

**PETER WOHLLEBEN  
DER  
LANGE ATEM  
DER BÄUME**



# PETER WOHLLEBEN DER LANGE ATEM DER BÄUME

Wie Bäume lernen,  
mit dem Klimawandel umzugehen –  
und warum der Wald uns retten wird,  
wenn wir es zulassen

LUDWIG

Sollte diese Publikation Links auf Webseiten Dritter enthalten,  
so übernehmen wir für deren Inhalte keine Haftung,  
da wir uns diese nicht zu eigen machen, sondern lediglich auf  
deren Stand zum Zeitpunkt der Erstveröffentlichung verweisen.



Penguin Random House Verlagsgruppe FSC® N001967

Everbook Werkdruckpapier FSC Mix aus 100 % Recycling  
mit 1,75 f. Volumen, 80 gr – Farbe: elfenbein exklusiv erhältlich  
bei der Inapa Deutschland

Originalausgabe 07/2021

Copyright © 2021 by Ludwig Verlag, München,  
in der Penguin Random House Verlagsgruppe GmbH,  
Neumarkter Straße 28, 81673 München

Redaktion: Angelika Lieke

Umschlaggestaltung: Eisele Grafik-Design, München,  
unter Verwendung der Fotos von Le Quang Nhut/Bigstock  
und MoKa/iStock Photo (Vorderseite)

sowie Sandra Schmid/GettyImages (Rückseite)

Satz: Leingärtner, Nabburg

Druck und Bindung: GGP Media GmbH, Pößneck

Printed in Germany

ISBN: 978-3-453-28094-6

[www.Ludwig-Verlag.de](http://www.Ludwig-Verlag.de)

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	7
----------------------	---

## TEIL EINS

<b>DIE WEISHEIT DER BÄUME</b> .....	11
-------------------------------------	----

<b>Wenn Bäume irren</b> .....	13
-------------------------------	----

<b>Tausend Jahre lernen</b> .....	26
-----------------------------------	----

<b>Die Weisheit steckt im Samenkorn</b> .....	38
---	----

<b>Volltanken im Winter</b> .....	44
-----------------------------------	----

<b>Rote Blätter gegen Läuse</b> .....	51
---------------------------------------	----

<b>Frühaufsteher und Langschläfer</b> .....	60
---	----

<b>Klimaanlage Wald</b> .....	63
-------------------------------	----

<b>Wenn in China Regen fällt</b> .....	69
--	----

<b>Rücksicht nehmen, Abstand halten</b> .....	75
---	----

<b>Bakterien – unterschätzte Alleskönner</b> .....	81
--	----

## TEIL ZWEI

<b>DIE IGNORANZ DER FORSTWIRTSCHAFT</b> .....	91
---	----

<b>Mit dem Rücken zur Wand</b> .....	93
--------------------------------------	----

<b>Gemetzel im Buchenwald</b> .....	97
-------------------------------------	----

<b>Deutschland sucht den Superbaum</b> .....	101
--	-----

<b>Gut gemeint ist selten gut</b> .....	114
---	-----

<b>Das Reh – der neue Borkenkäfer?</b> .....	126
<b>Der Wolf als Klimaschützer</b> .....	137
<b>Holz – wirklich total öko?</b> .....	142
<b>Zur Kasse bitte</b> .....	153
<b>Das Klopapier-Argument</b> .....	159
<b>Mehr Geld – weniger Wald</b> .....	165
<b>Der Elfenbeinturm wankt</b> .....	174
<b>Was liegt auf Ihrem Teller?</b> .....	185
<b>TEIL DREI</b>	
<b>DER WALD DER ZUKUNFT</b> .....	195
<b>Jeder Baum zählt</b> .....	197
<b>Müssen alle mit ins Boot?</b> .....	206
<b>Frischer Wind</b> .....	213
<b>Der Wald kommt zurück</b> .....	221
<b>Von Nichtwissen und Vorsicht im Wald – ein Nachwort von Pierre Ibisch</b> .....	233
<b>Dank</b> .....	243
<b>Anhang</b> .....	245

## Vorwort

Das Schicksal der Wälder und das der Menschheit sind untrennbar miteinander verbunden. Und das ist nicht im übertragenen Sinne zu verstehen, sondern wortwörtlich. Was in Ihren Ohren möglicherweise düster und beängstigend klingt, gibt in Wahrheit Anlass zu großer Hoffnung. Bäume bilden so effiziente Sozialgemeinschaften, dass sie zumindest die aktuellen Veränderungen im Klima vielfach gut verkraften können. Und nicht nur das: Sie sind unsere beste Option, Treibhausgase wieder aus der Atmosphäre zu entfernen, viel besser, als jede Technik es je könnte. Zusätzlich kühlen sie das lokale Klima stark herab und erhöhen sogar die Regenmengen signifikant.

All dies machen Bäume übrigens nicht für uns, sondern für sich selbst. Auch sie mögen es nicht zu heiß und zu trocken, doch im Gegensatz zu uns können sie den Thermostat auch wieder nach unten drehen. Dabei werden Buchen, Eichen oder Fichten nicht alle notwendigen Fähigkeiten dazu in die Wiege gelegt. Auf ihrem langen Entwicklungsweg zum alten Baum müssen sie lernen, mit Veränderungen richtig umzugehen. Das schafft nicht jedes Exemplar, weil diese Riesenpflanzen genau wie wir Menschen individuell sehr verschieden sind – und nicht alle lernen gleich schnell oder ziehen die richtigen Schlüsse.

Bei unserer Lesereise durch den Wald zeige ich Ihnen, wie Sie Bäumen beim Lernen zuschauen können, warum nicht jeder sommerliche Laubfall problematisch für Buchen oder Eichen ist und woran Sie Bäume erkennen können, die auf die falsche Strategie gesetzt haben.

Die Forschung ist einen gewaltigen Schritt vorwärtsgekommen in dem Bemühen, dieses geheime Leben der Bäume zu entschlüsseln. Dennoch hat sie es auf dem Weg zur Erkenntnis gerade einmal geschafft, den Vorhang ganz leicht zur Seite zu ziehen. So ist bisher die Rolle der Kleinstlebewesen wie etwa Bakterien oder Pilze viel zu kurz gekommen, allein schon deshalb, weil die allermeisten Arten überhaupt noch nicht entdeckt worden sind. Für Bäume sind die Knilche jedoch genauso wichtig wie für uns Menschen die Darmflora – ohne sie ist uns allen ein Leben nicht möglich. Aus dieser verborgenen Welt gibt es faszinierende Neuigkeiten, die zeigen, dass jeder Baum ein eigenes Ökosystem ist, einem Planeten gleich, der von unzähligen wundersamen Lebewesen bevölkert ist.

Auch der Blick auf das große Ganze offenbart Überraschungen: So erzeugen Wälder regelrechte Luftflüsse, die Wasser in Wolkenbändern über Tausende von Kilometern in die Kontinente führen und es an Orten regnen lassen, die ansonsten Wüsten wären.

Bäume sind also keine Wesen, die passiv die Veränderungen erleiden müssen, die unsere Art für das globale Klima verursacht. Sie sind vielmehr Gestalter ihrer Umwelt und reagieren, wenn einmal etwas aus dem Ruder zu laufen droht.

Um sich erfolgreich auf Veränderungen einstellen zu können, brauchen Bäume jedoch vor allem zwei Dinge: Zeit und Ruhe. Jeder Eingriff in den Wald wirft dieses Ökosystem zurück, hindert es daran, sich in einem neuen Gleichgewicht auszutarieren. Wie sehr moderne Forstwirtschaft dabei stört, haben Sie bei Ihren eigenen Waldspaziergängen angesichts der größten Kahlschläge seit Jahrzehnten vielleicht selbst schon einmal wahrgenommen. Doch es gibt Hoffnung! Der Wald kehrt überall dort schnell und stark zurück, wo wir es einfach zulassen. Wir müssen nur erkennen, dass Menschen keine Wälder machen können, sondern höchstens Plantagen. Helfen



können wir eher dadurch, dass wir beiseitetreten und der Wiederbewaldung ihren Lauf lassen. Mit dem richtigen Maß an Demut, aber auch Optimismus in Bezug auf die Selbstheilungskräfte der Natur kann die Zukunft vor allem eines sein: grün!



**TEIL EINS**

**DIE WEISHEIT DER BÄUME**



## Wenn Bäume irren

**B**äume werden in trocken-heißen Sommern vor große Probleme gestellt. Sie können nicht in den Schatten flüchten, können keinen kühlen Schluck zu sich nehmen, und ein schnelles Reagieren funktioniert schon gar nicht. Und weil Bäume so langsam sind, ist es umso wichtiger, sich für die richtige Strategie zu entscheiden. Doch was ist die richtige Strategie, und was passiert, wenn sich ein Baum irrt?

In der Nordstraße in Wershofen, dem Standort unserer Waldakademie in der Eifel, säumt eine Reihe von Rosskastanien die linke Straßenseite. Diese Rosskastanien verhielten sich im Dürresommer 2020 so wie viele Bäume in Europa: Sie fingen im August an, ihr Laub vorzeitig herbstlich zu verfärben. Dabei haben es Rosskastanien seit Jahren ohnehin besonders schwer. Kurz vor dem Jahr 2000 hatte die sich nach Norden ausbreitende Kastanienminiermotte auch die Wershofener Bäume erreicht.

Dieser kleine, hellbraune Schmetterling stammt aus Griechenland und Mazedonien, also aus der ursprünglichen Heimat der Rosskastanie. Wie viele andere importierte Gewächse auch führten die Rosskastanien in Wershofen bisher ein idyllisches Leben. Zwar entsprechen Länder wie Deutschland nicht unbedingt dem perfekten Ökosystem für diese Bäume, weil es hier einfach ein bisschen zu kalt ist. Dennoch haben sich die Kastanien bei uns immer pudelwohl gefühlt. Ihre Parasiten hatten sich bisher nicht bis zu dem neuen Standort ausgebreitet, und für ein Leben ohne die Miniermotte darf es ruhig im Winter ein bisschen kühler sein.

Doch vor 40 Jahren begann sich die Situation zu ändern: Seitdem folgen die Fluginsekten ihrer Beute in den Norden und haben sich längst auch in Wershofen niedergelassen. Die Miniermotten machen, was ihr Name nahelegt: Ihre Raupen fressen Gänge (oder Minen) in die Blätter. Dazu legt die Motte Eier auf die Oberfläche, und die schlüpfenden Raupen bohren sich ein. Kleine braune Schlängellinien zeigen, wo die Schmetterlingskinder munter vor sich hin fressen. Munter deshalb, weil sie in den Blättern gut geschützt vor hungrigen Vögeln leben. Die ausgehöhlten Stellen vertrocknen, und mit fortschreitendem Fraß sieht das Laub im Laufe des Sommers immer ramponierter aus, zumal der ersten Eiablage oft noch eine zweite folgt.

Die Blätter der Bäume an der Nordstraße waren also schon vorgeschädigt, als die Dürre im Gefolge von etlichen heißen Tagen zuschlug. Kastanien reagieren in solchen Situationen wie alle anderen Bäume auch: Sie stellen erst einmal die Photosynthese ein und warten ab. Wie lange so eine Trockenperiode dauert, wissen Bäume noch weniger als wir, und deshalb ist es sinnvoll, nicht gleich in Panik zu verfallen.

Zunächst schließen sie ihre Abertausenden winzigen Münders, die Spaltöffnungen, die an der Unterseite der Blätter sitzen. Mit ihnen atmen die Bäume, genau wie wir, und genau wie wir verlieren sie bei der Atmung Wasserdampf. Er kühlt die Umgebung, und dieser Effekt wird von den grünen Giganten durchaus aktiv eingesetzt, um heiße Sommertage erträglicher zu machen. Wenn die Wurzeln allerdings signalisieren, dass der Nachschub ausbleibt, werden die unzähligen Münders im Laub geschlossen. Doch ohne Atmung der Blätter funktioniert die Photosynthese nicht mehr, versiegt natürlich auch der Nachschub an  $\text{CO}_2$ , weshalb die Zuckerproduktion unter Zuhilfenahme des Sonnenlichts nicht mehr möglich ist. Nun zehren die Bäume von ihren Reserven, die sie eigentlich für den kommenden Winterschlaf aufbauen wollten.

Eine minimale Verdunstung findet aber trotzdem noch über Blätter, Wurzeln und Rinde statt, und wenn die Trockenheit weiter andauert, folgt die zweite Maßnahme: Ein Teil der Blätter wird abgeworfen. Dabei gehen die Kastanien wie ihre übrigen belaubten Kollegen von oben nach unten vor. Zuerst fallen die von der Wurzel am weitesten entfernten Blätter, also die in den Kronenspitzen. Wasser bis dort oben zu transportieren kostet besonders viel Energie, die der Baum jetzt sparsam einsetzen muss, da er keinen Nachschub mehr produzieren kann. Reicht das jedoch nicht und fällt noch immer kein Wasser vom Himmel, werden die Blätter schrittweise immer weiter abgestoßen, bis die Bäume schließlich schon im August völlig kahl sind.

So weit haben es bei uns im Jahr 2020 aber weder Buchen, Eichen noch die Kastanien kommen lassen – bis auf ein paar wenige Ausnahmen. Vielleicht waren das Bäume, die besonders ängstlich sind und einfach auf Nummer sicher gehen wollten, vielleicht stehen sie auch auf einem Fleckchen Boden, das besonders wenig Wasser speichert; wie auch immer, sie waren im August komplett kahl.

Gerade die Kastanien konnten sich das eigentlich nicht leisten, waren sie doch durch die Miniermotte ohnehin schon vorgeschwächt. Die Blätter mit den vielen bräunlichen Fraßstellen bildeten nur eingeschränkt Zucker, sodass die Bäume ohnehin schon hungerten. Dazu kommt die Höhenlage, in der sie stehen: Rund 600 Meter über dem Meeresspiegel liegt die Nordstraße, und die raue Eifel tut ihr Übriges, sodass die Vegetationsperiode recht kurz bleibt. Für die Zuckerbildung ist das recht knapp, denn sie muss mindestens in solchen Mengen möglich sein, dass es nicht nur für den laufenden Betrieb, sondern auch für den Winterschlaf und den folgenden Frühjahrsstart reicht. Das ist für die Kastanien unter solchen Bedingungen fern der alten Heimat ohnehin nur schwer zu erreichen.

Und nun kam der dritte trockene Sommer in Folge dazu, indem offenbar die allerletzten Wasserreserven im Boden aufgebraucht waren.

Unter normalen Umständen können Bäume in einer solchen Situation einfach den Winterschlaf auf September vorziehen und alles Laub fallen lassen, wie es typischerweise die Buchen in meinem Revier machen. Sie sehen zwar tot aus, treiben aber im nächsten Frühjahr wieder aus und versuchen nachzuholen, was sie im Jahr zuvor versäumt haben. Auch Kastanien können das schaffen, aber die ängstlichen, schon im August 2020 laublosen Exemplare hatten diese Strategie definitiv zu früh eingesetzt.

Am 31. August hatte der Wettergott ein Einsehen. Der Himmel verdunkelte sich, allerdings nur über einer kleinen Region am Nordrand der Eifel. Hier regneten sich die Wolken stundenlang ab und hinterließen dabei rund 60 Liter Wasser pro Quadratmeter. Für die ausgedörrten Böden war dies zwar noch lange nicht genug, aber immerhin wurden so die obersten Zentimeter wieder etwas befeuchtet. Ich hoffte, dass es ausreichte, um den Bäumen eine Verschnaufpause zu verschaffen. In den folgenden Tagen zeigten die kahlen Kastanien jedoch eine Reaktion, die mich überraschte und auf den ersten Blick völlig unsinnig schien: Sie fingen an zu blühen. Wer zu wenig Zucker hat, sollte eigentlich nicht noch zusätzliche Energie für die Fortpflanzung verschwenden, zumal diese im Herbst zu keinem Ergebnis führt. Selbst wenn die Blüten noch bestäubt werden, können sich in der Kürze der Zeit bis zum Wintereinbruch keine Samen und Früchte mehr entwickeln.

Eine Gruppe von angehenden Waldführern, mit denen ich auf dem Rückweg zum Akademiegebäude war, machte mich auf das Phänomen aufmerksam. Wir schauten genauer hin und wurden gleich fündig. Zusammen mit den Blüten hatten die Bäume auch zarte Blätter hervorgebracht, und das war des



Rätsels Lösung. Die Kastanien hatten unbändigen Hunger! Mit dem frischen Grün an den Zweigen tankten sie im Spätsommer noch einmal ordentlich Zucker und füllten ihr Speichergewebe. Offenbar können Bäume dabei nicht unterscheiden, ob sie nur die Blattknospen eines Zweiges austreiben oder alle Knospen inklusive der Blüten, und genau das war hier zu beobachten.

Ich drehte ein kleines Handyvideo für meine Facebook-Seite und stellte es dort zur Diskussion. Und siehe da: Auch andernorts verfolgten etliche Kastanien offenbar dieselbe Strategie. Eine Internetrecherche ergab, dass vereinzelte Rosskastanien bereits in den Vorjahren herbstliche Blüten gezeigt hatten, doch die Erklärungen fand ich teilweise nicht besonders überzeugend. Es sei der Stress durch Klimawandel, den Befall mit Miniermotten und auch Pilzen, der die Bäume an den Rand ihrer Existenz brächte. Um sich vor ihrem Ableben schnell noch einmal zu vermehren, würden die Bäume auch im Herbst noch einmal blühen.<sup>1</sup>

Zunächst mag das logisch klingen, doch es setzt voraus, dass ein Baum keine Jahreszeiten einschätzen kann. Denn Blüten im Herbst bringen selbstverständlich keine Früchte hervor, weil die wenigen Wochen bis zum Winter dazu nicht ansatzweise ausreichen. Wer solch einen Unsinn macht, vergeudet zusätzliche Energie und vergrößert damit die Misere. Die Forschung weiß zudem seit Jahrzehnten, dass sich Bäume in ihrem Verhalten nach der Tageslänge und der Temperatur ausrichten, sich im Jahreslauf also exakt so orientieren, wie es auch wir ohne Kalender vermögen. Und genau hier setzt die nächste merkwürdige Erklärung an: Die Kastanien kämen im Jahreskalender durcheinander.<sup>2</sup> Die sommerliche Trockenzeit mit Unterbrechung der Wasseraufnahme und damit auch der Photosynthese müsste die Bäume demnach so verwirren, dass sie beim herbstlichen Regenfall meinten, nun sei es wieder Frühling.

Diese Schlussfolgerung ist mehr als absurd, denn da hätte wohl auch die Evolution noch ein Wörtchen mitzureden. Wenn Rosskastanien sich so leicht verwirren lassen könnten, und das trotz des natürlichen Phänomens, dass es mindestens alle paar Jahrzehnte einen Dürresommer gibt, wie konnten die Bäume dann mehr als 30 Millionen Jahre überleben? Denn wer regelmäßig solche unsinnigen Energieausgaben tätigt, der ist im Krisenfall zu schwach und verabschiedet sich aus dem Reigen des Lebens.

Nein, es ist der Hunger, der zu solchen Reaktionen führt. Doch wer A sagt, muss auch B sagen: Es genügt nämlich nicht, die frischen Blätter (einschließlich der überflüssigen Blüten) hervorzubringen, sondern jetzt muss eine Energieschuld auch bis zum bitteren Ende abgearbeitet werden. Das Austreiben kostet ja Kraft, und zwar Kraft, die eigentlich gar nicht mehr vorhanden ist. Es sind die letzten Reserven, die der Baum mobilisiert, um noch einmal seine Solarsegel zu entfalten und süße Nahrung zu produzieren. Doch der Blattaustrieb allein reicht nicht aus, denn dabei werden Knospen benutzt, die für das nächste Frühjahr vorgesehen waren. Sie sind nun vorzeitig verbraucht, und um im kommenden Jahr nicht völlig kahl dazustehen, muss die Kastanie gleich noch einmal neue Knospen entwickeln. Und selbst das ist noch nicht alles: Weil Knospen und Blätter immer an frischen Zweigen sitzen, bildet die Kastanie diese ebenfalls gleich aus.

Wir halten fest: Ein Baum, der im Sommer schon kahl ist und im Herbst von heftigem Hunger überrascht wird, muss neben Blättern (und unfreiwilligen Blüten) auch noch Zweige und Knospen produzieren. Das lohnt sich nur, wenn er dafür so viel Energie zurückbekommt, dass er unter dem Strich einen Zuckerüberschuss für den Winter hervorbringen kann. Doch die Jahreszeit arbeitet leider gegen die verzweifelten Bäume. Denn die Tage werden im September schon deutlich kürzer

und die Fotosynthesezeiten damit ebenfalls. Zudem ziehen einige Wochen später typischerweise Tiefdruckgebiete mit viel Regen auf, der zwar den Boden tränkt, aber auch die Sonne verdeckt. Und als wäre das allein nicht schon genug, fallen auch noch die Temperaturen, und die ersten Nachtfroste kündigen sich an.

Was man als Baum im Oktober zu tun hat, zeigten die anderen Kastanien in der Nordstraße. Sie zogen die Reservestoffe aus den Blättern ab, die sich nun gelb und dann braun verfärbten. Eine gewisse Eile war geboten, denn der erste Winter einbruch mit Nachtfrost unter minus 5° C würde die Riesen zwangsweise in den Winterschlaf schicken. Dann wäre ein geordneter Laubfall nicht mehr möglich, und es wären nicht nur die wertvollen Blattstoffe verloren. Die Trennung der Blätter von den Ästen kann ein Baum nur aktiv bewerkstelligen, indem er eine Trennschicht aus Kork ausbildet. Vom Winterschlaf überraschte Bäume behalten ihr braunes Laub an den Zweigen. Ein heftiger Schneefall bewirkt dann hohe Lasten, wodurch ganze Kronenteile abbrechen können, wie ich schon oft beobachten konnte.

Die Mehrheit der Nordstraßenkastanien verhielt sich also vorbildlich, mit Ausnahme der Panikkandidaten. Sie hielten tapfer mit frischem Grün gegen die bunte Herbstpracht ihrer Artgenossinnen, weil die Gesamtbilanz der Zuckerproduktion einfach noch nicht stimmte. Der Blattfall erfolgte viel zu spät, nach den ersten harten Frösten Mitte Dezember! Rein statistisch gesehen überleben etliche solcher Bäume den Winter nicht und sterben bereits vor dem Laubaustrieb im Frühling. Kurz vorher erfolgt nämlich der größte Kraftakt im Jahreslauf: das Hereindrücken von Wasser in den Stamm und das anschließende Aufbrechen der Knospen. Zu diesem Zeitpunkt entscheidet sich das Schicksal vieler geschwächter Bäume.

Im Falle der Wershofener Kastanien gab es ein Happy End:

Ihre Knospen schwellen im Frühjahr an, und in einer letzten Anstrengung bildeten sie neue Blätter und konnten endlich wieder in Ruhe auftanken.

Während das Phänomen der herbstlichen Blüte und des Blatt-austriebs bei Kastanien mittlerweile allerorten zu beobachten ist, habe ich dies in Buchenwäldern noch nie bewusst wahrgenommen. Doch auch dort können sich rein theoretisch einzelne Exemplare ebenso verschätzen wie die beschriebene Kastanie. Warum das dennoch nicht passiert, könnte seine Ursache in der besseren Vernetzung haben.

Buchen versorgen sich unterirdisch über ihr Wurzelgeflecht gegenseitig mit Zuckerlösung, helfen geschwächten, hungernen Exemplaren damit in Notlagen aus. Möglicherweise müssen diese deshalb nicht noch einmal neue Blätter austreiben und Fotosynthese betreiben, sondern verlassen sich auf die Gemeinschaft. Gepflanzte Kastanien hingegen, fern einer natürlichen Waldgemeinschaft an einer einsamen Dorfstraße, sind offenbar auf sich allein gestellt und müssen ihren Kampf ums Überleben ohne die Hilfe ihrer Familien führen.

Während die Laubbäume deutlich sichtbar auf Trockenheit reagieren, geschieht das bei Nadelbäumen eher heimlich. Kein Wunder, ist ja bei ihnen auch der herbstliche Blatt- bzw. Nadel-fall ebenfalls ein unauffälliges Geschäft. Dabei werfen sie stets nur den ältesten Nadeljahrgang ab. Bei Kiefern befinden sich von diesen Jahrgängen immer drei gleichzeitig hintereinander an den Zweigen: an der Spitze einer von diesem Jahr, dahinter einer vom vorherigen und der letzte von vor drei Jahren. Die Fichte bringt es sogar auf sechs Jahrgänge, doch länger geht es auch bei ihr nicht – dann sind die Nadeln verschlissen und werden abgestoßen. Schöne Herbstfärbung: Fehlanzeige.

Doch dieses Abwerfen ist ein ebenso aktiver Vorgang wie bei den Laubbäumen, und genau wie sie regulieren Nadelbäume

bei Trockenstress den Wasserverbrauch. Sie stellen zunächst die Fotosynthese ein, danach werden Nadeln abgeworfen, um die Verdunstungsfläche zu reduzieren. Ich konnte das im Garten unseres Forsthauses in den letzten Trockenjahren sehr schön beobachten. Zumindest die Beete um das Haus haben wir bewässert, damit nicht gleich alles verdorrt. Von dem Wasser haben nicht nur Stockrosen und Küchenkräuter profitiert, sondern auch die rings herum stehenden Bäume. Die 140 Jahre alten Kiefern sahen selbst in der Hitzewelle im August 2020 noch kerngesund aus, allerdings nicht alle. Wer nicht am Rande der kleinen Bewässerungsflächen stand, warf einen ganzen Nadeljahrgang vorzeitig ab. Optisch ist es ein gewaltiger Unterschied, ob die Nadeln von zwei oder drei Jahren an den Zweigen hängen – mit zweien sehen die alten Bäume schon sehr gerupft aus. Der Garten mit seinen Kiefern war dadurch für mich zu einem Freiluftlabor geworden, in dem ich den Bäumen beim Lernen zusehen konnte.

Bis jetzt haben wir unsere Aufmerksamkeit dem gewidmet, was oberirdisch passiert. Doch auch unter der Erde laufen in Dürrezeiten wichtige Prozesse ab, und zwar in den Wurzeln. Wahrscheinlich bilden sie das wichtigste Organ des Baums. In den Spitzen befinden sich Zellen, die zusammen wie eine Art pflanzliches Gehirn funktionieren.<sup>3</sup> Sie wachsen suchend durch die Dunkelheit und registrieren dabei fortlaufend mindestens 20 verschiedene Parameter, darunter nicht nur die Feuchtigkeit. Auch die Schwerkraft wird berücksichtigt – schließlich sollen die zarten Gebilde in der Erde bleiben und nicht nach oben hinauswachsen. Das verhindern auch Sensoren für Licht, was zunächst überflüssig erscheinen mag; unter der Erde ist es schließlich ewig dunkel. Doch an Böschungen können Wurzeln schräg hinabwachsen und dennoch versehentlich nach draußen gelangen. Dann ist es gut, wenn sie die Helligkeit wahrnehmen

und sich schleunigst wieder in den Hang zurückziehen können. Ähnlich erschrocken reagieren sie auf Giftstoffe. Stoßen sie auf solche gefährlichen Bodenbestandteile, dann wachsen sie (für ihre Verhältnisse) rasch um die problematischen Stellen herum. Aus dem Potpourri der Sinneseindrücke entscheiden die Wurzeln auch, wie sich der Baum im Ganzen verhält, zum Beispiel, wann er blüht und wie viele Blätter er an seinen Zweigen trägt.<sup>4</sup>

Im Falle der trockenen Sommer ist es natürlich in erster Linie die Feuchtigkeit, die von den Wurzeln aufmerksam registriert wird. Sie fangen an, Signale durch den Stamm bis in die Blätter zu senden, damit diese die kleinen Mäuler schließen, um die Zuckerproduktion und damit den Wasserverbrauch einzustellen.

Wie das funktioniert, haben Schweizer Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler entdeckt. Sie untersuchten junge Buchen im Labor und simulierten im Versuchsaufbau eine Dürre. Dabei entdeckten sie, dass es tatsächlich die Wurzeln sind, die das Wirken der Blätter regulieren. Wird es trocken, dann reduzieren die Wurzeln den Zuckerverbrauch – kein Wunder, müssen und können sie doch auch kein Wasser mehr nach oben pumpen. Weil sie keine süße Flüssigkeit mehr abnehmen, kommt es weiter oben im Gewebe zu einem Zuckerstau, weshalb die Blätter ihrerseits ebenfalls aufhören, Nährstoffe zu produzieren. Also schließen sie ihre Spaltöffnungen und machen den Laden dicht. Der Baum lebt trotzdem weiter und verbraucht nun Reservestoffe. Dabei atmet er Sauerstoff ein und  $\text{CO}_2$  aus – ein Sommerwald im Trockenstress ist also keine Sauerstoffquelle mehr! Ist die Dürre vorüber, so passiert Erstaunliches: Die Blätter nehmen mehr  $\text{CO}_2$  auf als üblich und produzieren damit auch wesentlich mehr Zucker. Die Bäume fressen sich also gewissermaßen im Eiltempo wieder voll. Sie können durch ihren Appetit die Dürreperiode wenigstens teilweise ausgleichen.<sup>5</sup>

Doch was passiert eigentlich während der Trockenzeit mit den Wurzeln selbst? Sie müssen, um sich durch den Boden bewegen zu können, ständig vorwärts wachsen. Dazu strömt normalerweise unaufhörlich Nährlösung von den Blättern hinab zu den zarten Gebilden im Boden. Doch wenn die Photosynthese eingestellt wird oder gar die Blätter ganz abgeworfen werden, dann ist für die Wurzeln Hunger angesagt. Das ist sehr riskant, denn wenn es nun zu einem Absterben der Feinwurzeln kommt, wird selbst in einer nachfolgenden Regenperiode die Wasseraufnahme stark beeinträchtigt. Ganz nebenbei geht auch der Halt des gesamten Baums verloren, wie ich Ende 2018 feststellen durfte.

An einem windstillen, regnerischen Tag machte ich mich auf, um hinüber in den Nachbarort zur Waldakademie zu fahren. Ich zog mir gerade an der Haustür die Gummistiefel an, als ich ein seltsames Knacken hörte. Ich schaute um die Ecke und sah, wie sich eine mächtige, 140 Jahre alte Kiefer langsam neigte und dann krachend auf einen Holzschuppen fiel. Ich lief hinüber und schaute mir den Wurzelteller an: Die feinen Ausläufer waren massiv geschädigt. Trockene Sommer beeinträchtigen also nicht nur den Gesundheitszustand der Bäume, sondern auch ihre Standsicherheit.

Bevor das alles eintritt, mobilisieren die grünen Riesen aber alle Reserven und greifen dabei zum Teil auch auf sehr alte zurück. Das stellte ein Forscherteam aus Finnland, Deutschland und der Schweiz fest. Es untersuchte das Alter von Feinwurzeln, den dünnsten Wurzeln des Baums, indem es zunächst deren Kohlenstoff analysierte. Das Alter des Kohlenstoffs in pflanzlichem Gewebe lässt sich über den Anteil radioaktiver Atome feststellen. Ein winziger Teil der Kohlenstoffatome in der Atmosphäre, genauer gesagt, jedes billionste, verwandelt sich durch kosmische Strahlung in ein C14-Atom. Deren Halbwertszeit beträgt 5730 Jahre. In der Atmosphäre wird C14

laufend nachgebildet, in pflanzlichem Gewebe dagegen nicht mehr. Es ist dort durch Fotosynthese eingebaut und zerfällt langsam. Sein Anteil am Kohlenstoff der Pflanze nimmt dabei laufend ab. Wie alt ein Gewebe ist, verrät den Forschenden also das Verhältnis von normalem zu C14-Kohlenstoff. Gemäß dieser Analyse werden die Feinwurzeln unserer heimischen Waldbäume durchschnittlich elf bis 13 Jahre alt.

Klingt ein wenig kompliziert? Kein Problem, denn man kann das Alter der Wurzeln auch viel einfacher überprüfen: indem man sie durchschneidet. Wurzeln bilden nämlich genau wie ein Stamm Jahresringe, weil auch sie im Durchmesser immer weiter wachsen müssen. Und diese Jahresringzählung ergab eine handfeste Überraschung: Die Wurzeln waren zehn Jahre jünger, als nach der C14-Methode ermittelt, also nur ein bis drei Jahre alt – und das Alter der Jahresringe lügt nie. Die wahrscheinlichste Ursache für diese Abweichung, so die Forschenden, sind jahrealte Reservestoffe im Speichergewebe der Wurzeln. Diese Reservestoffe altern ja genauso wie pflanzliches Gewebe und haben, wenn sie dann tatsächlich zur Bildung neuer Feinwurzeln genutzt werden, schon ein paar Jahre Vorsprung auf der molekularen Uhr.<sup>6</sup>

Dass Bäume Reservestoffe einlagern, haben Sie bereits gesehen, aber dass diese bis zu zehn Jahre im Gewebe schlummern, bevor der Baum sie benutzt, war auch mir völlig neu.

Die Forscher vermuten, dass die Bildung von Feinwurzeln aus solch alten eingelagerten Nährstoffen eine Strategie für den Notfall sein könnte. Auch in Trockenjahren müssen Feinwurzeln weiter wachsen, um vollständig funktionieren zu können. Wenn wegen der Dürre kein Zucker gebildet werden kann, sind diejenigen Bäume im Vorteil, die auf sehr alte Vorräte zurückgreifen können.

Die alte Kiefer in unserm Garten musste also nicht unbedingt deswegen fallen, weil ihre Feinwurzeln vertrocknet sind –



vielleicht hatte sie nur nicht genug Notfallnahrung in ihrem Speichergewebe, sodass das unterirdische Wachstum ins Stocken geraten ist. Möglicherweise hat sie aber auch einfach nicht richtig hauszuhalten gelernt, hat ihren Zucker verpulvert, ohne Notzeiten zu berücksichtigen. Schließlich ist eine derartige Häufung von Trockensommern für diesen Standort in der Eifel absolut ungewöhnlich, und um sich daran gewöhnen zu können, hätte sie überleben müssen.

Richtige Strategien kann man als Baum jedoch lernen, und zwar nicht nur durch die harte Schule des Lebens. Vor schwerwiegenden Fehlern können auch Artgenossen bewahren, vor allem die eigenen Eltern. Um das näher zu betrachten, bleiben wir noch einmal im Trockenjahr 2020 und im Revier Wershofen, diesmal jedoch mitten in einem halbwegs natürlichen Buchenwald.