

# MIT DEN WAFFEN EINES BAUMES

TEXT: CATARINA PIETSCHMANN

Bäume stehen für Stärke und Standhaftigkeit. Letzteres ist aber auch ein Handicap: Sie können vor Feinden weder weglaufen noch sich verstecken. Trotzdem sind

- 56 Bäume keineswegs wehrlos. Sybille Unsicker vom Max-Planck-Institut für chemische Ökologie in Jena erforscht, wie sich Schwarzpappeln gegen gefräßige Insekten verteidigen.

An einem Baum nagt nicht nur der Zahn der Zeit, auch eine Heerschar großer und kleiner Pflanzenfresser, Bakterien, Pilze und Viren setzen ihm zeitweilig zu. Welche Schädlinge welche Teile des Baums heimsuchen, hängt unter anderem von seinem Alter und dem seiner Blätter ab, von Jahreszeit und Wetter. Zudem herrschen auch innerhalb der Baumkrone unterschiedliche Bedingungen: Je nach Höhe, Himmelsrichtung und Lage können Blätter zum Beispiel ein anderes Mikroklima aufweisen. „Man muss sich einen Baum eher wie eine Wiese vorstellen, in der es verschiedene ökologische Nischen gibt“, erklärt Sybille Unsicker. Der Baum als Ökosystem sozusagen.

Auch Fressfeinde müssen mit diesen sich laufend ändernden und lokal unterschiedlichen Bedingungen zurechtkommen. Eine im Pflanzenreich beliebte Art, Angreifern den Appetit zu verderben, ist die Produktion von schwer bekömmlichen oder gar giftigen Inhaltsstoffen. Allerdings gibt es kaum ein Gift, das alle Fressfeinde gleichermaßen auf Abstand hält. Was bei dem einen schwere Vergiftungserscheinungen hervorruft, kann auf den anderen anziehend wirken. Zum Beispiel das Nikotin der Tabakpflanzen, das Koffein des Kaffees oder das Piperin des Pfeffers: Diese Substanzen sollen die Blätter oder Früchte der jeweiligen Pflanzen ungenießbar machen. Bei den meisten Insekten funktioniert das auch, für den Menschen sind die Substanzen dagegen beliebte Genussmittel. Andere Pflanzen holen sich externe Hilfe bei der Verteidigung, frei nach dem Motto: „Der

Feind meines Feindes ist mein Freund.“ Wie diese Allianzen im Detail funktionieren, das möchte Sybille Unsicker herausfinden.

Schon für ihre Diplomarbeit hat sie Baumkronen untersucht, damals an der Elfenbeinküste. Mittlerweile forscht sie in einem Auwald auf der Oderinsel Küstrin-Kietz, einem Naturschutzgebiet direkt an der Grenze zu Polen. Die mehr als 300 Schwarzpappeln (*Populus nigra*), die dort die Oder säumen, gehören zu den letzten natürlich vorkommenden Beständen in Deutschland. Während ihnen andernorts konkurrenzstärkere Arten das Leben schwer machen, vernichteten hier die heftigen Kämpfe am Ende des Zweiten Weltkriegs fast jegliche Vegetation – ein Glücksfall für die konkurrenzschwachen Bäume, die sich als Sämlinge kaum gegen andere Pflanzen durchsetzen können. „Ich

→

# WISSEN AUS

— BIOLOGIE & MEDIZIN

Bis zu 30 Meter hoch  
wird eine Schwarzpappel.  
Dank professioneller  
Kletterausrüstung kann  
Sybille Unsicker die  
Baumkrönen auch  
in luftiger Höhe unter-  
suchen.

Vielleicht doch kein reiner Pflanzenfresser? Zusammen mit den Blättern fressen die Raupen des Schwammspinners gerne Pilze. Die orangefarben erscheinenden Sporenlager des Pappelblattrost-Pilzes verändern die Duftstoffmischung, welche die Pappeln aus ihren Blättern abgeben.



58

wollte unbedingt eine heimische Baumart untersuchen, die in einem Ökosystem mit großer Artenvielfalt vorkommt. Auwälder sind Hotspots der Biodiversität. Die Tatsache, dass die Schwarzpappel in Europa selten geworden ist, hat mich noch zusätzlich motiviert: So können unsere Forschungsergebnisse vielleicht zum Erhalt dieser Bäume beitragen“, sagt Unsicker. Seit 2009 studieren sie und ihr Team im Freiland und im Labor, wie die Pappeln auf Insektenfraß reagieren. Im Auwald hat Unsicker deshalb mehrere Bäume mit Seilen ausgestattet. An diesen klettern die Forschenden in die Baumkronen und nehmen dort Blattproben aus unterschiedlichen Höhen. Und dabei stoßen sie regelmäßig auf Raupen des Schwammspinners, eines etwa drei Zentimeter großen Nachtfalters. Die Untersuchungen haben ergeben, dass die Insekten am liebsten an älteren, bereits ausgehärteten Blättern fressen.

Damit sie nicht jedes Mal in die Baumkronen klettern müssen, wenn sie das Wechselspiel zwischen Raupen und Pappeln beobachten wollen, haben Unsicker und ihr Team Pappelstecklinge aus dem Auwald in ihrem Gewächshaus in Jena eingepflanzt. Für ihre Analysen wickelten die Forscherinnen und Forscher die Zweige in feine Netze und setzten Schwammspinnerraupen hinein. „Man kann schon mit ‚bloßer Nase‘ riechen, dass sich der Geruch der Blätter durch die Insekten verändert“, erzählt Unsicker. Sobald die Raupen mit ihrem zerstörerischen Werk begonnen haben, ersetzen die Forschenden die Netze durch gasundurchlässige Beutel. Darin sammeln sich die Duftstoffe der

attackierten Bäume. Diese leiten die Forschenden dann durch einen Filter, in dem sich die Duftmoleküle verfangen. Der Filterinhalt wird mit Lösungsmittel ausgespült und mittels Gaschromatografie und Massenspektrometrie analysiert.

Der Unterschied zwischen den angefressenen und unversehrten Blättern ist enorm: „Befallene Blätter produzieren große Mengen grüner Blattduftstoffe, die zerriebenen Blättern ihren charakteristischen Geruch verleihen. Außerdem können wir Sesqui- und Monoterpene, aromatische Kohlenwasserstoffe und stickstoffhaltige Duftstoffe nachweisen, darunter auch das sogenannte Benzylcyanid“, so Sybille Unsicker.

Ist das der gesuchte „Hilfeschrei“ – die Botschaft an den Feind des Feindes? Von Kollegen aus Österreich ließ sich das Team einen der gefährlichsten Feinde der Raupen schicken: Brack-

wespen. Die Insekten deponieren mehrere Eier im Körper der Raupen. Die geschlüpften Wespenlarven ernähren sich vom Gewebe ihrer Wirte, sie sparen allerdings lebenswichtige Organe aus. Deshalb lebt die Raupe zunächst weiter, bis sich die Wespenlarven durch die Raupenhaut nach außen bohren und sich verpuppen. In diesem Stadium verhält sich die Raupe wie fremdgesteuert und verteidigt ihre todbringenden Untermieter sogar gegen Angreifer. Schließlich sind ihre Kräfte erschöpft, und sie stirbt. Die Analyse der Duftstoffe ergab, dass die Brackwespen die Moleküle aus den verletzten Blättern extrem gut riechen können. Vor die Wahl zwischen dem Blattduft intakter und angenagter Blätter gestellt, bevorzugen sie eindeutig die angefressenen Blätter. Für die hochsensiblen Antennen der Brackwespen reichen nur wenige Duftmoleküle, um ihre Beute zu orten. Doch läuft es auch in freier Natur so ab – dort, wo



FOTO: FRANZISKA EBERL

neben Pappeln auch noch andere Pflanzen ihre Duftstoffe absetzen und der Wind sämtliche Düfte miteinander verwirbelt? Die Forschenden platzierten deshalb die mutmaßlichen Lockstoffe auf Klebefallen im Auwald. „Schon nach kurzer Zeit hatten wir Brackwespen und andere parasitäre Insekten wie zum Beispiel Schlupfwespen in den Fallen“, erzählt Unsicker.

Untersuchungen an den Stecklingen im Gewächshaus bestätigten den Befund: Sobald die Forschenden die Raupen von den Blättern entfernten, sank die Konzentration der stickstoffhaltigen Duftstoffe auf null. Da die Wespen gerade von diesen Düften angezogen werden, war klar: „Wir hatten die Notrufmoleküle der Bäume gefunden“, so Unsicker. Pappeln produzieren vor allem tagsüber Duftstoffe, wenn sie auch Fotosynthese betreiben. Nachts dagegen stellen sie die Produktion weitgehend ein.

Welche Duftstoffe die Blätter dabei abgeben, hängt von der Art der Verletzung ab: Werden sie zum Beispiel mit einer Schere zerschnitten, so riechen sie anders als bei Raupenbefall. Doch woher weiß ein Blatt, wer ihm gerade zusetzt? „Blätter können Insekten an deren Speichel erkennen, der durch die Verletzungen in das Blattgewebe eindringt. Außerdem nehmen sie die Art und Weise wahr, wie ein Tier frisst und wie viel Blattfläche dabei verloren geht“, erklärt Sybille Unsicker. „Saugende Blattläuse lösen eine andere Reaktion aus als großflächig fressende Raupen oder Blattkäfer, die kleine Löcher in die Blätter stanzen.“

Die Bäume können so nicht nur Hilfe von außen herbeirufen, sondern möglicherweise auch noch nicht befallene Teile der Krone vor Schädlingen warnen. Schließlich sind Äste bei großen Bäumen oft viele Meter voneinander entfernt. „Die Kommunikation in der Baumkrone über Duftstoffe wäre vergleichsweise schnell. Würden Informationen über die Versorgungsleitungen vom Blatt in den Zweig, zum Stamm und von dort wieder in einen anderen Ast weitergegeben, so würde das sehr viel länger dauern“, sagt Sybille Unsicker. Wie genau ein Blatt den Duft eines anderen wahrnimmt, welche Rezeptoren und welche Transportmoleküle ihn durch die Zellmembranen bringen, das will die Wissenschaftlerin in den kommenden Jahren herausfinden.

## Raupengifte in den Blättern

Aber warum produzieren die attackierten Pappelblätter nicht so wie beispielsweise Tabak, Kaffee und Pfeffer Gifte, welche die Raupen vergraulen? „Auch die Blätter der Schwarzpappeln enthalten Stoffe, die in hohen Konzentrationen toxisch wirken. So-

genannte Salicinoide zum Beispiel können gerade für Generalisten – also Raupen die an verschiedenen Baumarten fressen – wie die Schwammspinnerraupe giftig sein. Aber die Gefahr ist groß, damit auch all die vielen Nützlinge zu treffen, die an und in einem Baum leben.“ Sybille Unsicker vermutet, dass das Arsenal an Verteidigungsmolekülen von Pflanzen sehr komplex ist und variabel eingesetzt wird. Nur so ist es vorstellbar, dass eine Pappel, die frühestens im Alter von zehn Jahren geschlechtsreif wird und dann noch weitere 90 Jahre lebt, die Angriffe unterschiedlichster Fressfeinde überstehen kann.

→

59

---

### AUF DEN PUNKT GEBRACHT

Schwarzpappeln sondern aus ihren Blättern Duftstoffe ab, die Brackwespen anlocken. Die Insekten parasitieren Schmetterlingsraupen und helfen den Bäumen so, die gefräßigen Larven im Zaum zu halten.

Duftstoffe sind auch geeignete Medien, um Informationen von Baum zu Baum und innerhalb der Baumkrone zu transportieren. Sie erreichen ihr Ziel vergleichsweise schnell und sind einfach herzustellen.

Von Pilzen befallene Blätter geben ebenfalls charakteristische Duftstoffe ab. Der Geruch lockt Schmetterlingsraupen an, die offenbar nicht rein vegetarisch leben, sondern die Pilze als Stickstoffquelle nutzen.

---

Dafür spricht, dass die Moleküle, die die Brackwespen herbeirufen, sehr einfach produziert werden können. Ausgangspunkt ist die Aminosäure Phenylalanin, die in nur zwei Schritten in das Benzylcyanid umgewandelt wird. Die Zwischenstufe, das sogenannte Phenylazetaldoxim, kann sich im Blatt anreichern und ist giftig. Je höher die Konzentration auf dem Blattfutter der Schwammspinner, desto höher ist auch die Sterblichkeit der Raupen. „Die Produktion dieser Stoffe dient also nicht nur der indirekten, sondern auch der direkten Verteidigung mittels Toxinen. Der Baum besitzt folglich eine doppelte Verteidigungsstrategie“, sagt Unsicker.

Die Pappeln kommunizieren aber nicht nur mit den Brackwespen, sie tauschen sich auch untereinander aus – ein Phänomen, das nicht zuletzt dank der Bücher von Peter Wohlleben auch in der Öffentlichkeit angekommen ist. Schon seit den 1980er-Jahren ist bekannt, dass Bäume Informationen über Schädlinge mithilfe von Duftstoffen weitergeben können. Auch

über Pilzgeflechte an den Wurzeln, die sogenannten Mykorrhizen, stehen Bäume miteinander in Verbindung. Kritiker werfen Wohlleben gleichwohl vor, die Bäume zu vermenschlichen. „Auch für meinen Geschmack schmückt er die Fakten manchmal zu stark aus. Aber ich finde es toll, dass es jemand geschafft hat, die Aufmerksamkeit auf das Ökosystem Wald zu lenken“, sagt Unsicker.

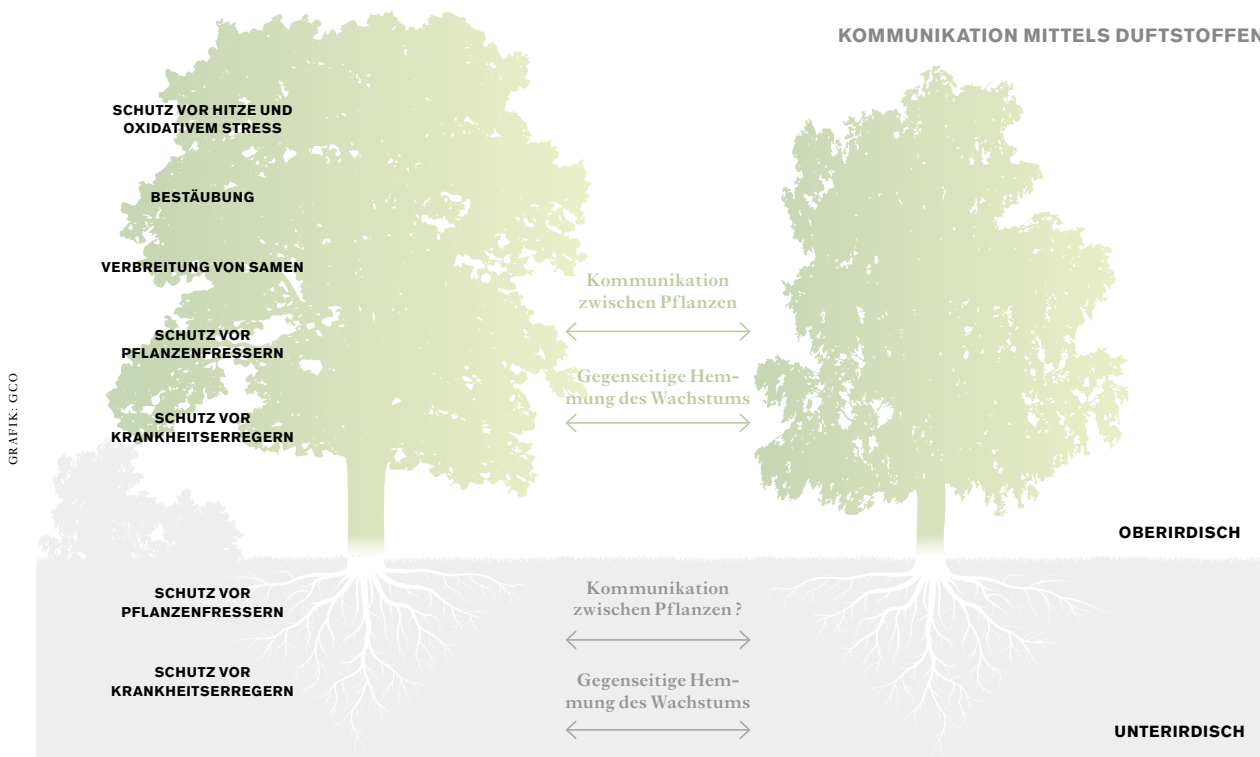
## Bäume haben viele Feinde

Während Wohlleben für mehr Wertschätzung der Bäume und des Waldes wirbt, sammeln Sybille Unsicker und ihr Team weiter wissenschaftliche Daten. Neben Schwammspinnern haben Bäume ja meist noch mit einer Vielzahl anderer Feinde zu kämpfen. So werden Schwarzpappeln oft von Rostpilzen befallen, die sich im Spätsommer im Großteil der Baumkrone ausbreiten können. Die Pilzsporen werden durch den Wind auf die

Blätter geweht oder durch Regen auf tiefer liegende Kronenteile gespült. Durch die Spaltöffnungen dringen sie anschließend in die Blätter ein. Nach wenigen Tagen bilden sie Sporenlager, die als orangefarbene Pusteln durch die Blattoberfläche dringen und aus denen neue Sporen freigesetzt werden. In einer Pilotstudie besprühte Unsickers Mitarbeiterin Franziska Eberl einige der kleinen Pappeln im Gewächshaus mit Rostpilzsporen und setzte zusätzlich noch Schwammspinnerraupen auf die Blätter. Eine Analyse der Blattoberfläche ergab, dass Blätter, die so einer doppelten Attacke ausgesetzt waren, ein ganz anderes Duftbouquet abgeben als Blätter, an denen nur Raupen genagt hatten. „Die Blätter riechen ein wenig nach Champignons. Der Anteil an Terpenen ist deutlich niedriger, dafür enthalten die Proben Kohlenwasserstoffe, wie sie für Pilze typisch sind“, erläutert Unsicker. Die stickstoffhaltigen Substanzen, welche den Hilferuf an die Brackwespen dominieren, werden von den Rostpilzen dagegen nicht beeinflusst.

60

### KOMMUNIKATION MITTELS DUFTSTOFFEN



GRAFIK: GCO

GRAFIK: GCO NACH SYBILLE UNSICKER

Duftstoffe von Pflanzen erfüllen vielfältige Aufgaben – und das sowohl über als auch unter der Erde. Bäume locken damit Nützlinge wie Bestäuber, Samenverbreiter und Feinde von pflanzenfressenden Insekten an. Auch untereinander stehen sie in Kontakt: Manche Duftstoffe können das Wachstum ihrer Nachbarn hemmen oder diese vor Hitze und Schädlingen warnen.

## Raupen lieben Pilze

Die Pilze können insbesondere den Phenolgehalt der Blätter verändern. So lösen sie beispielsweise in den Blättern die Bildung von Catechinen aus, den Grundbausteinen verschiedener Gerbstoffe. Diese sind für den Pilz schädlich. Da Rostpilze in den Baumkronen im Spätsommer sehr dominant werden können, könnten sie auch die Häufigkeit anderer Fressfeinde der Pappeln beeinflussen. Doch die eigentliche Überraschung für die Forschenden war, dass der Pilzgeruch die Raupen offenbar nicht stört! Ganz im Gegenteil: Vor die Wahl zwischen gesunde und verpilzte Blätter gestellt, stürzen sich die Raupen regelrecht auf Letztere. Langzeitbeobachtungen zeigen sogar, dass vor allem ganz junge Raupen, angelockt vom Duft, zuerst die Pilze von den Blättern naschen, bevor sie sich Tage später über die Blätter selbst hermachen.

Die Forschenden hielten ihren Befund zunächst für einen Messfehler – schließlich galten die Schwammspinnerraupen als reine Pflanzenfresser. „Deshalb haben wir das gleiche Experiment mit dem nah verwandten Schlehen-Bürstenspinner gemacht – mit demselben Ergebnis: Auch er ist ganz wild auf den Rostpilz.“

## Eiweißreiche Kost

Zuerst vermutete Unsicker, dass die pilzbefallenen Blätter vielleicht weniger Giftstoffe bilden, denn die Raupen entwickeln sich auf ihnen schneller und verpuppen sich früher. Doch das ist nicht der Fall. Es geht vielmehr um die Inhaltsstoffe der Pilze: Die Sporen sind sehr stickstoffreich und enthalten viele für die Entwicklung der Raupen essenzielle Aminosäuren und B-Vitamine. „Pilze und andere Mikroorganismen könnten also die gemeinsame Evolution von Pflanzen und Insekten stärker beeinflusst haben als bislang angenommen“, sagt Sybille Unsicker.

Inwieweit sich die Befunde von den Pappeln auf andere Baumarten übertragen lassen, ist noch nicht ganz geklärt. Eichen zum Beispiel können in manchen Jahren von massenhaft auftretenden Schwammspinnern massiv geschädigt werden. Förster und Waldbesitzer besprühen mittlerweile Wälder mit Pestiziden, um die wirtschaftlichen Schäden zu begrenzen. „Aus ökologischer Sicht ist es ganz natürlich, dass Arten wie der Schwammspinner immer wieder in Massen auftreten. Die Natur würde das jeweils selbst regeln, denn die natürlichen Feinde reagieren auf das hohe Nahrungsangebot und dezimieren die Schwammspinner wieder. Wenn überhaupt, dann sollten Pestizide also nur so eingesetzt werden, dass danach noch genügend Fressfeinde übrig sind, die die Falter künftig in Schach halten können.“



FOTO: SYBILLE UNSICKER / MPI FÜR CHEMISCHE ÖKOLOGIE

Die Forschenden fangen die gasförmigen Duftsignale der Blätter in Kunststoffbeutel auf und leiten sie durch einen Filter. Im Labor bestimmen sie anschließend die chemische Struktur der Substanzen.

61

## GLOSSAR

### SCHWAMMSPINNER

Zur Familie der Eulenfalter gehörende Nachtfalter. Der Name bezieht sich auf das schwammartige Äußere des Eigeleges. Die Eier werden auf die Stämme der Bäume gelegt und überdauern den Winter. Im Frühjahr schlüpfen die Raupen und fressen bevorzugt Eichenblätter, verschmähen aber auch andere Laub- und Nadelbäume nicht. Schwammspinner zählen zu den gefürchtetsten Schädlingen in Eichenwäldern. Eine einzige Raupe kann vom Schlupf bis zur Verpuppung einen Quadratmeter Blattfläche vertilgen. Bei Massenvermehrung können so ganze Eichenwälder entlaubt und die Bäume dauerhaft geschädigt werden.