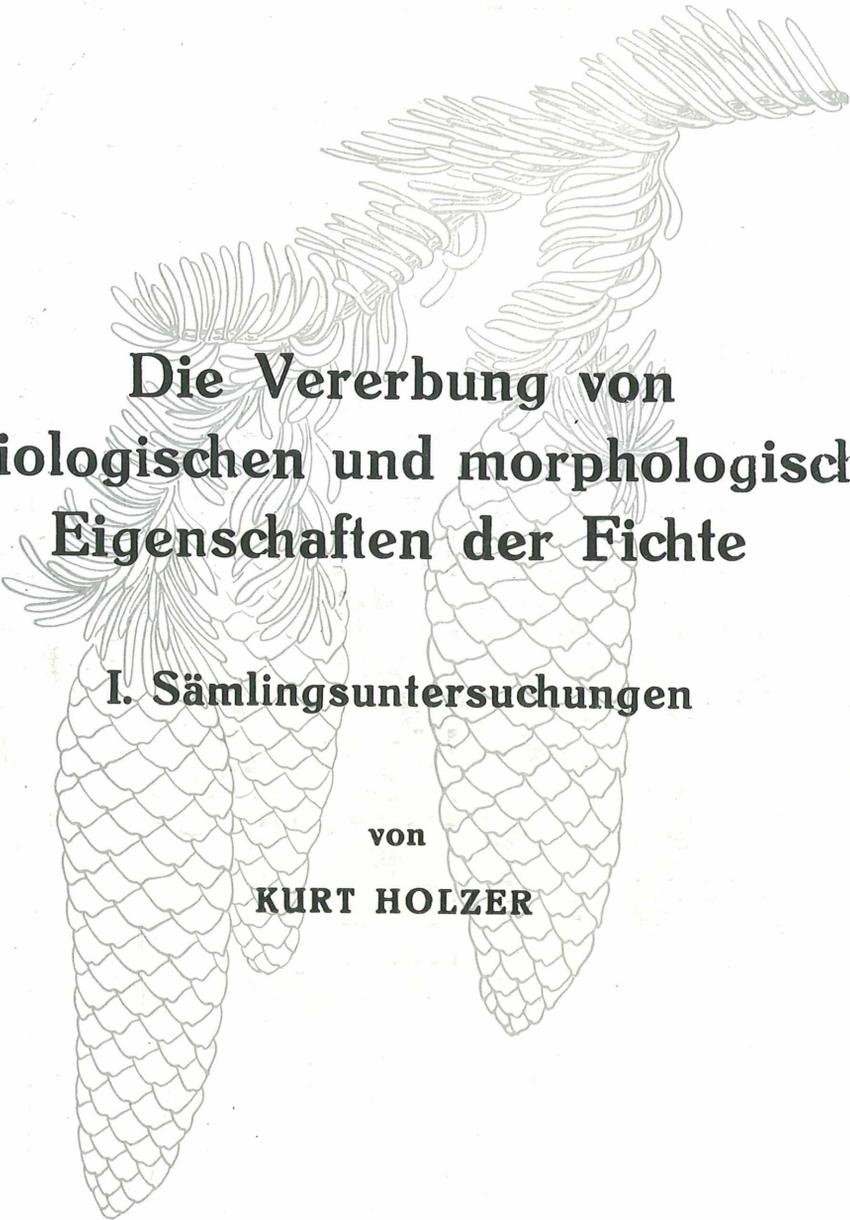


Oberösterreichisches
Landesmuseum

I 92658/71

64

TEILUNGEN
IEN BUNDES-VERSUCHSANSTALT
ARIABRUNN



Die Vererbung von
physiologischen und morphologischen
Eigenschaften der Fichte

I. Sämlingsuntersuchungen

von

KURT HOLZER

1966

71

KOMMISSIONSVERLAG: ÖSTERREICHISCHER AGRARVERLAG, WIEN

Spezialpräparate für den Forstschutz

Gegen fressende und saugende Insekten

Kerfex-Nebel
Forst-Viton-Emulsion
Forst-Viton-Staub

Gegen Holz- und Rindenbrüter

Stammschutzmittel ‚Linz‘

Gegen Forstgartenschädlinge und Rüsselkäfer

Hortex-Präparate
Aldrin-Superphosphat

Gegen zweikeimblättrigen Bewuchs

Lignopur
Dicopur spezial

Gegen einkeimblättrige Pflanzen

Basfapon

Forstschutzpräparate
aus dem Werk mit Erfahrung und Tradition



**Österreichische
Stickstoffwerke AG**

MITTEILUNGEN DER FORSTLICHEN BUNDES-VERSUCHSANSTALT MARIABRUNN

(früher „Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs“)

71. Heft

1966

INHALT

DIE VERERBUNG VON PHYSIOLOGISCHEN UND MORPHOLOGISCHEN EIGENSCHAFTEN DER FICHTE

I. SÄMLINGSUNTERSUCHUNGEN ODC 165.5:174.7 Picea

Inheritance of Physiological and Morphological Characteristics
in Norway Spruce
I. Seedling Tests

La transmission des caractères physiologiques et morphologiques
chez l'Epicéa commun
I. Tests de Semis

Унаследование физиологических и морфологических свойств ели
1. Исследования семянцев

VON KURT HOLZER

OÖLM LINZ



+XOM2262800

Herausgegeben
von der

Forstlichen Bundesversuchsanstalt in Wien
Kommissionsverlag: Österreichischer Agrarverlag, Wien

Alle Rechte vorbehalten.

Copyright 1966 by
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Wien.

Printed in Austria

Herstellung und Druck:

Forstliche Bundesversuchsanstalt
A 1131 Wien

I 92658/71

Österreich
Land

Forstliche
Anstalt / D.

423/1983

VORWORT

Dieser Band der "Mitteilungen" berichtet über Arbeiten zum Thema "Genetik und Züchtung der Fichte", welche seit 1958 am Institut für Forstpflanzenzüchtung und Genetik der Forstlichen Bundesversuchsanstalt durchgeführt werden. Es behandelt die Fichtensämlingstestung aus Saatgut verschiedener Wuchsbezirke und verschiedener Höhenstufen in den Ostalpen.

Folgende Waldbesitzer haben durch ihr Entgegenkommen bzw. ihre Mithilfe wesentlich zur Durchführung dieser Arbeit beigetragen; es geziemt sich an dieser Stelle ihnen allen den Dank auszusprechen:

Forstverwaltung Bleiberg der Bleiberger Bergwerksunion AG, Kärnten,
Forstverwaltung Stixenstein der Gemeinde Wien, Niederösterreich,
Forstverwaltungen Ebensee und Ort der Österreichischen Bundesforste, Oberösterreich,
dem Waldbesitzer Severin PIRKER, Kulm am Zirbitz, Post Neumarkt, Steiermark, und der
Lichtenstein'schen Forstverwaltung Schottwien, Niederösterreich.

Die Aufarbeitung des gezogenen Pflanzenmaterials erfolgte durch das Institut für Forstpflanzenzüchtung und Genetik. Nur der gemeinsamen Arbeit aller Mitarbeiter ist es zu danken, daß dieses umfangreiche Material so klaglos bewältigt werden konnte.

Die Untersuchungen an 42.000 Pflanzen und 100.000 Keimlingen machten etwa 800.000 Einzelbestimmungen notwendig.

Die rechnerische Auswertung erfolgte an der anstaltseigenen Datenverarbeitungsanlage, die graphischen Darstellungen besorgte Herr Ing. K. LIEBESWAR, dem ich hiefür besonders danke.

Wenn auch Teile dieser Arbeit schon an anderer Stelle veröffentlicht wurden, so soll dieser Band einen Gesamtüberblick über das Versuchsmaterial mit den daraus resultierenden Ergebnissen ermöglichen.

INHALT

1	EINLEITUNG	1
2	HERKUNFT UND AUFARBEITUNG DES MATERI- ALS	3
3	UNTERSUCHUNGSMETHODEN	6
31	UNTERSUCHUNGSMETHODEN KULTURKAMMER	6
32	UNTERSUCHUNGSMETHODEN FREILAND	9
4	ERGEBNISSE DES PHOTOPERIODISCHEN VERSU- CHES	10
41	GESAMTENTWICKLUNG DER PFLANZEN	10
411	Wachstumsverlauf, Pflanzenausfall	11
412	Knospenentwicklung	14
413	Pflanzenfarbe	19
414	Gegenseitige Beeinflussung im Wachstum bei Dauerlicht	20
42	ABSCHLUSS DES VERSUCHES	21
421	Entwicklung der Wurzel	22
422	Entwicklung des Hypokotyls	27
423	Entwicklung der Keimblätter	28
424	Entwicklung des Triebes	28
425	Ergebnisse, abgeleitet aus den Messungen der oberir- dischen Pflanze	30
426	Ergebnisse, abgeleitet aus den Messungen der Gesamt- pflanze	34
43	WEITERE ERGEBNISSE AUS DEM PHOTOPERIODISCHEN VERSUCH	45
431	Beziehungen zum Samengewicht	45
432	Optimale Tageslänge	55
433	Gewicht der Längeneinheit bei Kotyledonen und Trieb	58
434	Meßzahl Trieblänge pro Stunde Beleuchtungsdauer	62
435	Meßzahl Gesamtgewicht pro Stunde Beleuchtungsdauer und Stoffproduktionsleistung	64
44	SCHLUSSFOLGERUNGEN AUS DEM PHOTOPERIODISCHEN VERSUCH	66

5	ERGEBNISSE DER GESAMTTESTUNG BEI 16 STUNDEN TAGESLÄNGE	69
51	GESAMTENTWICKLUNG DER PFLANZEN	69
511	Meßergebnisse: Wurzel	69
512	Meßergebnisse: Hypokotyl	71
513	Meßergebnisse: Trieb	72
514	Meßergebnisse: Gesamtpflanze	74
515	Testungsergebnisse, abgeleitet aus den Messungen der einzelnen Pflanzenteile	76
52	WEITERE BESTIMMUNGEN AUS DEM VERSUCH	82
521	Samengewicht und seine Beziehung zu den Sämlingen	82
522	Wassergehaltsbestimmung	89
523	Triebabschluß und Knospenbildung	89
524	Knospen an der Plumula	92
525	Anzahl der Triebe	93
526	Keimblattzahlen	93
527	Versuch einer Erkennung des Erbanteiles von Mutterbaum und Pollen	95
528	Beziehungen zur Seehöhe und der Verzweigungsform der Mutterbäume	...100
53	SCHLUSSFOLGERUNGEN AUS DER GESAMTTESTUNG	...102
6	VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN AN FREILANDSÄMLINGEN	...104
61	ALLGEMEINE WACHSTUMSBEOBACHTUNGEN	...104
611	Allgemeine Hinweise auf das Wachstum	...104
612	Besondere Beobachtungen während des Wachstums im 1. und 2. Jahr	...104
62	MESSERGEBNISSE NACH DEM 1. UND 2. JAHR	...105
621	Wurzel	...105
622	Hypokotyl	...106
623	Trieb	...106
624	Anzahl der Triebe	...109
625	Knospenentwicklung	...112
626	Wassergehalt	...114
63	MESSERGEBNISSE NACH DEM 4. UND 5. JAHR	...114
631	Allgemeine Hinweise auf das Wachstum im 3. bis 5. Jahr; Austrieb, Augusttrieb Bildung	...114
632	Aufwuchs	...118
633	Nadelfarbe	...123
634	Verzweigung, Zwieselbildung	...124
64	ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE DER FREILANDTESTUNG	...131
65	BEZIEHUNGEN FREILANDKULTUR - KULTURKAMMER	...132

7	SONSTIGE UNTERSUCHUNGEN AM SAMENMATERIAL	...134
71	KEIMVERSUCHE BEI VERSCHIEDENEN TEMPERATUREN, HALTBARKEIT DER SAMEN	...134
72	DEFEKTKEIMER	...136
73	ANTHOZYANAUSBILDUNG	...139
74	HYPOKOTYL-KOTYLEDONENVERHÄLTNIS IM SAMEN	...142
75	WACHSTUM BEI VERSCHIEDENER TEMPERATUR	...143
	751 Knospenentwicklung	...143
	752 Längenentwicklung	...146
	753 Gewichtsentwicklung	...148
8	BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE UND GESAMTSCHLUSSFOLGERUNGEN	...149
81	PHOTOPERIODISCHE TESTUNG	...149
82	ALLGEMEINE KULTURKAMMERTESTUNG	...152
83	FREILANDSÄMLINGE	...154
84	GESAMTSCHLUSSFOLGERUNGEN UND ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE	...157
	SUMMARY	...159
	RESUME	...161
	Резюме	...163
9	ANHANG	...165
91	ERGEBNISSE EINES VERSUCHES MIT AUSLÄNDISCHEN FICHTENHERKÜNF TEN	...165
	911 Knospenentwicklung	...165
	912 Anteil des Triebes an der Gesamtlänge	...168
	913 Anteil des Triebes am Gesamtgewicht	...169
92	ERGEBNISSE EINER MASCHINELLEN LOCHKARTENAUSWERTUNG VON 76 MERKMALEN	...170
93	LITERATURZUSAMMENSTELLUNG	176

1 EINLEITUNG

Die europäische Fichte (*Picea abies* (L.) KARST) ist eine Holzart, die auf Grund ihrer Verbreitung über das gesamte Mittel-, Nord- und Nordosteuropa (RUBNER und REINHOLD 1960, KIELLANDER 1951) sehr stark in verschiedene Rassen und Varietäten aufgliedert ist. BEISSNER - FITSCHEN (1930) führen in ihrer Nadelholzkunde insgesamt 106 verschiedene Varietäten an. Besonders für den mitteleuropäischen Raum stellt die Fichte die Hauptholzart dar, die zum wesentlichen Teil an der Bewaldung des Alpen- und Sudetenraumes beteiligt ist. Durch die starke vertikale Gliederung in den Gebirgsmassiven mit Höhenunterschieden bis zu nahezu 2000 m in der Waldzone war die Fichte gezwungen, sich an die verschiedenen Bedingungen des Tal- und des Bergklimas mit allen Übergängen anzupassen. Tatsächlich gelang es dieser Holzart auch, von den tiefsten Tallagen (ca. 150 - 200 m Seehöhe) bis nahe an die subalpine Zone der Zentralalpen (Seehöhen bis zu 2000 m) vorzudringen; parallel dazu besiedelt sie auch den gesamten europäischen Raum vom Südrand der Alpen bis in den hohen Norden von Skandinavien (RUBNER und REINHOLD 1960).

Bereits frühzeitig setzten verschiedene Versuche mit dieser Holzart ein; abgesehen von der morphologischen Beurteilung der Altbäume nach der Verzweigungsform, Zapfenfarbe etc. (SYLVEN 1909, HEIKINHEIMO 1919, MÜNCH 1928, 1932 u. a.) begannen bereits einige Jahre vor der Jahrhundertwende zwei namhafte Forscher des Alpenraumes mit Anbau- und Herkunftsversuchen (CIESLAR 1887, 1907, ENGLER 1905, 1913), die bis heute als richtungsweisend auf diesem Gebiet anzusehen sind. Bereits aus diesen ersten Untersuchungsergebnissen erkennt CIESLAR (1907) die durch das Klima bedingten Varietäten bei der Fichte und im besonderen die Herkunftsfrage. Die spätere Überprüfung der damals angelegten Versuchsfläche durch MELZER (1937) bestätigte die von CIESLAR erkannten Beziehungen; in der gleichen Weise konnte FISCHER (1950) das von ENGLER angestrebte Versuchsziel in dessen Versuchsflächen bestätigen. In der Folge wurden in der ersten Hälfte dieses Jahrhundert an zahlreichen Stellen immer umfangreichere Herkunfts- und Provenienzversuche mit der Fichte wie auch mit anderen Holzarten angelegt (FABRICIUS 1938, HEIKINHEIMO 1949, NÄGELI 1931, ROHMEDER 1964, RUBNER 1957, LANGLET 1938 u. a.); besondere Bedeutung hat der von der JUFRO im Jahre 1938 über ganz Europa angelegte Fichtenprovenienzversuch, über den bereits 20jährige Ergebnisse vorliegen (BOUVAREL u. a. 1957, GATHY 1960, LANGLET 1960, VINCENT und VINCENT 1964, VINS 1963 u. a.); im besonderen seien auch die Erkenntnisse erwähnt, die vor allem in Schweden mit dem Wachstum der mitteleuropäischen Fichtenherkünfte gewonnen wurden (BORNEBUSCH 1935, LANGLET 1941, 1960, KIELLANDER 1960). Aus

all diesen Untersuchungen geht eindeutig hervor, daß bei der europäischen Fichte eine erhebliche Streuung der verschiedenen Wuchseigenschaften existiert, wodurch bei allzu oberflächlicher Behandlung dieser Holzart bei Bestandesbegründungen, vor allem im Alpen- und im nordischen Raum, mitunter schwere Rückschläge erlitten werden können (SCHMUCKER 1941); wie alle diese Versuche zeigen, kann man bei entsprechender Auswahl des Pflanzmaterials sogar wesentliche Fortschritte erzielen.

Es lag nun nahe, bei dieser Holzart umfangreichere Untersuchungen im Rahmen der in den letzten Jahren immer erfolgreicher erscheinenden Frühstestuntersuchungen durchzuführen (FABRICIUS 1922, HOFFMANN 1961, LEIBUNDGUT 1963, SCHMIDTVOGT 1962, SCHRÖCK und STERN 1952, SCHMIDT 1959 u. a.). Im Fichtensamenjahr 1958 wurden deshalb an verschiedenen Orten innerhalb der Alpen wie auch vergleichsweise an einigen Stellen des übrigen Verbreitungsgebietes der Fichte zahlreiche Einzelbäume beerntet, um an Hand dieses Materials genauere Aufschlüsse über die Verhältnisse der einzelnen Fichtenökotypen zu erhalten. Bei dieser ersten Untersuchung konnten im großen und ganzen nur die Sämlinge und deren Wachstum zur Beurteilung der verschiedenen Einzelbäume herangezogen werden. Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe sind in dieser Abhandlung eingehend dargestellt; einzelne kurze Vorberichte wurden bereits im Laufe der letzten Jahre gegeben (HOLZER 1961, 1964 b).

In der Folge zu diesen Versuchen ergab sich aber die Notwendigkeit, neben den Sämlingstesten auch genauer erfaßbare Mutterbäume mit einer größeren Streuung in den einzelnen Höhenstufen aus demselben Herkunftsgebiet zu diesen Untersuchungen heranzuziehen; gerade diese Untersuchungen, über die gleichfalls bereits kurze Vorberichte erschienen sind (HOLZER 1963 c, 1964 a), gaben erst die Möglichkeit, genaueren Einblick über die vertikale Gliederung der Fichtenverbreitung im Alpenraum zu erhalten. Eine Wiedergabe der Details dieses weiteren Versuchsteiles sowie nähere Einzelheiten über die Sämlingstestung dieser Mutterbäume muß jedoch späteren ausführlichen Arbeiten im Rahmen dieser Reihe vorbehalten werden. Ein kurzer zusammenfassender Überblick über das zu erwartende Gesamtergebnis wurde bereits 1963 gegeben (HOLZER 1963 b). Es bleibt zu hoffen, daß mit den Ergebnissen dieser weiteren Versuche ein abgerundeter Überblick über die Rassen und Ökotypen der alpinen Fichte entsteht, woraus vor allem die forstliche Praxis einen großen Nutzen ziehen könnte.

Abschluß des Manuskriptes: 23. Dezember 1964

2 HERKUNFT UND AUFARBEITUNG DES MATERIALS

Das Samenmaterial für die Versuchsserie wurde im Samenjahr 1958 meist von gefällten Bäumen entnommen. Im Rahmen dieser Untersuchungsserie wurden insgesamt 97 Bäume beerntet, von 5 Bäumen wurden getrennt nach Wipfelregion und unterstem Kronenteil Zapfenproben entnommen, so daß die Gesamtzahl der Samenproben 102 betrug.

Die Eigenschaften der Mutterbäume wurden, soweit dies am liegenden Stamm möglich war, aufgenommen, sie können aber nur beschränkt in diese Auswertung einbezogen werden, da viele Angaben unsicher erscheinen. Die Mutterbäume stammen von insgesamt 5 Herkünften aus verschiedenen Höhenstufen, außerdem wurden noch einige Gartenbäume aus der näheren Umgebung von Wien zum Vergleich herangezogen. Die nachfolgende Tabelle 2 gibt darüber näher Auskunft. Es handelt sich (mit Ausnahme der Gartenbäume) durchwegs um autochthone oder zumindest um von Natur verjüngte Bestände, die zum Großteil im hiebreifen Alter standen; ein Teil der Bäume (vor allem die Höhenformen des Höllengebirges, die Versuchsnummern K 1, 12, 13, 14, sowie die Gartenbäume) wurde am stehenden Stamm beerntet.

Von den Höhenformen des Höllengebirges (H 1 - 4) sowie vom Westabfall der Seetaler Alpen (K 1 - 4) wäre noch zu berichten, daß es sich um Bäume aus der Zone nahe der Waldgrenze handelt; in diesem Gebiet gehören fast alle Fichten, wie auch aus anderen Untersuchungen (2. Teil dieser Veröffentlichungsreihe) hervorgeht, dem Platten- bzw. dem Platten-Bürstenfichtentyp an. Auch die obere Stufe der Herkunft Semmering dürfte zu einem Teil aus Plattenfichten gebildet sein; es wurden hier nur unterdrückte langsamwüchsige Bäume im Zuge einer Durchforstung ausgeschieden und beerntet, die in diesem Höhenbereich erfahrungsgemäß meist Plattenfichten sind. Alle anderen Standorte befinden sich im Bereich der montanen Fichtenstufe, gehören somit der Ausbildungsform Bürstenfichte mit Übergang zur Kammfichte an; der Gürtel dieser Fichtenformen ist sehr breit und erstreckt sich von 800 m bis nahe an die Waldgrenze; extrem reine Kammfichten, die vor allem in der Laubwaldzone zu finden sind, dürften in unserem Material kaum vertreten sein, so daß die Versuchsergebnisse wohl eine obere Grenze deutlich zu erkennen geben, nach unten aber eine Erweiterungsmöglichkeit offen lassen.

Die Zapfen wurden im eigenen Labor geklenzt; anschließend wurden die Samen gereinigt und im Luftstrom von den Hohlkörnern getrennt, sodaß das Untersuchungsmaterial eine durchschnittliche Keimfähigkeit (Jakobson-Keimapparat) von 83,75 % aufwies. Die Aufbewahrung der Samen erfolgte in verkorkten Gläsern im Kühlschrank

Anmerkungen zu Tabelle 2:

x) Unter relativer Seehöhe ist der Abstand von der lokalen Baumgrenze für Fichte zu verstehen. In den Seetaler Alpen liegt die Baumgrenze für Zirbe um 200 m höher.

1) Herrschende und mitherrschende Bäume aus einem autochthonen Bestand auf trockenem Standort; die Bäume B 2, B 3, B 10 sind Kammfichten, B 1 und B 5 bis B 9 sind Bürstenfichten, B 4 ist eine Plattenfichte.

2) Vorwiegend Kammfichten auf feuchtem Standort, autochthon.

3) Mitherrschender Baum auf feuchtem Standort, autochthon.

4) Der Samen wurde von bereits gefällten Bäumen geerntet; G 1 bis G 11 sind vermutlich autochthon, G 12 bis G 16 wahrscheinlich nicht autochthon.

5) Jungbäume aus einem sicher nicht autochthonem Bestand.

6) Einzelbäume an der alpinen Baumgrenze, sicher autochthon; vorwiegend Plattenfichten.

7) Herrschende Kammfichten, autochthon, auf mäßig feuchtem bis feuchtem Standort.

8) Herrschende und mitherrschende Bäume, autochthon, auf feuchtem Standort; zum Zeitpunkt der Beerntung waren die Bäume durch Schneedruck entwurzelt.

9) Herrschende und mitherrschende Kamm-Bürstenfichten, autochthon, auf feuchtem Standort; der Baum H 27 ist unterdrückt.

10) Autochthone Bürsten-Plattenfichten im lockeren Bestand nahe der alpinen Baumgrenze, feuchter Standort.

11) Autochthone Mischtypen auf feuchtem Standort.

12) Autochthone Kamm-Bürstenfichten auf feuchtem Standort; infolge Waldweide sehr locker bis einzelstehend; K 10 ist eine Platten-Bürstenfichte im stark vernähten Gelände.

13) K 12 ist eine silbergraue Bürstenfichte mit schlechter Zuwachsleistung, K 13 eine anormal breite Kamm-Bürstenfichte, K 14 eine junge, wüchsige Kamm-Bürstenfichte.

14) Es handelt sich um meist unterdrückte Bäume, die bei einer Durchforstung ausgeschieden wurden; die Bäume waren zum Zeitpunkt der Beerntung bereits gefällt; autochthoner Bestand auf mäßig feuchtem Standort.

15) Autochthone Kamm-Bürstenfichten auf mäßig feuchtem Standort.

Allgemeine Angaben über die beernteten Mutterbäume

Herkunft	Mutter- baum Nummer	Absolute Seehöhe m	Exp. Länge (Östl.)	Geogr. Breite (Nördl.)	Geogr. Länge (Östl.)	Geogr. Breite (Nördl.)	Mitteltemperatur		Jahres- nieder- schlag mm	Voll- früh- lings- einzug x)	Relative Seehöhe m	Wuchs- gebiet nach TSCHER- MAK	Stamm- höhe m	BHD cm	Be- stock- ungs- grad	Anm.			
							Jän. °C	Juli °C											
Bleiberg Kreuth Kärnten			SW																
Bleiberg Ost Kärnten																			
Bleiberg Ost Kärnten																			
Gahns Nied. Ost.																			
Höllengebirge Nordtirol																			
Seetaler Alpen Steiermark Westtirol			W																
	K 7-K11	1100-1150	W																
	K12-K14	950	W																
Semmering Nordtirol Nied. Ost.																			

bei + 4° C; die Keimfähigkeit des Saatgutes erlitt auf diese Weise bei dreijähriger Lagerung keine Einbuße, wie durch wiederholte Keimungsproben bestätigt werden konnte. Da die Keimbedingungen in der Kulturkammer die denkbar günstigsten sind, konnten bei jeder Testung fast sämtliche keimfähige Samen zu Pflanzen herangezogen werden; nur bei notgereiften Samen (gefällte Bäume der Herkunft Gahns Baum Nr. 1 - 6) ließ sowohl am Keimschrank wie auch in der Kulturkammer die Keimfähigkeit sehr rasch nach, sodaß von diesen Bäumen keine Wiederholung der Testsaat gemacht werden konnte.

3 UNTERSUCHUNGSMETHODEN

31 UNTERSUCHUNGSMETHODEN KULTURKAMMER

Die Testung der Sämlinge aller Fichteneinzelbäume wurde in einer selbst gebauten Kulturkammer (siehe HOLZER und LIEBESWAR 1960) Abbildung 3/1 durchgeführt; alle Versuchsreihen hatten eine gleichbleibende Temperatur von 22° C ± 2° C; die Luftfeuchtigkeit betrug etwa 70 - 80 %. Außerdem wurden alle Testungen mit einer immer gleich zusammengesetzten Nährlösung laut Tabelle 3 ernährt; diese Nährlösung wurde nach jeweils 3 - 4 Wochen erneuert, um das Fehlen von bevorzugten Elementen sowie eine zu starke Änderung der Konzentration und des pH-Wertes zu vermeiden. Der Wasserverbrauch betrug bei dieser Kulturmethode etwa 10 l pro Woche bei insgesamt 120 l Nährlösung, sodaß keine wesentlichen Konzentrationsänderungen eingetreten sind. Alle Kulturreihen wurden bei einer Beleuchtungsstärke von etwa 8000 Lux (Phillips Leuchtstoffröhren TL 25 W 32 De Luxe) ausgeführt. In einem Kulturgefäß aus Eternit (Größe 15 x 15 x 50 cm) wurden 26 Reihen mit je 25 Korn ausgesät, wobei mit Ausnahme von je 3 Randreihen 20 Testreihen pro Gefäß, also 80 Testreihen pro Kammer (4 Kulturgefäße) zur Verfügung standen; in diesen wurden 20 Samensorten mit 100 Korn in 4 Wiederholungen ausgesät und für die weiteren Beobachtungen herangezogen. Der Reihenabstand bei dieser Kulturmethode betrug 1,8 cm, der Pflanzenabstand in den Reihen ca. 0,5 cm; dieser Standraum (etwa 1 cm²) ist für die Testung im allgemeinen ausreichend. In den ersten beiden Kulturserien (vom 13. I. - 15. IV. 1959 und vom 2. XII. 1959 - 4. II. 1960) wurden die Fichtensämlinge von je 80 Einzelbäumen bei einer Beleuchtungsdauer von 16 Stunden angezogen und getestet (Abschnitt 5); im dritten Kulturversuch, der auf 2 Teile durchgeführt werden mußte (1. Teil vom 11. III. bis 4. VII. 1960, 2. Teil vom 18. I. bis 17. V. 1961), da für 6 Tageslängen nur 4 Kammern zur Verfügung standen, wurden die Sämlinge von 22 dieser Fichteneinzelbäume bei den Tageslängen 4, 8, 12, 16, 20 und 24

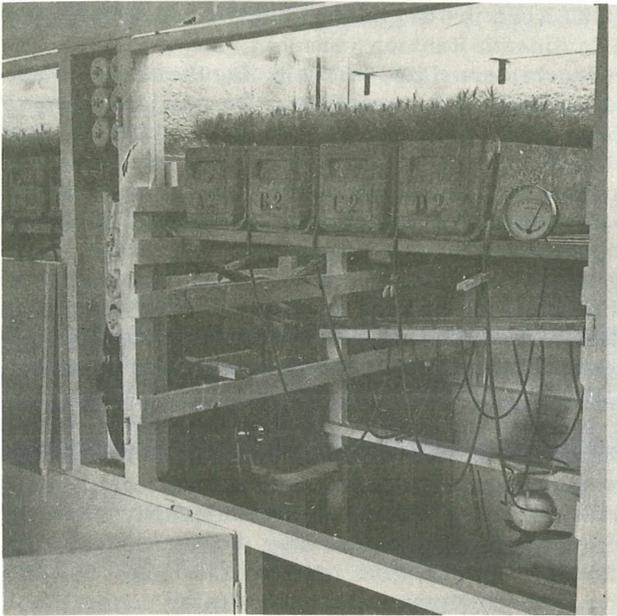


Abbildung 3/1: Teilansicht der Kulturkammer (Aufnahme Lichtbildstelle der FBVA)

Tabelle 3: Zusammensetzung der Nährlösung für die Kulturkammer

Destilliertes Wasser (H_2O)	120 l
Magnesiumsulfat ($MgSO_4$)	50 g
Ammoniumnitrat (NH_4NO_3)	50 g
Kaliumnitrat (KNO_3)	50 g
Kaliumphosphat, primär (KH_2PO_4)	50 g
Kalziumnitrat $Ca(NO_3)_2$	25 g
Eisenchlorid ($FeCl_3$)	5 g
A-Z-Lösung nach Hoagland	120 cm^3

Stunden (je 100 Korn pro Tageslänge und Samensorte) getestet. Außerdem wurde in diesem Rahmen versucht, die maximale Streckung der im Samen vorgebildeten Organe (Radikula, Hypokotyl und Kotyledonen) bei völliger Dunkelheit zu erreichen. Die ausländischen Fichtenherkünfte (Anhang 91) wurden in einer Serie in der Zeit vom 2. VIII. 22. XI. 1961 herangezogen und nachher den Merkmalsbestimmungen zugeführt. Die Kulturdauer betrug für die ersten beiden Versuchsserien je 3 Monate; die 3. Versuchsserie wurde nach jeweils 16 Wochen abgebrochen (0 und 4 Stunden Tageslänge erforderte eine Beendigung des Versuches nach 4 Wochen, da sonst die Sämlinge wegen Lichtmangel zu Grunde gegangen wären). Außerdem wurden diese 22 Sämlingssorten bei 20 Stunden Tageslänge und bei Dauerlicht 6 Monate hindurch kultiviert, um einen Überblick über das weitere Wachstum in der Kulturkammer zu erhalten.

Während der Kulturzeit wurden die Keimfähigkeit und einige andere Eigenschaften, wie Farbe des Hypokotyls, Zeitpunkt der Keimung und des Schalenabwurfes und dergleichen registriert; außerdem wurden auch abnorme Pflanzen, zum Beispiel chlorophyllfreie oder chlorophyllarme Keimlinge, gesondert zur weiteren Beobachtung ausgesucht. Ab der 6. Woche nach der Saat wurden die Pflanzen jede Woche einmal kontrolliert, wobei in erster Linie die Entwicklung der Endknospen der einzelnen Pflanzen registriert wurde (Werte in Tabelle 412/1); bei den Tageslängen von 16 und vor allem 20 Stunden war diese Beobachtung jedoch nach 13 und mehr Wochen nicht mehr möglich, da die Gefahr zu groß gewesen wäre, den Pflanzen Schädigungen mechanischer Art zuzufügen.

Nach Ende der Kulturperiode wurden die gesamten Pflanzen sorgfältig aus den Kulturgefäßen entnommen, die Wurzeln abgetrennt und getrennt (Trieb und Wurzel) in 3 % wässriger Lösung von Formaldehyd zur weiteren Verarbeitung aufbewahrt. Die Längen- und sonstigen Merkmalbestimmungen der einzelnen Pflanzenteile wurden im fixierten Zustand durchgeführt, abschließend wurde das Trockengewicht der einzelnen Teile nach 48 Stunden Trocknung im Trockenschrank bei 105 °C ermittelt.

Folgende Merkmalsbestimmungen wurden im einzelnen ausgeführt; Längenmessung von Hauptwurzel, Hypokotyl, Trieb, Kotyledonen; Gewichtsbestimmung von der gesamten Wurzel, Hypokotyl und Kotyledonen, gesamtem Trieb und einzelnen Keimblättern.

Außerdem wurden bestimmt: Grad der Wurzelverzweigung, Ausbildung von Gipfel und Seitenknospen, Seitentriebe und durchgewachsene Gipfelknospen (Augusttrieb Bildung).

Die Längenmessung erfolgte in mm, verwertet wurden hier die Mittelwerte; die Gewichtsbestimmung erfolgte in mg für alle Pflanzen gemeinsam und das daraus errechnete Mittel diente als Maßzahl.

Die Wassergehaltsbestimmung wurde bei einigen Serien durch sofortiges Wiegen der oberirdischen Teile nach der Trennung von den Wurzeln (Frischgewichtsbestimmung) zusätzlich ermittelt.

Parallel dazu wurden vom gleichen Saatgut auch Aussaaten im Freiland durchgeführt, um vergleichbares Material zu den Kulturkammersaaten zu haben. Die Saatbeete wurden auf einer ziemlich einheitlichen Fläche im Südteil des Mariabrunner Versuchsgartens angelegt; alle Sorten wurden gleich behandelt: Die Aussaat erfolgte am 27. April 1959; Beschattung der Saatbeete bis etwa Mitte August; anschließend Wachstum in voller Sonne ohne irgendwelche Randwirkung oder Beschattung. Die Pflanzenentnahme erfolgte im ersten Jahr in der zweiten Hälfte November, im zweiten Jahr in der ersten Hälfte Dezember, wobei darauf geachtet wurde, möglichst gleichmäßig gewachsene Teilflächen für die Pflanzenentnahme heranzuziehen. Von diesem Material wurden im Alter von 1 Jahr 100 und nach 2 Jahren 50 Pflanzen je Sorte entnommen und an diesen die Messungen und Wägungen wie bei den Pflanzen aus der Kulturkammer durchgeführt. Die Bestimmung der Anzahl der Keimblätter war bei den 1jährigen Sämlingen mit so großen Schwierigkeiten verbunden und mit Ungenauigkeiten behaftet, daß von einer Auswertung dieses Merkmals abgesehen werden mußte. Die Wassergehaltsbestimmung im ersten Jahr wurde an wenigen Nadeln eines jeden Pflänzchens, im zweiten Jahr an etwa 20 Pflänzchen getrennt von der eigentlichen Untersuchungsserie - jeweils als Summenwert - durchgeführt. Es wurde dabei nach der von LANGLET (1941) beschriebenen Methode verfahren, die Nadeln vor der Frischgewichtsbestimmung drei Tage hindurch in Wasser zu legen, um die volle Wassersättigung zu erreichen.

Von den Pflanzen der Herkünfte Höllengebirge und Seetaler Alpen wurden nach dem zweiten Jahr etwa 120 Pflanzen je Sorte im Verband 35 x 15 cm verschult, um sie für spätere Vergleichsuntersuchungen zur Verfügung zu haben. Diese Pflanzen wurden zu Ende des vierten Jahres, also als $2\frac{1}{2}$ Sämlinge vermessen, wobei vor allem bestimmt wurden: Gesamtgröße, Länge des 4. Jahrestriebes, Länge der Seitenzweige des obersten Wirtels, Ausbildung von Augusttrieben und Neigung zur Bildung von mehreren Gipfeltrieben. Nach dem 5. Jahr wurden nochmals alle Höhen der Versuchspflanzen gemessen.



4 ERGEBNISSE DES PHOTOPERIODISCHEN VER-
SUCHES

41 GESAMTENTWICKLUNG DER PFLANZEN

Ein Hauptteil der durchgeführten Untersuchungen wird von der Feststellung der photoperiodischen Reaktion der einzelnen Fichtensämlingssorten gebildet. Da die Empfindlichkeit auf die Beleuchtungsdauer bei verschiedenen Samensorten eine sehr unterschiedliche ist, wurde in einer gesonderten Versuchsreihe geprüft, welche Aussagen aus diesem Verhalten gemacht werden können. Zu diesem Zweck wurden 22 Einzelbaumsorten für eine photoperiodische Testung bei verschiedener Beleuchtungsdauer herangezogen und nachher den Merkmalsbestimmungen unterworfen. Es handelt sich dabei um solche Bäume, deren Beurteilung leichter möglich war, da diese sowohl stehend, als auch zumeist im gefällten Zustand durchgeführt werden konnte. Genauere Angaben über diese Bäume und deren Samen können aus der Tabelle 4/1 entnommen werden. Nur die Bäume H 1 - 4, K 1 und 14 wurden stehend beerntet, sodaß bei diesen die Altersbestimmung auf einige Schwierigkeiten stieß. Geprüft wurden alle Sorten bei den Tageslängen von 4, 8, 12, 16 und 20 Stunden sowie bei Dauerlicht; die Dauer des Wachstums wurde mit 16 Wochen festgesetzt. Zusätzlich wurde, wie bereits erwähnt, die maximale Streckung der im Samen vorgebildeten Teile bei fehlendem Licht bestimmt ("0 Stunden" Beleuchtungsdauer).

Die Gesamtentwicklung dieser in 2 Teilen durchgeführten Aussaaten war recht zufriedenstellend; im allgemeinen wurde aus je 100 Samenkorn eine durchschnittliche Pflanzenzahl von 75 bis 90 zur Endtestung erhalten; einzelne Sorten, von denen nur eine geringe Samenzahl vorhanden war, mußten bei den letzten Serien (vor allem 4 und 24 Stunden Beleuchtungsdauer) ausgelassen werden, wodurch aber das Ergebnis kaum beeinflußt wurde, da die Tageslängen zwischen 12 und 20 Stunden, vor allem 16 Stunden, die günstigsten und wesentlichen Versuchsergebnisse zeigten.

Der Pflanzenausfall während der Kultur war im allgemeinen unbedeutend, nur bei Dunkelstreckungswachstum und bei 4 Stunden Beleuchtungsdauer mußte der Versuch nach einem Monat abgebrochen werden, da sonst die Pflanzen wegen des zu geringen Lichtgenusses aus Mangel an Assimilation und dadurch begünstigte Pilzkrankheiten zu Grunde gegangen wären.

Die Testung bei 8 Stunden verlief im allgemeinen normal; gegen Ende des Versuchs jedoch vergilbten einzelne Pflanzen von einigen Sorten und verloren ihre normale graugrüne Farbe; diese Pflanzen vertrockneten nach und nach, was vermutlich in zu großem Lichtbedürfnis, dem bei dieser kurzen Tageslänge nicht entsprochen wurde, seinen Grund haben dürfte; es handelte sich auch vor allem um Sorten, die auf Grund ihres Wachstums in den anderen Beleuchtungszeiten als ausgesprochene Langtagssorten zu erkennen waren (Hochlagenherkünfte). Die Ernährung durch Assimilation bei 8 Stunden Tageslänge reichte somit nicht aus, um den Ruhestoffwechsel der Pflanze zu befriedigen; der Stoffverbrauch ist unter den in der Kulturkammer gegebenen Bedingungen größer als die Stoffproduktion.

Im gesamten betrachtet, kann man feststellen, daß bei 8 Stunden Tageslänge in erster Linie bei den Hochlagen ein bis zu 20 %iger Pflanzenausfall zu finden ist; die Normallagen zeigen keinerlei Unterschied im Ausfall in Abhängigkeit von der Tageslänge; es wurde nur festgestellt, daß die bei Langtag unterdrückten Sorten durch das Überwachsenwerden einen ziemlich großen Ausfall aufweisen, der z. B. bei K 11 bei 20 Stunden über 30 % beträgt; sowohl der Ausfall von Pflanzen bei 8 Stunden Tageslänge bei den Hochlagen als auch der Ausfall bei 20 Stunden bei den unterdrückten Sorten muß zweifelsohne auf die zu geringe Substanzproduktion durch zu wenig Licht zurückgeführt werden; bei den Hochlagen ist der Lichtgenuß von 8 Stunden mit 8000 Lux zu gering, um die durch die Atmung verbrauchten Substanzen durch Photosynthese zu ersetzen; bei den unterdrückten Normallagensorten ist der gleiche Grund dadurch gegeben, daß die kleinen Pflänzchen z. T. im vollen Schatten der stärker wachsenden Nachbarreihen zu keinem ausreichenden Lichtgenuß kommen. In Bezug auf die Versuchsanordnung wäre es für den letzteren Fall notwendig gewesen, die unterdrückten Sorten gemeinsam und unabhängig von den guten Sorten anzubauen.

Wie im Kapitel 414 angeführt wird, ist dadurch der Sortenunterschied noch etwas stärker ausgeprägt, als von dem Versuchsmaterial zu erwarten gewesen wäre, da die guten Sorten außerdem durch die größere Annäherung an die Lichtquellen zusätzlichen Lichtgenuß durch größere Beleuchtungsstärke und dadurch Gelegenheit zu erhöhter Substanzproduktion bekommen haben. Darin ist wohl der Haupt-

grund zu suchen, warum bei vielen Sorten der Anstieg auf den 24 Stundenwert unerwartet hoch gegenüber dem 16- und 20 Stundenwert war. Für die Versuchsauswertung ist dies jedoch recht günstig, da dadurch die Sortenunterschiede noch verstärkt werden.

Tabelle 4/1: Nähere Daten über die in den photoperiodischen Versuch miteinbezogenen Mutterbäume.

Erläuterung des Tabellenkopfes:

- 1 Herkunft
- 2 Baumnummer
- 3 Seehöhe in Meter
- 4 Exposition
- 5 Höhe unter der lokalen Baumgrenze für Fichte
- 6 Alter
- 7 Stammhöhe
- 8 Brusthöhendurchmesser
- 9 Höhenwuchsleistungsklasse (nach Ertragstafeln FRAUENDORFER)
- 10 Verzweigungsform (K = Kamm-, B = Bürsten-, P = Plattfichte)
- 11 Standort (T trocken, F feucht, N naß)
- 12 Asttypus
- 13 Ästigkeit
- 14 Baumklasse (EB Einzelbaum, H herrschend, MH mit-herrschend)
- 15 Kronenform
- 16 1000 Korngewicht
- 17 Behaarung der Nadelpolster
- 18 Defektkeimer in Prozent (Verkehrtkeimer)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	H 1	1530	E	20	100	12	34	2	P	F	grob	stark	EB	breit-normal	5,77	schwach haarig	1,2
	H 2	1530	E	20	40	7	15	6	P	F	normal	stark - mittel	EB	normal	7,56	wenig kurzhaarig	3,5
	H 4	1550	E	0	40	5	14	3	BP	F	fein - normal	mittel	EB	normal	6,69	wenig kurzhaarig	0,8
	H11	650	E	900	100-120	38	71	14	K	TF	normal	stark	H	schmal	5,00	wenig kurzhaarig	0,3
	H12	650	E	900	100-120	37	78	14	K	TF	normal	stark	H	breit	7,31	wenig kurzhaarig	0,3
	H13	800	SE	750	132	35	57	12	K	F	normal	stark - mittel	H	normal	6,70	wenig kurzhaarig	0,5
	H14	800	SE	750	125	38	41	14	K	F	fein - normal	mittel	H	breit-normal	6,07	stark kurzhaarig	0,5
	H15	950	S	600	70	20	37	9	KB	F	normal	mittel	H	normal	4,70	einzelne Warzen	0,7
	H22	950	S	600	105	32	66	12	PK	F	normal	stark - mittel	MH	breit-normal	6,51	langhaarig	0,2
	H23	950	S	600	100-110	31	53	11	K	F	fein - normal	mittel	MH	normal	5,68	stark kurzhaarig	0,3
	H24	950	S	600	110	35	63	13	K	F	normal	stark	H	breit	6,03	kurzhaarig	0,5
	H25	950	S	600	105	36	77	14	KB	F	normal	stark	H	breit	5,24	stark kurzhaarig	0,1
	H26	950	S	600	110-120	33	58	12	K	N	fein - normal	mittel	H	breit	5,41	stark kurzhaarig	0,1
	K 1	1600	W	100	30	6	10	7		TF	normal	mittel	EB	normal	6,43	warzig-haarig	0,8
	K 2	1550	W	150		20	40	5	BP	TF	grob	stark	MH	normal	6,25	behaart	1,8
	K 3	1550	W	150	88	20	35	7	BP	TF	normal	stark	H	schmal	7,21	schwach warzig	2,3
	K 4	1500	W	200	90	20	40	6	PB	TF	normal	stark	MH	breit	8,33	warzig	1,8
	K 7	1150	W	550	70	15	45	6	K	TF	grob	stark	EB	sehr breit	9,14	stark warzig	0,6
	K 8	1150	W	550	56	17	45	10	KB	TF	normal	mittel	EB	normal	7,77	stark behaart	0,5
	K 9	1150	W	550	42	17	50	14	KB	TF	normal - grob	stark	EB	normal	7,91	kurzhaarig	0,0
	K11	1100	W	600	68	18	40	8	KB	T	fein - normal	mittel	MH	breit-normal	7,14	wenige kurze Kugelhaare	0,2
	K14	900	W	800	40	15	25	14	K	T	fein - normal	mittel	EB	normal	7,90	kurzhaarig	0,0

HÖLLEBERG

ZALLEN

412 Knospenentwicklung

Das Wachstum der Sämlinge wurde sehr stark von der Beleuchtungsdauer beeinflusst. Bei 4 Stunden Beleuchtungsdauer war die Stoffproduktion der Pflanzen so gering, daß nur in wenigen Fällen einige Nadeln, nirgends aber Knospen ausgebildet wurden; dieser Versuch mußte nach 1 Monat Kulturdauer abgebrochen werden. Etwa dieser Zeitraum von 1 Monat wird benötigt, um die in den Samen vorgebildeten Organe (Wurzel, Hypokotyl und Keimblätter) voll zur Ausbildung zu bringen. Bei 8 Stunden Tageslänge stellten die meisten Pflanzen (Tabelle 412/1, Abbildung 412/1 links oben) spätestens 8 Wochen nach der Saat ihr Längenwachstum ein; der in dieser Zeit gebildete Trieb war somit äußerst kurz, mitunter wurden sogar nur ganz wenige oder sogar keine Nadeln gebildet und sofort das Wachstum durch die Bildung einer Knospe beendet. Aber diese Tageslänge reichte für alle Pflanzen aus, um eine deutliche Knospe zu bilden.

Auch bei 12 Stunden Tageslänge hatten die meisten Pflanzen nach spätestens 10 Wochen ihr Triebblängenwachstum durch die Bildung einer Endknospe abgeschlossen; nur 3 Pflanzen (von 97) der Sorten K14 und 1 Pflanze (von 90) der Sorte H26 setzten ihr Triebblängenwachstum bis zur Beendigung des Versuches nach 4 Monaten fort. Bereits bei dieser Tageslänge ist, wie aus der Abbildung ersichtlich ist, eine wenn auch unsichere Trennung der Sorten nach der Seehöhe ihrer Herkunft möglich.

Besonders günstig und wertvoll ist diese Trennung (Abbildung 412/1 rechts oben) nach der Seehöhe jedoch durch die Bestimmung des Zeitpunktes der Knospenbildung bei einer Tageslänge von 16 Stunden festzustellen. Die aus Hochlagen stammenden Samensorten (H 1 - 4, K 1 - 4) schließen auch noch bei dieser Beleuchtungsdauer nach spätestens 12 Wochen ihr Längenwachstum durch die Bildung einer Endknospe ab. Die Sorten aus den etwas tieferen Lagen zeigen eine z. T. ähnliche, wenn auch um 2 - 3 Wochen spätere Zunahme der Endknospen wie die Höhenformen, während dann - nach Erreichen eines gewissen Prozentsatzes Pflanzen mit Endknospen - weitere Pflanzen nur mehr zögernd das Triebwachstum durch Knospenbildung beenden. Es scheint dies wie eine Aufspaltung der Erbmerkmale zu sein: ein Teil der Nachkommen eines Mutterbaumes zeigt den Anteil "Höhenform" in der Erbmasse, der andere den Anteil "Normallage". Selbst die von den tiefsten Herkunftsorten stammenden Sorten (z. B. H14, H12, K14) zeigen jedoch noch einen kleinen Teil der Pflanzen mit Endknospen nach 4 Monaten Kulturdauer.

Abbildung 412/1: Die Bildung von Endknospen in Abhängigkeit von der Beleuchtungsdauer; oben: einige Einzelbäume bei 8 bzw. 16 Stunden Tageslänge, ——— Hochlagen, -.-.-.- obere Zwischenformen, ---- Normallagen, -.-.-.- untere Zwischenformen; unten: Knospenbildung in Abhängigkeit von der Beleuchtungsdauer bei einer Normallagenform (links K14) und einer Hochlagenform (rechts K 1)

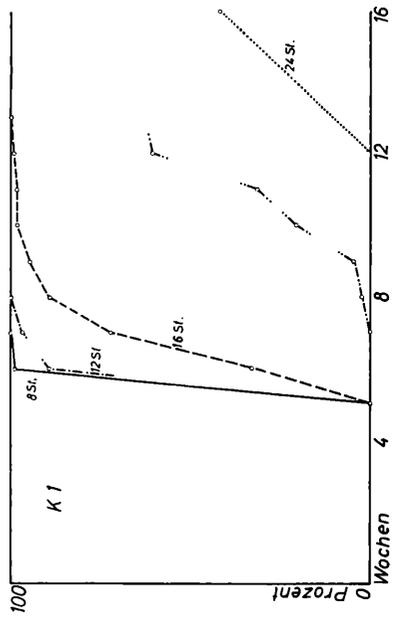
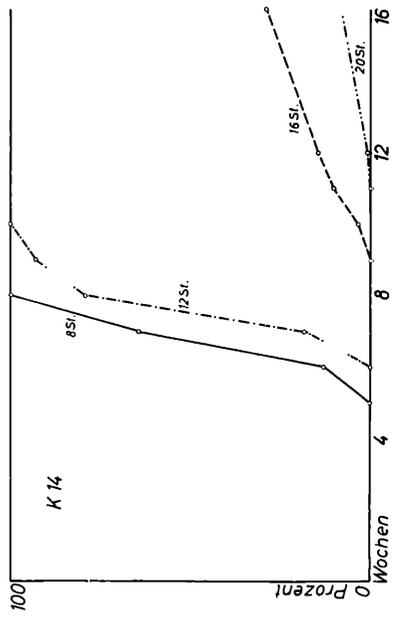
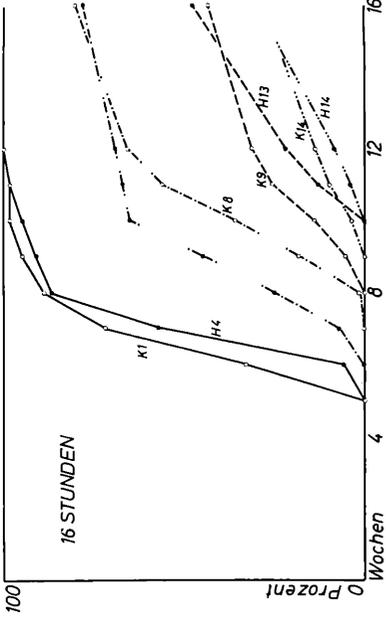
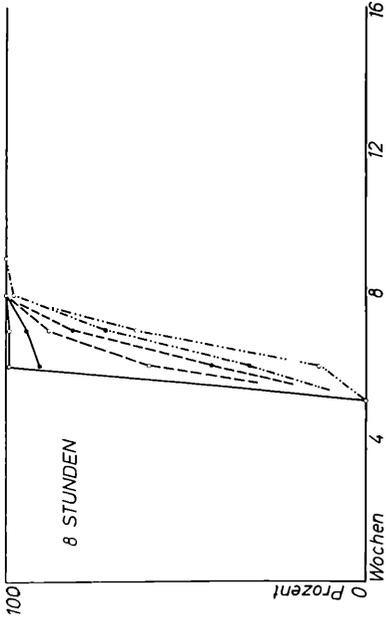


Tabelle 412/1: Die Ausbildung von Terminalknospen bei verschiedener Beleuchtungsdauer (bei den Tageslängen von 16 und 20 Stunden wurde nach 12 Wochen nur mehr die Endbestimmung gemacht, bei Dauerlicht erfolgte keine laufende Kontrolle, es ist daher nur der Endwert eingetragen)

Baum Nr.	Bel. Dauer Std.	Prozentwerte der Knospenbildung nach Wochen								
		5	6	7	8	9	10	11	12	16
H 1	8	0	98	100	100	100	100	100	100	100
	12	0	88	100	100	100	100	100	100	100
	16	0	9	55	90	92	94	96	98	100
	20	0	0	0	0	5	9	21	40	59
	24							kein Versuch		
H 2	8	0	97	97	100	100	100	100	100	100
	12	0	71	91	99	100	100	100	100	100
	16	0	0	7	25	45	65	67	69	78
	20	0	0	0	0	0	2	8	24	50
	24							Endwert:		
H 4	8	0	91	95	100	100	100	100	100	100
	12	0	94	98	100	100	100	100	100	100
	16	0	6	57	87	91	95	98	100	100
	20	0	0	0	0	3	15	25	43	76
	24							Endwert:		
H11	8	0	41	70	96	100	100	100	100	100
	12	0	6	12	74	100	100	100	100	100
	16	0	0	0	0	0	4	9	19	45
	20	0	0	0	0	4	0	0	0	10
	24							kein Versuch		
H12	8	0	43	67	100	100	100	100	100	100
	12	0	0	11	88	97	98	100	100	100
	16	0	0	0	1	1	4	16	22	47
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	12
	24							Endwert:		
H13	8	0	43	82	100	100	100	100	100	100
	12	0	2	41	96	98	100	100	100	100
	16	0	0	0	0	0	0	13	22	47
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	24							Endwert:		
H14	8	0	33	73	98	100	100	100	100	100
	12	0	0	18	80	100	100	100	100	100
	16	0	0	0	0	0	0	4	8	30
	20	0	0	0	0	0	0	1	2	9
	24							Endwert:		
H15	8	0	59	87	100	100	100	100	100	100
	12	0	12	37	97	100	100	100	100	100
	16	0	0	0	0	9	32	39	47	62
	20	0	0	0	0	0	0	2	2	21
	24							Endwert:		
H22	8	0	48	85	98	100	100	100	100	100
	12	0	4	20	91	99	99	100	100	100
	16	0	0	0	0	0	7	13	28	53
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	26
	24							Endwert:		
H23	8	0	40	87	100	100	100	100	100	100
	12	0	2	27	95	100	100	100	100	100
	16	0	0	0	0	0	5	16	19	41
	20	0	0	0	0	0	0	0	0	15
	24							Endwert:		

H24	8	0	72	90	99	100	100	100	100	100
	12	0	11	53	99	100	100	100	100	100
	16	0	0	0	0	0	0	11	17	39
	20	0	0	0	0	0	0	1	1	9
	24									Endwert: 7
H25	8	0	33	63	98	100	100	100	100	100
	12	0	0	15	90	100	100	100	100	100
	16	0	0	0	0	1	4	15	21	46
	20	0	0	0	0	0	1	0	0	4
	24									Endwert: 0
H26	8	0	89	92	99	100	100	100	100	100
	12	0	16	44	98	99	99	99	99	99
	16	0	0	0	0	0	14	26	34	55
	20	0	0	0	0	0	0	0	2	11
	24									Endwert: 0
K 1	8	0	99	99	100	100	100	100	100	100
	12	0	89	97	100	100	100	100	100	100
	16	0	33	72	89	95	98	98	99	100
	20	0	0	0	2	4	20	31	60	70
	24									Endwert: 41
K 2	8	0	89	99	100	100	100	100	100	100
	12	0	79	94	97	100	100	100	100	100
	16	0	5	35	83	93	93	93	93	100
	20	0	0	0	1	4	17	24	42	44
	24									Endwert: 20
K 3	8	0	94	99	100	100	100	100	100	100
	12	0	79	98	100	100	100	100	100	100
	16	0	8	31	82	91	95	97	100	100
	20	0	0	0	0	4	6	18	40	46
	24									Endwert: 30
K 4	8	0	98	99	100	100	100	100	100	100
	12	0	93	99	100	100	100	100	100	100
	16	0	19	61	87	93	94	98	100	100
	20	0	0	0	0	2	18	30	46	46
	24									Endwert: 30
K 7	8	0	46	78	100	100	100	100	100	100
	12	0	17	51	98	100	100	100	100	100
	16	0	0	0	0	4	13	23	30	45
	20	0	0	0	0	0	4	4	4	11
	24									Endwert: 16
K 8	8	0	80	98	100	100	100	100	100	100
	12	0	21	67	100	100	100	100	100	100
	16	0	0	0	1	18	36	56	66	80
	20	0	0	0	0	0	0	3	11	29
	24									Endwert: 36
K 9	8	0	60	88	100	100	100	100	100	100
	12	0	12	45	95	100	100	100	100	100
	16	0	0	0	0	5	14	26	31	53
	20	0	0	0	0	0	1	2	4	11
	24									Endwert: 10
K11	8	0	51	87	100	100	100	100	100	100
	12	0	8	36	99	100	100	100	100	100
	16	0	0	0	0	0	7	26	31	53
	20	0	0	0	0	0	0	1	1	7
	24									Endwert: 4
K14	8	0	13	64	100	100	100	100	100	100
	12	0	0	18	79	93	97	97	97	97
	16	0	0	0	0	0	3	10	14	28
	20	0	0	0	0	0	0	0	1	8
	24									Endwert: 0

Bei 20 Stunden Tageslänge ist diese Knospenentwicklung bereits deutlich gestört; die aus mittleren und tiefen Lagen stammenden Keimlingssorten haben nur mehr selten Pflanzen, die während des 4 Monate dauernden Wachstums eine Endknospen ausbilden; die aus Hochlagen stammenden Sorten hingegen haben auch bei dieser Beleuchtungszeit noch die Tendenz, zumindest bei einem Teil der Pflanzen eine Endknospe zu bilden und damit das Triebängenwachstum zu beenden (siehe Tabelle 412/1).

Erst die dauernde Beleuchtung der Pflanzen ohne Dunkelphase ermöglicht es, bei allen Sorten ein ziemlich ungehemmtes Wachstum zu erzielen; es sind aber immer noch etwa 25 - 30 % der Keimlinge der extremen Höhenformen, die auch bei Dauerlicht nach spätestens 4 Monaten eine Endknospe ausbilden (siehe Tabelle 412/1, 24 Stunden Beleuchtungsdauer).

Bereits bei 16 Stunden Beleuchtungsdauer sind vor allem unter den Keimlingen der Normallagen solche zu finden, die vorübergehend das Triebwachstum durch Bildung einer Knospe beenden, aber bald hernach wieder mit dem Triebwachstum unter Durchbrechung der Knospe fortsetzen. Bei 20 Stunden Tageslänge ist dies bereits sehr häufig; man findet zahlreiche Fälle, bei denen es zu gar keiner Knospenbildung mehr kommt, sondern es erfolgt nur eine kurze Stockung des Längenwachstums, die Bildung von einigen Knospen-schuppen, und sofort setzt auch wieder das weitere Triebwachstum ein. Dies kann sogar so schnell erfolgen, daß in vielen Fällen der kurze Stillstand im Triebängenwachstum später kaum mehr festzustellen ist. Auch die Bildung von Seitenknospen am Trieb wird sehr stark von der Tageslänge beeinflusst. Es ist wohl selbstverständlich, daß an den längeren Trieben der Normallagensorten mehr Seitenknospen gebildet werden; auffallend ist jedoch, daß auch bei Dauerlicht die Anzahl der Seitenknospen bzw. der Seitenzweige erheblich ansteigt, wenn es sich um Normallagenherkünfte handelt; bei den Hochlagen hingegen werden weniger Knospen und vor allem weniger Seitenzweige gebildet als der gleichen Triebänge der Normallagen entsprechen würde (siehe Tabelle 412/2). Gleichfalls von Interesse möge die Feststellung sein, daß die Seitenzweige während der Kulturdauer von 4 Monaten selten mit einer Knospe abschließen, obwohl der Haupttrieb der gleichen Pflanze schon längere Zeit eine Endknospe ausgebildet hat. Es kommt sogar öfters vor, daß Seitenknospen austreiben und laufend weiterwachsen, obwohl der Haupttrieb bereits eine Endknospe ausgebildet und somit sein Längenwachstum eingestellt hat. Es ist somit in dieser Beziehung keine Übereinstimmung zu finden.

Aus all diesen Erfahrungen läßt sich ableiten, daß die Kultur von Fichtensämlingen bei einer Tageslänge von 16 Stunden eine ziemlich verlässliche Möglichkeit gibt, die einzelnen Sorten zu testen und sie der entsprechenden Höhenstufe zuzuordnen. Da es sich bei dem un-

Abbildung 412/2: Schema der Klasseneinteilung bei der Seitenknospenbildung

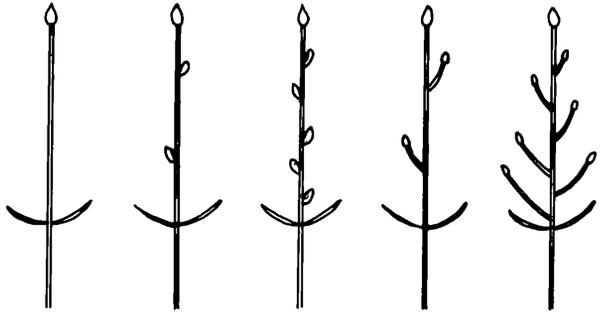


Tabelle 412/2:

	1	2	3	4	5
Hochlagen	32,7	32,2	7,4	20,5	7,2
obere Zwischenformen	38,9	27,9	3,4	19,8	10,0
Normallagen	34,5	21,8	3,1	22,4	18,2
untere Zwischenformen	32,5	17,5	4,7	20,7	24,6

tersuchten Material durchwegs um autochthone, meist sogar ohne Pflege aufgewachsene Bestände handelt, zeigt diese Untersuchung fast keine Fehler und kann somit direkt als Testmethode angewendet werden (siehe das Gesamtergebnis weiter unten, Kapitel 51).

413 Pflanzenfarbe

Die Farbe der Pflanzen war sehr von der jeweiligen Wachstumsphase abhängig; je intensiver das Wachstum der Sämlinge war, vor allem bei den langen Beleuchtungszeiten, desto heller grün war die Farbe der neugebildeten Nadeln; weiter gegen den älteren Teil der Pflanze zu wurde die Farbe normal grün, um im ältesten Teil, vor allem auch an den Kotyledonen, eine intensive graugrüne Farbe zu zeigen. Bei den kürzeren Tageslängen, bei denen die Pflanzen während der Kulturzeit durch Knospenbildung das Triebwachstum abgeschlossen hatten, nahmen die Pflanzen zugleich mit der Knospenbildung eine intensiv dunkle, graugrüne Farbe an und behielten diese bis zum Abschluß des Versuches. (Ausnahme bei einzelnen Pflanzen der Serie mit 8 Stunden Beleuchtungsdauer).

Einzelne interessante Ausnahmen konnten bei der Färbung der Pflanzen beobachtet werden: so waren bei einer Sorte (B11) einzelne

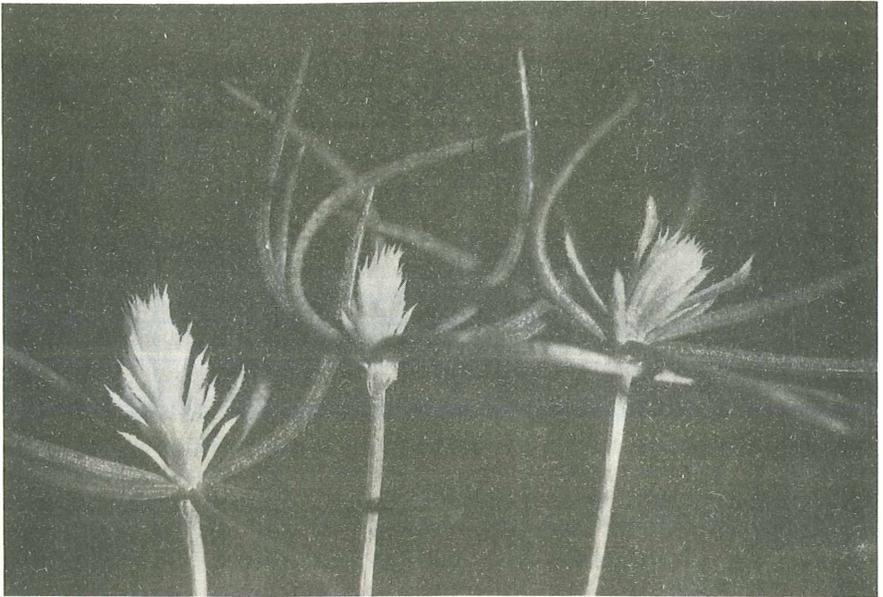


Abbildung 413: Pflanzen mit normalen Keimblättern und chlorophyllosem Trieb (Aufnahme Liebeswar).

Sämlinge, die als Keimling normal grüne Kotyledonen ausbildeten, deren Trieb aber völlig chlorophyllos war, somit keine Stoffproduktion durchführen konnte und deshalb zum Absterben verurteilt war (Abbildung 413). Hin und wieder wurden auch Keimlinge mit bleichen Kotyledonen festgestellt; diese Pflanzen konnten in der Folge keinen Trieb bilden und fielen bei der Weiterbeobachtung aus.

Bei der Dunkelkeimung war bemerkenswert, daß die meisten Keimlinge mehr oder weniger grüne Kotyledonen ausbildeten; einige Sorten waren aber darunter, deren Keimblätter gelbgrün, z. T. sogar ganz bleich waren; auch bei der Keimung bei 4 Stunden Beleuchtungsdauer hatten diese Sorten noch deutlich gelbgrüne Kotyledonen ausgebildet, wogegen bei den größeren Tageslängen dies nicht mehr aufzufinden war.

414 Gegenseitige Beeinflussung im Wachstum bei Dauerlicht

Eine unangenehme Störung hat die gesamte Versuchsreihe vor allem bei der Tageslänge von 24 Stunden, also bei Dauerlicht, erfahren; obwohl die einzelnen Sorten ihrer Wüchsigkeit entsprechend zusammengestellt waren, waren doch mitunter sehr störende Einflüsse

durch das vorherrschende Wachstum einiger Sorten gegenüber ihren Nachbarn vorhanden. Dadurch dürfte auch zu erklären sein, warum einige Sorten bei 24 Stunden ein bedeutend besseres Wachstum zeigten, als zu erwarten war, während die unterdrückten Sorten eher das Gegenteil erkennen lassen; außerdem war der Lichtgenuß der herrschenden Pflanzen auch durch den geringeren Abstand von der Lichtquelle zusätzlich erhöht worden. Auf diese Störungen wird an der entsprechenden Stelle noch ausdrücklich verwiesen werden (Kapitel 425).

42 ABSCHLUSS DES VERSUCHES

Die Sämlinge des photoperiodischen Versuches wurden nach jeweils 4 Monaten Wachstum in der Kulturkammer aus dem Kulturgefäß entnommen, die Wurzeln abgetrennt und die einzelnen Teile im fixierten Zustand den Merkmalsbestimmungen zugeführt.

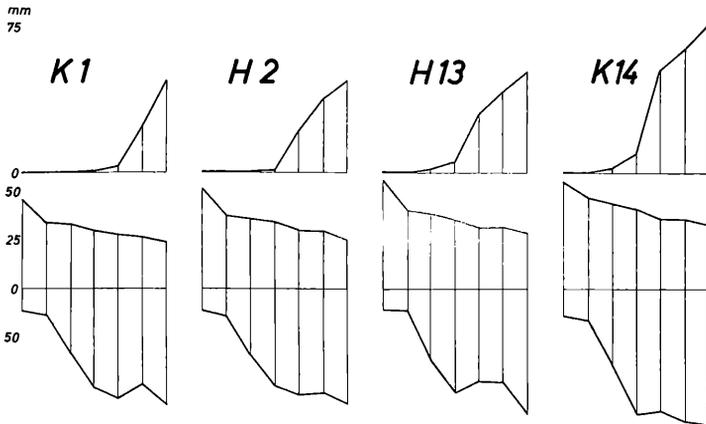


Abbildung 42/1: Längenentwicklung von Trieb (oben), Hypokotyl (mitte) und Wurzel (unten) in Abhängigkeit von der Beleuchtungsdauer und von der Herkunft des Samens (K 1 als Beispiel einer Hochlage, H 2 obere Zwischenform, H 13 Normallage, K 14 untere Zwischenform; die Wurzellänge ist von oben nach unten und im halben Maßstab aufgetragen; von links nach rechts bei jeder Sorte ist die Dauer der Beleuchtungszeit eingetragen)

Die Messung der Längen der 4 Monate alten Versuchspflanzen ergab recht interessante Ergebnisse. Als Länge der Wurzel wurde die Hauptwurzel bzw. bei Fehlen dieser die längste Sekundärwurzel gemessen; der Mittelwert aller Messungen einer Sorte wurde dann als Wert für die Wurzellänge eingesetzt. In Bezug auf die verschiedenen Tageslängen kann aus den Ergebnissen erkannt werden, daß bei kurzer Beleuchtungsdauer auch das Längenwachstum der Wurzel zum Teil stark gehemmt ist (Abbildung, Tabelle 42/1); bei einer Beleuchtungsdauer von 4 Stunden täglich ist überhaupt kein nennenswertes Wurzelwachstum festzustellen; es beträgt etwa 15 bis 30 mm und zeigt keine besondere Abhängigkeit von der Herkunft der einzelnen Sorten.

Bei einer Tageslänge von 8 Stunden ist bereits bedeutendes Wurzelwachstum festzustellen; bei 12 Stunden Beleuchtungsdauer ist bei Normallagensorten bereits ein Maximalwert von 100 - 130 mm der Wurzellänge erreicht; bei den Hochlagensorten erreicht die Wurzellänge erst bei 16 Stunden das Maximum; dieses ist aber kaum um 10 mm länger als der Wert bei 12 Stunden.

Die Normallagen zeigen bei der Tageslänge von 16 Stunden wieder einen geringen Abfall des Längenwertes; dieser steigt bei weiter verlängerter Beleuchtungsdauer wieder an; aber selten wird der bei 12 Stunden erreichte Wert überschritten; die Hochlagensorten zeigen die gleiche Tendenz der Wurzellängenentwicklung, nur sind die Maximal- und darauffolgenden Minimalwerte erst bei um 4 Stunden verlängerter Beleuchtungsdauer zu finden.

Die wenigen, auf Grund der anderen Ergebnisse als ziemlich gesichert anzusprechenden Tieflagensorten zeigen bei Dauerlicht wieder eine deutliche Längenzunahme der Wurzel, wobei Werte über dem ersten Maximum bei 12 Stunden Tageslänge erreicht werden, im Durchschnitt etwa 130 - 140 mm.

Es kann somit bereits bei der Länge der Wurzel bei 4 Monate alten Sämlingen eine sehr deutliche Abhängigkeit von der Beleuchtungsdauer festgestellt werden, auch die Herkunft der Sorte bezüglich ihrer Höhenlage zeigt verschiedene Reaktionen auf die einzelnen Tageslängen; die Normallagen haben ihr erstes Maximum bei 12 Stunden, die Hochlagen erst bei 16 Stunden Beleuchtungsdauer; die tiefen Herkünfte, soweit solche überhaupt in unserem Material enthalten sind, unterscheiden sich von den Normallagen durch ein zweites Maximum der Wurzellänge bei Dauerlicht, welches außerdem um einige mm höher liegt als das erste Maximum bei 12 Stunden Tageslänge.

Wie später gezeigt wird, fällt der Minimumwert der Wurzellänge bei 16 Stunden (Normallagen) bzw. 20 Stunden (Hochlagen) mit einem optimalen Längenwachstum der oberirdischen Pflanzenteile, besonders des Triebes, zusammen.

Tabelle 42/1: Längen der einzelnen Pflanzenteile (absolut und relativ) bei verschiedener Beleuchtungsdauer

Höhenlage	Baum Nr.	Beleuchtungs- dauer Std.	Wurzel- länge mm	Hypokotyl- länge mm	Trieb- länge mm	Länge d. oberird. T. mm	Gesamt- länge mm	Hypokotyl- länge %	Trieb- länge %
Hochlage									
obere Zwischen- form									
obere Zwischen- form									
Normal- lage				56,12 40,57 39,41 36,07 31,92 32,05 29,02					
Normal- lage	K 9			58,37 42,53 41,80 38,40 33,63 32,27 31,32					
untere Zwischen- form									
untere Zwischen- form									

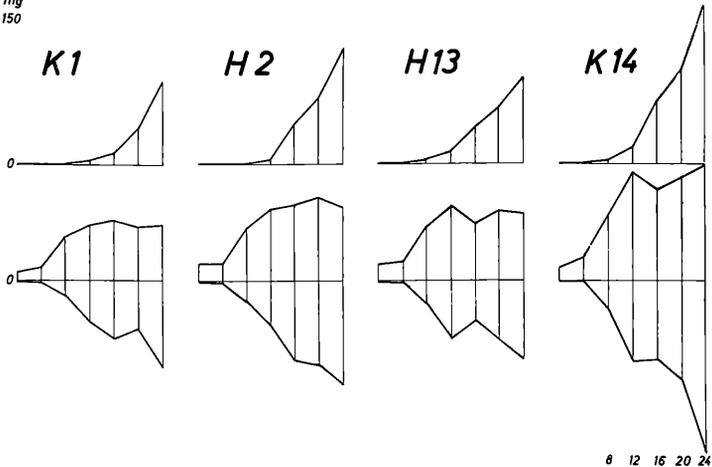
mg
150

Abbildung 42/2: Gewichtsentwicklung von Trieb, Hypokotyl und Wurzel in Abhängigkeit von der Beleuchtungsdauer und von der Herkunft des Samens (weitere Erklärungen siehe Abbildung 42/1)

Die Gewichtsentwicklung der Wurzel geht bei den kürzeren Tageslängen mit der Längenentwicklung konform und zeigt gleichfalls das Maximum bei 12 bzw. 16 Stunden (Abbildung, Tabelle 42/2); auch das darauffolgende Minimum bei 16 bzw. 20 Stunden stimmt mit der Längenentwicklung überein; die durchschnittlichen Gewichte des ersten Maximums der gesamten Wurzel betragen etwa 6 mg bei Hochlagen, bis zu 13 mg bei Normallagen; erst bei Tageslängen von 20 Stunden und darüber, vor allem bei Dauerlicht, ist eine deutliche Zunahme des Wurzelgewichtes bei fast allen Sorten (sowohl Normallagen wie auch Hochlagen) festzustellen; die höchsten Werte betragen bis zu 25 mg bei den Tieflagensorten im Dauerlicht; da aber weder die Länge noch die Seitenwurzelentwicklung wesentlich zunimmt, geht diese Gewichtserhöhung in erster Linie auf eine Speicherung in der Wurzel und das damit verbundene Dickenwachstum der Haupt- und Seitenwurzeln zurück.

Die Seitenwurzelbildung, die nach dem in der Abbildung 511/2 aufgestellten Schema ermittelt wurde, zeigt keine nennenswerten Unterschiede der einzelnen Sorten; während bei 4 Stunden Tageslänge (1 Monat Kulturdauer) noch keinerlei Seitenwurzelbildung erfolgt, ist bei 8 Stunden bereits eine ansehnliche Wurzelverzweigung zu finden; bei 12 Stunden ist der Grad der Seitenwurzelbildung nur mehr um ein Geringes, meist nicht mehr als 1 - 1,5 Stufen im Durchschnitt,

Tabelle 42/2: Gewichte der einzelnen Pflanzenteile (absolut und relativ) bei verschiedener Beleuchtungsdauer.

Höhenlage	Baum Nr.	Beleuchtungs- dauer Std.	Wurzel- gewicht mg	Hypokotyl- gewicht mg	Trieb- gewicht mg	Gewicht d. oberird. T. mg	Gesamt- gewicht mg	Wurzel- gewicht %	Hypokotyl- gewicht %	Trieb- gewicht %
Hochlage					0		1,69		76,3	0
					0		2,42		83,0	0
					0,56		8,95		67,4	6,4
					2,14		16,89		49,5	12,6
					11,87		30,18		30,9	39,3
					37,00		52,79		15,6	70,1
					85,44		107,37		7,8	79,6
					0		2,67		85,4	0
					0		2,74		84,3	0
					0,66		9,75		66,5	6,8
					2,63		16,80		52,6	15,7
					15,09		28,67		26,1	52,6
					28,98		41,57		17,4	69,7
					72,85		90,74		8,9	80,3
	obere Zwischen- form									
obere Zwischen- form										
Normal- lage										
Normal- lage										
untere Zwischen- form										
untere Zwischen- form										

erhöht, bei weiter zunehmender Tageslänge treten keine starken Änderungen in der Seitenwurzelbildung ein, die Schwankungen sind nicht größer als 1/2 Stufe, liegen somit innerhalb der Fehlergrenze, zumal in den meisten Fällen keine gerichtete Veränderung im Grad der Seitenwurzelbildung mehr zu erkennen ist.

Wie aus der Abbildung 421 zu erkennen ist, besteht eine ziemlich enge Abhängigkeit der Seitenwurzelbildung vom Gewicht der Wurzel und umgekehrt; vor allem geht der Grad der Seitenwurzelbildung ziemlich konform mit dem Quotienten $\frac{\text{Wurzelgewicht}}{\text{Wurzellänge}}$: diese

Abhängigkeit trifft auch für alle Beleuchtungszeiten zu, ist also photoperiodisch nahezu unbeeinflusst; nur bei Dauerlicht sind z. T. die größten Abweichungen vom Mittelwert gegeben; diese sind umso größer, je größer die Speicherung von Reservestoffen in der Wurzel durch große Substanzproduktion bei übermäßig vergrößerten Trieben ist (siehe Hinweis im Kapitel 424). Die Abhängigkeit dieser beiden Maßzahlen ist so hoch, daß in Hinkunft auf die Bestimmung der Seitenwurzelbildung im allgemeinen verzichtet werden kann, wenn es möglich ist, Wurzellänge und Wurzelgewicht genau zu bestimmen; im übrigen scheint bis jetzt auch keine Merkmalskombination mit dem Grad der Seitenwurzelbildung vorzuliegen.

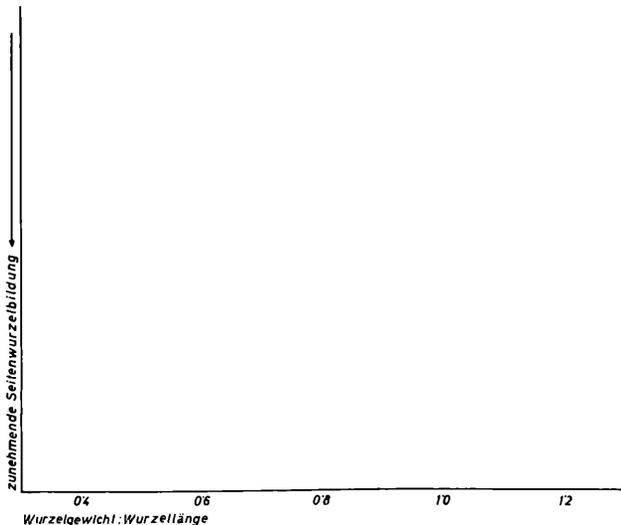


Abbildung 421: Abhängigkeit der Seitenwurzelbildung vom Verhältnis $\frac{\text{Wurzelgewicht}}{\text{Wurzellänge}}$ und von der Beleuchtungsdauer (1 8 Stunden, 2 12 Stunden, 3 16 Stunden, 4 20 Stunden Beleuchtungsdauer)

Die Entwicklung des oberirdischen Teiles der Sämlinge wurde nach Hypokotyl und Trieb getrennt aufgenommen. Die Längenentwicklung des Hypokotyls zeigt eine besonders deutliche Abhängigkeit von der Beleuchtungsdauer (Abbildung 42/1); je länger die Beleuchtung andauert, desto kürzer ist das Hypokotyl; auch von diesem Organ wurde die Länge, die bei dem Streckungswachstum in völliger Dunkelheit erreicht wurde, gemessen; dieser Wert liegt bei etwa 40 - 60 mm. Bereits eine Beleuchtungsdauer von 4 Stunden genügt, um eine derart übermäßige Streckung des Hypokotyls zu verhindern; die Längenwerte bei dieser Tagesdauer liegen bereits nahe an den normalen Werten und betragen etwa 30 - 40 mm; bei den längeren Beleuchtungszeiten nimmt die Hypokotyllänge wohl stetig, aber nur mehr unbedeutend ab, um bei Dauerlicht bei allen Sorten einen Minimalwert zu erreichen, der etwa 25 bis 30 mm beträgt. Die Länge des Hypokotyls dürfte aber neben der Beleuchtungsdauer auch noch von verschiedenen anderen Faktoren, vor allem Lichtstärke und Temperatur sehr stark beeinflußt werden, sodaß bei unseren Ergebnissen keine einheitliche Entwicklung der Längenwerte in Bezug auf die Tageslänge festzustellen war, sondern viele Werte von dem erwarteten Wert etwas abweichen. Es ist deshalb aus unseren Versuchsergebnissen keine sehr eindeutige Beziehung der Hypokotyllänge zur Herkunft der Sorten feststellbar; es steht nur fest, daß die Hochlagensorten bei allen Tageslängen ein kürzeres Hypokotyl ausbilden als die Normallagen; unter diesen wieder weisen die Tieflagen das längste Hypokotyl auf.

Das Gewicht des Hypokotyls weist die gleichen Eigentümlichkeiten wie das Gewicht der Wurzel auf; auch hier wird bei 12 Stunden Tageslänge (bzw. 16 Stunden bei Hochlagen) ein Maximalwert des Gewichtes erreicht (Abbildung, Tabelle 42/2), der allerdings, im Gegensatz zum Wurzelgewicht, auch bei Dauerlicht nicht mehr überschritten wird; das auf das Maximum folgende Minimum bei 16 bzw. 20 Stunden ist in den meisten Fällen bedeutend geringer als beim Wurzelgewicht der gleichen Sorte; die Werte sind oft um 2 - 4 mg geringer als das vorhergehende Maximum.

Im Gegensatz zum Wurzelgewicht zeigt das Gewicht des Hypokotyls jedoch eine mehr oder weniger deutliche Abhängigkeit von der Herkunft der Sorte, vor allem von der Seehöhe der Mutterbäume. Während die Maximalwerte des Hypokotylgewichtes der Hochlagen bei etwa 7 - 9 mg liegen, betragen die maximalen Durchschnittsgewichte der Hypokotyle bei Normallagen und Tieflagensorten bis zu 17 mg.

Ferner wäre noch zu erwähnen, daß im Gegensatz zur Wurzel, die keinen Gewichtsunterschied zwischen Dunkelheit und Wachstum bei 4 Stunden Tageslänge aufweist, das Gewicht des Hypokotyls bei einigen Sorten bei 4 Stunden um 30 % höher liegt als bei Dunkelheit-

wachstum. Diese Eigenart weisen alle Sorten der Herkunft Seetaler Alpen in allen Höhenlagen auf, während alle Sorten der Herkunft Höllengebirge ein gleichbleibendes Hypokotylgewicht bei 4 Stunden Tageslänge, bzw. bei Wachstum in völliger Dunkelheit aufweisen. Ein Grund für diesen Unterschied konnte in der Versuchsanstellung nicht gefunden werden, möglicherweise ist dies herkunftsbedingt.

423 Entwicklung der Keimblätter

Auch die durchschnittliche Länge der Keimblätter der verschiedenen Versuchsserien wurde bestimmt: bei den im Dunkeln erwachsenen Pflanzen ist die Länge deutlich geringer, bei den bei 4 Stunden gewachsenen Sämlingen etwas geringer als bei den Pflanzen der anderen Beleuchtungszeiten. Bei den Beleuchtungszeiten von über 8 Stunden bis zum Dauerlicht sind keine nennenswerten Änderungen der Kotyledonenlängen festzustellen. Unterschiede in der Keimblattlänge sind dagegen zwischen den einzelnen Sorten festzustellen: Die Keimblätter der Hochlagen sind etwas kürzer, durchschnittliche Länge etwa 14 - 15 mm, die der Normallagen etwas länger (15 - 17 mm). Aber auch hier sind die Differenzen der Keimblattlängen bei den einzelnen Sorten derart gering, daß mit diesem Merkmal keine eindeutige Zuordnung möglich erscheint.

Das Gewicht der Keimblätter läßt bereits einen kleinen Hinweis auf die Herkunft der Sorte erahnen: Das Gewicht bei Dunkelwachstum konnte nicht bestimmt werden; das bei 4 Stunden Beleuchtungszeit erzielte Gewicht ist naturgemäß derart gering (0,05 - 0,1 mg), daß seine Betrachtung gleichfalls nicht zu einer Beurteilung herangezogen werden kann. Die Keimblattgewichte über 8 Stunden Tageslänge bis zu Dauerlicht liegen gleichfalls alle in der gleichen Größenordnung, etwa 0,3 - 0,6 mg je Keimblatt, aber es ist bereits eine deutliche Abhängigkeit des Keimblattgewichtes von der Beleuchtungsdauer zu erkennen: Die Hochlagen haben das geringste Keimblattgewicht meist bei 20 Stunden, die Normallagen hingegen bei 16 Stunden Beleuchtungsdauer. Die Unterschiede sind wohl im allgemeinen gering, stimmen aber bei allen Sorten unserer Versuchsreihe deutlich überein. Wie weiter unten ausgeführt wird (43), ist durch die Verhältniszahl von Kotyledonengewicht : Kotyledonenlänge diese Zuordnung noch besser möglich.

424 Entwicklung des Triebes

Besonderes Augenmerk soll nun auf die Entwicklung des Triebes der Sämlinge in der Kulturkammer gelenkt werden, da gerade diese die verlässlichsten Hinweise für eine Saatguttestung geben. Es sei hier auch auf das Kapitel 412 verwiesen, in dem der Wachstumsverlauf mit Knospenbildung festgehalten wird (Abbildung, Tabelle 412).

Während bei 4 Stunden Beleuchtungsdauer bei nur wenigen Pflanzen nach einem Monat Kulturdauer einzelne Nadeln ausgebildet werden,

haben die Pflanzen bei 8 Stunden in der Regel einige Nadeln, z. T. (vor allem bei den Normallagen) wird bereits ein kurzer Trieb bis zu 3 mm Länge ausgebildet. In allen Fällen genügt diese Beleuchtungszeit auch, nach etwa 4 - 6 Wochen eine Endknospe auszubilden. Es wird also auch nach dieser Zeit das Längenwachstum des Triebes eingestellt, die Substanzproduktion dauert während der ganzen Kulturzeit mehr oder weniger fort, wie am Gesamtgewicht der Sämlinge zu erkennen ist (siehe Abschnitt 426).

Bei 12 Stunden Tageslänge wird bei allen Pflanzen ein merkbarer Trieb ausgebildet, die Knospenbildung (Kapitel 412) erfolgt um geringe Zeit später; auch die Substanzproduktion dauert fort und ist entsprechend der längeren Beleuchtungszeit größer und vor allem in allen Fällen positiv. Die mittlere Trieblänge ist jedoch immer noch sehr klein, bei den Hochlagen meist unter 1 mm, bei den Normallagen reicht sie bald an 10 mm heran; die Trieblänge ist aber bei allen Pflanzen durch die Knospenbildung begrenzt.

Erst bei 16 Stunden Beleuchtungsdauer ist das Triebwachstum ein besonders signifikanter Hinweis auf die Herkunft der Sorte. Wie bereits in Kapitel 412 ausführlich dargelegt wurde, schließen nicht mehr alle Sämlinge das Triebwachstum während der Kulturzeit von 4 Monaten ab; bei den Tief lagen sind es bis zu 30 % aller Pflanzen, deren Trieb längenwachstum fort dauert. Nur die Hochlagen bilden auch bei dieser Tageslänge nach einigen Wochen Endknospen aus. Dadurch wird ein z. T. sehr großer Unterschied der durchschnittlichen Trieb län ge der verschiedenen Sorten erreicht (Photo), was auch in den gemessenen Werten zum Ausdruck kommt: die Trieb län ge der Hochlagen beträgt etwa 5 - 10 mm, die der Normallagen dagegen 25 - 50 mm. Je größer der Anteil an Pflanzen ohne Gipfelknospe ist, desto höher ist natürlicherweise auch der durchschnittliche Trieb län genwert, da auch bei den Normallagen die Knospenbildung zum größten Teil nach 3 Monaten beendet ist, später nur mehr einzelne Pflanzen das Längenwachstum durch Knospenbildung abschließen (siehe Abbildung 412/1, rechts oben 16^h).

Anders liegen die Verhältnisse bei der Beleuchtungsdauer von 20 und im weiteren auch von 24 Stunden. Da auch bereits ein großer Teil der Hochlagen keine Endknospen ausbildet, somit alle Sorten gleichmäßig bis zur Beendigung der Kultur weiterwachsen (besonders deutlich bei Dauerlicht, da hier fast keine Knospen ausgebildet werden), ist der Unterschied im Längenwachstum der einzelnen Sorten gering, vor allem bei Dauerlicht sind die Werte der Trieb län ge annähernd gleich und liegen zwischen 45 und 70 mm, wobei aber die absolute Trieb län ge keinen Anhaltspunkt für die Herkunft der Sorte liefern kann, da mehrmals Normallagensorten annähernd gleiche Werte wie die Hochlagen aufweisen; nur die ausgesprochenen Tief lagen sorten liegen mit ihren Werten an der Spitze. Bei 20 Stunden

sind die Werte der Hochlagen geringer als die der Normallagen, da doch ein Teil der Pflanzen jener Sorten Endknospen ausbildet, während bei den meisten Sämlingen der Normallagen auch nach 4 Monaten keine Endknospen gebildet werden; es liegen die Triebblängenwerte für Hochlagen bei 20 - 30 mm, während die Normal- und Tieflagen Triebblängen von 25 - 60 mm aufweisen. Durch die Überschneidung der Werte ist jedoch eine Zuordnung bereits unsicher.

Beim Trieb hat das Gewicht eine Abhängigkeit von der Längsentwicklung und geht mit dieser in allen Untersuchungsstufen konform (Abbildung, Tabelle 42/2). Bei den kürzeren Beleuchtungszeiten erfolgt die Gewichtszunahme im gleichen Maß wie die Längenzunahme, erst bei den größeren Tageslängen ist eine weitaus größere Gewichtszunahme als Längenzunahme zu verzeichnen, was in erster Linie auf die Vergrößerung der Assimilationsfläche zurückzuführen ist. Bei den kurzen Tageslängen (8 und 12 Stunden) beträgt das Triebgewicht nur wenige mg (maximal 10 - 15 mg bei den Tieflagen, Tabelle 42/2), bei der Tageslänge von 16 Stunden erreicht das Triebgewicht der Hochlagen immerhin 10 - 20 mg, das der Normal- und Tieflagen hingegen bereits 25 - 60 mg, sodaß auch die Gewichtsbestimmung im gleichen Maß wie die Längenbestimmung des Triebes eine Zuordnung der Sorte nach der Seehöhe ihres Mutterbaumes zuläßt. Das gleiche wie für die Triebblängenentwicklung bei 20 und 24 Stunden gilt auch für das Triebgewicht. Bei 20 Stunden Tageslänge liegen die Werte der Hochlagen zwischen 30 und 50 mg, die der Normallagen zwischen 40 und 100 mg; bei 24 Stunden finden wir fast keine Unterschiede, die Werte liegen zwischen 50 und 160 mg je Pflanze, vollkommen unabhängig von der Herkunft der Sorte. Es gibt also auch die Gewichtsentwicklung des Triebes bei den langen Beleuchtungszeiten über 20 Stunden keinen verlässlichen Hinweis für die Herkunftsbestimmung der Sorten.

425 Ergebnisse aus der oberirdischen Pflanze

Die Gesamtlänge der oberirdischen Pflanzenteile zeigt im wesentlichen das gleiche wie bereits bei der Triebblänge ausgeführt wurde; es werden bei den längeren Beleuchtungszeiten die Änderungen der Gesamtlänge von der Triebblänge verursacht, da die Hypokotyllänge nur unwesentlich verringert wird. Nur bei den kürzeren Beleuchtungszeiten treten andere Verhältnisse auf, da zum Teil bereits bei 4 Stunden Licht, besonders aber bei Wachstum in Dunkelheit, die Pflanze allein durch die übermäßige Streckung des Hypokotyls länger ist als durch die zusätzliche Triebblänge bei den Beleuchtungszeiten von 8 und 12 zum Teil sogar bei 16 Stunden (zu entnehmen aus der Abbildung 42/1).

Der Verlauf im Bereich der für die Auswertung wesentlichen Tageslängen von 12 bis 24 Stunden wird jedoch ausschließlich von den

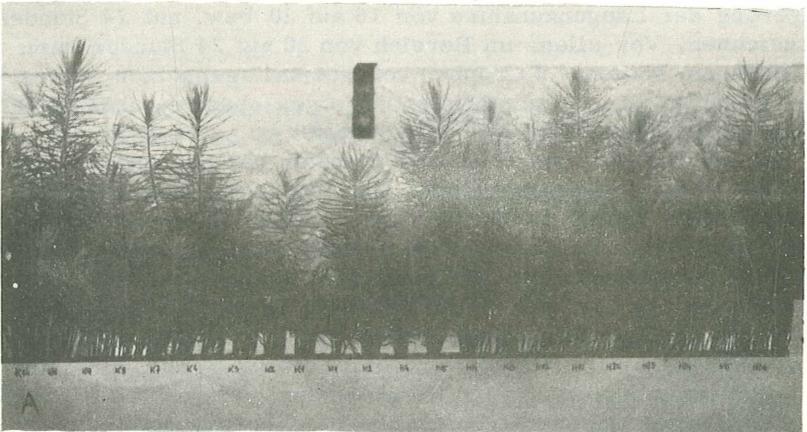
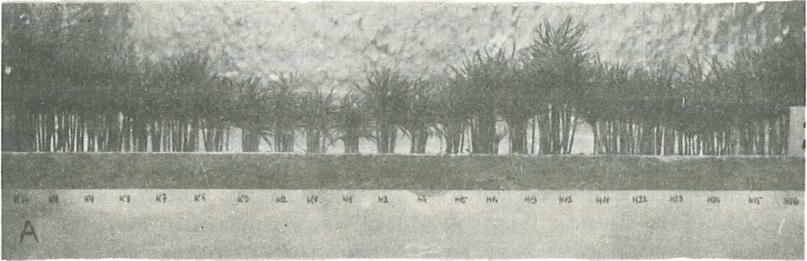
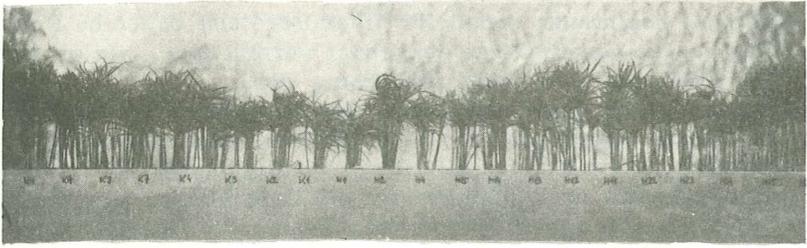


Abbildung 425: Allgemeine Pflanzenentwicklung bei verschiedener Tageslänge; von oben nach unten 8, 12 und 16 Stunden Beleuchtungsdauer; außen Normallagen-, in der Mitte Hochlagensorten (Aufnahme Liebeswar)

Triebblängen beeinflusst, sodaß für diese Bereiche dasselbe Ergebnis in Bezug auf die Gesamtlänge ausgesagt werden kann, wie es bereits bei den Triebblängen vorliegt (Abbildung 425).

Aus den Werten der Gesamtlänge der oberirdischen Pflanzenteile läßt sich aber außerdem noch eine weitere, sehr wesentliche Aussage ableiten; wieweit diese allerdings verallgemeinert werden kann, läßt sich zur Zeit noch nicht sagen; die Gesamtlänge der oberirdischen Pflanzenteile nimmt zuerst mit zunehmender Beleuchtungsdauer ab, da die Verkürzung des Hypokotyls in diesem Bereich stärker ist als das Triebblängenwachstum. Erst bei 12 Stunden ist wieder eine schwache Vergrößerung der Gesamtlänge bei den Normallagen zu beobachten; diese erste schwache Verlängerung tritt bei den Hochlagen erst bei 16 Stunden auf, sodaß hier bereits eine deutliche Unterscheidungsmöglichkeit gegeben ist; in weiterer Folge steigt die Gesamtlänge sehr stark an; bei den Normallagen und den Tieflagen ist dieser Anstieg im Bereich von 12 auf 16 Stunden, bei den Hochlagen hingegen erst von 16 auf 20 Stunden zu finden; während bei den Hochlagen dieser Anstieg durchwegs auch im Bereich von 20 auf 24 Stunden anhält, zum Teil sogar noch etwas zunimmt, ist bei allen Normal- und Tieflagen eine mehr oder weniger bedeutende Verringerung der Längenzunahme von 16 auf 20 bzw. auf 24 Stunden zu verzeichnen. Vor allem im Bereich von 20 auf 24 Stunden kann man bei unserem Material 2 Gruppen von Normallagensorten unterscheiden: bei einer Gruppe nimmt die Länge des oberirdischen Pflanzenteiles von 20 Stunden auf Dauerlicht weiter zu, zum Teil sogar stärker als im Bereich von 16 auf 20 Stunden; bei der anderen Gruppe ist keine weitere Längenzunahme, zum Teil sogar eine Abnahme der oberirdischen Länge zu verzeichnen, welche Unterschiede wohl in erster Linie durch die gegenseitige Beeinflussung der einzelnen Pflanzen noch verstärkt wurde. Das besonders bemerkenswerte an dieser Feststellung ist nur, daß in allen Fällen, in denen eine weitere Zunahme der oberirdischen Gesamtlänge von 20 Stunden auf Dauerlicht zu verzeichnen war, die Mutterbäume dieser Sorten eine gute bis beste Höhenwuchsleistung aufzuweisen hatten, während die unterdrückten Sorten von Mutterbäumen mit schlechter Höhenwuchsleistung stammen. Eine Verallgemeinerung kann jedoch trotzdem vorläufig noch nicht ausgesprochen werden.

Das Gesamtgewicht der oberirdischen Pflanzenteile wird wie die Gesamtlänge in erster Linie von der Triebbildung beeinflusst, zeigt aber einen bedeutend besser ausgeglichenen Verlauf, da die Unregelmäßigkeiten im Gewicht sowohl des Hypokotyls als auch des Triebes durch die Verschiebung der Werte (das Hypokotyl hat einen maximalen Wert bei 12 bzw. 16 Stunden, während der Trieb bei dieser Beleuchtungsdauer noch ein verhältnismäßig geringes Gewicht hat; die starke Gewichtszunahme des Triebes bei der nächst längeren Beleuchtungs-

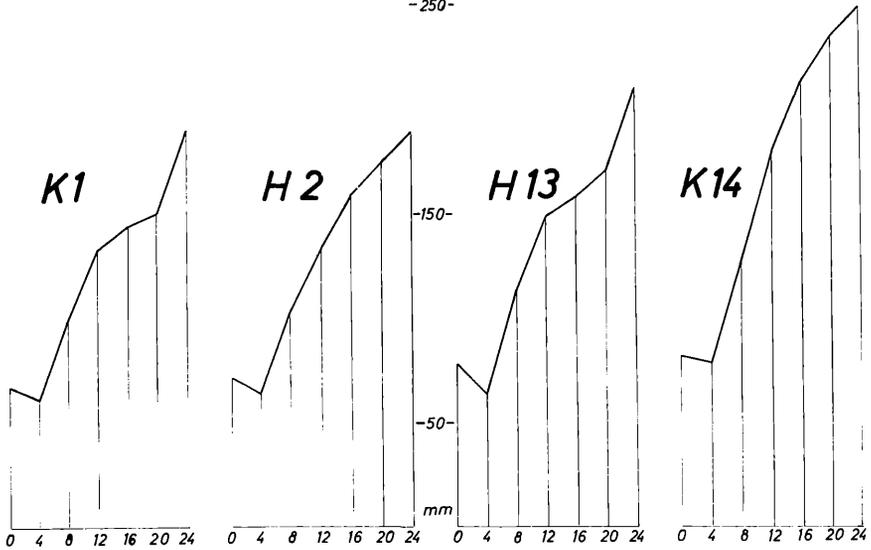


Abbildung 426/1: Gesamtlänge der Sämlinge in Abhängigkeit von der Beleuchtungsdauer und der Samensorte (weitere Erklärungen siehe Abbildung 42/1)

dauer wird durch die Abnahme des Hypokotylgewichtes kompensiert) weitgehend ausgeglichen werden. Dadurch ist eine Abhängigkeit des Gewichtes der oberirdischen Pflanzenteile von der Beleuchtungsdauer zu finden; eine Unterscheidung der einzelnen Sorten ist jedoch erst bei den langen Beleuchtungszeiten von 20 Stunden und vor allem bei Dauerlicht möglich, da bei diesen die Normallagen und vor allem die Tieflagen ein höheres Gesamtgewicht der oberirdischen Teile produzieren als die Hochlagen. Ganz verlässlich ist diese Unterscheidungsmöglichkeit jedoch nicht, da eine Überschneidung der Werte zu verzeichnen ist.

426 Ergebnisse aus der Gesamtpflanze

Die Gesamtlänge aller Pflanzenteile (Wurzel-, Hypokotyl- und Trieblänge) schwankt im Minimum zwischen 50 und 70, im Maximum zwischen 150 und 250 mm. Im allgemeinen sind bei allen Beleuchtungszeiten unter den Hochlagensorten die geringeren und unter den Normallagensorten die höheren Gesamtlängswerte zu finden (Abbildung 426/1, Tabelle 42/1); die Schwankungen zwischen den einzelnen Tagesstufen sind jedoch derart ungleich und unregelmäßig - hervorgerufen durch die Überlagerung der Längenschwankungen von Hypokotyl und Wurzel mit den gleichmäßig ansteigenden Triebängen - daß dieser Wert für eine genauere Testung der Samensorten nicht herangezogen werden kann.

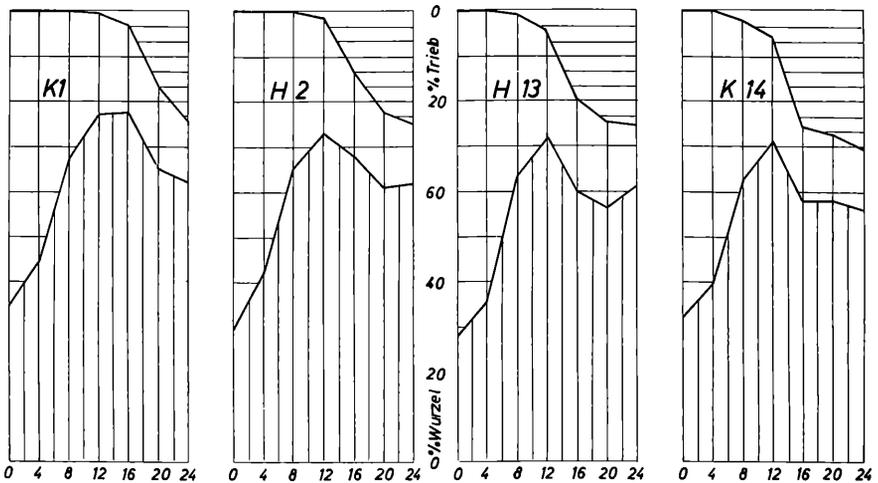


Abbildung 426/2: Verhältnis der Längen von Wurzel, Hypokotyl und Trieb in Prozent der Gesamtlänge in Abhängigkeit von der Beleuchtungsdauer und der Samensorte (Erklärung der Baumnummern siehe Abbildung 42/1)

Betrachtet man nun das Verhältnis der einzelnen Teile zueinander, so kommt man zu sehr wertvollen Versuchsergebnissen, die eine verlässliche Einordnung des Saatgutes zulassen. Die Hypokotyllänge ist in allen Fällen von der jeweiligen Beleuchtungsdauer abhängig, aber in Bezug auf die Gesamtlänge der Sämlinge ist sie nahezu sortenunabhängig (Abbildung 426/2). So schwankt der Anteil des Hypokotyls an der Gesamtlänge bei 8 Stunden Beleuchtungsdauer zwischen 32 und 38 % (Tabelle 42/1), bei 12 und mehr Stunden beträgt diese Schwankung nur mehr maximal 2 - 3 %: das Hypokotyl ist bei 12 Stunden mit 24 ± 1 %, bei 16 Stunden mit $20 \pm 1,5$ % (Tabelle 42/1), bei 20 Stunden mit $18 \pm 1,5$ % und bei Dauerlicht mit $15 \pm 1,5$ % an der Gesamtlänge beteiligt. Diese Tatsache ist insofern sehr wertvoll, da es für raschere Auswertungsarbeit somit genügt, die Hypokotyllänge als Maßeinheit zu wählen; man kann die Messung der Wurzel unterlassen.

Den restlichen Anteil an der Gesamtlänge bilden der Trieb und die Wurzel, wobei die Wurzel einen bedeutend größeren Teil ausmacht. Entscheidend ist nun die Tatsache, daß der Trieb, der überhaupt erst bei längeren Beleuchtungszeiten deutlich ausgebildet ist, desto mehr an der Gesamtlänge beteiligt ist, je längere Beleuchtung den Pflanzen pro Tag zur Verfügung steht. Da aber die Wurzel bei 12 und mehr Stunden Beleuchtungszeit keine wesentliche Längerveränderung mehr erfährt, sinkt ihr Anteil an der Gesamtlänge mit zunehmender Tageslänge.

Die Wurzel macht je nach Tageslänge einen Anteil von 25 - 75 % der Gesamtlänge aus, wobei sie bei 0 und 4 Stunden einen Anteil von 25 - 30 %, bei den Tageslängen von 8 und 12 Stunden den größten Anteil von 70 - 75 % besitzt, der bei noch längerer Beleuchtungszeit (mit Ansteigen der Gesamtlänge durch das Triebwachstum) auf etwa 55 - 65 % absinkt. Ein Sortenvergleich bei diesem Merkmal ist insofern möglich, als bei den Hochlagen erst bei Tageslängen über 16 Stunden der Anteil der Wurzel absinkt, während bei den Normallagen dieses Absinken bereits im Bereich von 12 und 16 Stunden am stärksten ist (Abbildung 426/2). Der Trieb wird erst bei einer Mindesttageslänge von 8 Stunden ausgebildet und ist oft noch kaum meßbar. Auch bei 12 Stunden ist die Trieblänge noch relativ kurz und kaum geeignet, die einzelnen Sorten genauer zu unterscheiden; wie bereits ausgeführt wurde, sind die längsten Triebe nur ca. 10 mm, machen also nur maximal 6 % der Gesamtlänge aus. Der Bereich einer genaueren Sortenunterscheidung beträgt somit nur etwa 5 %. Wir konnten nun besonders bei der Triebblängenermittlung der Pflanzen bei der Tageslänge von 16 Stunden feststellen, daß bei dieser Tageslänge die beste Unterscheidungsmöglichkeit zwischen den einzelnen Sorten nach der Seehöhe ihrer Mutterbäume gegeben ist; dies wirkt sich nun in verstärktem Maß auch auf den Triebanteil an der

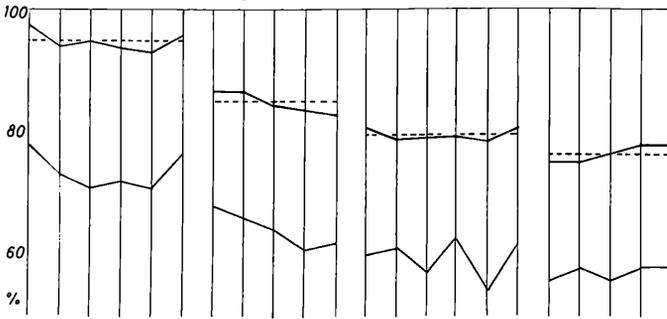


Abbildung 426/3: Das Verhältnis von Trieb, Hypokotyl und Wurzel (in Prozent der Gesamtpflanze) bei einer Beleuchtungsdauer von 16 Stunden; es ermöglicht die Zuordnung der einzelnen Samensorten nach Höhenstufen (von links nach rechts: Hochlagen, obere Zwischenformen, Normallagen, untere Zwischenformen; obere Werte Trieb-längenanteil der einzelnen Sorten mit Mittelwert; untere Werte Wurzellängenanteile)

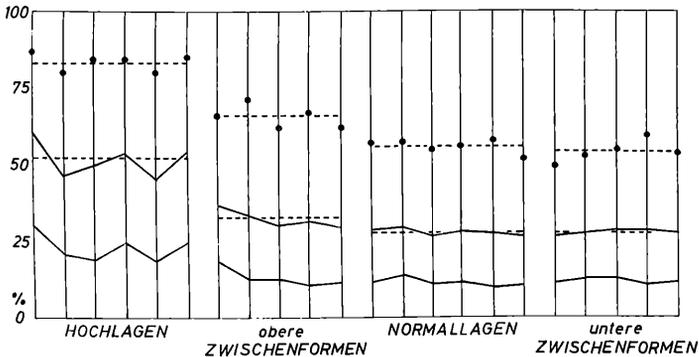


Abbildung 426/7: Das Verhältnis von Trieb, Hypokotyl und Wurzel (in Prozent der Gesamtpflanze) bei einer Beleuchtungsdauer von 16 Stunden als Maßzahl für die Zuordnung der einzelnen Samensorten nach Höhenstufen in Bezug auf Gewicht (oberste Kurve: Verhältnis $\frac{\text{Triebgewicht}}{\text{Hypokotylgewicht}}$ mit Mittelwerten, mittlere Kurve Triebanteil (mit Mittelwert), untere Kurve Wurzelanteil)

Tab. 426/1: Absolute und relative Länge der Pflanzenteile bei 16 Stunden Beleuchtungsdauer

Baumnummer	Wurzel- länge mm	Hypokotyl- länge mm	Trieb- länge mm	Gesamt- länge mm	Wurzel- länge %	Hypokotyl- länge %	Trieb- länge %	Trieb bei Hypokotyl 20 %
K 1	112.4	28.21	3.76	144.37	77.9	19.5	2.6	2.7
H 4	96.7	27.26	7.90	131.86	73.3	20.7	6.0	5.8
K 4	86.1	29.49	6.40	121.99	70.6	24.2	5.2	4.3
K 2	94.2	29.01	8.30	131.51	71.6	22.1	6.3	5.7
K 3	91.7	28.45	8.90	129.05	71.1	22.0	6.9	6.3
H 1	100.8	25.27	5.70	131.77	76.5	19.2	4.3	4.5
Hochlagen	97.0	27.95	6.83	131.78	73.5	21.3	5.2	4.9
H 2	108.1	29.80	21.20	159.10	67.9	18.7	13.3	14.2
K 8	94.2	29.35	19.20	142.75	66.0	20.6	13.4	13.1
H 15	84.0	27.61	20.50	132.11	63.6	20.9	15.5	14.8
K 11	86.3	32.17	23.10	141.57	61.0	22.7	16.3	14.4
H 26	96.4	32.36	27.10	155.86	61.9	20.8	17.3	16.7
obere Zwischenformen	93.8	30.25	22.22	146.27	64.1	20.7	15.2	14.6
H 13	94.7	31.92	30.50	157.12	60.3	20.3	19.4	19.1
K 9	114.9	33.63	40.30	188.83	60.9	17.8	21.3	24.0
H 22	96.5	31.03	34.30	161.83	57.0	20.4	21.2	22.1
K 7	120.4	32.49	39.40	192.29	62.6	16.9	20.5	24.3
H 25	64.0	29.14	25.70	118.84	53.9	24.5	21.6	17.6
H 23	86.5	29.79	28.40	144.69	62.4	19.3	19.6	19.1
Normallagen	96.2	31.33	33.10	160.63	59.5	19.9	20.6	21.3
K 14	124.6	36.31	53.70	214.61	58.1	16.9	25.0	29.0
H 14	97.5	33.80	44.10	175.40	55.6	19.3	25.1	26.1
H 12	97.7	35.81	41.50	175.01	55.8	20.8	23.7	23.2
H 24	80.3	21.13	31.50	138.93	57.8	19.5	22.7	23.2
H 11	94.9	31.96	36.40	163.26	58.1	19.6	22.3	22.8
untere Zwischenformen	99.0	33.00	41.44	173.44	57.1	19.2	23.7	24.8

Gesamtlänge aus. Wie die beigelegte Tabelle 426/1 und die Abbildung 426/3 zu erkennen gibt, ist aus den Prozentwerten des Triebes (von der Gesamtlänge) eine sehr eindeutige Zuordnung der einzelnen Sorten möglich, denn die Hochlagenfichten haben durchwegs einen Wert zwischen 3 und 7 %, die Tieflagen dagegen einen Wert von 22 - 25 %; wohl sind alle Zwischenstufen auch gegeben; so haben die Normallagen etwa 18 - 21 %, die Übergangslagen zu den Hochlagen hingegen 12 - 16 % Anteil des Triebes an der Gesamtlänge; es ist somit eine direkte Übertragung des Prozentanteiles des Triebes an der Gesamtlänge der Sämlinge auf die zugehörige Höhenstufe möglich.

Diese Bestimmung des Prozentanteiles gibt wohl auch bei allen anderen Beleuchtungszeiten einen Hinweis auf die Zugehörigkeit der einzelnen Sorten, aber sowohl bei kürzeren als auch bei längeren Beleuchtungszeiten als 16 Stunden sind die Unterschiede aus den bereits bei den Triebblängen angegebenen Gründen derart gering, daß zum Teil sogar Überschneidungen auftreten und sie somit ein ungesichertes Ergebnis liefern. Der Grund hiefür liegt darin, daß die Normallagen ihr stärkstes Triebblängenwachstum im Bereich von 12 auf 16 Stunden, die Hochlagen hingegen dieses erst im Bereich über 16 Stunden Tageslänge besitzen. Fast das gleiche Ergebnis der Be-

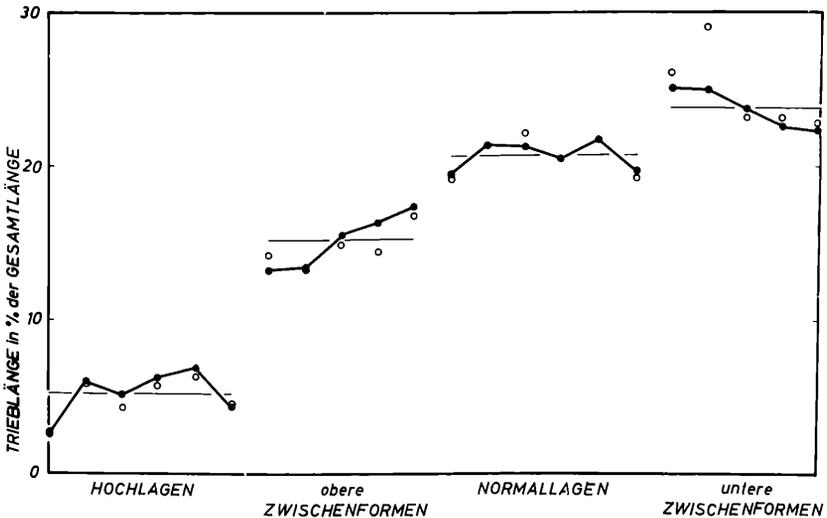


Abbildung 426/4: Der Anteil des Triebes an der Gesamtlänge bei 16 Stunden Beleuchtungsdauer ist eine Maßzahl für die Zuordnung der Samensorten nach Höhenstufen (ausgezogene Kurve, dünn: Mittelwert je Höhenstufe); zum Vergleich die Werte der Maßzahl

$\frac{\text{Trieblänge}}{\text{Hypokotyllänge}}$ (Ringe), die für diese Zuordnung vollauf genügen

rechnung des Triebanteiles an der Gesamtlänge erhält man, wenn man statt der Gesamtlänge die Länge des Hypokotyls mit 20 % der Gesamtlänge annimmt. Wie die beiliegende Tabelle 426/1 in ihren Vergleichswerten erkennen läßt, sind die Unterschiede der so erhaltenen Werte zu den genauen Werten relativ gering; vor allem aber bleiben sie fast immer im Bereich der gleichen Gruppe von Sorten bezüglich ihrer Höhenlage, z. T. werden die Unterschiede sogar etwas vergrößert (Abbildung 426/4). Der Vorteil dieser Bestimmungsmethode liegt darin, daß man die Wurzel nicht für die Messung benötigt und somit außer der Arbeitsverringerung auch ein ungenaueres Ergebnis durch "Verluste an Wurzellänge" vermeidet. Im Abschnitt 513 dieser Arbeit wird ausführlich gezeigt werden, welche Ergebnisse diese Auswertung und Testung bei verschiedensten Fichtensorten liefert.

Betrachtet man die Abhängigkeit des Trieb : Hypokotyl : Wurzelverhältnisses von der Beleuchtungsdauer, findet man den Zusammenhang, daß bei allen bisher untersuchten Sorten eine gleichmäßige Beziehung zu erkennen ist; der Unterschied in den Sorten liegt vor allem darin, daß speziell herausgegriffene Punkte des Kurvenverlaufes (Abbildung 426/2; z. B. Max. d. Wurzellänge, 20 % Wert der Trieblänge etc.) je nach der Sorte bei einer anderen Tageslänge auftreten, wobei diese Punkte bei den Höhenlagen im Durchschnitt bei um 4 Stunden längeren Beleuchtungszeiten aufzufinden sind; in

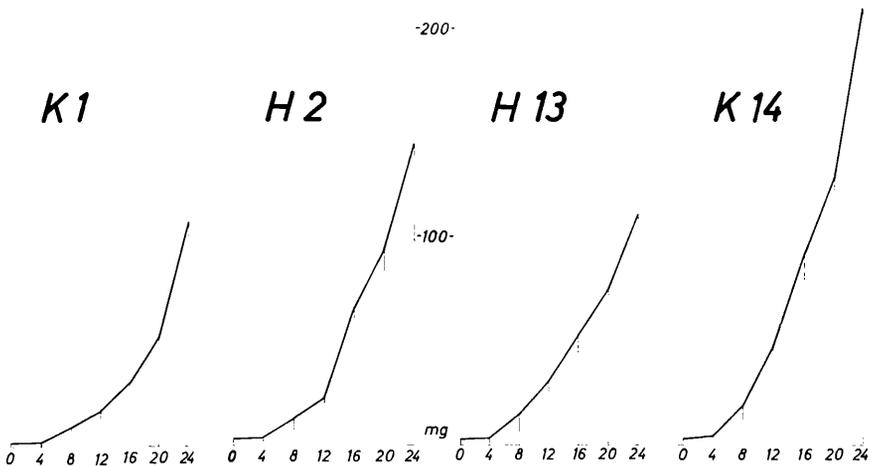


Abbildung 426/5: Gesamtgewicht der Sämlinge in Abhängigkeit von der Beleuchtungsdauer und der Samensorte (weitere Erklärungen siehe Abbildung 42/1)

den Extremfällen dürfte diese Differenz bis zu 8 Stunden betragen, wie an anderer Stelle (Kapitel 432) noch ausführlicher dargelegt wird.

Auch das Gesamtrockengewicht der während 4 Monaten in der Kulturkammer bei verschiedenen Tageslängen erwachsenen Sämlinge ist, wie deren Gesamtlänge, wenig geeignet, zu einer Testung der Herkünfte der einzelnen Sorten verwendet zu werden (Abbildung 426/5, Tabelle 42/2). Wohl wirkt sich hier die Überlagerung der Einzelwerte nicht so nachteilig auf den Verlauf der Gesamtkurve aus. Trotzdem sind die Unterschiede zwischen den Sorten so gering, vor allem durch das mehr oder weniger einheitliche Gewicht der oberirdischen Pflanzenteile (siehe Kapitel 425), daß auch in diesem Fall eine Zuordnung des Saatgutes nicht sehr zuverlässig erscheint.

Das in der Kulturkammer nach 4 Monaten erzielte Gesamtgewicht der Sämlinge bei einer Tageslänge von etwa 14 - 16 Stunden entspricht dem im Freiland erzielten Gesamtgewicht der gleichen Sorte nach dem ersten Jahr, wobei die Höhenform in der Kulturkammer bei etwa 16 Stunden, die Normallagen bei etwa 14 Stunden Kulturdauer mit ihrem Gesamtgewicht an den einjährigen Freilandwert herankommen.

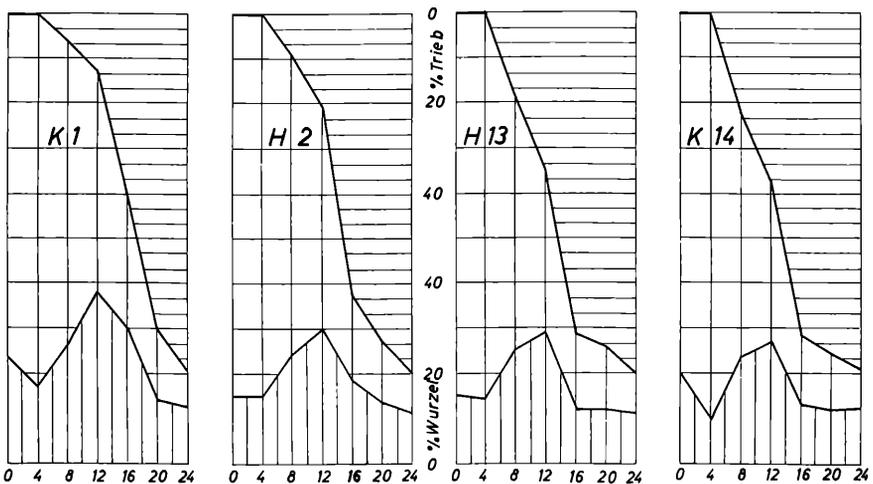


Abbildung 426/6: Gegenseitiges Verhältnis der Gewichte in Prozent des Gesamtgewichtes von Wurzel, Hypokotyl und Trieb in Abhängigkeit von der Beleuchtungsdauer und der Samensorte (weitere Erklärungen siehe Abbildung 42/1)

Die Gewichtsentwicklung der einzelnen Pflanzenteile im Zusammenhang betrachtet, läßt im wesentlichen die gleichen Schlüsse zu, wie es bereits bei der Längenentwicklung ausgeführt wurde; bis zu einem gewissen Grad ist die Unterscheidung sogar noch besser gegeben. Auch beim Gewicht nimmt das Hypokotyl einen ziemlich konstanten Anteil am Gesamtgewicht ein, der bei den längeren Beleuchtungszeiten geringer wird. Die Schwankungen des Hypokotylgewichtes der einzelnen Sorten bei der gleichen Tageslänge sind jedoch bedeutend größer als die der Hypokotyllänge. So beträgt beispielsweise das Hypokotylgewicht bei 16 Stunden Tageslänge 15 bis 30 % des Gesamtgewichtes; eine Sortenunterscheidung anhand dieses Wertes ist jedoch kaum möglich, da diese Schwankungen sehr unregelmäßig sind (Tabelle 426/2). Der Gewichtsanteil der Wurzel am Gesamtgewicht ist fast noch weniger zu einer Erkennung der Sorten geeignet, da hier ein ziemlich gleichmäßiger Verlauf in Bezug auf die Tageslänge zu finden ist: bei den kürzesten Beleuchtungszeiten macht das Gewicht der Wurzel etwa 10 - 25 % aus, um bei 8 und 12 Stunden, bei den Hochlagen auch noch bei 16 Stunden, den größten Anteil am Gesamtgewicht, etwa 25 - 30 %, einzunehmen. Bei noch längerer Beleuchtungszeit wird dieser Anteil - gleichfalls auf Grund der starken Triebbildung - wieder geringer und geht auf etwa 10 - 15 % zurück. Auch für das Gewicht der Wurzel kann das gleiche wie für deren Länge ausgesagt werden: die deutliche Abnahme des Gewichtsanteiles der Wurzel am Gesamtgewicht tritt bei den Höhenformen erst bei um etwa 4 Stunden längerer Beleuchtungszeit auf als bei den Normallagen (Abbildung 426/6).

Der Anteil des Gewichtes des Triebes am Gesamtgewicht der Sämlinge zeigt wieder das gleiche, wie bereits bei den Untersuchungen der Länge ausgeführt wurde, wobei jedoch das Gewicht bedeutend stärker zunimmt als die Länge (Tabelle 426/2). Ein meßbarer Anteil ist gleichfalls erst bei 8 Stunden festzustellen, dieser ist im allgemeinen weit unter 25 % des Gesamtgewichtes, oft wird er nur durch das Gewicht der Endknospe gebildet, sodaß hier keine besonderen Unterscheidungen getroffen werden können.

Auch bei 12 Stunden Tageslänge sind die Unterschiede noch sehr gering, immerhin betragen die Gewichtsanteile der Hochlagen etwa 5 - 30 %, die der Normallagen hingegen bereits bis zu 40 %. Es wäre bei dieser Tageslänge an eine Unterscheidung zu denken; besonders günstig ist diese jedoch wie bei der Längenmessung bei den Pflanzen, die bei 16 Stunden Tageslänge erzogen wurden. Bei den Tageslängen von 20 und 24 Stunden sind die Unterschiede durch das gleichmäßige Triebwachstum aller Sorten bereits so gering, daß wieder keine sichere Unterscheidung möglich ist. Der Triebgewichtsanteil beträgt bei beiden Tageslängen etwa 70 - 80 %.

Im Folgenden soll auf den Gewichtsanteil des Triebes am Gesamtgewicht bei 16 Stunden Beleuchtungsdauer näher eingegangen werden

(Tabelle 426/2, Abbildung 426/7), da gerade in dieser Bestimmung eine der verlässlichsten Sortenunterscheidungsmöglichkeiten gegeben ist. Da die Sämlinge der Hochlagensorten in erster Linie durch den früheren Wachstumsabschluß infolge Knospenbildung kleiner bleiben, außerdem die Gesamtsubstanzproduktion eine geringere ist, unterscheiden sich die Sorten bereits durch das Gewicht. Die Höhenformen haben ein Durchschnittsgewicht von 20 - 40 mg pro Sämling, das Gewicht steigt dann bei den Zwischenformen und Normallagen erheblich an, um bei den Tieflagen einen Maximalwert zu erreichen, der im Durchschnitt bei etwa 70 - 90 mg liegt. Es genügt also bereits diese Bestimmung allein, um, wie auch aus der beiliegenden Tabelle 426/2 zu ersehen ist, bereits eine verlässliche Sortenunterscheidung zu treffen; bedeutend leichter und verlässlicher ist diese Unterscheidung jedoch bei der nach den einzelnen Teilen getrennten Gewichtsbestimmung. In allen Fällen hat die Wurzel ein ziemlich gleichmäßiges Gewicht von etwa 5 - 10 mg, auch die Schwankungen im Hypokotylgewicht liegen in ähnlichen Grenzen, und zwar zwischen 6 und 14 mg; den Haupteinfluß auf das Gesamtgewicht übt hingegen das Triebgewicht aus, das von 10 - 20 mg bei den Höhenformen auf 50 - 70 mg bei den tieferen Normallagen ansteigt; dementsprechend steigt auch der Anteil des Triebgewichtes am Gesamtgewicht und ist vor allem der verlässlichste Hinweis auf die Sortenherkunft: bei den Hochlagen werden ca. 40 - 50 % des Gesamtgewichtes vom Trieb gebildet; bei den Normallagen sind es dagegen über 70 %. Die uns zur Verfügung stehenden Zwischenlagen liegen im Bereich zwischen 60 und 70 %, sodaß allein daraus geschlossen werden kann, daß es sich um den Übergang zu den Normallagen handelt. Der Sprung im Wert von den Zwischenformen zu den Hochlagen läßt erkennen, daß hier noch Formen fehlen, die dieser Übergangszone angehören, es ist jedoch bereits aus der Tabelle zu 2 bzw. 4 mit der Zusammenstellung der Mutterbäume ersichtlich, daß diese kaum in unserem Material zur Verfügung standen. Diese Gewichtsanteilsbestimmung des Triebes am Gesamtgewicht versagte überdies auch bei der Unterscheidung der Normallagen und der tieferen Herkünfte, die der Übergangszone zur Laubwaldstufe angehören. Bei beiden Formen werden hier nahezu gleiche Werte gefunden, wie aus der Tabelle ersichtlich ist, obwohl in Bezug auf die Länge noch eine deutliche Unterscheidung möglich ist. Wieweit die ausgesprochenen Tieflagen, die ja gleichfalls in diesem Material nicht vertreten sind, von den Normallagen und den tieferen Übergangsformen durch die Gewichtsbestimmung unterschieden werden können, läßt sich vorläufig noch nicht aussagen.

Auch bei den Gewichtanteilsbestimmungen genügt die getrennte Bestimmung von Trieb- und Hypokotylgewicht; die Werte, die bei der Errechnung des Verhältnisses Trieb zu Hypokotyl erhalten werden, sind gleichfalls in der Tabelle eingetragen und zeigen eine sehr

gute Unterscheidung der einzelnen Sorten; diese errechnete Zahl ergibt sogar noch deutlichere Unterschiede, da das Hypokotylgewicht - im Gegensatz zur Hypokotyllänge - bei den Normallagen einen geringeren Anteil am Gesamtgewicht ausmacht als bei den Hochlagen (15 % gegenüber 30 %). Wie aus der Tabelle 426/2 ersichtlich ist, liegen diese Werte für Hochlagen im Durchschnitt zwischen 1,3 2,0, die Zwischenformen zu den Normallagen haben etwa das 3 3,5fache Gewicht des Hypokotyls als Triebgewicht; bei den Normallagen und den tieferen Herkünften liegt dieser Wert zum Teil sogar erheblich über 4; da die Unterscheidung der tieferen Lagen nicht von so großer Bedeutung ist, wie die Unterscheidung der Hochlagen, genügt diese Bestimmung vollauf, um eine ziemlich eindeutige Sortenerkennung durchzuführen.

Eine weitere Besonderheit des Gewichtsanteiles von Hypokotyl- bzw. Wurzel am Gesamtgewicht soll hier angeführt werden, ohne jedoch auf die näheren Gründe eingehen zu können: während bei allen Sorten des Hölleengebirges der Anteil von Hypokotyl- bzw. Wurzelgewicht von Dunkelheit auf 4 Stunden Beleuchtungszeit praktisch unverändert bleibt (etwa 10 - 15 % Wurzelanteil), ist bei allen Sorten der Herkunft Seetaler Alpen eine deutliche Verschiebung dieses Anteiles festzustellen: bei Wachstum in Dunkelheit ist der Gewichtsanteil der Wurzel etwa 20 - 25 % und somit um durchschnittlich 10 % höher als bei 4 Stunden Beleuchtungszeit, bei der dieser Anteil nur 10 - 15 % beträgt, wie aus der Tabelle 42/2 in der Spalte % Wurzel 0 und 4 Stunden zu entnehmen ist. Der Grund für diese Unterschiede kann sicher erst nach Untersuchungen an bedeutend umfangreicherem Material gegeben werden.

43 WEITERE ERGEBNISSE AUS DEM PHOTOPERIODISCHEN
VERSUCH

431 Beziehungen zum Samengewicht

Der Einfluß des Samengewichtes auf die Ergebnisse des photoperiodischen Versuches ist im allgemeinen sehr gering und beeinflußt keinesfalls die photoperiodische Gesamtreaktion der einzelnen Fichtensorten. Sehr deutlich ist der Zusammenhang des Samengewichtes mit den Pflanzengrößen und Gewichten bei Wachstum im Dunkeln und bei 4 Stunden Beleuchtungsdauer. Dies ist auch ohne weiteres verständlich, da in Dunkelheit keine und bei 4 Stunden Tageslänge nur eine äußerst geringe Stoffproduktion erfolgt. Die Reaktionen bei diesen Tageslängen sind aber auch für die Ergebnisse der photoperiodischen Testung vollkommen bedeutungslos; bei 8 Stunden Beleuchtungsdauer ist nur mehr eine äußerst geringe Abhängigkeit vom Samengewicht festzustellen, bei den längeren Beleuchtungszeiten ist fast bei keinem festgestellten Merkmal eine Beziehung zu erkennen. Nur die Wurzellänge dürfte bei den meisten Beleuchtungszeiten in gewissem Abhängigkeitsverhältnis zum Samengewicht stehen. Dieses ist jedoch so gering, daß bei dem Anteil der Wurzellänge an der Gesamtlänge bereits keine Beziehung mehr festzustellen ist. Auch das Wurzelgewicht unterliegt im allgemeinen keiner Beeinflussung durch das Samengewicht mehr, wenn Beleuchtungszeiten von 12 und mehr Stunden pro Tag zur Verfügung stehen; bei 8 Stunden ist noch ein geringer Einfluß des Samengewichtes auf das Wurzelgewicht zu erkennen.

Die Hypokotyllänge, die in erster Linie bereits im Samen prädestiniert ist, zeigt in ihren absoluten Werten eine deutliche Abhängigkeit vom Gewicht des Samens, wie ja auch zu erwarten ist. Da die Streckung des Hypokotyls in eindeutiger Beziehung zur Beleuchtungsdauer steht, ist die Abhängigkeit der endgültigen Hypokotyllänge von der Tageslänge auch bei allen Tageslängen zu erkennen; allerdings ist bei den längeren Beleuchtungszeiten die Korrelation nicht mehr so straff, aber in allen Stufen ist die Hypokotyllänge der Herkunft Seetaler Alpen um ein geringes kleiner als dem gleichen Samengewicht der Herkunft Höllengebirge entsprechen würde, wie vor allem bei Dunkelheitswachstum zu erkennen ist (Abbildung 431/1). Demgegenüber besteht keinerlei Beziehung des Anteils der Hypokotyllänge an der Gesamtlänge bei den entscheidenden Tageslängen von 8 - 24 Stunden. Bei Dunkelheit ist eine gewisse negative Beziehung zu finden: je größer das Samengewicht, desto geringer der Hypokotyllängenanteil; es ist zusätzlich aber noch zu beachten, daß hier deutlich die beiden Herkünfte sich unterscheiden und 2 mehr oder weniger getrennte Gruppen bilden: die Herkunft K (Seetaler Alpen) hat im allgemeinen ein höheres Samengewicht, liegt aber mit dem

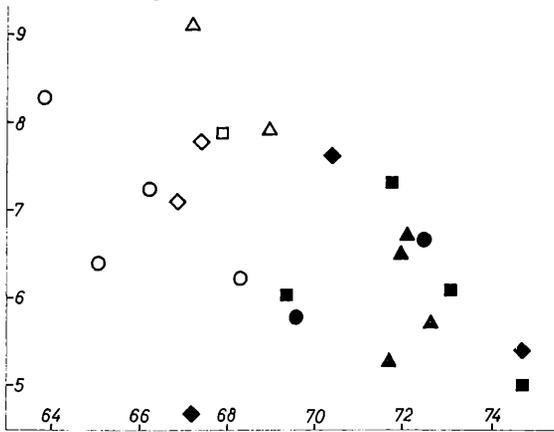


Abbildung 431/1: Die Abhängigkeit des Anteiles der Hypokotylllänge an der Gesamtlänge vom Samengewicht bei Wachstum in Dunkelheit zeigt deutlich die Unterscheidung der beiden Herkünfte (ausgefüllte Zeichen Höllengebirge, umrandete Zeichen Seetaler Alpen, \circ Hochlagen, \diamond obere Zwischenformen, \triangle Normallagen, \square untere Zwischenformen; Abszisse Hypokotylllänge in %, Ordinate Tausendkorngewicht in g)

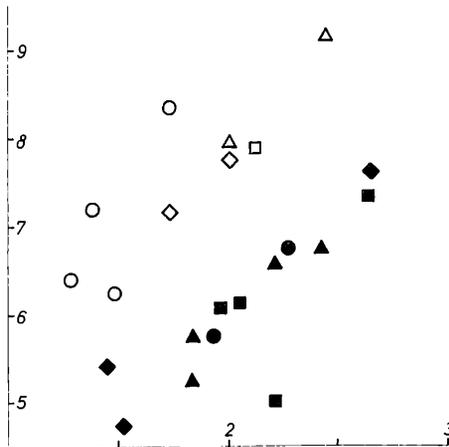


Abbildung 431/2: Die Abhängigkeit des Hypokotylgewichtes vom Samengewicht bei Wachstum in Dunkelheit zeigt die Unterscheidung der beiden Herkünfte (Zeichenerklärung siehe Abbildung 431/1, Abszisse absolutes Hypokotylgewicht in mg)

Hypokotyllängenanteil zwischen 64 und 69 %, die Herkunft Höllengebirge (H) zeigt Werte von 69 75 %; nur eine Samensorte fällt mit 67 % in den Bereich der Streuung der Sorten aus den Seetaler Alpen, diese hat aber ein äußerst geringes Samengewicht (470 mg/100 Korn) (siehe Abbildung 431/1). Ähnlich liegen die Verhältnisse beim Wachstum mit 4 Stunden Tageslänge; auch hier läßt sich noch eine mehr oder weniger scharfe Trennungslinie zwischen den Herkünften ziehen, während bei den längeren Beleuchtungszeiten keine Gruppierung mehr festzustellen ist. Das gleiche Verhalten ist auch im Bezug auf das Gewicht des Hypokotyls festzustellen; trotz des höheren Samengewichtes ist das Hypokotylgewicht der Seetaler Herkunft bei Dunkelheit wesentlich niedriger (im Durchschnitt um ca. 33 %), als bei den Sorten aus dem Höllengebirge, was aus der Abbildung 431/2 besonders deutlich hervorgeht. Bei Berücksichtigung dieser Tatsache ist eine sehr strenge Beziehung des Hypokotylgewichtes bei Dunkelheit zum Samengewicht festzustellen, die jedoch in allen anderen Tagesbereichen gleichfalls, aber weitaus nicht in dem Maß zu finden ist. Die Beziehung bei den längeren Beleuchtungszeiten ist nicht mehr besonders deutlich. Der Einfluß des Erbgutes ist soweit gegeben, als jede Sorte ihre Stellung in der Reihenfolge - unabhängig vom Samengewicht - bei allen Beleuchtungsstufen mehr oder weniger beibehält. So liegt zum Beispiel die Sorte K 7 trotz ihres besonders hohen Samengewichtes, das ca. 25 % über dem Mittelwert liegt, immer erst an etwa 5. bis 8. Stelle des gesamten Maßbereiches der jeweiligen Beleuchtungsstufe, während das höchste Hypokotylgewicht meist von der Sorte K14 erreicht wird, deren Samengewicht mit 7,9 g/1000 Korn nur ca. 87 % des Samengewichtes der Sorte K 7 beträgt.

Die Trieblänge zeigt im allgemeinen keine Beeinflussung durch das Samengewicht; die errechnete Korrelation Samengewicht : Trieblänge bei 16 Stunden ist wohl bei den Sorten der Seetaler Alpen wesentlich höher als bei den Sorten des Höllengebirges; liegt aber trotzdem noch weit unter dem gesicherten Wert; ziemlich eng ist die Korrelation von Samengewicht und Trieblänge bei 16 Stunden nur, wenn man eine Sortierung nach der Höhenlage der Mutterbäume vornimmt; die Normallagenfichten weisen einen sehr hohen Korrelationskoeffizienten von 0,986 auf; die Hochlagenarten untereinander haben wohl einen weitaus geringeren Korrelationskoeffizienten (0,181), weisen aber andererseits derart geringe Unterschiede in ihren absoluten Triebängenwerten auf, sodaß keine Korrelation erwartet werden kann (die Triebängenwerte sind unabhängig vom Samengewicht und immer mehr oder weniger gleich) (Abbildung 431/3). Diese Differenzierung ist bei allen anderen Beleuchtungszeiten auch zu finden, aber vor allem bei 16 Stunden besonders deutlich ausgeprägt.

Ferner wäre zu beachten, daß die Regressionsgeraden, die den Normallagen einerseits und den Hochlagen andererseits entsprechen,

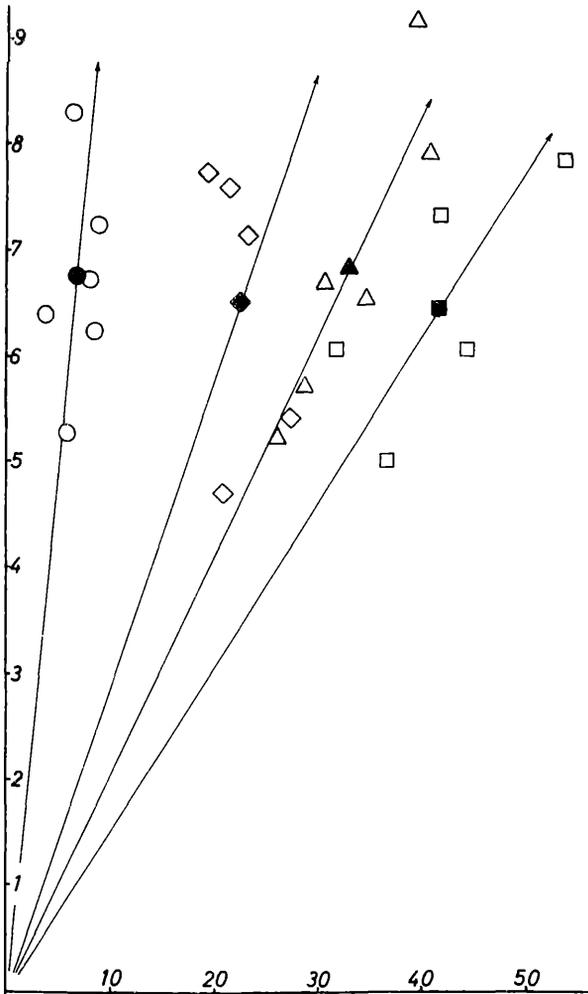


Abbildung 431/3: Die Abhängigkeit der Trieblänge vom Samengewicht bei 16 Stunden Beleuchtungsdauer zeigt den starken Einfluß der entsprechenden Seehöhenstufe (Zeichenerklärung siehe Abbildung 431/1, Abszisse Trieblänge in mm)

diese Beziehung besonders deutlich zum Ausdruck bringen: diese Geraden gehen durch den Nullpunkt des Netzes. Gleichzeitig kann man noch eine weitere Regressionsgerade legen, die durch die Sorten H11, 14 und K14 gegeben ist und die Übergangsformen zu den Tieflagen verbindet. In Bezug auf das Samengewicht kann man sogar deutliche Sektoren festlegen, die mit der Zugehörigkeit der Samensorten nach Seehöhe der Mutterbäume im Zusammenhang stehen; wie aus derselben Abbildung hervorgeht, ist eine ziemlich deutliche Trennung der Hochlagen von den Normallagen möglich, aber auch die Zwischenformen fallen in dieser Beziehung deutlich heraus. In einem späteren Kapitel (521) wird diese Frage noch eingehender behandelt werden.

Bei den anderen Beleuchtungszeiten sind ähnliche Verhältnisse zu finden; bei 12 Stunden und 20 Stunden sind sie nicht so sehr ausgeprägt wie bei 16 Stunden, bei 8 und 24 Stunden ist die Beziehung der Trieblänge zum Samengewicht bereits stark verloren gegangen.

Wie aus den gesamten Ergebnissen dieses Versuches zu erwarten war, bestehen keinerlei Beziehungen des Samengewichtes zum Anteil der Trieblänge an der Gesamtlänge; um als Beispiel wieder die 16stündige Beleuchtungsdauer hervorzuheben, wären folgende Korrelationskoeffizienten anzugeben: 0,064 für die Herkunft Höllengebirge, 0,570 für die Herkunft Seetaler Alpen und 0,049 für das gesamte untersuchte Material. Man kann also, wie auch aus der Abbildung hervorgeht, die in Kapitel 426 gemachten Feststellungen zur Erkennung der Einordnung der einzelnen Sorten in eine bestimmte Seehöhe ohne Berücksichtigung des Samengewichtes anwenden. Bei allen anderen Beleuchtungszeiten sind gleichfalls keinerlei engere Beziehungen zum Samengewicht festzustellen. Umgekehrt läßt sich aber daraus auch einwandfrei erkennen, daß das Samengewicht unabhängig von der Seehöhe der Mutterbäume bzw. von der zugeordneten Seehöhe der Samensorten ist.

Die für die Trieblänge in Beziehung zum Samengewicht gemachten Feststellungen treffen zur Gänze auch für das Triebgewicht zu; auch hier ist keinerlei direkter Einfluß des Samengewichtes zu finden, es sei denn, man trennt die einzelnen Sorten nach ihrer Seehöhenzugehörigkeit; es läßt sich dann gleichfalls eine Sortierung anwenden wie bei der Trieblänge, wobei innerhalb der einzelnen Gruppen eine mehr oder weniger enge Korrelation zum Samengewicht besteht, die zum Teil sogar ganz beträchtliche Überschneidungen der einzelnen Gruppen ergibt, aber nur einzelne Sorten betrifft (Abbildung 431/5). Bei den Hochlagenherkünften ist ähnlich der Trieblänge die Abhängigkeit des Triebgewichtes vom Samengewicht überaus gering; deutlich ist die Abhängigkeit der beiden Merkmale jedoch bei den Normallagen und bei den tieferen Lagen, wenn man beide getrennt betrachtet. (Siehe Tabelle 431/2 der Korrelationskoeffizienten). Es ließen sich

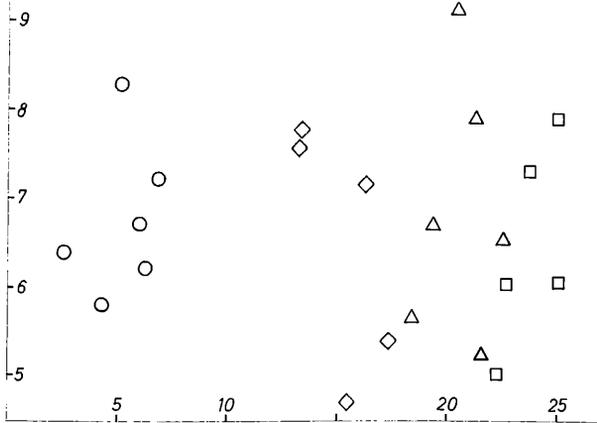


Abbildung 431/4: Der Anteil des Triebes an der Gesamtlänge bei 16 Stunden Beleuchtungsdauer läßt keinerlei Abhängigkeit vom Samengewicht erkennen (siehe auch Tabelle 431/2, Zeichenerklärung siehe Abbildung 431/1, Abszisse Trieblänge in %)

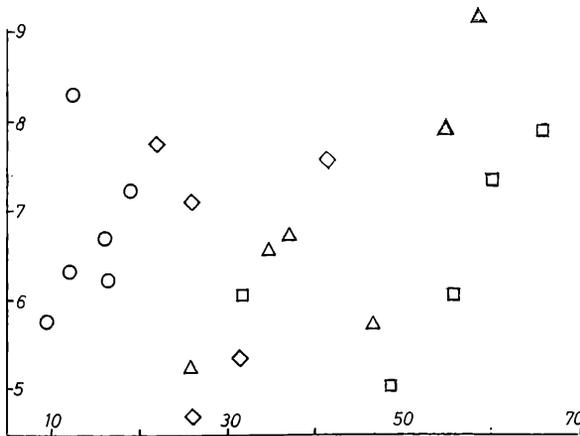


Abbildung 431/5: Die Abhängigkeit des Triebgewichtes vom Samengewicht bei 16 Stunden Beleuchtungsdauer besteht ähnlich der Trieblänge nur bei Gruppierung der einzelnen Samensorten nach Höhenstufen. (Zeichenerklärung siehe Abbildung 431/1, Abszisse Triebgewicht in mg)

Tabelle 431/1: Abhängigkeit der Länge und des Gewichtes verschiedener Pflanzenteile vom Samengewicht bei einer Beleuchtungsdauer von 16 Stunden, ausgedrückt durch die Korrelationskoeffizienten (x Abhängigkeit gesichert)

	Hochlagen	obere Zwischenformen	Normallagen	untere Zwischenformen	Summe aus dem ges. Versuch	Summe innerhalb der Herkunft	Herkunft
Gesamtgewicht	0,050	0,924 x		0,860 x	0,320	0,405 0,100	Höllengebirge Seetaler Alpen
Triebgewicht	0,386	0,929 x		0,928 x	0,243	0,219 0,598	Höllengebirge Seetaler Alpen
Anteil des Triebes am Gesamtgewicht in Prozent	0,491	0,624	0,429		0,064	0,158 0,654	Höllengebirge Seetaler Alpen
Trieblänge	0,181	0,986 x	0,685 x	0,846 x	0,131	0,071 0,361	Höllengebirge Seetaler Alpen
Anteil des Triebes an der Gesamtlänge in Prozent	0,269	0,658	0,088	0,645	0,049	0,064 0,570	Höllengebirge Seetaler Alpen

auch hier die gleichen Folgerungen ziehen, wie sie bereits bei der Trieblänge hinsichtlich der Regressionsgeraden angeführt wurden.

Die Beziehungen des Samengewichtes zum Triebgewicht bei den anderen Beleuchtungszeiten sind gleichfalls sehr unsicher und eher als nicht vorhanden anzunehmen, da die Abhängigkeit äußerst gering und nur bei Aufteilung in Gruppen nach der Höhenlage etwas erkennbar ist.

Auch die Maßzahl Anteil des Triebgewichtes am Gesamtgewicht zeigt in ihrer Abhängigkeit vom Samengewicht ähnliche Verhältnisse wie die entsprechende Maßzahl der Trieblänge. Wie jedoch bereits im Kapitel 426 angeführt wurde, läßt sich keine eindeutige Unterscheidung von Normallagen und tieferen Herkünften bei Zugrundelegung des Merkmales Anteil des Triebgewichtes am Gesamtgewicht treffen; es ist gerade in der Beziehung dieses Merkmales zum Samengewicht ein eher negativer Zusammenhang festzustellen: je größer das Samengewicht, desto geringer ist der Anteil des während der Kulturdauer von 4 Monaten in der Kulturkammer produzierten Triebgewichtes am Gesamtgewicht. (Siehe Tabelle 431/1 mit den Korrelationskoeffizienten). Dies wird besonders deutlich bei der Beleuchtungsdauer von 20 und 24 Stunden (Abbildung 431/6).

Die oberirdische Länge, in ihrer Gesamtheit betrachtet (Hypokotyl + Trieb), ergibt keine besondere Beziehung zum Samengewicht; bei den kurzen Tageslängen zeigt sie das gleiche Verhalten wie das Hy-

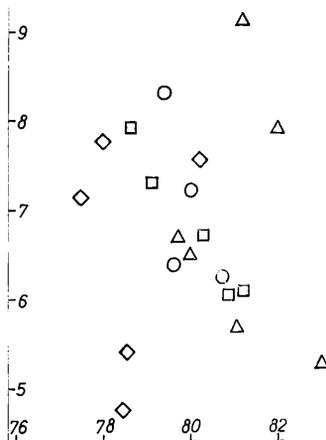


Abbildung 431/6: Der Anteil des Triebgewichtes am Gesamtgewicht bei 24 Stunden Beleuchtungsdauer steht in keinerlei Zusammenhang mit dem Samengewicht (Zeichenerklärung siehe Abbildung 431/1, Abszisse Triebgewicht in %)

pokotyl, da ja bei diesen Beleuchtungszeiten kein Trieb ausgebildet ist; aber auch bei der längeren Beleuchtungsdauer tritt keine Abhängigkeit vom Samengewicht in Erscheinung, was ja bereits aus den Hinweisen bezüglich der Beziehung Samengewicht Hypokotyl bzw. Trieb vermutet werden konnte.

Tabelle 431/2: Die Abhängigkeit des Gesamtgewichtes vom Samengewicht bei verschiedener Beleuchtungsdauer, ausgedrückt durch den Korrelationskoeffizienten (^x Abhängigkeit gesichert)

Herkunft	0 St.	4 St.	8 St.	12 St.	16 St.	20 St.	24 St.
Höllengebirge	0,879 ^x	0,808 ^x	0,296	0,123	0,351	0,652 ^x	0,591 ^x
Seetaler Alpen	0,867 ^x	0,729 ^x	0,624	0,102	0,100	0,083	0,042
Gesamt	0,535 ^x	0,776 ^x	0,238	0,237	0,301	0,486 ^x	0,865 ^x

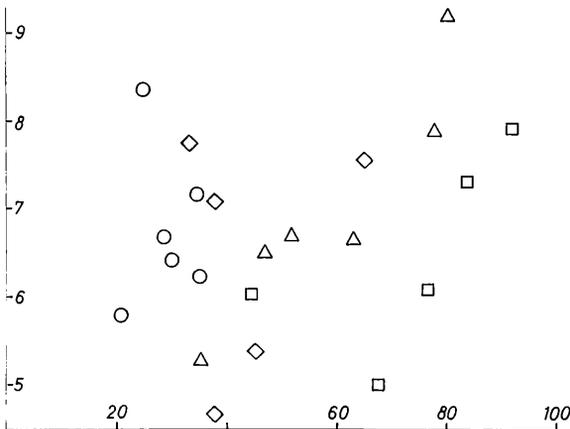


Abbildung 431/7: Die Abhängigkeit des Gesamtgewichtes vom Samengewicht bei 16 Stunden Beleuchtungsdauer ist nur zu einem Teil gegeben (Zeichenerklärung siehe Abbildung 431/1, Abszisse Gesamtgewicht in mg)

Die Gesamtlänge der Pflanzen einschließlich der Wurzel verhält sich ähnlich, wobei wieder auf den Einfluß des Samengewichtes bei den Beleuchtungszeiten von 0 und 4 Stunden verwiesen werden muß; es wird hier der gesamte Vorrat im Samen ausgenützt; die Stoffproduktion ist so unbedeutend, daß sie keinerlei Einfluß ausüben kann. Bereits bei 8 Stunden macht sich eine gewisse Unabhängigkeit der Gesamtlänge vom Samengewicht bemerkbar, die dann bei den Tageslängen von 12 und mehr Stunden immer deutlicher wird.

Auch beim Zusammenhang Samengewicht Gesamtgewicht liegen ähnliche Verhältnisse vor wie bei der Gesamtlänge; während bei Dunkelheit und bei 4 Stunden Beleuchtungsdauer ein sehr strenger Zusammenhang von Samengewicht und Gesamttrockengewicht der Sämlinge nach 1 Monat Kulturdauer festzustellen ist, tritt bereits bei 8 Stunden Tageslänge eine Andeutung einer Differenzierung der einzelnen Seehöhenstufen ein, welche im Korrelationskoeffizienten zum Ausdruck kommt. Wesentlich stärker ist diese Differenzierung bei 12 Stunden Tageslänge und läßt bei 16 Stunden einen signifikanten Grad der Trennung der einzelnen Höhenstufen hervortreten. Nur die Zwischenformen der Hoch- und Normallagen reihen sich hier nicht gut ein und müssen zu einem Teil zu den Hochlagen, zum anderen zu den Normallagen hinzugerechnet werden (siehe Abbildung 431/7). In ihrer Gesamtheit betrachtet, ist aber kein Einfluß des Samengewichtes auf das Gesamtgewicht der Sämlinge feststellbar, er tritt erst auf, wenn man die einzelnen Höhenstufen voneinander trennt (siehe Tabelle 431/2).

Wie auch bereits aus den anderen Kapiteln hervorgeht, tritt diese Differenzierung bei 20 Stunden Tageslänge und noch mehr bei Dauerlicht bereits wieder so stark zurück, daß keinerlei Einfluß des Samengewichtes auf das Gesamtgewicht bei diesen Beleuchtungszeiten mehr erkennbar ist.

Bei einem Rückblick über das Kapitel "Beziehungen des Samengewichtes mit verschiedenen photoperiodisch beeinflussten Merkmalen der Sämlinge" läßt sich außerdem eindeutig feststellen, daß das Samengewicht für alle diese Merkmale eine untergeordnete Rolle spielt, solange die Beleuchtungsdauer lang genug ist, um eine selbständige Entwicklung der Sämlinge zu gewährleisten; bei Dunkelheit und sehr kurzen Tageslängen ist selbstverständlich ein starker Einfluß des Samengewichtes vorhanden, da die Stoffproduktion der Sämlinge unbedeutend ist. Die in der Literatur an vielen Stellen gefundenen Beobachtungen, daß der Einfluß des Samengewichtes auf die Längen- und Gewichtsentwicklung der Sämlinge groß ist, trifft bei diesem Untersuchungsmaterial erst dann zu, wenn man die einzelnen Sorten nach ihren Herkünften und vor allem nach der entsprechenden Höhenlage der Sorten trennt; wenn man also innerhalb der gleichen Population eine Saatgutsortierung vornimmt, kann man von den schwereren Samen auch größere und kräftigere Pflanzen erwarten; wenn

man diese Sortierung jedoch bei Mischsaatgut vornimmt, besteht die Möglichkeit, daß aus den schweren Samen trotzdem nur gleichwertiges Pflanzenmaterial erhalten wird, da oft die Bäume der höheren Zwischenlagen ein größeres Samengewicht besitzen, in der Wachstumsleistung der Sämlinge jedoch zum Teil sogar hinter den Normallagen zurückbleiben.

432 Optimale Tageslänge

Bei Betrachtung des Kurvenverlaufes der Werte aus den einzelnen Tageslängen (es bleibt nahezu gleich, ob man hierfür die Werte der Trieblänge, der oberirdischen Länge oder des Gesamtgewichtes einsetzt) ergibt sich nun ein sehr wesentliches Ergebnis der gesamten photoperiodischen Versuchsreihe. Allein die graphische Darstellung dieser Kurven (Abbildung 432) läßt einen wichtigen Punkt erkennen; es ist dies der Wendepunkt der Kurve, an dem die Zunahme der Trieb- bzw. oberirdischen Gesamtlänge ihren günstigsten Wert erreicht; bei länger anhaltender Beleuchtungsdauer ist die Zunahme geringer als nach dem vorhergehenden Anstieg zu erwarten wäre. Am Wendepunkt ist die optimale Tageslänge erreicht; bei dieser erfolgt die günstigste Lichtausnützung; pro Zeiteinheit der Beleuchtung wird die größtmögliche Substanzproduktion bzw. der größtmögliche Längenzuwachs erzielt (siehe Kapitel 434). Sei es nun, daß die Sorte oberhalb dieses Punktes größere Ruheperioden während der Assimilations-

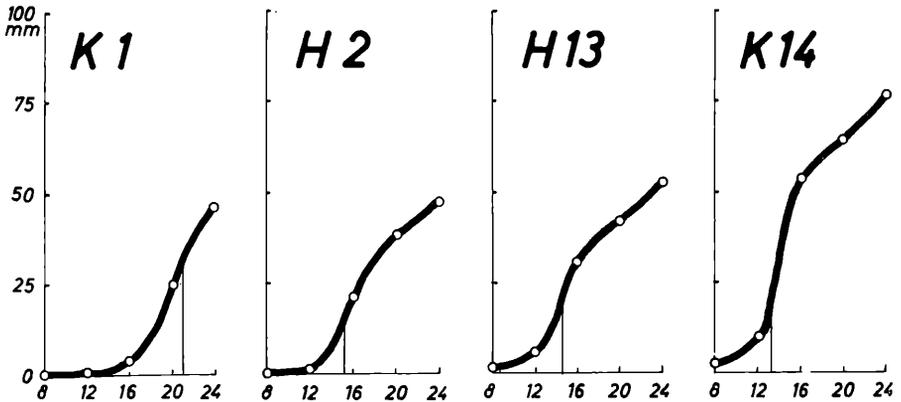


Abbildung 432: Triebhöhenentwicklung in Abhängigkeit von der Beleuchtungsdauer und der Samensorte. Der Wendepunkt als Maßzahl der "optimalen Tageslänge" ist durch die Verbindungslinie mit der Grundlinie erkennbar und zeigt die Abnahme der optimalen Tageslänge mit Abnahme der Höhenstufe (weitere Erklärungen siehe Abbildung 42/1)

zeit braucht oder daß die Atmung einen zu großen Substanzverlust bewirkt, der Gewinn an zusätzlicher Substanz bzw. Länge nimmt nicht mehr in dem Maße zu wie die Tageslänge; erst bei Überschreitung eines weiteren kritischen Punktes (dies erfolgt aber praktisch nur bei Normallagen) nimmt die Substanz- bzw. Längenproduktion wieder stärker zu, um in den meisten Fällen bei Dauerlicht das Maximum zu erreichen (2. Wendepunkt in Tabelle 432). Allerdings zeigen einzelne Sorten nach Überschreiten des optimalen Wertes keine weitere Zunahme der Substanzproduktion; dies dürfte aber in erster Linie seinen Grund in der Versuchsanordnung haben; es handelt sich durchwegs um schwachwüchsige Sorten, die von den benachbarten stärkerwüchsigen mitunter so stark eingeengt und beschattet wurden, daß sie fast keinen Lichtgewinn mehr zu verzeichnen hatten (siehe Kapitel 411 und 414).

Nun läßt sich der Kurvenverlauf auch durch eine mathematische Funktion ausdrücken, wobei man unter Zugrundelegung der fünf Werte, die aus den Messungen bei den Beleuchtungszeiten von 8, 12, 16, 20 Stunden und Dauerlicht erhalten werden, folgende Grundgleichung 4. Grades aufstellen kann:

$$y = ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e.$$

Durch Verschiebung des Koordinatennetzes ($x = 0$ entspricht 16 Stunden Beleuchtungsdauer) kann man mit relativ einfachen Berechnungen für jede Sorte die entsprechende Gleichung aufstellen und für die rechnerische Bestimmung des Tageslängenoptimums verwenden. Die Konstanten dieser Gleichung ergeben sich aus folgenden Beziehungen:

$$a \quad \frac{y_1 \quad 4y_2 + 6y_3 \quad 4y_4 + y_5}{24}$$

$$b \quad \frac{-y_1 + 2y_2 \quad 2y_4 + y_5}{12}$$

$$c \quad \frac{-y_1 + 16y_2 \quad 30y_3 + 16y_4 \quad y_5}{24}$$

$$d \quad \frac{y_1 \quad 8y_2 + 8y_4 \quad y_5}{12}$$

$$e \quad y_3$$

wobei

y_1 Größe bei 8 Stunden,

y_2 Größe bei 12 Stunden,

y_3 Größe bei 16 Stunden,

y_4 Größe bei 20 Stunden,

y_5 Größe bei Dauerlicht

bedeuten.

Die zweite Ableitung dieser Gleichung gleich 0 gesetzt, ergibt nun die Wendepunkte dieser Kurve (normalerweise sind es 2) und somit den errechneten Wert der optimalen Tageslänge.

$$y'' = 12ax^2 + 6bx + 2c \quad x_{1,2} = \frac{-3b \pm \sqrt{9b^2 - 21ac}}{12a}$$

Tabelle 432: Zusammenstellung der Werte des optimalen Wachstumsbereiches in Abhängigkeit von der Beleuchtungsdauer (in Stunden)

Baumnummer	Maximales Trieb- längenwachstum	1. Wendepunkt der Trieblänge	2. Wendepunkt der Trieblänge	Trieblänge bei 16 Std. in Prozent	1. Wendepunkt des Gesamtgewichtes	2. Wendepunkt des Gesamtgewichtes	Triebgewicht bei 16 Std. in Prozent	Durchschnittlicher Anstieg der Stoff- produktion je Std.	Minimum des Verhält- nisses Triebgewicht : Trieblänge	Minimum des Verhält- nisses Kortyledonenge- wicht : Kortyledonenlänge
K 1	24	20 1/3	11 2/3	2,6	-)	-)	39,3	0,149	21	20
H 4	24	24	9 1/3	6,0	19	10	52,6	0,130	20	18
K 4	24	21	10 1/3	5,2	-)	-)	49,7	0,130	20	20
K 2	24	21 2/3	9 2/3	6,3	22 2/3	12	46,1	0,166	20	20
K 3	23	20 2/3	8 2/3	6,9	18	6 2/3	54,1	0,136	22	20
H 1	-++)	-++)	(9,5)++)	4,3	-++)	(11)++)	44,8	0,080	-++)	20
Hochlagen	23,8	21,5	9,9	5,2	19,9	9,6	47,8	0,132	20,6	19,7
H 2	22	15	23 2/3	13,3	13 1/3	19	62,8	0,226	19	18
K 8	19	13 1/3	20 1/3	13,4	-)	-)	65,6	0,140	18	18
H15	18	13	21	15,5	12	22 2/3	68,9	0,108	22	18
K11	18	13 1/3	22	16,3	11 1/3	17 1/3	68,2	0,143	17	18
H26	18	12 1/3	19	17,3	12	18	69,6	0,168	18	18
obere Zwischen- formen	19,0	13,4	21,2	15,2	12,2	19,3	67,0	0,157	18,8	18,0
H13	18	14 2/3	18 2/3	19,4	-)	-)	71,2	0,201	17	18
K 9	18	14	18	21,3	13	18 2/3	70,2	0,372	17	17
H22	18	14	19	21,2	12	21 1/3	73,1	0,205	17	17
K 7	18	13 1/3	21	20,5	13	20	72,1	0,260	17	18
H25	18	13	19 2/3	21,6	19 1/3	23	72,5	0,139	17	18
H23	18	13 2/3	20 1/3	19,6	12 1/3	20 2/3	73,3	0,182	17	17
Normal- lagen	18,0	13,8	19,5	20,6	13,9	20,7	72,1	0,227	17,0	17,5
K14	17	13	20 1/3	25,0	12 2/3	18	71,6	0,334	17	17
H14	17	13	20	25,1	12	18 1/3	73,1	0,256	18	17
H12	18	13	20 2/3	23,7	12 2/3	21	71,3	0,252	17	17
H24	18	14	18	22,7	13	21 1/3	71,0	0,187	17	17
H11	18	(14)++)	-++)	22,3	(15,5)++)	-++)	72,0	0,214	17	17
untere Zwischen- formen	17,6	13,3	19,8	23,8	12,6	19,7	71,8	0,249	17,2	17,0

+) Gleichung 4. Grades nicht auflösbar

++) bei H 1 und H11 fehlen die Werte bei Dauerlicht. Die eingeklammerten Werte sind aus den Messungen von 8 bis 20 Stunden Beleuchtungsdauer errechnet

In der Tabelle sind nun diese errechneten Wendepunkte eingetragen; die optimale Tageslänge ist nun jeweils zu dem Zeitpunkt gegeben, zu dem die Kurve die Tangente von links nach rechts bzw. von oben nach unten durchschreitet. Der andere, aus dem Kurvenverlauf sich ergebende zweite Wendepunkt, an dem die Kurve die Tangente von unten nach oben durchschreitet, gibt bei den Normallagenfichten jenen Beleuchtungswert, der die relativ ungünstigste Lichtausnützung bedingt (siehe Abschnitt 434 und 435). Bei den Hochlagen wird dieser Punkt nicht mehr erreicht, da die optimale Tageslänge meist nur wenig unter dem Maximalwert bei Dauerlicht liegt. (Der zweite Wendepunkt bei den Hochlagen, meist in der Größenordnung von wenigen Stunden, dürfte keine weitere Bedeutung haben).

Der praktische Wert dieser Ausführungen bezüglich der optimalen Tageslänge liegt nun darin, daß man diese Größe mit der Seehöhe in direkte Beziehung setzen kann, wie aus der beiliegenden Tabelle 432 ersichtlich ist. Mit zunehmender Seehöhe ist die Eignung einer Sorte durch die längere optimale Tageslänge charakterisiert; Normallagenfichten zeigen die beste Lichtausnützung bei einer Tageslänge von ca. 13 bis 14 Stunden, bei den Zwischenformen zu den Hochlagen liegt dieser Wert zum Teil bereits etwas höher, nur bei den echten Hochlagensorten beträgt er 20 bis 22 Stunden, mitunter steigt er sogar noch höher an. Bei der Bestimmung der optimalen Tageslänge der Gesamtgewichtsentwicklung (Gesamtsubstanzproduktion) finden wir ähnliche Verhältnisse; vor allem die Hochlagenherkünfte zeigen eine starke Verschiebung des Optimums.

Diese aus der optimalen Tageslänge sich ergebende günstigste Seehöhe deckt sich sehr gut mit den Werten, die aus den Bestimmungen der Knospenentwicklung als auch aus den Prozentanteilen der Triebentwicklung bei 16 Stunden Beleuchtungsdauer erhalten werden. Das Bemerkenswerte daran ist nur, daß die feinen Unterschiede, wie sie bei der Prozentanteilbestimmung erhalten werden, aus diesem Kurvenverlauf nicht erkennbar sind, was offenbar in den zu großen Zeitintervallen begründet zu sein scheint.

433 Gewicht der Längeneinheit bei Kotyledonen und Trieb

Die Verhältniszahl Kotyledonengewicht : Kotyledonenlänge gibt uns die Möglichkeit, eine recht gute Zuordnung der einzelnen Sorten in Beziehung auf die optimale Tageslänge zu finden. Das geringste Gewicht pro Längeneinheit besitzen die Keimblätter einer Sorte bei der Tageslänge, bei der das gesamte Längenwachstum ein optimales ist (Tabelle 433/1, Abbildung 433), also bei den Hochlagen im Bereich von 20 Stunden, bei den Normallagen bei einer kürzeren Tagesdauer, in unserem Fall bei 16 Stunden Beleuchtungszeit. Die Zwischenformen zeigen zum Teil bei 16 und bei 20 Stunden annähernd gleiche Werte, lassen also einen Zwischenwert für das geringste Kotyledonengewicht

Tab. 433/1: Das Gewicht der Längeneinheit von Keimblättern, ausgedrückt durch das Verhältnis $\frac{\text{Kotyledonengewicht}}{\text{Kotyledonenlänge}}$ in Abhängigkeit von der Beleuchtungsdauer und der Samensorte.

Baum Nr.	8 Std.	12 Std.	16 Std.	20 Std.	24 Std.	Minimum b. Stunden
K 1	30.6	38.3	30.0	24.3	27.2	20
H 4	33.8	40.0	24.7	26.1	30.1	18
K 4	43.2	40.6	28.0	25.2	28.9	20
K 2	30.5	37.8	29.1	26.0	27.2	20
K 3	29.6	36.3	27.0	25.6	27.2	20
H 1	28.4	28.5	24.7	22.7		20
Hochlagen						19.7
H 2	34.2	41.5	27.7	26.8	26.5	18
K 8	27.3	32.5	22.9	23.4	26.6	18
H 15	24.8	28.4	22.5	23.0	-	18
K 11	30.9	34.3	23.9	24.5	24.4	18
H 26	24.5	28.9	22.3	22.9	24.7	18
obere Zwischenformen						18.0
H 13	32.6	31.0	25.1	25.6	27.7	18
K 9	29.0	32.4	24.8	26.3	28.6	17
H 22	26.1	30.5	22.5	26.7	27.1	17
K 7	33.7	38.5	26.6	26.3	30.2	18
H 25	27.6	30.1	22.3	23.5	23.6	17
H 23	31.1	36.1	24.9	26.8		18
Normallagen						17.5
K 14	26.8	28.6	22.9	24.7	28.0	17
H 14	27.8	29.6	22.9	25.2	28.8	17
H 12	29.6	30.8	24.5	26.7		17
H 24	28.9	32.3	22.9	24.6	27.9	17
H 11	28.3	27.3	23.0	23.8		17
untere Zwischenformen						17.0

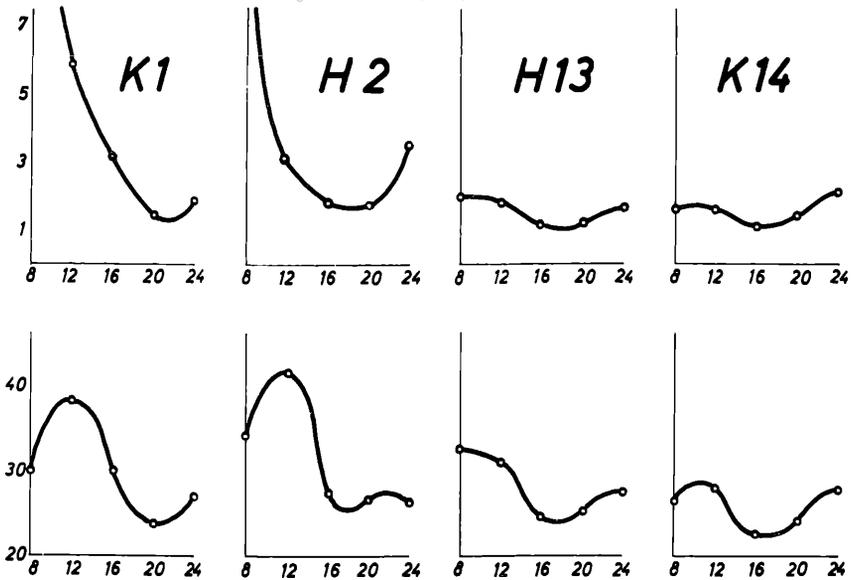


Abbildung 433: Das Gewicht der Längeneinheit von Keimblättern bzw. Trieb in Abhängigkeit von der Beleuchtungsdauer und der Samensorte (weitere Erklärungen siehe Abbildung 42/1)

pro Längeneinheit bei etwa 18 Stunden erkennen (siehe Kurvenverlauf der Abbildung 433). Auch das Verhältnis des Trockengewichtes des Triebes zur Trieblänge läßt deutlich die optimale Beleuchtungsdauer erkennen; der Trieb hat wie die Keimblätter das geringste Trockengewicht pro Längeneinheit bei der optimalen Tageslänge (Tabelle 433/2); wie aus beigefügter Abbildung 433 hervorgeht, kann also auch aus dem Verlauf dieser Verhältniszahl mehr oder weniger direkt auf die dem Saatgut entsprechende Seehöhe rückgeschlossen werden. In vielen Fällen ergeben sich Unregelmäßigkeiten in den Tageslängen, die weitab von den natürlichen, bzw. optimalen liegen; vor allem bei den kurzen Beleuchtungszeiten ist ein mehr oder weniger starkes Mißverhältnis zu finden, das in erster Linie auf die Ungenauigkeit bei der Triebhöhenbestimmung zurückzuführen ist; in vielen Fällen ist ja nur eine Knospe, zum Teil sind einige Nadeln zusätzlich ausgebildet, sodaß allein in diesen Fällen keine genaue Triebhöhenbestimmung durchgeführt werden kann.

Diese Bestimmungsmöglichkeiten reichen bei weitem nicht aus, ein verlässliches Versuchsergebnis zu bilden; das Ergebnis bei den Keimblättern könnte aber vielleicht ermöglichen, von der langen Versuchsdauer von 4 Monaten abzugehen und bereits nach 6 Wochen eine Sortentestung durchzuführen, da ja sicherlich die Keimblätter

Tab. 433/2: Verhältnis des Triebgewichtes zur Trieblänge bei verschiedener Beleuchtungsdauer.

Baum Nr.	8 Std.	12 Std.	16 Std.	20 Std.	24 Std.	Minimum b. Std.
K 1		5,944	3,157	1,498	1,874	21
H 4		1,697	1,910	1,260	1,611	20
K 4	4,928	4,286	1,950	1,424	1,708	20
K 2	3,935	4,590	1,966	1,592	1,832	20
K 3	2,692	4,178	2,076	1,514	1,542	22
H 1		3,093	1,640	1,318		
Hochlagen						20,6
H 2		3,159	1,940	1,769	2,498	19
K 8	1,789	2,209	1,126	1,135	1,453	18
H 15	1,927	1,785	1,270	1,137	1,131	22
K 11	2,354	2,005	1,119	1,262	1,462	17
H 26	3,044	2,028	1,159	1,184	1,454	18
obere Zwischenformen						18,8
H 13	1,950	1,942	1,219	1,329	1,668	17
K 9	2,255	2,042	1,363	1,583	2,243	17
H 22	1,769	2,037	1,214	1,309	1,527	17
K 7	2,087	2,534	1,473	1,656	2,185	17
H 25	1,490	1,655	0,998	1,030	1,318	17
H 23	2,000	2,125	1,355	1,408	1,433	17
Normallagen						17,0
K 14	1,658	1,745	1,228	1,492	2,152	17
H 14	2,000	1,746	1,267	1,254	2,134	18
H 12	1,787	1,868	1,447	1,470	1,613	17
H 24	1,676	1,921	1,003	1,249	1,525	17
H 11	1,364	1,651	1,341	1,436		17
untere Zwischenformen						17,2

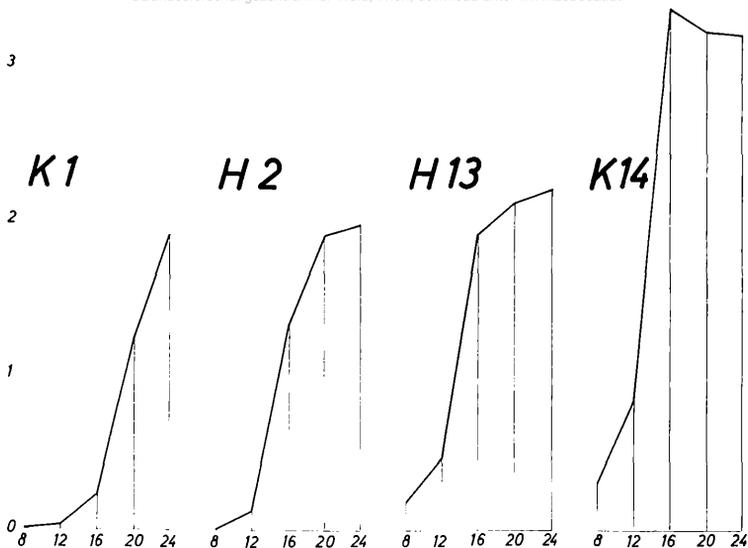


Abbildung 434: Abhängigkeit der pro Stunde Beleuchtungsdauer gebildeten Triebblänge von der Höhenstufe sowie von der Beleuchtungsdauer (weitere Erklärungen siehe Abbildung 42/1)

nach dieser Zeit ihr Endgewicht erreicht haben werden; eine Prüfung dieser Vermutung steht allerdings noch aus.

434 Maßzahl Triebblänge pro Stunde Beleuchtungsdauer

Welch bedeutenden Einfluß die Tageslänge auf die Streckung bzw. das Längenwachstum des Triebes ausübt, ist besonders deutlich aus der Errechnung der pro Zeiteinheit gebildeten Triebblänge zu erkennen (Tabelle 434). Es zeigt sich auch in diesem Fall ein sehr deutlicher Zusammenhang mit der optimalen Tageslänge; bei den ausgesprochenen Höhenformen ist ein gleichmäßiger Anstieg der pro Zeiteinheit gebildeten Triebblänge bis zur Dauerlichtstufe zu erkennen; bei den tiefer liegenden Formen tritt eine Verschiebung insofern ein, als sich ein deutliches Maximum herausbildet (siehe Abbildung 434), das bei den tiefer liegenden Herkunftsn mehr in die kürzere Beleuchtungszeit verschoben ist, wie auch beim Tageslängenoptimum festgestellt wurde. Wenn dieses Maximum auch nicht in allen Fällen deutlich ausgebildet ist, so ist doch in den meisten Fällen zumindest ein Gleichbleiben des Wertes für einige Stunden zu erkennen; gegen Dauerlicht hin tritt allerdings auch hier in einigen Fällen noch eine geringe Längenzunahme auf, für die nur zum Teil eine zufriedenstellende Erklärung gegeben werden kann (414).

Tabelle 434: Abhängigkeit der pro Stunde Beleuchtungsdauer gebildeten Trieblänge von der Beleuchtungsdauer und der Höhenstufe sowie Angabe der optimalen Beleuchtungsdauer zur Erreichung eines maximalen Triebwachstums (letzte Spalte)

Baum Nr.	8 Std.	12 Std.	16 Std.	20 Std.	24 Std.	Maximales Längenwachstum bei Stunden
K 1		0,030	0,235	1,235	1,899	24
H 4		0,129	0,494	1,150	1,885	24
K 4	0,018	0,047	0,400	1,145	1,749	24
K 2	0,039	0,055	0,518	1,425	2,268	24
K 3	0,049	0,070	0,556	1,420	1,557	23
H 1		0,053	0,356	1,850		
Hochlagen						23,8
H 2		0,121	1,325	1,901	1,961	22
K 8	0,119	0,275	1,200	1,380	1,519	19
H15	0,104	0,318	1,281	1,190	0,953	18
K11	0,116	0,344	1,444	1,560	1,254	18
H26	0,056	0,361	1,694	1,695	2,188	18
obere Zwischenformen						19,0
H13	0,176	0,459	1,906	2,100	2,193	18
K 9	0,138	0,456	2,519	2,575	2,480	18
K 7	0,186	0,368	2,463	2,450	2,026	18
H25	0,191	0,488	1,606	1,590	1,981	18
H23	0,156	0,440	1,775	1,825	1,667	18
Normallagen						18,0
K14	0,308	0,831	3,356	3,205	3,181	17
H14	0,154	0,548	2,756	2,450	2,863	17
H12	0,205	0,628	2,594	2,500	2,222	18
H24	0,135	0,388	1,969	1,980	2,859	18
H11	0,309	0,586	2,275	2,065		18
untere Zwischenformen						17,6

435 Maßzahl Gesamtgewicht pro Stunde Beleuchtungsdauer und Stoffproduktionsleistung

Die Gesamtgewichtsproduktion hingegen zeigt nur in wenigen Fällen Verhältnisse ähnlich der Trieblänge; meist ist ein ziemlich gleichmäßiges Ansteigen der Gewichtswerte linear zur Tageslänge zu finden; es ist also bei allen Tageslängen eine annähernd gleiche Ausnützung der eingestrahlten Lichtenergie zur Substanzproduktion festzustellen. Die Unterschiede in den Endwerten liegen jedoch darin, daß bei Dauerlicht die ohne Unterbrechung gebildete Nettoassimilation zur Stoffproduktion verwertet werden kann, bei den Serien mit dazwischenliegender Dunkelheit hingegen ein Teil der bei Tag produzierten Substanz in der Nacht wieder verbraucht wird. Es ist somit eine mehr oder weniger lineare Abnahme des produzierten Gesamtgewichtes mit abnehmender Beleuchtungsdauer festzustellen, um bei den in Dunkelheit erzeugten Pflanzen praktisch Null zu betragen (es ist hier ein negativer Wert festzustellen, da das Endgewicht ja geringer als das Anfangsgewicht ist, da ausschließlich Substanz veratmet wird; es handelt sich jedoch um derart geringe Substanzmengen, daß dieser Wert gleich Null gesetzt werden kann); dies entspricht insofern auch den Erfordernissen, da ja die gesamte Kulturdauer hindurch gleiche Temperaturbedingungen geherrscht haben, der Atmungsfaktor somit in allen Versuchsreihen gleich gesetzt werden kann.

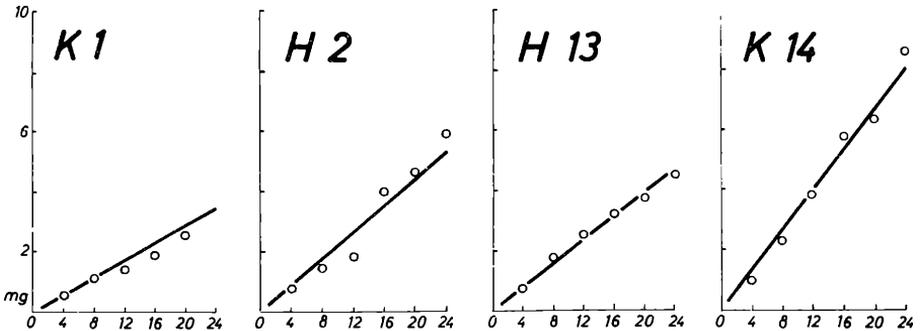


Abbildung 435: Abhängigkeit der Stoffproduktion von der Höhenstufe, ausgedrückt durch das pro Stunde Beleuchtungsdauer gebildete Gesamtgewicht. Nähere Erläuterungen im Text (weitere Erklärungen siehe Abbildung 42/1)

Tabelle 435: Durchschnittliche Stoffproduktion der einzelnen Sorten in Abhängigkeit von der Beleuchtungsdauer und von der Seehöhe (in mg/h). In der letzten Spalte ist der Anstieg der Stoffproduktionsgeraden angegeben; diese Zahl ergibt bei Multiplikation mit dem Quadrat der Stundenanzahl der Beleuchtungsdauer die mittlere Stoffproduktion der einzelnen Sorte (siehe Abbildung 435)

Baum Nr.	4 Std.	8 Std.	12 Std.	16 Std.	20 Std.	24 Std.	
K 1	0,605	1,119	1,408	1,886	2,639	4,747	0,149
H 4	0,685	1,218	1,400	1,792	2,079	3,758	0,130
K 4	0,738	1,250	1,330	1,568	2,307	3,758	0,130
K 2	0,615	1,340	1,442	2,212	3,187	5,153	0,166
K 3	0,653	1,240	1,440	2,174	2,910	3,002	0,136
H 1	0,355	0,965	1,125	1,303	2,026		0,096
Hochlagen	0,608	1,188	1,357	1,822	2,524	4,029	0,134
H 2	0,778	1,543	1,866	4,090	4,653	6,031	0,226
K 8	0,868	1,655	2,118	2,091	2,185	2,831	0,140
H15	0,410	1,191	1,844	2,364	1,859	1,375	0,108
K11	0,940	1,640	2,097	2,369	2,614	2,365	0,143
H26	0,675	1,466	2,318	2,821	2,794	4,053	0,168
obere Zwischenformen	0,724	1,499	2,050	2,747	2,821	3,331	0,157
H13	0,815	1,834	2,588	3,264	3,775	4,591	0,201
K 9	0,943	1,940	2,984	4,886	5,362	6,789	0,372
H22	0,680	1,635	2,461	2,946	4,179	5,303	0,205
K 7	1,043	2,124	2,991	5,034	5,159	5,448	0,260
H25	0,550	1,394	2,173	2,210	2,178	3,147	0,139
H23	0,435	1,733	2,766	3,964	3,421	2,944	0,182
Normallagen	0,744	1,776	2,660	3,717	4,018	4,703	0,227
K14	1,018	2,290	3,883	5,761	6,362	8,704	0,334
H14	0,658	1,719	2,692	4,805	4,124	7,525	0,256
H12	0,728	2,149	3,473	5,270	5,041	4,528	0,252
H24	0,568	1,594	2,092	2,779	3,285	5,393	0,187
H11		2,013	2,836	4,235	3,734		0,214
untere Zwischenformen	0,743	1,953	2,995	4,570	4,509	6,537	0,248

Welches die Gründe für die Abweichung von der zu erwartenden Stoffproduktion sind, ist durch diesen Versuch nur schwer zu klären, denn es muß ein großer Teil der Abweichungen auf Ungenauigkeit in der Versuchsanordnung zurückgeführt werden; trotzdem fällt auf, daß die Höhenformen im Bereich ihres optimalen Längenwachstums auch eine starke Zunahme der Stoffproduktion aufzuweisen haben; im gleichen Maß ist bei vielen Normallagensorten bei ihrer optimalen Tageslänge von ca. 16 Stunden ein deutliches Überschreiten der aus den Durchschnittswerten zu erwartenden Geraden festzustellen; mitunter ist dieser Wert überhaupt ein maximaler. Es gibt aber auch Sorten, die überhaupt kein Abweichen von der zu erwartenden Stoffproduktionsgeraden erkennen lassen (siehe Abbildung 435).

Der Anstieg der Stoffproduktionsgeraden, der aus den Mittelwerten der Netto-Stoffproduktion bei den einzelnen Tageslängen gegeben ist, nimmt wohl deutlich mit zunehmender Seehöhe der Herkünfte ab (siehe Tabelle 435); seine Bedeutung läßt sich allerdings derzeit noch nicht mit Bestimmtheit feststellen; so wurde der niederste Wert ($0,108 \text{ mg/h}^2$) bei einer Zwischenform der Normallagen zu den Hochlagen festgestellt (H15), eine andere Sorte der gleichen Seehöhenzuordnung (H 2) weist hingegen einen Wert von $0,226 \text{ mg/h}^2$ auf; eine Normallagenform hat $0,139 \text{ mg/h}^2$, eine Übergangsform zu den Tieflagen nur $0,187 \text{ mg/h}^2$ Substanz im Durchschnitt produziert. Jedenfalls ist zu einem Teil eine Abhängigkeit von der Seehöhe festzustellen, die zumindest im Durchschnittswert deutlich erkennbar ist und ihre Ursache in der Tatsache haben dürfte, daß die Höhenformen bei der in der Kulturkammer herrschenden Temperatur von 20 bis 22 °C eine bedeutend verstärkte Atmung gegenüber den Normallagen haben und dadurch, sollte auch die Brutto-Substanzproduktion ähnlich wie bei den Normallagen sein, einen bedeutend geringeren Netto-Substanzgewinn erreichen.

44 SCHLUSSFOLGERUNGEN AUS DEM PHOTOPERIODISCHEN VERSUCH

Bei der Gesamtbetrachtung der Ergebnisse aus dem photoperiodischen Versuch ergeben sich äußerst wertvolle Resultate, die bei einer genaueren Sämlingstestung wichtige Hinweise erkennen lassen. Am entscheidendsten ist dabei die Feststellung, daß bereits im frühesten Sämlingalter eine eindeutige Beziehung der in den Samen genetisch verankerten physiologischen Eigenschaften mit der Seehöhe ihres zuzuordnenden Auspflanzungsortes gegeben ist. Bei verschiedenen Merkmalen tritt diese Beziehung zu Tage, besonders hervor gehoben soll hier der Triebabschluß während der Kultur werden, der für alle Sämlinge, deren Lichtbedürfnis nicht ausreichend gedeckt ist, in verhältnismäßig kurzer Zeit erfolgt. Bei einer Beleuch-

tungsdauer von 16 Stunden hingegen ist die günstigste Unterscheidung zu finden: die in höhere Lagen gehörenden Sorten schließen ihr Wachstum früher, zum Teil bereits nach 10–12 Wochen ab; je tiefer die den Sorten entsprechende Seehöhe liegt, desto später erfolgt die Knospenbildung; bei den tiefsten Stufen erfolgt bereits bei 16 Stunden Tageslänge keine Knospenbildung, bei den höheren Lagen hingegen tritt ein fortdauerndes Triebwachstum erst bei 20 Stunden und länger dauernder, zum Teil überhaupt erst bei durchgehender Beleuchtung ein.

Als weiteres entscheidendes Kriterium für die Seehöhe des Auspflanzungsortes kann die Ermittlung des Anteiles von Trieblänge bzw. Triebgewicht an den Gesamtwerten angesehen werden; auch bei diesen Maßzahlen finden wir eine weitgehende Übereinstimmung, wobei die Bestimmung des Gewichtes von Trieb bzw. Gesamtpflanze wohl die am wenigsten zeitraubende Methode darstellt; je höher der zugeordnete Auspflanzungsort einer Sorte liegt, desto kürzer bzw. kleiner sind Trieb und gesamte Pflanze in Länge und Gewicht.

Neben diesen drei wohl eindeutigsten, sehr konform sich verhaltenden Merkmalen könnte man noch viele andere, zum Teil sehr verlässliche, zum Teil etwas unsichere Maßzahlen gleichfalls für ein derartiges Testziel anführen (siehe Zusammenstellung in der Tabelle 432). Ein Großteil dieser Maßzahlen hat den Vorteil, daß im allgemeinen eine Bestimmung bei 16 Stunden Beleuchtungsdauer ausreicht, um bereits einige ziemlich verlässliche Hinweise für die Seehöhe des Auspflanzungsortes geben zu können. Es trifft dies vor allem für die speziell angegebenen Merkmale Zeitpunkt des Triebabschlusses und Anteil von Trieblänge bzw. Triebgewicht an den Gesamtmaßen zu. Aus diesem Grund wurde bei einem größeren Material (insgesamt Samen von 80 Mutterbäumen) die Bestimmung bei der Beleuchtungsdauer von 16 Stunden durchgeführt; die Ergebnisse dieser Testreihe sind im nächsten Abschnitt (5) ausführlich dargelegt.

Ein Vergleich der Ergebnisse des photoperiodischen Versuches mit der Seehöhe der Mutterbäume erscheint deshalb besonders wichtig, weil die Seehöhe ein besonders wichtiges Kriterium für die einzelnen physiologischen Rassen der Fichte ist und im photoperiodischen Versuch einen deutlichen Widerhall findet. Die Beziehungen zwischen der Seehöhe und den physiologischen Rassen werden im zweiten Teil dieser Arbeit eingehend beleuchtet werden, hier seien nur einige Grundprinzipien für die Erklärung der photoperiodischen Reaktion der einzelnen Samensorten vorweggenommen.

Die Höhengliederung der Fichtenformen in den Alpen ist dergestalt, daß im untersten Verbreitungsbereich die Kammfichte die vorherrschende Form bildet; je höher man nun im Fichtengürtel kommt, desto stärker wird die Kammfichte durch die Bürstenfichte verdrängt, wobei eine deutliche Verschiebung auch innerhalb der mannigfaltigen

Zwischenformen festzustellen ist. Im Bereich von einigen hundert Metern unter der Waldgrenze ist der Anteil der Kammfichte schon weitgehend zurückgedrängt und der Fichtenwald wird hauptsächlich von Bürstenfichten gebildet. Gegen die Waldgrenze zu mischt sich die Bürstenfichte bereits zum Teil mit der Plattenfichte, um an der Waldgrenze fast völlig zurückgedrängt zu sein. Über der Waldgrenze im Bereich der einzelstehenden Fichte (bzw. im Zirben-Fichten-Lärchen-Mischwald) bis zur obersten Verbreitung der Fichte wird der Hauptteil aller Bäume dieser Art durch ziemlich extreme Plattenfichten gebildet (HOLZER 1964 a, 1963 c). Wenn man nun versucht, die Ergebnisse des photoperiodischen Versuches in dieses Schema einzupassen, kommt man zu dem vorläufigen Ergebnis, daß alle Samensorten, die als Höhenfichten bezeichnet wurden, einer Höhenlage entsprechen, die in diesem Bereich als überwiegend dem Typ der Plattenfichten zugehörig anzusprechen sind. Soweit die vorhandenen Unterlagen ausreichen, können die meisten der als Normallagen bezeichneten Samensorten solchen Typen zugesprochen werden, die hauptsächlich den Bürstenfichtencharakter besitzen, wobei die Übergangsformen zu den Hochlagen den Mischtypen mit der Plattenfichte, die Übergangsformen zu den Tieflagen den Mischtypen mit der Kammfichte zuzurechnen wären. Da wir in unserem gesamten bisher untersuchten Material keine einzige verläßlich als Kammfichte ansprechbare Form haben, läßt sich bis jetzt auch kein verläßlicher Hinweis für die Reaktion dieses Typs in der Kulturkammer geben. Nach den bisherigen Versuchsergebnissen läßt sich aber eines ziemlich sicher aussagen: die Unterschiede zwischen den einzelnen Formen der Kamm- und der Bürstenfichte mit allen Zwischenformen sind ziemlich gering, die Plattenfichte hingegen zeigt eine extrem andere Reaktion, so daß wir bisher eine verhältnismäßig große Kluft zwischen den als Hochlagen und den als Normallagen bezeichneten Formen erhalten haben, obwohl sicher auch Übergangsformen zur Plattenfichte mitgetestet wurden.

Eine sichere Klärung dieser Verhältnisse wird jedenfalls erst zu erwarten sein, wenn nach Typ der Mutterbäume gesicherte Samensorten für eine Kulturkammertestung zur Verfügung stehen und so die Reaktionsnormen der einzelnen Formen bestimmt werden können.

5 ERGEBNISSE DER GESAMTTESTUNG BEI 16 STUNDEN TAGESLÄNGE

Die Grundlage bzw. Anregung für die ausgedehnten photoperiodischen Untersuchungen an 22 ausgewählten Einzelbaumsamen (Abschnitt 4) bildete eine allgemeine Sämlingstestung in der Kulturkammer von insgesamt 80 Einzelbäumen aus 5 verschiedenen Herkunftten, die bei einer Beleuchtungsdauer von 16 Stunden und sonst gleichen Bedingungen 3 Monate lang kultiviert wurden. Da die meisten in diesem Kapitel besprochenen Merkmalsausbildungen bereits bei der Besprechung der photoperiodischen Testung ausführlich behandelt wurden, sollen in diesem Teil nur mehr die allgemeinen Ergebnisse erläutert werden; bei speziellen Ergebnissen wird besonders auf das entsprechende Kapitel im photoperiodischen Teil dieser Arbeit (Abschnitt 4) verwiesen werden.

Die Gesamtentwicklung der Pflanzen deckt sich zur Gänze mit den bereits im Kapitel 42 gemachten Ausführungen; die Kulturdauer war jedoch um 1 Monat kürzer, weshalb die Endwerte aus diesen Messungen nicht direkt neben die Ergebnisse der 16stündigen Beleuchtungsdauer des photoperiodischen Versuches gestellt werden können. Im Notfall dürfte für die Testung auch eine Kulturdauer von 3 Monaten ausreichen, das Ergebnis der Kulturkammertestung ist jedoch bedeutend verlässlicher bei auf 4 Monate verlängerter Kulturdauer, da die Differenzierung und Wuchsleistung der verschiedenen Sorten bedeutend signifikanter heraustritt.

51 GESAMTENTWICKLUNG DER PFLANZEN

511 Meßergebnisse an der Wurzel

Wie bereits im Kapitel 421 hingewiesen wurde, wird bei einer Tageslänge von 12 Stunden ein recht günstiges Wurzelwachstum erreicht, welches auch bei längerer Beleuchtungsdauer kaum mehr wesentliche Änderungen erfährt; wie aus den Abbildungen 42/1 und 42/2 hervorgeht, ist auch keinerlei besonders auffallende Beziehung der absoluten Wurzellänge sowie auch des Wurzelgewichtes zu sonstigen von der Kulturkammertestung zu erwartenden Ergebnissen vorhanden. Daß nun trotzdem aus dem Wert des Anteils an der Gesamtpflanze vor allem der Wurzellänge, bis zu einem gewissen Grad auch des Wurzelgewichtes, ein Schluß auf die zugeordnete Seehöhe gezogen werden kann, ist durch die entsprechende Triebausbildung begründet und soll auch bei dieser näher erläutert werden (Kapitel 515).

Die Entwicklung der Wurzelverzweigung ist, wie bereits im entsprechenden Kapitel des photoperiodischen Abschnittes (421) ausge-

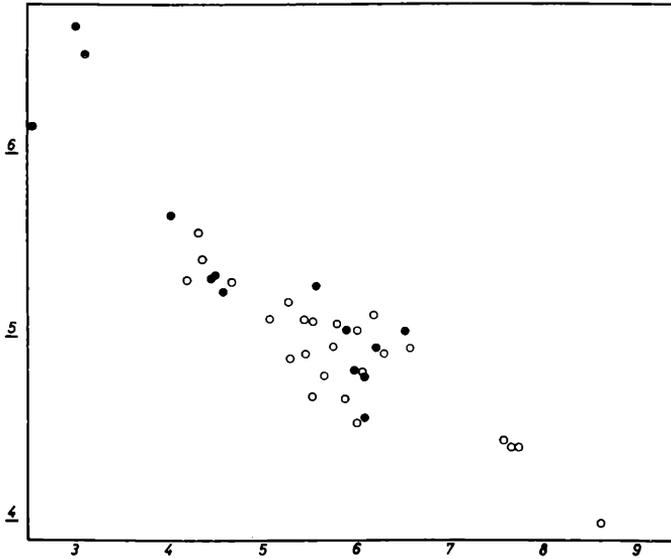


Abbildung 511/1: Abhängigkeit der Seitenwurzelbildung (Ordinate) vom Quotienten $\frac{\text{Wurzelgewicht}}{\text{Wurzellänge}}$ (Abszisse); volle Kreise Hochlagen-, leere Kreise Normallagenherkünfte

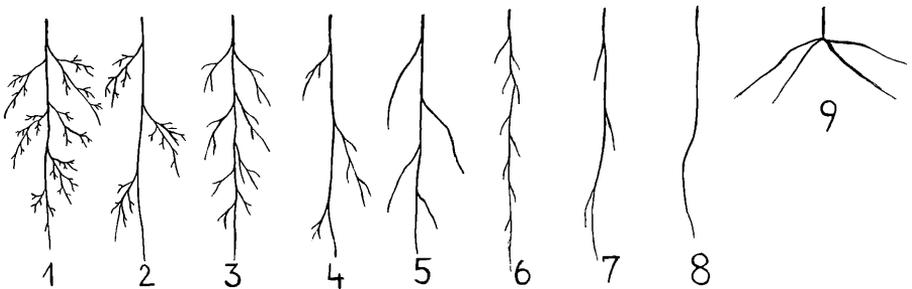


Abbildung 511/2: Bestimmungsschlüssel für die Seitenwurzelentwicklung, aufgeteilt in 8 Klassen, die Klasse 9 gibt den Verlust der Primärwurzel an; die Pflanzen dieser Klasse werden gesondert nach den Klassen 1 - 8 eingestuft

führt wurde, für eine Erkennung der Sorten nicht geeignet; (außerdem ist diese Bestimmung äußerst langwierig und umständlich und zudem noch mit mehr oder weniger großen Fehlern behaftet, sodaß in Hinkunft auf die Bestimmung dieses Merkmals verzichtet werden kann). In diesem speziellen Versuch zeigt sich wohl eine Abhängigkeit von der Seehöhe, indem der Mittelwert der Seitenwurzelbildung bei den Höhenformen bis zu 2 Klassen höher liegt als die tiefsten erreichten Werte; diese Abweichung vom photoperiodischen Versuch dürfte darin liegen, daß die Versuchsdauer, die bei diesem Versuch nur 3 Monate betrug, noch nicht die volle Wurzel Ausbildung ermöglichte; außerdem scheint es, daß sich verschiedene Populationen in der Bildung von Seitenwurzeln unterschiedlich verhalten; das untersuchte Material ist in dieser Hinsicht zu klein und auch bezüglich Seehöhenzuordnung nicht immer gesichert, doch liegen zum Beispiel die Maßzahlen für die Höhenformen der Herkunft Semmering und der Seetaler Alpen bei etwa 5,00, die Höhenformen des Höllengebirges und aus Bleiberg bei etwa 6,00, wobei auch die Extremwerte des gesamten Untersuchungsmaterials um 1 Klasse auseinanderrücken (B20 6, 69, S11 3, 99).

Trotzdem liegen alle Maßzahlen derart, daß sie auch ziemlich verläßlich durch den Quotienten $\frac{\text{Wurzelgewicht}}{\text{Wurzellänge}}$ ausgedrückt werden können; die Korrelation dieser beiden Größen beträgt 0,7507 (der Grenzwert für 99 % Wahrscheinlichkeit beträgt 0,2897) und somit ist die Beziehung Seitenwurzelbildung zur Verhältniszahl $\frac{\text{Wurzelgewicht}}{\text{Wurzellänge}}$ ausreichend gesichert, das heißt, die Seitenwurzelbildung kann eindeutig durch den Quotienten $\frac{\text{Wurzelgewicht}}{\text{Wurzellänge}}$ angegeben werden (Abbildung 511/1).

512 Meßergebnisse am Hypokotyl

Die Entwicklung des oberirdischen Teiles der Sämlinge von 80 verschiedenen Samensorten bzw. Mutterbäumen gab in beiden Kulturserien weitgehend Aufschluß über Zugehörigkeit der einzelnen Sorten im gleichen Sinn, wie es bereits im photoperiodischen Teil (4) für die Beleuchtungsdauer von 16 Stunden eingehend erörtert wurde. Im folgenden werden nun zusätzliche Einzelheiten aus dem 2. Kulturversuch, umfassend insgesamt 80 Einzelbaumsorten aus den verschiedensten Höhenlagen und insgesamt 5 verschiedenen Herkunft, näher erläutert, soweit sie für die Untersuchung von Bedeutung sind.

Wie bereits im Abschnitt 422 angedeutet wurde, wird die Hypokotyllänge sehr stark von der Herkunft der Samen beeinflusst; obwohl diese Reaktion sehr stark von den Umweltfaktoren beeinflusst

wird, ist es doch möglich, die verschiedenen Sorten innerhalb der gleichen Versuchsreihe deutlich nach der Hypokotyllänge zu unterscheiden. Wie aus der graphischen Darstellung (Abbildung 515/1) einiger Längen- und Gewichtswerte hervorgeht, liegen die Werte der Hypokotyllängen sämtlicher Sorten aus größerer Seehöhe um etwa 1 - 3 mm unter den übrigen; zudem läßt sich noch feststellen, daß Sorten wie zum Beispiel K 5 und 6, die aus Seehöhen zwischen Normal- und Hochlagen stammen, wohl ein kurzes Hypokotyl aufweisen, mit ihrer Trieblänge hingegen in die Gruppen der Normallagen fallen. Aber auch andere Sorten, wie zum Beispiel H15, K 8 und 10, zeigen mit ihrer absoluten Hypokotyllänge ein Abweichen von dem für die Seehöhe der Samenbäume zu erwartendem Wert; es handelt sich durchwegs um Bäume (siehe Tabelle zu Kapitel 2), die auf Grund anderer Merkmale in eine hohe Stufe gehören würden.

Außerdem kann man bei einem übermäßig langem Hypokotyl, wie es zum Beispiel die Sorten K 9, 14, H12, S11 aufweisen, eine Zugehörigkeit zu tieferen bzw. unteren Normallagen erkennen, wie es bei diesen auch der Fall ist.

Auch das Hypokotylgewicht zeigt ein ähnliches Verhalten wie die Länge dieses Teiles der Sämlinge; wohl weist der Korrelationskoeffizient mit 0,672 einen gesicherten Zusammenhang mit der Seehöhe auf, doch ist diese Beziehung durch die in Kapitel 422 geschilderten Zusammenhänge der Stoffspeicherung (bzw. maximale Gewichtszunahme des Hypokotyls) mit der photoperiodischen Reaktion etwas gestört. Trotzdem lassen sich auch hier die gleichen Sorten wie bei der Hypokotyllänge herausgreifen und die gleichen Schlußfolgerungen ziehen (siehe Abbildung 515/2).

Es soll bereits an dieser Stelle hervorgehoben werden, daß beide Merkmale zu einem nicht unerheblichen Teil vom Samengewicht beeinflusst werden (Korrelation Hypokotyllänge : Samengewicht 0,617; Korrelation Hypokotylgewicht : Samengewicht 0,683), wobei jedoch andererseits hervorzuheben ist, daß der Einfluß der Seehöhe auf das Samengewicht nur eine untergeordnete Bedeutung besitzt und mitunter geringer sein kann als die Entnahme der Zapfen aus verschiedenen Teilen der Baumkrone, wie aus einzelnen Beispielen in diesem Versuch hervorgeht; in den zuletzt geschilderten Beispielen ist aber auch eine sehr starke Beeinflussung von Hypokotyllänge und Gewicht durch das Samengewicht festzustellen; das Gewicht des Hypokotyls aus den Samen der unteren Kronenteile ist im gleichen Maß größer als das Samengewicht selbst.

513 Meßergebnisse am Trieb

Wie bereits im photoperiodischen Teil ausgeführt wurde (Abschnitt 424), gibt vor allem die Ausbildung des Triebes sowohl in Länge als auch in Gewicht ein vorzügliches Kriterium für die Zuordnung der einzelnen Sorten. Die absolute Länge des während der Kultur

gebildeten Triebes ist nur zum Teil mit dem photoperiodischen Versuch vergleichbar, da in diesem Versuch die Wachstumsdauer nur 3 Monate (gegenüber 4 Monaten im photoperiodischen Versuch) betrug; aber das relative Verhältnis der Triebblängen der einzelnen Sorten zueinander ist vorzüglich geeignet für die Seehöhenzuordnung: neben den bereits aus dem photoperiodischen Versuch bekannten Höhenformen der Seetaler Alpen und des Höllengebirges treten noch die Hochlagensorten der Herkünfte Gahns und Semmering deutlich heraus (Abbildung 513); nur die Herkunft Bleiberg gibt kein brauchbares Ergebnis, da die gesamte Höhenstufung bei dieser Herkunft gering ist und zudem noch zum Teil im Bereich der Zwischenformen Normallagen-Hochlagen liegt; erst die unter 1200 m liegenden Einzelbaumarten (700 m unter der Baumgrenze) zeigen deutlich ihre Zugehörigkeit zu den Normallagen durch ihre Triebblänge.

Das Trockengewicht des Triebes der Sämlinge zeigt das gleiche Verhalten, wie bereits im photoperiodischen Teil ausgeführt wurde; eine Abweichung von diesem ist nur insofern gegeben, als die Endwerte entsprechend geringer sind (Abbildung 513), da die Versuchsdauer nur 3 Monate (gegenüber 4 Monaten im photoperiodischen Versuch) betrug. Bei den Hochlagensorten treten insofern keine so wesentlichen Unterschiede zu einer längeren Kulturdauer auf, da hier ja bereits nach 10–12 Wochen die Knospenbildung und damit der Abschluß des Triebwachstums erfolgt; wir erhalten hier Triebge-

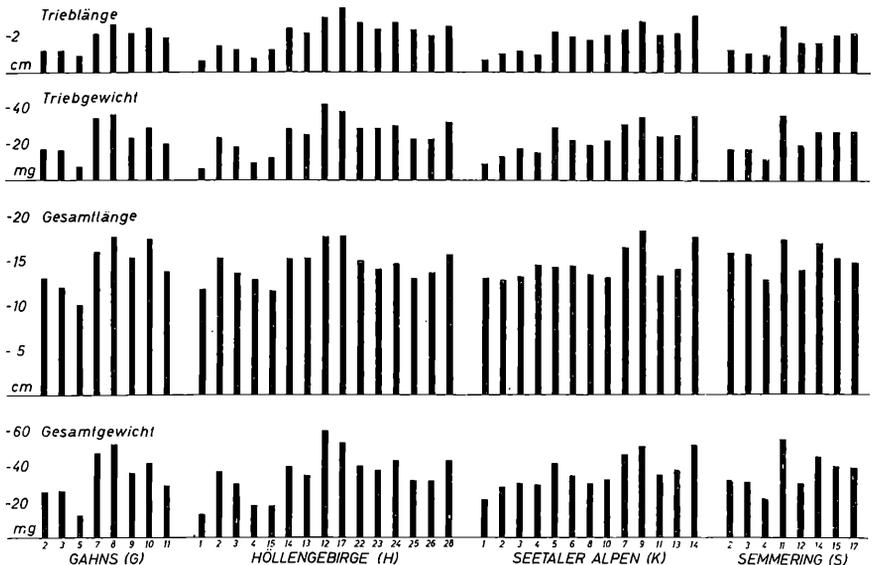


Abbildung 513: Länge und Gewicht vom Trieb und von der gesamten Pflanze (einschließlich Wurzel); die ersten Nummern jeder Herkunft sind Hochlagensorten (siehe Tabelle 2/1)

wichtswerte von 6 - 16 mg gegenüber 20 - 45 mg bei den Normallagen; letztere weisen insofern ein geringeres Gewicht als beim photoperiodischen Versuch auf, als ein Großteil dieser Pflanzen nach 3 Monaten noch keine Endknospe bildet, das Längenwachstum des Triebes fortsetzt und mehr Substanz für die Triebbildung zur Verfügung hat. Es ist also bereits nach einer Kulturdauer von 3 Monaten eine ziemlich einwandfreie Zuordnung der einzelnen Sorten auf Grund der produzierten Triebsubstanz möglich, besser gelingt dies aber bei einer längeren Versuchsdauer, wie es im photoperiodischen Teil an weniger Sorten dargestellt wurde (424).

514 Meßergebnisse an der Gesamtpflanze

Die Länge des oberirdischen Pflanzenteiles zeigt entsprechend der durch die Seehöhenstufe beeinflussten Hypokotyl- und Trieblänge besonders deutlich den Einfluß der Seehöhe auf das Wachstum der Sämlinge in der Kulturkammer (Abbildung 515). Man kann in dieser Hinsicht ein ziemlich verlässliches Schema aufstellen (Tabelle 514), nach dem die Sorten aus Hochlagen im allgemeinen eine Gesamthöhe von maximal 4 cm erreichen; dieses Maß wird durch eine verlängerte Kulturdauer nicht beeinflusst, da fast alle diese Sorten bereits nach 3 Monaten ihr Höhenwachstum durch eine Knospenbildung (siehe Abbildung zu Abschnitt 523) abgeschlossen haben. Anders hingegen liegen die Verhältnisse bei den Normal- und Tieflagensorten, die zum Großteil ihr Triebwachstum noch nicht abgeschlossen haben und deshalb bei der längeren Kulturzeit des photoperiodischen Versuches auch größere Gesamthöhen aufweisen; durch die kürzere Versuchszeit in dieser Serie ist daher auch die Trennung der Normallagen zu den Tieflagen nicht verlässlich durchzuführen, da auch die Knospenbildung und damit der Triebabschluß bei diesen beiden Höhenlagen kaum merkbare Unterschiede aufweist (siehe Abschnitt 523). Wie aus der Abbildung ersichtlich ist, gibt aber die Bestimmung der Länge des oberirdischen Teiles einen recht verlässlichen Hinweis für die Seehöhenzugehörigkeit einer Sorte, sofern die Kulturdauer lang genug ist, um eine Differenzierung der einzelnen Sorten zu ermöglichen.

Da der Einfluß der Wurzellänge auf die Gesamtlänge ein bedeutender ist - diese macht ca. 70 % der Gesamtlänge aus - andererseits aber die Wurzellänge ein für unser Versuchsziel ziemlich ungeeignetes Merkmal darstellt, ist auch von der Gesamtlänge der Pflanze (oberirdischer Teil + Wurzel) wenig in Bezug auf die Zuordnung der Sorten zu erwarten. Wohl ist in vielen Fällen eine Gleichsinnigkeit der Wurzellängenentwicklung zur oberirdischen Entwicklung festzustellen (siehe Abbildung 515/1), trotzdem sind in vielen Fällen auch störende Einflüsse zu erkennen, so daß mit dieser Maßzahl besser kein Kriterium zur Sortenbeurteilung gegeben wird.

Gegenüber der Gesamtlängenentwicklung gibt das Gesamttrockengewicht einen sehr guten Überblick über die Substanzproduktion der

Tabelle 514: Mittel- und Extremdurchschnittswerte der einzelnen Höhenstufen von oberirdischer Länge und Gesamtgewicht der Kulkammersamlinge. (* Einzelwerte)

Herkunft	Seehöhe	Lage	oberirdische Länge				Gesamtgewicht				
			Mittelwert	Maximumwert	Minimumwert	Mittelwert	Maximumwert	Minimumwert	Mittelwert		
Bleiberg	1180	1380	Hochlagen und obere Zwischenformen	42,4	52,5	32,5	31,5	51,6	15,6		
	1120	1180	Normallagen	55,1	58,4	50,0	50,5	55,1	40,0		
	900		untere Zwischenformen	67,2 ^x			62,8 ^x				
Gahns	1400		Hochlagen	32,6	35,1	28,1	21,4	26,3	12,1		
	1200		Normallagen	50,8	57,0	45,0	41,0	52,1	29,0		
Höllengebirge	1530	1550	Hochlagen	35,6	43,1	29,6	24,4	37,2	12,5		
	950		obere Zwischenformen	37,6 ^x			18,3 ^x				
	800	950	Normallagen	51,5	54,4	47,5	37,9	43,4	31,5		
Seetaler Alpen	550	650	untere Zwischenformen	62,5	62,8	62,2	56,5	59,8	53,2		
	1500	1600	Hochlagen	34,4	36,6	30,3	27,0	30,3	20,8		
	1150	1250	obere Zwischenformen	45,7	48,4	44,5	34,2	40,8	29,9		
	900	1150	Normallagen	52,3	60,7	48,3	42,1	51,1	35,0		
	900		untere Zwischenformen	61,8 ^x			52,1 ^x				
Semmering	1350		Hochlagen	36,3	38,7	33,5	28,3	31,5	22,1		
	1150		Normallagen	49,4	56,2	43,2	41,8	55,4	29,6		

einzelnen Sorten (Tabelle 514, Abbildung 513). Der geringe Einfluß von Hypokotyl und Wurzel, der zudem in den meisten Fällen ohnedies konform geht, gibt mit der Feststellung des Gesamttrockengewichtes die gleichen Möglichkeiten, wie dies bereits im Abschnitt 513 hervorgehoben wurde.

Die Abweichungen des Hypokotyl- und des Wurzelgewichtes von der allgemeinen Entwicklungstendenz des Gewichtes hat ihren Grund in der Tatsache, daß das Maximum der Speicherung in Hypokotyl und Wurzel bei einer kürzeren Beleuchtungszeit erfolgt als das Maximum der Triebsubstanzproduktion (siehe Abschnitt 42). Trotz dieser Abweichungen ist aber die Gesamtgewichtsentwicklung als guter Maßstab für die Beurteilung bereits nach 3 Monaten Kulturdauer anwendbar: die Hochlagen bilden bei 3 Monaten Kulturdauer und einer Beleuchtungsdauer von 16 Stunden täglich maximal insgesamt 30 mg/Pflanze an Substanz, während unter den Normal- und den Tieflagen Werte bis über 60 mg erreicht werden; im photoperiodischen Versuch erreichen die gleichen Sorten bei einer Versuchsdauer von 4 Monaten bis zu 90 mg; es ist dabei aber zu berücksichtigen, daß auch die assimilierende Fläche bedeutend vergrößert wird, wodurch diese erhebliche Zunahme in der Gesamtsubstanzproduktion zu erklären ist. Daraus ist aber auch ersichtlich, daß bei einer nahezu unbedeutend erscheinenden Verlängerung der Kulturzeit von 3 auf 4 Monate bereits bedeutend verlässlichere Ergebnisse zu erwarten sind.

515 Testungsergebnisse der einzelnen Pflanzenteile

Betrachtet man nun die Entwicklung der einzelnen Pflanzenteile in der Kulturkammer nach einer bestimmten Kulturdauer, so kommt man zu dem Schluß, daß bereits nach 3 Monaten einige ziemlich verlässliche Aussagen gemacht werden können, die zur Beurteilung des Saatgutes heranzuziehen wären. Wie bereits im photoperiodischen Versuch im Abschnitt 426 gezeigt wurde, sind es vor allem 2 Maßzahlen - der Anteil des Triebes sowohl an der Gesamtlänge als auch am Gesamtgewicht der Sämlinge - die eine ziemlich verlässliche Zuordnung ermöglichen. Auch bei dem in diesem Kapitel besprochenen Versuchsteil, betreffend die Testung von 80 Einzelbaumsamensorten bei 16 Stunden Beleuchtungsdauer, ist bereits eine derartige Beurteilung möglich, die, wie weiter folgend gezeigt wird, auch eine verlässliche Zuordnung zu den entsprechenden Höhenstufen ermöglicht. Die enge Beziehung der Längen- und der Gewichtswerte wird durch die graphischen Darstellungen (515/1, 515/2 und 515/5) recht gut veranschaulicht und ist auch durch den Korrelationskoeffizienten $r = 0,839$ sehr gut gesichert.

Was den Anteil der Trieblänge an der Gesamtlänge der Pflanzen betrifft, bietet diese Maßzahl einen sehr verlässlichen Hinweis auf die Herkunft der Sorte; die Maßzahl geht, wie aus der Graphik Ab-

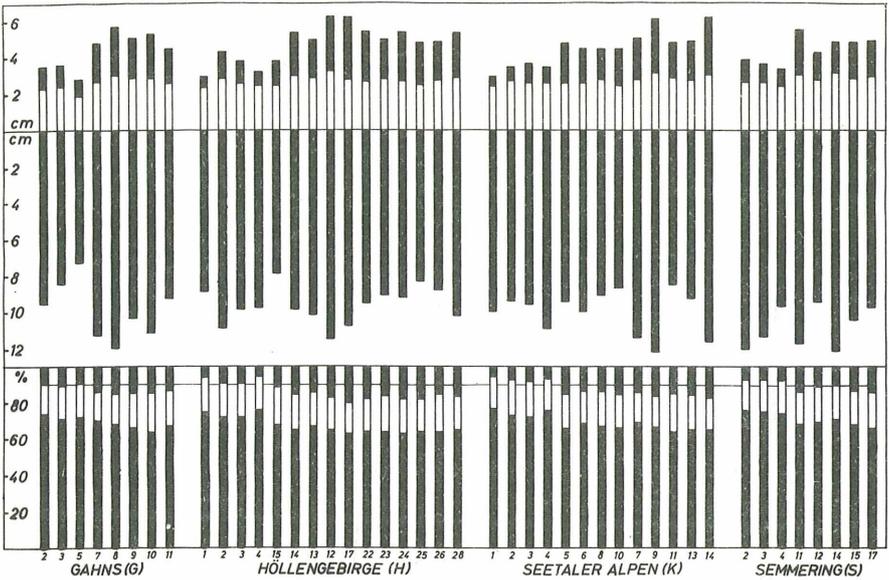


Abbildung 515/1: Obere Darstellung: Aufteilung der Gesamtlänge auf die einzelnen Pflanzenteile (oberirdischer Teil oberhalb der Trennlinie, Hypokotyl weiß, Trieb schwarz; unterirdischer Teil (Wurzel) unterhalb der Trennlinie).

Untere Darstellung: Relative Länge der einzelnen Pflanzenteile, ausgedrückt in Prozent der Gesamtlänge; obere schwarze Säule Trieb, weiße Säule Hypokotyl, untere schwarze Säule Wurzel; schwarze Linie gibt 10 % Triebanteil an (als Grenzlinie der Hochlagensorten)

bildung 515/1 hervorgeht, immer konform mit der Seehöhe des Mutterbaumes und trotz verschiedener Abweichungen in der Ausbildung von Wurzel, Hypokotyl und Trieb ermöglicht sie die entsprechende Seehöhenzuordnung der Samensorten. Die Abstufung zwischen den Normallagen und den Hochlagen ist - entsprechend der kürzeren Versuchsdauer - nicht so deutlich wie im photoperiodischen Teil (Tabelle und Abbildung Abschnitt 426), trotzdem ist aber auch kein Überschneiden der einzelnen Wertgruppen zu finden. Auch für dieses Material ist der Anteil der Trieblänge an der Gesamtlänge der Pflanzen unter 10 % bei den Hochlagensorten; bei den Normallagen hingegen beträgt dieser Anteil mindestens 12, meist jedoch 15 und mehr Prozent der Gesamtlänge (Abszisse in Abbildung 515/3). Wie bereits weiter oben erwähnt, ist bei der Versuchsdauer von 3 Monaten jedoch noch keine verlässliche Unterscheidung innerhalb der Normallagen und Tief lagen zu finden, da hier die Überschneidung der beiden Gruppen noch zu stark ist; eine derartige Folgerung kann wohl aus den Einzelwerten vermutet werden, ist aber jedenfalls noch nicht genügend gesichert.

Da der Anteil der Hypokotyllänge an der Gesamtlänge bei allen Sorten einen ähnlichen Wert ergibt, ist auch der Anteil der Wurzellänge an der Gesamtlänge als gute Maßzahl für die Testung zu brauchen - gleichsinnig wie im Abschnitt 426 bereits besprochen wurde.

Die vereinfachte Auswertungsmethode durch den Quotienten $\frac{\text{Trieblänge} \times 20}{\text{Hypokotyllänge}}$ (siehe Abschnitt 426) ist aus dem gleichen Grund anwendbar; diese Beziehung ist durch den Korrelationskoeffizienten 0,7745 ausreichend gesichert (der für 1 % Abweichung gesicherte Wert beträgt bei dieser Pflanzenzahl 0,285) und ergibt deshalb eine bedeutende Erleichterung bei der raschen Bestimmung der Zuordnung der verschiedenen Samensorten, da die zeitraubende Bestimmung der Wurzellänge unterbleiben kann (Abbildung 515/3).

Ähnlich den Verhältnissen beim Anteil der Trieblänge an der Gesamtlänge liegen die Ergebnisse aus der Berechnung des Anteiles des Triebgewichtes am Gesamttrockengewicht. Hier wirkt sich die kürzere Versuchsdauer gegenüber dem photoperiodischen Versuch noch bedeutend stärker aus; so sind die Unterschiede zwischen Hoch- und Normallagenherkünften bedeutend geringer als die Berechnung des Längenanteiles ergibt; die Hochlagen haben einen Triebgewichtsanteil am Gesamtgewicht von durchschnittlich 50 bis zu 65 %, die Normallagen weisen demgegenüber einen durchschnittlichen Anteil von 65 - 80 % auf (Abbildung 515/2 und 515/4), berühren also sehr knapp die Streuung der Hochlagenherkünfte. Es läßt sich somit im Grenzbereich keine eindeutige Unterscheidung treffen; der Grund hierfür liegt in der zu kurzen Versuchsdauer, da die Sämlinge während dieser Zeit kaum zur eigentlichen Speicherproduktion fähig waren, da die gesamte Stoffproduktion im Längenwachstum verbraucht wird.

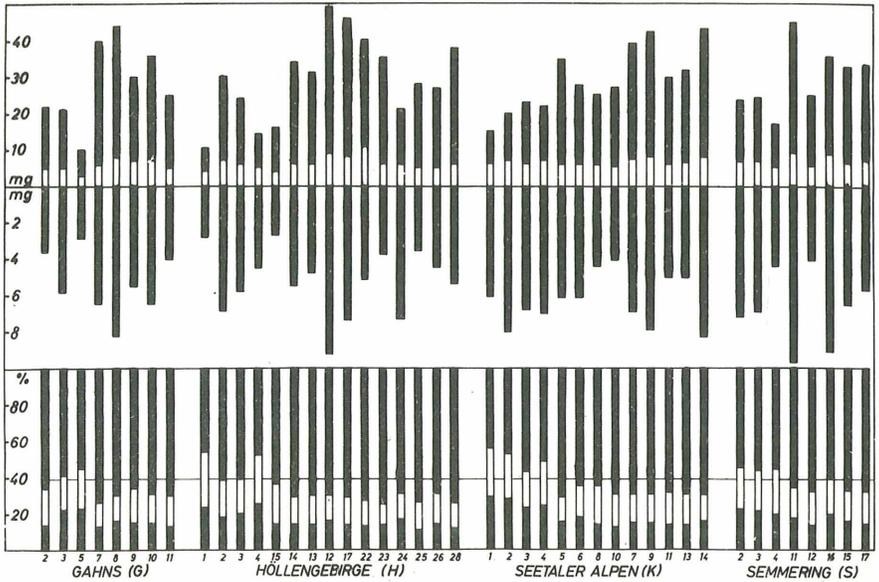


Abbildung 515/2: Obere Darstellung: Aufteilung des Gesamtgewichtes auf die einzelnen Pflanzenteile (oberirdischer Teil oberhalb der Trennlinie, Hypokotyl weiß, Trieb schwarz; unterirdischer Teil (Wurzel) unterhalb der Trennlinie).

Untere Darstellung: Relatives Gewicht der einzelnen Pflanzenteile, ausgedrückt in Prozent des Gesamtgewichtes: obere schwarze Säule Trieb, weiße Säule Hypokotyl, untere schwarze Säule Wurzel; schwarze Linie gibt 60 % Triebanteil an (als Grenzlinie der Hochlagensorten)

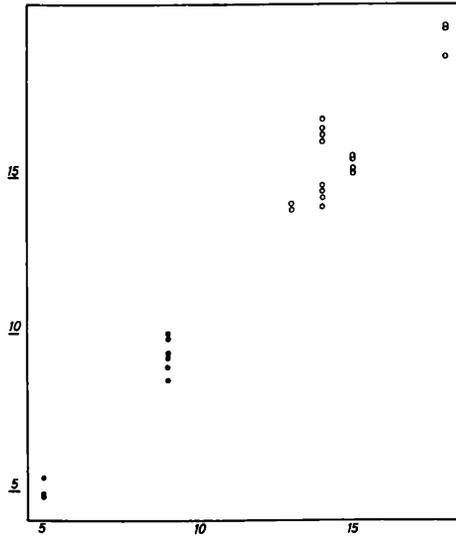


Abbildung 515/3: Vergleich der Werte der relativen Triebblänge, ausgedrückt in Prozent der Gesamtlänge (Abszisse) beziehungsweise bei der Annahme, daß das Hypokotyl 20 % beträgt, durch den Quotienten $\frac{\text{Trieblänge}}{\text{Hypokotyllänge}}$ (Ordinate) (volle Kreise Hochlagen, leere Kreise Normallagen)

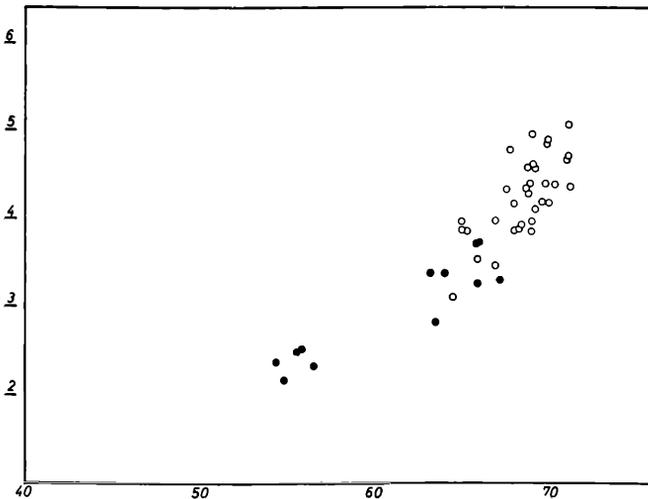


Abbildung 515/4: Vergleich der Werte des relativen Triebgewichtes, ausgedrückt in Prozent des Gesamtgewichtes (Abszisse) beziehungsweise durch den Quotienten $\frac{\text{Triebgewicht}}{\text{Hypokotylgewicht}}$ (Ordinate) (volle Kreise Hochlagen, leere Kreise Normallagen)

Der Anteil der Wurzel am Gesamtgewicht ist für eine genauere Unterscheidung der einzelnen Samensorten nicht verwendbar; auch beim Gewicht der Wurzel tritt erst später (nach unseren Ergebnissen im 4. Kulturmonat) eine Speicherung von Substanz bei den Hochlagen auf, wodurch das Wurzelgewicht stark zunimmt und dadurch erst die Unterscheidung der einzelnen Sorten ermöglicht.

Für eine einfache und vor allem arbeitssparende Testmethode sei darauf verwiesen, daß auch die getrennte Bestimmung des Gewichtes von Trieb und Hypokotyl der Sämlinge die gleichen Unterscheidungsmöglichkeiten ergibt wie die genaue Bestimmung des Anteils des Triebgewichtes am Gesamtgewicht; wie aus der Abbildung 515/4 ersichtlich ist, besteht eine ziemlich enge Beziehung zwischen den beiden Größen: Anteil des Triebgewichtes am Gesamtgewicht und Quotient $\frac{\text{Triebgewicht}}{\text{Hypokotylgewicht}}$; der Korrelationskoeffizient dieser beiden Zahlen beträgt 0,9168 und läßt die gute Übereinstimmung der beiden Ergebnisse erkennen.

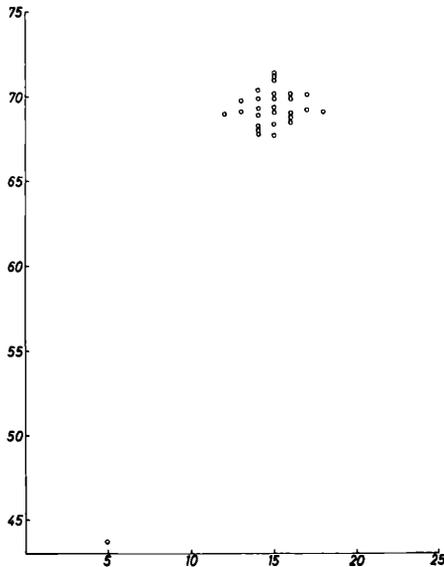


Abbildung 515/5: Vergleich des Längen- und des Gewichtsanteiles des Triebes an der Gesamtpflanze (Ordinate: Gewichtswerte in Prozent, Abszisse: Längenwerte in Prozent)

521 Samengewicht und seine Beziehung zu den Sämlingen

Da in vielen Arbeiten besonders auf das Samengewicht bezuggenommen wird, soll sich auch in unserem Fall ein gesonderter Abschnitt mit diesem vor allem im Sämlingsalter nicht unbedeutenden Merkmal befassen; in diesem Abschnitt sollen bereits auch einige der im Abschnitt 92 ausführlicher behandelten Ergebnisse einer Auswertung von insgesamt etwa 75 verschiedenen Merkmalen (aufgenommen an Mutterbaum, Kulturkammer- und Freilandpflanzen) mittels Hollerith vorweggenommen werden, um einen günstigen Überblick über die Einflüsse des Samengewichtes auf eine Frühtestung bei der Fichte zu erhalten. Vorwegzunehmen wäre, daß in unserem Material immer vom durchschnittlichen Tausendkorngewicht der einzelnen Samensorten gesprochen wird; eine Sortierung nach dem Samengewicht innerhalb einer Sorte wurde nie vorgenommen.

Insgesamt 5 Mutterbäume wurden in zwei verschiedenen Höhen der Krone beerntet und gesondert behandelt; bei diesen zeigt sich ein deutlicher Einfluß des höheren Tausendkorngewichtes der Samen aus dem unteren Kronenteil auf das Wachstum der Sämlinge, der mit den verschiedensten Angaben aus der Literatur in Einklang gebracht werden kann; eine vollständige Übereinstimmung der Testergebnisse der Samen aus verschiedenen Kronenhöhen desselben Mutterbaumes kann nicht erwartet werden (siehe auch Abschnitt 527).

Die Anzahl der Kotyledonen wird bereits am Mutterbaum im Samenkorn vorgebildet, übt aber trotzdem nicht den Einfluß auf das Samengewicht aus, der erwartet würde: betrachtet man die Schwankungen des Samengewichtes (in unserem Material von 4,5 - 10,0 g je 1000 Korn) so ergibt sich eine entsprechende Kotyledonenzahl nur mit einer geringen Wahrscheinlichkeit, obwohl der Korrelationskoeffizient dieser beiden Größen mit 0,415 (bei 80 Sorten) ziemlich hoch ist; man erkennt aus der Abbildung 521/1 eindeutig, daß bei einem Samengewicht von ca. 6,5 g pro 1000 Korn die durchschnittlichen Keimblattzahlen zwischen 7,0 und 9,1 schwanken; dieses sind zudem noch fast die extremsten Werte der Keimblattzahlen des gesamten Untersuchungsmateriales. Es zeigt somit das Samengewicht einen nur geringen Einfluß auf die Keimblattzahl, der nur bei den extremsten Samengewichtswerten etwas deutlicher erkennbar ist.

Weitaus größer und signifikanter ist der Einfluß des Samengewichtes auf die Ausbildung von Hypokotyl und Wurzel; besonders ersteres zeigt eine starke Abhängigkeit vom Samengewicht, wie auch aus dem photoperiodischen Teil (Abschnitt 431) hervorgeht, bei dem Dunkelkeimung und das Wachstum bei kurzer Beleuchtungsdauer die direkte Abhängigkeit des Hypokotyls vom Samengewicht zeigt (der Koeffizient dieser Korrelation beim Gesamtversuch beträgt 0,683

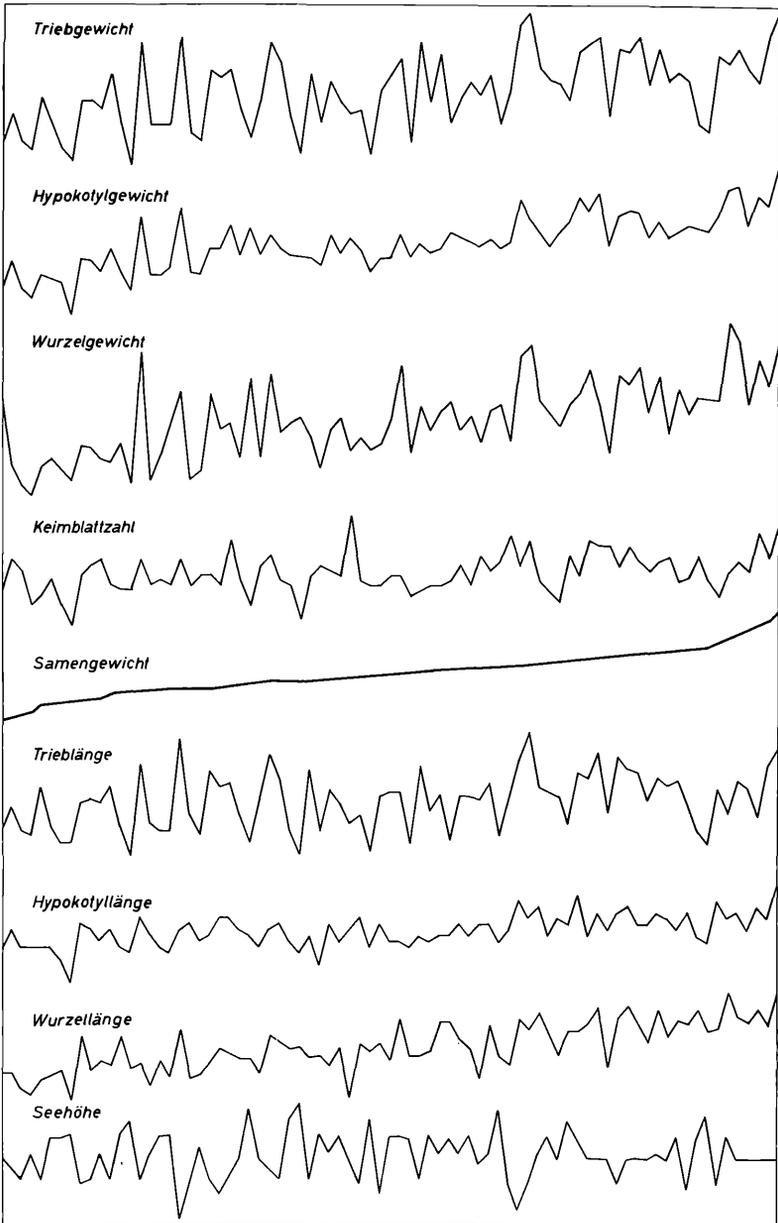


Abbildung 521/1: Abhängigkeit verschiedener Sämlingsmaße vom Samengewicht, nach letzterem einzelbaumweise ohne Berücksichtigung der Herkunft geordnet

Tabelle 521/1: Abhängigkeit der Hypokotyllänge bei 16 Stunden Beleuchtungsdauer vom Samengewicht, aufgegliedert nach Herkünften und Seehöhenstufen, ausgedrückt durch den Korrelationskoeffizienten (^x Abhängigkeit gesichert)

	Herkunft	Hochlagen	Normallagen	Summe aller Bäume
südlich des Alpenhauptkammes	Bleiberg	0,8702 ^x	0,6590 ^x	0,8266 ^x
	Seetaler Alpen	0,2770	0,6258	0,5239
nördlich des Alpenhauptkammes	Gahns	0,7898	0,8810	0,8197 ^x
	Höllengebirge	0,9069 ^x	0,7843 ^x	0,5575 ^x
	Semmering	0,7867	0,9503 ^x	0,6625 ^x
Summe aller Bäume		0,6164 ^x	0,5289 ^x	0,6338 ^x

für das Hypokotylgewicht und 0,634 für die Hypokotyllänge). Die Abhängigkeit vor allem der Hypokotyllänge ist noch eine bedeutend größere, wenn man jede Herkunft für sich und zudem noch in jeder Herkunft die einzelnen Höhenstufen unterscheidet (Tabelle 521/1). Zudem ist noch die Tatsache bemerkenswert, daß bei den einzelnen Herkünften bzw. Höhenlagen die Abhängigkeit der Hypokotyllänge vom Samengewicht eine andere ist; die Zunahme pro Einheit Samengewicht ist für die einzelnen Sortengruppen verschieden; besonders stark z. B. ist diese Zunahme für die Herkunft Gahns (ca. 3,6 mm auf 1 g Tausendkorngewicht); schwach hingegen ist sie bei den höheren Lagen der Herkunft Bleiberg (ca. 1,5 mm auf 1 g Tausendkorngewicht, ähnlich liegen auch die Werte für einen großen Teil der Herkunft Seetaler Alpen). Es würde allerdings den Rahmen dieses Versuches übersteigen, wollte man daraus bereits weiterreichende Schlüsse ziehen.

Bei der Betrachtung der Zusammenhänge von Samengewicht und Hypokotylgewicht läßt sich die nach Herkunft getrennte Abhängigkeit nicht mehr leicht herausfinden, da die gesamte Abhängigkeit eine bedeutend engere ist, was auch aus dem Wert des Korrelationskoeffizienten ersehen werden kann (0,6833), doch ist auch hier eine solche vorhanden, was außerdem aus der Konformität von Hypokotyllänge und Hypokotylgewicht geschlossen werden kann.

Der Einfluß des Samengewichtes auf die Ausbildung des Triebes ist unverkennbar, obwohl es auf den ersten Blick ziemlich unsicher erscheint (siehe Abbildung 521/2 der gesamten Werte) (Korrelation

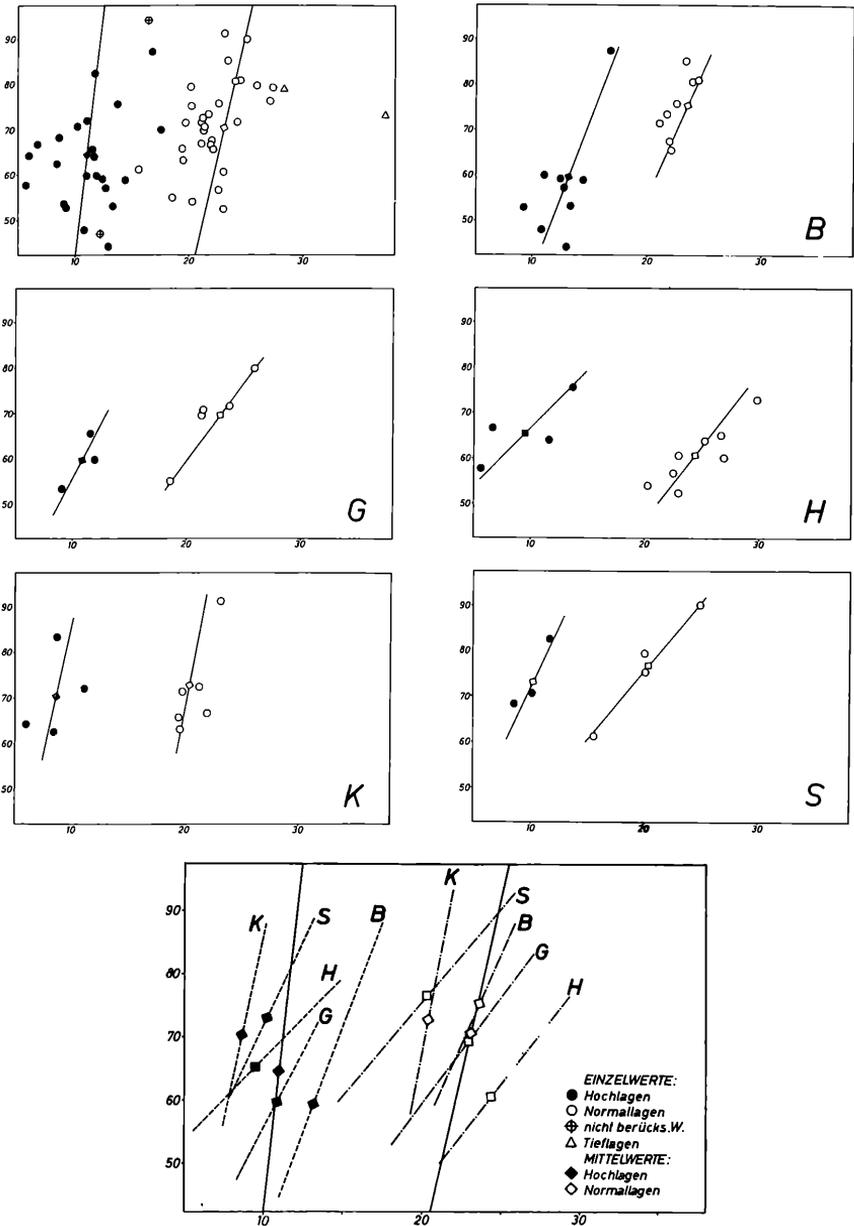


Abbildung 521/2: Abhängigkeit der Trieblänge vom Samengewicht: links oben als Summendarstellung aller 80 Sorten, Normallagen und Hochlagen getrennt mit den zugehörigen Regressionsgeraden; weiters Einzelherkünfte: B Bleiberg, G Gahns, H Höllengebirge, K Seetaler Alpen, S Semmering; unterste Darstellung zeigt die Lage der einzelnen Regressionsgeraden zueinander; ausgezogene Linien Regressionsgerade aus der Summendarstellung

des Samengewichtes mit Trieblänge 0,3383, mit Triebgewicht 0,5335); trennt man jedoch die einzelnen Gruppen nach ihrer Herkunft und ihrer Seehöhe, so findet man bereits bei einer oberflächlichen Betrachtung der Trieblänge eine Absonderung der Höhenformen von den übrigen, die besonders deutlich wird, wenn man zusätzlich noch die Herkünfte voneinander trennt. (Abbildung 521/2). So haben z. B. unter den Normallagen die meisten Sorten der Herkunft Höllengebirge eine für das geringe Samengewicht große Trieblänge, während fast alle anderen Sorten bei größerem Samengewicht einen bedeutend kürzeren Trieb ausgebildet haben. Auch ist die Zunahme der Trieblänge pro Gewichtseinheit Samengewicht bei den einzelnen Herkünften eine unterschiedliche und noch weitaus deutlicher ausgeprägt als bei der Hypokotyllänge (Tabelle 521/2 und 521/3). Leider ist auch in diesem Punkt das Untersuchungsmaterial zu klein, sodaß derzeit keine weiteren Schlüsse gezogen werden können; jedenfalls ist daraus ersichtlich, daß sich feinere Testergebnisse von einer bestimmten Herkunft keinesfalls ohne Bedenken verallgemeinern lassen; erst die Ergebnisse ausgedehnter Testserien über das gesamte Verbreitungsareal einer Holzart zusammengelegt, lassen gewisse Allgemeinergebnisse vermuten.

Für das Trockengewicht des Triebes in Bezug auf das Samengewicht lassen sich ähnliche Betrachtungen anstellen wie beim Hypokotylgewicht; auch hier ist die Abhängigkeit deutlicher und strenger als bei der Länge (Korrelationskoeffizient 0,5335) und dadurch eine größere Gleichsinnigkeit zwischen den Herkünften zu finden. Der große Einfluß des Samengewichtes auf Länge und Gewicht von Hypokotyl und Trieb wirkt sich selbstverständlich auch noch bei der Gesamtlänge und beim Gesamtgewicht aus; die Korrelationskoeffizienten zwischen diesen Größen und dem Samengewicht betragen 0,6296 für das Gewicht und 0,4462 für die oberirdische Länge der Sämlinge aus der Kulturkammer. Selbstverständlich sind auch dies nicht die wahren Ergebnisse, da auch in diesem Fall durch Trennung der einzelnen Sortengruppen eine deutlichere Beeinflussung von Gesamtgewicht und -länge durch das Samengewicht herauszufinden ist, als es die Betrachtung des gesamten Untersuchungsmaterials in Summe erwarten läßt.

Ganz anders hingegen liegen die Verhältnisse, wenn man die für die Sortentestung besonders wichtigen Ergebnisse des Anteiles von Trieblänge und -gewicht in ihrer Beeinflussung durch das Samengewicht betrachtet: die Korrelationskoeffizienten liegen hier so niedrig (0,1248 für die Länge, 0,0932 für das Gewicht), daß von vorneherein jeder Zusammenhang vermißt wird; dies ist auch zu erwarten, wenn man bedenkt, daß diese beiden Erkennungsmerkmale in direkte Beziehung zur Seehöhe der einzelnen Samensorten gebracht werden können, anderenteils aber keinerlei Beziehung des Samengewichtes zur Seehöhe der Mutterbäume festzustellen ist.

Tabelle 521/2: Abhängigkeit der Trieblänge bei 16 Stunden Beleuchtungsdauer vom Samengewicht, aufgegliedert nach Seehöhe und Herkunft, ausgedrückt durch den Korrelationskoeffizienten (^x Abhängigkeit gesichert)

	Herkunft	Hochlagen	Normallagen	Summe aller Bäume
südlich des Alpenhauptkammes	Bleiberg	0,7073 ^x	0,1984	0,2258
	Seetaler Alpen	0,4013	0,3671	0,3645
nördlich des Alpenhauptkammes	Gahns	0,8158	0,9364 ^x	0,7949 ^x
	Höllengebirge	0,7468	0,6468 ^x	0,7798 ^x
	Semmering	0,9250 ^x	0,9740 ^x	0,5965
Summe aller Bäume		0,1761	0,1796	0,3383 ^x

Tabelle 521/3: Regression der Trieblänge bei 16 Stunden Beleuchtungsdauer nach dem Samengewicht, aufgegliedert nach Seehöhe und Herkunft, ausgedrückt durch den Regressionskoeffizienten (siehe hierzu Abbildung 521/2)

	Herkunft	Hochlagen	Normallagen	Summe aller Bäume
südlich des Alpenhauptkammes	Bleiberg	1,50	1,79	4,00
	Seetaler Alpen	0,87	0,72	3,19
nördlich des Alpenhauptkammes	Gahns	2,11	2,87	5,53
	Höllengebirge	3,87	3,11	1,02
	Semmering	1,90	3,31	3,94
Summe aller Bäume		0,48	0,88	2,54

Außerordentlich groß ist der Einfluß des Samengewichtes auf die Ausbildung der Wurzel; vor allem die Wurzellänge zeigt eine deutliche Abhängigkeit; der Korrelationskoeffizient beträgt 0,763 und ist der höchste Bezugswert zum Samengewicht überhaupt; die Abhängigkeit des Wurzelgewichtes vom Samengewicht ist die gleiche wie die des Hypokotylgewichtes und beträgt ähnlich wie diese 0,680. Daraus ist ersichtlich, daß diese beiden, bereits im Samen vorgebildeten Organe sehr stark vom Samengewicht beeinflusst werden. Näheres hierüber wurde bereits im Kapitel 511 dargelegt.

Von den übrigen beobachteten Merkmalen an den Sämlingen wäre noch von einem geringen Einfluß des Samengewichtes auf den Ausfall während der Kultur zu berichten: große Ausfälle sind fast nur bei den leichtesten Samengewichten zu verzeichnen, während bei den mittleren und schweren Samen nur wenige Pflanzen, maximal 10 %, abgestorben sind. Dies dürfte mit den Sorten zusammenhängen, die bereits von den gefälltten Bäumen geerntet wurden und dadurch zum Teil wahrscheinlich nur notreifes und deshalb leichteres Saatgut enthielten.

Als weiteres wäre hier noch die Knospenbildung an der Plumula (Abschnitt 524) anzuführen, die auch einen ziemlich deutlichen Einfluß des Samengewichtes erkennen läßt. Es handelt sich dabei auch deutlich um die in schwereren Samen vorhandene größere Speichermenge, die nicht nur eine verstärkte Ausbildung von Hypokotyl und Wurzel bewirkt, sondern die sich auch noch in der Knospenanlage in der Achsel der ersten Nadeln erkennen läßt. Vor allem die Zahl der Pflanzen mit einer Nebenknospe nimmt mit steigendem Samengewicht stark zu, aber auch deutlich ausgeprägte Doppelknospen und größere Anzahl von Nebenknospen treten bei den Sorten mit schweren Samen häufiger auf als bei den mit leichteren Samen; unter den letzteren sind viele Sorten, die nur eine geringe Anzahl von Pflanzen mit Nebenknospen aufweisen und im allgemeinen (70 - 80 %) nur den Haupttrieb allein ausbilden, Doppelknospen bzw. 2 Triebe kommen bei diesen nicht vor.

Durch den Einfluß auf die Knospenausbildung an der Plumula wird auch noch ein Einfluß auf die Anzahl der Triebe der 2. Wachstumsperiode ausgeübt (Abschnitt 525); dieser ist naturgemäß geringer, da ja nur ein Teil der Knospen während der Kulturzeit austreibt.

Zusammenfassend läßt sich somit feststellen, daß das Gewicht der Samen einen Einfluß auf alle diejenigen Bestimmungen ausübt, die solche Organe der Pflanze betreffen, deren Ausbildung in erster Linie von der Substanzproduktion und von der Speicherreserve abhängt; je deutlicher ein solches Organ im Samen vorgebildet ist, desto größer ist der Einfluß des Samengewichtes; die engsten Beziehungen sind demnach bei Hypokotyl, Wurzel und Keimblättern zu finden; ziemlich ohne Beziehung zum Samengewicht hingegen sind

die Merkmale, die von der Stoffproduktion unabhängig zu sein scheinen wie zum Beispiel der Triebabschluß durch Endknospenbildung und die für die Seehöhenzuordnung entscheidende Maßzahl "Anteil des Triebes an der Gesamtpflanze".

522 Wassergehaltsbestimmung

Auch dem Wassergehalt der Sämlinge wurde zu Beginn der Untersuchungen einige Beachtung geschenkt. So zeigte sich bei der ersten Versuchsserie eine sehr deutliche Abhängigkeit des Wassergehaltes von der Seehöhe (Abbildung 522/1), was aber in erster Linie mit der unterschiedlichen Knospenausbildung zusammenhängt.

Auch bei der zweiten Wachstumstestung wurde der Wassergehalt des oberirdischen Teiles der Sämlinge bestimmt; auch in diesem Fall wurde eine enge Beziehung des Wassergehaltes zur Anzahl der Pflanzen mit abgeschlossenem Triebwachstum festgestellt; zurückzuführen ist diese Tatsache darauf, daß die Pflanzen mit Triebabschluß ihre Gewebe ausreifen lassen, darin mehr Trockensubstanz ablagern und dadurch relativ weniger Wasser enthalten.

In der Folge wurde auf die Bestimmung des Wassergehaltes verzichtet, da dies mit sehr umfangreichen Arbeiten verbunden ist; außerdem wurden an den gleichen Pflanzen die umfangreichen anderen Untersuchungen und Messungen durchgeführt, so daß zwischen den Frischgewichts- und den Trockengewichtsbestimmungen sehr große Unsicherheits- und Ungenauigkeitsfaktoren entstehen und das Ergebnis in vielen Fällen unbrauchbar würde.

Die Abbildung 522/2 läßt zudem noch erkennen, daß keinerlei Zusammenhang des Wassergehaltes der Kulturkammersämlinge zum Wassergehalt des Mutterbaumes und zum Wassergehalt der Freilandsämlinge im ersten Jahr besteht; man kann feststellen, daß der Wassergehalt der Kulturkammersämlinge auf Grund der unnatürlichen Klimabedingungen extrem hoch ist und im Durchschnitt das 3 4 fache, bei Mutterbaum und einjährigen Freilandsämlingen hingegen nur das 1 1,5 fache des Trockengewichtes beträgt.

523 Triebabschluß und Knospenbildung

Wie bereits im photoperiodischen Teil der Ergebnisse (Abschnitt 412) und auch in verschiedenen Abschnitten dieses Teiles wiederholt erwähnt wurde, besteht ein wesentlicher Teil der Ergebnisse der Kulturkammertestung in der Ermittlung der Pflanzen, die auf Grund der Beleuchtungsdauer ihr Triebblängenwachstum bereits während der Kultur beenden. Die Knospenentwicklung der einzelnen Sorten während der Kultur wurde nur im photoperiodischen Teil (siehe Abschnitt 412) genauer verfolgt, nachdem im allgemeinen Kulturversuch die besondere Bedeutung dieses Merkmales erkannt wurde; in diesem Versuch konnte hingegen nur die Endentwicklung nach Auflösung der

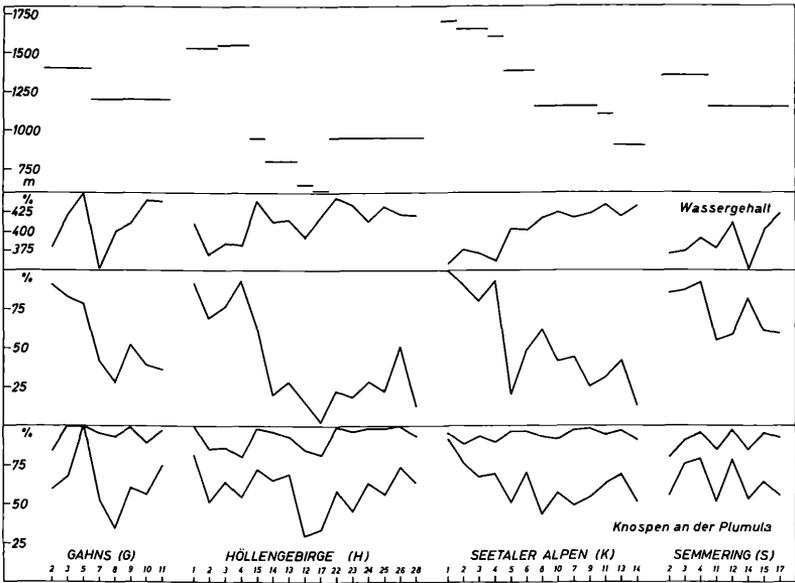


Abbildung 522/1: Abhängigkeit von Wassergehalt, Triebabschluß und Knospen an der Plumula von der Seehöhe der Mutterbäume; nähere Erläuterungen im Text

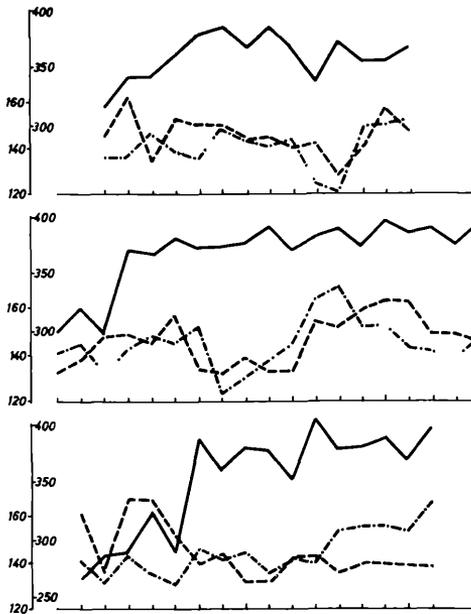


Abbildung 522/2: Vergleich des Wassergehaltes von Mutterbaum, Sämlingen aus der Kulturkammer und einjährigen Freilandsämlingen

Versuchsaussaat (insgesamt drei Monate Kulturdauer) für eine Auswertung herangezogen werden.

Dieses Ergebnis sagt im allgemeinen das gleiche aus wie beim photoperiodischen Versuch, da, wie aus der Abbildung 412 erkannt werden kann, während der letzten vier Wochen keine wesentliche Änderung der Knospenanzahl mehr erfolgt; man kann also bezüglich Triebabschluß während der Kultur bei 16 Stunden Tageslänge bereits nach 3 Monaten Kulturdauer ein mehr oder weniger endgültiges Ergebnis erhalten: ein Großteil der auf diese Dauer der Photoperiode mit Triebabschluß reagierenden Pflanzen führt diesen bereits nach etwa 8 bis 12 Wochen herbei, während die anderen in der Mehrzahl ihr Triebblängenwachstum nach vier Monaten noch fortsetzen.

Die einzelnen Sorten gesondert betrachtet (Abbildung 522/1), erhält man ein sehr eindeutiges Ergebnis, das sich auch mit den anderen Testungsergebnissen sehr gut zur Deckung bringen läßt: die Herkunft Bleiberg (in der Abbildung nicht dargestellt) zeigt auch bei dieser Beobachtung, daß es sich um sehr stark vermishtes und uneinheitliches Mutterbaummaterial handelt; deutlich hingegen kommen die Unterschiede der Seehöhe der Mutterbäume bei den Herkunftsn Gahns, Höllengebirge, Seetaler Alpen und Semmering heraus; hier ist in allen Fällen ein stark ausgeprägter Sprung zwischen den Hochlagen- und Normallagenherkunftsn vorhanden; die Zwischenformen zeigen auch sehr gut ihre mittlere Reaktion bzw. mehr oder weniger

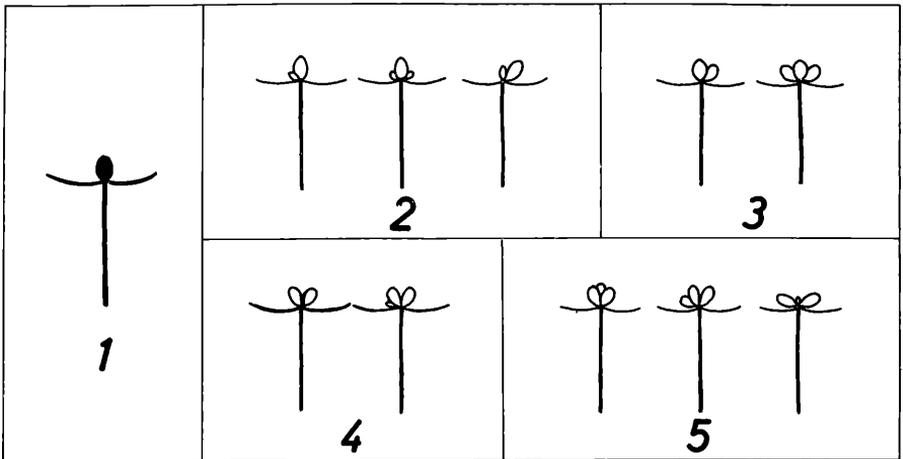


Abbildung 524: Schema der Knospenbildung an der Plumula (Erläuterungen im Text)

Aufspaltung in der Knospenbildung; bei den tieferen Übergangsformen wieder bilden besonders wenig Pflanzen eine Endknospe und wachsen während der gesamten Kulturdauer ohne Unterbrechung weiter, so daß bei ihnen bei den abschließenden Messungen noch keine Endknospe ausgebildet war.

524 Knospen an der Plumula

Neben der im vorangegangenen Abschnitt besprochenen Knospenbildung am Trieb wurde auch die Anzahl und Art der Knospen knapp über der Plumula untersucht; dabei wurde das folgende Schema (siehe Abbildung 524) zu Grunde gelegt:

- a) keinerlei Anzeichen von seitlichen Knospen an der Plumula (außer der Mittelknospe bzw. dem Mitteltrieb) wurden der Klasse 1 zugeordnet;
- b) waren nur unbedeutende Seitenknospen ausgebildet, was ja kaum als Minderung der Pflanzenqualität angesprochen werden kann, so fielen diese Pflanzen bereits in die Klasse 2;
- c) wenn diese Seitenknospen aber bereits so groß ausgebildet waren, daß in der nächsten Wachstumsphase mit der Ausbildung eines kräftigen Seitenzweiges gerechnet werden konnte, so wurden diese Pflanzen in Klasse 3 gegeben;
- d) bei Fehlen einer ausgeprägten Mittelknospe und Auftreten von zwei gleichwertigen Knospen (bzw. Trieben) anstelle der Mittelknospe, wodurch also ziemlich sicher in der nächsten Wachstumsphase mit einer Zwieselbildung zu rechnen war, fielen diese Pflanzen in Klasse 4;
- e) waren zu dem noch mehr als zwei gleichwertige Knospen ausgebildet, so daß ein mehr oder weniger buschiger Wuchs entstehen könnte, wurden diese Pflanzen der Klasse 5 zugeordnet (diese Klasseneinteilung diente in erster Linie zur Auswertung mittels Hollerithanlage).

Wie nun zu erwarten ist, fällt der Großteil aller Pflanzen in die Klassen 1 und 2; diese Pflanzen zeigen also keine auffallende Neigung zu einem abnormalen Wuchs. Auffallend ist jedoch, daß bei den oberen Zwischen- und Hochlagenformen der größte Teil der Pflanzen in Klasse 1 (Abbildung 522/1, unterer Bereich), der Rest hingegen nur zu einem mehr oder weniger kleinen Teil in Klasse 2, sonst in Klasse 3 zu fallen kommt (Abbildung 522/1 mittlerer Bereich); es kommt somit bereits nach der kurzen Testzeit in der Kulturkammer zum Ausdruck, daß unter den höheren Herkünften bereits eine Neigung zur Zwieselbildung bzw. zu buschigem Wuchs festzustellen ist. Die Pflanzen der Klassen 4 und 5, also echte Zwieselbilder, treten nur sehr vereinzelt auf, zeigen aber auch hiebei an, daß sie vor allem nur bei den Hochlagenformen zu finden sind (siehe Abbildung 522/1, oberster Bereich). Dies dürfte wohl in erster Linie darin seinen Grund haben, daß die Sämlinge der Hochlagensorten

relativ frühzeitig ihr Triebblängenwachstum beenden und dadurch in der Lage sind, die späterhin gebildete Substanz zur Anlage und Vergrößerung der Seitenknospen mitzuverwenden; trotzdem muß auch ein gewisser Einfluß der Vererbung mit angenommen werden, da ein Großteil der Pflanzen mit abgeschlossenem Trieb nicht zu einer derartigen Knospenausbildung neigt und nur bei den Herkünften aus höheren Lagen eine gewisse Häufung dieses ungünstigen Merkmales festgestellt werden konnte; diese Seitenknospen werden zudem bereits während des fortdauernden Triebwachstum angelegt und später nur noch vergrößert.

In der Abbildung 522/1 sind die Anteile der einzelnen Klassen an der Gesamtzahl der Pflanzen derart dargestellt, daß der untere Bereich die Klasse 1, der mittlere Bereich die Summe aus den Klassen 2 + 3 und der obere Bereich die Summe aus den Klassen 4 + 5 in Prozent der Gesamtpflanzenzahl angibt.

525 Anzahl der Triebe

Zu einem ähnlichen Ergebnis wie bei der Feststellung der Knospen an Plumula gelangt man bei der Zählung der Triebe der einzelnen Pflanzen (Schema in Abbildung 624), auch hier wurden ähnliche Einteilungen getroffen wie bei der vorher besprochenen Bestimmung; da natürlich nur ein Teil der Knospen während der 1. Wachstumsperiode zu einem Trieb auswächst, läßt die Bestimmung der Triebanzahl noch extremere Ergebnisse erwarten, was auch tatsächlich zutrifft. Im gesamten Untersuchungsmaterial wurden insgesamt nur 25 Sämlinge gefunden, die die Bildung von 2 oder mehr gleichwertigen Trieben, also eine Vorstufe von Zwieselbildung, zeigten; nur 2 dieser Pflänzchen zeigten eine echte Zwieselbildung, indem es bei ihnen während des Triebwachstums ohne ersichtlichen Grund zu einer Spaltung des Triebes und somit zur Zwieselung gekommen ist. Nachdem es sich aber insgesamt nur um weniger als 0,5 % handelt, obwohl bei der Auswahl der Mutterbäume auch ein erheblicher Teil von schlechtgewachsenen Fichten bei der Untersuchung miteinbezogen wurde, kann man von dieser Bestimmung keinen besonderen Test-erfolg erwarten.

526 Keimblattzahlen

Ein Merkmal, das bisher keine brauchbaren Beziehungen zu irgendwelchen anderen Testungsergebnissen gezeigt hat, ist die Kolyledonenzahl der jungen Sämlingspflanzen. Wie bereits im Abschnitt 521 ausgeführt wurde, ist diese praktisch unabhängig vom Samengewicht; wohl ist ein geringer Einfluß vorhanden, wie bei Betrachtung der gesamten Streuung der Samengewichte von ca. 550 - 950 mg durch eine geringfügige Verschiebung der durchschnittlichen Keimblattzahlen von 7,6 auf 8,0 zu erkennen ist, die Einzelwerte hingegen streuen so stark, daß man keinen direkten Zusammenhang

herausfinden kann. Die Ausbildung der Keimblätter im Samen scheint unabhängig von der Speicherung im Endosperm zu erfolgen und auch diese nicht zu beeinflussen. Desgleichen besteht auch kein Zusammenhang zur Seehöhe des Mutterbaumes, wie auch kein Einfluß dieser auf das Samengewicht gefunden werden konnte. Nach alldem ist zu erkennen, daß die Ausbildung der Keimblätter - wenn überhaupt mit anderen, bisher nicht aufgefundenen Faktoren in Verbindung gebracht werden müßte.

Wohl sind korrelative Beziehungen zu anderen hauptsächlich physiologisch begründeten Merkmalen - wie Hypokotyllänge und -gewicht und Trieblänge und -gewicht - festzustellen; keine dieser Korrelationen ist jedoch so streng, daß von einer Koppelung gesprochen werden kann; die Zahl der Keimblätter zeigt sogar in fast allen Fällen die lockerste Beziehung, wenngleich auch diese Abhängigkeit noch immer weit innerhalb der Sicherungsgrenze liegt und zum Teil auch graphisch gut erkennbar ist. Die engste Beziehung scheint zwischen der Anzahl der Keimblätter und dem während der Kulturzeit gebildeten Triebgewicht zu bestehen (Korrelationskoeffizient beträgt 0,663), was letzten Endes auch darin begründet sein kann, daß die kräftigeren Pflanzen eine größere Kotyledonenzahl (Durchschnittswerte, nicht dagegen Einzelpflanzen) aufzuweisen haben; andererseits kann angenommen werden, daß die Keimblätter anfänglich als einzige Assimilationsfläche mitwirken am Aufbau des jungen Triebes, bei größerer Keimblattzahl diesem somit einen besseren Start geben könnten. Zum Hypokotylgewicht ist eine geringere Beziehung (Korrelationskoeffizient 0,5831) vorhanden, obwohl man eine gegenseitige Abhängigkeit durch die gemeinsame Anlage im Samenkorn annehmen könnte; noch geringer ist die Beziehung zum Wurzelgewicht (Korrelationskoeffizient 0,4274). Bei der Suche nach Beziehungen zur Längenausbildung sind gleichfalls nur geringe Bindungen zu finden (Korrelationskoeffizient zur Trieblänge 0,5867, zur Hypokotyllänge 0,649 und zur Wurzel 0,402), allerdings liegen alle Werte der Korrelationskoeffizienten innerhalb der Sicherheit, die für diese Pflanzenanzahl etwa 0,29 beträgt.

Anschließend seien hier zwei interessante Ergebnisse der in einem späteren Abschnitt behandelten Hollerithauswertung vorweggenommen; bezüglich der Baumklasse der Mutterbäume konnte gefunden werden, daß bei unterdrückten Bäumen eine kleinere Keimblattzahl, vor allem bei mitherrschenden Bäumen größere Keimblattzahlen erwartet werden können; dementsprechend fallen in unserem Material die Mehrzahl der Plattenfichten in die Gruppe mit kleineren Keimblattzahlen. Zudem wurde festgestellt, daß die Bürstenfichten mittlere und die Kammfichten zum Teil größere Keimblattzahlen aufweisen; aber gerade bei den Kammfichten ist auch die größte Streuung im Mittelwert der Keimblattzahlen festzustellen, sodaß dieses Ergebnis nicht umgekehrt werden kann. Sonst konnten keinerlei weitere sichere Beziehungen der Keimblattzahlen zu anderen Merkmalen gefunden werden.

527 Versuch einer Erkennung des Erbanteiles von Mutterbaum und Pollen

In dem nun folgenden Abschnitt wird ein Versuch einer speziellen Aufgliederung des physiologisch wirksamen Erbgutes einzelner Sämensorten versucht, wobei aber besonders hervorzuheben ist, daß diese Untersuchungsergebnisse nur der Vollständigkeit halber gebracht werden und eine weitere Folgerung keinesfalls noch erwartet werden kann.

Wenn man nach den Erkenntnissen aus dem Abschnitt 515 eine genauere Sortierung der Einzelpflanzen vornimmt - dies war bei der Auswertung der 2. Gesamtversuchsserie möglich, daß hier Trieb- und Hypokotylllänge der gleichen Pflanzen zusammengehörend registriert wurden - so kann man mehrere Gruppen bilden: die Länge des Triebes, ausgedrückt in Prozent der Hypokotylllänge als Anteil an der Gesamtlänge ergibt eine Maßzahl hierfür. So ließen sich insgesamt 7 Gruppen bilden, deren Triebblängenanteil etwa 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200 % der Hypokotylllänge beträgt; die Bedeutung dieser Maßzahl im Zusammenhang mit der zugehörigen Seehöhe ist in der Abbildung 527/1 veranschaulicht. Diese Gruppen ergeben im allgemeinen einen Kurvenverlauf, der je nach der Reaktion der Sorte auf die Bedingungen in der Kulturkammer ein entsprechendes Maximum und eine entsprechende Streuung aufweist. Von dieser Streuung kann

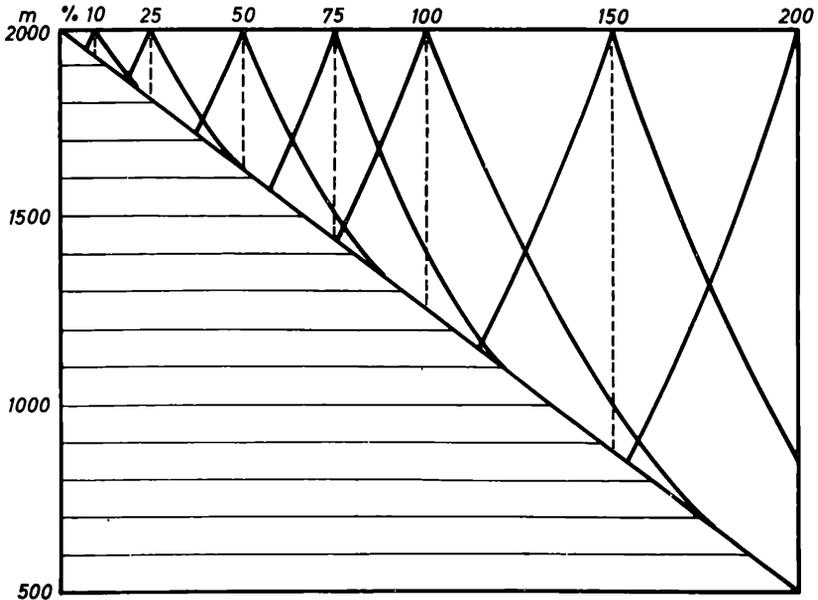


Abbildung 527/1: Schema des Zusammenhanges der Maßzahl Trieblänge (in Prozent der Hypokotylllänge) mit der Seehöhenzuordnung der einzelnen Sämlinge

man nun annehmen, daß sie erbbedingt ist und zudem sowohl vom Mutterbaum als auch vom Pollen beeinflusst wird. (Die Hauptursache dieser Gruppierung ist wohl die Bildung einer Endknospe; leider wurde jedoch diese nicht gemeinsam mit den anderen hier angeführten Merkmalen bestimmt, sodaß keine näheren Aussagen darüber gemacht werden können).

Das Prinzip der nun folgenden Aufgliederung liegt nun in der Annahme begründet, daß ein gewisser Genkomplex für die gesamte physiologische Reaktion verantwortlich gemacht werden kann, der sich je zur Hälfte als Anteil des Pollens und als Anteil des Mutterbaumes aufgliedern läßt. Die Ausbildung von Trieblänge bzw. Knospenbildung während der Kultur stellt in ihrer Gesamtheit wohl insofern eine physiologische Reaktion dar, als diese Merkmale sowohl auf der photoperiodischen, als auch auf der thermischen Beeinflussung der Pflanzen und den damit verbundenen unterschiedlichen Stoffwechslerscheinungen beruhen.

Nun sind in diesem Material insgesamt 7 Sortengruppen vorhanden, bei denen durch die unmittelbare Nachbarschaft der Mutterbäume ein annähernd gleicher Polleneinfluß angenommen werden kann (auch nach LANGNER 1953 u. a., Lit. siehe dort, kann man bei benachbarten Bäumen ein ähnlich zusammengesetztes Pollengemisch annehmen); es lag also nahe, bei den jeweils zusammengehörenden Sortengruppen einen gemeinsamen "Pollenanteil" zu suchen, was eigentlich auch in allen 7 Gruppen gelang; diese Bestimmung des "Pollenanteiles" an der Ausbildung des Triebes der Sämlinge wurde bisher nur rein graphisch ohne Zugrundelegung besonderer mathematischer Prinzipien durchgeführt, konnte aber trotzdem, wie auch aus den Abbildungen 527/2 ersichtlich ist, recht zufriedenstellend gelöst werden; zieht man nun den "Pollenanteil", der ja bei benachbarten Bäumen als annähernd gleich angenommen werden kann, vom Gesamtergebnis einer Sorte ab, so muß der Anteil des Mutterbaumes und damit dessen genetische Veranlagung hervortreten; auch diese Bestimmung ergab zumeist eine mehr oder weniger deutliche eingipfelige Kurve mit jeweils unterschiedlicher Streuung; der "Pollenanteil" hingegen weist in vielen Gruppen eine sehr breite zum Teil auch zweigipfelige Kurve auf, was ja ohneweiteres durch Annahme von Pollenmischungen verschiedenster Sorten zu erklären ist; bis zu einem gewissen Grad nähert sich sogar diese Pollenzusammensetzung dem Mittelwert der Mutterbäume dieser Sortengruppe (Tabelle 527).

Innerhalb der 7 Sortengruppen sind nun 3 Gruppen Hochlagen (linke Seite der Abbildung 527/2), die untereinander eine ganz ähnliche Zusammensetzung des "Pollenanteiles" aufweisen; zudem kommt noch je eine Gruppe von Normallagen, von Zwischenformen von Normallagen zu Hochlagen und eine weitere Gruppe Normallagen, die einen leichten Einfluß von tieferen Lagen her aufweisen (rechte Seite der Abbildung 527/2).

Tabelle 527: Aufgliederung der Testergebnisse nach "Mutterbaum" und "Pollenanteil". Nähere Erläuterungen im Text

	Gesamtverteilung										"Pollenanteil"										"Mutterbaumanteil"									
	10	25	50	75	100	150	200	%	10	25	50	75	100	150	200	%	10	25	50	75	100	150	200	%						
H 1	44	46	4	2	4		4,68	10	30	4	2	4		6,40	34	16	-	-	-	-	-	-	2,96							
H 2	8	33	33	23	3		9,16									1	29	20					11,90							
H 3	14	37	30	10	8	1	8,53								4	7	26	8			4	1	10,66							
H 4	40	49	5	4	1	1	4,85								30	19	1						3,30							
H22	1	8	24	10	31	18	8	19,12	2	11	14	2	14	5	2	14,78	-	6	8	17	13	6	23,00							
H23	3	11	22	21	32	10	1	15,76							1	8	19	18	4				16,94							
H25	2	9	23	11	33	17	5	18,14								-	7	9	19	12	3	21,30	3	21,30						
H26	3	14	34	17	25	7	13,81								1	3	20	15	11	-			13,42							
H28	9	24	26	24	16	1	16,75								6	24	10	10					18,40							
S 2	3	55	23	12	5	2	8,51	4	31	10		5		7,26	-	23	13	12		2			9,70							
S 3	14	52	21	6	6	1	7,38								10	21	11	6	1		1		7,50							
S 4	13	52	30		5		6,86								9	21	20						6,46							
S11	1	13	27	17	25	16	1	16,12	15	8	5	15	6	1	15,00		-	18	12	10	10		17,20							
S12	-	32	37	14	15	2	11,00									-	17	29	4				8,70							
S14	10	37	26	12	12	3	9,75								10	22	18	-					6,20							
S15	8	26	18	17	22	8	1	13,01							8	11	10	12	7	2			11,20							
S17	20	30	18	23	8	1	14,10								5	22	13	8	2				13,20							
K 1	32	54	9	4	1		5,40	8	26	8	5	2	1	7,42	24	26	-						3,56							
K 2	26	53	12	7	-	2	6,20								18	27	4						4,22							
K 3	14	42	34	1	6	3	8,30								6	16	26			2			7,48							
K 7	-	13	22	22	32	11	15,85	3	7	11	22	7		18,00		10	15	11	10	4			13,70							
K 8	5	28	25	17	20	5	12,05								5	25	18	2	-				6,90							
K 9	-	7	16	21	41	14	1	17,90							4	9	10	19	7	1			17,80							
K10	1	12	19	27	32	9	15,67								1	9	12	16	10	2			13,34							

% bedeutet den entsprechenden Anteil des Triebes an der Gesamtlänge (siehe Abschnitt 515)

Von den drei Sortengruppen Hochlagen stammt eine aus dem Höllengebirge mit 4 Mutterbäumen (H 1 - H 4), eine weitere aus dem Semmeringgebiet mit 3 Mutterbäumen (S 2 - S 4), die dritte vom Westabfall der Seetaler Alpen mit 3 Mutterbäumen (K 1 - K 3); der 4. Baum dieser Gruppe steht von den anderen zu weit entfernt, um bei dieser Betrachtung berücksichtigt zu werden; diese weisen einen ähnlichen "Pollenanteil" auf (siehe Tabelle 527), der entsprechend der Höhenlage zum Großteil eine sehr frühe Knospenbildung der Sämlinge bedingt (bei der Herkunft Höllengebirge beträgt der Prozentanteil Trieb an der Gesamtlänge 6,4 %, bei der Herkunft Semmering 7,3 %, bei der Herkunft Seetaler Alpen 7,4 %). Bei Subtraktion des Pollenanteiles von dem gesamten durch Knospenbildung bzw. Trieb-längenanteil zu erkennendem Erbgut verbleibt der Anteil des Mutterbaumes; dieser ist nun sehr unterschiedlich: vor allem bei der Herkunft Höllengebirge kommt sehr deutlich die Wirkung der Mutterbäume heraus, wobei die Bäume H 1 und H 4 extreme Hochlagen, die Bäume H 2 und H 3 dagegen schon deutliche Übergangsformen zu den Normallagen darstellen. Die Mutterbäume der Herkunft Semmering sind einander und auch dem Pollanteil ziemlich ähnlich und stellen somit ein genetisch einheitlicheres Material in Bezug auf Triebabschluß und somit Trieb-längenbildung dar (siehe Abbildung 527/2 und Tabelle 527). Bei den Hochlagen der Seetaler Alpen ist zu erkennen, daß der Baum K 3 eher einer Normallage entspricht, während die beiden anderen die gleiche Zusammensetzung wie die Mutterbäume der Herkunft Semmering aufweisen.

Sehr unterschiedlichen Anteil der Mutterbäume kann man hingegen bei der Sortengruppe Semmering 11 - 17 (insgesamt 5 Einzelbäume) feststellen; es handelt sich hier um Zwischenformen der Hoch- und Normallagen, was nicht nur an der Zusammensetzung des "Pollenanteiles" (siehe Tabelle 527 und Abbildung 527/2), sondern auch an dem unterschiedlichen Gesamtergebnis zum Ausdruck kommt. Unter den Mutterbäumen finden wir einen, der als Hochlagenherkunft zu bezeichnen wäre (S14), auch der Baum S12 zeigt noch deutlichen Hochlageneinfluß; die Bäume S11 und S17 hingegen stellen mehr oder weniger ausgeglichene Normallagenfichten dar, deren Saatgut durch den Polleneinfluß Zwischenformen zu den Hochlagen vortauscht. Einzig der Mutterbaum S15 läßt sich in dieses Schema nicht einreihen; möglicherweise haben wir es in diesem Fall mit einem Baum mit anderer Blütezeit und dadurch anderer Pollenzusammensetzung zu tun, oder es ist das Erbgut dieses Baumes durch Mischung extremerer Elternanteile wirklich sehr uneinheitlich. Die Normallagenherkünfte des Höllengebirges hingegen (Baum Nr. 22 - 28, insgesamt 6 Bäume) zeigen einheitlicheres Erbgut; auch die Pollenmischung erstreckt sich hier mehr oder weniger gleichmäßig über die ganze Variationsbreite (Tabelle 527, Abbildung 527/2). Die meisten Mutterbäume haben, obwohl auch ihre Variationsbreite groß und die Kurve ziem-

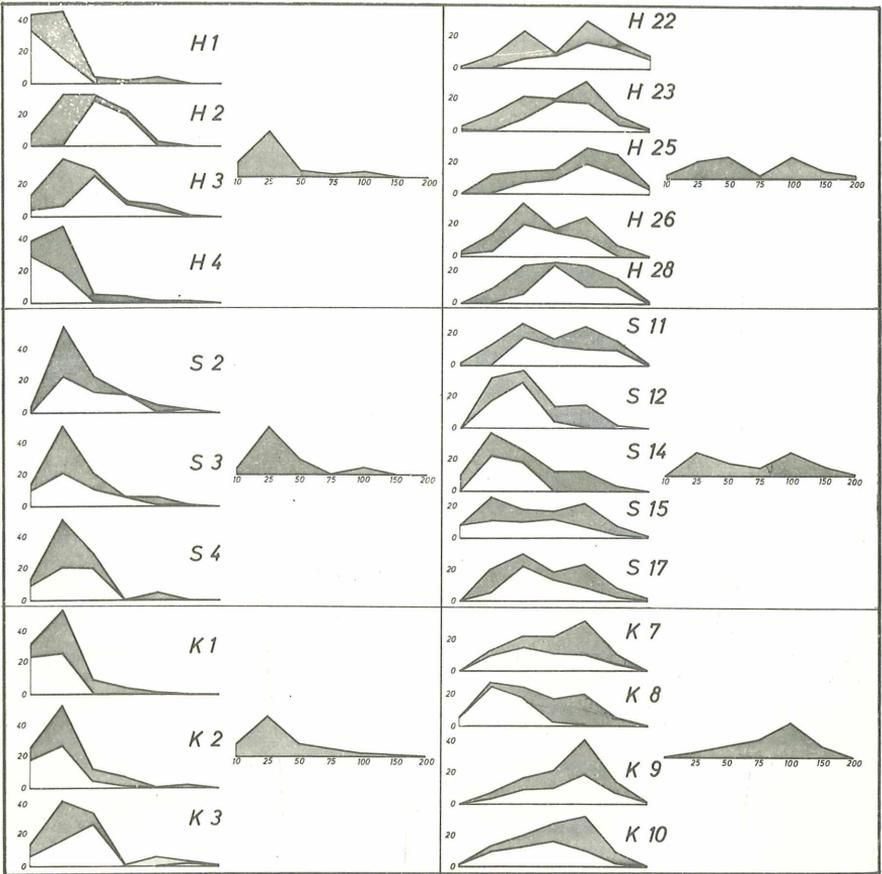


Abbildung 527/2: Aufgliederung der Einzelmessungen der einzelnen Sorten nach Mutterbaum (weiß) und Pollenanteil (grau) bei verschiedenen Herkünften (links Hochlagen, rechts Normallagen; linke Darstellungsreihe Sämlingsmessungen, rechte Einzeldarstellungen "Pollenanteil"; H Hölleengebirge, K Seetaler Alpen, S Semmering; nähere Erläuterungen im Text)

lich flach verläuft (Abbildung 527/2), ihre hauptsächliche Erbanlage im Bereich von etwa 20 % Triebanteil (Tabelle 527), nur H26 zeigt einen deutlichen Einfluß einer Zwischenform zu den Hochlagen.

Ähnlich liegt der Pollenanteil bei einer Gruppe von 3 Samensorten von nicht autochthonen Fichten aus dem Wienerwald (P 1 3); die Mutterbäume hingegen weisen eine ziemlich unterschiedliche Zusammensetzung ihrer Erbanlage auf.

Als letzte Gruppe wäre noch eine weitere Normallagenherkunft, vom Westabfall der Seetaler Alpen, Bäume K 7 - K10, zu erwähnen. Bei diesen weist der Pollenanteil eine deutliche Häufung der Erbanlagen für Normallagen auf, was auch dem Durchschnitt der Bäume entspricht (Tabelle 527, Abbildung 527/2); auch hier zeigen die Mutterbäume eine sehr unterschiedliche Erbwirkung auf die Sämlinge; vor allem der Baum K 8 ist sehr deutlich als Zwischenform zu den Hochlagen anzusprechen; der Baum K 9, der überdies fast gleiche Zusammensetzung wie der Pollen aufweist, ist als sehr gute Normallagenfichte anzusprechen (18 % Triebblängenanteil).

Als weiteres befinden sich aber in unserem Untersuchungsmaterial insgesamt 3 Mutterbäume, bei denen neben der Zapfenernte aus der Kronenspitze auch Zapfen in der untersten Zweigregion geerntet und getrennt den verschiedenen Bestimmungen unterzogen wurden. Das Ergebnis in Bezug auf die in diesem Abschnitt besprochene Einzelpflanzenauswertung weicht nun zum Teil sehr erheblich von den Ergebnissen der Sortentestung aus der Kronenspitze ab; da aber für den gleichen Mutterbaum eine gleiche Erbanlage angenommen werden muß, muß dieser Unterschied zum Teil auch im Einfluß des Pollenanteiles liegen; dieser ist nun relativ einfach zu ermitteln und ergibt die überraschende Tatsache, daß er in allen 3 Fällen eine Verschiebung bzw. sogar Häufung in die nächst größere Pflanzenstufe erfahren hat, was einer Zunahme des Prozentanteilwertes des Triebes an der Gesamtlänge von etwa 2 % bei einem Höhenunterschied von je 5 m der Zapfenentnahme entsprechen würde.

Diese Ergebnisse wurden an insgesamt 25 Einzelbaumsamensorten ermittelt, jedoch in Gruppen zu 3 - 6 Bäumen, sodaß von einer Verallgemeinerung natürlich nicht gesprochen werden kann; es sind sogar diese Ergebnisse noch sehr wenig gesichert. Trotzdem könnte in einer derartigen Analyse eines Testungsergebnisses eine entscheidende Beurteilung der einzelnen Mutterbäume liegen, wenn es gelingt, die hier aufgezeigten Ergebnisse an umfangreichem Material zu bestätigen bzw. besonders durch bekannte Pollenzusammensetzung noch weiter auszubauen.

528 Seehöhenbeziehungen und Verzweigungsform der Mutterbäume

Als eines der wichtigsten Testergebnisse ist, wie schon aus verschiedenen Abschnitten hervorgeht, der Einfluß der Seehöhe auf das Wachstum der Sämlinge in der Kulturkammer hervorzuheben. Es

genügt wohl, nur die wichtigsten Ergebnisse in diesem Abschnitt zusammenzufassen, die vor allem auch durch die Auswertung der Lochkarten noch eine Bestätigung erfuhren; für die speziellen Angaben der einzelnen Beziehungen ist bei den zugehörigen Abschnitten Ausführlicheres zu finden.

Wie in einer späteren Veröffentlichung ausführlich dargelegt werden wird, kommt auch bei diesem Material bereits die deutliche Abhängigkeit verschiedener Mutterbaummerkmale von der Seehöhe zur Geltung, auf die hier kurz hingewiesen werden soll, um die weiteren Folgerungen der Kulturkammeruntersuchungen zu ermöglichen:

Die Verzweigungsform bei diesem Untersuchungsmaterial gibt zu erkennen, daß der Großteil der Kammfichten aus einer Seehöhe von 900 - 1300 m stammt, die meisten Bürstenfichten wurden in 1300 - 1500 m und der überwiegende Teil der Plattenfichten über 1500 m beerntet. Es wurde als Beziehung zu diesem Ergebnis gefunden, daß bei den Sorten aus 1300 - 1500 m auch die stärkste Anthozyanbildung zu finden ist, was vor allem durch die Färbung des Hypokotyls, aber auch durch Feststellung der Wurzelspitzenfarbe in verschiedenen Keimversuchen (siehe Abschnitt 72) ermittelt werden konnte. Besonders stark ist aber auch der Einfluß der Seehöhe auf verschiedene andere physiologische Merkmale, die beim Wachstum in der Kulturkammer bestimmt wurden; hier sei vor allem angeführt, daß folgende Merkmale mit zunehmender Seehöhe abnehmen bzw. kleiner werden: Länge und Gewicht von Hypokotyl und Trieb, Trockengewicht der Sämlinge nach Abschluß des Versuches, Wassergehalt des oberirdischen Teiles der Sämlinge; die ungünstigen Merkmale hingegen nehmen mit steigender Seehöhe zu, wobei noch zu bemerken ist, daß nicht immer der maximale Wert in der höchsten Stufe über 1500 m, sondern oft in der Stufe zwischen 1300 - 1500 m zu finden ist: so sind die extremen Knospenbildungen an der Plumula in letzterer Höhenstufe und diesen ähnlich auch der höchste Prozentsatz an einzelnen abnorm ausgebildeten Keimblättern; die Anzahl der Triebe hingegen (Zwieselbildung) nimmt gleichmäßig mit der Seehöhe zu. Auch die Anzahl der Pflanzen, die während der Kulturzeit ausfallen, nimmt mit zunehmender Seehöhe zu. Nicht zu übersehen ist auch die Knospenbildung am Trieb, die ja ziemlich genau die zugehörige Seehöhe des Mutterbaumes erkennen läßt.

Alle diese Ergebnisse lassen sich aber nicht ohne weiteres auf die Verzweigungsform der Mutterbäume übertragen, wie aus den folgenden Beispielen ersichtlich ist; so sind es vor allem die Bürstenfichten, deren Sämlinge zum Beispiel bei den Merkmalen Hypokotyllänge, Knospen an der Plumula und Anzahl der Triebe, die größte Streuung aufweisen, während die Kamm- bzw. die Plattenfichten jeweils nur in den Extremgruppen vertreten sind; demgegenüber nimmt die Bürstenfichte bezüglich Keimblattzahl, bei der die Kammfichte die größte Streuung, aber auch sämtliche Maximalwerte zeigt, eine

mittlere Stellung ein; bei der Hypokotylfarbe hat wieder die Kammfichte die größte Streuung aufzuweisen; eine ziemlich strenge Abhängigkeit von der Verzweigungsform dürfte hingegen das Trockengewicht der Pflanzen nach Abschluß der Kultur zeigen; nicht nur mit zunehmender Seehöhe wird dieses geringer, sondern auch bezüglich Verzweigungsform der Mutterbäume konnte ermittelt werden, daß die Kammfichte die größte, die Bürstenfichte die mittlere und die Plattenfichte die geringste Substanzproduktion während des Kulturkammerwachstums zeigten.

Da jedoch, vor allem bezüglich Verzweigungsform, das Untersuchungsmaterial noch viel zu klein ist, insgesamt konnten nur etwa 30 Mutterbäume mehr oder weniger bestimmt werden, kann man natürlich auch noch nicht an eine Verallgemeinerung dieser Aussagen denken; aber immerhin können einige Vermutungen durch diese Ergebnisse bestätigt werden.

53 SCHLUSSFOLGERUNGEN AUS DER GESAMTTESTUNG

Wie nun aus den Ausführungen in den einzelnen Abschnitten und vor allem auch aus der Zusammenfassung des photoperiodischen Abschnittes (44) hervorgeht, ist bei einer Testung von Fichtensaatgut durch Wachstum in der Kulturkammer bereits nach 3 bis 4 Monaten die Möglichkeit gegeben, das Saatgut ziemlich zuverlässig zu beurteilen. Hervorzuheben wäre hier in erster Linie die photoperiodische Reaktion der einzelnen Sorten, die bereits bei einer Testung bei 16 Stunden und vor allem bei andauernder Beobachtung des Fortganges des Wachstums der Sämlinge ziemlich verlässliche Ergebnisse insofern liefert, als die Sämlinge der einzelnen Sorten entsprechend der Seehöhe verschieden schnell ihr Triebwachstum durch eine Knospenbildung beenden; je höher die Lage des Mutterbaumes ist, desto früher schließen die Sämlinge ihr Wachstum ab, da der 16 Stundentag für sie nicht optimal ist; die Herkünfte aus normalen und tiefen Höhenstufen hingegen behalten zumindest zum größten Teil ihr Triebwachstum bei und nur einzelne Sämlinge dieser Sorten beenden es während 4 Monaten; im Abschnitt 527 wird der Versuch gemacht, aus diesem Verhalten die unterschiedlichen Erbanlagen der einzelnen Mutterbäume zu erkennen.

Neben der Knospenbildung wäre vor allem die Ausbildung von Trieb, Hypokotyl und Wurzel zu betrachten, die gleichfalls in ziemlich strenger Abhängigkeit von der Seehöhe ausgebildet werden; durch die unterschiedliche Beendigung des Triebwachstums der einzelnen Sorten wird selbstverständlich die Trieblänge stark beeinflusst; besser als die absoluten Meßwerte lassen sich jedoch die Verhältniszahlen sowohl der Länge als auch des Gewichtes der einzelnen Teile zu einem Testergebnis zusammenfassen (siehe den Abschnitt 513); der An-

teil des Triebes an der Gesamtlänge und am Gesamtgewicht ist als bestes Kriterium für die Seehöhenzuordnung der einzelnen Sorten geeignet: je geringer nämlich dieser Anteil ist, einer desto höheren Stufe muß dieses Saatgut zugeordnet werden, wobei vor allem der Unterschied von der Wirtschaftswaldstufe zu dem darüberliegenden Waldgrenzestreifen und den einzelnen Kampfzonenbäumen besonders deutlich hervorzuheben ist; die Trieblänge der letzteren Gruppen macht kaum viel mehr als 5 bis 10 % der Gesamtlänge aus, während dieser Wert bei den Sorten aus den Fichtenormallagen im Wirtschaftswald sehr rasch auf 15 20 % und darüber ansteigt; das Triebgewicht zeigt gleichfalls eine sehr günstige Testungsmöglichkeit, da es bei den Höhenstufen der Normallagenfichten etwa 65 - 80 %, bei den Hochlagen hingegen 50 bis 65 % des Gesamtgewichtes der Sämlinge bildet; bei der Gewichtsbestimmung sind die Übergänge der Normallagen zu den Hochlagen nicht so deutlich ausgebildet wie bei der Länge. Um eine derartige Bestimmung zu erleichtern, genügt auch die Messung bzw. Wägung von Trieb und Hypokotyl; das Verhältnis dieser beiden Teile hängt im gleichen Sinn von der Seehöhe ab, da die Hypokotyllänge nur wenig von 20 % der Gesamtlänge abweicht, das Hypokotylgewicht gleichsinnig wie das Gesamtgewicht abnimmt, so daß allein die Verhältniszahl Trieb : Hypokotyl als Maßzahl für die Seehöhen- und damit Kulturreinigungs- und -zuordnung herangezogen werden kann (Abschnitt 515).

Wenig läßt sich allerdings bis jetzt über Qualitätstestung aussagen; sicherlich kann man allein durch die Seehöhenbeziehung bereits wertvolle Schlüsse auf die Eignung von Saatgut ziehen, aber im gleichen Maß wäre auch eine Qualitätsprüfung erwünscht. Wohl konnten einige Anhaltspunkte für qualitätsmindernde Faktoren, vor allem bezüglich Zwieselbildung gefunden werden, aber, abgesehen von der noch ausstehenden Begründung, ist auch die Bestimmung selbst äußerst zeitraubend und zum Teil auch nur bei extremer Ausbildung einigermaßen sicher durchzuführen (siehe Abschnitt 524 und 525): vor allem unter den Hochlagen, aber auch bei einigen Normallagen fallen zusätzliche Knospenbildungen, vor allem im Bereich der Plumula auf, die im späteren Wachstumsverlauf ziemlich sicher eine Verdoppelung des Triebes erwarten lassen und die zu einem kleinen Teil bereits auch tatsächlich zu einer Zwieselbildung geführt haben.

Durch die Bestimmung des Wassergehaltes der oberirdischen Teile der Sämlinge kann man wohl auch nach unseren bisherigen Erfahrungen zu einem Testergebnis kommen; da diese Bestimmung aber abgesehen von methodischen Schwierigkeiten - in physiologischer Hinsicht sehr unverläßlich erscheint, da sie mit vielen Fehlern behaftet sein kann, scheidet sie als brauchbare Kulturkammer- und Feldtestung aus; wenn man außerdem noch sonstige Bestimmungen wie Längenmessung und dergleichen durchführen will, ist sie überhaupt nicht mehr verläßlich (siehe Abschnitt 522).

6 VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN AN FREILANDSÄMLINGEN

61 ALLGEMEINE WACHSTUMSBEOBACHTUNGEN

Zum Vergleich mit dem Kulturkammerwachstum wurden gleichzeitig alle verwendeten Sorten im Freiland angebaut. Die Saat erfolgte am 27. April 1959 im Versuchsgarten in Mariabrunn.

611 Allgemeine Hinweise auf das Wachstum

Im Frühjahr des zweiten Jahres wurden alle Sorten durch einen kräftigen Spätfröst derart geschädigt, daß praktisch alle Pflanzen ihren Terminaltrieb verloren und durch nochmaliges Austreiben (von meist mehr als einem Gipfeltrieb) einen recht ungünstigen Wuchs aufwiesen, der jedoch in vielen Fällen bereits im gleichen Herbst, in den restlichen jedoch meist bis Ende des dritten Lebensjahres ausgeglichen war und praktisch keinen Einfluß auf die spätere Gestalt der Pflanzen nahm.

Nach dem ersten und zweiten Sämlingsjahr wurden bei sämtlichen Sorten die Längen und Gewichte der einzelnen Pflanzenteile, später nur mehr die Längen bestimmt (Abschnitt 62).

Ein Teil der Sämlinge (Herkünfte Hölleugebirge und Seetaler Alpen) wurde im Alter von 2 Jahren für eine längere Beobachtungsperiode verschult und bis zum Alter von 5 Jahren (2/3) laufenden Beobachtungen und jährlichen Vermessungen unterzogen (Abschnitt 63). Von einer Gewichtsbestimmung ab dem dritten Jahr wurde in allen Fällen abgesehen, da die verschulten Pflanzen noch für spätere Untersuchungen zur Verfügung stehen sollten.

Im Frühjahr 1964 wurden insgesamt 36 Sorten dieses Versuches mit je etwa 100 Stück je Sorte auf einer Versuchsfläche im Revier Muggendorf der Forstverwaltung Merkenstein, Seehöhe 900 m, Exposition NE, zur weiteren Beobachtung ausgepflanzt.

612 Besondere Beobachtungen während des Wachstums im 1. und 2. Jahr

Eine erste deutliche Unterscheidung der Höhenstufen war bereits im ersten Jahr durch Feststellung des Zeitpunktes der Endknospenbildung möglich; so war etwa Anfang bis Mitte August allein an der Farbe der einzelnen Sämlingsgruppen eine gute Erkennung der Hochlagen möglich, die durchwegs eine intensiv dunkle silbergraue bis graugrüne Farbe zeigten, während die noch im Längenwachstum befindlichen Normallagensorten die hellgrüne Farbe der noch weiterwachsenden Fichten hatten; erst im Laufe des September traten diese Unterschiede wieder zurück, nachdem auch die Normallagensorten eine Endknospe ausgebildet hatten und die dunkle Herbstfärbung annahmen.

Wie bereits weiter oben angedeutet wurde, waren im Austriebszeitpunkt der einzelnen Sorten im zweiten Sämlingsjahr keine nennenswerten Unterschiede feststellbar, was auch durch die bei allen Pflanzen erfolgte Frostschädigung des Triebes deutlich zum Ausdruck kommt. Der Abschluß des Triebwachstums wurde jedoch durch diese klimatische Schädigung nicht beeinflusst, und im Spätsommer war das gleiche Bild zu finden, wie es bereits vom ersten Sämlingsjahr beschrieben wurde.

62 MESSERGEBNISSE NACH DEM 1. UND 2. JAHR

621 Wurzel

Die unterschiedliche Entwicklung der einzelnen Sorten im Freiland weist große Parallelität zu der Entwicklung in der Kulturkammer auf; besonders die Entwicklung im zweiten Jahr zeigt zum Teil recht gute Übereinstimmung.

Die Entwicklung der Wurzel der einzelnen Pflanzen ist vornehmlich durch die Gesamtentwicklung der Pflanzen bedingt und zeigt im ersten Lebensjahr eine weitgehende Übereinstimmung mit den Kulturkammerergebnissen; die Unterschiede der absoluten Längen- und Gewichtswerte für die Wurzel der einzelnen Sorten sind gering; es zeigt sich bereits im ersten Jahr eine deutliche relative Überlegenheit der Wurzelbildung bei den Hochlagenherkünften, die bei diesen trotz geringerer oberirdischer Entwicklung etwa gleich stark ist wie bei Normallagen; die Wurzelbildung der Hochlagen bleibt erst im zweiten Jahr zurück, überwiegt aber bei der insgesamt weitaus schwächer entwickelten zweijährigen Sämlingspflanze der Hochlagenherkünfte. Die absoluten Maße und Gewichte der ein- und zweijährigen Wurzeln sind jedoch für Testung nicht geeignet; zu bemerken bleibt nur, daß das absolute Wurzelgewicht der zweijährigen Sämlinge der Hochlagen etwa das Fünffache, bei den Normallagen hingegen bis zum Zehnfachen des Wurzelgewichtes des ersten Jahres beträgt. Der relative Anteil der Wurzel an Länge und Gewicht der Gesamtpflanzen bleibt sowohl im ersten als auch im zweiten Sämlingsjahr im gleichen Maß gegeben wie bei den Kulturkammerversuchen: die Hochlagen haben einen etwa 10 % höheren Wurzelanteil als die Normallagensorten (Abbildung 62/2).

Die Seitenwurzelbildung, die während des zweiten Jahres im Durchschnitt um mindestens eine Klasse (siehe Schema Abbildung 511/2) zunimmt, ist für alle Sorten ziemlich von gleichem Ausmaß und übertrifft die Ergebnisse der Kulturkammer um 1 - 2 Klassen; die Schwankungen der Durchschnittswerte bis zu eineinhalb Klassen nach dem ersten Jahr sind nach dem zweiten Jahr fast ausgeglichen. Es sind dabei jedoch keine Hinweise für eine Unterscheidungsmöglichkeit der Herkünfte der einzelnen Sorten auf Grund der Seitenwurzelbildung

gegeben, wie schon aus den Ergebnissen der Kulturkammerversuche zu erkennen war (siehe Abschnitt 421 und 511).

622 Hypokotyl

Die Entwicklung des Hypokotyls der Freilandsämlinge ist schwer zu verfolgen, zumal die Keimungsbedingungen wohl für alle Pflanzen annähernd die gleichen sind, aber durch die auftretenden kurzzeitig wechselnden Umweltbedingungen (vor allem durch den Wechsel von Tag und Nacht) derart vermischt werden, daß bei allen Sorten annähernd gleiche Werte für die Länge des Hypokotyls gefunden wurden; nur bei den Sorten mit überdurchschnittlich langem Hypokotyl konnte gleichzeitig auch eine gute Triebentwicklung festgestellt werden; es handelt sich dabei fast nur um Tieflagenherkünfte.

Das Gewicht des Hypokotyls am Ende des ersten Lebensjahres, das auf Grund der unterschiedlichen Stoffproduktion der einzelnen Sorten verschieden stark durch Aufbau- und Speichersubstanz beeinflusst wird, zeigt schon eine deutliche Abhängigkeit von der Herkunft der einzelnen Sorten; so sind die Hypokotyle der Hochlagensorten zum Teil nur halb so schwer wie die der gut entwickelten Normalagen. Sonst beträgt das Gewicht des Hypokotyls etwa ebensoviel wie das Gewicht des Triebes der gleichen Sorten, sodaß es etwa die Hälfte des Gewichtes der gesamten oberirdischen Pflanzenteile ausmacht (Abbildung 62/2). Man kann es also in etwa dem gleichen Maß wie die gesamte oberirdische Pflanzenentwicklung nach dem ersten Jahr für eine Bewertung heranziehen.

Im zweiten Lebensjahr wird die Länge des Hypokotyls nicht mehr verändert, das Gewicht nimmt hingegen deutlich zu; auch hier findet man wieder deutlich die Abhängigkeit des Dickenwachstums des Hypokotyls von der gesamten Triebentwicklung und von der Zunahme der assimilierenden Masse. Das Gewicht des Hypokotyls nach dem zweiten Jahr beträgt jedoch im Gegensatz zum ersten Lebensjahr nur mehr ein Fünftel bis ein Zehntel des Triebgewichtes und etwa das Doppelte bis Dreifache des Hypokotylgewichtes des ersten Jahres (Abbildung 62/2).

623 Trieb

Entscheidend bei der Beurteilung von Freilandsämlingen ist die Entwicklung des Triebes, von dem auch die Gesamtentwicklung der Pflanze abhängt. Aber auch bei diesem Pflanzenteil findet man im Freiland weitgehende Übereinstimmung mit dem Wachstum in der Kulturkammer. Auch im Freiland bleiben die Hochlagensorten mit ihrer Triebentwicklung vor allem im zweiten und in den späteren Jahren erheblich hinter den Normallagen zurück, zumindest wenn es sich um Heranzucht in wärmeren Klimagebieten (wie zum Beispiel im Versuchsgarten Mariabrunn) handelt.

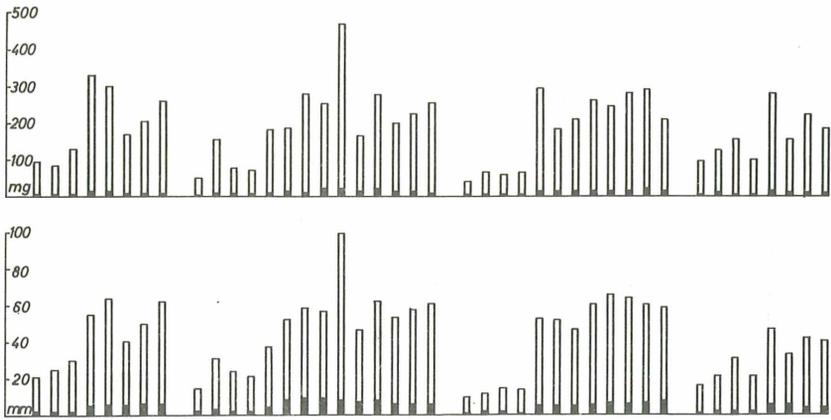


Abbildung 62/1: Triebgewicht (obere Darstellung) und Trieblänge (untere Darstellung) der ein- und zweijährigen Freilandsämlinge (ein-jährig schwarz, zweijährig Gesamtwert)

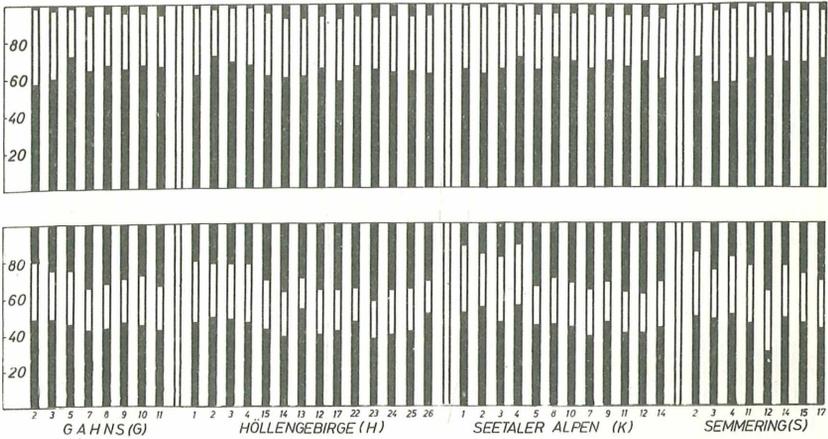


Abbildung 62/2: Anteil von Wurzel, Hypokotyl und Trieb an der ein-jährigen Gesamtpflanze in Prozent; obere Darstellung Länge, untere Darstellung Gewicht

Deutliche Unterschiede zeigen die einzelnen Sorten schon in der Länge des im ersten Jahr gebildeten Triebes; bei Hochlagen beträgt diese Länge im Durchschnitt kaum mehr als 1 - 2 mm, bei Normallagen und vor allem bei tieferen starkwüchsigen Herkünften beträgt die Trieblänge im ersten Jahr bereits 3 - 6, mitunter sogar 8 - 10 mm. Die Gewichtsunterschiede sind hingegen geringer und etwa gleich groß wie die Gewichte des Hypokotyls der gleichen Sorten (Abbildung 62/1).

Im zweiten Jahr erreichen einige Sorten bereits eine beachtliche Größe; so werden die Triebe der größten Sorten im Durchschnitt bis zu 70 mm lang, einen extremen Wert erreicht die Sorte H17 mit einem Triebängenwachstum von 90 mm im zweiten Jahr. Die Hochlagensorten bleiben im zweiten Jahr bereits deutlich zurück und zeigen im Durchschnitt eine Längenzunahme von etwa 10 - 20 mm, wodurch der Größenunterschied der einzelnen Sorten sehr stark ausgeprägt wird: die durchschnittliche oberirdische Länge der Hochlagensorten beträgt nach dem zweiten Jahr etwa 40 - 60 mm, die der guten Normallagen und der Tieflagen hingegen etwa 90 - 130 mm. Es zeigen sich somit nach dem zweiten Lebensjahr, also zum Zeitpunkt der Verschulung, bereits deutliche Unterschiede in der Größe der einzelnen Sorten (Abbildung 62/1).

Das Gewicht des Triebes nimmt im zweiten Jahr gleichfalls erheblich zu und man findet eine Steigerung des Gewichtes auf das

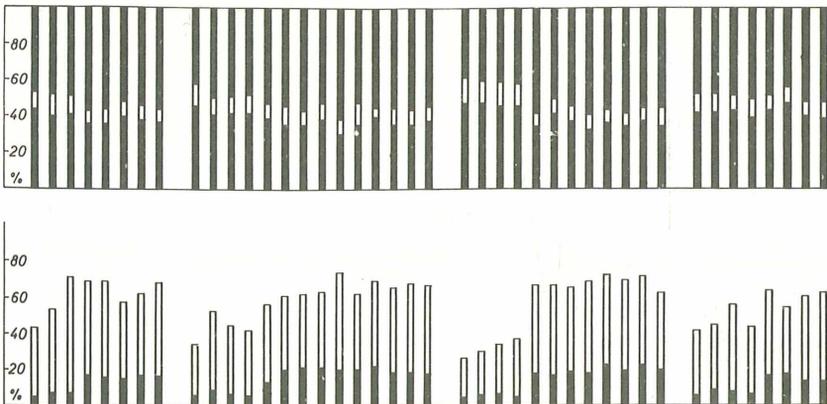


Abbildung 62/3: Obere Darstellung: Anteil von Wurzel, Hypokotyl und Trieb an der zweijährigen Gesamtpflanze in Prozent; untere Darstellung: Anteil des Triebes an der oberirdischen Pflanzenhöhe beim ein- und zweijährigen Sämling in Prozent; einjähriger Sämling schwarz, zweijähriger Sämling Gesamtwert

fünf- bis zehnfache des einjährigen Gewichtes. Auch in diesem Merkmal lassen sich die einzelnen Sorten gut auseinanderhalten, zumal das Gewicht der gesamten oberirdischen Pflanzenteile annähernd konform zur oberirdischen Gesamtlänge der Pflanzen verläuft; wir finden bei den guten Normallagen und den Tieflagen etwa die doppelte bis vierfache Masse als bei den Hochlagen (Abbildung 62/1).

Ein äußerst gutes und verlässliches Kriterium zur Feststellung der Seehöhenzugehörigkeit der einzelnen Sorten stellt auch bei den Freilandsämlingen - freilich erst nach dem Ablauf von einem oder bedeutend besser und sicherer nach dem Ablauf von zwei Kulturjahren - die relative Länge des Triebes bzw. das relative Gewicht im Verhältnis zur Gesamtpflanze dar; ein gleichgünstiges Kriterium erhält man auch unter Vernachlässigung der Wurzelwerte durch den Quotienten aus $\frac{\text{Trieblänge (bzw. Gewicht)}}{\text{oberird. Länge (bzw. Gewicht)}}$. Daß sich diese Werte

sehr gut mit den Ergebnissen aus der Kulturkammer decken, zeigt die Abbildung 62/3. Während die Trieblänge im ersten Jahr etwa 5 - 20 % der oberirdischen Länge bzw. 1 - 8 % der Gesamtlänge (einschließlich Wurzel) ausmacht, beträgt der Anteil des Triebes an der oberirdischen Länge nach dem zweiten Jahr bereits 30 - 75 %. Die Hochlagen scheiden sich dabei von den Normallagen ziemlich deutlich ab; nach dem zweiten Jahr beträgt die Trieblänge der Hochlagen nur 30 - 45 % der oberirdischen Länge; bei den Normallagen schwankt dieser Wert zwischen 55 und 75 % (ein ähnliches Ergebnis wie aus der Kulturkammer nach 3 - 4 Monaten, Kapitel 4 und 5).

Auch der Anteil des Triebes am Gesamtgewicht ergibt die gleichen Unterscheidungsmöglichkeiten, die in diesem Fall vor allem nach dem ersten Jahr sehr deutlich zum Ausdruck kommen (10 - 20 % bei den Hochlagen gegenüber 30 - 40 % bei den Normallagen); nach dem zweiten Jahr wird dieser Unterschied durch die starke Wurzelentwicklung wieder überdeckt, ist aber - wenn auch nur mit einer Differenz von etwa 5 - 10 % immer noch erkennbar (Abbildung 62/3); dieser Unterschied ist jedoch zu gering, um auch noch für verschiedene Herkünfte, die geographisch weiter voneinander entfernt sind, eine sichere Aussage zuzulassen; nach unseren Erfahrungen könnte ein Anteil des zweijährigen Triebes am Gesamtgewicht von etwa 50 % die Trennung von Hoch- und Normallagen ermöglichen (Hochlagen geringer, Normallagen höher).

624 Anzahl der Triebe

Die Beachtung der Ausbildung mehrerer Triebe an den Freilandsämlingen zeigt sehr gute Zuordnungsmöglichkeiten der einzelnen Sorten; allerdings ist bei diesem Merkmal (siehe Schema der Abbildung 624) im ersten Jahr noch kein Ergebnis zu erwarten, da die Triebbildung selbst nur sehr zögernd und bei den Hochlagen fast gar

nicht erfolgt, die Trieblänge selbst liegt oft unter 1 mm, erst im zweiten Jahr gibt uns die Triebbildung brauchbare Aufschlüsse (siehe Tabelle 624). Diese sieht in unserem Fall allerdings weitaus schlechter aus, als auf Grund der Knospenbildung nach dem ersten Jahr vermutet werden könnte (siehe eingeklammerte Werte der Tabelle 624); es trat im Frühjahr des zweiten Sämlingsjahres ein starker Spätfrost auf, der alle Sämlinge im gleichen Maß schädigte, sodaß bei allen Pflanzen ein neuerliches Austreiben infolge Verlustes des Triebes erfolgen mußte. Aber vielleicht gerade durch dieses Mißgeschick war eine besonders deutliche Trennung des Materials möglich; die Hochlagensorten, die besonders stark zu einer Zwieselbildung neigen, zeigen diese Eigenschaft bereits im zweiten Jahr und behalten diese auch in späteren Jahren bei (siehe Abschnitt 634); bei den oberen Zwischenformen, die zumeist auf Grund ihrer Knospenbildung im ersten Jahr keine besondere Neigung zur Zwieselbildung zeigen, tritt im zweiten Jahr wahrscheinlich wegen des Spätfrostschadens sehr starke Triebvermehrung auf; diese wird jedoch im späteren Wachstum bald ausgeglichen, sodaß bei 4 5 jährigen Sämlingen die im zweiten Jahr aufgetretene Zwieselbildung bereits so weit überwachsen ist, daß sie kaum mehr zu erkennen ist (siehe Abschnitt 634).

Die Normallagenherkünfte und die unteren Zwischenformen zeigen im großen Durchschnitt keine Neigung zur Zwieselbildung, was vor allem aus den Knospenwerten nach dem ersten Jahr erkennbar ist; nur einzelne Sorten haben einen verhältnismäßig hohen Anteil an doppelten Knospen und in deren Folge auch verstärkte Zwieselbildung im zweiten Jahr, die auch später noch zum Teil erhalten bleibt (zum Beispiel hat die Sorte H12 nach dem ersten Jahr 6 Pflanzen mit doppelten Knospen und dementsprechend 26 Zwieselbildungen im zweiten Jahr gegenüber den übrigen Sorten dieser Lage mit Durchschnitt 0 Knospen bzw. 8 Zwieselbildungen im zweiten Jahr; nach dem vierten Jahr zeigt diese Sorten immer noch 15 % deutliche und 11 % überwachsene Zwiesel gegenüber einem Durchschnitt von 10 % deutlichen und 11 % überwachsenen Zwieseln bei den guten Sorten der tiefergelegenen Herkünfte).

Im allgemeinen muß hier jedoch festgestellt werden, daß die vermehrte Bildung von Knospen an der Plumula keinen deutlichen Einfluß auf die Triebbildung des zweiten Sämlingsjahres ausübt; diese Knospenbildung ist vielmehr nur eine Art von Speicherung von Reservestanz, um im Notfall Ersatzknospen zur Verfügung zu haben. Sie bieten sogar einer im folgenden Frühjahr durch Spätfrost geschädigten Pflanze den Vorteil, durch eine bereits vorgebildete Knospe schneller einen Ersatztrieb auszubilden, während in den Fällen mit einfacher Knospe erst eine neue Knospe gebildet werden muß, ehe eine Ersatztrieb Bildung einsetzen kann.

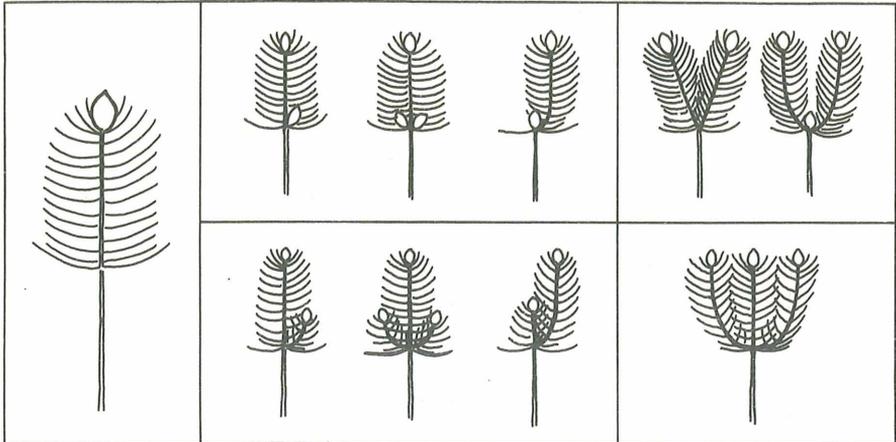


Abbildung 624: Schema der Klasseneinteilung der Anzahl der Triebe

Tabelle 624: Durchschnittliche Anzahl der Pflanzen (in %) mit zwei oder mehr Trieben in Abhängigkeit von der Seehöhe der Mutterbäume (zweijährige Sämlinge); in Klammer die Anzahl der Pflanzen (in %) mit 2 oder mehr Knospen an der Plumula am Ende des 1. Sämlingsjahres (Summe der Pflanzen in den Klassen 4 und 5 nach Schema 524); die vermehrte Triebbildung im 2. Sämlingsjahr wurde durch einen starken Spätfrostschaden bedingt

Herkunft	Höllengebirge	Seetaler Alpen	Gahns	Semmering	Gesamtmittelwerte
Hochlagen	29,4(10,3)	38,4(3,5)	-	27,6(7,0)	30,8(6,6)
obere Zwischenformen	29,0(1,5)	24,0(1,0)	22,8(6,8)	28,2(2,0)	26,4(2,8)
Normallagen	12,8(0,9)	12,8(1,6)	16,2(4,2)	-	13,8(1,9)
untere Zwischenformen	14,0(2,0)	18,0(0,3)	-	-	15,6(1,3)

625 Knospenentwicklung

Ein Merkmal, das bisher nur wenig beachtet wurde, das aber nach unseren Erfahrungen eine große Rolle in der Beurteilung der Sämlinge spielen könnte, ist die Form der Gipfelknospe am Ende des zweiten Sämlingsjahres. Nach den bei Altbäumen gemachten Erfahrungen wurden insgesamt sechs Klassen der Knospenform unterschieden (siehe Abbildung 625); diese Unterscheidung ist bei den Sämlingen leicht zu treffen. In der Abbildung 625 sind nun die Mittelwerte der einzelnen Klassen und Höhenstufen nach Herkünften getrennt dargestellt und zeigen den übermäßig hohen Anteil der kugeligen Knospen (Klasse 6) bei den Hochlagen und zum Teil auch noch den oberen Zwischenformen, während bei den Normallagen und den tieferen Herkünften fast keine kugeligen Knospen auftreten (Tabelle 625/2). Nur die Klasse 5, also mehr oder weniger kugelige Knospen mit einer erkennbaren Spitze (letztere fehlt bei Klasse 6) ist über alle Höhenstufen hinweg ziemlich gleichmäßig vertreten (siehe Tabelle 625/1); die übrigen Klassen der Knospenformen folgen einer Gauß'schen Verteilung, wobei mit zunehmender Höhenlage eine leichte Verschiebung des Kurvengipfels zu den dickeren Knospenformen hin erfolgt.

Tabelle 625/1: Anzahl der verschiedenen Knospenformen (jeweils in % der Gesamtpflanzenzahl) nach dem Schema der Abbildung 625 in den verschiedenen Höhenstufen (als Durchschnitt aller Herkünfte)

Knospenform:	1	2	3	4	5	6
Hochlagen:	2	13	25	24	12	24
obere Zwischenformen:	2	17	28	20	20	13
Normallagen:	5	22	33	21	16	3
tiefere Lagen:	2	22	37	25	12	2

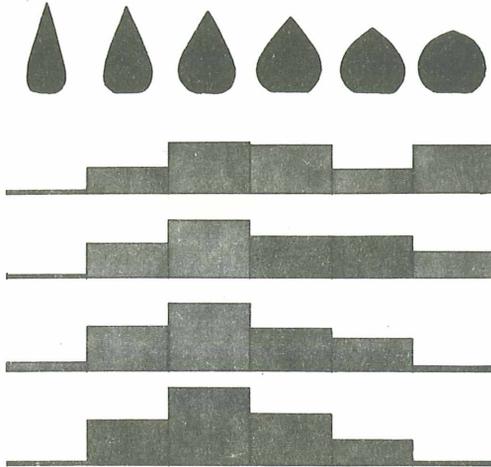


Abbildung 625: Schematische Form der Terminalknospen sowie deren Anzahl bei den zweijährigen Sämlingen der Hochlagen, der oberen Zwischenformen, der Normallagen und der unteren Zwischenformen (von oben nach unten)

Tabelle 625/2: Anzahl der kugeligen Knospen der verschiedenen Höhenstufen der einzelnen Herkünfte (in % der Gesamtpflanzen; keine Zahlenangabe bedeutet Fehlen dieser Höhenstufe im Versuch)

	Hochlagen	obere Zwischen- formen	Normallagen	untere Zwischen- formen
Bleiberg	-	7	5	0
Gahns	-	7	5	-
Höllengebirge	15	19	4	4
Seetaler Alpen	35	-	0	0
Semmering	21	13	-	-
Gesamtdurchschnitt	24	13	3	2

626 Wassergehalt

Im Laufe der Untersuchungen wurden auch die durchschnittlichen Wassergehaltswerte der einzelnen Sorten (an etwa 15 - 20 zweijährigen Pflanzen nach Wassersättigung durch 3 Tage langes Einlegen der Pflanzen in Wasser) bestimmt; diese Werte sind in der Tabelle 626 (Mittel- und Extremwerte der einzelnen Höhenstufen und Herkünfte) eingetragen. Vor allem die Streuung innerhalb der einzelnen Sortenwerte ist jedoch zum Teil derart groß, daß eine verlässliche Auswertung dieses Merkmales nicht erwartet werden kann; im allgemeinen liegen jedoch die Durchschnittswerte der einzelnen Höhenstufen einer Herkunft in einer wassergehaltsabnehmenden Reihenfolge mit zunehmender Höhenstufe (siehe Tabelle 626); zu beachten ist allerdings, daß dies nur zutrifft, wenn man innerhalb der gleichen Herkunft bleibt; den Werten aus verschiedenen Herkünften scheinen nach dieser Beobachtung verschiedene Basiswerte zu Grunde zu liegen (zum Beispiel Herkunft Semmering). Leider reicht dieses Material nicht aus, um weitere Aussagen in dieser Hinsicht zu machen.

Auch nach dem ersten Sämlingsjahr erfolgte eine Wassergehaltsbestimmung der Nadeln, jedoch derart, daß von je 100 Pflanzen jeder Sorte insgesamt je 5 Nadeln entnommen wurden und nach der gleichen Methode der Wassersättigung wie nach den zweiten Jahr einer Wassergehaltsbestimmung zugeführt wurden. Diese Bestimmung zeigt allerdings (siehe die Werte der Tabelle 626), daß die Unterschiede sowohl der einzelnen Sorten als auch der einzelnen Höhenstufen gering und vielfach wahrscheinlich durch die zu geringe Sortenzahl in den einzelnen Höhenstufen - nicht einmal kontinuierliche Reihen im Wassergehaltswert der Höhenstufen zu finden sind (Abbildung 522/2).

63 MESSERGEBNISSE NACH DEM 4. UND 5. JAHR

631 Allgemeine Hinweise auf das Wachstum im 3. bis 5. Jahr;
Austrieb, Augustriebbildung

Die Verschulung im dritten Jahr bedeutete für die Sämlinge einen starken Eingriff in das Wachstum, der vor allem im Höhenwuchs deutlich zum Ausdruck kommt (siehe Abschnitt 632); auch der Dichtstand von einzelnen Sorten im fünften Jahr scheint sich deutlich auf die Pflanzenentwicklung auszuwirken; jedenfalls wirkte er durch einen bereits starken Nährstoffmangel erheblich auf die Nadelfarbe der Pflanzen, die in diesem Bereich eine gelbliche Verfärbung zeigten, während an den Plätzen mit kleineren Pflanzen keine erkennbare Verfärbung auftrat.

Bei den durch die Verschulung im dritten Jahr beeinflussten Sämlingen wurden wegen der daraus zu erwartenden Störungen im Austrieb keine näheren Beobachtungen angestellt.

Tabelle 626: Durchschnittlicher Wassergehalt der Freilandsämlinge (in % des Trockengewichtes) (Werte in Klammer sind Einzelwerte)

	Alter	Hochlagen			obere Zwischenformen			Normallagen			untere Zwischenformen		
		Min	Max	Ø	Min	Max	Ø	Min	Max	Ø	Min	Max	Ø
Ebleiberg	1 jg				136	154	146,4	137	150	141,0			(151,0)
	2 jg				143,8	178,3	158,7	153,5	168,6	160,9			(156,2)
Gahns	1 jg				136	147	139,2	135	149	142,6			
	2 jg				146,0	156,9	152,4	142,2	164,5	157,5			
Höllengebirge	1 jg	131	145	139,0	124	130	127,0	142	170	150,0	139	149	144,0
	2 jg	148,9	161,4	154,4	155,3	165,1	160,2	152,2	172,0	166,1	163,9	181,3	172,7
Seetaler Alpen	1 jg	130	143	136,2	141	146	143,5	135	156	145,3	154	167	159,0
	2 jg	151,6	161,5	156,0			(163,1)	153,5	170,4	161,2	155,7	162,6	169,5
Semmering	1 jg	124	135	128,8	135	153	144,5						
	2 jg	141,6	157,3	147,5	139,5	154,4	145,7						
Durchschnitt	1 jg			134,4			143,1			145,7			151,4
	2 jg			152,0			155,9			162,3			168,9

Eine sehr deutliche Differenzierung im Austrieb der einzelnen Sorten konnte jedoch im vierten Jahr gefunden werden, die auch durch die Beobachtungen im fünften Jahr eine Bestätigung erfuhr. So wurde am 3. Mai 1962 die Zahl der ausgetriebenen Sämlinge der einzelnen Sorten gezählt; dabei ergab sich (Tabelle 631), daß unter den tieferen Herkünften bereits 77,4 % der Sämlinge ausgetrieben hatten, während zum gleichen Zeitpunkt bei nur 23,2 % der Hochlagen der Mitteltrieb zu sprossen begonnen hatte und zudem noch wesentlich schwächer war, das Wachstum also erst zu einem späteren Zeitpunkt begonnen hatte. Das Bemerkenswerte liegt vielleicht darin, daß die oberen Zwischenformen zu diesem Zeitpunkt bereits zu 49,7 % ausgetrieben hatten, also mehr als doppelt so viel als bei der nächsthöheren Stufe, hingegen nur um 8,7 % weniger als bei den Normallagen; sie zeigen dadurch ein Vorseilen gegenüber den übrigen Herkünften (Abbildung 631/1).

Sehr günstig war im vierten Jahr auch die Beobachtung der Augusttriebe, deren Ausbildung in diesem Jahr (1962) besonders kräftig erfolgte. Bei einer der Austriebsbeobachtung ähnlichen Aufnahme am 26. Juli 1962, bei der die Anzahl der Pflanzen mit Augusttrieben bei den einzelnen Sorten (gut erkennbar an den hellgrünen Spitzen) ausgezählt wurde (Tabelle 631), ergaben sich folgende Hinweise; besonders auffallend ist an dieser Aufnahme, daß die Augusttriebbildung parallel zum Austrieb erfolgt und nur geringe Schwankungen bei den

Tabelle 631: Abhängig von Austrieb und Augusttriebbildung von der Seehöhe der Mutterbäume bei 4jährigen verschulten Pflanzen; Aufnahme des Austriebes am 3. Mai 1962, Aufnahme der Augusttriebbildung am 26. Juli 1962

	Anzahl der ausgetriebenen Pflanzen in %	Anzahl der Pflanzen mit Augusttrieb in %
Hochlagen	23,2	13,1
obere Zwischenformen	49,7	43,3
Normallagen	58,5	52,0
untere Zwischenformen	77,4	55,7

einzelnen Sorten in der Beziehung zur Austriebsbeobachtung festzustellen sind (Tabelle 631); im Mittelwert der einzelnen Herkunftsgruppen ist die Parallelität der beiden Beobachtungen besonders deut-

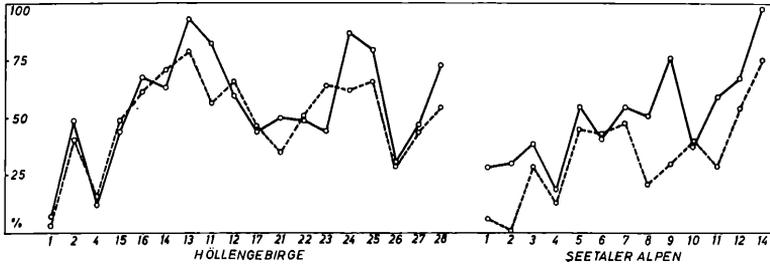


Abbildung 631/1 Austrieb (ausgezogene Kurve) und Augustriebbildung (strichliert) bei verschiedenen Einzelbaumsorten (Durchschnittswert bei vierjährigen Sämlingen)

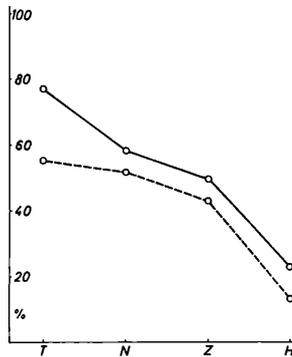


Abbildung 631/2 Einmalige Aufnahme von Austrieb (ausgezogene Kurve) und Augustriebbildung (strichliert), getrennt nach der Seehöhenlage der Mutterbäume

lich, nur die tieferen Herkünfte (unter 1000 m) zeigen eine erheblich geringere Augusttrieb Bildung, als dem Austriebszeitpunkt entsprechen würde; bei den Hochlagen ist die Augusttrieb Bildung nahezu ohne Bedeutung (13,1 % aller Pflanzen) (Abbildung 631/2). Es bleibt noch zu bemerken, daß keine der Pflanzen mit Augusttrieb im darauffolgenden strengen Winter 1962/63 eine Schädigung zeigte, sondern daß alle Pflanzen im Frühjahr 1963 den gleichen Austriebsrhythmus aufwiesen, wie es bereits im Vorjahr festgestellt wurde. Im Jahre 1963 (fünfjährig) wurde allerdings nur bei ganz vereinzelt Pflanzen eine Augusttrieb Bildung ausgelöst, über die deshalb auch keine weiteren Aufzeichnungen erfolgten.

632 Aufwuchs

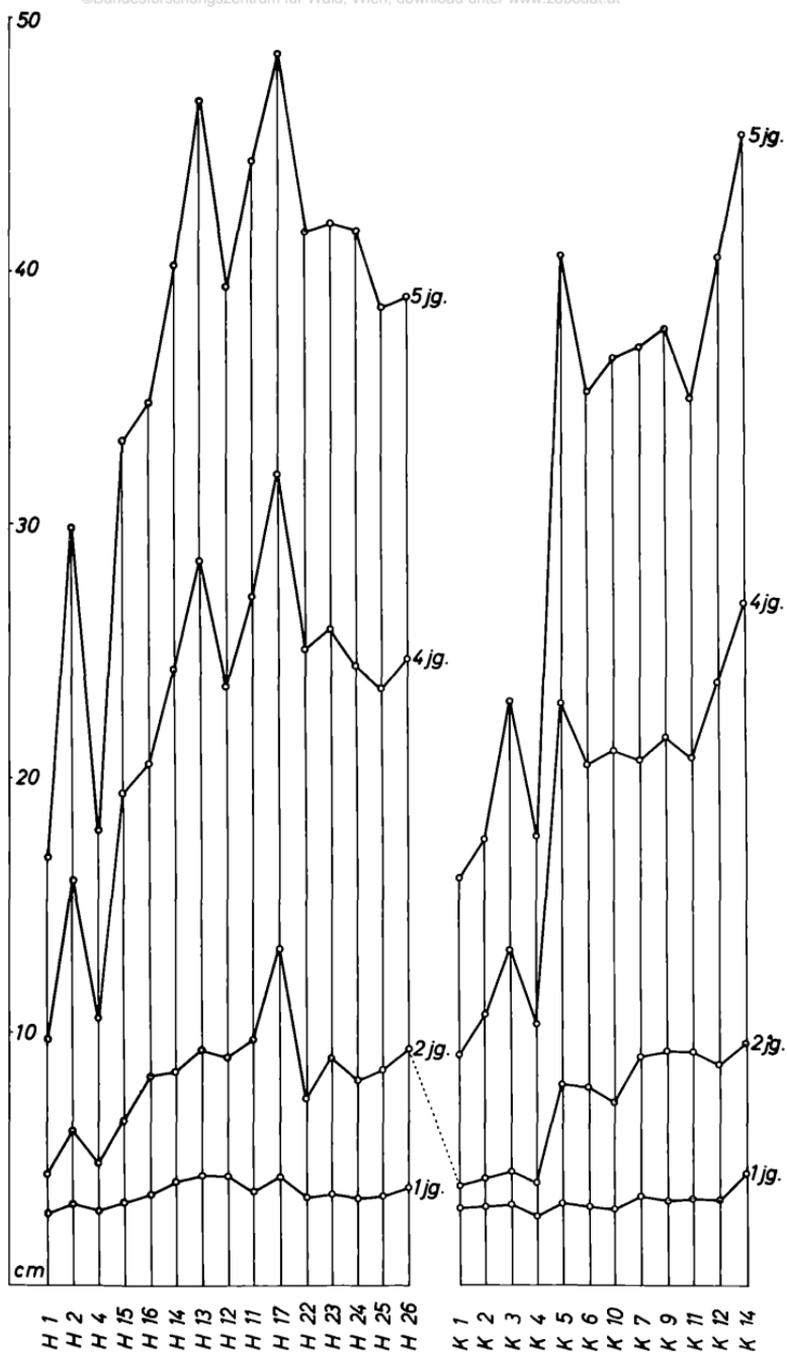
Das Höhenwachstum der verschulten Sämlinge zeigt im dritten Jahr (also nach der Verschulung) eine deutliche Stockung, da die Pflanzen durch Herausnehmen und Verschulen einen gewissen Rückschlag erhalten; trotzdem ist im dritten Jahr eine starke Abhängigkeit des Trieb Längenzuwachses von der Höhe im vorausgehenden Jahr festzustellen (Abbildung 632/3). Der Höhenzuwachs der Normallagensorten ist im Durchschnitt um etwa 15 % geringer als im zweiten Jahr (siehe Tabelle 632); die Gesamtmasse nimmt hingegen zu, da ja erst im dritten Jahr eine deutlich seitliche Verzweigung erfolgt; die Hochlagensorten zeigen jedoch im dritten Jahr noch keine starke Verzweigung, nehmen aber im Höhenwuchs stärker zu als im zweiten Jahr (siehe Tabelle 632).

Erst im vierten Jahr beginnt ein überaus kräftiges Wachstum, das jedoch eine starke Abhängigkeit von der Größe der Pflanze im vorhergehenden Jahr erkennen läßt. In einzelnen Fällen ist die Zunahme der Pflanzenhöhe gleich groß wie die gesamte in den ersten drei Lebensjahren erreichte Höhe, sodaß die verschulten Pflanzen am Ende des vierten Jahres nahezu doppelt so groß sind wie nach dem dritten Jahr (siehe Tabelle 632 und Abbildungen 632). Die Unterscheidung der Hochlagensorten von den übrigen ist nun besonders deutlich, da der Größenunterschied, bedingt durch das weitaus langsamere Wachstum eines großen Teiles der Sämlinge der Hochlagensorten, bereits recht beachtlich ist; der Mittelwert der einzelnen Sorten liegt unter 50 % der Mittelhöhen der Normallagensorten (siehe Tabelle 632). Es gibt aber auch unter den Hochlagensorten einzelne Pflanzen, die in der Größe den Normallagen nicht nachstehen und als eine solche bezeichnet werden können, wie es auch unter den Normallagenherkünften einzelne Pflanzengibt, deren Größe unter 50 % des Mittelwertes dieser Sorten liegt; die Pflanzengröße schwankt somit innerhalb der einzelnen Mutterbäume recht beachtlich.

Im fünften Sämlingsjahr zeigen alle Sorten einen recht beachtlichen Höhenwuchs, der durchwegs noch stärker ist als im vierten Jahr;

Tabelle 632: Durchschnittlicher jährlicher Höhenwuchs der Fichtenpflanzen der Herkunft Höllengebirge und Seetaler Alpen

Gesamthöhe nach dem Zuwachs im	1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr	4. Jahr	5. Jahr
		2. Jahr	3. Jahr	4. Jahr	5. Jahr
Gesamtwerte:	3,47	4,30	3,69	9,86	14,47
Hochlagen:	2,97	1,29	1,85	4,60	7,90
Normallagen und Zwischenformen:	3,62	5,09	4,46	11,33	16,50
Höllengebirge:	3,65	4,63	4,00	11,07	15,06
Hochlagen:	2,89	1,55	2,51	3,20	7,28
Normallagen und Zwischenformen:	3,74	5,08	4,73	12,28	16,65
Seetaler Alpen:	3,25	3,84	3,36	8,33	13,74
Hochlagen:	3,01	1,16	1,61	5,16	8,14
Normallagen und Zwischenformen:	3,45	5,10	4,03	12,57	16,27
				22,35	38,62
				21,32	35,79
				10,71	18,61
				24,51	41,01
				23,35	38,41
				10,15	17,43
				25,83	42,48
				18,78	32,52
				10,94	19,08



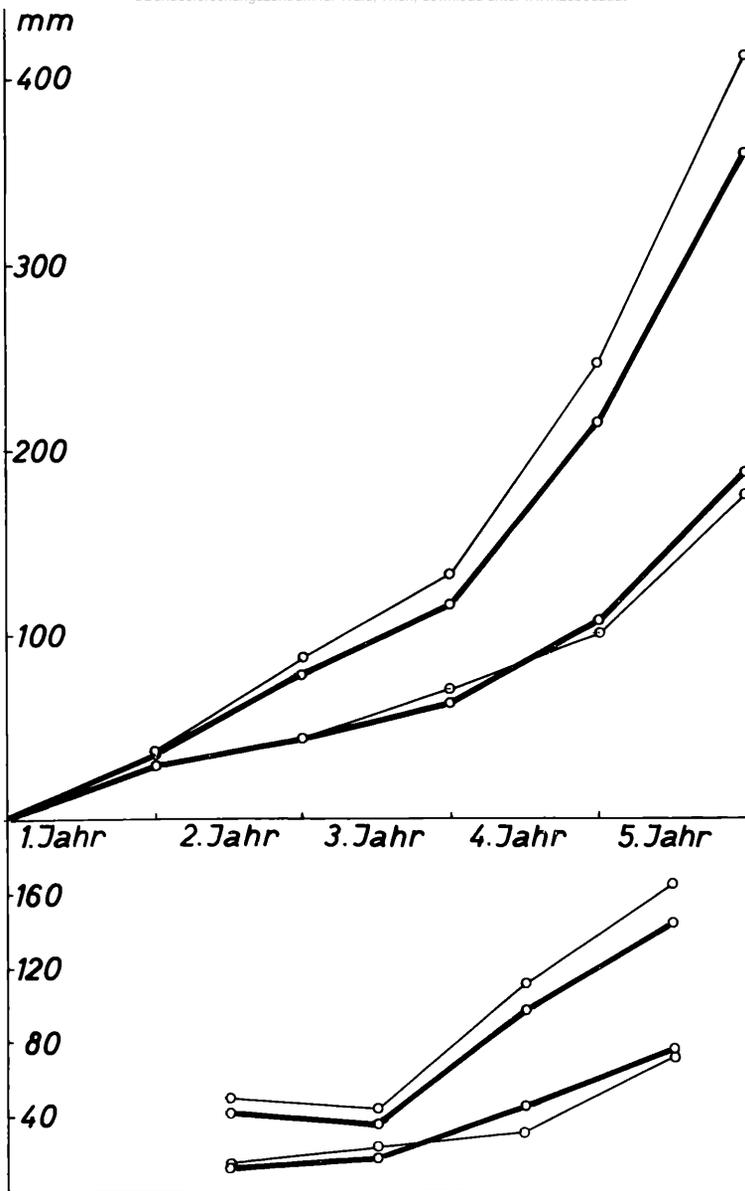


Abbildung 632/2 (oben): Durchschnittlicher jährlicher Zuwachs (untere Darstellung), sowie Gesamthöhe (obere Darstellung) der Sämlinge von zwei verschiedenen Herkünften während der ersten fünf Jahre (dicke Kurve Seetaler Alpen, dünne Kurve Hölleengebirge; oberes Kurvenpaar Normallagen, unteres Kurvenpaar Hochlagen)

Abbildung 632/1 (gegenüberliegende Seite): Gesamthöhenwuchs der Freilandsämlinge während der ersten 5 Jahre, aufgegliedert nach dem jährlichen Zuwachs

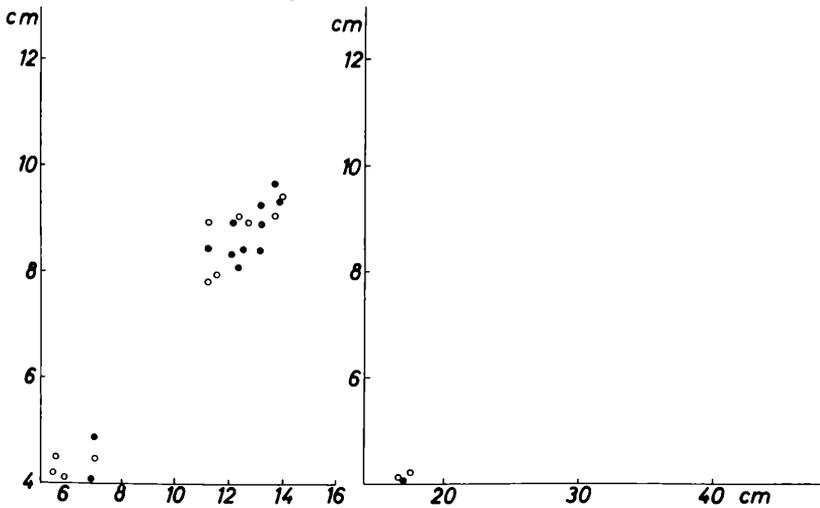


Abbildung 632/3: Vergleich der Gesamthöhe der dreijährigen (links) und der fünfjährigen (rechts) Sämlinge mit den Werten der zweijährigen Sämlinge (Ordinate) der gleichen Sorten (volle Punkte Höl- lengebirge, leere Kreise Seetaler Alpen)

er ist jedoch gleichfalls von der im vorhergehenden vierten Jahr erreichten Endgröße abhängig. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache erscheint es nun, daß die Hochlagenherkünfte die gleiche Wüchsigkeit im fünften Jahr erreichen, wie sie die Normallagen bereits ein Jahr früher zeigten; sowohl die Endgrößen als auch der Jahreszuwachs bei den Hochlagen im fünften Jahr zeigt fast einen gleich großen Wert, wie ihn die Normallagen im vierten Jahr hatten. Man könnte somit die fünfjährigen Hochlagen in der Größe den vierjährigen Normallagen gleichstellen (Abbildung 632/1), abgesehen von einzelnen Ausnahmen, deren Endgröße nach dem 5. Jahr zum Teil sogar unter 10 cm bleibt. Ob diese Pflanzen jemals eine für Aufforstungszwecke erforderliche Größe erreichen, muß dahingestellt bleiben, da es sich meist um stark verzweiselte Pflanzen mit buschigem Wuchs ohne erkennbaren Leittrieb handelt.

Betrachtet man nun die Zunahme der Pflanzenhöhe in den einzelnen Jahren, so findet man eine deutliche Beziehung zu der im vorangegangenen Jahr erreichten Pflanzengröße (Abbildung 632/1); dabei muß man auch noch die Verzweigung in Rechnung stellen, um das leichte Nachlassen des Zuwachses des Gipfeltriebes im fünften Jahr bei den Normallagen erklären zu können. Bei diesen Pflanzen haben die Seitenäste eine derart große Zahl von Verzweigungen erreicht,

daß sie einen großen Teil der neugebildeten Substanz benötigen; es ist ja schließlich eine bekannte Tatsache, daß der spätere jährliche Höhenzuwachs nach Überwindung des ersten Jugendstadiums als eine nahezu konstante Größe gegeben werden kann und nur mehr durch extreme Klimaschwankungen und später zusätzlich durch reichliche Samenbildung in einzelnen Jahren Veränderungen erfährt; der Gesamtzuwachs jedoch (sowohl der Länge sämtlicher Seitenzweige als auch Gewicht bzw. Masse) nimmt weiterhin von Jahr zu Jahr stetig zu. Die Beobachtungen durch die ersten fünf Jahre sind jedoch zu kurz, um aus dem Kurvenverlauf - der zudem noch durch das Verschulen der Pflanzen gestört ist - Rückschlüsse auf die endgültige Länge des späteren jährlichen Leittriebes bzw. auch auf die spätere Massenleistung ziehen zu können.

633 Nadelfarbe

Als ein Merkmal besonderer Art wurde die Nadelfarbe der Sämlinge im 4 - 5-jährigen Alter bestimmt; die dabei aufgefundenen Beziehungen sind in den Abbildungen 633 dargestellt. Aufgenommen wurde dieses Merkmal nach 6 Abstufungen: gelbgrün hellgrün grün graugrün grau silbergrau.

Ziemlich deutlich und durch den Korrelationskoeffizienten $r = 0,66$ (bei $r = 0,42$ mit 99 % Sicherheit) ziemlich sicher belegt ist die Beziehung der Nadelfarbe der Sämlinge zur Seehöhe der Mutterbäume der einzelnen Sorten. Dies gilt sowohl für die einzelnen Herkünfte dieses Versuches (Höllengebirge und Seetaler Alpen) getrennt als auch für beide zusammengekommen (Tabelle und Abbildung 633/1). Von einzelnen gelbgrünen Pflanzen abgesehen, deren Farbe vermutlich aus einer Wachstumsstörung herrührt, finden wir bei Ansteigen der Seehöhe der Mutterbäume eine starke Zunahme der graugrünen bis grauen Nadelfarbe, während bei den Sorten aus tieferen Herkünften die rein grünen Pflanzen überwiegen. Es hat dabei aber den Anschein, daß extreme Hochlagensorten (wie zum Beispiel H 1, K 1 und 2) einen größeren Anteil an grünen Pflanzen aufweisen; die zu den Übergangsformen zwischen den Hoch- und den Normallagen zählenden Sorten hingegen (wie H 2, 15) zeigen die höchsten Anteile an Pflanzen mit graugrüner und grauer Nadelfarbe.

Wie bereits aus der Abhängigkeit der Nadelfarbe der Jungpflanzen von der Seehöhe der Mutterbäume zu vermuten ist, besteht auch eine ziemlich gleich enge Korrelation ($r = 0,64$ bei $0,42$ mit 99 % Sicherheit) mit der mittleren Größe der Sorten im Alter von fünf Jahren (Abbildung 633/2). Gerade aus dieser Darstellung ist ersichtlich, daß die am besten wachsenden Sorten (zum Beispiel H17, H28, H11) den höchsten Anteil an grünnadeligen Pflanzen haben; eine Störung erleidet diese Darstellung aber durch die Hochlagensorten, die durch ihre extrem kleine Pflanzengröße wohl nicht die Beziehung Nadelfarbe Pflanzengröße 5jg. durchbrechen, aber doch zum Teil außer-

Tabelle 633: Abhängigkeit der Nadelfarbe der Pflanzen von der Höhenstufe der Mutterbäume (Näheres im Text)

	Höllengebirge	Seetaler Alpen	Durchschnitt
Hochlagen	3,78	3,76	3,77
obere Zwischenformen	3,89	3,67	3,78
Normallagen	3,19	3,28	3,23
untere Zwischenformen	2,96	3,40	3,18
Durchschnitt	3,46	3,53	

halb der Gruppierung der übrigen liegen (siehe Abbildung); es könnte aus dem Verhalten der wenigen Hochlagensorten in diesem Versuch sogar die Vermutung ausgesprochen werden, daß bei den Hochlagen eine den Normallagen und Zwischenformen gegenläufige Beziehung besteht; dies scheint aber in erster Linie dadurch hervorgerufen zu sein, daß bei den Hochlagensorten ein relativ hoher Anteil an rein-grünen Pflanzen (K 1, 2), die zudem noch die am schwächsten wachsenden sind, den Gesamtdurchschnittswert der Sorten stark herabdrücken, während vor allem die oberen Zwischenformen einen sehr hohen Prozentsatz an Pflanzen mit graugrüner und grauer Nadelfarbe aufweisen (K 5, 6, H 2, 14, 15).

Sowohl die Aufnahme der Pflanzen selbst als auch die Auswertung der Beziehung Nadelfarbe : Seehöhe der Mutterbäume ließ vermuten, daß auch eine ziemlich enge Korrelation der Nadelfarbe zur Augusttrieb- bildung besteht. Die genaue Auswertung dieser beiden Merkmale ließ jedoch nur eine ganz grobe Abhängigkeit erkennen, die dahin führt, daß wohl bei den helleren Sorten häufiger mit August- triebbildung zu rechnen ist, die Wahrscheinlichkeit einer direkten Abhängigkeit ist jedoch gering ($r = 0,34$ bei ca. 95 % Sicherheit).

634 Verzweigung, Zwieselbildung

Auch bei Verzweigung bzw. Zwieselbildung erfolgten genauere Auf- nahmen; die Zwieselbildung jeder einzelnen Pflanze wurde beurteilt nach dem Grad und darnach, ob diese Verzweiselung bereits über- wunden ist, ob eine Überwindung in absehbarer Zeit zu erwarten ist, oder ob die Zwieselbildung derart stark ist, daß diese Pflanzen für die Auspflanzung im Wald auszuschneiden sind; zumeist handelt es sich bei den letzten um Pflanzen mit sehr schwachem Höhenwuchs und buschiger bis kugeligter Krone.

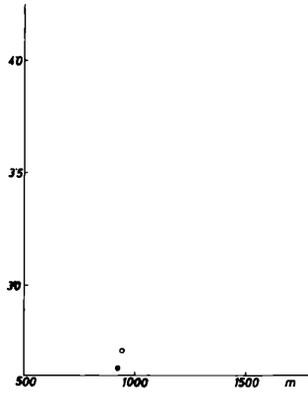


Abbildung 633/1: Zusammenhang von Nadelfarbe und Seehöhe; zunehmende Maßzahl der Nadelfarbe bedeutet Zunahme der grau-grünen Pflanzen

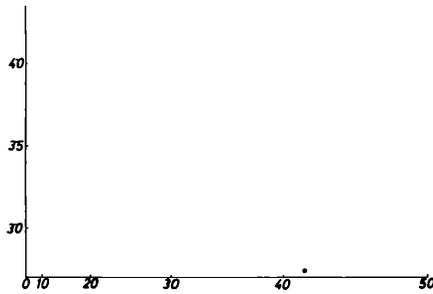


Abbildung 633/2: Zusammenhang von Nadelfarbe (Ordinate) und Gesamthöhe der fünfjährigen Sämlinge (Abszisse)

Betrachtet man nun den Grad der Zwieselbildung in Zusammenhang mit der Seehöhe des Mutterbaumes, so findet man eine recht gute Abhängigkeit derart, daß - je höher der Standort eines Mutterbaumes ist - desto sicherer mit einem hohen Prozentsatz von Zwieselbildung zu rechnen ist; diese nimmt sowohl in der Anzahl an Pflanzen als auch besonders stark im Grad der Verzweiselung zu (Abbildung 634/1 und Fotos 634/5). So wurden alle Hochlagenherkünfte mit einem Verzweiselungsgrad von über 0,5 gefunden, was bedeutet, daß über 50 % der Sämlinge dieser Sorte ziemlich starke Zwieselbildung zeigten, die zum Zeitpunkt der Beobachtung (im Alter von über vier Jahren) noch nicht überwunden war; ein Zwieselbildungsgrad von 1,0 und mehr (zum Beispiel bei K 4 = 1,16) bedeutet, daß bei dieser Sorte etwa 1/3 aller Pflanzen ausgesprochen buschigen Wuchs mit einer Anlage von mindestens 3, meist aber noch viel mehr Leittrieben (Foto) aufzuweisen haben. Diese letzteren Formen von Sämlingen sind ausschließlich unter den Hochlagenherkünften zu finden.

Dementsprechend ist auch der Einfluß der Zwieselbildung auf die Pflanzengröße: unter den Normallagenherkünften mit einer durchschnittlichen Höhe von über 35 cm im Alter von fünf Jahren ist kein nennenswerter Einfluß der Zwieselbildung auf den Höhenwuchs der Sämlinge zu erkennen, es ist aber eine leichte Abnahme der Pflanzengröße aus dem Verlauf der Gruppierung gegeben (Abbildung 634/2); dies scheint aber eher sortenbedingt als durch die Zwieselbildung beeinflusst zu sein. Dagegen finden wir auch in dieser Darstellung den enorm hohen Grad der Zwieselbildung in Verbindung mit dem sehr schwachen Höhenwuchs bei den Hochlagen beider Herkünfte vor (die Größe der fünfjährigen Pflanzen ist zum Teil unter 24 cm).

Eine sehr schöne und auch ziemlich gut gesicherte Abhängigkeit ist weiters bei der Gegenüberstellung von Zwieselbildung und Nadelfarbe zu erkennen (Abbildung 634/3), die zudem noch - von einzelnen Ausnahmen abgesehen - völlig unabhängig von der Höhenstufe oder sonstigen Gegebenheiten zu sein scheint. Wir finden hier eine Zunahme der graugrünen bzw. grünen Nadelfarbe, was im allgemeinen auch mit den übrigen Merkmalen, die in diesem Zusammenhang besprochen wurden, übereinstimmt (Korrelationskoeffizient $r = 0,57$ bei 0,42 gleich 99 % Sicherheit).

Weiter sei hier noch am Rande vermerkt, daß bei dem für unsere Versuche gewählten Material bereits im fünften Jahr bis zu einem gewissen Grad auch eine Art Verzweigungsform festzustellen ist. Betrachtet man die Seitenäste des untersten bzw. des zweiten Wirtels, so findet man darunter solche Pflanzen, bei denen eine große Anzahl Seitenäste 2., 3. und sogar 4. Ordnung gebildet wurde, sodaß bereits in diesem Alter der Eindruck einer bürstenartigen Verzweigung entsteht, während bei anderen Pflanzen gleicher Größe alle Seitenäste ausgesprochen schütter erscheinen und außer wenigen Seitenästen 2. Ordnung meist keine weitere Verzweigung erkennen las-

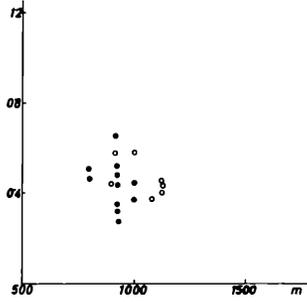


Abbildung 634/1: Zunahme der Zwieselbildung (Ordinate) bei vierjährigen Sämlingen mit zunehmender Seehöhe der Mutterbäume

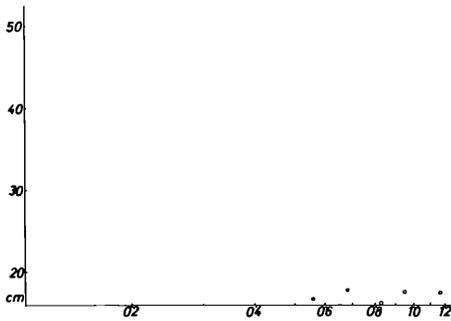


Abbildung 634/2: Abnahme der Gesamthöhe fünfjähriger Sämlinge (Ordinate) mit zunehmender Zwieselbildung (Abszisse)

sen (Abbildung 634/5). Es ist in diesem Alter sicher noch zu früh, von einer Einteilung in bestimmte Verzweigungsformen zu sprechen, aber es soll hier vor allem auf die Tatsache verwiesen werden, daß wir bereits in diesem Alter eine Unterscheidung treffen können, die später vielleicht noch weittragende Bedeutung haben könnte; die Pflanzen mit büstenartiger Verzweigung haben trotz ihres weitaus größeren Assimilationsapparates die schwach verzweigten bis jetzt noch nicht in der Gesamtwuchsleistung übertroffen; es konnte sogar das Gegenteil festgestellt werden, wie die Bestimmung an einzelnen Pflanzen ergab: die höchsten Pflanzen einer Sorte und zugleich auch die Pflanzen mit dem stärksten Dickenwachstum (zum Beispiel H17: 70 cm Höhe und 16,4 mm Durchmesser an der Basis) sind nur unter den Pflanzen mit der relativ schwachen Seitenastbildung zu finden, während die büstenartigen Pflanzen meist einen geringeren Stammdurchmesser an der Basis aufweisen (zum Beispiel H17: 58 cm Höhe und 11,2 mm Durchmesser an der Basis).

Für die Verzweigung wurde durch Messung der Länge des Haupttriebes und der Seitenäste des obersten Wirtels die Verhältniszahl:

$\frac{\text{Länge des Haupttriebes}}{\text{mittlere Länge der Seitenzweige}}$ festgelegt, wobei letztere in grobe Klassen zu 0,5, 0,7, 1,0 und 1,3 zusammengefaßt wurden. Diese Gruppierung ermöglichte eine gewisse Trennung der einzelnen Sorten, die aber nur wenige Anhaltspunkte gibt; gerade bei dieser Einteilung scheidet ein Teil der Sämlinge, vornehmlich aus Hochlagen, aus, da bei diesen keine für diese Bestimmung brauchbare Verzweigung im Alter 4 bzw. 5 Jahre vorhanden ist.

Wie aus der Abbildung (634/4) zu entnehmen ist, ist schon derart eine Gruppierung zu erkennen, als vor allem die Pflanzen mit gleich langen Seitenästen wie der Haupttrieb bei den Hochlagen und den oberen Zwischenformen gehäuft auftreten, (über 50 % aller Sämlinge) während die Normallagen einen hohen Anteil an etwa 0,7 so langen Seitenästen als der Haupttrieb (über 40 %) zeigen; bemerkenswert ist hierbei die mehr oder weniger Zwischenstellung der oberen Zwischenformen, die außer einem hohen Anteil zur Gruppe 1,0 auch einen hohen Anteil zur Gruppe 0,7 aufweisen, während das letztere Verhältnis von 0,7 bei den Hochlagen sehr zurückgedrängt erscheint. Diese Gruppierung ist bei den Sorten des Höllengebirges deutlicher zu erkennen, während die Sorten der Seetaler Alpen vor allem die Einstufung der Normallagen nicht so sicher zuläßt.

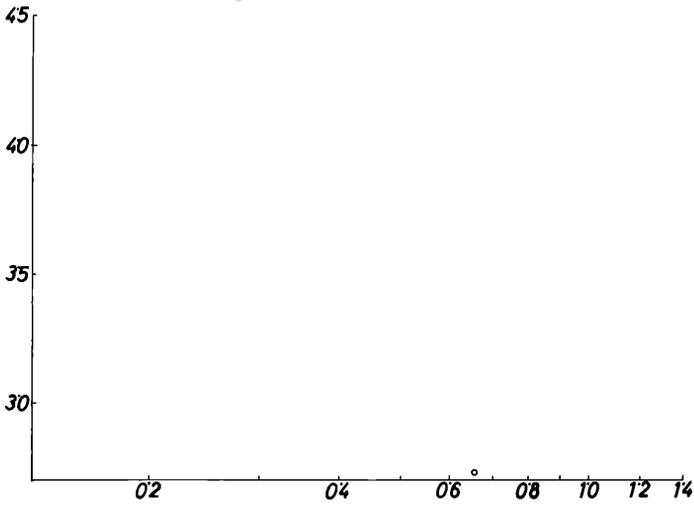


Abbildung 634/3: Zusammenhang von Zwieselbildung (Abszisse) und Nadelfarbe (Ordinate) bei fünfjährigen Fichtensämlingen

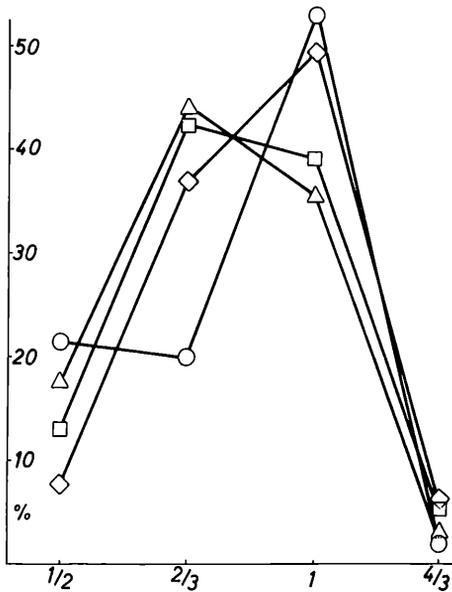


Abbildung 634/4: Anteil der Pflanzen (in Prozent) mit verschieden langen einjährigen Seitentrieben I. Ordnung (ausgedrückt durch das Verhältnis zur Länge des Haupttriebes) je nach Seehöhenlage der Mutterbäume: ○ Hochlägen, ◇ obere Zwischenformen, ▲ Normallagen, □ untere Zwischenformen

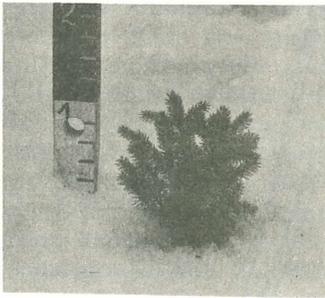


Abbildung 634/5: Aufnahmen verschiedener Jungpflanzentypen bei der Fichte (2/3jährige Sämlinge) aus dem Versuchsgarten Mariabrunn; große Pflanzen mit schwacher Verzweigung, große Pflanzen mit buschiger Verzweigung; kleine Hochlagenfichten mit z. T. fast kugeligem Wuchs durch starke Verzweiselung (Aufnahme Lichtbildstelle der FBVA)

64 ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE DER
FREILANDTESTUNG

Betrachtet man die Ergebnisse der Sämlingsanzucht im Freiland, so ergeben sich nach Ablauf der ersten beiden Sämlingsjahre nur verhältnismäßig wenig Anhaltspunkte für eine sichere Beurteilung und Einordnung des Saatgutes; vor allem ist nur eine relativ grobe Trennung der Hochlagen von den übrigen Formen möglich durch die Beobachtung des Wachstums während des Sommers und die Feststellung, wieweit bei einzelnen Sorten bereits frühzeitig Knospen ausgebildet werden; dies erscheint als eine der sichersten Hinweise; alle anderen in diesem Abschnitt (62) aufgezählten Kennzeichen zur Unterscheidung der einzelnen Sortenherkünfte nach ihrer zugehörigen Höhenstufe müssen als verlässliche Merkmale ausscheiden; die Unterschiede (zum Beispiel absolute Trieblänge, Anteil des Triebes an der Gesamtpflanze, auch Knospenform und dergleichen) sind im allgemeinen recht gering und können nur bei Extremsorten zu einer sicheren Erkennung führen.

Nach der Verschulung am Beginn des dritten Jahres muß man praktisch noch ein weiteres Jahr zuwarten, da bei den Beobachtungen im dritten Jahr, verursacht durch die Störung des Wachstums durch die Verschulung, kaum brauchbare Ergebnisse zu erhalten sind. Erst im Laufe des 4. Jahres gibt der Zeitpunkt des Austriebes und in einem ähnlichen Maß auch der Grad der Augusttrieb Bildung einen ziemlich sicheren Hinweis auf die Zuordnung einzelner Samensorten in eine bestimmte Höhenstufe. Recht günstig erscheint weiters die Beurteilung der Pflanzengröße, die allerdings auch schon einen Hinweis auf die spätere Wüchsigkeit der einzelnen Pflanzen und Sorten vermuten läßt; es fehlen aber bis jetzt noch immer Anhaltspunkte, wieweit eine solche Beurteilung möglich ist; aber allein die Berücksichtigung des größeren Vorsprunges der kräftigeren Pflanzen läßt günstige Pflanzungsbedingungen vorausgesetzt - auch später einen Vorsprung dieser Sorten erwarten. Es bleibt aber weiterhin noch die Frage ungeklärt, die zu entscheiden hätte, wieweit auf die Pflanzengröße und andere festgestellte Merkmale zur Zuordnung der Sorten nach der Höhenstufe bei einer Pflanzung in verschiedenen Höhenstufen Rücksicht zu nehmen ist; die Anzucht in einem Forstgarten im gemäßigten Klimabereich ergibt wohl markante Unterschiede zwischen den Sorten, aber sie kann trotzdem keine Auskunft über die spätere Eignung von Pflanzgut unter geänderten klimatischen Einflüssen ergeben; eine derartige Beurteilung ist vielleicht bei Anzucht der Sämlinge in verschiedenen Klimabereichen zu erwarten.

Die Anzucht der Sämlinge im Freiland, wie sie in diesem Hauptabschnitt besprochen wurde, zeigt nun recht interessante und für die Gesamtbeurteilung der Versuche wertvolle Zusammenhänge mit der Sämlingsprüfung bei den Versuchsreihen in der Kulturkammer. Dabei sollen von den vielen in Betracht kommenden Merkmalen nur die wesentlichsten und auch von Seiten der Praxis leicht zu erfassenden Bestimmungen hervorgehoben werden. Es sind dies die Größe der zwei- bzw. fünfjährigen Sämlinge aus dem Freiland in Verbindung mit der Größe der Sämlinge in der Kulturkammer nach einer relativ kurzen Wachstumszeit von 3 bzw. 4 Monaten und mit dem entscheidenden Kriterium der Kulturkammertestung, dem Anteil des Triebes an der Gesamtlänge bzw. dem Gesamtgewicht. Da diese beiden ein sehr eng verbundenes Verhalten zeigen (siehe Abschnitt 513 und die zugehörige Abbildung), so genügt in diesem Zusammenhang die Gegenüberstellung von 'Anteil des Triebes an der Gesamtlänge' aus den Kulturkammerversuche mit den 2- bzw. 5jährigen Höhen der Freilandsämlinge. Es ist dabei eine derart hohe Signifikanz gegeben, daß man daraus auch den immensen Vorteil der Kulturkammerversuche erkennen kann. So beträgt die Korrelation zwischen dem Anteil des Triebes an der Gesamtlänge in der Kulturkammer und der Größe der Sämlinge der gleichen Sorte im Alter von 5 Jahren im Freiland $r = 0,939$ (für insgesamt 24 Sorten von 2 verschiedenen Herkünften). Diese Beziehung wird auch durch die Abbildung 65/1 deutlich vor Augen geführt.

Es ist aber nicht nur der Anteil des Triebes an der Gesamtlänge, der außer der ziemlich sicheren Zuordnung der einzelnen Sorten zu einer bestimmten Seehöhenstufe auch eine verlässliche Voraussage der zu erwartenden Pflanzengröße nach 5 Jahren Freilandkultur ermöglicht, sondern auch die Gesamthöhe bzw. das gesamte Wachstum der Sämlinge in der Kulturkammer (unter konstanten Bedingungen) ist für einen direkten Vergleich mit dem Wachstum der Freilandsämlinge zu verwenden. Wie die graphischen Darstellungen 65/2 und 65/3 erkennen lassen, wie aber auch durch die Größe der entsprechenden Korrelationskoeffizienten ($r = 0,882$ bzw. $r = 0,886$) zum Ausdruck kommt, ist eine sehr enge Beziehung zwischen der Größe der Sämlinge in der Kulturkammer und der 2- bzw. 5jährigen Größe im Freiland vorhanden.

Da gerade in diesen relativ leicht zu erfassenden Merkmalen bzw. Kennzeichen von Kulturkammersämlingen eine sehr enge Beziehung zu den Anzuchtergebnissen im Freiland erkannt werden kann, tritt auch deutlich in Erscheinung, daß bereits mit einem Kurzttest unter geeigneten Bedingungen eine in vieler Hinsicht brauchbare Frührestung von Fichtensaatgut möglich ist, wodurch viele Rückschläge, die zudem

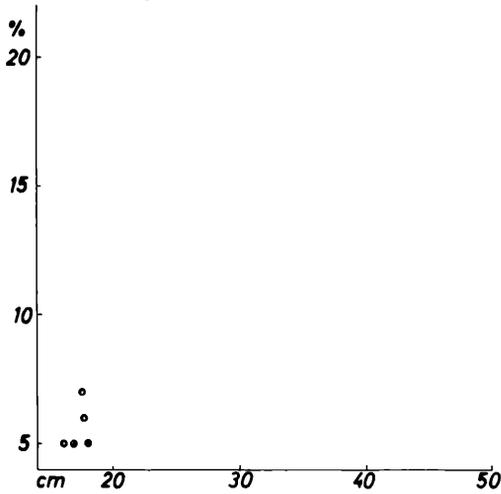


Abbildung 65/1: Zusammenhang des Anteiles der Trieblänge an der Gesamtlänge der Kulturkammersämlinge mit der Gesamthöhe der fünfjährigen Freilandsämlinge (volle Kreise Hölleengebirge, leere Kreise Seetaler Alpen)

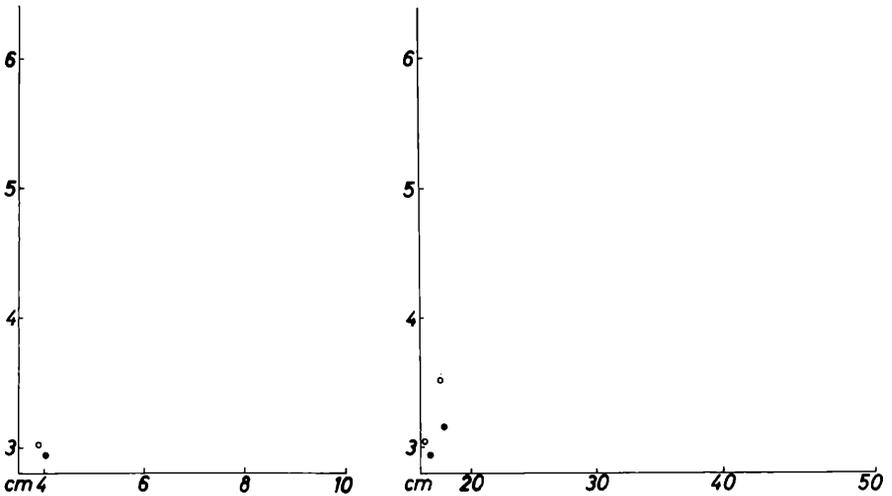


Abbildung 65/2: Vergleich der Gesamthöhe der Kulturkammersämlinge (Ordinate) mit der Gesamthöhe zweijähriger Freilandsämlinge (Abszisse) (rechte Abbildung)

Abbildung 65/3: Vergleich der Gesamthöhe der Kulturkammersämlinge (Ordinate) mit der Gesamthöhe fünfjähriger Freilandsämlinge (Abszisse) (linke Abbildung)

erst nach Jahren auftreten, vermieden oder zumindest auf ein sehr geringes Ausmaß eingeschränkt werden können. Da auch die anderen Kulturkammerergebnisse mit den hier zum Vergleich herangezogenen Merkmalen enge Zusammenhänge zeigen (siehe die Abschnitte 4 und 5), läßt sich somit aus fast allen in diesem Rahmen geschilderten Testmethoden eine mehr oder weniger verlässliche Vorhersage machen über das zu erwartende Wachstum und über sonstige vor allem für Aufforstungen in verschiedenen Höhenstufen entscheidende Aussagen bzw. Hinweise.

7 SONSTIGE UNTERSUCHUNGEN AM SAMENMATERIAL

71 KEIMVERSUCHE BEI VERSCHIEDENEN TEMPERATUREN, HALTBARKEIT DER SAMEN

In einem getrennten Versuch wurden im Winter 1958/59 und im Winter 1959/60 die Samen von etwa 80 Einzelbäumen einer Prüfung der Keimschnelligkeit und Keimfähigkeit unterzogen, um festzustellen, wieweit diese Eigenschaften innerhalb der einzelnen Sorten schwanken und wieweit sie nach Sorten verschieden sind. Zu diesem Zweck wurden Keimschränke verwendet, deren Temperatur durch ein Kontaktthermometer in einem Wasserbad konstant gehalten wurde; selbstverständlich war die Temperatur des Raumes, in dem diese Keimschränke aufgestellt wurden, niedriger als die gewünschte Keimtemperatur. Zusätzlich wurden alle zur Keimung aufgelegten Samen mit 2 Leuchtstoffröhren zu 25 Watt aus etwa 50 cm Entfernung beleuchtet (etwa 800 Lux), um vor allem auch die Temperaturabhängigkeit der Anthozyanbildung in der Wurzelspitze aufnehmen zu können (siehe Abschnitt 74).

Die ersten Keimversuche mit dem etwa 2 - 6 Monate alten Saatgut ergaben gleiche Keimprozente bei allen Temperaturen von $7,5^{\circ}$ bis 32° C, nur die Dauer der Keimung war bei den kälteren Temperaturen (bis zu 35 Tagen bei $7,5^{\circ}$) verzögert; bei den Temperaturen 20° 32° waren nur geringe Unterschiede (etwa 1 Tag) in der durchschnittlichen Keimdauer zu finden. Die Wiederholung dieser Keimungsprüfungen bei verschiedenen Temperaturen nach einem Jahr Lagerung ergab wohl auch eine nahezu vollständige Keimung des Saatgutes, aber bereits bei 30° C Keimtemperatur war eine deutliche Hemmung feststellbar, (die durchschnittliche Keimdauer betrug bereits 3 - 7 Tage mehr als bei 20° C: Einzelne Samenkörner keimten bei 30° C sogar erst nach Wochen, während im ersten Winter nach der Ernte nach 8 - 9 Tagen die Keimung vollständig beendet war), sodaß die Gefahr einer Schädigung der jungen Sämlinge bei Saatver-

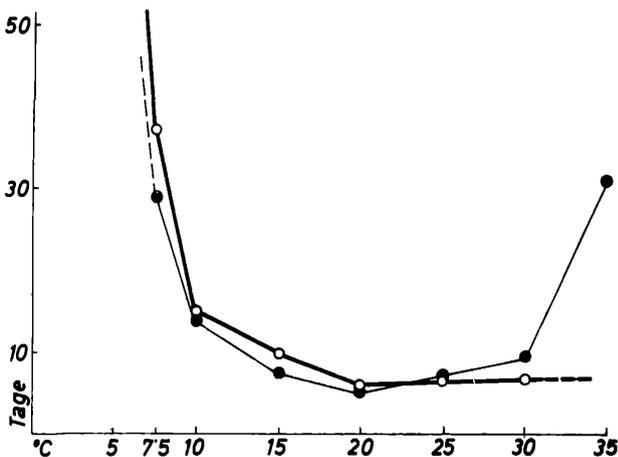


Abbildung 71: Abhängigkeit der durchschnittlichen Keimgeschwindigkeit (Durchschnittswert von mehr als 40 Sorten) von der Temperatur des Keimbettes (dicke Kurve im ersten, dünne Kurve im zweiten Winter nach der Samenernte)

suchen in höheren Temperaturbereichen bedeutend erhöht ist und somit mit einem großen Ausfall bei der Keimung gerechnet werden muß; die günstigste Keimtemperatur liegt, unabhängig von der Dauer der Lagerung, bei etwa 20 °C; bei dieser Temperatur tritt auch kaum eine Keimverzögerung auf.

Die getrennte Auswertung der einzelnen Sorten bezüglich ihrer mittleren Keimschnelligkeit bei verschiedenen Keimbetttemperaturen ergab keine verlässlichen Hinweise auf sortenbedingte Unterschiede. Insgesamt standen für diesen Vergleich 38 Sorten durch beide Untersuchungsjahre zur Verfügung und setzten sich zusammen aus 10 Hochlagensorten, 12 obere Zwischenformen und 16 Normallagensorten. Wohl zeigen die Normallagensorten im Durchschnitt der Keimprüfung aller Temperaturstufen eine um etwa 1,5 Tage beschleunigte Keimung (Tabelle 71), die auch bei der Gegenüberstellung der einzelnen Temperaturstufen erkennbar ist (Abbildung 71); während bei den Temperaturstufen unter 20 °C keine wesentlichen Unterschiede zu finden sind, eilen die Normallagen vor allem im Bereich von 20, 25 und 30 °C deutlich um etwa 0,5 - 1 Tag den höheren Formen voraus. Die Unterschiede in den extremen Temperaturbereichen treten wohl bei der Berechnung deutlicher hervor, haben aber eine weitaus geringere praktische Bedeutung, da in diesen Bereichen (5 ° und 35 °) die Keimung derart verzögert ist, daß kaum eine genauere Auswertung erwartet werden kann.

Worauf in diesem Zusammenhang besonders verwiesen werden soll, ist die bekannte Tatsache, daß bei längerer Keimdauer auch eine weitaus größere Streuung innerhalb der einzelnen Sorten auftritt; dies gilt auch für künstlich verzögerte Keimung durch mehr oder weniger extrem gegebene Keimbetttemperaturen. Hat aber eine Sorte auch im optimalen Temperaturbereich von 15 - 25 °C eine abnormale große Keimstreuung aufzuweisen, was vor allem mit zunehmender Seehöhe der Mutterbäume verstärkt hervortritt, so ist in den Kulturversuchen sowohl in der Kulturkammer als besonders auch im Freiland mit einem übermäßig starken Pflanzenausfall nach der Keimung und auch während der ganzen Kulturperiode zu rechnen. Es müßten also von vorneherein Sorten mit unregelmäßiger Keimung und besonders mit starker Streuung der Keimzeitpunkte der einzelnen Samenkörner von einer Pflanzenanzucht nach Möglichkeit ausgeschlossen werden. Es scheint sich allerdings hier nicht um einen erblichen Defekt, sondern in erster Linie um gestörte Verhältnisse bei der Samenausbildung am natürlichen Standort zu handeln.

72 DEFEKTKEIMER

Ein spezielles, vor allem mit der Samenkeimung verbundenes und dadurch verhältnismäßig leicht erkennbares Merkmal stellen die "Defektkeimer" dar, deren Anteil je nach der Samensorte unterschiedlich ist. Gemeint sind mit der Bezeichnung "Defektkeimer" alle diejenigen Keimlinge, die etwas Abnormes aufzuweisen haben: am häufigsten fanden sich bei dem untersuchten Material "Verkehrt-

Tabelle 72/1: Auftreten von abnormalen Keimlingen

	Baum- anzahl	in %	Anzahl d. Keimlinge	in %
insgesamt untersucht	88	100	42.700	85,4
Verkehrtkeimer	71	80,7	267	0,62
Mehrlingskeimer	18	20,5	24	0,056
Keimlinge ohne Wurzel	8	9,0	18	0,042
abnormal dicke Keimlinge	16	18,2	19	0,044

Tabelle 71: Durchschnittliche Keimprozentage bei verschiedenen Temperaturstufen von allen geprüften Sorten in 2 aufeinanderfolgenden Jahren

	5°C	7,5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	Durchschnitt
Durchschnitt 1959		37,37	15,10	9,94	5,99	6,37	6,44		
Durchschnitt 1960	92,97	29,13	14,36	7,86	5,77	6,50	9,43	31,13	
Durchschnitt Hochlagen 1960	111,13	28,40	14,49	7,96	6,06	6,71	9,82	30,40	19,30
Durchschnitt obere Zwischenformen 1960	81,29	30,56	14,60	7,95	6,06	6,95	9,86	33,77	19,42
Durchschnitt Normallagen 1960	90,11	29,18	14,15	7,70	5,45	6,17	8,68	27,12	17,88

Tabelle 72/2: Prozentueller Anteil der Keimdefekte bei Samen aus verschiedenen Höhenlagen (obere Tabelle) und von Mutterbäumen mit verschiedener Verzweigungsform (untere Tabelle)

Prozent Defektkeimer	bis 900 m	900-1100 m	1100-1300 m	1300-1500 m	über 1500 m	Summe
0		3	7			10
0,1 0,4	5	5	6	6		22
0,5 0,9	1	3	9	5	1	19
über 1,0	1	1	7	6	6	21
Summe	7	12	29	17	7	72

	Kammfichte	Kamm-Bürstenfichte	Bürstenfichte	Bürsten-Plattenfichte	Plattenfichte	Summe
0	4	5	1			10
0,1 0,4	12	2	5			19
0,5 0,9	6	4	4		2	16
über .0	4		2	2	5	13
Summe	26	11	12	2	7	58

Tabelle 73: Übereinstimmung von Anthozyanbildung in Bezug auf die Verzweigungsform auf Grund der Hollerithauswertung

Verzweigungsform	Anzahl der Bäume	Zapfenfarbe	Samenflügel-farbe	Wurzelspitzenfarbe bei einer Keimtemperatur von						Hypokotyl-farbe
				5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C	
Kammfichte	30	3,44	2,25	6,43	6,37	6,03	5,00	4,20	2,27	3,36
Kamm-Bürstenfichte	8	2,87	2,10	6,13	6,33	6,86	5,29	4,57	2,00	2,90
Bürstenfichte	15	3,13	2,40	5,36	5,23	5,00	4,69	3,69	2,33	2,47
Plattenfichte	7	3,85	3,10	6,17	6,00	5,86	4,83	4,43	2,43	2,50

keimer", bei denen zuerst die Keimblätter an Stelle der Wurzel aus dem Samen herauskommen und die überdies auch keine Wurzel auszubilden imstande sind. Weiter fallen in diese Gruppe Keimlinge, die mit 2 oder 3 Wurzelspitzen und zumeist ziemlich vollständigem Hypokotyl und Keimblättern aus einem Samenkorn herauskommen (Zwillings- und Drillingskeimlinge); einen sehr geringen Anteil hingegen stellen noch die dicken Keimlinge dar, die vor allem durch eine dicke Wurzel und durch ein dickes, meist stark verkürztes Hypokotyl erkennbar sind. Diese sind vornehmlich bei hohen Keimtemperaturen und erst nach langer Keimdauer zu finden. Der Anteil der einzelnen Arten von Defektkeimern an der Gesamtzahl dieser Wachstumsstörungen geht aus der Tabelle 72/1 hervor.

Bereits ILLIES zeigte in verschiedenen Arbeiten (1953, 1958, 1959, 1964), daß die Entstehung von embryonalen Störungen anscheinend durch Erbwirkung bedingt sei, bezieht sich allerdings in erster Linie auf die dicken Keimlinge und auf die Mehrlingskeimer; über die "Verkehrtkeimer" berichtet sie ziemlich wenig, aber auch für diese muß eine gewisse Erbwirkung angenommen werden, die zusätzlich noch durch die Umwelt während der Samenausbildung bedingt sein kann; dies läßt sich aus verschiedenen, in unserem Material in Zusammenhang mit den anderen Untersuchungen festgestellten Merkmalskombinationen ziemlich eindeutig erkennen.

Die einzelnen Keimungsstörungen treten je nach Sorte in verschiedenem hohem Prozentsatz auf; für die Hollerithauswertung wurden die Sorten in insgesamt vier Gruppen eingeteilt: Gruppe 1 - keine Defektkeimer; Gruppe 2 0,1 0,4 %; Gruppe 3 0,5 0,9 % und Gruppe 4 - über 1,0 % der gesamten gekeimten Samen sind Defektkeimer.

Von den bei der Hollerithauswertung vorhandenen 76 Vergleichen mit anderen Merkmalen von Mutterbaum, Kulturkammerergebnissen und Ergebnissen der Untersuchung von Freilandsämlingen ergab sich in insgesamt 54 Kombinationen ein deutlicher Zusammenhang, der in 10 von diesen sehr gut gesichert erscheint, bei 9 Kombinationen ist dieser Zusammenhang möglich, aber durch die dort relativ geringe Sortenzahl nicht als gesichert anzusprechen und in nur 8 Fällen ist kein Zusammenhang erkennbar (siehe Zusammenstellung im Anhang 92). Von den vier Gruppen der Defektkeimer ist bei der ersten Gruppe (kein Auftreten von Keimungsdefekten) ein gemischtes Material enthalten, begründet dadurch, daß bei einem Teil der Sorten mangels einer ausreichenden Samenmenge nur einige Keimproben durchgeführt werden konnten; so ist es auch bei insgesamt 23 Kombinationen notwendig, die Gruppen 1 und 2 zusammenzufassen, um eine einheitliche Abhängigkeit zu erreichen; in insgesamt 14 Kombinationen ist die Trennung der 4. und der 3. Gruppe nicht vollkommen berechtigt, da in diesen Fällen bereits beim Auftreten von 0,5 % Keimungsdefekten eine mehr oder weniger extreme Reaktion

des verglichenen Merkmales festzustellen ist. In insgesamt 8 Fällen liegen die Vergleichswerte der 2. und 3. Gruppe so nahe, daß man geneigt ist, diese beiden Gruppen zusammenzufassen.

Von den Arten der Zusammenhänge zwischen den Defektkeimern und den anderen bestimmten Merkmalen sollen nur die wesentlichsten angeführt werden: die Anzahl der Defektkeimer nimmt mit der Seehöhe vor allem in den oberen Lagen ziemlich stark zu (von den 21 Sorten der 4. Gruppe mit mehr als 1 % Keimdefekten stammen 19 aus Seehöhen über 1100 m, 12 davon sogar aus Höhen über 1300 m; von den 7 Sorten aus Höhen über 1500 m gehören 6 in die Gruppe mit über 1 % (Tabelle 72/2) (nach Hollerith); dementsprechend ist auch die Verteilung der Defektkeimer auf die Verzweigungsform: 16 der 26 Kammfichten haben weniger als 0,5 %, alle Plattenfichten hingegen mehr als 0,5 % Defektkeimer. Im gleichen Maß gehen selbstverständlich alle Merkmale, die eine deutliche Abhängigkeit von der Seehöhe zeigen, auch mit dem Auftreten von Defektkeimern konform. Besonders deutlich ist dies bei den Merkmalen Trieblänge bzw. oberirdische Länge und Anteil des Triebes an der Gesamtlänge sowohl in der Kulturkammer als auch bei beiden Jahrgängen der Freilanduntersuchungen. Aber auch die mit steigender Seehöhe zunehmenden Faktoren, wie Ausbildung von zwei oder mehr Knospen und Trieben, wie auch abnormale Keimblätter zeigen eine deutliche Übereinstimmung mit den Defektkeimern. Unter den wenigen, keinen Zusammenhang mit den Defektkeimern zeigenden Merkmalen sind vor allem Wurzelmerkmale anzuführen.

Im gesamten gesehen lassen sich also bereits bei der Durchführung von Keimproben Aussagen über den Wert des Saatgutes insofern machen, als der Anteil an Defektkeimern einen sehr guten Aufschluß über die entsprechende Höhenlage des Saatgutes gibt, wobei vor allem die extremen Werte das Saatgut bereits bedenklich erscheinen lassen.

73 ANTHOZYANAUSBILDUNG

Besonderes Augenmerk im Laufe der gesamten Untersuchungen wurde auch auf die Ausbildung von Anthozyan in den verschiedensten Pflanzenteilen, in erster Linie in der Wurzelspitze bei Keimproben und im Hypokotyl der jungen Keimlingspflanzen, gelenkt, um zu erfahren, ob auch in diesem Merkmal gewisse Abhängigkeiten zu finden sind. Außer in diesen beiden Pflanzenteilen tritt noch Anthozyan in den Blüten, den Zapfen und den Samenflügeln deutlich erkennbar in Erscheinung; bei unseren Untersuchungen mußte die Bestimmung der Blütenfarbe ganz wegfallen und auch die Zapfenfarbe konnte nur zum Zeitpunkt der Reife und dementsprechend auch nicht ganz verlässlich bestimmt werden (es war bei 23 der ca. 100 Sorten nicht möglich, die Zapfenfarbe auch nur annähernd zu bestimmen; der Rest verteilt

sich auf 28 grün- und 54 rotzapfige Sorten, von denen jeweils die Hälfte, also 14 bzw. 27, gleichfalls nicht ganz verlässlich eingereiht werden konnten); dies ist auch erkennen, wobei vor allem die unbestimmbare Gruppe oft den im Durchschnitt höchsten Anthozyangehalt bei den anderen Pflanzenteilen zeigte. Ein weiteres, aus der Zapfenfarbe sich ergebendes Merkmal besteht darin, daß die Bürstenfichten den geringsten Anthozyangehalt besitzen, wogegen die Kamm- und Plattenfichten einen bedeutend höheren Rotanteil zeigen (Tabelle 73); es sei hier nur deshalb darauf hingewiesen, da auch bei allen anderen Anthozyanbestimmungen das gleiche Ergebnis in Bezug auf die Verzweigungsform der Mutterbäume erhalten wurde, woraus wieder auf einen deutlichen Zusammenhang der Bildung von Anthozyan in verschiedenen Pflanzenteilen und auch auf die Wirkung von bestimmten Eigenschaften geschlossen werden kann; es muß aber an dieser Stelle betont werden, daß dieses Ergebnis nicht verallgemeinert werden darf, was heißen würde, daß die Bürstenfichte im allgemeinen eher grüne Zapfen hat, denn es handelt sich nur um rein zufällig ausgelesenes zahlenmäßig viel zu geringes Material, um eine solche Aussage machen zu können.

Als weiteres durch unterschiedliche Anthozyanbildung ausgezeichnetes Merkmal des Mutterbaumes muß noch die Farbe der Samenflügel angeführt werden, die von farblos über verschieden helle rote

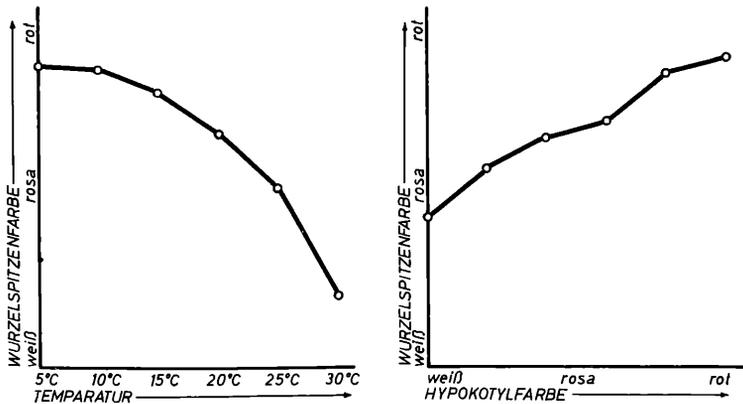


Abbildung 73: Abhängigkeit der Wurzelspitzenfarbe von der Temperatur des Keimbettes (linke Kurve); gleichsinniges Verhalten von Wurzelspitzenfarbe und Hypokotylfarbe (rechte Kurve)

Flecken zu mehr oder weniger einfarbig rot möglich ist. Auch bei diesem Merkmal ist eine gute Übereinstimmung sowohl mit der Zapfenfarbe als auch mit der Menge des bei Keimlingen gebildeten Anthozyans festzustellen; (in der Reihenfolge kämen dabei die Samenflügel mit dunklen Anthozyanflecken vor den zur Gänze hellrot gefärbten und zuletzt die zur Gänze dunkelroten Samenflügel).

Die Bestimmung der Farbe bzw. des Anthozyangehaltes der Wurzelspitzen unmittelbar bei der Keimung (bei einer Wurzellänge von etwa 2 - 4 mm) wurde im Rahmen eines Keimversuches bei verschiedenen Temperaturen durchgeführt; dabei zeigte sich sowohl eine Temperatur- als auch eine Lichtabhängigkeit der Anthozyanbildung. Nur bei Temperaturen unter 25 °C war eine brauchbare Auswertung möglich, aber auch nur dann, wenn gleichzeitig Dauerlicht von einer Stärke von mindestens 500 Lux eingestrahlt wurde; im Dunkel und auch bei Keimtemperaturen über 25 °C wird praktisch kein Anthozyan ausgebildet. Unter den günstigsten Bedingungen lassen sich mindestens 4 verschiedene Stufen von Anthozyan feststellen, nach denen auch die einzelnen Keimlinge sortiert wurden; da jedoch trotzdem noch fließende Übergänge wie bei allen anderen Farbmerkmalen vorkommen, kann nur der Mittelwert aller Bestimmungen für die weitere Klärung herangezogen werden. Trotzdem zeigt auch diese Bestimmung, daß die Bildung des Anthozyans in der Wurzelspitze konform mit dem Anthozyangehalt von Zapfen und Samenflügel geht; auch die bereits weiter oben angedeutete Verteilung auf die Verzweigungsform ist die gleiche (Tabelle 73). Überdies wurden auch die gleichen Stufen gefunden, unabhängig von der Keimungstemperatur, nur in den absoluten Höhen verschieden (Abbildung 73).

Das gleiche läßt sich auch über die Ausbildung von Anthozyan im Hypokotyl in einem Alter von etwa 3 - 4 Wochen nach der Saat aussagen: die Anthozyanausbildung im Hypokotyl, die wohl nur schwach ist, aber trotzdem eine Bestimmung von drei Gruppen (farblos hellrot - dunkelrot) zuläßt, zeigt eine besonders gute Übereinstimmung mit den anderen anthozyanausbildenden Pflanzenteilen in Bezug auf die Farbtönung; daß diese Übereinstimmung vor allem mit der Wurzelspitzenfarbe, deren Durchschnittswert aus den verschiedenen Temperaturstufen in der Abbildung 73 zum Vergleich genommen wurde, konform geht, kann aus dieser ersehen werden; aus der Tabelle kann ferner entnommen werden, daß auch die Verteilung in Bezug auf die Verzweigungsform der Mutterbäume eine ähnliche ist, wie bei den anderen, in diesem Abschnitt zur Besprechung gelangenden Merkmalen.

Da es sich jedoch bei allen diesen Zahlen um eine für die einzelnen Pflanzenteile mehr oder weniger willkürlich getroffene Einteilung in Klassen handelt, deren Größe auch je nach Bedarf verschieden groß ist, können die in der Tabelle angeführten Zahlen nur zu relativen Vergleichen herangezogen werden; in den absoluten Werten

sind sie keineswegs vergleichbar; es handelt sich auch in diesem Fall um ein Ergebnis aus der Auswertung durch Hollerith, wobei die gesamte Streuung der absoluten Merkmalsgrößen in einzelne Klassen für die maschinelle Lochkartenauswertung eingeteilt wurde.

Es kann somit auch bei der Bestimmung des Anthozyangehaltes von Keimlingen eine recht gut brauchbare Einteilung der einzelnen Mutterbaumsorten durchgeführt werden, was auch bei der im Hollerith-Schema aufgenommenen Auswertung der Hypokotylfarbe deutlich zum Ausdruck kommt: in 17 Fällen ist eine zumindest gute Beziehung zur Ausbildung von anderen Merkmalen, wie Trieblänge und -gewicht, wie auch Gesamtgewicht aus der Kulturkammeraussaat, aber auch Gesamtgewicht der Freilandsämlinge und dergleichen, vorhanden; in insgesamt 47 Vergleichen kann eine gewisse Richtung in der gegenseitigen Beziehung erkannt werden, die jedoch zumeist an einem Ende der Vergleichsreihe nicht mehr erkennbar ist (in insgesamt 33 Vergleichen ist in der 3. Gruppe bereits der Extremwert erreicht, während die 4. Gruppe, Sorten mit der stärksten Hypokotylfärbung, nicht mehr in diese Reihung paßt); zu diesen Merkmalen gehören praktisch alle Merkmale, deren Ausbildung durch physiologische Reaktion wesentlich beeinflusst wird, während bei den 14 Merkmalsvergleichen, die keinen Zusammenhang mit der Anthozyanausbildung erkennen lassen, vor allem morphologische Merkmale wie die einzelnen Formen und Maße der Zapfen, Defektkeimer und Keimfähigkeit, aber auch Wurzelverzweigung, Knospenbildung und zum Teil Wassergehalt sowohl in der Kulturkammer als auch im Freiland enthalten sind.

Vor allem an der Tatsache, daß in 33 Fällen der Extremwert der Anthozyanausbildung in der 3. Gruppe erreicht wird, die 4. Gruppe hingegen wieder entgegenläuft, kann man erkennen, daß bei diesem Material die Bürstenfichte, die ein Extrem in der Farbausildung darstellt, eine Mittelstellung zwischen der Kamm- und der Plattenfichte (letztere trägt an dem Abweichen der 4. Gruppe die Hauptschuld) einnimmt, wie ihr dies auch auf Grund ihrer natürlichen Verbreitung zusteht.

74 HYPOKOTYL-KOTYLEDONENVERHÄLTNIS IM SAMEN

Ein Teil der in diesen Versuch einbezogenen Einzelbäume wurden auch zu einer Messung des Keimes bzw. dessen Teile herangezogen, um die in der Literatur angegebene Methode der Herkunftsbestimmung von Fichtensaatgut (VINCENT 1942, 1957, CERNY und POLNAR) für alpine Verhältnisse zu prüfen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung, bei der insgesamt 31 Mutterbäume aus 2 Herkünften mit je 20 Korn herangezogen wurden, sind in der Tabelle 74 angeführt.

Wie aus den angegebenen Werten ersehen werden kann, ist in unserem Material kaum ein Hinweis für einen brauchbaren Saatguttest durch das "Hypokotyl-Kotyledonenverhältnis" gegeben; abgesehen von dem Ergebnis, daß die durchschnittlichen Werte dieses Samenmerkmals (im Gegensatz zu den Angaben VINCENT's) mit zunehmender Seehöhe leicht abfallen, sind die Unterschiede zwischen den Einzelbäumen einer Höhenstufe oft größer als die gesamte Streuung aller Mittelwerte, liegen also weit außerhalb der Fehlergrenze. Dieser Test muß also für eine Saatgutbeurteilung für den alpinen Raum ausscheiden. Auch der Grad der Einschnürung des Keimes zwischen den Keimblättern und dem Hypokotyl im Samen gibt keinerlei Hinweise.

Es wäre hier noch zu bemerken, daß die Länge des Hypokotyls im Samen mit der Länge des Hypokotyls in der Kulturkammer bei einer Beleuchtungsdauer von 16 Stunden eine ziemlich enge Korrelation aufweist, was ja auch zu erwarten ist; wie aus der Tabelle 74 (letzte Spalte) ersichtlich ist, ist die Streckung des Hypokotyls eine annähernd konstante und beträgt das 12- bis 15-fache der Hypokotyllänge im Samen, unabhängig von sonstigen Merkmalen und der Seehöhe des Mutterbaumes.

75 WACHSTUM BEI VERSCHIEDENER TEMPERATUR

In einem Teilversuch, bei dem allerdings nur 7 Samensorten, alle von Bäumen der Herkunft Seetaler Alpen, vertreten waren, wurden 2 Serien von Kulturversuchen unter verschiedenen Temperaturen, sonst aber unter weitgehend vergleichbaren Bedingungen, durchgeführt; eine dieser beiden Serien wurde in einem Kulturkasten bei Zimmertemperatur bzw. zusätzlicher Erwärmung bei einer Durchschnittstemperatur von ca. 22 - 25 °C, die andere Serie wurde nach Keimung unter den gleichen Bedingungen im Alter von etwa 3 Wochen in einem ungeheizten Raum mit einer Durchschnittstemperatur von etwa 8 - 11 °C kultiviert. Es sollte dabei die unterschiedliche Entwicklung der einzelnen Sorten bzw. die Anpassung der einzelnen Sorten an verschiedene Kulturtemperaturen in ihrer Wirkung auf das Wachstum erkannt werden. Durch die etwas geänderten Bedingungen des Versuches bei Zimmertemperatur können die Ergebnisse nicht unmittelbar mit den Kulturkammerergebnissen verglichen werden, im Grunde wird jedoch, wie aus den weiter unten angeführten Ergebnissen zu ersehen ist, das gleiche Versuchsziel erreicht.

751 Knospenentwicklung

Schon bei der vorzeitigen Beendigung des Triebwachstums durch Knospenbildung während der Kulturzeit sind sehr deutliche Unterschiede zu erkennen (Abbildung 75). Während bei normaler Kultur-

Tabelle 74: Meßergebnisse der Untersuchung der Keime
(Hypokotyl : Kotyledonenverhältnis)

Baum Nr.	Höhenstufe m	Absolute Werte in mm			Hypokotyl: Kotyledonen- verhältnis				
		G	H	K	Min.	Max.	Ø	E	V
H 1	1500-1550	2,42	1,75	0,67	2,0	3,6	2,65	1,15	13,7
H 3		2,62	1,94	0,68	1,6	3,3	2,69	1,95	13,6
H 4		2,72	1,97	0,75	2,0	3,8	2,66	2,00	12,7
Ø		2,58	1,88	0,70	1,6	3,8	2,67	1,70	
H15	950	2,66	1,92	0,74	2,3	3,0	2,63	1,90	13,2
H16		2,84	2,08	0,76	2,2	3,1	2,76	2,10	
Ø		2,75	2,00	0,75	2,2	3,1	2,69	2,00	
H13	800	2,82	2,06	0,76	2,1	4,0	2,73	2,95	14,2
H14		2,74	2,01	0,73	2,1	3,5	2,76	3,50	14,8
Ø		2,78	2,04	0,74	2,1	4,0	2,74	3,22	
H11	550- 650	2,86	2,12	0,74	2,2	3,8	2,93	2,85	11,5
H12		3,05	2,25	0,80	2,4	3,1	2,82	3,05	14,7
H17		2,91	2,14	0,77	2,2	3,5	2,81	2,35	12,9
Ø		2,94	2,17	0,77	2,2	3,8	2,85	2,75	
H21	950	2,98	2,15	0,83	2,2	3,3	2,64	3,05	12,4
H22		2,84	2,08	0,76	2,2	3,3	2,76	3,20	13,1
H23		2,92	2,12	0,80	2,2	3,8	2,67	2,65	13,0
H24		2,84	2,06	0,78	2,1	3,1	2,68	3,10	13,3
H25		2,90	2,13	0,77	2,1	3,4	2,80	2,65	11,5
H26		2,92	2,12	0,80	2,1	3,1	2,66	2,80	13,3
H27		3,18	2,36	0,82	2,4	3,3	2,91	2,25	
H28		3,13	2,33	0,80	2,3	3,9	2,97	2,35	12,4
Ø		2,96	2,17	0,79	2,1	3,9	2,76	2,77	
Durchschnitt Höllengebirge		2,85	2,08	0,77	1,6	4,0	2,75	2,55	

Baum Nr.	Höhenstufe m	Absolute Werte in mm			Hypokotyl: Kotyledonen- verhältnis				
		G	H	K	Min.	Max.	Ø	E	V
K 1	1600-1700	2,66	1,87	0,79	1,8	3,0	2,44	2,10	13,0
K 2		2,61	1,81	0,80	1,6	3,0	2,26	1,90	14,8
K 3		2,74	1,92	0,82	1,8	3,0	2,36	2,25	13,3
K 4		2,90	2,16	0,74	2,5	3,5	2,95	1,25	12,2
Ø		2,73	1,94	0,79	1,6	3,5	2,50	1,87	
K 5	1350-1400	2,55	1,85	0,70	2,3	3,6	2,67	1,70	14,3
K 6		2,83	2,08	0,75	2,1	3,4	2,78	1,70	12,3
Ø		2,68	1,96	0,72	2,1	3,6	2,72	1,70	
K 7	1100-1150	2,91	2,12	0,79	2,1	3,8	2,70	1,67	13,2
K 8		2,93	2,10	0,83	2,0	3,1	2,54	1,80	13,1
K 9		3,06	2,24	0,82	2,2	3,1	2,73	1,50	14,4
K10		2,66	1,95	0,71	2,2	3,3	2,77	1,47	12,8
K11		3,07	2,24	0,83	2,3	3,0	2,71	1,15	12,8
Ø		2,93	2,13	0,80	2,0	3,8	2,69	1,52	
K13	900- 950	2,84	2,06	0,78	2,4	3,1	2,65	1,75	13,6
K14		2,98	2,20	0,78	2,4	3,2	2,81	1,40	14,1
Ø		2,92	2,13	0,78	2,4	3,2	2,73	1,52	
Durchschnitt Seetaler Alpen		2,83	2,05	0,78	1,6	3,8	2,64	1,66	

Erläuterungen des Tabellentextes:

G: Gesamtkeimlänge

H: Länge des Hypokotyl + Radikula

K: Länge der Kotyledonen

E: Grad der Einschnürung

1: nicht eingeschnürt

2: etwas eingeschnürt

3: mäßig eingeschnürt

4: deutlich eingeschnürt

5: stark eingeschnürt.

V: Verhältnis der Hypokotyllänge bei 16 Stunden Beleuchtungsdauer zur Hypokotyllänge im Samen

temperatur auch die aus dem Gesamtversuch zu erwartende Knospenbildung eintritt (die Hochlagen schließen etwa 6–10 Wochen nach der Saat ihr Triebwachstum ab, die Normallagen haben bis Ende des Versuches nach 16 Wochen nur einen Teil ihrer Pflanzen durch Knospenbildung abgeschlossen), kann man bei den niederen Temperaturen finden, daß auch die Normallagen zum überwiegenden Teil zu einem raschen Triebabschluß kommen—nach 12 Wochen haben bei den meisten Sorten mindestens 15 % der Pflanzen eine Endknospe gebildet—obwohl bei Zimmertemperatur die Knospenbildung erst um etwa 2 Wochen später einsetzt; nur die Sorten der Normallagen, die Anklänge von Tieflagen oder zumindest Übergangsformen darstellen (K 9 und K14) scheinen auf die niedere Temperatur nur in ganz geringem Maß zu reagieren; bei K14 ist fast gar kein Unterschied in der Durchführung des Triebabschlusses zu erkennen (siehe Abbildung 75), während K 9 etwas rascher die Knospenbildung durchführt und zum Ende des Versuches nach 16 Wochen Kulturdauer bereits 67 % erreicht.

Es ließe sich somit aus diesem Ergebnis ableiten, daß die Hochlagen wenig, die Normallagen jedoch stark durch die Temperatur beeinflußt werden; bei den Normallagen ist dieser Einfluß jedoch in günstigem Sinne zu verstehen, da sie immerhin fähig sind, bei abnehmender Temperatur durch einen raschen Triebabschluß eine Schädigung durch Wintereinflüsse zu vermeiden; die Tieflagen hingegen können bei zu kalter Witterung keine entsprechenden Vorbereitungen treffen und sind somit eher der Gefahr des Absterbens ausgesetzt.

752 Längenentwicklung

Die Ergebnisse, die sich aus den Beobachtungen beim Triebabschluß ergeben, lassen bereits von vorneherein die Unterschiede im Längen- und Gewichtswachstum der einzelnen Sorten bei Wachstum in verschiedenen Temperaturbereichen erwarten. Bereits bei der Längenentwicklung der Sämlinge der einzelnen Sorten kann man erkennen, daß bei der kälteren Temperatur besonders die Trieblänge fast keine Unterschiede mehr zeigt; auch die Sorten mit wenig abgeschlossenen Trieben sind bei dieser Temperatur nicht in der Lage, wesentliche Substanzmengen zu produzieren—im Gegensatz zu den Hochlagen, die auch bei kalter Temperatur recht ansehnliche Werte erreichen und fast nicht hinter den Normallagen zurückbleiben (Abbildung 75). Besonders deutlich ist dies auch bei der Gesamtlänge, die neben der stark gesteigerten Trieblänge vor allem durch die etwa doppelt so mächtig entwickelte Wurzel bei der warmen Stufe wesentlich beeinflußt wird; im kälteren Temperaturbereich hingegen ist die Wurzel ebenso wie der Trieb derart schwach entwickelt, daß keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Sorten erkennbar sind (Abbildung 75); die Gesamtlänge ist bei den Hochlagen auf etwa $\frac{2}{3}$, bei den Normallagen hingegen auf etwa $\frac{1}{2}$ vermindert, wodurch die Unterschiede verwischt werden.

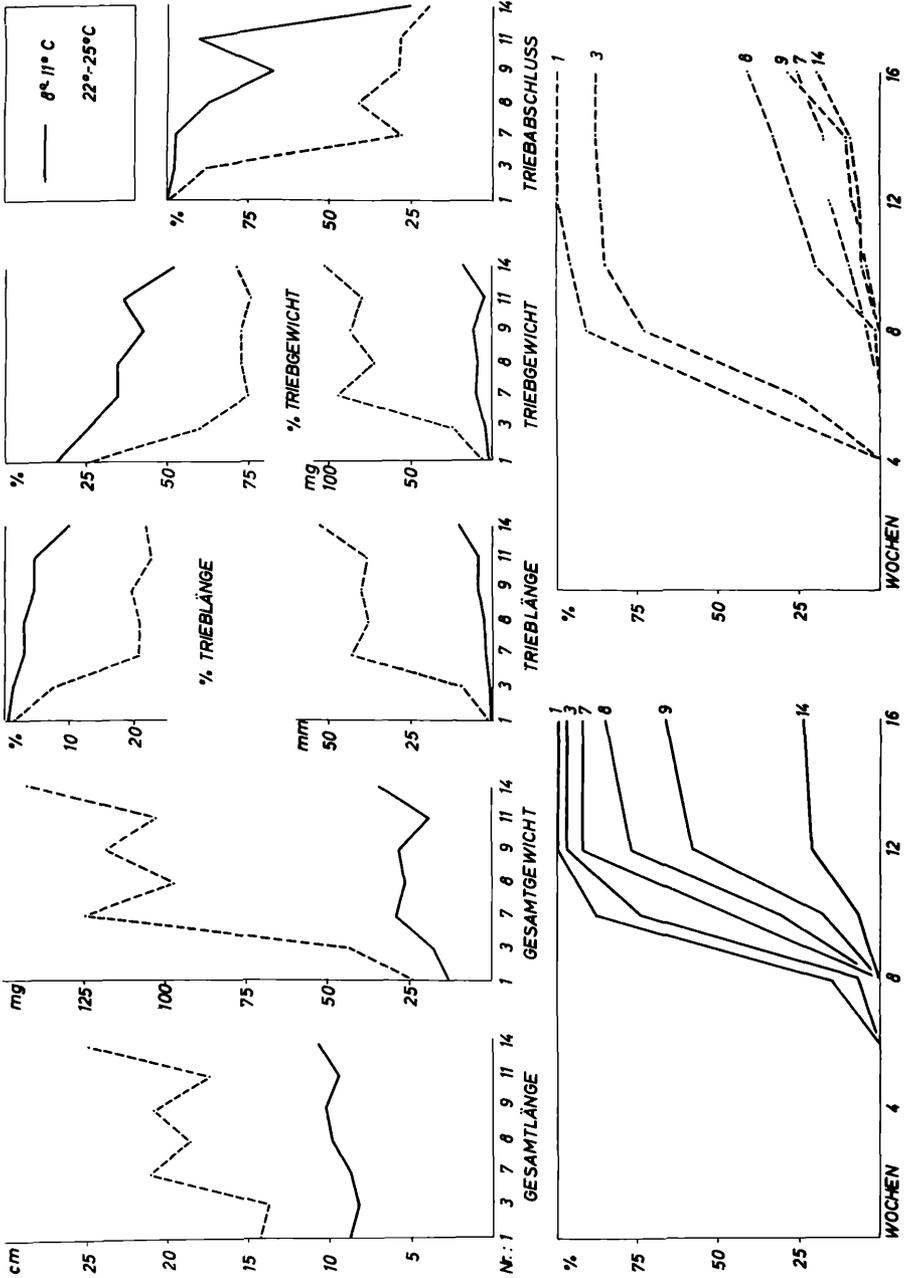


Abbildung 75: Reaktion verschiedener Sämlingssorten auf die Temperatur in der Kulturkammer (nähere Erläuterungen im Text)

Wohl zeigt der Anteil der Trieblänge an der Gesamtlänge einen Unterschied der einzelnen Sorten an, da jedoch die gesamte Streubreite dieses Merkmals äußerst gering ist einzig die Sorte K14 erreicht einen Wert von 10 %, während alle anderen weniger als 5 % Anteil des Triebes an der Gesamtlänge zeigen - ist auch damit, im Gegensatz zur Kultur bei einer Temperatur von etwa 22 - 25 °C, kein brauchbares Testresultat erhalten.

753 Gewichtsentwicklung

Bedeutend deutlicher zeigt sich die Temperaturwirkung auf die Gewichtsentwicklung der Sämlinge der einzelnen Sorten; es ist ja vornehmlich die Substanzproduktion, die von der Temperatur abhängig ist und bei derartiger Temperaturdifferenz auch deutlich merkbare Gewichtsunterschiede erkennen läßt. Immerhin ist das Gesamtgewicht der Sämlinge der einzelnen Sorten im wärmeren Bereich (ca. 22 - 25 °C) etwa 2 x (bei den Hochlagen) und 3,4 - 5 x (bei den Normallagen) so groß wie das von der gleichen Sorte bei etwa 10 °C produzierte Gewicht (siehe Abbildung 75); dadurch ist es aber gleichfalls nicht mehr möglich, bei der kälteren Kulturtemperatur eine verlässliche Sortenunterscheidung zu treffen; die Durchschnittswerte der verschiedenen Sorten bewegen sich in der kalten Kultur zwischen 13 und 35 mg je Pflanze im Gegensatz zu 23 bis 143 mg im wärmeren Temperaturbereich.

Bereits das Triebgewicht zeigt sehr deutliche Unterschiede der verschiedenen Temperatureinwirkung; bei der kälteren Kultur wurden durchschnittlich Triebgewichte von 2 - 20 mg erzielt, während die gleichen Sorten bei einer Kultur im zimmerwarmen Raum Triebgewichte von 6 - 100 mg erreichen; auch hier läßt sich deutlich erkennen, daß die Sortenunterschiede bei zu geringer Kulturwärme derart gering sind, daß an eine verlässliche Unterscheidung nicht zu denken ist (siehe Abbildung 75); erst bei der günstigen Temperatur von ca. 22 - 25 °C können auch verlässliche Sortenunterschiede erwartet werden, wie sie bereits im Großversuch als Testergebnis deutlich herausgestellt wurden.

Der Anteil des Triebgewichtes am Gesamtgewicht stellt das einzige Ergebnis dar, das bei einer Testung bei 8 - 11 °C für eine Sortenunterscheidung halbwegs verwertbar ist, wie auch aus der Abbildung 75 hervorgeht. Die Höhenformen zeigen dabei einen Anteil von etwa 15 - 25 % gegenüber 30 - 45 % bei den Normallagen und über 50 % bei den Tieflagen; gerade letztere zeigen bei einer Testung im warmen Bereich kein so deutliches Verhalten, wie auch schon aus der Zusammenstellung beim photoperiodischen Versuch (Abschnitt 426) und beim Gesamttestungsversuch (Abschnitt 514) hervorgeht; auch bei diesem Versuch beträgt der Anteil des Triebgewichtes am Gesamtgewicht unter 60 % bei den Hochlagen (er erreicht hier sogar bei K 1 den extremen Wert von 25 %) und etwa 70 - 80 % bei den

Normallagen. Der besonders extreme Wert bei K 1 im warmen Bereich dürfte durch eine etwas höhere Kulturtemperatur als bei den anderen Versuchen aus der Kulturkammer bewirkt worden sein. Es muß allerdings beachtet werden, daß das Ergebnis bei der Sorte K14 auch reiner Zufall sein kann; diese Sorte fällt ja vor allem dadurch auf, daß sie thermisch keine besonderen Unterschiede zu machen scheint, wie die Hochlagen im allgemeinen, während die Normallagen in thermischer Hinsicht verhältnismäßig empfindlich reagieren. Das Verhalten der Sorte K14 zeigt, daß sie bei Auspflanzung unter zu kalten Klimabedingungen von Vernichtung bedroht ist, während die Normallagen sich zeitgerecht anpassen könnten; die Hochlagen wiederum sind nicht in der Lage, sich an die warmen Klimabedingungen anzupassen, was ja vor allem aus dem Vergleichsversuch im Freiland (siehe Abschnitt 6) sehr eindeutig hervorgeht.

8 BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE UND GESAMTSCHLUSSFOLGERUNGEN

Bei den in dieser Arbeit gegebenen Versuchsergebnissen über die Sämlingstestung bei der Fichte wurden verschiedene Vorbedingungen zur Prüfung gesetzt, die auf verschiedenen Prinzipien aufgebaut sind. Es soll deshalb auch bei der Besprechung der Ergebnisse dieser Arbeit versucht werden, die einzelnen Abschnitte vorerst auseinanderzuhalten und im Anschluß daran eine zusammenfassende Darlegung mit einem Ausblick auf die im Rahmen dieser Versuchsserie noch zu erwartenden Versuchsergebnisse zu geben.

81 PHOTOPERIODISCHE TESTUNG

Nachdem bereits CIESLAR (1887, 1907) und ENGLER (1905, 1913) auf Grund ihrer Untersuchungen bei der Fichte und der Kiefer den entscheidenden Einfluß der Seehöhe der Mutterbäume auf das Wachstum der Sämlinge erkannt haben, haben vor allem nordische Forscher im Laufe der Dreißigerjahre auf Grund ihrer Erfahrungen mit mitteleuropäischem Saatgut die Erkenntnis ausgesprochen, daß es sich in erster Linie um eine photoperiodische Reaktion handeln müsse (LANGLET 1943, SYLVEN 1940), die das unterschiedliche Wachstum der Fichtensämlinge bedingt. Etwa von der gleichen Zeit an wurden auf physiologischem Gebiet von DOWNS und Mitarbeitern (1956, 1958), KRAMER (1936), MALTSCHIEWSKI (1946), MOSHKOW (1929, 1932), WAREING (1956) und anderen photoperiodische Untersuchungen an den verschiedensten Holzarten, vor allem aber auch an Nadelholzsämlingen durchgeführt. Die meisten physiologischen Untersuchungen

(KRAMER 1936, MALTSCHIEWSKI 1946, TSCHUBARJAN 1955) befassen sich nur mit der Reaktion an sich, mit der unterschiedlichen Entwicklung der Pflanzen bei den verschiedenen Tageslängen und fandengesteigertes Wachstum und vor allem verlängerte Wachstumsperiode bei Langtagsbehandlung; die Untersuchungen von DOWNS und Mitarbeitern (1958) an Kiefernssämlingen und von HOFFMANN (1953) sowie PAULEY und PERRY (1954) an Pappeln zeigten ein ähnliches Ergebnis wie die oben von schwedischen Forschern erwähnten; verschiedene Provenienzen verhalten sich unterschiedlich gegenüber den verschiedenen Beleuchtungszeiten.

Aber bereits ein erheblicher Teil von Forschern erkannte neben der allgemeinen photoperiodischen Reaktion auch die Bedeutung dieser. So fanden DOWNS und Mitarbeiter (1956, 1958), FRASER (1962), MALTSCHIEWSKI (1946), TSCHUBARJAN (1955), VAARTAJA (1963) und andere die große Bedeutung der verlängerten Photoperiode bei der Anzucht von Baumsämlingen, die ja bei Erweiterung auf Dauerlicht zu einem uneingeschränkten Wachstum der Sämlinge durch mindestens 6 Monate hindurch führt (Kapitel 4 und TSCHUBARJAN 1955), wodurch in einer relativ kurzen Zeit sehr große Pflanzen von den sonst langsamwüchsigen Nadelhölzern erhalten werden können. Wie lange dieses Wachstum anhält, konnte jedoch bisher nicht geklärt werden (nach TSCHUBARJAN, 1955, etwa 150 Tage, nach WAREING, 1949, bei der Kiefer nur im 1. Sämlingsjahr). Gleichzeitig muß aber auch auf die gefährliche Wirkung der verlängerten Photoperiode auf die Widerstandsfähigkeit der jungen Sämlinge gegen Winterfröste und Trockenheit hingewiesen werden (MOSHKOW 1934, LANGLET 1936, 1943, ROBAK 1957, bzw. VAARTAJA 1960), wodurch vor allem Schädigungen verursacht werden, wenn Kurztagökotypen unter Langtagbedingungen ausgepflanzt werden; als Beispiel können hier die Anbauversuche mit mitteleuropäischen Fichten im nördlichen Skandinavien oder aber mit Tallagenfichten im montanen oder subalpinen Raum herangezogen werden (CIESLAR 1907, KIELLANDER 1951, LANGLET 1943, MOSHKOW 1934, ROBAK 1957, ŠAVROV 1961, SYLVEN 1940).

Verschiedene Ergebnisse zeigen auch auf eine Maßzahl hin, die LEIBUNDGUT (1962) und VAARTAJA (1959) aus dem Quotienten der Triebblänge bei Langtag durch Triebblänge bei Kurztag bilden; daraus läßt sich ein unterschiedliches Verhalten verschiedener Herkünfte der gleichen Holzart in photoperiodischer Hinsicht erkennen; dies trifft sowohl für die nord-südliche Verbreitung als auch für die verschiedenen Höhenstufen zu, wie aus den vorliegenden Untersuchungen hervorgeht; entscheidend ist nur die Festlegung der Tageslänge für Kurz- bzw. Langtag.

Die photoperiodische Testung der 22 Sorten dieser Versuchsreihe (Abschnitt 4) gibt neben der Erklärung für die Seehöhenzuordnung

der einzelnen Samensorten vor allem durch die Beobachtung der Knospenbildung während der Kulturzeit Aufschluß über die Gründe der bisher bekanntgewordenen Einflüsse der Tageslänge auf das Pflanzenwachstum. Der Abschluß des Triebblängenwachstums durch eine Endknospe bringt bei trotzdem weiterlaufender Substanzproduktion (Mc. GREGOR u. a. 1961) eine Anreicherung von Reservestoffen in den Geweben; gleichzeitig wird der Wassergehalt der Pflanze gesenkt und die Trockensubstanz und der Zuckergehalt erhöht (LANGLET 1936, 1943), wodurch die größere Resistenz gegen Kälte und Trockenheit erreicht wird (KRAMER und KOZLOWSKI 1960, PAULEY 1960, PISEK 1952, TRANQUILLINI 1958 u. v. a.). Dieses Verhalten des zunehmenden Trockensubstanzgehaltes und des abnehmenden Wassergehaltes, das konform mit der Knospenbildung auch in der entsprechenden Seehöhe bzw. nördlichen Breite vorhanden ist, wird vielfach erwähnt und als Ursache der Kälte- bzw. Trockenheitsresistenz angesehen (HOLZER 1959, 1963, JUNGHANS 1959, KESSLER und RUHLAND 1938, PAULEY 1960, PISEK u. a. 1935, 1952, 1954, TRANQUILLINI 1958, ULMER 1937, ZELLER 1936).

Die Knospenbildung selbst zeigt eine direkte Abhängigkeit von der Tageslänge; je kürzer die Beleuchtungsdauer ist, desto früher erfolgt eine Terminalknospenbildung (MOSHKOW 1929, ROBAK 1962, VAAR-TAJA 1960, WAREING 1949, 1956); mitunter genügt eine Andauer des Kurztages von einigen Tagen, um bereits die Knospenbildung zu verursachen (KONDA u. a. 1962). Bei extrem kurzer Tageslänge hingegen erhält die Pflanze so wenig Licht, daß sie kurze Zeit nach der Keimung nach Aufbrauchen der Samenreserve sich selbst nicht mehr erhalten kann und meist ohne Knospenbildung von der Wurzel her abstirbt (Abschnitt 4). MOSHKOW (1934) berichtet ähnliches von *Robinia pseudacacia*, deren nördliche Herkunft bei Anzucht in zu kurzem Tag eine derart schwache Reservesubstanzbildung zeigte, daß sie nicht genügend frostresistent war; nicht allein die Länge der Photoperiode, sondern auch der gesamte Lichtgenuß während der Kulturperiode ist von Bedeutung (ROHMEDEK 1952). Die von vielen festgestellte Abnahme der Pflanzengröße mit verkürzter Tageslänge hat eine untere Grenze; darunter sind die Pflanzen nicht lebensfähig.

Bei der europäischen Fichte ist das photoperiodische Verhalten deshalb besonders günstig zu gebrauchen, da diese Holzart in den verschiedensten Klimabereichen und damit zu verschiedensten Tageslängen in das sommerliche Wachstum eintritt. Die photoperiodische Testung gibt somit die Möglichkeit, eine genaue Sortenbeurteilung durchzuführen; konform gehen in dieser Hinsicht alle durch die Photoperiode beeinflussten Merkmale: Triebabschluß durch Knospenbildung; absolute Länge des oberirdischen Pflanzenteiles; absolutes Gewicht einzelner Pflanzenteile als direkte Maßzahl der empfangenen

Lichtmenge, aber auch als individuelle Aufnahme- und Verwertungs-möglichkeit dieser als photoperiodische Reaktion des Einzelindi-viduums. Fast in allen Pflanzenteilen kann man eine Beeinflussung durch die Photoperiode feststellen, was vor allem auch durch rela-tive Vergleiche (zum Beispiel Trieb zu Gesamtpflanze, Triebge-wicht pro Längeneinheit etc.) deutlich wird. Gerade die letzteren geben auch eine Möglichkeit an die Hand; eine Frühstestung der ver-schiedenen Samensorten in bezug auf ihre Seehöhenzuordnung durch-zuführen, wodurch bereits ein entscheidender Schritt zu einer er-folgreichen Pflanzung mit bestimmten Fichtensamensorten getan werden kann.

82 ALLGEMEINE KULTURKAMMERTESTUNG

In der allgemeinen Kulturkammertestung erscheint nun ein Weg, die durch die photoperiodischen Untersuchungen erkannten Fichten-ökotypen auf ein umfangreicheres Untersuchungsmaterial auszudehnen. Gerade durch das Wachstum unter stabilisierten Bedingungen ist den einzelnen Sorten die Möglichkeit gegeben, die auf Grund ihres Öko-typs festgelegten Eigenschaften deutlich auszubilden und so auch eine direkte Ansprache des Ökotyps zu ermöglichen. Voraussetzung dazu ist natürlich, die Kulturbedingungen in einer für die zu prü-fende Holzart optimalen Umwelt durchzuführen (VAARTAJA 1959). Dies scheint bei den in diesem Rahmen geschilderten Versuchser-gebnissen (Kapitel 5) tatsächlich vorzuliegen, wie auch bezüglich der Tageslänge durch die photoperiodischen Untersuchungen (Kapitel 4) also auch durch den kleinen Testversuch in einem kühlen Tempera-turbereich (Abschnitt 74), weiters durch kurzfristige, wegen des schlechten Erfolges nicht weitergeführte Versuche bei erhöhter Ver-suchstemperatur hinreichend begründet zu sein. Auch als Zusammen-setzung der Nährlösung wurde eine für die Holzart Fichte optimale gewählt (HOLZER und LIEBESWAR 1960). Einzig die Erhöhung der Lichtintensität war im Rahmen dieses Versuches nicht durchführbar; nach den allgemeinen Erfahrungen bewegten wir uns allerdings ziem-lich am unteren Rande der notwendigen Lichtstärke; eine weitere Herabsetzung der Beleuchtungsstärke erscheint bedenklich und ver-ursacht vor allem bei verkürzter Tageslänge einen erhöhten Pflan-zenausfall, der bei sehr lichtbedürftigen Hochlagen sogar noch bei 16 Stunden Tageslänge und der gegebenen Lichtstärke merkbar ist.

Konstante Umweltbedingungen sind unerlässlich bei Untersuchungen des Wachstumsganges von Keimlingen für eine brauchbare Testung (SCHMIDT 1954, SCHRÖCK 1964, SCHRÖCK und STERN 1952); wie-weit die Versuchsergebnisse durch veränderte Photoperiode beeinflusst werden können, wurde im vorhergehenden Abschnitt ausführlich er-läutert; Änderungen der Temperatur des Kulturraumes können zum

Teil recht verschiedene Ergebnisse zeigen (HELLMERS 1962, KRAMER 1957, 1958, WENT 1956, u. a.). Ausführliche Hinweise über die entscheidende Wirkung der Temperatur auf das Pflanzenwachstum und vor allem auf die Stoffproduktion finden wir auch in den Untersuchungen von PISEK und WINKLER (1959) (und auch anderen Autoren), in denen der unterschiedliche Verlauf von Atmung und Assimilation mit zunehmender Temperatur dargestellt wird; nach letzteren Untersuchungen müßte man für die Fichte eine noch erheblich tiefere Temperatur (als unsere Versuchstemperatur) - etwa im Bereich von 12 - 16 °C - für das günstigste Wachstum annehmen. Leider fehlt es an eigenen wie auch an anderen Untersuchungen, die diese Tatsache eindeutig zu erkennen geben. Es ist allerdings kaum zu erwarten, daß man für alle Ökotypen der Fichte mit einem einzigen Temperaturbereich das Optimum erreichen könnte; die Untersuchungen von PISEK und WINKLER (1959) zeigen deutlich, daß bei nur 2 Fichteneinzelbäumen aus verschiedenen Seehöhen bereits Unterschiede von 2 - 3 °C im optimalen Bereich der Stoffproduktion gegeben sind; wenn man dazu die unterschiedliche photoperiodische Empfindlichkeit, die bis zu mehrere Stunden betragen kann, berücksichtigt, wird erst die schwierige Wahl der günstigsten Testbedingungen erkennbar. Unter Hinweis auf die Ergebnisse der übrigen Versuchsreihen dieser Arbeit und auch der sonstigen Untersuchungsergebnisse (DOWNS u. a. 1956, 1958, KRAMER 1958, MILLER 1959, SCHRÖCK 1961, VAARTAJA 1959) kann aber der gewählte Testbereich als ausreichend angenommen werden.

Bezüglich des Gesamtergebnisses dieser Testungsreihe muß hervorgehoben werden, daß wohl nicht die gesamte Streubreite der Fichtenökotypen erfaßt werden konnte; es fehlen vor allem die extremen Tallagen; auch Hochlagenfichten aus dem Bereich der Kampfzone sind nur spärlich vertreten; bei den Zwischenformen der Normallagen zu den Hochlagen sind gleichfalls noch Lücken im Untersuchungsergebnis zu erkennen; trotzdem läßt sich aus den Ergebnissen dieser Arbeit eindeutig ableiten, daß über die gesamte Seehöhenverbreitung der Fichte eine zusammenhängende Streuung mit fließenden Übergängen gegeben ist, wie sie auch LANGLET (1959) in Bezug auf die Kiefer in Skandinavien erkannt hat. Es liegt jedoch keine lineare Abhängigkeit vor; diese kann auch auf Grund der klimatischen Gegebenheiten nicht angenommen werden, sondern eine in den unteren und auch noch mittleren Lagen relativ langsame Änderung verschiedener Eigenschaften wird mit zunehmender Seehöhe immer stärker ins obere Extrem verschoben, wie auch die phänotypischen Aufnahmen der Mutterbäume eines vertikalen Profils erkennen lassen (HOLZER 1963 c, 1964 a).

Der Einfluß des Samengewichtes auf das Sämlingswachstum, der mitunter einige Jahre anhalten kann und von vielen immer wieder festgestellt wurde (BARTELS 1956, BROWN 1959, FABRICIUS 1938,

JOVANOVIC 1960, LANGDON 1958, NÄGELI 1931, ROHMEDER 1939 a,b, SCHELL 1960, SIMAK 1962, STROHMEYER 1938, STERN 1957, ZENTSCH 1961), tritt bei unserem Material nicht sehr deutlich in Erscheinung. Wohl ist durch detaillierte Sortierung der einzelnen Herkünfte eine deutliche Beeinflussung der Sämlingsgröße durch das Samengewicht, jedoch nur nach Trennung der einzelnen Höhenstufen erkennbar; beim unsortierten Saatgut ist aber, wahrscheinlich bedingt durch die günstigen Ernährungsverhältnisse aus der Nährlösungskultur, dieser Einfluß sehr gering (Abschnitt 521) und könnte in dieser Hinsicht mit den Erfahrungen bei älteren Freiland- Nachkommenschaften verglichen werden, bei denen der Einfluß des Samengewichtes auf die Sämlinge nach einigen Jahren nicht mehr feststellbar ist (FABRICIUS 1938, ROHMEDER 1939, 1953, VANSELOW 1933, u. a.). Der Einfluß des Keimzeitpunktes auf das Wachstum der Sämlinge, dem verschiedentlich zum Teil enorme Bedeutung zugemessen wird (BARTELS 1956, ROHMEDER 1962, ROHMEDER und CHI-YÜN CHEN 1959, SCHELL 1960 a,b, u. a.) konnte in unseren Versuchen keiner näheren Beobachtung unterworfen werden; das unterschiedliche Wachstum der einzelnen Ökotypen, besonders das langsame Wachstum der Hochlagenherkünfte, steht jedoch damit in keinerlei Zusammenhang, wie auch bereits von anderen Autoren gefunden wurde (LANGNER 1960, LEHOTSKY 1960, RUBNER 1938). Auch die Keimungstemperatur, bei der vielleicht ein Zusammenhang mit den Klimarassen erwartet werden könnte (KIENITZ 1879), zeigte keine gesicherten Unterschiede zwischen den einzelnen Samensorten (Abschnitt 71); außerhalb des optimalen Keimtemperaturbereiches ist nur eine mehr oder weniger starke Verzögerung der Keimung und zum Teil auch eine Keimungsbehinderung zu erwarten (LØKEN 1959); gleichzeitig damit könnte man aber auch bereits eine beschränkte Auslese für die gegebenen Keimungsbedingungen annehmen.

83 FREILANDSÄMLINGE

Die Anzucht der Freilandsämlinge unseres Versuchsmaterials diene in erster Linie zum Vergleich des Freiland-Wachstums der verschiedenen Sorten zum Wachstum in der Kulturkammer. In der Zwischenzeit hat SCHMIDT-VOGT (1961) eine ausführliche Schrift über die Beurteilung von Freilandpflanzen aus Pflanzgärten herausgebracht. Unsere Versuchsergebnisse decken sich soweit mit seinen Angaben, als es sich nicht um Pflanzeigenschaften handelt, bei denen der unterschiedliche Standraum von Einfluß ist. Die Verschulung unseres Materials auf größere Pflanzenabstände war in erster Linie aus Versuchsgründen bedingt und wäre vom wirtschaftlichen Standpunkt aus für die Praxis nicht vertretbar. Deshalb decken sich auch die von uns gemachten Angaben über Höhe und Verzweigungsdichte nicht mit den aus Forstpflanzgärten zu erwartenden Ergebnissen (SCHMIDT-

VOGT 1961, 1964, NATHER 1964). Die relativen Unterschiede zwischen den einzelnen Sorten dagegen passen sich gut in den allgemein bekannten Rahmen, daß die Hochgebirgs- ebenso wie die nordischen Herkünfte mit zunehmender Seehöhe bzw. nördlicher Breite ihres Mutterbaumes im Wachstum hinter den tieferen bzw. südlichen Herkünften zurückbleiben (AUSTIN 1905, 1913, HEIKINHEIMO 1949/50, LANGLET 1941, 1943, LEHOTSKY 1960, u. v. a.). Diese Unterschiede sind zum Teil derart deutlich, daß bereits eine Sortierung der einjährigen Freilandsämlinge die Seehöhenzuordnung ermöglichen würde (Abschnitt 62, LANGLET 1941); wieweit allerdings eine Sortierung im 1. oder 2. Sämlingsjahr, die bekannter Weise durch einige Jahre eine Nachwirkung zeigt (FABRICIUS 1938, ROHMEDEK 1953, SCHÜTT 1959, PETRAČIĆ 1957, CALLAHAM u. a. 1961, 1962, VANSELOW 1933), bei unbekannter Saatgutherkunft auch zugleich eine Sortierungsmöglichkeit nach Seehöhenzugehörigkeit ermöglicht, kann vorläufig noch nicht gesagt werden. Immerhin wäre denkbar, daß sich auf diese Art eine Aufspaltung der im Mutterbaum bzw. im Pollen stekenden Eigenschaften zu erkennen gibt; anderenteils ist aber auch daran zu denken, daß die langsam wachsenden Sämlinge aus Tief-lagenherkünften bereits in ihrer Jugend eine auch später anhaltende schlechte Wüchsigkeit anzeigen (SCHMIDT-VOGT 1961, SCHRÖCK 1964, SCHRÖCK und STERN 1952, WEIHE 1961). Es werden in dieser Hinsicht noch umfangreiche Untersuchungen notwendig sein, um diesem Problem beizukommen.

Ein besonderes Augenmerk ist bei Freilandsämlingen neben der allgemeinen Wüchsigkeit auf Austrieb und Augusttrieb-bildung zu lenken. Der Austrieb im zweiten Sämlingsjahr hat nach unseren Erfahrungen noch wenig Bedeutung, da alle Sorten gleichzeitig austreiben und somit die Spätfrostgefahr nur von der jeweiligen Jahreswitterung abhängt. Erst im 3. und 4. Sämlingsjahr beginnt die Differenzierung in der Austriebzeit der einzelnen Sorten. Der Abschluß des Triebwachstums hingegen gibt bereits in den beiden ersten Sämlingsjahren einen genauen Hinweis auf die Sorteneigenschaften; schon im ersten Jahr des Sämlingswachstum ist mit Augusttrieb-bildung zu rechnen; meist ist sie jedoch in den ersten beiden Sämlingsjahren derart eng mit dem ersten Triebwachstum gekoppelt, daß nur schwer der Übergang erkannt werden kann. Im dritten, besonders deutlich im vierten Sämlingsjahr ist sowohl der Zeitpunkt des Austriebes als auch das Auftreten von Augusttrieben als sehr sicheres Herkunftszeichen zu verwenden (Kapitel 63, BADALOW 1963, BOUVAREL 1961, CRITSCHFIELD 1957, FARRAR 1960, JUREVICS 1937, ROHMEDEK 1948, SCHMIDT-VOGT 1961, SILEN 1962). Der Zeitpunkt des Austriebes, der wegen der Spätfrostgefahr für bestimmte Lagen von Bedeutung sein kann (MÜNCH 1923, PANIN 1960), ist ziemlich sicher als erblich anzunehmen (LANGNER und STERN 1964, LEIBUNDGUT 1963, MERGEN 1960, ROHMEDEK 1948, SCHMIDT-VOGT 1961, u. a.);

hingegen konnte bei unserem Untersuchungsmaterial kein Voraussitzen des Austriebes der höheren Herkünfte an tieferen Anbauorten beobachtet werden (ENGLER 1905, u. a.); die Herkünfte aus größeren Seehöhen können nicht unbedingt als Frühtreiber angesprochen werden. Nach unseren Untersuchungen zeigen die einzelnen Sorten keinen unbedingten Zusammenhang von frühem Austrieb und der damit gegebenen Spätfrostgefährdung mit irgend welchen anderen in unsere Untersuchungen einbezogenen Merkmalen (MÜNCH 1928, PANIN 1962, ROHMEDER 1936, u. a.). Im besonderen können die spätreibenden Hochlagenfichten nicht als besonders wüchsig angesprochen werden, wie auf Grund verschiedener Untersuchungen angenommen werden könnte (PANIN 1960, SCHÖNBACH 1957). Einzig die Augusttrieb-bildung zeigt neben ihrer sortenbedingten Abhängigkeit vor allem ein vermehrtes Auftreten bei den oberen Zwischenformen. Im allgemeinen muß dem Augusttrieb eine qualitätsmindernde Eigenschaft zugeschrieben werden; abgesehen von einer verstärkten Frostgefährdung im folgenden Winter wegen mangelhafter Gewebeausbildung wird durch die Augusttrieb-bildung - wegen der vermehrt auftretenden Zwieselbildung - eine erhebliche Qualitätsminderung verursacht, obwohl die Gesamtleistung dieser Sorten eine bessere sein kann (FARRAR 1960, LEIBUNDGUT 1955, SCHMIDT-VOGT 1962, u. a.). Im allgemeinen kann man auf Grund der bisherigen Erfahrungen bestätigen, daß es für die Fichtenanbauten und -aufforstungen entscheidend ist, sich nicht allzuweit vom natürlichen Standort der Mutterbäume zu entfernen; sowohl die verschiedenen Fichtenprovenienzversuche als auch Einzeluntersuchungen verschiedener Forscher bestätigen immer wieder diese Tatsache (HEIKINHEIMO 1954, LANGLET 1945, VINCENT und VINCENT 1964, VINS 1963, u. a.).

Wie entscheidend weiter die Stoffproduktionsleistung der einzelnen Fichtenherkünfte auf das Wachstum ist, zeigen neben den Assimilationsuntersuchungen von PISEK und WINKLER (1959) vor allem die Untersuchungen CIESLAR's (1907) und BURGER's (1937), wonach vor allem die Tieflagenfichten in Tieflagen mit einer bedeutend geringeren Nadelmenge die gleiche Holzproduktion durchführen wie die Hochlagenfichte in Tieflagen; anderenteils ist als gesichert anzunehmen, daß sich dieses Verhältnis mit zunehmender Seehöhe zu Gunsten der Hochlagenfichten verschiebt; wahrscheinlich werden letztere oberhalb bestimmter Grenzen auf Grund ihrer Kaltklimateigenschaften und der anderen Photoperiode sogar bessere Produktionsleistungen erbringen; zudem sind die Tieflagenherkünfte meist gar nicht mehr lebensfähig (HEIKINHEIMO 1949/50, FISCHER 1950, KIELLANDER 1960, IRGENS-MOLLER 1958, u. a.).

84 GESAMTSCHLUSSFOLGERUNGEN UND ZUSAMMENFASSUNG
DER ERGEBNISSE

In dieser Arbeit wird dargelegt, wie bei der europäischen Fichte auf Grund der Untersuchung der Nachkommenschaft Hinweise für eine standortgerechte Auspflanzung der Sämlinge gefunden werden können. Neben den Untersuchungen an den Freilandsämlingen bis zum 5. Jahr wird vor allem das Wachstum der Fichtensorten unter Kulturraumbedingungen einer näheren Betrachtung unterworfen. Innerhalb der Hauptversuchsserie in der Kulturkammer werden zwei wesentliche Versuchsziele auseinandergelassen.

In der photoperiodischen Testung von 22 Fichtensamensorten (Einzelbaumernte) wird die Erklärung für das allgemeine physiologische Verhalten der Fichtensämlinge durch verschieden lange Photoperiode und ihre Auswirkung gegeben.

Die unterschiedliche Photoperiode bedingt durch den unterschiedlichen Lichtgenuß der Pflanzen eine dementsprechende Pflanzengröße; es zeigt sich dabei, daß die Atmung einen derart starken Einfluß auf die Gesamtgröße hat, daß die Gesamtstoffproduktion mit dem Quadrat der Beleuchtungsdauer zunimmt. Außerdem zeigt dieser Versuch die enge Abhängigkeit der Dauer des Triebwachstum von der Dauer der Photoperiode; dieses Triebwachstum ist aber auch noch sortenbedingt verschieden und läßt sich für die einzelnen Sorten eine optimale Tageslänge erkennen, bei der die günstigste Ausnützung der Photoperiode in Bezug auf Längen- und Gewichtswachstum zu erkennen ist. Diese optimale Tageslänge wird durch die Terminalknospenbildung, die ein Stoppen des Trieblängenwachstums bedeutet, besonders betont; die Knospenbildung am Trieb ist aber eine echte Sortenbedingtheit und zeigt zugleich eine direkte Abhängigkeit von der Seehöhe. Überdies läßt die photoperiodische Testung noch eine unterschiedliche Wüchsigkeit der verschiedenen Sorten bei sonst gleicher Reaktion erkennen, was vielleicht ein Hinweis auf eine quantitative Testung verschiedener Fichtensorten sein könnte.

Dabei zeigt sich, daß die in mittleren Breiten (47 °N) während der Vegetationszeit natürliche sommerliche Tageslänge von etwa 16 Stunden auch für die Sämlingstestung die günstigste Beleuchtungsdauer darstellt. In dieser werden die genauesten Unterschiede zwischen den untersuchten Sorten (von 80 Einzelbäumen) gefunden. Als primär ausschlaggebend für das Gesamtwachstum ist dabei die durch die photoperiodische Reaktion bedingte Knospenbildung am Trieb, wobei die einzelnen Seehöhenlagen der Mutterbäume unterschiedliche Reaktionen zeigen. Der Zeitpunkt der Terminalknospenbildung kann als verlässlichstes Merkmal der Seehöhenzuordnung verschiedener Fichtenherkünfte gelten. Dazu kommt noch die durch diese Reaktion bedingte Triebgröße (sowohl Länge als auch Gewicht), die derart

gestaltet ist, daß mit zunehmender Seehöhe der Trieb kürzer wird.

Als weiteres verlässliches Kriterium muß die relative Triebgröße in Bezug auf die Gesamtpflanze angesehen werden; sowohl die Länge als auch das Gewicht des Triebes nehmen mit zunehmender Seehöhe der Herkunft einen immer kleiner werdenden Anteil an der Gesamtpflanze ein; dies ist dadurch bedingt, daß die Wurzeln bei allen Sorten in etwa dem gleichen Maß entwickelt werden, der Trieb hingegen mehr und mehr mit zunehmender Seehöhe bei gleicher Tageslänge zurückbleibt. Ein Anteil des Triebes an der Gesamtpflanze von 10 % der Länge bzw. 65 % des Gewichtes nach einer Kulturdauer von 4 Monaten muß als sicherer Hinweis für eine Hochlagenherkunft gelten; bei den tiefen Herkünften können hingegen Triebanteile an der Gesamtpflanze bis zu 25 % der Länge bzw. bis zu 80 % des Gewichtes erwartet werden.

Durch die parallel zu den Kulturkammerversuchen durchgeführte Freilandaussaat und Verschulung des Versuchsmaterials konnte festgestellt werden, daß enge Beziehungen bestehen zwischen den im Pflanzgarten im Laufe von 4 - 5 Jahren zu erwartenden Ergebnissen und den aus der Kulturkammer gegebenen Werte nach 3 - 4 Monate dauernder Testung des Saatgutes. Dabei kommt wieder die durch die Vererbung der Mutterbaumeigenschaften in Zusammenhang mit seiner Seehöhe bedingte Reaktion auf die Umwelt deutlich zum Vorschein; die einzelnen Sorten zeigen ein ihrer Anpassungsfähigkeit an den gegebenen Standort entsprechendes Verhalten; Aussaaten von Tieflagenherkünften zeigen im tiefgelegenen Pflanzgarten ihr bestes Wachstum, die im gleichen Garten ausgesäten Hochlagen dagegen bleiben stark im Wachstum zurück. Die Hochlagen haben ein anderes Temperatur- und Tageslängenoptimum, welches ihnen im tiefgelegenen Pflanzgarten nicht gegeben werden kann. Umgekehrt muß man von Tieflagenherkünften bei Aussaat in hochgelegenen Gärten ein stark gehemmtes wenn nicht sogar verhindertes Wachstum annehmen.

Vor allem durch die Kulturkammertestung, aber auch durch eine länger dauernde Freilandtestung, sind uns somit Möglichkeiten einer Frühbeurteilung von Fichtensorten an die Hand gegeben; wenn auch noch lange nicht jede von einer Frühtestung zu erwartende Qualitätsbeurteilung in diesem Rahmen gegeben werden konnte, so ist doch bereits ein wesentlicher Schritt in Bezug auf die Anbauten in verschiedenen Seehöhen vorgezeichnet, wodurch bereits viele bisher aufgetretene Fehlschläge, besonders bei Hochlagenaufforstungen, verhindert werden können.

SUMMARY

It is shown in this paper how it is possible to find out, in Norway spruce, hints for the choice of suited planting-sites for the seedlings on the basis of progeny-tests. Besides tests on seedlings grown in the open air up to the fifth year, the main object of consideration is the growth of spruce ecotypes under cultural chamber conditions. Within the main test series in the cultural chamber two essential objectives of testing are kept apart.

In the photoperiodical testing of 22 spruce seed sources (individual tree collections) explanation for the general physiological behaviour of spruce seedlings is given on the basis of different duration of photoperiod and their effects.

The differential photoperiod involves, through a differential lighth-reception of plants, a corresponding plant-size; it becomes evident that respiration has such a strong influence on total size that total organic matter production increases with the square of lighth-exposure duration. Besides, this test shows the close dependence of shoot-growth duration on duration of photoperiod; but this shoot-growth is differential according to ecotypes and allows to recognize for the single types an optimum day-length at which the most favorable utilization of photoperiod is reflected by length and weight increment. This optimum day-length is especially marked by terminal bud formation expressing the stop of shoot length growth; however, bud formation on the shoot is a true function of ecotype and shows at the same time a direct dependence on altitude. Besides, the photoperiodical test reveals a differential vigour of different types with an otherwise equal response, which may perhaps be a hint to quantitative testing of various spruce-types.

It is shown in this connection that the natural summer day-length as occurring during the growing season at medium latitudes (47°N), of about 16 hours, is at the same time the most favorable duration of lighth-exposure for seedling testing. Under this condition the closest differences are found among the tested provenances (from 80 individual trees). Primarily decisive for total growth is bud formation on the shoot as implied by photoperiodical response, the individual altitudinal sites of mother trees involving differential reactions. The date of terminal bud formation may be considered as the most reliable criterion for altitudinal ranging of spruce provenances. Add to this size of shoots (both length and weight) as implied by this response in such a way that with increasing altitude the shoot becomes shorter.

As another reliable criterion must be considered the relative size of shoots with reference to the whole plant; both the length

and weight of the shoot take, with increasing altitude of provenance, an ever decreasing part of the total plant; this is due to the fact that the roots are developed in all types to about the same degree while the shoot lags behind more and more with increasing altitude at equal day-length. A share of the shoot in the total plant of 10 % of length, or 65 % of weight, after 4 months cultivation must be considered as a sure criterion for a high altitude provenance, in low altitude provenances, on the other hand, shares of shoots in the total plant up to 25 % of length or 80 % of weight are to be expected.

By field-sowing and transplanting of test material, carried out parallelly to the cultur chamber tests, it could be stated that there are close relationships between the results as to be expected in the nursery in the course of 4 or 5 years, and the data from the cultural chamber after 3 4 months testing of seed. Here, again, the response to environments as conditioned by the inheritance of mother tree characters-in connection with altitude-becomes clearly evident, the individual sorts showing a behaviour corresponding to their adaptability to the given site: seed progenies from lowland provenances show the best of their growth in the low-situated nursery while the high-altitude provenances sown in the same nursery strongly lag behind in growth. High altitude provenances have another optimum of temperature and day-length which cannot be given them in the lowland nursery. Inversely, one must expect from low-altitude provenances, if sown in high-situated nurseries, a strongly inhibited if not altogether stopped growth.

Thus, chiefly the culture-chamber testing, but also a field testing of some duration, has offered us possibilities of early testing spruce types. Although we are far from giving all quality rating to be expected from an early test, yet an essential step has been marked with regard to plantations at various altitudes, by which many failures of the past, especially in high-altitude afforestations, can be avoided.

RESUME

On expose dans ce mémoire comment on peut trouver chez l' *épicéa* commun, au moyen de l'examen de la progéniture, des indications pour le choix de stations s'adaptant à la plantation des semis. A côté de recherches sur des semis en plain air jusqu'à la cinquième année, on soumet avant tout la croissance des races d' *épicéa* en chambre de culture à un examen détaillé. Au sein de la série principale d'expériences, en chambre de culture, on a distingué deux buts essentiels des expériences.

Les tests photopériodiques de 22 progénitures d' *épicéa* (récoltes d'arbres individus) ont permis de donner une explication du comportement physiologique général des semis d' *épicéa* en raison de photopériodes de durée différente et de leurs effets.

La photopériode différente implique, en vertu de l'absorption différente de lumière par les plantes, une grandeur proportionnée des plants; il apparaît alors que la respiration a une si forte influence sur la grandeur totale que la production totale de matière s'accroît selon le carré de la durée d'illumination. En outre, cette expérience démontre que la durée de la croissance dépend étroitement de celle de la photopériode. Mais cette croissance des pousses est encore différente selon les races et révèle pour chacune des races une durée optima du jour permettant de constater l'utilisation la plus favorable de la photopériode relativement à l'accroissement en longueur et en poids.

Cette durée optima du jour est marquée par la formation du bourgeon terminal, indiquant l'arrêt de la croissance en longueur de la pousse. Cependant, cette formation du bourgeon sur la pousse est une véritable fonction de la race et démontre en même temps qu'elle dépend directement de l'altitude. En outre, le test photopériodique permet de constater une vigueur différente des différentes sortes à côté d'une réaction habituellement la même, ce qui pourrait être une indication pour des tests quantitatifs de diverses races d' *épicéa*.

Alors il apparaît qu'une durée du jour d'environ 16 heures, telle qu'elle correspond à l'illumination naturelle estivale sous les latitudes moyennes (47°N) pendant la période de végétation, représente en même temps la durée la plus favorable d'illumination pour les tests sur les semis. C'est à cette durée du jour que l'on trouve les différences les plus précises entre les races examinées (progénitures de 80 arbres individus). Le facteur primairement décisif pour la croissance totale est la formation du bourgeon sur la pousse, conditionnée par la réaction photopériodique; encore les différentes altitudes de provenance des arbres-mères provoquent-elles des réactions différentes. L'époque de formation du bourgeon terminal

peut servir de critère le plus sûr pour assigner aux épicéas de diverses provenances des altitudes correspondantes.

A cela s'ajoute la dimension de la pousse (la longueur aussi bien que le poids) conditionnée par cette réaction et conformée de façon qu'avec une altitude croissante la pousse devienne plus courte.

Comme un autre critère sûr il faut considérer la dimension relative de la pousse par rapport au total de la plante; la longueur aussi bien que le poids de la pousse prennent, avec une altitude croissante de provenance, une part de plus en plus réduite dans la plante toute entière. Cela tient au fait que les racines se développent à peu près dans les mêmes proportions chez toutes les races alors que la pousse se développe beaucoup plus lentement avec une altitude croissante, la durée du jour étant égale. Une part de pousse dans la plante toute entière, égale à 10 % de la longueur ou de 65 % du poids après 4 mois de culture doit servir d'indication sûre pour une provenance d'altitude élevée; pour les provenances de basses altitudes on peut s'attendre à des parts de pousses dans la plante toute entière allant jusqu'à 25 % de la longueur ou 80 % du poids.

Le semis en plain air et le repiquage du matériel d'expérience, exécutés parallèlement aux tests en chambre de culture, a permis de constater des rapports étroits entre les résultats à attendre en pépinière au cours de 4 à 5 années et les valeurs données en chambre de culture après 3 à 4 mois de test sur la semence. Ici encore, la réaction au milieu, conditionnée par la transmission des caractères de l'arbre-mère rattachés à l'altitude de provenance, se manifeste clairement, les différentes races faisant apparaître un comportement correspondant à leur adaptabilité à la station donnée. Les semis à partir de provenances de basse altitude montrent leur croissance optima dans une pépinière située à peu d'altitude, alors que les provenances d'altitudes élevées, semées dans la même pépinière, ont une croissance beaucoup plus lente. Les provenances d'altitude élevée ont un autre optimum de température et de durée du jour, qu'on ne peut leur donner dans la pépinière en basse altitude. Inversement, il faut s'attendre chez les provenances de basse altitude, semées dans une pépinière en haute montagne, à une croissance fortement restreinte sinon tout à fait arrêtée.

Pour conclure, c'est avant tout le test en chambre de culture, mais aussi un test en plein air d'une certaine durée, qui nous ouvre des possibilités d'appréciation précoce de races d'épicéa. Bien que nous soyons loin de pouvoir donner dans ce cadre quelque appréciation qualitative à attendre d'un test précoce, pourtant un pas essentiel est déjà marqué par rapport aux cultures dans les différentes altitudes, ce qui nous a déjà permis d'éviter bon nombre d'échecs qui étaient courants dans le passé, surtout à l'occasion des reboisements en haute montagne.

В этой работе объясняется, как у европейский ели можно находить указания для высадки сеянцев по месту обитания, на основании исследований потомства. На ряду с исследованиями сеянцев открытого грунта до пятого года, ближайшему рассмотрению подвергается прежде всего рост еловых сортов, учитывая условия площади культур. В течение главной опытной серии в помещении для культур различаются две важных опытных цели.

В фото-периодическом испытании 22 сортов еловых семён (урожай отдельных деревьев) даются объяснения об обще-физиологическом поведении еловых сеянцев разно-продолжительного фото-периода и их действие.

Различный фото-период обуславливает соответственно этому величину растений путём различного светового пользования; при этом оказывается, что дыхание имеет такое большое влияние на общую величину, что общая продукция субстанции увеличивается квадратом длительности освещения. Кроме того этот опыт показывает тесную зависимость длительности развития побегов от длительности фото-периода; а это развитие побегов различается и по сортам и показывает оптимальную, дневную длину отдельных сортов. На основании этой дневной длины можно узнать самое лучшее использование фото-периода, что касается развития длины и веса. Эта оптимальная дневная длина особенно подчёркивается образованием верхушечной почки, которое осначает при оставку развития побегов в длину; это образование почки на побеге является настоящей обусловленностью сортов и показывает одновременно прямую зависимость от высоты над уровнем моря. Кроме того фото-периодическое испытание показывает ещё и различное увеличение роста разных сортов, при той же самой реакции, что может явиться указанием на количественное испытание разных сортов ели.

При этом оказывается, что естественная, летняя, продолжительность дня около 16 часов, которая бывает во всё время продолжительности вегетации в средних широтах (47° С) и является для испытания сеянцев самым лучшим осветительным периодом. При этом испытании сеянцев находится самая точная разница между испытанными сортами ($80^{\text{ти}}$ отдельных деревьев). Образование почки на побеге, обусловленное фото-периодической реакцией, является решающим для общего роста, причём отдельные положения высоты над уровнем моря семенников показывают различные реакции. Момент образования верхушечной почки на побеге может считаться самым надёжным признаком подчинения высоте над уровнем моря елей разного происхождения. К этому ещё присоединяется величина побега (как длина, так и вес), обусловленная этой реакцией, которая оформлена так, что побег становится короче с возрастающей высотой над уровнем моря.

Относительную величину побега можно, в дальнейшем рассматривать, как надёжный критерий, что касается всего растения; чем выше над уровнем моря находится происхождение растения, тем всё более уменьшающуюся часть всего растения занимают как длина, так и вес побега; это обусловлено тем, что корни всех сортов развиваются приблизительно в той же самой мере, напротив, побег всё более и более отстает с возрастающей высотой над уровнем моря и при той же продолжительности дня. Надёжным указанием на плоскогорное происхождение можно считать часть побега когда она составляет 10 % длины или 65 % веса всего растения, после четырёхмесячного срока культуры; у происхождений с

низких местоположений, напротив, можно ожидать частей побегов до 25% длины или до 80 % веса всего растения.

На основании посева на открытом грунте и перешколивания подопытного материала и на основании параллельно проведенных опытов в помещении для культур было установлено, что существуют тесные связи между ожидаемыми результатами в питомнике, которые получаются в течение 4 - 5 лет и между данными, из помещения для культур, полученными после трёх-четырёхмесячного теста посевного материала. При этом опять ясно выявляется реакция на окружающий мир, обусловленная унаследованными свойствами материнского дерева в связи с его высотой над уровнем моря; отдельные сорта ведут себя соответственно с их приспособляемостью к данному месту произрастания; посевы происхождений с низких местоположений показывают в низко-расположенном питомнике их самый лучший рост; напротив, плоскогорные происхождения, посеянные в том же самом питомнике, очень отстают в росте. Плоскогорные происхождения имеют другой оптимум температуры и длительности дня, который им не может быть дан в низко-расположенном питомнике. Наоборот, следует предполагать сильно заторможенный или даже задержанный рост посева происхождений с низких местоположений в плоскогорных питомниках.

Мы имеем, таким образом, возможность более раннего суждения о еловых сортах, прежде всего благодаря тесту в помещении для культур, а также благодаря более продолжительному тесту на открытом грунте; хотя в этих пределах и не было возможно высказать всякого ожидаемого от раннего теста качественного суждения, но всё-таки уже намечен значительный шаг, что кажется разведений в разных высотах над уровнем моря, вследствие чего можно предотвратить многие, то сих пор встречающиеся промахи, особенно при лесоразведениях на горных местах.

91 ERGEBNISSE EINES VERSUCHES MIT AUSLÄNDISCHEN
FICHTENHERKÜNFTE

Durch das freundliche Entgegenkommen einiger ausländischer Versuchsanstalten war es möglich, auch andere Herkünfte sowohl der Alpen als auch des nordosteuropäischen Raumes zu einer informativen Untersuchung in der Kulturkammer heranzuziehen. So wurde das Saatgut von insgesamt 21 Bäumen aus dem Schweizer Alpenraum sowie von 9 Bäumen aus Finnland und 5 Bäumen aus europäisch Rußland, weiters eine Saatgutherkunft aus Rumänien näher untersucht, worüber im folgenden berichtet wird. Das Saatgut stammt aus der Ernte 1958, die Kulturversuche wurden in der Zeit vom 27. IX. 1961 bis zum 16. I. 1962 bzw. vom 2. VIII. bis 22. XI. 1961 durchgeführt (genauere Einzelheiten über die Herkünfte sind aus der Tabelle 91 zu entnehmen). Besonderen Aufschluß könnte man aus dem von der Schweizer Forstlichen Versuchsanstalt (durch Herrn E. SURBER) gesammelten Saatgut neben der Höhenlagenbeurteilung über die geographische Beeinflussung der Fichtenherkünfte bzw. deren Saatgut erhalten; dies ist auf Grund unserer Versuche vor allem beim Triebanteil an der Gesamtlänge deutlich zu erkennen; leider konnten in unserem Versuch nur 21 der insgesamt 60 übersandten Samensorten getestet werden.

911 Knospenentwicklung

Für die Knospenbildung, deren Beurteilung ja auf Grund unserer Erfahrungen als besonders wesentlich für eine Saatguttastung zu betrachten ist, standen überhaupt nur 12 Sorten zur Verfügung; leider fehlen die Stufen zwischen den Tieflagen von 500 - 600 m und den höheren Normallagen und oberen Zwischenformen ab 1300 m; aber die Abbildung 911 zeigt deutlich, daß auch im Fall der Westalpen die Knospenbildung im gleichen Rhythmus erfolgt wie beim österreichischen Material; auch hier sind einzelne vorauseilende Bäume zu finden wie die Versuchsnummer 378 aus 1310 m mit einem Endwert von 83,5 %; die anderen Versuchsbäume des gleichen Standortes (377 und 379) passen sich gut in den Rahmen ein. Auch die Bäume des Standortes Andermatt, 1550 m scheinen extremer zu sein, als der absoluten Seehöhe entsprechen würde.

Recht interessant scheint hier die Feststellung, daß sämtliche Versuchsnummern aus Süd-Finnland, Herkunft aus 60°21' nördlicher Breite und einer Seehöhe von 50 m, in der gleichen Art reagieren wie die Hochlagen der Alpen aus etwa 46 - 47° nördlicher Breite; sämtliche Samensorten zeigen 5 - 6 Wochen nach der Saat bereits eine Knospenanzahl von 30 - 70 % und es erreichen zum Abschluß

Tabelle 91: Angaben über die in den Versuch mit ausländischen Fichtenherkünften einbezogenen Mutterbäume

Land	Ort	Nr.	See- höhe m	Exp. Lage 1)	Endw. d. Knospen- bildung %	Trieb- länge %	Trieb- gewicht %	
Rumänien	Kronstadt	Gem.	1000		28,1	17,4	73,1	
südl. Finnland		R1-R9	50		83,3- 98,3	6,8- 14,8	42,0- 74,7	
UdSSR	Tomsk	N2	90		100	15,2	74,7	
	Lettland	N4	50		34,5	14,8	69,8	
	Litauen	N7	150		41,5	21,1	72,2	
Schweiz	Sils	333	1860	W	I	98,0	19,3	73,5
	Conters	338	1720	E	I	82,3	11,0	64,2
	"	336	1720	E	I		8,4	56,6
	Andermatt	426	1550	N	I	96,0	3,3	43,8
	"	423	1550	N	I	96,5	8,2	52,3
	"	421	1550	N	I	68,5	12,6	62,3
	Kerns	418	1460	NE	I	72,4	13,4	64,2
	"	413	1460	NE	I		17,3	70,7
	Altanca	76	1400	S	I		16,8	71,2
	"	75	1400	S	I		17,0	70,7
	"	74	1400	S	I	60,4	14,9	67,3
	Le Brassus	379	1310	S	R	58,6	15,4	69,2
	"	378	1310	S	R	83,5	9,6	58,9
	"	377	1310	S	R	66,2	14,0	68,5
	Wasen	1	1060	S	R		17,9	69,0
	Potersalp	11	1120	N	R		18,5	72,9
	"	5	1120	N	R		17,6	72,6
	Eptingen	397	1040	S	R		14,0	66,4
	Faido	83	980	NE	R		20,9	76,2
	Montagny-les-monts	391	600	N	R	5,6	20,9	72,5
	Tägerwilen	495	520	N	R	2,4	20,5	71,0

1) I Inneralpen
R Alpenrand

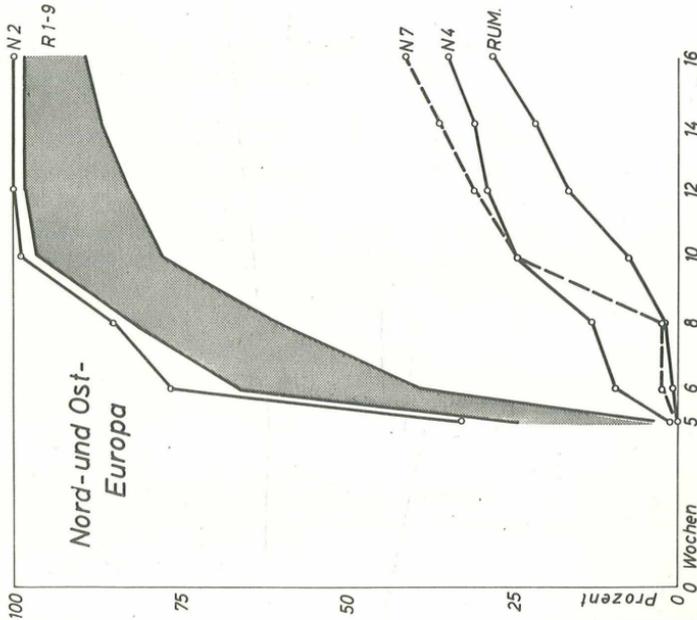
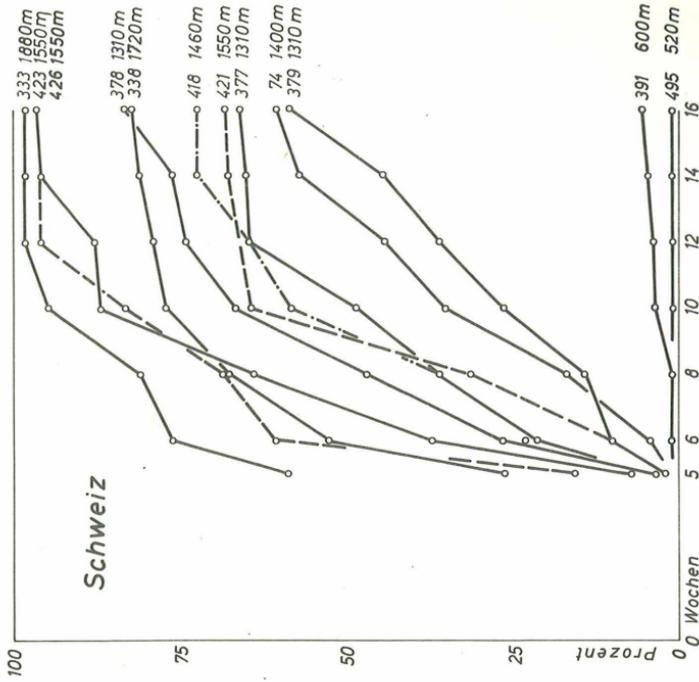


Abbildung 911: Terminalknospenbildung während der Kultur bei verschiedenen ausländischen Fichtenherkünften in der Kulturkammer (Erläuterungen im Text)

des Versuches nach 16 Wochen mindestens 90 % der Pflanzen einen Abschluß des Triebwachstums durch Knospenbildung. Drei aus dem europäischen Rußland stammende Samensorten hingegen verhalten sich unterschiedlich: N2 (57° N, 81° Ost, aus dem Bezirk Tomsk) zeigt das Verhalten einer ausgesprochenen Hochlage, wobei sie bereits nach 12 Wochen sämtliche Endknospen ausgebildet hat; hingegen stellen die Versuchssorten N4 (57° Nord, 23° Ost, Lettland) und N5 (55° Nord, 21° Ost, Litauen) trotz ihrer nördlichen Herkunft relativ gute Normallagen mit den Endwerten der Knospenbildung von 35 bzw. 41 % (Abbildung 911). Das gleiche gilt auch für die Herkunft aus Rumänien, 45° nördliche Breite und 1000 m Seehöhe aus Siebenbürgen.

912 Anteil des Triebes an der Gesamtlänge

Vergleicht man bei den Sorten aus den Schweizer Alpen den Anteil des Triebes an der Gesamtlänge bzw. am Gesamtgewicht mit der Seehöhe der Mutterbäume, so erhält man etwa die gleichen Ergebnisse, wie sie bereits von unserem eigenen Material im Abschnitt 5 bekanntgegeben wurden; einiges muß jedoch bei der Zusammenstellung (siehe Abbildung 912) auffallen: trennt man die Normallagenfichten von den oberen Zwischenformen bzw. den Hochlagenfichten auf Grund des TriebLängenanteiles durch die bei uns gefundenen Werte

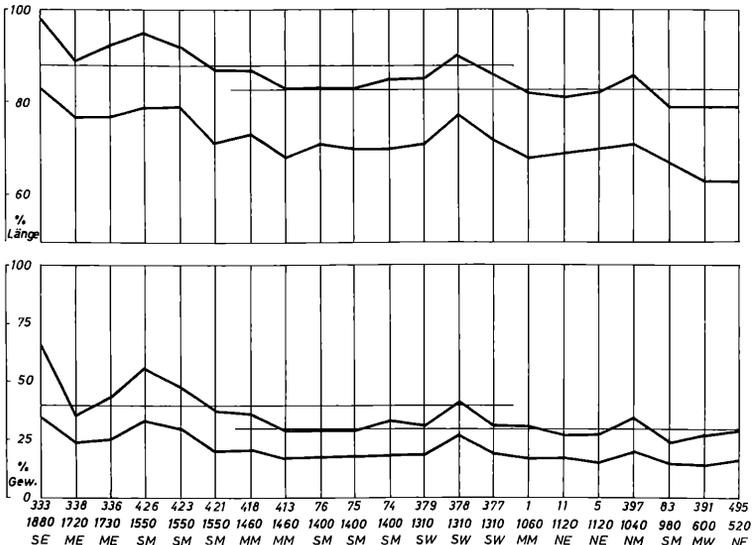


Abbildung 912: Anteil von Trieb, Hypokotyl und Wurzel an der Gesamtpflanze für verschiedene Schweizer Fichtensorten (obere Kurve Länge, untere Kurve Gewicht). Nähere Erläuterungen im Text

von etwa 17 % bzw. 12 % (dünne Linie in der Abbildung 912), so findet man die bereits bei unserem Material in Erscheinung getretene Tatsache, daß im Bereich des Alpenrandes mit den geringeren Massenerhebungen (vor allem am Nord- und Westrand der Schweizer Alpen) auch die jeweiligen Höhenstufen der Fichte deutlich herabgedrückt sind. So ist die Nr. 397 (Eptingen) trotz ihrer Seehöhe von 1040 m bereits als eine sehr hoch liegende Normallagenfichte auszuscheiden, was durch den Ort ihrer Herkunft am Nordrande der Schweizer Alpen auch erklärlich erscheint. Auch die Versuchsnummern 377 - 379 (Le Brassus, Seehöhe 1310) liegen mit ihren Werten für Triebblängenanteil an der Gesamtlänge sehr hoch; der Standort liegt nahe dem Westrande der Alpen an der schweizerisch-französischen Grenze. In den inneren Alpen beginnen die oberen Zwischenformen erst in Höhen um 1500 m (Versuchsnummer 418 der Herkunft Kerns Seeh. 1460 m und Nr. 421 Andermatt 1550 m); aber gerade bei der Herkunft Andermatt sind auch bereits die ersten Hochlagenfichten vertreten (Versuchsnummern Andermatt 423 und 426). Selbstverständlich zu den Hochlagen zu rechnen sind die weiteren Herkünfte Conters 336 und 338 aus 1720 m und Sils 333 aus 1860 m aus dem inneren Alpenraum.

913 Anteil des Triebes am Gesamtgewicht

Praktisch die gleichen Verhältnisse sind gegeben, wenn man den Anteil des Triebes am Gesamtgewicht zur Testung heranzieht; wie die Abbildung 913 zeigt, ist auch in diesem Falle praktisch der gleiche Kurvenverlauf zu finden wie bei den Längenverhältnissen. Aus den Erfahrungen der Versuche mit dem Material der österreichischen Alpen sind die Grenzen zwischen den einzelnen Höhenstufen mit 70 % bzw. 60 % anzunehmen (dünne Linie in der Abbildung 913), sodaß in dem Bereich eines Triebblängenanteiles unter 60 % die Hochlagen, zwischen 60 und 70 % die oberen Zwischenformen und über 70 % die Normallagenfichten zu finden sind; auch in diesem Versuch ist keine eindeutige Trennung der Normallagen von den tieferen Lagen mit Hilfe des Triebanteiles am Gesamtgewicht möglich. Auch die nordischen Herkünfte passen sich, wenn man die Einteilung der Knospbildung zugrunde legt, recht gut in den Rahmen der Normal- bzw. Hochlagensorten ein; letztere müssen natürlich hier als nordische Formen bezeichnet werden, im Kulturkammertest unterscheiden sie sich jedenfalls kaum von den Hochlagen der Alpen (mit dem einzigen Unterschied, daß das Wurzelsystem vor allem in seiner Längenentwicklung hinter den Hochlagen der Alpen zurückbleibt); der Anteil der Wurzel an der Gesamtlänge ist um etwa 3 - 5 % geringer als bei vergleichbaren Sorten der Alpen. Es kommt somit auch beim nordischen Saatgut zum Ausdruck, daß in erster Linie die Photoperiode ausschlaggebend für die Saatguttistung ist, wobei vielleicht bei den nordischen Samensorten eine andere Tageslänge als Grund-

lage einer günstigen Kulturkammerterstung zu wählen wäre, um auch dort brauchbare Ergebnisse für eine Saatgutbeurteilung (im besonderen nach Seehöhenstufen) zu erhalten.

92 ERGEBNISSE EINER MASCHINELLEN LOCHKARTENAUSWERTUNG VON 76 MERKMALEN

Im Rahmen dieser Arbeit wurde an verschiedenen Stellen auf eine Hollerithauswertung des Versuchsmaterials hingewiesen und auch detaillierte Ergebnisse angeführt. Die maschinelle Lochkartenauswertung war einfacher Art und gestaltete sich derart, daß 76 Merkmale von Mutterbaum, Sämlingen aus der Kulturkammer und ein- und zweijährige Sämlinge aus dem Freiland entsprechend der Streuung ihrer Werte meist in 2 bis 4 Klassen eingeteilt wurden. Bei den gemessenen Werten wurden die Klassen derart gewählt, daß die niederen Werte in die kleinen Klassen und die großen Werte in die großen Klassen fallen. Bei den Merkmalen, die von vorneherein nur in Klassen eingeteilt wurden, verhält es sich zum Teil umgekehrt. Dann wurden diese Merkmale jedes mit jedem verglichen, wobei auf Grund der jeweiligen Resultate auf eine mehr oder weniger starke Abhängigkeit der beiden verglichenen Merkmale und meist auch auf eine Richtung der Abhängigkeit geschlossen werden konnte. In der beiliegenden Tabelle 92 sind nun die Zusammenstellungen dieser Abhängigkeiten derart dargestellt, daß strenge Abhängigkeit durch schwarze Pfeile, lockere Abhängigkeit durch schwarz eingefasste Pfeile dargestellt wurden. Bestand keine erkennbare Abhängigkeit, so wurde das entsprechende Feld leergelassen. Außerdem gibt die Richtung des Pfeiles die Richtung der Abhängigkeit derart an, daß gleichsinniges Verhalten zweier Merkmale durch einen nach rechts gerichteten Pfeil dargestellt wurde. Dies ist vor allem bei solchen Merkmalen gegeben, bei denen durch die Klasseneinteilung ein gegenläufiges Verhalten bedingt ist (z. B. die Spalten 28, 38, 56, 63, 73 76).

Aus der Tabelle kann somit sofort beim Betrachten der Spalte eines gewissen Merkmales festgestellt werden, ob es sich um ein die gesamten Versuchsergebnisse stark beeinflussendes Merkmal (z. B. Seehöhe, Trieblänge etc.) oder um eine auf die Versuchsergebnisse nur geringen Einfluß habendes Merkmal (z. B. Zapfenschuppenmerkmale) handelt.

Es kann aus dem Ergebnis dieser Lochkartenauswertung noch lange kein abschließendes Ergebnis erwartet werden, da die in diese Sortierung einbezogenen 80 Sorten nur ein sehr lückenhaftes Material darstellen; zudem wurde bei einzelnen Merkmalen eine teilweise ungünstige Klasseneinteilung getroffen, wodurch vielfach nur ver-

schleierte Ergebnisse erhalten wurden. Dies trifft besonders in den Fällen zu, bei denen die gesamte Streuung innerhalb eines Merkmales durch nur 2 Klassen getrennt wurde; diese Darstellung soll aber zeigen, daß durch die modernen Methoden der maschinellen Lochkartenauswertung nicht nur auf schnelle Weise umfangreiche Rechenergebnisse erhalten werden können, sondern daß auch die Möglichkeit besteht, durch relativ einfache Sortierungsvorgänge die unterschiedliche Abhängigkeit verschiedener Merkmale leicht zu erfassen. In der Tabelle 92 sind die untersuchten 76 Merkmale (die Spaltennummer bezieht sich auf Abbildung 92) genauer beschrieben.

Merkmal	Klasseneinteilung zur maschinellen Lochkartenauswertung			
	1	2	3	4
GRUPPE: MUTTERBAUMMERKMALE				
Seehöhe in Metern	unter 900	900-1100	1100-1300	
Verzweigungsform	Kammfichte	Bürstenfichte	Plattenfichte	
Baumklasse	herrschend	mitherrschend	unterdrückt	
Zapfenindex (Länge : Dicke)	unter 4,0	4,0-4,5	4,6-5,0	
Zapfenschuppenspitze (Gabelung)	stark geteilt	schwach geteilt	nicht geteilt	
Zapfenschuppenspitze (Gesamtform)	schlank	breit-eckig	breit-rund	
Zapfenschuppenindex I(nach PRIEHÄUSSER)	unter 0,60	0,60-0,69	0,70-0,75	
Zapfenschuppenindex II(" ")	unter 0,33	0,33-0,40	über 0,40	
Samenflügelfarbe (Anthozyanbildung)	keine	fleckig gefärbt	voll gefärbt	
Samenfarbe		graubraun	dunkelbraun	
Samenform		mittel	dick	
Tausendkorngewicht (in g)		6,0-7,5	über 7,5	
Knospenform des Zweigendes (siehe Abb. 625)		mittel	rund	
Nadellänge in mm				
Nadelquerfläche (in mm ²)				
Wassergehalt der Nadeln in Prozent des Trockengewichtes				
Anzahl der Keimdefekte (in Prozent)				

Merkmal	Klasseneinteilung zur maschinellen Lochkartenauswertung			
	1	2	3	4
2. GRUPPE: ERGEBNISSE DER KULTURKAMMERAUSSAAT				
Keimfähigkeit in Prozent	unter 61	61-85	über 85	
Keimschnelligkeit in Tagen	unter 7,5	7,5-8,5	über 8,5	
Hypokotylfarbe (Anthozyanbildung)	keine	wenig	mittel	
Kotyledonenzahl	unter 7,7	7,7-8,0	über 8,0	
Hypokotyllänge (in mm)	unter 23	23-28	über 28	
Trieblänge (in mm)	unter 16	16-25	über 25	
Länge der oberirdischen Pflanze (in mm)	unter 35	35-49	über 49	
Wurzellänge (in mm)	unter 100	über 100		
Gesamtlänge (in mm)	unter 130	130-160		
Anteil des Triebes an der Gesamtlänge (Prozent)	unter 8	8-13		
Wurzelverzweigung (siehe Abb.511/2)				
Hypokotylgewicht (in mg)				
Triebgewicht (in mg)				
Gewicht der oberirdischen Pflanze (in mg)				
Wurzelgewicht (in mg)				
Gesamtgewicht (in mg)				
Anteil des Triebes am Gesamtgewicht (%)				
Wassergehalt des oberirdischen Teiles in Prozent des Trockengewichtes				
Knospen an der Plumula (siehe Abb.524)				
Anzahl der Pflanzen mit Neigung zu Mehrtriebigkeit (in Prozent)				
Anzahl der Pflanzen mit Endknospe (in %)				
Anzahl der Pflanzen mit abnormalen Kotyledonen (in Prozent)				
Pflanzenausfall während der Kultur (in %)				
Pflanzen mit zwei oder mehr Trieben				
Pflanzen mit zwei oder mehr Knospen an der Plumula				

Merkmal	Klasseneinteilung zur maschinellen Lochkartenauswertung			
	1	2	3	4
3. GRUPPE: ERGEBNISSE DER EINJÄHRIGEN FREILANDVERSUCHE				
Hypokotyllänge (in mm)	unter 26	26-31	über 31	
Trieblänge (in mm)	unter 3	3-6	über 6	
Länge der oberirdischen Pflanze (in mm)	unter 33,5	über 33,5		
Wurzellänge (in mm)	unter 50	50-70		
Gesamtlänge (in mm)	unter 85	85-100		
Anteil des Triebes an der Gesamtlänge (in Prozent)				
Hypokotylgewicht (in mg)				
Triebgewicht (in mg)				
Gewicht der oberirdischen Pflanze (in mg)				
Wurzelgewicht (in mg)				
Gesamtgewicht (in mg)				
Anteile des Triebes am Gesamtgewicht (in Prozent)				
Wassergehalt der Nadeln (in Prozent Trockengewicht)				
Wurzelverzweigung (siehe Abb. 511/2)				
Knospen an der Plumula (siehe Abb. 524)				
Maßzahl für zunehmende Mehrtriebigkeit (entsprechend der Abb. 624)	unter 2	2-4	über 4	
Pflanzen mit 2 oder mehr Trieben	keine	einzelne	mehrere	
Pflanzen mit 2 oder mehr Knospen	keine	einzelne	mehrere	

Spalten Nr.	Merkmal	Klasseneinteilung zur maschinellen Lochkartenauswertung			
		1	2	3	4
4. GRUPPE: ERGEBNISSE DER ZWEIJÄHRIGEN FREILANDVERSUCHE					
	Trieblänge (in mm)	unter 35	35-60	über 60	
	Länge der oberirdischen Pflanze (in mm)	unter 60	60-70	70-80	
	Wurzelverzweigung (siehe Abb. 511/2)	unter 2,5	über 2,5		
	Wassergehalt der Nadeln (in Prozent des Trockengewichtes)	unter 150			
	Hypokotylgewicht (in mg)	unter 25			
	Holzgewicht des zweijährigen Triebes (in mg)	unter 30			
	Nadelgewicht des zweijährigen Triebes (in mg)	unter 100			
	Gesamttriebgewicht (in mg)				
	Gewicht der oberirdischen Pflanze (in mg)				
	Wurzelgewicht (in mg)				
	Gesamtgewicht (in mg)				
	Anteil des Triebes am Gesamtgewicht (in Prozent)		45-53		
	Verhältnis Nadelgewicht : Holzgewicht		2,6-3,2		
	Knospenform (siehe Abb. 625)		mittel		
	Triebanzahl (entsprechend der Abb. 624)		1,45-1,6		
	Pflanzen mit 2 oder mehr Trieben		viele		

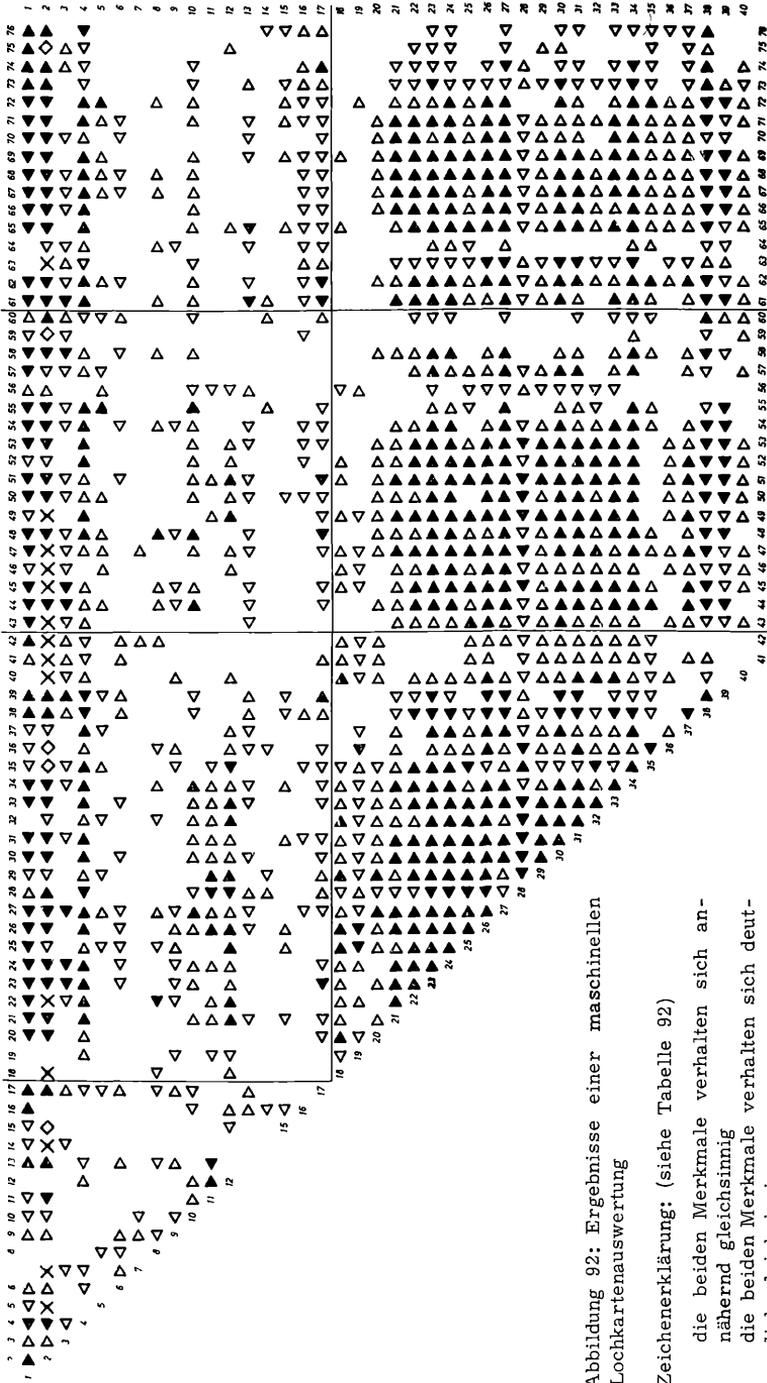


Abbildung 92: Ergebnisse einer maschinellen Lochkartenauswertung

Zeichenerklärung: (siehe Tabelle 92)

- die beiden Merkmale verhalten sich an-
nähernd gleichsinnig
- die beiden Merkmale verhalten sich deut-
lich gleichsinnig
- die beiden Merkmale verhalten sich an-
nähernd entgegengesetzt
- die beiden Merkmale verhalten sich deut-
lich entgegengesetzt
- dieses Merkmal ist bei der Bürstenfichte
unterdrückt
- dieses Merkmal ist bei der Bürstenfichte
betont



- AUSTIN T. 1960: Retningslinja for bruk ar granprovenienser fra Mellom-Europa pa Østlandet og Sørlandet. Norsk. Skogbruk 6.
- BADALOW P. P. 1963: Einige Ergebnisse aus der Erforschung des 2. (August) Zuwachses bei der gemeinen Fichte (russ.). Lesnoj schurnal 2.
- BARTELS H. 1956: Über die Abhängigkeit der Keimlingsgröße vom Gewicht und vom Entwicklungszustand des Samens bei Fichte und Kiefer. Allg. Forst- u. Jagdztg. 127.
- BEISSNER-FITSCHEN 1930: Nadelholzkunde. 3. Auflage.
- BORCHERS 1961: Wert und Bedeutung von Restvorkommen der alten Harzfichte. (3 Folgen) Forst- u. Holzwirt 16.
- BORNEBUSCH C. H. 1935: Proveniensenforøg med Rødgran. Det forstlige Forsøgsvaesen in Danmark 13.
- BOUVAREL P. 1961: Observations sur la date de l'asutement de quelques provenances francaises d' épicéa. Ann. Ec. Eaux For. Nancy 18.
- BOUVAREL P. und LEMOINE M. 1957: L'Expérience Internationale sur les Provenances d'Épicéa (*Picea excelsa* LINK.). Quelques résultats obtenus en France concernant notamment une attaque de némales (*Lygonaematus abietinus* CHRIST). Silvae Genetica 6.
- BROWN C. L. 1959: Variation in nursery grown seedlings from individual mother trees in a seed production area. Proc. 5th Southern Conf. For. Tree Improv.
- BURGER H. 1937: Holz, Blattmenge und Zuwachs. III. Nadelmenge und Zuwachs bei Föhren und Fichten verschiedener Herkunft. Mitt. Schweiz. A. f. forstl. Verw. 20.
- CALLAHAM R. Z. und DUFFIELD J. W. 1962: Heights of Selected Ponderosa Pine Seedlings During 20 Years. Proc. For. Gen. Workshop. Macon, Georgia.
- CALLAHAM R. Z. und HASEL A. A. 1961: *Pinus ponderosa*; Height Growth of Wind-pollinated Progenies. Silvae Genetica 10.
- CZERNY R. und POLNAR M. 1951: Frispevek k rozliseni smrküz rzných nadmorských vysek. Lesnická práce.
- CIESLAR A. 1887: Über den Einfluß des Fichtensamens auf die Entwicklung der Pflanzen nebst einigen Bemerkungen über schwedische Fichten- und Weißföhrensamens. Centralbl. f. d. ges. Forstw. 13.

- CIESLAR A. 1895: Über die Erbllichkeit des Zuwachsvermögens bei Waldbäumen. Centralbl. f. d. ges. Forstw. 21.
- CIESLAR A. 1899: Neues aus dem Gebiete der forstlichen Zuchtwahl. Centralbl. f. d. ges. Forstw. 25.
- CIESLAR A. 1907: Die Bedeutung klimatischer Varietäten unserer Holzarten für den Waldbau. Centralbl. f. d. ges. Forstw. 33.
- CRITCHFIELD W. B. 1957: Geographic Variation in Pinus Contorta. Maria Moors Cabot Found. Pub. 3, Harvard University, Cambridge. Mass.
- DOWNS R. J. und BORTHWICK H. A. 1956: Effect of Photoperiod on Growth of Trees. Bot. Gaz. 117.
- DOWNS R. J. und PIRINGER A. A. 1958: Effect of Photoperiod and Kind of Supplemental Light on Vegetative Growth of Pines. For. Sci. 4.
- ENGLER A. 1905: Einfluß der Provenienz des Samens auf die Eigenschaften der forstlichen Holzgewächse. Mitt. Schweiz. A. f. forstl. Verw. 8.
- ENGLER A. 1913: Einfluß der Provenienz des Samens auf die Eigenschaften der forstlichen Holzgewächse (Fichte, Tanne, Lärche, Bergahorn). Mitt. Schweiz. A. f. forstl. Verw. 10.
- FABRICIUS L. 1922: Holzartenzüchtung. Forstw. Centralbl. 44.
- FABRICIUS L. 1938: Forstliche Versuche, Pflanzenauslese im Saatbeet. Forstw. Centralbl. 60.
- FARRAR J. L. 1960: Induced Variation in the Pattern of Shoot Extension in five Seed Sources of Picea abies (L.) KARST. Proc. 8th Ntheast. For. Tree Improv. Conf. New Haven, Conn.
- FISCHER F. 1950: Ergebnisse von Anbauversuchen mit verschiedenen Fichtenherkünften (Picea Abies (L.) KARST). Mitt. Schweiz. A. f. forstl. Verw. 26.
- FRASER D. A. 1962: Growth of Spruce Seedlings under Long Photoperiods. For. Res. Branch, Technical Note Nr. 114.
- FRAUENDORFER R. 1954: Forstliche Hilfstafeln. Schriftenreihe Forstl. Bundes. Vers. Anst. Bd. II.
- GATHY P. 1960: L'Expérience Internationale sur l'Origine des Graines d'Epicéa (Picea abies KARST.). Résultats en Belgique. Trav. Stat. Rech. Eaux et Forêts, Sér. B., Nr. 24.
- Mc GREGOR D. H., ALLEN R. M. und KRAMER P. J. 1961: The Effect of Photoperiod on Growth, Photosynthesis and Respiration of Loblolly Pine Seedlings from two Geographic Sources. For. Sci. 7.

- HEIKINHEIMO O. 1919: Kuusimuodoista ja niiden metsätalondelli-
sesta arvosta. Medd. f. Forstvetenskaplige För-
söganst. Helsinki.
- HEIKINHEIMO O. 1949: Tuloksia kuusen ja männyn maantieteellisillä
roduilla suoritetuista kokeista. Comm. Inst. Fo-
rest. Fenn. 37.
- HEIKINHEIMO O. 1954: Taimitarhan maantieteellinen sijainti, sie-
menen alkuperä ja istutskaudet. Acta Forstalia
Fennica 61.
- HELLMERS H. 1962: Temperature Effect on Optimum Tree Growth.
Tree Growth, New York.
- HOFFMANN D. 1953: Die Rolle des Photoperiodismus in der Forst-
pflanzenzüchtung. Zft. f. Forstgen. 2.
- HOFFMANN K. 1961: Untersuchungen über Frischgewicht und
Transpiration von Keimlingen verschiedener
Provenienzen. Bestände und Einzelbäume der
Baumart Kiefer (*Pinus silvestris*) und ihre Be-
deutung für die physiologische Beurteilung von
Auslesebäumen und die Entwicklung von Früh-
testen. Diss. Techn. Univ. Dresden.
- HOLZER K. 1959: Winterliche Schäden an Zirben nahe der alpinen
Baumgrenze. Centralbl. f. d. ges. Forstw. 76.
- HOLZER K. 1961: Beobachtungen über genetisch bedingte photo-
periodische Reaktionen an Fichtensämlingen. 13.
JUFRO Congress, Wien.
- HOLZER K. 1963 a: The Influence of Pollen to Height Growth at
Seedlings of *Picea abies* (L.) KARST., grown
under controlled Conditions. Wrld. Cons. For.
Gen. and Tree Improv, Stockholm.
- HOLZER K. 1963 b: Physiological Investigations on *Picea abies* (L.)
KARST in View of Genetics. Proc. Wrld. Cons.
For. Gen. Tree Improv, Stockholm.
- HOLZER K. 1963 c: Die Höhengliederung der Fichte in den öster-
reichischen Alpen am Beispiel der Seetaler Al-
pen. *Silvae Genetica* 12.
- HOLZER K. 1964 a: Die Seehöhengliederung der Fichte in den öster-
reichischen Alpen. Forstsamengewinnung und
Pflanzenanzucht f. d. Hochgebirge. BLV München.
- HOLZER K. 1964 b: Feststellung der Höhenstufen bei Fichtensaat-
gut durch Testung in der Kulturkammer. Forst-
samengewinnung und Pflanzenanzucht f. d. Hoch-
gebirge. BLV München.
- HOLZER K. und LIEBENSWAR K. 1960: Eine einfache Kulturkam-
mer für Sämlingsprüfung mit Nährlösungskultur.
Silvae Genetica 9.

- ILLIES Z. M. 1953: Keimlingsabnormitäten bei *Picea Abies* (L.)
KARST. Zft. f. Forstgen. u. Forstpflanzenztg. 2.
- ILLIES Z. M. 1958: Polysomatie im Meristem von Einzelbaumab-
saaten bei *Picea Abies*. *Silvae Genetica* 7.
- ILLIES Z. M. 1959: Weitere Mehrlingsversuche bei *Picea abies* (L.)
KARST. *Silvae Genetica* 8.
- ILLIES Z. M. 1964: Auftreten haploider Keimlinge bei *Picea abies*.
Naturw. 51.
- IRGENS-MOLLER H. 1958: Genotypic Variation in the Time of Ces-
sation of Height Growth in Douglas Fir. *For.*
Sci. 4.
- JOVANOVIC M. 1960: L'Influence de la Grosseur des Graines du
Pin noir sur la Germination et le Développement
des Semis pendant la première Année de Vege-
tation. *Rev. For. France* 5.
- JUNGHANS B. 1959: Über den jahreszeitlichen Gang der Frosthärte
verschiedenaltriger Nadeln von *Picea abies* (L.)
KARST. im Hügelland. *Ann. f. Forstw.* 8.
- JUREVICS B. 1937: Pflanzen aus Samen der früh- und spätreiben-
den Fichte. *Mezsaimniecibas raksten Krajus* 15.
- KESSLER W. und RUHLAND W. 1938: Weitere Untersuchungen
über die inneren Ursachen der Kälteresistenz
der Pflanzen. *Planta* 28.
- KIELLANDER C. L. 1951: *Gran. Svensk växtförädling*, Stockholm.
- KIELLANDER C. L. 1960: *Svensk gran och kontinentgran*. *Svensk*
Skogför. Tdsk. 58.
- KIENTZ M. 1879: Vergleichende Keimversuche mit Waldbaumsa-
men aus klimatisch verschieden gelegenen Or-
ten Mitteleuropas. *Bot. Uniers. v. Dr. N. J. C.*
MÜLLER 2.
- KONDA K., MUTO K. und TAKIKAWA S. 1962: The Effect of Pho-
toperiodic Treatment in the Growth of Japanese
Larch Seedlings. *Res. bull. Coll. Exp. For. Hok-*
kaido Univ. XXI.
- KRAMER P. J. 1936: The Effect of Variation in Length of Day on
the Growth and Dormancy in Trees. *Plant Phy-*
siol. 11.
- KRAMER P. J. 1957: Some Effects of Various Combinations of Day
and Night Temperatures and Photoperiod on the
Height Growth of Loblolly Pine Seedlings. *For.*
Sci. 3.
- KRAMER P. J. 1958: *Thermoperiodism in Trees. The Physiology*
of Forest Trees, New York.
- KRAMER P. J. und KOZLOWSKI T. T. 1960: *Physiology of Trees*.
McGraw-Hill Book Company, New York.

- LANGDON O. G. 1958: Cone and Seed Size of South Florida Slash Pine and their Effects on Seedling Size and Survival. Journ. Forest. 56.
- LANGLET O. 1936: Studier över tallens fysiologiska variabilitet och dess samband med klimatet. Medd. Stat. Skogsförsöksanstalt 29.
- LANGLET O. 1938: Proveniensförsök med slika Trädslag. Svensk. Skogför. Tdsk.
- LANGLET O. 1941: Kulturförsök med tysk gran av första och andra generationen. Medd. Stat. Skogsförsöksanstalt 32.
- LANGLET O. 1943: Photoperiodismus und Provenienz bei der gemeinen Kiefer (*Pinus silvestris* L.). Medd. Stat. Skogsförsöksanst. 33.
- LANGLET O. 1945: Über die Möglichkeiten der Forstzüchtung mit Fichten- und Kiefern Samen ortsfremder Provenienz. Svenska Skogsvårdsför. Tdsk. 1.
- LANGLET O. 1959: A Cline or not a Cline a Question of Scots Pine. *Silvae Genetica* 8.
- LANGLET O. 1960: Mellaneuropeiska Granprovenienser i Svenskt Skogsbruk. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademie Tdsk.
- LANGNER W. 1953: Eine Mendelspaltung bei Aureaformen von *Picea Abies* (L.) KARST. als Mittel zur Klärung der Befruchtungsverhältnisse im Wald. Zft. f. Forstgen. u. Forstpflanzenztg. 2.
- LANGNER W. 1960: Keimungsverlauf bei den Herkünften eines Provenienzversuches mit *Larix leptolepis* (SIEB. et ZUCC.) GORD. *Silvae Genetica* 9.
- LANGNER W. und STERN K. 1964: Untersuchungen über den Austriebstermin von Fichten und dessen Beziehungen zu anderen Merkmalen. Allg. Forst- u. Jagdztg. 135.
- LEHOTSKY L. 1960: Einfluß der Seehöhe auf die Qualität der Kiefern- und Fichtensamen und auf die Entwicklung der Kiefernpflanzen. *Lesnictvi* 33.
- LEIBUNDGUT H. 1955: Untersuchungen über Augusttrieb- und Zwiebelbildung bei der Fichte. Schweiz. Zft. Forstw. 106.
- LEIBUNDGUT H. 1962: Der Photoperiodismus als Mittel der Lärchenrassenforschung. Schweiz. Zft. Forstw. 113.
- LEIBUNDGUT H. 1963: Kurztestmethoden in der Baumrassenforschung. Schweiz. landw. Forschg. 2.
- LØKEN A. 1959: Spireforsøk i Kjølerom. Medd. f. Vestlandets Forst. Forsøksstasjon 33.
- MALTSCHIEWSKI W. P. 1946: Die Anwendung des künstlichen Lichtes für Wachstums- und Entwicklungsbeschleunigung

- von Sämlingen der Holzarten (russ.). Trudy Inst. fisiol. rast. im. K. A. Timirjasewa AN. SSSR. 3.
- MELZER H. 1937: Der Fichtenherkunftsversuch in Loimannshagen. Centralbl. f. d. ges. Forstw. 63.
- MERGEN F. 1960: Variation and Heritability of Physiological and Morphological Traits in Norway Spruce. Proc. 5th Wrld. For. Congr. Seattle, Bd. 2.
- MILLER R. 1959: Assimilationsuntersuchungen an Tannen und Fichten einer Naturverjüngung im Bayrischen Wald. Forstw. Centralbl. 78.
- MOSHKOV B. S. 1929: To the Question of Photoperiodism of certain Woody Species. Bull. Apl. Bot. 23.
- MOSHKOV B. S. 1932: Photoperiodicity of Trees and its Practical Importance. Bull. Apl. Bot. 25.
- MOSHKOV B. S. 1934: Photoperiodismus und Frosthärte ausdauernder Gewächse. Planta 23.
- MÜNCH E. 1923: Die Knospenentfaltung der Fichte und die Spätfrostgefahr. Allg. Forst-u. Jagdztg.
- MÜNCH E. 1928: Weitere Untersuchungen über Früh- und Spätfichten. Zft. Forst-u. Jagdw.
- MÜNCH E. 1932: Über Standortsrassen der Waldbäume. Beih. Bot. Centralbl. 49.
- NÄGELI W. 1931: Einfluß der Herkunft des Samens auf die Eigenschaften forstlicher Holzgewächse. IV. Die Fichte. Mitt. d. Schweiz. Centralanst. f. d. Forstl. Versuchsw. 18.
- NATHER H. 1964: Über die Qualitätsbeurteilung von Forstpflanzen. Informationsdienst 86, Beil. z. Allg. Forstztg. 75.
- PANIN V. A. 1960: Rannie i podnie formy ely. Lesnoe Khoz. 7.
- PANIN V. A. 1962: Über die Fichte mit roten und grünen Zapfen in Verbindung mit der Anlage zum frühen und späten Treiben. Dokl. Acad. Nauk. SSSR. 142.
- PAULEY S. 1960: Photoperiodism in Relation to Tree Improvement. The Physiology of Forest Trees, Ronald Press, New York.
- PAULEY S. und PERRY T. O. 1954: Ecotypic Variations of the Photoperiodic Response in Populus. Journ. Arn. Arb. 35.
- PETRAČIĆ A. 1957: Höhenwuchs der aus verschiedenen kräftigen Pflanzendenselben Aussaat stammenden Fichtenstämmchen. Ann. exp. For. univ. Zagreb, Fac. Agr. For. 13.
- PISEK A. 1952: Zur Kenntnis der Frosthärte alpiner Pflanzen. Die Naturw. 32.
- PISEK A., SOHM H. und CARTELLIERI E. 1935: Untersuchungen über osmotischen Wert und Wassergehalt von

Pflanzen und Pflanzengesellschaften der alpinen Stufe. Beih. Bot. Centralbl. Abt. B 52.

- PISEK A. und LARCHER W. 1954: Zusammenhang zwischen Austrocknungsresistenz und Frosthärte bei Immergrünen. Protoplasma 44.
- PISEK A. und WINKLER E. 1959: Licht- und Temperaturabhängigkeit der CO₂-Assimilation von Fichte (*Picea excelsa* LINK.), Zirbe (*Pinus cembra* L.) und Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.). Planta 53.
- PRIEHÄUSSER G. 1958: Die Fichtenvariationen und -kombinationen des Bayrischen Waldes nach phänotypischen Merkmalen mit Bestimmungsschlüssel. Forstw. Centrbl. 77.
- ROBAK H. 1957: Sambandet mellom daglengden og avslutningen av den årlinge vekstperioden hos en del nåletreslag av interesse for vårt skogbruk. Medd. fra Vestlandets forstlige Forsøkstasjon 31.
- ROBAK H. 1962: Nye planteskoleforsøk over sambandet mellom sommerdaglengden og avslutningen av første års vekst hos gran og douglas. Ibid. 36.
- ROHMEDER E. 1936: Zusammenhang zwischen Zapfenfarbe und Knospentfaltung der Fichte. Forstw. Centralbl. 58.
- ROHMEDER E. 1939: Wachstumsleistungen der aus Samen verschiedener Größenordnung entstandenen Pflanzen. Forstw. Centralbl. 61.
- ROHMEDER E. 1948: Die Vererbung der Austreibzeit bei Fichten-einzelbäumen. Forstw. Centralbl. 67.
- ROHMEDER E. 1952: Der jahreszeitliche Verlauf des Höhenwachstums früh- und spätreibender Fichten. Forstw. Centralbl. 71.
- ROHMEDER E. 1953: Die Möglichkeiten einer Wachstumssteigerung bei den Baumarten Kiefer und Fichte durch das Massenausleseverfahren der frühzeitigen Pflanzensortierung. Zft. f. Forstgen. u. Forstpflanzenztg. 2.
- ROHMEDER E. 1962: Die Bedeutung der Keimschnelligkeit bei forstlichen Samenarten. Mitt. Internat. Vereinigung f. Samenkontrolle 17.
- ROHMEDER E. 1964: Die züchterische Bearbeitung der Fichte in Bayern. Mitt. Staatsforstverw. Bayern, H. 34.
- ROHMEDER E. und CHI-YÜN CHEN 1939: Keimversuche mit Fichtensamen verschiedener Korngröße. Forstw. Centralbl. 61.
- RUBNER K. 1938: Keimung von Samen grün- und rotzapfiger Fichten. Thar. forstl. Jahrb. 89.

- RUBNER K. 1957: Ergebnisse eines heute 20jährigen Fichtenherkunftsversuches. I. Die Fläche in Bayern. *Silvae Genetica* 6.
- RUBNER K. und REINHOLD F. 1960: Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaus. Radebeul, J. Neumann. 2. Aufl.
- SAVROV A. L. 1961: Über Ursachen geringer Winterfestigkeit einiger Holzgewächse unter den Bedingungen des polaralpinen Botanischen Garten. *Dokl. Acad. Nauk. SSR.* 140.
- SCHELL G. 1960 a: Die Abhängigkeit der Lebenskraft und der Pflanzengröße von der Keimschnelligkeit bei unterschiedlicher Korngröße. *Allg. Forst- u. Jagdztg.* 131.
- SCHELL G. 1960 b: Keimschnelligkeit als Erbeigenschaft. *Silvae Genetica* 9.
- SCHELL G. 1960 c: Die Abhängigkeit der Lebenskraft und der Pflanzengröße von der Keimschnelligkeit. *Forstw. Centralbl.* 79.
- SCHMIDT W. 1954: Physiologische Teste im Keimlingsalter. 8. Internat. Bot. Kongr. Paris 13.
- SCHMIDT W. u. a. 1959: Die Sicherung von Frühdiagnosen bei langlebigen Gewächsen. *Züchter*, 4. Sonderheft.
- SCHMIDT(-VOGT) H. 1961: Die Gütebeurteilung von Forstpflanzen. BLV München.
- SCHMIDT(-VOGT) H. 1962: Der Frühtest als Hilfsmittel für die genetische Beurteilung von Waldbäumen. *Forstw. Centralbl.* 81.
- SCHMIDT-VOGT H. 1964: Die Qualitätsbeurteilung von Forstpflanzen. *Mitt. Staatsforstverw. Bayern*, H. 34.
- SCHMUCKER Th. 1941: Klimarassen unserer Bäume. *Umschau* 45.
- SCHÖNBACH H. 1957: Ergebnisse eines heute 20jährigen Fichtenherkunftsversuches II. Die Flächen in Thüringen und Sachsen. *Silvae Genetica* 6.
- SCHRÖCK O. 1961: Physiologische Probleme bei Wachstumsmessungen im Freiland. *Ann. Forstw.* 10.
- SCHRÖCK O. 1964: Keimlingstest für die Bestimmung des individuellen Wachstumsganges. *Jbid.* 13.
- SCHRÖCK O. und STERN K. 1952: Untersuchungen zur Frühbeurteilung der Wuchsleistung unserer Waldbäume, zugleich ein Beitrag zur Pappelzüchtung. *Züchter* 22.
- SCHÜTT G. 1959: Ett. sorteringsförsök med 2/0 Örig granplant. *Skogen* 46.
- SILEN R. 1962: A Study of Genetic Control of Bud Bursting in Douglas Fir. *Journ. Forestry* 60.

- SIMAK M. 1962: Die Bedeutung des Samenphänotypus für die Züchtung der Waldbäume. Schweiz. Zft. Forstw. 113.
- STERN K. 1957: Über die Regression des Samengewichtes zur Keimpflanzengröße bei der Fichte. *Silvae Genetica* 6.
- STROHMEYER G. 1938: Über die züchterische Bedeutung des Tausendkorngewichtes der Kiefer. *Forstarchiv* 1.
- SYLVEN N. 1909: Studier över granens formrikedom särskilt dess förgreningstyper och dess skogliga värde. *Medd. fr. Statens skogsförsöksanstalt Stockholm* 6.
- SYLVEN N. 1940: Longday and Shortday Types of Swedish Forest Trees. *Svensk Papperstidning* 17 - 19.
- TRANQUILLINI W. 1958: Die Frosthärte der Zirbe unter besonderer Berücksichtigung autochthoner und aus Forstgärten stammender Jungpflanzen. *Forstw. Centralbl.* 77.
- TSCHUBARJAN T. G. 1955: Growth and Development of Seedlings of some Coniferous Species at Continuous Light (russ.). *Doklady A. N. Arm. SSR* 21.
- ULMER W. 1937: Über den Jahresgang der Frosthärte einiger immergrüner Arten der alpinen Stufe. *Jb. wiss. Bot.* 84.
- VAARTAJA O. 1959: Evidence of Photoperiodic Ecotypes in Trees. *Ecolog. Monographs* 29.
- VAARTAJA O. 1960 a: Effect of Photoperiod on Drought Resistance of white Spruce Seedlings. *Can. J. Bot.* 38.
- VAARTAJA O. 1960 b: Photoperiodic Response in Seedlings of Five Species of *Betula* and *Pinus*. *Ibid.* 38.
- VAARTAJA O. 1963: Photoperiodic Response in Trees from Warm Climates. *J. Biometeor.*
- VANSELOW K. 1933: Versuche über den Einfluß verschiedener Samenkorngrößen und verschiedener Herkunft des Samens auf die Entwicklung der Fichte. *Allg. Forst- u. Jagdztg.*
- VINCENT G. 1942: Kurzer Beitrag zur Unterscheidung der Kiefern- und Fichtenrassen. *Forstw. Centralbl.* 63.
- VINCENT G. 1957: Einige Unterscheidungsmerkmale der Fichten- und Kiefern Typen in ihrer frühen Jugend. *Der Züchter*, 4. Sonderheft.
- VINCENT G. und VINCENT J. 1964: Ergebnisse des Internationalen Fichtenprovenienzversuches. *Silvae Genetica* 13.
- VINS B. 1963: Zpráva o starn a prédbezuém hodnoceni ceskoslovenských prkusných provenienciuich ploch se smrkem mesinárodní série z roker 1938. *Lesn. casopis* 36.

- WAREING P. E. 1949: Photoperiodic Control of Leaf Growth and Cambial Activity in *P. silvestris*. *Nature* 163.
- WAREING P. E. 1956: Photoperiodism in Woody Plants. *Ann. Rev. Plt. Physiol.* 7.
- WEIHE J. 1961: Die Beschreibung und Analyse des Höhenwachstumsablaufes von Fichten mit dem Wachstumsgesetz von Backmann. *Allg. Forst- u. Jagdztg.* 132.
- WENT F. W. 1953: The Effect of Temperature on Plant Growth. *Ann. Rev. Plt. Physiol.* 4.
- ZELLER A. 1936: Untersuchungen über Chlorophyllgehalt, Trockengewicht und Aschengehalt in Abhängigkeit von Seehöhe und Jahreszeit. *Beih. bot. Zbl.* 54.
- ZENTSCH W. 1961: Über Eigenschaften von Kiefern Saatgut aus verschiedenen Kronenregionen. *Forstw. Centralbl.* 80.

Ing. Fritz Kern

Elektroapparatebau

WIEN XVI, FRÖBELGASSE 19 — Tel. 92 23 14

Liefert: Geräte und Apparate für den Labor- und Betriebsbedarf auch in Einzel- u. Sonderanfertigung für jedes gewünschte Arbeitsprogramm wie:

Klimaprüfschränke von -30° bis $+95^{\circ}$ C und Feuchtigkeiten von 10 bis 95 % mit größtmöglicher Genauigkeit,
Leistungsfähige Klimageräte für Raumklimatisierung,
Brutschränke,
Trockenschränke mit und ohne Ventilator,
Brutkammern und vieles Andere.

Meine jahrzehntelangen Erfahrungen stehen Ihnen für technische Beratungen jederzeit zur Verfügung.

Gasanalyse mit Wösthoff-Meßgeräten

Zur Bestimmung von Kohlenoxyd, Kohlendioxyd, Methan, Schwefelwasserstoff, Schwefeldioxyd, Ammoniak sowie C-haltigen Gasbestandteilen in Luft- und Gasgemischen nach einem chemisch-physikalischen Meßverfahren, für geringste Konzentrationen (Spurenmessungen) besonders gut geeignet. Verschiedene Gerätetypen für Laboratoriums-Untersuchungen und kontinuierliche Betriebsmessungen, mit Anzeige- u. Schreibgeräten

I N G L O M A R K
INDUSTRIE-BELIEFERUNGS-GESELLSCHAFT
WIEN XV, MARIAHILFER STR. 133
M A R K O W I T S C H & C O.
T E L E F O N 5 4 7 5 8 5 S E R I E
FERNSCHREIBER WIEN 1393

INULA

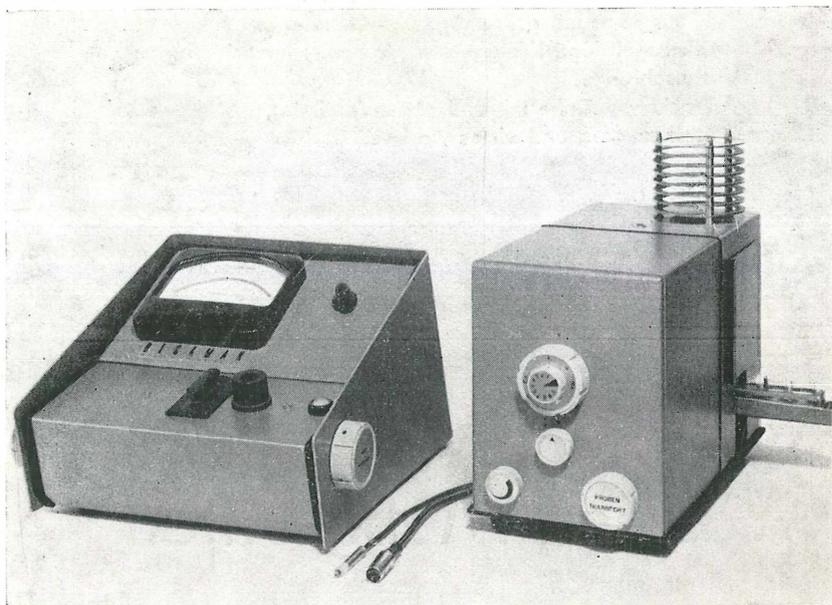
INDUSTRIE- UND LABORATORIUMSBEDARF

DIPL.-ING. RUDOLF WUNSCH

WIEN VIII, LÖWENBURGGASSE 2 — 42 62 35 SERIE

empfehlt

für kolorimetrische sowie flammenfotometrische Bestimmungen



- Direktanzeige
- Einfache Bedienung
(nur zwei Einstellknöpfe)
- Schreiberanschluß
- Automatischer Spannungsregler $\pm 10\%$
- Filterrevolver
- Mechanischer Probenwechsler
- Direkt-Zerstäuberbrenner

Das bewährte

Beckman®

-Kolorimeter, Modell C, mit Flammenzusatz,
eine preiswerte Gerätezusammenstellung
für Routineanalysen und Forschung