



## Im Wald

Wie geht es unseren Bäumen?  
.....



Was haben wir mit dem  
Amazonas in Brasilien zu tun?  
.....

Woran erkennt man illegal  
geschlagenes Holz?  
.....



## Liebe Leserinnen und Leser,

herzlich willkommen zur aktuellen Ausgabe der **forschungsfelder**!

Wachsen Buchen besser, wenn sie mit Tannen zusammenstehen? Woran erkennt man, ob ein Tisch aus verbotenen Tropenholz gefertigt wurde? Und wie lässt sich der für Baum und Mensch schädliche Eichenprozessionsspinner aus unseren Wäldern vertreiben? Keine Frage – im Wald gibt es viel zu entdecken und zu erforschen. Und weil er so wichtig ist für Boden, Luft und Wasserhaushalt, widmet sich die gesamte aktuelle Ausgabe der **forschungsfelder** diesem Ökosystem.

Ganz genau hingeschaut hat auch der Fotograf unseres Titelbildes. Er zeigt, welche Vielfalt tierischen und pflanzlichen Lebens auf einem Kubikmeter Wald zu finden ist.

Wir laden Sie ein auf einen Spaziergang durch unsere Wälder, auf den Spuren jahrzehntelanger nachhaltiger Forstwirtschaft und der zahlreichen Forschungsvorhaben rund um Eiche, Buche, Fichte und Co.

Ihr Redaktionsteam



Foto: © Jules Cox, FLPA / Minden Pictures

Fotos: oben: © Nadine Eickenscheidt / Thünen-Institut; Mitte: © Michael Hoffmann; unten: © Image Source / plainpicture

# forschungsfelder Ausgabe 3 – September 2016

## THEMEN

- 8 Wie grün der Wald, den ich durchschritt**  
Die Beziehung der Deutschen zu ihrem Wald ist eine ganz besondere.
- 10 Der Wald in Zahlen**  
Wer zählt schon Asseln und Borstenwürmer? Wir.
- 12 Ja, er lebt noch!**  
Lange Zeit galt der Wald als bedroht.
- 16 Nachbarschaftshilfe**  
Damit Bäume optimal wachsen, kommt es auf den Nebenmann an.
- 18 Das Geheimnis der Sperrholzplatte**  
Ein Hamburger Forscherteam entlarvt illegalen Holzhandel.
- 20 Drei Fragen an ...**  
Dr. Bernd Degen über sein internationales Engagement für eine nachhaltige Forstwirtschaft.
- 22 Tief verwurzelt, gut vernetzt**  
In Eberswalde wird Waldwissen gesammelt.
- 24 Mit Würmern auf Raupen schießen**  
Eichenprozessionsspinner sind eine Plage. Noch.
- 28 Auf dem Holzweg**  
Wie Forscher aus Bäumen Maschinen bauen
- 30 Wälder statt Felder**  
Der Amazonas ist die Lunge der Erde. Das soll so bleiben.

## RUBRIKEN

- 4 Das besondere Foto**
- 6 Forschungslandschaft**
- 21 Landkarte**
- 26 Schon gewusst?**
- 27 Stichwort**
- 33 Was morgen wichtig wird**
- 34 Die Forschungsfrage**
- 35 Impressum**



### forschungsfelder

- » Ausgabe downloaden
- » Weitere Themen und Texte
- » Kostenfreies Abonnement
- [www.forschungsfelder.de](http://www.forschungsfelder.de)**





Das besondere Foto

---

## Invasive Morchel

Riecht nicht gut, sieht aber toll aus: Der Tintenfischpilz ist immer häufiger auch in deutschen Wäldern anzutreffen. Ungenießbar und der Form nach durchaus mit einem Meeresbewohner zu verwechseln. Der Pilz wurde aus Neuseeland und Australien eingeschleppt und in Deutschland erstmals in den 30er-Jahren entdeckt.

# Forschungslandschaft



Großhansdorf

## Der Tiger im Holz

Es ist eine sehr seltene Anomalie, die den Riegelahorn zu einem der teuersten Laubhölzer macht: Er besitzt eine ausgeprägte, tigerstreifenartige Maserung. Das Holz wird deshalb gerne beim Bau von Instrumenten eingesetzt und gibt Geige, Cello und Co. ihren besonderen Charakter. Am Thünen-Institut für Forstgenetik wollen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nun das Geheimnis hinter der besonderen Struktur lüften.

Es wird erforscht, warum die besondere Maserung entsteht, wie sie vererbt wird und wie man bereits am lebenden Baum erkennt, ob er die beliebte Riegelung aufweist. In einem weiteren Schritt soll hierfür schließlich im Labor ein hochwertiges Saatgut entwickelt werden. Das Projekt läuft noch bis Ende 2018.

Freiburg

## Es muss nicht immer Wein sein

Traditionell bewirtschaftete Weinberge in Hanglagen und oberhalb von Flusstälern gehören zu den typisch regionalen Landschaftsbildern in Deutschland. Sie bieten vielen seltenen Pflanzen und Tieren eine Heimat. Zwar ist die Rebfläche in Deutschland seit Jahren konstant, aber in einzelnen Gebieten – etwa an der Mosel – werden auch Weinberge aufgegeben. Die Folge: Nach der Aufgabe werden die Gebiete häufig sich selbst überlassen. Ökologisch nicht so wertvolle Gräser, Sträucher und Bäume erobern die Flächen.

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg möchten die Hänge im Rahmen des Projekts SILVITI künftig mit seltenen Laubbaumarten wie Elsbeere, Speierling oder Mehlbeere bepflanzen und so die biologische Vielfalt erhöhen. Auch sollen alternative Nutzungsformen für diese Gebiete entwickelt und etabliert werden.

Potsdam

## Pilzbefall frühzeitig bekämpfen

Pilzinfektionen im Getreide können eine ganze Ernte unbrauchbar machen. Im vom Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. geleiteten Verbundprojekt „Sensorgestützte Online-Detektion von Krankheiten im Getreide – FungiDetect“ untersuchen Forscherinnen und Forscher, wie man Pilze frühzeitig erkennen kann. So sollen die befallenen Partien gezielt behandelt werden. Künftig könnte der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln so reduziert werden. Fungizide wirken gegen Pilze und sind die am zweithäufigsten eingesetzte Wirkstoffgruppe im Pflanzenbau.

Das Forscherteam von FungiDetect setzt auf die Kopplung verschiedener Sensoren an Drohnen und Fahrzeugen. Erstmals soll auch ein Sensor unterhalb des Blattdaches Informationen zum punktuellen Auftreten eines Pilzbefalls sammeln. Bei Getreide sind die älteren, unteren Blattetagen meist früher und stärker betroffen als die jüngeren, oberen.

Heidelberg

## Kunststoff in Bio? Klar.

Herkömmliche Kunststoffe haben als Verpackungsmaterial viele Vorteile: Sie sind leicht, gut formbar und universell verwendbar. Sie werden jedoch meist aus fossilen Rohstoffen wie Erdöl erzeugt und die sind endlich. Wie sieht also die Verpackung der Zukunft aus? Um das herauszufinden, hat das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft das Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg mit einer Studie zur Eignung biobasierter Kunststoffe für Lebensmittelverpackungen beauftragt. Sprich: Kunststoffe, die auf Basis nachwachsender Rohstoffe erzeugt werden.

„Ziel der Studie ist es zu überprüfen, ob wir Lebensmittel durch die stärkere Verwendung von biobasierten Materialien noch besser verpacken können“, so Bundeslandwirtschaftsminister Christian Schmidt. Die Ergebnisse der Studie werden Ende 2017 erwartet.

Greifswald

## Netz gegen Nager

Der Wald beherbergt zahlreiche Nagetiere, wie etwa Mäuse, die Krankheitserreger auf den Menschen übertragen können. Doch wie verbreiten sie diese Erreger und unter welchen Bedingungen treten die Krankheiten dann beim Menschen gehäuft auf? Seit 2010 beschäftigt sich das Netzwerk „Nagetierübertragene Pathogene“ (NaÜPa-Net) mit diesen Fragen. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus verschiedenen Fachgebieten forschen hier zum komplexen Zusammenspiel von Erreger, Wirt und Umwelt.

Dazu untersuchen sie die Nagetiere, suchen nach bekannten und fahnden nach neuen Erregern. Sie fragen nach Umwelteinflüssen in Wald-, Feld- und urbanen Habitaten. Die Ergebnisse können helfen, Krankheitsauslöser, wie etwa Hantaviren, besser zu verstehen. Ein Virus aus dieser Gruppe wird beispielsweise über die im Wald lebende Rötelmaus übertragen. Menschen können sich indirekt über die Luft anstecken, wenn durch Kot oder Urin kontaminierter Staub aufgewirbelt wird.

Magdeburg

## Rohstoffe nach Bedarf

Eine bessere Wettbewerbsfähigkeit und mehr Nachhaltigkeit – das ist das Ziel des Verbundvorhabens VARMA. Das Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung untersucht in diesem Projekt die gesamte Wertschöpfungskette vom Wald bis zur Holzindustrie. Dahinter verbirgt sich der Plan, neue Geschäftsmodelle und Vernetzungsstrukturen in der Forst- und Holzwirtschaft zu schaffen. Der Grund: Der Holzbedarf steigt. Zugleich ist der Vorrat begrenzt, die Konkurrenz um den begehrten Rohstoff und komplexe Verteilungswege treiben die Kosten in die Höhe, Schutz- und Nutzungsinteressen prallen aufeinander.

Wichtiges Anliegen von VARMA ist die Zentralisierung: Bündeln Waldbesitzer ihre Aktivitäten, können wettbewerbsfähigere Strukturen entstehen. Dies kann zum Beispiel über die Schaffung von Holzverteilzentren erfolgen, die die Bereitstellung des Holzes effizienter gestalten.

### Kontakt

Johann Heinrich von Thünen-Institut  
Institut für Forstgenetik  
Sieker Landstraße 2, 22927 Großhansdorf  
www.thuenen.de

### Kontakt

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg  
Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen  
Tennenbacherstr. 4, 79085 Freiburg  
www.uni-freiburg.de

### Kontakt

Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V.  
Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam  
www.atb-potsdam.de

### Kontakt

Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg  
Wilckensstraße 3, 69120 Heidelberg  
www.ifeu.de

### Kontakt

Friedrich-Loeffler-Institut, Institut für neue und neuartige Tierseuchenerreger  
Südufer 10, 17493 Greifswald – Insel Riems  
www.fli.de

### Kontakt

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung  
Sandtorstraße 22, 39106 Magdeburg  
www.holzlogistik.iff.fraunhofer.de

# Wie grün der Wald, den ich durchschritt



„Habt Ehrfurcht vor dem Baum, er ist ein einziges großes Wunder, und euren Vorfahren war er heilig“, so verehrte der deutsche Naturforscher Alexander Freiherr von Humboldt im 19. Jahrhundert den Wald. Auch in Märchen wie „Hänsel und Gretel“ zeigt sich die enge Verbundenheit der Menschen mit dem Wald. Der Wald hat die Menschen mehr noch als heute versorgt, mit Beeren und Pilzen, Bau- und Brennholz, Kräutern und Wurzeln.

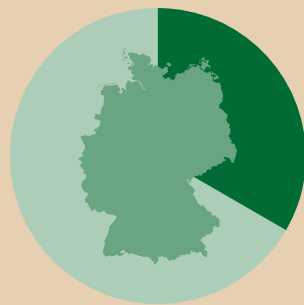
Aber der Wald ist mehr als ein Ort der Verklärung und einstiger Versorgung. In dieser Ausgabe der forschungsfelder stellen wir Ihnen den Wald als Lebensraum für Tiere und Pflanzen vor, als Rohstofflager und Kohlenstoffspeicher. Ein Drittel Deutschlands ist mit Wald bedeckt. Die Diskussion um das Waldsterben aus den 1980ern ist verebbt. Die Waldfläche gilt heute als stabil. Momentan wächst mehr

Holz nach, als genutzt wird. Das war nicht immer so. Der Förster Hans Carl von Carlowitz forderte im 19. Jahrhundert zum ersten Mal, dass nur so viele Bäume gefällt werden, wie durch Aufforstung nachwachsen können. Der Begriff der Nachhaltigkeit war geboren. Das Prinzip gilt bis heute: Wirtschaftlichkeit mit ökologischer Verantwortung in Einklang zu bringen, ist oberstes Gebot, festgeschrieben in der Waldstrategie 2020 und im Bundeswaldgesetz. Es verpflichtet Waldbesitzer, kahle Waldflächen wieder zu bepflanzen. Um zu sehen, wie sich der Wald entwickelt, verschafft sich die Bundesregierung mit der Bundeswaldinventur alle zehn Jahre einen umfassenden Überblick über dessen Zustand.

Rodung, Übernutzung, Klimawandel – die Risiken, die den Wald bedrohen, sind auch heute noch zahlreich. Wer ihn schützen will,

muss ihn gut kennen. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Bundesforschungsinstitute, allen voran des Thünen-Instituts, untersuchen deshalb den Zustand der Wälder. Angefangen beim Wasserkreislauf über die wechselseitige Beeinflussung der Tiere, Pflanzen und ihrer Umwelt bis hin zum genetischen Fingerabdruck wertvoller Hölzer und Baumarten tragen die Forscher Unmengen an Daten zusammen, werten sie aus und stellen sie der Gesellschaft zur Verfügung. Nicht zu unterschätzen ist die beratende Funktion der Institute für die Politik. Ihre Ergebnisse sind eine wichtige Grundlage für wirtschafts- und umweltpolitische Entscheidungen zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz des Waldes. Schließlich sollen auch künftige Generationen den Wald genießen und seine Vielfalt bestaunen können.

# Der Wald in Zahlen

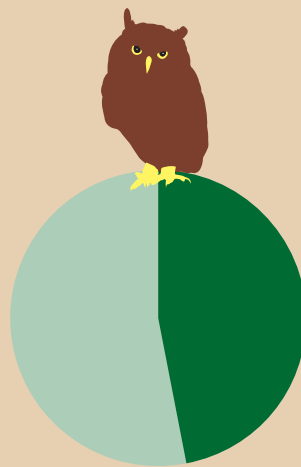


11,4 Mio. Hektar Wald gibt es in Deutschland. Das ist ein Drittel der Fläche.



54,2%  
Nadelwald

43,4%  
Laubwald



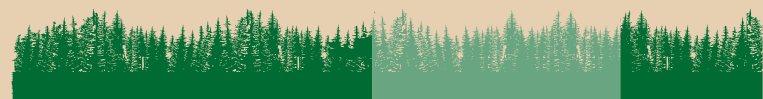
47% der Wälder sind Landschaftsschutzgebiete.



Unser Wald nimmt jährlich 158 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> auf. Das sind 17% der Gesamtemission.



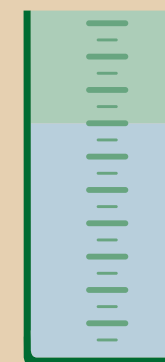
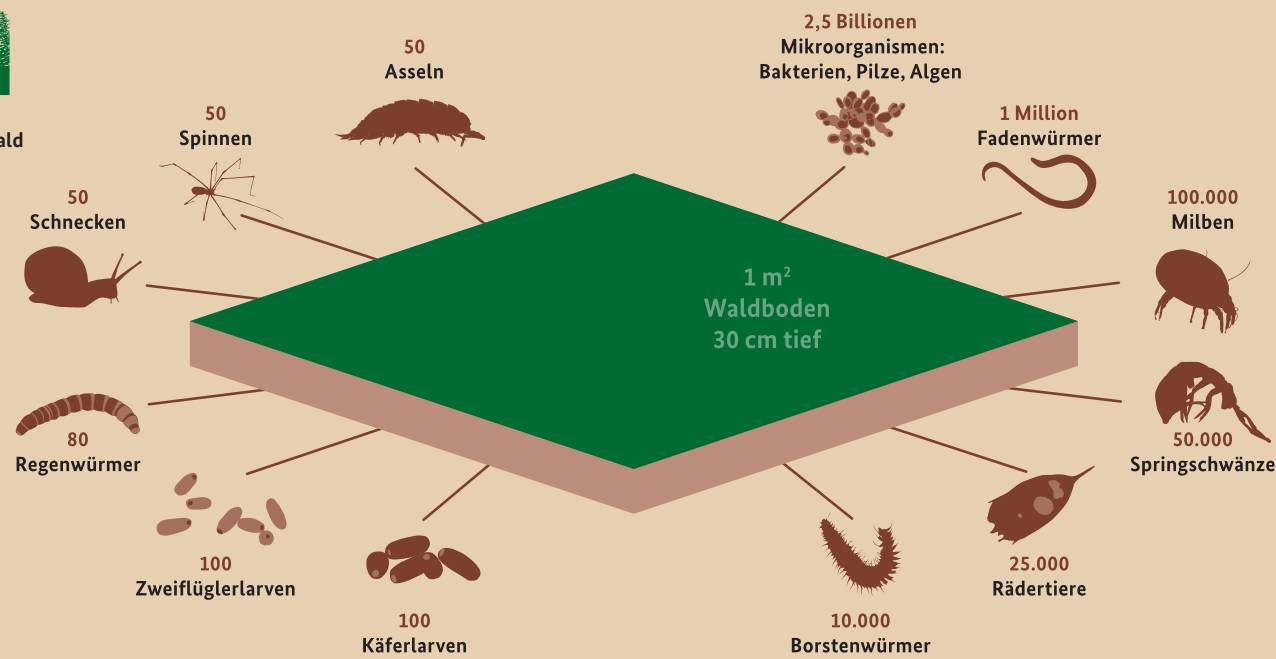
Eine 100 Jahre alte Buche produziert 4.600 kg Sauerstoff pro Jahr. Davon kann ein Erwachsener 13 Jahre lang atmen.



48,0%  
Privatwald

33,0%  
Staatswald

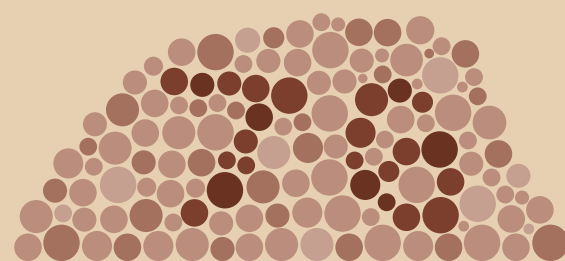
19%  
Körperschaftswald



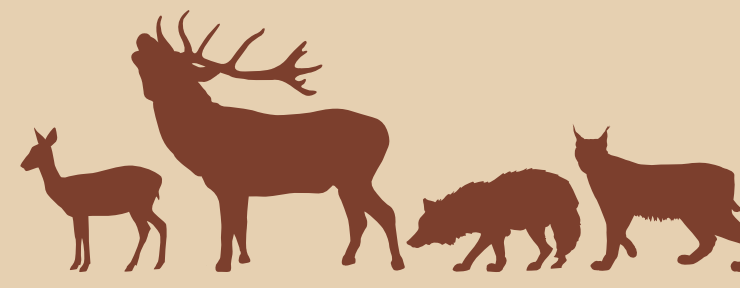
Das gefilterte und gespeicherte Wasser aus dem Wald macht etwa 70% des bundesweit gewonnenen Trinkwassers aus.



Rund 1,1 Mio. Menschen arbeiten im Bereich Holz und Holzverarbeitung.



Jährlich werden in Deutschland rund 76 Mio. Kubikmeter Holz geschlagen. Dagegen steht eine Zuwachsrate von 122 Mio. Kubikmetern.



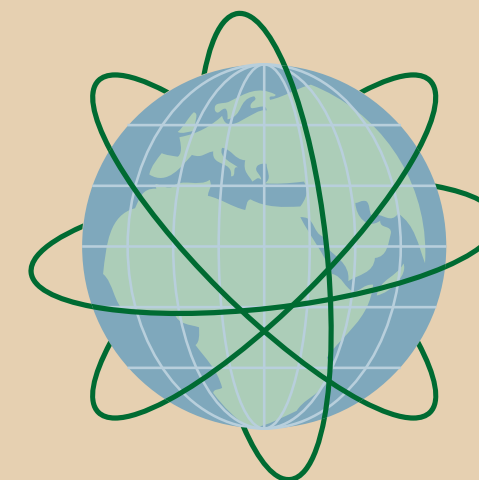
2.500.000  
Rehe

220.000  
Rothirsche

40  
Wolfsrudel

65  
Luchse

leben in unseren Wäldern.



574.000 Kilometer Waldwege gibt es bundesweit. Die Länge entspricht 14 Erdumrundungen.

# JA, ER LEBT NOCH!

*Lange Zeit galt der deutsche Wald als bedroht.*

Ein kleines Messer, ein Spaten und ein langer Bohrstock: die Gerätschaften, mit denen sich Dr. Nicole Wellbrock den Weg durch den Wald hin zu einer 1,50 Meter tiefen Grube bahnt. Hier auf dem Gelände des Thünen-Instituts für Wald-Ökosysteme in Eberswalde will sie zeigen, was sich im brandenburgischen Boden verbirgt.

Schicht um Schicht offenbart der Grubenrand, aus welchem Bodentyp die umstehenden Bäume ihre Nahrung ziehen. In diesem Fall ist es Braunerde. Sand macht einen großen Teil des freigelegten Bodenprofils aus, an dem Nicole Wellbrock nun mit dem Messer schabt. Das ist nicht per se schlecht. „Die Buche wächst auf dem sandigen Boden relativ gut“, sagt die Wissenschaftlerin und schaut an ihrem Lieblingsbaum empor, der einige Meter weit in den Himmel ragt.

Wer wissen will, wie es dem Wald geht, muss nicht nur in sein Blätterwerk, sondern auch unter die Erde schauen. Was das bloße Auge nicht zu erkennen vermag, sind die genauen Bestandteile der Erde:

Wie viel Stickstoff, Nähr- und Schadstoffe enthalten die Böden? Wie viel Kohlenstoff speichern sie?

„Der Bodenzustand hat sich verbessert.“

Um dies herauszufinden, hoben Experten überall in Deutschland von 2006 bis 2008 nach einem festen Raster 1834 Gruben wie diese in Eberswalde aus. Sie fotografierten die freigelegten Bodenprofile und entnahmen in festgelegtem Abstand weitere Proben. Es war die zweite große bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald seit 1990. Anschließend analysierten die beteiligten Bundesländer die Proben und schickten viele Tausend Datensätze nach Eberswalde.

In Nicole Wellbrocks Büro liefen in den vergangenen Jahren die Fäden des gigantischen Projekts zusammen. Seit Mai 2016 liegt die Auswertung vor. Sie bietet erstmalig die Möglichkeit, die Entwicklung der Bodenqualität in ganz Deutschland nach 15 Jahren erneut zu erfassen und zu beurteilen. Die ist zur Freude aller im Großen und Ganzen positiv. „Der Bodenzustand hat sich verbessert“, sagt Nicole Wellbrock.

Sie koordiniert seit nunmehr zehn Jahren die bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE), die Veränderungen und den Zustand von Waldböden untersucht, sowie die jährliche bundesweite Waldzustandserhebung (WZE), die den Blick auf die Baumkronen richtet. Gemeinsam ergeben die Berichte ein umfassendes Bild über die Gesundheit des Waldes. Die Daten fließen in nationale und internationale Berichte ein und liefern Förstern und Politikern Entscheidungsgrundlagen. Da Wälder und Böden als Kohlenstoffspeicher wichtige Klimaschützer sind, werden die Ergebnisse



In langen Rinnen wird Regenwasser gesammelt, um die Niederschlagsmenge zu messen.

auch für die nationale Berichterstattung im Rahmen der internationalen Klimakonventionen verwendet.

Auf einer großen Deutschlandkarte in Wellbrocks Büro sind sämtliche Messpunkte aus BZE und WZE verzeichnet. Ihr achtköpfiges Team generierte aus den Zahlen der Laborergebnisse Karten, Datenbanken und Auswertungen. Welche Schlüsse aus den Informationen gezogen, welche Maßnahmen eingeleitet werden, das entscheiden die beteiligten Bundesländer.

Anders als die komplexe Bodenqualität lässt sich der Kronenzustand der Bäume leichter bestimmen. Auch er liefert wichtige Hinweise auf die Gesundheit der Wälder. Seit 1984 schwärmen jeweils im Juli und August geschulte Experten in den Bundesländern aus, um die immer gleichen 10.000 Bäume mit einem Fernglas ins Visier zu nehmen. Mithilfe eines international abgestimmten Handbuchs bewerten sie den jeweiligen Nadel- und Blattverlust, die sogenannte Kronen-

verlichtung. So entsteht in Kombination mit der Untersuchung des Bodens und weiteren ergänzenden Beobachtungen eine umfassende Zustandsbeschreibung des Waldes.

**„Ohne diesen Schock wären wir heute nicht, wo wir sind.“**

In den frühen achtziger Jahren war die Aufregung groß, als sich die Hiobsbotschaft vom Waldsterben verbreitete. Schwefeldioxid aus der Öl- und Kohleverbrennung und aus Industriebetrieben ging als saurer Regen auf die Bäume nieder und setzte ihnen sichtbar zu.

„Das war damals sicher etwas übertrieben“, sagt Nicole Wellbrock. „Aber ohne diesen Schock wären wir heute

nicht, wo wir sind.“ Seither hat kein anderes europäisches Land seine Bäume und Böden so intensiv untersucht wie die Bundesrepublik. Der in den 90er-Jahren erstellte Bodenzustandsbericht lieferte erstmals maßgebliche Fakten. Daraufhin startete das Internationale Kooperationsprogramm zur Erfassung und Überwachung der Auswirkungen von Luftverunreinigungen auf Wälder (ICP Forest). Deutschland führt bis heute den Vorsitz und beherbergt am Thünen-Institut für Waldökosysteme das Internationale Programmzentrum. 1986 erließ die Europäische Gemeinschaft eine Verordnung zum Schutz der Wälder gegen Luftverschmutzung. Durch Umsetzung deutscher und europäischer Programme gelang es, die hohen Säure- und Schwefeleinträge zu senken.

Die vielfältigen Umweltschutzmaßnahmen der vergangenen 30 Jahre haben Wirkung gezeigt. In den oberen Schichten ist der Boden weniger sauer als zuvor, auch weil einige Bundesländer zum Aus-



**„Der Boden hat ein langes Gedächtnis.“**

gleich Kalk im Wald ausbrachten. Dennoch ist der Stickstoffgehalt vieler Böden nach wie vor zu hoch, das zeigt der aktuelle Bodenzustandsbericht. Dieser an sich wichtige Nährstoff führt oberhalb einer kritischen Belastungsgrenze zu einer Überversorgung (Eutrophierung) der Waldböden und lässt sie versauern. Auf 52 Prozent der untersuchten Flächen ist diese Grenze erreicht. „Stickstoff bleibt eine Herausforderung“, sagt Nicole Wellbrock. „Der Boden hat ein langes Gedächtnis.“

Der deutsche Wald stirbt nicht, so viel ist mittlerweile sicher. Doch es besteht auch kein Grund, sich beruhigt zurückzulehnen. Seit Beginn der Begutachtungen im Jahr 1984 sind die Anteile geschädigter Bäume sowie die mittlere Kronen-

verlichtung bei Laubbäumen angestiegen, so der Waldzustandsbericht. Im Vergleich zum Vorjahr zeigten sich 2015 indes kaum Veränderungen und kein deutlicher Trend. Nur die Buche erholte sich. Die Eiche wiederum präsentierte große regionale Unterschiede. „Ihr Kronenzustand entwickelt sich schlechter als der anderer Bäume“, so Nicole Wellbrock. Dieser Baum ist im Durchschnitt älter und somit anfälliger als andere Arten. Außerdem wächst die Eiche vermehrt auf nährstoffarmen Standorten. Die Kronenbeobachtungen der kommenden Jahre werden weiteren Aufschluss geben. Etwas stellt Nicole Wellbrock jedoch fest: „Ohne das konsequente Handeln in den letzten Jahrzehnten würde es dem Wald heute vermutlich schlechter gehen.“

Von Petra Krimphove







# Nachbarschaftshilfe

*Ob Bäume optimal wachsen, kommt auf den Nebenmann an.*

Rund 90 Milliarden Bäume wachsen in deutschen Wäldern – und sie haben gut zu tun. Sie entlasten die Atmosphäre jährlich um über 150 Millionen Tonnen Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>). Das ist ziemlich genau die Menge, die deutsche Fahrzeuge jedes Jahr in die Luft pusten. Damit dieser Ausgleich auch künftig funktioniert, gibt es den Waldklimafonds.

Er wird seit 2013 unter gemeinsamer Federführung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) und des Bundesumweltministeriums (BMUB) betrieben. Ziel ist, Projekte

zu unterstützen, die zur Anpassung der Wälder an den Klimawandel beitragen. „Durch die zunehmenden Belastungen wird die Produktivität der Wälder immer geringer und zugleich steigt die Anfälligkeit gegenüber Schäden“, sagt Dr. Heinz Rennenberg, Professor für Baumphysiologie an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. „Deshalb ist es dringend notwendig, unsere Wälder fit für die Zukunft zu machen.“

Wie das konkret aussehen kann, untersucht zum Beispiel das Team um Rennenberg im Projekt „Buchen-Tannen-

Mischwälder zur Anpassung von Wirtschaftswäldern an Extremereignisse des Klimawandels“. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben sich dabei mit der Buche einer der wichtigsten Baumarten in Deutschland verschrieben. Immerhin macht sie 15 Prozent der deutschen Waldfläche aus. Sie besitzt jedoch eine Eigenschaft, die sie besonders anfällig für den Klimawandel macht: Sie wurzelt relativ flach. Wird es künftig trockener, hat sie es schwieriger als andere Arten, sich mit Wasser zu versorgen.

Foto: © pixelman/ shutterstock

Foto: © Monika Böhm/ plainpicture

„Durch die zunehmende Belastung wird die Produktivität der Wälder immer geringer.“

„Wir überprüfen, ob es durch die Tannen-Beimischung zu einem sogenannten ‚hydraulic lift‘ kommt und die tiefwurzelnde Tanne überschüssiges Wasser an die flachwurzelnde Buche abgibt“, erklärt Projektleiter Rennenberg. Dazu wird in einem bereits existierenden Buchen-Tannen-Mischwald im Schwarzwald eine Bodenfläche künstlich ausgetrocknet. Erstes Fazit: „Untersuchungen der Buchenblätter haben gezeigt, dass Tannen den Wasserhaushalt der Buchen im Trockenjahr 2015 tatsächlich verbessert haben.“



Die Analysen werden ergänzt durch Untersuchungen an der südlichen Verbreitungsgrenze von Buchen-Tannen-Mischwäldern in Kroatien. Dort wird ebenso wie im Schwarzwald der Wasser- und Nährstoffhaushalt der Buchenwälder untersucht. Dazu haben die Forscher Klimadaten über extreme Trockenereignisse in der Vergangenheit gesammelt. Im nächsten Schritt untersuchen sie die Jahresringe der Bäume. Ziel ist es zu überprüfen, ob sich anhand der Jahresringe ein entsprechender Effekt erkennen lässt und diese dünner werden und eine sogenannte Kohlenstoff-Isotopen-Signatur aufweisen. Erste Ergebnisse stehen noch aus.

Im nächsten Schritt wollen die Forscher untersuchen, ob die Mischwälder deutschlandweit eine Lösung für kommende Trockenperioden sein könnten. „Natürlich haben beide Baumarten spezifische Ansprüche an ihre Umwelt“, erklärt Rennenberg. „Nur auf den Flächen, die für beide Baumarten geeignet sind, können entsprechende Mischwälder angepflanzt werden.“ Gleichzeitig werden aber auch die Folgen für die Ozonbildung be-

trachtet, denn die Kohlenwasserstoff-Emissionen der Tanne sind deutlich höher als die der Buche. Dies hat Auswirkungen auf den Ozongehalt in der Luft. Generell sollte der Wert 120 Mikrogramm Ozon pro Kubikmeter Luft nicht überschreiten. Höhere Werte sind für Menschen schädlich.

Erst wenn die Wissenschaftler berechnet haben, wie die Emissionen der Tanne den Ozongehalt der Luft verändern, können auch geeignete Standorte ermittelt werden. Durch diese Vorgehensweise soll sichergestellt werden, dass die Beimischung von Tannen auch wirklich sinnvoll ist. Dann können die Forscher Waldbesitzer beraten, ob sich im Hinblick auf den Klimawandel der Umbau eines Buchenwaldes tatsächlich lohnt.

Von Sabine Hoffmann



Dr. Gerald Koch  
und seine Kollegen  
hüten 50.000  
Holzproben.

# Das Geheimnis der Sperrholzplatte

Ein Hamburger Forscherteam entlarvt illegalen Holzhandel.

Das afrikanische Wengé, lateinischer Name *Millettia laurentii*, gehört zu den schönsten Hölzern der Welt: Zart setzen sich die honiggelben von den kaffeebraunen Linien der Maserung ab. Die Anmutung ist edel, das Gefühl beim Darüberstreichen angenehm glatt, die Ausstrahlung warm und gediegen. Wengé ist begehrt. 89 Stämme des edlen Holzes befanden sich 2013 an Bord eines Schiffes im Hafen von Antwerpen. Ziel: Deutschland und Tschechien. So kurz nach Inkrafttreten der EU-Holzhandelsverordnung EUTR, die sicherstellen soll, dass keine Hölzer aus illegalen Einschlägen in die Europäische Union eingeführt werden, schien mit den Papieren alles in Ordnung zu sein. Doch die Inspektoren der deutschen Kontrollbehörde, der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, schöpften Verdacht. Sie hatten Hinweise von Umweltverbänden erhalten, dass das Holz nicht aus den angegebenen Konzessionen kam. Schließlich stammt Wengé oft aus Raubbau und die Art ist bedroht.

Man beschloss, dass dies ein Fall für das Hamburger Thünen-Kompetenzzentrum Holzherkünfte sei. Dort ließen die Kontrolleure eine Probe der Wengé-Fracht untersuchen. Im Kompetenzzentrum

arbeiten drei Institute in einer europaweit einmaligen Ballung von Fachwissen zusammen. Das Institut für Holzforschung hatte bei diesem Fall die einfachste Aufgabe und wusste sofort: Ja, es handelt sich zweifelsfrei um Wengé. Das Institut für Internationale Waldwirtschaft und Forstökonomie konnte bestätigen, dass keine anerkannte Zertifizierung für das Holz vorlag. Und die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler vom Institut für Forstgenetik konnten durch einen genetischen Abgleich schon für einige Arten eindeutig nachweisen,

„Wir testen für halb Europa.“

was hier kleine Sender verriet, die Umweltaktivisten in den Stämmen versteckt hatten: Das Holz stammte aus einer Region, in der die Bäume nicht gefällt werden dürfen.

„Das war der erste große Fall seit Inkrafttreten der EUTR, der die Notwendigkeit der Holzhandelsverordnung unterstreicht“, sagt Dr. Gerald Koch vom

Institut für Holzforschung. Um sich vor unnötigen Kosten und Imageschäden zu schützen, nehmen immer mehr Holzhändler und Hersteller von Holzprodukten die Dienste des Thünen-Kompetenzzentrums in Anspruch. „Wir testen für halb Europa und arbeiten mit Hochdruck“, sagt Gerald Koch.

Zur Bestimmung der Proben kann das Institut auf eine der größten Sammlungen von Hölzern weltweit zurückgreifen. Wenn Koch durch diese Sammlung führt, fächert sich der Reichtum der Natur vor einem auf: Da ist eine alte Bowlingkugel aus mexikanischem Pockholz, dem schwersten Holz der Welt. Früher wurde es für Wellenlager von Windmühlen oder Schiffsschrauben benutzt, weil seine Inhaltsstoffe schmierend wirken. Heute wird es häufig als Zutat in Kräuterschnaps verwendet. Da ist ein Stamm Teak aus Burma. In den umliegenden Ländern sind die Bestände fast komplett abgeholzt und Schiffsbauer zahlen deshalb sehr hohe Preise, um die besten Qualitäten aus den Naturbeständen zu Decksplanken verarbeiten zu können. Da ist sibirische Lärche, die so langsam wächst, dass ihre Jahresringe haarfein sind. Das macht dieses Holz dauerhaft und begehrt für den Terrassenbau.

Fotos: © Ilya Hendel/Thünen-Institut

Manche Arten erkennt Gerald Koch schon am Geruch, zum Beispiel Rio-Palisander, der nach Vanille duftet. Die Art ist so stark gefährdet, dass das Washingtoner Artenschutzabkommen CITES den Handel seit 1992 komplett verbietet. Begehrt ist Rio-Palisander im Instrumentenbau. Sogar eine Gitarre von John Lennon wurde schon im Institut getestet, was Gerald Koch nicht unbedingt nostalgisch werden ließ. „Für mich ist das Holz viel interessanter“, sagt er. Bei der Bratsche von Naomie Seiler, die an der Hamburger Staatsoper spielt, war das dann doch anders. Das wertvolle Instrument ist über 300 Jahre alt. „Da wird dir schummrig“, sagt Koch beim Gedanken, dem guten Stück könnte im Institut etwas zustoßen. Mit den Ergebnissen vom Kompetenzzentrum wird die Musikerin nun einen Instrumentenpass beantragen. Mit dem kann sie die Bratsche überall auf der Welt mitnehmen, ohne beim Zoll Probleme fürchten zu müssen.

10 bis 20 Prozent aller Proben, die Gerald Koch und seine Kollegen testen, sind falsch deklariert. Immer wieder taucht dabei ein Land auf, das als Werkbank der Welt einen Großteil der Holzimporte anzieht: China. „Ganz regelmäßig finden wir Tropenholz in Sperrhölzern, das aus den unterschiedlichsten Regionen stammt“,

sagt Koch. Händler gehen teilweise davon aus, dass Holzarten in sehr dünnen Lagen nicht mehr bestimmt werden können.

„Wenn wir den Handel ganz stoppen, können die Länder den Wald nicht nutzen.“

Doch das Kompetenzzentrum kann! In schwierigen Fällen greift Gerald Koch auf hauchdünne Holzschnitte als Referenzen zurück, von denen er 50.000 in Karteikästen lagert – von Aceraceae bis Zygophyllaceae. Unter dem Mikroskop konnten er und seine Kollegen bisher noch jede Probe einer Gattung oder Art zuordnen, auch wenn sie dafür viele Schubkästen öffnen mussten. Um die Merkmale schnell filtern zu können, wurde am Thünen-Institut ein computergestützter Bestimmungsschlüssel entwickelt, der nach dem Ausschlussprinzip arbeitet. So gibt es Baumarten, die die Gefäße zum Wassertransport im Lauf des Wachstums mit sogenannten Thyllen verschließen. Sieht Gerald Koch solche

Thyllen im Mikroskop, kann er viele Arten bei der Bestimmung ausschließen.

Manche individuelle Arten, etwa in der Gruppe der Eichen und Lärchen, lassen sich allerdings trotzdem nicht bestimmen. Dann muss sich Gerald Koch auf die Hilfe seines Kollegen Dr. Bernd Degen vom Thünen-Institut für Forstgenetik verlassen. Dort kann man auch noch die Stiel- von der Traubeneiche und die sibirische von der europäischen Lärche unterscheiden – und sogar regionale Spielarten identifizieren.

Sosehr viele Baumarten durch die enormen Gewinnmargen bedroht sind, die man im Holzhandel erzielen kann, so einig sind sich die beiden Wissenschaftler, dass den Holzproduzierenden Ländern ein nachhaltiger Handel erlaubt sein muss. „Wenn wir den Handel ganz stoppen, können die Länder den Wald nicht nutzen. Dann besteht die Gefahr, dass er komplett abgeholzt wird und stattdessen zum Beispiel Palmölplantagen angelegt werden“, sagt Gerald Koch. „Ich wünsche mir, dass die Legalitätsnachweise, an denen wir arbeiten, und die Zertifizierung von nachhaltiger Waldwirtschaft enger zusammenwirken. In diese Richtung geht es“, sagt Bernd Degen.

Von Susanne Ehlerding

# Drei Fragen an ...

## Dr. Bernd Degen

**Ihr Institut engagiert sich für eine nachhaltige Forstwirtschaft. Mit dem Ziel, den illegalen Holzeinschlag auf internationaler Ebene zu erschweren, arbeiten Sie mit Forschern in Afrika und Südamerika zusammen. Wie sieht das konkret aus?**

Zusammen mit Kollegen vor Ort bauen wir Referenzdaten auf, um verschiedene Baumarten genetisch unterscheiden zu können. Außerdem wollen wir die geografischen Unterschiede innerhalb einer Art ermitteln. Später kann man dann Holzproben mit den Referenzdaten vergleichen und schauen, ob Informationen zur Art oder zur geografischen Herkunft stimmen.

Wichtig ist uns in diesem Zusammenhang, dass wir die Technologie den Ländern selbst zur Verfügung stellen und vor Ort molekulargenetische Labore aufbauen. In Afrika sind es zurzeit drei – in Ghana, Gabun und Kenia. Wir haben dafür Geräte und Material geliefert, aber auch technische Kräfte ausgebildet. Außerdem brauchen wir natürlich Proben aus dem Verbreitungsgebiet der einzelnen Baumarten. Insgesamt arbeiten wir mit 30 Teams zusammen, die wir regelmäßig schulen. So stellen wir sicher, dass die Proben nach einem festgelegten Protokoll eingesammelt werden.

Neben den drei afrikanischen Ländern haben wir ein ähnliches Projekt in Südamerika. Hier arbeiten wir mit Brasilien, Peru, Bolivien und Französisch-Guyana zusammen.

**Sie sprechen von genetischen Unterschieden. Hat Holz denn eine DNA wie Menschen?**

Ja, auf der Erde haben alle Organismen die gleichen Grundelemente der DNA – Bäume natürlich auch. Holz ist allerdings totes Gewebe mit zerfallener DNA. Daran haben wir unsere Methoden angepasst. Das heißt, die Genmarker oder vereinfacht ausgedrückt die Sonden, mit denen wir die genetischen Unterschiede sichtbar machen, müssen in der Lage sein, auch auf sehr kleine DNA-Bruchstücke zu schauen. In diesem Bereich hat sich in den vergangenen Jahren viel getan. Heute reichen uns deutlich kleinere Fragmente als vor 15 Jahren, um Unterschiede zwischen verschiedenen Arten zu erkennen.

**Weltweit werden 600 bis 800 Holzarten gehandelt; brauchen Sie von allen die DNA und wie viele haben Sie schon in der Referenzdatenbank?**

Oft kann eine Baumart schon anhand der Holzanatomie – also unter der Lupe und dem Mikroskop – sehr sicher bestimmt werden. Da braucht man mit der Genetik nicht mehr weiterzumachen. Aber es gibt auch Arten, bei denen sich so nur die übergeordnete Gattung bestimmen lässt, aber nicht die spezielle Art. Bei Eichen und Lärchen ist das zum Beispiel so.

Hier kommen wir um eine Untersuchung der DNA nicht umhin. Was die Bestimmung der Arten mithilfe genetischer Methoden angeht, bin ich relativ zuversichtlich, dass wir vielleicht in zehn

Jahren die meisten der 600 gehandelten Baumarten abdecken können. Bisher sind weltweit rund 100 Arten erfasst. Doch auch damit ist es noch nicht getan. Wesentlich aufwendiger ist es, dann noch die Unterschiede innerhalb einer Art zu erfassen. Allein schon, da man aus riesigen Gebieten repräsentative Proben benötigt. Bisher sind erst 20 Arten kartiert. Die zehn Forschergruppen, die es dazu weltweit gibt, können zusammen pro Jahr vielleicht zwei bis drei weitere Baumarten erfassen. Da wartet somit noch viel Arbeit auf uns.



Dr. Bernd Degen leitet das Thünen-Institut für Forstgenetik in Großhansdorf bei Hamburg.

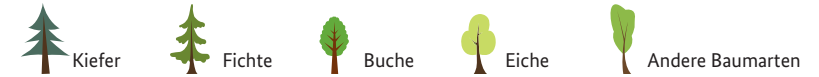
Die Fragen stellte Susanne Ehlerding.

Illustration: © Ole Häntzschel

Quelle: Bundeswaldinventur. Waldfläche in ha (gemäß Standflächenanteil) nach Land und Baumartengruppe. Standr. 2012

## LANDKARTE

# Der Wald vor lauter Bäumen



### Schleswig-Holstein

Waldanteil: 11 %  
Kiefer: 8 %, Fichte: 16 %  
Buche: 19 %, Eiche: 16 %

### Hamburg / Bremen

Waldanteil: 11 %  
Kiefer: 11 %, Fichte: 2 %  
Buche: 11 %, Eiche: 19 %

### Niedersachsen

Waldanteil: 24 %  
K: 29 %, Fichte: 16 %  
B: 14 %, Eiche: 12 %

### Nordrhein-Westfalen

Waldanteil: 26 %  
K: 7 %, Fichte: 29 %  
B: 18 %, Eiche: 16 %

### Rheinland-Pfalz

Waldanteil: 41 %  
Kiefer: 10 %, Fichte: 19 %  
Buche: 22 %, Eiche: 20 %

### Saarland

Waldanteil: 39 %  
Kiefer: 5 %, Fichte: 12 %  
Buche: 20 %, Eiche: 20 %

### Baden-Württemberg

Waldanteil: 37 %  
Kiefer: 6 %, Fichte: 33 %  
Buche: 21 %, Eiche: 7 %

### Mecklenburg-Vorpommern

Waldanteil: 23 %  
Kiefer: 37 %, Fichte: 8 %  
Buche: 12 %, Eiche: 9 %

### Berlin / Brandenburg

Waldanteil: 35 %  
Kiefer: 70 %, Fichte: 2 %  
Buche: 3 %, Eiche: 7 %

### Sachsen-Anhalt

Waldanteil: 24 %  
Kiefer: 43 %, Fichte: 10 %  
Buche: 7 %, Eiche: 12 %

### Sachsen

Waldanteil: 27 %  
Kiefer: 28 %, Fichte: 34 %  
Buche: 4 %, Eiche: 9 %

### Thüringen

Waldanteil: 32 %  
Kiefer: 14 %, Fichte: 38 %  
Buche: 20 %, Eiche: 7 %

### Hessen

Waldanteil: 40 %  
Kiefer: 9 %, Fichte: 22 %  
Buche: 30 %, Eiche: 13 %

### Bayern

Waldanteil: 35 %  
Kiefer: 17 %, Fichte: 41 %  
Buche: 14 %, Eiche: 7 %

Besteht Deutschland nur aus Wald? Nicht ganz – aber ziemlich viele Bäume gibt es schon. Die Karte zeigt den Anteil der vier wichtigsten Baumarten Kiefer, Fichte, Buche und Eiche an der Gesamtfläche des Waldes in den Bundesländern. Einige andere Arten gibt es auch, Lärchen zum Beispiel, oder Douglasien. Aber sie machen vergleichsweise nur einen geringen Teil der Bäume aus.

# Tief verwurzelt, gut vernetzt

*In Eberswalde wird Waldwissen gesammelt.*

Twitternde Bäume machten sie schlagartig bekannt: Im April dieses Jahres verkündeten Forscher, dass der deutsche Wald online geht und bald eine Kiefer aus der brandenburgischen Schorfheide über ihren Gesundheitszustand twittert.

Diese Meldung bescherte dem Team des Thünen-Instituts für Waldökosysteme in Eberswalde bundesweit Schlagzeilen. Tatsächlich sind die twitternden Bäume aber nur ein Projekt von vielen. Wer etwas über den Zustand des Waldes wissen möchte, wendet sich an das Institut: Wie viel Wald wächst in Deutschland und welche Altersstruktur hat er? Wie artenreich sind Wälder in Deutschland, und welchen Einfluss hat die Waldbewirtschaftung darauf? Die Forscherinnen und Forscher in Eberswalde kennen die Antworten.

Ihr Wissen sammeln sie durch groß angelegte Untersuchungen, die deutschlandweit, teilweise sogar europaweit, durchgeführt werden. So werden etwa

„Wir suchen nach Lösungen für gesunde und produktive Wälder.“

in der Bundeswaldinventur (siehe Forschungsfrage S. 34), der Bodenzustandserhebung und dem Waldmonitoring (siehe Forschungsbericht, S. 12–15) riesige Datenmengen zusammengetragen, die

als Grundlage für die Arbeit der Forscher dienen. Charakteristisch für das Institut ist jedoch, dass hier vor allem Spezialgebiete interdisziplinär erforscht werden. Da findet sich zum Beispiel die Hydrologie, die sich mit Wasserkreisläufen beschäftigt, oder die Ökophysiologie, die die wechselseitige Beeinflussung von Tieren, Pflanzen und ihrer Umwelt untersucht. Dieser umfassende Blick ist wichtig, denn nur durch die Vernetzung der umfangreichen Daten ist es möglich, Aussagen über komplexe Dinge wie den Kohlenstoffhaushalt der Wälder zu treffen. „Wir sehen uns als Querschnittsinstitut im Dienste einer fachübergreifenden Waldökologie“, sagt Institutsleiter Prof. Dr. Andreas Bolte. „Wir suchen nach Lösungen für gesunde und produktive Wälder und ihre vielfältige und nachhaltige Nutzung.“

Rein optisch machen  
Baumpilze einiges her.  
Doch Vorsicht: Viele erregen  
Fäule am Holz. Manche  
Arten befallen über Wunden  
noch lebende Bäume  
und können erhebliche Schäden  
anrichten. Andere sind darauf  
spezialisiert, totes Holz zu zersetzen.



**DAS THÜNEN-  
INSTITUT (TI)**

Felder, Wälder und Meere – das sind die drei Arbeitsbereiche des Johann Heinrich von Thünen-Instituts. 2008 gegründet, forschen heute 445 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am TI. Als eines von vier Bundesforschungsinstituten des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) ging es aus den ehemaligen Bundesforschungsanstalten für Fischerei, Forst- und Holzwirtschaft sowie großen Teilen der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft hervor. In 14 Fachinstituten (unter anderem dem Institut für Waldökosysteme) werden Probleme der Land- und Ernährungswirtschaft, der Seefischerei und Aquakultur und der Forst- und Holzwirtschaft untersucht. Im Sinne seines Namensgebers aus dem 19. Jahrhundert, des Agrarökonomen Johann Heinrich von Thünen, werden die Bereiche nicht nur unter ökologischen und technologischen Blickwinkeln betrachtet. Die Forscher arbeiten auch mit wirtschaftswissenschaftlichen Methoden. Das TI wird mit 72,6 Millionen Euro im Jahr (Stand 2015) vom BMEL gefördert.

Von Sabine Hoffmann



# Mit Würmern auf Raupen schießen

*Eichenprozessionsspinner sind eine Plage. Noch.*

**W**enn das Abendlicht dämert, geht es los: Dicht an dicht kriechen behaarte Raupen den Eichenstamm hinauf – in langen Prozessionen, die ihnen ihren Namen gegeben haben: Eichenprozessionsspinner. Die Raupen fallen über die Eichenblätter her und fressen sie bis auf die Adern ab. Bei Tagesanbruch ziehen sie sich in ihre Gespinnstnester zurück. „Die Raupen können viel Blattmasse vertilgen“, weiß Dr. Rainer Hurling, Förster in der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA). „Das geht bis zum Kahlfraß.“

In Deutschland sind besonders die Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern, Nordrhein-Westfalen, Brandenburg, Berlin und Sachsen-Anhalt betroffen. Insgesamt steigt die Belastung – was auch eine Folge des Klimawandels ist: Die Eichenprozessionsspinner mögen es warm und trocken.

„Den Schädling mit chemischen Pflanzenschutzmitteln zu bekämpfen, ist eine schwierige Angelegenheit“, erklärt Hurling, „weil die Gefahr besteht, dabei viele andere Insektenarten zu treffen.“ Er hatte eine andere Idee: Im Nordosten Sachsens-Anhalts stieg der Helikopter „AS 350 Écureuil“, auf Deutsch Eichhörnchen, in den Himmel. Er fliegt über die befallenen Eichen und sprüht einen feinen Regen in die Kronen. In diesem Niederschlag sind Millionen winziger Fadenwürmer enthalten. Sie dringen in die Schmetterlingsraupen ein und produzieren ein Gift, das



Gespinnstnester bleiben mehrere Jahre erhalten.

die Raupen tötet. Die Fadenwürmer kommen von Natur aus in unseren Böden vor. Sie werden von Firmen eigens zur biologischen Schädlingsbekämpfung gezüchtet und sind frei verkäuflich. Im Gegensatz zum Eichenprozessionsspinner sind sie für Menschen harmlos.

Die Würmer lassen sich in großen Mengen vermehren und sind sehr lichtempfindlich – wenn sie nicht sofort in eine Raupe eindringen, sterben sie außerhalb des Bodens innerhalb weniger Stunden. „Sie deaktivieren sich sozusagen selbst“, sagt Hurling, „und schonen so das wertvolle Ökosystem der Eiche.“ Eine Eiche beherbergt etwa 500 Insektenarten, aber auch Vögel und Säugetiere. Das harte und sehr dauerhafte Holz ist zudem als Bauholz begehrt.

Aber nicht nur für Eichen sind die haarigen Vielfraße eine Plage: Auf dem Rücken der Raupen befinden sich kleine Behälter, in denen Hunderttausende feiner Brennhaare stecken. Fühlt sich eine Raupe bedroht, öffnet sich eine

Klappe und schleudert Zehntausende dieser feinen, für den Menschen fast unsichtbaren Giftpfeile aus. Diese dringen in die Haut, aber auch in Augen und Atemwege ein und führen von allergieähnlichen Symptomen bis zum Kreislaufschock mit Atemnot.

Die tückischen Raupen schlüpfen frühestens ab Mitte April, dann, wenn an den Eichen die Blätter sprießen. Treiben die Bäume nach dem Kahlfraß noch einmal aus, stürzen sich die Raupen auch darauf. Das steht eine Eiche zwei- bis dreimal durch, dann hat sie keine Kraft mehr. Sie wird krank und stirbt. „Die Schädlinge befallen einzeln stehende Eichen ebenso wie ganze Wälder“, erklärt Rainer Hurling. Besonders in wärmeren Regionen vermehrt sich der Schädling in Massen. „Er findet hier optimale Bedingungen und wächst zu großen und vitalen Populationen heran.“

Wie viele Raupen beim Einsatz mit dem Hubschrauber vernichtet werden, wissen die Experten frühestens Ende des Jahres, da die Auszählarbeiten aufwendig sind. Die Versuche sind bisher vielversprechend: „Im Labor wirken die Würmer hervorragend. Viele Raupen sind schon am nächsten Tag, spätestens aber nach drei Tagen tot“, so Hurling. Das Projekt wird im Frühjahr 2017 beendet. Die Forscher wollen daraus ein Verfahren entwickeln, das auch in anderen Gegenden zum Einsatz kommt.

Von Ute Wegner



Fotos: links: © Abteilung Waldschutz/NW-FVA Göttingen; rechts: © Jochen Tack/Image broker/Mauritius Images

# Schon gewusst?

*Der Beruf des Försters hat sich über die Jahrhunderte nachhaltig gewandelt.*

Der Mann war ein richtiger Tausend-sassa: Jagdpage eines Herzogs, Gründer der Porzellanmanufaktur Fürstenberg, Förderer der Kartoffel – und einer der ersten modernen Förster Deutschlands. Johann Georg von Langen erschloss den Wald als Wirtschaftsgut im 18. Jahrhundert besonders gründlich und gab dem Beruf damit seine moderne Prägung.

Den Förster an sich gibt es allerdings schon deutlich länger. Überliefert sind bereits die „forestarii“ Karls des Großen. Doch im Mittelalter war ihr Job ein ganz anderer als heute: Sie sollten die Wälder so erhalten, dass der Adel dort erfolgreich jagen konnte. Wer in den Bannwäldern des Kaisers wilderte, dem wurde eine Hand abgehackt und die Förster mussten die Ausführung dieser grausamen Strafe überwachen. Wald war damals im Überfluss vorhanden.

Zu Lebzeiten von Johann Georg von Langen sah das dann schon anders aus:

Die damaligen Landesherren füllten mit dem Holzverkauf nur allzu gerne ihre klammen Kassen. Entsprechend war es um die Wälder bestellt. Als junger Forstmeister führte von Langen die geregelte



Johann Georg von Langen  
\* 22. März 1699, † 25. Mai 1776

Umtriebszeit ein. Damit ist jene Spanne gemeint, die für die Aufzucht neuer Bäume – von der Pflanzzeit bis zum Ein-

schlag – eingeplant werden muss. Auch die Wiederaufforstung mit schnell wachsenden Fichten in ganz Deutschland geht auf ihn zurück. Akribisch katalogisierte er Bestand und Wert der Wälder in seinem Revier.

Vieles von dem, was den Försterberuf seit dem Barock prägte, ist auch heute noch aktuell. Doch Förster sind nicht nur für Holzernte und Waldbau zuständig. Sie überwachen auch heute noch die Jagd. Zudem sorgen sie dafür, dass die zahlreichen umwelt- und naturschutzrechtlichen Vorgaben eingehalten werden. Hinzu kommt die immer wichtigere Bildungsarbeit. Kurzum: Sie sind Forstpolizisten, Naturschützer, Waldpädagogen. Die romantische Vorstellung von einem Förster, der mit Dackel, Lodenmantel und geschultertem Gewehr durchs Unterholz streift, hat mit der Realität also kaum noch etwas zu tun. Statt Flinte sind mittlerweile eher Smartphone und Laptop gefragt. So kann der Zustand von Bäumen oder Schädlingsfallen vor Ort überprüft und die Daten direkt an die Forstverwaltung geschickt werden.

Der immer moderneren Ausrichtung des Berufs haben sich auch die Studiengänge angepasst, die einen zum Förster in staatlichen Revieren befähigen. Sie heißen inzwischen „Forstwissenschaft und Ressourcenmanagement“ oder „Forstingenieurwesen“. Geblieben ist trotz allem eines: Ohne die Liebe zur Natur geht es auch heute nicht.

## STICHWORT



Plötzlich bekommen die Tiere hohes Fieber, haben keinen Hunger mehr, leiden unter Atemnot und ihre Haut verfärbt sich blau. Ein breites Spektrum unspezifischer Symptome kann auftreten, die Konsequenz ist jedoch stets dieselbe – nach durchschnittlich zehn Tagen sind die Schweine tot.

Die Ursache: Afrikanische Schweinepest. Aktuell versetzt sie auch deutsche Tierhalter samt zuständigen Behörden in Alarmbereitschaft. Ihren Ursprung hat die tödliche Krankheit – der Name lässt es bereits vermuten – in Afrika. Genauer gesagt in Kenia. Hier wurde das Virus bereits 1921 beschrieben, seit den 70er-Jahren tritt es gelegentlich auch in Europa auf – sowohl bei Wild- als auch bei Hausschweinen. Zwar existieren auf den ersten Blick keine Unterschiede zur klassischen Schweinepest, die Viren sind jedoch nicht miteinander verwandt. Eine Impfung ist bei der afrikanischen Variante bisher nicht möglich.

Seit 2007 breitet sich die Seuche nun von Georgien über mehrere transkaukasische Länder nach Russland, Weißrussland und die Ukraine aus. Ende Januar

2014 wurde sie schließlich in Litauen und somit erstmals innerhalb der Europäischen Union festgestellt. Kurze Zeit später erreichte sie bereits Polen. Entsprechend alarmiert ist das in Deutschland für Tiergesundheit zuständige Friedrich-Loeffler-Institut.

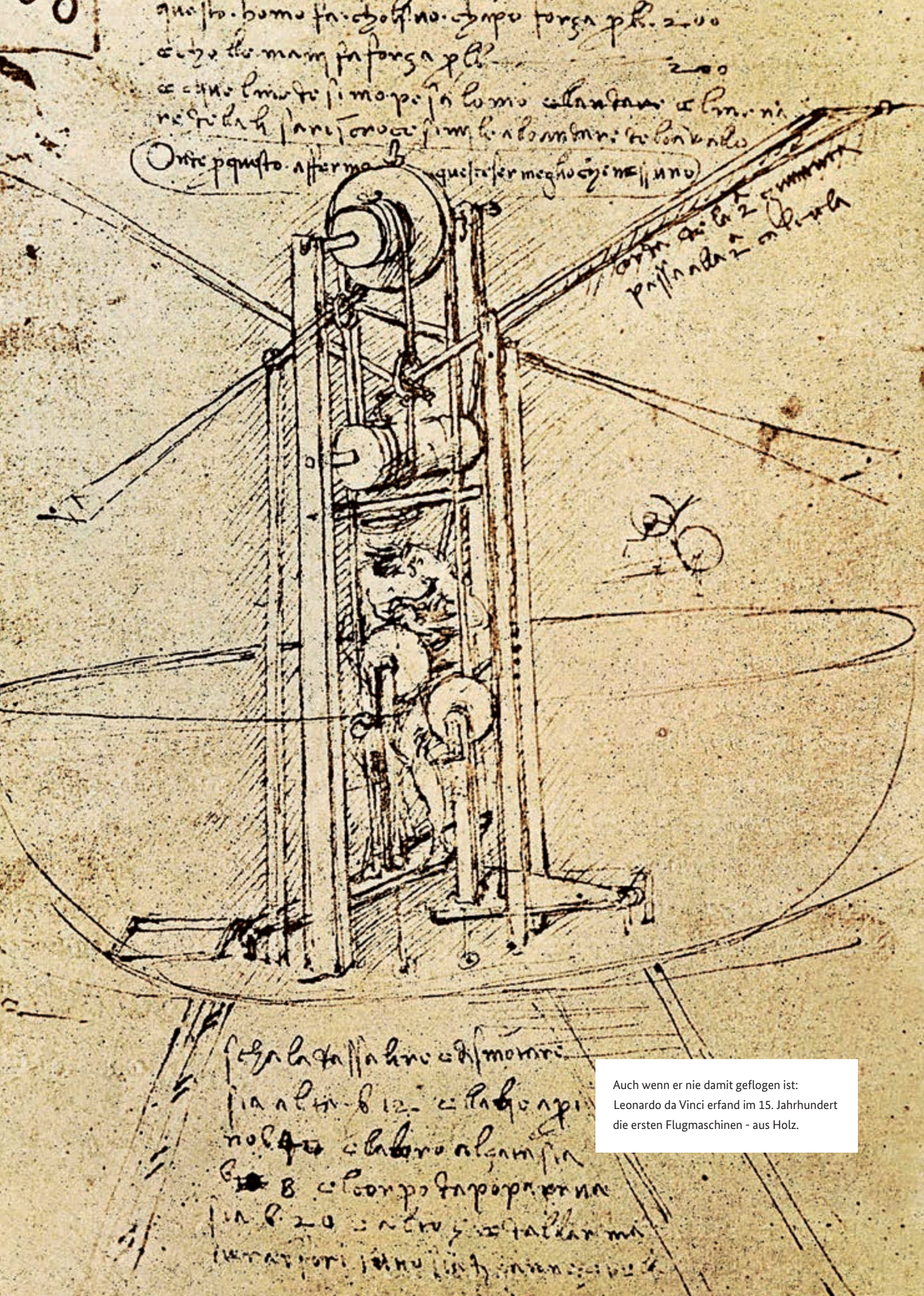
Übertragen wird das Virus über den direkten Kontakt von Tier zu Tier, aber auch durch virusbehaftete Kleidung, Tiertransporte sowie Speisereste, die illegal an Mastschweine verfüttert werden. Die Lederzecke als Überträger tritt vor allem in Afrika auf, kommt bei uns aber nicht vor.

Für die Verbreitung der Seuche in den betroffenen europäischen Ländern gibt es mehrere Gründe. So spielen in den zunächst betroffenen Regionen im Kaukasus schlecht zu kontrollierende Hinterhofschlachtungen, mangelnde Zusammenarbeit mit Behörden und die Art der Entsorgung von verendeten Hausschweinen eine wichtige Rolle. Tote Tiere werden hier häufig illegal entsorgt und gelangen so in Kontakt mit Wildschweinen. Infizierte Schweine werden zum Teil noch rasch vermarktet und sorgen auf diesem

Weg dafür, dass sich das Virus auch über längere Distanzen ausbreiten kann. Doch was würde passieren, sollte die Seuche tatsächlich bei uns auftreten?

Auch wenn das Virus für Menschen und andere Tiere ungefährlich ist, die Folgen wären enorm. Eine ganze Reihe weitreichender gesetzlicher Maßnahmen müsste anrollen. Es würden Sperrbezirke entstehen, Transport- und Handelsbeschränkungen eingerichtet und sollte ein Schweinebestand betroffen sein, müssten alle Tiere getötet werden. Schweinehalter sollten daher besonders konsequent auf Vorsorgemaßnahmen in ihrem Betrieb achten. Jäger sind aufgefordert, den Behörden zu melden, wenn vermehrt verendete Wildschweine gefunden werden.

Das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft appelliert zudem an Lkw-Fahrer aus den betroffenen Ländern, Speisereste aus ihrer Heimat nur in verschlossene Müllbehälter zu werfen. Experten gehen davon aus, dass bereits ein falsch entsorgtes Brötchen mit infiziertem Schweinefleisch ausreichen kann, die Afrikanische Schweinepest einzuschleppen.



Auch wenn er nie damit geflogen ist: Leonardo da Vinci erfand im 15. Jahrhundert die ersten Flugmaschinen - aus Holz.

# Auf dem Holzweg

Wie Forscher aus Bäumen Maschinen bauen

**H**olz brennt, fault, quillt auf, wenn es nass wird, zieht sich bei Trockenheit zusammen, Käfer machen sich daran zu schaffen. Wie sollen daraus Autos, Gebläse, Gestelle für Sägen oder Transportbänder werden? Skeptiker warnten Dr. Sven Eichhorn, Ingenieur der Technischen Universität (TU) Chemnitz, Holz im Maschinen- und Anlagenbau einzusetzen. Drei Jahre forschte er gemeinsam mit Wissenschaftlern der TU und des Instituts für Holztechnologie Dresden. Am Ende stand die Erkenntnis: Die Eigenschaften des Baumes kann man sehr gut nutzen, um Maschinen zu bauen.

Eichhorn belebte damit eine Tradition wieder: Über viele Jahrhunderte war Holz der wichtigste Baustoff für Maschinen. Noch bis Mitte des 20. Jahrhunderts wurde es verwendet. In den ersten Automobilen steckte noch jede Menge Holz. Im Laufe der Zeit wurde es zunehmend durch Metall und Kunststoff ersetzt.

Zu Unrecht, findet Eichhorn. Holz ist im Vergleich zu Stahl sehr leicht und dennoch stabil. Es ist umweltfreundlich, ein nachwachsender Rohstoff, man kann es regional beschaffen. Es dämpft Schwingungen und Geräusche und ist einfach zu bearbeiten: kein Problem, ein Loch hineinzubohren oder es zu zersägen. Aufwendige Geräte sind hierfür nicht nötig und es wird verhältnismäßig wenig Energie gebraucht. Idealer Stoff also für robuste Maschinen, die flexibel zu handha-

ben, einfach zu transportieren, nachhaltig hergestellt und kostengünstig sind.

Einziges Nachteil: Holz muss behandelt werden, damit es schwer entflammbar ist und eben nicht quillt, wenn es feucht wird. Deshalb nutzten die Wissenschaftler aus Sachsen kein Vollholz. Sie experimentierten mit Platten, die aus verleimten und verpressten Holzstücken oder aus dünnen Holzschichten, sogenannten Furnieren, bestehen. Eines ihrer Ziele: herausfinden, wie viel Druck die Platten aushalten, wie sie sich ziehen, sich verbiegen lassen.



Durch Holz kann beim Bau industrieller Produktionsanlagen jede Menge Gewicht gespart werden.

Dazu haben die Forscher die Platten in ihrem Labor in hydraulische Prüfmaschinen eingespannt und getestet. Sie haben in regelmäßigen Wiederholungen über Monate hinweg die Platten verbo-

gen, verformt, verschiedenen Temperaturen ausgesetzt oder sie mit chemischen Substanzen in Kontakt gebracht. Wie stark darf der Druck sein, bis die Platten auseinanderbrechen? Wie belastbar sind die Holzwerkstoffe gegenüber verschiedenen Krafrichtungen?

Die Ergebnisse des Projektes, das vom Bundeslandwirtschaftsministerium über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. gefördert wurde, fassten sie in einem Kriterienkatalog zusammen, der Aufschluss darüber gibt, was Holzwerkstoffe aushalten und wie sie im Maschinenbau eingesetzt werden können. So fällt der Hochtemperaturbereich zum Beispiel aus und auch die chemische Belastbarkeit hat Grenzen.

„Es gibt viele Möglichkeiten, diese Forschungsergebnisse anzuwenden“, sagt Eichhorn. Er stellt sich eine „Grüne Fabrik“ vor, mit Fertigungshalle, Anlagen für den Transport von Waren, Maschinen, die mit großem Holzanteil gefertigt sind. Die Forscher suchen Unternehmen, die mit ihnen solche Projekte realisieren.

Skeptikern kann Eichhorn inzwischen beweisen, dass Maschinen aus Holz sehr wohl funktionieren. Für ein Automobilunternehmen entwickelten die Wissenschaftler ein ganzes Förderband. Seit Anfang 2016 trägt es Neuwagenkarossen durch die Produktionshalle – auf einem Holzgestell.

Von Marion Koch

# Wälder statt Felder

*Der Amazonas ist die Lunge der Erde.  
Das soll so bleiben.*

**D**er Amazonas ist der größte Regenwald der Welt; das Gebiet ist etwa 16-mal so groß wie die Bundesrepublik. Doch es schrumpft täglich. Brasilien, das Land, in dem der größte Teil der Waldfläche liegt, nutzt diese als Acker- oder Weideland. Der Export von Agrarprodukten ist ein wichtiger Wirtschaftsfaktor. Wenn aber die Abholzung des Regenwaldes weiter voranschreitet, könnte zunächst der regionale, dann der globale Klimakreislauf zusammenbrechen und ein einzigartiges Ökosystem für immer verschwinden. Wie Landnutzungsstrategien aussehen können, die es schützen, untersuchte ein deutsch-brasilianischer Forschungsverbund.

Der verhängnisvolle Zyklus ist meist der gleiche: Sogenannte Pioniere roden ein Stück Regenwald – legal oder illegal – und lassen dort Tiere grasen. Kleinbauern folgen und pflanzen Ackerfrüchte

für den Eigenbedarf an. Wenn die Erträge sinken, weil der Boden seine Fruchtbarkeit verliert, sind die Bauern oft genötigt, ihre Flächen an Agrarkonzerne zu verkaufen – oft weit unterhalb des Werts. Anschließend werden die Flächen in riesige Plantagen für Mais, Soja oder Baumwolle verwandelt. Durch die intensive Bewirtschaftung wird der ohnehin nährstoffarme Boden weiter ausgelaugt. Ein Stück Urwald, das heute abgeholzt wird, um es als Weideland zu nutzen, kann in fünf Jahren nur noch von großen Konzernen wirtschaftlich genutzt werden. Pioniere und Kleinbauern, die nicht über das notwendige Investitionskapital verfügen, ziehen weiter und schlagen neue Lücken in den Regenwald. Um den Amazonas zu schützen, liegt die Herausforderung also darin, das Land effektiver und länger zu nutzen. So müssten keine neuen Waldgebiete abgeholzt werden.







Kleinbauern können gerodete Gebiete nur wenige Jahre nutzen.

Genau diesem Ziel hat sich unter anderem das Team um Dr. Claas Nendel verschrieben. Die Forscher des Leibniz-Zentrums für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) gehören zum Verbundvorhaben „Carbiocial“, das unter Leitung der Universität Göttingen auch mit brasilianischen Kollegen zusammenarbeitet.

Für einen Erfolg des Projekts – das im Mai dieses Jahres abgeschlossen wurde – war es wichtig, zunächst Wachstum und Ertrag der Ackerkulturen unter den vorherrschenden Bedingungen besser zu verstehen. Die Forscher am ZALF setzten deshalb ein Computermodell ein, welches das Wachstum von Kulturpflanzen in Abhängigkeit vom Wasser- und Nährstoffangebot sowie Klima simuliert. Auf diese Weise konnten sie die Erträge von Soja, Mais und Futtergras vorhersagen – auch unter zukünftigen Klimaverhältnissen.

Die Forscher fanden heraus, dass sich die Nutzungsdauer der Flächen verlängert, wenn zum Beispiel Pflanzenreste aus der Produktion von Fruchtsäften oder Zucker regelmäßig in den Boden eingearbeitet werden. Weidewirtschaft könnte zudem vom natürlichen Wiederaufwuchs der Sträucher und Bäume profitieren. „Auch der gleichzeitige Anbau von Ackerfrüchten und Bäumen für die Möbelproduktion auf ein und demselben Feld kann – ökonomisch betrachtet – den Ertrag steigern“, erklärt Nendel.

Die Ergebnisse des ZALF werden jetzt von den Projektpartnern für eigene Forschungen weiterverwendet. Dabei geht es unter anderem um die Frage, wie die zukünftige Verteilung der Landnutzung im südlichen Amazonas aussehen wird. Interessant in diesem Zusammenhang: Die Forscher stellten fest, dass sich die Kohlenstoffspeicher

im Boden und die Treibhausgasemissionen nach der Abholzung des Regenwaldes kaum ändern.

Unberührt bleiben von dieser Erkenntnis die übrigen, teilweise katastrophalen Folgen: Werden die Wälder mit Feuer gerodet, wird das gespeicherte Treibhausgas CO<sub>2</sub> freigesetzt. Wo keine Bäume mehr stehen, wird zudem kein Sauerstoff mehr produziert und auch der Wasserkreislauf im Gebiet hängt vom Bewuchs ab. Nicht zuletzt geht mit der Rodung ein einmaliger Lebensraum für zahlreiche Tiere verloren. Auf Basis der Forschungsergebnisse sollen nun konkrete Empfehlungen ausgesprochen werden; nicht nur an die Bauern, auch an Entscheidungsträger in Politik und Verwaltung. So tragen die Forscher dazu bei, diesen besonderen Lebensraum zu erhalten und das Weltklima zu schützen.

Von Nicolas Bilo

Foto: © Daniel Beltra/ courtesy of Catherine Edelman Gallery/ Chicago

Fotos: oben: © metrignome/ shutterstock; unten: © dommitsky/ shutterstock

# Was morgen wichtig wird



18. und 19. Oktober 2016

## I. Deutscher Waldtag

Mit der Verabschiedung des Klimaabkommens in Paris im Dezember letzten Jahres signalisiert Deutschland: Wir wollen unseren Beitrag zum globalen Klimaschutz leisten. Ohne den Wald ist das nicht zu schaffen. Deshalb lädt das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft jetzt zum 1. Deutschen Waldtag ins Berliner Humboldt Carré ein. Die Veranstaltung am 18. und 19. Oktober 2016 soll den vielfältigen Beitrag des Waldes zum Klimaschutz und seine Bedeutung für die Wirtschaft, den Naturschutz und die Erholung der Menschen verdeutlichen.

4. Oktober 2016

## Internationale Berglandwirtschaftskonferenz

Kongresshaus,  
Garmisch-Partenkirchen

Welche Perspektiven hat die traditionelle Berglandwirtschaft noch? Diese Frage diskutieren Vertreter aus Politik, Wissenschaft und Praxis auf Einladung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft.

3. bis 4. November 2016

## Hülsenfrüchte – Wegweiser für eine nachhaltigere Landwirtschaft

Mercure Hotel MOA, Berlin

2016 ist das internationale Jahr der Hülsenfrüchte. Vor diesem Hintergrund veranstalten das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft und die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung einen Kongress rund um Bohne, Erbse und Co.



Ab Mitte September 2016

Sie haben noch nicht genug vom Wald? Kein Problem. Auch das Magazin „LandInForm“ stellt das **MULTITALENT WALD** in den Mittelpunkt seiner September-Ausgabe. Die Zeitschrift der Deutschen Vernetzungsstelle Ländliche Räume zeigt, welchen unterschiedlichen Ansprüchen der Wald heute gerecht werden muss. Die aktuelle Ausgabe kann unter [www.land-inform.de](http://www.land-inform.de) kostenlos angefordert oder heruntergeladen werden.

SEPTEMBER –  
NOVEMBER



DIE FORSCHUNGSFRAGE

# Was verrät uns der Wald?

Alle zehn Jahre wird der heimische Baumbestand erfasst.

**Schon eine Inventur im Supermarkt ist eine große Aufgabe. Wie schaffen Sie es, in ganz Deutschland die Wälder zu vermessen?**

Für die Bundeswaldinventur betrachten wir natürlich nicht jeden einzelnen Baum. Über ganz Deutschland verteilt gibt es 60.000 Stichprobenpunkte, an denen wir alle zehn Jahre nach einem einheitlichen Verfahren Bäume vermessen und viele Merkmale erfassen.

**Wozu dieser Aufwand?**

Die forstliche Nachhaltigkeit besagt: Wir dürfen den Wäldern langfristig nicht mehr Holz entnehmen, als nachwächst. Mithilfe der Inventur können wir dies überprüfen. Zusätzlich sammeln wir Daten, die uns Auskunft geben, welche Wälder wo wachsen und welche Bedeutung sie für die Holznutzung, aber auch den Naturschutz haben.

**Und? Sind wir auf dem richtigen Weg?**

Ja. Ein wichtiges Ergebnis der dritten BWI war: In Deutschlands Wäldern gibt es mehr Holzvorräte als je zuvor. Zweitens haben wir mehr Totholz, also abgestorbene Bäume und Äste, die vielen Tier- und Pflanzenarten einen Lebensraum bieten. Drittens haben sich unsere Wälder verändert. Es gibt mehr Laub- und Mischwälder und weniger Reihenbestände von Fichten oder Kiefern.

**Welchen Aufwand müssen Sie betreiben, um all das herauszufinden?**

An einer Bundeswaldinventur sind rund 300 Menschen aus Länder- und Bundeseinrichtungen beteiligt. Die Länder erheben die Daten, der Bund koordiniert und wertet aus. Für die letzte BWI waren 60 Inventurtrupps unterwegs, die an jedem Stichprobenpunkt bis zu 250

Parameter erfasst haben. Dabei interessieren uns vor allem die Hauptbestände, also Bäume, die in einer Höhe von 1,30 Metern einen Durchmesser von mindestens sieben Zentimetern haben: Wie viel Holz ist zugewachsen, wie viel wurde genutzt, wie viele Bäume sind abgestorben? Daneben erfassen wir weitere Merkmale wie zum Beispiel das Vorkommen wichtiger Arten der Bodenvegetation.

**Schauen die Trupps auf jede Blume und jeden Pilz?**

Nein, wir konzentrieren uns auf Merkmale, die für die Bewirtschaftung der Wälder relevant sind. Adlerfarn zum Beispiel kann sehr hoch werden und das Wachstum junger Bäume hemmen.

**Woher wissen die Inventurtrupps, dass sie an der richtigen Stelle sind?**

Für die BWI wurde über Deutschland ein Grundraster von vier mal vier Kilometern gelegt. An dessen Knotenpunkten findet an vier gleichmäßig verteilten Stichprobenpunkten die Inventur statt. Diese Punkte sind mit unsichtbar im Boden eingelassenen Eisen markiert. Obwohl die Inventurtrupps mit Navigationssatellitensystem- und Metallsuchgeräten ausgerüstet sind, kann es manchmal einige Zeit dauern, bis sie die Punkte wiederfinden.

**Welche Rolle übernimmt Ihr Institut bei der Inventur?**

Unsere Aufgaben reichen von der Planung bis zur Kommunikation der Ergebnisse. Wir schulen die Inventurtrupps, stellen die zentrale Datenbank bereit, überprüfen fortwährend die Qualität der eingegebenen Daten, nehmen Nachkontrollen vor. Wenn alle Daten vorliegen,

beginnen die Auswertung und das Ableiten von nicht gemessenen Merkmalen wie dem Baumvolumen und die Hochrechnung auf Landes- und Bundesebene. Allein das dauert länger als ein Jahr, denn dabei kommen Millionen Datensätze zusammen.

**Ließe sich der Wald heute nicht per Satellit vermessen?**

Bis heute sind Satelliten und Drohnen nicht in der Lage, den Durchmesser eines Baumes zu messen. Auch bei der Baumartenerkennung stößt die Technik noch an ihre Grenzen. Für eine Inventur in der geforderten Qualität sehe ich auch in absehbarer Zeit keine Alternative zur terrestrischen Erhebung. Fernerkundung kann jedoch zusätzliche Informationen für eine detailliertere Auswertung liefern.



Prof. Dr. Andreas Bolte leitet das Thünen-Institut für Waldökosysteme, das die Bundeswaldinventur (BWI) koordiniert.

Das Gespräch führte Tobias Löser.



Haben Sie auch eine Forschungsfrage? Ihre Anregungen sind willkommen: [redaktion@forschungsfelder.de](mailto:redaktion@forschungsfelder.de)

Illustration: © Ole Häntzschel



## Wasser,

es stillt unseren Durst, lässt Pflanzen auf unseren Feldern wachsen und ist der größte Lebensraum der Erde. Meere, Seen und Flüsse sind die Lebensadern unseres Planeten. Entsprechend viel gibt es zu diesem Thema zu forschen. Einen kleinen Einblick bietet die kommende Ausgabe der forschungsfelder.

## Impressum

### forschungsfelder

Das Magazin wird herausgegeben vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL)

### Fachliche Betreuung, Steuerung:

BMEL-Referat 221, Strategie und Koordinierung der Abteilung 2, Bürgerangelegenheiten, Forschungskommunikation, Jens Teschke (V.i.S.d.P.)

### Konzept, Redaktion, Gestaltung:

neues handeln GmbH, Berlin, Isabel Canet (Ltg.), Nicolas Bilo, Dominik Wüchner, Timo Höner (AD), Angela Matern, Sarah Heiß

**Bildredaktion:** Barbara Stauss

### Foto und Illustrationen:

wenn nicht anders angegeben: Titel und Rücktitel: Fotos: Christian Diehl; Illustration Seite 6/7: phoelix, Potapov Alexander, CataVic, Vertyr, Jktu\_21, Valentinash, kontur-vid, Yoko Design/ shutterstock  
**Litho:** Twentyfour Seven, Berlin  
**Druck:** Prinovis GmbH & Co. KG, Dresden

### Wenn Sie dieses Magazin

#### bestellen möchten:

Bestell-Nr.: BMEL16041  
E-Mail: [publikationen@bundesregierung.de](mailto:publikationen@bundesregierung.de)  
Telefon: 030 18 272-27 21  
Fax: 030 18 10 22-27 21  
Schriftlich: Publikationsversand der Bundesregierung,  
Postfach 48 10 09, 18132 Rostock  
Printed in Germany



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

