

*Sonderdruck aus*

**Forstwissenschaftliches Centralblatt**

103. Jahrgang (1984), H. 6, S. 330-349

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdrucks, der photomechanischen Wiedergabe und Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, vorbehalten.

© 1984 Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin

---



# Ertragskundliche Merkmale von Stieleichen-Mischbeständen auf grundwasserbeeinflussten Standorten in den Auewaldgebieten Südbayerns

VON H. RÖHLE

## 1 Einleitung

Im folgenden Bericht werden Ergebnisse einer Untersuchung veröffentlicht, die der Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Universität München in den Jahren 1979 bis 1982 in den südbayerischen Auewaldgebieten durchgeführt und in einem Forschungsbericht publiziert hat (RÖHLE 1982). An dieser Stelle sei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) herzlich gedankt, deren großzügige finanzielle Unterstützung die vorliegenden Untersuchungen ermöglicht hat. Der besondere Dank des Verfassers gilt Herrn Prof. Dr. F. FRANZ, unter dessen Leitung die Untersuchungen durchgeführt wurden sowie allen Mitarbeitern des Lehrstuhles für Waldwachstumskunde, die in fachlichen Diskussionen wie auch durch tatkräftige Mithilfe die Arbeit in nicht unerheblicher Weise förderten.

Die ertragskundliche Wissenschaft hat sich in unserem Lande bisher hauptsächlich mit der Untersuchung von Reinbeständen beschäftigt. Über die ertragskundlichen Merkmale von Mischbeständen sind wir demgegenüber nur wenig unterrichtet. Dies gilt auch für die überwiegend gemischten und ungleichaltrigen Bestände in den Auewaldgebieten Südbayerns, die zwar nur einen geringen Teil der Gesamtwaldfläche Bayerns einnehmen, aus ökologischer Sicht jedoch eine große Bedeutung haben. Die menschliche Einflußnahme auf die Auewaldgebiete verstärkte sich in letzter Zeit spürbar, eine standortsgemäße Bewirtschaftung allerdings wurde infolge unzureichender waldbaulicher und ertragskundlicher Kenntnisse über diese Waldaufbauformen erheblich erschwert. Ziel der Untersuchung war es deswegen, erste auf die Ergebnisse von Flächenaufnahmen gestützte ertragskundliche und waldbauliche Grundlagen zur Beurteilung der Stieleichen-Mischbestände im Untersuchungsgebiet zu erarbeiten.

## 2 Das Untersuchungsgebiet

### 2.1 Räumliche Begrenzung

Bedeutende Auewäldungen kommen in Bayern hauptsächlich an den Mittel- und Unterläufen der großen Alpenflüsse Iller, Lech, Isar und Inn, an der Donau und am unteren Main vor. Kleinflächigere Auestandorte sind an vielen untergeordneten Flüssen anzutreffen. Der Flächenanteil der Auewäldungen an der Gesamtwaldfläche Bayerns beträgt nach EDER (1981) gut zwei Prozent.

Als Untersuchungsgebiet (Abb. 1) wurde der südbayerische Raum gewählt. Im Untersuchungsgebiet liegen die Wuchsgebiete 12 (Tertiäres Hügelland) und 13 (Schwäbisch-Bayerische Schotterplatten- und Altmoränenlandschaft) nach der forstlichen Wuchsgebietsgliederung von FOERST und KREUTZER (1978). Auf eine Ausdehnung der Untersuchungen auf das Alpenvorland wurde verzichtet, da die Auewäldungen an den Ober- und Mittelläufen der Alpenflüsse einerseits nur wenige Stieleichen-Mischwaldvorkommen

U.S. Copyright Clearance Center Code Statement:  
Forstw. Cbl. 103 (1984), 330-349  
© 1984 Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin  
ISSN 0015-8003 / InterCode: FWSCAZ

0015-8003/84/10306-0330 \$ 02.50/0

bemerkenswerter Ausdehnung tragen und zum anderen in standörtlich-klimatischer Hinsicht deutlich abweichende Wachstumsbedingungen aufweisen (höhere Karbonatgehalte im Ober- und Unterboden, höhere Niederschläge, niedrigere Temperaturen).



Abb. 1. Übersicht über das Untersuchungsgebiet

Fig. 1. The research area

## 2.2 Geologie

Ein Großteil der Ablagerungen in den Flußtälern Südbayerns wurde nach der Würmeiszeit sedimentiert. Das Erscheinungsbild der großen Flußlandschaften wird durch die fluviatilen Talsedimente im unmittelbaren Überschwemmungsbereich und die daran angrenzenden Niederterrassen bestimmt. Die bedeutenden Regulierungsvorhaben, die die bis dahin bei Hochwasser oft recht ungestümen und weite Landstriche überflutenden Flüsse bändigen sollten, setzten nach REUTER (1927) zu Beginn des letzten Jahrhunderts ein. Großflächige Überflutungen und die damit verbundenen Auflandungen wurden seither seltener. Die Böden der meisten auf der Niederterrasse liegenden Probestände entwickelten sich aus jungdiluvialen bis postglazialen Talablagerungen. Die Böden der in nächster Nachbarschaft zu den Flüssen auf den Talsedimenten liegenden Probeständen gingen aus jungen bis jüngsten alluvialen Ablagerungen hervor. Dort vollziehen sich die Sedimentationsprozesse noch heute (SCHUSTER 1923). Pedogenetisch gesehen befinden sich die Böden dieser Talsedimente in sehr frühen Entwicklungsstadien.

### 3 Die Probeflächen

Es wurden 21 Probeflächen angelegt, die sich auf die fünf Untersuchungsräume wie folgt verteilen:

Ulm – Günzburg, Donau	(5 Probeflächen)
Neuburg – Ingolstadt, Donau	(6 Probeflächen)
Regensburg, Donau	(4 Probeflächen)
Landau – Deggendorf, Isar/Donau	(5 Probeflächen)
Freising, Amper	(1 Probefläche)

Jede Probefläche besteht aus der eigentlichen Meßparzelle und einem Umfassungstreifen. Die Parzellengrößen wurden so bemessen, daß die meßtechnisch erforderliche Mindestbaumzahl nicht unterschritten wurde.

#### 3.1 Flächenaufnahme

Bei der Flächenaufnahme wurden für die Hauptbestandsglieder Baumnummer, Baumart, Baumklasse, Durchmesser und Baumhöhe ermittelt. Außerdem wurden an etwa 30 Bäumen je Parzelle Zuwachsbohrungen in zwei Himmelsrichtungen vorgenommen. Daneben wurde der Altersrahmen für die auf der Meßparzelle vorkommenden Baumarten durch Auszählen der Alter an frischen Wurzelstöcken in der näheren Umgebung jeder Probefläche bestimmt und die Intensität der Wasserreiserbildung an Eiche in einer vierstufigen Skala angesprochen. Die Verjüngungsaufnahme erfolgte auf fünf gleichmäßig über die Meßparzelle verteilten Teilflächen mit insgesamt 1000 qm Größe.

#### 3.2 Standortserkundung

Die Ausstattung der Aueböden mit Nährstoffen ist abhängig von dem Ausgangsmaterial, der Mächtigkeit des durchwurzelbaren Solums, der Korngrößenzusammensetzung und somit der Wasserspeicherkapazität, der Wasserversorgung und der durch Überschwemmungen bedingten Nachlieferung an Nährstoffen. Der letztgenannte Faktor dürfte allerdings durch die Flußregulierungen und Eindeichungen der vergangenen hundert Jahre auf allen Probeflächen ausgeschlossen sein. Im Untersuchungsgebiet kommen durchweg mineralische oder organomineralische Grundwasserböden mit unterschiedlichen Gehalten an kohlen-saurem Kalk im Unterboden vor. Sandig-kiesige bis lehmig-tonige Sedimente bilden das Ausgangsmaterial.

Die Standortserkundung wurde auf allen Probeflächen im Anhalt an die Richtlinie „Forstliche Standortsaufnahme“ des Arbeitskreises Standortskartierung (1978) in der Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung durchgeführt. Um auch kleinflächig auftretende Änderungen der standörtlichen Gegebenheiten erfassen zu können, wurden die Meßparzellen mit einem Gitter von 10 Metern Maschenweite überzogen und an jedem Netzpunkt eine Bodenprobe mit dem Bohrstock entnommen.

Aus den Standortbeschreibungen aller Probeflächen wurden drei Standorteinheiten mit deutlichen Unterschieden in Humusgehalt, Feuchte, Gründigkeit und Wasserspeicherkapazität ausgeschieden:

- I. Humose bis humusreiche, mäßig frische bis mäßig feuchte, tiefgründige Aueböden mit Grundwasseranschluß, guter Wasserspeicherkapazität und meist karbonathaltigem Oberboden, auftretend in sandig-lehmiger und lehmig-toniger Ausprägung.
- II. Humose bis stark humose, mäßig frische bis frische, mittelgründige Aueböden mit Grundwasseranschluß, mittlerer Wasserspeicherkapazität und oft karbonathaltigem Oberboden, auftretend in sandig-lehmiger und lehmig-toniger Ausprägung.

III. Humose, bis trockene bis mäßig frische, flachgründige Aueböden sandig-lehmiger Ausprägung ohne Grundwasseranschluß, mit geringer Wasserspeicherkapazität und karbonathaltigem Unterboden.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Zuordnung der Probeflächen zu den ausgeschiedenen Standortseinheiten.

Tabelle 1

Gliederung der Probeflächen nach Standortseinheiten  
Arrangement of experimental plots by site units

Bodeneigenschaften	hohe Humusgehalte mäßig feucht tiefgründig hohe Wasserspeicherkapazität ← nährstoffreicher		geringe Humusgehalte mäßig trocken flachgründig geringe Wasserspeicherkapazität nährstoffärmer	
	humose bis humusreiche, mäßig frische bis mäßig feuchte, tiefgründige Aueböden mit Grundwasseranschluß, guter Wasserspeicherfähigkeit und meist karbonathaltigem Oberboden		humose bis stark humose, mäßig frische bis frische, mittelgründige Aueböden mit Grundwasseranschluß, mittlerer Wasserspeicherfähigkeit und oft karbonathaltigem Oberboden	
Nr. Probefläche	sandig-lehmige Ausprägung	lehmig-tonige Ausprägung	sandig-lehmige Ausprägung	lehmig-tonige Ausprägung
E 1 Weißenhorn	× <sup>1</sup>			
S 2 Weißenhorn	×			
S 3 Dillingen		×		
S 4 Dillingen		×		
D 5 Dillingen		×		
S 6 Ingolstadt			×	
E 7 Ingolstadt			×	
E 8 Ingolstadt			×	
S 9 Ingolstadt				×
E 10 Ingolstadt	×			
S 11 Ingolstadt	×			
S 12 Geisling			×	
E 13 Geisling	× <sup>2</sup>			
S 14 Geisling	×		× <sup>3</sup>	
E 15 Geisling				×
S 16 Deggendorf	(×)	(×)		
S 17 Deggendorf		(×)	(×)	
S 18 Graf Arco				×
S 19 Landau		×		
S 20 Landau		×		
S 21 Freising	× <sup>3,4</sup>			

<sup>1</sup> Aueböden mit evtl. nur kurzzeitigem Grundwasseranschluß und geringerer Wasserspeicherleistung, da verhältnismäßig hohe Sand- und Schluffanteile. - <sup>2</sup> Aueböden mit nur vereinzelt auftretenden karbonathaltigen Partien im Unterboden. - <sup>3</sup> Aueböden mit karbonatfreiem Unterboden. - <sup>4</sup> Aueböden mit evtl. fehlendem Grundwasseranschluß. - × Kennzeichnet Probeflächen, deren Meßparzellen zwei verschiedenen Standortseinheiten angehören. - × ←-----→ × Kennzeichnet eine Übergangsform zwischen zwei verwandten Standortseinheiten.

Die Standortseinheiten I und II, denen der überwiegende Teil der Probeflächen angehört, sind für das Wachstum von Waldbeständen günstig zu beurteilen. Gründigkeit, Feinerde- und Humusgehalte lassen auf eine ausreichende bis gute Wasserspeicherleistung schließen. Die besten Böden für das Gedeihen massenreicher Auewaldbestände dürften auf den tiefgründigen, nährstoffreichen, nicht allzuweit vom Fluß entfernten Standorten zu

finden sein. Dort erreichen Eichen bereits im Alter von 150 Jahren Brusthöhendurchmesser von einem Meter und Höhen von mehr als 30 Metern. Für die Erzielung starker Baumdimensionen nicht ganz so günstig sind die mittelgründigen, sandig-lehmigen Standorte, auf denen oft Eichen-Hainbuchen-Bestände stocken. Hier erwachsen engringigere, jedoch zum Teil qualitativ hervorragende Eichen-Stammhölzer. Bei langanhaltenden Trockenperioden können auf diesen etwas nährstoffärmeren Standorten Engpässe in der Wasserversorgung auftreten.

Der Standortseinheit III gehören nur zwei Probeflächen mit jüngerer Bestockung an. Die flachgründigen, in größeren Entfernungen von den Flüssen liegenden Standorte bieten deutlich schlechtere Voraussetzungen, den Bäumen steht nur ein gering mächtiger Wurzelraum zur Wasser- und Nährstoffaufnahme zur Verfügung. Außerdem sind die sandig-lehmigen Böden wesentlich nährstoffärmer und können über längere Dürreperioden hinweg kaum nennenswerte Wasservorräte speichern.

### 3.3 Klima

Die wichtigsten klimatischen Parameter unterscheiden sich in den einzelnen Probebeständen nur geringfügig. Die Höhenlagen über NN bewegen sich zwischen 481 m und 314 m. Das Jahresmittel der Lufttemperatur erreicht bei allen Probebeständen 7 bis 8 Grad Celsius, das Mittel während der Vegetationsperiode (bei einer Ausnahme) 15 bis 16 Grad Celsius. Die Höhe des jährlichen Niederschlages schwankt zwischen 650 und 750 mm, etwa 30 Prozent davon fallen in der Vegetationsperiode.

### 3.4 Vegetation

Der überwiegende Teil der Probeflächen ist der Assoziation *Quercus-Ulmetum* (Eichen-Ulmen-Auewald) zuzuweisen. Sie gehört der Hartholzau an und bildet den Übergang zu außerhalb der Aue liegenden Waldgesellschaften. Hier ist die Stieleiche der von Natur aus herrschende Auewaldbaum (ELLENBERG 1963). Innerhalb der Assoziation *Quercus-Ulmetum* wurden vier Ausbildungen mit den Leitarten Goldnessel (*Lamium galeobdolon*), Kohldistel (*Cirsium oleraceum*), Flattergras (*Milium effusum*) und Fichte (*Picea abies*) ausgeschieden. Auffallend ist die im Bereich der Amperauen und der unteren Isar auftretende Fichten-Ausbildung. Nach KRAHL-URBAN (1959) ist für den Stieleichen-Auewald das vollkommene Fehlen der Rotbuche und sämtlicher Nadelhölzer kennzeichnend; nässeempfindliche Baumarten können allenfalls auf eingesprengten Trockeninseln gedeihen. SEIBERT (1968) scheidet allerdings in seiner Karte der potentiellen natürlichen Vegetation Bayerns im Raum Deggendorf die Assoziation *Circaeo-Alnetum-Glutnoisae* (Fichten-Erlen-Auewald) aus. Es darf jedoch angenommen werden, daß die Entstehung dieser Fichten-Ausbildung entweder auf anthropogene Ursprünge zurückzuführen ist oder aus dem benachbarten Bayerischen Wald Fichtensamen angefliegen sind und sich im Laufe der Zeit eine diesen schwierigen Bodenverhältnissen angepaßte Standortsrasse entwickeln konnte.

Ein kleinerer Teil der Probeflächen gehört der Assoziation *Galio-Carpinetum* (Eichen-Hainbuchenwald) an, die nach pflanzensoziologischer Klassifizierung nicht mehr den Auewäldern zuzurechnen ist. Innerhalb des Untersuchungsgebietes kommt ausschließlich die Subassoziation *Galio-Carpinetum-Ulmetosum* (Ulmen-Eichen-Hainbuchenwald) vor. Sie unterscheidet sich vom *Galium-Carpinetum Typicum* (reiner Eichen-Hainbuchenwald) durch die natürliche Beimischung der feuchtigkeitsliebenden Feldulme (*Ulmus minor*).

## 4 Ertragskundliche Auswertungen

Die Tabellen 2/1 und 2/2 geben einen Überblick über die ertragskundlichen Merkmale der Probestflächen.

### 4.1 Bestandestypen und Bestandesalter

Kennzeichen naturnaher Waldbestände ist die oft hohe Ungleichaltrigkeit der einzelnen Bestockungsteile. Dies gilt für urtümliche Auewälder in gleichem Maße wie für naturnahe Waldaufbauformen außerhalb der Aue. Im Rahmen der Untersuchungen wurden mehrschichtige, ungleichaltrige, aus verschiedenen Baumarten zusammengesetzte Bestände ebenso aufgenommen wie mehr oder weniger gleichaltrige, einschichtige Eichenbestände.

Die Stieleiche kommt auf allen Probestflächen als Hauptbaumart vor. Ihr Altersrahmen bewegt sich zwischen 35 und 200 Jahren. In den unteren Altersklassen sind vornehmlich künstlich verjüngte, meist reine Stieleichenbestände vertreten. Die Variation der einzelnen Baumalter ist hier relativ gering. In den mittleren und höheren Altersklassen findet man in typischen, buntgemischten Auewaldbeständen größere Altersspannen vor als in gepflegten, gleichmäßig aufgebauten Eichen-Hainbuchen-Beständen. Die neben der Hauptbaumart Eiche am Bestandaufbau beteiligten Mischbaumarten sind meist deutlich jünger als die Eichen. Daher ist nur die besonders vitale Esche häufiger in der herrschenden Baumschicht vertreten, Ahorn und Ulme gelingt der Anschluß seltener. Der Hainbuche kommt zumeist die Funktion einer dienenden Baumart zu. Die Buche ist ausschließlich in der Unterschicht anzutreffen, Fichte, Linde und Birke dagegen in der Unter-, Mittel- und Oberschicht.

### 4.2 Baumzahlen

Bei der Eiche findet man Baumzahlen von 36 bis 1467 Bäumen/ha. Die niedrigsten Baumzahlen treten bei unregelmäßig aufgebauten Mischbeständen in den obersten Altersstufen auf. In mittelalten Beständen liegen die Hektarwerte bei etwa 100 bis 350, in jüngeren Beständen zwischen 592 und 1467. Als Mischbaumarten sind Esche, Ahorn und Hainbuche von besonderer Bedeutung. Birke, Linde, Erle, Buche und Fichte kommen nur auf wenigen Probestflächen in geringer Anzahl vor, lediglich die Ulme ist auf einer Probestfläche häufiger anzutreffen. Bei der Esche reichen die Baumzahlen von 17 bis 474 Bäumen/ha, bei Ahorn von 20 bis etwa 200/ha und bei Hainbuche von 48 bis 1090/ha.

Für den Gesamtbestand liegen die Werte zwischen 248 und 1583 Bäumen/ha. Hohe Baumzahlen sind in Jungbeständen und in regelmäßig aufgebauten Eichen-Hainbuchen-Beständen die Regel, daneben werden auch in buntgemischten, mehrschichtigen Beständen mit hohen Altersspannen Baumzahlen bis zu 783/ha erreicht. Niedrigere Baumzahlen sind vor allem für Bestände mittleren Alters mit nur geringem oder ganz fehlendem Unterstand charakteristisch.

Mitbestimmend für die erfaßte Stammzahl auf einer Meßparzelle war die Festsetzung der sogenannten Aufnahmeschwelle. Sie gibt den unteren Grenzwert für den Brusthöhenmesser an, den ein Baum überschreiten mußte, um nicht mehr der Verjüngungsschicht zugeordnet zu werden. Die Höhe der Aufnahmeschwelle orientierte sich jeweils an Bestandaufbau und Bestandesalter. In Jungbeständen wurden grundsätzlich alle Bestandeglieder über 1,3 m Höhe dem aufzunehmenden Bestand zugeteilt. In zwei- und mehrschichtigen Beständen richtete sich die Aufnahmeschwelle nach dem Mitteldurchmesser der untersten Bestandesschicht und wurde mit 5,5 bzw. 6,5 cm so niedrig angesetzt, daß möglichst alle bereits in die Unterschicht eingewachsenen Bäume einzeln aufgenommen werden konnten. In jedem Fall wurden jedoch alle Bäume über 10,5 cm Brusthöhendurchmesser aufgenommen.



Tabelle 2/1

Ergebnisse der ertragskundlichen Grundlagenauswertung für die Probeflächen E 1 mit E 10 (mit Zuwachswerten)  
Results of the analysis of growth and yield data from the experimental plots E 1 through E 10 (including increment data)

Nr.	Probefläche Größe der Meßparzelle	Baumart	Alters- rahmen (in Jahren)	Mittel- durch- messer in cm	Mittelhöhe in m	Baumzahl (N)		Grundfläche (G) in qm		Grundflächen- zuwachs (Ig) in qm		Volumen (V) in Vfm Derbh.		Volumenzuwachs in Vfm Derbh.	
						N/ha	N %	G/ha	G %	Ig/ha	Ig %	V/ha	V %	Iv/ha	Iv %
E 1	Weißenhorn 0,2000 ha	Eiche	80-120	36,06	21,83	240	57,8	24,516	78,5	0,236	60,5	290,18	79,2	3,36	60,8
		Esche	10- 50	19,79	20,38	150	36,2	4,613	14,8	0,117	30,1	48,28	13,2	1,55	28,0
		Hainbuche	10- 50 <sup>1</sup>	12,10	14,94	5	1,2	0,057	0,2	0,002	0,5	0,38	0,1	0,02	0,3
		Birke	80-120 <sup>1</sup>	36,07	25,93	20	4,8	2,043	6,5	0,035	8,9	27,77	7,5	0,60	10,9
		Summe					415	100,0	31,231	100,0	0,390	100,0	366,61	100,0	5,53
S 2	Weißenhorn 0,2500 ha	Eiche	105-170	46,41	25,68	68	21,2	11,505	39,9	0,162	32,5	162,68	42,2	2,59	32,9
		Ahorn	60-120	25,66	21,67	156	48,8	8,065	28,0	0,174	35,0	97,33	25,2	2,41	30,7
		Esche	80-120	35,06	25,97	96	30,0	9,269	32,1	0,161	32,5	125,72	32,6	2,87	36,4
		Summe				320	100,0	28,840	100,0	0,497	100,0	385,73	100,0	7,87	100,0
S 3	Dillingen 0,2500 ha	Eiche	130-160	63,65	27,73	60	23,4	19,559	59,5	0,199	40,5	306,86	63,1	3,55	42,6
		Ahorn	30- 60 <sup>1</sup>	13,60	16,68	4	1,6	0,058	0,2	0,002	0,5	0,44	0,1	0,02	0,3
		Esche	80-100	29,88	25,60	188	73,4	13,184	40,0	0,287	58,5	178,08	36,6	4,72	56,8
		Erle	30- 60 <sup>1</sup>	17,50	17,57	4	1,6	0,096	0,3	0,003	0,5	0,80	0,2	0,03	0,3
Summe				256	100,0	32,897	100,0	0,491	100,0	486,18	100,0	8,32	100,0		
S 4	Dillingen 0,1250 ha	Eiche	50- 60	21,61	19,30	592	96,1	19,750	94,1	0,624	95,9	188,59	92,7	6,96	94,2
		Esche	50- 60	25,73	23,38	24	3,9	1,248	5,9	0,027	4,1	14,78	7,3	0,43	5,8
		Summe			616	100,0	20,998	100,0	0,651	100,0	203,37	100,0	7,39	100,0	
S 5	Dillingen 0,2600 ha	Eiche	120-180	55,97	25,96	115	35,6	28,391	81,3	0,286	63,5	413,04	85,3	4,71	68,8
		Ahorn	60- 80 <sup>1</sup>	19,79	19,39	27	8,4	0,828	2,4	0,024	5,2	9,31	1,9	0,28	4,0
		Esche	60- 80	20,06	21,20	181	56,0	5,711	16,3	0,144	31,8	62,08	12,8	1,86	27,2
		Summe			323	100,0	34,930	100,0	0,434	100,0	484,43	100,0	6,85	100,0	
S 6	Ingolstadt 0,3600 ha	Eiche	115-130	48,53	21,32	67	11,5	12,332	45,6	0,102	20,4	148,22	52,3	1,47	26,2
		Esche	60- 70	15,73	18,87	100	17,0	1,943	7,2	0,057	11,3	17,37	6,1	0,61	10,8
		Hainbuche	40- 80	18,56	16,26	358	61,0	9,699	35,8	0,274	54,8	80,97	28,6	2,64	47,1
		Linde	80-120 <sup>1</sup>	25,29	21,69	56	9,5	2,790	10,3	0,060	12,1	33,64	11,8	0,81	14,4
		Ulme	80-120 <sup>1</sup>	26,16	21,34	6	1,0	0,298	1,1	0,007	1,4	3,38	1,2	0,09	1,5
Summe			587	100,0	27,064	100,0	0,500	100,0	283,58	100,0	5,62	100,0			
E 7	Ingolstadt 0,2880 ha	Eiche	100-130	39,74	23,19	153	11,9	18,954	66,5	0,274	43,9	241,34	80,0	4,02	59,8
		Ahorn	20- 30 <sup>1</sup>	7,33	12,91	45	3,5	0,190	0,7	0,010	1,5	0,78	0,3	0,05	0,7
		Hainbuche	50- 60	10,25	13,63	1090	84,4	8,999	31,6	0,335	53,6	55,41	18,3	2,57	38,3
		Ulme	100-130 <sup>1</sup>	35,60	23,93	3	0,2	0,345	1,2	0,006	1,0	4,27	1,4	0,08	1,2
		Summe			1291	100,0	28,489	100,0	0,625	100,0	301,80	100,0	6,72	100,0	

E 8 Ingolstadt 0,3480 ha	120-140	46,07	25,28	141	16,1	23,471	65,3	0,198	37,3	328,84	74,6	3,24	49,0
	60-80'	17,55	17,59	17	2,0	0,416	1,2	0,012	2,2	3,79	0,8	0,12	1,8
	Esche	12,00	16,10	3	0,3	0,032	0,1	0,001	0,2	0,23	0,1	0,01	0,2
	Hainbuche	14,58	18,50	707	80,6	11,794	32,8	0,313	58,8	106,02	24,1	3,16	47,8
	Ulme	18,01	17,75	9	1,0	0,219	0,6	0,008	1,5	1,96	0,4	0,08	1,2
	Summe			877	100,0	35,934	100,0	0,532	100,0	440,84	100,0	6,61	100,0
S 9 Ingolstadt 0,0600 ha	35-50	14,80	13,52	1467	92,7	25,223	98,3	0,666	100,0	165,84	99,4	5,46	100,0
	5-15'	5,81	7,13	33	2,1	0,088	0,3	—	—	—	—	—	—
	5-20'	7,26	8,75	83	5,2	0,344	1,4	—	—	0,99	0,6	—	—
	Summe			1583	100,0	25,655	100,0	0,666	100,0	166,83	100,0	5,46	100,0
E 10 Ingolstadt 0,4920 ha	170-200	75,60	27,43	36	4,6	17,178	53,2	0,194	29,5	274,40	63,9	3,35	40,6
	30-60	12,48	16,11	228	29,1	2,782	8,6	0,111	16,8	21,87	5,1	0,99	12,0
	Esche	16,08	19,09	474	60,5	9,618	29,8	0,298	45,2	100,84	23,5	3,17	38,4
	Linde	17,10	17,93	2	0,3	0,046	0,2	0,001	0,2	0,39	0,1	0,01	0,2
	Ulme	31,51	22,68	33	4,2	2,377	7,4	0,047	7,2	29,62	6,9	0,65	7,9
	60-70'	18,38	18,05	10	1,3	0,269	0,8	0,007	1,1	2,34	0,5	0,08	0,9
	Summe			783	100,0	32,272	100,0	0,658	100,0	429,46	100,0	8,25	100,0

<sup>1</sup> Altersangaben nur geschätzt, da keine Wurzelstöcke aufzufinden waren und sehr wenige Vertreter dieser Baumart auf der Probefläche stocken; <sup>2</sup> Keine Berechnung der Volumenwerte, da die Derbhölgrenze (Durchmesserstufe 7) noch nicht erreicht ist; <sup>3</sup> Für diese Baumart werden keine Zuwachswerte berechnet, da zu Beginn des Auswertungszeitraumes die Derbhölgrenze (Durchmesserstufe 7) noch nicht erreicht war.

### 4.3 Grundflächen

Die Bestandesgrundfläche ist eine wichtige ertragskundliche Kenngröße zur Charakterisierung der Bestockungsdichte. Nach ASSMANN (1961) ist sie ebenso wie Baumzahl und Mitteldurchmesser sehr stark von der waldbaulichen Behandlungstechnik und dem Ertragsniveau des Standortes abhängig. Aus diesem Grund sind auch die Leistungen denen der einzelnen Baumarten auf den 21 Probeflächen im Untersuchungsgebiet nur bedingt vergleichbar, da die Probeflächen eine starke Variation bezüglich Baumartenzusammensetzung, waldbaulicher Behandlung und Standortsgüte aufweisen.

Aufgrund der sozialen Stellung der Eichen innerhalb der untersuchten Waldbestände liegt ihr Anteil an der Bestandesgrundfläche auf allen Probeflächen höher als ihr Anteil an der Baumzahl. Die Eichen sind immer im Hauptbestand vertreten und haben stärkere Durchmesser als die Mischbaumarten. So beträgt zum Beispiel auf der Probefläche E 10 der Anteil der Eichen an der Baumzahl nur 4,6%, an der Bestandesgrundfläche hingegen 53,2%. Die Grundflächen der Eichen schwanken zwischen 11,5 qm/ha und 31,5 qm/ha. Von den Mischbaumarten erreichen noch Ahorn mit 8,1 qm/ha, Esche mit 14,9 qm/ha, Hainbuche mit 11,8 qm/ha und Ulme mit 11,0 qm/ha beachtliche Werte.

Die Bestandesgrundflächen reichen von 20,9 qm/ha bis 37,4 qm/ha. Mithin die höchsten Bestandesgrundflächen findet man in gepflegten Eichen-Hainbuchen-Beständen, wobei das Grundflächenverhältnis von herrschender Eiche zu dienender Hainbuche etwa 3:1 beträgt. In jüngeren Beständen liegen die Werte zwischen 20,9 qm/ha und 25,7 qm/ha.

### 4.4 Höhen

Soweit möglich, wurde für jede Baumart auf jeder Probefläche eine eigene Höhenkurve bestimmt. Zusätzlich dazu

Tabelle 2/2

Ergebnisse der ertragskundlichen Grundlagenauswertung für die Probestellen S 11 mit S 21 (mit Zuwachswerten)  
Results of the analysis of growth and yield data from the experimental plots S 11 through S 21 (including increment data)

Nr.	Probestelle Größe der Meßparzelle	Baumart	Alters- rahmen (in Jahren)	Mittel- durch- messer in cm	Mittelhöhe in m	Baumzahl (N)		Grundfläche (G) in qm		Grundflächen- zuwachs (Ig) in qm		Volumen (V) in Vfm Derbh.		Volumenzuwachs in Vfm Derbh.	
						N/ha	N %	G/ha	G %	Ig/ha	Ig %	V/ha	V %	Iv/ha	Iv %
S 11	Ingolstadt 0,2400 ha	Eiche	170-200	73,19	28,08	46	14,2	19,282	58,3	0,198	39,4	307,03	63,7	3,47	42,8
		Ahorn	30- 60	17,23	18,10	142	43,7	3,301	10,0	0,108	21,4	29,72	6,2	1,15	14,1
		Esche	40-110	31,54	25,83	133	40,9	10,419	31,5	0,194	38,6	144,49	30,0	3,47	42,8
		Ulme	80-120'	15,20	16,03	4	1,2	0,075	0,2	0,003	0,6	0,55	0,1	0,03	0,3
		Summe					325	100,0	33,079	100,0	0,503	100,0	481,79	100,0	8,12
S 12	Geisling 0,2500 ha	Eiche	80-120	30,08	26,11	372	86,9	26,434	93,1	0,474	89,1	375,17	95,0	7,35	91,9
		Hainbuche	60- 80	18,97	18,19	48	11,2	1,357	4,8	0,047	8,8	11,91	3,0	0,46	5,9
		Birke	80-120'	30,99	24,85	8	1,9	0,603	2,1	0,011	2,1	8,01	2,0	0,18	2,2
		Summe					428	100,0	28,394	100,0	0,532	100,0	395,09	100,0	7,99
E 13	Geisling 0,3600 ha	Eiche	100-120	40,65	25,46	211	78,1	27,043	97,7	0,355	94,0	375,36	98,8	5,72	96,3
		Esche	40- 60	11,63	15,78	53	19,6	0,560	2,0	0,020	5,2	3,88	1,0	0,19	3,3
		Hainbuche'	40- 60'	14,15	16,13	6	2,2	0,087	0,3	0,003	0,8	0,64	0,2	0,03	0,4
		Summe					270	100,0	27,691	100,0	0,378	100,0	380,12	100,0	5,94
S 14	Geisling 0,3000 ha	Eiche	80-120	38,36	26,34	217	64,4	25,046	89,0	0,367	81,3	355,92	91,1	6,07	84,6
		Ahorn	50- 60'	18,45	18,86	7	2,1	0,178	0,6	0,006	1,2	1,60	0,4	0,06	0,8
		Esche	30- 80	18,13	22,07	113	33,5	2,924	10,4	0,079	17,5	33,31	8,5	1,05	14,6
		Summe					337	100,0	28,149	100,0	0,452	100,0	390,83	100,0	7,18
E 15	Geisling 0,1600 ha	Eiche	40- 55	18,61	18,32	794	100,0	21,597	100,0	0,577	100,0	193,77	100,0	6,21	100,0
S 16	Deggendorf 0,2000 ha	Eiche	60-120	38,45	23,95	115	26,2	13,634	44,4	0,202	40,5	181,12	47,2	3,17	41,9
		Esche	40-130	26,80	23,72	265	60,2	14,947	48,8	0,242	48,4	183,13	47,8	3,80	50,2
		Ulme	60- 80'	18,41	17,98	30	6,8	0,799	2,6	0,027	5,3	7,52	2,0	0,26	3,4
		Fichte	60-120'	23,29	18,42	30	6,8	1,278	4,2	0,029	5,8	11,73	3,0	0,34	4,5
		Summe					440	100,0	30,659	100,0	0,500	100,0	383,50	100,0	7,57
S 17	Deggendorf 0,1600 ha	Eiche	110-140	37,44	24,79	250	54,1	27,525	79,1	0,298	62,9	377,00	82,9	4,56	67,5
		Esche	60-100	18,37	20,83	181	39,2	4,803	13,8	0,128	27,1	50,29	11,1	1,56	23,1
		Ulme	50- 90'	24,69	20,81	12	2,6	0,598	1,7	0,015	3,2	6,61	1,5	0,19	2,8
		Fichte	110-140'	35,74	22,60	19	4,1	1,881	5,4	0,032	6,8	20,77	4,5	0,45	6,6
		Summe					462	100,0	34,808	100,0	0,473	100,0	454,67	100,0	6,76
S 18	Graf Arco 0,2204 ha	Eiche	110-125	46,43	28,54	186	59,6	31,492	87,3	0,320	74,6	491,81	90,9	5,77	80,8
		Esche	40- 60	16,85	19,55	54	17,3	1,213	3,4	0,034	8,1	11,59	2,1	0,40	5,6
		Linde	60- 90'	26,49	22,10	54	17,3	2,999	8,3	0,063	14,6	35,34	6,5	0,87	12,1
		Ulme	40- 60'	12,90	14,34	9	2,9	0,118	0,3	0,005	1,2	0,76	0,1	0,04	0,5
		Fichte	40- 60'	18,52	16,53	9	2,9	0,244	0,7	0,007	1,5	2,00	0,4	0,07	1,0
		Summe					312	100,0	36,069	100,0	0,429	100,0	541,50	100,0	7,15

S 19 Landau 0,2100 ha	Eiche Ulme Fichte	130-140 60- 80' 60- 80'	44,51 27,01 23,23	26,83 21,62 18,39	186 33 29	75,0 13,3 11,7	28,900 1,909 1,210	90,3 6,0 3,7	0,225 0,044 0,028	76,0 14,7 9,3	425,71 22,96 11,04	92,6 5,0 2,4	3,77 0,58 0,34	80,4 12,4 7,2
S 20 Landau 0,2400 ha	Eiche	70- 90	36,45	24,54	208	43,4	21,738	65,9	0,317	51,7	290,64	70,9	5,12	59,0
	Esche	30- 50 <sup>1</sup>	11,73	15,87	17	3,6	0,180	0,6	0,007	1,0	1,25	0,3	0,06	0,7
	Hainbuche	30- 50 <sup>1</sup>	11,60	14,61	4	0,8	0,044	0,1	0,002	0,3	0,28	0,1	0,01	0,2
	Ulme	60- 80	23,68	20,42	250	52,2	11,006	33,4	0,289	47,0	117,87	28,7	3,49	40,1
S 21 Freising 0,2850 ha	Eiche	120-140	49,74	27,36	144	24,2	27,955	74,7	0,325	56,1	422,50	83,7	5,62	68,1
	Esche	40- 70 <sup>1</sup>	18,38	20,39	25	4,2	0,651	1,8	0,017	3,0	6,62	1,3	0,22	2,6
	Hainbuche	40- 70	15,92	17,38	411	69,2	8,170	21,8	0,222	38,4	69,68	13,8	2,22	27,0
	Fichte	40- 70 <sup>1</sup>	24,24	18,77	14	2,4	0,647	1,7	0,014	2,5	6,023	1,2	0,19	2,3
Summe			594	100,0	37,425	100,0	0,578	100,0	504,83	100,0	8,25	100,0	8,25	100,0

<sup>1</sup> Altersangaben nur geschätzt, da keine Wurzelstöcke aufzufinden waren und sehr wenige Vertreter dieser Baumart auf der Probefläche stocken; - <sup>2</sup> Keine Berechnung der Volumenwerte, da die Derbhölgrenze (Durchmesserstufe 7) noch nicht erreicht ist; - <sup>3</sup> Für diese Baumart werden keine Zuwachswerte berechnet, da zu Beginn des Auswertungszeitraumes die Derbhölgrenze (Durchmesserstufe 7) noch nicht erreicht war.

wurde für jede Baumart eine Ausgleichskurve hergeleitet, die auf den Höhenmeßwerten aller Probeflächen basiert, also nicht für den jeweiligen Bestand, sondern für das ganze Untersuchungsgebiet gültig ist. Bei der Berechnung der Höhenkurven wurde der Funktion von PETERSON (1955)

$$h = 1.3 + \left( \frac{1}{a + \frac{b}{d}} \right)^n$$

h Baumhöhe; d Brusthöhendurchmesser; a,b Regressionskoeffizienten; n Exponent.

der Vorzug gegeben. Mit Hilfe dieses Funktionstyps konnte der Kurvenverlauf aller Baumarten am besten beschrieben werden.

Erfahrungsgemäß neigen die Höhenkurven älterer Bestände zu einem flacheren Verlauf als die Kurven von Jungbeständen. Charakteristisch für die Eichen ist der im hohen Alter fast abszissenparallele Verlauf der Bestandeshöhenkurven. Auf schlechteren Standorten ist bereits in jüngeren Altersstufen ein asymptotischer Kurvenverlauf ausgeprägt, während auf besseren Standorten auch noch in höheren Altern ansteigende Trends zu beobachten sind (Abb. 2). Die Tendenz, abflachende Kurven zu bilden, ist bei Ahorn, Esche, Ulme und Linde nicht so deutlich. Lediglich die Hainbuche weist einen ähnlichen, annähernd achsenparallelen Verlauf auf (Abb. 3).

Die Bestimmtheitsmaße der Höhenkurven der einzelnen Baumarten unterscheiden sich zum Teil recht deutlich voneinander. Während bei Ahorn, Esche und Linde, mit Abstrichen auch noch bei Ulme, ziemlich enge Beziehungen zwischen Brusthöhendurchmesser und Baumhöhe bestehen, sind diese Zusammenhänge bei Eiche und Hainbuche nicht so straff ausgebildet. Die Ursache dafür ist wahrscheinlich in der sozialen Stellung der verschiedenen Baumarten im Bestandesgefüge zu suchen. Neben der Eiche sind Ahorn, Esche, Linde und Ulme in der mittleren und teilweise auch in der oberen Bestandesschicht anzutreffen, ihre mittleren Flächenalter liegen aber immer unter denen der Eiche. Sie sind also unter dem Schirm der Eichen erwachsen und gehören überwiegend der dritten, seltener der zweiten Baumklasse an. Um den altersbedingten Vorsprung der Eichen im Höhenwachstum einigermaßen

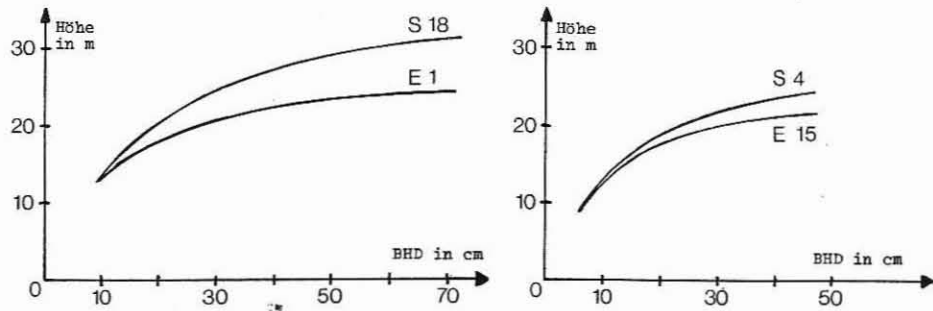


Abb. 2. Höhenkurven für die Eiche auf den Probestflächen E 1 und S 18 (ältere Bestände) sowie S 4 und E 15 (jüngere Bestände)

Fig. 2. Height curves for oak on the experimental plots E 1 and S 18 (older stands), also S 4 and E 15 (younger stands)

wetzumachen und in den vollen Lichtgenuß zu kommen, sind die Mischbaumarten gezwungen, möglichst schnell Anschluß an die oberen Bestandesschichten zu gewinnen. Jede Durchmesseränderung ist daher mit einer entsprechenden Höhenzunahme verbunden und erklärt die strafferen Beziehungen zwischen Brusthöhendurchmesser und Baumhöhe. Im Gegensatz dazu neigt die Eiche bei entsprechendem Freistand (kein direkter Seitendruck) zur Ausbildung mächtiger Kronen bei gleichzeitig nachlassendem Höhenwachstum. Diese Tendenz kommt auch dadurch zum Ausdruck, daß die Bestimmtheitsmaße bei der Baumart Eiche in gleichmäßig aufgebauten Beständen wesentlich höhere Werte erreichen als in unregelmäßig aufgebauten Beständen mit vielen Lücken in der oberen Bestandesschicht. Die niedrigeren Bestimmtheitsmaße der Hainbuche erklären sich

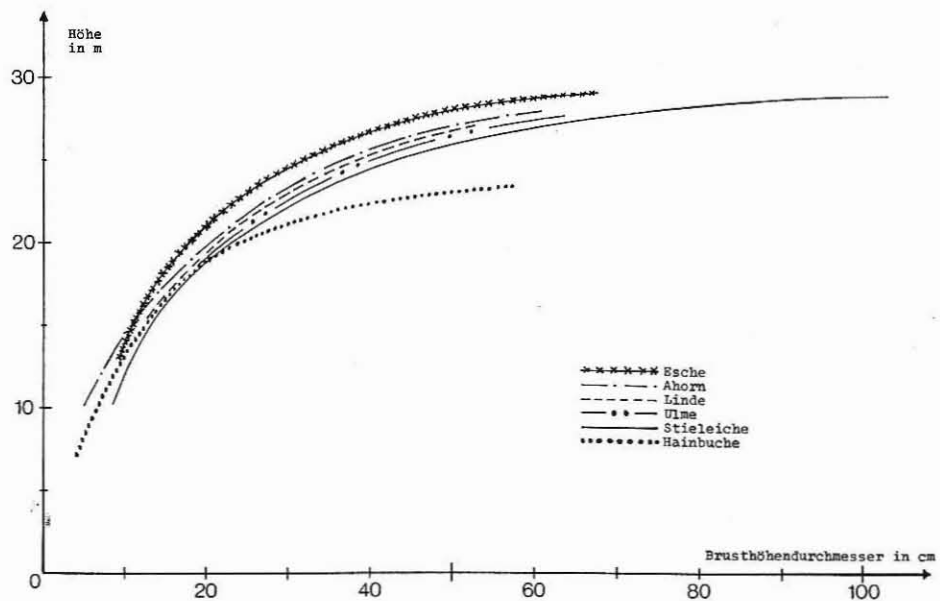


Abb. 3. Höhenkurven für die Baumarten Eiche, Ahorn, Esche, Linde, Ulme und Hainbuche für das gesamte Untersuchungsgebiet

Fig. 3. Height curves for oak, maple, ash, linden, elm, and European hornbeam for the entire research area

schon allein aus ihrer Funktion als dienende Baumart. Da es der Hainbuche kaum gelingt, in die zumeist dicht geschlossenen, höheren Bestandesschichten einzuwachsen, kann sich ihre Krone oft nur in seitlicher Richtung ausbreiten.

#### 4.5 Volumina

Bei der Volumenberechnung wurden zusätzlich zu allen derzeit auf einer Probefläche stockenden Bäume die während der letzten Jahre vor der Aufnahme entnommenen Bestandsglieder berücksichtigt. Ähnlich wie bei der Grundfläche liegt der Anteil der Eichen am Bestandesvolumen auf allen Probeflächen wesentlich höher, als ihr Anteil an der Baumzahl es vermuten läßt. Die Eichen sind immer im Hauptbestand vertreten und besitzen stärkere Durchmesser sowie größere Höhen und damit auch höhere Volumina als die Mischbaumarten. So beträgt zum Beispiel auf der Probefläche E 10 der Anteil der Eichen an der Baumzahl nur 4,6 %, an der Grundfläche immerhin 53,2 % und an der Bestandesmasse sogar 63,9 %.

Die Bestandesvolumina (Abb. 4) liegen zwischen 166,83 VfmD/ha und 541,50 VfmD/ha. Die höchsten Vorratswerte treten in unregelmäßig gestuften Eichen-Mischbeständen auf. Regelmäßig aufgebaute Eichen-Hainbuchen-Bestände weisen etwas geringere Bestandesmassen auf, die Vorräte der jüngeren Bestände liegen zwischen 166,83 VfmD/ha und 203,37 VfmD/ha.

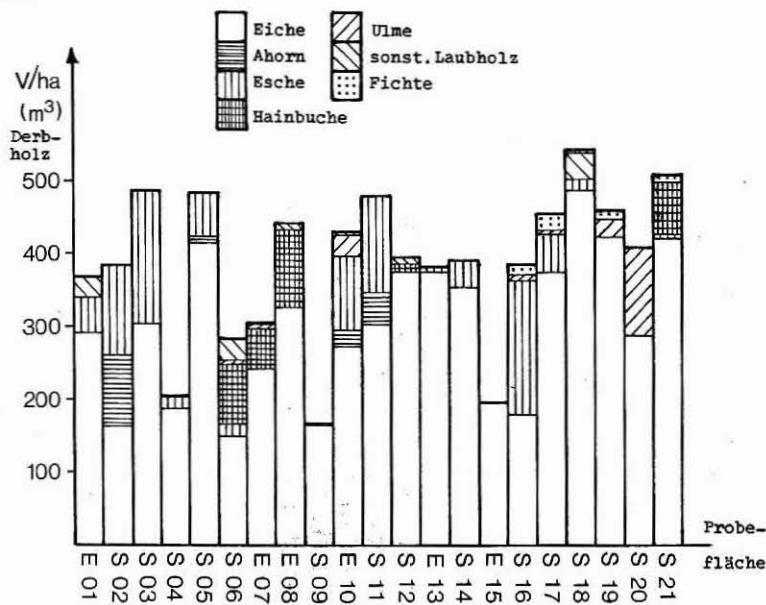


Abb. 4. Vorräte je Hektar auf den untersuchten Probeflächen

Fig. 4. Standing volume per hectare of the experimental plots

Eine unmittelbare Gegenüberstellung der Holzvorräte von Probeflächen, die verschiedenen Standortseinheiten angehören, erscheint allerdings nicht besonders sinnvoll, da die Volumenleistung eines Waldbestandes von einer Vielzahl von Faktoren entscheidend mitbeeinflusst wird und deswegen zum Vergleich in Alter, Mischung, Aufbau und Sozialstruktur ähnliche Bestände herangezogen werden müssen. Solche vergleichbaren Bestände konnten jedoch auf den unterschiedlichen Standortseinheiten nicht in ausreichender Zahl gefunden und aufgenommen werden.



#### 4.6 Zuwachsverhältnisse

Die Zuwachsauswertungen umfassen den Zeitraum von 1970 bis 1979. Die Jahrringbreiten der Eiche liegen in dieser Zuwachsperiode zwischen 0,25 mm (Minimalwert) und 5 mm (Maximalwert). In Jungbeständen erreichen die Jahrringe Breiten von 4 mm, in Eichen-Hainbuchen-Beständen von 3–4 mm, in buntgemischten, typischen Auewaldbeständen sogar 5 mm. Bei Ahorn betragen die Höchstwerte 5 mm, bei Esche und Hainbuche 4 mm, bei Ulme 3,5 mm.

Die Grundflächenzuwächse schwanken zwischen 0,30 qm/ha und 0,67 qm/ha. Sehr hohe Grundflächenzuwächse erreichen junge Eichenbestände, Eichen-Hainbuchen-Bestände mittleren Alters und urtümliche Auewaldbestände. Zuwachswerte unter 0,4 qm/ha findet man nur auf schlechteren Standorten oder in Eichenbeständen mit weitgehend fehlendem Unterstand. Die Grundflächenzuwächse der einzelnen Baumarten hängen stark von den vorhandenen Grundflächen selbst ab. Generell jedoch gilt für alle Probestandflächen mit mehreren, unterschiedlich alten Mischbaumarten, daß der Anteil des Grundflächenzuwachses von Mischbaumarten mit jüngerem mittleren Flächenalter höher ist, als es ihr Anteil an der Grundfläche vermuten läßt. Der Zusammenhang besteht demnach für Baumarten mit höherem mittleren Flächenalter in umgekehrter Weise. Diese wird besonders in zweischichtig aufgebauten Eichen-Hainbuchen-Beständen deutlich. Die unterständigen Hainbuchen sind als dienende Baumart wesentlich jünger als die hauptständigen Eichen. Sie befinden sich noch in der Vollkraftphase, die Eichen hingegen bereits in der Abschwungphase.

Zur Berechnung der Volumenzuwachswerte wurde für die Stieleiche ein eigener ih/id-Tarif entwickelt, der eine Schätzung des Verhältnisses von Höhen- zu Durchmesserzuwachs ermöglicht. Die gebräuchlichste Formel zur Berechnung von ih/id in Abhängigkeit vom Alter,

$$(ih/id) = a + b \cdot \text{Alter}$$

erbrachte bei dem vorliegenden Datenmaterial allerdings nur ein Bestimmtheitsmaß von 0,7432. Ersetzt man das Alter in dieser Funktion durch seinen Kehrwert, so erhält man für die Schätzfunktion ein Bestimmtheitsmaß von 0,9505, mithin eine zur Zuwachsberechnung ausreichend straffe Beziehung.

Die in Abschnitt 4 (Ertragskundliche Auswertungen) eingangs vorgestellten Tabellen 2/1 und 2/2 geben einen Überblick über die Zuwachsverhältnisse auf den einzelnen Probestandflächen. Die höchsten Zuwachswerte liegen bei 8 Vfm Derbholz/ha und Jahr. Sie sind in den unterschiedlichsten Bestandesformen zu finden, wie zum Beispiel in zweischichtigen Beständen oder in urtümlichen Auewaldbeständen, wo die Produktionskraft durch den mehrschichtigen Bestandaufbau optimal genutzt wird. Auf den übrigen Probestandflächen bewegen sich die Zuwachswerte meist zwischen 5,5 VfmD und 7,5 VfmD. Nur die Probestandfläche S 19, der ein produktiver Unterstand weitgehend fehlt, weist mit 4,7 VfmD einen deutlich niedrigeren Zuwachs auf. Bei den Jungbeständen zeichnet sich der Einfluß der Standortsgüte spürbar ab: Der Volumenzuwachs liegt auf der Probestandfläche S 4 (tiefgründiger, nährstoffreicher Standort) mit 7,4 VfmD wesentlich höher als auf den Probestandflächen S 9 und E 15 (flachgründiger, nährstoffarmer Standort) mit 5,5 VfmD bzw. 6,2 VfmD. In mehrschichtigen Mischbeständen liegt für Baumarten mit höherem mittlerem Flächenalter der Anteil des Volumenzuwachses am Gesamtzuwachs niedriger als ihr Anteil am Gesamtvorrat. Dies gilt besonders für die Baumart Eiche, die auf allen Flächen das höchste Durchschnittsalter besitzt. Die niedrigeren Zuwächse der Eiche werden aber durch das höhere Wachstum (gemessen am Vorratsanteil) der Mischbaumarten Ahorn, Esche, Hainbuche und Ulme mehr als ausgeglichen.

## 4.7 Qualitätsmerkmale

Die Qualitätsmerkmale der Eichen wurden auf sechs Probeflächen angesprochen. Die Ergebnisse dieser Aufnahme sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

Tabelle 3

Qualitätsmerkmale der Eiche  
Quality characteristics of oak

		E 1 Weißen- horn	E 7 Ingolstadt	E 8 Ingolstadt	E 10 Ingolstadt	E 13 Geisling	E 15 Geisling
Anzahl der Eichen auf der Probefläche		48	44	49	18	76	127
mittlere astfreie Schaftlänge (in m)		2,8	8,8	10,0	5,7	2,8	1,4
Besonderheiten der Wuchsform (in %)	keine Zwiesel	45,8	18,2	51,0	5,6	51,3	28,3
	leicht bogig bogig oder krumm	20,8	50,0	34,7	61,1	43,7	57,5
überwallte Äste (Rosen) (in %)	nicht vorhanden	8,3	18,2	24,5	27,7	7,8	— <sup>1</sup>
	in geringer Zahl in großer Zahl	27,1	54,5	44,9	66,7	21,1	— <sup>1</sup>
sonstige Schäden (in %)	nicht vorhanden	95,8	97,7	95,8	100,0	98,7	96,1
	vorhanden	4,2	2,3	4,1	—	1,3	3,9
Intensität der Wasser- reiserbildung (in %)	keine	6,90	61,11	60,66	39,13	7,78	2,74
	schwach	5,17	24,07	24,59	21,74	23,33	6,85
	mittel stark	20,69 67,24	7,41 7,41	11,48 3,28	13,04 26,09	24,56 43,33	16,44 73,97

<sup>1</sup> Keine Angabe möglich, da Jungbestand, Astreinigung erst im Anfangsstadium

Hinsichtlich der Qualitätsmerkmale bestehen große Unterschiede zwischen den einzelnen Untersuchungsbeständen. So sind die besser ausgeformten und relativ fehlerfreien Eichen naturgemäß in den gleichmäßig aufgebauten, gepflegten Beständen vorzufinden. Dort bewirken der Unterbau mit Hainbuche und die ziemlich ausgeglichene Flächenverteilung der Einzelbäume die Bildung wipfelschäftiger und qualitativ hochwertiger Eichen mit astfreien Schaftlängen zwischen 8 und 10 Metern. Wasserreiser, überwallte Aststümpfe (Rosen) und sonstige Schäden sind selten, ab und zu treten Frostrisse auf. Fehlt dagegen der für Eiche wichtige Unterbau, so leidet die Holzqualität stark. Wie wichtig der Schaftschutz für die Eiche ist, kann man am Beispiel der dreischichtig aufgebauten Probefläche E 10 (urtümlicher Auewaldbestand) sehr gut erkennen. Obwohl die Eichen vollkommen unregelmäßig über die Fläche verteilt sind und sich der Hauptschaft mangels Seitendruck bereits in relativ niedrigen Höhen in mehrere Starkäste auflöst, treten Wasserreiser und Rosen wesentlich seltener auf als auf der Probefläche E 13. Überstarker Seitendruck dagegen und wenig Kronenfreiraum begünstigen das Entstehen von teilweise außergewöhnlichen Wuchsformen. Solche Bestände werden zusätzlich durch verstärkte Wasserreiser- und Rosenbildung erheblich im Wert gemindert.

## 4.8 Verjüngungssituation

Bei der Aufnahme des Verjüngungsbestandes wurden die Bäumchen unter 1,3 m Höhe und über 1,3 m Höhe getrennt erfaßt. Auf den sehr stark vergrasten Probeflächen sind überhaupt keine Verjüngungspflanzen vorhanden. Die Pflanzenzahlen der Verjüngungsschicht (Tab. 4) liegen zwischen 1440 Pfl./ha und 100 800 Pfl./ha. Auffällig ist, daß das Auftreten



Tabelle 4  
Pflanzenzahlen der Verjüngungsschicht  
Numbers of seedlings

Nr. Probestfläche	Durchmesserstufen der Verjüngung	Baumzahl (N) der Verjüngung unter 1,3 m Höhe					Baumzahl (N) der Verjüngung über 1,3 m Höhe						Baumzahl (N) der Verjüngung/ha			
		Esche	Ahorn	Hainbuche	Eiche	Ulme	Esche	Ahorn	Hainbuche	Linde	Ulme	Eiche	Fichte	Unter 1,3 m Höhe	über 1,3 m Höhe	gesamt
E 1 Weissenhorn	1- 6	14 400	—	—	—	—	38	1	—	—	—	—	—	72 000	195	72 195
S 2 Weissenhorn	1-10	40	720	—	—	—	3	7	—	—	—	—	—	7 600	100	7 700
S 3 Dillingen	1-10	100	—	—	—	—	42	13	—	2	—	—	—	1 000	570	1 570
S 4 Dillingen	1- 3	840	—	10	—	—	2	—	16	—	—	—	—	8 500	180	8 680
S 5 Dillingen	1-10	9 760	280	—	—	—	26	14	—	—	—	—	—	100 400	400	100 800
S 6 Ingolstadt	1-10	—	—	—	—	—	2	2	62	28	—	—	—	—	940	940
E 7 Ingolstadt	1- 5	653	—	391	—	—	—	10	180	5	—	—	—	3 625	677	4 302
E 8 Ingolstadt	- <sup>1</sup>	1 614	—	207	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5 058	—	5 058
S 9 Ingolstadt	1- 5	—	—	833	—	—	—	—	630	5	9	3	—	13 883	10 500	24 383
E 10 Ingolstadt	1- 6	19 800	6 000	—	—	—	307	447	—	—	7	—	—	52 439	1 547	53 986
S 11 Ingolstadt	1-10	1 140	1 040	—	—	—	35	13	—	—	1	1	—	21 800	500	22 300
S 12 Geisling	- <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E 13 Geisling	1-10	1 382	—	—	—	—	566	—	2	—	—	—	—	3 839	1 578	5 417
S 14 Geisling	1-10	233	—	—	—	—	322	—	—	—	—	—	—	2 330	3 220	5 550
E 15 Geisling	- <sup>2</sup>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S 16 Deggendorf	1-10	660	—	—	—	100	36	—	—	—	10	—	1	6 700	470	7 170
S 17 Deggendorf	1-10	810	—	—	—	—	90	—	—	—	13	—	—	8 100	130	8 230
S 18 Graf Arco	1-10	3 580	—	—	—	—	221	—	—	23	1	—	—	35 800	2 450	38 250
S 19 Landau	1-10	60	—	—	—	—	60	—	—	—	24	—	—	600	840	1 440
S 20 Landau	1-10	1 920	—	—	—	700	43	—	—	—	17	—	—	26 200	600	26 800
S 32 Freising	1-10	5 380	—	—	19	—	15	—	19	—	—	—	2	53 990	360	54 350

16 Durchmesserstufen können nicht angehoben werden, da auf der Meßparzelle keine Verjüngung über 1,3 m Höhe vorhanden ist. -<sup>2</sup> Auf der Meßparzelle ist weder Verjüngung unter 1,3 m Höhe noch über 1,3 m Höhe vorhanden

hoher Verjüngungspflanzenzahlen nicht an das Vorhandensein lockerer oder aufgelichteter Altbestände gebunden zu sein scheint. So sind auf den Probeflächen zum Teil unter dichtstehenden Altbeständen mit die höchsten Pflanzenzahlen überhaupt vorzufinden. Im Gegensatz dazu sind auf relativ schwach bestockten Probeflächen ohne nennenswerten Grasbewuchs oftmals nur geringe Verjüngungspflanzenzahlen anzutreffen. Mitverantwortlich für das Ankommen natürlicher Verjüngung dürften neben dem Aufbau von Haupt- und Nebenbestand noch weitere Faktoren wie Bodengüte, Wasserversorgung, Vorhandensein einer starken Strauchschicht, Wilddichte usw. sein, die jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht näher untersucht werden konnten.

Hervorzuheben ist, daß bei weitem nicht alle Hauptbestandesbaumarten auf derselben Probefläche auch in der Verjüngung vorkommen. Auffallend ist dies besonders bei der Eiche, die auf allen Probeflächen mit hohen Prozentanteilen im Hauptbestand vertreten ist, in der Verjüngungsschicht jedoch selten und dann zumeist auch nur in sehr geringer Anzahl erscheint. Genau umgekehrt verhält es sich dagegen bei der Esche. Sie ist fast immer in der Verjüngung vertreten und stellt darüber hinaus oft den zahlenmäßig höchsten Anteil der Verjüngungsschicht, auch wenn sie im Hauptbestand nicht in Erscheinung tritt. Das in den meisten Fällen völlige Ausbleiben natürlicher Eichenverjüngung wirft allerdings die Frage nach dem Fortbestehen der Stieleichen-Mischbestände in ihrer heutigen Baumartenzusammensetzung auf. Als mögliche Ursachen für den Verjüngungsausfall können der erhöhte Verbißdruck und eventuell auch die standörtlich bedingte Graskonkurrenz betrachtet werden. Die sehr nährstoffreichen Aueböden neigen bereits bei geringer Auflichtung zu starker Vergrasung. Insgesamt gesehen erscheint unter den gegebenen Verhältnissen in den Auewaldgebieten nur die künstliche Verjüngung der Stieleichen hinter Zaun erfolgversprechend.

## 5 Vergleichende Beurteilung der Leistungsgrößen der Stieleichen-Mischbestände im südbayerischen Untersuchungsgebiet

Um eine bessere Vorstellung von der Leistungsfähigkeit der Stieleichen-Mischbestände im südbayerischen Untersuchungsgebiet zu gewinnen, werden ihre Höhenentwicklung sowie ihre Grundflächen- und Vorratshaltung mit den Angaben bekannter Eichen-Ertragstafeln verglichen.

### 5.1 Altershöhenkurven

Zur Darstellung der Höhenentwicklung verwendet man in der Regel Altershöhenkurven. Dabei werden die prognostizierten Höhenwuchsgänge nach Bonitäten gestaffelt über dem Alter aufgetragen. Die Entwicklung von Altershöhenkurven setzt wiederholte ertragskundliche Aufnahmen von Versuchsbeständen oder vollständige Analysen einer größeren Anzahl von Probestämmen voraus. Bei der vorliegenden Untersuchung dagegen handelt es sich um eine einmalige Aufnahme, die im wesentlichen nur Befunddaten liefern kann. Da die untersuchten Bestände jedoch eine große Altersspreitung aufweisen, wurde versucht, aus dem vorliegenden Datenmaterial eine Altershöhenkurve herzuleiten (Abb. 5). Dazu wurden die Mittelhöhen der Eichen aller Probeflächen über dem jeweiligen mittleren Flächenalter aufgetragen und durch graphischen Ausgleich die Höhenkurve gewonnen.

Vergleicht man die Übereinstimmung der Höhenentwicklung des verbleibenden Bestandes der jüngeren deutschen Eichen-Ertragstafeln von JÜTTNER 1955 und ERTELD 1962 mit der für das Untersuchungsgebiet hergeleiteten Altershöhenkurve, so zeigt sich, daß keine der gebräuchlichen Ertragstafeln den speziellen Wachstumsverhältnissen in den Auewaldgebieten Südbayerns gerecht wird. Während die Höhenfächer nach JÜTTNER und ERTELD (Abb. 5) im unteren Bereich – bis etwa Alter 80 – zu langsame Anstiege aufweisen, kehrt sich dieses Bild in den oberen Altersklassen um. Die für das Untersuchungsgebiet gültige Altershöhenkurve flacht dann rascher ab als die Kurven der beiden Ertragstafeln.

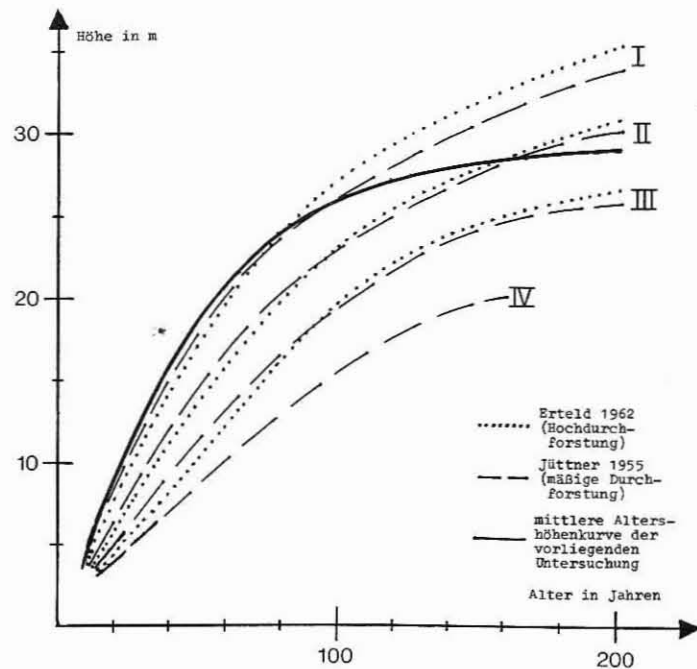


Abb. 5. Vergleich der mittleren Altershöhenkurve der Stieleiche im Untersuchungsgebiet mit den Höhenfächern (Mittelhöhen) der Eichen-Ertragstafeln von JÜTTNER (1955) und ERTELDT (1962)

Fig. 5. Comparison of the mean height-over-age curve of pedunculate oak for the research area, and mean heights of the oak yield tables by JÜTTNER (1955) and ERTELDT (1962)

Eine Ursache dafür mag in den im höheren Alter durchweg etwas lockerer aufgebauten Beständen liegen, deren Oberschicht zudem noch durch eine bunte Mischung mehrerer Baumarten gekennzeichnet ist. In solchen Beständen entwickelten die Eichen im Oberstand aufgrund mangelnden Seitendruckes weitausladende Kronen bei gleichzeitigem Nachlassen des Höhenwachstums. Konsequenterweise durchgeführte Pflegemaßnahmen unter Beibehaltung eines für Eiche optimalen Kronenschlusses würden sicherlich auch unter den in den südbayerischen Auewaldgebieten gegebenen Wachstumsbedingungen zu einem höheren Niveau der Höhenkurve in den oberen Altersklassen führen.

## 5.2 Grundflächen- und Vorratshaltung

Im folgenden werden Grundflächen- und Vorratshaltung (Abb. 6) der Untersuchungsbestände mit den Werten der in Deutschland gebräuchlichen Ertragstafeln von SCHWAPPACH-WIEDEMANN (1949), JÜTTNER und ERTELDT verglichen. Schwierigkeiten bereitete dabei vor allem die Festsetzung des mittleren Flächenalters, sofern der Hauptbestand auf einer Probefläche von mehreren Baumarten mit unterschiedlichen mittleren Altern gebildet wird. Als mittleres Flächenalter wurde schließlich in allen Fällen das mittlere Flächenalter der Eichen auf den jeweiligen Probeflächen angenommen.

Die Grundflächenhaltungen der untersuchten Bestände liegen zumeist über dem Niveau der ersten Bonitäten der zum Vergleich herangezogenen Eichen-Ertragstafeln. Bei der Vorratshaltung dagegen schneiden die Untersuchungsbestände nicht mehr ganz so günstig ab. Die Vorräte einiger Probeflächen liegen sogar noch weit unter den Vorratsgrößen der ersten Bonität von SCHWAPPACH-WIEDEMANN. (Dieser Ertragstafel liegt eine starke Durch-

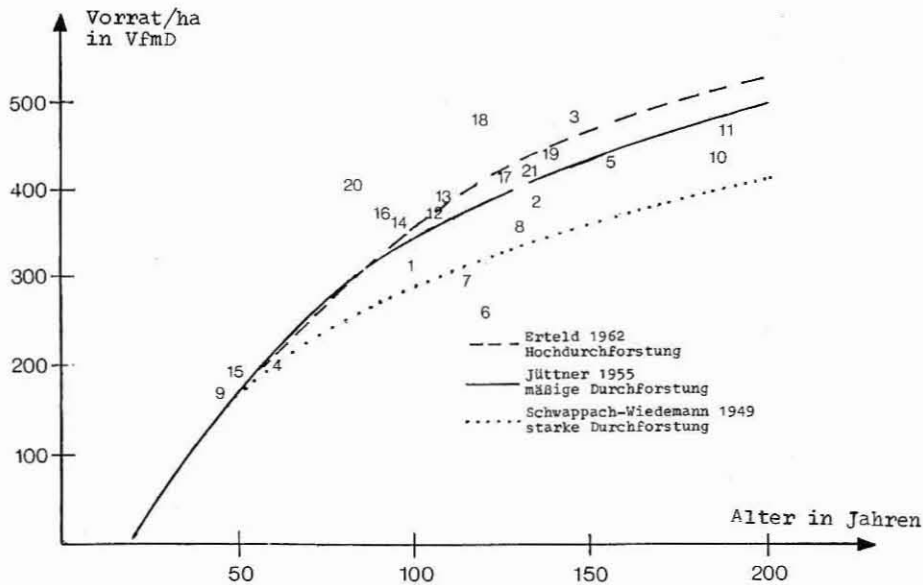


Abb. 6. Vorratshaltung der Stieleichen-Probeflächen (Angabe der jeweiligen Probeflächennummer) im Vergleich mit den Vorratskurven (verbleibender Bestand) für die ersten Bonitäten deutscher Eichen-Ertragstabellen

Fig. 6. Standing volumes on the pedunculate oak experimental plots (the respective plot numbers are indicated), compared with the volume curves (residual stand) for the best site quality classes of German oak yield tables

forstung zugrunde, daher erklären sich auch die im Vergleich zu den Tabellen von JÜTTNER und ERTELD geringeren Grundflächen- und Vorratshaltungen.) Das relative Absinken der Vorratshaltung gegenüber der Grundflächenhaltung ist auf den andersartigen Höhenwachstumsgang der Stieleiche in den südbayerischen Auewäldungen zurückzuführen, der in der Jugendphase ziemlich rasch verläuft, um im späteren Alter stark nachzulassen. Außerdem ist die Berechnung des Bestandesvolumens mit größeren Ungenauigkeiten verbunden als die Ermittlung der Grundfläche, da in einigen Untersuchungsbeständen die Eichen bereits in relativ geringen Höhen zur Auflösung des Hauptschaftes in mehrere Starkäste neigen. Zur Berechnung des Astholzvolumens sind die verwendeten Formzahlansätze jedoch nur bedingt brauchbar. Bei einer vergleichenden Beurteilung der Wuchsleistung der Stieleichen-Mischbestände in den Auewäldgebieten Südbayerns erscheint daher die Grundflächenhaltung als ein besser geeigneter Weiserwert.

### Zusammenfassung

In den südbayerischen Auewäldgebieten wurden in Stieleichen-Mischbeständen 21 Probeflächen angelegt. Die Untersuchungen konzentrierten sich auf den Donaauraum und die Unter- und Mittelläufe der großen Alpenflüsse.

Eine intensive Standortserkundung führte zur Ausscheidung von drei Standortseinheiten mit deutlichen Unterschieden in Humusgehalt, Feuchte, Gründigkeit und Wasserspeicherkapazität.

Die Auswertung der ertragskundlichen Aufnahmedaten vermittelte einen ersten Einblick in Struktur, Wachstum und Verjüngungsgang der Stieleichenbestände und ermöglichte die Angabe erster konkreter Leistungsdaten. Dabei überraschte vor allem die Wuchskraft der untersuchten Bestände. So waren Grundflächen bis zu 37 qm/ha und Vorräte bis

zu 541 VfmD/ha in unregelmäßig gestuften Eichen-Mischbeständen und in Eichen-Hainbuchenbeständen zu finden. Auch die hohen Zuwachswerte bis zu 8 VfmD/ha bei mittleren Bestandesaltern von über 150 Jahren weisen auf die außerordentliche Vitalität der Auewaldbestände hin. Bei der Höhenentwicklung allerdings fällt die vergleichsweise frühe Abflachung der Kurvenverläufe auf. Dies gilt insbesondere für die Stieleiche und die unterständige Hainbuche.

Ein Vergleich der Wuchleistung der Stieleiche im Untersuchungsgebiet mit neueren deutschen Eichen-Ertragstabellen unterstreicht ebenfalls die hohe Leistungsfähigkeit der Stieleichen-Mischbestände, die bei der Grundflächenhaltung noch deutlicher in Erscheinung tritt als bei der Vorratshaltung.

Die Analyse der Verjüngung zeigt, daß die Mischbaumarten, allen voran die besonders vitale Esche, häufig in der Verjüngungsschicht vorzufinden sind. Die Eiche dagegen tritt nur selten und dann auch nur in sehr geringer Zahl in der Verjüngungsschicht auf. Eine gesicherte Verjüngung der Eiche läßt sich auf den untersuchten Standorten wahrscheinlich nur künstlich und hinter Zaun realisieren.

### Summary

#### *Growth and yield characteristics of mixed stands of pedunculate oak, on sites affected by groundwater, in the bottomland forests of southern Bavaria*

Twenty-one experimental plots were installed in mixed stands of pedunculate oak growing in the bottomlands of southern Bavaria. Research was concentrated on the Danube area, and on the central and lower courses of the major Alpine Rivers.

Thorough investigation of site conditions resulted in the recognition of three site units with distinct differences in humus content, soil moisture, soil depth, and water-holding capacity.

Analysis of the data taken resulted in preliminary information on structure, increment pattern, regeneration, and growth and yield of the pedunculate oak stands. Vigorous growth is indicated by stand basal areas of up to 37 m<sup>2</sup>/ha and standing merchantable volumes of up to 541 m<sup>3</sup>/ha, both in mixed oak stands with an irregular crown canopy, and in such with an admixture of European hornbeam. High periodic annual gross increment of up to 8 m<sup>3</sup>/ha in middle-aged stands that are more than 150 years old, too, is an indication for the vigor of these bottomland forests. In regard to the course of height growth, however, a relatively early flattening of the curves can be noticed, especially with pedunculate oak and lower-story European hornbeam.

The high growth potential of the mixed stands of pedunculate oak in the research area becomes also evident when growth and yield data from here are compared with those of more recent German oak yield tables, although this applies more to residual basal area than to standing volume.

Analysis of the regeneration shows that the admixed tree species, above all the especially vigorous ash, are present frequently in contrast to oak which also appears only in very small numbers. Regeneration of oak on the investigated sites can probably be secured only artificially, and inside a fence.

### Literatur

- Arbeitskreis Standortskartierung, 1978: Forstliche Standortsaufnahme, 3. Aufl. Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag GmbH.
- ASSMANN, E., 1961: Waldertragskunde. München-Bonn-Wien: BLV Verlagsgesellschaft.
- EDER, R., 1981: Auwald in Bayern. Nationalpark, H. 31, S. 22-24.
- ELLENBERG, H., 1963: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Stuttgart: Ulmer.
- ERTELD, W., 1962: Wachstumsgang und Vorratsbehandlung der Eiche im norddeutschen Diluvium. Archiv für Forstwesen, B. 11, S. 1155-1176.

- FOERST, K.; KREUTZER, K., 1978: Forstliche Wuchsgebietsgliederung Bayerns (Karte), Maßstab 1:1 000 000. Hrsg. Bayer. Staatsmin. f. Ernähr., Landw. und Forsten, München.
- KRAHL-URBAN, J., 1959: Die Eichen. Hamburg und Berlin: Paul Parey.
- PETTERSON, H., 1955: Die Massenproduktion des Nadelwaldes. Forstl. Forschungsanstalt Schweden.
- REUTER, L., 1927: Abriß der Geologie von Bayern IV. München: Oldenbourg.
- RÖHLE, H., 1982: Struktur und Wachstum von Stieleichen-Mischbeständen auf grundwasserbeeinflussten Standorten in den Auewaldgebieten Südbayerns. Forstliche Forschungsberichte, H. 52. München.
- SEIBERT, P., 1968: Übersichtskarte der natürlichen Vegetationsgebiete von Bayern mit Erläuterungen, Maßstab 1:500 000. Schriftenreihe für Vegetationskunde, H. 3. Bad Godesberg.
- SCHÖBER, R., 1975: Ertragstabeln wichtiger Baumarten. Frankfurt am Main: Sauerländer.
- SCHUSTER, M., 1923: Abriß der Geologie von Bayern III. München: Oldenbourg.
- WIEDEMANN, E., 1949: Ertragstabeln der wichtigen Holzarten. Hannover: Schaper.

*Anschrift des Verfassers:* Dr. HEINZ RÖHLE, Lehrstuhl für Waldwachstumskunde der Universität München, Amalienstr. 52, 8000 München 40