

Aus dem Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Universität München

Zunehmende Unstimmigkeit zwischen erwartetem und wirklichem Wachstum unserer Waldbestände

Konsequenzen für zukünftige ertragskundliche Informationssysteme¹

Von H. PRETZSCH

1 Verlagerung der Erkenntnisinteressen innerhalb der Waldwachstumsforschung

Bis in die siebziger Jahre hat sich die Waldwachstumsforschung auf die Entwicklung gleichaltriger Reinbestände unter definierten, statischen Wuchsbedingungen konzentriert. Sie war bis dahin – im großen und ganzen – in der Lage, den Informationsbedarf der Forstlichen Praxis zu erfüllen. Die Absicherung der klassischen Wuchsgesetzmäßigkeiten und Ertragstafelmodelle für statische Wuchsbedingungen stand im Mittelpunkt aller drei Sektoren der ertragskundlichen Forschung; sie prägte die Versuchsführung, die Versuchsauswertung und die Modellbildung. Forschungsansätze und Denkmuster der verschiedenen Schulen der Waldwachstumsforschung in der alten Bundesrepublik in Freiburg, Göttingen und München schienen, bei allen Unterschieden in Detailfragen, weitgehend gefestigt.

In den siebziger Jahren sind uns dann immer deutlicher die Grenzen der waldwachstumskundlichen Wissensbasis und unserer angestammten Denkmuster vor Augen getreten, eine Entwicklung, die bis in die Gegenwart reicht. Ein auslösendes Moment für diese Entwicklung bildeten die seit Mitte der siebziger Jahre immer häufiger zu beobachtenden Diskrepanzen zwischen den Erwartungswerten und dem wirklichen Wuchsverhalten unserer Waldbestände. War man zuvor vor allem darauf bedacht, die Gesetzmäßigkeiten der Bestandesdynamik zu ergründen, etwa Abhängigkeiten zwischen Bestockungsdichte und Zuwachs, so schoben sich nun die Zuwachsreaktionen auf Klima und Witterung, Stoffeinträge und Stoffausträge und biotische Störfaktoren in den Mittelpunkt der Betrachtung. Das Erkenntnisinteresse der Waldwachstumsforschung hat sich geradezu von den Gesetzmäßigkeiten des Waldwachstums auf die Randbedingungen des Waldwachstums verlagert.

In einer kaum übersehbaren Flut von Untersuchungen ist in den letzten Jahren auf die zunehmenden Unstimmigkeiten zwischen dem – nach unseren statischen Modellen – erwarteten Wuchsverhalten und dem – durch verschiedene Störeinflüsse überprägten – wirklichen Wuchsverhalten hingewiesen worden.

¹ Vortrag vor der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München am 4. Dezember 1991.

2 Zunehmende Unstimmigkeiten zwischen erwartetem und wirklichem Wachstum

In vielen Waldregionen unseres Landes stellen wir einen schadbedingten Vitalitätsverlust und Zuwachsrückgang deutlich unter die Erwartungswerte unserer Ertragstafeln fest.

Bei KENK (1984) finden wir einen der ersten klaren Befunde über den Zuwachsrückgang geschädigter Tannenbestände im Schwarzwald. Abbildung 1 zeigt die Volumenzuwachsverläufe auf Tannen-Versuchsflächen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg von den vierziger bis in die achtziger Jahre. Im Vergleich dazu sind

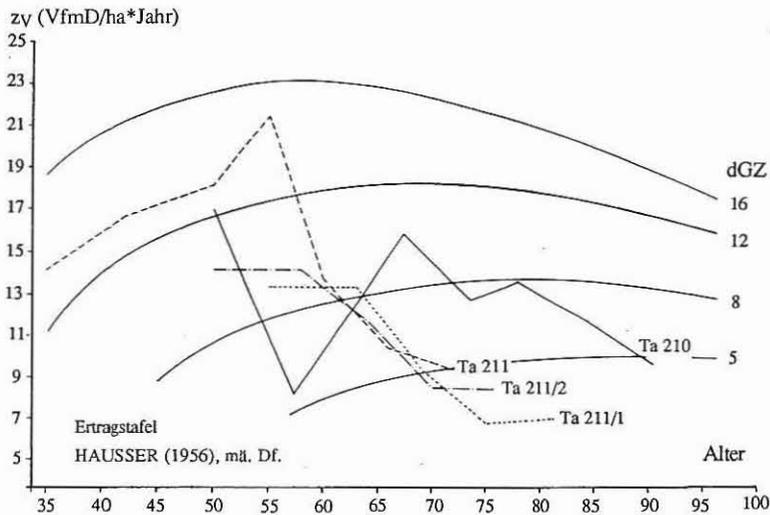


Abb. 1. Bestandeszuwachs geschädigter Tannen-Versuchsflächen im Schwarzwald im Vergleich zur Tannen-Ertragstafel von HAUSSER (1956) mä. Df. Dargestellt sind die periodischen jährlichen Derbholzzuwächse pro ha und Jahr von Mitte der vierziger bis Mitte der achtziger Jahre (nach KENK 1984)

Fig. 1. Development of stand increment of damaged fir experimental areas in the Black Forest compared with the fir yield table of HAUSSER (1956) for moderate thinning. The table shows periodic annual commercial-volume increment per hectare and year from the midforties to the mideighties (cf. KENK 1984)

die nach der Ertragstafel von HAUSSER (1956) mä. Df. zu erwartenden Zuwachsverläufe für die dGZ-Bonitäten 5, 8, 12 und 16 eingezeichnet. Die Zuwachskurven sind über dem Alter dargestellt und zeigen den Bestandeszuwachs bis Mitte der achtziger Jahre. Unabhängig vom Bestandesalter sank der Zuwachs auf allen vier Versuchsflächen in den letzten zwanzig Jahren deutlich ab; auf der Fläche Ta 211 von dem Zuwachsniveau der dGZ-Bonität 12 auf das der dGZ-Bonität 5.

Abbildung 2 zeigt den Zuwachsrückgang geschädigter Fichtenbestände im Forstamt Bodenmais im Bayerischen Wald nach den Untersuchungen von RÖHLE (1987). Die Bestandesvolumenzuwächse auf einer geschädigten Weiserfläche bei Bodenmais sind den Normverläufen der Ertragstafeln (100-Prozent-Linie) gegenübergestellt. Als Referenzwerte wurden die Tafeln von ASSMANN/Franz (1963) und von v. GUTTENBERG (1915) eingesetzt. Der Vergleich zwischen den wirklichen Zuwachsverläufen auf der Weiserfläche und den Ertragstafelwerten läßt erkennen, daß die Zuwächse zu Beginn des betrachteten Wachstumszeitraums in den sechziger Jahren etwa auf dem Niveau der Tafeln lagen. In

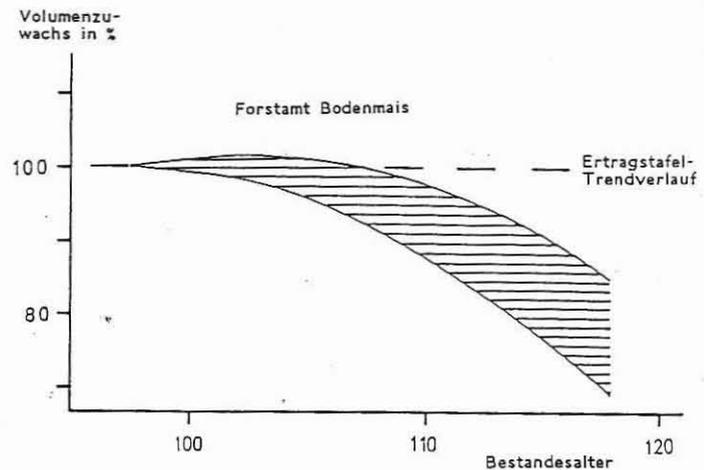


Abb. 2. Bestandesvolumenzuwachs in Prozent des Normzuwachses der Ertragstafel für eine geschädigte Fichten-Weiserfläche im Forstamt Bodenmais im Bayerischen Wald (nach RÖHLE, 1987). Angegeben ist der Volumenzuwachs (100-Prozent-Linie). Die obere Grenzlinie des schraffierten Feldes gibt die nach der Tafel von v. GUTTENBERG (1915) errechneten Zuwachsverluste an, die untere Grenzlinie die nach der Tafel von ASSMANN/FRANZ (1963) errechneten

Fig. 2. Stand volume growth in percent of normal yield table growth for a damaged indicator plot of spruce in the Bodenmais forest district in the Bavarian Forest (cf. RÖHLE, 1987). Shown is volume increment (100-percent line). The upper line of the hatched sector shows growth losses according to the table of v. GUTTENBERG (1915), the lower border represents the losses according to the table of ASSMANN/FRANZ (1963)

den Folgejahren sanken sie dann merklich ab. Die schadbedingten Zuwachsverluste betragen gegenwärtig je nach gewählter Referenztafel zwischen 15 und 30 Prozent.

Solche zumeist immissionsbedingten Zuwachsrückgänge und negativ gerichteten Abweichungen von den Erwartungswerten unserer Ertragstabellen stellen ihre Brauchbarkeit als forstliche Planungsgrundlage grundsätzlich in Frage. Bekanntlich kommen solche Zuwachsdepressionen nicht nur vereinzelt bei Tanne und Fichte vor, sondern wir finden sie, mit baumartentypischer regionaler Verbreitung, seit 10 bis 20 Jahren bei allen Hauptbaumarten (vgl. FRANZ 1983b; SCHÖPFER 1987; KRAMER 1986).

In den letzten 10 bis 20 Jahren sind in anderen Waldregionen unseres Landes aber auch beträchtliche positiv gerichtete Abweichungen von den Tafelwerten zu erkennen.

Abbildung 3 zeigt die Grundflächenzuwachsgänge auf Weiserflächen im Oberpfälzer Kieferengebiet im Vergleich zur Tafel von WIEDEMANN (1948) m.ä. Df. nach Untersuchungen von FRANZ und PRETZSCH (1988). Die Kurven des laufend-jährlichen Grundflächenzuwachses der dort untersuchten Kiefern folgten bis in die sechziger Jahre etwa den Erwartungswerten der Ertragstafel. Seitdem zeichnet sich in vielen der untersuchten Kiefernbestände eine deutliche Verbesserung der Zuwachsleistungen ab. Der Grundflächenzuwachs entspricht seit 10 bis 20 Jahren nicht mehr den Erwartungswerten der Tafel, sondern steigt zum Teil auf 200 bis 250 Prozent der Tafelwerte nach WIEDEMANN an und erreicht ein Niveau, das sogar die Erwartungswerte für die Zeit der Zuwachskulmination in der Jugendphase noch übertrifft (vgl. Tab. 1). Unabhängig vom Bestandesalter konstatieren wir auf diesen Weiserflächen einen dem normalen Alterstrend völlig gegenläufigen Zuwachsanstieg.

Mit der Darstellung der Wachstumsverläufe auf der Durchforstungsversuchsfläche Fabriksschleichach 015 im Forstamt Eltmann im Steigerwald lieferte FRANZ (1987a) ein

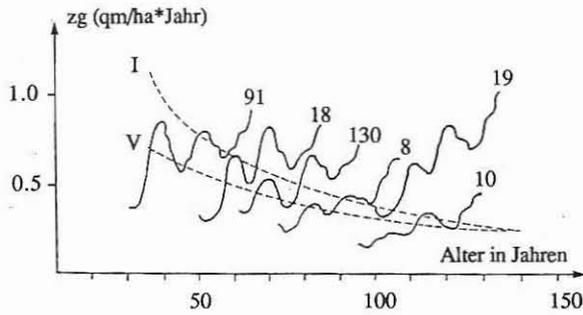


Abb. 3. Anstieg des laufend-jährlichen Grundflächenzuwachses auf Weiserflächen im Oberpfälzer Kieferngebiet im Vergleich zur Ertragstafel von WIEDEMANN (1948), mä. Df., für die I. und V. Bonität (nach FRANZ und PRETZSCH 1988)

Fig. 3. Increase of current annual basal area increment on indicator plots in the pine region of the Upper Palatinate compared to the yield table of WIEDEMANN (1948) for moderate thinning, yield classes I and V (according to FRANZ and PRETZSCH 1988)

Tabelle 1. Mittlere jährliche Grundflächenzuwächse Oberpfälzer Kiefernbestände in den Jahren 1981 bis 1985 in Prozent der Erwartungswerte der Ertragstafel von WIEDEMANN (1948) mä. Df. nach den Untersuchungen von FRANZ und PRETZSCH (1988). Die prozentischen Mehrzuwächse können mit hoher Bestimmtheit in Abhängigkeit von Alter und Bonität geschätzt werden (Normzuwächse der Ertragstafel = 100%). Der datenmäßig abgesicherte Bereich ist grau unterlegt dargestellt

Table 1. Mean annual basal area increment in pine stands of the Upper Palatinate (1981–1985) in percent of expected values of the yield table of WIEDEMANN (1948) for moderate thinning, according to investigations of FRANZ and PRETZSCH (1988). The Percentage increment increases can be estimated with great certainty by age and yield class (standard increment of the yield table = 100 per cent). The sector based on available data is shaded grey

Alter (Jahre)	Bonität nach WIEDEMANN (1948) mä. Df.				
	I.	II.	III.	IV.	V.
50	122	138	148	156	162
60	130	147	158	167	173
70	138	156	167	176	183
80	145	163	176	185	192
90	151	171	183	193	201
100	157	177	190	200	208
110	162	183	197	207	216
120	167	189	203	214	222
130	172	195	209	220	229
140	177	200	215	226	235

Musterbeispiel für das Ausmaß der Abweichungen zwischen erwartetem und wirklichem Wuchsverhalten bei der Buche. Die Versuchsanlage umfaßt die Behandlungsvarianten A-, B- und C-Grad. Abbildung 4 zeigt den Gang des periodischen jährlichen Bestandesvolumenzuwachses seit der Erstaufnahme der Flächen im Jahre 1870. Zum Vergleich sind die nach der Ertragstafel von SCHÖBER (1967) m.ä. Df. zu erwartenden Zuwachsgänge für die I.

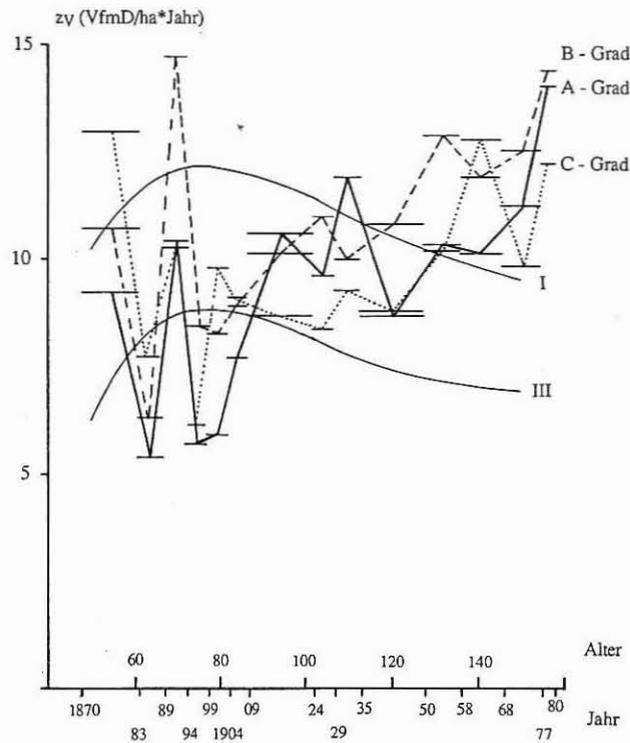


Abb. 4. Volumenzuwachsgänge auf der A-, B- und C-Grad-Parzelle der Buchen-Durchforstungsversuchsfläche Fabrikschleichach 015 im Forstamt Eltmann im Steigerwald (nach FRANZ 1987a). Zum Vergleich sind die Zuwachskurven für die I. und III. Bonität nach SCHÖBER (1967), m.ä. Df. eingezeichnet

Fig. 4. Development of volume growth on the A-, B- and C-degree thinning plots of the beech experimental area Fabrikschleichach 015 in the Eltmann/Steigerwald forest district (according to FRANZ 1987a). For comparison, growth curves according to SCHÖBER (1967) for moderate thinning, yield classes I and III, are shown

und III. Bonität eingezeichnet. Bei allen drei Durchforstungsvarianten zeichnet sich eine dem typischen Alterstrend der Tafel gegenläufige Altersentwicklung ab: Im ersten Drittel des über 120jährigen Beobachtungszeitraums zeigten die Zuwachsgänge ein Oszillieren über das gesamte Bonitätsspektrum. In der Folgezeit, in der die Zuwächse laut Ertragstafel rückgängig sein müßten, steigen die Volumenzuwächse auf allen drei Flächen bis heute beträchtlich an. 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*Jahr ab und das unter A- und B-Grad-Bedingungen ebenso wie unter C-Grad-Verhältnissen. Der Zuwachsanstieg kann also nicht auf einen durchforstungsbedingten Lichtungszuwachs der Buche zurückgeführt werden, sondern zeigt sich auch auf dem A-Grad-Feld. Die wirklichen Zuwächse betragen gegenwärtig 140 bis 160 Prozent der Erwartungswerte der Ertragstafel (vgl. FRANZ 1987a).

Diese zwei Beispiele für positiv gerichtete Abweichungen der wirklichen Zuwachsverläufe von den Erwartungswerten der Ertragstafeln stehen nicht allein, sondern stellvertretend für einen Tatbestand, der in weiten Teilen unseres Landes auf Kiefern-, Buchen- und Fichtenbeständen zutrifft: Die langfristigen Wachstumsverläufe lassen, besonders auf schwächeren und mittleren Standorten, seit den sechziger Jahren vielfach einen deutlichen Leistungsanstieg erkennen (vgl. FRANZ 1983a; KENK et al. 1991; PRETZSCH 1987; WEISE

1991). Als Ursachen kommen der erhöhte Stickstoffeintrag, der Anstieg der CO₂-Konzentration in der Luft, eine pfleglichere und damit zuwachsünstigere Bestandesbehandlung und auf manchen Standorten die Einstellung der Streunutzung in Betracht (BURSCHEL 1988; HOFMANN et al. 1990; KLOPRIES u. BECKMANN 1989; THOMASIU 1991).

Nicht immer ist ein Störfaktor so dominant, daß sein Einfluß auf das Zuwachsverhalten so klar erkennbar ist wie in den von HOFMANN, HEINSDORF und KRAUSS (1990) untersuchten Kiefernbeständen des ostdeutschen Tieflandes. Aus diesen und anderen Untersuchungen wissen wir, daß positiv und negativ gerichtete Zuwachsausschläge infolge von Stickstoffeinträgen aufeinanderfolgen können und der in geringen Dosen zuwachssteigernd wirkende Stickstoffeintrag nach Überschreiten einer Sättigungsphase die Destabilisierung und Auflösung ganzer Bestände einleiten kann. Abbildung 5 zeigt den Zusammenhang zwischen dem prozentischen Bestandesvolumenzuwachs von Kiefernbeständen und dem Stickstoffgehalt ihrer Nadeln.

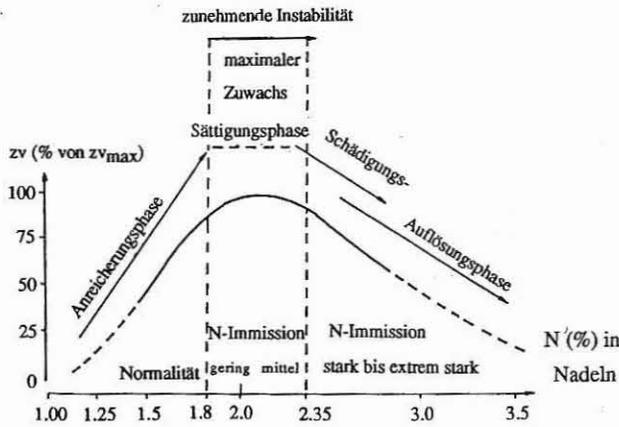


Abb. 5. Beziehung zwischen der Stickstoffernährung (N-Gehalt der Nadeln) und dem Volumenzuwachs (Volumenzuwachs in % des maximalen Zuwachses) für Kiefernbestände des ostdeutschen Tieflandes bei verschiedener Stickstoffimmission (nach HOFMANN, HEINSDORF u. KRAUSS 1990)

Fig. 5. Relation between nitrogen nutrition (N-concentration of the needles) and volume increment (in percent of maximal increment) for pine stands of the East-German lowlands, for different levels of atmospheric deposition of nitrogen (according to HOFMANN, HEINSDORF and KRAUSS 1990)

Ebenso wie die eingangs dargestellten negativ gerichteten Abweichungen von unseren aufgeworfenen Hypothesen werfen die positiven Abweichungen, die hohe Zuwachsleistung in Altbeständen und der Leistungsanstieg von Vor- zu Folgebeständen zahlreiche Probleme und Fragen auf. Es stellen sich beispielsweise die Fragen, ob die Umtriebszeit von Altbeständen verlängert werden soll, um ihre hohe Zuwachsleistung abzuschöpfen, welche Fehler die sich von Vor- zu Folgebeständen wandelnden Wuchsbedingungen bei der dynamischen Bonitur verursachen, und inwieweit die Brauchbarkeit unserer herkömmlichen Ertragsstatistiken für die Hiebssatzplanung eingeschränkt ist. Alles Fragen, die sich aus der zunehmenden Unstimmigkeit zwischen wirklichem und erwartetem Zuwachsverhalten ergeben.

3 Gegenwärtige Situation

Die vorgestellten Fallbeispiele, aus einer Vielzahl ähnlicher Untersuchungen herausgegriffen, liefern uns Indizien dafür, daß das zuvor eher statisch interpretierte Waldwachstum, stärker als bisher vermutet, die sich dynamisch verändernden Umweltbedingungen widersteht. Zuwachsdepressionen hier, Zuwachsanstiege dort, bisher sind wir der Entwick-

lung nur hinterhergelaufen und über ein reines Sammeln von Indizien und Wirkungsgrößen noch nicht hinausgekommen. Sicher ist aber, daß wir uns nicht in einer Phase nur vorübergehender Wachstumsstörungen befinden, nach der sich die Wuchsbedingungen normalisieren und unsere herkömmlichen Prognosemodelle wieder zutreffen. Denken wir nur an die steigende Kohlendioxidkonzentration der Luft, die Ozon-Belastung, die von den Meteorologen prognostizierten Temperaturanstiege und die anhaltenden Stoffeinträge, so deutet vieles darauf hin, daß künftig globale Veränderungen der Produktionsbedingungen zum Regelfall und die bei bisherigen Modellentwicklungen unterstellten stabilen Wuchsbedingungen eine Ausnahme werden.

Heute befinden wir uns in der Situation, in der wir erkannt haben, daß die Wachstumsabläufe unserer Wälder in vielem von unseren Ertragstafeln und Modellvorstellungen abweichen. Wir sind aber noch weit davon entfernt, unsere erneuerungsbedürftigen Arbeitsgrundlagen durch ein neues, besseres Informationssystem ersetzen zu können. Wir haben – wenn überhaupt – allenfalls grobe Vorstellungen davon, wie ein künftiges Informations- und Prognoseystem unter den veränderten und sich weiter wandelnden Wuchsbedingungen überhaupt aussehen könnte.

Die Adjustierung der bisherigen Tafelwerte über Korrekturfaktoren, die Anwendung von Korrekturtabellen, die Mehrzuwächse oder Zuwachsverluste ausweisen, etwa Zuwachsverlusttabellen (vgl. Tab. 1 u. 2), können allenfalls vorübergehend über unseren Informationsmangel hinweghelfen. Wenig erfolgversprechend erscheint mir auch eine

Tabelle 2. Prozentische Volumenzuwächse für Fichtenbestände in den Regionen Nord- und Ostbayern, Bayern-Mitte und Bayerische Alpen in Abhängigkeit von Alter und durchschnittlichem Nadelverlust nach den Untersuchungen von UTSCHIG (1989). Angegeben sind die wirklichen Zuwächse von Beständen I. Bonität nach WIEDEMANN (1936/42), mÄ. Df., in Relation zu den Normzuwächsen der Ertragstafel (Normzuwächse der Ertragstafel = 100 %)

Table 2. Proportional volume increment for pine stands in the regions of northern, eastern, and central Bavaria, and in the Bavarian Alps as related to age and average needle losses according to investigations by UTSCHIG (1989). Shown is the actual increment of site quality I stands according to WIEDEMANN (1936/42), for moderate thinning, in relation to the yield table increment (standard increment of the yield table = 100 per cent)

Alter	Nord- und Ostbayern		Bayern-Mitte		Bayerische Alpen	
	Nadelverluste		Nadelverluste		Nadelverluste	
	35 %	65 %	35 %	65 %	35 %	65 %
80	86	47	88	52	96	67
100	88	49	89	54	96	68
120	89	50	89	54	96	67

Aktualisierung, also eine Neuauflage der statischen Ertragstafeln alter Bauart; diese wären vermutlich kurze Zeit nach ihrer Entstehung schon wieder veraltet und von den wirklichen Wuchsbedingungen überholt. An ein echtes Weiterkommen ist meines Erachtens nur zu denken, wenn die Waldwachstumsforschung das tote Gleis der Reinbestands-Ertragstafelforschung für statische Wuchsbedingungen möglichst bald verläßt und eine neue Generation von Wuchsmodellen aufbaut – eine neue Generation von Wuchsmodellen, die den zentralen Baustein für ein künftig beweglicheres ertragskundliches Informationssystem bilden wird.

4 Konsequenzen für zukünftige ertragskundliche Informationssysteme

Als ertragskundliches Informationssystem wird in diesem Zusammenhang der Informationsstrang bezeichnet, der von Daten aus forstwissenschaftlichen und forstwirtschaftlichen Quellen über die Datenauswertung zur Wachstumsmodellbildung und in Gestalt von Wachstumsmodellen zurück zur forstlichen Praxis führt (Abb. 6). Forstwissenschaft und Forstwirtschaft versorgen dieses Informationssystem mit ertragskundlichen Basisdaten, die Daten werden gesammelt, ausgewertet und in Wachstumsmodellen verdichtet, so daß die Forstwirtschaft mit möglichst zutreffenden Prognosemodellen als Arbeitsgrundlage versorgt werden kann.

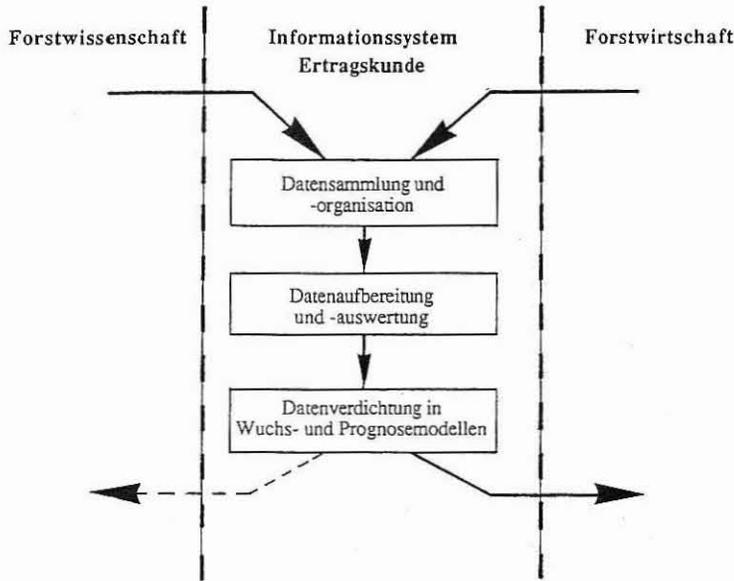


Abb. 6. Ertragskundliches Informationssystem in schematischer Darstellung. Forstwissenschaft und Forstwirtschaft versorgen das System mit Basisdaten, die Daten werden zunächst gesammelt und organisiert, dann aufbereitet und ausgewertet und in einem dritten Schritt in Wuchs- und Prognosemodellen verdichtet und nutzbar gemacht

fig. 6. Scheme of a yield information system. Forest science and forest management provide the system with basic data. These data are collected and organized, then processed and evaluated and – in a third step – concentrated and put to use in growth and prognostic models

Welche Konsequenzen hat nun die Waldwachstumsforschung aus den zunehmend sichtbar werdenden Mängeln unserer bisherigen Ertragstafelmodelle zu ziehen, welche Konsequenzen ergeben sich aus den Unstimmigkeiten zwischen erwartetem und wirklichem Wachstum unserer Waldbestände für den Aufbau künftiger ertragskundlicher Informationssysteme?

erste Konsequenz: Für die Zukunft ist eine schnellere und effizientere Umsetzung von Beobachtungs- und Versuchsergebnissen in praktisch anwendbare Wachstumsmodelle anzustreben. Soll ein künftiges Informationssystem die Praxis mit zutreffenden Arbeitsgrundlagen für Planung, Kontrolle und Vollzug versorgen und dabei den wirklichen Wachstumsbedingungen nicht allzu weit hinterherlaufen, so muß es die Erkenntnisse aus waldwachstumskundlichen Erhebungen rascher als bisher umsetzen und für die Praxis nutzbar machen. Viele unserer heute benutzten Ertragstafelwerke wurden vor etwa einem halben Jahrhun-

dert erstellt, sie gründen also auf den damaligen Wuchsbedingungen und Behandlungsprogrammen. Es verwundert deshalb nicht, daß sie heute nur noch eingeschränkt gültig sind, daß die Schere zwischen dem wirklichen und dem in den Tafeln abgebildeten Wachstum zunehmend größer geworden ist. Seit der Aufstellung der derzeit gültigen Tafeln hat sich in den Archiven und Datenbanken von Forstwirtschaft und -wissenschaft ein beträchtliches Potential an neuen, aktuellen ertragskundlichen, standortkundlichen und waldbaulichen Informationen angesammelt. Dazu gehören zum einen Ergebnisse intensiver Einzeluntersuchungen, die u. a. neue Erkenntnisse über die Reaktionskinetik von Einzelbäumen in Rein- und Mischbeständen, über Zuwachsreaktionen auf Störfaktoren und über Beziehungen zwischen Standortbedingungen und Wuchsleistung erbracht haben. Zum anderen zählt hierzu der Datenfundus aus extensiven, aber großflächigen Erhebungen, wie sie beispielsweise im Rahmen der Standortkartierung, Forsteinrichtung oder Waldschadensinventur ausgeführt werden. Das bisher nicht annähernd ausgeschöpfte Informationspotential solcher Erhebungen sollte der Praxis aber gerade um so rascher und effizienter nutzbar gemacht werden, je schneller der Wandel der Produktionsbedingungen fortschreitet; nur so kann in Zukunft die Versorgung der Forstwirtschaft mit aktuellen Planungsdaten gewährleistet werden.

Würde sich ein künftiges Prognosemodell nicht wie unsere herkömmlichen Ertragstafeln nur auf die Daten langfristiger Versuchsfelder, sondern im wesentlichen auch auf die turnusmäßigen Wiederholungsaufnahmen auf permanenten Probestellen der Forsteinrichtung stützen, so könnten die in regelmäßigen Zeitintervallen für größere Gebiete anfallenden Erhebungsdaten der Betriebsinventuren zur stetigen Modellaktualisierung genutzt werden.

Es wäre die auf Abbildung 7 stark vereinfacht dargestellte schnelle Rückkopplung zwischen Datenquellen und Modell denkbar: Die Erhebungen auf permanenten Probestellen könnten als Startwerte eines Prognoselaufs eingesetzt und die Informationen aus Wiederholungsaufnahmen auf den permanenten Probestellen zur Kalibrierung, permanenten Rekalibrierung und Adjustierung der Modellfunktionen herangezogen werden. Ausgehend von den Daten der Erstaufnahme ($t = 0$) könnte die Bestandesentwicklung auf

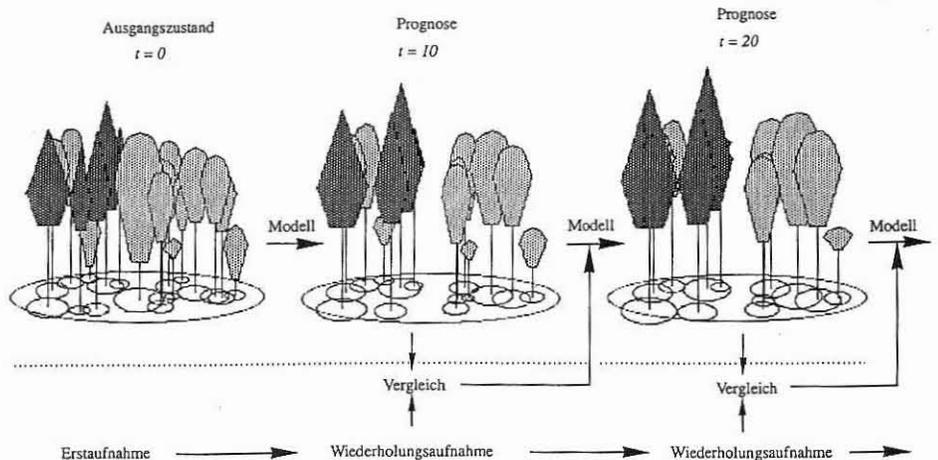


Abb. 7. Erschließung des ertragskundlichen Informationspotentials permanenter Probestellen zur Spezifizierung des Ausgangszustandes eines Prognoselaufs, zur Kalibrierung und permanenten Rekalibrierung eines Prognosemodells (PRETZSCH 1991a)

Fig. 7. Analysis of the yield information from permanent sample plots for specification of the initial state of a prognostic run, for calibration and permanent recalibration of a forecast model (PRETZSCH 1991a)

einer Testfläche mit einem Prognosemodell bis zum Zeitpunkt $t = 10$ vorhergesagt werden, der Soll/Ist-Vergleich zwischen den prognostizierten Werten und dem Befund der Wiederholungsaufnahme zum Zeitpunkt $t = 10$ könnte zur weiteren Untermauerung und Adjustierung des Modells eingesetzt werden. Mit dem so modifizierten Modell wird die Bestandesentwicklung bis zum Zeitpunkt $t = 20$ fortgeschrieben, zu dem eine zweite Wiederholungsaufnahme Informationen für einen erneuten Vergleich zwischen Modell und Wirklichkeit und damit eine weitere Untermauerung und Verbesserung des Modells bereitstellt. Jede weitere Wiederholungsaufnahme bringt bei einem solchen Vorgehen zusätzliche ertragskundliche Informationen zur Absicherung und Erweiterung des Prognosemodells. Kontrollflächen, von denen neben dendrometrischen Dimensionsgrößen auch die Stammpositionen aller Einzelbäume bekannt sind, bieten für den Aufbau eines solchen Prognosesystems ein besonders wertvolles Informationspotential. Erbringt z. B. eine Wiederholungsaufnahme neue Informationen über immissionsbedingte Zuwachsreaktionen, so können auch diese unmittelbar in das Modell eingebracht und in schnellem Rücklauf der Praxis nutzbar gemacht werden. Auf diese Weise könnten kontinuierlich aktuelle Informationen in das Modell eingefügt und die Schere zwischen erwartetem und wirklichem Wuchsverhalten so klein wie möglich gehalten werden.

Die erste Konsequenz zielt also auf eine Beschleunigung des Informationsprozesses in dem auf Abbildung 6 dargestellten System, darauf, durch eine schnellere Aktualisierung unserer Modelle, ihre Abweichungen von der Wirklichkeit möglichst klein zu halten. Das kann nun nicht bedeuten, daß künftig in immer engerer Zeitfolge Ertragstafeln alter Bauart konstruiert und an die aktuellen Wuchsbedingungen angepaßt werden. Vielmehr ergibt sich für die Weiterentwicklung unserer herkömmlichen Wuchsmodelle eine zweite Konsequenz.

Zweite Konsequenz: Künftige Wuchsmodelle sollten so flexibel sein, daß sie an Veränderungen der Wuchsbedingungen angepaßt werden können, ohne daß der gesamte Modellaufbau neu konzipiert werden muß. Sie sollten so beweglich aufgebaut sein, daß sie ohne größeren Aufwand erweitert und auf veränderte Rahmenbedingungen umgestellt werden können; kurz: sie sollen lern- und ausbaufähig sein. Nur so kann verhindert werden, daß eine Tafel nach langwieriger Konstruktion schnell von den wirklichen Wuchsbedingungen überholt wird und „eine fast schon historische Bestandesentwicklung“ repräsentiert, wie SCHMIDT (1971) das für seine Kieferntafel für die Oberpfalz konstatierte. Der herausragende Wert der Standortertragstafel von SCHMIDT für die ertragskundlich-standortkundliche Forschung soll damit in keiner Weise gemindert werden. Die Zukunft gehört also nicht den statischen Ertragstafelmodellen, jede ein Meisterstück und Jahrzehntwerk mit eigener Konstruktionsphilosophie, sondern Standardmodellen, deren Funktionensysteme so beweglich sind, daß sie leicht parametrisiert, reparametrisiert und ausgebaut werden können.

Als Musterbeispiel eines Ansatzes zur Verarbeitung und modellhaften Abbildung waldwachstumskundlicher Informationen, der ausreichend flexibel und leicht an Veränderungen der Wuchsbedingungen anpaßbar ist, kann das amerikanische STAND PROGNOSIS MODEL angesehen werden, das für die mittel- und langfristige Forstwirtschaftsplanung in den Staaten Idaho, Washington und Montana eingesetzt wird. Das STAND PROGNOSIS MODEL entstand unter der Leitung der Amerikaner STAGE, WYKOFF und CROOKSTON in enger Zusammenarbeit zwischen ertragskundlichen, vegetations- und standortkundlichen sowie biometrischen Fachdisziplinen (STAGE 1973; WYKOFF, CROOKSTON, STAGE 1982). Bei der modellhaften Abbildung der Bestandesentwicklung beschreitet das Modell völlig neue, von unserem Ertragstafelansatz wegführende Wege: Es ist ein abstandunabhängiges, einzelbaumorientiertes Prognosemodell, mit dem standortbezogene Leistungstafeln für Rein- und Mischbestände aller Alterszusammensetzungen erzeugt werden können. Einzelbaummodelle wie das STAND PROGNOSIS MODEL erklären die Dimensionsentwicklung –

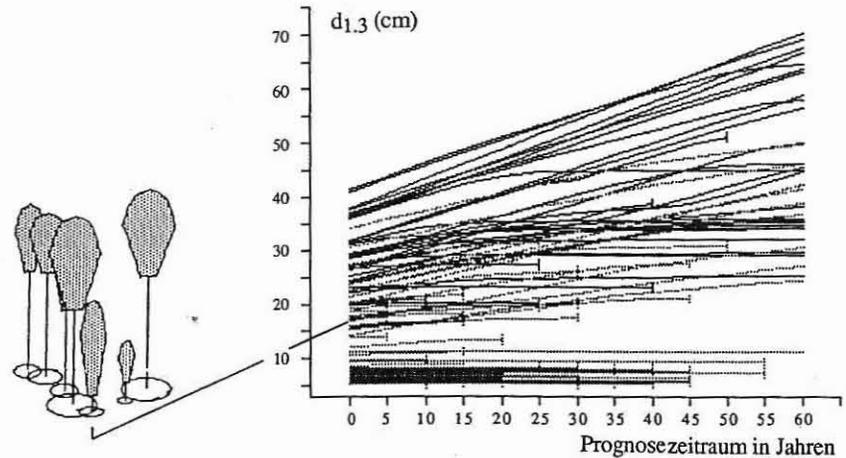


Abb. 8. Prognose des Durchmesserwachstums aller Einzelbäume eines Modellbestandes in Abhängigkeit von ihrer individuellen Wuchskonstellation (PRETZSCH 1991b)

Fig. 8. Prognosis of single-tree diameter increment of a model stand as affected by individual growth constellations (PRETZSCH 1991b)

etwa die auf Abbildung 8 dargestellte Entwicklung der Brusthöhendurchmesser – aller Bäume eines Bestandes aus ihrer individuellen Wuchskonstellation im Bestand. Ausgehend von einem Ausgangszustand wird die Entwicklung aller Bestandesglieder auf der Grundlage von Zuwachsfunktionen in Abhängigkeit von der Wuchskonstellation, Standortgütfaktoren und Behandlungseffekten fortgeschrieben. Einzelbaummodelle rollen zwar die Prognose vom Einzelbaum her auf, natürlich können durch Summation über alle Einzelbaumwerte aber auch die klassischen bestandesbezogenen Ertragstafelgrößen abgeleitet werden.

Die Steuerungsfunktionen des Modells sind so aufgebaut, daß neue ertragskundliche Informationen ohne größeren Umbau des Gesamtmodells eingebracht werden können. Die Simulation des Bestandeswachstums wickelt das STAND PROGNOSE MODEL in 5-Jahres-Schritten einzelbaumweise über Zuwachsfunktionen ab. Ein grober Eindruck der dem gewählten Ansatz zugrundeliegenden Zuwachsfunktionen soll anhand der Modellfunktion vermittelt werden, die den Grundflächenzuwachs von Einzelbäumen nachbildet und daher einen zentralen Baustein des Modells darstellt. Die Schätzfunktionen für die Fortschreibung der anderen morphometrischen Größen wie Höhe, Kronenlänge usw. sind im Prinzip ähnlich aufgebaut.

Das im folgenden vereinfacht dargestellte Grundflächenzuwachsmodell beschreibt den jährlichen Grundflächenzuwachs z_g eines Baumes in Abhängigkeit von vier Variablen-sätzen.

$z_g = f$ (Waldgesellschaft, Wuchsgebiet, Höhe über NN, Exposition, Steigung, Maßzahlen für Kronenkonkurrenz und Bestockungsdichte, Grundfläche in 1,3 m, Bekronungsgrad, Konkurrenzindex, Zuwachs-Multiplikatoren)	1. Regionale und lokale Standortfaktoren
	2. Bestandesmerkmale
	3. Einzelbaummerkmale
	4. Skalierungs- und Störfaktoren

Der erste Variablensatz besteht aus regionalen Standortfaktoren wie Waldgesellschaft und Wuchsgebiet und den lokalen Standortfaktoren Exposition, Hangneigung und Höhenlage. Der zweite Variablensatz umfaßt ertragskundliche Bestandesmerkmale, und der dritte Variablensatz baut sich aus Merkmalsvariablen des jeweiligen Einzelbaumes auf, die seine Morphologie und seine Wuchskonstellation im Bestand beschreiben. Über einen vierten Variablensatz fließen Skalierungsfaktoren und Effekte von Zuwachsfördernden oder -mindernden Störfaktoren, z. B. Düngung und CO₂-Anstieg bzw. Insektenkalamitäten oder Immissionsschäden, in das Modell ein.

Ähnlich wie bei den Modellansätzen von SCHÖPFER und MOOSMAYER zur Schätzung ertragskundlicher Bestandesparameter werden die Standorteffekte unmittelbar durch Standortvariablen beschrieben; Alter und Bonitätsindices werden nicht als Regressoren eingesetzt. Neue ertragskundliche Informationen können über die Parameter der Variablensätze 1 bis 3, neue Erkenntnisse über Wirkungszusammenhänge zwischen Störfaktoren und Zuwachs über Regressoren des vierten Variablensatzes in das Modell eingebracht werden, ohne daß der gesamte Modellaufbau geändert werden muß. Als Konsequenz aus den Schwächen und Grenzen der Altershöhenbonitierung in Mischbeständen wurde bei dem Ansatz, der für Rein- und Mischbestände geeignet ist, auf Altershöhenbefunde zur Charakterisierung der Standortgüte völlig verzichtet. Der Einsatz des STAND PROGNOSES MODELS seit mehr als zehn Jahren hat gezeigt, daß mit diesem System zuverlässige standortbezogene Leistungsschätzungen für Rein- und Mischbestände aller Alterszusammensetzungen auch ohne Vorgabe von Alters- und Bonitätsangaben möglich sind. Parametrisierte Schätzfunktionen gibt es schon für 11 Baumarten in 30 Waldgesellschaften, und die regionale Anwendbarkeit des Modells wird ständig erweitert. Die Modellparameter wurden auf der Basis von ertragskundlichen Beobachtungsflächen und permanenten Probeständen gewonnen.

Angesichts der großregional wirksamen Störfaktoren wird es heute niemand mehr wagen, die Waldentwicklung auf längere Sicht mit Bestimmtheit vorauszusagen. Unsere Prognosen werden vielmehr den Charakter von Wenn-dann-Aussagen annehmen: *wenn* bestimmte Wuchsbedingungen eintreten, *dann* ist folgende Wuchsdynamik zu erwarten. Aus diesem Tatbestand ergibt sich eine dritte wichtige Konsequenz:

Dritte Konsequenz: Künftige Wachstumsmodelle müssen beweglich genug sein, um nicht nur die Auswirkungen verschiedener forstlicher Maßnahmen prognostizieren, sondern auch die Zuwachsreaktionen auf Kalamitäten und Veränderungen der Wuchsbedingungen abbilden zu können. Sie sollten neben dem wahrscheinlichen, normalerweise zu erwartenden Wachstumsverlauf auch die Wachstumsreaktionen auf Störeinflüsse voraussagen können, also dazu in der Lage sein, verschiedene Entwicklungsszenarien für zuwachsteigernde und wuchsmindernde Wuchsbedingungen zu simulieren. Damit dies möglich wird, müssen künftige Modellansätze kausaler untermauert werden als unsere bisherigen und sich stärker auf ursächliche Erklärungsvariablen stützen.

Das oben eingeführte STAND PROGNOSES MODEL ist aufgrund des quasi-kausalen Aufbaus seiner Zuwachsfunktionen so beweglich, daß es die Einzelbaum- und Bestandesentwicklung bei verschiedenen Behandlungsprogrammen, biotischen und abiotischen Störfaktoren vorhersagen kann. Beispielsweise können mit dem STAND PROGNOSES MODEL für den Durchmesserzuwachs einzelner Bestandesglieder neben einer normalen, unter gestörten Wuchsbedingungen zu erwartenden Entwicklung auch Szenarien für verschiedene wirksame zuwachsfördernde und wuchsmindernde Wuchsbedingungen angegeben werden. Abbildung 9 zeigt die mit dem Modell simulierte Vorratsentwicklung von Douglasienbeständen unter normalen Wuchsbedingungen und bei verschieden starkem Abfall durch den Douglasienspinner (MONSERUD 1978). Die obere Linie beschreibt die Vorratsentwicklung ohne Schädigung. Mit steigender Zahl der Eier des Schädlings pro Baum (8 und 14) zum Zeitpunkt des Ausbruchs nehmen die Schäden drastisch zu. Dieses

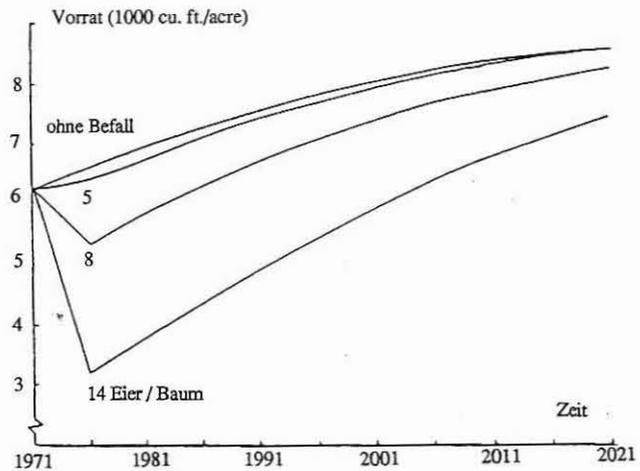


Abb. 9. Szenarien der Vorratsentwicklung nordamerikanischer Douglasienbestände unter ungestörten Verhältnissen und bei verschieden starkem Befall durch den Douglasienspinner (nach MONSERUD 1978). Dargestellt ist die Vorratsentwicklung in 1000 cubic feet/acre (1 cubic foot/acre = 0.07 fm/ha) für verschiedene Besatzdichten bei Ausbruch der Kalamität

Fig. 9. Scenarios of growing stock development of Douglas-fir stands in North America growing under undisturbed conditions, and with different degrees of infestation by the Douglas-fir moth (according to MONSERUD 1978). Presented is the growing-stock development in 1000 cubic feet/acre (one cubic foot/acre = 0.07 fm/ha) for different population densities at the beginning of the calamity

zweite Beispiel ist hier nun nicht deshalb genannt, weil es solche Kalamitätsszenarien sind, die wir am nötigsten brauchen. Vielmehr soll damit nur die ganze Bandbreite der mit solchen Modellen kalkulierbaren Variantenstudien angedeutet werden, die von der Simulation von Behandlungseffekten bis zu biotischen und abiotischen Störfaktoren reicht. Solchen Prognoseläufen können jeweils Programmroutinen angehängt werden, die eine betriebswirtschaftliche Bewertung durchführen.

Das zeigt, daß bei den angestrebten neuen Modellansätzen nicht an physiologische Prozeßmodelle gedacht ist, etwa an solche, die die Bestandesdynamik auf der Basis der Kohlenstoffflüsse nachbilden und denen die Schnittstellen zur forstlichen Praxis fehlen. Vielmehr handelt es sich um pragmatisch konzipierte Modellansätze, die einen Mittelweg zwischen statischen Ertragstafeln und physiologischen Erklärungsmodellen einschlagen und diese verschiedenen Ansätze zusammenführen, wie es auch STERBA (1989) anstrebt. Wenngleich die Waldwachstumskunde in Zukunft wieder verstärkt die von ASSMANN und MITSCHERLICH in den sechziger Jahren eingeleitete ökophysiologische Forschungslinie verfolgen muß, um den Kausalzusammenhängen zwischen Wuchsbedingungen und Stoffproduktion weiter auf den Grund zu gehen, wird auch in Zukunft von ihr erwartet werden, daß sie den Waldbau, die Forsteinrichtung und die Betriebswirtschaft bei ihren Operationen mit aktuellen praktischen Arbeitsgrundlagen unterstützt.

5 Ausblick

Unser Informationsbedarf über die Entwicklung von Waldbeständen hat sich in den letzten Jahrzehnten in einem Maße verändert, daß die bisher verwendeten Ertragstafeln, die die Entwicklung von Reinbeständen für definierte Standortbedingungen, Behandlungsprogramme und stabile Wuchsbedingungen vorhersagen, nicht mehr ausreichen. Als

Grund für diese zunehmenden Mängel unserer herkömmlichen Managementmodelle wurden eingangs die durch Störfaktoren bedingten zunehmenden Unstimmigkeiten zwischen den Erwartungswerten der Ertragstafel und dem wirklichen Wuchsverhalten genannt. Der Bedarf an neuen, beweglicheren Wuchsmodellen wird weiter verstärkt durch die Tendenz, daß unsere Forstwirtschaft in wachsendem Umfang zur Begründung und intensiveren Pflege von Mischbeständen übergeht, für die unsere bisherigen Reinbestandsmodelle völlig unzureichend sind. Außerdem hat sich mit dem Übergang zu neuen Behandlungsprogrammen für Rein- und Mischbestände – etwa der ABETZ'schen Auslesedurchforstung – der Anspruch an die Informationsqualität unserer Prognosemodelle tiefgreifend verändert. Unser Informationsbedarf hat sich von Bestandesmittelwerten zu Angaben über Einzelstammdimensionen bestimmter Teilkollektive eines Bestandes verschoben. Das zeigt, daß neben den genannten Unstimmigkeiten zwischen Tafel und Wirklichkeit auch weitere schwerwiegende Gründe für einen grundlegenden Wandel unserer bisherigen Modellansätze sprechen. Zukünftige Managementmodelle müssen für Rein- und Mischbestände konzipiert sein und an ein breites Spektrum von Standorteinheiten, Behandlungsprogrammen und ökologischen Randbedingungen angeglichen werden können (FRANZ 1987b). Diese Anforderungen können nur noch sehr eingeschränkt von unseren klassischen Ertragstafeln erfüllt werden, schon eher von Wuchsmodellen, die das Bestandeswachstum einzelbaumweise am Rechner nachbilden und sich bei der Prognose, so weit wie es unsere Datenfundus erlaubt, auf kausale Erklärungsvariablen stützen.

Es sind also nicht allein die zunehmenden Diskrepanzen zwischen Erwartungswerten und wirklichem Wachstum, die die Waldwachstumsforschung zum Aufbau einer neuen Generation von Wuchsmodellen herausfordert. Ins Gewicht fällt auch der Tatbestand, daß das Erkenntnis- und Informationspotential der bisherigen, rein statistischen, auf Bestandesparameter für Reinbestände ausgerichteten Modellansätze zunächst einmal ausgeschöpft ist und die von diesen Modellansätzen erzeugten Informationen begrenzt erscheinen.

Das skizzierte Anforderungsprofil, das wir an künftige waldwachstumskundliche Prognosemodelle stellen, können m. E. am ehesten die seit den sechziger Jahren u. a. von BOTKIN, EK, MONSERUD, MITCHELL, STAGE und SHUGART konsequent fortentwickelten Einzelbaummodelle erfüllen. Erstaunlicherweise haben Einzelbaummodelle in den USA und Kanada, also gerade in Ländern mit eher extensiver Forstwirtschaft, viel rascher Eingang in die forstliche Praxis gefunden als in unserem Land. Dabei steht uns – mit den Daten der langfristigen Versuchsflächen sowie den Aufnahmedaten, die aus der Forsteinrichtung und Inventuren vorliegen – ein viel breiterer, ständig größer werdender, aber bisher nicht annähernd ausgeschöpfter Datenfundus über den Einzelbaum als Produktionsträger im Rein- und Mischbestand zur Verfügung.

Die amerikanischen Einzelbaummodelle, etwa das vorgestellte STAND PROGNOSE MODEL von WYKOFF, CROOKSTON und STAGE, das FOREST MODEL von EK und MONSERUD oder das CACTOS MODEL von WENSEL und DAUGHERTY, sind sicher nicht ohne weiteres auf unsere Verhältnisse übertragbar, sie deuten aber die Arbeitsrichtung an, die m. E. beim Aufbau neuer Prognosemodelle und Leistungstafeln für Rein- und Mischbestände zielführend sein könnte, wofür zunächst umfangreiche Modellentwicklungsarbeiten erforderlich sind. Unbedingte Voraussetzung für eine erfolgreiche Modellentwicklungsarbeit ist eine ausreichend breite und aktuelle Datenbasis. So wertvoll die Daten unserer langfristigen Versuchsflächen sind, an ein echtes Weiterkommen bei der Entwicklung eines neuen flexiblen Informationssystems für Rein- und Mischbestände ist nur zu denken, wenn wir künftig auch auf das ertragskundliche und standortkundliche Informationspotential extensiverer Erhebungen zurückgreifen. Hier wären die Aufnahmedaten von permanenten Probeständen besonders ergiebig. Ebenso wichtig wie die Erhebung und das Sammeln von Daten ist ihre Organisation, Strukturierung und Aufbereitung. Soll mit den gesammelten Daten nicht nur unser ertragskundlicher Zahlenfriedhof vergrößert werden,

sondern auch ein möglichst effizienter Informationsrücklauf zur Praxis gewährleistet sein, so erfordert das eine klare zentrale Datenorganisation, die einen unkomplizierten Zugriff ermöglicht. Bei der Datensammlung und -organisation, der Strukturierung und Aufbereitung und der Verdichtung in Wuchsmodellen – auf allen drei Ebenen der ertragskundlichen Forschung – sind noch zahlreiche Entwicklungsarbeiten zu leisten. Sie können von der waldwachstumskundlichen Fachdisziplin nicht im Alleingang bewältigt werden, sondern erfordern eine interdisziplinäre Grundlagenforschung. Der zunehmende Informationsbedarf seitens der Forstwissenschaft und -wirtschaft über die Wuchsdynamik von Rein- und Mischbeständen dürfte Anstoß genug sein, diese Forschungslinie intensiv voranzutreiben.

Zusammenfassung

War die Waldwachstumsforschung zuvor hauptsächlich darauf bedacht, die Gesetzmäßigkeiten der Bestandesentwicklung unter definierten, stabilen Wuchsbedingungen zu ergründen, so hat sich ihr Erkenntnisinteresse seit Mitte der siebziger Jahre auf die durch Witterungsereignisse, Stoffeinträge, Stoffausträge und biotische Störfaktoren verursachten Wachstumsreaktionen verlagert. Für die Baumarten Tanne, Fichte, Kiefer und Buche wird beispielhaft dargestellt, daß ihr normales, nach unseren Ertragstafeln erwartetes Wuchsverhalten viel stärker als bisher vermutet von großräumig wirksamen Störeinflüssen überprägt wird.

Die Waldwachstumsforschung befindet sich gegenwärtig in der Situation, in der sie zwar erkannt hat, daß die Diskrepanzen zwischen den wirklichen Wachstumsabläufen in unseren Waldbeständen und den Erwartungswerten unserer Ertragstafeln zunehmen. Sie ist aber noch weit davon entfernt, die erneuerungsbedürftigen Tafelwerke durch ein besseres Informationssystem ersetzen zu können. Aus den gegenwärtigen und in Zukunft sicher weiter zunehmenden Unstimmigkeiten zwischen erwartetem und wirklichem Wachstum können aber schon jetzt einige wichtige Konsequenzen für den Aufbau künftiger ertragskundlicher Informationssysteme abgeleitet werden.

Eine erste Konsequenz zielt auf eine Beschleunigung des Informationsprozesses von der Datenerhebung bis zum praktisch anwendbaren Modell: Um die Praxis mit zutreffenden Arbeitsgrundlagen für Planung, Kontrolle und Vollzug zu versorgen und dabei den aktuellen Wuchsbedingungen nicht allzuweit hinterherzulaufen, sollte ein künftiges ertragskundliches Informationssystem das Informationspotential neuer waldwachstumskundlicher Erhebungen schneller als bisher umsetzen und der Praxis verfügbar machen. Je schneller der Wandel der Produktionsbedingungen fortschreitet, um so rascher und effizienter sollte der Datenfundus aus aktuellen Erhebungen für die Aktualisierung unserer Wuchsmodelle ausgeschöpft werden. Für die Modellparametrisierung werden uns in Zukunft außer den Daten der langfristigen Versuchsfelder in zunehmendem Umfang auch neue ertragskundliche Basisdaten aus den turnusmäßigen Wiederholungsaufnahmen der Forsteinrichtung auf den permanenten Probestellen zur Verfügung stehen. Eine zweite Konsequenz betrifft den Modellaufbau: Künftige Wuchsmodelle sollten so beweglich aufgebaut sein, daß ihre Erweiterung und Anpassung an veränderte ökologische Randbedingungen ohne größeren Umbau des Gesamtmodells möglich sind. Als eine dritte Konsequenz sind für die Zukunft Wuchsmodelle anzustreben, die neben den Auswirkungen verschiedener forstlicher Maßnahmen auch die Wachstumsreaktionen und Entwicklungsszenarien für verschiedene Störfaktoren abbilden können.

Der Aufbau neuer Wuchsmodelle, die dazu geeignet sind, uns auch unter veränderlichen Wuchsbedingungen noch mit aussagekräftigen Entwicklungsprognosen zu versorgen, erfordert neue Arbeitsansätze auf allen drei Ebenen der Waldwachstumsforschung: auf der Ebene der Datengewinnung, bei der Datenorganisation und -auswertung und bei der Datenverdichtung in Wuchsmodellen.

Summary

Increasing discrepancy between expected and real growth of our forest stands Consequences for future yield information systems

In former times, emphasis of research on forest growth was focused mainly on finding out about the conditions of stand development under clearly defined and stable growth conditions. Since the midseventies, scientific interest has shifted to other factors: growth reactions caused by weather, by element input and output, and by biotic disruptive factors. It is shown that the normal growth behaviour ("normal" means the expected behaviour according to the data of our yield tables) of fir, spruce, pine, and beech is dominated by global interference factors to a much greater extent than previously believed. The present situation of the science of forest growth research is as follows: It is being recognized that discrepancies between the real growth processes of our forest stands and expected values of our yield tables are increasing. But forest science is far from being able to replace the present yield tables (which, of course, need "renovation") by a more effective information system.

However, the actual discrepancies between expected and real growth (which certainly will increase further in the future) can help us to deduce some important consequences for structuring future yield information systems.

Firstly such systems should be able to put to practical use more rapidly all available information in the field of forest growth research. Only then a real basis for planning, control, and implementation can be created – and, simultaneously, the model will be able to simulate real growth conditions with only minor delay. The faster the change of the production conditions, the faster and the more efficient should be the use of data collected by actual surveys for actualizing our existing growth models. For model parameterizing, new basic yield data from permanent forest survey sample plots will increasingly become available in the future in addition to the data collected on long-term experimental sample plots. A second consequence has to do with the structure of the model: Future growth models should be flexible in a way that they can be expanded and also adapted to any change in the ecological conditions without radical modification of the entire model. Thirdly, the objective should be to design growth models which, besides demonstrating the effects of different forestal measures, can also project growth reactions and development scenarios for different interference factors.

The synthesis of new growth models which can provide valuable prognostic data even under variable growth conditions demands a new approach at all three levels of forest growth research: data collection, organization and evaluation of these data, and concentrating the data in growth models.

Literatur

- BURSCHEL, P., 1988: Die Bäume und das Kohlendioxid. *Forstarchiv* 59, 1, 31–32.
- FRANZ, F., 1983a: Auswirkungen der Walderkrankungen auf Struktur und Wuchsleistung von Fichtenbeständen. *Forstw. Cbl.* 102, 186–200.
- 1983b: Zur Erfassung schadenstypischer Struktur- und Leistungsmerkmale geschädigter Bäume und Waldbestände. Bericht von der Jahrestagung 1983 der Sektion Ertragskunde des DVFFA in Neuhaus/Solling, S. 4/1–4/29.
- 1987a: Buchen-Durchforstungsversuch Fabrikschleichach 015. In: *Exkursionsführer des Münchner Lehrstuhls für Waldwachstumskunde, MWW-EF 35-3*, S. 2–25.
- 1987b: Zum Aufbau eines neuzeitlichen Informationssystems für die Forstwirtschaft. *Forstarchiv* 58, 4, 131–137.
- FRANZ, F., PRETZSCH, H., 1988: Zuwachsverhalten und Gesundheitszustand der Waldbestände im Bereich des Braunkohlekraftwerkes Schwandorf. *Forstl. Forschungsber. München*, Nr. 92.
- HOFMANN, G.; HEINSDORF, D.; KRAUSS, H.-H., 1990: Wirkung atmosphärischer Stickstoffeinträge auf Produktivität und Stabilität von Kiefern-Forstökosystemen – Beiträge f. d. Forstwirtschaft 24, 2, 59–73.
- KENK, G., 1984: Zum Problemkreis Walderkrankung und Wachstumsforschung. *Der Forst- und Holzwirt* 39, 18, 435–437.
- KENK, G.; SPIECKER, H.; DIENER, G., 1991: Referenzdaten zum Waldwachstum: Kernforschungszentrum Karlsruhe, KfK-PEF 82, April 1991.
- KLOPPRIES, B.; BECKMANN, G., 1989: Der Anstieg der Kohlendioxidkonzentration in der Troposphärenluft – ein Kardinalproblem der Menschheit. *Forst und Holz* 44, 8, 191–199.
- KRAMER, H., 1986: Beziehungen zwischen Kronenschadbild und Volumenzuwachs bei erkrankten Fichten. *AFJZ* 157, 2, 22–27.
- MONSERUD, R. A., 1978: Implementation of prognosis model for forest stand development for combined assessment activities: Final report to DFTM program. USDA For. Serv., Intermt. For. and Range Exp. Stn., Moscow, Idaho.
- PRETZSCH, H., 1987: Zur Frage des „Normalwachstums“ der Kiefer in der Oberpfalz. *Forst- und Holzwirt* 42, 11, 286–293.
- 1991a: Konzeption einer modellorientierten Mischbestandsforschung. Bericht von der Jahrestagung 1991 der Sektion Ertragskunde des DVFFA in Treis-Karden/Mosel, S. 1–19.
- 1991b: Konzeption und Konstruktion von Wachstumsmodellen für Rein- und Mischbestände. *Habilitationsschrift*, Univ. München.
- RÖHLE, H., 1987: Entwicklung von Vitalität, Zuwachs und Biomassenstruktur der Fichte in verschiedenen bayerischen Untersuchungsgebieten unter dem Einfluß der neuartigen Walderkrankungen. *Forstl. Forschungsber. München*, Nr. 83.
- SCHMIDT, A., 1971: Wachstum und Ertrag der Kiefer auf wirtschaftlich wichtigen Standorteinheiten der Oberpfalz. *Forstl. Forschungsber. München*, Nr. 1.
- SCHÖPFER, W., 1987: Zur Problematik eines großräumigen Zuwachsrückgangs in erkrankten Fichten- und Tannenbeständen Südwestdeutschlands. Bericht von der Jahrestagung 1987 der Sektion Ertragskunde des DVFFA in Riedlingen/Donau, S. 10/1–10/22.
- STAGE, A. R., 1973: Prognosis model for stand development. USDA Forest Service, Research Paper INT-137.
- STERBA, H., 1989: Concepts and techniques for forest growth models in: Artificial intelligence and

- growth models for management decisions, Proc. IUFRO S4.01 und S6.02, Meeting Univ. f. Bodenkultur Wien, 18-22. 9. 1989, Publ. No. FWS-1-89, School of For. a. Wildlife Res., Virg. Polytech. Inst. and State Univ. Blacksburg, S. 13-20.
- THOMASIU, H., 1991: Mögliche Auswirkungen einer Klimaveränderung auf die Wälder in Mitteleuropa. Forstwiss. Cbl. 110, 305-330.
- UTSCHIG, H., 1989: Waldwachstumskundliche Untersuchungen in Zusammenhang mit Waldschäden. Auswertung der Zuwachstrendanalysenflächen des Lehrstuhles für Waldwachstumskunde für die Fichte (*Picea abies* [L.] Karst.) in Bayern. Forstl. Forschungsber. München, Nr. 97.
- WEISE, U., 1991: Ertragsniveau und Zuwachsgang der Weißtanne. AFZ 46, 4, 192-195.
- WYKOFF, W. R.; CROOKSTON, N. L.; STAGE, A. R., 1982: User's Guide to the stand prognosis model. U. S. For. Serv., Gen. Techn. Rep. INT-133.

Anschrift des Verfassers: Priv.-Doz. Dr. HANS PRETZSCH, bisher am Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Universität München, seit 1. April 1992 tätig an der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Abteilung Waldwachstum, Grätzelstraße 2, W-3400 Göttingen, Deutschland