

# Brandwunden im Regenwald

In diesem Sommer gab es in Brasilien so viele Waldbrände wie kaum jemals zuvor. Welche Konsequenzen die immensen Verluste an Regenwald für das lokale, aber auch das globale Klima haben, ergründet **Susan Trumbore**, Direktorin am **Max-Planck-Institut für Biogeochemie** in Jena. Zudem untersucht sie, welche Chancen ein Wald hat, sich von einem Brand zu erholen. Wenn man ihn denn lässt.

TEXT **TIM SCHRÖDER**

In Brasilien brennt der Regenwald, schon seit Jahrzehnten, immer wieder. Vielerorts sind es Landwirte, die den Wald in Brand stecken, andernorts lassen Rinderbarone andere für sich roden. Ihr Ziel sind neue Ackerflächen, um dort Soja anzubauen, vor allem für die Tiermast in Brasilien und anderen Ländern. Auf vielen gerodeten Flächen grasen auch Rinder. Zahlreiche Bauern brennen nach der Ernte zudem ihre Stoppelfelder ab, ohne Rücksicht darauf, dass die Funken Wälder in Brand stecken können.

Auch wenn schon seit Langem über Brandrodungen berichtet wird, gab es in diesem Sommer besonders erschreckende Bilder. Denn im August erreichten die Feuer katastrophale Ausmaße. Das brasilianische Institut für Welt- raumforschung INPE zählte auf Satellitenaufnahmen der Region etwa zwei

Drittel mehr Feuer als in den Jahren zuvor zur selben Zeit – insgesamt mehr als 45 000 Brände.

Ernüchternd ist die Tatsache, dass die meisten dieser Feuer nicht etwa auf eine besonders starke Trockenheit zurückzuführen sind. Denn in vergangenen Jahren war die Dürre im Sommer noch größer. Vielmehr stecken wirtschaftliche Interessen dahinter: Die meisten Feuer brachen auf privatem Land und in der Nähe ländlicher Siedlungen aus. Die brasilianischen Experten gehen davon aus, dass hier verstärkt Wälder brandgerodet wurden. Besonders erschreckend: Die Feuer nahmen auch in öffentlichen Staatswäldern und selbst in Naturreservaten enorm zu.

Der Kahlschlag am Amazonas-Regenwald hat dramatische Folgen. Zahllose Pflanzen und Tiere verlieren ihren Lebensraum, und vermutlich werden

Brandmelder im All: Auf den Satellitenbildern des Nasa Earth Observatory sind die Feuer vor allem im Süden des Amazonasbeckens, aber auch in anderen Gegenden Südamerikas gut zu erkennen.



dabei auch bislang unbekannte Pflanzen- und Tierarten ausgerottet. Zudem dürfte sich der Waldverlust auf das Klima in weiten Teilen Südamerikas und vielleicht sogar global auswirken. Die Erdsystemforscherin Susan Trumbore, Direktorin am Max-Planck-Institut für Biogeochemie in Jena, möchte die Konsequenzen dieses Raubbaus an der Natur umfassend verstehen.

Sie untersucht nicht nur, wie sich die Artenvielfalt verändert hat, wenn sich die Wälder Jahre später langsam von einem Brand erholen. Sie stellt auch die Frage, wie viel verletzlicher der verbliebene Wald gegenüber erneuten Störungen wie Dürren oder Windwurf wird, wenn das Ackerland vorrückt. Zudem erforscht sie gemeinsam mit brasilianischen Forschern, wie sich die Zerstörung von Wäldern auf das regionale und das

globale Klima auswirkt, untersucht aber auch, wie der Wald auf den Klimawandel reagiert. „Bis heute mangelt es an Daten, um den Einfluss der Amazonasregion in Klimamodellen richtig abzubilden“, sagt Susan Trumbore. „Wir möchten dazu beitragen, die Klimamodelle in dieser Hinsicht zu verbessern.“

### DAS KOHLENDIOXID DER BRÄNDE NIMMT DER WALD NOCH AUF

Für das lokale und regionale Klima ist vor allem wichtig, dass im Wald des Amazonasbeckens riesige Mengen an Wasser verdunsten, die den Wald und seine Umgebung kühlen und zur Hälfte vor Ort wieder als Regen fallen. Ein Teil der sich bildenden Wolken aber zieht weiter und versorgt so große Teile Südamerikas mit Niederschlägen.



**Oben** 15000 Einzelteile, 24000 Schrauben und Bolzen, ein Gesamtgewicht von 142 Tonnen auf einer Grundfläche von drei mal drei Metern, abgespannt mit 26 Kilometern Stahlseil – das Amazon Tall Tower Observatory (Atto).

**Links** Das Hochturmobservatorium steht 150 Kilometer nordöstlich der Stadt Manaus im bislang noch weitgehend unberührten zentralen Amazonasgebiet. Die Tanguro-Ranch befindet sich dagegen im Süden des Amazonasbeckens, wo der Regenwald in Savanne übergeht.





Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sind sich zudem einig, dass die Amazonasregion aufgrund ihrer schieren Größe einen erheblichen Einfluss auf das globale Klima hat. Das Amazonasbecken, aus dem sich der Fluss Amazonas speist, ist rund sieben Millionen Quadratkilometer groß – das entspricht etwa der zwanzigfachen Fläche Deutschlands. Davon sind heute noch etwa 80 Prozent bewaldet. Diese Fläche hält heute noch immerhin etwa ein Drittel der Kohlenstoffmenge gespeichert, die zu Beginn der Industriellen Revolution in der Erdatmosphäre enthalten war.

Heute kann der Wald jene Mengen an Kohlendioxid, die durch Brandrodungen in Brasilien frei werden, noch aufnehmen. Dafür kann er aber kein Treibhausgas mehr aus der Atmosphäre filtern, das andernorts durch die Verfeuerung fossiler Brennstoffe entsteht. Und sollte sich die Vernichtung des Waldes, die nach 2003 zunächst zurückging, 2019 aber wieder zugenommen hat, weiter beschleunigen, könn-

ten in der Amazonasregion unter dem Strich sogar Treibhausgase frei werden.

Umgekehrt wird die Erderwärmung aber vermutlich auch den Wald und seine Fähigkeit, Treibhausgase zu binden, verändern. Wissenschaftler gehen davon aus, dass der Regenwald eine globale Temperaturerhöhung um mehr als zwei Grad nicht überleben wird. Denn heute gibt es bei entsprechend hohen Temperaturen nirgendwo auf der Welt einen Regenwald. Der Amazonaswald könnte also mit dem Klimawandel verschwinden. „Heute können wir noch überhaupt nicht abschätzen, was es bedeutet, wenn sich die Erde im Schnitt um zwei Grad Celsius oder mehr erwärmt“, sagt Susan Trumbore. „Wie verändern sich die Lebensräume, wie die chemischen und physikalischen Prozesse zwischen Wald und Atmosphäre, wie der Gasaustausch? Und wie wirkt das zurück auf das globale Klima?“

Um die Rückkopplung zwischen Klimawandel und schrumpfendem Regenwald ermessen zu können, müssen

die Wissenschaftler zunächst einmal verstehen, welche Rolle ein intakter Wald im globalen Klima spielt. Daher arbeitet Susan Trumbore zusammen mit ihrem Team seit einigen Jahren in einem außergewöhnlichen wissenschaftlichen Großprojekt mit: dem Atto, dem Amazon Tall Tower Observatory (Amazonas-Hochturm-Observatorium), einem Ensemble von drei dünnen Türmen aus Stahlfachwerk, von denen der höchste 325 Meter hoch ist – höher als der Eiffelturm.

### **WELCHE FOLGEN HABEN SCHÄDEN IM BAUMBESTAND?**

Das Observatorium liegt etwa 150 Kilometer nordöstlich der Stadt Manaus tief im Regenwald. Die Fahrt dorthin dauert mehrere Stunden – wobei ein Teil der Strecke mit Booten auf einem Fluss zurückgelegt wird. „Das Gebiet ist einzigartig“, sagt Susan Trumbore. Es liegt fern von Städten und Dörfern. Die Luft hier ist die reinste auf dem ganzen Pla-



neten. Dort lässt sich der Stoffaustausch zwischen dem unberührten Wald und der Atmosphäre sehr genau messen. „Im Grunde ist dies der letzte Platz auf der Erde, wo wir den Einfluss eines großen intakten Waldes in seiner Ursprünglichkeit erforschen können“, so Trumbore.

Wenn es am Südrand des Amazonas nicht gerade brennt und der Wind ungünstig steht. Dann wandern zum Beispiel Aerosole aus Rußpartikeln nach Norden. Da an solchen Aerosolen leicht Wasserdampf kondensiert, sodass sich Tröpfchen bilden, ist es denkbar, dass die Brände im Süden die Wolkenbildung und die Niederschläge im gesamten Amazonasbecken beeinflussen. Ob das zu mehr Regen oder einer Veränderung der Niederschlagsgebiete führt, können die Experten aber noch nicht sagen.

Die Messtürme wurden nach und nach von brasilianischen und deutschen Forschungseinrichtungen errichtet, darunter der Max-Planck-Gesellschaft mit Unterstützung durch das Bundesforschungsministerium. Sie sind gespickt mit Geräten, die Kohlendioxid, Methan und andere Substanzen sowie die Menge an Aerosolen in der Atmosphäre messen. Mit ausgeklügelten Mess- und Re-

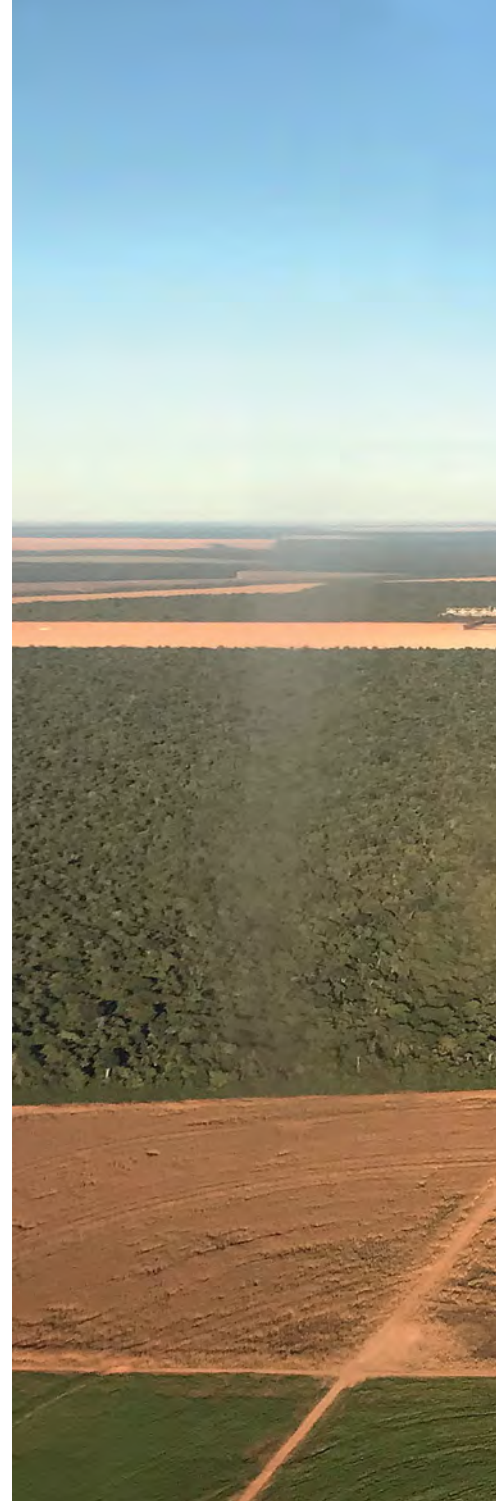
chenverfahren ermitteln die Forscher, welche Stoffe der Wald in welchen Mengen mit der Luft austauscht. Andere Apparate messen die Windrichtung und -geschwindigkeit sowie die Sonneneinstrahlung über dem Wald.

Die Forscher um Susan Trumbore betrachten am Atto aber nicht nur den Stoff- und Energieaustausch zwischen Wald und Atmosphäre. Sie untersuchen auch, welche Folgen Schäden im Baumbestand haben: In der Nähe des Observatoriums haben Gewitterstürme vor einigen Jahren ganze Baumgruppen umgestürzt. Dadurch sind Lichtungen im ansonsten dichten Wald entstanden – ideale Forschungsareale, von denen das größte insgesamt 28 Hektar groß ist, etwa so groß wie 40 Fußballfelder.

### UNTERSUCHUNGSGEBIET IN EINEM BRENNPUNKT BRASILIENS

Zusammen mit ihrem Team kann Susan Trumbore hier ganz verschiedene Aspekte erforschen – etwa wie schnell die Bäume verfallen und in welchem Maße sie dabei den in ihnen gespeicherten Kohlenstoff freisetzen. Mit dem Klimawandel könnten schwere Stürme häufiger auftreten, Stürme, die so stark sind, dass sie reihenweise Bäume entwurzeln. Das Holz wird zersetzt, und so verringert sich mit der Zeit die Biomasse des Waldes.

Susan Trumbore und ihre Mitarbeiter untersuchen zudem, wie schnell sich die betroffenen Wälder regenerieren. So haben sie festgestellt, dass sich die Verdunstung und die Photosynthese innerhalb weniger Jahre erholen, weil schnell wachsende Büsche und Bäume diese Funktionen übernehmen. Bis sich aber wieder so viel Biomasse wie im alten Baumbestand gebildet hat, vergehen Jahrzehnte. Und noch länger dauert es, bis der Wald auch nur annähernd so artenreich ist wie früher.



**Links** Susan Trumbore erforscht die Wechselwirkungen zwischen Amazonas-Regenwald und Klima.

**Oben** Landwirtschaft auf dem Vormarsch: Am Rand des Amazonasbeckens müssen große Teile des Waldes Ackerflächen weichen. Das lokale Klima wurde dadurch trockener und heißer, obwohl der verbliebene Wald noch kühlend wirkt und für Regen sorgt.



Foto: Paulo Brandão

Die Ergebnisse im Atto-Gebiet vergleicht Susan Trumbore mit Messungen in einer zweiten brasilianischen Region, in der sie seit einigen Jahren forscht. Dieses Untersuchungsgebiet, die Tanguro-Ranch, liegt in einem Brennpunkt Brasiliens, dort, wo der Wald an die gerodeten Savannen und Ackerflächen grenzt – etwa 2500 Kilometer südlich von Manaus, im Staat Mato Grosso, dem trockensten Teil des Amazonasbeckens. Typisch für die Region ist der Übergang zwischen den

dichten Amazonaswäldern und Savannen. Im Gebiet der Tanguro-Ranch wird intensiv Landwirtschaft betrieben. Hier verzeichnete man in den letzten Jahrzehnten die höchsten Raten an Rodungen.

Die Forscherinnen und Forscher analysieren, wie sich das lokale Klima durch den Baumverlust verändert, betrachten aber auch die globalen Klimaeffekte des Kahlschlags. Schon jetzt zeichnet sich ab, dass das Klima in dieser Region, in der ohnehin schon eine

fünfmonatige Trockenzeit herrscht, durch die intensive Abholzung noch wärmer und trockener wird.

Darüber hinaus gehen die Wissenschaftler der Frage nach, wie stark der verbliebene Wald an der Grenze zur Savanne in Mitleidenschaft gezogen wird – und ob er eine Chance hat, sich auf gerodeten Flächen zu erholen. Um diese Fragen zu beantworten, startete ein Team, zu dem neben Experten aus Brasilien und Deutschland auch Fachleute vom US-amerikanischen Woods Hole

Unterschätzte Bedrohungen: Feuer am Waldboden sind für Satelliten unsichtbar, Atto kann auch solche Brände anhand von Messungen des Rauchs registrieren (links). Auf gerodeten Flächen können sich Gräser ausbreiten und in einen angrenzenden Wald einwandern (rechts); sie können Susan Trumbore sogar über den Kopf wachsen und nehmen Baumsprösslingen das Licht. So erschweren sie die Regeneration des Waldes. Außerdem machen sie den Wald anfälliger für Feuer.



Research Center gehören, Anfang der 2000er-Jahre ein ungewöhnliches Projekt: Brandexperimente auf drei jeweils 50 Hektar großen Waldgebieten im Übergangsbereich zur Savanne.

Eine Parzelle brannten die Forscher zwischen 2004 und 2010 jährlich ab, eine Parzelle nur alle drei Jahre. Die dritte Parzelle blieb unberührt. Dann gaben sie dem Wald Zeit, sich zu erholen. Währenddessen analysierten sie die klimatischen Bedingungen und die Stoffflüsse in den abgebrannten Parzellen und verglichen sie mit entsprechenden Daten aus einem nahe gelegenen Sojafeld, vom Waldrand und einer tiefer im Wald stehenden Messstation.

Dabei stellten die Forscher fest, dass die Feuer dem Wald in feuchten Jahren nicht allzu stark zusetzten. War die Saison aber trocken, was seit einigen Jahren immer häufiger der Fall ist, verbrannte das Feuer sehr viele Bäume. Sobald die Feuer große Lücken gerissen hatten, lichtetete sich der umgebende Wald, weil der Wind jetzt mehr Angriffsfläche hatte und weil der Wald schnell-

er austrocknete. Dieser Effekt setzt sich bis heute, acht Jahre nach dem letzten Brand, fort. Und noch immer sterben auffällig viele Bäume an den Folgen der Feuer. Zudem sind viele Gräser in die offeneren Wälder eingedrungen. Sie unterdrücken das Nachwachsen von Bäumen, weil sie den Keimlingen Licht und Nährstoffe nehmen.

### **DIE WÄLDER WERDEN DURCH DIE BRÄNDE EMPFINDLICHER**

Zwar zeigen die Messungen, dass die nachwachsenden Bäume wie in der Atto-Region schon nach wenigen Jahren wieder wichtige Ökosystemleistungen erfüllen – vor allem im Vergleich mit dem trockenen Sojafeld: So hatten sich die Verdunstung sowie die Photosynthese und mit ihr die Aufnahme von Kohlenstoff aus der Luft bis 2017 wieder normalisiert. Auch wirkt die Verdunstung in dieser heißen Region kühlend, was verdeutlicht, wie wichtig es ist, in landwirtschaftlich genutzten Gebieten Wälder wenigstens zum Teil zu

erhalten. Aber insgesamt speichern die Flächen heute auch hier deutlich weniger Kohlenstoff.

Alles in allem geht es dem Wald zehn Jahre nach einem Feuer noch nicht wieder gut: Ein junger, verbuschter Wald, der nach einem Brand wächst, stellt nicht dasselbe Ökosystem dar wie der ursprüngliche. Schlimmer noch: In manchen Gebieten verschwindet der Wald nach einem Brand möglicherweise ganz. „Wir beobachten, dass die Wälder und vor allem die Waldränder durch die Brände empfindlicher werden“, sagt Susan Trumbore. An manchen Stellen sterbe der Wald nach einem Brand zusehends weiter ab und werde schließlich zur Savanne. „Wir gehen davon aus, dass es Kippunkte gibt, an denen sich ein Wald nicht mehr von allein erholen kann und verschwindet“, sagt die Wissenschaftlerin. Wo dieser Kippunkt liegt, sei aber noch unklar.

Daher will das Team um Susan Trumbore auch herausfinden, welche Baumarten in der zunehmend trockenen und heißen Region um die Tanguro-Ranch



eine Überlebenschance haben. „Es ist gut möglich, dass die Arten, die schnell nachwachsen, auch schnell wieder eingehen“, sagt sie. „Wir wissen noch nicht, welche Arten unter den sich verschärfenden klimatischen Bedingungen das Zeug dazu haben, einen neuen, stabilen Wald zu bilden.“

Auch Susan Trumbore hat das Ausmaß der Feuer erschreckt, die vor wenigen Monaten in dieser Region wüteten. Andererseits sagt sie, habe die Fläche, die jährlich gerodet werde, in den vergangenen Jahren eher abgenommen. Anfang der 2000er-Jahre seien pro Jahr noch deutlich größere Waldgebiete verschwunden. Ob die verheerenden Brände des Jahres 2019 mit der Politik des brasilianischen Präsidenten Jair Bolsonaro zusammenhängen, kann die Wissenschaftlerin nicht sagen. „Vermutlich hat auch die lang anhaltende Dürre der letzten Zeit dazu beigetragen.“

Jedenfalls sieht sie die Verantwortung für den Erhalt des Amazonas-Regenwaldes nicht nur bei den Brasilianern. „Die Menschen in den Industrie-

nationen sind gut darin, anderen zu sagen, wie man es richtig macht. Aber letztlich tragen wir in den Industrieländern ja mit dazu bei, dass die Situation so ist, wie sie ist“, sagt sie. So stammen nach Angaben der Umweltstiftung WWF rund 80 Prozent des nach Deutschland importierten Sojas aus Südamerika.

Allerdings importiert China mit rund 60 Prozent der Weltproduktion weltweit am meisten Soja. Etwa die Hälfte davon stammt aus Brasilien.

Die Vorgänger von Präsident Bolsonaro, Luiz Inácio Lula da Silva und Dilma Rousseff, hatten sich dafür starkgemacht, durch verbesserte Anbaumethoden mehr aus den Böden herauszuholen, auf diese Weise die Produktion zu steigern und den Druck auf den Wald zu verringern. Jair Bolsonaro propagiert hingegen die Ausdehnung der Ackerfläche. Für Susan Trumbore sind daher vor allem die Importnationen in der Pflicht: „Solange sie nicht darauf drängen, dass Brasilien sorgsamer mit dem verbliebenen Wald umgeht, wird sich die Situation nicht ändern.“

Und natürlich müssten auch die Menschen in den Industrienationen beim Kauf von Lebensmitteln stärker darauf achten, woher die Rohstoffe stammen – und jene Produkte ablehnen, die aus den kritischen Gegenden Brasiliens stammen. Denn allein mit dem Finger auf andere zu zeigen, wird den brasilianischen Regenwald nicht vor weiterer Zerstörung bewahren. ◀

### AUF DEN PUNKT GEBRACHT

- Im Sommer 2019 wüteten außergewöhnlich viele Feuer im Amazonas-Regenwald. Viele der Feuer haben Menschen gelegt, zunehmende Trockenheit hat die Brände verstärkt.
- Wie sich Regenwald und Klima wechselseitig beeinflussen, untersuchen Teams um die Max-Planck-Forscherin Susan Trumbore in verschiedenen Projekten – zum einen am Amazon Tall Tower Observatory (Atto) im Herzen des Regenwaldes, zum anderen auf der Tanguro-Ranch im Bundesstaat Mato Grosso.
- Auf gerodeten Flächen wird es heißer und trockener, da dort viel weniger Wasser verdunstet. Weil der Amazonas-Regenwald den Wasserhaushalt der ganzen Region prägt, beeinflusst das auch die Niederschläge in anderen Gebieten. Auf das globale Klima wirkt sich aus, dass durch die Rodungen CO<sub>2</sub> freigesetzt wird.
- Kann der Wald auf gerodeten Flächen nachwachsen, so erreicht der Austausch von Kohlendioxid und Wasser zwischen Vegetation und Atmosphäre nach wenigen Jahren sein ursprüngliches Niveau. Der Wald speichert insgesamt jedoch deutlich weniger Kohlenstoff und bleibt anfälliger gegen Hitze, Trockenheit und Windwurf, sodass er weiter abstirbt und sich schlimmstenfalls in eine Savanne verwandelt.