Wehrhaftes Grünzeug

Pflanzen sind ihren Fraßfeinden nicht hilflos ausgeliefert, sondern verfügen über ein faszinierendes Waffenarsenal

VON EVA OPITZ

Als die ersten Pflanzen vor Hunderten von Millionen Jahren das Land eroberten, senkten sie ihre Wurzeln in die Erde und schienen fortan ihren Fraßfeinden hilflos ausgeliefert. Ganz so kann es aber nicht gewesen sein, vermuteten Biologen und Ökologen. Sonst hätte die artenreiche Gruppe der Insekten zusammen mit hungrigen Vegetariern alles Grün auf dieser Erde vermutlich schon längst vernichtet.

„In Wahrheit benutzen sie sehr komplexe Abwehrstrategien im ständigen Überlebenskampf mit Tausenden von Mikroben- und Insektenarten", sagt Ian Baldwin vom Max-Planck-Institut für Chemische Ökologie in Jena. Kreuzblütler, zu denen der Meerrettich oder das Radieschen zählen, sind Experten in der direkten Abwehr mit scharf schmeckenden Senfölen. Andere Pflanzen locken mit ihren Duftstoffen die Räuber ihrer Fraßfeinde an oder bilden Lebensgemeinschaften mit tierischen Verteidigern.

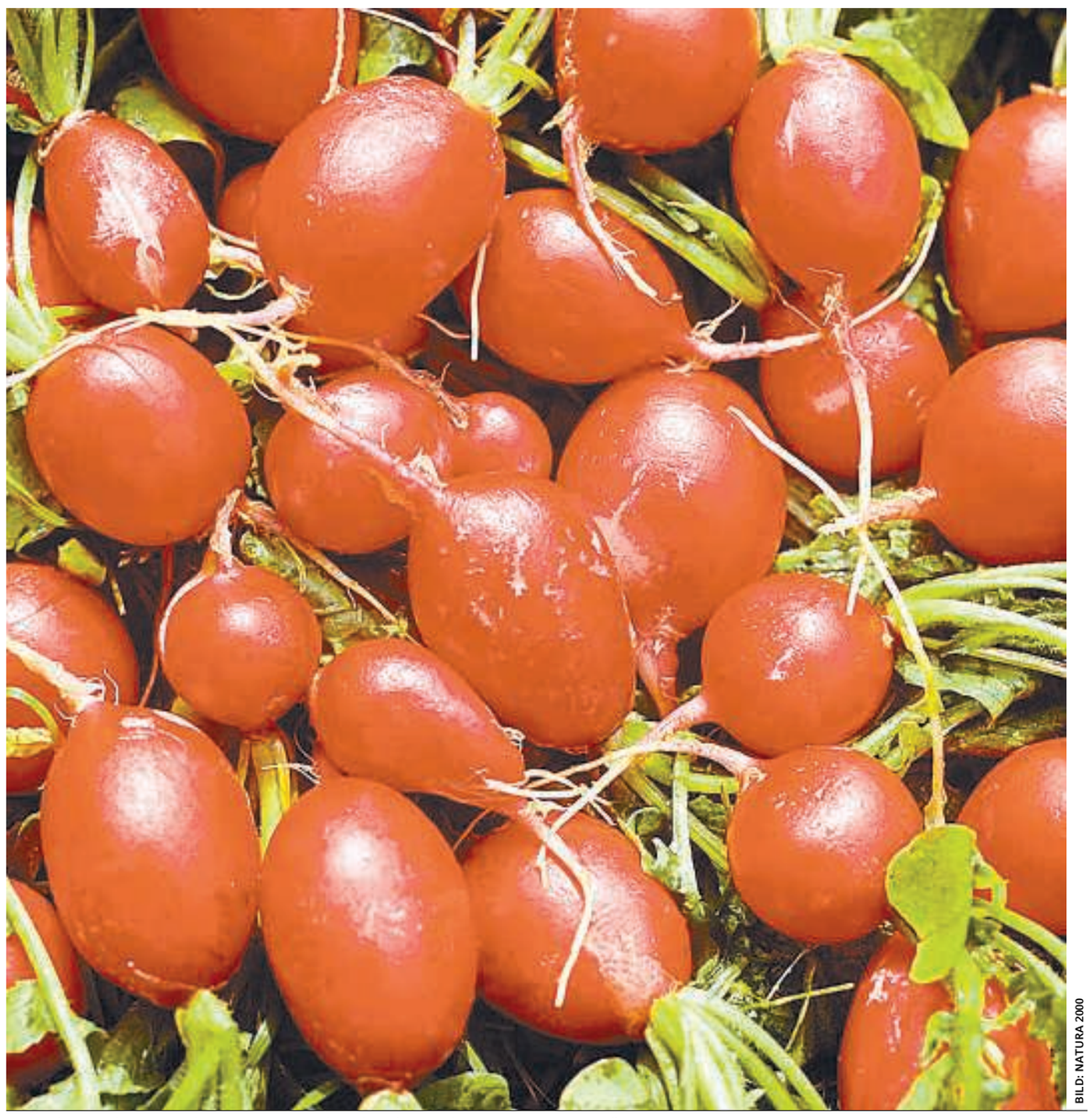


BILD: NATURA 2000

Knackige Radieschen mit Abwehrstrategie: Nicht jedes Tier mag scharfe Senföle fressen.

Kaninchen vergeht der Appetit

Bei *Nicotiana attenuata*, dem wilden Tabak, stießen die Jenaer Forscher auf eine ausgefeilte Verteidigungstaktik. Wird die Pflanze von einem Kaninchen angeknabbert, erhöht sie drastisch den Nikotingehalt in ihren Blättern. „Das vom Kaninchen ausgelöste Signal zur Abwehr wandert vom Blatt bis zur Wurzel, wo das Nikotin produziert wird", sagt Baldwin. Dem Kaninchen vergeht der Appetit. Bei einer Attacke durch die Larve des Tabakschwärmers hingegen spielt die Nikotinproduktion eine untergeordnete Rolle. Der Tabakschwärmer, so vermuten die Ökologen, hat sich im Laufe der Evolution an das Nervengift angepasst. „Überhöhte Konzentrationen wären reine Energieverschwendung", so der Forscher.

Stattdessen produzieren die Tabakpflanzen duftspezifische flüchtige Stoffe. Sie locken eine Raubwanze als typischen Insektenräuber an, der die Tabakschwärmerlarve als fette Beute bevorzugt. Damit die Larve nicht zum unverdaulichen Brocken wird, gibt die Pflanze darüber hinaus verdauungsstörende Enzyme ab, so genannte Proteinase Inhibitoren, die das Larvenwachstum verlangsamen. „Sie kommt über die ersten beiden Entwicklungsstadien kaum hinaus", so Baldwin. Im Feldversuch entdeckte die Gruppe, dass die Pflanzen von verschiedenen Fraßfeinden attackiert wurden. Die Wissenschaftler beobachteten, dass verschiedene Populationen von wildem Tabak jedoch nie gleichzeitig von Wanzen sowie Raupen des Tabakschwärmers angegriffen wurden. „Das war ein Hinweis, dass irgendetwas vor sich ging", sagt Baldwin.

Schädlinge werden zu Nützlingen

Sie setzten den wilden Tabak zuerst Angriffen von Blattwanzen und dann Attacken von Tabakschwärmerlarven aus. Das Saugen der Wanzen hinterlässt keinen bleibenden Schaden, steigert aber die Produktion von flüchtigen Stoffen und Proteinase Inhibitoren, was die Sterberate der Tabakschwärmerlarve, die wirklichen Schaden verursacht, deutlich erhöht. „Wie eine Impfung steigert die Wanze die Widerstandsfähigkeit der Pflanze gegenüber der Raupe", erläutert Baldwin. Von derartigen Experimenten versprechen sich die Wissenschaftler ökologisch ausgeklügelte Methoden zur Schädlingsbekämpfung in der Landwirtschaft. „Die Landwirte könnten angebliche Schädlinge in nützliche Insekten verwandeln und den Pestizid-Einsatz verringern", schlägt Baldwin vor,

An genetisch veränderten Pflanzen, die sie wieder in ihre natürliche Umgebung brachten, setzten die Forscher den natürlichen Signalweg der Verteidigung außer Kraft. Die Pflanzen konnten die Signale des Angreifers nicht mehr verstehen und nicht mehr reagieren. „Sie waren stumm und taub", sagt Baldwin. Dem Wilden Tabak war ein wichtiges Pflanzenhormon, die so genannte Jasmonsäure aus der Signalweiterleitung genommen worden. Es spielt für die Abwehr von Pflanzen eine wichtige Rolle. Zwei Pflanzenfresser, die sich sonst nie auf diese Pflanze setzten, akzeptierten den horfreien Tabak sofort als willkommene Futterpflanze. „Da draußen sind ständig Tester unterwegs", sagt Baldwin. „Wenn die Pflanze nicht reagiert, wird sie gefressen." Für die Wissenschaftler ist mit diesen Versuchen die wichtige Rolle der Jasmonsäure-Signalkette in der Beziehung zwischen Pflanze und Schädling und auch deren Steuerbarkeit bewiesen.

Privatarmee der Akazie

Einige Akazienarten haben dagegen einen Weg der Verteidigung ganz ohne aggressive Chemie gewählt. Sie sind zu ständigen „Ameisenpflanzen" geworden und beherbergen ganze Völker der angriffslustigen Insekten. Die Gruppe um Martin Heil vom Max-Planck-Institut für Chemische Ökologie in Jena hat zusammen mit Harald Meimberg von der Ludwig-Maximilian-Universität München die Verteidigungsgemeinschaft untersucht. Die Akazie „füttert" ihre Leibwächter mit Blattnektar und lässt sie in ihren stark vergrößerten Blattdornen wohnen. „Futterkörperchen an den Blattenden liefern Eiweiß und Fett", hat Heil beobachtet. Für die Extraportion Blattnektar vermutet der Forscher wiederum das Pflanzenhormon Jasmonsäure als Auslöser der stetigen Produktion.

Dafür kontrollieren die Ameisen den Baum und verjagen alle Pflanzenfresser von Insekten bis hin zu Säugetieren. „Die Tiere sind auf das Leben in der Akazie spezialisiert", sagt Heil. „Die Akazie wiederum ist auf die biologische Schädlingsbekämpfung durch die Ameisen angewiesen, da sie weniger Verteidigungsmechanismen hat als andere Pflanzen." Dass es auch ohne ständigen Nektarfluss geht, haben nah verwandte Akazienarten bewiesen. Sie produzieren den von Ameisen begehrten Blattnektar nur, wenn Gefahr im Verzuge ist und die Hilfstruppen gebraucht werden. Untersuchungen haben ergeben, dass die spontane Kooperation zuerst da war. „Die dauerhaften Symbiosen bei den Akazien sind entwicklungsgeschichtlich jünger", so Harald Meimberg.

Zellen schlagen Alarm

Sind mal keine Fraßfeinde am Werk, müssen sich Pflanzen gegen Mikroorganismen verteidigen, allen voran Pilzen. Bei einer infizierten Ackerschmalwand *Arabidopsis thaliana* fanden Wissenschaftler um Paul Schulze-Lefert vom Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung in Köln eine „erste Verteidigungslinie" noch vor dem programmierten Zelltod. Bei diesem Selbstzerstörungsprogramm entzieht die Pflanze mit dem Selbstmord einer möglichst minimalen Anzahl von Zellen direkt am Infektionsherd einem Angreifer, der bereits ins Gewebe eingedrungen ist, den Nährboden. „Es sind hochspezifische Rezeptoren in der Membran der Pflanzenzelle oder in der Zelle selbst, die Alarm auslösen, dass fremde Keime die Zelle zu ihrem Vorteil umprogrammieren wollen", sagt Schulze-Lefert. Fest steht, dass diese Rezeptoren den Immunrezeptoren im tierischen Organismus ähnlich sind. „Sie können zwischen selbst und nicht selbst unterscheiden."

Ganz anders reagieren die am MPI in Köln entdeckten so genannten Snare-Proteine in der Zellmembran von Blättern der Ackerschmalwand. Sie steuern bei einem Angriff als erste Verteidigungslinie den Transport und die gezielte Ausschüttung von chemischen Kampfstoffen. Über die Reaktion von Stresssensoren bei Feindberührung kurbelt die Pflanze die Produktion eines Giftcocktails im Innern der Zelle an, der mit Hilfe der Snare-Proteine in kleinen Vesikeln nach außen transportiert wird, genau dorthin, wo der Pilz gerne das Blatt infizieren möchte. Doch die Giftfracht sorgt dafür, dass der Pilzkeim schon beim Eindringen in die pflanzliche Zelle vernichtet wird. „Welche Gifte sich in diesen Vesikeln befinden, wissen wir noch nicht", sagt Schulze-Lefert. Dass sie effektiv sind, haben sie schon bewiesen.

Zunehmend finden Wissenschaftler auch Hinweise auf die Fähigkeit von Bäumen und Pflanzen, sich gegenseitig vor ihren Feinden zu warnen. Göttinger Agrarökologen um Teja Tscharntke entdeckten, dass Erlen ihre Artgenossen mit chemischen Signalstoffe über Attacken des Erlenkäfers informieren können. Vor kurzem fanden Wissenschaftler vom US-Landwirtschaftsministerium heraus, dass auch Maispflanzen kommunikative Fähigkeiten haben. So genannte flüchtige Green Leafy Volatiles (GLV) von bereits angeknabberten Pflanzen alarmieren andere Maispflanzen. Die noch intakten Pflanzen hören auf die Signale und produzieren verstärkt Jasmonsäure zur Verteidigung.

IN KÜRZE

Brustkrebs bei Männern

Obwohl der Tumor leichter als bei Frauen zu ertasten ist, wird Brustkrebs bei Männern häufig verschleppt. Darauf hat der Berliner Mediziner Klaus-Jürgen Winzer jetzt hingewiesen. Oft werde die Erkrankung als Entzündung oder Abszess verkannt, sagte der stellvertretende Leiter des Brustzentrums an der Charité. Wenn die Brustwarze Blut absondere, sei in drei Vierteln der Fälle mit einer Krebserkrankung zu rechnen. dpa

Mysteriöses Mars-Gestein

Der kleine Mars-Rover „Spirit" leidet zwar an Alterserscheinungen, aber begeistert die US-Weltraumbehörde Nasa weiter mit seinen Entdeckungen. So stieß er im Gusev-Krater auf mysteriöses Gestein, dessen Strukturen auf einstige Wassereinwirkungen hindeuten. Einige Gesteinsteile seien glatt und grau, andere hätten eine hellere Farbe und seien bröckelig, was auf Veränderungen durch Wassereinfluss hinweise, sagte Wissenschaftler Steven Squyres. dpa

Resistente Gerste

Landwirte in Ostafrika haben bereits vor 10000 Jahren eine gegen Schadpilze resistente Gerste gezüchtet. Äthiopische Ureinwohner erkannten die natürliche Mehltauresistenz des Getreides und vermehrten es gezielt, wie Ralph Panstruga vom Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung jetzt berichtete (*Nature*, Vol. 430). dpa

DAS GUCKST DU

Neben Herzinfarkt und Krebs ist die Sepsis eine der gefährlichsten, todbringenden Geißeln der Menschheit. Allein in Deutschland erkranken jährlich mehr als 150000 Menschen an dieser aggressiven Form der Blutvergiftung und fast die Hälfte von ihnen stirbt daran. Jeder ist gefährdet und meist sind die ersten Anzeichen ganz harmloser Natur: Fieber, Schüttelfrost und Übelkeit plagen die Patienten. Im Mittelpunkt der **am heutigen Dienstag gesendeten NDR-Dokumentation Prisma „Sepsis - Killer im Blut", um 22.15 Uhr**, stehen vier Patienten und ihre Schicksale. Nicht alle überleben den Kampf gegen die Killerkrankheit.

Schlangen mit zwei Köpfen, Schweine mit drei Augen und Katzen ohne Fell – die Fantasie der Natur kennt keine Grenzen. Doch welchen Sinn haben solche Mutationen? Die Medizinerin Jill Helms beweist auf beeindruckende Weise, dass Mutationen der eigentliche Motor der Evolution sind. Die **NDR-Dokumentation „Die Kuh mit fünf Beinen – Mutationen im Tierreich" ist zu sehen am Mittwoch, 25. August, um 20.15 Uhr**.

Die Kanarischen Inseln sind nicht gerade bekannt für Riesenechsen. **Tatsächlich haben dort, wo heute Touristenmassen in der Sonne liegen, einst Rieseneidechsen gelebt.** Vor einigen Jahren wurden Abkömmlinge dieser seltenen Arten wiederentdeckt. Im Juni 1996 fand man eine neue Rieseneidechsenart in unzugänglichen Felswänden der Insel Teneriffa. Zu sehen am **Donnerstag, 26. August, in der HR-Sendung „Naturwelten – Die Drachen der Kanaren" um 17.15 Uhr**. Der Film ist eine Entdeckungsgeschichte der Riesenechsen der Kanaren.

LESEFUTTER

Dem Leben Richtung geben

Es gibt Menschen, die fest davon überzeugt sind, ständig vom Pech verfolgt zu sein. Und es gibt Menschen, die glauben, geborene Glückspilze zu sein.

Um herzufinden, was von diesen Selbsteinschätzungen zu halten ist, hat der britische Psychologe Robert Wiseman vor einiger Zeit insgesamt 400 Erwachsenen, die sich selbst als vom Schicksal Benachteiligte oder Begünstigte empfinden, einer Reihe von Tests unterzogen. Unter anderem wurden ihnen Videofilme vorgespielt, in denen Personen entweder die Wahrheit oder die Unwahrheit sagten.

Dabei zeigte sich, dass die Pechvögel große Schwierigkeiten damit hatten, die Lügner zu durchschauen, während die Glückspilze schnell erkannten, wer die Wahrheit sagte und wer nicht. Wiseman schließt daraus, dass das ganze Geheimnis der Glückspilze darin besteht, dass sie die besseren Menschenkenner sind und dass sie besser begreifen, nach welchen Gesetzen ihre gesellschaftliche Welt funktioniert

Schon niedere Tiere erleben ihre Umwelt oft als derart unübersichtlich und unberechenbar, dass sie sich ihre eigenen Ordnungen erzeugen, um sich besser in ihr zurechtfinden zu können. Doch Menschen haben es damit weitaus schwerer, denn zum einen verändern sie ständig ihre Umwelt. Zum anderen können sie die Realität nicht in ihrer Unmittelbarkeit erfassen und sind darauf angewiesen, aus den Rohdaten, die die Sinnesorgane ihnen zuführen, Bilder zu konstruieren.

Wie Menschen es trotzdem schaffen, sich vom Chaos nicht überwältigen zu lassen, will der Wissenschaftsjournalist Martin Urban in seinem neuen Buch verständlich machen. Er beschäftigt sich deshalb mit der Funktionsweise des Gehirns ebenso wie mit der inneren Uhr, den Emotionen und dem Sinnesapparat.

Urban analysiert die Rolle von Stereotypen, Mythen, Ideologien, Ritualen und der Religion. Und er demonstriert, wie der Kalender, der Meilenstein, der rechte Winkel und etliche andere Erfindungen helfen, die Informationsflut einzudämmen.

Ganz nebenbei erfährt man dabei, was an der Chaostheorie falsch ist und dass es eine Frage des Alters ist, ob man gelernte Wörter auf Kommando vergessen kann. Wie das Gehirn verhindert, dass sich zu viel Informationsmüll im Langzeitgedächtnis ansammelt, oder was es mit dem zweiten, im Bauch angesiedelten Gehirn auf sich hat. Und auf welche physikalischen Gesetze sich die Technik des Karateschlags stützt.

Urban versteht es virtuos, neueste Erkenntnisse aus einer Vielzahl wissenschaftlicher Disziplinen miteinander zu verknüpfen und sie in Form von Geschichten einem großen Publikum zu vermitteln.

FRANK UFEN

Martin Urban: Wie der Mensch sich orientiert. Von der Kunst, dem Leben eine Richtung zu geben. Eichborn, Berlin 2004, 22,90 Euro.

Zu sich kommen

Stress? Den hat heutzutage doch fast jeder Mensch. Und da soll er auch noch in der knappen, gehetzten Freizeit ein Buch lesen?

Andererseits: Wenn man ohnehin schon als „verschrecktes Kaninchen" durch die Gegend läuft, dann könnte man es doch mal probieren. Denn der Griff zu Alkohol, Zigaretten oder Süßigkeiten als „Stresslöser" führt sowieso in die Irre. Autorin Sabine Gapp-Bauß, Ärztin für Naturheilverfahren hat ein humorvolles und warmherziges Anti-Stress-Programm zusammengestellt. Sie erklärt, wie man in die Stressspirale hinein gerät und wieder hinausfindet.

Viele der Ratschläge sind nicht völlig neu. Aber sie sind erprobt, wie etwa die Magische-Helfer-Taktik, in der wir als lebenserfahrene Person neben uns treten und uns unterstützen. Ein Buch, das hilft, sich bewusster wahrzunehmen und neue Energie zu tanken. LEON REUTER

Sabine Gapp-Bauss: Stressmanagement. Zu sich selbst kommen statt außer sich geraten. Aschenbeck & Isensee, Bremen/Oldenburg 2004, 14,80 Euro.

WIE GEHT'S?

Hygrometer

VON BERND EUSEMANN

Wenn schwüle Feuchte auf uns lastet.

Verblüffend immer wieder, was als groß bezeichnete Köpfe so alles umtreibt. Fest verankert als historisches Faktum sind die gefeierten und geschmähten naturkundlichen Studien des Dichterfürsten Goethe im Bewusstsein des Bildungsbürgertums. Aber wer weiß schon um die praktischen Versuche des Philosophen und Kirchenmannes Nikolaus von Kues (1401 bis 1464), die Feuchte der Luft zu messen? Und die Bemühungen des Universalgenies Leonardo da Vinci ums nämliche Problem fast zur gleichen Zeit, gegen 1490 etwa?

Lassen wir die Geschichtskundler getrost allein darum streiten, welchem von beiden nun die Ehre als Erfinder des Hygroskops zukommen mag. Allemal interessanter aus technischer Sicht ist die Gleichheit der Methode, mit welcher beide ihr Ziel zu erreichen suchten. Denn sie verwendeten hierfür ein Wollknäuel. Jawohl, ein Wollknäuel, das sie in regelmäßigen zeitlichen Abständen wogen. Der Geistesblitz dahinter: Wolle nimmt unterschiedlich viel Wasser auf, je nach herrschender Luftfeuchte. Das primäre Problem ist dann reduziert auf eine möglichst präzise Wägung.

BILD: PRIVAT

Unser Experte für alle Fälle – fast alle: Bernd Eusemann weiß Antworten auf knifflige Fragen.

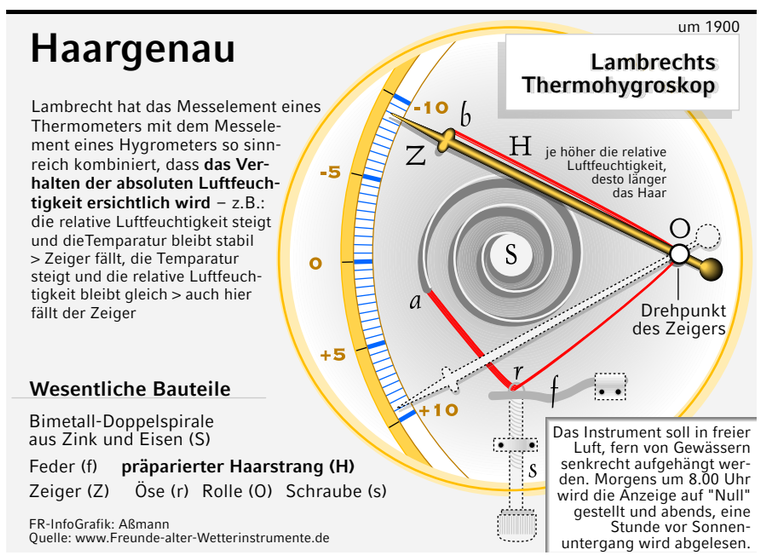
Ein praktisches Problem also, das auch bei Verfügbarkeit sehr genauer Waagen immer noch ein wenig umständlich ist. Dennoch hatte dieses Verfahren seine Zeit, wobei man später die Wolle durch andere Stoffe ersetzte, die stark Wasser anziehen: konzentrierte Schwefelsäure oder Calciumchlorid etwa sind solche hygroskopische Substanzen. Freilich lässt sich auch mit ganz anderen Effekten Feuchte messen. Die verformt zum Beispiel manche Materialien, wie schon der Augenschein am aufquellenden Holze zeigt. Welches als Indikator sich aber eher nicht eignet. Viel besser sind da Seile und Fäden, die sich unter Feuchtigkeit verdrillen oder ausdehnen, was einfach zu messen ist.

Volkstümlich ist noch immer das Haarhygrometer, das Horace Bénédict de Saussure (1740-1799) aus Genf 1783 baute: Ein Haar wird von einer Feder gestrafft, und je nach Länge des Haares, die ja von der Feuchte abhängt, gibt dann ein durch die Spiralfeder gedrehter Zeiger diese auf einer Skala an. So richtig populär aber ist die Methode im Wetterhäuschen, wo kein Zeiger schwingt, sondern putzige Figürchen paradieren: Tritt ein griesgrämiger Mann mit Schirm aus dem Haus, droht schlechtes Wetter; lässt sich hingegen die pausbäckige Frau mit Sonnenschein im Auge blicken, so hoffen wir auf schönes.

Denn das ist die Frage aller Fragen, selbst noch im Smalltalk treibt sie uns um, wie wird das Wetter. Und die Feuchte der Luft liefert Hinweise darauf, wie der Mensch sicher schon früh beobachtet hatte. Daher dann auch die frühen Versuche in Spätmittelalter und Renaissance, als man solche Fragen an die Natur mit exakten Messungen zu beantworten suchte.

Der Einfluss von Verdunstung und Wasserdampf auf Wetter und Klima ist allemal eine eigene Geschichte wert. Hier wollen wir nur anmerken, dass verschiedene Messgrößen die Feuchte bestimmen. Das eben beschriebene Haarhygrometer etwa misst die relative Luftfeuchte in Prozent: Es ist das Verhältnis aus tatsächlichem Dampfdruck und Sättigungsdampfdruck. Wie wichtig das für uns ist, merken wir unangenehm deutlich, wenn hohe Luftfeuchtigkeit dumpf auf uns lastet.

Meteorologen wollen's freilich präziser wissen, weshalb sie weitere Effekte zu Messtechniken umsetzten. So messen Taupunkthygrometer und Psychrometer Temperaturunterschiede, die wiederum ein Maß für die Luftfeuchte sind. Neue Entwicklungen des 20. Jahrhunderts setzen auf elektrische Effekte: So ändert sich beispielsweise der Widerstand von Gelatineschichten unter Feuchte, was sich bequem bestimmen lässt.



WOHIN?

24. August: „Buschdoktor" Dr. Olaf Förster berichtet über die Arbeit der Medizinischen Direkthilfe in Afrika, 18.30 Uhr, 2. Stock des Nathanael-Gemeindehauses, Grazer Platz 2, Berlin. Info: Medizinische Direkthilfe, ☎ 030/8551891, *www.mdh-africa.org*

30. August bis 7. September: Technik im Dienste des Menschen. Anspruch – Leistung – Risiko. Berliner Sommer-Uni 2004. Info: Berliner Akademie für weiterbildende Studien e.V. in Kooperation mit der Technischen Universität Berlin, ☎ 030/7852090, E-Mail: *BerlinAkademie@t-online.de*

31. August: Innovationstag der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke" (AiF), Berlin. Info: ☎ 0221/37680-55

1. September: Kongresstag „M3L– Museum dritter Lernort?" in Berlin. Die Referenten aus Forschung und Praxis zeigen Möglichkeiten auf, das Museum neben Elternhaus, Schule und Universität zu einem der zentralen Lernorte werden zu lassen. Info: *www.ion2s.com/m3l–2004*

2. bis 5. September: Bundestagung der Frauenselbsthilfe nach Krebs – „Miteinander reden, gemeinsam handeln", im Maritim Hotel Magdeburg. Info: Bundesverband der Frauenselbsthilfe nach Krebs e.V. Mannheim, ☎ 06 21/24434, *www.frauenselbsthilfe.de*

4. und 5. September: Tagung „A World of Many Voices" – Dokumentation bedrohter Sprachen in der Universität Frankfurt, Campus Westend, Poelzig-Ensemble. Info: Universität Frankfurt, ☎ 069/798-23139, *www.titus.uni-frankfurt.de*

6. bis 8. September: Andere Christen? „Migration und Christentum in Deutschland. Info: Ev. Akademie Loccum, ☎ 05766/81-0, *www.loccum.de*

6. bis 10. September: Bundeskonferenz für Schulpsychologie zum Thema „Vom Nürnberger Trichter zum Laptop? Schulen zwischen kognitivem und sozial-emotionalem Lernen". Info: Schulpsychologischer Dienst der Stadt Nürnberg, ☎ 09 11/277868-0, *www.schulpsychologie.de* und *www.lbsp.de*

8. September: Biotech 2004 – Der Biotechnologie-Standort Deutschland im globalen Wettbewerb, Berlin. Info: Friedrich-Ebert-Stiftung, ☎ 030/26935841 ita