

**AUFBAU,  
WACHSTUM UND REAKTIONSVERMOEGEN  
VON  
UNTERDRUECKTEN ESCHENVERJUENGUNGEN**

von

**Van Miegroet M. und Lust N.\***

Die Esche (*Fraxinus excelsior* L.) wird üblicherweise als Lichtbaumart angesprochen.

Dengler (2) hat jedoch in 1944 schon darauf hingewiesen, dass die Esche in der Jugendphase "ausserordentlich schattenfest" ist und unter anscheinend ungünstigen Lichtbedingungen aufwachsen kann und dem Schattendruck gut widersteht.

Weck (11) meint, dass die "lichtbedürftige" Esche sich im Nord Deutschen Tannengebiet bis in der Mitte des 19. Jahrhunderts auf den verschiedensten Standorten sehr "tannenähnlich" benommen hat. Auf mehreren tausenden von Hektaren hat sie sich leicht verjüngt in gemischten Beständen mit, seiner Auffassung nach, ausgesprochener Plenterstruktur.

Aus eigenen Untersuchungen über die Struktur von Eschenverjüngungen im Schweizerischen Mittelland, zwischen 1949 und 1953 durchgeführt unter Leitung von Prof. Leibundgut vom Institut für Waldbau E.T.H., geht ebenso hervor, dass die Esche nicht als eine Lichtbaumart im üblichen Sinne zu betrachten ist (8).

Zuerst wurde wiederholt beobachtet, dass die Esche sich sehr leicht spontan verjüngt unter einem dichten Fichtenaltholzschirm (*Picea abies* L.) auf Standorten des Querceto-Carpinetum und des Acereto-Fraxinetum bei Höhenlagen zwischen 400 und 900 m. ü.M. Der Eschenanflug tritt meistens auf wenn noch keine Sämlinge der relativ schattenfesten Fichte vorhanden sind.

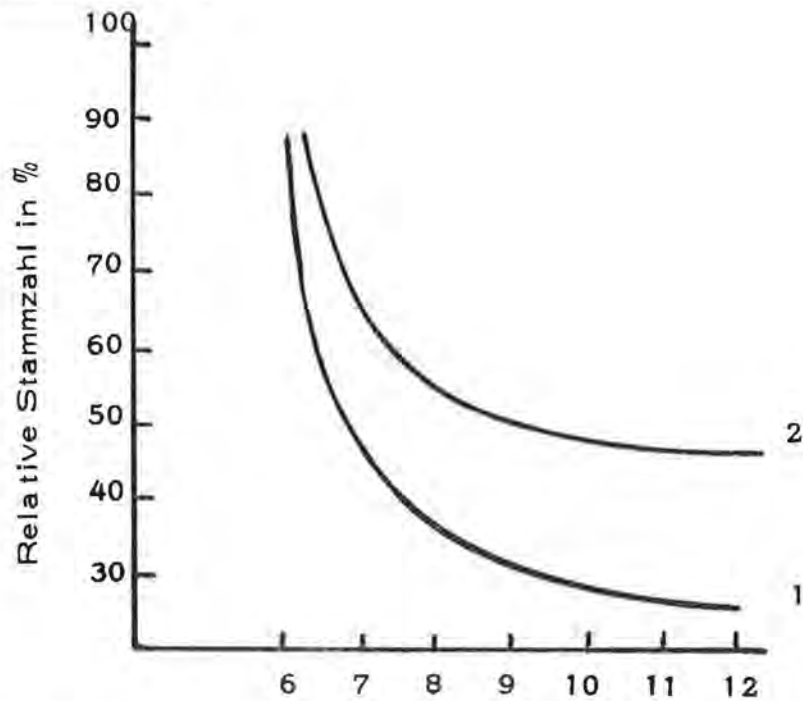
Auch die natürliche Stammzahlabnahme in gemischten Dickungen von Esche, Stieleiche, Bergahorn und Buche zeigt dass die Gesamtstammzahl schneller vermindert als die Eschenstammzahl. (Fig. 1).

---

\* Lust N: Aangesteld Navorsers bij het Belgisch Nationaal Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek.

Fig. 1

Stammzahlabnahme in gepflegten und in nicht gepflegten Dickungen bei zunehmendem Alter



1 = Totale Stammzahl in ungepflegten Dickungen  
2 = Eschenstammzahl in ungepflegten Dickungen

Weiter hat die Analyse vom Altersaufbau der Eschendickungen zur Feststellung geführt, dass die Esche nicht in einem einzigen Ansamungsjahr die Verjüngungsfläche besiedelt, wie von einer Lichtbaumart mit Pioniercharakter zu erwarten wäre, sondern dass die aktive Verjüngungsperiode 3 bis 15 Jahre dauern kann.

Aus dem Studium des Höhenwachstums von gemischten Verjüngungsgruppen kann weiter geschlossen werden, dass die Esche in der Jugend langsamer wächst als Eiche, Bergahorn und Schwarzerle. (Tab. 1).

TABEL 1

Hohenwachstum (in cm) der Esche in Mischung mit andern Baumarten  
(Messungen nur in Oberschicht)

Alter in Jahren	Prozent Esche im Oberschicht	Esche		Bergahorn	
		Anzahl	Mittelhöhe in cm	Anzahl	Mittelhöhe in cm
2	81,0	17	189	4	263
4	58,8	17	281	7	406
2	88,9	24	200	3	280
4	81,0	17	387	4	426
5	55,6	5	361	4	499
6	26,4	4	349	4	445
5	71,4	5	201	2	206
6	57,1	4	264	3	355
		Esche		Schwarzerle	
		Anzahl	Mittelhöhe in cm	Anzahl	Mittelhöhe in cm
4	63,2	12	367	7	426
5	87,5	14	391	2	575
10	76,9	10	690	3	593
		Esche		Stieleiche	
		Anzahl	Mittelhöhe in cm	Anzahl	Mittelhöhe in cm
8	71,4	10	375	4	389
7	33,3	4	341	8	396
7	33,3	5	486	10	441
5	62,5	5	202	3	277

Diese ersten Erfahrungen, hauptsächlich waldbaulicher Art, haben dazu veranlasst die Esche miteinzubeziehen in Untersuchungen über die Transgression der Lichtstrahlung durch die Blätter verschiedener Laubbaumarten (9).

Die Messung der Beleuchtungsstärke vom durchfallenden Licht, ausgehend von einer 3.200 Lux starken weissen Kunstlichtquelle und nach Interzeption durch die Blätter ( $N = 50 \times 4$  Messzeitpunkte) von im Freien aufgewachsenen Bäumen, zeigt, dass die Esche, nach dem üblichen Masstab, zu klassifizieren ist zwischen den Extremen gebildet durch Buche und Schwarzerle. (Tab. 2).

TABEL 2

Lichtstärke (in Lux) des durchfallenden weissen Lichtes  
(Kunstlichtquelle = 3.200 Lux)

Art	Juni	Juli	August	September	Durchschnittswert f.d. Periode
	n = 50				N <sub>p</sub> = 200
Buche	670	432	250	314	417
Hagebuche	522	408	251	191	343
Stieleiche	621	301	202	200	331
Esche	425	326	200	182	283
Ahorn	434	309	160	143	261
Birke	341	278	170	151	235
Schwarzerle	388	260	149	133	232
Total	506	338	209	190	311
	N <sub>s</sub> = 450				

Die Messung der Durchlässigkeit der Blätter gegenüber Strahlungen aus verschiedenen Teilgebieten des Lichtspektrums zeigt aber, dass die Esche als eine relative Schattenbaumart reagiert gegenüber der blauen Lichtstrahlung (hohe Durchlässigkeit), jedoch als eine relative Lichtbaumart gegenüber roten, gelben und grünen Strahlungen (niedrige Durchlässigkeit). (Tab. 3).

TABEL 3

Oben: Intensität des durchfallenden Lichtes aus verschiedenen Teilgebieten des Spektrums herköntig (Durchschnittswerte in Lux für die gesamte Vegetationsperiode)

Unten: Lichtintensität in % der Lichtintensität von der Kunstlichtquelle

Baumarten	Weiss	Rot	Gelb	Grün	Blau
Buche	417	1,833	42,76	24,64	0,391
Hagebuche	343	1,543	35,47	20,53	0,337
Stieleiche	331	1,562	33,60	18,97	0,352
Esche	283	1,295	27,44	17,09	0,279
Ahorn	261	1,240	25,41	15,49	0,183
Birke	235	1,197	22,69	14,54	0,187
Schwarzerle	232	1,187	22,86	14,17	0,125
Buche	13	15	13	18	4
Hagebuche	11	13	10	15	3
Stieleiche	10	13	10	14	4
Esche	9	11	8	12	3
Ahorn	8	10	7	11	2
Birke	7	10	7	10	2
Schwarzerle	7	10	7	10	1

Aus dem Vergleich der Aufnahmen an verschiedenen Zeitpunkten ist ausserdem zu schliessen, dass die Intensität der durchfallenden Lichtstrahlung bei bestimmten Baumarten (Buche, Esche, Birke) verhältnismässig wenig ändert im Laufe der Wachstumsperiode und bei andern Baumarten stark zurückläuft. (Tab. 4).

TABEL 4

Prozentwerte der Intensität des durchfallenden Lichtes am Ende der Vegetationszeit (September) bezogen auf die übereinstimmenden Werte für Juni

Baumarten	Weiss	Rot	Gelb	Grün	Blau
Buche	47	51	43	43	37
Hagebuche	37	41	31	36	30
Stieleiche	32	33	27	34	29
Esche	43	51	38	40	47
Ahorn	33	40	29	32	33
Birke	44	50	40	44	40
Schwarzerle	34	38	30	33	23
Total	38	41	33	37	32

Die Gruppierung vollzieht sich nicht nach dem anerkannten Lichttemperament der Baumarten : Es treten geringe Aenderungen auf sowohl bei Baumarten üblicherweise als Schattenbaumart angesprochen wie Buche als bei sogenannten Lichtbaumarten wie Birke und Esche. Die Esche weist den höchsten relativen Restwert aller untersuchten Baumarten auf gegenüber der blauen Lichtstrahlung ( $\lambda_{\max} = 440 \text{ nm}$ ). Diese Beobachtungen veranlassen den relativen Lichtcharakter einer Baumart anzunehmen und die Begriffe "photolabile" und "photostabile" Baumart einzuführen.

Aus den verschiedenen Beobachtungen und Erfahrungen ist die Ueberzeugung gewachsen, die Esche als eine anpassungsfähige aber photostabile Baumart zu betrachten im Gegensatz zur photolabilen Eiche und zur verhältnismässig wenig photoreaktiven Buche.

### 1. Die Charakterart von unterdrückten Eschenverjüngungen

Die Möglichkeit einer tiefgehenden Konfrontation von Auffassungen, formuliert auf Grund von Laborerfahrung, mit einem gegebenen Realzustand im Freien, wurde geboten durch die Analyse von spontanen Eschenverjüngungen im Gebiet von Virelles.

Waldgebiet :	Virelles/Hainaut (Belgien)
Höhenlage :	245m ü.M.
Exposition :	N-exponierte Hanglage
Pflanzengesellschaft :	Quercetum atlanticum
Waldtyp :	Ehemaliger Mittelwald. Laubmischwald
Bodentyp :	Kalkreiche Braunerde
Durchschnittliche Jahrestemperatur :	8,0-8,5° C
Jahresniederschlagsmenge :	1000 mm

Es handelt sich um gemischte und unbehandelte Eschenverjüngungen unter einem dichten Altholzschirm von Eiche, Ahorn und Buche. Die Verjüngungsgruppen setzen sich zusammen aus :

Esche	43 %
Bergahorn	50 %
Feldahorn	2 %
Buche	4 %
Verschiedene	1 %

Die Eschen in dieser Verjüngung sind 4 bis 36 Jahre alt; sie wurden nicht freigestellt oder waldbaulich gepflegt; sie haben bei einem durchschnittlichen Alter von 18 Jahren nur eine Durchschnittshöhe von 29 cm erreicht und einen durchschnittlichen Stammdurchmesser von 3 bis 6 mm.

Das Ueberlebensphänomen während der Jugendphase und unter schwierigen Umweltsbedingungen einer sogenannten Lichtbaumart wie die Esche war an sich erforschenswert. Für die Analyse dieser Verjüngung wurden 7 versuchsparzellen von je 4 m<sup>2</sup> verwendet.

Anschliessend wurden Untersuchungen über die Reaktionsfähigkeit dieser langfristig unter dichtem Oberschirm aufgewachsenen Pflanzen durchgeführt.

### 1.1. Die Stammzahlverhältnisse

Die Stammzahlanalyse zeigt folgende Merkmale der Verjüngung (Tab. 5). :

**TABELLE 5**  
**Stammzahlverteilung nach Altersklassen (N pro Ar)**

Altersklasse	5	8	11	14	17	20	23	26	29	32	35	Σ
N/Ar	7	57	82	368	346	268	157	89	29	7	4	1414
%	0,5	4,0	5,8	26,0	24,5	19,0	11,1	6,3	2,1	0,5	0,3	

**TABELLE 6**  
**Hypothetische Stammzahlen (N/Ar) im Alter von 4 Jahren und hypo-**  
**thetische Anfangsstammzahl der heutigen Altersklassen**

Altersklasse	5	8	11	14	17	20	23	26	29	32	35	Σ
Hypothetische Stammzahl im Alter von 4 Jahren (N/Ar)	9	93	187	1197	1513	1598	1352	1022	496	216	214	7897
Hypothetische Anfangsstammzahl (N/Ar)	180	1860	3740	23940	30260	31960	27040	20440	9920	4320	4280	157940

1. Heutzutage sind noch 141.400 Pflanzen pro Ha vorhanden; die Altersklasse 13 bis 15 J. ist mit 36.800 Pflanzen pro Ha oder 26 % der Gesamtstammzahl am stärksten vertreten; es kommen noch 13.100 Pflanzen pro Ha von über 25 Jahre vor und die niedrigste Altersklasse 5 (4 bis 6 J.) ist nur mit 0,5 % an der Gesamtstammzahl beteiligt.
2. Die maximale Altersvariationsbreite innerhalb der Verjüngung beträgt 32 Jahre. Das durchschnittliche Alter liegt jedoch bei 17,6 J. ( $s = 4,9$ ). Die aktive Verjüngungsperiode dauert also über 20 Jahre ( $17,6 \text{ J.} \pm 2,4,9$ ). Die Pflanzen von 8 bis 27 Jahren vertreten 96,6 % der Gesamtstammzahl.

Die Pflanzen, über 27 Jahre alt sind daher als "Vorverjüngung" zu bezeichnen (2,9 % der Stammzahl) und diejenigen jünger als 7 Jahre (0,5 % der Stammzahl) als "Nachverjüngung."

Die Stammzahl bei diesem Alter sind eindrucksvoll für eine als "lichtbedürftig" angesprochene Baumart wie die Esche. Sie weisen eine Altersklassenverteilung auf, die durch kontinuierliche Ansammlung unter Schirm während einer Periode von über 29 Jahren entstanden ist.

Es ist dabei zu betonen, dass die Esche selber nur mit 43 % am Aufbau der Verjüngung beteiligt ist, so dass die Gesamtstammzahl eigentlich 325.000 Pflanzen pro Ha beträgt.

In der Verjüngung wurde bei diesem fortgeschrittenen Alter auch noch immer eine rege Stammzahlabnahme beobachtet: zwischen Oktober 1966 und Oktober 1967 starben 8,6 % der Eschensämlinge ab durch natürliche Ausscheidung und von 1967 bis 1968 nochmals 15,5 %.

Diese Zahlen sind bedeutungsvoll indem es sich handelt um ältere Pflanzen und die Konkurrenz bekanntlich am stärksten einwirkt während der Jugendstadien.

In früheren Untersuchungen von Eschenverjüngungen betrug die Verminderung fast 50 % zwischen dem 6. und dem 8. Lebensjahr (8).

In Buchenjungwüchse beobachtete Kurth (4) eine Stammzahlverminderung mit 75 % während des ersten und zweiten Lebensjahres. In England stellte Bolton (1) eine Abnahme mit 98 % fest im ersten Lebensjahr.

Wenn daher mit einer durchschnittlichen jährlichen Stammzahlabnahme von 12 % ab dem 4. Lebensjahr gerechnet wird, sowie mit einer globalen Verminderung von 95 % während der ersten vier Wuchsjahre, lässt sich die initiale Stammzahl jeder Altersklasse leicht ableiten (Tab. 6).



Auf Grund dieser Berechnungen ist anzunehmen, dass über 15.000.000 Eschen pro Ha und insgesamt über 35.000.000 Pflanzen pro Ha am Aufbau der Verjüngung beteiligt waren.

Diese Sämlinge waren selbstverständlich nie gleichzeitig anwesend, aber die berechnete potentielle Stammzahl ist doch sehr einleuchtend mit Rücksicht auf Besamungsintensität und Dynamik der Verjüngungsphase.

Bedeutungsvoll ist auch die lange Dauer der Verjüngungsperiode unter recht schweren Ueberschirmungsbedingungen. Sie beweist die "Schattenfestigkeit" der Esche in der Jugend und die gute Ausnutzung der beschränkt zugeführten Lichtstrahlungsenergie.

Das bestimmt ein Ueberlebensphänomen vorliegt, wird bewiesen durch den beschränkten Ausmass des Wachstums (Tab. 7, Tab. 8).

Die erreichte Höhe wechselt zwischen 6 und 75 cm und beträgt durchschnittlich nur 28,9 cm übereinstimmend mit einem jährlichen Höhenzuwachs von durchschnittlich 1,64 cm. (60 % der Sämlinge sind kleiner als 30 cm und nur 8 % höher als 50 cm).

Für eine berechnete Oberhöhe von 56 cm (Durchschnitt der höchsten Pflanzen, die 10 % der Stammzahl vertreten) folgt hieraus eine Stratifikation, die mit einem Verhältnis 1 : 2 zwischen Oberschicht und Mittelschicht als normal zu betrachten ist.

Schicht	Begrenzung	Anteil (%)
Oberschicht	$> \frac{2H}{3}$ oder $> 37$ cm	25 %
Mittelschicht	$> 19$ cm ( $\frac{H}{3}$ ) und $< 37$ cm ( $\frac{2H}{3}$ )	50 %
Unterschicht	$< \frac{H}{3}$ oder $< 19$ cm	25 %

Diese Art der Stratifikation beweist, unter Mitberücksichtigung der schon erlittenen Stammzahlverluste, dass die waldbauliche Behandlung sich in der Jugendphase auf die Oberschicht konzentrieren muss und dass frühzeitig mit der Pflege anzufangen ist.

Im gleichen Sinne ist auch die Verteilung der Durchmesserklassen zu interpretieren. Mit einer Variationsbreite von 1 bis 10 mm, beträgt der durchschnittliche Pflanzdurchmesser 3,81 mm, übereinstimmend mit einem durchschnittlichen Durchmesserzuwachs von nur 0,22 mm pro Jahr.

Bemerkenswert ist aber, dass die Durchmesserklassenverteilung als "normal" zu betrachten ist, wie zum Vorschein tritt aus dem Vergleich der aktuellen Stammzahlkurve mit einer hypothetischen Normalverteilung von einem Gradationskoeffizienten  $q = 1,6$  ausgehend (Fig. 2).

TABELLE 7

Stammzahlverteilung nach Höhenklassen (N/Ar)

Höhenklasse	8	13	18	23	28	33	38	43	48	53	58	63	68	73	$\Sigma$
N/Ar	21	186	246	214	196	132	146	100	64	57	25	11	7	7	1412
%	1,5	13,2	17,4	15,2	13,9	9,3	10,3	7,1	4,5	4,0	1,8	0,8	0,5	0,5	

TABELLE 8

Stammzahlverteilung nach Durchmesserklassen (cm)

Durchmesserklasse	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\Sigma$
N/Ar	114	432	307	271	157	71	32	11	14	4	1413
%	8,1	30,6	21,7	19,2	11,1	5,0	2,3	0,8	1,0	0,3	

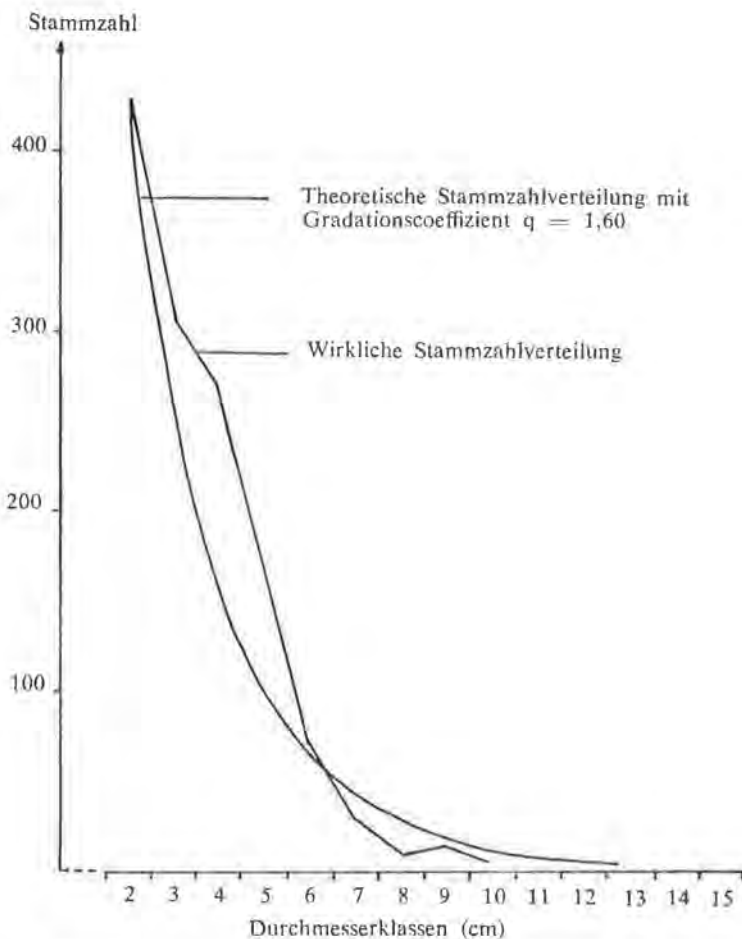


Fig. 2 : Die Stammzahlverteilung nach Durchmesserklassen

Die üblicherweise als Lichtbaumart angesprochene Esche hat sich in Virelles sehr üppig und spontan verjüngt unter einen dichten Oberschirm und in intimer Mischung mit konkurrenzfähigen Baumarten.

Die Verjüngungsperiode dehnt sich über mehr als 20 Jahre aus.

Die inhärente Vitalität und die grosse Konkurrenzkraft der Esche, wahrscheinlich auf effiziente Energieausbeute zurückzuführen, äusern sich, bei stark reduziertem Wachstum, durch das Ueberlebungsphänomen.

Das es sich hier handelt um ausgeglichene Wuchsstockungen, die den Charakter eines allgemein zurückgehaltenen Wachstums besitzen, wird durch den normalen Strukturaufbau der Verjüngungsgruppen bewiesen.

## 1.2. Die Strukturverhältnisse

Aus der Strukturanalyse der Eschenverjüngung von Virelles treten zwei Tatsachen zum Vorschein :

1° Zwischen dem Baumalter (A) und der erreichten Baumhöhe (H) besteht eine positive und statistisch stark gesicherte Korrelation :

$$A = 12,59 + 0,17 H \quad r = 0,98 \quad t = 15,42^{***}$$

2° Zwischen den sozialen Gruppen (Schichten, Strata) liegen bedeutende Altersunterschiede vor, vor Allem zwischen den dominierenden Elementen (Oberes Stratum, Oberschicht) und dem Understand (Unterschicht) (Tab. 9).

TABELLE 9

Durchschnittliches Alter in J. pro Stratum oder soziale Klasse

Stratum	N/Ar	Durchschnittliches Alter	s	s %	t-Wert
Oberhöhe/cm	141	21,4	2,3	11	0/M 29,61 <sup>***</sup>
Oberes Stratum	359	20,5	1,7	8	0/U 56,93 <sup>***</sup>
Mittleres Stratum	698	17,6	1,4	8	M/U 35,50 <sup>***</sup>
Unteres Stratum	355	14,7	0,9	6	

Dies führt zur einfachen Folgerung dass die älteren Pflanzen im allgemeinen Sinne auch die höchsten sind und dass die soziale Position weitgehend durch das Alter bestimmt wird : die ersten Phasen der Verjüngung liefern die Mehrzahl der dominierenden Elemente.

Dass recht wenig mit einer sozialen Promotion der unteren Schichten zu rechnen ist (aufsteigende Entwicklungsbewegung), wird zusätzlich bewiesen durch die vorliegende Korrelation zwischen dem jährlichen Höhenzuwachs pro Höhenklasse  $Z_{AH}$  (cm) und der durchschnittlichen Höhe der Bäume H (cm) aus der zutreffenden Höhenklasse :

$$Z_{AH} = 0,531 + 0,036 H \quad N = 10 \quad r = 1,00 \quad t = 28,13^{***}$$

Daraus ergibt sich als Gesamtbild, dass die älteren Verjüngungsphasen nicht nur die dominierende Stellung in der Verjüngung einnehmen, sondern auch dass ihre Dominanz mit zunehmendem Alter immer deutlicher wird.

Dies ist von Bedeutung für die Waldpflege, indem dadurch gezeigt wird, dass die soziale Promotion von dominierten Elementen nur beschränkt bewirkt werden könnte im vorliegenden Fall.

Andererseits muss darauf hingewiesen werden, dass die Schichtung nicht nach einem einfachen Schema verläuft, obwohl die

Altersunterschiede zwischen den Schichten eine Wirklichkeit sind. Innerhalb jeder Höhenklasse kommen grosse Altersunterschiede von 17 bis 29 Jahren vor (Tab. 10) und der jährliche Höhenzuwachs wird grösser mit zunehmendem Wert der Höhenklasse.

**TABELLE 10**

**Durchschnittliches Alter (J) und jährlicher Höhenzuwachs (cm) pro Höhenklasse**

Höhenklasse	N/Ar	Durchschn. Alter	s	Variationsbreite(j)	Durchschn. jährl. Höhenzuwachs (cm)
13	186	14,6	3,9	20	0,89
18	247	15,3	3,6	24	1,18
23	215	16,7	4,5	29	1,38
28	197	18,0	4,2	20	1,55
33	134	18,9	4,8	23	1,74
38	146	20,0	3,9	17	1,90
43	100	19,4	3,9	20	2,21
48	64	21,5	5,8	23	2,24
53	57	22,0	5,6	23	2,41
58	26	22,4	5,2	17	2,59

Auch die durchschnittliche Baumhöhe der älteren Pflanzen liegt höher, aber innerhalb jeder Altersklasse ist die Höhenvariation sehr gross.

Das jährliche Wachstum ist am stärksten in den jüngeren Klassen. (Tab. 11).

**TABELLE 11**

**Durchschnittliche Höhe (cm) und durchschnittlicher jährlicher Höhenzuwachs (cm) pro Altersklasse**

Altersklasse	N/Ar	Durchschn. Höhe (cm)	s	Variationsbreite(cm)	Durchschn. jährl. Höhenzuwachs (cm)
8	59	18,3	10,0	44	2,28
11	83	28,9	16,2	69	2,63
14	369	22,9	11,3	64	1,63
17	346	27,0	10,5	54	1,59
20	268	31,4	10,6	54	1,57
23	157	37,3	11,9	49	1,62
26	89	43,4	13,9	54	1,67
29	30	42,0	10,4	34	1,45

Grundsätzlich ist daher die Struktur dieser Verjüngungen durch eine grosse Altersvariation innerhalb jeder Höhenklasse und eine grosse Höhenvariation innerhalb jeder Altersklasse zu charakterisieren. Das Gesamtbild der Komplexstruktur wird zusätzlich beeinflusst durch die Erscheinung, dass der jährliche Höhenzuwachs stärker ist je nachdem die Pflanzen grösser und jünger sind.

Ausserdem ist in jeder Altersklasse die Mehrzahl der Pflanzen in der Mittelschicht zu finden, die zur zutreffenden Klasse gehört (zwischen 41 % für die Klasse 23 und 63 % für die Klasse 8).

In den niedrigeren Altersklassen (Pflanzen zwischen 7 und 15 J.) befindet der Rest sich hauptsächlich in der Oberschicht (25 bis 43 % der Pflanzen) und nur recht wenig in der Unterschicht (12 bis 14 %).

In den oberen Altersklassen (19 bis 27 J.) tut sich das Umgekehrte vor und haben nur 5 bis 8 % der Pflanzen eine dominante Position und gehören 44 bis 57 % dem unteren Stratum (Unterschicht) an.

Diese Phänomene sind einleuchtend zur Erklärung der aktuellen Strukturgleichgewichte.

Einerseits bestimmt das Alter weitgehend die Position der Pflanze in Verjüngungen, die sich über eine längere Besamungsperiode ausdehnen. Aber die Individualität der Pflanze (Erbanlage, Vitalität, Wuchskraft), wie diese durch das Höhenwachstum Ausdruck gelangt, spielt auch eine wesentliche Rolle.

Die gesamte Entwicklungsdynamik wird demzufolge gekennzeichnet durch zwei sich gegenseitig überschneidende Differenzierungsbewegungen, die eine bestimmt durch Altersunterschiede und die andere durch Wuchskraftunterschiede.

Beide bewirken eine endgültig absinkende allgemeine Entwicklungstendenz.

Beim Kampf um die zeitliche Dominanz können Altersunterschiede teilweise durch Unterschiede in der Wuchskraft neutralisiert werden.

Die Verjüngungsgruppe ist grundsätzlich als eine Population zu betrachten, aufgebaut aus partiellen Verjüngungsergebnissen (Teilpopulationen), die mit bestimmten Altersklassen oder Altersphasen übereinstimmen.

Der Entwicklungsgang jeder Teilpopulation, sowie seine Eigenart ist gut zurückzufinden. In jeder Teilpopulation vollzieht sich die Ansiedlung auf Grund von Wuchskraftunterschieden und kleinräumlichen Standortsunterschieden. Dieser primäre Entwicklungsverlauf vollzieht sich fast ungehemmt in den ersten Verjüngungsphasen; er wird aber tiefgehend beeinflusst durch die Anwesen-

heit von bereits gut entwickelten Vorverjüngungen in den späteren Verjüngungsphasen.

Daher besitzt der aktuelle Strukturzustand in einer ungleichaltrigen und homogänen Verjüngungsgruppe einen zweifachen Aspekt.

In den älteren Teilpopulationen hat sich ein fast definitives Konkurrenzgleichgewicht eingestellt : die Mehrzahl der überlebenden Pflanzen ist in die untere sociale Schicht herabgesunken und nur ein minimaler Anteil der ursprünglichen Pflanzenzahl nimmt noch eine dominierende Stellung ein.

In den jüngeren Teilpopulationen dagegen ist der Konkurrenzkampf noch stark wirksam ; die Oberschicht ist noch reichvertreten und recht wenig Pflanzen befinden sich in der Unterschicht. Die starke Vertretung der Mittelschicht beweist, dass die herabsinkende Entwicklungsbewegung in vollem Gange ist.

## 2. Wachstum und Differenzierung

Der jährliche Zuwachs der untersuchten Eschen beträgt durchschnittlich 1,64 cm (Höhe) und 0,22 mm (Durchmesser).

Theoretisch würden die Pflanzen noch 30 bis 100 Jahre brauchen einen Durchmesser von 1 cm zu erreichen.

Eine potentielle Unterdrückungsperiode dieser Zeitdauer ist fast undenkbar. Der bis heute festgestellte Wuchsgang beweist jedoch dass die Esche nicht bedingungslos als eine Lichtbaumart anzusprechen ist. Diese Auffassung und anschließende Feststellungen werden weitgehend bestätigt durch die Untersuchungen von Lyr (7).

Er hat gefunden, dass Lichtentzug bis auf 1 % der durchschnittlichen Tageslichtintensität das Höhenwachstum der Esche nicht beeinflusst.

Er betrachtet die Esche als eine tolerante Baumart in einer Reihe von untersuchten Baumarten folgenderweise zu klassifizieren nach zunehmender Toleranz :

Birke — Föhre — Lärche — Eiche — Fichte — Esche — Douglasie — Linde.

Die Erscheinung des kontinuierlichen, obwohl zurückgehaltenen Höhenwachstums der Esche wurde auch festgestellt bei Analyse vom jährlichen Wachstumsverlauf in den Verjüngungen von Vireles. Zu diesem Zweck wurden Pflanzen von 15,20 und 25 Jahre untersucht. In jeder Altersgruppe wurden drei Schichten unterschieden nach folgendem Schema :

	15 J	20 J	25 J
Oberhöhe	43,5 cm	49,5 cm	63,3 cm
Oberschicht	$\geq 29$ cm	$\geq 34$ cm	$\geq 43$ cm
Mittelschicht	15/28 cm	17/33 cm	22/42 cm
Unterschicht	$\leq 14$ cm	$\leq 16$ cm	$\leq 21$ cm

Es ist zuerst festzustellen, dass in der gesamten Verjüngungsgruppe eine Kulmination des Höhenwachstums eingetreten ist. (Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5).

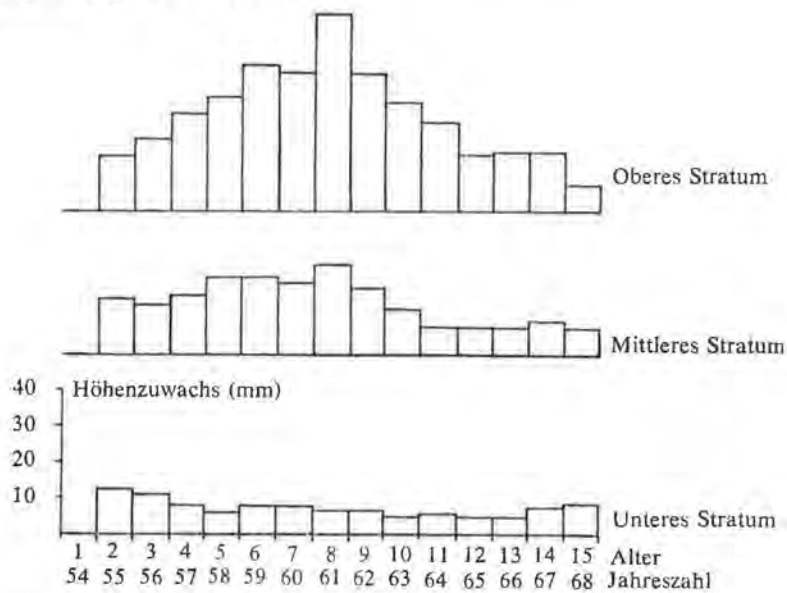


Fig. 3 : Jährlicher Höhenzuwachs von 15. jährigen Pflanzen

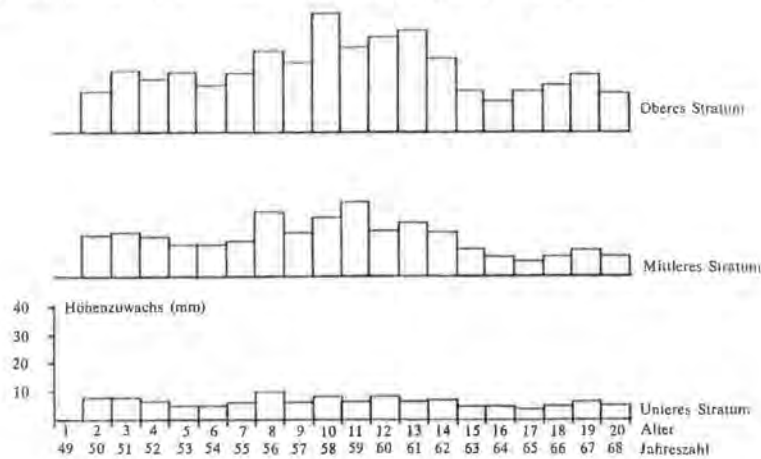


Fig. 4 : Jährlicher Höhenzuwachs von 20. jährigen Pflanzen



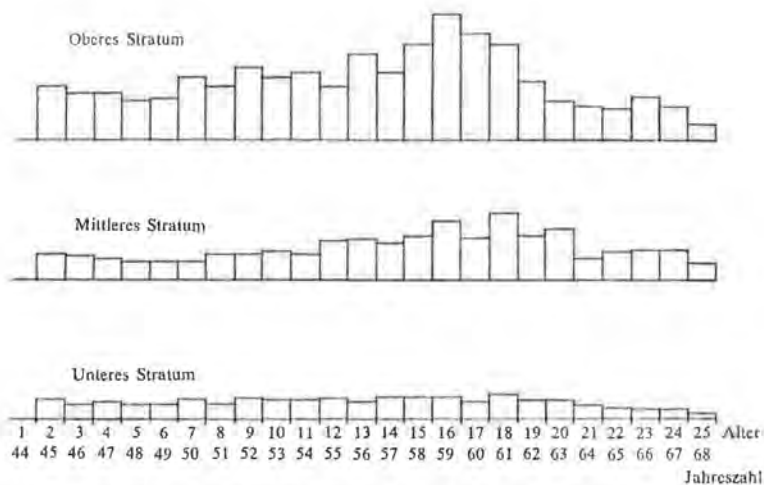


Fig. 5 : Jährlicher Höhenzuwachs von 25. jährigen Pflanzen

Das zeigt sich am deutlichsten bei den Pflanzen aus der Oberschicht jeder Altersgruppe. Es ist weniger deutlich in der Mittelschicht.

In der Unterschicht dagegen verläuft das Wachstum regelmässig, aber auf einem sehr niedrigen Niveau.

Bemerkenswert ist, dass die Wuchskulmination eingetreten ist 16 Jahre nach Anfang der Verjüngung bei den Oberschichtpflanzen von 25 J. alt, nach 10 Jahren bei den Oberschichtpflanzen von 20 J. und schon nach 8 Jahren bei den Pflanzen von 15 Jahr.

Zwei zusätzliche Feststellungen sind zu machen :

- 1° Die Wuchskulmination ist bei den drei Altersgruppen nicht im gleichen Kalenderjahr eingetreten. Sie ist daher nicht direkt auf die Wetterlage oder auf waldbauliche Eingriffe zurückzuführen. Sie folgt grundsätzlich aus der Strukturentwicklung. Dies erlaubt zu schliessen, dass die Kulmination leicht verschoben werden könnte durch rechtzeitige Interferenz waldbaulicher Art.
- 2° Die Wuchskulmination setzt früher ein je nachdem die Pflanzen jünger sind. Die Bedeutung der unmittelbaren Umweltseinwirkung tritt ans Licht : Der Wachstumsrückgang wird bei den älteren Pflanzen durch den dichten Altholzschirm bewirkt, aber bei den jüngeren Pflanzen kumulativ durch den Altholzschirm und den sekundären Schirm durch die ältere Vorverjüngung gebildet. Es zeigt sich dass die Esche, trotz der längeren Unterdrückung, photoreaktiv bleibt unter marginalen Lichtbedingungen und sogar auf einen zusätzlichen Lichtentzug reagiert.

Dadurch ist ihre schnelle Reaktion auf die waldbauliche Eingriffe zu erklären.

Das Phänomen der Wachstumskulmination detailliert zu analysieren, wurde für die 9 Gruppen von Pflanzen (3 Altersklassen  $\times$  3 soziale Schichten) nachgewiesen wieviel Zeit sie benötigten zum Durchlaufen von 4 Wuchsphasen, folgenderweise definiert:

- Phase I : Zeit um  $1/4$  der heutigen Baumhöhe zu erreichen
- Phase II : Zeit um  $1/4$  bis  $2/4$  der heutigen Baumhöhe zu erreichen
- Phase III : Zeit um  $2/4$  bis  $3/4$  der heutigen Baumhöhe zu erreichen
- Phase IV : Zeit um  $3/4$  bis  $4/4$  der heutigen Baumhöhe zu erreichen

Aus den zutreffenden Messungen und Berechnungen gehen folgende Feststellungen hervor (Tab. 12).

1° Die jüngeren Pflanzen durchlaufen die ersten drei Wuchsphasen relativ schneller als die älteren, die Pflanzen aus der heutigen Unterschicht relativ schneller als diejenigen aus Mittelschicht und Oberschicht. Durch diese Unterschiede in der Wuchsrhythmik wird die frühzeitige Wuchskulmination der jüngeren und der unterdrückten Pflanzen deutlich gezeigt.

2° In den späteren Entwicklungsphasen (vor Allem Phase IV) gleichen die Unterschiede in der relativen Wuchsgeschwindigkeit zwischen den Schichten sich gewissermassen aus und in allen Schichten nimmt die Wuchsgeschwindigkeit ab.

Dagegen bleiben Unterschieden in der relativen Wuchsgeschwindigkeit zwischen den Altersklassen erhalten, auch wenn die Wuchsgeschwindigkeit in allen Klassen allmählich abnimmt.

3° Für alle 9 Reihen (Schichten und Altersklassen) gilt die gleiche allgemeine Wuchsrhythmik. In einer ersten Periode (bis zum Erreichen von  $1/4$  der aktuellen Baumhöhe) wachsen die Pflanzen relativ langsam. Anschliessend und bis zum Erreichen von  $3/4$  der aktuellen Baumhöhe verläuft das Wachstum schneller. In einer letzten Periode nimmt die Wuchsgeschwindigkeit wieder ab und wird sie sogar geringer als in der Initialphase. Diese drei Perioden haben für die Bestandesentwicklung eine

wesentliche Bedeutung: Die erste Periode (bis  $\frac{H}{4}$ ) stimmt überein mit der Festigung der partiellen Verjüngung; die zweite Periode ( $\frac{H}{4}$  bis  $\frac{3H}{4}$ ) ist die optimale Wuchsperiode; während der dritten Periode ( $\frac{3H}{4}$  bis  $H$ ) wird die Wachstumshemmende Wirkung des Oberschirmes deutlich.

Diese Phänomene, geben aber nur ein relatives Bild.

TABELLE 12

Anzahl Jahren benötigt zum Durchlaufen von vier Höhenphasen  
(Pflanzen am Moment der Messung 15 J, 20 J. und 25 J. alt)

Höhenphase	15 J.			20 J.			25 J.			Insgesamt					
	O	M	U	O	M	U	O	M	U	O	M	U	15 J.	20 J.	25 J.
0 — 25% H	4,4	3,6	2,4	6,2	5,2	4,6	7,5	8,7	7,0	6,0	5,8	4,4	3,5	5,2	7,8
25 % — 50 % H	2,4	2,7	3,9	3,6	4,0	4,4	5,5	5,8	5,5	3,8	4,0	4,6	3,0	4,0	5,5
50 % — 75 % H	2,4	2,6	4,5	3,4	3,4	4,4	3,8	3,8	5,0	3,2	3,2	4,8	3,1	3,8	4,3
75 % — 100 % H	5,8	6,0	4,2	6,8	7,4	6,6	8,2	6,7	7,5	7,0	7,0	6,0	5,4	7,0	7,4

**TABELLE 13**

**Verhältnis zwischen den Pflanzenhöhen in den drei Straten nach 5 J. und am Ende der Messperiode**

Altersklasse	Nach 5 J.			Ende Messperiode		
	O/U	O/M	M/U	O/U	O/M	M/U
15 J.	2,47	1,38	1,79	3,56	1,80	1,97
20 J.	2,48	1,35	1,84	3,23	1,60	2,09
25 J.	2,48	1,97	1,26	3,08	1,79	1,73

**TABELLE 14**

**Entwicklungsverlauf der Höhenunterschiede (mm) zwischen Pflanzen aus verschiedenen sozialen Schichten**

Klasse	Alter												
	3	5	7	9	11	13	15	17	19	20	21	23	25
15B/15 O	11	56	119	198	242	265	272						
15B/15 M	6	26	63	112	146	163	169						
15M/15 O	5	30	56	86	96	102	103						
20B/20 O	17	46	71	107	163	217	246	264	291	299			
20B/20 M	6	20	33	48	72	106	122	136	157	163			
20M/20 O	13	26	38	59	91	111	124	128	134	136			
25B/25 O	22	40	64	94	125	160	200	267	304	315	321	338	349
25B/25 M	17	33	56	81	106	127	156	203	218	219	223	228	228
25M/25 O	5	7	8	8	16	25	37	56	78	96	98	110	121

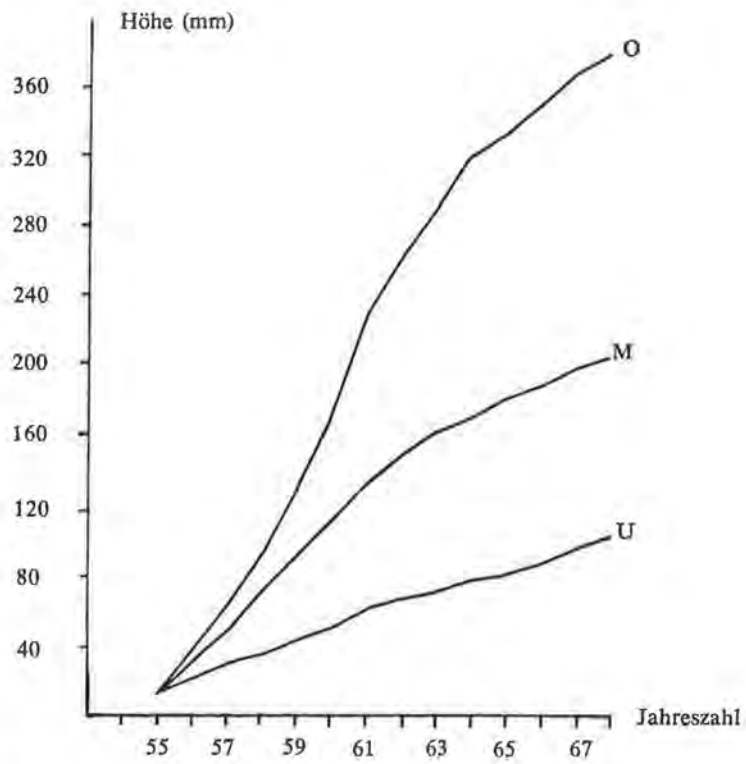


Fig. 6: Wachstumsverlauf bei 15-jährigen Pflanzen

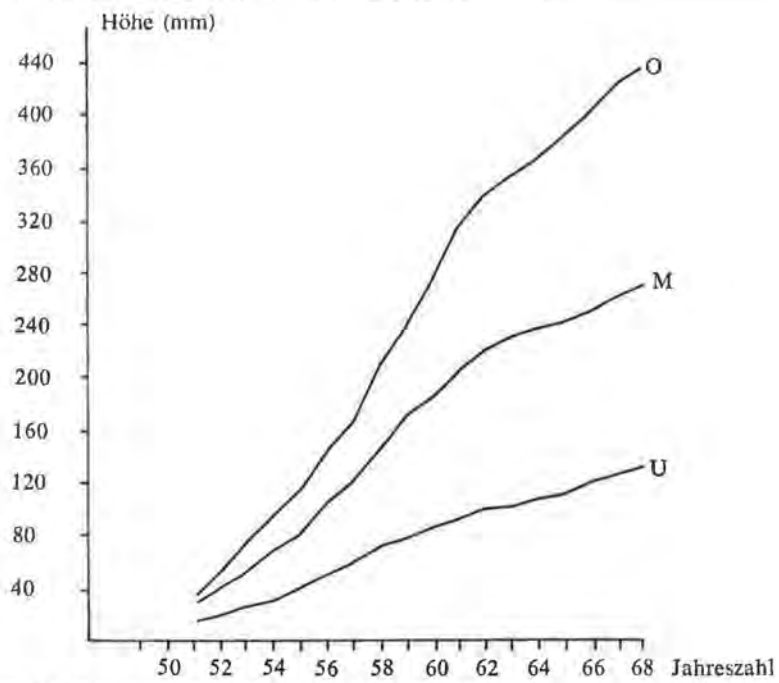


Fig. 7: Wachstumsverlauf bei 20-jährigen Pflanzen

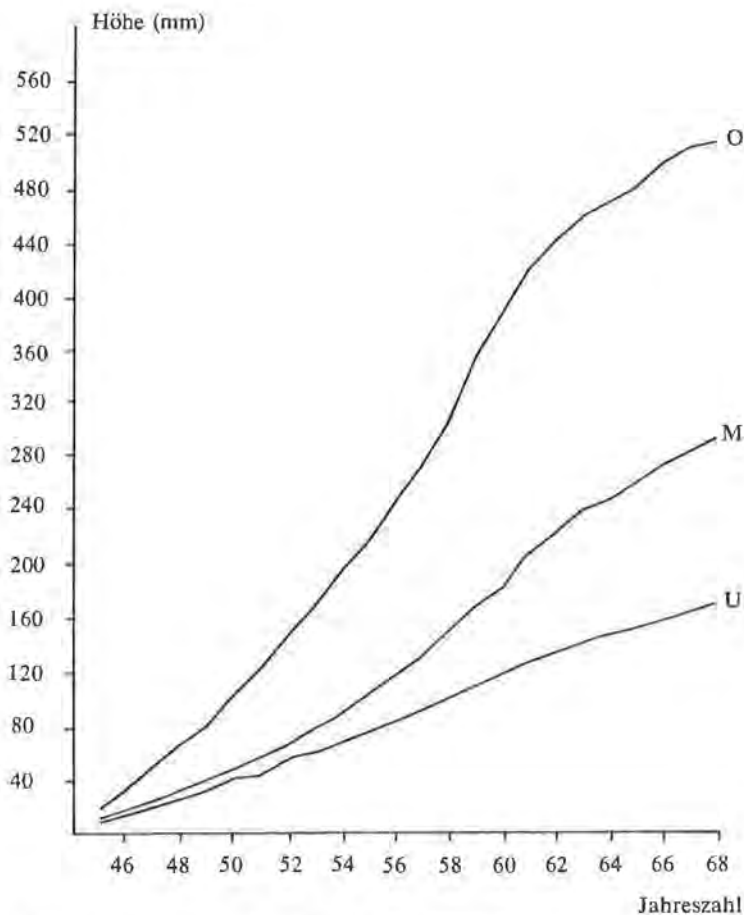


Fig. 8 : Wachstumsverlauf bei 25-jährigen Pflanzen

Wenn die absoluten Höhenunterschiede miteinbezogen werden (Tab. 13, Tab. 14, Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8). wird ohnehin deutlich, dass die soziale Schichtung (Differenzierung; Stratifikation) frühzeitig einsetzt in allen Subpopulationen oder Teilverjüngungen und dass die Unterschieden im Laufe der Zeit immer vergrößern. Unter diesen Umständen ist mit einer aufsteigenden Entwicklungsbewegung kaum zu rechnen. Sie kann nur vorkommen wenn jüngere und sehr vitale Elemente sich ansiedeln in älteren Teilverjüngungen reduzierter Wuchskraft. Dagegen kann durch die Analyse nach dem Alter der sozialen Schichten für die gesamte verjüngung nachgewiesen werden, dass, bei einer längeren Verjüngungsperiode und bei verzögertem Wachstum infolge Ueberschirmung, die Schichtzugehörigkeit weitgehend durch das Alter der Pflanzen bestimmt wird (Fig. 9) :

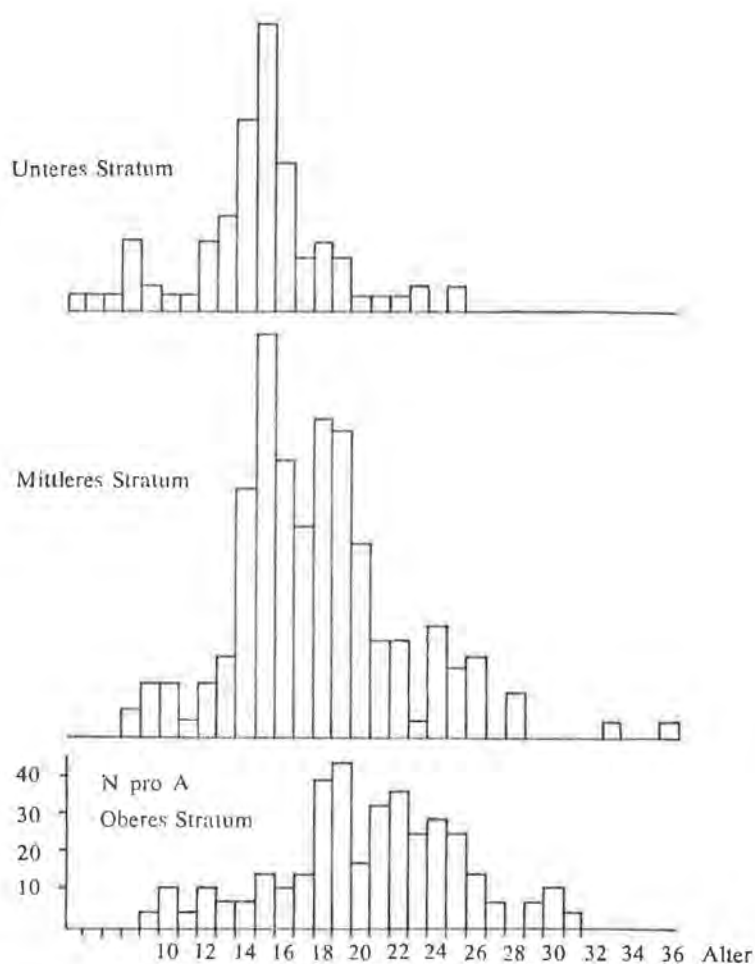


Fig. 9 : Altersklassenverteilung innerhalb jeder sozialen Schicht

Der Kern der Verjüngung wird gebildet durch Sämlinge von 14 bis 19 Jahre : Ein erstes Stammzahlmaximum liegt bei den Pflanzen von 15 J. (Jahrgang 1954) und ein zweites bei den Pflanzen von 18 und 19 J. (Jahrgänge 1951 und 1950).

In der Oberschicht kommen hauptsächlich ältere Pflanzen vor : 75 % der Stammzahl wird eingenommen durch Sämlinge von 18 J oder älter.

Die Mittelschicht wird durch eine Nachverjüngung aufgebaut (Stammzahlmaximum bei Pflanzen von 15 J.) ,sowie durch aus der Oberschicht ausgeschiedenen älteren Pflanzen (Sekundäres Stammzahlmaximum bei Pflanzen von 18/19 Jahr = übereinstimmend mit dem Stammzahlmaximum der Oberschicht).

Die Unterschicht wird fast ausschliesslich durch die Nachverjüngung und durch den Abgang aus der Mittelschicht gebildet mit einem Stammzahlmaximum für Pflanzen von 15 J. (übereinstimmend mit dem Stammzahlmaximum der Mittelschicht).

Eine beschränkte Anzahl von vitalen jüngeren Elementen ist in die Oberschicht hineingewachsen und nimmt dort eine co-dominierende, aber niemals eine dominierende Stellung ein.

Dieser allgemeine Strukturzustand illustriert die herabsinkende Entwicklungsbewegung, die durch die Analyse der einzelnen Schichten bestätigt wird.

In der Oberschicht sind die Altersklassen vom Anfang an deutlich getrennt (Fig. 10, Tab. 15), obwohl die Höhenunterschiede im Laufe der Zeit nicht grösser werden ab einem bestimmten Moment.

In der Mittelschicht finden mehr Umsetzungen statt (Tab. 15, Fig. 11) und werden ältere Elemente manchmal durch jüngere Pflanzen eingeholt, vorausgesetzt dass die Altersunterschiede nicht grösser sind als 5 Jahre.

In der Unterschicht dagegen (Fig. 12) sind die Umsetzungen wenig zahlreich und wird die Situation wie in der Oberschicht frühzeitig stabilisiert, indem Höhenunterschieden, durch Altersunterschieden hervorgerufen, weitgehend erhalten bleiben.

Das Emergenzvermögen der Esche innerhalb der eigenen Art, besteht also grundsätzlich darin, dass jüngere und vitale Elemente eine co-dominierende Stellung in der Oberschicht einnehmen können, obwohl sie ausnahmsweise eine wirklich dominante Position erreichen. Sie können bei diesem beschränkten Aufstieg aus der Oberschicht zurückgefallene Elemente, sowie ältere Elemente mit niedriger Wuchskraft, einholen und überwachsen. (Tab. 16, Fig. 13).

Unter normalen Konkurrenzbedingungen und bei annähernd gleicher Vitalität sind Altersunterschiede von 5 J. schon von wesentlicher Bedeutung.

Aus dem Studium von Struktur und Differenzierung tritt die Esche eindeutig zum Vorschein als eine tolerante, obwohl photoreaktive Baumart. Ihre Emergenzmöglichkeiten sind beschränkt, vor Allem wenn Altersunterschieden zwischen den Pflanzen vorliegen. Die herabsinkende soziale Entwicklungsbewegung ist allgemein. Die Emergenzmöglichkeiten werden ausserdem noch beschränkt wenn die Wuchsgeschwindigkeit durch die Anwesenheit eines dichten Altholzschirmes abgebremmt wird, sowie durch reges Wettbewerb in stammzahlreichen und ungleichaltrigen Verjüngungen.

Es ist daher angewiesen, die Waldpflege frühzeitig abzustimmen auf positive Eingriffe in die Oberschicht der Vorverjüngungen, vorausgesetzt dass diese genügend stammzahlreich sind. Hieraus



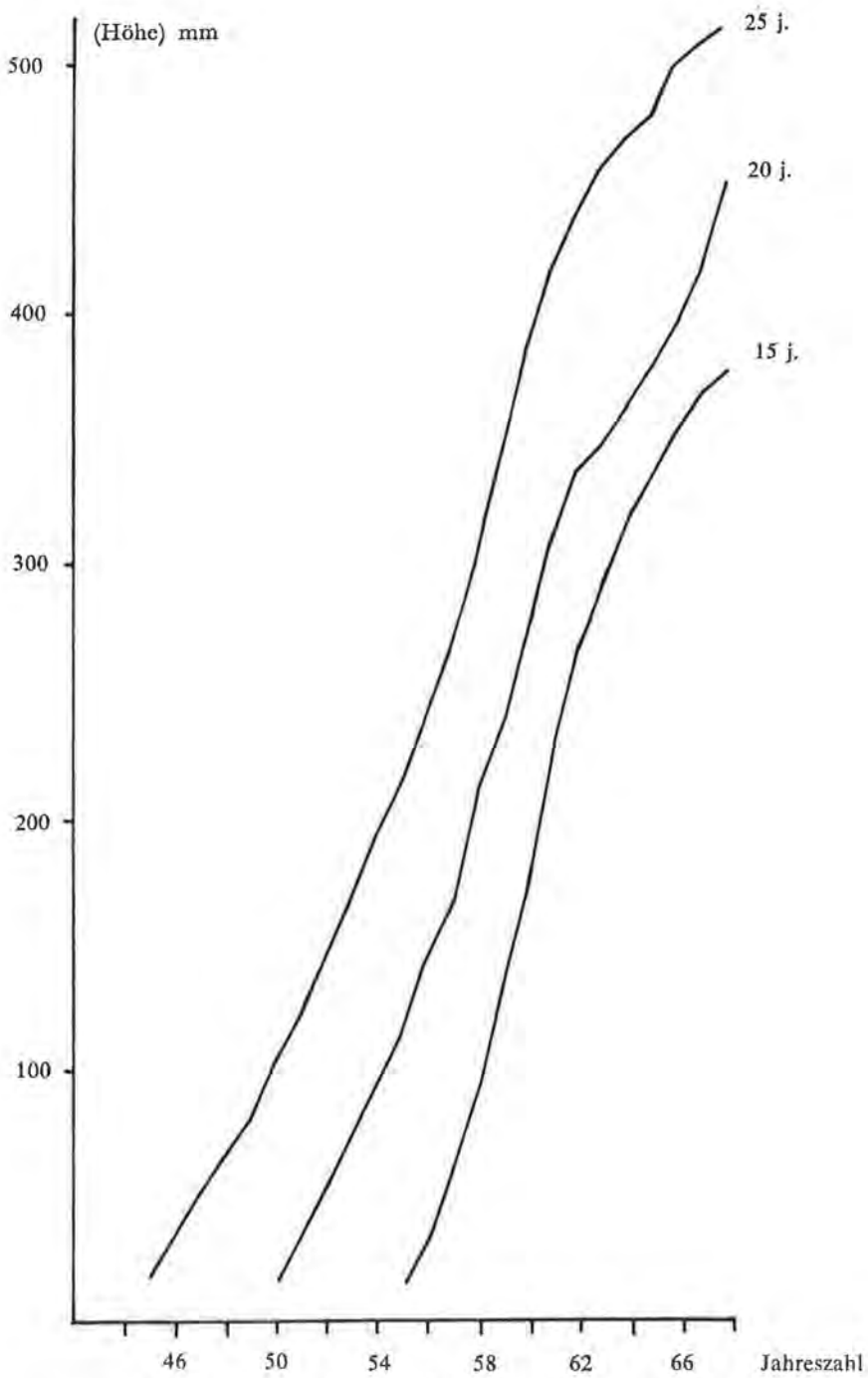


Fig. 10: Wachstumsverlauf in der Oberschicht von Pflanzen mit verschiedenem Alter

TABELLE 15

Entwicklungsverlauf der Höhenunterschiede (in mm) zwischen Pflanzen verschiedenen Alters innerhalb einer bestimmten sozialen Schicht

Klasse	Jahreszahl										
	50	52	54	55	56	58	60	62	64	66	68
25B/15B	—	—	—	199	210	209	213	175	151	144	138
25B/20B	89	93	101	99	101	92	111	103	107	100	83
20B/15B	—	—	—	100	109	117	102	72	44	44	55
25M/15M	—	—	—	88	89	79	73	69	74	79	79
25M/20M	33	23	20	21	13	5	-3	2	11	18	18
20M/15M	—	—	—	67	76	74	76	67	63	61	61
25 O/15 O	—	—	—	65	61	65	65	69	72	71	61
25 O/20 O	31	30	33	34	30	32	32	35	39	39	33
20 O/15 O	—	—	—	31	31	33	33	34	33	32	28

TABELLE 16

Entwicklung der Höhenunterschiede (in mm) von Klassen, die sich im Laufe der Jahre überschneiden

Klassen	Jahreszahl										
	50	52	54	55	56	58	60	62	64	66	68
15B/20 M			-69	-67	-70	-48	-13	45	83	192	108
15B/20 O			-37	-29	-20	23	86	164	209	233	244
15B/25 M			-89	-88	-83	-53	-10	43	72	84	90
15B/25 O			-70	-63	-50	-9	54	129	170	194	211
15M/20 O			-37	-29	-26	-3	23	52	63	70	75
15M/25 O			-70	-63	-56	-35	-9	17	24	31	42
20B/25M	-33	-12	5	12	26	64	92	115	116	128	145
20B/25 O	-25	1	22	37	59	108	156	201	214	238	266
20M/25 O	-25	-10	-1	4	20	39	67	84	87	92	103

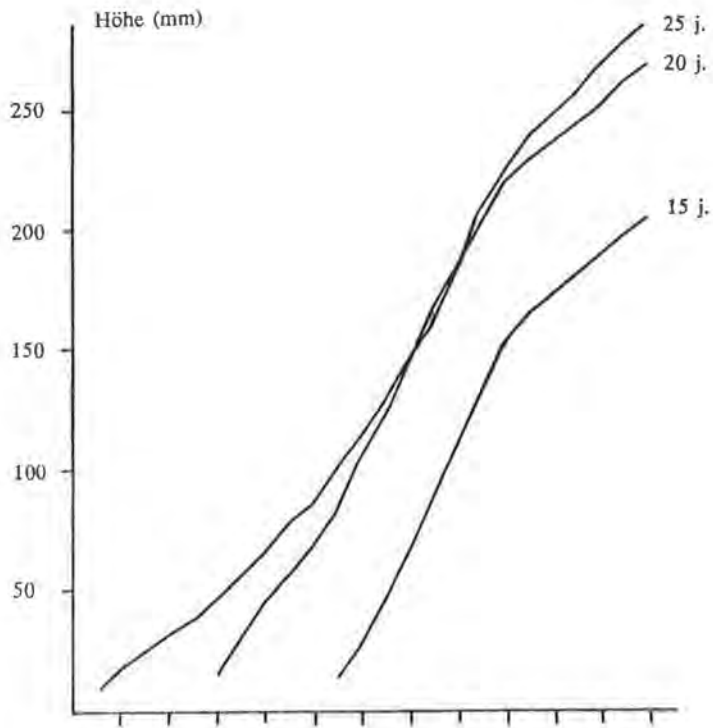


Fig. 11 : Wachstumsverlauf in der Mittelschicht von Pflanzen mit verschiedenem Alter

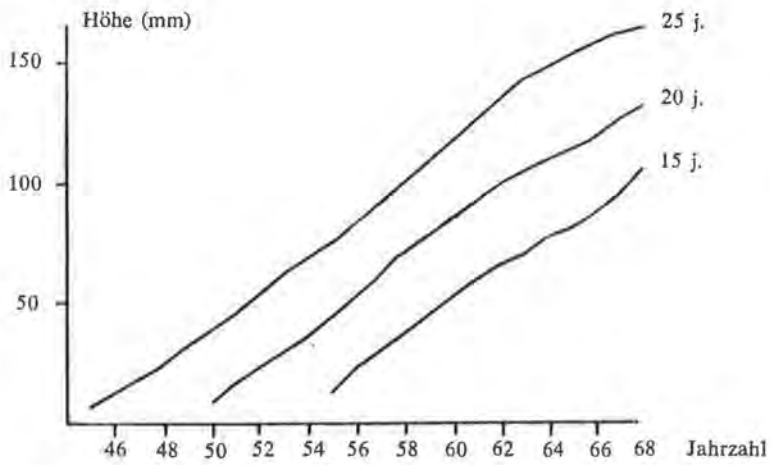


Fig. 12 : Wachstumsverlauf in der Unterschicht von Pflanzen mit verschiedenem Alter

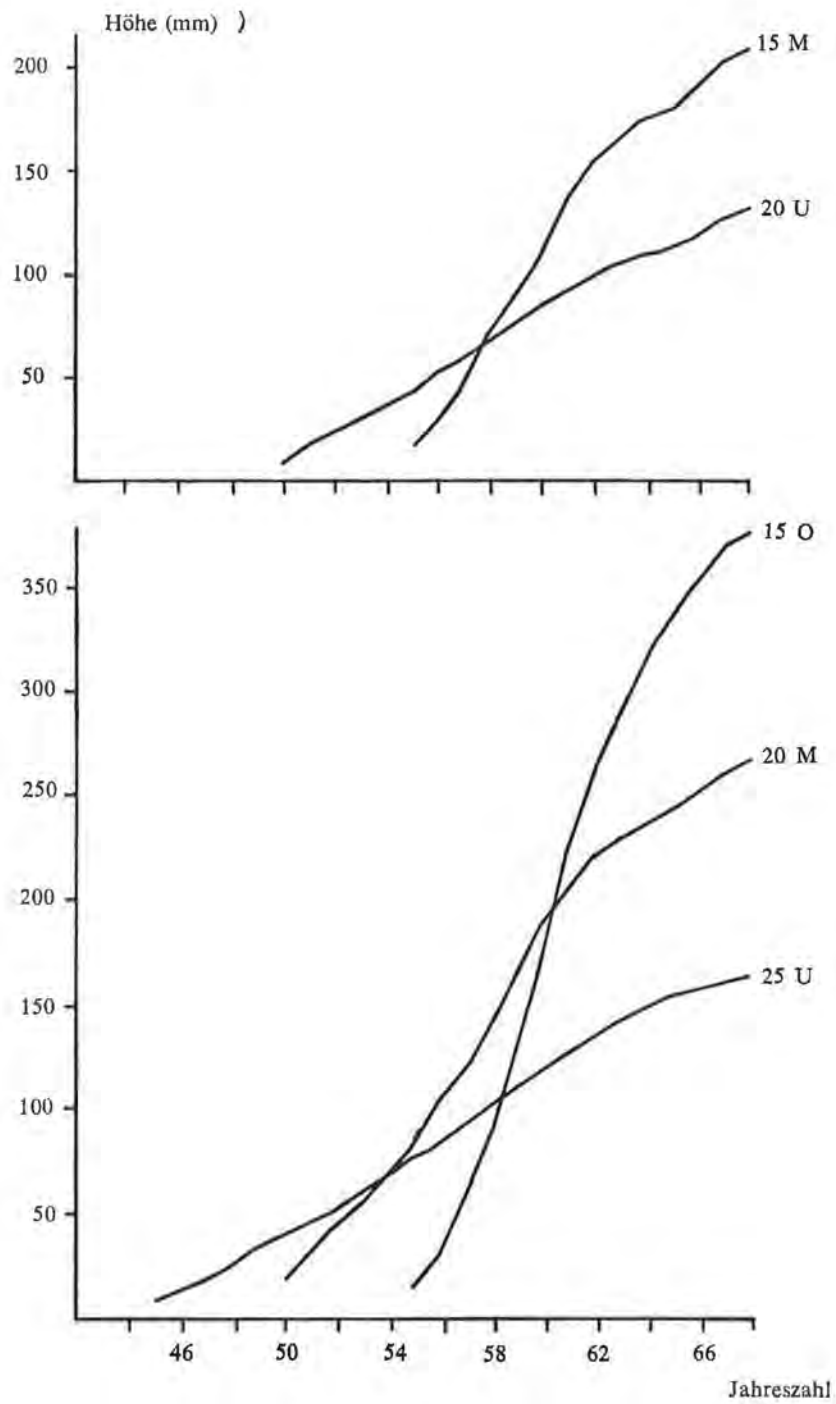


Fig. 13 : Aenderungen der sozialen Struktur

folgt die frühzeitige Einzelbaumpflege an Elementen aus den ersten Phasen der Verjüngung.

Die allgemeine Entwicklungstendenz, sowie die beschränkte Emergenzmöglichkeiten machen Eingriffe, welche die soziale Promotion von jüngeren Elementen aus der Nachverjüngung anstreben, grösstenteils zwecklos.

Auch die hohe Ausgangsstammzahl, sowie die Verluste, die natürlicherweise und bei vernachlässigter Pflege erlitten werden, sprechen für frühzeitige Eingriffe positiver Art, welche die Freistellung von dominierenden Elementen guter Qualität in Aussicht stellen.

Die jüngeren Elemente und die Nachverjüngung bilden ausnahmsweise eine Qualitätsreserve; sie sind aber zu optimalen Umweltgestaltung brauchbar.

### 3. Die Wuchsreaktion

Durch die Analyse der überschirmten Verjüngungen von Virelles wurden die hohe Vitalität und Lebensfähigkeit der Esche, sowie ihre Schattenfestigkeit bewiesen. Durch anschliessende Experimente wurde versucht das Wuchsreaktionsvermögen zu überprüfen.

Zu diesem Zweck wurde das Wachstum von natürlichen Sämlingen aus Virelles (Durchschnittshöhe 40-50 cm; Alter über 20 J.) verglichen mit 2-jährigen Eschen aus einer Baumschule herkunftig.

Zwei Versuchsanlagen wurden dazu benutzt: die erste in Virelles selber, die zweite in Gontrode bei Gent, d.h. in einem typisch atlantischen Klimagebiet.

Für die Versuchsanlage Gontrode werden die durchschnittliche Resultate von 6 Wiederholungen pro Objekt (4 Versuchspartzellen) angegeben.

Ein Teil vom Material in Virelles wurde einfach freigestellt ohne Entfernung des Oberschirmes.

In den beiden Versuchsanlagen wurde das Material zum Teil ausgepflanzt in einem normalen Pflanzgartenverband (0), ein Teil wurde kurz nach der Pflanzung auf den Stock gesetzt (A) und zuletzt wurden auch Pflanzungen von isolierten Wurzelwerken vorgenommen (W = Barbatellen).

Alle Pflanzungen in Gontrode wurden im Freien (ohne jegliche Ueberschirmung) durchgeführt; in Virelles wurde gepflanzt unter den gleichen Ueberschirmungsbedingungen als für die Naturverjüngung der Fall war.

In den Tabellen sind nachstehende Symbole verwendet worden :

Standort	:	Ort der Versuchsanlage (Virelles oder Gontrode)
V	:	Natürlicher Sämling aus Virelles
K	:	Pflanze aus der Baumschule
O	:	Einfache Pflanzung...
	OV :	... von Sämlingen aus Virelles
	OK :	... von Baumschulematerial
A	:	Auf den Stock gesetzten Pflanzen
	AV :	... von Material aus Virelles
	AK :	... von Baumschulematerial
W	:	Wurzelwerkpflanzung ...
	WV :	... von Material aus Virelles
	WK :	... von Baumschulematerial

In der Versuchsanlage Gontrode wurde zuerst festgestellt, dass die Sämlinge aus Virelles besser austreiben und ein besseres Pflanzresultat geben als das viel jüngere, aber besser entwickelte Baumschulematerial (Tab. 17). Diese Feststellung gilt sowohl für die auf den Stock gesetzten Pflanzen, wie für die Wurzelpflanzung.

**TABELLE 17**

**Anzahl der ausgetriebenen Pflanzen nach auf den Stocksetzen oder Wurzelpflanzung (Anlage Gontrode)**

Objekt	Anzahl Pflanzen	Anzahl ausgetriebener Pflanzen	%
AV	96	77	80
WV	96	49	51
AK	96	52	54
WK	96	27	28

Ein derartiges Resultat ist erstaunlich, umsomehr weil beide Massnahmen, vor Allem die Wurzelpflanzung, als sehr delikat zu betrachten sind so dass bei den meisten Baumarten sogar keinen Erfolg zu erwarten ist.

Auch die Messung des Höhenwachstums im ersten und im zweiten Jahr nach der Pflanzung beweist die Lebenskraft und das Reaktionsvermögen der Sämlinge aus Virelles (Tab. 18).

TABELLE 18

Jährliches Höhenwachstum in (cm) im ersten und im zweiten Jahr nach der Pflanzung

Versuchsanlage	Herkunft Pflanzen	Objekt	Höhenwachstum im 1. Jahr (1969)	Höhenwachstum im 2. Jahr (1970)
Virelles	Virelles Baumschule	V	1,15	0,77
		OV	0,77	0,65
		OK	13,60	3,80
Gontrode	Virelles	OV	0,85	12,1
		AV	9,0	17,9
		WV	11,5	20,3
	Baumschule	OK	13,5	50,3
		AK	34,7	43,0
		WK	32,6	47,5

In der Versuchsanlage Virelles wachsen die natürliche, aber isolierten Sämlinge (V) normal durch, mit einer verminderten aber doch normalen Höhenzunahme im zweiten Jahr.

Die verpflanzten Sämlinge (OV) wachsen fast gleich gut und machen anscheinend keine tiefe Pflanzungskrise durch.

Das Baumschulematerial (OK), nur 2 Jahre alt und unter sehr günstigen Licht- und Nährstoffbedingungen im Pflanzgarten herangezogen, wächst selbstverständlich am besten. Es weist jedoch eine deutliche Pflanzungskrise auf, die sich durch Abnahme des Höhenwachstums äussert. Im zweiten Wuchsjahr macht die hemmende Wirkung der Ueberschirmung sich bemerkbar und fällt das Höhenwachstum, im Vergleich zum ersten Jahr, jedoch eine Krisenjahr, auf 30 % zurück.

Aus den Messresultaten der Versuchsanlage Gontrode treten weitere positive Merkmale der Esche zum Vorschein.

Im ersten Wuchsjahr wachsen die einfach verschulten Sämlinge aus Virelles (OV) gleich gut wie auf ihrem Herkunftsstandort. Die unvermeidliche Verschulungskrise wird anscheinend gut überwunden, infolge der günstigen Umweltsbedingungen in der Versuchsanlage Gontrode. Recht erstaunlich ist aber die starke Reaktion auf Absetzen und Wurzelpflanzung (AV und WV), indem sofort ein Höhenzuwachs erreicht wird, die 6 bis 8 mal grösser ist als der Durchschnitt für die vorangehenden Jahren und 10 bis 13 mal grösser als bei der einfachen Verschulung (OV).

Diese Feststellung ist umso eindrucksvoller, weil das jüngere Pflanzgartenvergleichsmaterial (K), obwohl schneller wachsend, anscheinend eine tiefe Pflanzungskrise durchmacht, wie gezeigt

wird durch die relativ niedrige Höhenzunahme (OK = 13,5 cm) und die schwache Reaktion auf die Behandlungsmassnahmen, wodurch eigentlich nur die Verminderung des Wachstums, durch die Verpflanzung verursacht, kompensiert wird (AK = 34,7 cm und WV = 32,6 cm).

Im zweiten Wuchsjahr zeigt die Wuchsreaktion der Sämlinge aus Virelles sich noch deutlicher ; Sie weisen einen Höhenzuwachs auf zwischen durchschnittlich 12,1 cm bis 20,3 cm gegenüber 1,6 cm für die vorangehenden Jahre. Ausserdem wird die Wachstumsstimulierende Wirkung der Pflanzbehandlung bestätigt.

Die Pflanzen aus der Baumschule weisen in diesem 2. Wuchsjahr ein normales Wachstum auf, aber die auf den Stock gesetzten Pflanzen bleiben jetzt im Wachstum etwas zurück gegenüber den Unbehandelten, wie auch gewissermassen der Fall ist für die Wurzelpflanzungen.

Aus diesen Untersuchungen ergibt sich, dass die Esche nicht nur einen jahrelangen Schattendruck gut widersteht, sondern dass sie trotzdem reaktionsfähig bleibt. Sie überlebt die Verpflanzung gut unter ungünstigen Ueberschirmungsbedingungen (Virelles) und reagiert sofort positiv auf Verbesserung der Umweltsverhältnisse (Gontrode) Ausserdem ruft das auf den Stock setzen eine positive Reaktion hervor, die viel stärker ist als bei normalen Pflanzgartenmaterial. Im zweiten Wuchsjahr wird dadurch einen Höhenzuwachs bewirkt, die über 10 mal grösser ist als der durchschnittliche jährliche Höhenzuwachs der vorangehenden 25 Jahre.

Erstaunlicherweise gibt die Pflanzung nur vom Wurzelsystem noch das beste Wachstumsresultat, was für das normale Pflanzgartenmaterial keineswegs der Fall ist.

Aus diesen Beobachtungen sind nachstehende waldbauliche Schlüsse zu ziehen :

- 1° Die Esche kann, bei günstigen Standortsbedingungen, gut unter Schirm verjüngt werden.
- 2° Bei üppiger Verjüngung kann der Zukunftbestand aufgebaut werden, von den ersten Verjüngungsphasen (Vorverjüngung) ausgehend.
- 3° Frühzeitige Freistellung ist nicht absolut notwendig und es können mehrere Jahre gewartet werden bis die Verjüngung als genügend dicht angesprochen wird. Es erscheint je doch vorteilhaft die Verjüngungs-, oder Unterdrückungsperiode nicht auf mehr als 10 Jahre auszudehnen.
- 4° Die im Schattendruck aufgezogenen Eschensämlinge reagieren schnell und stark auf waldbauliche Massnahmen wie Freistellung, Abstandsregulierung und auf den Stock setzen.



Eine Erklärung dieser hohen Reaktionsfähigkeit ist in den inhärenten physiologischen Merkmale der Esche zu suchen.

Die Messung der Lichttransgression durch die Blätter mit dem Transgresso- Reflektor VM (10) (Tab. 19), sowohl für die gesamte Lichtstrahlung, wie für Teilgebiete des Lichtspektrums (Anwendung von monochromatischen Interferenzfilter) zeigt, dass die unterdrückten Eschensämlinge sich, diesem Merkmal nach, nicht von normalen Baumschulpflanzen unterscheiden. Für die in Gontrode auf den Stock gesetzten Pflanzen liegt das Niveau der Lichttransgression sogar bedeutend höher als der Durchschnitt, was auf eine effiziente Verarbeitung der zugeführten Lichtenergie hinzuweisen scheint.

**TABELLE 19**

**Durchschnittswerte der Intensität des durchfallenden Lichtes (Prozentwerte)**

Teilspektrum	Virelles				Gontrode				
	V	OV	OK	Durchschn.	OV	AV	OK	AK	Durchschn.
Weiss	17,0	15,9	16,2	16,4	9,9	12,5	10,2	9,9	10,6
Rot (705nm)	21,7	19,3	20,3	20,6	13,5	16,3	14,2	13,8	14,5
Gelb (580nm)	20,8	18,8	19,6	19,7	10,7	14,4	11,1	10,6	11,7
Grün (545nm)	26,8	24,8	25,7	25,8	13,9	18,5	14,9	14,5	15,5
Blau (440nm)	3,9	2,9	2,9	3,2	1,3	1,7	1,9	1,7	1,7

Auch dem Chlorophylgehalt nach (Tab. 20) unterscheiden die Sämlinge aus Virelles sich kaum vom Pflanzgartenmaterial. Für beide Gruppen ist der Chlorophylgehalt der Blätter bedeutend höher in der Schattenlage Virelles als auf der Freifläche Gontrode.

**TABELLE 20**

**Durchschnittlicher Chlorophylgehalt (a + b) der Blätter für die Periode Juli bis September**

Versuchsanlage	Chl (a + b) in mg pro cm <sup>2</sup> Blattfläche	Chl (a + b) in mg pro g Trockengewicht der Blätter	Objekt
Virelles	0,0226	11,52	V
	0,0282	13,72	OV
	0,0296	17,03	OK
Gontrode	0,0196	3,10	OV
	0,0200	4,82	AV
	0,0167	2,92	OK
	0,0205	3,44	AK

Die natürlichen Sämlinge reagieren also gleich wie die jüngeren und künstlich aufgezogenen Pflanzen aus der Baumschule.

Ausserdem weisen die auf den Stock gesetzten Pflanzen alle und in jeder Versuchseinheit einen höheren Gewichtsprozent an Chlorophyl auf und dies ist besonders deutlich der Fall mit den Sämlingen aus Virelles in der Versuchsanlage Gontrode. Diese Tatsache ist gut in Uebereinstimmung zu bringen mit der Lichttransgression (cfr. Tab. 19), die ansteigt je nachdem die Chlorophyl-Konzentration zunimmt. Die Variabilität dieser beiden Merkmale scheint bedeutungsvoll hinsichtlich der Reaktionsfähigkeit und des Anpassungsvermögen der Esche.

Zu einer mehr nuanzierten Aussprache führt die Beurteilung der Messresultate von Atmung und reeller Photosynthese, bestimmt an isolierten Blätter mittels der Warburg-Technik, sowie der anschliessenden Berechnung des Assimilationsresultates, der apparenten Photosynthese (Tab. 21).

Ganz allgemein ist feststellbar, dass die Werte für Atmung und reelle Photosynthese, ausgedrückt pro Blattflächeneinheit bei den vergleichbaren Objekten OV en OK, höher liegen in Gontrode als in Virelles, aber dies ist nicht mehr so deutlich der Fall für die apparente Photosynthese, die für OK in Virelles am höchsten liegt und für OV in Gontrode.

Weniger deutlich sind die Unterschiede in Atmung und reeler Photosynthese, ausgedrückt pro Trockengewichteinheit des Blattes, aber für alle vergleichbare Objekte (OV, OK) liegen die Werte in Virelles höher als in Gontrode.

Wir haben keine gute Erklärung für diesen scheinbaren Gegensatz und begnügen uns damit festzustellen, dass die Sämlinge von Virelles sich nicht stark vom Pflanzgartenmaterial unterscheiden.

Das auf den Stock setzen der Pflanzen lässt beobachten, dass diese Massnahme zu einer Zunahme der Atmungs- und Photosyntheseaktivität führt bei den Sämlingen aus Virelles (OV verglichen mit AV) aber anscheinend wird die Atmung doch am stärksten stimuliert, wie sich aus der Berechnung der apparenten Photosynthese ergibt.

Für das Pflanzgartenmaterial (OK verglichen mit AK) sind die Unterschiede bei Atmung und reeller Photosynthese viel geringer, aber dagegen weist die Endbilanz (apparente Photosynthese) bestimmt höhere Werte auf für die auf den Stock gesetzten Pflanzen : hier wird also die reelle Photosynthese relativ stärker stimuliert als die Atmung.

Zusammenfassend ist zu sagen dass, bei Abwesenheit schroffer Eingriffe, die Atmung und Photosynthese weniger intens ist bei den natürlichen Sämlingen als beim Pflanzgartenmaterial, sowohl in

TABELLE 21

Atmung und Photosynthese in  $\mu\text{l O}_2/\text{h}$  (gemessen Ende Juli bei einer stabilisierten Temperatur von  $25^\circ\text{C}$  und bei  $20.000\text{ lux}$ .)

Versuchsanlage	Objekt	Atmung		Photosynthese		Apparente Photosynthese	
		pro $\text{cm}^2$ Blattfläche	pro g. Trockengew.	pro $\text{cm}^2$ Blattfläche	pro g. Trockengew.	pro $\text{cm}^2$ Blattfläche	pro g. Trockengew.
Virelles	V	1,176	552,96	2,058	966,00	0,882	413,04
	OV	1,074	490,92	1,698	774,36	0,624	283,44
	OK	1,302	754,68	2,454	1423,26	1,152	668,58
Gontrode	OV	3,984	600,24	4,962	748,02	0,978	147,78
	AV	4,650	1048,50	5,640	1264,24	0,990	215,74
	OK	4,692	881,58	5,370	1008,24	0,678	126,66
	AK	4,548	754,74	6,090	1011,18	1,542	256,44

Virelles als in Gontrode. Die physiologische Aktivität ist auch intensiver in der oekologisch günstigeren Versuchsanlage Gontrode. Die Assimilationsbilanz ist aber günstiger für die Pflanzen von Virelles in Gontrode und für das Baumschulematerial in Virelles.

Durch auf den Stock setzen werden sowohl Atmung als Photosynthese stimuliert, die Atmung aber relativ stärker bei den Sämlingen von Virelles, die Photosynthese relativ stärker beim Pflanzgartenmaterial. Demzufolge fällt die Endbilanz gewissermassen zugunsten des Baumschulematerials aus, aber die Unterschiede sind nicht gross.

### Schlussfolgerungen

Aus dem Studium von Eschenverjüngungen, während vieler Jahre unter einem dichten Oberschirm in Schattendruck aufgewachsen, hat sich erwiesen wie fehlerhaft es ist, die Esche bedingungslos als eine Lichtbaumart anzusprechen.

Sie ist, im Gegenteil, eine schattenfeste und photoreaktive oder reaktionsfähige Art mit einem ausgesprochenen Emergenzvermögen. Sie erhält ihre Vitalität langfristig und reagiert daher schnell und stark auf jeden Eingriff und auf jede Verbesserung der Umweltsbedingungen. Diese Reaktion äussert sich durch stärkere Höhenzunahme, Herabsinken des Chlorophyll-Gehaltes der Blätter und Intensivierung der Atmung und Photosynthese. Die verbesserten Wuchsbedingungen fördern jedoch die Atmung anscheinend mehr als die reelle Photosynthese. Unter den gegebenen Umständen besteht, noch Zweifel über die richtige Interpretation der Assimilationsbilanz, der apparenten Photosynthese. Weitere Erforschung, vor Allem auf dem Gebiet der Biochemie, ist angewiesen.

Auf guten Eschenstandorten ist eine Unterdrückungszeit, die nicht länger dauert als 10 bis 15 Jahre, nicht gefährlich. Die Esche reagiert in der Tat sofort auf jede Massnahme, die eine Erhöhung der Energiezufuhr bezweckt. Das auf den Stock setzen von unterdrückten, aber anschliessend freigestellten Eschen bietet noch grosse Möglichkeiten qualitativ gute Eschenbeständen aus vernachlässigten oder spontanen Verjüngungen zum Vorschein zu bringen.

### SAMENVATTING

#### Opbouw, groei en reaktievermogen van onderdrukte essenverjongingen

In het gebied van Virelles (België) werd een natuurlijke essenverjonging vastgesteld. Zij is gekenmerkt door :

- leeftijd 4 à 36 j; gemiddeld : 18 j.
- gemiddelde hoogte : 29 cm
- gemiddelde diameter aan de basis = 3,8 mm

Deze vaststelling bewijst, dat de es, althans in de jeugd, zich gedraagt als een zeer sterk schaduwverdragende soort.

In een eerste deel werd de verjongingsgroep geanalyseerd : stamtalverhouding, structuur, groei en differentiatie.

Vervolgens werd onderzocht of deze langdurig onderdrukte essenzaailingen nog het vermogen bezitten om een normale groei te hervatten. Hierbij werden verschillende technieken aangewend : overplanting op het vrije veld, afzetten, wortelplanting. De reactie van de planten werd op tweeelei wijzen getest : groei en physiologische kenmerken (ademhaling, fotosynthese en pigmentgehalte).

De resultaten tonen duidelijk aan, dat langdurig onderdrukte essenzaailingen nog het vermogen bezitten om een normale groei te hervatten.

### RÉSUMÉ

#### **Composition, structure et capacité de récupération d'une régénération naturelle de frênes supprimés**

Une régénération naturelle de frêne (*Fraxinus excelsior* L.) a été trouvée dans la région de Virelles (Hainaut-Belgique). Les caractéristiques de celle-ci sont :

- âge : 4 à 36 ans; moyen : 18 ans
- hauteur moyenne : 29 cm
- diamètre moyen à la base : 3,8 mm

Ces caractéristiques prouvent que le frêne est une essence qui peut supporter l'ombre pendant une longue période.

Dans une première partie la régénération a été analysée : l'évolution du nombre d'arbres, la structure, et la différenciation.

Ensuite, la capacité de récupération de la régénération a été examinée.

Différentes méthodes ont été employées : transplantation sur un terrain ouvert, récépage immédiatement après la transplantation et juste avant la période de végétation. La réaction des plantes a été examinée selon deux méthodes : la croissance et les caractéristiques physiologiques (respiration, photosynthèse et quantité de pigments).

Les résultats prouvent clairement que des frênes, qui ont été supprimés pendant une très longue période, ont encore la possibilité de reprendre une croissance normale.

### SUMMARY

#### **Composition, structure and capacity of reaction of a suppressed regeneration of ash**

A natural regeneration of Ash (*Fraxinus excelsior* L.) was found in the region of Virelles (Belgium). The characteristics were :

- age : 4 to 36 years; average = 18 y
- mean height : 22 cm
- mean base diameter = 3,5 mm

The characteristics of the regeneration prove, the ash can be considered, at least during the youth, as a strong shade bearing species.

The regeneration group has been analysed : the evolution of the stem number, the structure, the growth and the differentiation.

In the second part we have examined if the regeneration possesses still the capacity to take again a normal growth. Different techniques were used : transplanting on the free field, cutting back immediately after planting or some months later just before the vegetation period. The reaction of the plants has been tested on two ways : 1. the growth and 2. the physiological characteristics (respiration, photosynthesis and content of pigments).

The results prove that ashes, which were suppressed for a very long time, possess still the capacity to take again a normal growth.

## LITERATUR

1. FAUST H. : Waldbauliche Untersuchungen am Bergahorn Dissertation, Forstl. Fakultät der A. — Universität zu Göttingen in Hann. Münden, 1963.
2. DENGLER A. : Waldbau, Berlin Springer — Verlag 1944.
3. HEMPEL, G. : Untersuchungen über die natürliche Verjüngung von Mischbeständen an Hand von Jungwuchsanalysen unter besondere Berücksichtigung der Lärche (*Larix decidua* M.)
4. KURTH A. : Untersuchungen über Aufbau und Qualität von Buchendickungen. Mitt. Schw. Anst. forstl. Vers. 1946, 581-658.
5. LEIBUNDGUT H. : Biologische und wirtschaftliche Bedeutung der Nebenbaumarten. Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen. 1951.
6. LEIBUNDGUT H. : Die Waldpflege. Verlag Paul Haupt Bern 1966.
7. Lyr H., Hoffmann G. und Engel W. : Ueber den Einfluss unterschiedlicher Beschattung auf die Stoffproduktion von Jungpflanzen einiger Waldbäume. Flora. Jena. Bd. 155 (1964) 2. S. 305-330.
8. VAN MIEGROET M. : Untersuchungen über den Einfluss der Waldbaulichen Behandlung und der Umweltfaktoren auf den Aufbau und die morphologischen Eigenschaften von Eschendickungen im schweizerischen Mittelland. Schweiz. Anst. f.d. forstl. Versuchswesen. Vol. 32 Fasc. 6 1956.
9. VAN MIEGROET M. : Die Lichttransgression und die Lichtreflexion bei Blätter einiger Laubbaumarten. J.F.S. 116 (7) 1965 (556-589).
10. VAN MIEGROET M. & GOOSSENS R. : Ein Apparat eigener Konstruktion zur Bestimmung der Qualität des durchfallenden und des reflektierenden Lichtes an Blättern. 13 Kongr. I.U.F.R.O. Wien 1961.
11. WECK J. : Die Kiefer Ostelbiens und das Plenterprinzip. J.F.S. 98 (5) 1947 (190-213) — 98 (6) 1947 (228-239).