ne Besserung in Sicht. So lassen sich die sammenfassen, die Landwirtschaftsminister Cem Özdemir (Grüne) diese Woche vorgestellt hat.

Sorgen bereitet den Wissenschaftlern, die den Wald für die Inventur beobachtet haben, vor allem die Klimabilanz. Der Wald war immer ein verlässlicher Puffer, es dort von Leben. Beständig ziehen under Kohlendioxid über die Pflanzen aus zählige Regenwürmer, Springschwänze, der Luft aufnimmt und somit die Erderwärmung bremst. "Der Wald ist der größte Klimaschützer", hieß es jahrzehntelang wie selbstverständlich, er war fest eingeplant als Kohlenstoffspeicher.

Damit ist Schluss. Der deutsche Wald gibt mehr Kohlendioxid ab, als er aufnimmt. Seit der letzten Kohlenstoffinsamt 41,5 Millionen Tonnen Kohlenstoffvorrat verloren. Seine Funktion als Klimaretter ist vorbei.

Wie sehr der Wald leidet, ist keine Überraschung. Die Schäden an den Bäumen sind unübersehbar: Fichtenskelette, verkohlte Kiefernforste und Buchen ohne Laub stehen stellvertretend für den Gesamtzustand des deutschen Waldes.

Für die Misere gibt es mehrere Gründe. Kahlschläge und Stürme reißen Lö- mus gebundene Kohlenstoff lange im cher in den Wald, zerstören Lebensgemeinschaften und lassen Kohlenstoff entweichen, schwere Forstmaschinen verdichten den Waldboden. Jahrzehntelang wurden Nadelbäume in Monokultur gepflanzt. Die versprechen zwar hohen Ertrag, sind aber anfällig. Hauptursache ist allerdings der Klimawandel, vor allem Dürren in Kombination mit Waldbränden und Borkenkäfern. Schadereignisse werden häufiger und heftiger, je mehr sich das Klima erhitzt.

Denn während der Trockenphasen und den Folgeerscheinungen wie dem Bor-kenkäferbefall werden die Kohlenstoff- auf flachgründigen, oft sauren Böden ohne ausgeprägte Bodenhumusschicht. einträge in den Wald geringer. Das Kronendach kranker Bäume wird löchriger, die Sonne scheint direkt auf den Waldboden und heizt ihn auf. Die Folge: Die Bodenmikroben werden aktiver. In diesem Zustand braucht es nur eine nassere wird. Nadelwälder geben das Treibhaus-Wetterphase, und die Bodenmikroben arbeiten wie auf Speed - der Waldboden verliert große Mengen Kohlenstoff.

Der kritische Faktor ist die Zeit. Erholt sich der Wald und schließt das Kronendach, kann die Freisetzung des Kohlenstoffs als Kohlendioxid durch den Eintrag von Kohlenstoff ausgeglichen werden. Der Wald wird wieder kühler und stabil. Dann regeneriert sich der Wald nicht mehr und wird zur Kohlendioxidquelle.

Die Bäume sind nur der sichtbare Teil des Problems. Wissenschaftler richten ihren Blick auch auf den Teil, der verborgen liegt: den Waldboden. Sie wissen: Der unterirdische Raum ist für die Vitalität des Waldes und das Klima noch wichtiger als der oberirdische. Denn Waldboden speichert mehr Kohlenstoff als alle sehen. Borkenkäfer und Brände geben Kräuter, Sträucher und Bäume zu-

Für die Kohlenstoffbilanz im Waldboden hat die Bundeswaldinventur aktuelle Modelldaten herangezogen: Noch sei der Waldboden eine Kohlenstoffsenke, sagt Nicole Wellbrock vom Hamburger Thünen-Institut für Waldöko-Veränderungen an der Oberfläche, daher erfüllt er weiterhin seine Speicherfunktion. Die Frage ist, wie lange noch. Der Speicher wird geringer, ist die Bodenkundlerin überzeugt, wahrscheinlich wird sich der Waldboden ebenfalls in worden, erzählt er, manchmal wurden sie eine Kohlendioxidquelle verwandeln.

neuen Bodenzustandsbericht vorgestellt, der Wald vorher schon in einem schlechden Wellbrock koordiniert. Zum dritten ten Zustand war, war der Zustand hinter-Mal nach 1990 und 2006 erstellen die her noch schlechter", sagt er. Ökologen ein umfassendes Werk über die Lage des Waldbodens. An Zustand der Wälder mit Sorge. Der Bio-1800 Standorten im ganzen Land be- geochemiker von der Eidgenössischen stimmen sie den Bodenzustand, den Nährstoff- und Kohlenstoffgehalt, die Landschaft (WSL) in der Schweiz Bodenvegetation und weitere Parameter. forscht über Stoffkreisläufe im Wald. Im

Am Ende ermitteln sie die Gesamtbilanz: Sie messen die Menge an Kohlenstoff, den Pflanzen und Boden aufnehan Kohlenstoff, den Mikroorganismen in regt beide Vorgänge an, allein deshalb beschleunigt die Erderwärmung die Stoffströme – und macht das Ökosystem

Manche Wälder sind aber robuster als andere und verlieren trotz Dürre und Borkenkäfern kaum Kohlenstoff. Das liegt auch am Boden. Normalerweise wimmel Hornmilben, Vielborster organische Substanz aus Laub, Früchten, Nadeln, Zapfen oder toten Tieren ins Erdreich und zerkleinern sie. Bakterien und Pilze wandeln sie dann in Huminstoffe um. Die Bodenlebewesen werden deshalb als Zersetzer bezeichnet, sogenannte Destruenten. Am Ende schaffen sie Humus, der ventur im Jahr 2017 hat der Wald insge- größtenteils aus Kohlenstoffverbindungen besteht. Auf diese Weise wird der Waldboden zum Kohlenstoffspeicher; schwarzes Gold wird der Humus deshalb

Humus ist nicht nur für das Klima gut. Ein humusreicher Mineralboden speichert Wasser und Nährstoffe und bilisiert das Bodengefüge und schützt vor Erosion. Zudem bleibt der im Hu-Boden. Wissenschaftler halten ihn deshalb für einen vergleichsweise robusten Speicher, der Störungen trotzt. Humusreiche Böden sind weniger anfällig für Dürren, da sie wegen ihres Porenvolumens mehr Wasser speichern können. Humus ist also das Fundament für einen

Doch Waldböden haben in den vergangenen Dürrejahren massiv an Kohlenstoff verloren. Betroffen sind vor aldie ohnehin verletzlich sind. Sie stehen Dafür bilden sie eine mächtige Streuauflage, die allerdings bei Weitem nicht so stabil ist wie Humus - und bei Trockenstress schnell von Mikroorganismen veratmet und in Kohlendioxid umgewandelt gas bei Dürre in großen Mengen frei. Der Mineralboden von Laub- und Mischwäldern hingegen enthält tendenziell mehr Humus, sie reagieren nicht so stark auf Trockenheit und können sich

So erklärt sich, warum vor allem Nadelwälder in Deutschland vom Klima-Folgt Dürre auf Dürre, bleibt der Scha- ren schnell auf Klimaänderungen. Bei den, vor allem wenn alle Bäume wie in den Fichten ist das unübersehbar: Der produziert wie alle Nadelbäume eine organische Auflage, die nach einer Störung von Mikroorganismen schnell aufgezehrt wird. Außerdem wurde der Flachwurzler in der Nachkriegszeit an ungeeigneten Standorten gepflanzt. Das fiel nicht auf, dem Dürrejahr 2018 jedoch kann man den Fichtenwäldern beim Sterben zuihnen den Rest. In Steillagen werden die Waldböden anschließend ausgewaschen. Erst ist der Wald weg, dann der Humus und mit ihm die Nährstoffe. Solche Standorte können sich dann kaum er-

Förster und Waldeigentümer machten die Lage oft noch schlimmer, berichtet systeme. Der Boden reagiere träge auf Pierre Ibisch, Biologe an der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde. Mehrmals hat er in den vergangenen Waldflächen umgegangen wird: Häufig seien die Waldböden rabiat bearbeitet wie Äcker gepflügt, um sie dann wieder In zwei Jahren wird sie es genau wis- als Kiefern- oder Fichtenmonokultur in sen. Dann werden die Ergebnisse des Reih und Glied aufzuforsten. "Dort, wo

Forschungsanstalt für Wald, Schnee und

Unter der Oberfläche

Dem deutschen Wald geht es schlecht. Er gibt zu viel Kohlendioxid frei. Das lässt sich ändern – der Schlüssel dazu ist der Boden.

Von Andreas Frey



Pfynwald im Kanton Wallis begleitet er seit mehr als zwanzig Jahren ein einzigartiges Experiment. Forscher haben ein Waldstück in zwei gleich große Flächen geteilt. Die eine wird bewässert, die andere nicht. So wollen sie ermitteln, was mit dem Wald passiert, wenn Temperaturen und Verdunstungsraten wegen des Klimawandels steigen. Hagedorn untersucht seit 2003 das unsichtbare Leben im

Einen Schub für seine Arbeit gab die Dürre des Jahres 2018, als von April bis Oktober kaum Regen fiel. Ein Bewohner im Erdreich interessiert ihn dabei besonders: der Gemeine Regenwurm Lumbricus terrestris. Mit einer Senflösung, die die Tiere reizt, lockt er die Würmer an die Oberfläche, zählt und wiegt sie. Wie diese regelmäßige Inventur zeigt, finden sich auf den bewässerten Waldflächen fünf- bis zehnmal mehr Exemplare im Sommer im Boden als auf den nicht bewässerten. Zudem wimmelt es im beregneten Waldstück von anderen Boden bewohnern wie Springschwänzen und Asseln. Und Hagedorn beobachtet, dass die Regenwürmer im nichtbewässerten Wald kleiner und weniger aktiv sind.

Er muss nur ein Loch in den Waldboden graben, um die Auswirkungen der Dürrejahre zu sehen. Im bewässerten Wald ist der Oberboden schwarz, also humusreich, im dürregeplagten Wald ist er heller. Im bewässerten Waldabschnitt wird also mehr Pflanzenmaterial von der Oberfläche in den Mineralboden verlagert, der Boden speichert mehr Kohlenstoff - schon nach wenigen Jahren zeigten sich große Unterschiede. Verant wortlich hierfür sind Regenwürmer und andere Bodenbewohner. Die Zersetzer hatten mehr Laubstreu abgebaut und in Humus verwandelt.

Der Regenwurm und seine Gefährten verfrachten die Streu metertief in den Boden, durchmischen und belüften ihn. Außerdem produzieren sie einen speziellen Humus. Regenwurmkot ist nährstoffreicher, feuchter und weniger sauer als normaler Waldboden. Denn wenn der Regenwurm organisches Material zersetzt, nimmt er Bodenmineralien und Mikroorganismen wie Bakterien und Pilze auf. Aus seinem Darm entweichen dadurch Ton-Humus-Komplexe, die stabile Erdkrümel bilden. Regenwürmer aktivieren das Bodenleben und fördern die

Heiße und trockene Sommerhalbjah re, wie sie in Zukunft öfter auftreten, sind eine Tortur für die lichtempfindlichen Kreaturen. Dörrt der Waldboden aus. verkriechen sich die Bodentiere tiefer ins Erdreich. Die Bodenfauna stellt dann nach und nach ihre Tätigkeit ein und fällt in einen Dürreschlaf. Das zeigen die Untersuchungen im nicht-bewässerten Waldstück im Walliser Pfynwald. Produrch Kahlschläge oder wetterbedingte Schäden. Durch sie heizt sich der Wald

boden schnell auf. Profiteur eines lichten Waldes ist die Brombeere, die als wildes Gestrüpp junge Bäume überwuchert. Zudem trägt sie als nährstoffliebende Pflanze nicht zur Humusbildung bei und verlangsamt die Regeneration des Waldes. Insgesamt rechnet Hagedorn daher damit, dass die Humusgehalte in den Nadelwäldern in Zukunft weiter abnehmen.

Vielfältige Laubwälder eignen sich also am besten, um den Kohlenstoff bei weiter steigenden Temperaturen im Boden zu binden. Nicht nur gegen Dürren, auch gegen Stürme, Brände, Schadinsekten oder Holzeinschlag sind durchmischte Laubwälder besser gewappnet. Je mehr Laubbäume, desto stabiler verbleibt der Kohlenstoff im Waldboden Wer dem Wald in Zeiten des Klimawandels helfen will, betreibt also Humuspflege. Unterschiedlich alte Bäume und verschiedene Baumarten bringen jene Blätter, Nadeln, Wurzeln und Reisig hervor, die für das schwarze Gold gebraucht werden.

Fichtenwälder sind bereits großflächig abgestorben. Mischwälder (unten) sind robuster und können sich Klimaveränderungen besser Fotos Lando Hass, Picture Alliance

Herr Bauhus, dem Wald geht es nicht gut. Hätten Sie gedacht, dass die Bianz so schlecht ausfällt?

Jeder, der mit offenen Augen durch die Landschaft gefahren ist, konnte die abgestorbenen Fichtenbestände und Kahlflächen sehen und weiß, dass wir ein Problem haben. Gut ist, dass wir das jetzt beziffern können. Wir wissen, wie groß die Schadfläche tatsächlich ist und dass der Kohlenstoffvorrat wegen der Störungen in den letzten fünf Jahren erstmals abgenommen hat. Das ist wirklich eine Zäsur.

Und das, obwohl die Waldfläche leicht zugelegt hat, die Bäume älter geworden sind und die Wälder besser durchmischt sind als früher.

Ausschlaggebend für die Abnahme des Kohlenstoffvorrats sind die großen Schadflächen, zwei Millionen Hektar nimmt diese Fläche insgesamt ein. Bisher waren wir bei Schätzungen der Schadflächen von nur einer halben Million Hektar ausgegangen. Diese Schadflächen allein machen viel aus in der Gesamtbilanz. Zudem hat die Produktivität des Waldes

Wir müssen die Anpassung stärker vorantreiben. Denn offensichtlich kann der Wald nicht mit dem Klimawandel Schritt

Die großflächigen Schäden gibt es vor allem bei der Fichte. Trotzdem sind die Bestände noch immer sehr hoch, wird diese Baumart weiterhin gepflanzt. Warum kommen wir nicht

Die Fichte wird abnehmen und nur noch an bestimmten Standorten eine Zukunft haben. Ja, sie wird noch gepflanzt, aber nicht mehr auf großer Fläche. Da, wo die Fichte ausgefallen ist, werden großflächig andere Wälder entstehen. Sowohl durch die natürliche Verjüngung verschiedener Baumarten, insbesondere Pionieren wie der Birke, aber auch durch die Anstrengungen der Wiederbewaldung mit ande-

Aber weiterhin machen Nadelhölzer fast die Hälfte der Waldfläche aus. Warum setzen Forstbetriebe noch im-

Birken statt Fichten

Wälder haben mehr Funktionen. als das Klima zu retten, sagt Waldbauexperte Jürgen Bauhus.

um knapp 16 Prozent abgenommen – und das nicht nur bei einzelnen Baumarten, sondern über alle Baumarten hinweg, in jungen Wäldern wie in älteren Wäldern. Das ist ein entscheidendes Zeichen dafür, wie gestresst der gesamte Wald

Liegt die geringere Produktivität, also Speicherung von Kohlenstoff, an fehlendem Wasser? Ia, aber auch an Hitze, Pilzerkrankungen, Insektenfraß und an der Alterung der Bäume. Da kommen einige Faktoren zu-

Was bedeuten die Ergebnisse für die Klimaziele Deutschlands?

Wir müssen hinterfragen, wie die Klima-

schutzfunktion der Wälder politisch ver-

einnahmt worden ist. Das Klimaschutzgesetz zum Beispiel sollte überarbeitet starr und beruhen auf zu optimistischen Annahmen. Der Wald kann die Rolle, die ihm dort beim Klimaschutz zugedacht wurde - mit steigenden Kohlenstoffvorräten die unvermeidbaren Emissionen anderer Sektoren wie der Landwirtschaft zu kompensieren –, nicht mehr erfüllen. Allerdings sollten wir die Klimaschutzfunktion des Waldes nicht nur auf die Speicherung von Kohlendioxid im Wald reduzieren. Der Wald dient dem Klimaschutz auch dadurch, dass er Holz für langlebige Produkte liefert, in denen der Kohlenstoff gespeichert bleibt. Trotzdem, um es klar zu sagen: Wir können uns auf den Wald auf der jetzigen Fläche als großen Kompensator nicht mehr verassen. Die anderen Sektoren müssen die Emissionen schon selbst senken. Andernfalls müssten wir, um die bisherigen Ziele zu erreichen, mehr als ein Drittel des Waldes aus der forstlichen Nutzung nehmen. Das wäre nicht klug.

Sie haben also auch nicht viel Hoffnung, dass der Wald irgendwann wie-

der zur Senke wird. Es gibt noch große Flächen vulnerabler Wälder. Das Jahr 2024 hat uns Luft gegeben und mit dem vielen Regen sicher zur Erholung beigetragen, aber wir sollten die letzten fünf Jahre als Beispiel hernehmen, wie die Entwicklungen im Wald in Zukunft ablaufen könnten. Wir müssen damit rechnen, dass sich das wiederholt.

Wie soll der Wald klimafit werden?

Langfristig muss sich die Holzindustrie auf andere Baumarten umstellen oder mehr Nadelholz importieren, regional schwindet die Ressource rapide. Über eine vermehrte Nutzung von Laubholz reden und forschen wir seit Jahrzehnten Aber eine Umstellung der Industrie im großen Maßstab hat noch nicht stattge funden und wird erst passieren, wenn die Ressource Nadelholz ausgeht.

Die sägen den Ast, auf dem sie sitzen, ohne es zu bemerken?

Doch, die merken das, die sind ja nich dumm. Aber es geht noch. Die Fichte war trotz kurzfristiger Verluste bei Dür ren oder Stürmen für viele Forstbetriebe immer noch profitabler als ein naturnah bewirtschafteter Wald. Wir müssen daher dringend neue Geschäftsmodelle für eine naturnahe Waldbewirtschaftung entwickeln, die wirtschaftlich konkur

Gibt es etwas, das Ihnen trotz allem Mut macht?

Mich wundert, dass die Diskussion um die Bundeswaldinventur so zugespitzt ist auf die Klimaschutzleistung der Wälder. Über die anderen Ergebnisse wird so gut wie nicht diskutiert. Das finde ich befremdlich, denn früher ist oft kritisiert worden, dass der Fokus der Wälder so sehr auf die Produktionsfunktion eingeengt worden sei. Jetzt passiert genau dasselbe, nur auf eine andere einzelne Funktion. Tatsächlich hat der Wald viele Funktionen und wird sie auch in Zukunft haben. Es haben sich auch viele Sachen positiv entwickelt.

Welche denn? Das Gute ist, dass sich alle Indikatoren,

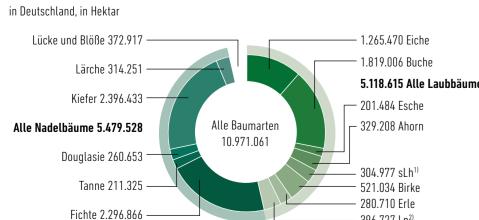
die für Naturnähe und Biodiversität ste hen, in eine positive Richtung entwickelt haben. Es gibt mehr Laubholz, mehr Mischbestände, mehr ungleichaltrige Wälder. Totholz hat um dreißig Prozent zugenommen. Ja, die Klimaschutzbilan ist nicht schön, das stimmt. Aber man muss es auch mal so sehen: Die massiven Störungen im Wald sind gleichzeitig ein Katalysator für positive Entwicklungen Es können und werden sich auf diesen Flächen diversere, naturnahe und weni-

Die Fragen stellte Andreas Frey.

Jürgen Bauhus ist Professor für Forstwissenschaft an der Universität Freiburg und befasst sich mit Waldökosystemen.

ger anfällige Wälder entwickeln.

WELCHE BAUMARTEN PRÄGEN DEN WALD



1) Sonstige Laubbäume mit hoher Lebensdauer 2) Sonstige Laubbäume mit niedriger Lebensdauer

Laubbäume in Tausend Hektar Jahr Nadelbäume in Tausend Hektar

ALTERSPYRAMIDE DES WALDES

WALDFLÄCHE NACH BAUMARTEN in Tausend Hektar ■ 2012 ■ 2022 Birke (Betula) Lärche (Larix) Ahorn (Acer) Erle (Alnus) Douglasie (Pseudotsuga) 📥 Tanne (Abies) Esche (Fraxinus

