Aus: Lozán, J.L. S.-W. Breckle, H.Graßl & D.Kasang (Hrsg.) (2021): Warnsignal Klima: Boden & Landnutzung. Mit 351 Abbildungen, 34 Tabellen & 4 Tafeln. 400 Seiten. ISBN/EAN 978-39820067-58 (Zur Zitierweise - s. letzte Seite des Artikels).

3 BÖDEN, VEGETATION & FEUCHTGEBIETE: FUNKTION, BEDEUTUNG UND GEFÄHRDUNG

Im Mittelpunkt des Kapitels stehen die Wälder, Feuchtgebiete (wie Moore) und Savannen. Sie gehören zu den wichtigsten Landschaftsformen der Erde mit ausserordentlicher Bedeutung für das Klima der Erde als Kohlenstoffspeicher und CO_2-Senken. Leider sind sie u.a. durch anthropogene Einflüsse geschädigt oder gefährdet, und daher üben sie ihre Funktionen im Klimasystem nicht in vollem Umfang aus. Beispielsweise sind die Wälder in Deutschland massiv geschädigt oder großflächig abgestorben. Der Zustand der Regenwälder wird im Kap. 4.3 näher beschrieben. Viele Moore wurden im Laufe der Jahre trockengelegt. Die Notwendigkeit, diese CO_2-Senken zu schützen bzw. zu renaturieren, ist aufgrund des Klimawandels wichtiger denn je. Die Moore in Deutschland und der Pantanal (als Beispiel eines tropischen Feuchtgebietes) werden daher ausführlich behandelt. Auf die Permafrostböden (gefrorene Böden) wird ebenfalls aufgrund der überdurchschnittlichen Erwärmung in der arktischen Region näher eingegangen. Ein weiteres Problem mit globaler Reichweite ist die Bodenversalzung, z.B. aufgrund einer falschen Bewässerung. Mehr als 20% der landwirtschaftlichen Nutzflächen auf der Welt sind durch Versalzung nicht mehr produktiv nutzbar. Auch die Bodenerosion auf Ackerflächen stellt jetzt und langfristig eine Gefährdung für die Bodenressourcen in Mitteleuropa und anderen Regionen dar. Unter Bedingungen des globalen Klimawandels wächst diese Gefährdung durch vermehrte bzw. ausgeprägtere Starkregenereignisse. Hinzu kommt die Umwandlung z.B. von Grünlandschaften in Monokulturen wie Mais- und Sojaanbau, die die Erosionsgefährdung weiter begünstigt. Beispiel dafür ist die Änderung von Savannen in landwirtschaftliche Flächen und Plantagen. Das führt nicht nur zu mehr Erosion, sondern auch zu einer Bedrohung der hohen Biodiversität. Insgesamt ist die Biodiversität durch Erosion, Bodendegradation und Waldrodung weltweit gefährdet. Seit einigen Jahrzehnten werden Veränderungen der Vegetation auf der Erdoberfläche weltweit beobachtet. Es gibt Berichte darüber, dass einige Regionen »grüner« werden. Als Gründe dafür werden die verlängerte Vegetationszeit, Stickstoffeintrag, CO_2-Düngung u.a. genannt. In anderen Regionen wird die Vegetation dagegen »brauner«, möglicherweise als Folge von Wasserstress.

3.1 Deutsche Wälder sind massiv geschädigt

José L. Lozán & Siegmar-W. Breckle

Die klimazonale natürliche Vegetation in Mitteleuropa sind Laubwälder. Die heutigen Wälder in Deutschland sind das Ergebnis einer jahrhundertelangen Forstwirtschaft. Sie stocken vor allem auf den schlechteren Böden, die für Ackerbau ungeeignet waren. Forstbaumarten, wie die Fichte und Kiefer, wurden anfangs als sehr ertragreiche Holzarten aufgeforstet, sie nehmen heute noch immer mehr als die Hälfte der Waldfläche ein. Die Trockenjahre und die Hitzeperioden der letzten Jahrzehnte und insbesondere der letzten Jahre im Verein mit ausgeprägten Dürreperioden haben den Bäumen stark zugesetzt. Großflächige Forste sind abgestorben. Nach dem früheren Waldsterben durch Schadgase ist jetzt das Waldsterben durch Klimastress in den Vordergrund gerückt. Der derzeitige schlechte Zustand der deutschen Wälder, die Ursachen und das Schadensausmaß wird erläutert.

German forests are massively damaged: *The natural vegetation in Central Europe is deciduous. Today's forests in Germany are the result of centuries of forest management. They mainly falter on the poorer soils, which were unsuitable for arable farming. Forest tree species such as spruce and pine were initially reforested as very productive types of wood; today they still take up more than half of the forest area. The dry years and the hot periods of the last decades and especially the last few years combined with pronounced drought periods have severely affected the trees. Large forests have died. After the earlier forest death due to harmful gases, forest death due to climatic stress has now come to the fore. The current poor condition of German forests, the causes and the extent of damage are explained..*

Los bosques en Alemania están enormemente dañados: *La vegetación natural de Europa Central es de árboles de hojas. Los bosques de hoy en Alemania son el resultado de siglos de gestión forestal. Los bosques se encuentran distribuidos principalmente en suelos pobres, que no eran aptos para la agricultura. Las especies de árboles forestales como el abeto y el pino (coníferas) se implantaron inicialmente por ser muy efectivos en la producción de madera; hoy en día todavía ocupan más de la mitad de la superficie forestal. Los años secos y los períodos cálidos de las últimas décadas y especialmente los últimos años combinados con períodos de sequía pronunciada han afectado gravemente a estos árboles. Grandes áreas de bosques han muerto. La mortalidad de los bosques debido a gases nocivos, ha sido desplazado debido al estrés climático que ahora ha pasado a primer plano. El artículo explica la mala situación actual de los bosques en Alemania, las causas y el alcance de los daños.*

Nach der vom BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) im Februar 2021 vorgelegten Waldzustandserhebung sind die Wälder in Deutschland massiv geschädigt (vgl. BMEL 2021). Als eine der wichtigsten Ursachen wird die Dürre der Jahre 2018-2020 angegeben. Seit Beginn der Erhebung im Jahre 1984 waren die Schädigungen der Wälder nie so dramatisch wie im Jahre 2020. Die Auswirkungen der Dürre und Hitzeperioden werden durch Stürme und vermehrte Waldbrände verstärkt. Die anhaltende Dürre besonders während der Vegetationsperiode hat meist dazu geführt, dass die Nadeln bzw. Blätter von den Bäumen vorzeitig abgeworfen wurden. Die Auswertungen der Schädigungen zeigen, dass vor allem alte Bäume (>60 Jahre) betroffen sind. Trocken-warmes Klima beeinflusst zwar positiv die Wachstumsrate, aber auch die Entwicklung einiger Schadorganismen wie Fichtenborkenkäfer oder Buchdrucker (*Ips typographus* L.). Auch der Schwammspinner (*Lymantria dispar*) als wärmeliebendes Insekt gehört dazu.

In der folgenden Ausführung werden einige Fakten über die Schädigung der Wälder in Deutschland zusammengestellt.

Die deutschen Wälder in Zahlen

Offiziell gibt es in Deutschland 11,4 Mio. ha Waldfläche. Das entspricht ca. 32% der Landesfläche. Davon sind 10,9 Mio. ha reine Waldfläche (baumbestandene Flächen, Holzboden) und 0,5 Mio. ha Holzlagerplätze, Wander- und Transportwege (Schneisen bis 5 m Breite) sowie Wildwiesen (Nichtholzboden). Nach der letzten Zählung gibt es aufgrund von Stichproben schätzungsweise 90 Mrd. Bäume in Deutschland. Sie bestehen aus 56% Nadel- und 44% Laubbäumen. Die vier häufigsten Baumarten sind die Nadelbaumarten Fichte (25%) und Kiefer (23%) sowie die Laubbaumarten Buche (16%) und Eiche (11%). Sie machen zusammen über 75% aller Bäume aus (BMEL 2021). Stiel- und Trauben-Eiche werden gemeinsam gewertet. Alle übrigen Baumarten werden zu den Gruppen »andere Nadelbäume« und »andere Laubbäume« zusammengefasst. Rund 72% der aufgenommenen Bäume sind älter als 60 Jahre. In der Erhebung 2020 wurden 10.076 Probebäume auf 416 Probeflächen untersucht (Thünen 2021a).

Nach Angabe der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Waldbesitzerverbände (AGDW) speichert der Wald rund 120 Mio. t CO_2 pro Jahr. Das sind bei einer Gesamtemission von 810 Mio. t. CO_2-Äquivalent (2019) etwa 15% aller Emissionen (vgl. Kap. 7.1). Die gesunden Wälder sind daher eine wichtige CO_2-Senke.

Schädigungen in Zahlen

Um eine Schädigung zu bewerten, gilt der Kronenzustand des Baums als ein geeigneter Indikator. Er zeigt den Gesundheitszustand des Baumes an. Als Baumkrone (auch Wipfel oder Zopf) bezeichnet man den oberen Teil eines Baumes, der mit Zweigen und Blättern bzw. Nadeln versehen ist. Nach der Waldzustandserhebung 2020 (BMEL 2021) weisen vier von fünf Bäumen eine Verlichtung der Krone auf, und zwar 79% der Fichten, 80% der Kiefern, 80% der Eichen und 89% der Buchen. Deutliche Verlichtungen werden bei 37% aller Bäume festgestellt. Als deutliche Verlichtung gilt, wenn ein Baum etwa ein Viertel seiner Nadeln oder Blätter vorzeitig verloren hat. *Abb. 3.1-1* zeigt die Ergebnisse seit Beginn der Waldzustandserhebung im Jahr 1984. Bis 1989 beziehen sich die Daten nur auf die alten Bundesländer. Die grünen Balken stellen den Anteil der gesunden Bäume (ohne Verlichtung) dar. Der gelbe Bereich gibt den Anteil der Bäume mit ersten

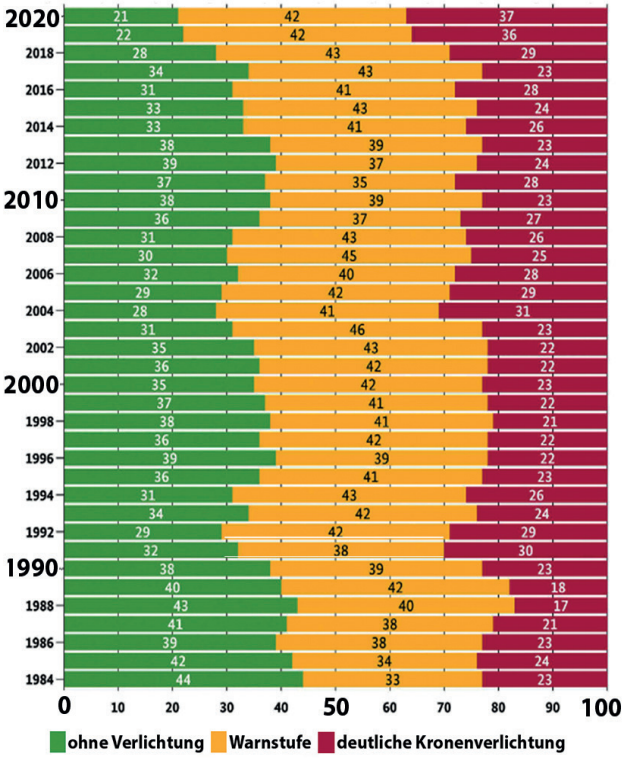


Abb. 3.1-1: *Entwicklung der Schadstufen aller Baumarten seit 1984 (aus BMEL 2021).*

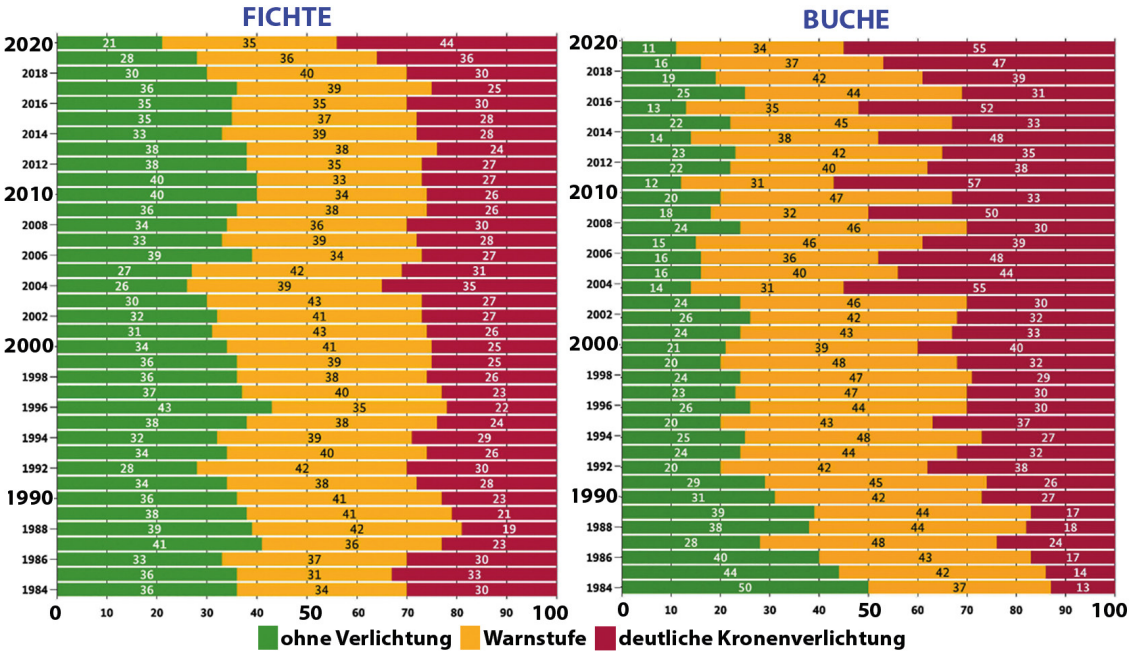


Abb. 3.1-2: Fichte (links) (Picea abies) & Buche (rechts) (Fagus sylvatica): Entwicklung der Schadstufenanteile seit 1984 (aus BMEL 2021).

Anzeichen von Schäden an. Der Anteil der Bäume mit deutlichen Schäden (deutliche Verlichtung) wird durch die roten Balken repräsentiert. Man erkennt trotz der Schwankungen von Jahr zu Jahr, dass die Anzahl der gesunden Bäume abnimmt und die der geschädigten Bäume zunimmt.

Alarmierend ist besonders der Zustand der Fichten (*Abb. 3.1-2*, links). Nur 1/5 der Bäume sehen gesund aus. Eine ähnliche Reaktion zeigt auch die Buche, die bisher als wenig anfällig gegen Hitze- und Trockenstress galt (*Abb. 3.1-2*, rechts). Zudem hat die Buche 2020 vermehrt Früchte gebildet, was zu weiteren Kronenverlichtungen geführt hat. Jahre mit verstärkter Fruchtbildung, die Mastjahre, nehmen bei der Buche zu, d.h. sie treten in immer kürzeren Abständen auf. Der Zustand der Eiche hat sich leicht verbessert, bleibt aber weiterhin besorgniserregend.

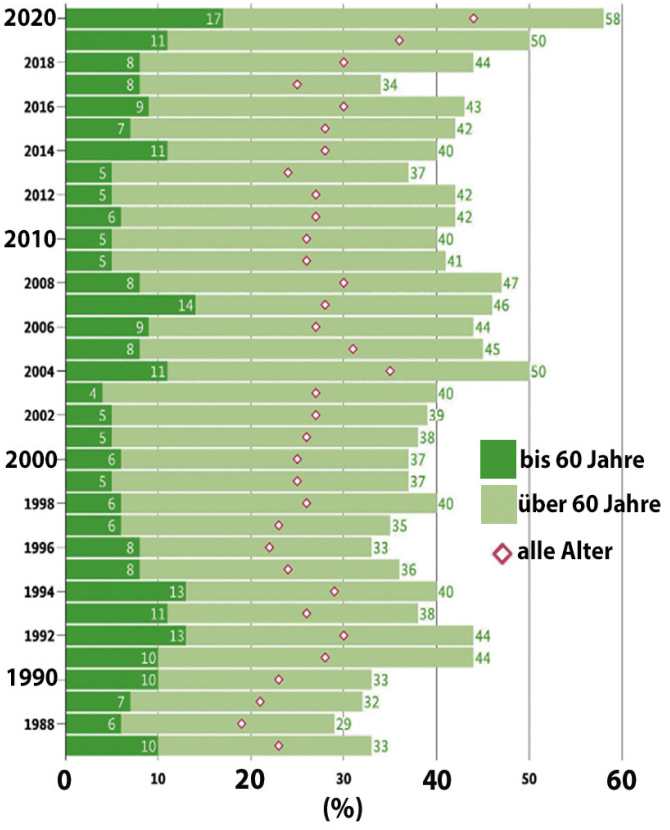


Abb. 3.1-3: Anteil der Fichte (in %) mit einer deutlichen Kronenverlichtung. Die Werte 1986-1989 beziehen sich nur auf die alten Bundesländer (aus BMEL 2021).

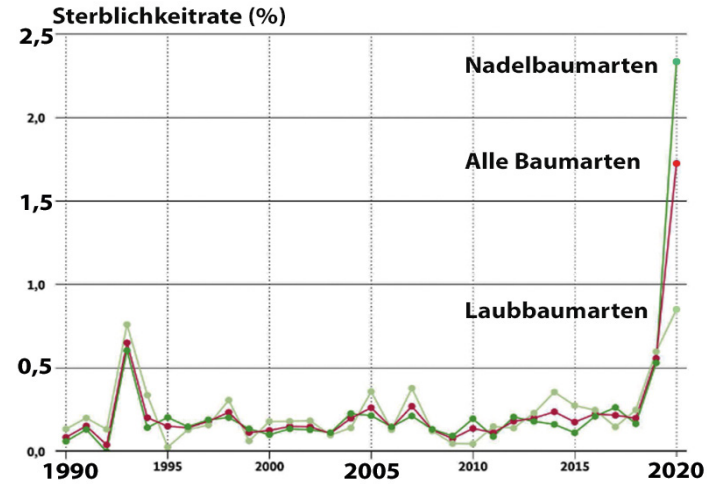


Abb. 3.1-4: Sterberate zusammengefasst für Laub- und Nadelbäume sowie für alle Bäume (aus BMEL 2021, leicht geändert).

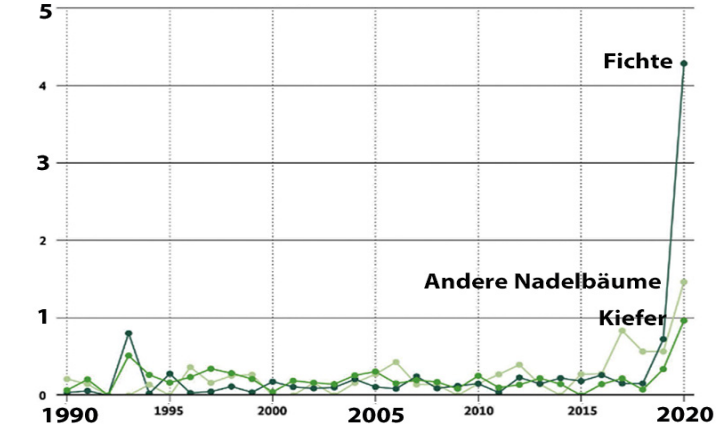


Abb. 3.1-5: Sterberate bei Kiefer, Fichte und der Gruppe »andere Nadelbäume« (aus BMEL 2021 leicht geändert).

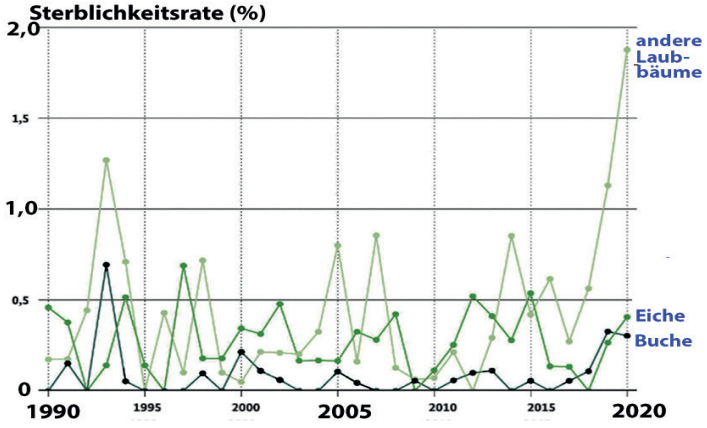


Abb. 3.1-6: Sterberate bei Eiche, Buche und der Gruppe »andere Laubbäume« (aus BMEL 2021 leicht geändert).

Vergleicht man *Abb. 3.1-1* und *3.1-2*, so kann man aufgrund der Länge der roten Balken erkennen, dass sich der Zustand der Fichte und Buche überdurchschnittlich verschlechtert hat.

Schädigung nach Alter der Bäume

Ältere Bäume sind in der Regel stärker von Kronenverlichtungen betroffen als jüngere. Am Beispiel der Fichte wird diese Entwicklung für den Zeitraum 1984-2020 in *Abb. 3.1-3* gezeigt. Daraus kann entnommen werden, dass die Anzahl der geschädigten Bäume im Laufe der Zeit deutlich zugenommen hat. Eine nähere Betrachtung ergibt, dass die dunkelgrünen Balken (Bäume <60 Jahre) keinen deutlichen Trend zeigen. Bei den hellgrünen Balken (Bäume >60 Jahre) ist dagegen eine Zunahme zu erkennen.

Sterberaten bei den Laub- und Nadelbäumen im Zeitraum von 1990-2020

Die Sterberate ist der Anteil der Bäume, die bei der Erhebung noch stehen, jedoch seit der vorhergehenden Erhebung abgestorben sind. Die Sterberate bei Nadel- und Laubbäumen war im Jahr 2020 überdurchschnittlich hoch und lag erheblich höher als in den Jahren davor. 2019 starben flächenhaft erstmals Fichtenbestände ab. Die Sterblichkeit hat sich im Jahre 2020 fortgesetzt. Das Thünen-Institut berichtet über erhebliche Verluste mit einer Dimension von mehreren Hunderttausend Hektar Schadfläche allein in den deutschen Wäldern (Thünen 2021b)

Abb. 3.1-4 zeigt die Sterberaten getrennt für Nadel- und Laubbäume und insgesamt. Die Sterberate bei den Nadelbäumen lag 2020 mit ca. 2,3% viel höher als bei den Laubbäumen mit einer Mortalität von ca. 0,8%. Im Mittel

Abb. 3.1-7: *Buchenwald - in gesundem Zustand auf der Schwäbischen Alb (Foto: SW Breckle, Sept.2020).*

Abb. 3.1-8: *Abgestorbene Fichten auf dem Brocken (Harz) (Autor: Hajotthu. Aus creative common licenses. Aufnahme: 31.8.2020).*

Abb. 3.1-9: *Kahlschlag nach Absterben aller Bäume an einem Südhang des Teutoburger Waldes (Foto: SW Breckle, April 2021).*

lag die Sterberate für alle Baumarten im Jahr 2020 bei 1,7%. Während die Sterberaten aller Bäume im Jahr 2019 leicht über 0,5% lag, waren die Sterberate in den Jahren davor mit Ausnahme des Jahres 1993 meist bei allen Baumarten zwischen 0,2-0,3%.

Die Sterberate bei den Nadelbäumen getrennt für Fichte, Kiefer und die Gruppe »andere Nadelbäume« wird in *Abb. 3.1-5* gezeigt. Mit Ausnahme des Jahres 1993 liegen alle Sterblichkeitswerte im Zeitraum von 1990-2016 unter 0,5%. Erst in den letzten Jahren ist ein Anstieg zu beobachten. Besonders steil ist der Anstieg der Sterberate bei der Fichte. 2019 betrug sie ca. 0,8% und 2020 über 4%. Die Sterberate bei der Kiefer ist dagegen nur leicht auf 1% im Jahr 2020 angestiegen. Die Gruppe „»andere Nadelbäume« zeigte einen leichten Anstieg der Sterberate seit 2017; sie lag im Jahr 2020 bei etwa 1,4%.

Die Sterberate bei Eiche, Buche und der Gruppe »andere Laubbäume« sieht ganz anders aus (*Abb. 3.1-6*). Die Sterberaten bei Buche und Eiche lagen in der Zeit von 1990-2020 fast immer unter 0,5%. Die Sterberate der Gruppe »andere Laubbäume« zeigt während der Jahre 1990-2018 leicht höhere Werte bei stärkerer Schwankung gegenüber Buche und Eiche. In den Jahren 2019 und 2020 nahm die Sterblichkeit in der Gruppe »andere Laubbäume« zu und betrug 2019 ca. 1,2% und 2020 ca. 1,8% (*Abb. 3.1-6*).

Ursachen der Waldschädigungen

Die Anzahl der auf die Wälder negativ wirkenden Faktoren ist groß. Daher sind die Ursachen der Waldschädigungen komplex und vielschichtig.

Luftverschmutzung

Die Bäume sind seit Jahrzehnten einer starken Luftverschmutzung ausgesetzt. Auch wenn die Luft in den letzten Jahren besser geworden ist, gelangen immer noch trotz Einbau von Abgasfiltern und Entschwefelungsanlagen aus den Industriebetrieben und Kraftwerken sowie aus den Auspuffen der Kraftfahrzeuge und den Kaminen der Häuser schädliche Stoffe in die Luft. Sie werden mit dem Wind über viele Kilometer transportiert und verteilt. Die Wälder wirken wie riesige Filter und halten die Schadstoffe aus der Luft zurück; sie bleiben dabei an den Nadeln und Blättern haften, werden teilweise aufgenommen und schädigen die Pflanzen. Zu diesen Stoffen gehören die Gase wie Stickstoffverbindungen (NO_x) und Schwefeldioxid. Beispielsweise bil-

det SO_2 nach der Oxidation in der Luft zu SO_3 und der Reaktion mit der Luftfeuchtigkeit Schwefelsäure. Sie gelangt mit Regen, Nebel oder Tau als »saurer Regen« in den Boden und führt zur Bodenversauerung, die eine Vielzahl von negativen Folgen für Bäume und Bodenorganismen hat. Das »Waldsterben« der 1980er und 1990er Jahre war vor allem durch die Schadgase und ihre Umwandlungsprodukte bedingt (Krahl-Urban et al. 1988). Eines dieser Produkte, das Ozon (O_3) und andere Photooxidantien wirken besonders schädigend, indem sie die Cuticula angreifen, die Wachsschicht, die das Vertrocknen der Blätter verhindert. Darüber hinaus schädigen sie die Chloroplasten und damit den Photosynthese-Apparat. Das führt zum frühzeitigen Vergilben der Blätter. Die Bäume wachsen langsamer, d.h. der Baum legt weniger Holz zu, die Jahresringe werden schmaler. Neben den Schadgasen müssen auch die erheblichen Schwermetalleinträge der früheren Benzinverbleiung und anderer Quellen erwähnt werden (Kahle & Breckle 1992). Durch die Säureeinträge werden die Schwermetalle in der Bodenlösung mobilisiert.

In den 1980er-Jahren war Schwefel aus den Kraftwerksabgasen das größte Problem. Nach dem Einbau von Entschwefelungsanlagen in den Heizkraftwerken und den Abgaskatalysatoren in Autos ist der Stickstoff zu einem bedeutenden Belastungsfaktor für den Wald geworden.

Durch die weitflächige Stickstoffzufuhr erfolgt eine Düngung aller Pflanzen. Dies ist am flächenhaften Auftreten von Stickstoff-Zeigerpflanzen zu erkennen (Brennessel, Brombeere, Himbeere, Holunder, Stinkender Storchschnabel, Knoblauchsrauke). Diese verdrängen in steigendem Maße die ursprünglichen Waldbodenpflanzen. Auch die Bäume werden überdüngt. Ernährungs- und Stoffwechselschäden der Bäume sind die Folge. Außerdem nimmt bei Stickstoffüberschuss die Frostresistenz der Bäume ab, und die Blätter werden für Schad-Insekten attraktiver.

Durch die Schadstoffeinträge und die übermäßige »Düngung« mit Stickstoff werden die Wald-Ökosysteme massiv beeinflusst. Beispielsweise sterben Pilze ab, die mit dem Baum in Symbiose leben (Mycorrhiza). Dadurch verlieren die Bäume die Vorteile aus der Symbiose bei der Wasser- und Nährstoffaufnahme. Aufgrund dieser zusätzlichen Belastung treten Schäden und Erkrankungen meist in solchen Waldflächen besonders auf, die ungünstigen Bedingungen ausgesetzt sind. Hierzu gehören sehr trockene Standorte und nährstoffarme Böden. Bäume an solchen Standorten stehen aus diesem Grund bereits unter Stress und werden aufgrund der Luftverschmutzung zusätzlich belastet.

Klimawandel

Seit Jahren erleben wir eine beschleunigte Erwärmung als Folge des Klimawandels. Während die mittlere jährliche bodennahe globale Temperatur im Vergleich mit dem langfristigen Mittelwert (1901-2000) um 1 K angestiegen ist, liegt die vergleichbare bodennahe Erwärmung in Deutschland bei 2 K und ist damit fast doppelt so hoch. Verbunden mit der Erwärmung hat sich auch der Wasserkreislauf verändert. Die Anzahl der Starkregenereignisse ist angestiegen, und die Perioden mit wenig Regen (Dürren) nehmen ebenfalls zu. Die letzten drei Jahre 2018-2020 waren sehr warm und teilweise sehr trocken. Nach der letzten Waldzustandserhebung wurde der Zustand der deutschen Wälder für das Jahr 2019 als sehr schlecht bewertet. Im Jahre 2020 hat sich diese Entwicklung noch dramatischer fortgesetzt (BMEL 2021). Waren schon bisher die klimatischen Bedingungen des mitteleuropäischen Buchenwaldklimas für die Fichte wenig geeignet, wie Walter & Breckle schon 1986 darlegten, so sind durch die aktuellen klimatischen Bedingungen für den Forstbaum Fichte die Standorte noch ungeeigneter geworden. Die Fichte ist eine boreale Baumart (Breckle & Rafiqpoor 2019), die in Mitteleuropa nur im montanen Bereich mit längerer Winterruhe und kühlen, feuchten Sommern einen geeigneten Standort findet. Schon die trockenen Sommer 1947, 1949 und 1983, 1984 hatten ein größeres Fichtensterben ausgelöst, aber in 2020 war es viel groflächiger (*Abb. 3.1-8 und -9*).

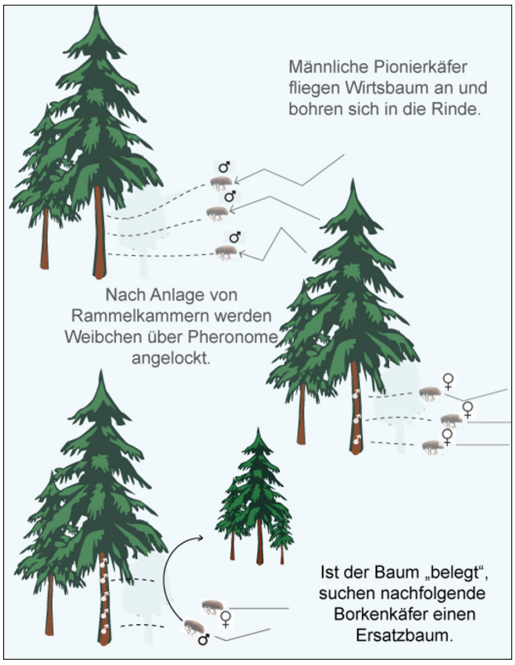
Schad-Organismen

Die hohen Temperaturen und die Trockenheit der letzten Jahre hat auch die Waldbrände begünstigt (s. Kap. 4.2). Die Häufigkeit der stärkeren Wetterextreme wie Stürme und auch Tornados zeigte einen zunehmenden Trend.

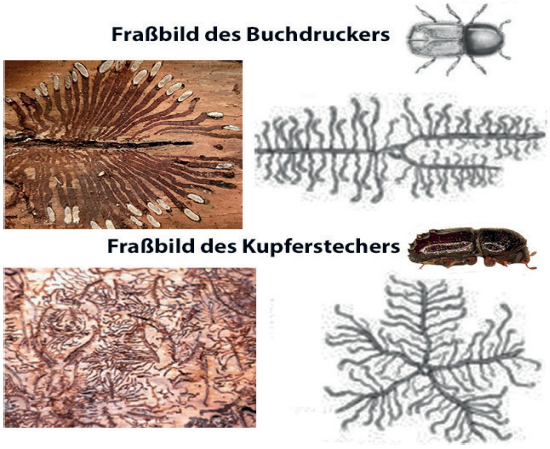
Weitere Schäden werden von Schad-Organismen wie Borkenkäfer (*Abb. 3.1-10*), Pilze und Schwammspinner verursacht. Der Fichtenborkenkäfer befällt als sekundäres Schadinsekt die u.a. durch Extremwetter (wie Sturm, Trockenheit) vorgeschädigten Fichten. Auch andere Baumarten können von Borkenkäfern befallen werden. Die Käfer fressen sich in das Holz des Baumes hinein, und als Folge verstopfen und unterbrechen sie die Leitungsgefäße (*Abb. 3.1-10*). Ferner begünstigen sie die Entwicklung von Fäulnis-Pilzen (wie Rotfäule) und deren Verbreitung von Baum zu Baum.

Die Borkenkäfer haben ein hohes Vermehrungspotenzial und ihre Entwicklung wird von der Klimaerwärmung positiv beeinflusst. Es kommt zu einem früheren Auftreten, höheren Vermehrungsraten, schnelleren Entwicklungszeiten sowie zur Ausbildung zusätzlicher Generationen. Abgestorbene Bäume, z.B. aufgrund

Abb. 3.1-10: *Unten links: Buchdrucker (Ips typographus) und Kupferstecher (Pityogenes chalcographus) und ihr Frassbild (rechts: Zeichnung, links: Foto). Zwei der wichtigsten Borkenkäfer. Diese beiden Arten haben sich in den Jahren 2018-2020 so massiv vermehrt, dass sie Fichtenwälder großflächig begünstigt durch Hitze, Trockenheit und Baumbruch bei den häufigen Stürmen zum Absterben gebracht haben. Die verschiedenen Borkenkäferarten erreichen eine Körperlänge von nur 0,9-8 mm. Rechts: wie kommt es zum Borkenkäferbefall? Bevorzugt werden schwache bzw. vorgeschädigte Bäume befallen. Wie sie durch die Insekten identifiziert werden, ist nicht bekannt. Der Käfer bohrt sich in die Rinde ein und legt eine so genannte Rammelkammer an. Danach sendet der Schädling Pheromone zur Anlockung seiner Artgenossen aus. Nach der Paarung legen die Weibchen Eier ab. Nach Larvenfraß und Verpuppung schlüpfen die Jungtiere. Dieser Zyklus einer Borkenkäfergeneration dauert je nach Bedingungen 7-10 Wochen. Pro Jahr gibt es 2-3 Generationen. In Nordrhein-Westfalen wurden im Extremjahr 2018 bis zu 4 Generationen beobachtet. Aus der Brut eines Weibchens werden im Laufe eines Jahres schätzungsweise 100.000-250.000 Individuen zur Welt kommen (s. Forst & Praxis 202).*



(Grafik: Dieter Kasang)



Links: Brutkolonie (Brutgänge) eines Buchdruckers nach Entfernung der Baumrinde mit einem zentralen Muttergang und seitlichen Larvengängen. Durch die Fraßgänge zerstören die Käferlarven den Kambiumbereich, was zum Absterben des Baums führt. Besonders im Reinhardswald hatten Förster und Forstwirte in den Jahren 2018-2020 damit zu kämpfen. Zuerst kam Sturmtief Sabine und dann die Käfer. Gebrochene Bäume durch den Sturm stellen reichlich Brutmöglichkeiten dar (Quelle: Wikipedia, Creative common licenses). Mit »Fanghaufen« wird die Ausbreitung der Käfer eingedämmt. Dazu werden infizierte Bäume mit Fanghaufen eingepackt. Mit Hilfe des männlichen Lockstoffs werden die Weibchen angezogen. Durch ein Kontaktgift werden die Tiere dann getötet.

Abb. 3.1-11: *Der Anfall an Holz ist durch die Kahlschläge abgestorbener Waldflächen nicht mehr bedarfsgerecht und muss zwischengelagert werden, Wiehengebirge (Foto: SW Breckle 2021).*

Abb. 3.1-12: *Schwammspinner-Raupe. Diese Art ist vor allem in den wärmeren Gebieten Europas und in Nordafrika verbreitet. Der vom Schwammspinner angerichtete Schaden wird durch die Raupen verursacht; sie bleiben nach dem Schlupf in Nähe des Nestes. Danach wandern sie in die Baumkronen, wo sie zuerst kleine Löcher in Blätter fressen; später fressen sie die ganzen Blätter. Bei einem Massenbefall verliert der Baum fast alle Blätter. Angefallen werden Obstbäume, aber auch Eichen und Hainbuchen. Geschädigte Bäume können sich erholen, wenn die Raupen das Fressen (Ende Juni) einstellen. Bei geschwächten Baumbeständen nach Krankheiten oder einer Dürreperiode kann auch der gesamte Baumbestand verloren gehen (Foto: Wikipedia - Creative common licenses).*

eines Sturms, stellen zusätzliches Brutmaterial zur Verfügung sowie Platz für die Massenvermehrung. Die Borkenkäfer können dann zu Primärschädlingen avancieren, und der Verlust großer Waldgebiete kann dann die Folge sein. Das angefallene Holz ist dann nicht mehr markt- und bedarfsgerecht (*Abb. 3.1-11)*.

Ein weiteres Beispiel für die Migration wärmeliebender Schadinsekten in bislang befallsfreien Regionen ist der Schwammspinner (*Abb. 3.1-12*). Er gehört zu den Schädlingen, deren massives Auftreten als Folge überdurchschnittlich warm-trockener Vegetationsperioden erklärt wird. Ein weiteres forstliches Schadinsekt, das aufgrund der Erwärmung häufig anzutreffen ist, stellt der Eichenprozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea*) dar (Krengel & Seidel 2016, Bräsicke & Wulf 2014).

Schlussbetrachtung

Da der überwiegende Anteil der Wälder in Deutschland zu Wirtschaftswäldern gehört, die im eigentlichen Sinne Forste sind, stehen die Verantwortlichen und die zuständigen Ministerien wie das BMEL vor der Pflicht, zügig mit geeigneten Maßnahmen auf die neue klimatische Situation zu reagieren. Sie müssen aufgrund der Bedeutung der Wälder für das Klima schnell umfassende Maßnahmen treffen, und das nicht zuletzt, weil der Umbau und Aufbau von stabilen Waldökosystemen viele Jahre (50-150) in Anspruch nehmen. Monokulturen müssen verschwinden. Gegen Trockenheit und Wärme resistente lokale Arten müssen bevorzugt werden. Der natürliche Aufbau und die Aufwuchs-Dynamik (mit Pioniergehölzen, Sekundär- und Primärwaldbaumarten – dem natürlichen Vorbild entsprechend) muss gefördert werden. Das wird auch als eine wichtige Verantwortung für zukünftige Generationen erwartet. Die zuständigen Institutionen stehen vor großen Herausforderungen, geeignete Anpassungsstrategien nicht nur zu entwickeln, sondern auch großflächig umzusetzen. Prognosen für die Zukunft sowie Empfehlungen aus der Wissenschaft stehen ausreichend zur Verfügung. Extreme Wetterereignisse wie Trocken- und Hitzeperioden werden in den nächsten Jahren zunehmen. Nur gesunde, angepasste Forste, Wälder und Urwälder können diese abmildern.

Literatur

BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2021): Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2020. Schäden haben weiter zugenommen. *https://www.bmel.de/DE/themen/wald/wald-in-deutschland/waldzustandserhebung.html*

BRÄSICKE, N. & A. WULF (2014): Über die Zunahme thermophiler Schadorganismen in den Wäldern – Umbaupläne müssen dies berücksichtigen. In: Lozán, J. L., Grassl, H., Karbe, L. & G. Jendritzky (Hrsg.). Warnsignal Klima: Gefahren für Pflanzen, Tiere und Menschen. 2. Auflage. *www.warnsignal-klima.de.* DOI: 10.2312/warnsignal.klima.gefahren-fuer-pflanzen-tiere-menschen.51

BRECKLE, S.-W. & M. D. RAFIQPOOR (2019): Vegetation und Klima. Springer/Heidelberg. 484 S.

FORST PRAXIS (2019): Kleines Einmaleins des Borkenkäfers. Bearbeitet durch Oliver Gabriel (März 2019). *https://www.forstpraxis.de/kleines-einmaleins-des-borkenkaefers/*

KAHLE & W.-W. BRECKLE (1992): Blei und Cadmiun - Zeitbombe in unseren Waldboden. Biologie in unserer Zeit. 22: 21-27.

KRAHL-URBAN, B., H. E. PAPKE, K. PETERS et al. (1988): Forest Decline. Jülich Nuclear Research Center. 137 S.

KRENGEL, S. & P. SEIDEL (2016): Über die Zunahme thermophiler Schadorganismen in Wäldern am Beispiel der Borkenkäfer. In: Lozán, J. L., S.-W. Breckle, R. Müller & E. Rachor (Hrsg.). Warnsignal Klima: Die Biodiversität. pp. 184-189. *www.warnsignal-klima.de.* DOI:10.2312/warnsignal.klima.die-biodiversitaet.30

THÜNEN (2021a): Kohlenstoffinventur 2017. Institut für Waldökosysteme. *https://www.thuenen.de/de/wo/projekte/waldmonitoring/projekte-treibhausgasmonitoring/kohlenstoffinventur-2017/* (Abgerufen am 10.9.2021).

THÜNEN (2021b): Zukunftsaufgabe Waldanpassung. *https://literatur.thuenen.de/digbib_extern/dn063364.pdf* (Abgerufen am 10.9.2021)

WALTER, H. & S.-W. BRECKLE (1986): Ökologie der Erde. Band 3: Spezielle Ökologie der Gemäßigten und Arktischen Zonen Nord-Eurasiens. 588 S.

Kontakt:

Dr. José L. Lozán
Wissenschaftliche Auswertungen
JL-Lozán@t-online.de

Prof. i. R. Dr. Siegmar-W. Breckle
Ökologie, Bielefeld
sbreckle@gmx.de

Lozán, J. L. & S.-W. Breckle (2021): Deutsche Wälder sind massiv geschädigt. In: Lozán J. L., S.-W. Breckle, H. Graßl & D. Kasang (Hrsg.). Warnsignal Klima: Boden & Landnutzung. S. 86-93. www.warnsignal-klima.de. DOI:10.25592/warnsignal.klima.boden_Landnutzung.12