

Im Zauberwald

Genervt von zu viel Moos im Garten? Da lohnt ein Blick auf die Details dieser uralten Pflanzen. Denn sie können viel mehr, als man denkt

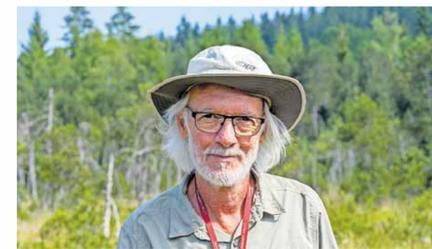
VON DAVID WÜNSCHEL



Links: Wilder Wuchs auf Feuerland. Moose gibt es fast überall auf der Welt, wie hier in Argentinien. FOTOS: MAURITUS IMAGES/AKREMA, HINTERGRUND: IMAGO IMAGES

Rechts: Hochmoore wie dieses bei Hinterzarten speichern Kohlenstoff und sind große Klimaschützer. Ohne Moose könnten sie nicht entstehen. FOTO: MICHAEL LÜTH

Unten: Nur wenige Menschen kennen sich so gut mit Moosen aus wie der Biologe Michael Lüth. FOTO: DAVID WÜNSCHEL



Manche Moose wie Rogers Goldhaarmos sind sehr empfindlich gegenüber Luftverschmutzung. FOTO: MICHAEL LÜTH



Magellans Torfmoos kann Tausende Jahre alt werden. Die Pflanze wächst einfach immer weiter. FOTO: MICHAEL LÜTH



Das Kleine Blasenmützenmoos besitzt etwa 35 000 Gene – und damit fast 10 000 mehr als der Mensch. FOTO: MICHAEL LÜTH



Es ist gut möglich, dass das Grüne Gabelzahnmoos in 20 oder 30 Jahren in Deutschland nicht mehr existiert. FOTO: MICHAEL LÜTH

Michael Lüth hat ein Gespür für grüne Polster. Manchmal steht er vor einem Baumstamm, den Kopf leicht vorgebeugt, die Augen fast an der Borke, dazwischen nur eine Lupe. Wer dann zufällig vorbeiläuft, könnte meinen, Lüth würde gleich mit dem Schädel gegen den Baum rumsen. Aber er sucht Moose. Auch an diesem sonnigen Freitagmorgen am Spirzenkopf, einem Schwarzwaldgipfel bei Freiburg. Der 67-Jährige steht einige Sekunden vor der Borke einer Saalweide; dann ruft er: „Da isse!“ Lüth hat Orthotrichum rogeri entdeckt, auch bekannt als Rogers Goldhaarmos.

Wobei: Eigentlich ist die Art weder unter ihrem deutschen noch ihrem lateinischen Namen bekannt. Denn Moose fristen nicht nur in Mauerritzen ein Nischen-dasein, sondern auch im Bewusstsein vieler Menschen. Kaum jemand interessiert sich für die kleinen Pflanzen. Und wenn doch jemand ein wenig Wissen über sie anhäuft, dann meist deswegen, weil der Sparrige Runzelbruder oder ein andere lästige Art endlich aus dem Rasen verschwinden soll.

Dabei ist die Welt der Moose voller Vielfalt und Schönheit. Zwischen den Tropen und der Arktis wachsen etwa 20 000 Arten. Manche sind so wählerisch, dass sie nur auf Dunghaufen gedeihen, andere so unverwundlich, dass sie jahrzehntelang ohne Wasser überleben. Unter dem Mikroskop wirken ihre Blätter wie Kunstwerke. Die US-amerikanische Ökologin und Bestsellerautorin Robin Wall Kimmerer hat ein ganzes Buch über Moose geschrieben. Ein Kapitel von „Gathering Moss“ handelt davon, wie man sie am besten betrachtet: Moose seien keine Fahrstuhlmusik, sondern „verschlungene Fäden eines Beethoven-Quartetts“, und achlos an ihnen vorbeizuhängen, sei das Gleiche, wie „telefonierend an der Mona Lisa vorbeizulaufen“.

Abends setzt er sich vor den Laptop und hilft Menschen mit Moosfragen im Internet

Also: Auf zu einer Entdeckungstour durch den Schwarzwald mit Michael Lüth. Der Biologe kann etwa Tausend Arten bestimmen. Abends setzt er sich manchmal mit einem Glas Wein vor den Laptop und hilft Menschen, die im Internet fragen, welches Moos ihnen da vor die Linse geraten ist. Am Telefon könnte man Lüth mit Freiburg-Trainer Christian Streich verwechseln, so melodisch ist sein Badisch. Vor Ort wartet er dann in Khakihose und Khakihemd in seinem verbauten VW-Tiguan. Unter dem Tacho stehen 206 000 Kilometer, an der Fenstertritte vorne rechts wächst – natürlich – Moos: Die Beifahrerseite stehe im Hof immer im Schatten, erklärt Lüth, da hätte das Pflänzchen gute Bedingungen. Rund um Freiburg wachsen etwa 700 verschiedene Arten, Lüth zufolge eine so große Vielfalt wie an wenigen anderen Orten auf der Welt. Im Kaiserstuhl nordwestlich von Freiburg ist das Klima mediterran, auf den Schwarzwaldgipfeln weiter östlich subalpin; außerdem gibt es in der Gegend viele verschiedene Gesteine. Lüth arbeitet in der Region als selbstän-

diger Gutachter. Wenn irgendwo ein Industriegebiet erweitert oder eine Stromtrasse in den Wald geschlagen werden soll, kommt er häufig in seinem Tiguan angefahren und prüft, ob dort geschützte Arten wachsen. Eine von ihnen ist das Rogers Goldhaarmos. Es ist ein Beispiel dafür, wie sensibel und gleichzeitig resistent Moose sein können.

Orthotrichum rogeri – Rogers Goldhaarmos

Viele Moose – nicht nur Rogers Goldhaarmos – sind sehr empfindlich gegenüber Luftverschmutzung. Anders als Blütenpflanzen besitzen die meisten Moose keine Kutikula, die wächserne Schicht, die vor dem Austrocknen schützt. Stattdessen sind Moosblätter in direktem Kontakt mit der Atmosphäre. Manche Arten können daher die Qualität der Luft messen: Man hängt sie auf, sammelt sie einige Wochen oder Monate später wieder ein und misst dann, wie viele Schwermetalle oder andere Schadstoffe sie aufgenommen haben.

Bei Rogers Goldhaarmos hätte diese Sensibilität fast zum Verschwinden geführt. Im Laufe des 19. und 20. Jahrhunderts pusteten Kraftwerke und Kraftfahrzeuge immer mehr Schmutz in die Luft; das Goldhaarmos, das an Baumstämmen und Sträuchern wächst, zog sich zurück. Irgendwann gab es keine bekannten Vorkommen mehr. Lüth glaubt, dass es an den hohen Schwefeldioxid-Emissionen lag. Die Art galt in Europa jahrzehntelang als ausgestorben.

Als in den 1980er-Jahren plötzlich saurer Regen fiel, begann ein Umdenken. In Kraftwerken wurden Entschwefelungsanlagen eingebaut, in Autos Katalysatoren, auch das Benzin wurde entschwefelt. Zwischen 1990 und 2000 sanken die Schwefeldioxid-Emissionen in Deutschland dem Umweltbundesamt zufolge um fast 90 Prozent. Und mit der sauberen Luft kehrte auch Rogers Goldhaarmos zurück. An einigen abgelegenen Baumstämmen hatte es wohl überlebt. Heute ist die Art immer noch selten und geschützt. Sie braucht ein Bergklima in Verbindung mit milden Wintern und viel Feuchtigkeit. Oft versteckt sie sich zwischen anderen Goldhaarmossen; selbst an geeigneten Standorten wachsen häufig nur eine Handvoll Polster. Jenes am Spirzenkopf, das Lüth mit seinem geschulten Auge entdeckt, ist nicht einmal ein Quadratzentimeter groß. Unter der Lupe wirken die millimetergroßen Blätter wie grüne Haarschöpfe, vom Winde zerweht.

Vor etwa 400 Millionen Jahren eroberten Moose als erste Lebewesen das Festland. Sie sind die ursprünglichsten aller Pflanzen. Sie haben keine Blüten, keine Früchte, keine Samen und keine Wurzeln. Man kann sie nicht essen, keine Möbel daraus machen, nur schwer anpflanzen. Es gibt heutzutage kaum eine direkte Verwendung für Moose außer in Heilsalben oder als Dekoration für die Weihnachtsrippe.

Spricht man Lüth darauf an, reagiert er unwirsch. „Muss man für etwas gut sein, um leben zu dürfen?“, fragt er dann. Auch in den Nachrichten geht es

beim Thema Artenschutz meist darum, dass diese oder jene Pflanze eben wichtig sei, weil dort irgendwelche Tiere leben. „Aber wenn ich jemandem begegne, frage ich ihn ja auch nicht: Und, wozu bist du nützlich?“, sagt Lüth. „Jeder Organismus hat das Recht zu existieren.“ Womit Lüth einerseits recht hat. Andererseits lernt man, wenn man sich mit Moosen beschäftigt, dass sie eben überhaupt nicht unnützlich, sondern für die Umwelt extrem wichtig sind.

Sphagnum magellanicum – Magellans Torfmoos

Moose beziehen all ihre Nährstoffe aus Niederschlägen. Manche Arten haben spezielle Blattstrukturen ausgebildet, die es ihnen erlauben, das Zwanzigfache ihres Gewichts an Wasser aufzunehmen. Im Laufe der Zeit sickert es langsam weiter. So schützen sie die Umgebung vor Erosion und Hochwasser.

Auch Torfmoose sind solche Schwämme. Um eines zu zeigen, stapft Michael Lüth durch ein Hochmoor bei Hinterzarten. Bei jedem Schritt versinken seine Gummistiefel im Boden. An einem Häufchen bleibt er stehen, bückt sich und zieht röhliche, tropfende Stängel von Magellans Torfmoos aus dem Boden. Was er da pflückt, sei womöglich ein 5000 Jahre alter Organismus, sagt Lüth.

„Ich finde diese kleinen, zarten Pflanzen, diesen Zauberwald, wunderschön.“

Denn wenn die Bedingungen stimmen, wächst Magellans Torfmoos einfach immer weiter, Zentimeter für Zentimeter. Die unteren Teile der Pflanze sterben währenddessen ab. Die Art kommt fast nur in Hochmooren vor, dessen tieferen Schichten kaum Sauerstoff enthalten. Abgestorbene Pflanzenteile werden teilweise zersetzt und verwandeln sich in Torf, der große Mengen Kohlenstoff bindet. Im Lauf der Jahrtausende kann eine mehrere Meter dicke Schicht entstehen.

Lüth holt einen Klumpen davon aus dem Boden. Er riecht erdig und modrig. Hochmoore wie jenes bei Hinterzarten bestehen zu großen Teilen aus Torfmoosen wie Sphagnum magellanicum. Sie sind gigantische Klimaschützer und speichern jede Menge Kohlenstoff.

In Deutschland gibt es nur ein paar Dutzend Menschen, die sich so gut mit Moosen auskennen wie Michael Lüth. Sie steifen durch Wiesen und Wälder und suchen selten Arten, um sie zu kartieren oder im Netz über ihre Funde zu diskutieren. Viele sind Ehrenamtliche. An deutschen Universitäten gibt es gerade mal eine Handvoll Lehrstühle, die sich schwerpunktmäßig mit der Bryologie, der Moosforschung, beschäftigen.

Einer von ihnen ist im Biologie-Institut der Freiburger Universität beheimatet. Der Lehrstuhl für Pflanzenbiotechnologie sitzt im fünften Stock eines 60er-Jahre-Betonbaus und ist voller Labore. In manchen von ihnen stehen Bioreaktoren, in denen grün leuchtende Bräuen vor sich hin blubbern. Es ist einer der weltweit führenden Standorte der molekularen Moosforschung.

Seit mehr als zwei Jahrzehnten beschäftigt Ralf Reski sich hier mit der Genetik von Moosen. Der 63-jährige Professor empfangt in seinem hellen Büro im blauen Polo und Sandalen zum Gespräch. In einer Ecke steht eine graue Schrankwand mit Hunderten Schubladen. Es ist Reskis Lebenswerk: In jeder von 304 dieser Schubladen steckt einer seiner wissenschaftlichen Artikel. Viele von ihnen sind hundertfach zitiert.

Reski steht auf, geht zur Schrankwand, zieht die Schublade ganz links oben auf und holt ein gelbliches Heft heraus. Es ist Reskis allererste Veröffentlichung aus dem Jahr 1985. Aus der langen und komplizierten Überschrift stehen zwei kursive Worte hervor: *Physcomitrella patens*. Seit 37 Jahren erforscht Reski diese Moosart.

Physcomitrella patens – Kleines Blasenmützenmoos

Das Kleine Blasenmützenmoos besitzt etwa 35 000 Gene, fast 10 000 mehr als der Mensch, und es ist gentechnisch leicht manipulierbar. Bestimmte Gensequenzen lassen sich also vergleichsweise einfach durch andere ersetzen.

Reski nutzt das Kleine Blasenmützenmoos für einen Forschungsschwerpunkt, das Molecular Farming. Dabei werden Pflanzen so verändert, dass sie Arzneimittelwirkstoffe produzieren. Moose sind für manche Wirkstoffe besonders gut geeignet. Unter anderem, weil sich verschiedene Individuen weniger stark als Blütenpflanzen voneinander unterscheiden und Versuchsergebnisse daher leichter reproduzierbar sind.

Damit das Kleine Blasenmützenmoos ein gewünschtes Molekül hervorbringt, müssen zunächst einige Gensequenzen entfernt und durch andere, menschliche Gene ersetzt werden. Die Pflanzen wachsen in einer wässrigen Nährlösung und vermehren sich in Bioreaktoren drei bis vier Wochen lang bei gleich bleibender Temperatur, Beleuchtung und Luftzufuhr. Ein Propeller sorgt dafür, dass die grüne Brühe ständig in Bewegung bleibt. Danach trennt man Moos und Molekül – und erhält so im Idealfall einen Wirkstoff für Medikamente.

In vier oder fünf Jahren könnte das erste Moos-Medikament auf den Markt kommen

Zum Beispiel ein Protein namens Faktor H, das man gegen Altersblindheit ins Auge spritzen könnte. Gemeinsam mit Kollegen erforscht Reski zurzeit, ob sich damit sogar Long Covid bekämpfen ließe. Bislang gibt es noch kein Medikament mit dem Faktor H. Bald soll er an ersten Patienten getestet werden. Ein anderer Wirkstoff aus dem Moos namens Galactosidase A hat diese klinische Phase-1-Studie bereits erfolgreich durchlaufen. In vier oder fünf Jahren, so hofft Reski, könnte das erste Moos-Medikament auf den Markt kommen und den Menschen helfen. „Es wäre das letzte große Ziel meiner Karriere“, sagt er.

In Reskis Büro gibt es nicht nur viele Schubladen, sondern auch viele Bücher. Drei davon zieht er während des Ge-

sprächs aus dem Regal und legt sie auf den Tisch: Mosses of Europe, Volume 1-3, 1360 Seiten mit fantastischen Fotos zu fast allen europäischen Moosarten. Der Name des Autors: Michael Lüth. Anders als Reski, der hauptsächlich in Labor, Büro und Hörsaal arbeitet, ist Lüth fast jeden Tag in der Natur unterwegs. In den vergangenen zwei Jahrzehnten hat er alle Ecken des Kontinents bereist, vor Ort Moosarten gesucht und mehr als 1000 von ihnen fotografiert.

Bevor das Moos den Sprung zum nächsten Baum schafft, ist der aktuelle schon abgeholzt

Auch die meisten Bilder zu diesem Artikel stammen von ihm. „Ich finde diese kleinen, zarten Pflanzen, diesen Zauberwald, wunderschön“, sagt Lüth. Sein nächstes Projekt sei es, alle Moosarten der Welt zu fotografieren. Natürlich weiß auch Lüth, dass das nicht realistisch ist. Aber das Vorhaben sei „als Angebot an den Schöpfer gedacht“, sagt er: „Wenn man keine Aufgabe hat, holt er einen ja zu schnell.“

Noch ein letzter Stopp auf der Entdeckungstour. Lüth lenkt seinen Tiguan zu einem Parkplatz an einem Waldrand bei Freiburg und läuft in den Wald hinein. Die Buchen und Eichen sind meterdick und gesund und wohl weit mehr als 100 Jahre alt. Lüth legt sich zwischen die breiten Wurzeln eines Baums, packt seine Lupe aus und beobachtet eine Moosart, die bald aussterben könnte.

Dicranum viride – Grünes Gabelzahnmoos

Das Grüne Gabelzahnmoos wächst auf Laubbäumen, meist auf unteren, schrägen Stammabschnitten. Anders als andere Moosarten verbreitet es sich nicht über Sporen, sondern in der Regel über winzige, abgebrochene Blattspitzen. Regenwasser, Wind oder Tiere transportieren sie an neue Standorte. Lüth vermutet, dass Eichhörnchen die Blattspitzen mit ihrem Fell auf sammeln und an benachbarten Bäumen abstreifen. Damit sie dort austreiben, braucht es zur richtigen Zeit die richtigen Bedingungen: Untergrund und Luftfeuchtigkeit müssen stimmen, und die Borke sollte feucht sein. Weil die Wahrscheinlichkeit dafür sehr gering ist, kann es Lüth zufolge viele Jahrzehnte dauern, bis sich das Grüne Gabelzahnmoos ansiedelt.

Wegen der Waldwirtschaft gibt es aber immer weniger Bäume, die so lange stehen. Bevor das Moos den Sprung zum nächsten Baum schafft, ist der aktuelle schon abgeholzt. Das Grüne Gabelzahnmoos kommt deshalb hauptsächlich in sehr alten Wäldern vor. Lüth zufolge ist es gut möglich, dass die Art in 20 oder 30 Jahren in Deutschland nicht mehr existiert. Lüth muss lange überlegen. „Dann ist die Art weg“, sagt er, überlegt noch mal lange und sagt schließlich: „Dann gibt es wieder eine Geschichte weniger.“