

*Aus dem Lehrstuhl für Waldwachstumskunde und dem Lehrstuhl für Waldbau und
Forsteinrichtung der Ludwig-Maximilians-Universität München*

Methodik und Ergebnisse einer Zuwachsberechnung für Bayerns Wälder

Von W. FOERSTER und K. BÖSWALD

Einleitung

Der Zuwachs unserer Waldbestände ist die wesentliche Grundlage für eine nachhaltige Waldnutzung und die ökonomische Planung der Waldbesitzer. Er sollte möglichst genau bekannt sein.

In der Praxis werden Zuwachsgrößen zumeist aus den gängigen Ertragstafeln abgeleitet. Wir wissen allerdings, daß diese das Wachstum der Bestände unter den heutigen Wachstumsbedingungen nur ungenügend nachbilden. Ihre Anwendung führt häufig zu einer Unterschätzung der Zuwachsleistung. Verfahren, die eine genaue Zuwachsbestimmung für Bayern zulassen (wie z. B. ertragskundliche Versuchsflächenanalysen oder wiederholte Kontrollstichproben in der Forsteinrichtung) liefern bislang nur punktuell Informationen über das aktuelle Zuwachsniveau.

Ein Vergleich von Bayerischer Waldinventur (1971) und Bundeswaldinventur (1987) ermöglichte erstmals Aussagen über das großflächige Zuwachsverhalten im bayerischen Staatswald, ohne daß auf die Ertragstafeln mit ihren bekannten Unzulänglichkeiten zurückgegriffen werden mußte (FOERSTER, BÖSWALD u. KENNEL 1993). Im folgenden werden die diesem Ansatz zugrunde liegenden Informationen und Annahmen näher betrachtet. Für alle Besitzarten werden die Änderungen der Vorratsgrößen hergeleitet. Die Ergebnisse der Zuwachsberechnungen werden mit anderen Untersuchungen verglichen und mögliche Ursachen der Zuwachsentwicklung diskutiert.

Grundlagen

Soll für ein großes Areal eine Zuwachsschätzung durchgeführt werden, werden verschiedene Basisinformationen benötigt. Zur Herleitung absoluter Vorrats- und Zuwachsgrößen muß die Bezugsfläche bekannt sein. Wenn außerdem die Entwicklung des aufstockenden Holzvorrats für einen bestimmten Zeitraum sowie die in diesem Zeitraum entnommene Holzmenge bekannt sind, kann aus der Vorratsdifferenz und der Entnahmemenge der ertragsgeschichtliche Zuwachs berechnet werden. Bei der Zuwachsberechnung für Bayerns Wälder müssen folgende Punkte besonders berücksichtigt werden:

- Die Ermittlung der Bezugsfläche ist nicht einfach, da Angaben über die Waldfläche verschiedenen Quellen entnommen werden können, die zum Teil recht unterschiedliche Werte anführen.
- Die Entwicklung des Holzvorrats kann aus einem Vergleich der Bayerischen Waldinventur 1970/71 (GRI, Stichtag 1. 1. 1971) und der Bundeswaldinventur 1986–1990 (BWI, Stichtag 1. 10. 1987) abgeleitet werden. Dabei sind Resultatsverzerrungen aufgrund unterschiedlicher Auswertungsverfahren zu beachten.
- Bei der Holzentnahme muß unterschieden werden zwischen dem in Holzbuchungen erfaßten Holzeinschlag und sonstiger ausscheidender Holzmasse. Letztere kann allenfalls

angeschätzt werden. Über den Holz einschlag liegen nur für die Besitzart Staatswald (etwa ein Drittel der Waldfläche Bayerns) Informationen in verwertbarer Genauigkeit vor.

Flächen

Gesamt- und Wirtschaftswaldflächen in Bayern

Die Größe und die Entwicklung der Waldfläche ist als Grundlage für die Herleitung absoluter Vorrats- und Zuwachsgrößen von zentraler Bedeutung. Um die Größe, Verteilung und Besitzzugehörigkeit der Waldflächen in Bayern zwischen 1971 und 1987 möglichst genau zu erfassen, wurden Flächeninformationen aus folgenden Quellen ausgewertet:

- Bayerische Waldinventur 1970/71 (Stichtag 1. 1. 1971)
- Bundeswaldinventur 1986–1990 (Stichtag 1. 10. 1987)
- Agrarberichte 1973–1989 des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BayStMELF), Abt. Landwirtschaft
- Flächendaten des BayStMELF, Abt. Forsten, für 1971–1988
- Statistische Berichte des Bayerischen Landesamtes für Statistik und Datenverarbeitung

Für das Jahr 1988 geben die Quellen Flächenwerte von 2.272.200 ha bis 2.580.312 ha an (Tab. 1). Der Unterschied zwischen der größten und kleinsten Flächenangabe beträgt 308.112 ha bzw. rund 12%. Verschiedene Prinzipien der Flächenermittlung und unterschiedliche Waldflächendefinitionen sind die Ursache für die geringe Übereinstimmung in den Gesamtwaldflächen.

Tabelle 1. Gesamtwaldflächen Bayerns für das Jahr 1988, Vergleich unterschiedlicher Quellenauswertungen

Table 1. Total forest areas of Bavaria, 1988; comparison of different sources of information

Quelle	Waldfläche
BayStMELF, Abt. Forsten	2.580.312 ha
BayStMELF, Agrarberichte	2.272.200 ha
Statistisches Landesamt	2.381.847 ha
BWI 1987	2.526.346 ha

Die Flächenwerte der Agrarberichte sind relativ gering, weil Betriebe mit einer Flächengröße von weniger als 1 ha nicht berücksichtigt werden. Bei der Flächenerhebung des Bayerischen Statistischen Landesamtes werden lediglich Nettowaldflächen ausgeschieden; Wege, Nichtholzböden etc. sind nicht enthalten. Die Flächengrößen von BWI und der Flächenstatistik des BayStMELF, Abt. Forsten, sind Bruttowaldflächen. Eine Vergleichbarkeit mit den anderen beiden Erhebungen ist nur mit Einschränkungen möglich.

Genau und aktuelle Flächenangaben lassen sich aus der Linientaxation der BWI ableiten. Dabei wird der Waldanteil innerhalb eines Stratum aus dem Verhältnis der gesamten Linienlänge Wald zu der gesamten Linienlänge aller Wald- und Nichtwaldtrakte errechnet. Die Daten ermöglichen die wichtige Differenzierung zwischen Gesamtwaldfläche, Wirtschaftswaldfläche, Altersklassenflächen und Flächen der Baumartengruppen.

Laut BWI sind 36% der bayerischen Landesfläche bewaldet, auf 34% der Landesfläche, das sind rund 2,34 Mio. ha, stockt Wirtschaftswald (Wirtschaftswald im Sinne der Bundeswaldinventur ist die Waldfläche, die regelmäßig bewirtschaftet wird). Tabelle 2 zeigt die Aufteilung der Wirtschaftswaldflächen auf die Besitzarten; demzufolge ist der Staatswald mit 29%, der Körperschaftswald mit 13%, der Privatwald mit 56% und der Bundeswald mit 2% an der Bestockung beteiligt.

Das bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten ermittelt die Flächen kontinuierlich über das zentrale Liegenschaftskataster. Diese Daten können als sehr exakt eingestuft werden. Wenn die Schätzung der Waldflächen durch die BWI genau ist, dann müssen vergleichbare Flächen mit der Flächenstatistik des BayStMELF weitestgehend übereinstimmen. Unser Flächenvergleich ermöglicht somit die Verifizierung der BWI-Ergebnisse.

Der Vergleich der Flächenangaben beider Quellen war deshalb erforderlich, weil hektarbezogene Vorratswerte der Inventuren und die nur als Summenwerte vorliegenden Holzeinschlagsstatistiken der Bayerischen Staatsforstverwaltung (BayStFoV) miteinander verrechnet werden mußten. Dazu wurde zunächst die Flächenstatistik der BayStFoV um den Anteil der Hochgebirgs-Betriebsklasse „Schutzwald unerschlossen“ bereinigt. Von dieser Betriebsklasse werden ganz überwiegend Flächen erfaßt, die nicht regelmäßig bewirtschaftet werden, wegen der Zugehörigkeit zu dieser speziellen Betriebsklasse aber auch nicht expliziert als a.r.B.-Flächen ausgewiesen sind. Sie gehören damit nicht zur Bezugsfläche für die Zuwachsberechnung. Des weiteren mußten die Flächen um den Anteil der zum österreichischen Bundesgebiet zählenden Saalförstämter reduziert werden.

Nachdem die Flächenstatistik des BayStMELF um alle mit der BWI-Wirtschaftswaldfläche Bayerns nicht zu vereinbarenden Flächen bereinigt worden war, verblieb eine Abweichung von etwa 0,4% (vgl. Tab. 3). Dieser Wert liegt erheblich unter dem prozentualen Stichprobenfehler für die Berechnung der Staatswaldfläche aus der BWI (4,1%, BML 1992). Berücksichtigt man weiter, daß wir bei der Auswertung der Flächendaten des BayStMELF die Trennung der Hochgebirgs-Betriebsklassen nicht ganz flächenscharf nachvollziehen konnten, so ergibt sich alles in allem eine erfreulich gute Übereinstimmung.

Tabelle 4 zeigt die Flächenanteile der einzelnen Baumarten im Staatswald Bayerns, differenziert nach Altersklassen. Mit 74% dominieren die Nadelhölzer, 26% der Fläche sind mit Laubholz bestockt.

Tabelle 2. Aufteilung der Wirtschaftsfläche auf die Besitzarten, gegliedert nach Oberforstdirektionen (alle Angaben in ha)

Table 2. Commercial forest area (hectares), by ownership categories and administrative regions

Oberforstdir.	Staat	Privat	Körper.	Bund	Bayern
München	206.611	294.424	40.505	3.978	545.517
Augsburg	74.836	127.176	45.836	1.709	249.783
Regensburg	169.779	516.464	21.192	25.301	733.000
Würzburg	84.782	91.681	151.672	9.307	337.442
Ansbach	62.975	142.033	38.768	1.115	245.023
Bayreuth	92.696	151.481	21.739	173	266.279
Bayern	691.679	1.323.259	319.712	41.583	2.377.044

Tabelle 3. Staatswaldflächen Bayerns im Jahre 1987

Table 3. State forest areas of Bavaria, 1987

	BayStMELF	BWI
Holzbodenfläche i.r.B.	745.157 ha	
Hochgebirge ohne „Schutzwald unerschlossen“	-28.200 ha	
a.r.B.-Flächen	-9.493 ha	
Saalförstämter	-11.076 ha	
produktive Staatswaldfläche in Bayern	696.388 ha	693.425 ha

Tabelle 4. Wirtschaftswaldflächen des bayerischen Staatswaldes nach BWI, gegliedert nach Baumarten und Altersklassen (alle Angaben in ha)

Table 4. Commercial timberland (hectares) of the Bavarian state forests according to the BWI, by tree species and age classes

	- 20	- 40	- 60	- 80	- 100	- 120	>120+PW	Summe
Fi	39169	51294	69083	65503	51294	30200	55707	362247
Ta	957	484	839	1019	641	2438	7638	14017
Dgl	1452	1131	391	662	96	0	0	3732
Ki	8089	14340	20821	16937	30417	13243	15001	118847
Lä	1862	5415	3308	1229	1009	1442	883	15148
Bu	7218	10898	14137	13147	12914	11376	30882	100573
Ei	3898	2352	2602	2819	4899	3919	7431	27920
sLH	16509	10789	6509	4558	2759	1543	6530	49198
alle BA	79151	96704	117691	105870	104034	64159	124068	691679

Vorräte

Aus den beiden Waldinventuren läßt sich jeweils der großflächige, besitzartenübergreifende Bestandesvorrat ableiten. Informationen können zwar auch für sehr kleine Straten (z. B. die Esche im Privatwald Oberbayerns) gewonnen werden; allerdings kann der Stichprobenfehler dann auf nicht mehr tolerierbare Werte ansteigen (zur Frage der Auswertungsgrenzen s. z. B. EGIDI 1993 sowie HRADETZKY et al. 1993). Für unsere Arbeit war es ausreichend, sich bei den Berechnungen auf die Hauptbaumartengruppen „Fichte, Tanne, Douglasie“, „Kiefer, Lärche“, „Buche und sonstiges Laubholz“ und „Eiche“ zu beschränken und eine Aufgliederung nach Besitzarten und Oberforstdirektionen vorzunehmen. Die Aussagekraft der Vorratswerte blieb dadurch hoch.

Die Methoden der Einzelbaumvoluminierung sind bei GRI und BWI unterschiedlich und führen zu systematisch voneinander abweichenden Ergebnissen (FOERSTER 1993). Die mittlere Vorratsabweichung bei Auswertung der BWI-Proberäume mit GRI- als auch mit BWI-Auswertungsroutine lag bei 2,2%, bezogen auf den Gesamtwald. Die BWI-Probeebäume wurden deshalb mit dem BWI-Standardverfahren und zusätzlich mit einer modifizierten GRI-Rechenroutine voluminiert. Die weitere Verrechnung und Aggregation der Probebaum-Volumina zu flächenbezogenen Inventurergebnissen mit Hilfe des Regionalisierungsprogrammes der BWI (HRADETZKY 1993) erfolgte parallel mit beiden Datensätzen.

Es ist davon auszugehen, daß das auf Schaffformfunktionen beruhende Kubierungsverfahren der BWI wirklichkeitsgetreuer Werte liefert als das GRI-Auswertungsverfahren und daher die mit diesem Verfahren berechneten Inventurergebnisse die genaueren Schätzwerte für den wahren Vorrat sind. Sie sollten deshalb als Basis für weiterführende Berechnungen, wie z. B. Holzaufkommensprognosen, dienen. Dagegen müssen bei einem Vergleich der Vorräte aus beiden Inventuren verfahrensbedingte Verzerrungen vermieden werden. Hier erhalten wir nur dann sinnvolle Ergebnisse, wenn die Einzelbaumvolumina vergleichbar berechnet worden sind.

Vergleich der Vorräte von BWI und GRI

Der durchschnittliche Vorrat der bayerischen Wälder beträgt nach BWI 348 Vorratsfestmeter Derbholz mit Rinde je Hektar (VfmD/ha) (BML 1992). Werden die Probestämme in Anlehnung an das GRI-Verfahren voluminiert, so errechnet sich ein um 2,2% höherer mittlerer Vorrat von 356 VfmD/ha (Tab. 5). Zum Stichtag der GRI lag er bei 292 VfmD/ha

(FRANZ u. KENNEL 1973). Zwischen den Inventuren hat sich der Derbholzvorrat in Bayerns Wäldern also um 64 VfmD/ha erhöht. Dies entspricht 22% des Ausgangsvorrats.

Tabelle 5. Vorratsänderung in den verschiedenen Besitzarten, aufgliedert nach Baumartengruppen (alle Angaben in VfmD/ha)

Table 5. Changes in growing stock (commercial volumes, m³ per hectare), by ownership categories and tree species groups

Privatwald	Fi/Ta/Dgl	Ki/Lä	Bu/sLh	Ei	alle BA
GRI '71	339	263	215	229	296
BWI '87 (BWI-Routine)	424	313	249	267	359
BWI '87 (GRI-Routine)	432	322	257	275	367
Veränderung '71-'87 (GRI-Routine)	93	59	42	46	71
Körperschafts- u. Bundeswald	Fi/Ta/Dgl	Ki/Lä	Bu/sLh	Ei	alle BA
GRI '71	345	248	202	208	266
BWI '87 (BWI-Routine)	428	304	246	235	320
BWI '87 (GRI-Routine)	436	311	253	242	327
Veränderung '71-'87 (GRI-Routine)	91	64	51	34	61
Staatswald	Fi/Ta/Dgl	Ki/Lä	Bu/sLh	Ei	alle BA
GRI '71	344	240	232	278	296
BWI '87 (BWI-Routine)	406	269	264	276	343
BWI '87 (GRI-Routine)	415	275	271	282	352
Veränderung '71-'87 (GRI-Routine)	72	35	39	4	56
Gesamtwald	Fi/Ta/Dgl	Ki/Lä	Bu/sLh	Ei	alle BA
GRI '71	342	255	218	233	292
BWI '87 (BWI-Routine)	417	301	253	255	348
BWI '87 (GRI-Routine)	425	309	260	263	356
Veränderung '71-'87 (GRI-Routine)	83	54	43	30	64

Im bayerischen Staatswald beträgt die Vorratsänderung 56 VfmD/ha bzw. 19%. Im Bundes- bzw. Körperschaftswald sowie im Privatwald fiel die Vorratsanhebung mit 22,5 und 24% deutlich höher aus. Hier ist das unterschiedliche Nutzungsverhalten der Besitzarten erkennbar.

Holzentnahme zwischen 1971 und 1987

Die Holzentnahmezahlen beruhen auf den Jahresnachweisungen der Bayerischen Staatsforstverwaltung über Holzeinschlag und -verkauf. Die Angaben für den Staatswald entsprechen den tatsächlich verkauften Holzmenzen, die Werte für die anderen Besitzarten können lediglich geschätzt werden (Tab. 6). Die Einschlagssummen der BayStFoV wurden einzeljahresweise auf Hektarwerte umgerechnet.

Der jährliche Holzeinschlag im bayerischen Staatswald lag zwischen 1971 und 1987 bei durchschnittlich 3,3–3,4 Mio. Erntefestmeter ohne Rinde (Efm o.R.) pro Jahr. Die Streubreite reicht von nur wenig über 3 Mio. Efm im Jahr 1975 bis hin zu mehr als 3,7 Mio. Efm im Jahr 1985. Nahezu zwei Drittel des Holzanfalls wurden unter der Baumartengruppe Fichte/Tanne/Douglasie verbucht, 19% sind der Gruppe Kiefer/Lärche/Strobe zuzurechnen, 13% Buche und sonstigem Laubholz und gut 2% Eiche/Roteiche. Insgesamt wurde in den 17 Jahren eine Holzentnahme von knapp 57 Mio. Efm ermittelt. 6,4% davon waren nicht

Tabelle 6. Entnahmemengen der verschiedenen Besitzarten in Efm o. R. (Durchschnitt aus den Jahren 1971 bis 1987, nach BayStMELF 1993)

Table 6. Cut volumes, m³ under bark, by ownership categories (average 1971 to 1987)

	Bayern	%	Privat	%	Staat	%	Körp.	%	Bund	%
Fi/Ta/Dou	4973176	64	2275941	69	2080734	61	575248	53	42054	46
Ki/Lä/Str	1566058	20	663662	20	609634	18	253702	24	34343	37
Ei/REi	198165	3	57219	2	69198	2	71779	7	1736	2
Bu/sLh	851539	11	265553	8	411210	12	173387	16	11817	13
alle BA	7588950	97	3262309	99	3170774	94	1074116	100	89949	98
NH	241723	3	17592	1	217586	6	5232	0	1861	2
Summe	7830593	100	3279903	100	3388360	100	1079347	100	91808	100

aufgearbeitetes Holz (NH). Bei einer regelmäßig bewirtschafteten Waldfläche des Freistaates Bayern von 697.619 ha (durchschnittliche Flächengröße zwischen 1971 und 1987) beläuft sich der jährliche Einschlag für diesen Zeitraum auf rund 4,8 Efm. Umgerechnet sind dies 6,0 VfmD/ha.

Nach den Einschlagsschätzungen des BayStMELF war der Privatwald mit 42%, der Staatswald mit 43%, der Körperschaftswald mit 14% und der Bundeswald mit 1% am Gesamteinschlag beteiligt. Der durchschnittliche Einschlag betrug im Bundeswald 2,8 VfmD/ha, im Körperschaftswald 4,2 VfmD/ha und im Privatwald 3,1 VfmD/ha. Demnach wäre im Privatwald, auf den Hektar bezogen, nur halb soviel Holz eingeschlagen worden wie im Staatswald.

Daß im Privat- bzw. allgemein im Nicht-Staatswald weniger Holz genutzt wurde als im Staatswald, läßt die um durchschnittlich 15 VfmD/ha höhere Vorratsanreicherung bei diesen Besitzarten erkennen. Die geringen Einschlagszahlen können durch den Vorratsanstieg alleine jedoch nicht erklärt werden. Vielmehr spielt die Art der Ermittlung eine große Rolle. Im Nicht-Staatswald können die Einschlagszahlen häufig nur geschätzt werden, und Schätzungen sind im allgemeinen vorsichtiger Art. Es kann deshalb davon ausgegangen werden, daß die Einschlagsmenge zu niedrig angesetzt worden ist.

Das Zahlenmaterial und die damit verbundenen Überlegungen zeigen auf, daß für die Besitzarten, bei denen kein flächendeckender Nachweis über das eingeschlagene bzw. verkaufte Holz vorliegt, auch keine einigermaßen genaue Schätzung der entnommenen Holzmenge und damit keine Berechnung des ertragsgeschichtlichen Zuwachses möglich ist.

Schätzung des nicht erfaßten Holzes

Zur Berechnung des ertragsgeschichtlichen Zuwachses muß neben Anfangs- und Endwert des Vorrats die gesamte Holzmenge bekannt sein, die im Laufe des Berechnungszeitraumes aus dem stehenden Bestand ausgeschieden ist. Die in den Holzeinschlags- und Holzverkaufstatistiken aufgeführte Menge erfaßt nicht das gesamte ausgeschiedene Holz. Zum einen ist die aus dem stehenden Vorrat entnommene Holzmenge größer als die verbuchte Masse, weil Holz unter bestimmten Bedingungen zwar gefällt, aber nicht aufgearbeitet wird (z. B. X-Holz und Pflegeeingriffe ohne Ertrag). Zum anderen wird die Masse der Bäume, die natürlichen Ausscheidungsprozessen zum Opfer fallen, nicht erfaßt. Weitere Vorratsverluste wie unzureichend erfaßtes Selbstwerberholz, bei der Aufnahme vergessenes Holz und auch Holzdiebstahl sind ebenfalls hier einzuordnen. In unseren Berechnungen wird in Anlehnung an eine Untersuchung von FUCHS (1993) für das nicht erfaßte, ausscheidende Holz ein Anteil von 15% des verkauften Holzes unterstellt. Dieser Ansatz wurde bewußt vorsichtig gewählt.

Der Zuwachs in Bayern

Der durchschnittliche Zuwachs im regelmäßig bewirtschafteten Staatswald Bayerns beträgt nach unseren Berechnungen 10,1 VfmD/ha jährlich (Tab. 7). Rund 60% des Zuwachses wurden im Untersuchungszeitraum genutzt, etwa ein Drittel ist im Vorratsaufbau festgelegt.

Tabelle 7. Herleitung des Zuwachses (VfmD) im regelmäßig bewirtschafteten Wirtschaftswald des Freistaates Bayern, differenziert nach Oberforstdirektionen (nach FOERSTER et al. 1993)

Table 7. Derivation of the increment (m^3 , standing commercial volume) for the regularly managed commercial forests of the Free State of Bavaria, by administrative regions (cf. FOERSTER et al. 1993)

Oberforstdirektion	Ansbach	Augsburg	Bayreuth	München	Regensburg	Würzburg	Bayern
Vorrat GRI 1971	236	378	251	314	295	293	296
Vorrat BWI 1987 (GRI-Routine)	309	430	303	386	331	327	352
Vorratsänderung in 17 Jahren	+ 73	+ 52	+ 52	+ 72	+ 36	+ 34	+ 56
Verbuchter Einschlag in 17 J.	86	143	95	89	104	107	102
nicht verbuchte Masse in 17 J.	12	21	15	14	16	16	15
Zuwachs je Jahr und Hektar	10,1	12,7	9,5	10,3	9,2	9,2	10,1

Wird der jährliche Hektarzuwachs nach Baumarten-Gruppen aufgeschlüsselt, nimmt erwartungsgemäß die Gruppe Fichte/Tanne/Douglasie mit 12,6 VfmD die Spitzenstellung ein. Dieser Wert entspricht für die Fichte in etwa dem dGZ_{100} der Oberhöhenbonität 34 nach ASSMANN-FRANZ (1963). Für die Gruppe Kiefer/Lärche/Strobe errechnet sich ein Zuwachs von 8,5 VfmD. Buche und sonstiges Laubholz erreichen 6,4 VfmD.

Für die Eiche wurde ein Zuwachs von 4,2 VfmD ermittelt, allerdings ist dieses Ergebnis durch den sehr ungleichen Altersklassenaufbau beeinflusst. Die produktivsten Altersstufen der Eiche im Bereich von 20 bis 80 Jahren sind im Staatswald deutlich unterausgestattet. Auch der recht hohe prozentuale Stichprobenfehler des Vorrats von 12,8% (BML 1993) kann zu Resultatsverzerrungen führen: Es fällt auf, daß bei der Eiche im Staatswald ein mit 4 VfmD in 17 Jahren nur sehr geringer Vorratsanstieg verzeichnet werden kann, während sich für die anderen Besitzarten Vorratsanhebungen von 34 bis 46 VfmD errechnen (vgl. Tab. 5). Der relativ geringe Vorratsaufbau der Eiche im Staatswald läßt sich nicht durch eine überproportionale Nutzung von Alteichenbeständen im Untersuchungszeitraum erklären, denn der Einschlag lag mit 2,2% des Gesamteinschlags in einer als normal anzusehenden Relation zum Vorrat dieser Baumart (3,5% des Gesamtvorrats).

Diskussion

Die in dieser Arbeit ermittelten Zuwachsgrößen belegen, daß sich der Zuwachs in Bayerns Wäldern zwischen 1971 und 1987 mit 10,1 VfmD/ha und Jahr auf hohem Niveau bewegte. Der gewählte Ansatz unserer Zuwachsschätzung wurde dabei bewußt vorsichtig angesetzt. Aufgrund der ertragskundlichen Ergebnisse zahlreicher Versuchsflächenanalysen wissen wir, daß der laufende Zuwachs vieler Waldbestände eine nach wie vor anhaltend steigende Tendenz hat. Insbesondere Bestände, die noch vor wenigen Jahrzehnten als sehr mattwüchsig eingeschätzt wurden, zeigen heute häufig eine ungewöhnliche Wüchsigkeit. Es ist deshalb wahrscheinlich, daß der derzeitige Zuwachs in Bayern zu Beginn der 90er Jahre 10 VfmD/ha noch deutlich übertrifft.

Zu dem hohen Zuwachsniveau tragen maßgeblich die Fichtenbestände bei: Die Baumartengruppe „Fichte“ hatte 1971 einen Anteil am Gesamtvorrat von 55 und 1987 von 57%.

Zahlreiche Untersuchungen der jüngsten Zeit zeigen obendrein, daß die positiven Erwartungen, die an ihre Wuchskraft gestellt werden, in der Wirklichkeit häufig noch übertroffen werden (z. B. KENK et al. 1991, UTSCHIG 1989). Für die Kiefer wurde ebenfalls anhand zahlreicher Versuchsflächen eine ungewöhnliche Wüchsigkeit nachgewiesen (z. B. PRETZSCH 1985, FOERSTER 1990). Auch das Wachstum des Laubholzes verhält sich häufig nicht ertragstafelkonform. Dies gilt wie beim Nadelholz nicht nur für junge, sondern insbesondere auch für ältere Bestände. So zeigt eine Untersuchung am Münchener Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, daß der Zuwachs der Buche auch im hohen Alter noch von der ertragstafelgemäßen Entwicklung abweichen kann. „Nach einem ersten Zuwachsgipfel im Alter von 60 bis 80 Jahren zeichneten sich im Alter 140 bis 160 noch einmal Spitzenzuwachswerte von 12 bis 14,5 VfmD/ha und Jahr ab und das unter A- und B-Grad-Bedingungen ebenso wie unter C-Grad-Verhältnissen. Die wirklichen Zuwachsverhältnisse betragen gegenwärtig 140 bis 160% der Erwartungswerte der Ertragstafeln“ (PRETZSCH 1992). Die allgemeine Verbesserung der Zuwachsbedingungen für unterschiedliche Gegenden Europas dokumentieren KAUPPI et al. (1992).

Die möglichen Ursachen für das hohe Zuwachsniveau sind vielfältig. Von den in Frage kommenden Faktoren sollen diejenigen kurz skizziert werden, denen derzeit eine größere Bedeutung für das Bestandswachstum beigemessen wird.

Derzeit findet ein massiver *Stickstoffeintrag* in den Wald statt. Wichtige Emittenten sind die intensive Landwirtschaft und der Kraftfahrzeugverkehr. Die atmosphären Stickstoffeinträge liegen derzeit bei mindestens 18 bis 25 kg/ha jährlich (HÜSER u. REHFUSS 1988) und erreichen damit die Größenordnung einer praxisüblichen Forstdüngung. Der dadurch entstehende Düngungseffekt wirkt sich in der Regel auf das Pflanzenwachstum solange positiv aus, bis sich eine Übersättigung an Stickstoff im Boden einstellt und gleichzeitig hohe Konzentrationen in den Blattorganen der Bäume zu einer Verringerung der Nettoassimilation führen (AMBERGER 1988, vgl. KREUTZER 1989).

Auch die *hohen Säureeinträge* in die Waldökosysteme können sich zuwachssteigernd auswirken. ABRAHAMSEN et al. (1987) konnten experimentell an Fichte und Kiefer in Skandinavien demonstrieren, daß saure Beregnung eine verstärkte Mobilisierung von Nährelementen in der Auflage zur Folge hat, die zu einer Verbesserung der Nährelementversorgung führt und sich damit zuwachs-fördernd auswirkt. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch RÖHLE und BÖSWALD (1993) für den Zuwachsgang im schwäbischen Höglwald. Allerdings war bei den Skandinavischen Experimenten nach vierjähriger Beregnung ein Zuwachsrückgang zu verzeichnen, was darauf hindeutet, daß es nach einer Mobilisierung und Auswaschung der Nährelemente zu Mangelerscheinungen kommen kann.

Bodenschädigende Waldnutzungsformen in der Vergangenheit wie Übernutzung, Waldweide und Streunutzung, die zu einer übermäßig starken Entnahme von Biomasse aus dem Wald führten, sind heute weitestgehend eingestellt. Die Folge ist auf großen Flächen ein Rückgang der Devastationserscheinungen. Auf die Genesung des Humuskörpers reagieren die Bestände mit vermehrtem Zuwachs (KREUTZER 1972).

Kohlendioxid ist ein wesentlicher Pflanzennährstoff. Erhöhte CO₂-Konzentrationen in der Atmosphäre können zu einer verringerten Photorespiration führen, so daß der Pflanze entsprechend mehr Energie zum Aufbau von Gewebe zur Verfügung steht (KIMBALL u. IDSO 1983, POORTER 1988, BAZZAZ u. FAJER 1992). Auch die Erhöhung der Kohlendioxidanteile in der Atmosphäre hat somit einen, allerdings nur schwer quantifizierbaren, Einfluß auf Photosyntheserate und Zuwachs von Waldbäumen (LEMON 1983).

Schlußbetrachtung

Das Informationsdefizit in bezug auf das aktuelle Zuwachsniveau, das wir eingangs festgestellt haben, kann durch unsere Untersuchungen nicht beseitigt, wohl aber gemildert werden. Das bereits vielfach auf eng begrenzten Flächen beobachtete Zuwachshoch der letzten

Jahrzehnte konnte auch auf großer Fläche bestätigt werden. Dies sollte Anlaß sein für ein Überdenken der bisherigen, an Ertragsstafelmodellen orientierten Wirtschaftsweise. So kann es angesichts der derzeitigen angespannten Holzmarktlage für den einzelnen Betrieb sinnvoll sein, gezielt den gesamten Zuwachs abzuschöpfen und dadurch die Ertragslage etwas zu verbessern, anstatt möglicherweise in Unkenntnis der Zuwächse einen ungewollten Vorratsaufbau zu betreiben.

Die Kenntnis vom Zuwachsniveau in unseren Wäldern sollte in Zukunft laufend aktuell gehalten werden, denn der Wirtschaftler bedarf dieser wesentlichen Größe, um verantwortungsvoll und ökonomisch effizient mit dem Wald zu arbeiten. Erforderlich ist in diesem Zusammenhang eine Zuwachsermittlung auch für kleinere Flächeneinheiten, denn erst die Kenntnis der lokalen Produktionsmöglichkeiten bezüglich der wichtigsten Baumarten und Bestandstypen erlaubt letztendlich die praktische Umsetzung von Zuwachsinformationen in waldbauliche Pflege- und Nutzungskonzepte. In Bayern werden hierzu in absehbarer Zukunft die Wiederholungsaufnahmen der Kontrollstichproben im Rahmen der Forsteinrichtung im Staatswald einen wertvollen Beitrag liefern. Der Zuwachs des gesamten Waldes aller Besitzarten könnte insbesondere durch eine Wiederholungsaufnahme der Bundeswaldinventur (BWI II) für große und kleine Straten mit hoher Genauigkeit ermittelt werden.

Danksagung

Gedankt sei der Bayerischen Staatsforstverwaltung, die das Forschungsvorhaben finanziell gefördert hat und das Datenmaterial über Holzeinschlag und Staatswaldflächen zur Verfügung stellte.

Zusammenfassung

Flächendeckende Informationen über den Zuwachs in Bayern konnten bislang nur aus den gängigen Ertragsstafeln abgeleitet werden. Es ist jedoch seit geraumer Zeit bekannt, daß die Wachstumsmodelle der Ertragsstafeln den tatsächlichen Wachstumsgang der Bestände nur unzureichend nachbilden. Ertragskundliche Versuchsflächenanalysen liefern zwar genaue Zuwachswerte, diese können jedoch nicht ohne weiteres auf die große Fläche übertragen werden. Im Hinblick auf die Zuwachsleistung der Waldbestände bestand deshalb ein beträchtliches Informationsdefizit.

Aus einem Vergleich zweier bayerischer Waldinventuren konnte der ertragsgeschichtliche Zuwachs zwischen 1971 und 1987 näherungsweise berechnet werden. Er lag im regelmäßig bewirtschafteten Staatswald Bayerns bei 10,1 VfmD/ha. Rund 60% des Zuwachses wurden genutzt, etwa ein Drittel im Vorratsaufbau festgelegt. Mögliche Ursachen für das hohe Zuwachsniveau werden skizziert.

Summary

Methodology and results of an increment estimate for Bavaria's forests

Until now, overall information on increment in Bavaria's forests could be derived only from standard yield tables. Yet it has been known for some time that growth models for yield tables reflect the actual course of individual stand increment only insufficiently. Growth and yield data analyses from experimental plots show exact increment data; these, however, may not be applied to a larger area without restriction. Therefore, a considerable information deficit has been as far as actual increment potential is concerned.

Comparing the data from two forest surveys in Bavaria, the approximate factual increment between 1971 and 1987 could be calculated. For the commercial growing stock on the regularly managed Bavarian state forests it amounted to 10.1 m³ per hectare. Roughly 60 percent of the increment was harvested, approximately one-third left standing to enhance the growing stock. Possible causes for the high level of increment are briefly discussed.

Literatur

- ABRAHAMSEN, G.; TVEITE, B.; STUANES, A. O., 1987: Wet acid deposition effects on soil properties in relation to forest growth. Experimental results. IUFRO-Conf. "Woody Plant Growth in a Changing Physical and chemical environment", Vancouver.
- AMBERGER, A., 1988: Pflanzenernährung. UTB 846.
- BAYSTMELF, 1993: unveröff. Tabellen und mdl. Mitteilungen.
- BAZZAZ, F. A.; FAJER, E. D. 1992: Mehr Kohlendioxid – wie reagiert die Pflanzenwelt? Spektrum der Wissenschaft, 64–71.
- BML (Hrsg.), 1992: Bundeswaldinventur 1986–1990, Band I: Inventurbericht und Übersichtstabellen.
- BML (Hrsg.), 1993: Bundeswaldinventur 1986–1990, Grundtabellen für das Bundesland Bayern.
- EGIDI, H., 1993: Welchen Informationsgewinn liefert die Bundeswaldinventur für ein Bundesland? AFZ 48, 1193–1195.
- FOERSTER, W., 1990: Zusammenfassende ertragskundliche Auswertung der Kiefern-Düngungsversuchsflächen in Bayern – ein Beitrag zur Beschreibung des Kiefernwachstums in Süddeutschland. Forstl. Forschungsberichte München Nr. 105.
- FOERSTER, W., 1993: Die Ermittlung des Einzelbaumvolumens mit Hilfe von BWI-Schaftkurven und bayerischen Formzahlen – ein Ergebnisvergleich. Tagungsbericht der Sektionstagung Ertragskunde im DVFFR vom 25. 5. 1993, 105–117.
- FOERSTER, W.; BÖSWALD, K.; KENNEL, E., 1993: Vergleich der Inventurergebnisse von 1971 und 1987, AFZ 48, 1178–1180.
- FRANZ, F.; KENNEL, E., 1973: Bayerische Waldinventur 1970/71, Inventurabschnitt I: Großrauminventur, Basistabellen. Forstl. Forschungsberichte München Nr. 12.
- FUCHS, A., 1993: Wiederholungsaufnahme und Auswertungsmöglichkeiten einer permanenten Betriebsinventur – erarbeitet am Beispiel des Distriktes „Winkelhofer Forst“ des Bayerischen Forstamtes Ebrach. Forstl. Forschungsberichte München Nr. 131.
- HRADETZKY, J., 1993: Das Regionalisierungsprogramm der Bundeswaldinventur – ein Informationssystem für Forst- und Holzwirtschaft. Forst und Holz 48, 139–143.
- HRADETZKY, J.; KUBLIN, E.; BÖSCH, B., 1993: Anmerkungen zur Genauigkeit von Stichprobenverfahren. AFZ 48, 1211–1213.
- KAUPPI, P. E.; MIELIKÄINEN, K.; KUUSELA, K., 1992: Biomass and carbon budget of European forests. Science 256, 70–74.
- KENK, G.; SPIEKER, H.; DIENER, G., 1991: Referenzdaten zum Waldwachstum. Forschungsbericht KfK-PEF 82, Kernforschungszentrum Karlsruhe.
- KIMBALL, B. A.; IDSO, S. B., 1983: Increasing atmospheric CO₂: Effects on crop yield, water use and climate. Agric. Water Monog. 7, 55–72.
- KREUTZER, K., 1972: Über den Einfluß der Streunutzung auf den Stickstoffhaushalt von Kiefernbeständen. FwCBl. 91, 263–270.
- KREUTZER, K., 1989: Einst zu wenig – nun zu viel. Das Kreuz des Waldes mit dem Stickstoff. Nationalpark-Zeitschrift 65, 6–9.
- LEMON, R. E., 1983: CO₂ and Plants. The Response of Plants to Rising Level of Atmospheric Carbon Dioxide. LEMON, R. E. (ed.). Westview, Boulder, Colorado.
- POORTER, H.; POT, S.; LAMBERS, H., 1988: The effect of an elevated atmospheric CO₂ concentration on growth, photosynthesis and respiration of *Plantago major*. Physiol. Plant 73, 553–559.
- PRETZSCH, H., 1985: Wachstumsmerkmale süddeutscher Kiefernbestände in den letzten 25 Jahren. Forstl. Forschungsberichte München Nr. 65.
- PRETZSCH, H., 1992: Zunehmende Unstimmigkeit zwischen erwartetem und wirklichem Wachstum unserer Waldbestände. Konsequenzen für zukünftige ertragskundliche Informationssysteme. Forstw. Cbl. 111, 366–382.
- REHFUESS, K. E.; HÜSER, R., 1988: Stoffdepositionen durch Niederschläge in ost- und südbayerischen Waldbeständen. Forstl. Forschungsberichte München Nr. 86.
- RÖHLE, H.; BÖSWALD, K., 1993: Einfluß der experimentellen Behandlung auf das Wachstum der Fichte im Höglwald im Untersuchungszeitraum von 1983 bis 1992. Unveröffentlichter Abschlußbericht.
- UTSCHIG, H., 1989: Waldwachstumskundliche Untersuchungen im Zusammenhang mit Waldschäden – Auswertung der Zuwachstrendanalyseflächen des Lehrstuhles für Waldwachstumskunde für die Fichte (*Picea abies* [L.] Karst.) in Bayern. Forstl. Forschungsberichte München Nr. 97.

Anschrift der Verfasser: Dr. Wolfgang FOERSTER, Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, Hohenbachernstr. 22, D-85354 Freising; Klaus BÖSWALD, Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung, Hohenbachernstr. 22, D-85354 Freising