

NORDWÄLDER AUF DER KIPPE

Ein Bericht von Benjamin von Brackel

DER BOREALE NADELWALD IST EINER DER WICHTIGSTEN CO₂-SPEICHER. DER KLIMAWANDEL KÖNNTE IHN JEDOCH IN EINEN GIGANTISCHEN TREIBHAUSGASEMITTENTEN VERWANDELN.

Im Jahr 1992 hatte Henrik Hartmann genug von Berlin – und auch von Menschen im Allgemeinen. Er war Anfang 20 und wollte aussteigen. Das alternative Leben, nach dem er sich sehnte, fand er Tausende Kilometer entfernt auf der Gaspésie-Halbinsel in der kanadischen Provinz Quebec, dort wo die Laubwälder der gemäßigten Zone in den borealen Nadelwald übergehen. Wie einst der amerikanische Naturschriftsteller Henry David Thoreau zog Hartmann in eine Blockhütte ohne Wasser und Strom. Sein Getreide besorgte er bei Bauern aus der Umgebung, mahlte es selbst, backte Sauerteigbrot; er stellte sogar seine eigene Seife her. Im Kerzenschein las er abends Romane oder schrieb Briefe.

Tagsüber zog es ihn häufig in die Wälder seiner Umgebung mit ihren Zuckerahornen und Gelb-Birken, die im Sommerlicht golden schimmerten; auch Buchen, Fichten und Tannen fand er dort zuhauf. Mit ihrem Holz befeuerte Hartmann im Winter seinen Ofen. Im Frühjahr bohrte er die Stämme des Zuckerahorns an, um das süße Wasser aufzufangen und daraus Ahornsirup herzustellen. «Irgendwann wurden die Bewohner des Waldes zu vertrauten Gesellen und Freunden», erzählt der mittlerweile 52-jährige Ökophysiologe heute und fügt lachend hinzu: «Klar, wenn man so lange alleine ist!»

Nach zweieinhalb Jahren hatte er genug vom Selbsterfahrungstrip: Er heuerte schließlich in einem kanadischen Betrieb an, der Zuckerahorn produzierte, besuchte eine Forstschule, studierte erst Forstwissenschaften an der «University of Moncton» in New Brunswick und dann Biologie an der «Université du Québec à de Montréal». Damals ahnte er noch nicht, dass die Wälder, die er kannte und liebte, schon bald großen Veränderungen ausgesetzt sein würden– und er sein zukünftiges Berufsleben damit verbringen würde, den Grund dafür herauszufinden.

Die borealen Nadelwälder im hohen Norden Europas, Asiens und Nordamerikas bedecken zwischen dem 50. und 70. Breitengrad 15 Millionen Quadratkilometer. Damit bilden sie mehr als ein Drittel der gesamten Waldfläche der Welt. Allein die Wälder Kanadas, die im Norden in eine baumlose Tundra übergehen und im Süden in die Laubwälder der gemäßigten Breiten, speichern jährlich fast 30 Millionen Tonnen Kohlenstoff. Weltweit nimmt der boreale Nadelwald ungefähr ein Drittel des Kohlendioxids, das wir in einem Jahr ausstoßen, wieder zurück. Die-

ser Anteil blieb über Jahrzehnte überraschend konstant, obwohl wir immer mehr Kohle, Gas und Öl verfeuerten.

Möglich war das, weil sich der Wald dank CO₂-Doping und einer im hohen Norden besonders starken Erwärmung von bis zu drei Grad Celsius immer weiter ausbreitete und verdichtete – und dementsprechend mehr Kohlenstoff aufnehmen konnte. Dort, wo es früher zu kalt war, können nun Wurzeln schlagen und die Bäume haben mehr Zeit, über das Jahr zu wachsen. Durch die Spaltöffnungen ihrer Nadeln nehmen die Bäume heute deutlich mehr Kohlendioxid auf, schließlich hat sich der Anteil des Klimagases in der Atmosphäre drastisch erhöht. So förderten die Emissionen unserer fossilen Wirtschaft auch indirekt das Wachstum der nördlichen Nadelwälder. Satellitenaufnahmen veranschaulichen diesen Trend: Die Welt war zwischen 1982 und 2009 grüner geworden, – und zwar auf einer Fläche, die doppelt so groß ist wie die der USA.

Ohne den kostenlosen CO₂-Filterservice des borealen Nadelwalds hätte sich unsere Atmosphäre schon deutlich mehr erwärmt. Allerdings scheinen die Nordwälder inzwischen an ihre Grenzen gelangt zu sein: Sie können ihre Funktion als Klimapuffer immer schlechter ausfüllen. Kanadische und chinesische Umweltwissenschaftler fanden 2011 heraus, dass immer mehr Bäume im hohen Norden Kanadas absterben, weil sie die trockeneren und heißeren Sommer nicht mehr überstehen.

Spätestens seit diesem Sommer, als in der sibirischen Stadt Werchojansk 38 Grad Celsius herrschten – der höchste jemals gemessene Wert nördlich des Polarkreises – und die Nadelwälder im Norden Russlands, in Kanada und Alaska auf großer Fläche brannten, betrachten Waldforscher das Schicksal der Nordwälder deutlich pessimistischer als noch vor ein paar Jahren. «Die Störungen durch die Erderwärmung führen möglicherweise dazu, dass die Bäume uns diese «Leistung» nicht länger bieten können», sagt der Feuerökologe Craig D. Allen vom «Fort Collins Science Center» in Los Alamos, New Mexico. «Sie könnten in Zukunft sogar mehr Kohlenstoff in die Atmosphäre abgeben, als sie aufnehmen.»

Eine beunruhigende Perspektive – und Grund genug, detailliertere Untersuchungen zur Entwicklung der borealen Nadelwälder vorzunehmen. Doch weil dazu die Satellitenüberwachung alleine nicht ausreicht – sie ist einfach zu ungenau –, müssen die Forscher in die Wälder hinein und die Jahresringe der Bäume untersuchen.

Der ehemalige Forstwirt Hartmann arbeitet heute als Ökophysiologe am Max-Planck-Institut für Biogeochemie in Jena. Zusammen mit kanadischen Forschern untersuchte er, wie sich der Klimawandel auf das Wachstum der borealen Wälder im Nordosten Amerikas zwischen 1970 und 2005 ausgewirkt hat. In ihrem Untersuchungsgebiet, das sich fast über die gesamte Fläche der Provinz Quebec erstreckte, schaffen es gerade noch mal zwei Baumarten, mit den volatiler werdenden Umweltbedingungen klar zu kommen: die Schwarzfichte und die

Banks-Kiefer. «Werden solche artenarmen Wälder durch den Klimawandel gestört, kann sich das Artengefüge sehr schnell verschieben», sagt Hartmann.

Die Waldforscher werteten die Muster von über 2.000 Baumscheiben aus. Und die verraten eine ganze Menge: Anhand der Breite der Ringe lässt sich genau ablesen, wie viel die Bäume in einem Jahr gewachsen sind. Und der Abgleich mit den Klimadaten der entsprechenden Jahre offenbart schließlich, welche Arten besser oder schlechter mit Trockenheit und Dürre zurechtkamen.

**«ERST SEIT EIN PAAR JAHREN SIND WIR IM WIRKLICH KRITISCHEN BE-
REICH.»**

HENRIK HARTMANN, ÖKOPHYSIOLOGE AM MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR
BIOGEOCHEMIE, JENA

Wie Forensiker rekonstruierten die Wissenschaftler die Geschichte des Waldes und das, was ihm in den dreieinhalb Jahrzehnten zugestoßen war. Das Ergebnis erschien 2019 im Fachjournal *Global Change Biology*: Während sich die Banks-Kiefern noch ganz gut schlugen, womöglich, weil sie ihre Wurzeln tiefer in den Boden graben und dort auch in Dürrejahren noch Wasser zur Verfügung steht, brach das Wachstum vieler Schwarzfichten regelrecht ein. Und noch ein Muster zeigte sich: Ältere Bäume litten stärker als junge unter früheren Dürren. «Ältere Bäume müssen eine viel größere Biomasse versorgen und erhalten», erklärt Hartmann. Weil dadurch ihr Wasserbedarf deutlich höher ist, sind sie umso anfälliger, wenn die Böden austrocknen. Und das ist eine schlechte Nachricht für die Welt, denn schließlich speichern die Altgewächse viel mehr Kohlenstoff in ihrem Holz als die jungen Bäume.

Die Schwelle, ab der das Wachstum des borealen Nadelwalds wieder abnimmt, dürfte sich von Region zu Region zwar unterscheiden. «Doch in vielen unserer Schwarzfichten-Bestände könnte die Schwelle bereits erreicht sein», bilanzieren die Wissenschaftler. Sie beziehen sich wohlgerne auf einen Untersuchungszeitraum bis zum Jahr 2005. Seither ist viel passiert: «Erst seit ein paar Jahren sind wir in den wirklich kritischen Bereich hineingerutscht», sagt Hartmann. Und das hat vor allem mit den Waldbränden zu tun.

Im Sommer 2015 stiefelte Xanthe Walker durch einen ausgebrannten Nadelwald in den Nordwestterritorien Kanadas. Die Baumstämme lagen verkohlt übereinander, selbst die Wurzeln und Waldböden waren augenscheinlich verbrannt. Soweit sie sehen konnte, war alles schwarz. Während die US-Ökologin von der «Northern Arizona University» Bodenproben nahm, färbte die Holzkohle ihre Hände, ihre langen Haare und ihre Kleidung dunkel. Der Aschestaub drang in ihre Lungen ein und erschwerte ihr das Atmen.

Walker hatte in ihrer Karriere schon etliche ausgebrannte Wälder aufgesucht – das war schließlich ihr Forschungsgebiet. Sie weiß, dass Feuer seit Jahrtausenden zur Geschichte der borealen Nadelwälder gehören: Die Schwarzfichten und Banks-Kiefern waren ans Feuer angepasst; wenn ein Teil der Bäume verschwand, konnte die Vegetation im nächsten Jahr wieder keimen. Wo andere nur Zerstörung sehen, denkt Walker an den «Kreislauf aus Verjüngung und Heilung». «Es ist nicht alles Düsternis», sagt die 36-Jährige. «Ich weiß, dass das Leben wieder zurückkehren und nach einem Jahr die Vegetation wieder sprießen wird.»

«ICH WAR VERBLÜFFT, WIE RIESIG DIE VERBRANNT FLÄCHE WAR.»

XANTHE WALKER, ÖKOLOGIN AN DER «NORTHERN ARIZONA UNIVERSITY»,
FLAGSTAFF

Doch während Walker durch die apokalyptisch anmutende Szenerie marschierte, wurde ihr klar, dass die Waldbrände im Vorjahr ein völlig neues Ausmaß erreicht hatten. «Ich war verblüfft, wie riesig die verbrannte Fläche war», erzählt sie. 2014 hatten Wälder im Nordwesten Kanadas auf fast drei Millionen Hektar gebrannt, was der Fläche Belgiens entspricht. Im Gegensatz zu vorangegangenen Bränden waren diesmal die unterschiedlichsten Waldtypen betroffen – und in manchen der 200 ausgebrannten Wälder, die Walker zusammen mit Kollegen und Studenten untersuchte, standen nicht einmal mehr die Stämme. «An solchen Orten gibt es keine Verjüngung mehr», sagt Walker. «Und es kehren auch nicht mehr dieselben Baumarten zurück.»

Dort, wo die Wissenschaftler noch Stämme vorfanden, maßen sie deren Umfang und die Feuchtigkeit des Bodens. Anschließend bestimmten sie mithilfe der Radiokarbonmethode, wie tief sich die Feuer in den oberen Teil der Erde hineingebrannt hatten – also in die organische Schicht, die sich aus abgestorbenen Pflanzenresten zusammensetzte, aber auch aus Wurzeln sowie Mikroben aller Art. Für diese Schicht interessierte sich Walker besonders, denn sie speichert den Großteil des Kohlenstoffs in den Fichtenwäldern. «Kohlenstoff sammelt sich in den Böden – mit dem ältesten Kohlenstoff zuunterst und dem jüngsten an der Oberfläche», sagt Michelle C. Mack von der Northern Arizona University, Co-Autorin der 2019 erschienenen Studie im Fachjournal «Nature». «Wir wollten diese Schichtung nutzen, um zu bestimmen, wie weit zurück in der Geschichte der Wälder die Feuer gebrannt hatten.»

Die Analyse ergab ein Muster: Die alten Wälder waren zwar empfindlicher gegen Trockenheit, aber bei Feuer deutlich robuster als die jungen. Dort, wo sie über 60 Jahre gewachsen waren und es mehr regnete, hatte sich eine dicke Schicht organischen Materials aufgebaut, die die Flammen davon abhielt, allzu weit in den Boden einzudringen. Das über Jahrhunderte angesammelte «legacy carbon», das Kohlenstofferbe, blieb somit geschützt. «In jüngeren Beständen hatten die Böden allerdings keine Zeit, um sich nach dem letzten Feuer

wiederaufzubauen», sagt Walker. «Das setzte das Kohlenstofferbe den Bränden aus.» Mit anderen Worten: Das im Boden gespeicherte CO₂ entwich in die Atmosphäre und heizte den Klimawandel weiter an.

«UNSERE STUDIE DEUTET DARAUF HIN, DASS DER KIPPPUNKT AN VIELEN ORTEN ERREICHT IST.»

XANTHE WALKER, ÖKOLOGIN VON DER «NORTHERN ARIZONA UNIVERSITY», FLAGSTAFF

Fast die Hälfte der Waldgebiete unter 60 Jahren verlor ihre alte Kohlenstoffschicht – von den alten Waldgebieten teilte nur eines dieses Schicksal, schreiben die nordamerikanischen Wissenschaftler. Insgesamt traf dieser Befund auf zwölf Prozent der Wälder zu, die 2014 gebrannt und dabei rund 8,8 Millionen Tonnen Kohlenstoff freigesetzt hatten. «Dieses Muster könnte die borealen Wälder in einen neuen Zustand des Kohlenstoffkreislaufs versetzen und sie zu einer Kohlenstoffquelle machen», sagt Walker. «Unsere Studie deutet darauf hin, dass dieser Kipppunkt an vielen Orten bereits erreicht ist.»

Denn viele Wälder dürften schlicht keine Zeit mehr haben, sich wieder zu regenerieren: Schwarzfichten zum Beispiel wachsen nur sehr langsam. Lagen im Nordwesten Kanadas einst schon mal mehr als hundert Jahre zwischen zwei Großfeuern, so reihen sie sich nun regelrecht aneinander. Das gilt auch für Alaska und Sibirien, wo die Brände wegen der Zunahme an Trockensommern in immer kürzeren Intervallen ausbrachen, sich besser ausbreiten können und stärker wüten.

Wenn die borealen Wälder weltweit ihren Kipppunkt überschreiten, könnten sie insgesamt 110 Milliarden Tonnen an CO₂ in die Atmosphäre entlassen, haben Klimaforscher berechnet. Das ist eine ganze Menge, bedenkt man, dass das verbleibende Kohlenstoffbudget, um die weltweite Erwärmung unter 1,5 Grad Celsius zu halten, bei 500 Milliarden Tonnen liegt. Allerdings reagiert der boreale Nadelwald von Ort zu Ort ganz unterschiedlich auf den Klimawandel – je nachdem, wie die Landschaft sich gestaltet und welches Klima herrscht. Manche Gebiete der borealen Wälder kippen also früher in einen neuen Zustand als andere.

Doch nicht nur der Klimawandel sorgt dafür, dass die Feuer in den borealen Wäldern mehr Wucht entfalten. Auch der Mensch hat dazu beigetragen, und zwar ausgerechnet damit, dass er frühere Waldbrände sehr erfolgreich bekämpft hat – wie im Westen Kanadas. Damit konnten aber junge Bäume und Sträucher wachsen und dienen heute als hervorragendes Brennmaterial, zumal, wenn Hitze und Trockenheit sie buchstäblich zu Zunder machen. Fangen sie Feuer, gelangen die Flammen bis hinauf in die Kronen der alten Bäume, deren Höhe sie bis-

her geschützt hatte. Damit fackelt auch der gesamte Samenvorrat der Bäume ab und die Bestände können sich nicht mehr regenerieren.

Die borealen Nadelwälder sind noch weiteren Bedrohungen ausgesetzt: Wenn der Schnee nicht mehr über den Winter liegenbleibt, fehlt den Bäumen im Frühjahr Wasser. Und bei steigenden Temperaturen können sich auch die Schadinsekten schneller und besser entwickeln: Im Westen Nordamerikas befallen inzwischen ganze Heerscharen an Borkenkäfern die Nadelwälder und fressen sie kahl ([siehe Studie in BioScience](#)).

«EINE GANZE REIHE AN FAKTOREN BEDROHT DIE INTEGRITÄT DES ÖKOSYSTEMS.»

HENRIK HARTMANN, ÖKOPHYSIOLOGE AM MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR BIOGEOCHEMIE, JENA

Und schließlich tauen auch noch die Permafrostböden und halten die Nordwälder davon ab, sich in Gebiete auszubreiten, die sie angesichts der Klimaerwärmung eigentlich besiedeln könnten. «Eine ganze Reihe an Faktoren bedroht die Integrität des Ökosystems», sagt Henrik Hartmann. «Und wir wissen noch nicht, wie sich das weiterentwickelt.»

Ganz verschwinden wird der boreale Nadelwald wohl allerdings nicht. In vielen Regionen dürfte er sich Prognosen zufolge halten und sogar ausdehnen, während in anderen Gebieten Espen und Birken die bisher dominanten Schwarzfichten ersetzen und in wieder anderen eine Graslandschaft wie in der Tundra entsteht, wie es mancherorts schon heute zu beobachten ist.

Hartmanns einstigem Waldzu Hause im Osten Kanadas in der Übergangszone zu den Laubwäldern der gemäßigten Zone scheint es noch ganz gut zu gehen, einmal abgesehen von den Buchen, über die sich neuerdings die Buchenwollschildeus hermacht. Doch noch wirkt sich der Klimawandel dort eher positiv aus: Die steigenden Temperaturen führen dazu, dass die Luft mehr Wasser aus den anliegenden Großen Seen zieht und wieder abregnen lässt. Der Ökophysiologe hat aber gelernt, wie schnell einst gesunde Wälder in einen Zustand des Niedergangs geraten können. So drohen häufigere Eisregen die Wälder zu beschädigen, genauso wie der sich ausbreitende Fichtenknospewurm. Das Refugium, in das sich Hartmann einst geflüchtet hatte und das ihn seinerzeit mit allem Notwendigen versorgte, was er brauchte, könnte diese Helferrolle deshalb womöglich schon bald nicht mehr ausfüllen. Das gilt auch für den großen Maßstab: Denn noch dienen uns die Wälder des Nordens als gigantisches Kohlenstoffreservoir – doch niemand kann heute mit Sicherheit sagen, wie lange dieser Speicher halten wird.

Der Umwelt zuliebe wurde auf die Wiedergabe von Fotos in der Druckversion verzichtet. Nachdruck, Aufnahme in Online-Dienste sowie die Vervielfältigung auf Datenträgern nur nach Genehmigung des Herausgebers.