Stadt auf: größere moralische Eindeutigkeit, landesweite Einführung der Siesta, Entwicklung von lebhaften und extravertierten Verhaltensmustern in der Bevölkerung ... Ein verbessertes Straßenleben, unerhört bunte Blumen in den Farben: Magenta, Zinnoberrot, Neongrün, Klammeraffen in den Eichen ...“ Das ewige Verlangen nördlicher Menschen nach „dem Süden“ ist immer auch ein Verlangen nach einem lockereren, extravertierteren und extremeren Leben.

Der Körper ist unablässig damit beschäftigt, seine Temperatur zu verteidigen, und er tut es normalerweise ohne Fehler und ohne daß wir es bemerken. Trotzdem ist es für ihn ein Stress, und das nicht nur metaphorisch. Ständig muß er viele physiologische Prozesse an neue Bedingungen anpassen, und daß dies eine wirkliche Anstrengung ist, sieht man schon daraus, daß großer Wärme- wie großer Kältestress gleichermaßen den Stoffwechsel erhöhen und den Herzschlag beschleunigen; im einen Fall muß mehr Blut an die Körperoberfläche, im andern Fall zu den inneren Organen gepumpt werden.

Mäßiger Thermostress aber schadet nicht; den erheblichen, aber wohldosierten Thermostress der Sauna, bei dem die Hautgefäße erst ex-

trem geweitet, dann im kalten Tauchbecken jäh kontrahiert werden, lassen wir uns nur zu gern gefallen – er trainiert unsere Fähigkeiten zum Wärmeausgleich und nützt darum unserer Gesundheit. Entgegen einer verbreiteten Meinung schwitzt man im übrigen im Dampfbad nicht mehr als in der Sauna. Es ist mit etwa 50°C nur gut halb so heiß wie die Sauna, aber beide Hitzebäder liegen außerhalb des Bereichs, in dem der Mensch seine Temperatur verteidigen kann, in beiden müßte er nach einiger Zeit den Hitzetod sterben – also schwitzt man in beiden auf Hochtouren. Aber da im Dampfbad die Luft mit Wasserdampf gesättigt oder übersättigt ist, kann der Schweiß nicht verdunsten.

Die Fähigkeit, mit Wärme und Kälte fertig zu werden, nimmt im Alter ab. Vor allem funktioniert die Dehnung und Verengung der Hautgefäße nicht mehr so effizient wie in jungen Jahren. In warmem Wetter wird nicht mehr soviel Blut aus dem Innern an die Oberfläche geschafft, auch setzt das Schwitzen später ein und ist nicht mehr so ergiebig; in kaltem Wetter ziehen sich die Blutgefäße in der Haut nicht mehr so stark zusammen, so daß dem Körperinnern mehr Wärme verloren geht. So frieren alte Leute leichter und stärker, und man sagt, daß die wirkliche Todesursache bei manchem, der in einem zu sparsam beheizten Heim leben mußte, Unterkühlung war.

Nach allem wird klar, welche Temperaturen im Paradies herrschen müssen. Unser Körper muß mit ihnen ohne große Anstrengung fertig werden. Im Paradies sind wir nackt, oder fast, und müssen nicht im Schweiß unseres Angesichts (es schwitzt am meisten) schuften; auch ist dort die Luft selbstverständlich trocken, und wir können uns im Schatten aufhalten, wenn die Sonneneinstrahlung zu stark werden sollte. Unter diesen Bedingungen befindet sich der Körper bei Lufttemperaturen zwischen 28 und 32°C im Zustand thermoregulatorischer Neutralität: Kein Haar versucht sich aufzurichten, keine Muskeln schütteln sich, die Blutgefäße in der Haut sind nicht geweitet, der wenige Schweiß, den wir bei 27°C Lufttemperatur zu schwitzen beginnen, verdunstet sofort, so daß die Haut trocken bleibt. Dies ist die engere Komfortzone. Die weitere ist die, in der immerhin der Stoffwechsel noch nicht erhöht ist: zwischen 24 und 35°C. Durch leichte Kleidung läßt sich ihre Untergrenze auf 18°C senken.

Während der Mensch es überleben würde, sich einige Stunden lang unbedeutend in 12°C Kühle oder 60°C Wärme aufzuhalten, liegen die optimalen Lufttemperaturen für ihn zwischen 18°C und 32°C. Am wenigsten verlangen ihm 29°C ab: Nullstress. Natürlich, er empfindet das auch als die ideale Temperatur.

Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Wind – das alles fordert die Fähigkeit des Körpers heraus, sich unter wechselnden Bedingungen seine eigene Temperatur zu bewahren. Es sind die offensichtlichen und sicher tatsächlich die wirksamsten Wetterfaktoren.

Ist auch der Luftdruck einer von ihnen? Wetteränderungen mit ihren vielfachen Mißempfindungen kündigen sich regelmäßig durch Änderungen des Luftdrucks an, und in großen Höhen mit stark vermindertem Luftdruck geht es dem Menschen gar nicht gut. Trotzdem beeinflußt der atmosphärische Druck als solcher den Menschen offenbar kaum. Schwankungen, wie sie im natürlichen Wettergeschehen vorkommen, beeinträchtigen das Befinden nicht.

Der Luftdruck – das ist das Gewicht der Atmosphäre, das auf die Erdoberfläche drückt. Je höher man aufsteigt, desto weniger Luft befindet sich über einem: Alle acht Meter nimmt der Luftdruck um ein Millibar ab. Der allergrößte Luftdruckunterschied zwischen der höchsten Hochdruckzone und dem tiefsten Tief beträgt aber gerade 50 Millibar; seine normalen Schwankungen sind viel geringer und entsprechen dem Gefälle, dem man bei einer Fahrstuhlfahrt in einem Hochhaus ausgesetzt ist. Bekanntlich wird niemand in Fahrstühlen krank, auch der Wetterempfindlichste nicht. Also kann es auch nicht der Luftdruckabfall selber sein, der die Wetterbeschwerden auslöst.

Auch die sogenannte Höhenkrankheit, die den Menschen im Hochgebirge befällt, geht nicht auf den niedrigen Luftdruck dort oben zurück. Sie rührt vielmehr daher, daß die „dünnere“ Luft in großen Höhen auch weniger Sauerstoff enthält, so daß man bei jedem Atemzug nicht mehr die gewohnte Menge in sich aufnimmt. Sie ist also eine Folge immer unzureichender Sauerstoffversorgung.

Beim Aufstieg aus Meereshöhe hat der Körper bei den ersten 2000 Metern keine Probleme. In etwa 2400 Meter ist die Sauerstoffsättigung des arteriellen Bluts auf 93 Prozent zurückgegangen, und es beginnt sich „Atemnot“ einzustellen – wir haben das Gefühl, nicht genug Luft zu bekommen, und atmen ja auch tatsächlich nicht mehr genug Sauerstoff ein. Ab 3600 stellt sich bei vielen Menschen, die diese Höhen nicht gewöhnt sind, die Höhenkrankheit an: Benommenheit, Müdigkeit, manchmal Übelkeit, manchmal aber auch gerade Euphorie und ein Kopfschmerz, der bei noch höherem Aufstieg immer mehr in den Vordergrund tritt. Ab 3700 Meter können auch die geistigen Fähigkeiten nachlassen, in 4500 Metern tun sie es mit ziemlicher Sicherheit, so daß der Bergsteiger seine Lage nun nicht mehr sicher zu beurteilen und entsprechend zu handeln vermag. Später kommt es zu Krämpfen und Körperzuckungen, und in 7000 Meter Höhe tritt das Koma ein.

Sobald der Sauerstoffgehalt der Luft nachläßt, beginnt sich die Zahl der Vehikel zu vermehren, die den Sauerstoff ins Gewebe tragen: der roten Blutkörperchen. So bringt es der Körper zuwege, nach einigen Tagen die Sauerstoffarmut der Atemluft wieder auszugleichen. Eine noch so lange Gewöhnungszeit aber reicht nicht, mit dem Leben in großen Höhen so gut zu zurechtzukommen wie jene, die dort von klein auf leben, jene Indios etwa, die die peruanischen Anden bis hinauf in 5700 Meter Höhe

bevölkern. Sie sind aufgrund ihrer extremen Lage kleiner von Statur, haben aber einen mächtigen Brustumfang und ein größeres Herz.

Im nächsten Heft: Warum spürt manch einer Wetterumschwünge im voraus? Wieso erhellt die Sonne unser Gemüt?

Das Literaturverzeichnis befindet sich am Ende der dritten Folge

