

Untersuchungen über Benadelungsverhältnisse an Fichten

H. J. FRÖHLICH

Hessisches Institut für Forstpflanzenzüchtung, Hann. Münden

Investigations of the Needle Foliage Relations of Spruce

Summary. 1. Previous studies of the needle foliage of spruces have mainly dealt with the question of the existence of a possible relation between needle volume and growth increment. The present paper addresses itself to the following points:

- a) What characters are important for the description of the needle foliage conditions of spruce?
 - b) What are the mean values of these characters and what are their standard deviations?
 - c) What influence have hereditary disposition and environmental factors respectively on the development of the characters?
 - d) What conclusions can be drawn for breeding purposes?
- The investigations are based on extensive material, composed of different provenience tests and evaluations of single trees.

2. For the character needle age class a relationship to the altitude of the locality of origin could not be shown. Environmental factors such as drought, nutritional difficulties, light conditions, effects of competition and exposure have such an influence that the needle age by itself cannot be used to characterize the condition of the needle foliage.

3. Differences in needle length are individually determined and therefore do not overlap the differences between the localities of origin. The absolute values are greatly influenced by environmental conditions. As a rule, shortened needles will develop in the growth period following a drought year. Although the genetical component will manifest itself very strongly, needle length cannot be used as a characteristic or serve as a basis to initiate selection. The average needle length of the test material was 15.18 ± 2.46 mm.

4. The average surface area of a needle was found to be 36.61 ± 8.34 mm². On the average 1211 ± 443 stomata are arranged in 9.7 rows on this surface. Within a tree close correlations exist between needle length and needle surface, but if one compares several trees these correlations no longer hold.

5. A correlation of up to 90% was found between the "Thousand-needle-dry-weight" (TNG = 3.30 ± 0.95 g) and surface of the needles. This character may be used for the determination of the assimilation surface. Spruce trees from the same locality of origin may form greatly variable amounts of needles depending on the test sites. The differences increase with increasing ecological differences of the test locations. A very close correlation exists also between dry needle weight and altitude of the locality of origin on the one hand and dependence on the test site on the other hand, so that the adaptability of trees of different provenience to the new location may be estimated.

6. Comparisons of the needle foliage relations of several trees from several localities of origin on different soil locations may result in considerable shifts in the order of precedence and of other relationships. Conclusions as to the suitability for a certain site as well as an estimate of the genetical fixation of the potential efficiency up to an estimated maximum may be drawn. It may also be possible to determine an optimal range. These determinations are correlated with the question of the expediency of intensification measures, i.e. support by application of fertilizers.

7. The marked influence of the environment on the main characters under investigation prevents the selection of plus variants, whose superiority of performance would be based on characteristics of the needle foliage. Individuals which are to be tested, must therefore be propagated autovegetatively, and these clones must then be cultivated in different soil locations and be compared with regard to their needle characters. Experiments of this kind are now in progress.

1. Problemstellung

Die Stoffproduktion eines Baumes wird entscheidend von der Leistungsfähigkeit seines Assimilationsapparates bestimmt. Nach den umfangreichen Untersuchungen von BURGER (1927–1941) über Blattmenge und Zuwachs besteht im allgemeinen eine Korrelation zwischen diesen beiden Größen, d. h. daß der Baum mit zunehmender Blattmasse seinen Zuwachs steigern kann, bis physiologisch bedingte Grenzen erreicht werden. Diese Regel wird in der Durchforstungslehre beachtet. Die Gesamtassimilation ist jedoch nicht allein von dem Kronenvolumen

abhängig, ebenso stark kann der architektonische Aufbau einer Baumkrone von Einfluß sein. Bei Kammfichten-Typen stehen die Äste nicht senkrecht untereinander, sondern sind in den Quirlen gegeneinander schwach versetzt, so daß die Lichtschächte im Kroneninnenraum gut ausgenutzt werden können. Bei immergrünen Koniferen tritt eine weitere Komponente hinzu: die Benadelungsdichte. Sie wird durch die Anzahl, Größe und Form bzw. Oberfläche der Nadeln je Zweigstück bestimmt.

Nach PISEK und Mitarbeitern (1951, 1954, 1956, 1959, 1960) ist die Assimilationsintensität auch vom

Alter der Nadeln abhängig. Ebenso bestehen Leistungsunterschiede zwischen Licht- und Schattenadeln.

Die Auswertungen des von CIESLAR 1896 angelegten, recht umfangreichen österreichischen Provenienzversuches veranlassen ZEDERBAUER (1916) zu der Feststellung, daß Fichten aus verschiedenen Klimaten eine unterschiedliche Lebensdauer ihrer Nadeln auch auf anderen Versuchsorten beibehalten. Die Zahl der Nadeljahrgänge sei rassisch bedingt. Er findet folgende Abstufungen:

Finnland		8 Jahre
Attergau in Ober-Österr.	1390 m NN	8—9 Jahre
Achental in Nordtirol	900 m NN	6 Jahre
Achental in Nordtirol	1300 m NN	6 Jahre
Achental in Nordtirol	1600 m NN	6 Jahre
Edling bei Wolfsberg in Unterkärnten	460 m NN	5 Jahre

Die Untersuchungen von BURGER (1927) weisen auf eine deutliche höhenzonale Beeinflussung der Nadeljahrgänge hin:

Höhe über dem Meer in Meter	Anzahl der benadelten Jahrestriebe	
	am Schaft	an Seitenästen
bis 300	4—5	5—7
300—600	5—6	7—8
600—900	6—7	8—9
900—1200	7—8	9—10
1200—1600	8—9	10—11
1600—2000	9—10	11—12

Die klinale Tendenz führt er nicht auf eine genetische Fixierung zurück, sondern auf den Einfluß des Standortes, der sich großräumig — also bei Veränderung der Höhenlage oder Breitengrade — und auch kleinräumig — z. B. bei Wechsel der Exposition — Südhang zum Nordhang — auswirken kann. Auf Sommerhängen fand er weniger Nadeljahrgänge als auf Winterhängen. Ebenso machen sich die soziologische Stellung des Einzelstammes, die Lichteinwirkung auf die Krone und ähnliche mikroklimatische Bedingungen bemerkbar.

Bei seinen Untersuchungen über Kronen- und Zuwachsverhältnisse an Fichten des Bayerischen Alpenvorlandes hat SCHMIDT-VOGT (1953) die Frage der Benadelungsdichte einschließlich der Nadeljahrgänge auch unter dem Aspekt der weiteren züchterischen Bearbeitungsmöglichkeit erörtert. Er bewertet die Benadelungsdichte als eine erblich bedingte Individualeigenschaft. Gelingt es, dieses Merkmal mit der Fähigkeit hoher Assimilationsleistung zu koppeln, so können unter entsprechenden Verhältnissen Zuwachseleistungen erreicht werden, die die Normalleistung um ein Mehrfaches übertreffen.

Da die Nadelmasse gleichzeitig die Höhe der Transpiration beeinflussen kann, werden derartige Untersuchungen auch im Hinblick auf die Trockenheitsanpassung von Fichten interessant, insbesondere wenn die nach extremen Trockenjahren hervorgeru-

fenen Schäden an Fichten-Beständen gewertet werden.

Die Untersuchungen sollen die Kenntnisse über die Benadelungsverhältnisse bei Fichte vertiefen und Beziehungen klären, um diese für züchterische und waldbauliche Zielsetzungen nutzen zu können.

Im einzelnen sollte bearbeitet werden:

a) Abhängigkeit der Zahl der Nadeljahrgänge von Umwelt oder genetischer Konstitution.

b) Beziehungen Nadeljahrgänge zur Gesamtbenadelung des Baumes.

c) Herleitung der Nadelkennzahlen: morphologische Variation, Tausendnadelgewicht, Frisch- und Trockengewicht, Oberfläche, Spaltöffnungen.

d) Benadelungsvolumen und Leistungsfähigkeit.

2. Untersuchungen

2.1. Nadeljahrgänge

2.1.1. Gahrenberger Fichten-Provenienzversuch

Die 1929 mit vierjährigen Fichten begründete Provenienzfläche war von den Professoren OELKERS und GEYR VON SCHWEPPENBURG mit dem Ziele angelegt worden, für den nordwestdeutschen Raum geeignete Herkünfte zu testen und das Ausmaß der rassischen Differenzierung einschätzen zu können. Der Versuch umfaßt 9 Herkünfte: Neben zwei Tieflagenprovenienzen — Uszballen, Ostpreußen, 70 m NN, und Dombrowka, Ostschlesien, 160 m NN — stehen zwei Herkünfte aus dem Sudetenzug: Glatz — 800 m NN — und Forstamt Hermsdorf, Riesengebirge — 1100—1200 m NN —. Der Harz ist mit einer Herkunft aus dem Forstamt Sieber — Seehöhe 650 m — vertreten, während Absaaten aus dem natürlichen alpinen Verbreitungsgebiet aus Denklingen — Schwaben — 760 m NN und aus dem Schwarzwald, Forstamt Forbach, mit steigender Seehöhe von 510 m über 650 m bis zu 850 m angebaut worden waren.

Die Versuchsfläche liegt in 400 m Seehöhe auf dem Hochplateau des Reinhardswaldes bei Hann. Münden und stockt auf einem nährstoffarmen, sauren, physiologisch flachgründigen Pseudogley bis Stagnogley (Molkenboden). Ausgangsgestein für die Bodenbildung ist Löß über Buntsandstein (sm₁). Niederschlag je Jahr 780 mm, in der Vegetationszeit 370 mm, Jahresdurchschnittstemperatur 7,8 °C, Temperatur in VZ — tvs — = 13,3 °C.

Die Nadeljahrgänge wurden auf jeder Herkunftspartelle in zwei Diagonalstreifen an jeweils 40 Einzelbäumen ohne Rücksicht auf deren soziologische Stellung bestimmt. Hierbei mußten Zweige aus dem vollbesonnenen Kronenraum, möglichst an seiner breiten, zum Stamm hin tiefbenadelten Zone entnommen werden. Von jeweils zwei bis vier abgeschnittenen Ästen wurde die durchschnittliche Zahl der Nadeljahrgänge an den voll entwickelten Seitenzweigen höherer Ordnung und an den Zweigen I. Ordnung bestimmt. Aus dem beschatteten, aber sichtbar voll-

Tabelle 2. Nadeljahrgänge Herbst 1958
Lichtzweige (obere Zeile) und Schattenzweige (untere Zeile)

Herkunft	\bar{x}	$S_{\bar{x}}$	Rang	Differenz zu								
				1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ostpreußen	1 4,98	± 0,13	1	—	0,35	0,73**	0,76**	0,63**	0,42	0,66**	1,25**	0,40
	5,03	± 0,20	1	—	0,91**	1,12**	1,53**	1,10**	0,51**	0,91**	1,36**	0,50*
Dombrowka	2 4,63	± 0,11	2	—	—	0,38	0,41	0,28	0,07	0,31	0,90**	0,05
	4,12	± 0,17	4	—	—	0,21	0,62*	0,19	0,40	0	0,45	0,41
Glatz	3 4,25	± 0,19	7	—	—	—	0,03	0,10	0,31	0,07	0,52	0,33
	3,91	± 0,17	7	—	—	—	0,41	0,02	0,61*	0,21	0,24	0,62*
Hermsdorf	4 4,22	± 0,09	8	—	—	—	—	0,13	0,34	0,10	0,49*	0,36
	3,50	± 0,12	9	—	—	—	—	0,43	1,02**	0,62*	0,17	1,03**
Sieber	5 4,39	± 0,16	5	—	—	—	—	—	0,21	0,03	0,62**	0,23
	3,98	± 0,16	6	—	—	—	—	—	0,59*	0,19	0,26	0,60**
Denklingen	6 4,56	± 0,17	4	—	—	—	—	—	—	0,24	0,83**	0,02
	4,52	± 0,16	3	—	—	—	—	—	—	0,40	0,85**	0,01
Forbach 510 m	7 4,32	± 0,14	6	—	—	—	—	—	—	—	0,59*	0,26
	4,12	± 0,14	5	—	—	—	—	—	—	—	0,45	0,41
Forbach 650 m	8 3,73	± 0,15	9	—	—	—	—	—	—	—	—	0,85**
	3,67	± 0,16	8	—	—	—	—	—	—	—	—	0,86**
Forbach 850 m	9 4,58	± 0,17	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4,53	± 0,22	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—

übertrafen, bot Gelegenheit zu einer erneuten Überprüfung. Die Provenienzen wurden im Juli 1960 nach gleicher Aufnahmemethodik untersucht. Die Ergebnisse sind in Abb. 1 im Vergleich zu den vorhergehenden Überprüfungen graphisch aufgetragen. Wider Erwarten liegen die Durchschnittswerte bei allen Flächen wesentlich höher als in den früheren Jahren. Diese Feststellung findet teilweise in einer anderen Tatsache ihre Erklärung. Während 1953/54 auf der Versuchsfläche nur vereinzelt Rotfärbungen der Nadeln an den Zweigen beobachtet werden konnten, völliges Absterben von Einzelbäumen aber nicht eintrat, hat die lang anhaltende Trockenheit 1959 einige Bäume zum Absterben gebracht und andere zum Teil so stark geschädigt, daß sie für die Aufnahme nicht herangezogen werden konnten. Somit bauen die Durchschnittswerte auf einem teilweise veränderten Kollektiv auf. Die eingetretenen Schäden sind in Abb. 2 im Wahrscheinlichkeitsnetz aufgetragen. Hierbei ist der Schädigungsgrad der Fichten in 5 Klassen bonitiert. Diese Aufnahme bezieht sich nicht auf Repräsentativstreifen, sondern umfaßt alle Bäume je Parzelle mit einer Beobachtungszahl von 100 bis 120 Individuen.

- Klasse 0 Gesund
- 1 Zweigschäden (einzelne Zweige trocken oder zeigen Rot- bzw. Braunfärbung)

- Klasse 2 1/3 der Zweige der benadelten Krone ist geschädigt
- 3 50% Schädigung
- 4 75% Schädigung
- 5 Abgestorben oder so stark in der Krone geschädigt, daß noch während dieser Vegetationsperiode mit dem Absterben gerechnet werden muß

Die Aufnahme bestätigt im allgemeinen die 1956 gemachte Feststellung, daß die Fichten aus dem alpinen Areal, wozu die Schwarzwälder und Schwäbischen Fichten zu rechnen sind, wesentlich höher geschädigt wurden als die Tieflagenfichten. So sind bei den Forbacher Fichten nur etwa 70–80% gesund

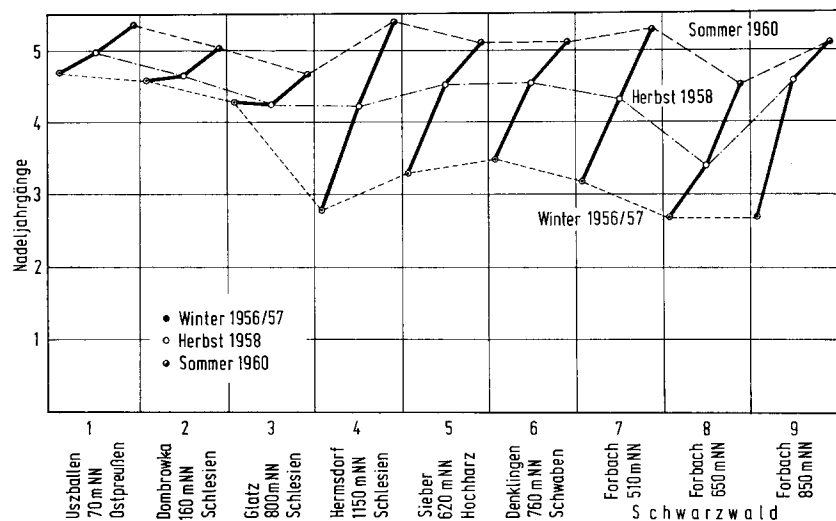


Abb. 1. Nadeljahrgänge 1956/57, 1958, 1960, Fichten-Provenienzensversuch, Forstamt Gahrenberg

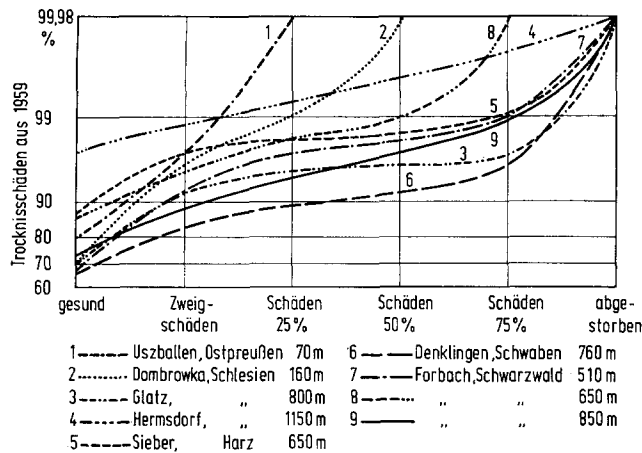


Abb. 2. Trocknisschäden aus 1959, Fichten-Provenienzversuch, Forstamt Gahrenberg

geblieben, die restlichen Stämme verteilen sich auf alle Schadklassen. Hingegen zeigt das andere Extrem, die ostpreußische Tieflagenfichte, 80% gesunde Stämme, 17% mit einzelnen Zweigschäden und nur 3% mit schwachen Schäden. Die nicht ganz so gut durchgekommene Tieflagenfichte aus Ostschlesien hat ebenfalls keine Abgänge zu verzeichnen. Die süddeutsche Herkunft Denklingen aus dem Alpenvorland liegt mit einer Verteilung der Schäden in allen Klassen sehr ungünstig. Dieses Verhalten deckt sich fast völlig mit den Niederschlagsverhältnissen der Ursprungsorte der angebauten Provenienzen. Während in Ostpreußen ein Jahresniederschlag von 640 mm und ein VZ-Niederschlag von 300–350 mm als langfristiges Mittel zu unterstellen ist, der sich in Ostschlesien nur gering erhöht, stehen den Fichten des Schwarzwaldes ein hoher Niederschlag von ca. 1400 mm je Jahr und 700 mm je Vegetationszeit zur Verfügung. Ähnlich sind die Niederschlagsverhältnisse auch in Denklingen. Dort fällt ein durchschnittlicher jährlicher Niederschlag von etwa 1700 mm und ein VZ-Niederschlag von 670 mm. Die Denklinger Fichte kann also während der Vegetationszeit eine höhere Regenmenge in Anspruch nehmen als die ostpreußische Fichte während des ganzen Jahres. Die in der Vegetationszeit fallende Niederschlagsmenge Ostpreußens bildet nur die Hälfte des VZ-Niederschlags aus diesem süddeutschen Gebiet.

Um den Einfluß extremer Witterungsbedingungen nochmals überprüfen zu können, wurde nach der langen Trockenperiode 1964, die durch hohe Wärmegrade gekennzeichnet war, eine erneute Aufnahme durchgeführt. Sie erfolgte nach Einsetzen von stärkeren Frösten zu Ende des Jahres 1964, um zu gewährleisten, daß auch die geschädigten Nadeln verfärbt oder abgefallen waren. Bei allen Provenienzen war eine starke Reduktion der Nadeljahrgänge eingetreten. Auch die 1956 als widerstandsfähig angesprochenen Herkunftsteile hoben sich nicht positiv hervor, teilweise zeigten sie eine besonders hohe Ein-

schränkung. So warf die ostpreußische Fichte 2,2 Nadeljahrgänge, also etwa 40% ab (Abb. 3). Auch die schlesische Tieflagenfichte reagierte ähnlich, während die 1956 auf den unteren Rangstufen stehenden Hochlagenherkünfte Hermsdorf — 1100–1200 m NN — und Forbach — 850 m NN — in die Spitzengruppe aufrückten.

Die Ursachen im abweichenden Verhalten können in einer unterschiedlichen klimatischen Belastung beider Vergleichsjahre gesehen werden. Eine Aussagefähigkeit über physiologisches Verhalten ist über die Bestimmung der Nadeljahrgänge nur dann gegeben, wenn der Baum gleichzeitig einen gesamten Nadeljahrgang abwerfen würde, also Expositionseffekte innerhalb der Krone keinen Einfluß auf die Inaktivierung von Nadeln ausüben. Daß diese Hypothese nicht zutrifft, zeigt schon die Ausprägung der Trockenastzone, also des basalen Baumteiles, bei dem die Nadeln und die Äste abgestorben sind. Die Trockenastzone wurde parallel zu der Bestimmung der Nadeljahrgänge gemessen.

Bei gleichem Wuchsraum bildet sich die Trockenastzone sowohl absolut als auch relativ zu Baumhöhe je nach Provenienzen unterschiedlich aus (Abb. 4a–c). Die ostpreußische Herkunft oder die Absaat aus Glatz zeigen einen schnellen Fortschritt, der auch nach 1964 erhalten bleibt, obwohl die Nadeljahrgänge stark reduziert wurden. Hermsdorf und Forbach — 850 m NN — haben die Trockenperiode überwiegend durch Abwurf der Schattennadeln im unteren Kronenraum abgefangen. Noch ausgeprägter treten die Zusammenhänge bei Gegenüberstellungen von Individuen hervor.

Für die eingangs gestellte Frage, ob die Zuwachsmöglichkeiten von Fichten über die Auszählung ihrer Nadeljahrgänge eingeschätzt werden können, wird die Klärung des Expositionseffektes erforderlich.

2.1.2. Nadeljahrgänge gleicher Provenienzen auf standörtlich differenzierten Flächen des Hessischen Fichten-Provenienzversuches

Der 1959 ausgesäte und auf 14 Versuchsorten von der planaren bis zur obermontanen Stufe im oligo-, meso- und eutrophen Vegetationsbereich mit jeweils

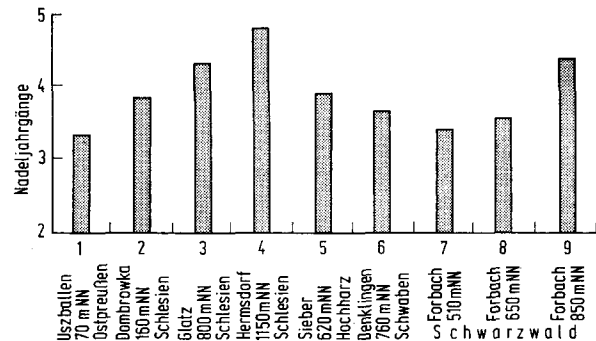


Abb. 3. Nadeljahrgänge 1964, Fichten-Provenienzversuch, Forstamt Gahrenberg

3 Wiederholungen ausgepflanzte Hessische Provenienzversuch bietet die Möglichkeit, die Frage nach dem Einfluß von Standort und Provenienz bzw. Rasse zu klären. Im Herbst 1967 wurde ein Teil dieser Anlage auf Benadelungsverhältnisse untersucht. Von jeder Wiederholung einer Herkunft wurden 30 Pflanzen zufallsmäßig ausgewählt, also je Versuchsort und Herkunft 90 Fichten.

In Tab. 3 werden 3 autochthone Herkünfte gegenübergestellt, deren Mutterbestände unter sehr stark voneinander abweichenden ökologischen Bedingungen aufgewachsen sind: Schluchsee auf obermontanen Stufe des Schwarzwaldes, Oberhof aus dem montanen Bereich des Thüringer Waldes und Cottbus aus einer Tieflage. Die Provenienzen wurden auf sieben ebenfalls stark voneinander abweichenden Standorten geprüft: im norddeutschen Küstenraum (Harsefeld), im Rhein/Taunusgebiet (Chausseehaus bei Wiesbaden) und auf weiteren Standorten von der kollinen bis zur obermontanen Stufe in Hessen (vgl. Tab. 3).

Die varianzanalytische Auswertung zeigt sehr deutlich, daß die Herkünfte sich untereinander nicht differenzieren, wohl aber wirken sich die Standorteinflüsse hochsignifikant aus ($F = 13,6^{**}$).

Wertet man 9 verschiedene Herkünfte auf 2 standörtlich voneinander abweichenden Versuchsorten aus (Tab. 4), so wird der Einfluß der Provenienzen noch stärker nivelliert. Die Standorteinflüsse überlagern die genetischen Komponenten.

Da innerhalb einer Herkunft nicht unbeträchtliche, individuell bedingte Streuungen auftreten können, wurden zur Klärung der Fragestellungen 9jährige Einzelstammabsaaten von Plusbäumen untersucht, die mit den Herkünften des Hess. Fichtenprovenienzversuches identisch sind. Auf einem eutrophen Anbauort der Hochrhön in 800 m über NN — obermontane Stufe — wurden die Nadeljahrgänge von je 13 Einzelstammabsaaten des Hochharzes — Oderhaus 750 m NN (Od), Hohe Geiss 450—550 m NN (Hg) — mit der gleichen Zahl von Plusbaumabsaaten aus dem Forstamt Westerhof — Vorharz 200—350 m NN (Wh) — verglichen (Tab. 5).

Da die gleichen „Sorten“ auch in dem Hügelland auf gut nährstoffversorgtem Standort des Forstamtes Hofeismar angebaut worden waren, läßt sich auch hierzu eine Beziehung herleiten.

In der Rhönhochlage tragen die Harzfichten aus der montanen Wuchszzone 0,24 Nadeljahrgänge mehr als die Fichten aus Westerhof/Vorharz. Diese Diffe-

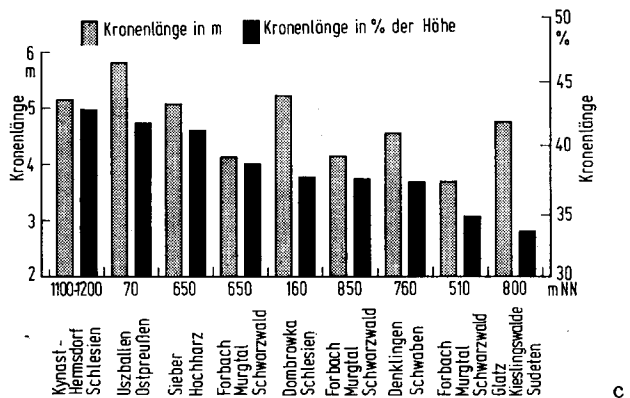
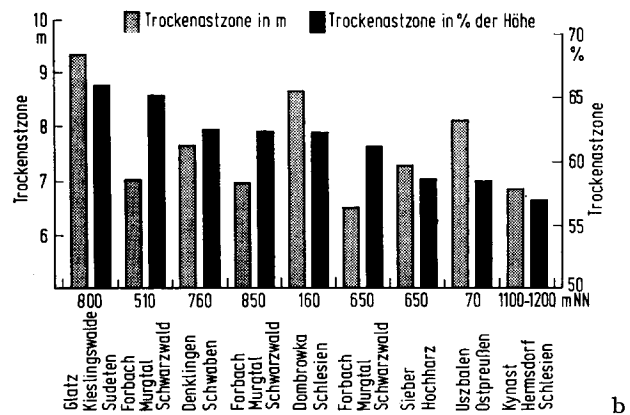
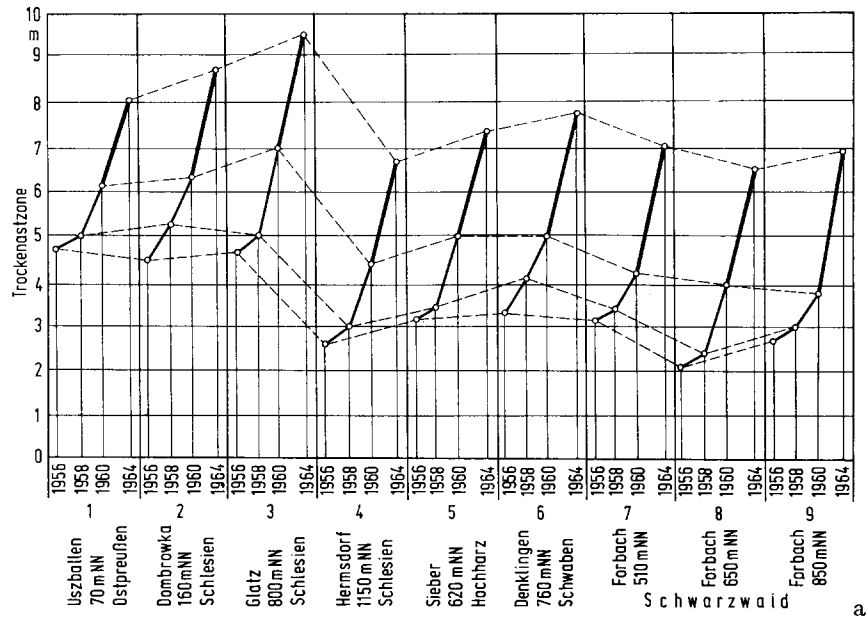


Abb. 4. a) Ausbildung der Trockenastzone in den Jahren 1956, 1958, 1960, 1964, Fichten-Provenienzversuch, Forstamt Gahrenberg; b) Trockenastzone 1964, absolut und relativ; c) Kronenlänge 1964, absolut und relativ

renz ist bereits mit 99%iger Wahrscheinlichkeit abgesichert. In dem Hügelland erhöht sich der Durchschnittswert bei den Hochharzfichten um etwa die

Tabelle 3. Durchschnittliche Anzahl der Nadeljahrgänge von 3 Provenienzen auf 7 Versuchsorten

Versuchsorte	Thiergarten	Stryck	Königstein	Hatzfeld	Chaussee- haus	Nieder- Ohmen	Harsefeld	
	870 m	750 m	640 m	500 m	340–380 m	340 m	36 m	
Wuchszone	obermontan	montan	submontan bis montan	submontan	kollin	kollin bis submontan	planar	\bar{x}
Trophie	eutroph	mesotroph	mesotroph	meso-oligo- troph	mesotroph	eutroph	mesotroph	
<i>Provenienzen</i>								
Schluchsee/Schwarzw. 1000–1100 m (obermontan)	2,33	2,86	2,44	2,62	2,65	2,25	2,69	2,55
Oberhof/Thür. Wald 800 m (montan)	2,38	2,70	2,40	2,45	2,68	2,37	2,73	2,53
Cottbus/Niederlausitz 60 m (planar)	2,38	2,82	2,64	2,40	2,74	2,31	2,70	2,57
	\bar{x} 2,36	2,79	2,49	2,49	2,69	2,31	2,71	
<i>Varianztabelle</i>								
	FG	SQ	MQ	F	P = 5%	P = 1%		
Prov.	2	0,01	0,005	0,67	3,88	6,93		
Orte	6	0,61	0,102	13,60**	3,00	4,82		
Fehler	12	0,09	0,0075					
Gesamt	20	0,70						

gleiche Spanne (0,3 Jahrgänge). Die Differenz verläßt ebenfalls den Zufallsbereich.

Die Westerhofer Fichten reagieren auf die unterschiedliche Seehöhe noch wesentlich auffälliger. Zwischen obermontaner und kolliner Stufe liegt die Differenz im Durchschnitt bei etwa einem Nadeljahrgang: 2,72:3,61! Trotzdem ist der Abstand der Oderhausfichten zu den Parallelen aus Westerhof auf dem Anbauort Hofgeismar nicht so überragend — 3,26:3,61 —, da auch diese Herkunft auf dem tieferen Standort eine höhere Zahl an Nadeljahrgängen trägt. Beide Kollektive bleiben aber auch hier sicher getrennt.

Ohne die genetische Einengung, die Einzelstammabsaaten gegenüber Provenienzen zweifellos darstellen, wäre mit hoher Wahrscheinlichkeit wieder nur der Standortunterschied allein hervorgetreten. Um einen Einblick in das Individualverhalten zu gewinnen, sind die Versuche in den letzten Jahren durch autovegetativ vermehrte Klone ergänzt worden.

2.1.3. Nadeljahrgänge an 35–40jährigen Einzelbäumen

Zur Klärung der Verteilung der Nadeljahrgänge innerhalb der Krone, der Einflußnahme des Expositionseffektes und damit zur Bewertung des Merkmales Nadeljahrgänge für züchterische und waldbauliche Zwecke wurden je eine freistehende und eine im Bestand aufgewachsene 35–40jährige Fichte, die beide auf Optimalstandorten in unmittelbarer Nachbarschaft stockten, eingehend analysiert.

Bei der freistehenden Fichte nehmen die Nadeljahrgänge kontinuierlich zu und erreichen am 19. Quirl von oben einen Wert von 7,5 Jahrgängen (Abb. 5). Die Bestandesfichte kommt im Bereich der Lichtkrone auf 6,5 Nadeljahrgänge, jedoch sinken die Werte nach unten hin schnell wieder ab. Bei ihr ist die Erfassung eines Durchschnittswertes nur mit erheblichem Arbeitsaufwand möglich. Wertet man die einzelnen Längen der Jahrestriebe, so wird die Aussage noch unsicherer. Die benadelte Astlänge des Nadeljahrganges 1968 kann zwischen 13,3 und 21,9 cm schwanken.

Die Aufrisse beider Fichten stellen die Expositionseffekte innerhalb der Krone (schraffierter Teil = Trockenteil der Krone) deutlich heraus. Die Umwelteinflüsse, insbesondere die Konkurrenzfaktoren im Bestande, wirken sich auf die Haltung der Nadeljahrgänge sehr stark aus. Während bei der Bestandesfichte die Höchstwerte im oberen Kronenraum liegen, nehmen die Nadeljahrgänge im Freiland zuerst schnell und dann allmählich akropetal zu.

2.1.4. Ergebnisse

Die eingangs erwähnte Hypothese, daß die Zahl der Nadeljahrgänge genetisch fixiert sei, hat sich generell nicht bestätigt. Auch eine einfache Abhängigkeit zur Seehöhe konnte nicht gefunden werden. Vielmehr wirken zahlreiche Umweltfaktoren wie Wassermangel, Ernährungsschwierigkeiten, Temperaturen, Tageslängen oder Licht- und Wurzelkonkurrenz auf die Nadelmasse ein. Der Baum paßt sich

Tabelle 4. Durchschnittliche Anzahl der Nadeljahrgänge von 9 Provenienzen auf 2 Versuchsorten

Versuchsorte	Thiergarten 870 m	Hatzfeld 500 m	\bar{x}		
Wuchszone	obermontan	submontan			
Trophie	eutroph	meso-oligo- troph			
<i>Provenienzen</i>					
Cottbus 60 m planar	2,38	2,40	2,39		
Dieburg 140 m subkollin	2,27	2,68	2,48		
Kastellaun 400—500 m submontan	2,30	2,70	2,50		
Lauterbach 600 m montan	2,25	2,62	2,44		
Röttgen 400—500 m submontan	2,37	2,77	2,57		
Schluchsee 1000—1100 m obermontan	2,33	2,62	2,47		
Westerhof 78 200 m kollin	1,89	2,92	2,42		
Westerhof 53 200 m kollin	2,43	2,87	2,65		
Zwiesel-O V/1 1200—1300 m obermontan	2,33	2,65	2,49		
\bar{x}	2,28	2,69			
<i>Varianztabelle</i>					
	FG	SQ	MQ	F	P
					5% 1%
Orte	1	0,76	0,76	22,49**	5,32 11,26
Provenienzen	8	0,11	0,1138	0,41	3,44 6,03
Fehler	8	0,27	0,0338		
Gesamt	17	1,14			

durch Regulierung der Nadeloberfläche an die Umwelt an. Dieser Vorgang verläuft jedoch nicht in einer strengen Korrelation zur Zahl der Nadeljahrgänge, so daß dieses Merkmal nicht zur Bestimmung der durchschnittlichen Gesamtbenadelung und damit der Zuwachsleistung einer Fichtenprovenienz herangezogen werden kann.

2.2. Benadelungsvolumen

Da über die Bestimmung der Nadeljahrgänge kein befriedigender Einblick in die Benadelungsverhältnisse einer Fichte — Volumen, Oberfläche, Licht- und Schattennadeln — erzielt werden kann, wurden Zweige und Bäume auf weitere Benadelungsfaktoren untersucht. Für die Aufnahmen wurde wiederum

Tabelle 5. Nadeljahrgänge von Einzelstammabsaaten einiger Plusbäume aus Hoch- und Tieflagen des Harzes auf 2 Anbauorten — Hilders und Hofgeismar

Einzelstammabsaaten			
I. Harzhochlagen	Rhönhochlagen (Hilders)	Nordhess. Hügelland (Hofgeismar)	\bar{x}
montan	obermontane Stufe	kolline Stufe	
Hg 8	2,70		3,25
56	2,87		3,50
73	2,82		3,20
82	2,82		3,50
Od 3	3,16		3,10
4	3,08		3,30
6	3,04		3,45
10	2,94		3,30
14	2,96		3,45
15	2,99		3,05
16	3,08		3,00
17	2,98		3,20
19	3,05		3,10
\bar{x}	2,96		3,26
Differenz		0,30**	
II. Harztieflagen			
kolline Stufe			\bar{x}
Wh 40/11	2,81		3,90
48/1	2,71		3,55
48/3	2,67		3,60
48/4	2,57		3,75
48/5	2,87		
48/6	2,53		3,50
48/7	2,42		3,75
48/8	2,62		3,65
49/8	2,95		3,25
50/1	2,74		3,85
53/3	2,78		3,60
53/4	2,79		3,45
53/9	2,93		3,50
\bar{x}	2,72		3,61
Differenz		0,89**	
Differenz I:II	0,24**		0,35**

Tabelle 6. Gegenüberstellung 1jähriger Licht- und Schattennadeln von 7 Provenienzen

Provenienz	Bäume	Licht/Schattennadeln	Wechselwirkungen
Ostpreußen	0	**	0
Dombrowka	0	**	**
Glatz	**	**	0
Hermsdorf	**	**	*
Sieber	0	**	0
Denklingen	**	**	**
Forbach 510 m	**	**	*
Gesamt	0	*	0

das gleiche Ausgangsmaterial — Gahrenberger Fichtenprovenienzversuch, Hessischer Fichtenprovenienzversuch, Einzelstammabsaaten und Einzelbäume — gewählt. Außerdem wurde ein repräsentativer Querschnitt durch die verschiedenen Höhenstufen des Harzes bewertet.

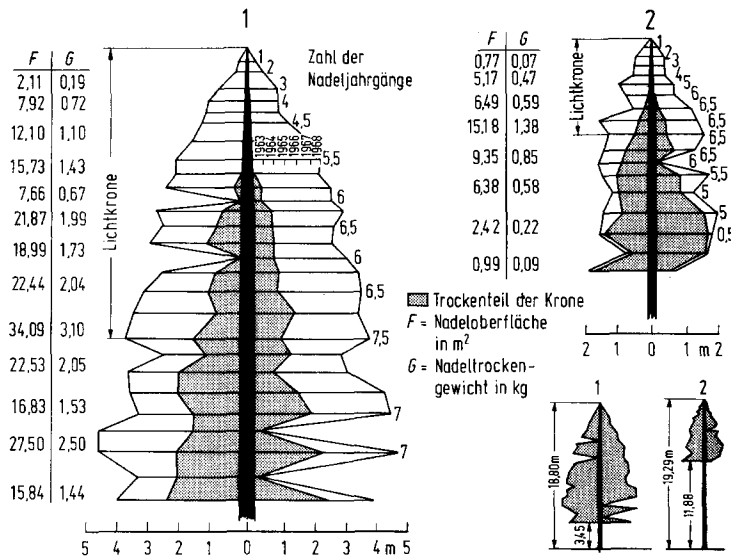


Abb. 5. Aufriß einer freistehenden und einer im Bestand gewachsenen Fichte

2.2.1. Herleitung der Nadelkennzahlen

Die Untersuchungen konzentrieren sich auf die Klärung der Beziehungen zwischen Nadelzahl, Nadel-trockengewicht und Nadeloberfläche. Da das Nadel-frischgewicht täglichen und periodischen Schwankungen in einem Ausmaß unterworfen ist, das keine Vergleiche ermöglicht, wurde nur mit dem Trocken-gewicht gearbeitet. Gegenüber dem Frischgewicht (100%) variierte das Trockengewicht bei Fichten-nadeln von 20,2 bis 61,7%. Im Durchschnitt aller Untersuchungen wurde durch Bearbeitung von ca. 850 Stichproben ein Verhältnis von 100:43% errechnet.

2.2.1.1. Länge der Nadeln. Die Frage, ob die Nadellänge eine genetisch fixierte Individualeigenschaft darstellt, die durch Umwelteinflüsse nur gering modifiziert werden kann, ohne daß Wechselbeziehungen auftreten, ist so wichtig, daß ihr umfangreiche Untersuchungen gewidmet wurden. Wäre es möglich, allein über das Merkmal Nadellänge aus einem unter gleichen Milieubedingungen aufgewachsenen Kollektiv die Individuen mit intensiverer Benadelung zu selektieren, so ließen sich schnelle Fortschritte bei der Fichtenzüchtung erreichen.

Von den neun Provenienzen des Gahrenberger Fichtenversuches wurden je 15 Bäume zufallsmäßig ausgewählt. Die Nadeljahrgänge 1957, 1958, 1959 und 1960 wurden in je 20 Stichproben eines Baumes, d. s. je Provenienz 1200 Stichproben, erfaßt und auf Nadelmerkmale

bonitiert. Die Proben waren systematisch über die Lichtkrone der im Engstand stehenden Fichten verteilt, die 4 Jahrgänge kamen jeweils vom gleichen Ast.

In gleicher Weise wurden Altbäume — über 100 Jahre — aus den verschiedenen Höhenstufen des Harzes untersucht.

Das umfangreiche Kollektiv (n = 4500) weist eine Variationsbreite von 10–24 mm auf.

Nadellänge: $\bar{x} = 15,18 \pm 2,46$ mm.

Die varianzanalytische Gliederung zeigt bei diesem Material einen starken Einfluß der Bäume, dem ein

gering reduzierter der Jahre folgt. Beide Faktoren sind bei allen Untersuchungen hochsignifikant abgesichert. Die Unterschiede zwischen den Herkünften bleiben daher oft niedrig und überschreiten meist nicht den Zufallsbereich (Abb. 6).

Die Nadellänge wird von der Witterung des Vorjahres erheblich beeinflusst. So bewirkt die Trockenheit des Jahres 1959 bei allen Bäumen eine Reduktion der Nadellänge in der folgenden Vegetationszeit. In den vorangegangenen Jahren war eine derartig gleichgerichtete Tendenz nicht zu er-

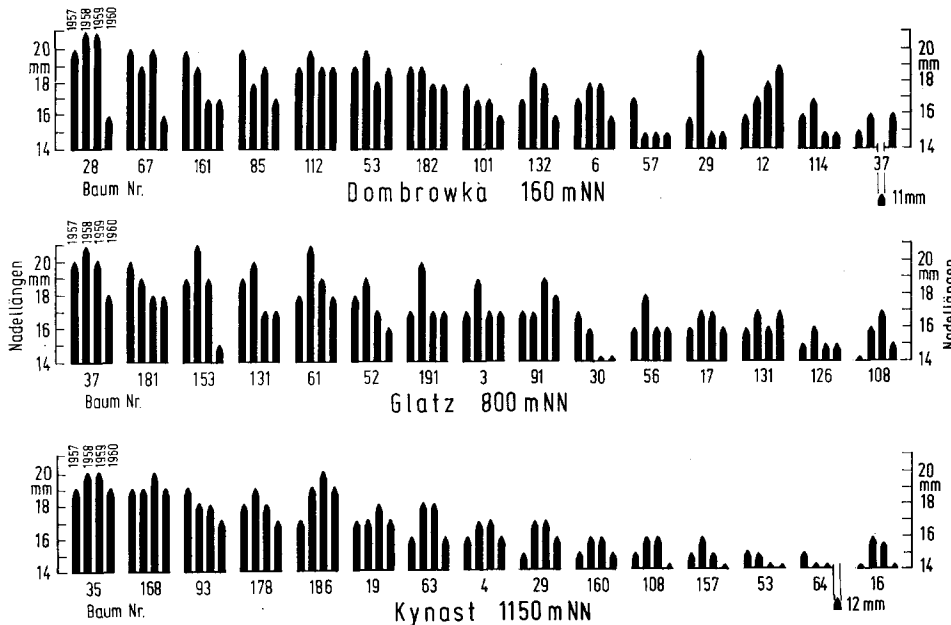


Abb. 6. Nadellängen der Jahre 1957–1960, Fichten-Provenienzversuch, Forstamt Gahrenberg

kennen. Die komplexen Klimafaktoren üben einen fein differenzierten Einfluß auf die Nadelausformung aus. Es treten hohe Wechselwirkungen auf — also ist kein gleichsinniges Verhalten der Bäume gegeben.

Aus diesen Befunden muß die oben gestellte Frage nach der Brauchbarkeit dieses Merkmales verneint werden. Sie soll jedoch noch einmal unter dem Gesichtspunkt geprüft werden, ob eine enge Korrelation zwischen Nadellänge und -oberfläche besteht.

Prüft man diese Beziehung am gleichen Baum, so liegen enge Korrelationen ($r = 0,8^{**}$ bis $0,97^{**}$) vor. Erweitert man das Kollektiv auf mehrere Bäume, so fallen die Korrelationskoeffizienten stark ab und überschreiten meist nicht den Zufallsbereich.

Die Ursache muß in der unterschiedlichen Ausformung der Nadeln gesehen werden. Unter günstigen Außenbedingungen wird bei dem einen Individuum das Längenwachstum der Nadel verstärkt, bei einem anderen tritt eine Querschnittsvergrößerung hervor. Diese übt einen stärkeren Einfluß auf die Oberfläche aus.

Ergebnis: Das Merkmal Nadellänge kann zur Charakterisierung der Benadelungsverhältnisse allein nicht herangezogen werden.

2.2.1.2. Gewicht der Nadeln. Durch Bestimmung des Tausendnadelgewichtes von Licht- und Schattenzweigen, getrennt nach ein- und mehrjährigen Nadeln, sollte die Berechnungsgrundlage von Trockengewicht zur Nadelzahl und -oberfläche geschaffen werden. Das verwendete Kollektiv entspricht etwa dem der Nadellänge.

Die Tausendnadelgewichte — TNG — schwanken im Frischgewicht sehr stark (Abb. 7). Bei Einzelbäumen aus dem Harz variieren die Werte von 6 bis 17 g. Die Trockengewichte sind wesentlich ausgeglichener und vergleichsfähiger: 3—6 g. Die Nadeln von Zweigen verschiedener Ordnungen zeigen nur dann wesentliche Unterschiede, wenn die Nadeln von Zweigen höherer Ordnung Schattencharakter besitzen.

Bei einem großen Kollektiv von 2700 Stichproben mit insgesamt 135 000 Nadeln treten Schwankungen des Trockengewichtes von 1,5 bis 5,7 g auf (Abb. 8). Der Übergang von den etwas leichteren Schattenadeln zu den Lichtadeln ist flüssig, also nicht signifikant getrennt.

Im Durchschnitt kann das Tausendnadel-trockengewicht mit $3,30 \pm 0,95$ g als ein Mittelwert angegeben werden, der auf Grund des umfangreichen Materials dem der Grundgesamtheit sehr nahe kommen dürfte.

2.2.1.3. Oberfläche der Nadeln. Die Nadeloberfläche wurde mikroskopisch bestimmt. Je Nadelseite wurde an 4 Sektoren, die gleichmäßig über die Länge verteilt waren, die Breite gemessen. Diese Mittelwerte \times Länge der Nadel brachten einen Flächenwert, der die Spitze der Nadel unberücksichtigt ließ. Vergleichsplanimetrierungen führten zu einem Abzug von 10% für die Abweichung von der Rechteckform.

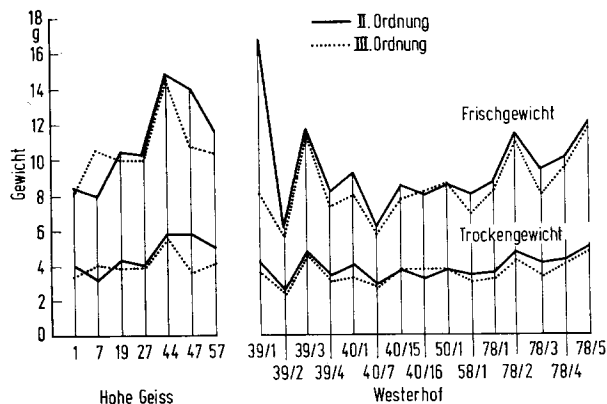


Abb. 7. Vergleich der 1000-Nadelgewichte von Fichten aus Westerhof und Hohe Geiß, Einzelstammabsaaten

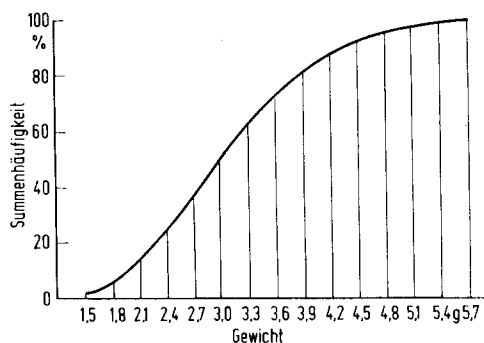


Abb. 8. 1000-Nadel-Trockengewicht — Summenhäufigkeit

Das Verhältnis von Nadel-trockengewicht zu Oberfläche wurde durch 2 Arbeitsgänge hergeleitet:

- a) Nadeln verschiedener Bäume mehrerer Provenienzen wurden gleichzeitig zur Bestimmung von Oberfläche und Nadel-trockengewicht verwendet,
- b) die Durchschnittswerte aus den großen Kollektiven, die zur Herleitung von TNG und Oberfläche verwendet worden waren, dienen zur Herleitung des Verhältnisses Trockengewicht zu Oberfläche.

Die Untersuchungen prüften die mögliche Differenzierung des Materials nach den Einflüssen, die die Provenienzen, die Bäume, das Alter der Nadel und der Aufbau als Licht- und Schattenadeln auszuüben vermögen.

Die Provenienzunterschiede wurden durch die großen Individualunterschiede überdeckt.

Der Einfluß der Bäume macht sich sowohl bei der zusammenfassenden Bewertung des gesamten Materials als auch in der Streuungserlegung der einzelnen Faktoren gravierend bemerkbar.

Der Vergleich von Lichtadeln einjährig zu mehrjährig zeigt nur vereinzelt gesicherte Unterschiede. Wahrscheinlich handelt es sich um eine Häufung von Individuen, bei denen das Streckenwachstum nicht während einer Vegetationsperiode abgeschlossen werden kann. Im allgemeinen sind zu Ende der Vegetationszeit die einjährigen Fichtennadeln ausgewachsen.

Bei den Schattennadeln ist das Wachstum verzögert. In dem überwiegenden Teil der Untersuchungen treten signifikante Unterschiede hervor.

Die einjährigen Nadeln unterscheiden sich gesichert in ihren Oberflächen, wenn Typen mit Licht- und Schattenhabitus gegenübergestellt werden (Tab. 6). Wechselwirkungen treten häufig auf und sind wiederum individualbedingt. Licht- und Schattennadeln stimmen ab 2. Vegetationsperiode mit ihren Oberflächen im allgemeinen überein. Auch hier können nur Individualigenschaften differenzierend wirken.

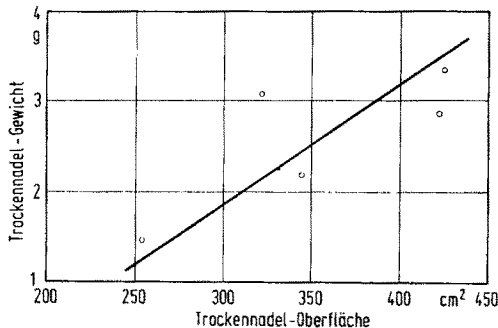


Abb. 9. Beziehung von Trockengewicht und Oberfläche — Regressionsgerade

Wenn man die zahlenmäßig gering ins Gewicht fallenden Unterschiede zwischen einjährigen Licht- und Schattennadeln nivelliert und zum Ausgleich der idiotypischen Unterschiede mit einem großen Kollektiv arbeitet, dann dürfte der Mittelwert einen guten Vergleich zur Umrechnung von Trockensubstanz auf Nadeloberfläche abgeben.

Die Werte für Oberfläche und Trockengewicht von 5 Bäumen aus 3 Provenienzen wurden in einer Korrelations- und Regressionsrechnung geprüft (Abb. 9).

Die Korrelation war bei $r = 0,79$ zu ca. 90% abgesichert. Das Bestimmtheitsmaß von 62 weist auf eine gute Beziehung. Die lineare Regression $y = 16,06 + 7,54 x$ bedarf noch einer weiteren Bestätigung durch zusätzliche Untersuchungen.

Aus 710 Stichproben von 86 Bäumen, die aus 9 Provenienzen ausgewählt worden waren, wurde eine durchschnittliche Oberfläche je Nadel von $36,61 \pm 8,34 \text{ mm}^2$ errechnet.

2.2.1.4. Zahl und Verteilung der Stomata. Da enge Beziehungen zwischen Stomata und Assimilationsleistung bestehen — STÄLFELT (1960) u. a. —, wurden an Nadeln der untersuchten Stichproben Zahl und Verteilung der Stomata geprüft.

Die Spaltöffnungen sind in Reihen angeordnet. Ihre Zahl ist zumeist auf allen 4 Flächen einer Nadel gleich. An der Nadelspitze und oft auch an der Basis verengen und verringern sich die Stomatareihen. Ihre Anordnung ist nicht regelmäßig; auch der Abstand der Spaltöffnungen zueinander schwankt sehr. Auf einer Nadelfläche wurden 2 (1) bis 4 (5) Stomatareihen gezählt. Bei einer Variationsbreite von 5,6 bis

14,4 Reihen je Nadel wurden im Durchschnitt 9,7 Reihen je Nadel berechnet. Die Reihenzahl stellt nach den vorliegenden Untersuchungen kein Merkmal dar, das über die Spaltöffnungsfläche einer Nadel Wesentliches auszusagen vermag.

Die Zahl der Spaltöffnungen wurde nach mikroskopischer Auszählung von 4 Sektoren je Nadelfläche durch Mittelwertbildung und Umrechnung auf die Fläche gewonnen. Die Prüfung nach dem Einfluß von Provenienzen, Bäumen und Stichproben innerhalb eines Kollektivs führte zu dem Ergebnis, daß die Spaltöffnungszahlen von Nadel zu Nadel des gleichen Baumes so schwanken, daß diese Varianzen alle anderen Einflüsse überdecken. Hierzu einige Messungen an Einzelbäumen — Variationsbreite und Mittelwert je Nadel:

$$\frac{590 - 1565}{1263}, \quad \frac{786 - 1192}{903}, \quad \frac{1190 - 2461}{1796}, \quad \frac{625 - 957}{860}$$

Zwischen Licht- und Schattennadeln besteht ein gesicherter Unterschied: die Lichtnadeln tragen auf der Flächeneinheit 15% mehr Spaltöffnungen als die Schattennadeln.

Bei einem untersuchten Kollektiv von 710 Stichproben — Verteilung auf Bäume und Provenienzen in Anlehnung an die früheren Untersuchungen — ergaben sich folgende Durchschnittswerte:

$$\begin{aligned} \text{Stomata je Nadel:} & \quad 1211,50 \pm 443,04 \\ \text{Stomata je mm}^2: & \quad 34,31 \pm 6,43 \end{aligned}$$

Größe der Stomata: Länge 0,045 mm, Breite 0,03 mm

2.2.1.5. Tabellarische Zusammenfassung

	\bar{x}	$v \%$
1) Frischgewicht (FG) : Trockengewicht (TG)	100:43	stark variierend
2) Tausendnadel- trockengewicht (TNG)	$3,30 \pm 0,95 \text{ g}$	28,6
3) Oberfläche je Nadel je 1000 Nadeln	$36,61 \pm 8,34 \text{ mm}^2$ 366 cm^2	22,8
4) Spaltöffnungen je Nadel je mm^2	$1211,50 \pm 443,04$ $34,31 \pm 6,43$	36,6 18,7
Hieraus folgert: 1 g TG entspricht	ca. 300 Nadeln 110 cm^2 Oberfläche 365 000 Stomata 5 cm- Stomataoberfläche	

2.2.2. Vergleich der Nadelmasse von Zweigen

Auf je einer Versuchsfläche in der Hochrhön — Forstamt Hilders 800 m NN — und im Hügelland — Forstamt Hombressen, Reinhardswald 350 m NN — wurden von den Herkünften Westerhof/Vorharz 220 m NN, Oderhaus/Hochharz 780 m NN und Partenkirchen-Wettersteinalm/Bayerische Alpen 1600 bis 1700 m NN je 10 Zweige entnommen, die für die durchschnittlichen Benadelungsverhältnisse der jeweiligen Pflanze charakteristisch waren. Die Trok-

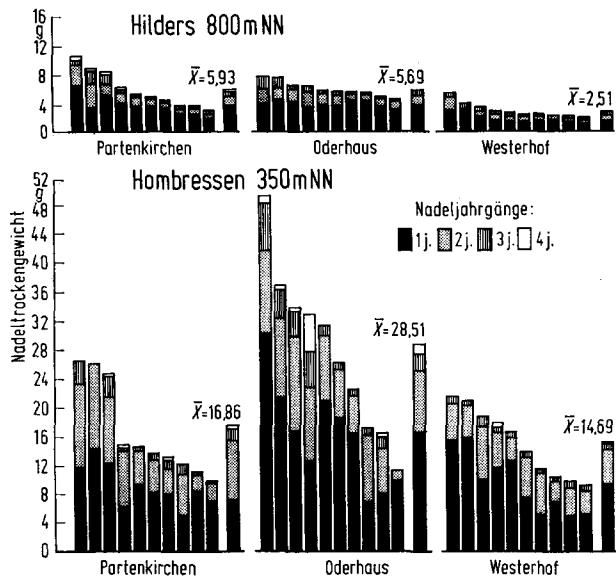


Abb. 10. Nadel Trockengewichte von 3 Herkünften, je 10 Bäume, auf 2 Versuchsorten, Einzelstammabsaaten, Hess. Fichten-Provenienzversuch

kengewichte der einzelnen Nadeljahrgänge sind in Abb. 10 dargestellt.

Versuchsort Hilders:

Trotz der großen Individualschwankungen — z. B. Partenkirchen von 10 bis 3 g je Zweig — unterscheidet sich das Kollektiv Partenkirchen und Oderhaus — typische Hochlagenfichten — von dem Kollektiv Westerhof — Tieflagenfichte — hochsignifikant. Die Nadelmasse der Hochlagenfichten übertrifft den Wert der Tieflagenfichten um 120%. Stellt man extreme Stichproben gegenüber wie z. B. die am dichtesten benadelte Partenkirchener Fichte und eine ungünstig ausgestattete Westerhoffichte, so ergeben sich im Alter 9 Unterschiede von mehr als dem Fünffachen.

Auch im Anteil der Trockengewichte der einzelnen Nadeljahrgänge treten erhebliche Unterschiede hervor:

Während bei Westerhof 70% aller Nadeln dem in der gleichen Vegetationszeit gebildeten Jahrgang angehören und die beiden älteren Jahrgänge nur noch schwach vertreten sind, konnte Partenkirchen vier Nadeljahrgänge halten. Nur etwa die Hälfte entfällt auf den letztjährigen Nadeljahrgang.

Tabelle 7. Anteile der Trockengewichte an den Nadeljahrgängen in % — Anbauort 800 m NN

Provenienz	1j.	2j.	3j.	4j.
Westerhof	71	19	10	—
Oderhaus	64	24	12	—
Partenkirchen	56	21	14	9

Die Individualeigenschaften treten bei einigen wenigen Bäumen deutlich hervor. Die jeweils best-

benadelten Fichten der Herkünfte Partenkirchen, Oderhaus und auch Westerhof zeichnen sich nicht nur durch eine gute Verteilung der Nadeln auf die einzelnen Alter aus, sondern sind auch dementsprechend wüchsig und stufig.

Versuchsort Hombressen:

Auf dem oligotrophen Versuchsort des Reinhardswaldes — obere Buchenmischwaldzone — steigt die Benadelungsdichte bei allen Provenienzen gegenüber Hilders um das Drei- bis Sechsfache an. Die Rangordnungen verschieben sich. Die höchste Nadelmasse am Zweig besitzen die Fichten Oderhaus — Mittelwert 28,5 g. Die Pflanzen dieser Parzellen sind voll benadelt und machen einen vitalen Eindruck. Partenkirchen und Westerhof liegen mit ihren Werten dicht beieinander — \bar{x} 16,9 und 15,4.

Im Gegensatz zu dem Hochlagenversuch in der Rhön kommen alle Provenienzen auf 4 Nadeljahrgänge, die wie folgt verteilt sind:

Tabelle 8. Anteile der Trockengewichte an den Nadeljahrgängen in % — Anbauort 350 m NN

Provenienz	1j.	2j.	3j.	4j.
Westerhof	60	29	6	5
Oderhaus	56	30	9	5
Partenkirchen	53	38	8	1

Der Anteil der einjährigen Nadeln nimmt zu Gunsten der mehrjährigen ab. Die hochalpine Herkunft Partenkirchen, deren Nadelmasse in der Hochrhön noch zu 9% aus 4jährigen und zu 14% aus 3jährigen Nadeln besteht, schränkt die älteren Nadeljahrgänge erheblich ein.

Die Untersuchungen an Zweigen können wichtige Hinweise geben, insbesondere unter angespannten ökologischen Bedingungen. Ähnlich wie bei der Auszählung der Nadeljahrgänge bedarf es aber der Prüfung der Beziehungen zu ganzen Pflanzen.

2.2.3. Benadelung von zehnjährigen Fichten

Von 2 Versuchsorten des Hessischen Provenienzversuches — Forstamt Thiergarten, Hochrhön 850 m — und dem Hügelland — Forstamt Nentershausen, Nordhessisches Bergland 350 m NN — wurden von 10 Provenienzen aus den 3 Wiederholungsparzellen zufallsmäßig je 10 Pflanzen ausgewählt, nach Höhe und Breite vermessen und von ihrer Gesamtnadelmasse das Trockengewicht bestimmt.

Die Nadelmasse beider Versuchsorte unterscheidet sich hochsignifikant. In Thiergarten beträgt das durchschnittliche Nadel Trockengewicht je Pflanze 17,6 g, in Nentershausen wird der 14fache Wert erreicht. Auf beiden Standorten konnte eine strenge Beziehung zwischen Höhenlage des Herkunftsortes und Nadel Trockengewicht je Durchschnittspflanze gefunden werden (Abb. 11). Während auf dem Hochlagenversuchsort die Fichten aus Tief- und Mittel-

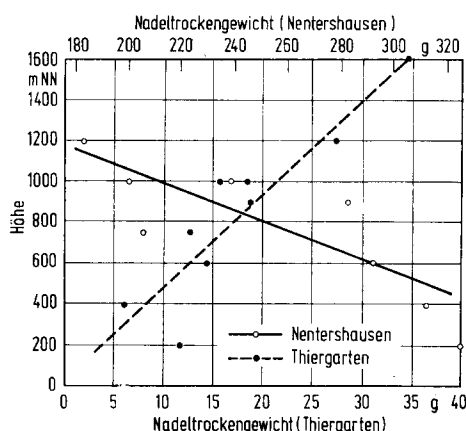


Abb. 11. Beziehung von Nadelrockengewicht und Seehöhe der Herkunftsorte auf 2 Versuchsorten — Regressionsgerade, Hess. Fichten-Provenienzversuch

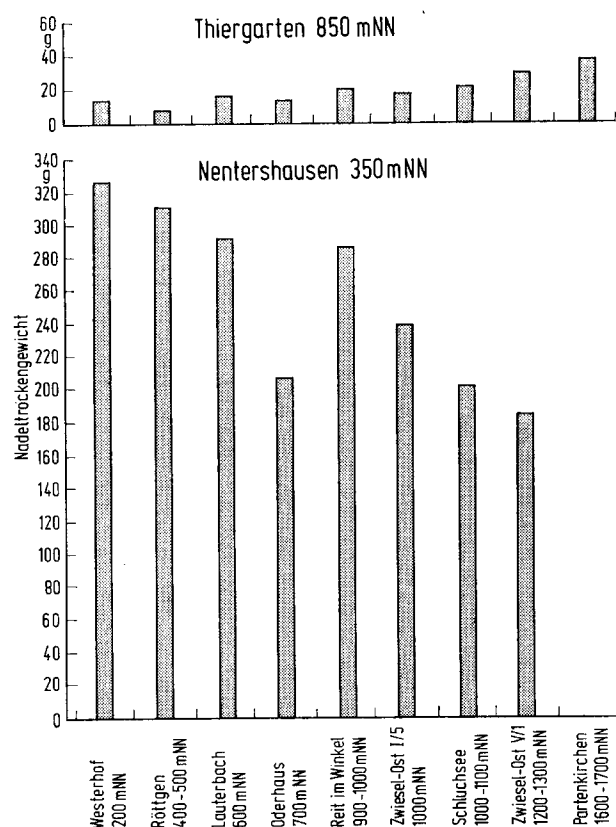


Abb. 12. Nadelrockengewichte verschiedener Herkunftsorte auf 2 Versuchsorten, Hess. Fichten-Provenienzversuch

lagen nur eine geringe Nadelmasse halten konnten, steigerte sich die Benadelungsdichte bei den Herkunftsorten aus Hochlagen ganz beträchtlich. Die Fichten aus Partenkirchen erreichten den doppelten Wert des Versuchsmittels, den dreifachen von Westerhof und den sechsfachen von Röttgen (Abb. 12).

Die Benadelungsdichte ist im gegenwärtigen Alter des Versuches noch unabhängig von der Größe der Pflanzen. Dies dürfte sich mit zunehmender Ent-

wicklung des Versuches wesentlich verändern. Auf die diesjährige Aufnahme wirken sich noch die unterschiedlichen Pflanzengrößen bei der Kulturbegründung aus. Westerhof war z. B. Partenkirchen um ca. 20 cm überlegen, jetzt beträgt der jährliche Höhenzuwachs dieser Herkunft nur wenige Zentimeter, die Verzweigung und Benadelung werden unregelmäßig, dagegen wachsen Partenkirchen oder die Absaaten aus Zwiesel zügig weiter und bilden einen stufenförmigen, voll benadelten Aufbau.

Die unterschiedlichen Benadelungsverhältnisse der Provenienzen geben gute Hinweise auf die standörtliche Anpassungsfähigkeit. Ob eine Pflanze für die Stoffproduktion eine Nadeloberfläche von $0,4 \text{ m}^2$ — Partenkirchen —, $0,3 \text{ m}^2$ — Zwiesel Ost V, 1 Plattenfichtenauslesen — besitzt oder nur über $0,1 \text{ m}^2$ — Westerhof — oder $0,07 \text{ m}^2$ — Röttgen — verfügt, kann auf Leistung und Widerstandsfähigkeit nicht ohne Auswirkung bleiben. Spätere Aufnahmen werden die Frage zu beantworten haben, ob eine erhöhte Stoffproduktion zu einer besseren Höhenentwicklung oder zu einer gesteigerten Dichte des Holzes überwiegend ausgenutzt wird. In Hochlagen sollte als Betriebsziel die Sicherheit eines langjährigen Produktionszeitraumes stehen.

Auf dem Fichtenhochleistungsstandort Nentershausen in 350 m Seehöhe steigen die Leistungen aller Provenienzen wesentlich an. Sowohl die Höhen als auch die Durchmesser der Fichten erreichen doppelte bis dreifache Werte, die Nadelrockengewichte liegen sogar bis zum 50fachen über der Rhönparallele (Tab. 9).

Auf diesem Versuchsort besteht wiederum eine strenge Abhängigkeit zwischen Wuchszone der Herkunftsorte und Nadelmasse. Die Tendenz ist gegenläufig zu der Kurve Thiergarten (Abb. 10). Die Fichten aus Tief- und Mittellagen verfügen über eine viel höhere Nadelmasse als die aus Hochlagen.

Die Verhältniszahlen von Thiergarten zu Nentershausen sind sehr aufschlußreich. Zwar erhöhen auch Hochlagenfichten wie Zwiesel ihre Nadelmasse um das 7- bis 15fache, diese Relationen werden jedoch von Westerhof (28fach) und Röttgen (52fach) erheblich übertroffen. Die Vergleiche führen zu der Frage, ob einer Standorttrasse eine bestimmte Leistungspotenz genetisch fixiert zu eigen ist, die ab einer bestimmten Grenze auch durch Verbesserung der Standortbedingungen nicht überschritten werden kann. Dieses Problem soll in den weiteren Auswertungen unserer Provenienzversuche sorgfältig geprüft werden, weil hieraus wesentliche Schlüsse auf Intensivierungsmaßnahmen, z. B. Düngung, gezogen werden können.

2.2.4. Benadelung von 35—40jährigen Fichten

Auf einem gut nährstoff- und wasserversorgten Standort des Versuchsrevieres Beberbeck des Hessischen Institutes für Forstpflanzenzüchtung in 300 m Seehöhe wurden 2 benachbarte Fichten auf ihre

Tabelle 9. Höhenentwicklung und Nadelrockengewicht von 9 Herkünften auf 2 Anbauorten

Versuchsorte	I Thiergarten 850—900 m			II Nentershausen 350—380 m			Verhältnis Thierg. zu Nentersh.
	Höhe	∅	Nadel- trocken- gewicht g	Höhe	∅	Nadel- trocken- gewicht g	
Provenienzen Seehöhe	cm	cm		cm	cm		
Westerhof 200—300 m	60	24	11,6	145	80	325,0	28
Röttgen 400—500 m	52	17	6,0	141	76	310,5	52
Lauterbach 600 m	46	27	14,4	138	74	291,0	20
Oderhaus 750 m	54	24	11,7	116	52	205,0	18
Reit i. Winkel 900—1000 m	45	30	18,8	120	70	283,6	15
Zwiesel I, 5 1000 m	56	28	15,8	128	79	237,2	15
Schluchsee 1000—1100 m	42	24	18,5	113	64	198,8	11
Zwiesel V, 1 1200—1300 m	44	27	27,4	112	66	182,4	7
Partenkirchen 1600—1700 m	52	32	34,6	—	—	—	—
\bar{x}	50	26	17,6	127	70	254,2	14
in % zu I	100	100	100	249	269	1444	

Benadelungsverhältnisse analysiert. Die eine Fichte war völlig freistehend, die andere in einem Fichten-Reinbestand aufgewachsen und gehörte der herrschenden Bestandesschicht an. Form und Benadelung sind in Abb. 5 dargestellt.

Beide Bäume erreichen etwa die gleiche Höhe — 18,8 und 19,3 m. Die benadelte Krone der Bestandesfichte setzt erst nach 12 m Trockenastzone an, während die Fichte im Freiland nur 3,5 m Trockenastzone bildet. Bei Berücksichtigung der Durchmesserunterschiede im Kronenraum — 8—10 m zu 3—4 m an der Kronenbasis — trägt die freistehende Fichte ein assimilierendes Kronenvolumen von 340 m³, während die Bestandesfichte nur 24 m³ erreicht.

Das Volumenverhältnis von Licht- zu Schattenkrone beträgt bei der Freilandfichte 163:157 m³ und bei der Bestandesfichte 7:15 m³.

Die Bestandesfichte trug im Alter 35—40: 8,998 kg Nadelrockenmasse, davon entfallen 66% auf die Lichtkrone und 34% auf den beschatteten Teil.

Dies entspricht einer Nadeloberfläche von ca. 100 m², auf der ca. 3,3 Mrd. Stomata den Gasaustausch durchführen.

Die Fichte im Freiland hatte eine Nadelrockenmasse von 39,170 kg, d. s. 435% der Bestandesfichte. Die Verteilung der Benadelung von Licht- zu Schattenkrone war entsprechend — 64:36%.

Die Nadeloberfläche beträgt ca. 435 m², d. s. ebenfalls 435% der Bestandesfichte.

3. Diskussion

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß das Merkmal Nadeljahrgänge nicht zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit einer Provenienz herangezogen werden kann. Die Befunde ZEDERBAUERS (1916), der eine russische Fixierung der Zahl der Nadeljahrgänge unterstellte, ließen sich im allgemeinen nicht bestätigen. Bei genetisch eingegengtem Material — Einzelstammabsaaten — wurden gesicherte Unterschiede bezüglich der Zahl der Nadeljahrgänge von Hoch- und Tieflagenherkünften offensichtlich (Tab. 5). Bei Provenienzen, die eine wesentlich breitere Individualstreuung aufweisen, sind die Varianzen der Nadeljahrgänge der Individuen stärker als die Varianzen zwischen den Provenienzen. Die statistischen Auswertungen (Tab. 3 und 4) zeigen, daß die Standorteinflüsse die genetischen Komponenten zu überdecken vermögen. SMIRNOW (1960) kommt in Untersuchungen an Fichten der Taigazone zu dem Ergebnis, daß das Alter der Nadeln und damit die Zahl der Nadeljahrgänge standortabhängig ist. Je besser die Wachstumsbedingungen, desto kürzer ist die Lebensdauer der Nadeln. MOLTSCHANOW (1952) bestätigt diesen Befund, indem er beobachtet, daß auf besseren Standorten die jüngeren Nadeljahrgänge, besonders die 1—3jährigen, überwiegen. Am Einzelbaum findet er, daß die Nadeln auf der Nordseite etwa 1—2 Jahre länger gehalten werden als auf den übrigen Expositionen. Das Abwerfen der Nadeln ist deutlich zu

bemerken, sobald diese ein Alter von 5–6 Jahren erreicht haben. Diese Ergebnisse decken sich eindeutig mit den Aussagen von BURGER (1937, 1941), der die höhere Zahl von Nadeljahrgängen auf ungünstigen Standorten damit erklärt, daß die Nadeljahrgänge als Reserve gehalten werden, um eine kurze Vegetationszeit voll zu nutzen oder um Schädigungen junger Triebe auszugleichen.

Auch das Merkmal Nadellänge kann allein nicht der Beurteilung der Benadelungsverhältnisse dienen. Denn ebenso wie bei den Nadeljahrgängen wird die Entwicklung der Nadellänge durch Umwelteinflüsse und Exposition innerhalb der Baumkrone beeinflusst.

AICHMÜLLER (1962) errechnete anhand seiner langjährigen Untersuchungen fast die gleiche durchschnittliche Nadellänge, nämlich 15,5 mm, wie in unseren Auswertungen. Weiter kommt er zu dem Ergebnis, daß zwischen Temperatur und Niederschlag einerseits und der Nadellänge und Nadelanzahl andererseits Zusammenhänge bestehen, und zwar derart, daß ungünstige Witterungseinflüsse — geringer Niederschlag, hohe Temperaturen — sich hemmend auf die Ausbildung der Nadellänge in der nächsten Vegetationsperiode auswirken. Unsere Messungen in den Aufnahmejahren 1959 und 1960 führen zu den gleichen Aussagen.

BURGER (1939) stellte fest, daß die Nadeln der Lichtkrone am Einzelbaum länger sind und auch einen größeren Durchmesser besitzen als die der Schattenkrone. Die von ihm ermittelten durchschnittlichen Nadellängen liegen zwischen 12,4 und 15,1 mm. Eine Parallele zur Licht- und Schattenkrone konnte er auch bei seinen Untersuchungen an herrschenden und beherrschten Bestandesindividuen ziehen. Die Nadeln der herrschenden Bäume entsprechen dem Nadeltyp der Lichtkrone, die der beherrschten Bäume denen der Schattenkrone. Unsere Befunde erhärten die Beobachtungen BURGERS. Unter Berücksichtigung des gesamten untersuchten Nadelkollektivs ergaben sich bei einjährigen Nadeln hochsignifikante Unterschiede zwischen den Längen der Licht- und Schattennadeln. Die Lichtnadeln hatten eine durchschnittliche Länge von 16,50 mm, Schattennadeln von 14,54 mm.

Auch bei Berücksichtigung der Beziehungen zwischen Umweltfaktoren und Nadellänge muß hervorgehoben werden, daß innerhalb der Provenienzen hinsichtlich der Nadellänge Individualunterschiede bestehen, die auch AICHMÜLLER (1962) bei seinen Nachkommenschaftsprüfungen belegte.

Als weiteres Merkmal zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Assimilationsorgane von Fichten wurde das Gewicht der Nadeln untersucht.

Die Bezugsgröße Nadelrockengewicht wurde wegen des stark schwankenden Wassergehalts der frischen Nadeln gewählt. Schon BURGER (1939) kommt zu dem Ergebnis, daß der Wassergehalt der frischen Nadeln innerhalb der Krone nach der Höhe

schwankt, ebenso zwischen verschiedenen Standorten und einzelnen Bäumen.

Ermittelt wurde jeweils das Trockengewicht von 1000 Nadeln, das im Durchschnitt $3,3 \pm 0,95$ g betrug. Die Variationsbreite des Tausendnadelrockengewichtes reicht von 1,5 bis 5,7 g. Diese Schwankungen können durch Individualeigenschaften der Bäume, Umwelteinflüsse, Alter der Nadeln oder Exposition innerhalb der Krone bedingt sein, wie frühere Untersuchungen zeigen.

So macht AICHMÜLLER (1962) Witterungs- und Fruktifikationseinflüsse geltend. HÖHNE (1964) stellt in Übereinstimmung mit BURGER (1937, 1939) fest, daß vorherrschende Fichten schwerere Nadeln tragen als unterdrückte Bäume. Mit zunehmendem Alter der Fichten ändert sich das Nadelgewicht ebenfalls: geringe Werte in der Jugend (2,5–3 g), ein Maximum im mittleren Alter — etwa 60–70 Jahre (5–5,5 g) —, geringes Absinken bis zu einem Ausgleich (4,3 bis 4,8 g). Ausgehend von dieser Gewichtsentwicklung wird gefolgert, daß Fichtenbestände im mittleren Alter ein Leistungsmaximum erwarten lassen. VON DROSTE zu HÜLSHOFF (1968) gibt an, daß die Nadeln im Durchschnitt mit zunehmender Kronenhöhe schwerer werden und gleichzeitig auch ihre Form verändern. Bei seinen Untersuchungen an Fichtenbeständen der Taiga beobachtet SMIRNOW (1961), daß die Nadeln mit fortschreitendem Alter ihren Feuchtigkeitsgehalt verringern und ihre Trockensubstanz erhöhen, also kontinuierlich schwerer werden. Die Verhältnisse am Einzelbaum sind offensichtlich sehr komplex und noch nicht eindeutig geklärt.

Bei unseren Untersuchungen galt es, aus großen Kollektiven Durchschnittswerte zu ermitteln, die weitgehend einen Vergleich zulassen. Es zeigte sich in Übereinstimmung zur Literatur, daß Schattennadeln etwas leichter sind als Lichtnadeln. Der Unterschied ist jedoch nicht abgesichert.

Auch die Messungen von Nadeloberflächen haben bestätigt, daß Provenienzunterschiede durch die großen Individualunterschiede zumeist überdeckt werden. Die Befunde von BURGER (1941), daß Fichten aus Tieflandherkünften größere Nadeloberflächen (flache Nadeln = Schattentypus) besitzen als Fichten aus Hochlagen, bei denen der derbere Sonnennadeltypus überwiegt, konnten wir an unserem Material nicht bestätigen. Zwischen einjährigen und mehrjährigen Lichtnadeln sind nur vereinzelt gesicherte Unterschiede zu erkennen. Vergleicht man einjährige Licht- und Schattennadeln miteinander, so findet man gesicherte Abgrenzungen. Als Ursache dafür ist das verzögerte Wachstum der Schattennadeln innerhalb einer Vegetationszeit anzusehen. PISEK und TRANQUILLINI (1951) halten anhand von je 10 Stichproben die Oberfläche der Lichtnadeln für geringfügig kleiner als die der Schattennadeln.

Die Unterschiede in der Zahl der Stomata je Nadel konnten zwischen Licht- und Schattennadeln als ge-

sichert angesehen werden. Die Spaltöffnungszahlen schwanken von Nadel zu Nadel des gleichen Baumes sehr stark, so daß nur mit zahlreichen Stichproben Vergleiche angestellt werden können. Die errechnete Stomatazahl je mm² von 34,34 deckt sich mit der von PISEK und TRANQUILLINI (1951) ermittelten Zahl, die in der Wipfelregion auf der Sonnenseite 36, auf der Schattenseite 32, in der sonnseitigen Kronenbasis 31 und auf der Schattenseite 30 je mm² als Mittel von je 5 Stichproben angeben.

Im Zusammenhang mit der Zahl der Stomata je Flächeneinheit sind sicher auch Untersuchungen von PISEK und TRANQUILLINI (1951) interessant, bei denen das Reaktionsvermögen des Baumes auf ein mögliches Feuchtigkeitsdefizit im Boden geprüft wurde. Auf Störungen in der Wasserversorgung reagiert der Baum durch stufenweise Sparmaßnahmen. Als erstes werden die weniger produktiven Teile in der Assimilation eingeschränkt. Die Schließung der Stomata beginnt auf der Schattenseite und schreitet dann zur Lichtseite weiter. Während normalerweise die Transpiration im unteren Kronenbereich je Frischgewichtseinheit stärker ist als im oberen Kronenbereich, kehren sich durch diesen Vorgang die Verhältnisse bei Trockenheit um.

Bei unseren Untersuchungen an den zehnjährigen Fichten von zwei verschiedenen Versuchsorten waren deutliche Unterschiede bei den Nadelrockengewichten zu erkennen. Nadelgewichte und Seehöhe der Herkunftsorte standen in enger Beziehung (Abb. 11, 12).

Aus der Korrelation von Trockengewicht und Oberfläche (Abb. 9) kann geschlossen werden, daß bei Herkunftsorten mit höheren Nadelgewichten auch größere Assimilationsleistungen zu erwarten sind. Die Benadelungsmasse kann als Weiser für die standörtliche Anpassungsfähigkeit angesehen werden.

Beobachtungen BURGERS (1941) an zwei Fichtenherkunftsorten auf einem Talstandort (500 m) und einem Hochlagenstandort (1600 m) haben entsprechende Ergebnisse gezeigt. Die Tieflagenherkunft erzeugt auf dem Talstandort mit durchschnittlich 11 kg trockenen Nadeln (= 153 m² Oberfläche) pro Baum 14,9 l Schaftzuwachs, bei der Hochlagenherkunft beträgt das Verhältnis 6,9 kg (= 105 m²) zu 8,1 l. Auf dem Hochlagenstandort tritt eine Verschiebung ein. Das Nadelgewicht/Zuwachsverhältnis der Tieflagenfichte liegt nur bei 3,1 kg (= 37 m²) zu 2,8 l, das der Hochlagenfichte bei 3,0 kg (= 38 m²) zu 2,7 l. Bei beiden Herkunftsorten sind zwar geringere Nadelmassen und Leistungen zu erkennen, die Tieflagenherkunft fällt jedoch relativ stärker ab.

Die Einschätzung des Leistungsvermögens von Fichten über die Bewertung ihrer Assimilationsorgane ist auf Grund der Komplexbezogenheit zahlreicher Faktoren außerordentlich schwer. Der hohe Einfluß der Milieubedingungen, den die vorliegenden Untersuchungen deutlich herausstellen, muß für Vergleichsuntersuchungen nivelliert werden. Dies geschieht

zweckmäßig und zielgerecht über die autovegetative Vermehrung der zu untersuchenden Objekte und Anbau unter verschiedenen Standortbedingungen. Um Expositionseffekte des Mutterbaumes auszuschließen, sollten als Ausgangsmaterial für die Vegetativvermehrungen nur physiologisch gleichwertige Reiser verwendet werden (FRÖHLICH 1959, 1960, 1961). Heterovegetative Vermehrungen — Pfropfungen — eignen sich nur sehr bedingt, da die Unterlagen die Ernährungsbedingungen wesentlich zu steuern vermögen. Somit werden die Vergleiche wieder weniger aussagefähig.

Wir haben mehrere derartige Versuchsanlagen erstellt, von denen wir bessere Aussagewerte erhoffen als durch Bearbeitung von Teilpopulationen.

Sicherlich kommt von allen Merkmalen dem Tausendnadelrockengewicht eine besondere Bedeutung zu, da mit steigendem Nadelgewicht auch die Oberfläche und damit die Anzahl der Stomata zunehmen. Diese Eigenschaft, die genetisch im wesentlichen individual fixiert zu sein scheint, kann bei gleichzeitiger hoher Assimilationsintensität der Nadeln zu großen Zuwachsmehrleistungen führen, die bei der Fichte im Gegensatz zu anderen Baumarten als wesentliches Zuchtziel herausgestellt wurde (ROHMEDER und SCHÖNBACH 1959, ROHMEDER 1964).

Nach den Überlegungen SCHMIDT-VOGTS (1953) vermag durch die Kombination von Assimilationsintensität und Benadelungsdichte der Zuwachs um ein Mehrfaches gesteigert werden. Leistungssteigerungen werden jedoch nur bis an die natürliche physiologische Grenze des Assimilationsvermögens möglich sein.

4. Zusammenfassung

1. Die Benadelung der Fichten wurde bisher überwiegend unter der Fragestellung untersucht, ob Beziehungen zwischen Nadelmasse und Zuwachs bestehen. Der Arbeit liegen folgende Zielsetzungen zugrunde:

a) Welche Merkmale sind für die Charakterisierung der Benadelungsverhältnisse einer Fichte von Bedeutung?

b) Welche Durchschnittswerte sind diesen Merkmalen einschließlich ihrer Standardabweichung zuzuordnen?

c) Welchen Einfluß üben Erbanlagen und Umwelt auf die Ausbildung der Merkmale aus?

d) Welche Folgerungen ergeben sich für die Züchtung?

Die Untersuchungen bauen auf umfangreichem Material auf, das sich aus verschiedenen Provenienzversuchen und Einzelbäumen zusammensetzt.

2. Für das Merkmal Nadeljahrgänge konnte keine Abhängigkeit zur Seehöhe des Herkunftsortes der Provenienz gefunden werden. Umweltfaktoren, wie Trockenheit, Ernährungsschwierigkeiten, Lichtverhältnisse, Konkurrenz- und Expositionseffekte beein-

flussen derart stark, daß dieses Merkmal allein nicht zur Charakterisierung der Benadelungsverhältnisse herangezogen werden kann.

3. Die Unterschiede in der Nadellänge sind individual bedingt und überdecken deshalb die Differenzen zwischen den Herkünften. Die absoluten Werte sind von Umweltbedingungen stark beeinflussbar. In der auf Trockenjahre folgenden Vegetationsperiode werden in der Regel verkürzte Nadeln entwickelt. Obwohl die genetische Komponente stark hervortritt, können über dieses Merkmal keine Kennzeichnung erreicht oder Selektionsschritte eingeleitet werden.

Die aus dem Untersuchungsmaterial ermittelte durchschnittliche Nadellänge betrug $15,18 \pm 2,46$ mm.

4. Als durchschnittliche Oberfläche einer Nadel wurden $36,61 \pm 8,34$ mm² ermittelt. Auf dieser Fläche sind im Durchschnitt 1211 ± 443 Stomata in 9,7 Reihen angeordnet. Enge Korrelationen zwischen Nadellänge und Nadeloberfläche bestehen innerhalb eines Baumes, jedoch nicht mehr bei Vergleichen mehrerer Bäume miteinander.

5. Zwischen Tausendnadelrockengewicht (TNG = $3,30 \pm 0,95$ g) und Oberfläche der Nadeln besteht eine zu 90% gesicherte Korrelation. Dieses Merkmal kann zur Bestimmung der Assimilationsfläche herangezogen werden.

Fichten derselben Provenienz können auf verschiedenen Standorten unterschiedlich große Nadelmen gen ausbilden. Je weiter die Standorte in ihrer Ökologie voneinander abweichen, um so deutlicher werden die Differenzen.

Ebenso besteht eine sehr enge Korrelation zwischen Nadelrockengewicht und Seehöhe des Herkunfts ortes in Abhängigkeit zum Versuchsort, so daß die standörtliche Anpassungsfähigkeit von Provenienzen zu beurteilen ist.

6. Vergleiche über Benadelungsverhältnisse mehrerer Provenienzen auf verschiedenen Standorten können zu erheblichen Verschiebungen der Rangordnungen und Relationen führen. Aus ihnen lassen sich sowohl Rückschlüsse auf Standorteignung sowie eine Einschätzung der genetischen Fixierung der Leistungspotenz bis zu einem bestimmten Maximum ziehen und möglicherweise auch der Optimalbereich abgrenzen. Dieser Komplex ist eng mit der Frage der Zweckmäßigkeit von Intensivierungsmaßnahmen, wie z. B. mit Hilfe der Düngung, verbunden.

7. Die starke Umweltbeeinflussung der wesentlichen Merkmale erschwert die Selektion von Plusvarianten, deren Leistungsüberlegenheit durch eine charakteristische Benadelung bedingt ist. Es wird deshalb für erforderlich gehalten, die zu testenden Individuen autovegetativ zu vermehren und diese Klone auf verschiedenen Standorten anzubauen und hinsichtlich der Nadelmerkmale miteinander zu vergleichen. Entsprechende Versuche wurden angelegt.

Allen an dieser Untersuchung beteiligten Mitarbeitern des Institutes danke ich für die Sorgfalt und Ausdauer bei der Bearbeitung des großen Untersuchungsmaterials, insbesondere Fräulein BÖDEN und Forstassessor DIETZE.

Die Arbeit wurde finanziell von der Deutschen Forschungsgemeinschaft unterstützt. Auch hierfür meinen Dank.

Literatur

1. AICHMÜLLER, R.: Der Einfluß von Umwelt und Erbgut auf Stärkenwachstum, Verzweigung und Benadelung der Fichte. Forstw. Cbl. **81**, 156–181 (1962). — 2. BURGER, H.: Die Lebensdauer der Fichtennadel. Schweizer. Z. Forstwesen **78**, 372–376 (1927). — 3. BURGER, H.: Nadelmenge und Zuwachs bei Föhren und Fichten verschiedener Herkunft. Mitt. d. Schweizer. Anstalt f. d. Forstl. Versuchsw. **22**, 101–112 (1937). — 4. BURGER, H.: Der Kronenaufbau gleichalteriger Nadelholzbestände. Mitt. d. Schweizer. Anstalt f. d. Forstl. Versuchsw. **21**, 5–57 (1939). — 5. BURGER, H.: Baumkrone und Zuwachs in zwei hiebsreifen Fichtenbeständen. Mitt. d. Schweizer. Anstalt f. d. Forstl. Versuchsw. **21**, 147–176 (1939). — 6. BURGER, H.: Holz, Blattmenge und Zuwachs. Mitt. d. Schweizer. Anstalt f. d. Forstl. Versuchsw. **22**, 10–62 (1941). — 7. DROSTE ZU HÜLSHOFF, B. v.: Vorläufige Untersuchungsergebnisse über die Erfassung oberirdischer Baumorgane an einer 76jährigen vorherrschenden Fichte im Ebersberger Forst bei München. Forstw. Cbl. **87**, 369–383 (1968). — 8. FRÖHLICH, H. J.: Grundlagen und Voraussetzungen der autovegetativen Vermehrung. Silvae Genetica **8**, 49–58 (1959). — 9. FRÖHLICH, H. J.: Untersuchungen über Benadelungsverhältnisse verschiedener Fichten-Provenienzen. Silvae Genetica **9**, 138 (1960). — 10. FRÖHLICH, H. J.: Untersuchungen über das physiologische und morphologische Verhalten von Vegetativvermehrungen verschiedener Laub- und Nadelbaumarten. AFJZ **132**, 39–58 (1961). — 11. HÖHNE, H.: Über den Einfluß des Baumalters auf das Gewicht und den Elementgehalt 1–4jähriger Nadeln der Fichte. Arch. f. Forstw. **13**, 247–265 (1964). — 12. HÖHNE, H.: Der Einfluß der soziologischen Stellung der Fichte auf das Gewicht und den Elementgehalt ihrer Nadeln. Arch. f. Forstw. **13**, 833–842 (1964). — 13. MOLTSCHANOW, A.: Hydrologische Bedeutung der Kiefernwälder auf den Sandböden. Mitt. d. Laborat. f. Forstw. d. Akad. d. Wiss. d. UdSSR (1952). — 14. PIŠEK, A.: Immergrüne Pflanzen (einschließlich Coniferen). Handbuch der Pflanzenphysiologie V, 415–459. Berlin/Göttingen/Heidelberg: Springer 1960. — 15. PIŠEK, A., und W. TRANQUILLINI: Transpiration und Wasserhaushalt der Fichte (*Picea excelsa*) bei zunehmender Luft- und Bodentrockenheit. Physiologia Plantarum **4**, 1–27 (1951). — 16. PIŠEK, A., und W. TRANQUILLINI: Assimilation und Kohlenstoffhaushalt in der Krone von Fichten- (*Picea excelsa* LINK) und Rotbuchenbäumen (*Fagus sylvatica* L.). Flora **141**, 237–270 (1954). — 17. PIŠEK, A., und E. WINKLER: Wassersättigungsdefizit, Spaltenbewegung und Photosynthese. Protoplasma **XLVI**, 597–611 (1956). — 18. PIŠEK, A., und E. WINKLER: Licht- und Temperaturabhängigkeit der CO₂-Assimilation von Fichte (*Picea excelsa* LINK), Zirbe (*Pinus cembra* L.) und Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.). Planta **53**, 532–550 (1959). — 19. ROHMEDER, E.: Die züchterische Bearbeitung der Fichte in Bayern. Mitt. Staatsforst. Bayerns, München, **34** (1964). — 20. ROHMEDER, E., und H. SCHÖNBACH: Genetik und Züchtung der Waldbäume. Hamburg und Berlin: Parey 1959. — 21. RUBNER, K.: Die pflanzengeographisch-ökologischen Grundlagen des Waldbaus. Neudamm: Neumann 1934. — 22. SCHMIDT, H.: Kronen- und Zuwachsuntersuchungen an Fichten des Bayer. Alpenvorlandes. Forstw. Cbl. **72**, 276–286 (1953). — 23. SMIRNOW, W.: Verteilung der Nadeljahrgänge bei *Picea excelsa* in den Fichten- und Fichten-Mischbeständen

- der Taiga-Zone. Mitt. d. Laborat. f. Forstw. d. Akad. d. Wiss. d. UdSSR, 1522—1530 (1960). — 24. SMIRNOW, W.: Veränderungen der Benadelung und der Belaubung in den Fichten- und Fichten-Mischbeständen der mittleren Taiga in der Abhängigkeit vom Alter. Mitt. d. Laborat. f. Forstw. d. Akad. d. Wiss. d. UdSSR (1961). — 25. SMIRNOW, W.: Periodischer Zuwachs einjähriger Triebe und Nadeln bei Fichte und Kiefer. Mitt. d. Laborat. f. Forstw. d. Akad. d. Wiss. d. UdSSR (1961). — 26. STÄLFELT, M. G.: Der stomatare Regulator der pflanzlichen Transpiration. *Planta* 17, 22—85 (1932). — 27. STÄLFELT, M. G.: Die Spaltöffnungsweite als Assimilationsfaktor. *Planta* 23, 715—759 (1935). — STÄLFELT, M. G.: Licht- und Spaltöffnungsweite. *Handb. d. Pflanzenphysiologie* V/2, 79—80 (1960). — 29. ZEDERBAUER, E.: Beiträge zur Biologie der Waldbäume. I. Variabilität der Waldbäume. II. Lebensdauer der Blätter. *Cbl. f. d. ges. Forstw.* 310—311 (1916).

Eingegangen 18. Februar 1969

Angenommen durch H. KUCKUCK

Priv. Doz. Dr. H. J. FRÖHLICH
Hessisches Institut für Forstpflanzenzüchtung
Prof. Oelkers-Str. 6
351 Hann. Münden (BRD)