

Mitteilungen aus der Waldwachstumsforschung in München  
Heft 3, 1992

Festschrift zum 65. Geburtstag von  
Herrn Prof. Dr. Dr.h.c. Friedrich Franz  
am 5. August 1992  
gewidmet von seinen Schülern

Achtzehn Fachbeiträge  
zusammengestellt und herausgegeben von  
Teja Preuhler, Heinz Röhle  
Heinz Utschig und Martin Bachmann

Lehrstuhl für Waldwachstumskunde  
der Universität München  
1992

## **Leistung und Struktur des Tannen-Fichten-Mischbestandsversuchs Wolfratshausen 97**

Waldwachstumskundliche Ergebnisse nach 25jähriger Beobachtung

**Hans Pretzsch**

### **1 Einleitung**

Der Tannen-Fichten-Mischbestandsversuch Wolfratshausen 97 wurde von MAGIN im Jahre 1962 mit der Zielsetzung angelegt, die im Voralpenraum an Einzelbäumen häufig auftretende Leistungsüberlegenheit der Tanne gegenüber der Fichte auf Bestandesebene zu prüfen. Bei der Versuchsanlage wurden auf gleichem Standort eine Tannen- und eine Fichten-Reinbestandsfläche ausgeschieden, die zum Auswertungszeitpunkt im Jahr 1986 seit 25 Jahren unter Beobachtung standen und die Grundlage für einen Leistungsvergleich Tannen-Reinbestand versus Fichten-Reinbestand bilden. Der ursprüngliche Versuchsaufbau wurde im Jahre 1986 von FRANZ mit der Neuanlage von zwei Tannen-Fichten-Mischbestandsparzellen erweitert. Diese neue Versuchskonzeption erlaubt neben dem Vergleich von Tanne und Fichte im Reinbestand auch Aussagen über deren Wuchsverhalten in standörtlich gleichen Mischbeständen. Auf den Mischbestandsparzellen wurden noch keine Wiederholungsaufnahmen durchgeführt, so daß hierfür nur die Zustandsdaten der sehr eingehenden Erstaufnahme vorliegen.

Während wir durch die Forschungsarbeiten von MAGIN (1959) und PREUHSLER (1979) über das Wuchsverhalten von Tanne und Fichte und ihre Leistungsrelation in montanen und submontanen bayerischen Bergmischwäldern relativ gut informiert sind, fehlen uns entsprechende Informationen über Fichte und Tanne im kollinen Bereich Bayerns. Unsere Vorstellungen von dem Leistungsverhältnis zwischen Tanne und Fichte in diesem Bereich gründen im wesentlichen auf den Untersuchungen von HAUSSER und TROEGER (1967), HINK (1973), KÄLBLE (1966), VANSELOW (1937) und ZIMMERLE (1949-51) in Baden-Württemberg. Aus diesen Untersuchungen ist u. a. bekannt, daß der Zuwachs in Tannenreinbeständen deutlich langsamer absinkt als in Fichtenreinbeständen, was in höherem Alter zu einer Leistungsüberlegenheit von Tannen- gegenüber standortgleichen Fichtenbeständen führen kann. In Tannen-Fichten-Mischbeständen gewährleistet der im Alter lang anhaltende hohe Zuwachs der Tanne einen größeren waldbaulichen Spielraum in der Verjüngungsphase: Der durch Verjüngungshiebe bedingte Zuwachsentgang kann durch die auch im höheren Alter noch leistungsfähigere Tanne eher kompensiert werden als durch die Fichte. Konzentrierten sich die Untersuchungen über das Wachstum von Tanne und Fichte bis in die sechziger Jahre auf ihre Ertragsleistungen im Rein- und Mischbestand (vgl. ASSMANN, 1961), so schieben sich in den letzten Jahrzehnten immer stärker waldbauliche und ökologische Aspekte der Beimischung von Tannen in Fichtenbestände in den Vordergrund. OLBERG und RÖHRIG (1955) sowie SEITSCHKEK (1967) treten aber allzu großen Erwartungen in eine Bestandesstabilisierung und ökologische Aufwertung von Fichtenreinbeständen durch Tannenbeimischung entgegen. Sie unterstreichen, daß aus Tannen-Fichten-Mischbeständen bei unzureichendem Wuchsvorsprung der Tanne und mangelnder Pflege einschichtige, hallenförmig geschlossene Bestände entstehen können, in denen die Tanne infolge der Konkurrenz zur frühzeitigen physiologischen Alterung, zum Kronenabbau und zur

Wasserreiserbildung neigt und durch ihren vorzeitigen Ausfall sogar destabilisierend wirken kann. Diese beiden kontroversen Gesichtspunkte - Beimischung von Tannen in Fichtenbestände zur ökologischen Aufwertung und Leistungssteigerung einerseits, Bestandesdestabilisierung und Zuwachseinbußen infolge frühzeitiger Alterung und waldschadensbedingtem Ausfall der beigemischten Tannen andererseits - spiegeln das Für und Wider beim Aufbau von Tannen-Fichten-Mischbeständen wider - eine Ambivalenz, die sich auch in den Struktur- und Leistungsdaten des Tannen-Fichten-Mischbestandsversuchs Wolfratshausen 97 zeigt.

Im ersten Teil des vorliegenden Berichtes vermitteln die klassischen ertragskundlichen Bestandesdaten der vier Versuchsparzellen ein Bild des Wuchsverhaltens von Tanne und Fichte im Rein- und Mischbestand. Im zweiten Teil werden diese bestandesbezogenen Ergebnisgrößen durch Darstellung der räumlichen Bestandesstruktur und der spezifischen Kronenmerkmale von Einzelbäumen weiter untermauert.

Der vorliegende Bericht stützt sich im wesentlichen auf eine Diplomarbeit, die Diplomforstwirtin (Univ.) Ingeborg HÜLL in den Jahren 1989 und 1990 am Münchner Lehrstuhl für Waldwachstumskunde ausgeführt hat (HÜLL, 1990). Die Betreuung der Versuchsfläche Wolfratshausen 97 unterliegt Herrn Diplomforsting. (FH) Paul JURSCHITZKA, dem unser besonderer Dank für die Mitarbeit bei der Erhebung und Auswertung der ertragskundlichen Meßdaten gilt. Außerdem sei dem Forstamt Starnberg für die wirkungsvolle Unterstützung der Untersuchung gedankt.

## 2 Untersuchungsstandort

Die Versuchsfläche Wolfratshausen 97 liegt im oberbayerischen Alpenvorland im Bereich des Forstamtes Starnberg (ehemals Forstamt Wolfratshausen), drei Kilometer östlich des Starnberger Sees. Sie befindet sich im Biberkorer Holz (Waldort XIII 1 Biberkor) in 650 m über NN und ist nach der Forstlichen Wuchsgebietgliederung von KREUTZER und FOERST (1978) innerhalb des Wuchsbezirkes 14.4 "Oberbayerische Jungmoräne und Molassevorberge" dem Teilwuchsgebiet 14.4/1 "Westliche Kalkalpine Jungmoräne" zuzurechnen. Die klimatischen Verhältnisse - für das Wuchsverhalten der Tanne von besonderer Bedeutung - sind von der Nähe zum nördlichen Alpenrand geprägt, was in der jährlichen Niederschlagssumme von 1150 mm bei einer mittleren Jahrestemperatur von 7.5 Grad C zum Ausdruck kommt. Während der Vegetationsperiode (Mai bis September) fallen 654 mm Niederschlag. NOSEK (1968) äußert die Vermutung, daß die räumliche Verteilung der Tannenvorkommen in der oberbayerischen Seenlandschaft - zu der unser Untersuchungsstandort zählt - mit dadurch geprägt wird, daß die Seenähe die Jahresschwankungen der Lufttemperatur in einer für die Wuchsbedingungen der Tanne günstigen Weise mildert. Ein Bodeneinschlag auf der Versuchsfläche weist als Bodentyp eine mäßig frische bis frische, schwach podsolige Parabraunerde aus Würmmoränenmaterial und Deckschotter aus. Die natürliche Waldgesellschaft wäre nach SEIBERT der Waldmeister-Tannen-Buchenwald (Asperulo-Fagetum). Tanne und Fichte befinden sich hier in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet (MAYER, 1963 und SCHMIDT-VOGT, 1986).

Nach den Resultaten der Waldzustandserhebungen 1988 und 1991 ist die Tanne die am stärksten erkrankte Baumart in Bayern. Auf 58 bzw. 63 Prozent der Gesamtwaldfläche zeigt sie deutliche Schäden (Entnadelung über 25 %) und nur auf 42 bzw. 37 Prozent der Fläche ist sie gesund oder hat schwache Schäden (Entnadelung bis 25 %) (MÖSSMER und MAYER, 1991). Im Vergleich zu diesen Ergebnissen ist der Gesundheitszustand der Tanne auf dem

Untersuchungsstandort bei Wolfratshausen überdurchschnittlich gut. Das Gleiche gilt für die Fichte. Bei einer ersten Schadansprache im Jahr 1981, als v. a. die Tanne in vielen Regionen unseres Landes schon erheblich geschädigt war, konnten an den Tannen und Fichten des Versuchs Wolfratshausen 97 keine nennenswerten Schäden festgestellt und die Untersuchungsbestände aufgrund ihres guten Gesundheitszustandes als ungeschädigte Referenzflächen eingestuft werden (REITTER, 1981). An diesem günstigen Vitalitätszustand hat sich seitdem kaum etwas geändert: Auch Anfang der neunziger Jahre wiesen nur 2 Prozent der Fichten und weniger als 10 Prozent der Tannen deutliche Schäden (Entnadelung über 25 %) auf.

### 3 Versuchsanlage

Die Versuchsanlage sollte ursprünglich ausschließlich einem Vergleich des Wachstums von Tannen- und Fichtenreinbeständen auf gleichem Standort dienen. Hierfür wurden im Jahr 1962 die Parzellen WOL 97/1 in einem Tannenbestand mit geringer Fichtenbeimischung (im folgenden als Tannen-Reinbestand bezeichnet) und WOL 97/2 in einem Fichten-Reinbestand jeweils mit einer Flächengröße von 0.2 ha angelegt. Durch eine einheitliche, nur schwache Niederdurchforstung sollten behandlungsbedingte Einflüsse weitgehend ausgeschaltet und die Vergleichbarkeit beider Parzellen erhöht werden. Um neben dem Vergleich von Tanne und Fichte im Reinbestand auch Aussagen über das Wuchsverhalten standörtlich gleicher Mischbestände machen zu können, wurden 1986 in unmittelbarer Nähe der Reinbestände zwei Mischbestands-Parzellen angelegt, von denen die 0.24 ha große Parzelle WOL 97/3 in einem Tannenbestand mit 25 Prozent Fichtenbeimischung und die 0.20 ha große Parzelle WOL 97/4 in einem Fichtenbestand mit 25 Prozent Tannenbeimischung (Grundflächenanteile am verbl. Bestand im Jahr 1986) liegt. Die Mischbestandsflächen wurden ebenfalls nur schwach niederdurchforstet. Der vorliegende Bericht kann sich bei den Parzellen 1 und 2 auf fünf ertragskundliche Standardaufnahmen in den Jahren 1962, 1968, 1973, 1980 und 1986 und bei den Parzellen 3 und 4 auf die Erstaufnahme im Jahr 1986 stützen; hinzu kommt eine Aufnahme im Frühjahr 1988, bei der auf allen vier Parzellen neben einer Vollaufnahme der Durchmesser, Höhen, Kronenansatzhöhen, Baumklassen, Qualitätsmerkmale auch eine Einmessung der Stammfüße und Kronenradien ausgeführt wurde.

Tab. 1: Ertragskundliche Befunddaten für den verbleibenden Bestand des Tannen-Fichten-Mischbestandsversuches Wolfratshausen 97 (Parzellen 1 bis 4) bei der Aufnahme im Frühjahr 1986.

Baumart	Alter Jahre	Stammzahl N/ha	Grundfläche G/ha	Vorrat VfmD/ha	d <sub>m</sub> cm	d <sub>0</sub> cm	h <sub>m</sub> m	h <sub>0</sub> m
97/1 TA	139	495	58.2	875	38.2	54.3	30.8	32.5
97/2 FI	90	885	69.8	1075	31.7	46.5	31.9	35.4
97/3 TA	123	483	48.4	740	35.7	48.8	30.8	32.7
FI	85	125	16.5	254	41.0	51.8	33.0	34.6
Σ		608	64.9	994				
97/4 TA	129	115	16.1	237	42.2	55.7	30.4	32.2
FI	90	465	48.0	722	36.2	49.6	31.8	34.2
Σ		580	64.1	959				

#### 4 Ertragskundliche Bestandesdaten

Die Jahrringzählung an Stöcken ergab folgendes Bild vom Altersaufbau und von der Entstehung der Untersuchungsbestände: Die Tannen sind auf der Reinbestandsparzelle WOL 97/1 durchschnittlich 139 Jahre alt, auf den Mischbestandsparzellen WOL 97/3 und WOL 97/4 beträgt ihr Durchschnittsalter 123 bzw. 129 Jahre. Das Durchschnittsalter der Fichte liegt auf allen Parzellen zwischen 85 und 90 Jahren (Alter bei der Aufnahme im Herbst 1986). Diese 40 bis 50jährige Altersdifferenz zwischen Tanne und Fichte ist beim Vergleich ihres Wuchsverhaltens zu berücksichtigen. Das räumliche Verteilungsmuster der Alterswerte läßt Rückschlüsse auf die Geschichte der Untersuchungsbestände zu: Sie entstanden vermutlich durch Femelhiebe mit Verjüngungskern im Bereich der Parzelle 97/1, von dem aus weitere Femelhiebe auf die Parzellen 2, 3 und 4 ausgedehnt wurden. Die aufkommende Tannenverjüngung wurde offenbar 20 bis 30 Jahre lang unter einem Altholzschirm aus Tannen und Fichten gehalten. Eine etwa 30 Jahre umfassende Serie außerordentlich schmaler Jahrringe, die an Bohrspänen und Stammscheiben erkennbar ist, deutet auf eine ausgeprägte Druckstandszeit in der Jugendphase der Tannen hin. Die Fichte fand erst nach stärkerer Auflichtung des Vorbestandes geeignete Wuchsbedingungen, konnte den Höhenwachstumsvorsprung der Tanne dann aber aufholen.

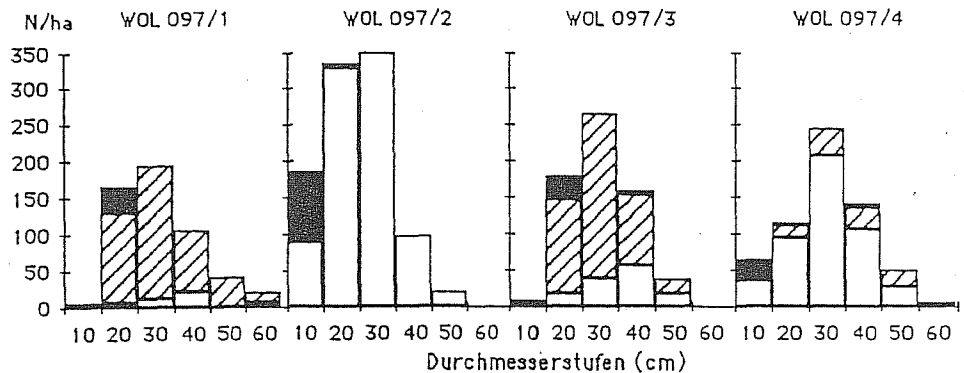


Abb. 1: Verteilung der Stammzahlen pro ha auf den Parzellen WOL 97/1-4 auf 10cm-Durchmesserstufen im Herbst 1986.

schraffiert Tanne  
weiß Fichte  
schwarz ausscheidender Bestand bei der Aufnahme 1986

Tabelle 1 zeigt die ertragskundlichen Befunddaten des verbleibenden Bestandes nach der Aufnahme im Frühjahr 1986. Alle Parzellen zeichnen sich durch relativ hohe Stammzahlen und entsprechend hohe Grundflächen- und Vorratswerte aus. Den höchsten  $d_0$ -Wert erzielt mit 55.7 cm die Tanne auf der Mischbestandsparzelle 97/4, die größten  $h_0$ -Werte werden mit 35.4 m von der Fichte im Reinbestand WOL 97/2 erreicht. Nach der Tafel von HAUSSER (1956) für mäßige Durchforstung hat sich die Bonität der Tanne auf Parzelle 97/1 in dem 25jährigen Beobachtungszeitraum von II.8 im Jahr 1962 auf II.2 im Jahr 1986 verbessert. Die Fichte auf Parzelle WOL 97/2 hatte in dem betrachteten Wachstumszeitraum eine Oberhöhenbonität von etwa 38 nach der Tafel von ASSMANN/Franz (1963), mittleres Ertragsniveau (M38).

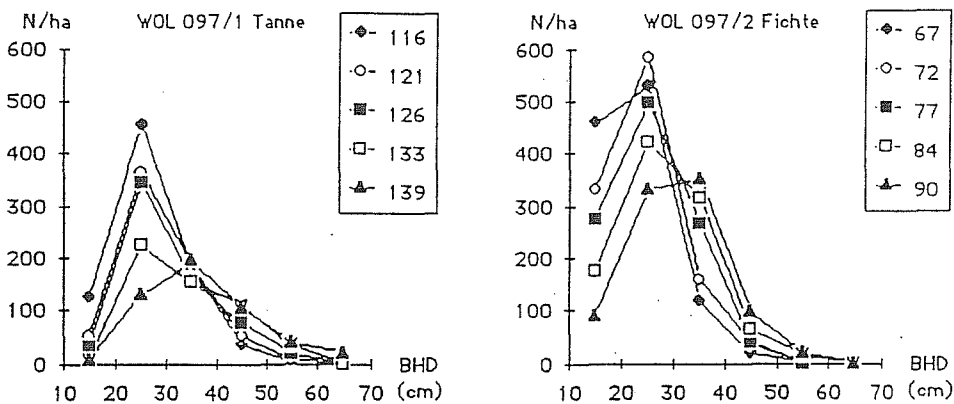


Abb. 2: Verschiebung der Stammzahlverteilung im Tannen-Reinbestand WOL 97/1 (links) und Fichten-Reinbestand WOL 97/2 (rechts) im Beobachtungszeitraum (Aufnahmezeitpunkte: 1962H, 1968F, 1973F, 1980F, 1986F). In der Legende sind die jeweiligen Bestandesalter angegeben.

#### 4.1 Stammzahlen

In den Stammzahl-Durchmesserverteilungen auf Abbildung 1 ist der Anteil der im Herbst 1986 entnommenen Stämme schwarz hervorgehoben, so daß der Niederdurchforstungscharakter der Behandlung sichtbar wird. Die Anteile der Tanne am verbleibenden Bestand im Jahr 1986 sind schraffiert, die der Fichte weiß dargestellt. Aufgrund der schwachen Eingriffe sind die Stammzahlen auf allen Versuchspartellen relativ hoch und liegen insbesondere im Fichten-Reinbestand WOL 097/2 mit 885 Stämmen pro ha im Alter 90 weit über dem Erwartungswert von 567 Stämmen pro ha der Ertragstafel von ASSMANN/FRANZ (1963) für das mittlere Ertragsniveau. Entsprechend gering sind die erreichten Durchmesserdimensionen; der Schwerpunkt der Stammzahlverteilungen liegt auf allen Flächen in der Durchmesserklasse von 20 bis 30 cm. Abbildung 2 zeigt für die Reinbestände WOL 097/1 und 2 die Veränderung der Stammzahl-Durchmesserverteilung des verbleibenden Bestandes von der Erstaufnahme im Herbst 1962 (Tanne 116jährig, Fichte 67jährig) bis zur Aufnahme im Frühjahr 1986 (Tanne 139jährig, Fichte 90jährig). Im Tannenbestand sind infolge des höheren Alters die Ausscheidungsprozesse weiter fortgeschritten und die Stammzahlverteilungen flacher als im Fichtenbestand. Schon zum Zeitpunkt der Flächenanlage lagen die Stammzahl im damals 116jährigen Tannen-Reinbestand 97/1 mit 914 Bäumen pro ha und im 67jährigen Fichten-Reinbestand 97/2 mit 1183 Bäumen deutlich über den Erwartungswerten der Ertragstafeln. Da sich die Entnahmen nur auf Abgestorbene und Bäume der Kraftklassen 4 und 5 konzentrierten, nahm die schon anfänglich hohe Bestockungsdichte in den Folgejahren weiter zu. In dem beobachteten Wachstumszeitraum übertreffen die Stammzahlen von Tanne und Fichte die für die entsprechenden Bonitäten ausgewiesenen Stammzahlangaben der Ertragstafeln von HAUSSER (1956) für die Tanne und von ASSMANN/FRANZ (1963) für die Fichte um bis zu 60 Prozent.

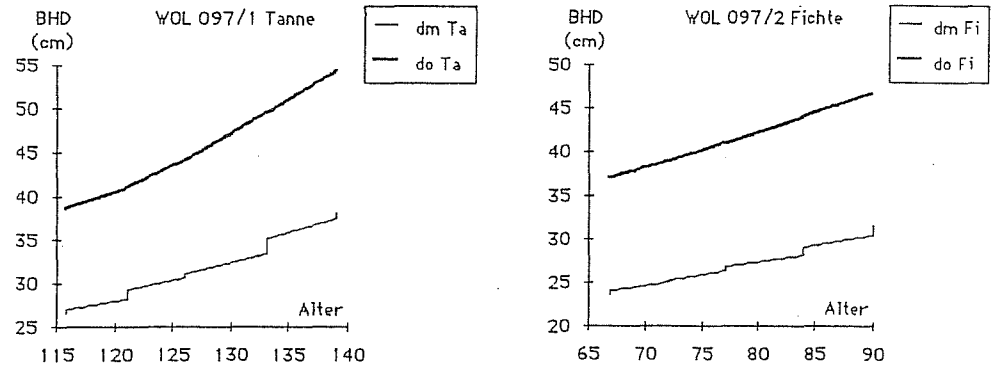


Abb. 3: Entwicklung des Mitteldurchmessers ( $d_m$ ) und des Durchmessers der Oberhöhenstämme ( $d_o$ ) im Tannen-Reinbestand WOL 97/1 (links) und im Fichten-Reinbestand WOL 97/2 (rechts) von 1962 bis 1986.

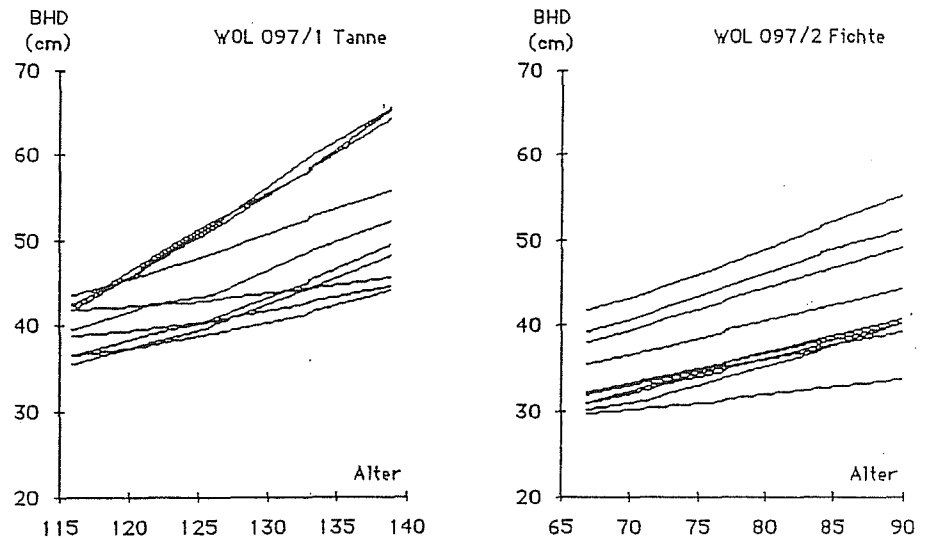


Abb. 4: Durchmesserwachstumskurven der bei der Aufnahme 1986 10 stärksten Stämme im Tannen-Reinbestand WOL 97/1 (links) und im Fichten-Reinbestand WOL 97/2 (rechts) von 1962 bis 1986.

#### 4.2 Durchmesser

Die im linken Teil von Abbildung 3 dargestellten Kurvenverläufe des Mitteldurchmessers ( $d_m$ ) und des Durchmessers der Oberhöhenstämme ( $d_o$ ) der Tanne im Reinbestand zeigen im Vergleich zur rechts dargestellten Fichte einen wesentlich steileren Verlauf, obgleich die Tanne

etwa 50 Jahre älter ist. Das unterstreicht die hohe, lang anhaltende Leistungsfähigkeit der Tanne. Die Durchmesserwachstumskurven der zehn stärksten Tannen pro Parzelle verlaufen im Vergleich zur Fichte auch im höheren Alter noch relativ steil (Abb. 4); die ausgeprägten Nichtparallelitäten der Kurvenverläufe deuten bei der Tanne auf bis ins höhere Alter wirksame Konkurrenz- und Umsetzungseffekte hin. Es ist evident, daß der im Alter 130 im Tannen-Reinbestand 97/1 erreichte Oberdurchmesser von etwa 45 cm von der Fichte im Reinbestand 97/2 schon im Alter 90, also 40 Jahre früher ausgebildet wird. Die Ursache für diese Leistungsüberlegenheit der Fichte ist sicher nicht allein standörtlich bedingt, sondern auch auf das verzögerte Wachstum der Tannen in der Femelschlagphase zurückzuführen.

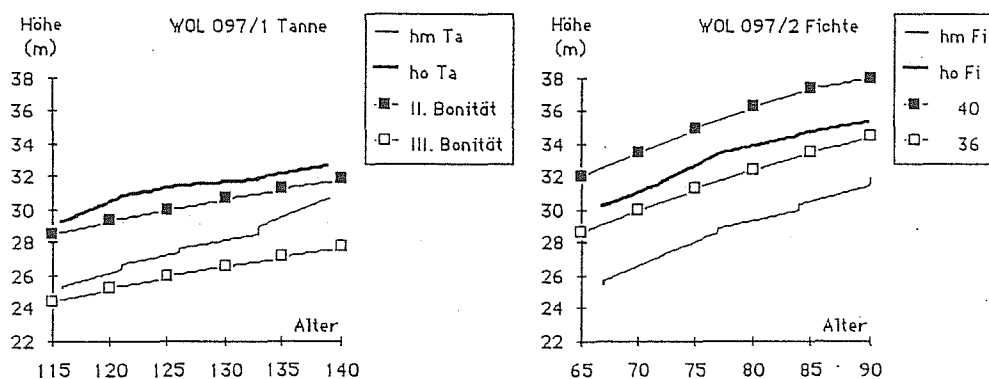


Abb. 5: Entwicklung der Ober- und Mittelhöhe im Tannen-Reinbestand WOL 97/1 (links) und im Fichten-Reinbestand WOL 97/2 (rechts) im Vergleich zu den Erwartungswerten der Ertragstafel. Für die Tanne sind als Referenz die Tafelwerte der II. und III. Bonität nach HAUSSER (1956) für die mäßige Durchforstung eingetragen, für die Fichte die Höhenkurven der Oberhöhenbonitäten 36 und 40 nach der Fichtenertragstafel von ASSMANN/Franz (1963).

### 4.3 Höhen

Trotz des erheblichen Altersvorsprunges der Tanne ist diese in ihrer Höhenentwicklung der Fichte im Reinbestand deutlich unterlegen (Abb. 5). Bei der Aufnahme im Herbst 1986 war die Fichte der Tanne in der Mittelhöhe um etwa einen Meter und in der Oberhöhe um drei Meter überlegen. Die Oberhöhenkurven der Fichte (Abb. 5, rechts) verlaufen etwa parallel zu den Ertragstafellinien. Bei der Tanne (links) zeichnet sich seit ein bis zwei Jahrzehnten eine geringfügige Bonitätsverbesserung ab. Während die Alters-Höhenbefunde bei der Tanne in den Mischbeständen ähnlich sind wie im Reinbestand, ist die Fichte im Reinbestand der Fichte im Mischbestand in der Oberhöhe deutlich überlegen (Tab. 1).

### 4.4 Grundflächen und Bestandesvorräte

Der Fichten-Reinbestand 97/2 weist bei der Aufnahme 1986 mit 69.8 qm die höchste, der Tannen-Reinbestand 97/1 mit 58.2 qm die geringste Grundfläche auf, und die beiden Mischbestände 97/3 und 4 liegen mit 64.9 bzw. 64.1 qm/ha erwartungsgemäß dazwischen. Auf den seit 1960 unter Beobachtung stehenden Parzellen sind die Grundflächen aufgrund der nur geringen Entnahmen kontinuierlich angestiegen.



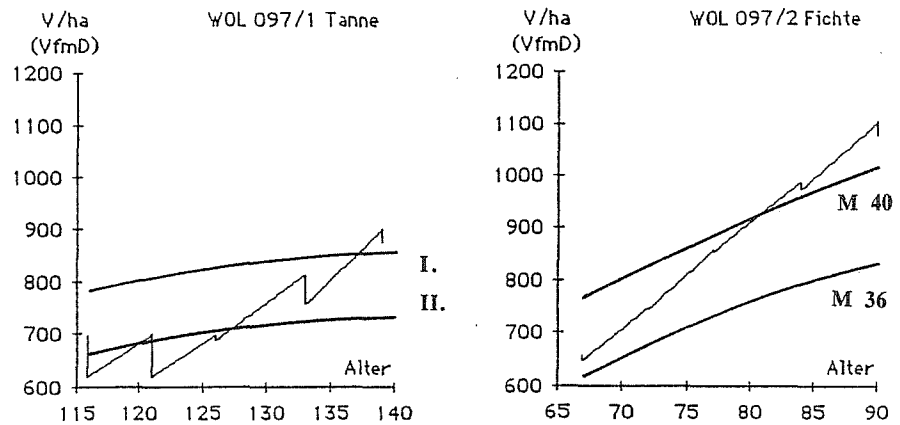


Abb. 6: Vorratsentwicklung in dem Tannen-Reinbestand WOL 97/1 (links) und in dem Fichten-Reinbestand WOL 97/2 (rechts) im Vergleich zu den Erwartungswerten der Ertragstafel. Für die Tanne sind als Referenz die Tafelwerte der I. und II. Bonität nach HAUSSER (1956) für die mäßige Durchforstung eingetragen, für die Fichte die Vorratswerte für die Oberhöhenbonitäten 36 und 40 nach der Fichtenertragstafel von ASSMANN/Franz (1963), mittleres Ertragsniveau (M 36 und M 40).

Der Vergleich der beobachteten Grundflächenwerte mit den entsprechenden Ertragstafelangaben von HAUSSER bzw. ASSMANN/Franz erbringt für die Tanne und Fichte Bestandesgrundflächen, die um 20 bis 25 Prozent über den Erwartungswerten der Tafeln liegen. Höchste Vorratswerte werden bei der Aufnahme im Jahr 1986 mit 1075 VfmD/ha im Fichten-Reinbestand auf Parzelle 97/2 erreicht; die Mischbestandsparzellen 97/3 und 4 liegen mit 994 bzw. 959 VfmD/ha deutlich über dem Wert für den Tannen-Reinbestand (875 VfmD/ha). Besonders aufschlußreich für einen Leistungsvergleich zwischen Fichte und Tanne im Reinbestand ist die auf Abbildung 6 dargestellte Vorratsentwicklung seit Versuchsbeginn im Jahr 1960. Unter den hier betrachteten schwach niederdurchforstungsartigen Eingriffen nahm der Vorrat der Fichte (Abb. 6, rechts) über 25 Jahre fast linear zu und der Umfang der Ausscheidungsprozesse blieb äußerst gering. Das unterstreicht das außerordentlich hohe Leistungsvermögen der Fichte auf diesem Standort.

Der Vorrat des verbleibenden Bestandes nahm bei der Tanne (Abb. 6, links) in der ersten Hälfte des 25jährigen Beobachtungszeitraums nur wenig zu, stieg dann aber in der zweiten Hälfte beträchtlich an. Den Bestandesvorrat, den die Fichte schon im Alter 80 zu leisten vermag, erreicht die Tanne erst im Alter 140. Bei der Aufnahme 1986 ist der Fichtenbestand dem um 50 Jahre älteren Tannenbestand also sowohl in den Höhenmittelwerten als auch in den Grundflächen- und Vorratswerten überlegen.

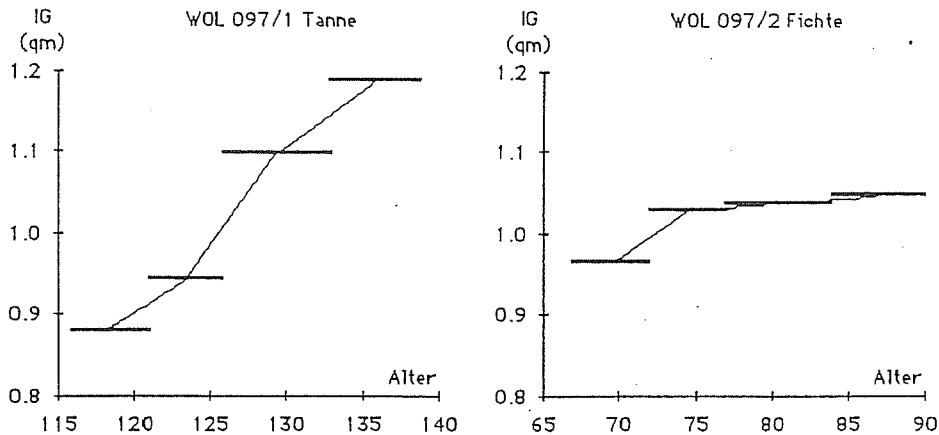


Abb. 7: Entwicklung des lfd.-periodischen Grundflächenzuwachses von 1962 bis 1986 für den Tannen-Reinbestand WOL 97/1 (links) und den Fichten-Reinbestand WOL 97/2 (rechts).

#### 4.5 Zuwächse

Der Entwicklungsgang des periodischen Grundflächenzuwachses (Abb. 7) unterstreicht das unterschiedliche Wuchsverhalten von Tanne und Fichte: Während die Zuwachskurve der Fichte im Reinbestand 97/2 innerhalb des 25jährigen Wachstumszeitraumes abflacht und kulminiert, weist die um etwa 50 Jahre ältere Tanne seit den sechziger Jahren einen altersuntypischen Zuwachsanstieg auf, der bis heute anhält. Mit Zuwachswerten von 1.2 qm/ha\*Jahr liegt der Zuwachs der Tanne in der Zuwachsperiode von 1980 bis 1986 trotz ihres wesentlich höheren Alters noch über dem Grundflächenzuwachs der Fichte, der 1.05 qm/ha\*Jahr beträgt.

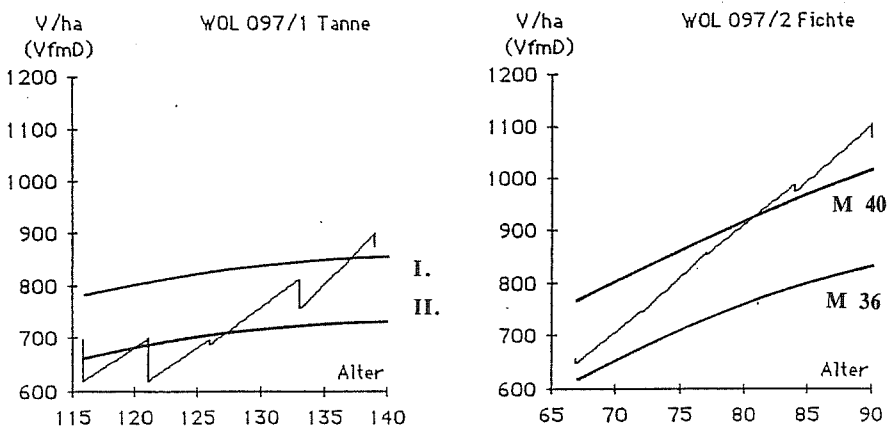


Abb. 8: Entwicklung des lfd.-periodischen Volumenzuwachses für den Tannen-Reinbestand WOL 97/1 (links) und den Fichten-Reinbestand WOL 97/2 (rechts) von 1962 bis 1986 in Prozent der Ertragstafelwerte (100-Prozent-Linie). Als Referenz wurden für die Tanne die Tafelwerte von HAUSSER (1956) und für die Fichte die Werte der Fichtenertragstafel von ASSMANN/Franz (1963), mittleres Ertragsniveau eingesetzt.

Betrachten wir den periodischen Volumenzuwachs, so wird diese bemerkenswerte Überlegenheit der Tanne gegenüber der Fichte noch deutlicher. Der Volumenzuwachs des Tannen-Reinbestandes ist in der Zuwachsperiode von 1980 bis 1986 mit 23.5 VfmD/ha\*Jahr als altersuntypisch hoch zu beurteilen. Der Volumenzuwachs der Fichte liegt mit 21.5 VfmD/ha\*Jahr ebenfalls relativ hoch und übertrifft die Erwartungswerte der Fichtentafel von ASSMANN/FRANZ (1963), die für die Oberhöhenbonität M38 und das mittlere Ertragsniveau im Alter 85 bis 90 einen Schafholzzuwachs von 15.7 Vfm/ha angibt.

Der Vergleich zwischen dem wirklichen Verlauf des periodischen Volumenzuwachses von Tanne und Fichte und den Erwartungswerten der Ertragstafel (Abb. 8) zeigt, daß der Zuwachs der Tanne schon zu Versuchsbeginn, als der Bestand nach der Tafel von HAUSSER (1956), mä. Df., eine Bonität von II.8 hatte, deutlich über den Erwartungswerten dieser Tafel lag. Bis zum Ende des Beobachtungszeitraumes hat sich die Höhenbonität bis auf II.2 nach der Tafel von HAUSSER verbessert und der Bestandesvolumenzuwachs ist auf 230 Prozent der Tafelwerte angestiegen. Der periodische Volumenzuwachs der Fichte entsprach zu Beginn des betrachteten Wachstumszeitraumes etwa den Angaben der Fichtenertragstafel von ASSMANN/FRANZ (1963) für das mittlere Ertragsniveau und die Oberhöhenbonität 38 (M38) und zeigte in den letzten zwanzig Jahren in Relation zu dieser Ertragstafel einen mäßigen Zuwachsanstieg.

## 5 Bestandesstruktur

### 5.1 Kronenkarten und Überschirmungsverhältnisse

Alle vier Parzellen der Versuchsfläche Wolfratshausen 97 haben ein relativ dicht geschlossenes Kronendach, das sich überwiegend aus kleinen, eng verzahnten Baumkronen aufbaut. Auf den Parzellen 1 und 2 äußert sich die schwache Niederdurchforstung in sehr hohen Überschirmungsprozenten: Im Tannen-Reinbestand 97/1 sind 81 Prozent der Fläche überschirmt (davon 73 Prozent einfach, 26 Prozent zweifach und 1 Prozent mehr als zweifach). Im Fichten-Reinbestand 97/2 liegt die Überschirmung mit 94 Prozent sogar noch höher (davon 66 Prozent einfach, 32 Prozent zweifach und 2 Prozent mehr als zweifach). Die Parzellen 3 und 4 wurden 1986 zwar soweit wie möglich in den schwach durchforsteten Umfassungsbereich der Parzellen 1 und 2 gelegt, sie repräsentieren aber in beträchtlichen Flächenteilen eher eine schwache bis mäßige Niederdurchforstung.

Auf den mit dem Programm KROANLY<sup>1)</sup> erzeugten Kronenkarten der Parzellen 3 und 4 sind die Kronenprojektionsflächen der Fichte hellgrau, die der Tanne dunkelgrau und die mehrfach überschirmten Partien schwarz markiert (Abb. 9). Über Parzelle 3 sind die Fichten, die hier etwa ein Viertel der Gesamtüberschirmung der Fläche ausmachen, in Einzel- und Gruppenmischung verteilt. Auf Parzelle 4 ist das Mischungsverhältnis umgekehrt: Die Tannen stellen etwa ein Viertel der Gesamtüberschirmung und stehen in Gruppen und Horsten.

Die Überschirmungsberechnung mit dem Programm KROANLY erbrachte für Parzelle 3 Überschirmungsprozente von 93 (davon 59 Prozent einfach, 36 Prozent zweifach und 5 Prozent mehr als zweifach) und für Parzelle 4 Überschirmungsprozente von 94 (davon 63 Prozent einfach, 33 Prozent zweifach und 4 Prozent mehr als zweifach).

<sup>1)</sup> Das EDV-Programm KROANLY und das im zweiten Teil des Abschnitts erwähnte Programm AUFRIS wurden im Rahmen von Mischbestands-Modelluntersuchungen am Münchner Lehrstuhl für Waldwachstumskunde entwickelt (PRETZSCH, 1992). Sie sind in der Programmiersprache Lightspeed Pascal verfaßt und laufen in ihrer jetzigen Version auf Rechnern des Typs Apple Macintosh.

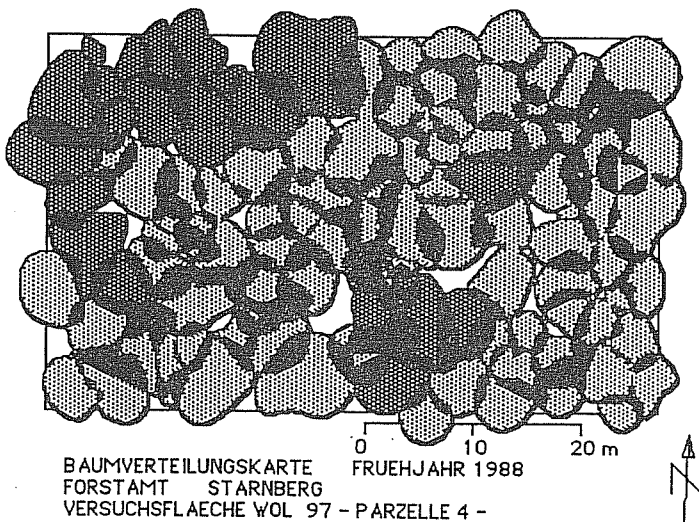
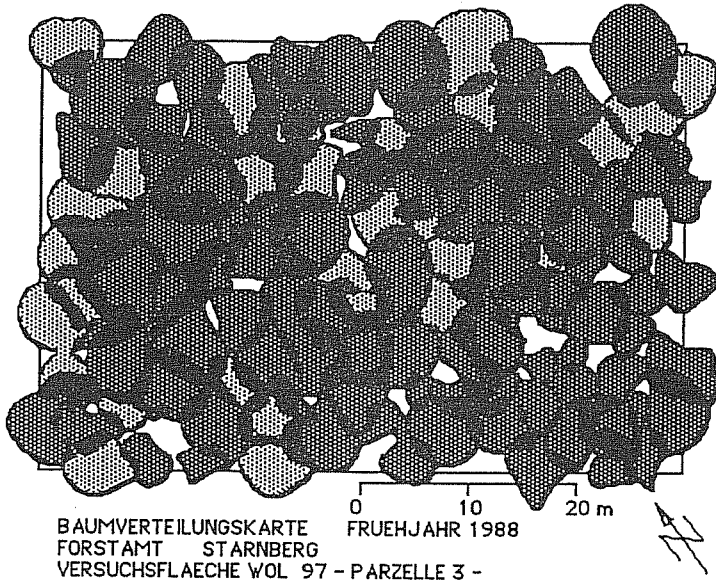


Abb. 9: Kronenkarten der Versuchspartellen WOL 97/3 und 4 bei der Aufnahme im Frühjahr 1988.

dunkelgrau	Tanne
hellgrau	Fichte
schwarz	mehrfach überschirmte Fläche

Mit dem Programm KROANLY können Kronenzeichnungen und Überschirmungsanalysen wahlweise nach folgenden Berechnungsverfahren angefertigt werden: Bei einem ersten Berechnungsverfahren erfolgt der Ausgleich zwischen den Radien linear, die Kronenperipherie wird durch einen Polygonzug dargestellt. Im zweiten Berechnungsverfahren zeichnet das

Grafikprogramm die Kronen als Kreise mit einem Durchmesser, der identisch mit dem mittleren Kronendurchmesser ist. In einem dritten Berechnungsverfahren werden die gemessenen Kronenradien durch kubische Splines verbunden, und die Kronenperipherie wird durch eine gekrümmte Verbindungslinie zwischen den vier bzw. acht Meßpunkten nachgebildet. Die oben genannten Übershirmungsprozente wurden vom Programm KROANLY auf der Basis von Kronenkarten ermittelt, in denen die gemessenen Kronenradien zur Nachbildung der Kronenperipherie durch kubische Splines verbunden werden, wie das Abbildung 9 beispielhaft für die Parzellen 3 und 4 zeigt (3. Berechnungsverfahren). Eine Reihe von Testrechnungen mit den vier Versuchspartzen und anderen Testflächen ergab für den Spline-Ansatz Übershirmungswerte, die aufgrund der bei diesem Verfahren vorgenommenen Ausrundung der Kronenform um 2.5 bis 10 Prozent über den Übershirmungswerten bei einem linearen Ausgleich und Ausgleich durch Kreisform liegen. Diese methodisch bedingten, systematischen Unterschiede wurden bei der Interpretation von Übershirmungswerten bisher zu wenig berücksichtigt.

Auf den Parzellen 1 bis 4 wurden an 470 Tannen und Fichten 8-Radien-Kronenablotungen durchgeführt. Durch Stratifizierung dieser 470 Meßbäume nach ihrer Baumart (Tanne / Fichte), ihrer Zugehörigkeit zum Rein- oder Mischbestand und ihrer Höhe (Mittelschicht = Höhe 20 bis 30 m / Oberschicht = Höhe über 30 m) ergeben sich acht Teilkollektive, für die die durchschnittlichen Kronenbreiten berechnet wurden. Erwartungsgemäß bildet Tanne und Fichte im Rein- und Mischbestand in der Oberschicht größere Kronengrundflächen aus als in der Mittelschicht. Während bei der Fichte die mittlere Kronenbreite im Mischbestand größer ist als im Reinbestand, vermag die Tanne im Mischbestand nur deutlich kleinere Kronen als im Reinbestand auszubilden. Die Fichte hat in der Mittel- und Oberschicht eine durchschnittliche Kronenbreite von 4.2 m bzw. 5.6 m im Mischbestand und von 3.7 m bzw. 4.6 m im Reinbestand. Die durchschnittlichen Kronenbreiten in der Mittel- und Oberschicht betragen bei der Tanne im Mischbestand 4.2 m bzw. 6.0 und im Reinbestand 4.6 m bzw. 6.7 m.

## 5.2 Bestandesaufrißzeichnungen

Auf der Grundlage der im Jahr 1988 gemessenen Baumhöhen, der Kronenansatzhöhen, dem mittleren Kronenradius, verallgemeinerten Kronenformmodellen für Tanne und Fichte und den Stammfußkoordinaten wurden mit dem Programm AUFRISS<sup>1)</sup> für ausgewählte Bestandesausschnitte der Parzellen 1 bis 4 Aufrißzeichnungen angefertigt (Abb. 10). Die Aufrißzeichnungen von 5 m breiten Streifen der Reinbestandspartzen 97/1 und 2 (Abb. 10, a und b) zeigen, daß das Kronendach dieser Bestände wenig höhenstrukturiert und dicht geschlossen ist. Das dicht geschlossene Kronendach aus Tannen (dunkelgrau) und Fichten (hellgrau) läßt keinen Unterstand zu. Der Dichtstand spiegelt sich wider in der Dominanz kurzer, schmalkroniger Bäume und einem nur geringen Anteil gut bekronter Leistungsträger. Die Mischbestände (Abb. 10, c und d) weisen eine stärkere Höhenstrukturierung auf und enthalten Bestandeglieder mit günstigerer Bekronung, die sich deutlicher aus der Gesamtpopulation abheben. Auf den Mischbestandspartzen besetzt die Fichte mit ihren im Vergleich zur Tanne schlankeren und längeren Kronen v. a. den oberen Kronenraum.



Tab. 2: Kronenkennwerte für den Tannen-Fichten-Mischbestandsversuch Wolfratshausen 97 (Parzellen 1 bis 4) nach der Aufnahme im Frühjahr 1988.

Bekronungsgrad = Kronenlänge/Baumhöhe  
 Spreitungsgrad = Kronenbreite/Baumhöhe  
 Ausladungsverhältnis = Kronenbreite/Brusthöhendurchmesser  
 Plumpheitsgrad = Kronenbreite/Kronenlänge

Parzelle	Baumart	Kronenlänge	Kronenbreite	Bekronungs-	Spreitungs-	Ausladungs-	Plumpheits-
		m	m	grad	grad	verhältnis	grad
97/1	TA	6.66	5.65	0.22	0.19	15.3	0.97
97/2	FI	9.13	4.70	0.29	0.15	14.6	0.56
97/3	TA	6.26	5.24	0.20	0.17	14.8	0.92
	FI	8.83	8.83	0.27	0.20	14.8	0.73
97/4	TA	7.40	5.86	0.24	0.19	14.2	0.83
	FI	10.01	5.12	0.32	0.17	15.0	0.61

Die hohe Bestandesdichte auf den Reinbestandsparzellen und die Konkurrenzverhältnisse zwischen Tanne und Fichte auf den Mischbestandsparzellen spiegeln sich in den mittleren Kronenkennwerten der vier Versuchsflächen wider (Tab. 2). Tannen und Fichten bilden auf allen vier Parzellen infolge des Dichtstandes nur relativ kurze Kronen aus. Der durchschnittliche Bekronungsgrad liegt bei der Fichte zwischen 0.27 und 0.32 bei der Tanne zwischen 0.20 und 0.24. Bei der Tanne finden wir häufig Kronenrückbildungen, die zu den charakteristischen kurzen "Storchennestkronen" führen und sicher zum einen altersbedingt, zum anderen aber auch eine Folge des Dichtstandes sind. Das Mißverhältnis zwischen Kronenbreite und -länge äußert sich v. a. bei der Tanne in sehr hohen Plumpheitsgraden. Geringe Bekronungs- und hohe Plumpheitsgrade sind v. a. dann wichtige Indizien für die Instabilität der Einzelbäume, wenn sie an Bäumen mit hohen h/d-Werten auftreten. Außer im Fichten-Reinbestand, in dem der mittlere h/d-Wert etwa 1.0 beträgt, liegen die mittleren h/d-Werte mit 0.75 bis 0.85 in einem Bereich, der noch keine akute Gefährdung durch Wind und Sturm erwarten läßt.

## 6 Wertung

Um Durchforstungseffekte bei dem Leistungsvergleich zwischen Tannen- und Fichten-Reinbestand auszuschalten, wurden die Versuchspartellen 1 und 2 in dem 25jährigen Untersuchungszeitraum schwach bis mäßig niederdurchforstet. Sie weisen eine hohe Bestockungsdichte auf und repräsentieren sicher nicht den Bestandaufbau bei praxisüblichen Behandlungsprogrammen. Im Reinbestand hat die Tanne trotz ihres etwa 50jährigen Altersvorsprungs gegenüber der Fichte nur geringfügig höhere Durchmesser, die Kurvenverläufe von Mittel- und Oberdurchmesser lassen aber erkennen, daß das Wachstum bei der Tanne im Alter langsamer nachläßt als bei der Fichte. Die Durchmesser-Wachstumskurven der zehn stärksten Stämme (Abb. 4) laufen bei der Fichte weitgehend parallel und steigen in dem betrachteten Wachstumszeitraum nur mäßig an. Bei der Tanne unterstreichen die Nichtparallelitäten der Durchmesser-Wachstumskurven und ihr starker Kurvenanstieg die bis ins fortgeschrittene Alter hohe Konkurrenzkraft und Wüchsigkeit der Tanne. Im Höhenwachstum ist die Fichte der um etwa 50 Jahre älteren Tanne deutlich überlegen. Die baumartenspezifische Relation zwischen Höhen- und Durchmesserwachstum erklärt die

beträchtlichen Unterschiede in den Schlankheitsgraden: Während die Tanne im Reinbestand einen mittleren h/d-Werte von etwa 0.80 hat, schwanken die h/d-Werte im Fichten-Reinbestand zwischen 0.80 und 1.40 und liegen im Mittel bei 1.0 was auf einen Mangel an individueller Stabilität im Fichten-Reinbestand hindeutet. Trotz seines fast 50jährigen Altersvorsprungs zeigt der Tannen- gegenüber dem Fichtenbestand geringere Grundflächen und Vorräte. Diese Leistungsunterlegenheit gegenüber der Fichte kann die Tanne in höherem Alter durch ihr langsames Absinken im Zuwachs verringern. Während die Grundflächen- und Volumenzuwachsgänge bei der Fichte in der zweiten Hälfte des betrachteten 25jährigen Wachstumszeitraumes eine alterstypische Kulmination widerspiegeln, steigen die Zuwächse der Tanne bis heute an und übertreffen hierin die um etwa 50 Jahre jüngere Fichte. Der Vergleich mit der Tannenertragstafel von HAUSSER (1956) für die m.ä. Df. und die Bonität II.2 bzw. mit der Fichtenertragstafel von ASSMANN/FRANZ (1963) für das mittlere Ertragsniveau und die Oberhöhenbonität 38 (M 38) erbringt für beide Reinbestände Grundflächen- und Volumenzuwächse, die schon in der ersten Hälfte des Beobachtungszeitraumes über den Erwartungswerten der Tafeln liegen, diese in der zweiten Hälfte aber noch weiter übertreffen.

Der bemerkenswerte Anstieg des Volumenzuwachses der Tanne in der Altersphase bis auf 230 Prozent der Ertragstafelwerte läßt sich nicht allein mit dem für diese Baumart typischen hohen Alterszuwachs erklären, sondern wird vermutlich durch andere Faktoren verstärkt. Nach BECKER (1987) und WEISE (1991) zeichnen sich in Tannenbestände der Vogesen und des badischen Schwarzwaldes nach dem Zuwachstief von den sechziger bis zu Beginn der siebziger Jahren, für das i. e. L. Klimaeffekte verantwortlich gemacht wurden, seit 10 bis 15 Jahren eine unerwartet rasche Erholung und ein starker Zuwachsanstieg ab, für die bisher eine Erklärung fehlt. Ein Vergleich mit diesen Ergebnissen zeigt, daß auf der Tannenversuchsfläche 97/1 zu Beginn der siebziger Jahre keine Zuwachsdepression festzustellen war. Der Tannen-Reinbestand 97/1 war von der vermutlich klimabedingten Zuwachsdepression in den sechziger und siebziger Jahren offensichtlich wenig betroffen; eventuell wirkt die Nähe zum Starnberger See klimaausgleichend und streßmildernd. Der starke Zuwachsanstieg in den Folgejahren (Abb. 7 und 8) stimmt aber gut mit den Befunden von BECKER und WEISE überein. Da dieser Zuwachsanstieg im benachbarten Fichten-Reinbestand 97/2 viel geringer ausgeprägt ist, kommen als Ursachen nur wachstumsfördernde Faktoren infrage, die die Tanne besser nutzen kann als die Fichte.

Die hohe Zuwachsleistung der Tanne in einer Altersphase, in der die Fichte rückläufige Zuwächse aufweist, die bestandesstabilisierende und hohe ökologische Wirkung einer Tannenbeimischung in Fichtenbeständen sind wesentliche Argumente für die Mischung von Tanne und Fichte. Mit ihrer im Vergleich zur Fichte tiefer reichenden Wurzel kann die Tanne in Fichtenbeständen als Basenpumpe wirksam werden, indem sie basisch wirksame Kationen aus tieferen Bodenschichten in den Stoffkreislauf einbindet. Auf diesem Wege läßt sich in Fichtenbeständen, die in erhöhtem Maße zur Oberbodenversauerung neigen, der Verdrängung basisch wirksamer Ca-, Mg- und K-Ionen vom Sorptionskomplex entgegenwirken.

Die im Jahr 1986 neu angelegten Mischbestandsparzellen repräsentieren eine schwache bis mäßige Niederdurchforstung. Unterbleiben wie auf den Parzellen 3 und 4 stabilisierend wirksame Pflegeeingriffe, die die Tanne fördern und auf einen lockeren stufigen Bestandaufbau zielen, so vermag die Tanne, die als Schattenbaumart eher einem stufigen Bestandaufbau angepaßt ist, in den massenreichen, einschichtigen hallenförmigen Tannen-Fichten-Mischbeständen kaum zu einer Verbesserung des Stützgefüges des Bestandes beizutragen. Vielmehr reagiert die Tanne auf hohe Konkurrenz und Gleichschluß mit dem



Abbau ihrer Krone und der Bildung von Wasserreisern. Eine Ansprache im Jahr 1988, bei der von sämtlichen Tannen geschätzt wurde, wieviel Prozent der Oberfläche ihres von Primärästen freien Schaftes von Wasserreisern bzw. Klebästen eingenommen wird, läßt eine außerordentliche intensive Sekundärkronenbildung erkennen. Die primärastfreien Stammoberflächen der Tannen sind auf den Parzellen 97/1 und 4 durchschnittlichen zu 40 Prozent von Wasserreisern bedeckt, auf der Parzellen 97/3 sogar zu etwa 50 Prozent. Insgesamt sind drei Prozent der Tannen vom Tannenkrebs befallen. Die Mischung mit der Tanne ermöglicht der Fichte um 0.5 m bis 1.0 m breitere Kronen als im Reinbestand. Bei der Tanne liegen die Verhältnisse umgekehrt: Sie erreicht im Reinbestand die größten Kronenbreiten und wird im Mischbestand durch die überlegene Wuchsleistung der Fichte in der Kronenentwicklung benachteiligt. Zwar lassen die mittleren h/d-Werte außer im Fichten-Reinbestand noch keine akute Destabilisierung und Gefährdung der Einzelbäume durch Wind und Sturm erkennen, die geringen Bekronungs- und hohen Plumpheitsgrade deuten aber insbesondere bei der Tanne auf einen für ihre Statik und Zuwachsleistung unbefriedigenden Bekronungszustand hin. Unter den gegebenen standortlich bedingten Konkurrenzverhältnissen zwischen Tanne und Fichte lassen sich Fichtenreinbestände durch Tannen nur dann wirksam stabilisieren und ökologisch aufwerten, wenn der Tanne ein ausreichender Wachstumsvorsprung gesichert und ihre Entwicklung durch Umlichtung und intensive Kronenpflege konsequent gefördert wird.

## 7 Zusammenfassung

Die Versuchsfläche Wolfratshausen 97 umfaßt einen Tannen-Reinbestand, einen Fichten-Reinbestand und zwei Mischbestände dieser Baumarten, die im Forstamt Starnberg auf mäßig frischer bis frischer podsoliger Parabraunerde aus Würmmoränenmaterial und Deckschotter stocken. Der im Auswertungsjahr 1986 139jährige Tannen-Reinbestand und 90jährige Fichten-Reinbestand - beide seit 25 Jahren unter Beobachtung und schwach niederdurchforstet -, bilden die Grundlage für einen Leistungsvergleich zwischen Tannen- und Fichten-Reinbestand. Für die zwei auf gleichem Standort im Jahre 1986 neu angelegten, etwa zehn Jahre jüngeren Tannen-Fichten-Mischbestandsparzellen liegen noch keine Wiederholungsaufnahmen, aber umfangreiche Zustandsdaten vor.

Im ersten Teil des vorliegenden Berichtes vermitteln die klassischen ertragskundlichen Bestandesdaten aus dem Tannen-Fichten-Mischbestandsversuch Wolfratshausen 97 ein Bild des Wuchsverhaltens von Tanne und Fichte in Rein- und Mischbeständen der oberbayerischen Moränenlandschaft. Trotz seines fast 50jährigen Altersvorsprungs zeigt der Tannen-Reinbestand im Vergleich zum Fichten-Reinbestand geringere Grundflächen und Vorräte und nur geringfügig höhere Mittel- und Oberdurchmesser. Während aber die Durchmesserwachstumskurven und Bestandeszuwächse bei der Fichte in den letzten 10 bis 15 Jahren eine alterstypische Abflachung bzw. Kulmination widerspiegeln, steigen die Zuwächse der Tanne bis heute an. Der bemerkenswerte Zuwachsanstieg der Tanne in der Altersphase bis auf 230 Prozent der Ertragstafelwerte läßt sich nicht allein mit dem für diese Baumart typischen hohen Alterszuwachs erklären.

Im zweiten Teil des Berichts werden die bestandesbezogenen Ergebnisgrößen durch eine Darstellung und Analyse der Bestandesstruktur weiter untermauert. Die Kronenkarten, Bestandesaufrißzeichnungen und Kronenmerkmale von Einzelbäumen erbrachten, daß die schwach bis mäßig durchforsteten Mischbestandsparzellen einen ähnlich einschichtigen, hallenförmigen Bestandaufbau haben wie der Tannen- und Fichten-Reinbestand. Bei der

standörtlich bedingten Wuchsüberlegenheit der Fichte gegenüber der Tanne und Fichte lassen sich Fichtenreinbeständen durch Tannen nur dann wirksam stabilisieren und ökologisch aufwerten, wenn der Tanne ein ausreichender Wachstumsvorsprung gesichert und ihre Entwicklung durch Umlichtung und intensive Kronenpflege konsequent gefördert wird. Unterbleiben diese Maßnahmen, so führen Gleichschluß und Konkurrenz insbesondere bei der Tanne zu einer Kronenrückbildung und stellen die stabilisierende Wirkung ihrer Beimischung in Fichtenbestände infrage.

## 8 Literatur

- ASSMANN, E., 1961: Waldertragskunde. BLV Verlagsgesellschaft, München-Bonn-Wien 1961, 490 S.
- ASSMANN, E. und FRANZ, F., 1963: Vorläufige Fichten-Ertragstafel für Bayern. Institut für Ertragskunde der Forstlichen Forschungsanstalt München, 104 S.
- BECKER, M., 1987: Bilan de santé actuel et rétrospectif du sapin (*Abies alba* Mill.) dans les Vosges. Etude écologique et dendrochronologique Ann. Sci. For., 44. Jg., H. 4, S. 379-402
- HÜLL, I., 1990: Tannen-Fichten-Versuch Wolfratshausen (WOL 097) - Ertragskundliche Auswertung 25 Jahre nach Versuchsanlage. Diplomarbeit, Univ. München, 147 S.
- HAUSSER, K. und TROEGER, R., 1967: Ein Beitrag zur Massen- und Wertleistung gepflanzter Weißtannen- und Fichtenbestände. AFJZ, 138. Jg., H. 7, S. 150-156
- HINK, V., 1973: Das Wachstum von Fichte und Tanne auf den wichtigsten Standortseinheiten des Flächenwuchsbezirkes "Flächenschwarzwald" (Südwestfalen-Hohenzollern). Schriftenr. Landesforstverw. Baden-Württ., Bd. 41
- KÄLBLE, F., 1966: Ertragskundliche und waldbauliche Auswertung der Standortskartierung im badischen Bodenseegebiet. Schriftenr. Landesforstverw. Baden-Württ. Bd. 22, 152 S.
- KREUTZER, K. und FOERST, K., 1978: Forstliche Wuchsgebietsgliederung Bayerns. Karte 1: 1 000 000, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
- MAGIN, R., 1959: Struktur und Leistung mehrschichtiger Mischwälder in den bayerischen Alpen. Mitt. a. d. Staatsforstverw. Bay., H. 30, 161 S.
- MAYER, H., 1963: Tannenreiche Wälder am Südfuß der mittleren Ostalpen. BLV Verlag
- MÖSSMER, R. und MAYER, F.-J., 1991: Ergebnisse der Waldzustandserhebung 1991 in Bayern. Forst und Holz, 46. Jg., Nr. 22, S. 640-643
- NOSEK, K., 1968: Die natürliche Verbreitung der Weißtanne zwischen Frankenalb und Moräne. Diss. Staatswirtsch. Fak. Univ. München, 143 S.
- OLBERG, A. und RÖHRIG, E., 1955: Waldbauliche Untersuchungen über die Weißtanne im nördlichen und mittleren Westdeutschland. Schriftenr. Forstl. Fak. Univ. Göttingen, Bd. 12, 103 S.
- PRETZSCH, H., 1990: Analyse der Bestandesstruktur als Grundlage für die Entwicklung eines Wachstums-simulators für Mischbestände. Tagungsberichte der Arbeitsgruppe Biometrie in der Ökologie, Deutsche Region der Intern. Biom. Gesellschaft, H. 1, S. 52-71
- PRETZSCH, H., 1992: Konzeption und Konstruktion von Wachstumsmodellen für Rein- und Mischbestände. Forstl. Forschungsberichte München, Nr. 115, 358 S.
- PREUHSNER, T., 1979: Ertragskundliche Merkmale oberbayerischer Bergmischwaldverjüngungsbestände auf kalpalpinen Standorten im Forstamt Kreuth. Forstl. Forschungsberichte München, Nr. 45, 372 S.
- REITTER, H., 1981: Vergleichende Untersuchungen über die Ausbildung und die Mineralstoffgehalte der Wurzelsysteme von Weißtannen (*Abies alba* Mill.). Diplomarbeit, Univ. München, 97 S.
- SEITSCHEK, O., 1967: Die Weißtanne im Bodenseegebiet. Forstwiss. Forsch., Beihefte z. FwCbl, H. 26, 94 S.
- VANSELOW, K., 1937: Die Kulturversuche der Badischen Forstlichen Versuchsanstalt auf dem Köcherhof. AFJZ, 113. Jg., S. 33-51, 88-97, 114-128, 148-159
- SCHMIDT-VOGT, H., 1986: Die Fichte. Bd. 2-1, Verlag P. Parey, Hamburg, Berlin, 563 S.
- WEISE, U., 1991: Ertragsniveau und Zuwachsgang der Weißtanne. AFZ, 46. Jg., H. 4, S. 192-195
- ZIMMERLE, H., 1949-1951: Zur Mischbestandsfrage. Aus dem forstlichen Versuchswesen Baden Württembergs. AFJZ, 121/122. Jg., S. 20-29