

# Schädigung, Absterben und Erholung der Weißtanne

WOLFRAM ELLING

KARL GAYER schrieb 1898: „Die Tanne ist der Fichte gegenüber in Hinsicht der ihr drohenden Gefahren sehr begünstigt. Hat sie die Frostgefahr in der ersten Jugend überstanden, und ist sie hier vom Zahne des Wildes verschont geblieben, dann ist ihre weitere Existenz nur wenig bedroht“. Ein geradezu entgegengesetztes Urteil gab DANNECKER 1941 ab: „Die Weißtanne ist die feinführendste Holzart, die Mimose unserer Waldzonen“.

Wie konnte es zu derart divergierenden Ansichten von zweifellos kompetenten Fachleuten kommen?

## „Tannensterben“

Seit Mitte des 19. Jahrhunderts wurde ein Absterben von Tannen auf großen Flächen beobachtet. NEGER (1908) prägte dafür den Begriff „Tannensterben“. Eine Flut von Veröffentlichungen ist seither zu diesem Thema erschienen. Diese geben zwar die Ansichten ihrer jeweiligen Verfasser wieder. Nur selten jedoch wurden sie mit überzeugenden Argumenten untermauert und gründlich mit den gegensätzlichen Meinungen anderer Autoren verglichen.

Schädigung und Absterben der Weißtanne beruhen auf dem komplexen Zusammenwirken mehrerer Teilursachen. Darüber besteht heute weitgehend Einigkeit. Es genügt aber selbstverständlich nicht, wie oft praktiziert, die belegten oder auch nur vermuteten Teilursachen aufzuzählen. Vielmehr ist deren komplexes Zusammenwirken innerhalb eines vernetzten Systems deutlich zu machen. Umfangreiche dendroökologische Untersuchungen an unserem Fachbereich der FH Weihenstephan trugen hier zu einem besseren Verständnis bei. Im Ursachenkomplex des Tannensterbens spielen schwefelhaltige Immissionen eine entscheidende Rolle (ELLING 1993; ELLENBERG 1996). Zu Recht bezeichnete WENTZEL (1980) die Tanne als die gegenüber SO<sub>2</sub>-haltigen Abgasen „empfindlichste einheimische Baumart“ und demnach als einen besonders sensiblen Bioindikator.

Das Tannensterben begann nicht irgendwo, auch nicht einfach an der Nordgrenze der natürlichen Verbreitung der Tanne, sondern im hoch industrialisierten Sachsen. Dort war schon zu Beginn des 20. Jahrhunderts die flächenbezogene Emission an Schwefeldioxid höher als in der alten

Bundesrepublik zur Zeit ihres Höchststandes während der 1970er Jahre. Das Tannensterben breitete sich dann weiter aus im Frankenwald, im Fichtelgebirge und im nördlichen Oberpfälzer Wald. Ab Mitte der 1960er Jahre griffen dann Schädigung und Absterben von Weißtannen auch auf die industriefernen Gebirgslagen des Bayerischen Waldes und des Schwarzwaldes über, obwohl die Standortbedingungen für die Tanne dort weithin sehr günstig sind.

## Schwefelbelastung und Schädigungsgrad der Tanne

Untersucht man den Jahrringbau stärker geschädigter, herrschender Tannen mit dendrochronologischen Methoden, so lassen sich stets Jahrringausfälle in geringerer oder auch größerer Zahl nachweisen. Auf 40 Bohrkernen von je 20 Bäumen fehlten beispielsweise im Vorspessart, etwa 20 km östlich der Stadt Hanau, 263 Jahrringe. Dabei setzten die Ringausfälle bereits in der ersten Hälfte der 1950er Jahre ein. Im Gegensatz dazu zeigt ein kaum geschädigter Tannenbestand im Inneren der Bayerischen Alpen (Forstamt Mittenwald) überhaupt keinen Jahrringausfall. Drückt man den Anteil der jeweils von Jahrringausfällen betroffenen Tannen in Prozent aus, so erhält man ein Maß für den Schädigungsgrad. Dieser schwankt in Bayern zwischen den Extremwerten von 0 und 95 %. Ein Maß für die regionale Belastung mit schwefelhaltigen Immissionen liefert der Schwefelgehalt von Fichtennadeln in einem vom Bayerischen Landesamt für Umweltschutz betriebenen Bioindikatornetz.

Setzt man den für zahlreiche untersuchte Tannenbestände in Bayern ermittelten Schädigungsgrad in Beziehung zur regionalen Belastung mit schwefelhaltigen Immissionen während des Hochstandes der Immission (1977 bis 1982), so ergibt sich ein hoch signifikanter Zusammenhang. Weitere Befunde sprechen dafür, dass hinter dieser statistischen Beziehung auch ein kausaler Zusammenhang steht (ELLING 1993; ELLENBERG 1996).

In der kontroversen Diskussion darüber wurde diese These mehrfach unter Hinweis auf einen SO<sub>2</sub>-Grenzwert der IUFRO zum Schutz von Wäldern auf schwierigen Standorten in Höhe von 25 µg/m<sup>3</sup> als Jahresmittel abgelehnt. Dabei ließ man außer Acht,

dass dieser Grenzwert nicht einmal Fichtenwälder zuverlässig schützen kann, geschweige denn die viel empfindlichere Tanne (WENTZEL 1983a, 1983b). Ein Grenzwert zum Schutz der Tanne muss daher bei einem Jahresmittel von etwa  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  angesetzt werden, ähnlich wie bei empfindlichen Flechtenarten.

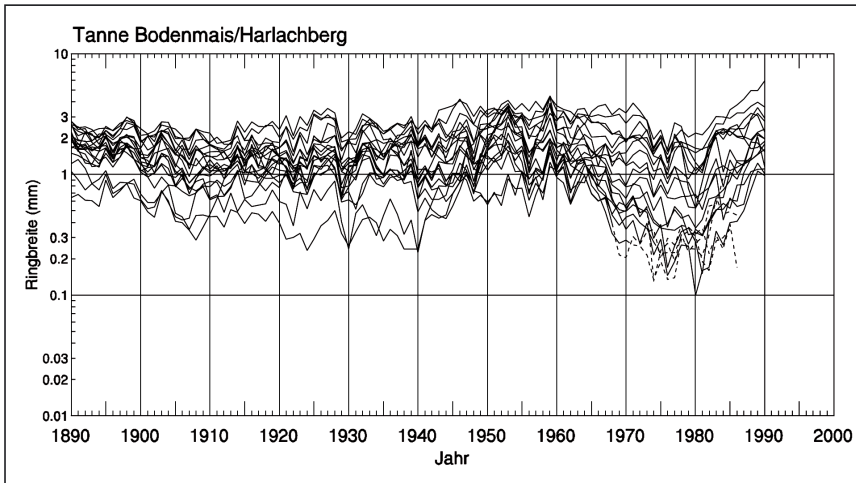


Abb. 1: Jahrringbreitenkurven von Tannen im Vorderen Bayerischen Wald (Bodenmais/Harlachberg, 850 m ü.NN.) mit Zuwachsdpression; es handelt sich hier nur um Tannen der Baumklasse 1 nach Kraft, bei denen die Konkurrenz von Nachbarbäumen gar keine Rolle spielt (gestrichelte Kurven: nicht mehr synchron wegen Jahrringausfällen) (NACH KÖLBL UND NEUMANN 1991)

Die Verordnung über Großfeuerungsanlagen von 1983 führte bundesweit bis 1988 zu einer drastischen Reduktion der Emission von Schwefeldioxid. Für Bayern wirkten sich zusätzlich die Einstellung der Förderung der Oberbayerischen Pechkohle 1971 und der Oberpfälzer Braunkohle 1982 sehr positiv aus. Im Lauf der 1980er Jahre begann nach dieser Entlastung der Holzzuwachs der Tanne erneut anzusteigen - nach einer lang anhaltenden Zuwachsdpression (Abb. 1). Im unmittelbaren Einflussbereich der  $\text{SO}_2$ -Immission von Kraftwerken ist dies besonders deutlich zu sehen (Abb. 2 und ELLING 2001).

## Ursachenkomplex der Tannenschädigung

Als antreibender Faktor spielt die Immission von Schwefeldioxid eine zentrale Rolle für die Schädigung der Tanne. Dies ist aber nicht monokau-

sal zu verstehen. Vielmehr ist die Schwefelbelastung mit weiteren Ursachenfaktoren verflochten.

So führt die Einwirkung von Schwefeldioxid offenbar direkt zum Abwurf älterer Nadeljahrgänge. Die Immission steigert die schon von Natur aus gegebene Empfindlichkeit der Tanne gegen scharfen Winterfrost enorm. Daher kam es gerade nach

den Frostwintern 1940 und 1956 zu heftigen Zuwachseinbrüchen (Abb. 1 und 2) und nicht selten auch zu Jahrringausfällen, ja sogar zum Absterben von Tannen. Eine Unterversorgung der Wurzel mit Assimilaten bei verlichteter Krone ist im Zusammenhang zu sehen mit dem Befall durch parasitische Pilze. Leider wurde dieser Bereich nur ungenügend untersucht. Klar ist allerdings seit langem (NEGER 1910), dass Hallimasch-Arten in der Endphase des Tannensterbens eine wichtige Rolle spielen. Ist das Wurzelsystem weitgehend zerstört, so können die

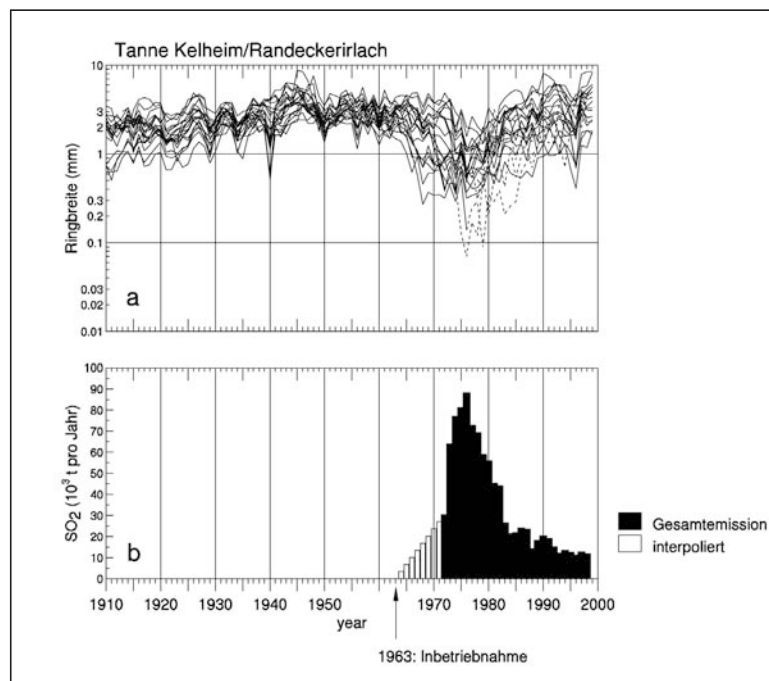


Abb. 2: a) Jahrringbreitenkurven (20 Radienkurven) von Tannen im Forstamt Kelheim, Abt. Randeckerirlach mit deutlicher Zuwachsdpression (gestrichelte Kurven: nicht mehr synchron wegen Ringausfällen); b)  $\text{SO}_2$ -Emissionen des Raffinerie- und Kraftwerk-Komplexes Ingolstadt-Neustadt (nach ELLING, R. 2000)

betroffenen Tannen Dürreperioden nicht mehr schadlos überstehen. Deshalb führte beispielsweise das Trockenjahr 1976 zu einem massenhaften Absterben von Tannen. Das steht jedoch im vollkommenen Widerspruch zu den Reaktionen von Tannen in der Zeit vor einer wesentlichen Belastung durch die SO<sub>2</sub>-Immission. Auf einem Feuerletten-Standort in Mittelfranken (Forstamt Dinkelsbühl) büßte die Tanne im Trockenjahr 1934 demnach nur wenig an Zuwachs ein, während Fichten nur einen extrem schmalen Jahrring bildeten.

Unser Datenmaterial enthält zahlreiche weitere Beispiele, die die geringe Empfindlichkeit der Tanne gegenüber Dürre in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts belegen (ELLING 1993). Diese decken sich in ihrer Aussage mit einer Erkenntnis von REBEL. Er schrieb 1922 über Tanne und Fichte auf Weißjura-Standorten: „...wo oben am Hang der Boden oberflächlich zur Trockenheit neigt, dort wandelt sich der Fichten-Standort zum Tannen-Standort. .... Auf den heißen Südwest-Hängen des Jura gut aushaltend und hauptständig werdend, hat die Tanne auch im Trockenjahr 1911 keine Abgänge gehabt, sehr im Gegensatz zur Fichte“.

Die eingangs gestellte Frage, wie anerkannte Fachleute zu so weit auseinander liegenden Urteilen über die Tanne kommen konnten, lässt sich nun beantworten. Die gesunde Tanne und die durch langjährige SO<sub>2</sub>-Immission geschädigte Tanne verhalten sich wie zwei völlig verschiedene Baumarten. Die Beobachtungen von GAYER UND REBEL stammen aus einer Zeit, zu der in Bayern die Schadstoffbelastung der Luft noch unbedeutend war. Am Anfang des 2. Weltkriegs, als DANNECKER sich äußerte, hatten die Immissionen bereits ein hohes Maß erreicht (ELLING 1993). Deren Zusammenwirken mit den Frösten des Winters 1939/1940 rief dann auf mehreren Standorten in Bayern die ersten Jahrringausfälle bei herrschenden Tannen hervor.

## Mut zur Tanne

Leider ist der seit den 1980er Jahren - parallel zur Entlastung von Schwefeldioxid - wieder ansteigende Zuwachs der Tanne nicht einfach mit einer Erholung der Tanne gleich zu setzen. Manche Tannen sterben nach einem vorübergehenden Zuwachsanstieg schließlich doch ab. Das liegt vermutlich daran, dass die Tannen eine weit gehende Zerstörung des Wurzelsystems auch nach einer Entlastung von Immissionen nicht ohne Weiteres rückgängig machen können. So sehen wir bei Alttannen eine auseinander laufende Entwicklung: Manche erholen sich, andere kränkeln, wieder andere sterben ab, vor allem wenn Frost und Dürre als Stressfakto-

ren wirksam werden. Mittelalte Tannen dagegen erholen sich in der Regel. Wir können sagen, sie seien nach der Reduktion des SO<sub>2</sub>-Ausstoßes „über den Berg“. Die laufende Klimaänderung wird gesunde Tannen weit weniger belasten als Fichten. Der Tanne fällt deshalb künftig in unseren Wäldern eine wichtige Rolle zu. Daher: Mut zur Tanne!

## Literatur

- DANNECKER, K. (1941): Daseinskampf der Weißtanne in ihren Heimatgebieten. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 117, S. 129-148
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 5. Auflage, E. Ulmer, Stuttgart, S. 376-378
- ELLING, R. (2000): Reaktionen der Tanne auf Belastung durch Schwefeldioxid an einem Beispiel im Raum Kelheim. Facharbeit Camerloher-Gymnasium, Freising, 31 S.
- ELLING, W. (1993): Immissionen im Ursachenkomplex von Tannenschädigung und Tannensterben. Allgemeine Forstzeitung 48, S. 87-95
- ELLING, W. (2001): Emissions of power plants and growth of silver fir. In: KAENNEL DOBBERTIN, M.; BRÄKER, O.U. (Hrsg.) (2001): International Conference Tree Rings and People. Davos, 22-26 September 2001, Abstracts. Birmensdorf, Swiss Federal Research Institute WSL
- GAYER, K. (1898): Der Waldbau. 4. Auflage, Parey Verlag, Berlin
- KÖLBL, H.; NEUMANN, M. (1991): Jahrringuntersuchungen und Erfassung von Kronenmerkmalen an Fichte (*Picea abies*) und Tanne (*Abies alba*) am Forstamt Bodenmais. Diplomarbeit Fachhochschule Weihenstephan
- NEGER, F.W. (1908): Das Tannensterben in den sächsischen und anderen deutschen Mittelgebirgen. Tharandter Forstliches Jahrbuch 58, S. 201-225
- NEGER, F.W. (1910): Über bemerkenswerte, in sächsischen Forsten auftretende Baumkrankheiten. Tharandter Forstliches Jahrbuch 61, S. 141-167
- REBEL, K. (1922): Waldbauliches aus Bayern. 1. Band, C. Huber, Diessen
- Wentzel, K.F. (1980): Weißtanne = immissionsempfindlichste einheimische Baumart. Allgemeine Forstzeitung 35, S. 373-374
- WENTZEL, K.F. (1983a): Maximale SO<sub>2</sub>-Konzentrationswerte zum Schutze der Wälder. Aquilo Ser. Bot. 19, S. 167-176
- WENTZEL, K.F. (1983b): IUFRO-Studies on Maximal SO<sub>2</sub> Immissions Standards to protect Forests. In: ULRICH, B.; PANKRATH, J. (Hrsg.) (1983): Effects of Accumulation of Air Pollutants in Forest Ecosystems, S. 295-302. D. Reichel Publishing Company, Boston, Tokyo