

Ertragskundliche Aspekte der Walderkrankungen

Von H. RÖHLE

1 Problemstellung

Die vielgestaltigen Krankheitserscheinungen, die an den meisten unserer heimischen Baumarten beobachtet werden, haben in jüngster Zeit ein besorgniserregendes Ausmaß erreicht. Um in möglichst umfassendes Bild vom Krankheitsgeschehen zu erhalten, ist eine eingehende Analyse der schadbedingten Änderungen von Wachstumsabläufen und ihrer Auswirkungen auf die Entwicklung unserer Waldbestände unumgänglich. Um diese Wachstumsreaktionen erfassen zu können, hat der Münchner Lehrstuhl für Waldwachstumskunde im Jahr 1981 breit angelegte Untersuchungen an Fichte, Kiefer und Buche eingeleitet.

Ziel dieser Veröffentlichung ist es, die bisher vorliegenden Untersuchungsergebnisse für die Baumart Fichte vorzustellen. Dabei handelt es sich neben der Analyse einer größeren Anzahl von Probestämmen vor allem um die Ergebnisse von Erhebungen auf Weiserflächen zur Herleitung bestandes- und standortstypischer Wachstumsreaktionen.

2 Einzelstammuntersuchungen

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen wurden insgesamt 74 Probestämme in Fichtenbeständen mit einem Alter von über 60 Jahren gewonnen. Darüber hinaus wurden an ausgeählten Bäumen aus den Forstämtern Sauerlach, Bodenmais und Garmisch-Partenkirchen eingehende Untersuchungen im Kronenraum durchgeführt (Messung der Triebanzunahme, Biomasseanalysen). Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Anzahl der in den Hauptschadgebieten Bayerns geernteten Probestämme.

Bei der Auswahl der Untersuchungsbäume wurde besonderes Augenmerk darauf gelegt, daß sie in einem Bestand geernteter Bäume hinsichtlich ihrer Dimensionen und ihrer sozialen Position vergleichbar waren. Außerdem wurden nur Bäume der herrschenden Schicht entnommen. Leider gelang es nicht immer, in Bezug auf Dimension und Alter völlig übereinstimmende Vergleichsbäume zu finden. Da außerdem davon auszugehen war, daß die Wachstumsvorgänge bei den geschädigten Bäumen in den letzten Jahren höchstwahrscheinlich langsamer abgelaufen waren, mußten die Dimensionen dieser Bäume etwas geringer gewählt werden als die der gesunden Bäume. Somit konnte einigermaßen sichergestellt werden, daß die Analysenbäume aus einem Bestand vor Eintritt der Schädigung in etwa die gleichen Dimensionen aufzuweisen hatten.

2.1 Kronenanalysen

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Kronenkennwerte der Untersuchungsbäume des Parteienvergleiches und der Weiserfläche in Garmisch-Partenkirchen. Dabei fällt auf, daß bei den

meisten Baumpaaren die Kronendimensionen der geschädigten Bäume deutlich geringer waren als die der gesunden Vergleichsbäume. Die niedrigere Kronenlänge führt in Verbindung mit einem reduzierten Triebblängenwachstum zu geringeren Kronenvolumina bei den geschädigten

Tabelle 1

Übersicht über die Entnahmegebiete der Probestämme

Listing of the sample tree areas

Wuchsbezirk	Entnahmeort	Höhenlage über NN in m	Anzahl Probestämme
15.5 mittlere Bayerische Kalkalpen	FoA Garmisch-Partenkirchen	1150 – 1250	11
14.4/1 westl. kalkalpine Jungmoräne	Forstverw. Bosch Königsdorf	ca. 500	6
13.2/1 südl. Münchner Schotterebene	FoA Sauerlach	ca. 500	6
12.8 Oberbay. Tertiär-Hügelland	FoA Eurasburg (Beregnungsversuch Prof. Dr. Kreuzer)	ca. 500	9
11.3 Innerer Bayerischer Wald	Nationalpark Bayerischer Wald	700 – 1400	10
11.3 Innerer Bayerischer Wald	FoA Bodenmais	1100 – 1200	22
8.3 Fichtelgebirge	FoA Fichtelberg	700 – 800	10

Tabelle 2

Kronenkennwerte der Untersuchungsbäume

Crown criteria of the sample trees

Ort	Baumnummer	Schadklasse	Bhd in cm	Höhe in m	Kronenansatz in m	Kronenlänge in m	Kronenvolumen in m ³	Kronenvolumenzuwachs im Jahr vor der Entnahme in m ³
Garmisch-Partenkirchen	G2.1	2	42,3	33,1	17,0	16,1	267,9	7,4
	G2.2	2	48,2	34,6	8,0	26,6	325,4	8,7
	G2.3	2	54,9	35,0	18,5	16,5	352,2	10,4
	G2.4	2	47,2	34,2	19,5	14,7	369,9	18,1
	G3.1	3	40,5	32,5	16,0	16,5	313,7	7,2
	G3.2	3	35,3	31,5	11,5	20,0	253,7	4,5
	G3.3	3	52,1	31,8	20,0	11,8	246,3	11,2
	G3.4	3	46,0	35,5	18,0	17,5	520,9	22,0
	G4.1	4	40,4	33,9	17,0	16,9	376,1	15,7
	G4.2	4	50,7	35,5	8,0	17,5	1341,3	22,5
Sauerlach	G4.3	4	62,2	38,0	21,0	17,0	551,9	11,6
	S1+	1	39,0	32,9	15,2	17,7	303,8	1)
	S1-	3	39,1	31,6	19,0	12,6	287,9	1)
	S3+	1	40,3	31,8	8,9	22,9	654,0	18,6
	S3-	2	37,8	30,4	15,7	14,7	429,9	10,7
	S5+	1	21,1	20,4	8,9	11,5	186,5	11,2
Bodenmais	S5-	3	21,8	19,2	8,9	10,3	188,6	5,7
	B2+	2	36,1	22,1	11,3	10,8	144,8	3,5
	B2-	4	39,3	22,3	11,3	11,0	126,0	2,4
	B4+	1	36,4	21,9	10,4	11,5	187,2	6,9
	B4-	4	29,1	20,1	16,8	3,2	7,6	0,7

1) nicht ermittelt

Bäumen. Als besonders krasses Beispiel kann die Fichte B 4- aus Bodenmais genannt werden, die der Schadklasse 4 angehört und bei der Entnahme augenscheinlich kurz vor dem Absterben stand. Durch ein allmähliches Vertrocknen der Äste von unten nach oben entstand eine extrem kurze Krone, bei der zum Zeitpunkt der Fällung nur noch die obersten drei Meter grüne Äste besaßen. Darauf ist auch das außerordentlich geringe Niveau des Kronenvolumenzuwachses dieses Baumes zurückzuführen. Abbildung 1 verdeutlicht am Beispiel von Probestämmen aus Bodenmais, Sauerlach und Garmisch-Partenkirchen den Rückgang des Triebblängenwachstums in der Oberkrone.

Auf der Weiserfläche in Garmisch-Partenkirchen wurden insgesamt 11 Bäume aus der herrschenden Schicht untersucht, je vier aus den Schadklassen 2 und 3 und drei Bäume aus der Schadklasse 4. Gesunde Bäume (Klasse 1) und tote Bäume (Klasse 5) waren auf der Fläche nicht vertreten. Hier zeigen vor allem Fichten der Schadklasse 4 deutliche Wachstumsdepressionen in der Oberkrone. Häufig sind bei den stark geschädigten Bäumen ganze Astquirle ausgefallen, die vorhandenen Haupt- und Seitentriebe weisen meist sehr geringe jährliche Längenzuwächse auf. Die Fichten der Schadklassen 2 und 3 lassen sich, ebenso wie die meisten Probestämme aus Sauerlach, hinsichtlich ihres Kronenwachstums nicht so deutlich voneinander unterscheiden, die gemessenen Triebblängenzuwächse lassen noch keine Wachstumsstockungen erkennen.

2.2 Biomassenanalysen

Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Ergebnisse der Biomassenanalysen der Probestämme aus Sauerlach, Bodenmais und Garmisch-Partenkirchen. Demzufolge weisen geschädigte Fichten

Tabelle 3
Ergebnisse der Biomassenanalysen
Results of biomass analyses

Ort	Baumnummer	Schadklasse	Gesamtnadelgewicht in kg	Nadelgewicht Oberkrone (10 Astquirle) in kg	mittlere 100-Nadelgewichte in den Kronendritteln in Gramm (trocken)		
					unten	mitte	oben
Garmisch-Partenkirchen	G2.1	2	1)	1.457	1)	1)	1)
	G2.2	2	1)	1.929	1)	1)	1)
	G2.3	2	1)	1.387	1)	1)	1)
	G2.4	2	1)	0.814	1)	1)	1)
	G3.1	3	1)	0.796	1)	1)	1)
	G3.2	3	1)	1.193	1)	1)	1)
	G3.3	3	1)	0.869	1)	1)	1)
	G3.4	3	1)	1.681	1)	1)	1)
	G4.1	4	1)	0.853	1)	1)	1)
	G4.2	4	1)	0.311	1)	1)	1)
Sauerlach	G4.3	4	1)	0.702	1)	1)	1)
	S1+	1	1)	1)	1)	1)	1)
	S1-	3	1)	1)	1)	1)	1)
	S3+	1	66.9	1.071	0.23	0.32	0.56
	S3-	2	70.1	1.037	0.32	0.45	0.58
Bodenmais	S5+	1	27.6	2.005	0.17	0.25	0.48
	S5-	3	17.1	1.345	0.17	0.27	0.41
	B2+	2	31.0	1.923	0.32	0.41	0.46
	B2-	4	7.7	0.413	0.18	0.19	0.23
	B4+	1	34.9	1.731	0.39	0.48	0.60
	B4-	4	4.1	0.417	0.25	0.27	0.29

1) nicht ermittelt

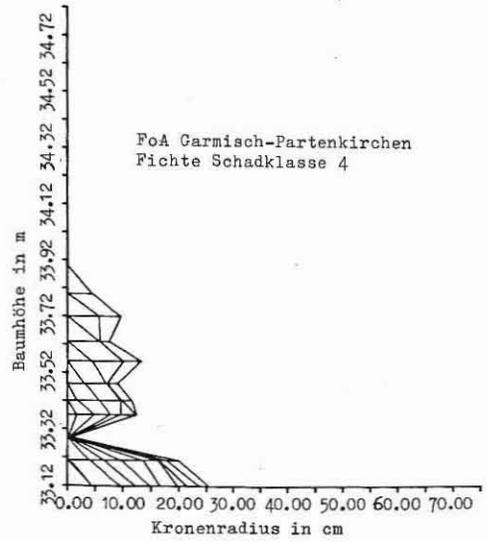
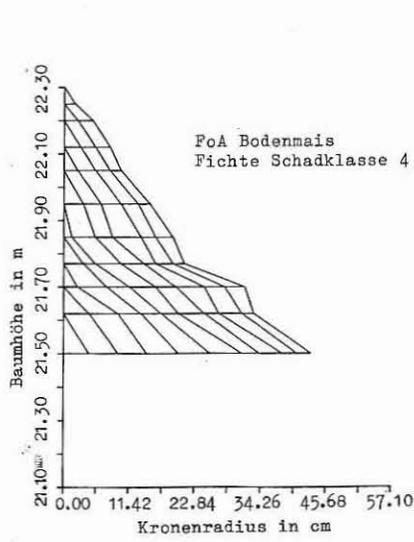
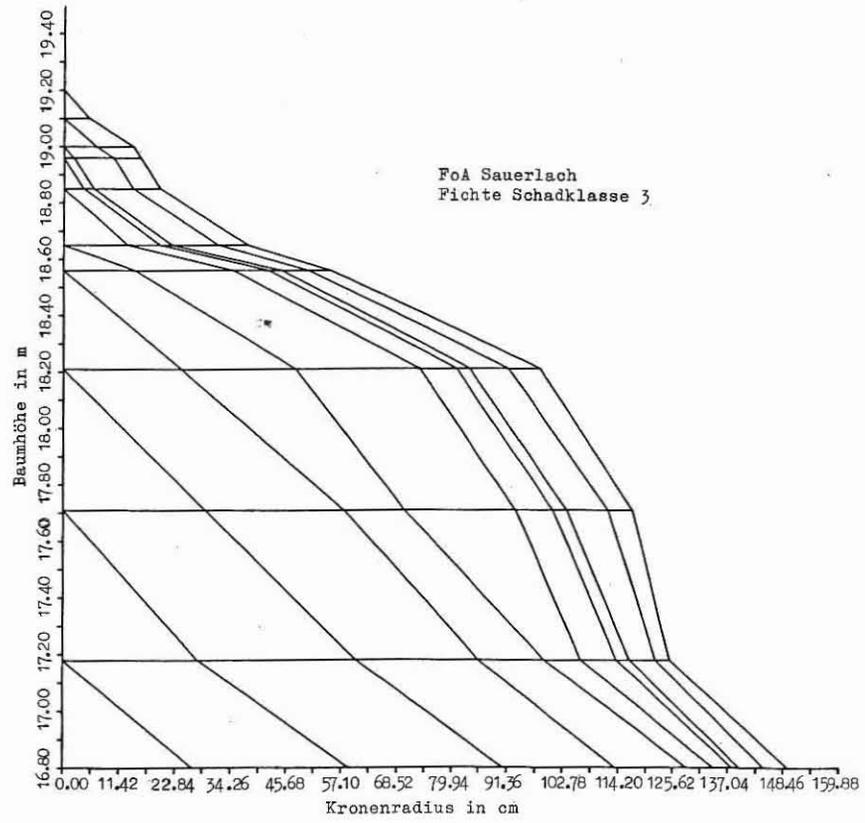


Abb. 1. Triebanzunahme der zurückliegenden 10 Jahre in der Oberkrone geschädigter Fichten
Fig. 1. Shoot growth in the upper part of the crown of damaged spruces during the past 10 years

relativ niedrige Gesamtnadelmassen und geringe 100-Nadelgewichte auf. Bemerkenswert sind die im Vergleich zu den gesunden Bäumen deutlich geringeren 100-Nadelgewichte der geschädigten Bäume aus dem Forstamt Bodenmais. Die unter ungestörten Verhältnissen auftretende starke Gewichtsabnahme der 100-Nadelgewichte von den oberen zu den unteren Kronenpartien tritt bei den geschädigten Bäumen allerdings nicht mehr so deutlich in Erscheinung. Außerdem sind die Anteile der Totäste und die Trockenastlängen höher als bei gesunden Bäumen, die Grünastmassen dagegen deutlich niedriger.

Auffallend sind die großen Differenzen zwischen den Gesamtnadelmassen der gesunden und der stark geschädigten Fichten aus dem Forstamt Bodenmais, die sich auch bei den Zuwachsgrößen (vgl. Abschnitt 3.1.4) feststellen ließen. In Garmisch-Partenkirchen zeigen sich bei den untersuchten Bäumen ebenfalls deutliche Unterschiede bei den Gesamtnadelmassen, die von der Klasse 2 über die Klasse 3 bis zur Klasse 4 stark abnehmen. Allerdings lassen die Gesamtnadelgewichte bei den Bäumen aus Garmisch-Partenkirchen keine besonders scharfe Trennung nach Schadklassen erkennen. Dies liegt an der beträchtlichen Altersspreitung des Untersuchungsbestandes und in dem vergleichsweise lockeren Bestandesaufbau (Hochgebirgslage). Dadurch wird die Ausbildung sehr langer und weitausladender Kronen begünstigt. Die absoluten Kronendimensionen und damit auch die Gesamtnadelmassen der Probestämme sind aus diesen Gründen nur bedingt miteinander vergleichbar. Die Fichten aus dem Forstamt Sauerlach lassen keine stark ausgeprägten Zusammenhänge zwischen Schadgrad und Nadelmasse erkennen. Ergänzend muß noch angemerkt werden, daß in allen Untersuchungsgebieten deutliche Unterschiede im Hinblick auf die Gesamtnadelmassen zwar bei den verlichteten Fichten, nicht jedoch bei den hauptsächlich vergilbten Fichten festgestellt werden konnten.

2.3 Stammanalysen

Von großer Bedeutung für die Änderung des Zuwachsganges scheint der Zeitpunkt des Schadbeginns, mithin also die Länge der Schadeinwirkung, zu sein: Aus dem Bayerischen Wald wie auch aus dem Fichtelgebirge werden bereits seit längerer Zeit Waldschäden gemeldet. In diesen Gebieten lassen sich die verschiedenen Schadklassen hinsichtlich ihres Zuwachsganges ziemlich leicht unterscheiden. Dies gilt jedoch nicht für Räume, aus denen erst seit relativ kurzer Zeit Waldschäden gemeldet werden, wie z. B. aus dem Forstamt Garmisch-Partenkirchen (erste Schadmeldungen im Jahr 1982), wo sich zwischen unterschiedlich stark geschädigten Bäumen keine ausgeprägten Differenzierungen in der Zuwachsleistung herausarbeiten ließen. Ein deutliches Nachlassen des Zuwachses seit mehr als 15 Jahren ist vor allem bei den stärker geschädigten Fichten aus den Hochlagen des Forstamtes Bodenmais und aus dem Nationalpark Bayerischer Wald nachweisbar. Abbildung 2 zeigt dieses Verhalten am Beispiel von vier Untersuchungsbäumen aus dem Forstamt Bodenmais, die den Schadklassen 2, 3, 4 und 5 angehören. In der Darstellung ist der Volumenzuwachs beginnend mit dem Jahr 1957 in Prozent eines Referenzwertes (durchschnittlicher jährlicher Volumenzuwachs der Periode von 1958–1967) aufgetragen. Für die Referenzperiode kann eine Schädigung durch Umwelteinflüsse aller Wahrscheinlichkeit nach ausgeschlossen werden. Der durchschnittliche jährliche Volumenzuwachs der Referenzperiode ist links der Nulllinie angegeben. Der Zeitraum der Referenzperiode ist auf der Bezugsliste (gestrichelt) als durchgezogener Linienabschnitt dargestellt. Besonders krass tritt der Zuwachsrückgang mit teilweise 90 Prozent und mehr in der Schadklasse 4 auf. Bei den geschädigten Untersuchungsbäumen aus Fichtelberg ist ebenfalls ein deutlicher Rückgang des Volumenzuwachses seit etwa 1970 zu beobachten. Bei den Bäumen aus Sauerlach, Königsdorf und Aichach ist der Zuwachsrückgang erst seit kürzerer Zeit festzustellen oder, wie auf der Untersuchungsfläche in Garmisch-Partenkirchen, überhaupt nicht nachzuweisen. Erstaunlicherweise besitzen hier sogar Fichten der Schadklasse 4 mit Nadelverlusten über 60 Prozent Zuwachswerte, die bis zum Zeitpunkt der Entnahme im Jahr 1983 keinerlei Rückschlüsse auf Schadwirkungen zulassen.

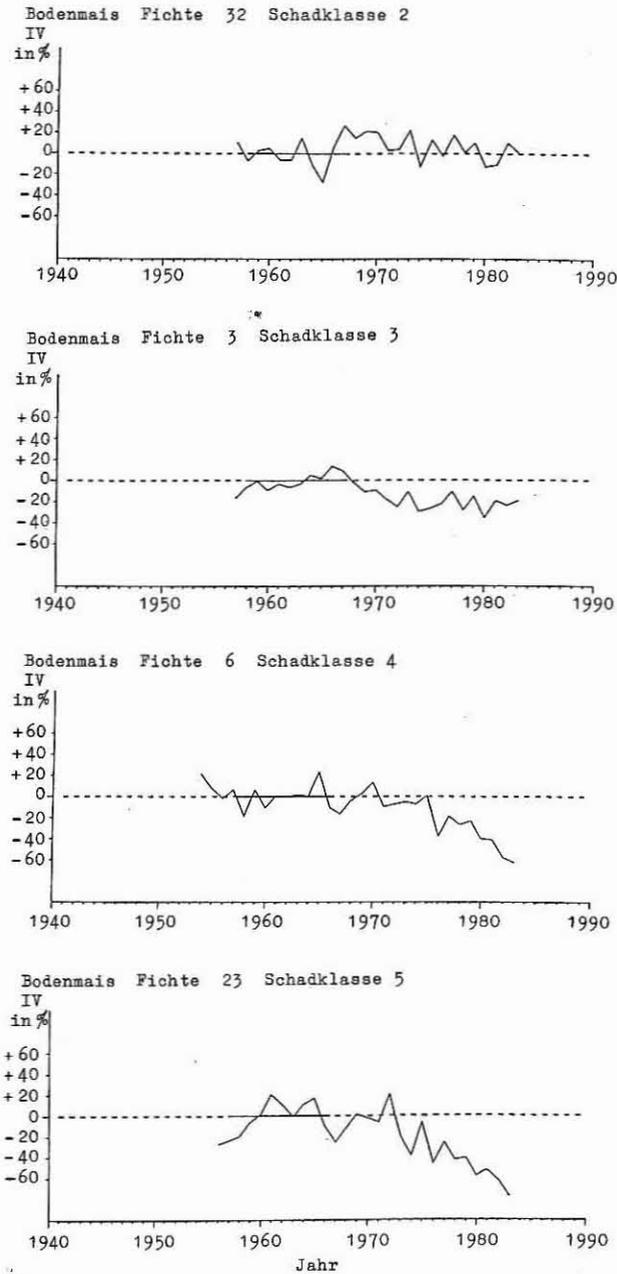


Abb. 2. Laufende Volumenzuwächse von Fichten der Schadklassen 2, 3, 4 und 5 in Bodenmais

Fig. 2. Current volume increment of spruces of damage classes 2, 3, 4 and 5 at Bodenmais

2.4 Zuwachsverlagerungen

Die Analyse der stark geschädigten Bäume aus dem Forstamt Bodenmais ergab, daß die Zuwachsanlagerung in den verschiedenen Schafthöhen deutlich von dem von ASSMANN (1961) beschriebenen Normalzustand abweicht, wonach bei Fichten im Alter 90-100 nach einem Maxi-

zum am Stammfuß der Grundflächenzuwachs zunächst deutlich, im Mittelschaft nur wenig, im oberen Kronenbereich jedoch wieder stärker abnimmt. Im Gegensatz dazu ist im Bayerischen Wald an geschädigten Bäumen ein mehr oder weniger ausgeprägtes Zuwachsmilieu in der Schaftmitte festzustellen. Die höchsten Durchmesser- und Grundflächenzuwächse treten in den oberen Kronenbereichen auf. Am Stammfuß liegen die Zuwachswerte ausgesprochen niedrig, häufig sind mehrere Jahrringe vollkommen ausgefallen.

Abbildung 3 demonstriert die unterschiedlichen Wachstumsreaktionen an je zwei Untersuchungsbäumen aus den Forstämtern Bodenmais und Sauerlach. Während in Bodenmais die geschädigte Fichte in den letzten Jahrzehnten den Zuwachs in die oberen Kronenbereiche verlagerte, sind bei der geschädigten Fichte aus Sauerlach derartige Tendenzen nicht zu beobachten. Diese Art der Zuwachsverlagerung konnte allerdings nur in den Hochlagen des Bayerischen Waldes beobachtet werden. In den übrigen Untersuchungsgebieten ließen sich bisher auch an stark geschädigten Bäumen keine nennenswerten Zuwachsverlagerungen nachweisen.

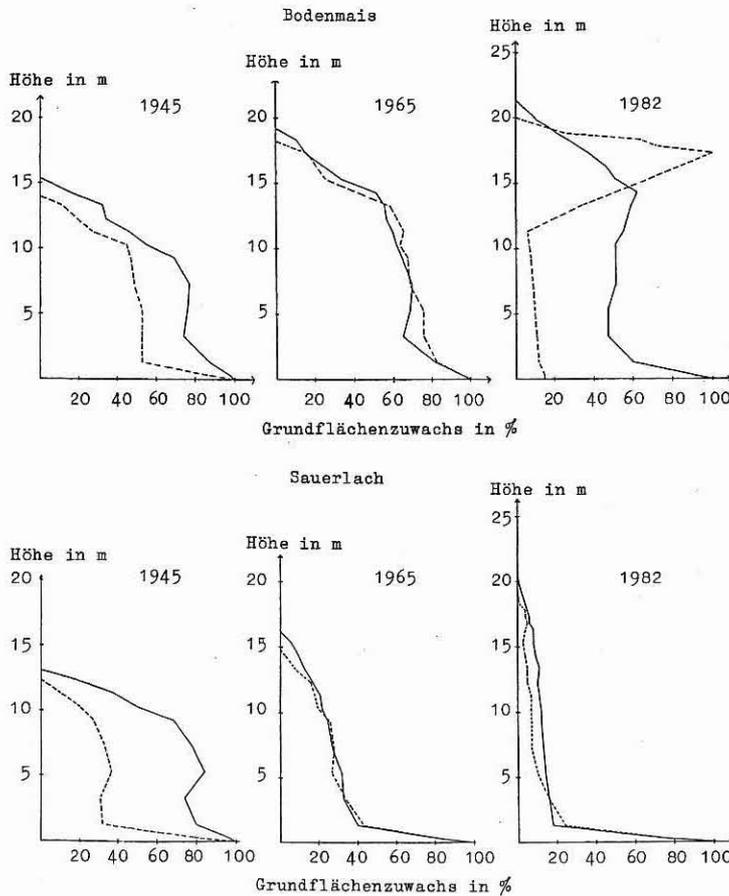


Abb. 3. Zuwachsverlagerung in den verschiedenen Schafthöhen. --- Schadklasse 1, — Schadklasse 3 (Sauerlach) bzw. 4 (Bodenmais)

Fig. 3. Increment added at different heights of the bole --- damage class 1, — damage class 3 (Sauerlach), and 4 (Bodenmais)

3 Untersuchungen auf Weiserflächen

Zur Ermittlung flächenbezogener Zuwachsverluste wurden drei Weiserflächen mit jeweils 60–100 Einzelbäumen neu angelegt. Auf diesen Flächen wurden neben den ertragskundlichen Grunddaten an allen Bäumen die Schadklassen angesprochen und Zuwachsbohrungen vorgenommen.

3.1 Ertragskundliche Grunddaten

Die drei Weiserflächen befinden sich in den Forstämtern Garmisch-Partenkirchen, Fichtelberg und Bodenmais. Die Weiserfläche im Forstamt Garmisch-Partenkirchen liegt in 1200 m Höhe in einer Muldenlage unterhalb des Frieders in den Ammergauer Alpen. Der Bestand macht trotz des hohen mittleren Flächenalters von 149 Jahren noch einen wuchskräftigen Eindruck (Bonität I.5 nach v. GUTTENBERG). Die Weiserfläche im Fichtelgebirge liegt in 760 m Höhe zwischen dem Ochsenkopf und dem Schneeberg ebenfalls in einer Muldenlage. In dem Bestand sind einige Fichten gebrochen, das mittlere Flächenalter beträgt 120 Jahre, die Bonität I.5 nach WIEDEMANN. Die Untersuchungsfläche in Bodenmais schließlich liegt in 1150 m Höhe in West-Exposition an einem Hang unterhalb des Kleinen Arbers. Der 115jährige Bestand hinterläßt bereits optisch den Eindruck geringer Vitalität (Bonität IV.5 nach v. GUTTENBERG). Besonders auffällig ist der relativ hohe Prozentsatz absterbender Fichten. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die ertragskundlichen Grunddaten der Weiserflächen.

Tabelle 4

Ertragskundliche Grunddaten der Weiserflächen
Stand and stocking data of the indicator plots

Weiserfläche	Flächengröße in ha	Baumarten- anteile in %	Mittl. Alter in Jahren	B°- grad	Dm in cm	Hm in cm	N/ha	Grundfläche/ ha in m ²	Volumen/ha in VfmD	
Garmisch- Parten- kirchen	0,3408	Fi 92,0 %*	149	0,62	48,11	34,65	247	43,44	683,43	
		Ta 3,5 %**								
		Bu 1,0 %**								
		Bah 3,5 %**								
Bodenmais	0,1624	Fi 100 %	115	0,89	31,00	18,70	517	39,23	355,23	
Fichtelberg	0,3150	FI 100 %	120	0,73	45,54	33,16	254	41,37	629,65	
		* Hauptbestand								
		** Nebenbestand								

3.2 Schadklassenverteilungen

Die Schadklassierung wurde im Anhalt an die bei der bayerischen Schadinventur verwendete fünfstufige Ansprucheskala durchgeführt. Die fünf Klassen wurden anhand der angeschätzten Nadelverlustprozentage einzelbaumweise ermittelt. Die Klasse 1 umfaßt dabei den Bereich bis 10 Prozent Nadelverlust, Klasse 2 von 11 bis 25 Prozent, Klasse 3 von 26 bis 60 Prozent, Klasse 4 von 61 bis 99 Prozent. Der Klasse 5 werden die toten Bäume zugeteilt. Abbildung 4 gibt einen Überblick über die Schadsituation auf den drei untersuchten Weiserflächen. Während in Garmisch-Partenkirchen 80 Prozent aller Bäume in die Klasse 2 fallen, die Klassen 1 und 3 mit 2 Prozent bzw. 18 Prozent deutlich schwächer besetzt sind und die Klassen 4 und 5 überhaupt nicht vorkommen, sieht die Schadsituation auf den Weiserflächen in Fichtelberg und Bodenmais wesentlich ungünstiger aus. Auf diesen beiden Flächen fallen bereits mehr als die Hälfte aller Bäume in die Klasse 3, die Klasse 1 fehlt zur Gänze, Klasse 2 ist sehr schwach besetzt. Stark geschädigte Bäume der Klasse 4 sind auf beiden Weiserflächen mit mehr als 5 Prozent vertreten. In dem Bestand in Bodenmais befinden sich außerdem 6,5 Prozent tote Bäume (Klasse 5).

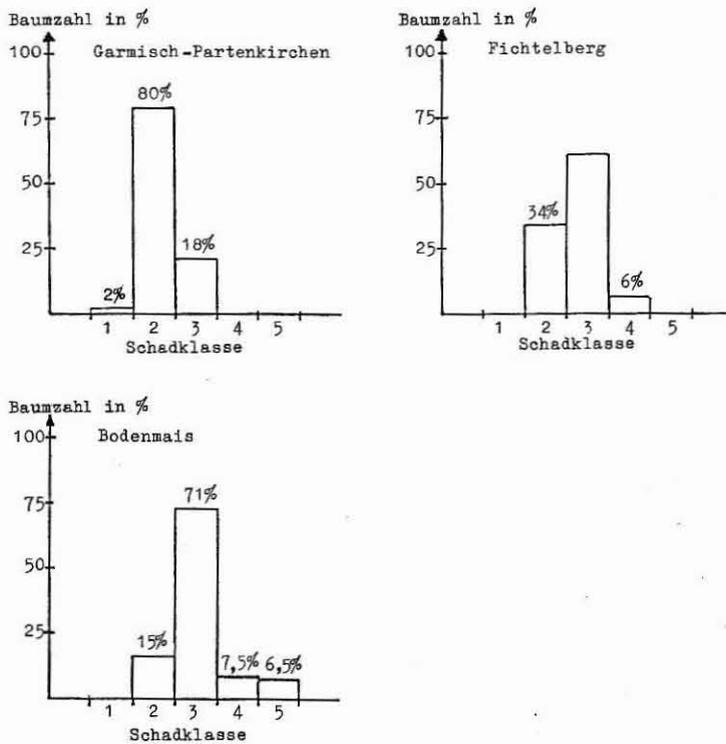


Abb. 4. Verteilung der Schadklassen auf den Weiserflächen Garmisch, Fichtelberg und Bodenmais
 Fig. 4. Distribution of damage classes on the indicator plots at Garmisch, Fichtelberg, and Bodenmais

3.3 Typische Zuwachsverläufe verschiedener Schadklassen

Für die drei Weiserflächen wurden schadklassenspezifische Zuwachsgänge hergeleitet. Anhand dieser Zuwachsgänge sollte überprüft werden, ob es charakteristische Unterschiede im Zuwachsverhalten der verschiedenen Schadklassen gibt. Zu diesem Zweck wurden für die einzelnen Schadklassen die mittleren Volumenzuwachswerte errechnet und mit dem jeweiligen Durchschnittswert des laufenden Volumenzuwachses der Referenzperiode verglichen. In Abbildung 5 sind die Volumenzuwächse für die vier Vitalitätsklassen auf der Untersuchungsfläche in Bodenmais in Prozent der jeweiligen Referenzwerte aufgetragen. Es zeigt sich, daß im Bayerischen Wald ein deutliches Nachlassen der Zuwachsleistung von der Vitalitätsklasse 2 (kränkelnd, 25 % Zuwachsrückgang gegenüber der Referenzperiode) über die Klasse 3 (krank, 35 % Rückgang) und 4 (sehr krank, 55 % Rückgang) bis zur Klasse 5 (1983 absterbend, 70 % Rückgang) nachweisbar ist. Im Fichtelgebirge dagegen konnten nur für die Klasse 4 (Schadklasse 5 ist auf der dortigen Untersuchungsfläche nicht vertreten) ausgeprägte Zuwachsrückgänge festgestellt werden, die Schadklassen 2 und 3 lassen sich nicht so deutlich trennen. Im Alpengebiet waren auf der Untersuchungsfläche überhaupt keine Zusammenhänge zwischen Zuwachsleistung und Vitalitätsklasse nachweisbar.

4 Herleitung von Zuwachsverlustgrößen

Flächenbezogene Zuwachsgänge können nur schwer anhand absoluter Zuwachswerte einer Referenzperiode beurteilt werden. Vielmehr ist die Herleitung eines *Normverlaufes* erforder-

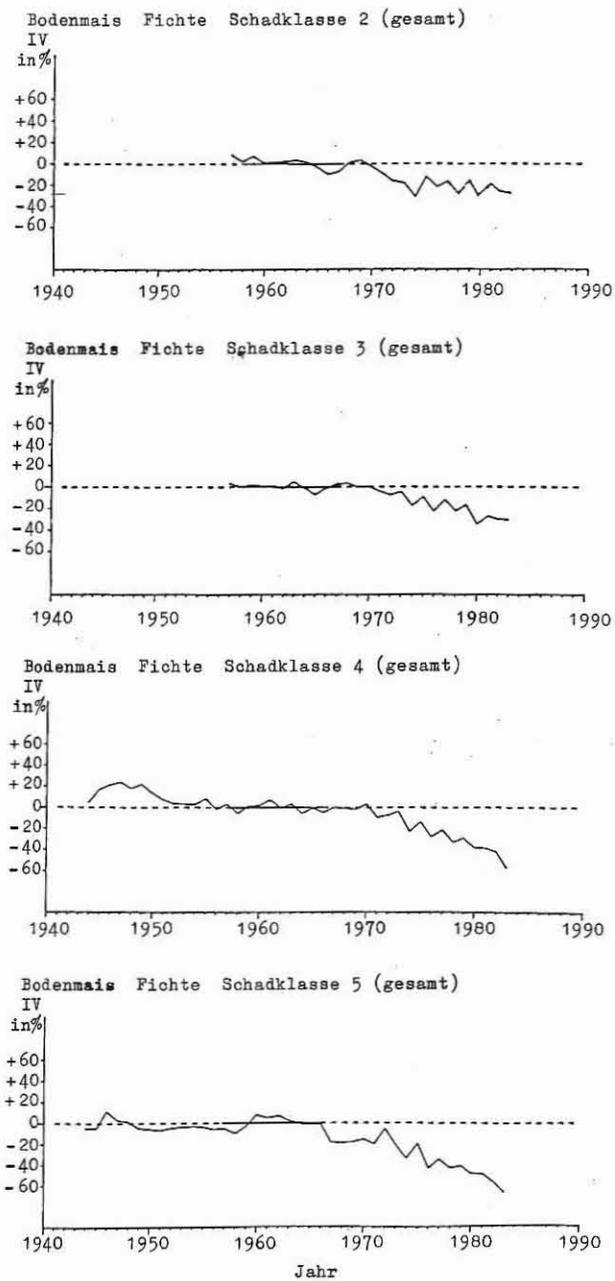


Abb. 5. Zuwachsgänge für die verschiedenen Schadklassen auf der Weiserfläche Bodenmais
 Fig. 5. Increment pattern of the different damage classes on the Bodenmais indicator plot

lich, mit dem überprüft werden kann, ob der Zuwachsgang auf der Weiserfläche in etwa dem natürlichen Alterstrend (natürlicher Zuwachsrückgang mit zunehmendem Bestandesalter nach Überschreiten der Zuwachskulmination) folgt oder ob außergewöhnliche Abweichungen festzustellen sind. Zur Bestimmung des Normverlaufes bieten sich im Prinzip zwei unterschiedliche Vorgehensweisen an:

- Herleitung anhand des Zuwachsverlaufes nahegelegener, langfristig beobachteter und ungeschädigter Vergleichsbestände,
- Herleitung anhand des Zuwachsverlaufes von Ertragstafeln, die für einen solchen Vergleich besonders geeignet sind.

Da in den Untersuchungsgebieten keine langfristig beobachteten und ungeschädigten Vergleichsflächen vorhanden waren, mußten zur Herleitung des Normverlaufes Fichten-Ertragstafeln herangezogen werden. Für die Weiserflächen wurde dazu auf Tafelwerke zurückgegriffen, deren Höhenwachstumsgang dem der untersuchten Bestände nahe kam. Im einzelnen handelt es sich dabei um folgende Ertragstafeln:

- Weiserfläche Bodenmais: v. GUTTENBERG, Fichte Bonität IV,5
ASSMANN-FRANZ, Fichte Bonität U20
- Weiserfläche Fichtelberg: WIEDEMANN, Fichte Bonität I,5
ASSMANN-FRANZ, Fichte Bonität U34
- Weiserfläche Garmisch-Partenkirchen: v. GUTTENBERG, Fichte Bonität I,5

4.1 Zuwachsverläufe der Vergleichs-Ertragstafeln

Zur Bestimmung des Normverlaufes wurde für die drei zum Vergleich herangezogenen Ertragstafeln der altersbedingte Zuwachsrückgang errechnet. Die laufenden Volumenzuwachsgößen der Ertragstafeln wurden für den Altersbereich zwischen 95 Jahren und 120 Jahren (für die Ertragstafel von v. GUTTENBERG bis 140 Jahren) in Fünfjahresperioden ermittelt. Als Bezugsgröße wurde für die jeweilige Ertragstafel der Volumenzuwachs in der ersten Fünfjahresperiode (95 bis 99 Jahre) angenommen. Die Volumenzuwächse der darauffolgenden Fünfjahresperioden wurden dann in Prozent der Bezugsgrößen angegeben. Da bei den drei Ertragstafeln im Alter 95 bereits der Kulminationspunkt des laufenden Zuwachses überschritten ist, liegen die Volumenzuwächse der folgenden Perioden niedriger als die Bezugsgröße, spiegeln also den für die jeweilige Ertragstafel im vorgegebenen Altersrahmen gültigen Zuwachstrend wieder. Abbildung 6 verdeutlicht, daß sich der altersbedingte Rückgang der drei Ertragstafeln vom Alter 95 bis zum Alter 120 zwischen etwa 7 Prozent (v. GUTTENBERG, Bonität V) und 28 Prozent (WIEDEMANN, Bonität V) bewegt. Der schraffierte Bereich kennzeichnet dabei den Bereich des Fächers für die einzelnen Bonitäten einer Ertragstafel. Bei ASSMANN-FRANZ beispielsweise ist der Fächer relativ schmal, außerdem weisen bei ASSMANN-FRANZ bessere Bonitäten geringere und schlechtere Bonitäten höhere Zuwachsrückgänge auf. Bei WIEDEMANN und v. GUTTENBERG dagegen sind die Bereiche der Fächer wesentlich breiter, außerdem sind die Zuwachsrückgänge nicht von den besseren zu den schlechteren Bonitäten hin geschichtet.

4.2 Höhenwachstumsgänge der Weiserflächen

Zur Ermittlung von Zuwachsverlusten ist es unerlässlich zu prüfen, ob im Beobachtungszeitraum eine Bonitätsänderung der untersuchten Bestände stattfand, damit ein Auftreten von Zuwachsverlusten als Folge von Bonitätssenkungen ausgeschlossen werden kann. Bei dem laufenden Zuwachs handelt es sich allerdings um einen enorm reagiblen Wachstumsparameter, der auch auf kurzfristig wirksame Änderungen der Wuchsbedingungen mit kräftigen Ausschlägen anspricht. Eine Verlagerung der Oberhöhenbonität dagegen erfolgt mit einer deutlich verzögerten Reaktion. Nur langfristig wirksame Änderungen der Wuchsbedingungen können zu einer allmählichen Senkung oder zu einem Ansteigen der Bonität führen. Wie aus Abbildung 7 hervorgeht, können für die drei Weiserflächen keine Bonitätsverlagerungen festgestellt werden. Die Entwicklung der Oberhöhe weist für alle drei Bestände in der 25jährigen Auswertungsperiode einen ähnlichen Verlauf auf wie die Bonitäten der zum Vergleich herangezogenen Ertragstafeln. Zur Beurteilung des Zuwachsganges der Weiserflächen kann also auf die entsprechenden Ertragstafeln zurückgegriffen werden. Besondere Korrekturen zur Berücksichtigung von Bonitätsänderungen müssen nicht getroffen werden.

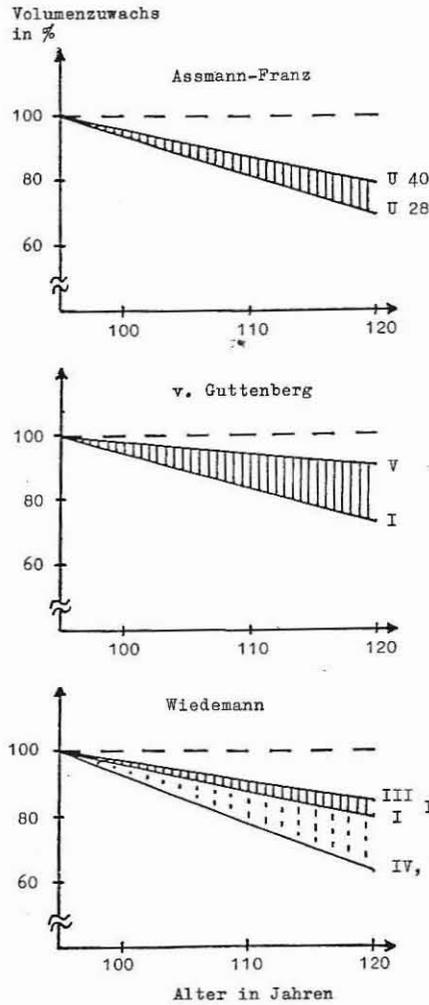


Abb. 6. Altersbedingte Abnahme des laufenden Volumenzuwachses der Fichten-Ertragstafeln von v. GUTTENBERG, ASSMANN-FRANZ und WIEDEMANN für die Altersspanne 95 bis 120 Jahren
 Fig. 6. Age-caused decrease of current volume increment of the spruce yield tables by v. GUTTENBERG, ASSMANN-FRANZ and WIEDEMANN for age 95 to 120 years

4.3 Vergleich des Zuwachsverhaltens der Weiserflächen mit den Zuwachsverläufen der Ertragstafeln

Zur Beurteilung der Zuwachsverläufe der drei Weiserflächen wurden nur die Abweichungen von den vergleichbaren Normverläufen und keine absoluten Volumenleistungen (Festmeterwerte) herangezogen. Dazu wurde der durchschnittliche Volumenzuwachs jeder Fläche in Fünfjahresperioden, beginnend mit einem Alter von 95 bis 99 Jahren (Weiserflächen Fichtelberg und Bodenmais) bzw. von 120 bis 124 Jahren (Weiserfläche Garmisch-Partenkirchen), für insgesamt 25 Jahre ermittelt. Aus diesen Fünfjahres-Mittelwerten konnte für jede Weiserfläche eine eigene Bezugsgröße hergeleitet werden, die durch den laufenden Volumenzuwachs der ersten Fünfjahresperiode bestimmt wurde. Diese Bezugsgröße wird hier als *Basiswert* bezeichnet, sie stellt eine individuelle Bezugsgröße für jede Weiserfläche dar. Die laufenden Volumenzuwächse der folgenden Fünfjahresperioden werden nun für jede Weiserfläche als *relative Zuwachswerte* in Prozent des entsprechenden Basiswertes errechnet. Bei ertragstafeltreuem

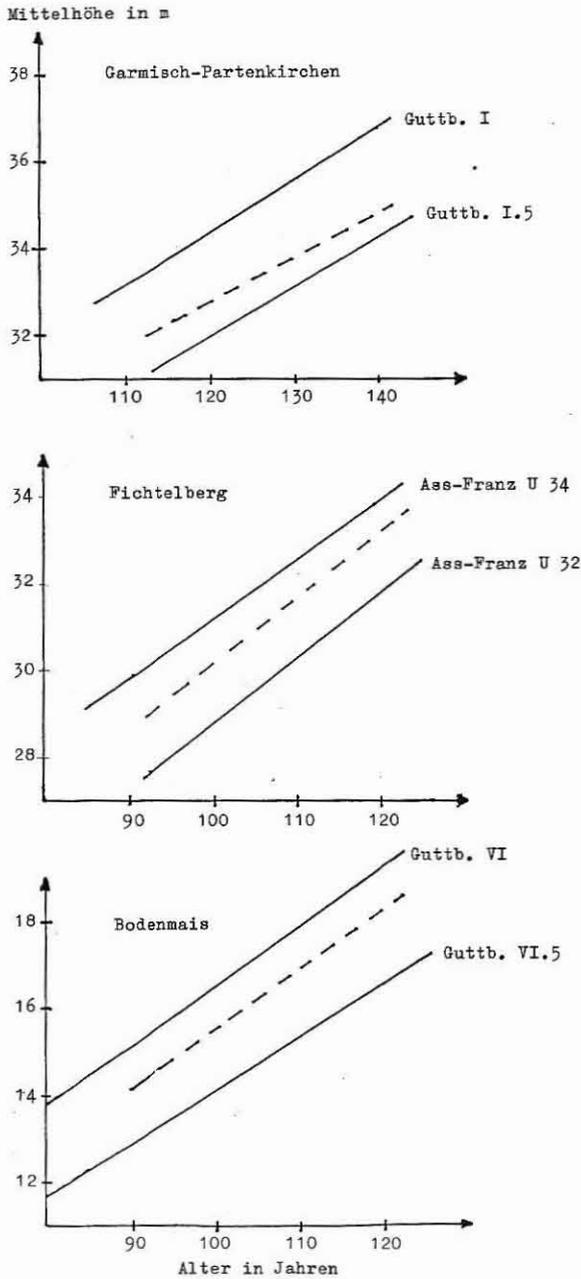


Abb. 7. Vergleich des Höhenwachstums der Weiserflächen mit den Werten der Fichten-Ertragstafeln von v. GUTTENBERG, ASSMANN-FRANZ und WIEDEMANN

Fig. 7. Comparison of height growth of the indicator plots with spruce yield-table data by v. GUTTENBERG, ASSMANN-FRANZ, and WIEDEMANN

Wachstum müßten nun die Volumenzuwächse der Weiserflächen in den von den Tafeln vorgegebenen Bereichen sinken.

Abbildung 8 veranschaulicht am Beispiel des Untersuchungsbestandes in Bodenmais die Gegenüberstellung der relativen Zuwachswerte der Weiserfläche mit dem Normverlauf der zum Vergleich herangezogenen Ertragstafeln. Die angegebene 100-Prozent-Linie, im folgenden

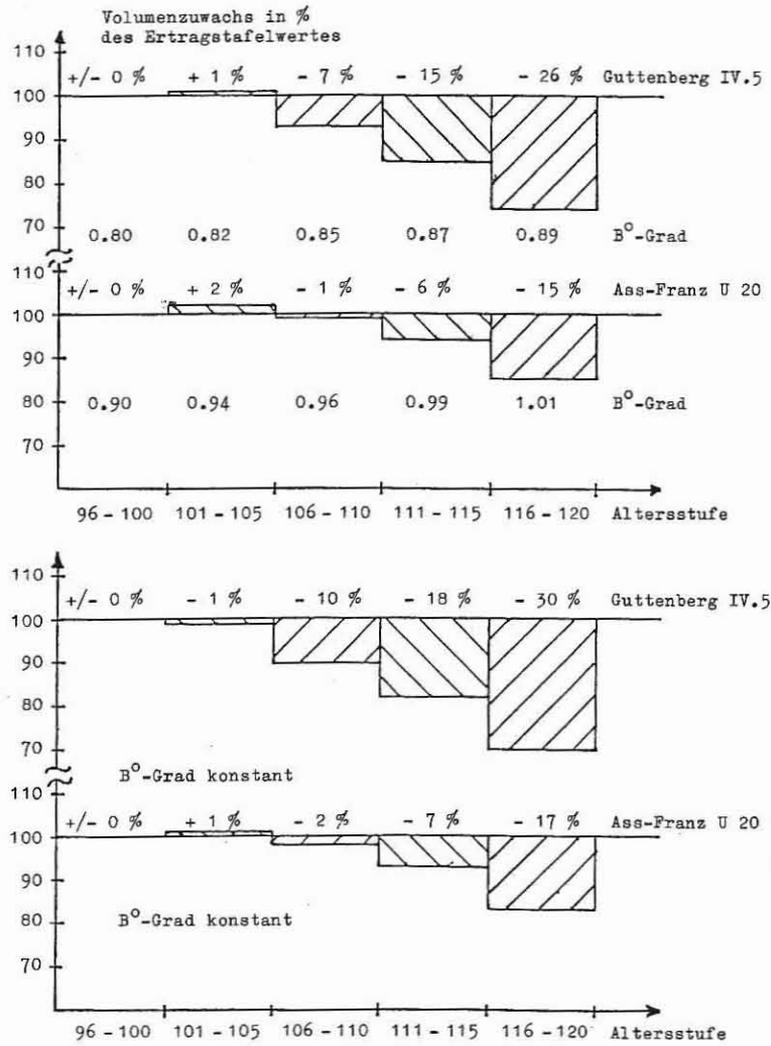


Abb. 8. Vergleich des Wachstumstrendes (laufender Volumenzuwachs) der Weiserfläche Bodenmais mit dem Wachstumstrend der Fichten-Ertragstafeln von ASSMANN-FRANZ (Bonität U20) und v. GUTTENBERG (Bonität IV.5) (obere Darstellung: ohne Korrektur des Bestockungsgrades; untere Darstellung: mit Korrektur des Bestockungsgrades)

Fig. 8. Comparison of the growth trend (current volume increment) of the Bodenmais indicator area with that of the spruce yield tables by ASSMANN-FRANZ (Site quality U20) and v. GUTTENBERG (Site quality IV.5) (Top: without correction of the stand density index; bottom: with correction of the stand density index)

Normwert genannt, wurde aus den Normverläufen der Vergleichs-Ertragstafeln hergeleitet. Der jeweilige Normwert einer Fünfjahresperiode wurde dabei aus den Quotienten der Zuwächse der einzelnen Fünfjahresperioden mit dem Zuwachs der ersten Fünfjahresperiode errechnet. Als Bewertungsmaßstab für den Zuwachsgang auf der Weiserfläche wurde der Normwert jeder Fünfjahresperiode gleich 100 Prozent gesetzt. Die 100-Prozent-Linie des Normwertes beinhal-

tet also den in der Tafel angenommenen natürlichen Zuwachsrückgang bei steigendem Bestandesalter.

Der Basiswert der Weiserfläche wurde nun als individuelle Bezugsgröße ebenfalls gleich 100 Prozent gesetzt und liegt somit in der ersten Fünfjahresperiode auf dem gleichen Niveau wie der aus der Tafel hergeleitete Normwert. In den folgenden Fünfjahresperioden kann der jeweilige aktuelle Weiserflächenwert nun über oder unter dem Normwert liegen, zeigt somit im Vergleich mit dem Normverlauf der Tafel einen geringeren oder einen stärkeren Zuwachsrückgang an.

Darüber hinaus wurde es noch notwendig, die Bestockungsgrade der Weiserflächen für die Fünfjahresperioden rückwirkend rechnerisch zu adjustieren, da die Weiserflächen nicht langfristig beobachtet, sondern nur einmalig aufgenommen wurden. Insofern war es nicht möglich, alle Entnahmen und zufälligen Ergebnisse innerhalb des 25jährigen Auswertungszeitraumes zweifelsfrei festzustellen. Um bei der Zuwachsberechnung nicht von unrealistisch niedrigen Anfangswerten auszugehen, wurden deshalb über den ganzen Auswertungszeitraum rechnerisch ein gleichbleibender Bestockungsgrad angenommen und damit die Massenleistungen der zurückliegenden Fünfjahresperioden um die jeweiligen Korrekturfaktoren angehoben. Dieses Vorgehen erscheint denn auch angesichts der ohne Korrektur stark steigenden Bestockungsgrade mit zunehmendem Alter vollauf gerechtfertigt. Die Abbildung enthält somit für jeden Ertragstafelvergleich zwei Darstellungen, und zwar je eine mit und ohne Korrektur des Bestockungsgrades. Die Weiserfläche in Bodenmais zeigt bei der Gegenüberstellung mit den Ertragstafeln von ASSMANN-FRANZ wie auch von v. GUTTENBERG ausgeprägte Zuwachsrückgänge, die allerdings bei der Beurteilung mit der Tafel von v. GUTTENBERG wesentlich höher ausfallen, da der natürliche Alterstrend dieser Tafel für die entsprechende Bonität flacher verläuft als der Trend der Tafel von ASSMANN-FRANZ. Auf der Weiserfläche in Garmisch-Partenkirchen (ohne Abb.) zeigt sich im Vergleich mit der Ertragstafel von v. GUTTENBERG kein Zuwachsverlust. Vielmehr lassen die Zuwächse trotz des hohen mittleren Bestandesalters von 149 Jahren im Gegensatz zu den gültigen Ertragstafelvorstellungen einen deutlich ausgeprägten Anstieg erkennen. Allerdings zeigen sich auch hier in der vierten Fünfjahresperiode etwas geringere Anstiege, die auf die Zuwachseinbußen in den beiden Trockenjahren 1974 und 1976 zurückzuführen sein dürften. Die Weiserfläche in Fichtelberg (ohne Abb.) zeigt im Vergleich mit der Ertragstafel von ASSMANN-FRANZ in der zweiten und dritten Periode ein leichtes Zuwachsplus, in den beiden letzten Perioden einen deutlichen Zuwachsabfall. Im Vergleich mit der Ertragstafel von WIEDEMANN errechnet sich für die Fläche ein noch stärkerer Zuwachsverlust.

4.4 Zuwachsverluste auf den Weiserflächen

Auf Abbildung 9 sind die Zuwachsverläufe der drei Untersuchungsbestände in Gegenüberstellung mit den Normwerten der Vergleichs-Ertragstafeln zusammenfassend dargestellt. Die in den Abbildungen angegebene Nulllinie stellt den Normverlauf dar, spiegelt also den natürlichen Alterstrend der Ertragstafeln wieder. Für jede Untersuchungsfläche werden nun zwei Bezugskurven (Rahmenwerte) angegeben, zwischen denen sich der tatsächliche Zuwachsgang auf den einzelnen Flächen im direkten Vergleich mit den Tafeln bewegen muß. Da zur Beurteilung der Weiserflächen Fichtelberg und Bodenmais zwei Ertragstafeln herangezogen wurden, mußte für jede der beiden Tafeln ein spezifischer Alterstrend errechnet und mit dem aktuellen Bestandeszuwachs verglichen werden. Außerdem wurde auf allen drei Weiserflächen der Trendverlauf des Bestandeszuwachses sowohl mit Korrektur des Bestockungsgrades wie auch ohne Korrektur vorgenommen. Deswegen mußte bei der Beurteilung der Weiserflächen von verschiedenen denkbaren Voraussetzungen ausgegangen werden, was zur Bildung der Rahmenwerte führte: Der obere Rahmenwert ergibt sich aus dem Vergleich des Untersuchungsbestandes mit einer Ertragstafel mit steil verlaufendem Alterstrend und ohne Korrektur des Bestockungsgrades. Der untere Rahmenwert dagegen ergibt sich bei Annahme der umgekehrten Verhältnisse:

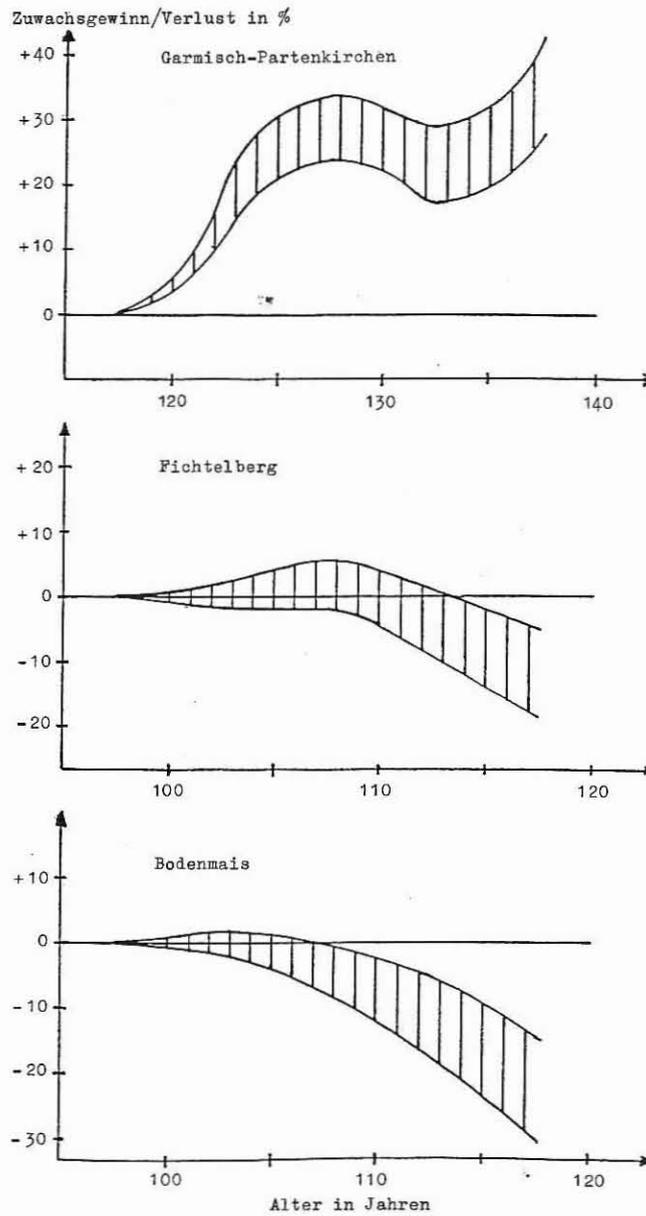


Abb. 9. Zuwachsverluste (Fächer) für die Weiserflächen Garmisch, Fichtelberg und Bodenmais

Fig. 9. Increment losses (dispersion) for the indicator plots Garmisch, Fichtelberg, and Bodenmais

Vergleich mit einer Ertragstafel mit flach verlaufendem Alterstrend und gleichzeitiger Korrektur des Bestockungsgrades.

Wie Abbildung 9 zeigt, weichen die Zuwachsgänge der drei Weiserflächen stark voneinander ab. Während noch zu Beginn der sechziger Jahre in den Untersuchungsbeständen Zuwachseleistungen erbracht wurden, die deutlich über dem Niveau der Ertragstafeln liegen, sanken in Fichtelberg und Bodenmais die Zuwachswerte danach merklich. Für die letzte Fünfjahresperiode errechnen sich im Vergleich mit dem Alterstrend der Ertragstafeln für Fichtelberg Zu-

wachsverluste zwischen 5 und 19 Prozent, für Bodenmais Werte zwischen 15 und 30 Prozent. In Garmisch-Partenkirchen steigt dagegen trotz des hohen Alters der dortigen Weiserfläche der laufende Volumenzuwachs noch stetig an. Nur zu Anfang der siebziger Jahre verlangsamte sich der Anstieg aufgrund der ungünstigeren klimatischen Verhältnisse, wobei sich der Zuwachsgang aber immer noch oberhalb des Ertragstafelniveaus bewegte. In der letzten Periode nahmen die Zuwächse dann wieder stetig zu.

Ausblick

Die ertragskundlichen Untersuchungen der Probebaumpaare lieferten erste Informationen über mögliche Schadreaktionen. Auch die Erhebungen auf Weiserflächen dürfen nur als erste Leituntersuchungen zur Entwicklung einer brauchbaren Methodik für die Herleitung bestandestypischer Zuwachsgänge und der Aufstellung von Ansätzen zur Zuwachsverlustschätzung verstanden werden. Vorrangige Aufgabe der Waldwachstumsforschung muß es sein, die bei diesen Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse auf großflächige Schaderhebungen anzuwenden und darauf aufbauend Prognosen zur künftigen Entwicklung unserer Waldbestände zu formulieren.

Zusammenfassung

Die ersten Ergebnisse waldwachstumskundlicher Untersuchungen für die Baumart Fichte werden anhand von intensiven Einzelstammanalysen gesunder und geschädigter Bäume vorgestellt. Auf drei Weiserflächen im Bereich der Forstämter Garmisch-Partenkirchen, Fichtelberg und Bodenmais werden unterschiedlich stark geschädigte Fichten-Altbestände ertragskundlich untersucht. Für die Untersuchungsflächen wird ein Ansatz zur Ermittlung schadensbedingter Zuwachsverluste hergeleitet. Dazu werden geeignete Ertragstafeln herangezogen. Der natürliche Alterstrend (Zuwachsrückgang bei steigendem Bestandesalter) wird aus den Ertragstafeln ermittelt und mit dem Trendverlauf der Weiserflächen verglichen.

Die Einzelstammuntersuchungen lieferten folgende Ergebnisse:

- Zwischen den Zuwachswerten einerseits und den noch am Baum vorhandenen Nadelbiomassen andererseits scheint ein relativ enger Zusammenhang zu bestehen. Zwischen dem Kronenwachstum und dem Zuwachs an Schaftholz erscheint der Zusammenhang dagegen nicht so eng.
- Zwischen gesunden und stark geschädigten Bäumen bestehen meist deutliche Unterschiede hinsichtlich der Zuwachsleistung. Nur in Gebieten, aus denen erst seit kurzem Waldschäden gemeldet werden, sind (noch) keine schadenstypischen Wachstumsreaktionen nachweisbar.
- Bei geschädigten Bäumen kann der Zuwachs in die oberen Schaftpartien verlagert werden. Diesbezügliche Beobachtungen wurden bisher jedoch nur im Bayerischen Wald gemacht.
- Besonders deutliche Unterschiede im Zuwachsverhalten der verschiedenen Schadklassen konnten nur im Bayerischen Wald nachgewiesen werden. Im Fichtelgebirge ließen sich die einzelnen Schadklassen nicht so deutlich voneinander trennen. Im Alpenraum zeigen die verschiedenen Schadklassen bisher noch keine ausgeprägte Differenzierung im Zuwachsverhalten.

Die Weiserflächenuntersuchungen ließen folgende Trends erkennen:

- Mitte der fünfziger bis Ende der sechziger Jahre ist auf den untersuchten Flächen im Vergleich zu den Bezugskurven der Ertragstafeln ein deutliches Zuwachshoch festzustellen.
- Bestände, in denen erst seit kurzem Schäden beobachtet werden (zu ihnen gehören insbesondere die Schadbestände in den Bayerischen Alpen), lassen noch keine negativen Zuwachsreaktionen erkennen. Längerfristige Schadeinwirkungen haben dagegen zu deutlichen Zuwachsverlusten geführt (Untersuchungsbestände im Bayerischen Wald und im Fichtelgebirge).

Summary

Growth and yield aspects of forest diseases

First results of forest growth investigations for Norway spruce, based on intensive single-bole stem analyses of healthy and damaged trees, are presented. On three indicator plots, in the forest districts of Garmisch-Partenkirchen, Fichtelberg, and Bodenmais old spruce stands showing different degrees of damage were investigated using increment criteria. For the investigation plots an approach for determining damage-related increment losses is derived. For this purpose, appropriate yield tables are used. The natural age trend (reduction in increment with increasing stand age) shown by the yield tables is being compared with the trend on the indicator plots. The single-bole investigations have shown the following results:

- There seems to be a relatively close relationship between increment values on the one hand, and needle biomass still present on the tree on the other. The relationship between crown growth and bole-wood increment, in comparison, does not seem to be as close.
- There are usually distinct differences in increment between healthy and severely damaged trees. Only in such areas from which forest damages have been reported just recently, there are (still) no evident increment reactions that are typical for damages.
- On damaged trees, increment may be shifted to the upper part of the bole. Until now, however, such observations have only been made in the Bavarian Forest.
- Particularly distinct differences in the increment pattern of the different damage classes could only be proven in the Bavarian Forest. In the Fichtelgebirge, different damage classes could not be separated as distinctly from each other. In the region of the Alps, different damage classes do not yet show distinctly from each other. In the region of the Alps, different damage classes do not yet show distinct differentiation of the increment pattern.

Investigations on the indicator plots showed the following trends:

- Between the middle of the 1950's and the late 1960's there has been a distinct high in increment on the investigated areas as compared with the reference curves of the yield tables.
- Stands in which damages have been observed just recently (especially the damaged stands in the Bavarian Alps belong to this group) do not yet show negative increment reactions. Longer lasting damage effects, on the other hand, have led to distinct increment losses (investigated stands in the Bavarian Forest and in the Fichtelgebirge).

Literaturverzeichnis

- ASSMANN, E., 1961: Waldertragskunde. BLV Verlagsgesellschaft, München-Bonn-Wien.
- ASSMANN, E.; FRANZ, F., 1963: Vorläufige Fichten-Ertragstafel für Bayern, München.
- BAY. STAATSFORSTVERWALTUNG, 1981: Hilfstafeln für die Forsteinrichtung. Auflage 1981. München.
- DIETRICH, H. P., 1985: Schadbild und Zuwachsleistung eines geschädigten Fichtenbestandes im Fichtelgebirge. Ertragskundliche Untersuchungen mit einer ergänzenden Analyse der Schadmerkmalstruktur. Diplomarbeit MWW-DA 41, LMU München.
- FRANZ, F., 1983: Auswirkungen der Walderkrankungen auf Struktur und Wuchsleistung von Fichtenbeständen. Forstwiss. Cbl. 102 (3), S. 186-201.
- KASBERGER, G., 1982: Schaftaufbau, Wachstumsgang und Kronenstrukturmerkmale wuchsgeschädigter Fichten im Forstamt Bodenmais. Diplomarbeit MWW-DA 29, LMU München.
- LINDNER, G., 1984: Schadbild und Zuwachsleistung eines geschädigten Fichtenbestandes im Bayerischen Wald. Schadensbedingte Formveränderungen und Zuwachsleistung. Diplomarbeit MWW-DA 38, LMU München.
- PLUTA, W., 1984: Schadbild und Zuwachsleistung eines geschädigten Fichtenbestandes im Bayerischen Alpengebiet. Einfluß schadensbedingter Veränderungen der Kronenmerkmale auf die Zuwachsleistung. Diplomarbeit MWW-DA 37, LMU München.
- RÖHLE, H., 1984: Wachstumsgang und Biomassenstruktur geschädigter Fichten. Ergebnisse ertragskundlicher Untersuchungen in verschiedenen bayerischen Schadgebieten. Deutscher Verband Forstlicher Forschungsanstalten, Sektion Ertragskunde. Tagungsbericht 1984, S. 3/1-3/24.
- RÖHLE, H., 1984: Ertragskundliche Aspekte der Walderkrankungen, Vortrag auf der Forstlichen Hochschulwoche München 1984. Manuskriptdruck, unveröffentlicht.

Anschrift des Verfassers: Dr. HEINZ RÖHLE, Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, Amalienstr. 52, D-8000 München 40

