

Die Weißtanne im Klimawandel – eine Baumart mit Zukunft

Neue Untersuchungsergebnisse zu Waldschäden an der Tanne

von Wolfram Elling

Die forstlichen Klassiker – etwa Wilhelm Leopold Pfeil, Karl Gayer und Karl Rebel – haben die Weißtanne als eine recht robuste Baumart dargestellt. Insbesondere haben sie die geringe Empfindlichkeit der Tanne gegenüber Dürreperioden betont. In der Zeit des Zweiten Weltkriegs hat sich diese Einschätzung geändert. Karl Dannecker, ein Pionier der naturgemäßen Waldwirtschaft, hat die Tanne damals als die „Mimose“ unter unseren Waldbaumarten bezeichnet. Das immer weiter um sich greifende Tannensterben schien ihm Recht zu geben. Seither wird die Tanne als besonders sensibel gegen ganz verschiedene Umwelteinflüsse betrachtet. Besonders wird ihr eine große Anfälligkeit gegenüber Trockenheit nachgesagt. Träfe dies zu, so wäre diese Baumart ganz besonders durch den laufenden Klimawandel gefährdet, denn es ist wegen der Erwärmung mit größerer Häufigkeit sehr warmer und zugleich sehr trockener Sommer zu rechnen. Dem dargestellten Widerspruch geht der folgende Beitrag nach. Unter Rückgriff auf neuere Untersuchungsergebnisse kommt der Verfasser zu dem Ergebnis, dass gesunde Tannen mit ihrem tiefreichenden Pfahlwurzelssystem für den sich abzeichnenden Klimawandel besser gewappnet sind als etwa die Fichten. „Mut zur Tanne!“ lautet daher sein Fazit.

Im Jahrringlabor der Fakultät Wald und Forstwirtschaft an der Fachhochschule Weihenstephan werden seit etwa 25 Jahren dendroökologische Untersuchungen an mehreren Baumarten durchgeführt, auch an der Tanne. Ein großer Teil der hier gewonnenen Ergebnisse beruht auf intensiv betreuten Diplomarbeiten über den Jahrringbau. Aus Alttannen der Baumklassen 2 (und teilweise auch 1) nach KRAFT (das sind: herrschende bzw. vorherrschende Bäume) wurden in Brusthöhe je zwei Bohrkern gewonnen und an diesen die Jahrringbreiten gemessen. Jede Stichprobe umfasst jeweils 20 Bäume auf dem einzelnen Standort. Die Probenahme erfolgte in ganz Bayern sowie in Teilen Baden-Württembergs, hier insbesondere im Schwarzwald. Insgesamt sind mehr als tausend Tannen untersucht worden.

Bei der Messung der Jahrringbreiten stellte sich rasch heraus, dass die meisten Tannen in Süddeutschland zwischen Anfang der 1960er Jahre und Ende der 1980er Jahre eine ausgeprägte Zuwachsdepression durchgemacht haben. Starke Verminderungen des Radialzuwachses von Bäumen können ganz verschiedene Ursachen haben (1). Lässt sich die Konkurrenz innerhalb von

Waldbeständen als Ursache rascher Zuwachseinbrüche weitgehend ausschließen, so kommen als Ursachen vor allem Schadeinflüsse durch Witterungsereignisse und Schadstoffbelastungen in Frage.

Weiter zeigte sich, dass die untersuchten Tannen während der bezeichneten Zuwachsdepression häufig Jahrringausfälle aufwiesen. Das ist bemerkenswert, denn bei Jahrringkurven von Tannen aus früheren Jahrhunderten, die dendrochronologisch datiert werden konnten, sind Jahrringausfälle nicht bekannt. Das hat mit dem großen Schattenertragnis der Tanne zu tun. Erst wenn Tannen jahrzehntelang unter extremem Schattendruck stehen und die Breiten der vorhandenen Jahrringe einen Grenzwert von etwa 0,2 Millimeter unterschreiten, muss mit Ausfällen gerechnet werden. Derartiges Material kommt bei den von uns untersuchten Bäumen nicht vor. Bei diesen beginnen Jahrringausfälle (abgesehen von einem Baum) frühestens im Jahr 1940. Nach einer längeren Pause setzen die Ausfälle nahe den Ballungsgebieten in den 1950er Jahren und weiter von diesen entfernt vor allem in den 1960er Jahren erneut ein. Der Zuwachszusammenbruch, den die meisten Tannen während der

1970er Jahre erfuhren, ist mit sehr zahlreichen Ringausfällen verbunden. Das gilt auch für Tannen der Baumklasse 1, die kaum durch die Konkurrenz von Nachbarbäumen beeinflusst waren. Während der 1980er Jahre klingen die Ringausfälle allmählich ab. Insgesamt sind an 38 Prozent der untersuchten Tannen Jahrringausfälle nachgewiesen (2).

Schädigungsgrad der Tanne ...

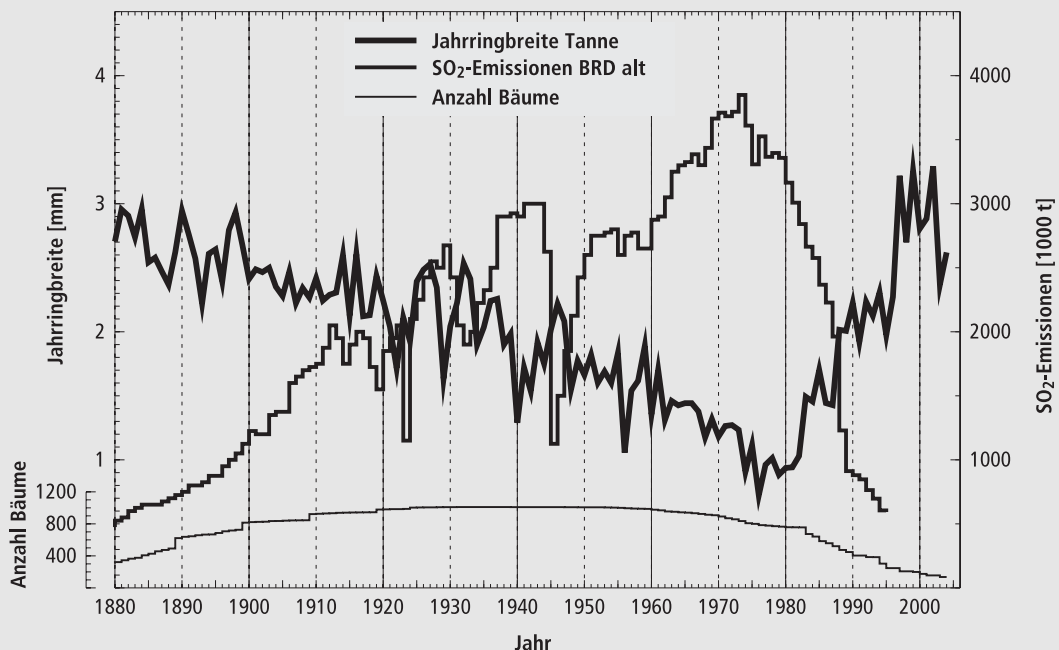
Bei der alljährlichen Waldzustandsaufnahme werden so genannte *Schadstufen* ermittelt. Diese beruhen auf dem in Prozent ausgedrückten Defizit der Benadelung/Belaubung sowie auf Vergilbungen und werden bezogen auf einen Baum ohne Kronenverlichtung bzw. Verfärbungen. Damit darf ein anderes Maß nicht verwechselt werden, das auf der Grundlage von Untersuchungen des Jahrringbaus entwickelt worden ist und das *Schädigungsgrad* genannt wird (1): Es bezeichnet den Prozentsatz der von Jahrringausfällen betroffenen Bäume in einer Stichprobe. Der Nachweis von Jahrringausfällen erfolgt durch dendrochronologische Datierung. Durch diese kann festgestellt werden, ob ein Bohrkern Jahrringausfälle aufweist oder nicht. Falls ja, ist deren Zahl genau zu ermitteln.

Bei der Weißtanne weist der so definierte Schädigungsgrad innerhalb von Bayern klare geographische Unterschiede auf und schwankt insgesamt zwischen 0

und 95 Prozent. Geringe Schädigungsgrade finden sich am Alpenrand. In den Bayerischen Alpen gibt es sogar Probeflächen ganz ohne Jahrringausfall. Besonders hohe Schädigungsgrade fallen auf in Nordwestbayern, Nordostbayern und entlang der Donau. Im übrigen Bayern kommen mittlere Schädigungsgrade vor. Dieses Muster ähnelt ganz demjenigen, welches das Bayerische Landesamt für Umweltschutz bei der Erfassung des Schwefelgehalts von Fichtennadeln im Zeitraum noch sehr hoher Belastung (1977–1982) durch Schwefeldioxid in Bayern flächendeckend erfasst hat. Bei den damals gegebenen Konzentrationen des Schwefeldioxids in der Luft sind diese in erster Linie bestimmend für den Schwefelgehalt von Fichtennadeln. Zwischen dem Schädigungsgrad von Tannen und dem Schwefelgehalt von Fichtennadeln hat sich eine höchst signifikante Beziehung ergeben (2).

Mittelt man die Jahrringbreiten von über tausend Alttannen in Süddeutschland, so erhält man eine charakteristische Entwicklung (Abb. 1). In geschlossenen Waldbeständen geht die Jahrringbreite der Bäume mit dem Alter in der Regel langsam zurück; dieses Absinken schwächt sich mit zunehmendem Alter allmählich ab. Im Gegensatz dazu verstärkt sich in der Abbildung der Rückgang der Jahrringbreiten ab etwa 1960 deutlich. Während der 1970er Jahre gab es dann eine ausgeprägte Zuwachsstagnation. In dieser Zeit kamen, wie bereits dargelegt, zahlreiche Jahrringausfälle vor. In dieser Zeit sind auch zahlreiche Tannen abgestorben. Im Lauf der

Abb. 1: Durchschnittliche Jahrringbreite der Tanne und Schwefelbelastung



1980er Jahre stiegen die Ringbreiten wieder an und in den 1990er Jahren erreichten sie vielfach höhere Werte als vor der Zuwachsdepression. Diese Entwicklung ist klar gegenläufig zur Emission von Schwefeldioxid in Westdeutschland (alte Bundesrepublik).

... und Belastung durch Schwefeldioxid

Die statistischen Beziehungen sprechen ganz eindeutig dafür, dass die Belastung durch Schwefeldioxid für Schädigung und Absterben von Tannen eine zentrale Rolle gespielt hat. Durch weitere Untersuchungen ist abgesichert worden, dass hinter diesen statistischen Beziehungen ein kausaler Zusammenhang steht. Diesem Zweck diente eine mathematische Modellierung der Jahrringbreiten. Eingangsdaten waren zunächst witterungsabhängige Daten: Die Temperatur der Vegetationszeit, das Wasserangebot während der Vegetationszeit (sehr sorgfältig modelliert anhand des in Tagesschritten berechneten Bodenwasservorrats) und extreme Winterfröste. Die Modellierung anhand dieser Einflussfaktoren kann zwar die Schwankungen der Ringbreiten von Jahr zu Jahr recht gut erklären, jedoch nicht die tiefe Zuwachsdepression mit Kern in den 1970er Jahren. Diese ist demnach nicht witterungsbedingt.

Erst wenn man die Belastung durch Schwefeldioxid als weiteren Faktor hinzunimmt, bildet die Modellierung auch die heftige Zuwachsdepression nach. Außerdem wurden mehrere Untersuchungen des Jahrringbaus im Einflussbereich von kohle- bzw. schwerölbeheizten Kraftwerken durchgeführt. Hier beruht die Belastung natürlich nicht allein auf dem Ausstoß der jeweiligen Kraftwerke, sondern diese kommt zur Belastung aus dem Ferntransport noch hinzu. Jeweils wenige Jahre nach Inbetriebnahme gehen die Jahrringbreiten drastisch zurück und es kommt zu Jahrringausfällen. Nach Stilllegung oder starker Verminderung des Ausstoßes von Schwefeldioxid steigen die Ringbreiten innerhalb von einem bis drei Jahren rasch wieder an. Daraus geht hervor, dass nicht die Bodenversauerung, sondern die Einwirkung gasförmigen Schwefeldioxids in erster Linie für die Schädigung der Tanne verantwortlich ist; andernfalls müsste nach einer Entlastung eine viel längere Verzögerung bei einer Erholung auftreten. Als ein Ergebnis der Untersuchungen ist ein neuer Grenzwert für Schwefeldioxid zum Schutz der extrem empfindlichen Tanne vorgeschlagen worden: 10 µg pro Kubikmeter Luft im Jahresdurchschnitt. Dieser Wert liegt deutlich niedriger als die von der IUFRO, dem Internationalen Verband Forstlicher Forschungsanstalten, und der EU festgesetzten Grenzwerte, welche den Schutz der Tanne nicht gewährleisten, wie schon lange bekannt ist (2, 3).

Komplexes Zusammenwirken mehrerer Ursachen

Der Einfluss der Belastung durch Schwefeldioxid auf die Schädigung der Tanne ist so stark, dass er aus dem Ursachenkomplex isoliert und so erfasst werden kann. Die Schädigung der Tanne darf jedoch keinesfalls als ein Vorgang betrachtet werden, der nur auf dieser einen Ursache beruht. Es handelt sich vielmehr um ein komplexes Zusammenwirken mehrerer Faktoren. So mindert die Belastung durch Schwefeldioxid die Frostresistenz von Tannen. Zwar ist diese Baumart gegen Winterfröste von Natur aus wesentlich empfindlicher als etwa die Fichte, jedoch haben die scharfen Einbrüche der Jahrringbreiten (bis hin zu Ringausfällen) nach den Frostwintern 1929, 1940 und 1956 keine Entsprechung in früheren Jahrhunderten. Die zunehmende Belastung durch Schwefeldioxid ist also an diesen heftigen Reaktionen von Tannen mit beteiligt. Weiter ist seit den Untersuchungen von Neger (1908) bekannt, dass stark geschädigte und absterbende Tannen fast immer von Hallimasch-Arten befallen sind (4). So kommt es zu einer Zerstörung der Pfahlwurzel, die Seitenwurzeln werden aber anscheinend verschont. Nach Berichten aus der Praxis bleibt möglicherweise der Verlust der Pfahlwurzel auch dann bestehen, wenn Tannen sich seit etwa 2 Jahrzehnten wieder erholen. Leider sind seit 100 Jahren keine wirklich gründlichen Untersuchungen an den Wurzelsystemen von Tannen mehr durchgeführt worden.

Die Zerstörung großer Teile des Wurzelsystems durch parasitische Pilze, zuletzt wohl durch Hallimasch-Arten, macht Tannen anfällig gegen Dürreperioden. Sie verlieren dadurch ihre von den Altmeistern gerühmte Widerstandsfähigkeit gegen Trockenheit. Nur deshalb kam es in und nach Trockenjahren immer wieder zu einem schubweisen Absterben von Tannen. Besonders deutlich war das als Folge des trockenen Sommers von 1976. Damals starben geschädigte Tannen massenhaft ab. Nach zwei Jahrzehnten der Erholung muss es bei Tannen auch zu einer gewissen Regeneration der Wurzelsysteme gekommen sein. Denn das Trockenjahr 2003 – das ähnlich einschneidend war wie 1976 – hat der Tanne nur wenig geschadet. Es sind nur einige Bäume abgestorben, die Ergebnisse der Waldzustandsaufnahme haben nicht deutlich reagiert und die Jahrringbreiten zeigen nur einen geringen Abfall im Jahr 2003. Es scheint, dass die Tanne wieder zu ihrer früher bekannten Widerstandsfähigkeit gegen Dürreperioden zurückfindet.

Erholung von Tannen

Die Verordnung über Großfeuerungsanlagen von 1983 schreibt deren Entschwefelung oder Stilllegung binnen fünf Jahren vor. Das war der entscheidende Schritt zur

Verbesserung der Umweltbedingungen für die Tanne, wenn auch die Emission von Schwefeldioxid schon ab Mitte der 1970er Jahre etwas vermindert worden ist. Seit Mitte bis Ende der 1980er Jahre erholen sich mittelalte Tannen und auch Alttannen, sofern sie zuvor nicht allzu stark geschädigt waren. Das zeigt sich an einem starken Rückgang der Absterberaten und an einem deutlichen Anstieg der Jahrringbreiten (Abb. 1). Das zeigt sich bei vielen Tannen auch äußerlich an einer deutlichen Zunahme der Nadeljahrgänge sowie an der Kronenform. Gesunde Tannen stellen erst in sehr hohem Alter von 200 oder mehr Jahren ihr Höhenwachstum nahezu ein. Da die obersten Äste weiter in die Länge wachsen, bildet sich eine abgeflachte Kronenform, die als Storchennest bezeichnet wird. Während der Phase starker Schädigung bildeten Tannen vielfach schon ab einem Alter von etwa 70 Jahren ein Storchennest. Das ist eindeutig krankhaft. Seit Jahren kann man nun Tannen beobachten, die aus dem Storchennest heraus erneut mit dem Höhenzuwachs beginnen. Das sieht oft aus wie ein aufgesetzter Christbaum und ist ein besonders gutes Merkmal für eine Erholung.

Fazit

Aus den dargestellten Ergebnissen sind zwei wichtige Botschaften abzuleiten:

Erstens: Der am Anfang dargestellte Widerspruch zwischen den Aussagen anerkannter Fachleute klärt sich somit auf: Gesunde ältere Tannen sind ziemlich robust. Sie leiden nur wenig unter den immer wieder auftretenden Dürreperioden. Aber sie haben eine Schwachstelle, sie sind nämlich extrem empfindlich gegen Schwefeldioxid. Nur in dieser einen Hinsicht kann man sie als „Mimosen“ bezeichnen. Kranke, langjährig durch Schwefeldioxid geschädigte Tannen büßen ihre Widerstandsfähigkeit gegen scharfe Winterfröste ein, erfahren eine starke Dezimierung ihrer Wurzelsysteme und werden erst dadurch anfällig gegen Dürre. Kranke Tannen werden dann also rundum zu „Mimosen“. Gesunde Tannen einerseits und langjährig durch Schwefeldioxid geschädigte Tannen andererseits unterscheiden sich wie zwei ganz verschiedene Baumarten. Nachdem das Pro-

blem der Emission von Schwefeldioxid bei uns gelöst ist, hat die Tanne wieder eine Zukunft. Das gilt auch unter den Bedingungen des laufenden Klimawandels, bei dem mit häufigeren und schärferen Dürreperioden zu rechnen ist. Diese kann eine gesunde Tanne mit ihrem tief reichenden Pfahlwurzelsystem weit besser überstehen als etwa die Fichte. Daher: Mut zur Tanne!

Zweitens: Zum Erlass der Verordnung über Großfeuerungsanlagen (1983) haben die öffentliche Debatte über das „Waldsterben“ und vor allem der Einsatz der Umweltverbände wesentlich beigetragen. Das war entscheidend für die Beendigung des rasanten Tannensterbens. Entschließt man sich also zu wirksamen Maßnahmen des Umweltschutzes, so können diese durchaus erfolgreich sein. Das sollte auch ein Ansporn sein, das noch Mögliche zu tun, um die Auswirkungen der laufenden Klimaänderung in Grenzen zu halten.

Anmerkungen

- (1) Elling, W.: Eine Methode zur Erfassung von Verlauf und Grad der Schädigung von Nadelbaumbeständen. Eur. J. For. Path. 17 (1987), S. 426–440.
- (2) Elling, W., Heber, U., Polle, A., Beese, F.: Schädigung von Waldökosystemen. Auswirkungen anthropogener Umweltveränderungen und Schutzmaßnahmen. München 2007.
- (3) Wentzel, K. F.: IUFRO-studies on maximal SO₂ immissions standards to protect forests. In: Ulrich, B., Pankrath, J. (Hrsg.): Effects of Accumulation of Air Pollutants in Forest Ecosystems. Boston, Tokyo 1983, pp. 295–302.
- (4) Neger, F. W. (1908): Das Tannensterben in den sächsischen und anderen deutschen Mittelgebirgen. Tharandter Forstl. Jb. 58 (1908), S. 201–225.

Autor

Prof. i. R. Dr. Wolfram Elling,
nach Beendigung der Lehrtätigkeit an der Fakultät Wald und Forstwirtschaft der Fachhochschule Weihenstephan weiterhin ehrenamtlich an Forschungsprojekten beteiligt.

Fachhochschule Weihenstephan
Fakultät Wald und Forstwirtschaft
Am Hochanger 5
85354 Freising
E-Mail: wolfram.elling@fh-weihenstephan.de

