

F B V A - B E R I C H T E
Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt

Nr. 39

1989

DAS TANNENSTERBEN IN EUROPA
Eine Literaturstudie mit kritischer Stellungnahme

ODC 48:174.7:(4)

Hannes KREHAN

Herausgeber
Forstliche Bundesversuchsanstalt in Wien

in Kommission bei
Österreichischer Agrarverlag, A-1141 Wien

Herstellung und Druck
Forstliche Bundesversuchsanstalt
A-1131 WIEN

Copyright by
Forstliche Bundesversuchsanstalt
A-1131 WIEN

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet
Printed in Austria

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. EINLEITUNG	5
2. SYMPTOME DES TANNENSTERBENS	5
2.1 Kronenverlichtung	7
2.2 Storchennestkrone	8
2.3 Wasserreiser (Klebäste)	8
2.4 Pathologischer Naßkern	9
2.5 Wurzelschäden	10
2.6 Andere Symptome	10
3. GEOGRAPHISCHE AUSDEHNUNG UND GESCHICHTLICHE ENTWICKLUNG	11
3.1 Böhmen, Mähren, Slowakei	16
3.2 Frankenwald, Thüringerwald, Fichtelgebirge	17
3.3 Sachsen, Erzgebirge	17
3.4 Polen (Schlesien, polnisches Mittelgebirge)	18
3.5 Bayern (Bayerischer Wald, Bayerische Alpen)	19
3.6 Baden-Württemberg (Schwarzwald, Süd-Westdeutsches Alpenvorland, Schwäbische Alp)	19
3.7 Schweiz	20
3.8 Österreich	21
3.8.1 WIENERWALD	21
3.8.2 VORARLBERG (nordwestlicher Alpenrand)	22
3.8.3 ALPENVORLAND, VOR- und RANDALPEN	23
3.9 Südeuropa (Italien, Jugoslawien)	26
3.10 Vogesen, Elsaß	27
3.11 Gesamtbetrachtung	28
4. URSACHEN DES TANNENSTERBENS	29
4.1 Mögliche Primärursachen	29
4.1.1 TROCKENPERIODEN, DÜRRE	29
4.1.2 FROST	30
4.1.3 BEWIRTSCHAFTUNGSMETHODEN	31
4.1.4 IMMISSIONSBELASTUNG	32
4.1.5 MIKROORGANISMEN	34
4.1.5.1 Wurzelpathogene Pilze	34

	Seite
4.1.5.2 Nematoden	35
4.1.5.3 Viren	35
4.2 Sekundäre oder lokal-begrenzt wirksame Ursachen	35
5. SCHLUSSBEMERKUNGEN	36
6. ZUSAMMENFASSUNG	37
7. LITERATURVERZEICHNIS	39

DAS TANNENSTERBEN IN EUROPA
Eine Literaturstudie mit kritischer Stellungnahme

von
Hannes KREHAN

1. EINLEITUNG

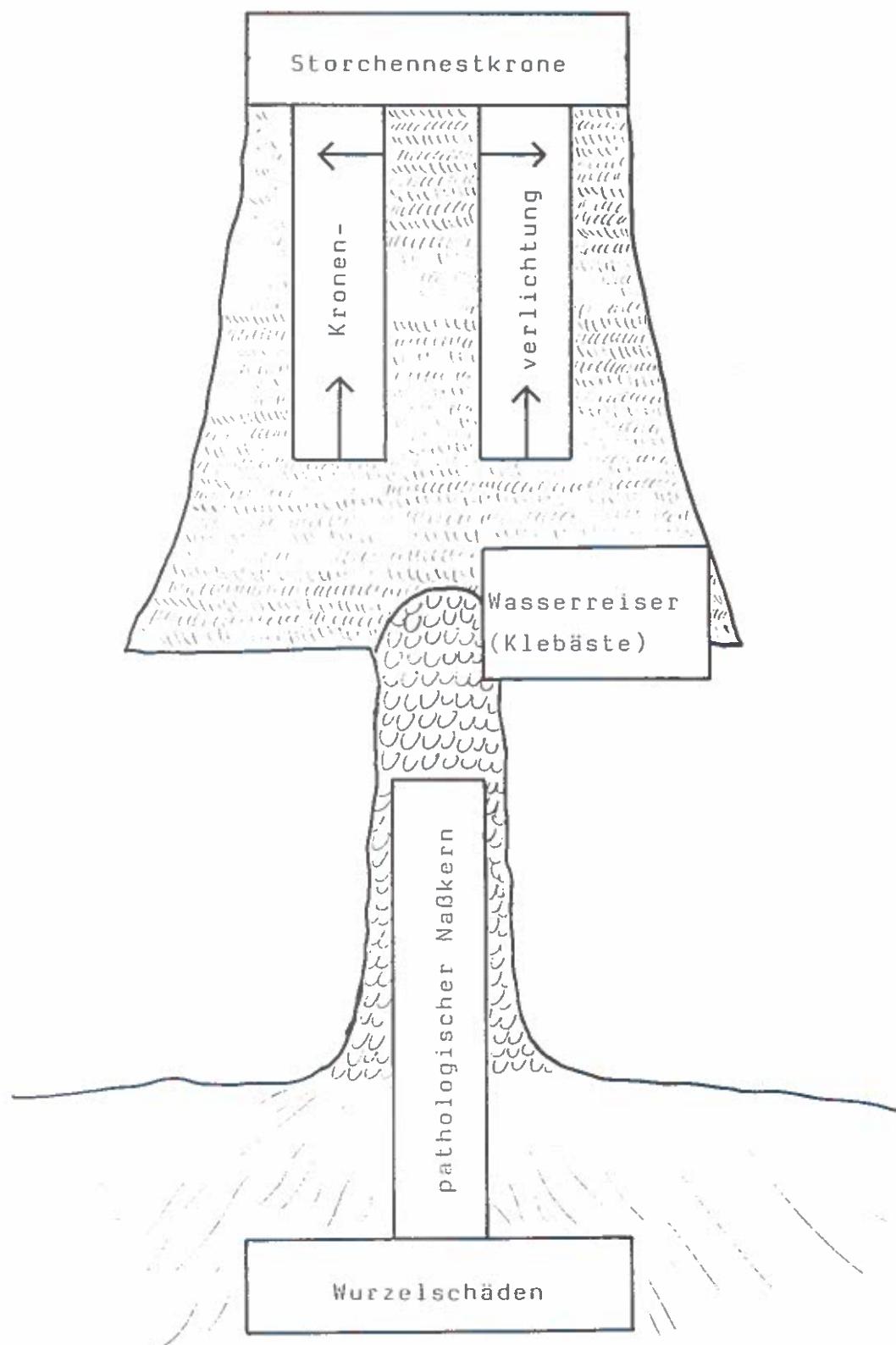
Absterbeerscheinungen bei Weißtanne (*Abies alba* Mill.) sind in den Wäldern Europas ein Phänomen, das Forstwissenschaftler, aber auch direkt davon betroffene Forstpraktiker schon seit vielen Jahrzehnten beschäftigt, ohne aber bis heute eine eindeutige, d.h. verallgemeinerbare Ursache für diese Krankheit anführen zu können.

Es handelt sich um ein Krankheitssyndrom und äußert sich durch charakteristische Symptome, welche von zahlreichen Autoren schon seit über 100 Jahren in gleicher Weise beschrieben worden sind. Es ist daher die Frage zu klären, inwieweit die das Tannensterben hervorruenden Schadeinflüsse mit den heute viel diskutierten so genannten "neuartigen" (immissionsbedingten) Waldschäden in direktem Zusammenhang gebracht werden können.

2. SYMPTOME DES TANNENSTERBENS

Die für das sogenannte "Alttannensterben" charakteristischen Symptome sind in Abb. 1 zusammengestellt. Man spricht deshalb von "Alttannensterben", weil diese typischen Schäden erst etwa ab der III. Altersklasse beobachtet werden. Für das Absterben von Jungtannen, das in den letzten 100 Jahren immer wieder in bestimmten Tannenarealen Mitteleuropas festzustellen war, zeichneten in den meisten Fällen die Tannenwolläuse *Dreyfusia nüsslini* = *Dreyfusia nordmanniana* bzw. *Dreyfusia piceae* verantwortlich. Diese Tannentrieb- bzw. -rindenläuse vermögen zwar auch Alttannen zu be-

Abb.1: TYPISCHE SYMPTOME DES "ALTTANNENSTERBENS"



fallen, werden aber dann als sekundär angesehen (vgl. H4, H5, E3, E4)¹.

Außerdem äußert sich der Befall der Tanne durch *Dreyfusia* spp. mit Symptomen (z.B. Absterben der Krone von oben nach unten, Nadelverkrümmungen; H4, S5), die von den für das Altannensterben typischen Schadssymptomen zum Teil abweichen.

2.1 Kronenverlichtung

Die Kronenverlichtung schreitet bei der Tanne in der Regel von innen nach außen, und von unten nach oben fort, sodaß letztlich bei stark geschädigten Tannen nur noch das oberste Wipfelstück grüne Nadeln trägt (soferne mittlerweile keine Wasserreiserbildung entlang des Stammes erfolgt ist).

Als wichtiges Unterscheidungsmerkmal zwischen gesunden und kranken Tannen wird die Anzahl der Nadeljahrgänge angesehen. Sie wurde bei gesunden, bzw. äußerlich gesund erscheinenden Tannen zwischen 7 und 12, und bei kranken mit durchschnittlich 4,7 angegeben (B3, A1). KÖNIG (K1), der in seinen Untersuchungen bei stark geschädigten Tannen sogar nur durchschnittlich 2,7 Nadeljahrgänge zählte, sieht eine enge Korrelation zwischen Verlichtungsgrad und Anzahl der Nadeljahrgänge.

In diesem Zusammenhang sei noch erwähnt, daß die Nadeln kranker Tannen lange grün bzw. nur gering verfärbt bleiben, ehe sie "plötzlich" abfallen (G2, W2). Diese Tatsache steht in strengem Gegensatz zu Schadssymptomen hervorgerufen durch Frost (K8, M10), Dürre (W2) aber auch durch direkte Einwirkung hoher Schadstoffkonzentrationen (G1, W8).

1. nach diesen Kennzeichen kann im rückwertigen Literaturverzeichnis der bezugnehmende Text gefunden werden.

2.2 Storchennestkrone

Die frühzeitige Ausformung einer Storchennestkrone - d.h. ein ungestörtes Wachstum der Seitenzweige erster Ordnung bei deutlicher Stauchung des Gipfeltriebes (S17) - gilt als ein weiteres wichtiges Schadsymptom. Diese Abflachung der Krone wird vielfach als typische Alterserscheinung angesehen, tritt sie jedoch bereits bei Tannen jüngerer und mittlerer Altersklassen auf, also bei Tannen unter 100 Jahren, wird dies als pathologische Seneszenz bezeichnet.

Als Maß zur Bestimmung der Storchennestkronen ausformung benutzten SCHUCK et al. (S10) den sogenannten Trieblängenquotienten, welcher sich aus dem Verhältnis der letzten fünf Jahreslängenzuwächse der Hauptachse zu den entsprechenden Zuwachsen bei den Seitentrieben der 10.-14. Astquirle (vom Wipfel her gezählt) ergibt.

Gegen die allgemeine Auffassung, die Storchennestbildung sei eine normale Alterserscheinung, wehrte sich unter anderem schon 1933 SEDLACZEK (S23) vehement und führt als Begründung einige Beschreibungen von Altannen an, die selbst 500-jährig eine kegelförmige Krone wie die Fichte aufwiesen.

In den letzten Jahren persönlich durchgeführte forstpathologische Untersuchungen an Tannenprobeflächen in Österreich haben ergeben, daß die Ausbildung einer Storchennestkrone kein irreversibler Prozeß sein dürfte. Zahlreiche Tannen haben einen "neuen Spitz" (Wipfel) aufgesetzt, was auch durch das Ansteigen der gemessenen Jahrestrieblängen der Hauptachse bestätigt werden konnte.

2.3 Wasserreiser (Klebäste)

Die Linde besitzt die Fähigkeit, den Verlust lebenswichtiger Nadelmasse - KRAUSS (K8) spricht von einem kritischen Punkt bei etwa 70 % Benadelung - durch Austreiben von schlafenden (Proventiv-) Knospen am Stamm, in dessen unmittelbaren Nähe an Ästen, aber auch an ein- bis mehrjährigen Trieben aller Zweige wettzuma-

chen (L7, W8, P2). Sie kann damit den Schwächungsprozeß durch die Bildung dieser Ersatztriebe, welche auch "Wasserreiser" oder "Klebäste" genannt werden, bremsen (B13).

Zahlreiche Autoren (z.B. B4, M9, S13) sehen allerdings in der Bildung von Wasserreisern kein sicheres Krankheitsmerkmal, da auch zahlreiche offensichtlich gesunde Tannen solche bilden können, vor allem dann, wenn sie z.B. nach einer Freistellung über höheres Lichtangebot verfügen (L7).

2.4 Pathologischer Nasskern

An Stammquerschnittsflächen (vor allem an der Stammbasis) von Tannen lassen sich zwei verschiedene Typen von Naßkernbildungen unterscheiden:

Die eine Art von Naßkernen - sie wird in der Literatur als "normaler" Naßkern bezeichnet - entsteht an Totästen, setzt sich in Richtung Stammbasis fort (S10), ist von kreisrunder Gestalt, meist geruchlos und bleibt auf die Kernzone beschränkt (S13).

Der pathologische Naßkern hingegen nimmt seinen Anfang an Wunden des Grob- und Feinwurzelsystems, er ist in weiterer Folge sowohl an Wurzel(quer)schnittflächen als auch Stammquerschnittflächen erkennbar. Er hat zunächst eine spindelförmige Gestalt, ist an der Infektionsstelle der Wurzel am dicksten, und verschmilzt meist mit anderen Naßkernen ehe er sich bis in den Stockbereich ausbreitet (S19). Er ist in Farbe und Gestalt unregelmäßig ausgebildet, und breitet sich auch im Splintbereich aus (S13). Sein übler Geruch ist auf die Besiedlung von Bakterien zurückzuführen, die durch ihre Stoffwechselprodukte wie z.B. Essig-, Propion- und Buttersäure die Parenchymzellen schädigen (B12).

Die Tanne besitzt die individuell verschieden stark ausgeprägte Fähigkeit, die Ausdehnung des Naßkernes in den wasserleitenden Splintbereich durch Kompartimentbildung (lebendes Markstrahlgewebe) abzuriegeln (S19). Diese Fähigkeit, eben einen schützenden

Trockenring um den Naßkern zu bilden, ist bei gesunden Tannen größer als bei kranken (S9).

2.5 Wurzelschäden

Fast alle Autoren die im Zuge ihrer Arbeiten über das Tannensterben auch die Wurzeln untersuchten (-hier einige Kennzeichen der wichtigsten: A2, B3, B6, B7, B8, C2, C3, C4, C8, K7, K8, L1, M18, N1, R1, R2, S2, S3, S6, S7, S9, S10, S11, S12, S13, S17, S18, S19, S26, U1;-) stellten in irgendeiner Form Anomalien im Wurzelkörper fest.

Meist sind Wurzeldeformationen, Fäulnis, geringerer Mykorrhizabesatz oder starke Reduktion der Feinwurzelmasse aufgetreten. In diesem Zusammenhang stellte COURTOIS (C4) fest, daß Kronenveränderungen und Wurzelveränderungen als Reaktion auf Einflußfaktoren von außen im Laufe einer Baumentwicklung häufig und natürlich wären. Es gäbe ein ständiges Wechselspiel zwischen Nadelmasse in der Krone und der Wurzelmasse im Boden, das im Zuwachsverlauf seinen Ausdruck fände.

Geht aber einmal die individuelle Fähigkeit verloren, auf Einflußfaktoren von außen entsprechend zu reagieren, wird ein normales, spezifisches Maß an Verträglichkeit überschritten, so löst, meist beschleunigt durch abiotische Faktoren, ein Krankheitserreger die Krankheit aus (C3).

2.6 Andere Symptome

In den zahlreichen veröffentlichten Untersuchungen über das Tannensterben sind im Laufe der Jahre immer wieder auch noch andere Symptome als die erst genannten beschrieben worden. Sehr häufig konnte man bei Jahrringanalysen Zuwachsreduktionen oder sogar Jahrringausfälle nachweisen. Sie haben aber meist nur in der Zusammenschau mit anderen Schadsymptomen spezifische Aussagekraft für diesen hier besprochenen Krankheitskomplex.

Weitere Symptome wie z.B. der Mistelbefall (*Viscum album* ssp. *abietis*) oder die Bildung von Hexenbesen sind in den meisten Fällen nur von lokaler (regionaler) Bedeutung gewesen.

3. GEOGRAFISCHE AUSDEHNUNG UND GESCHICHTLICHE ENTWICKLUNG

In vielen Gebieten innerhalb des natürlichen Verbreitungsareals wurde die Tanne im 15.-16. Jahrhundert zur vorherrschenden Baumart (Periode der Tannenexpansion). Ihr Anteil betrug bis in das 18. Jahrhundert in verschiedenen Teilgebieten 20 - 40 % (M2). Das Areal der Tanne war in dieser Zeit widernatürlich groß (B11). Deshalb war der darauffolgende Rückgang, bedingt durch den Vorstoß der Fichte (*Picea abies* L. Karst.) vor allem am Rande des natürlichen Verbreitungsgebietes, wo die Tanne naturgemäß geringere Widerstandskraft und ökologische Anpassungsfähigkeit aufbringen konnte, eine logische Folge.

Man darf den Tannenrückgang der letzten drei Jahrhunderte, welcher vor allem auf für die Tanne ungeeignete Waldbewirtschaftungsmaßnahmen wie z.B. Kahlschlag oder die Erzielung von Gleichschlußbeständen, zurückzuführen ist, nicht in direkten Zusammenhang mit dem Tannensterben wie es bisher beschrieben worden ist, setzen. Die Tanne leidet oder litt nämlich auch in "Optimalgebieten", z.B. in der Schweiz, wo schon seit Jahrhunderten Plenterbewirtschaftung als das für die Tanne am geeignetsten geltende Verjüngungs- und Bewirtschaftungsverfahren betrieben wird (W8).

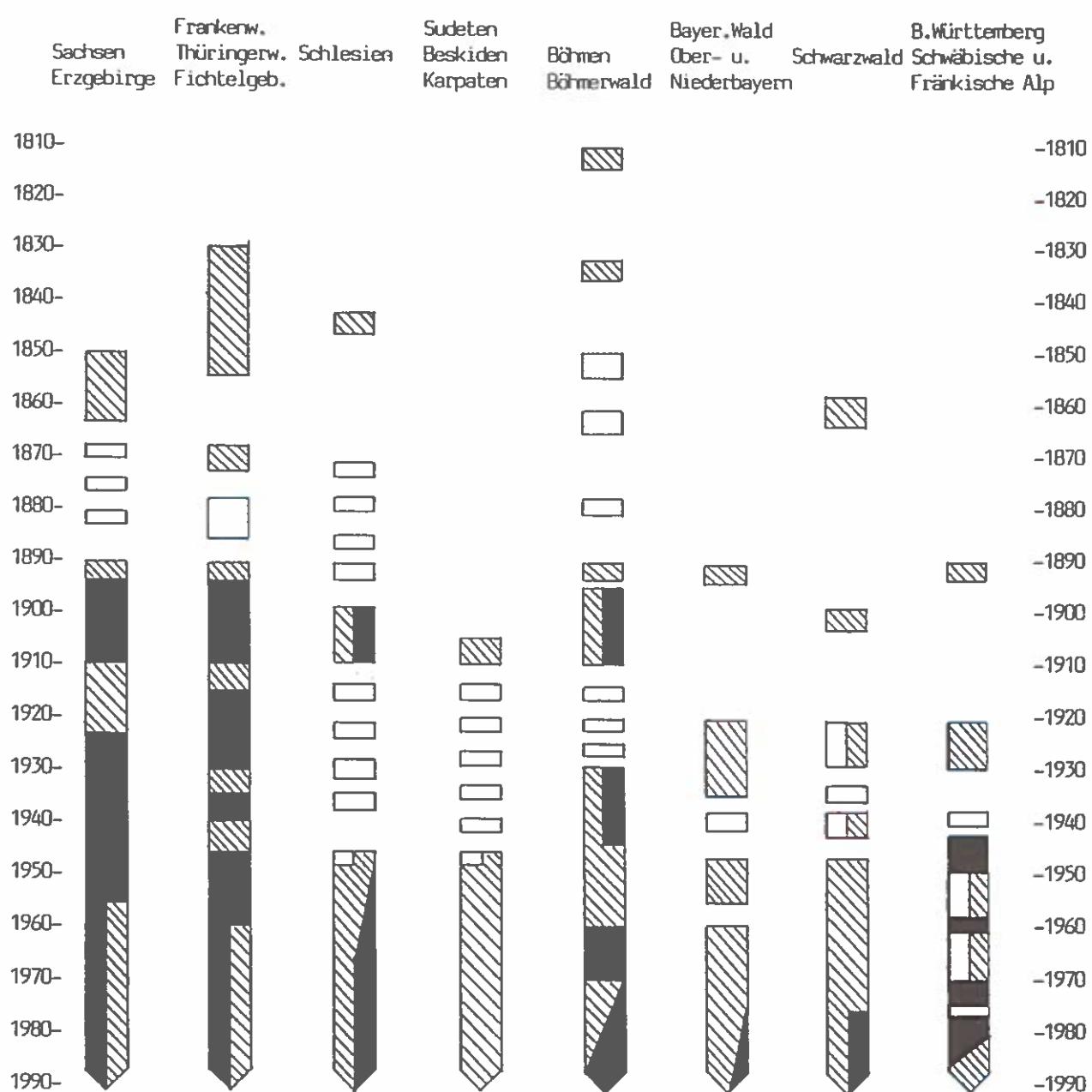
Hier einige Zahlenbeispiele, die den Rückgang der Tanne in den letzten Jahrhunderten deutlich machen sollen:

Tabelle 1: Entwicklung des Tannenanteils der Waldfläche

Frankenwald (W3)	16. JH.: 60%	ca 1950: 10%
Schwarzwald (Pforzheim) (01)	1833: 67%	1890: 39%
Schwarzwald (gesamt) (K10)	18. JH.: 40%	1980: 20%
Sächsisches Erzgebirge (D1)	16. JH.: 28%	ca 1800: 5%
Slowakei (K3)	1870: 14,5%	1920: 11%
	1953: 8,7%	1980: 5,8%

Abb.2a : ZEITTAFEL DES TANNENSTERBENS IN EUROPA

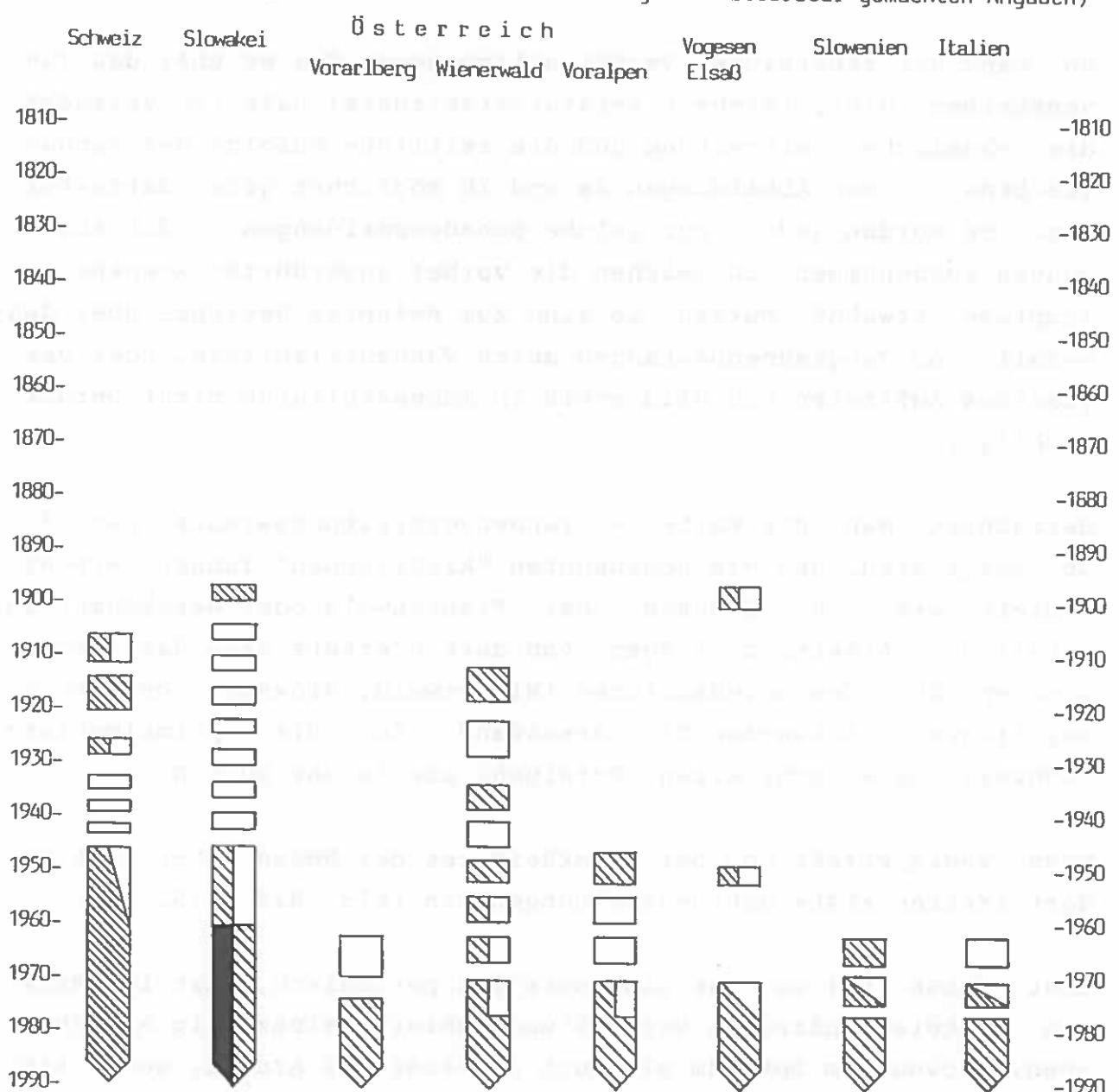
(zusammengestellt nach den in der verfügbaren Literatur gemachten Angaben)



- kein gesicherter Nachweis von Schäden (es besteht jedoch die Möglichkeit).
- schwache bis mittelstarke Schäden
- starke Schäden

Abb.2b: ZEITTAFEL DES TANNENSTERBENS IN EUROPA

(zusammengestellt nach den in der verfügbaren Literatur gemachten Angaben)



□ kein gesicherter Nachweis von Schäden (es besteht jedoch die Möglichkeit).

▨ schwache bis mittelstarke Schäden

▨ starke Schäden

Laut MAYER (M7) hat die Tanne nur noch 50 % des ursprünglichen Areals, im bayerischen Gebirgswald sogar nur noch 3 %.

An Hand der zahlreichen Veröffentlichungen, die es über das Tannensterben gibt, (siehe Literaturverzeichnis) habe ich versucht, die räumliche Verbreitung und die zeitliche Abfolge des Tannensterbens in den Abbildungen 2a und 2b möglichst genau darzustellen. Es wurden jedoch nur solche Schadensmeldungen in die Abbildungen aufgenommen, in welchen die vorher angeführten Krankheitssymptome erwähnt wurden. So sind zum Beispiel Berichte über den Befall von Jungtannenbeständen durch Tannentreibläuse, oder verstärktes Auftreten von Wildverbiß in Tannenkulturen nicht berücksichtigt.

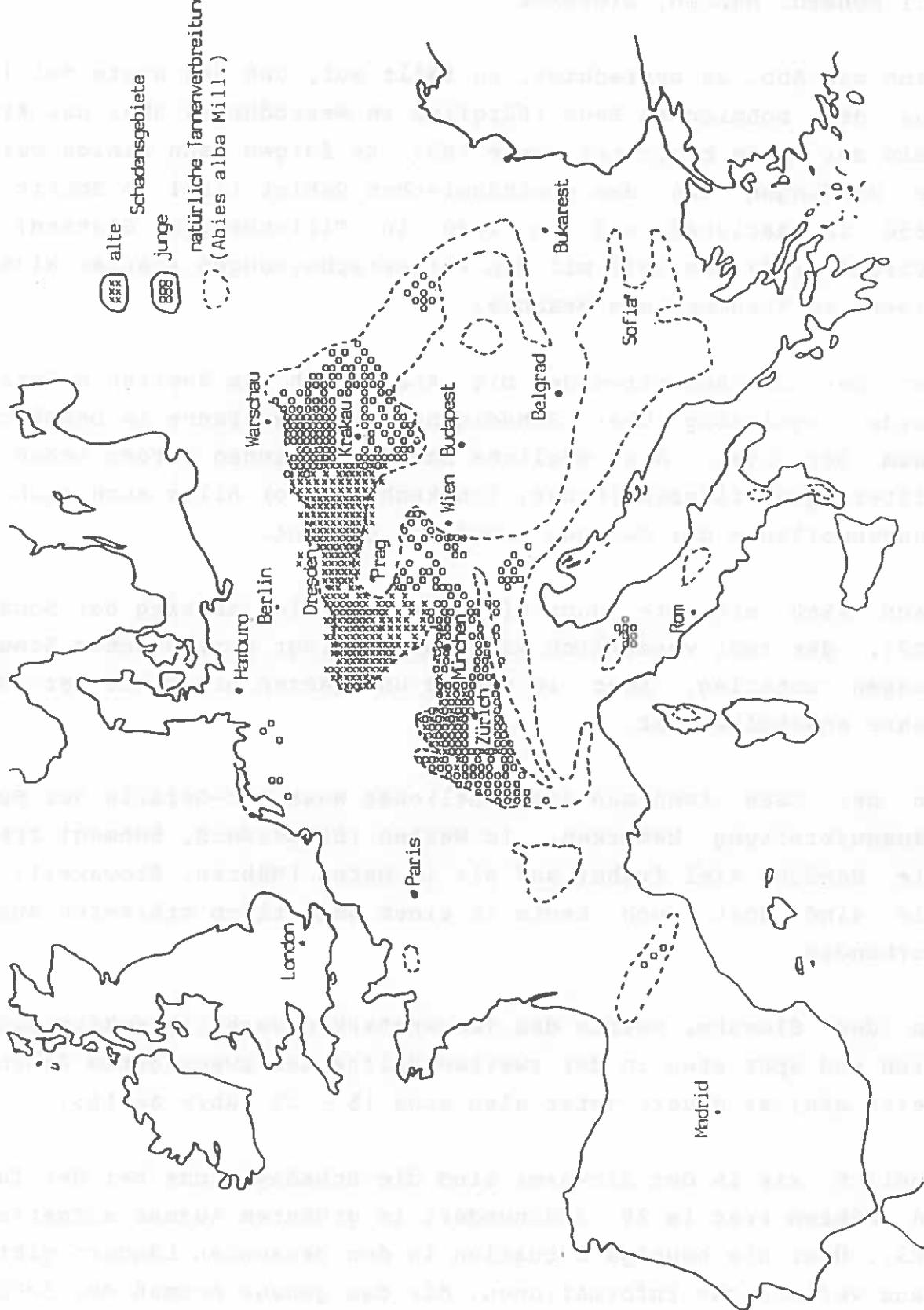
Betrachtet man die Karte des Tannenverbreitungsareals (Abb. 3), so zeigt sich, daß die sogenannten "klassischen" Tannensterbensgebiete wie z.B. Sachsen, der Frankenwald oder Westböhmen am nördlichen Arealrand liegen. Von dort breitete sich das Tannensterben über den nordöstlichen (Wienerwald, Slowakei) bzw. nordwestlichen (Schwarzwald) Arealrand in die Optimalgebiete (Schweiz, Bayerische Alpen, Voralpen) aus (siehe auch M7).

Noch wenig erfaßt von der Krankheit ist der Süden, aber auch von dort treffen erste Schadensmeldungen ein (B13, B14, M15, D4).

Laut MALEK (M2) sei das Tannensterben periodisch, fast im gesamten mitteleuropäischen Verbreitungsgebiet gleichzeitig ausgebrochen, sowohl im Optimum als auch am Rande des Areals, wobei sich die "Ausbrüche des Sterbens" in immer kürzeren Intervallen wiederholt hätten.

Erste verlässliche Nachrichten über das rätselhafte Sterben von Tannen kommen aus dem frühen 19. Jahrhundert. Manche Autoren (z.B. MAYER (M7), MALEK (M2) behaupten zwar, das Tannensterben sei schon im 16. Jahrhundert aufgetreten, doch stützen sich ihre Behauptungen auf Literaturstellen, in welchen über den Tannenrückgang, aber nicht über das Tannensterben im Sinne von pathologischen Erscheinungen an der Tanne berichtet wurde (siehe W3).

Abb. 3: DIE VERBREITUNG DES TANNENSTERBENS IN EUROPA



3.1 Böhmen, Mähren, Slowakei

Wenn man Abb. 2a betrachtet, so fällt auf, daß das erste Mal 1810 aus dem böhmischen Raum (Pürglitz in Westböhmen) über das Kränkeln der Tanne berichtet wurde (R3). Es folgen dann einige weitere Meldungen aus dem westböhmischen Gebiet (1831 in Soutic, ca 1850 in Karlsbad und um 1880 in Tillenberg u. Glatzen) die RUZICKA (R3) zum Teil mit den Folgeerscheinungen starker Winterfröste in Zusammenhang brachte.

Von der Jahrhundertwende bis knapp nach dem Zweiten Weltkrieg wurde regelmäßig über Schädigungen bei der Tanne im böhmischen Raum berichtet. Als mögliche Schadensursachen wurden neben den Witterungseinflüssen (Frost, Trockenheit) vor allem auch noch die Tannenwolläuse der Gattung *Dreyfusia* genannt.

Nach 1960 erfolgte dann wieder ein steiler Anstieg der Schäden (M2), der zwar vermutlich witterungsbedingt periodischen Schwankungen unterlag, aber im großen und ganzen bis Mitte der 80er-Jahre angehalten hat.

In der CSSR kann man ein deutliches West-Ost-Gefälle der Schadensausbreitung bemerken. Im Westen (Böhmerwald, Böhmen) traten die Schäden viel früher auf als im Osten (Mähren, Slowakei), und sie sind dort auch heute in einem wesentlich stärkeren Ausmaß vorhanden.

In der Slowakei setzte das Tannensterben verhältnismäßig plötzlich und spät etwa in der zweiten Hälfte des zwanzigsten Jahrhunderts ein; es dauert jetzt also etwa 15 - 30 Jahre an (K3).

Ähnlich wie in der Slowakei sind die Schadensymptome bei der Tanne in Mähren erst im 20. Jahrhundert in größerem Ausmaß aufgetreten (R3). Über die heutige Situation in den genannten Ländern gibt es kaum verlässliche Informationen, die das genaue Ausmaß der Schäden verdeutlichen. Man kann aber auf Grund der bisherigen Entwicklung mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen, daß die Schäden an der Tanne weiter zunehmen.

3.2 Frankenwald, Thüringerwald, Fichtelgebirge

Erste Meldungen über das Auftreten von rätselhaften Krankheitssymptomen (Dürrwerden von Tannen jeglichen Alters) stammen aus dem Jahre 1830 (W10). Es dürfte, wenn man den Berichten darüber Glauben schenken darf, (siehe auch K7 u. G3) das Tannensterben im Frankenwald noch vor der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts vereinzelt eingesetzt haben.

Gegen Ende des Jahrhunderts verstärkte sich der Rückgang der Tanne (W3), ehe in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts in diesen Gebieten eine besorgniserregende Kulmination der Schäden an der Tanne eintrat.

Nach einer gravierenden Frostperiode 1956/57 sind erneut zahlreiche Berichte über das Tannensterben, vor allem aus dem ostdeutschen Raum (Thüringen) veröffentlicht worden.

Der Frankenwald und das Fichtelgebirge zählen laut jüngster Waldschadenserhebungen (K11, L8) zu den am stärksten geschädigten Waldgebieten in der BRD. Etwa 60 % der Tannenflächen weisen eine mittelstarke bis starke Schädigung, das entspricht einem Nadelverlust von 26 - 100 %, auf. Seit dem Jahr 1986 ist jedoch wieder eine einigermaßen deutliche Verbesserung des Zustandes der Tanne erkennbar.

3.3 Sachsen, Erzgebirge

Im sächsischen Gebiet ist das Tannensterben seit etwa 1860 bekannt. Es wird über das Absterben alter Tannen im Tharandter Wald (W8) und über Schäden in einem Revier bei Chemnitz (heute Karl-Marxstadt) (G1) berichtet.

An Hand der sehr detaillierten Arbeiten von WIEDEMANN (W8) und NEGER (N1) über das Schadauftreten an der Tanne, kann man ermessen, welch großes Ausmaß das Tannensterben in Sachsen ab der Jahrhundertwende angenommen hat. Der damalige Landforstmeister

BERNHARD (zitiert in G3) drückte den Ernst der Lage 1924 mit den Worten aus: "Die Tanne ist in Sachsen keine sterbende Holzart mehr, sie ist in Sachsen vielmehr beinahe schon ausgestorben"!

Es gibt zwar heute noch immer Tannen in Sachsen, ihr Flächenanteil dürfte aber nicht einmal mehr 1 % betragen, und ihr Zustand ist nach wie vor schlecht (K5).

Im Erzgebirge, das infolge der hohen Schadstoffbelastung durch die umliegenden Industrieanlagen als "klassisches" Waldschadensgebiet gilt, scheint die Tanne praktisch nur mehr vereinzelt und in einem schlechten Gesundheitszustand vorhanden zu sein.

3.4 Polen (Schlesien, polnisches Mittelgebirge)

RUZICKA (R3), FALCK (F1) und SEDLACZEK (S23) berichteten über erstmalig aufgetretenes "Kränkeln der Tanne" in Schlesien im Jahre 1842 bzw. 1845, ohne aber genauer darauf einzugehen. 1886 soll es abermals Nachrichten über Schäden bei der Tanne gegeben haben (C7). Um die Jahrhundertwende, als erstmals im gesamten nördlichen Teil des Tannenverbreitungsgebietes Klagen über das Sterben der Tanne publik gemacht wurden, blieben auch Teile des polnischen Raumes (Schlesien, Riesengebirge) nicht verschont (N1).

Als Folge von Frosteinwirkungen im Jahre 1928/29 traten in Mittelepolen (Lysa Gora) in den anschließenden Jahren starke Schäden auf (M10).

Seit ca. 30 Jahren ist das Tannensterben in Polen im gesamten Verbreitungsgebiet zu beobachten (S25, S14). Besonders östlich des oberschlesischen Industriegebietes (Swiety Krzyz-Gebirge) sind sehr starke Schäden ab der zweiten Altersklasse festzustellen.

Gegen Ende der 60er-Jahre traten erstmals Schäden in den Beskiden auf (V2).

3.5 Bayern (Bayerischer Wald, Bayerische Alpen)

Im bayerischen Raum (das Fichtelgebirge und die Fränkische Alp ausgenommen) setzte das Tannensterben ebenso wie in den meisten anderen Gebieten Süddeutschlands erst verhältnismäßig spät ein. Obwohl CLAUS (C7) behauptete, schon 1986 hätte es Nachrichten über das Tannensterben in Bayern gegeben, kann man aus dem Fehlen weiterer Bestätigungen von Schäden, und auf Grund zahlreicher Hinweise, in den Optimallagen wie z.B. den Bayerischen Alpen hätte es bis 1940 noch kein Tannensterben gegeben (N1, S8, W10), mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen, daß das Tannensterben erst nach dem 2. Weltkrieg in Bayern in verstärktem Maße ausgebrochen ist.

Ab dem Jahr 1947 kam es regelmäßig nach Trocken- und Frostperioden zu Schüben verstärkten Schadauftretens: 1947-52, 1959, 1971, 1976, 1980 (W4, B4, S14, M16).

Heute zählen in Bayern die Wuchsregionen Bayerische Alpen und Bayerischer Wald zu den am schwersten geschädigten Waldgebieten Deutschlands (K11, L8). Es ist jedoch auch in den oben genannten Gebieten seit 1986 eine leichte Verbesserung des Waldzustandes zu bemerken, von welcher laut Waldschadensinventur 1988 (L8) auch die Tanne betroffen ist.

3.6 Baden-Württemberg (Schwarzwald, Süd-Westdeutsches Alpenvorland, Schwäbische Alp)

Im Jahre 1858 wurde über ein "plötzliches Dürrwerden von 60-jährigen herrschenden Tannen" aus dem Schwarzwald berichtet (N1, W8). Gegen Ende des Jahrhunderts, 1886 in Württemberg (C7), und zu Beginn des 20. Jahrhunderts, nämlich um 1900 im Schwarzwald (H3, N1), traten erneut kleinflächig Schäden auf.

Um 1925 hat in Württemberg das Tannensterben, sich von Norden nach Süden ausbreitend, erstmals größere Dimensionen angenommen. Es wurde aber zu dieser Zeit das Sterben von Tannen (vorwiegend

junger Altersklassen) immer wieder mit Massenvermehrungen von Dreyfusia-Läusen in Zusammenhang gebracht.

Ähnlich wie in Bayern konnte man im württemberg'schen Raum nach dem Trockenjahr 1947 wiederholt auftretende Perioden starker Zuwachsdepressionen aber auch starker Schäden nachweisen (K1, W2, A3). Die darauffolgenden Erholungsphasen sind im Laufe der Zeit immer weniger deutlich ausgeprägt gewesen, so daß das mit einem Tannenanteil von 10% der Waldfäche tannenreichste Bundesland Deutschlands (E5) in den frühen 80er Jahren unter akuter Bedrohung der Gesundheit der Tannen zu leiden hatte.

Die jüngsten Ergebnisse der Waldschadensinventuren (L8), aber auch die Analysenergebnisse von Dauerbeobachtungsflächen in Baden-Württemberg (M19) lassen ein kontinuierliches Abnehmen der Schäden vor allem bei schwach- bis mittelstark verlichteten Tannenprobefäumen in den letzten Jahren erkennen. Hatten 1985 noch über 60% aller Tannen bezogen auf ihren Flächenanteil mehr als 26% Nadelverlust aufzuweisen, so waren es 1988 "nur" noch 42% (L8). Es ist auch aufgefallen, daß nur die relativ gering geschädigten Flächen deutliche Revitalisierungerscheinungen zeigen, und daß die Revitalisierungstendenzen mit zunehmender Höhenlage der Flächen abnehmen (M19).

Die Schadensschwerpunkte liegen in den Hochlagen des Schwarzwaldes und im Neckarland.

3.7 Schweiz

In der Schweiz ist das Tannensterben erst verhältnismäßig spät aufgetreten. FALCK (F1), NEGER (N1) und WIEDEMANN (W8) erwähnten zwar schon in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts Schäden an der Tanne im Schweizer Jura, doch dürften diese Schäden eindeutig Folgen von nachgewiesenen Massenvermehrungen von Dreyfusia nüsslini sein (S5), und können daher als Primärursache für das Alt-tannensterben nicht herangezogen werden.

Obwohl die Schweiz mit ihren weitverbreiteten Tannen-Plenterwäldern als "grüne Insel" im Zusammenhang mit dem Sterben der Tanne bezeichnet werden konnte, sind seit etwa 30 Jahren auch in der Schweiz die Tannen von dieser rätselhaften Krankheit befallen. Laut SCHÜTT (S14) zunächst nur außerhalb des Tannenoptimums, sind im Laufe der folgenden Jahre aber auch auf Standorten, die für die Tanne als ideal gelten, Schäden aufgetreten.

Trockenperioden 1945-50 bzw. 1956-62 (L6), und plötzliches Auftreten von Tiefsttemperaturen z.B. 1956 (W6) lösten wie in den meisten anderen Teilen des Tannenverbreitungsgebietes auch in der Schweiz das sichtbare Kränkeln der Tanne aus.

1988 waren in der Schweiz laut Sanasilva-Waldschadensinventur 35% aller untersuchten Tannen (mit BHD \geq 12 cm) schwach geschädigt (15-25% Nadelverlust), 11% mittelstark (30-60% Nv.) und 3% stark (\geq 65% Nv.) geschädigt. Der Anteil der schwach geschädigten Tannen stieg von 1986 auf 1987 um 7% auf Kosten der Bäume ohne Schaden an (M20). 1988 war die Entwicklung jedoch wieder rückläufig. Die am stärksten betroffenen Regionen sind die Alpensüdseite und der Schweizer Jura.

1988 ist eine deutliche Verbesserung des makroskopisch registrierten Benadelungszustandes der untersuchten Tannenprobetäume eingetreten, die möglicherweise eine verspätete, an der Zunahme der Benadelung erkennbare Folge einer bereits seit 1984 sichtbaren Erholung des Radial- und Trieblängenzuwachses darstellt (siehe S20).

3.8 Österreich

3.8.1 WIENERWALD

Die Tanne erreicht im Wienerwald ihre klimatisch bedingte Arealgrenze. Vielfach wurde sie im Wienerwald künstlich eingebbracht (T1), und ist daher besonders Streßsituationen wie Trockenperio-

den, Frost, Insektengradationen durch ihre geringere ökologische Anpassungsfähigkeit am Arealrand verstärkt ausgesetzt.

Die typischen Symptome des Alttannensterbens, aber auch des Jungtannensterbens sind daher im Laufe der Geschichte stets, oder im Zusammenhang mit solchen Streßsituationen massiv aufgetreten:

1910 im Zusammenhang mit Borkenkäfer-, Rüsselkäfer- und Dreyfusia ausbefall (S23)

1917, 1921 Trockenperioden (T1, L4)

1930-50 Tannentriebwickler, Borkenkäfer, Wolläuse

1946/47 Dürre (B5, S21)

Seit etwa 1950 gibt es keine detaillierten Untersuchungen mehr über großflächig aufgetretenes Tannensterben im Wienerwald. Der Zustand der Tanne im Wienerwald, soferne sie dort überhaupt noch in größerer Menge vorkommt, muß als chronisch schlecht bezeichnet werden. Die wenigen Tannen, die im Rahmen der österreichischen Waldzustandsinventur beurteilt wurden, wiesen 1988 überwiegend mittelstarke Kronenverlichtungen (das entspricht etwa einem Nadelverlust von 30-70%) auf. Der Zustand ist jedoch seit 1985 weitgehend unverändert geblieben.

3.8.2 VORARLBERG (nordwestlicher Alpenrand)

In Vorarlberg dürfte das Tannensterben erst im letzten Jahrzehnt akut geworden sein. Zwar klagte GRABHER (G2), daß bei der Tanne schon seit "längerer Zeit" eine auffällige Abnahme der Lebenskraft zu beobachten gewesen wäre, doch behauptete SEITSCHER (S24), die Tanne hätte auf für sie guten Standorten die Trockenperioden 1946/47 sogar besser überstanden als die Fichte. Große Gefährdungen gäbe es für die Tanne nur auf Grenzstandorten (Trocknis) und in warmen Lagen durch Dreyfusia nüsslini als latente Gefahr.

Die Schäden wie sie GRABHER (G2) beschrieben hat, treten allerdings unabhängig vom Bodensubstrat und der Waldbewirtschaftungsform vor allem in den Inversionsgrenzschichten (siehe auch K12)

der Randberge in der Nähe der Siedlungs- und Industriebereiche auf.

Die Tanne in Vorarlberg hatte 1988 laut Waldzustandsinventur einen durchschnittlichen Verlichtungsgrad von 1,74 (ca. 44,7% der untersuchten Bäume sind offensichtlich gesund, 38,9% haben leichte und 16% mittlere bis starke Kronenverlichtungen, während nur 0,5% abgestorben sind).

Im Nordwestlichen Verbreitungsgebiet ist jedoch die vielfach beobachtete, jüngste Verbesserung des Kronenzustandes der Tanne relativ deutlich ausgeprägt (siehe Abb. 4 Nordwestlicher Alpenrand).

3.8.3 ALPENVORLAND, VOR- UND RANDALPEN

Es gibt nur sehr wenig Literatur über großflächiges Auftreten von Schäden an der Tanne aus diesen Gebieten, die mit den typischen Symptomen des Tannensterbens vergleichbar wären. Sehr wohl gibt es aber wiederholt Schadensmeldungen über Gradationen von Tannenborkenkäfern, Tannentriebwicklern und vor allem Tannentriebläusen. Es ist nicht auszuschließen, daß ein Großteil der oben genannten Schädlinge in Österreich direkt am Sterben der Tanne beteiligt sind (bzw. waren), zumal sie zum Teil als Primärschädlinge wie z.B. *Pityoktenes spinidens* R., *Cryphalus piceae* Rtz. (Borkenkäfer) oder *Cacoecia murinana* Hb. (Tannentriebwickler) in den Randlagen des Tannenverbreitungsgebietes auftreten können.

1986 durchgeführte forstpathologische Detailuntersuchungen an Tannen von Probeflächen der österreichischen Waldzustandsinventur im Voralpengebiet Oberösterreichs und Salzburgs konnten keinen maßgeblichen Befall von makroskopisch erkennbaren tierischen Primärschädlingen nachweisen. Dem Autor fiel jedoch bei zahlreichen Probestämmen der Befall mit *Armillaria mellea* (Hallimasch) auf, es konnten sogar Fruchtkörper an lebenden, aber verlichteten Bäumen am Stammfuß festgestellt werden.

Abb.4: ÖSTERREICHISCHE WALDZUSTANDSINVENTUR:
DURCHSCHNITTLICHER VERLICHTUNGSGRAD DER TANNEN-PROBEFLÄCHEN
VERSCHIEDENER WUCHSGEBIETE IN DEN JAHREN 1985 - 1988

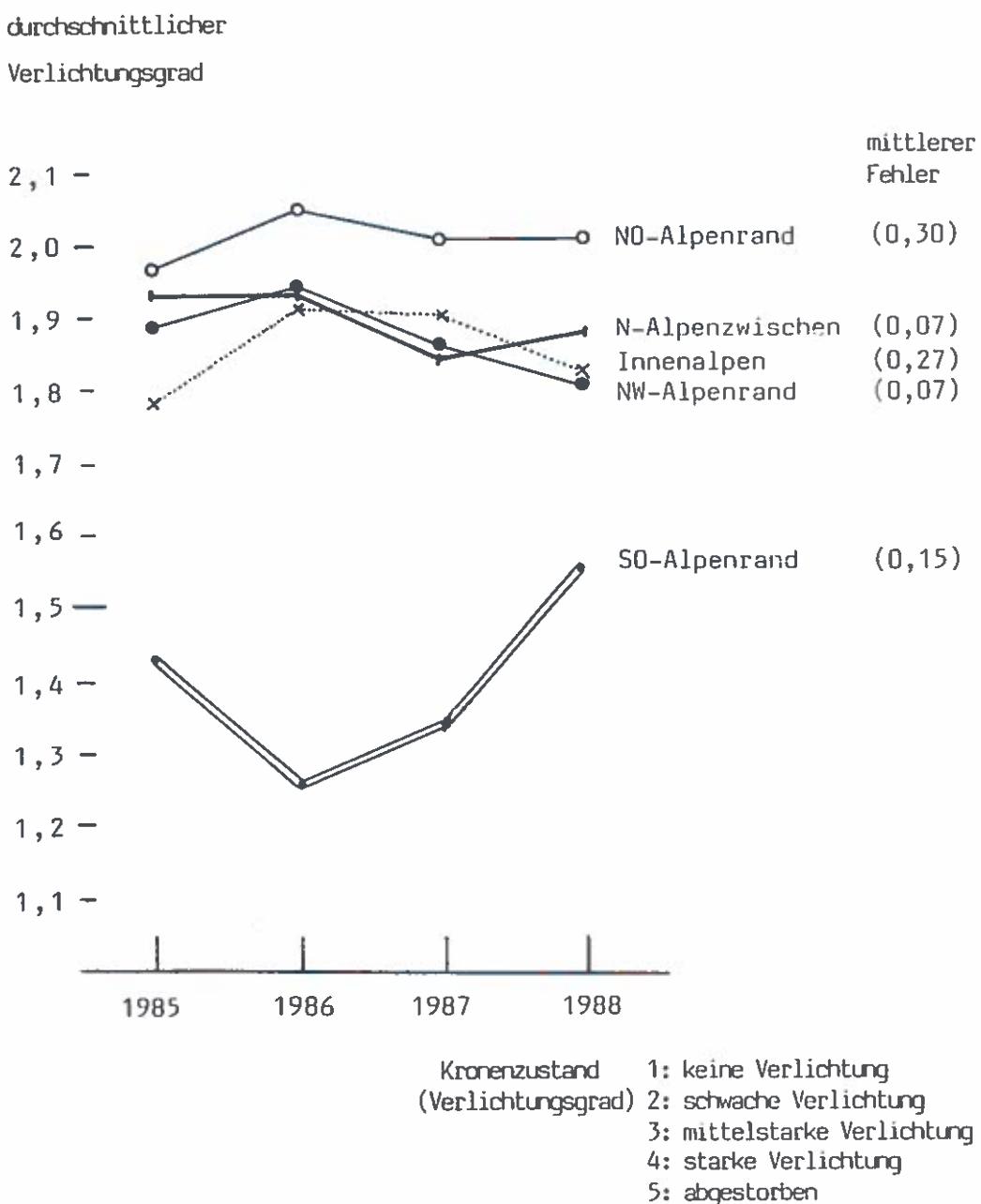
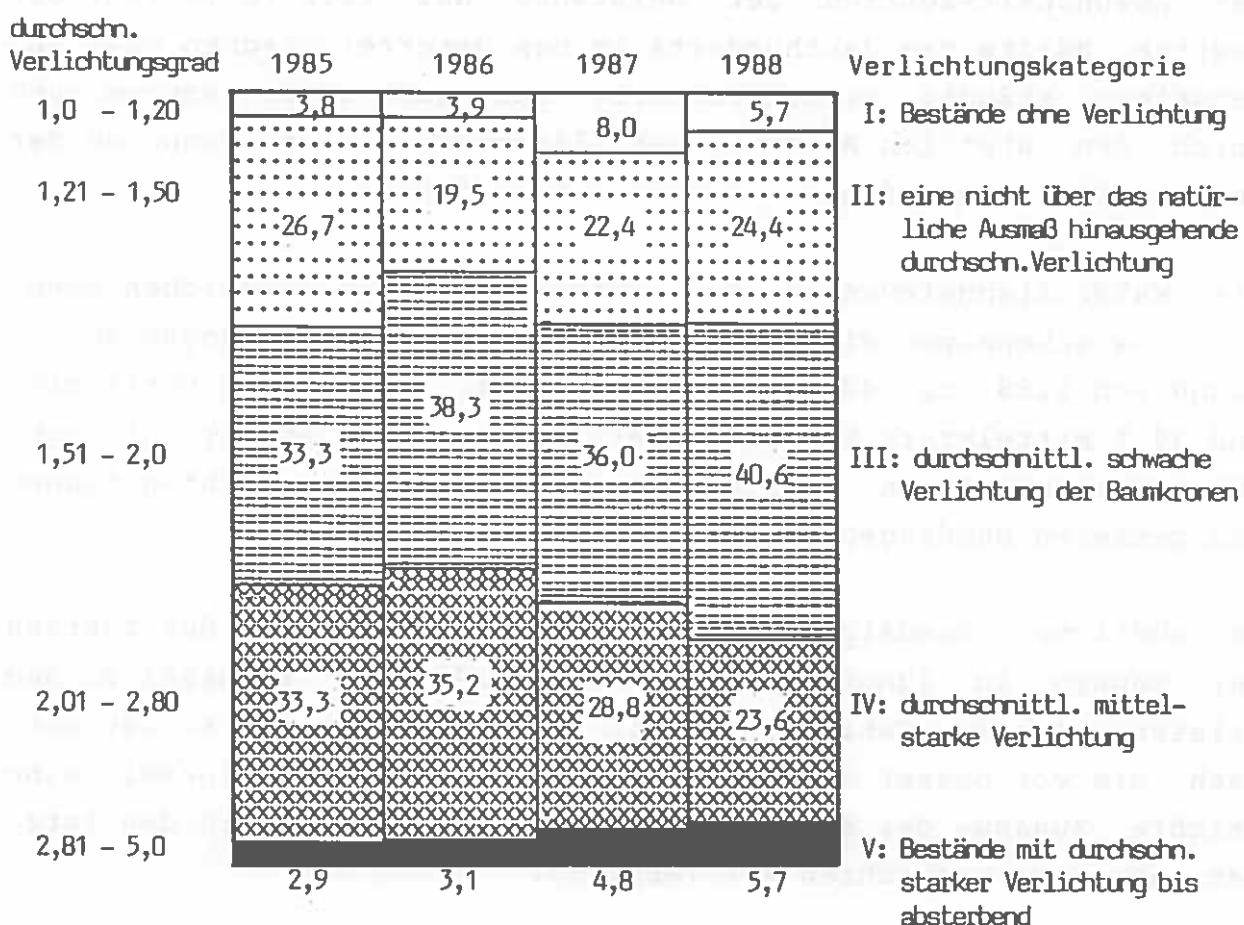


Abb.5: ÖSTERREICHISCHE WALDZUSTANDSINVENTUR:
PROZENTANTEILE DER VERLICHTUNGSKATEGORIEN ALLER
ÖSTERREICHISCHEN TANNENPROBEFLÄCHEN FÜR DIE JAHRE 1985-1988



Anmerkung: Der durchschnittliche Verlichtungsgrad einer Probefläche bedeutet das Mittel der Verlichtungsstufen 1(nicht verlichtet) bis 5(abgestorben) aller Probeäume dieser Probefläche.

FRÖHLICH (F6) berichtete 1949 über akuten Tannenrückgang in den Voralpen als Folge von Dürre im Jahre 1947/48. Er lieferte aber keine Symptombeschreibung.

Der Gesundheitszustand der Weißtanne hat sich im Verlauf der zweiten Hälfte des Jahrhunderts in den österreichischen Vor- und Randalpen ständig verschlechtert, was sich unter anderem auch durch den stetigen Rückgang des Flächenanteils der Tanne an der Gesamtwaldfläche auf nun nur mehr 3 % ausdrückt.

Die Waldzustandsinventur 1988 ermittelte in den nördlichen Rand- bzw. Zwischenalpen einen durchschnittlichen Verlichtungsgrad bei Tanne von 1,88 (ca. 40 % nicht verlichtet, 40 % leicht verlichtet und 20 % mittelstark bis stark verlichtet). Dies entspricht ungefähr dem mittleren Verlichtungsindex aller untersuchten Tannen des gesamten Bundesgebietes.

Im südlichen Randalpenbereich verschlechterte sich der Zustand der Tannen in jüngster Zeit (1987, 1988) im Gegensatz zu den meisten anderen Gebieten relativ deutlich (Abb. 4). Er ist aber nach wie vor besser als im übrigen Österreich, wo allgemein eine leichte Zunahme der Benadelung der Tannenprobetäume in den letzten Jahren zu beobachten war (Abb. 5).

3.9 Südeuropa (Italien, Jugoslawien)

Seit 1958 ist in Slowenien ein "Massensterben" der Tanne zu verzeichnen (B13). Anhand von Jahrringanalysen konnte aber der Beginn der Zuwachsdepression schon um 1940 angesetzt werden. Die Intensität des Krankheitsverlaufes unterlag zwar Schwankungen (Besserungen 1967 und 1972; Verschlechterungen 1969 und 1973), doch schreitet der Prozeß auch in Slowenien unaufhörlich fort (B14).

Die Ursachen für die Herabminderung der Lebenstüchtigkeit der Tanne vermutete BRINAR (B13) in der zunehmenden Kontinentalität, die sich im untersuchten Gebiet zeigte. Neuen Waldschadenserhe-

bungen zufolge (L9) sind in Slowenien etwa 14 % der Tannen mittelstark, 23 % stark geschädigt und 47 % sogar absterbend.

Auch in Italien ist bereits kleinflächig Tannensterben aufgetreten. MORIONDO u. COVASSI (M15) berichteten über Ausfälle bei der Tanne im Vallombra-Forst bei Florenz (mittlerer Apennin).

Laut einer 1985 durchgeföhrten nationalen Waldschadenserhebung in Italien (INDEF0 II) sind in der Region Toskana etwa 8 % der untersuchten Tannen "mit unbekannter Ursache" geschädigt. Der tatsächliche Anteil geschädigter Tannen dürfte jedoch, wie eine 1986 durchgeföhrte Pilotstudie im toskanischen Apennin gezeigt hat, bei etwa 25 % liegen, wobei ca. 3 % deutliche Schäden aufwiesen (D4).

3.10 Vogesen, Elsaß

Sieht man von einer Schadensmeldung aus dem Elsaß über eine Borkenkäferkalamität als Folge von Sturm und Dürre im Jahre 1896 ab, die WIEDEMANN (W8) zitiert hat, so dürfte im westlichen Arealrand des natürlichen Tannenverbreitungsgebietes das Tannensterben erst in den letzten 15 Jahren sichtbar geworden sein.

SCHÜTT (S14) führte 1978 auch die Vogesen an, als er über die Verbreitung des Tannensterbens referierte, während KRAMER (K5) im Westteil der Vogesen 1980 einen möglichen Beginn des Tannensterbens vermutete.

Neueren Meldungen und Fotos aus Frankreich (Vogesen) zufolge, die im Rahmen einer Schadenserhebung 1985 gemacht wurden, hat auch in diesen Gebieten das Tannensterben eingesetzt (B16). Aufgrund von umfangreichen Zuwachsanalysen (L10, B17) dürfte jedoch seit 1983 wieder eine Erholungsphase in den Tannenbeständen der Vogesen eingetreten sein.

3.11 Gesamtbetrachtung

Wenn man die Verbreitungsgebiete der Tanne, in denen Symptome des Tannensterbens auftreten miteinander vergleicht, so kann man deutlich Unterschiede, welche den Beginn des Schadauftretens und die Intensität der Schädigungen betreffen, feststellen. Böhmen, Schlesien, der Franken- und der Thüringerwald, das Fichtelgebirge, Teile des Schwarzwaldes, bzw. Sachsen und das angrenzende Erzgebirge können als "klassische" Tannensterbensgebiete mit starken, bis heute anhaltenden Schäden angesehen werden. Die ersten Schäden dürften schon zu Beginn des 19. Jahrhunderts sichtbar gewesen sein.

Es gibt jedoch eine große Anzahl von Arealteilen in welchen das Tannensterben erst um die Jahrhundertwende bzw. knapp danach eingetreten ist. Dazu gehören die tiefergelegenen Gebiete der Schweiz, der Wienerwald, Ober- und Niederbayern und der Großteil der württembergischen Tannenverbreitungsgebiete. Die Intensität der Schäden ist, von einzelnen Ausnahmen abgesehen, gering bis mittelstark, und meist periodisch unterschiedlich.

Die dritte Gruppe der besprochenen Gebiete ist gekennzeichnet durch spätes erstmaliges Schadauftreten, (als Folge des Dürrejahres 1947) und dadurch, daß die Schäden meist erst in den frühen 60er Jahren oder noch später deutlich sichtbar geworden sind. Hiezu sind die Beskiden, die Karpaten, die Slowakei, die Bayerischen und die Schweizer Alpen, bzw. Voralpen, Vorarlberg, das österreichische Vor- und Randalpengebiet, die Vogesen, Slowenien und Teile des mittleren Apennins zu zählen. Die Schäden sind meist (noch) nicht sehr stark ausgeprägt, können aber wie in den Bayerischen und Schweizer Alpen in den letzten Jahren rapide angewachsen sein, und daher auch dort bedrohliches Ausmaß erreichen.

Man kann aus der räumlichen Ausbreitung der Krankheit inner- und außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes sehr leicht erkennen, daß am Südrand und am kontinental getönten Ostrand die Schä-

den, wenn überhaupt, doch nur in sehr geringem Ausmaß aufgetreten sind.

KRAMER (K6) stellte 1985 fest, daß sich die Tanne am Südrand ihres Verbreitungsgebietes, sowohl im atlantisch getönten Westen (Calabrien) als auch im kontinental getönten Osten (Makedonien, Bulgarien) durch große Vitalität auszeichnet. Er vertritt die Meinung, daß diese vorhin genannten Gebiete im Bereich eiszeitlicher Refugien oder unweit entfernt davon liegen, und daher der Gefahr des Tannensterbens nicht im selben Maße ausgesetzt sind, wie beispielsweise die Tannenbestände Mitteleuropas.

4. URSACHEN DES TANNENSTERBENS

4.1 Mögliche Primärursachen

4.1.1 TROCKENPERIODEN, DÜRRE

Aus dem Großteil der Veröffentlichungen über das Auftreten von "Tannensterben" geht hervor, daß der Ausbruch oder eine erneute Eskalation der Krankheit in einem direkten Zusammenhang mit anomalen Trockenperioden gebracht werden können. Als Beispiele seien u.a. Ostbayern (W4), wo starke Verluste nach den Trockenjahren 1947, 1959, 1971 und 1976 auftraten, der Wienerwald (T1), in dem nach den Trockenjahren 1917 und 1921 verstärktes Tannensterben einsetzte, aber auch Slowenien wo BRINAR (B14) die zunehmende Kontinentalität, verbunden mit langanhaltenden Trockenperioden als Ursache für die Schäden an der Tanne verantwortlich gemacht hat, genannt.

Trotz dieser unbestrittenen Zusammenhänge werden von vielen Autoren die extremen Trockenperioden nicht als entscheidende Alleinursache für das Kränkeln und Absterben der Tanne angesehen. Sie führen u.a. folgende Gegenargumente an:

- Die typischen Tannensterbensymptome sind keine Trockenheits- oder Dürresymptome (Art des Nadelverlustes, fehlende Nadelverfärbung) (W2).

- Dürreperioden hat es im Verlauf der Geschichte schon immer gegeben; die Tanne litt früher aber weniger darunter (W8).
- Tannensterben tritt auch in gut mit Wasser versorgten Beständen auf, während andererseits Bäume auf trockenen, südexponierten Standorten weniger oder gar keine Symptome aufweisen können (W2).

4.1.2 FROST

RUZICKA (R3) meinte in seiner 1937 veröffentlichten Arbeit, die Ursache für das Tannensterben gefunden zu haben, nämlich den Frost oder wie er es bezeichnete, das "Anfrieren". Er bringt strenge Winter mit plötzlich auftretenden Kälteschocks (zwischen -20°C und -40°C) mit dem Erfrieren von langen Ästen und anschließendem Kümmern bzw. Dürrwerden der Triebe durch Zerstörung des Kambiums in Zusammenhang. Die typischen Symptome, wie sie sich nach solchen Frostereignissen bei der Tanne zeigten, wären schleppende Folgen des winterlichen "Anfrierens". RUZICKA führte den größten Teil der bis dahin im tschechischen (böhmischen) Raum, aber auch z.B. im Wienerwald aufgetretenen Schäden auf Frost zurück.

Auch MEYER (M10) und KRAUSS (K8) schrieben zahlreiche Schädigungen bei der Tanne den Folgen kritischer Frostjahre mit längeren Tiefsttemperaturen (z.B. 1956 im südlichen Sachsen eine Woche unter -25°C) zu. Es sind vor allem jene Tannen besonders disponiert, welche eine zu geringe Benadelungsdichte, und damit zu geringen Gehalt an Assimilaten (Zuckerlösung im Zellplasma (M10)) in den Nadeln aufweisen (K8).

Um die Bedeutung von Klimaextremen (Frost- oder Trockenperioden) in bezug auf das Erkranken der Tanne näher zu erläutern, seien hier zwei interessante Arbeiten von ECKSTEIN et al. (E2) bzw. MITSCHERLICH (M13) angeführt: ECKSTEIN et al. kommen zu dem Schluß, daß gesunde Tannen ohne Alterstrend und merklich vom Klima beeinflußt (Jahresringschwankungen) wachsen, während der Zuwachs offensichtlich kranker Tannen von nicht klimatischen Faktoren überprägt ist, sodaß beispielsweise Zeitperioden mit

geringeren Niederschlagsmengen anhand der Jahrringe nicht mehr eindeutig eruierbar sind.

Auch MITSCHERLICH konnte in seinen Untersuchungen untypische Zuwachsreaktionen kranker Altannen auf die Witterung nachweisen. Hochlagen-Tannen des Schwarzwaldes zeigten Wuchsreaktionen die eigentlich für Tieflagen-Tannen typisch gewesen wären, d.h. sie reduzierten den Zuwachs in für Hochlagen an sich günstigen, warmen, trockenen Klimaperioden.

4.1.3 BEWIRTSCHAFTUNGSMETHODEN

Der starke Rückgang des Tannenanteils an der Waldfläche Mitteleuropas in den letzten Jahrhunderten ist mit Sicherheit nicht alleine der "rätselhaften Krankheit", die sehr bald als "Tannensterben" bezeichnet wurde, zuzuschreiben, sondern zunächst dem anthropogen bedingten Vordringen der Fichte in naturnahe Mischwaldgebiete, die für die Linde und Buche zum Großteil optimale Lebensbedingungen geboten haben.

Mit dem Fördern der Fichte wurde gleichzeitig die Kahlschlagwirtschaft bevorzugt, und damit die Entwicklungs- und Lebensbedingungen der Linde beträchtlich verschlechtert. Der für die Linde ideale ungleichförmige und ungleichaltrige Mischbestandestyp mußte dem einschichtigen Nadelholzreinbestandestyp weichen. Es ist daher verständlich, daß eine Vielzahl waldbaulich engagierter Fachleute zum Schutze der Linde vor der Kahlschlag- und Reinbestandewirtschaft warnten (z.B. J1, D1, D2, B3, B11, L6, M7).

Der Grund weshalb die für die Linde ungünstigen Bewirtschaftungsformen (Kahlschlag, Erziehung gleichförmiger, einschichtiger Bestände, usw.) auch als mögliche Mitverursacher des Tannensterbens angesehen werden können, ist dadurch gegeben, daß auf vielen Standorten, bedingt durch die Wurzelkonkurrenz der Fichte, die Vitalität der Linde derart reduziert wird, daß sie in Streßsituationen keine Widerstandskraft mehr aufbringen kann, und die

Bäume die bekannten Symptome des Tannensterbens zeigen.

SCHMID u. ZEIDLER (S3) und KRAUSS (K7, K8) erläutern sehr genau, weshalb sich das Pfahlwurzelwerk der Tanne, welches einerseits auf das Grundwasser und andererseits auf das vom oberflächennahen Faserwurzelwerk anderer Baumarten (z.B. Fichte) durchgelassene Sickerwasser angewiesen ist, nicht entwickeln kann, wenn der dichte horizontal verlaufende Faserwurzelteiler des Konkurrenten (Fichte) bei Trockenheit der Tanne sämtliches Sickerwasser entzieht.

Die Reduktion und Deformation des Wurzelkörpers und die erhöhte Anfälligkeit auf wurzelpathogene Schädlinge sind häufige Folgen der Wurzelkonkurrenz der Fichte.

4.1.4 IMMISSIONSBELASTUNG

Die Tanne gilt allgemein als immissionsempfindliche Baumart, sieht man von der relativ geringen Empfindlichkeit gegenüber Ozon ab. Es gibt zahlreiche Beispiele von schweren Tannenschädigungen, die im Nahbereich von Emittenten aufgetreten sind, und sogar bis zum völligen Ausfall der Baumart in diesen Gebietsteilen führten (R1, R4, G1, G4, S7, B15, K2, M6, S25, W7).

Symptome des Tannensterbens sind jedoch schon, wenn auch wahrscheinlich nicht im heutigen Ausmaß, vor der Industrialisierungswelle des 20. Jahrhunderts aufgetreten. Außerdem fehlen einschlägige forstpathologische Detailuntersuchungen im Zusammenhang mit großflächigen Waldschadenserhebungen, sodaß man die heutige Situation nicht uneingeschränkt mit früheren vergleichen kann.

Man muß bei der Besprechung von Immissionsbelastungen von Waldökosystemen zwischen einem Akutangriff hoher Konzentrationen von Giftgasen auf stärker assimilierende periphere Kronenteile einschließlich des Wipfels, verbunden mit starker Verfärbung oder Abfall der Nadeln dieses Kronenteiles, und der chronischen Einwirkung geringer konzentrierter Dosen von pflanzenpathogenen

Schadstoffen, welche ein primäres Abwerfen meist älterer Nadeln des Schattkronenbereiches bewirkt, unterscheiden (W7). Denn nur letzteres Erscheinungsbild kann mit den typischen Symptomen des Tannensterbens verglichen werden.

Es sind daher die langfristig wirkenden, wenig konzentrierten, sich über weite Areale ausbreitende Luftverunreinigungen, die als mögliche Ursache für das europaweite Erkranken der Tanne in Frage kommen (K3).

Trotz der angeblich großen Empfindlichkeit der Tanne gegenüber Schwefel- und Fluorbelastungen aus der Luft, fanden zahlreiche Autoren keine Korrelation zwischen verlichteten (geschädigten) Tannen und erhöhtem Fluor- und Schwefelgehalten in den Nadeln (S28, B18, K13, N2). Auch in den Vogesen konnte der Einfluß von Luftverunreinigungen auf das Kränkeln der dortigen Tannenbestände nicht nachgewiesen werden, und sie werden als Primärschadfaktoren in Frage gestellt (L10, B17).

ELLING (E6) konnte einen statistisch abgesicherten Zusammenhang zwischen dem Schädigungsgrad von Tannen, ausgedrückt durch den Anteil der Bäume mit Jahrringausfall, und dem Schwefelgehalt von Fichtennadeln benachbarter Bioindikatornetz-Probebäume nachweisen. Inwieweit solche Vergleiche verallgemeinerbar sind, sei jedoch in Frage gestellt.

Die Möglichkeit der indirekten Wirkung von Luftverunreinigungen über den Boden wird von ULRICH (U1) in Form einer ökosystemaren Hypothese über die Ursachen des Tannensterbens erläutert: Auf Grund von Versauerungsschüben bedingt durch saure Niederschläge, aber ebenso durch warm-trockene Perioden, kann es zu vermehrten Auftreten von Aluminium-Ionen in der Bodenlösung kommen, die dann durch die sogenannte "Al-Toxicität" zu Wurzelschäden führen kann.

Zahlreiche Autoren (R1, R2, A1) konnten jedoch anhand ihrer Untersuchungsergebnisse keinen Beweis finden, daß toxische Gehalte von Aluminium und anderen Schwermetallen für die typischen Krankheitssymptome verantwortlich wären.

4.1.5 MIKROORGANISMEN

4.1.5.1 Wurzelpathogene Pilze

Schon MÜLLER 1921 (M18) äußerte den Verdacht, daß der Wurzelkörper der Tanne nach Trockenperioden besonders für Pilzinfektionen disponiert wäre. Einschlägige Untersuchungen von BLASCHKE (B6, B7, B8), COURTOIS (C2) und SCHÖNHAR (S6) ergaben, daß eine Infektion durch wurzelpathogene Pilze vor allem als Folge von Mykorrhizastörungen (statt aktiver ektotroper Mykorrhizaassoziationen ektendotrophe Mykorrhizen mit intrazellularen Infektionen und Pseudomykorrhizen) bzw. Mykorrhizazerstörungen häufig zu beobachteten waren.

Im Vergleich zu gesunden Bäumen ist bei kranken die Zahl der lebenden Ektomykorrhizen, aber auch die Feinwurzelregeneration erheblich gemindert (B8). Die Mykorrhizen haben für den Baum den Vorteil, daß er mit weniger Fein- und Saugwurzeln auskommen kann. Stirbt die Mykorrhiza jedoch ab, so besteht für den Baum in zweierlei Hinsicht große Gefahr: Einerseits hat er zunächst zu wenig Feinwurzeln zur Verfügung um genügend Wasser und Nährstoffe aus dem Boden zu beziehen, und andererseits sind die Wurzeln für Pilz- und/oder Bakterieninfektionen über die Bahnen der ehemalig intakten Mykorrhizamycelstränge besonders disponiert (C2).

Ursprünglich galt der Hallimasch (*Armillaria mellea*) als Hauptverantwortlich für die aufgetretenen Schäden an Bast und Wurzel der Tanne (siehe N1, M18). Hallimasch stellt vor allem nach ausgeprägten Trockenperioden eine große potentielle Gefahr für die Tanne dar, und ist daher eine der Ursachen weshalb bei der Tanne speziell nach Trockenperioden gehäuft Schäden festgestellt worden sind.

Von der großen Palette der Wurzelfäulepilze konnte SCHÖNHAR (S27) am häufigsten *Cylindrocarpon destructans* (Zins.) SCHOLT. und *Trichoderma viride* Pers. ex GRAY nachweisen. COURTOIS u. RUSCHEN (C8) und SCHÜLER (S11) fanden vorwiegend wurzelbürtige Pilze der Gattung *Penicillium* bei ihren Untersuchungen. Über die tatsächli-

che Pathogenität der angesprochenen Pilzarten ist jedoch im Zusammenhang mit der Tanne noch wenig bekannt.

4.1.5.2 Nematoden

SCHMUTZENHOFER (S29) konnte pflanzenpathogene Nematoden, die Tannenborkenkäfer als Vektoren benützen, in zahlreichen untersuchten Tannen in Ost-Österreich (sommerwarmer Osten) feststellen, und stellte die Hypothese auf, diese Fadenwürmer könnten ähnliche Schäden wie in Japan an Kiefern, anrichten.

Er selbst und andere Autoren (W11, E4) fanden in anderen Klimabieten (vor allem in atlantisch getönten) diese Hypothese nicht bestätigt.

4.1.5.3 Viren

FINK u. BRAUN (F2) sehen in der Bildung von Harzkanalbarrieren in den jüngsten Jahrringen, sowie von Schleimzellen im Speicherbast eine Abwehrreaktion auf eine mögliche Virusinfektion. Auch FRENZEL (F5) vermutet, daß der übermäßig starke Ligninabbau in den Zellen kranker Fichten und Tannen, welcher durch seine Abbauprodukte die Lumina der Tracheiden verstopft (verschleimt), und dadurch zu Schwierigkeiten im Wassertransport führt, hormonell bedingt und möglicherweise von Viren induziert ist (siehe auch C9).

Als Überträger der Viren kämen Läuse, Pilze oder Nematoden in Frage.

4.2 Sekundäre oder lokal-begrenzt wirksame Ursachen

Im Rahmen zahlreicher Untersuchungen über erkrankte Tannen wurden häufig Schadinsekten als mögliche Mitverursacher entdeckt. Ihre Beteiligung ist in den meisten Fällen sekundär oder auf kleine

Bereiche beschränkt gewesen. Dies gilt insbesondere für die Tannenborkenkäfer, Tannentriebläuse sowie Tannentrieb- und Tannenknospenwickler (S22, E4).

Die Taxatoren der Österreichischen Waldzustandsinventur fanden an etwa 4 % aller untersuchten Tannenprobäumen schwachen bis mittelstarken Mistelbesatz (*Viscum album* ssp. *abietis*), und an ca. 3% starken Mistelbesatz. Misteln treten vor allem in tiefern Lagen, in aufgelichteten Beständen, im näheren Umkreis von Wiesen an bereits stark verlichteten Tannen häufig auf.

Auch von den Pilzarten gibt es eine große Anzahl von Schwächerparasiten, welche jedoch keine vordergründige Rolle im Ursachenkomplex spielen, wie z.B. *Heterobasidion annosum*, aber auch den als Erreger des Tannenkrebses häufigen Rostpilz *Melampsorella caryophylacearum*.

5. SCHLUSSBEMERKUNGEN

Man kann heute, mehr als hundert Jahre nach dem Ausbruch der "rätselhaften" Krankheit, die sehr bald "Tannensterben" genannt wurde, sagen, daß die äußerst pessimistischen Zukunftsprognosen aus der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts (W8, G3) nur in wenigen Fällen tatsächlich eingetreten sind. Es gibt selbst in den schwerst geschädigten Tannenverbreitungsgebieten wie z.B. dem Sächsischen Erzgebirge immer noch grüne Tannen.

Die jüngsten Ergebnisse der diversen Waldzustandsinventuren in Mitteleuropa bescheinigten der Tanne sogar wieder eine Verbesserung des Kronenzustandes, auch wenn der Gesamtzustand nach wie vor mit 20 - 50 % mittelstark bis stark geschädigter Bäume sehr hoch ist. Zuwachsuntersuchungen (L10, B17, S20) zeigten spätestens seit 1983, in etwas abgeschwächter Form auch bei verlichteten Tannen, einen auffallenden Erholungstrend, womit kaum noch jemand nach dem raschen Schadensfortschritt in den 70er Jahren gerechnet hatte.

Die genetische Variabilität der Tanne ist sehr gering (K14), weshalb man sich von Resistenzzüchtungen als Maßnahme gegen die von vielen, einander unterschiedlich beeinflussender Schadfaktoren verursachte Erkrankung der Tanne, kurzfristig keine großen Erfolge erwarten wird können. Diverse Herkunftsversuche (M4, M7) zeigten in noch relativ frühen Stadien geringe Anfälligkeit auf Dürre und Trieblausbefall bei den Herkünften aus dem südeuropäischen Tannenareal (Südl. Apennin) bzw. dem kontinentalgetönten Inneralpengebiet.

Die Weißtanne ist sicherlich eine gefährdete Baumart in den mitteleuropäischen Wäldern, doch werden die Bewirtschaftungsmethoden in den Forsten des Tannenverbreitungsareals zugunsten der Tanne geändert, wird der Wildverbiß, der das Hochkommen der Tannenverjüngung fast unmöglich macht, drastisch reduziert, so wird die Tanne auf Grund der neuesten Entwicklung auch im 21. Jahrhundert keine verlorene Baumart sein.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit soll einen Überblick über die geschichtliche Entwicklung, die räumliche Ausbreitung, die am häufigsten aufgetretenen Schadsymptome und den umfangreichen Ursachenkomplex des Tannensterbens in Form einer Literaturstudie geben.

Erste Meldungen über das Tannensterben kamen aus Westböhmen zu Beginn des 19. Jahrhunderts. Böhmen, Schlesien, das Fichtelgebirge, der Franken- und Thüringerwald, Teile des Schwarzwaldes, bzw. Sachsen und das angrenzende Erzgebirge werden als "klassische" Tannensterbensgebiete bezeichnet, mit erstmaligen Schadauftreten bereits im vorigen Jahrhundert. Die Intensität der Schäden ist in diesen Gebieten nach wie vor sehr hoch.

Zu einer zweiten Gruppe von Schadgebieten gehören die tiefergelegenen Gebiete der Schweiz, der Wienerwald, Ober- und Niederbayern und der Großteil der württemberg'schen Tannenareale. In diesen Gebieten ist das Tannensterben erstmals zu Beginn des 20.

Jahrhunderts aufgetreten; das Schadausmaß ist (war) meist gering bis mittelstark, jedoch auch periodisch unterschiedlich.

Die dritte Gruppe ist durch relativ spätes erstmaliges Auftreten (2. Hälfte des 20. JH.) von Schadsymptomen, und im Vergleich zu den anderen Gebieten durch relativ geringe Schadintensität gekennzeichnet. Zu dieser Gruppe kann man die Beskiden, die Karpaten, die Slowakei, die Bayerischen und Schweizer Alpen bzw. Voralpen, Vorarlberg, das österreichische Vor- und Randalpengebiet, die Vogesen, Slowenien und Teile des mittleren Apennins zählen.

Die zweifellos vorwiegend durch Witterungseinflüsse bedingte Periodizität des Tannensterbens wird durch neuerste Zuwachs- und Kronenzustandsuntersuchungen, auf Grund welcher die Tanne in vielen Gebieten seit einigen Jahren eine Regenerationsphase durchläuft, bestätigt.

Als wichtigste Symptome des Tannensterbens müssen genannt werden:

- + Kronenverlichtung von unten nach oben und meist von innen nach außen
- + frühzeitige Ausformung einer Storchenestkrone
- + Pathologischer Naßkern
- + Reduzierung und Deformierung des Wurzelkörpers (vor allem der Feinwurzeln).

Mit großer Wahrscheinlichkeit kann man den typischen Krankheitsercheinungen der Tanne keine alleinverantwortliche Einzelursache zuschreiben, sondern einen Ursachenkomplex, dessen Komponenten in direkter oder indirekter Wirkung zueinander stehen.

Als solche Schadfaktoren kommen in Frage:

- + Trockenperioden, Dürre, Frost;
- + Wurzelkonkurrenz von z.B. Fichte;
- + Immissionsbelastung
- + Wurzelpathogene Pilze, Viren, (Nematoden).

Die Möglichkeit über Resistenzzüchtung (Herkunftsversuche) kurz- oder mittelfristig erfolgreich gegen das Tannensterben vorgehen

zu können, wird auf Grund der geringen Variabilität der Weißtanne einerseits, und auf Grund der breiten Palette von Schadfaktoren unterschiedlicher Art andererseits, bezweifelt.

7. LITERATURVERZEICHNIS

Das Literaturverzeichnis enthält auch wissenschaftliche Arbeiten, die im Text nicht durch ihre Kennzeichen extra erwähnt sind, jedoch zu Erstellung der Abbildungen 2a, 2b und 3 herangezogen wurden, oder dem interessierten Leser zusätzliche Information über das Thema "Tannensterben" bieten können.

- A1: ALCUBILLA,M., HEIBL,R., REHFUESS,K.E., 1985: Standortkundliche Studien zum Tannensterben: Organische Inhaltsstoffe in den Nadeln befallener und gesunder Probetäume. Forstw. Centralblatt, 1985, 104, S 300-312.
- A2: ALTENDORFER,M., 1981: Tannensterben. Naturwissenschaftl. Rundschau 1981, 34 (6), S 264-265.
- A3: AVENMARK, W., SCHÖPFER,W., 1988: Abrupte Zuwachsänderungen von Fichten und Tannen. Forst u. Holz 1988, 43 (6), S 123-128.
- B1: BALUT,S., 1985: Die räumliche Verteilung der Samenbasis der Weißtanne in Polen. Schriftenreihe a.d. Forstl. Fakultät der Univ.Göttingen u.d. Forstl. Versuchsanstalt 1985,80, S 13-21.
- B2: BAUCH,J., KLEIN,P., FRÜHWALD,A., BRILL,H., 1979: Veränderungen der Holzeigenschaften in *Abies alba* Mill. durch das "Tannensterben", und Überlegungen zu seinen Ursachen. European Journal o. Forest Pathology 1979, 9, S 321-331; (engl. m.dt.Zf.).
- B3: BEER,F., 1940: Die Tanne, eine sterbende Holzart? Der Deutsche Forstwirt 1940, 22 (95/96), S 767-770.

- B4: BERTHOLD, R., ALCUBILLA, M., FOERST, K.E., 1981: Standortskundliche Studien zum Tannensterben: Kronen- und Stammerkmale von Probetümmlen aus fünf bayerischen Beständen. *Europ. Zeitschrift f. Forstpathologie* 1981, 11 (4), S 233-243.
- B5: BERGER, J., 1949: Das Massensterben der Tanne im Wienerwald. *Österr. Vierteljahresschrift für Forstwesen* 1949, 90 (1,2) S 1-11 und 81-90.
- B6: BLASCHKE, H., 1980: Feinwurzeluntersuchungen und biotische Aktivitäten in der Rhizosphäre vom Tannensterben befallener *Abies alba*-Bestände. *European Journal o. Forest Pathology* 1980, 10, S 181-185.
- B7: BLASCHKE, H., 1981: Schadbild und Ätiologie des Tannensterbens: II. Mykorrhizastatus und pathogene Vorgänge im Feinwurzelbereich als Symptome des Tannensterbens. *Europ. Zeitschrift f. Forstpathologie* 1981, 11 (5-6), S 375-379.
- B8: BLASCHKE, H., 1981: Veränderungen bei der Feinwurzelentwicklung in Weißtannenbeständen. *Forstwissenschaftl. Centralblatt* 1981, 100, S 190-195.
- B9: BLASCHKE, H., 1982: Schadbild u. Ätiologie des Tannensterbens III. Das Vorkommen einer Phytophtora-Fäule an Feinwurzeln der Weißtanne. *Europ. Zeitschrift f. Forstpathologie* 1982, 12 (4-5), S 232-238.
- B10: BRAUN, R., 1941: Insektenschäden an der Tanne im Wienerwald. *Centralblatt f.d. gesamte Forstwesen* 1941, 67 (9), S 186-191 u. 193-196.
- B11: BREUNLIN, R., 1951: Die Weißtanne an der Grenze ihres natürlichen Verbreitungsgebietes im Kreise Leonberg. *Allg. Forst- u. Jagdzeitung* 1951, 123 (4), S 112-117.

- B12: BRILL,H., BOCK,E., BAUCH,J., 1981: Über die Bedeutung von Mikroorganismen im Holz von *Abies alba* für das Tannensterben. *Forstwissenschaftl. Centralblatt* 1981, 100, S 195-206.
- B13: BRINAR,M., 1970: Das Tannensterben und einige Begleiterscheinungen. *Zbornik Research Reports* 1970, Vol. 8, S 5-93.
- B14: BRINAR,M., 1974: Das Tannensterben in Slowenien in Abhängigkeit von den standörtlichen Verhältnissen und der klimatischen Fluktuation. *Gozdarski vestnik* 1974, XXXII, 1, S 1-17; jugosl. (mit dt.Zf.).
- B15: BROZ,A., 1982: Problematik des Tannensterbens im Gebiet der südböhmisichen Staatswälder. *Lesnictvi* 1982, 28 (9), S 741-756; tsch. (mit dt.Zf.).
- B16: BONNEAU,M., 1985: Le deperissement des forets. *La Foret Privée* 1985, 166, S 21-33; franz..
- B17: BECKER,M., 1987: Bilan de santé actuel et rétrospectif du sapin (*Abies alba* Mill.) dans les Vosges. Etude écologique et dendrochronologique. *Annales des Sciences Forestières* 1987, 44 (4), S 379-402; franz..
- B18: BERCHTOLD,R., ALCUBILLA,M., FOERST,K., REHFUESS,K.E., 1981: Standörtliche Studien zum Tannensterben: Nadel- und bastanalytischer Vergleich zwischen befallenen und gesunden Bäumen. *Forstwissenschaftl. Centralblatt* 1981, 100, S 236-253.
- C1: COURTOIS,H., 1983: Ursachen und Folgen einer Tannenwurzelmykose. *Allg. Forstzeitschrift*, München 1983, 38 (50), S 1370-1371.
- C2: COURTOIS,H., 1983: Die Tannenwurzelmykose, ihre Ursachen und Folgen. *Allg. Forstzeitschrift*, München 1983, 38 (8), S 211-213.

- C3: COURTOIS,H., 1983: Die Pathogenese des Tannensterbens und ihre natürlichen Mechanismen. Allg. Forst- und Jagdzeitung 1983, 154, (4/5), S 93-98.
- C4: COURTOIS,H., 1983: Zur Entstehung und zum Ablauf des Tannensterbens. Holz-Zentralblatt 1983, 109 (7), S 93-94.
- C5: COUTTS,M.P., RISHBETH,J., 1977: The formation of wetwood in Grand-Fir (Naßkernbildung bei *Abies grandis*). Europ. Journal of Forest Pathology 1977, 7, S 13-22; engl. (mit dt.Zf.).
- C6: CRAMER,H.H., 1984: Über die Disposition mitteleuropäischer Forsten für Waldschäden. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer Leverkusen 1984, 37 (2), S 97-207.
- C7: CLAUS,J., 1928: Das Tannensterben im sächsischen Walde. Sudetend. forst- u. Jagdzeitung 1928, 28, S 279-281.
- C8: COURTOIS,H., RUSCHEN,G., 1987: Haben wurzelinfizierende Mikropilze Einfluß auf das "Waldsterben"? Allg. Forst- und Jagdzeitung 1987, 158 (11/12), S 189-194.
- C9: CHRISTMANN,A., FRENZEL,B., 1987: Untersuchung zum Hormonhaushalt gesunder und kranker Nadelbäume. Allg. Forstzeitschrift, München 1987, 42 (27/28/29), S 746-749.
- D1: DANNECKER,K., 1941: Daseinskampf der Weißtanne in ihren Heimatgebieten. Allg. Forst- und Jagdzeitung 1941, 117, S 129-148.
- D2: DANNECKER,K., 1941: Ursachen des Rückgangs der Weißtanne und waldbauliche Folgerungen. Centralblatt f.d. gesamte Forstwesen 1941, 67 (12), S 277-290.
- D3: DIETERICH,V., 1928: Das Weißtannensterben. Forstl. Wochenztschrift Silva 1928, 16, S 81-86.

- D4: DIETERLE,G., 1988: Waldschadenssituation in Italien- Ergebnisse bisheriger Waldschadenserhebungen-. Forst und Holz 1988, 43 (3), S 62-64.
- E1: EBERDT,Ofm., 1930: Über Tannensterben. Allg. Forst- u. Jagdzeitung 1930, 106, S 389.
- E2: ECKSTEIN,D., ANIOL,R.W., BAUCH,J., 1983: Dendroklimatologische Untersuchungen zu Tannensterben. Europ. Zeitschrift f. Forstpathologie 1983, 13 (5,6,), S 279-288.
- E3: EICHHORN,O., 1981: Zoologische Aspekte des Tannensterbens. Forstwissenschaftl. Centralblatt 1981, 100, S 270-275.
- E4: EICHHORN,O., 1985: Zoologische und ertragskundliche Aspekte des Tannensterbens. Der Forst- u. Holzwirt 1985, 40 (16), S 415-419.
- E5: ENCKE, 1982: Zum Stand der Tannenerkrankungen in Baden Württemberg. Allg. Forstzeitschrift, München 1982, 37 (14), S 390-391.
- E6: ELLING,W., 1987: Eine Methode zur Erfassung von Verlauf und Grad der Schädigung von Nadelbaumbeständen. Europ. Journal of Forest Pathology 1987, 17, S 426-440.
- F1: FALCK,R., 1927: Tannensterben in der Eifel. Forstarchiv Hannover 1927, 3, S 397-409.
- F2: FINK,S., BRAUN,H.J., 1978: Zur epidemischen Erkrankung der Weißtanne *Abies alba* Mill.. Allg. Forst- u. Jagdzeitung 1978, 149 (8), S 145-150.
- F3: FISCHBACH,C., 1879: Altes und Neues von der Weißtanne. Forstwissenschaftl. Centralblatt 1879, 1, S 10-18.

- F4: FREI-PONT,C., 1973: Über den Ausfall der Tanne in zwei alten Fichten-Tannen-Mischbeständen. Schweiz. Zeitschrift f. Forstwesen 1973, 124, S 843-854.
- F5: FRENZEL,B., 1983: Beobachtungen eines Botanikers zur Koniferenerkrankung. Allg. Forstzeitschrift, München 1983, 38 (29), S 743-747.
- F6: FRÖHLICH,J., 1949: Zur Tannenfarge in Österreich. Allg. Forst- u. Holzw. Zeitung 1949, 60, S 186-188.
- G1: GERLACH, 1928: Beitrag zum Weißtannensterben. Forstl. Wochenzeitschrift Silva 1928, 16, S 353-355.
- G2: GRABHER,H., 1983: Tannensterben in Vorarlberg. Allg. Forst- u. Jagdzeitung 1983, 154 (4/5), S 65.
- G3: GRASER, 1931: Zur Frage des Tannensterbens. Forstwissenschaftl. Centralblatt 1931, 53, S 91-106 u. 117-136.
- G4: GERLACH, 1908: Besondere Vorkommnisse und Beobachtungen bei Waldbeschädigungen durch Rauchgase. Zeitung f. Forst- u. Jagdwesen 1908, 40, S 429-437.
- H1: HAIN,F.P., ARTHUR,F.H., 1985: Die Bedeutung der Ablagerungen von Luftschadstoffen für die Tannenmortalität, verursacht durch die Wollaus Adelges piceae Ratz.- eine Hypothese. Zeitschrift f. angewandte Entomologie 1985, 99 (2), S 145-152, engl. (mit dt.Zf.).
- H2: HILLGARTER,F.W., (nach einem Vortrag von SCHÜTT P.) 1983: Saure Niederschläge- ein europäisches Problem. Allg. Forstzeitung Wien 1983, 94 (5), S 109-111.
- H3: HISS, 1922: Vom Tannensterben. Allg. Forst- u. Jagdzeitung 1922, 98, S 30-33.

- H4: HOFMANN,C., 1937: Tannenlaus und Tannensterben. Forstwissenschaftl. Centralblatt 1937, 59, S 469-487.
- H5: HOFMANN,C., 1939: Untersuchungen über die Weißtannenlaus *Dreyfusia nüsslini*. Forstwissenschaftl. Centralblatt 1939, 61, S 137-153, 161-176 u. 211-221.
- J1: JUDEICH,C.F., nach MANTEUFFEL 1875: Gedanken über das allmähliche Verschwinden der mit Tannen gemischten Bestände und deren Wiederbegründung. Tharandter Forstl. Jahrbuch 1875, 25, S 1-10 u. 11-25.
- K1: KÖNIG,E., 1979: Entwicklungstendenzen bei der Tannenerkrankung. Der Forst- u. Holzwirt 1979, 34 (16), S 361-366.
- K2: KORPEL,S., VINS,B., 1973: Die Weißtanne im Waldbau der Tschechoslowakei. Schweiz. Zeitschr.f.Forstwesen 1973, 124, S 105-123.
- K3: KORPEL,S., 1985: Änderungen des Tannenvorkommens und -zustandes in der Slowakei in Bezug zu dem Waldsterben. Schriftenreihe a.d. Forstl. Fakultät Göttingen u.d. Niedersächsischen F.V.A., 1985, 80, S 22-23.
- K4: KOSUT,M., 1985: Über das Erkranken und Absterben der Weißtanne in naturwaldähnlichen Beständen der Slowakei. Schriftenreihe a.d. Forstl. Fakultät d. Univ. Göttingen u.d. Niedersächs. F.V.A. 1985, 80, S 34-35 (Kurzfassung).
- K5: KRAMER,W., 1982: Das Tannensterben. Forstarchiv 1982, 53 (4), S 128-132.
- K6: KRAMER,W., 1985: Die Weißtanne am Südrand ihres natürlichen Verbreitungsgebietes. Schriftenreihe a.d. Forstl. Fakultät d. Univ. Göttingen u.d. Nieders. F.V.A. 1985, 80, S 102-114.

- K7: KRAUSS,H., 1957: Weißtannenvorkommen und Weißtannensterben in Thüringen. Forst u. Jagd 1957, 7 (3,4), S 102-109 u. 151-153.
- K8: KRAUSS,H., 1960: Das Tannenproblem - ein synökologisches Problem? Forst u. Jagd 1960, 10 (1), S 33-35.
- K9: KOMAREK,J., PFEFFER,A., 1937: Ernstliche Gefährdung unserer Tannenbestände. Sudetend. Forst- u. Jagdzeitung 1937, 37, S 232-234.
- K10: KÄLBLE,F., 1988: Tannen-Erkrankungen im Schwarzwald - Ursachen, Maßnahmen und forstliche Konsequenzen. Forst und Holz 10.3.1988, 43 (5), S 99-101.
- K11: KENNEL,E., 1985: Ergebnisse der Waldschadensinventur 1985 in Bayern. Allg. Forstzeitschrift, München 1985, 40 (51/52), S 1384-1385.
- K12: KLEIN,E., 1988: Frostschäden an Nadelbäumen durch Bewegungen der Inversionsgrenzschicht. Allg. Forst- u. Jagdzeitung 1988, 159 (1/2), S 9-12.
- K13: KENK,G., EVERS,F.H., UNFRIED,P., SCHRÖTER,H., 1983: Düngung als Therapie gegen Immissionswirkungen in Tannen-Fichten-Beständen. Allg. Forst- u. Jagdzeitung 1983, 154, S 153-170.
- K14: KRAMER,W., 1988: 5.Tannen-Symposium in Zvolen - Bericht über eine Tagung. Forst u. Holz 10.3.1988, 43 (5), S 101-102.
- L1: LANG,K.J., 1981: Anatomische Befunde im Naßkernbereich der Wurzel von *Abies alba*. Forstwissenschaftl. Centralblatt 1981, 100, S 180-183.
- L2: LAUTENSCHLAGER,K., 1984: Osmotisches Potential und Gaswechsel von gesunden und erkrankten Weißtannen (*Abies alba* Mill.) Europ. Journal of Forest Pathology 1984, 14 (6), S 359-372; engl. (mit dt. Zf.).

- L3: LEIBUNDGUT,H., 1981: Zum Problem des Tannensterbens. Schweiz. Zeitschrift f. Forstwesen 1981, 132 (10), S 847-856.
- L4: LEININGEN,W., 1924: Über das Tannensterben im Wienerwald. Forstwissenschaftl. Centralblatt 1924, 46, S 173-183.
- L5: LOHRMANN,R., 1950: Trockenheitserscheinung an Weißtanne. Allg. Forstzeitschrift München 1950, 5, (18), S 216.
- L6: LEIBUNDGUT,H., 1974: Zum Problem des Tannensterbens. Schweiz. Zeitschrift f. Forstwesen 1974, 125, S 476-484.
- L7: LÜSCHER,D., SIEBER,M., 1987: Verfeinerte Beurteilung des Gesundheitszustandes von Fichten und Tannen durch gezielte Beobachtungen. Sanasilva Teilprogramm Nr. 9: Der Krankheitsverlauf bei Fichte, Weißtanne und Buche; Tagungsberichte zusammengest.v.B.Wasser; Institut f. Wald- u. Holzforschung (Fachbereich Waldbau) ETH-Zentrum Zürich 1987.
- L8: LADWIG,S., 1988: Zustand des Waldes in der Bundesrepublik Deutschland 1988; Waldschadensinventur Bayern 1988 - Sorge um höhere Lagen der Alpen und Mittelgebirge. Allg. Forstzeitschrift München 1988, 43 (50), S 1382-1384.
- L9: LEHRINGER,S., 1987: Waldschäden in den Alpenländern. Allg. Forstzeitschrift München 1987, 42 (11), S 234-235.
- L10: LEVY,G., BECKER,M., 1987: Le dépérissement du sapin dans les Vosges: rôle primordial de déficits d'alimentation en eau. Annales des sciences forestières 1987, 44 (4), S 403-416.
- M1: MALEK,J., 1979: Der Rückgang der Tanne und die durch Luftverunreinigung verursachten Klimaveränderungen. Lesnicka práce 1979, 58 (2), S 74-77; tsch. (mit dt.Zf.).

- M2: MALEK,J., 1981: Problematik der Ökologie der Tanne (*Abies alba*) und ihres Sterbens in der CSSR. Forstwissenschaftl. Centralblatt 1981, 100, S 170-174.
- M3: MALEK,J., 1982: Die Probleme der Biologie und des Siechens der Tanne. Lesnicka práce 1982, 61 (5), S 233-237; tsch. (mit dt.Zf.).
- M4: MARCET,E., 1971: Versuche zur Dürerreristenz inneralpiner "Trockentannen", (*Abies alba*). Schweiz. Zeitschrift f. Forstwesen 1971, 122, S 117-135.
- M5: MÄRK, 1980: Problem Weißtanne. Der Waldaufseher 1980, 32 (189), S 267-275.
- M6: MATERNA,J., 1982: Einfluß der Atmosphärenverunreinigung auf die Tanne. Lesnicka práce 1982, 61 (5), S 208-211; tsch. (mit dt.Zf.).
- M7: MAYER,H., 1979: Zur waldbaulichen Bedeutung der Tanne im mitteleuropäischen Bergwald. Der Forst- u. Holzwirt 1979, 34 (16), S 333-343.
- M8: MEYER,H., 1956: Rauchschäden und Naßkernbildung an der Weißtanne. Forst u. Jagd 1956, 6 (1), S 16.
- M9: MEYER,H., 1957: Beitrag zur Frage der Rückgängigkeiterscheinungen der Weißtanne am Nordrand ihres Naturareals. Archiv f. Forstwesen 1957, 6 (10), S 719-787.
- M10: MEYER,H., 1957: Die Bedeutung von Klimaextremen für die Frostresistenz der Weißtanne (*Abies alba*) in ihrem nördlichen Randgebiet. Forst u. Jagd 1957, 7 (1), S 11-15.
- M11: MEYER,H., 1963: Einige Beispiele kurzfristiger Rückgängigkeiterscheinungen an der Weißtanne im deutschen Mittelgebirge. Archiv f. Forstwesen 1963, 12 (9), S 928-935.

- M12: MIES,E., ZÖTTL,H.W., 1982: Zur Standortabhängigkeit der Tannenerkrankung im Südschwarzwald. Allg. Forstzeitschrift München 1982, 37 (42), S 1296-1298.
- M13: MITSCHERLICH,G., 1983: Untersuchungen über die Reaktion kranker Altannen auf die Witterung. Allg. Forst u. Jagdzeitung 1983, 154 (6/7), S 101-105.
- M14: MLINSEK,D., 1969: Waldschadensuntersuchungen am Stammkern von erwachsenen Tannen im dinarischen Tannen-Buchen-Wald. Forstwissenschaftl. Centralblatt 1969, 88 (4), S 193-199.
- M15: MORIONDO,F., COVASSI,F., 1981: Tannensterben in Italien. Forstwissenschaftl. Centralblatt 1981, 100, S 168-170.
- M16: MOSER,A., 1952: Standorte mit Gefährdung der Tanne durch Trockenheit und *Ips curvidens*. Allg. Forstzeitschrift München 1952, 7 (15), S 176-177.
- M17: MOSER,O., 1980: Die Tanne, ein sterbender Baum. Wald- u. Holzarbeit 1980, 28 (321), S 66-67.
- M18: MÜLLER,B., 1921: Das Tannensterben im Frankenwalde. Forstwissenschaftl. Centralblatt 1921, 43, S 121-130.
- M19: METTENDORF,B., SCHRÖTER,H., HRADETZKY,J., 1988: Analyseergebnisse zur Schadensentwicklung auf Tannen- und Fichten-Dauerbeobachtungsflächen in Baden-Württemberg. Allg. Forst- u. Jagdzeitung 1988, 159 (8), S 171-177.
- M20: MAHRER,F., HÄGI,K., STIERLIN,H.R., 1988: Ergebnisse der Waldschadeninventur 1987. Schweiz. Zeitschrift f. Forstwesen 1988, 139 (1), S 1-22.
- M21: MARESCH,W., 1932: Das Aussterben der Tanne. Sudetend. Forst- u. Jagdzeitung 1932, 32, S 113-117.

- N1: NEGER,F.W., 1908: Das Tannensterben in den sächsischen und anderen deutschen Mittelgebirgen. Tharandter forstliches Jahrbuch 1908, 58, S 201-224.
- N2: NEMEC,A., 1940: Über Ernährungsstörungen eines absterbenden Tannenbestandes. Forstwissenschaftl. Centralblatt 1940, 62 (10,11), S 213-221 bzw. 245-253.
- N3: NOGLER,P., 1981: Auskeilende und fehlende Jahrringe in absterbenden Tannen. Allg. Forstzeitschrift München 1981, 36 (28), S 709-711.
- O1: OFFNER,H., 1952: Stirbt die Weißtanne aus? Allg. Forst- u. Jagdzeitung 1952, 124, S 39-51.
- O2: OLBERG,A., RÖHRIG,E., 1955: Waldbauliche Untersuchungen über die Weißtanne im nördlichen und mittleren Westdeutschland. Schriftenreihe d. Forstl. Fakultät d. Univ. Göttingen u. Mitteilungen d. Niedersäch. Forstl. Versuchsanstalt, Frankfurt/Main 1955, Bd. 12.
- P1: PFEFFER,A., 1963: InsektenSchädlinge an Tanne im Bereich der Gasexhalationen. Zeitschrift f. angewandte Entomologie 1963, 51, S 203-207.
- P2: PLASSMANN, E., 1928: Zum Tannensterben in der Eifel. Zeitschrift f. Fort- u. Jagdwesen 1928, 60, S 272-283.
- R1: REHFUESS,K.E., 1981: Über die Wirkungen der sauren Niederschläge in Waldökosystemen. Forstwissenschaftl. Centralblatt 1981, 100 (6), S 363-381.
- R2: REITER,H., ALCUBILLA,M., REHFUESS,K.E., 1983: Standortskundliche Studien zum Tannensterben: Ausbildung und Mineralstoffgehalte der Wurzeln von Weißtannen in Abhängigkeit von Gesundheitszustand und Boden. Allg. Forst- u. Jagdzeitung 1983, 154 (4/5), S 82-92.

- R3: RUZICKA,J., 1937: Über das Aussterben der Tanne. Wiener Allg. Forst- u. Jagdzeitung 1937, 55 (15,17,18), S 72,76, 77,80,81.
- R4: RAMANN,E., 1908: Waldbeschädigung durch Rauch (Fichte u. Tanne). Zeitung f. Forst- u. Jagdwesen 1908, 40, S 32-35.
- S1: SCHAAL, 1898: Die Weißtanne, ihr Verhalten und ihre allmähliche Abnahme, besonders in Bezug auf Sachsen. Allg. Forst- u. Jagdzeitung 1898, 74, S 200-204.
- S2: SCHEIDTER,F., 1919: Das Tannensterben im Frankenwalde. Naturw. Zeitschr. f. Land- u. Forstwirtschaft 1919, 17, S 69-90.
- S3: SCHMID,H., ZEIDLER,H., 1953: Beobachtungen und Gedanken zum Rückgang der Tanne. Forstwissenschaftl. Centralblatt 1953, 72, S 101-110.
- S4: SCHMID,G.D. 1951: Die Weißtanne im Ostfriesland - ein ertragskundlich-biologischer Beitrag zum Weißtannenvorkommen außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes. Forstwissenschaftl. Centralblatt 1951, 70 (11), S 641-665.
- S5: SCHNEIDER-ORELLI,O., 1944: Zur Schädigung der Weißtanne durch Trieb- und Rindenläuse (Dreyfusia). Schweiz. Zeitschrift f. Forstwesen 1944, 95 (1), S 1-11.
- S6: SCHÖNHAR,S., 1982: Feinwurzelfäule an der Tanne. Allg. Forstzeitschrift München 1982, 37 (15), S 448.
- S7: SCHRÖTER,E., 1907: Die Rauchquellen im Königreich Sachsen und ihr Einfluß auf die Forstwirtschaft. Tharandter forstl. Jahrbuch 1907, 57, S 212-430.
- S8: SCHUBERT, 1930: Über das Tannensterben. Allg. Forst- u. Jagdzeitung 1930, 106, S 273-279.

- S9: SCHUCK,H.J., 1981: Untersuchungen über die Wasserleitung in am Tannensterben erkrankten Weißtannen. Forstwissenschaftl. Centralblatt 1981, 100, S 184-189.
- S10: SCHUCK,H.J., BLÜMEL,U., GEIER,L., SCHÜTT,P., 1980: Schadbild und Ätiologie des Tannensterbens. I. Wichtigkeit der Krankheitssymptome. Europ. Journal of Forest Pathology 1980, 10, S 125-135.
- S11: SCHÜLER,G., 1981: Krankheitserscheinungen der Wurzeln von *Abies alba* und ihre Beziehung zum Tannensterben. Mitteilungen a.d. Biologischen Bundesanstalt f. Land- u. Forstwirtschaft Berlin 1981, 203, S 179-180.
- S12: SCHÜLER,G., 1982: Krankheitserscheinungen der Wurzeln von *Abies alba* und ihre Beziehung zum "Tannensterben". Inaugural-Dissertation der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg 1982, 336 S.
- S13: SCHÜLER,G., 1983: Unser derzeitiger Wissensstand über das Tannensterben. Allg. Forstzeitschrift München 1983, 38 (8), S 208-210.
- S14: SCHÜTT,P., 1978: Die gegenwärtige Epidemie des Tannensterbens. Ihre geographische Verbreitung im nördlichen Teil des natürlichen Areals von *Abies alba*. Europ. Journal of Forest Pathology 1978, 8, S 187-190.
- S15: SCHÜTT,P., 1979: Buchen- und Tannensterben, zwei altbekannte Waldkrankheiten von höchster Aktualität. Mitteil. d. Deutschen Dendrolog. Gesellschaft 1979, 71, S 229-236.
- S16: SCHÜTT,P., 1980: Das Tannensterben - ein Umweltproblem? Diskussionsbeitrag zur Entstehung und zum Verlauf der Krankheit. Holz-Zentralblatt 1980, 106 (34), S 545-546.

- S17: SCHÜTT, P., 1981: Erste Ansätze zur experimentellen Klärung des Tannensterbens. Schweiz. Zeitschrift f. Forstwesen 1981, 132 (6), S 443-452.
- S18: SCHÜTT, P., 1981: Ursache und Ablauf des Tannensterbens - Versuch einer Zwischenbilanz. Forstwissenschaftl. Centralblatt 1981, 100, S 286-287.
- S19: SCHÜTT, P., 1981: Die Verteilung des Tannennaßkernes in Stamm und Wurzel. Centralblatt 1981, 100, S 174-179.
- S20: SCHMID.HAAS, P., MASUMY, S.A., NIEDERER, M., SCHWEINGRUBER, F.H., 1986: Zuwachs- und Kronenanalysen an geschwächten Tannen. Schweiz. Zeitschrift f. Forstwesen 2986, 137 (10), S 811-832.
- S21: SCHWARZ, H., 1950: Die Gefährdung der Tanne im Wienerwald. Natur und Land 1950, 36, S 156-158.
- S22: SCHWENKE, W., 1982: Mögliche Beziehungen tierischer Schädlinge zu derzeitigen Krankheitserscheinungen bei Tanne und Fichte. Allg. Forstzeitschrift München 1982, 37 (15), S 446.
- S23: SEDLACZEK, W., 1933: Über Tannenkrankheiten und Tannensterben im nördlichen Wienerwald und anderen Gebieten Österreichs. Teil 1 u. Teil 2. Centralblatt f.d.gesamte Forstwesen 1933, 59 (11,12), S 257-268 bzw. 297-310.
- S24: SEITSCHEK, O.J., 1967: Die Weißtanne im Bodenseegebiet. Beiheft zum Forstwissenschaftl. Centralblatt 1967, Heft 26, 94 S.
- S25: SIERPINSKI, Z., 1981: Rückgang der Tanne in Polen. Europ. Zeitschrift f. Forstpathologie 1981, 11 (3), S 153-162.

- S26: STOLL,H., 1909: Das Versagen der Weißtannenverjüngung im mittleren Murgtal (Schwarzwald). Naturw. Zeitschrift f. Forst- u. Landwirtschaft 1909, 7, S 279-373.
- S27: SCHÖNHAR,S., 1985: Untersuchungen über das Vorkommen pilzlicher Parasiten an Feinwurzeln der Tanne (*Abies alba*). Allg. Forst- u. Jagdzeitung 1985, 156 (12), S 247-251.
- S28: SCHÖNBORN,A., WEBER,E., 1981: Untersuchungen über die Immisionsbelastung von Tannen- und Fichtennadeln im Bereich des Bayerischen Waldes. Forstwissenschaftl. Centralblatt 1981, 100, S 265-270.
- S29: SCHMUTZENHOFER,H., 1981: A nematode involved in the silver fir decline in Austria. Proceedings XVII. IUFRO-Congress, Kyoto Japan, page 5.
- T1: TSCHERMAK,L., 1941: Die Tannenfrage im Wienerwald. Centralblatt f.d. gesamte Forstwesen 1941, 67 (7/8), S 135-151.
- U1: ULRICH,B., 1981: Eine ökosystemare Hypothese über die Ursachen des Tannensterbens. Forstwissenschaftl. Centralblatt 1981, 100, S 228-236.
- V1: VINCENT,G., KANTOR,J., 1971: Das frühzeitige Tannensterben, seine Ursachen und Vorbeugung. Centralblatt f.d. gesamte Forstwesen 1971, 88 (2), S 101-115.
- V2: VINS,B., 1982: A contribution to silver fir recession in the Beskids. Lesnická práce 1982, 61 (5), S 212-217 tsch. (mit engl.Zf.).
- W1: WACHTER,A., 1978: Deutschsprachige Literatur zum Weißtannensterben (1830-1978). Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten u. Pflanzenschutz 1978, 85 (6), S 361-381.

- W2: WACHTER,A., 1979: Untersuchungen zum Weißtannensterben in Baden-Württemberg. Allg. Forst. u. Jagdzeitung 1979, 150 (10), S 196-203.
- W3: WALDENFELS,V.J., 1954: Die Weißtanne im Frankenwald. Allg. Forstzeitschrift München 1954, 9 (4), S 35-38.
- W4: WAGNER,F., 1981: Ausmaß und Verlauf des Tannensterbens in Ostbayern von 1975-80. Forstwissenschaftl. Centralblatt 1981, 100, S 148-160.
- W5: WAPPES,L., 1896: Welche Ansprüche macht die Weißtanne hinsichtlich der Güte des Bodens? Forstwissenschaftl. Centralblatt 1896, 18, S 194-196.
- W6: WEGMANN,E., 1984: Mögliche klimatische Einflüsse beim Weißtannensterben. Schweiz. Zeitschrift f. Forstwesen 1984, 135 (4), S 357-360.
- W7: WENTZEL,K.F., 1980: Weißtanne= immissionsempfindlichste einheimische Baumart. Allg. Forstzeitschrift München 1980, 35 (14), S 373-374.
- W8: WIEDEMANN,E., 1927: Untersuchungen über das Tannensterben Teil 1,2,3. Forstwissenschaftl. Centralblatt 1927, 49, S 759-780, 815-827, 845-853.
- W9: WINDISCH-GRAETZ,H.V., 1912: Die ursprünglich natürliche Verbreitungsgrenze der Tanne in Süddeutschland. Naturwissenschaftl. Zeitschrift f. Land- u. Forstwirtschaft 1912, 10, S 201-267.
- W10: WITZGALL,G., 1939: Die waldbauliche und wirtschaftliche Bedeutung der Weißtanne. Der Deutsche Forstwirt 1939, 21 (57,58), S 717-721, 729-731.
- W11: WEISCHER,B., 1983: Nematoden als Ursache von Nadelbaumkrankheiten. Allg. Forst- u. Jagdzeitung 1983, 154, S 122-123.

Z1: ZECH,W., POPP,E., 1983: Magnesiummangel, einer der Gründe für das Fichten- und Tannensterben in NO-Bayern. Forstwissenschaftl. Centralblatt 1983, 102 (1), S 50-55.

FBVA-BERICHTE
Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt
Wien

- 1987 19 Krehan, Hannes; Haupolter, Rupert: Forstpathologische Sondererhebungen im Rahmen der Österreichischen Waldzustandsinventur 1984-1988. Kiefernbestände - Bucklige Welt.
Haupolter, Rupert: Baumsterben in Mitteleuropa. Eine Literaturübersicht. Teil 1: Fichtensterben.
Preis ÖS 80.-- 73 S.
- 1987 20 Glattes, Friedl; Smidt, Stefan: Höhenprofil Zillertal, Untersuchung einiger Parameter zur Ursachenfindung von Waldschäden. Ergebnisse von Luft-, Niederschlags- und Nadelanalysen 1985.
Preis ÖS 70.-- vergriffen 65 S.
- 1987 21 Ruetz, Walter; Nather, Johann: Proceedings of the IUFRO Working Party on Breeding Strategy for Douglas-Fir as an Introduced Species. IUFRO Working Party S2.02-05. Vienna, Austria June 1985.
Preis ÖS 300.-- 300 S.
- 1987 22 Johann, Klaus: Standraumregulierung bei der Fichte. Ausgangsbaumzahl - Stammzahlreduktion - Durchforstung - Endbestand. Ein Leitfaden für den Praktiker.
Preis ÖS 60.-- 66 S.
- 1987 23 Pollanschütz, Josef; Neumann, Markus: Waldzustandsinventur 1985 und 1986. Gegenüberstellung der Ergebnisse.
Preis ÖS 100.-- 98 S.
- 1987 24 Klaushofer, Franz; Litschauer, Rudolf; Wiesinger, Rudolf: Waldzustandsinventur: Untersuchung der Kronenverlichtungsgrade an Wald- und Bestandesrändern.
Preis ÖS 100.-- 94 S.
- 1988 25 Johann, Klaus: Ergebnisse einer Rotfäuleuntersuchung in sehr wüchsigen Fichtenbeständen.
Preis ÖS 90.-- 88 S.
- 1988 26 Smidt, Stefan; Glattes, Friedl; Leitner, Johann: Höhenprofil Zillertal, Meßbericht 1986. Luftschadstoffmessungen, Meteorologische Daten, Niederschlagsanalysen.
Preis ÖS 120.-- 114 S.
- 1988 27 Smidt, Stefan: Messungen der nassen Deposition in Österreich. Meßstellen, Jahresmeßergebnisse, Literatur.
Preis ÖS 80.-- 72 S.
- 1988 28 Forum Genetik - Wald - Forstwirtschaft. Bericht über die 5. Arbeitstagung von 6. bis 8. Oktober 1987. Innsbruck.
Preis ÖS 200.-- 192 S.

- 1988 29 Krissl, Wolfgang; Müller, Ferdinand: Mischwuchsregulierung von Fichte und Buche in der Jungwuchsphase.
Preis ÖS 50.-- 52 S.
- 1988 30 Marcu, Gheorge; Tomiczek, Christian: Eichensterben und Klimastress. Eine Literaturübersicht.
Preis ÖS 30.-- vergriffen 28 S.
- 1988 31 Kilian, Walter: Düngungsversuche zur Revitalisierung geschädigter Fichtenbestände am Ostrong.
Preis ÖS 50.-- 50 S.
- 1988 32 Smidt, Stefan; Glattes, Friedl; Leitner, Johann: Höhenprofil Zillertal, Meßbericht 1987.
Preis ÖS 250.-- 234 S.
- 1988 33 Enk, Hans: 10 Jahre Kostenuntersuchung bei Tiroler Agrargemeinschaften und Gemeindewäldern.
Preis ÖS 130.-- 124 S.
- 1988 34 Krehan, Hannes: Forstpathologische Sondererhebungen im Rahmen der Österreichischen Waldzustandsinventur 1984-1988. Teil II: Fichtenbestände im Ausserfern (Tirol) und im grenznahen Gebiet des Mühl- und Waldviertels.
Preis ÖS 60.-- 60 S.
- 1988 35 Schaffhauser, Horst: Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1986/87.
Preis ÖS 145.-- 138 S.
- 1989 36 Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung (8). IUFRO-Fachgruppe S1.04-00. Vorbeugung und Kontrolle von Wildbacherosion, Hochwässer und Muren, Schneeschäden und Lawinen.
Preis ÖS 130.-- 128 S.
- 1989 37 Rachoy, Werner; Exner, Robert: Erhaltung und Verjüngung von Hochlagenbeständen.
Preis ÖS 105.-- 100 S.
- 1989 38 Merwald, Ingo: Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1982/83, 1983/84.
Preis ÖS 100.-- 92 S.
- 1989 39 Krehan, Hannes: Das Tannensterben in Europa. Eine Literaturstudie mit kritischer Stellungnahme.
Preis ÖS 60.-- 58 S.

