
FBVA-BERICHTE

Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt

Nr.28

1988

FORUM

GENETIK – WALD – FORSTWIRTSCHAFT

ODC:165.3:165.61:232.12:174.7:(23)946

Bericht über die 5. Arbeitstagung
vom 6. bis 8. Oktober 1987

Kongresshaus Innsbruck

Herausgegeben
von der
Forstlichen Bundesversuchsanstalt in Wien
Kommissionsverlag: Österreichischer Agrarverlag,
A-1141 WIEN.

Copyright by
Forstliche Bundesversuchsanstalt
A-1131 WIEN

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet
Printed in Austria

Herstellung und Druck
Forstlichen Bundesversuchsanstalt
A-1131 WIEN

VORWORT

Die 5. Arbeitstagung fand diesmal in Innsbruck am Fuß der Alpen statt; darum war es auch ein Schwerpunkt dieser Tagung, die Auswirkungen der Ökoselektion des Gebirges auf die Genetik der Baumarten, soweit sie uns bereits heute bekannt ist, vorzustellen. Die Nachexkursion auf den Patscherkofl gab den Teilnehmern die Möglichkeit, die Wirkung des Gebirgsklimas direkt kennen zu lernen.

Ein zweiter Schwerpunkt innerhalb der allgemeinen forstgenetischen Themen unterstrich die Bedeutung der Isoenzymforschung zur Erkennung von Baumschädigungen, aber auch zur Erhaltung der gesamten genetischen Vielfalt der Baumarten.

So soll dieses Berichtsheft dazu beitragen, die Forschungsergebnisse zur Genetik der Gebirgsbaumarten über den Alpenbereich hinauszutragen und die Bedeutung der Variabilität für die Begründung von neuen Waldbaumpopulationen besonders zu unterstreichen.

H.H.Hattemer

K. Holzer

W. Langner

E. Marcet

H. Marquart

W. Schmidt

H. Schmidt-Vogt

F O R U M
GENETIK - WALD - FORSTWIRTSCHAFT

Das Forum GENETIK - WALD - FORSTWIRTSCHAFT ist ein Arbeitsgremium von Wissenschaftlern, die sich speziell mit forstgenetischer Forschung befassen.

Das Forum wendet sich an Persönlichkeiten und Organisationen, die unmittelbar oder mittelbar mit dem forstgenetischen Bereich befaßt sind und ihre Aufgabe darin sehen, nachhaltig stabile Zukunftswälder zu begründen.

Das Ziel ist der gegenseitige Informationsaustausch über aktuelle Probleme der Genetik und Züchtung von Waldbäumen zwischen wissenschaftlichen Institutionen, dem Waldbesitz, den Erzeugern von forstlichem Saat- und Pflanzgut, der Verwaltung und gesetzgeberischen Organen.

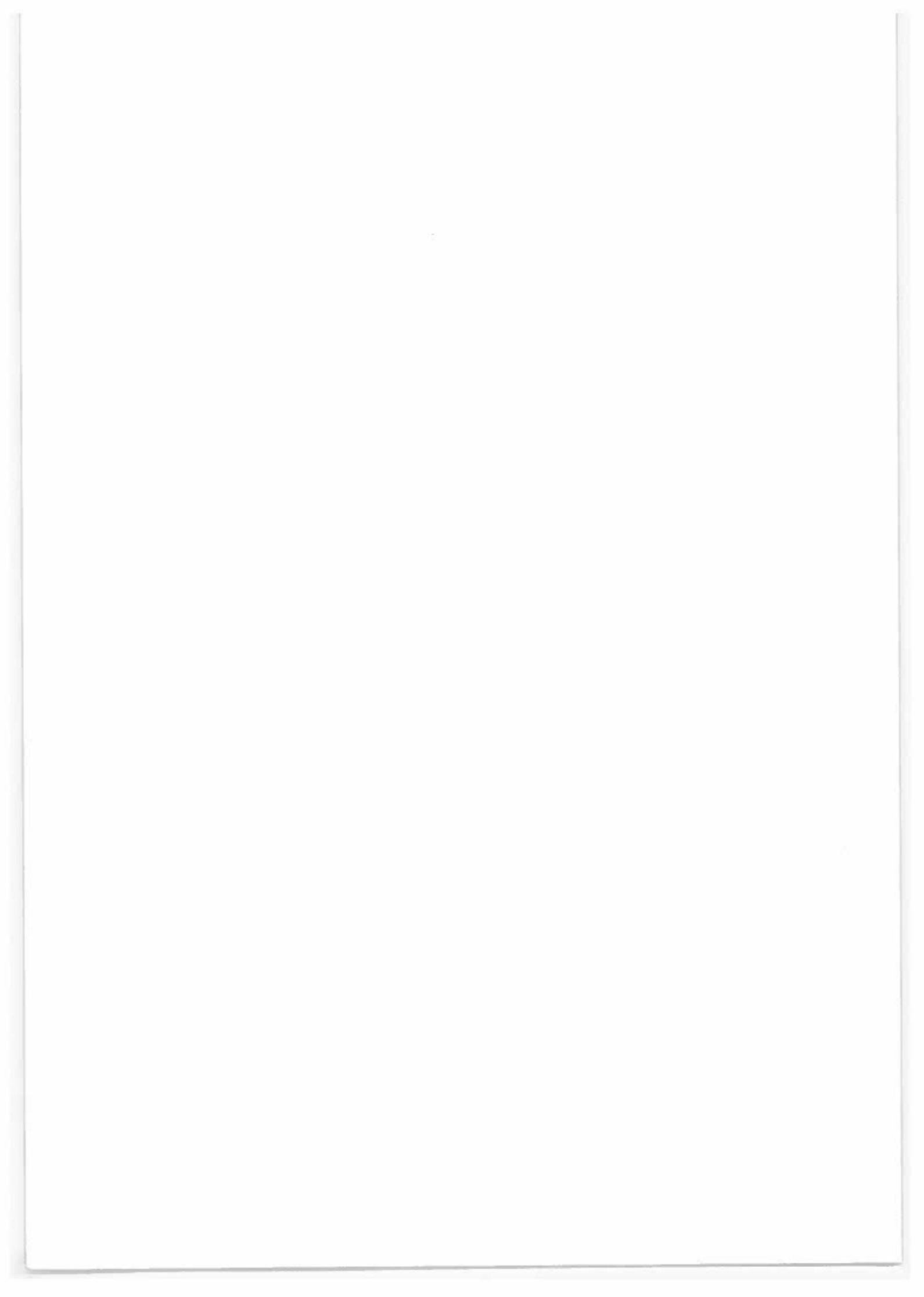
Das Forum wird tätig insbesondere durch die Darstellung von neuen wissenschaftlichen Ergebnissen und Erkenntnissen sowie deren Konsequenzen für die forstliche Praxis; ebenso sollen Probleme der Praxis an die Wissenschaft herangetragen werden.

Das Arbeitsgremium veranstaltet und organisiert Tagungen zu besonderen aktuellen Themen; deren Ergebnisse, Erkenntnisse und Schlußfolgerungen werden in geeigneter Form dokumentiert und veröffentlicht.

- Bericht über die 1. Arbeitstagung am 16. und 17. 8. 1980 in Laudenbach - vergriffen -
- Bericht über die 2. Arbeitstagung vom 29. 9. bis 1.10.1982 in Göttingen. 118 Seiten. Göttingen 1983 - vergriffen -
- Bericht über die 3. Arbeitstagung am 17. und 18. 10.1983 in Freiburg. 104 Seiten. Göttingen 1984 - Preis DM 6.--
- Bericht über die 4. Arbeitstagung vom 9. bis 11. 10. 1985 in Göttingen. 160 Seiten. Göttingen 1985 - Preis DM 5.--
- Bericht über die 5. Arbeitstagung vom 6. bis 8. 10. 1987 in Innsbruck. 190 Seiten. Wien 1988

INHALT

Vorwort	3
Verzeichnis der Teilnehmer	7
Beziehungen zwischen Isoenzym-Genmarkern und dem Stamm= durchmesser einundzwanzigjähriger Fichten G. von Wühlisch	11
Populationsgenetische Untersuchungen an Kastanie (<i>Castanea sativa</i> Mill.). Ergebnisse einer Nachkommenschaft Un= tersuchung S. Fineschi und M.E. Malvolti	19
Buchenpopulationen unter Umweltstreß: Eine Zwischenbilanz der genetischen Auswirkungen G. Müller-Starck	29
Ein Einwinterungsversuch mit Fichte P. Krutzsch	33
Genresourcen und Genkonservierung H. H. Hattemer	43
Auswirkungen der Ökoselektion des Gebirges auf die Genetik der Baumarten	
Einleitung zum Tagungsthema K. Holzer	51
Probleme der generativen Reproduktion im Gebirge J. Nather	59
Saatgutgewinnung und Pflanzenanzucht für das Hochgebirge H.P. Lang	66
Die Vegetationszeitlänge bei Fichtensämlingen, ihre Bedeu= tung und ihre Beeinflußbarkeit durch Umweltfaktoren K. Holzer	73
Über die Frostresistenz von Tief- und Hochlagenherkünften der Fichte W. Tranquillini	87
Pflanzenqualitätsmerkmale bei Gebirgsherkünften J. Nather	97
Stabilität und Empfindlichkeit seehöhenabhängiger Merkmale unter verschiedenen Ernährungsbedingungen bei der Forstgartenanzucht von Fichtensämlingen F. Müller	103
Wachstum von Fichtenpopulationen aus verschiedenen Höhen= lagen im Forstgarten K. Holzer und J. Nather	117
Wachstum von Fichten- und Lärchenherkünften in den ersten 5 Jahren auf Versuchsflächen U. Schultze	129
Das Wachstum von Fichtenklonen in verschiedener Seehöhe P. Zwerger und K. Holzer	141
Physiologische Unterschiede bei Tief- und Hochlagenfich= ten nach chronischer Ozonbelastung W.M.Havranek	149
Samenmerkmale und Keimblattzahlen des Fichtenprofils "Seetaler Alpen" V. Pelekanos	159
Untersuchungen der genetischen Differenzierung der Fichte in den Seetaler Alpen an Enzym-Genloci F. Bergmann	163
Möglichkeiten der Identifizierung autochthoner Hochlagen= bestände der Fichte W.F. Ruetz und F. Bergmann	173
Schlußfolgerungen für die Neubegründung von Beständen im Gebirge K. Holzer	179
Überblick über österr. forstgenetische Arbeiten	187



Teilnehmer

Astinet Helmut Bundesverband Forstsamen-Forstpflanzen
D 8760 Miltenberg/Main

Bergmann Fritz, Dr. Abt. Forstgenetik u. Forstpflanzenzüchtung
D 3400 Göttingen-Weende, Büsgenweg 2

Breitenbach Margarete, Dr. FBVA, Institut f. Forstchemie
A 1131 Wien-Schönbrunn

Buttgereit J. Öster. Forschungszentrum
A 2444 Seibersdorf

Camba Vladimir, Dipl. Ing. BMLF, Abt. 5 A 2
A 1010 Wien I., Stubenring 1

Dobiasch Walter, Dipl. Ing. OFR. Gendion Öster. Bundesforste
A 1030 Wien III., Marxergasse 2

Dörflinger H., Min.Rat Bundesminist. Ern., Landw. und Forsten
D 5300 Bonn 1

Eicke Gisela, Dr. Forstsaatgutprüfung
D 8000 München 2, Türkenstraße 4

Fercher Walter, Dipl. Ing. HR Landesreg. Kärnten, Abt. 10F
A 9020 Klagenfurt, Mießtalerstraße 3

Fineschi Silvia Istituto per l'Agroselvicoltura
I 05010 Porano (Terni), V. le Marconi 2

Franke Albrecht, FR Forstl. Versuchs- u. Forschungsanstalt
D 7800 Freiburg/Brg., Wonnhaldestraße 4

Fürst Ernst BFL, c/o Eidg. Anst. f. Forstl. Verswes.
CH 8903 Birmensdorf

Göbl Friederike, Dr. FBVA, Außenstelle, Abt. Bodenbiologie
A 6460 Imst, Langgasse 64

Gross, Karl, Dr. Waldbauinstitut der Universität
D 7800 Freiburg/Brg., Schauinsland 107

Günzl Leopold, Dipl. Ing. HR FBVA, Inst. Forstpflzüchtg.u. Genetik
A 1140 Wien-Mariabrunn

Häsler Ruedi, Dr. EAFV, Abt. Ökophysiologie
CH 8903 Birmensdorf

Hattemer Hans H., Prof. Dr. Abt. Forstgenetik u. Forstpflanzenztg.
D 3400 Göttingen-Weende, Büsgenweg 2

Havranek Wilhelm M., Dr. FBVA, Außenstelle f. subalpine Waldforschg.
A 6020 Innsbruck, Rennweg 1

Heumader Jörg, Dipl. Ing. Forsttechn. Dienst, WLV
A 6460 Imst, Langgasse 64

Holzer Kurt, Prof. Dr. FBVA, Inst. Forstpflanzenzüchtg.u.Genetik
A 1140 Wien-Mariabrunn

Horvat-Marolt Sonja, Doz. Dr. Forstl. Abt., Biotechn. Fakultät
YU61000 Ljubljana, Vecna pot 83

Jahn Alfred, Dr. AID f. Ernährung, Landw. und Forsten
D 5300 Bonn 2, Godesbergerallee 108 - 112

Jöbstl Peter Bergbaumschulen, Forstgärten Eitweg
A 9411 St. Michael Pollheim 4

Karner Alois, Dipl. Ing. Dr. Landesforstinspektorat
I 39100 Bozen, Brennerstraße 6

Keller Gerwin, Dr. FBVA, Außenstelle, Abt. Bodenbiologie
A 6460 Imst, Langgasse 64

König Armin, Dr. Inst. Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung
D 2070 Großhansdorf 2, Sieker Landstraße 2

Krohn Walter Baumschulen
D 5441 Masburg

Kronfuß Herbert, Dipl. Ing. FBVA, Außenstelle f. subalpine Waldf.
A 6020 Innsbruck, Rennweg 1

Krutzsch Peter, JM Forstliche Genbank, Schwed. Reichsforstaufs.
S 55183 Jönköping, Skogsstyrelsen

Lang Hans-Peter, Prof. Dr. Waldbauhof, ÖBF
A 3250 Wieselburg, Mankerstraße 12

Larcher Walter, Prof. Dr. Institut f. Botanik, Universität
A 6020 Innsbruck, Sternwartestraße 15

Meierhofer Johann, Ing. Liechtenstein & Hilleshög, Forstpflanzenges.
A 8775 Kalwang

Morgante M. Ist. Miglioramento Genetico Pl. Forest.
I 50145 Firenze, Via s. Bonaventura 13

Müller Ferdinand, Dipl. Ing. Dr. FBVA, Inst. Waldbau
A 1131 Wien-Schönbrunn

Müller-Starck Gerhard, Dr. Abt. Forstgenetik u. Forstpflanzenzüchtg.
D 3400 Göttingen-Weende, Büsgenweg 2

Nather Johann, Dipl. Ing. HR FBVA, Institut Waldbau
A 1131 Wien-Schönbrunn

Pelekanos Vasileos, Dipl. Ing. FBVA, Inst. Forstpflzüchtg u. Genetik
A 1140 Wien-Mariabrunn

Ramsauer Richard, FD, Dipl. Ing. Liechtenstein & Hilleshög, Forstpfl.
A 8775 Kalwang

Ruetz Wolfhard, Dr. Bayr. Landesanst. forstl. Saat- und Pflanzenzt.
D 8221 Teisendorf, Obb., Forstamtsplatz

Scheiring Herbert, Prof. Dr., HR, LFD, Landesforstdirektion
A 6010 Innsbruck, Bürgerstraße 36

Schmidt Josef, Dipl. Ing. Öster. Forschungszentrum
A 2444 Seibersdorf

Schröck Otto, Dr. DDR1277 Waldsieversdorf, Dahmsdorferstraße 49

Schultze Ulrich, Dipl. Ing. FBVA, Inst. Forstpflzüchtg. u. Genetik
A 1140 Wien-Mariabrunn

Schütz Jean-Philippe, Prof. Dr. ETH Zürich, Fachbereich Waldbau
CH 8092 Zürich, ETH Zentrum

Siegel Hubert, Dipl. Ing. BMLF, Abteilung 5C9
A 1010 Wien I., Stubenring 1

Stimm Bernd, Dr. Lehrst. f. Forstpflzüchtung u. Immissionsf.
D 8000 München 80, Amalienstraße 40

Tabel Uwe, FDir. FVA Rheinland-Pfalz
D 8751 Trippstadt

Themessl Rudolf, Dipl. Ing. Abtltr., BMLF, Abteilung 5A2
A 1010 Wien I., Stubenring 1

Tiefenbacher Herbert, Dipl. Ing., Institut Waldbau, Univ. Bodenkultur
A 1190 Wien XIX., Peter Jordanstraße 70

Tranquillini Walter, Prof. Dr. FBVA, Außenstelle f. subalpine Waldf.
A 6020 Innsbruck, Rennweg 1

Tüchy Edwin, Dipl. Ing. MR, Abtltr., BMLF, Abteilung 5A3
A 1010 Wien I., Stubenring 1

Vendramin Giuseppe G. Ist. Miglioramento Genetico P. Forestale
I 50145 Firenze, Via s. Bonaventura 13

Weilharter Roland, Dipl. Ing., Landesforstinspektion
A 4020 Linz, Anzengruberstraße 21

Wenninger Hubert, Ing. Landesforstdirektion
A 5026 Salzburg, Aignerstraße 85

Wilhelm Eva Öster. Forschungszentrum
A 2444 Seibersdorf

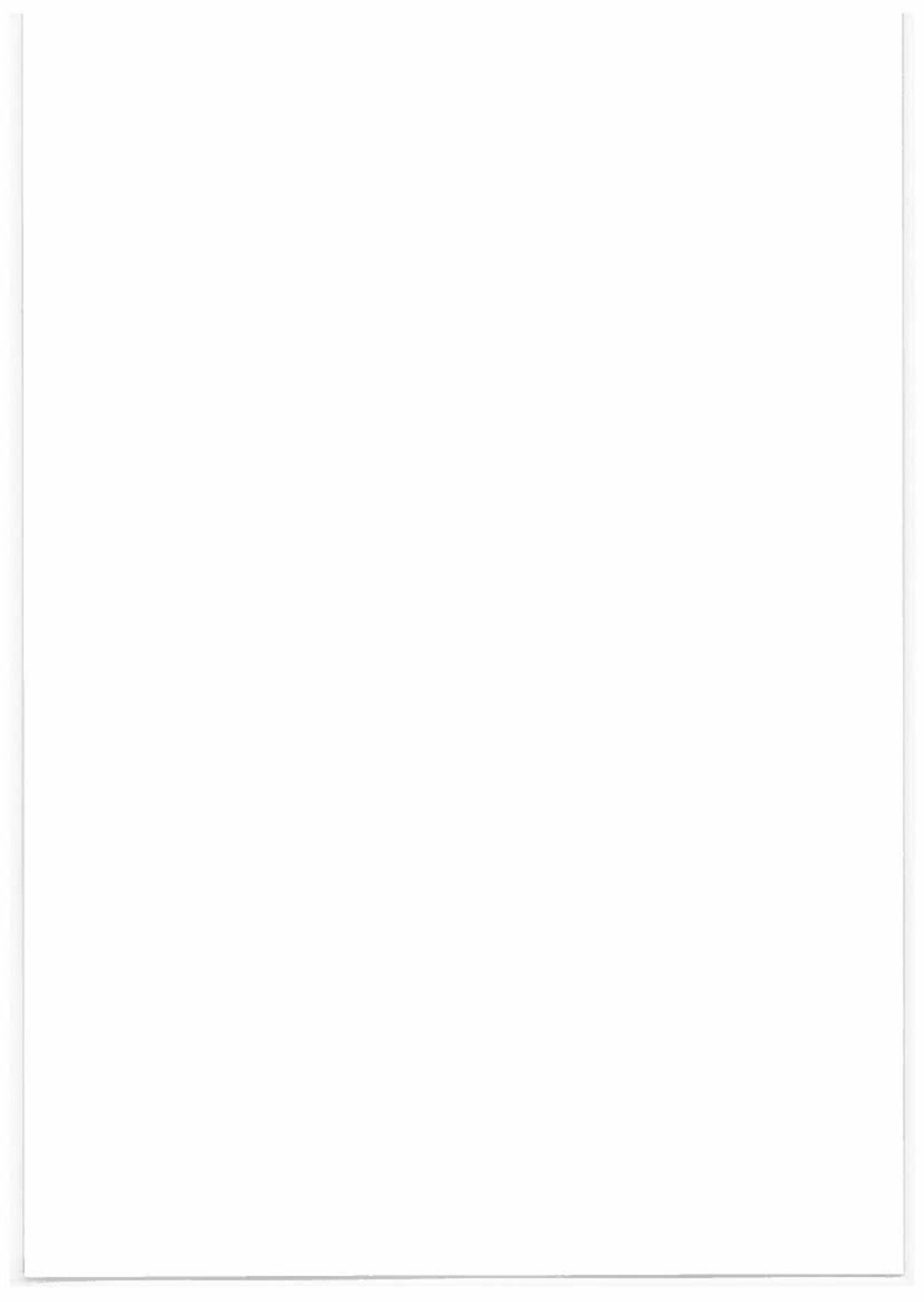
Wittbold-Müller Kurt Baumschulen
D 2810 Verden

Wittbold-Müller Elke Baumschulen
D 2810 Verden

Wolf Heino Lehrst. f. Forstpflzüchtung u. Immissionsf.
D 8000 München 80, Amalienstraße 40

v. Wühlisch Georg, Dr. Inst. Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung
D 2070 Großhansdorf 2, Sieker Landstraße 2

Zwerger Peter, Ing. FBVA, Außenstelle f. subalpine Waldforschung
A 6020 Innsbruck, Rennweg 1



Beziehungen zwischen Isoenzym-Genmarkern und dem Stammdurchmesser einundzwanzigjähriger Fichten

Georg von Wühlisch
Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft,
Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung,
Sieker Landstr. 2, D-2070 Großhansdorf 2

Zusammenfassung

An 396 Fichten des internationalen Herkunftsversuchs 1964/68 wurden 9 polymorphe Isoenzym-Genloci untersucht und mit dem Stammdurchmesser (BHD) im Alter von 21 Jahren in Beziehung gesetzt. Bei Einbeziehung aller untersuchter Bäume ergaben sich bei einzelnen Genloci keine Unterschiede zwischen schwachwüchsigen und gutwüchsigen Bäumen, weder bei den Allelfrequenzen, noch zwischen den BHD-Mitteln der einzelnen Genotypen. Wurden jedoch die Bäume nach bestimmten großräumigen Herkunftsregionen unterteilt, ergaben sich Unterschiede bei zwei Isoenzym-Genloci in einzelnen Herkunftsregionen.

Einleitung

Die Anwendung von Isoenzym-Genloci als Markergene hat sich zu einer wertvollen Methode für verschiedene Zwecke in der Forstpflanzenzüchtung entwickelt. Eine dieser Anwendungen ist das Auffinden von Zusammenhängen zwischen Isoenzym-Genmarkern und quantitativen Merkmalen. Da quantitative Merkmale wie z.B. Wachstumsmerkmale meist polygen vererbt werden, sind einfache monogenische Effekte nicht nachweisbar. Von Vorteil für eine gezieltere Suche nach solchen Genen, die sowohl für Isoenzyme codieren als auch für quantitative Merkmale von Bedeutung sind, wären genauere Kenntnisse über die physiologischen Bedeutung der einzelnen Isoenzyme im Stoffwechsel.

Weil diese Grundlagenkenntnisse noch lückenhaft sind, ist die Suche nach Beziehungen zwischen Isoenzym-Genfrequenzen und wirtschaftlich wichtigen Merkmalen überaus schwierig, aber dennoch sinnvoll. So konnte beispielsweise auch ohne diese Kenntnisse Bergmann (1978) einen engen Zusammenhang zwischen der Verteilung von vier Allelen an einem Genlocus der sauren Phosphatase und der geographischen Verteilung der Fichte aufzeigen. Er folgerte, daß dieser durch die Wirkung einer natürlichen Selektion einiger temperaturabhängiger Faktoren entstanden ist. Außerdem konnte Holzer (1982) an demselben Material sehr enge Korrelationen zwischen den Wuchsmerkmalen Abschluß des Triebängenwachstums sowie dem Längenverhältnis zwischen Trieb und Hypokotyl mit der Allelverteilung an diesem Locus nachweisen. Besonders die sehr straffe Beziehung zwischen den Allelfrequenzen und der geographischen Verteilung einerseits sowie den quantitativen Merkmalen andererseits läßt erwarten, daß dieses Ergebnis für die Praxis Bedeutung erlangen wird.

In einer Reihe von neueren Untersuchungen sind Unterschiede in den Frequenzen verschiedener Isoenzym-Genmarkern zwischen Gruppen sensibler bzw. toleranter Bäume gegen anthropogene Schadstoffe der Arten Fichte (Scholz und Bergmann 1984; Geburek et al. 1986), Buche (Müller-Starck 1985) und Kiefer (Mejnartowicz 1983, Geburek et al. 1987) gefunden worden.

Neben Beziehungen zwischen Isoenzym-Genfrequenzen und quantitativen Merkmalen könnte nach der Hypothese von Lerner (1954) auch der Heterozygotiegrad Einfluß auf die Ausprägung quantitativer Merkmale haben. So wurden bei *Populus tremuloides* von Mitton und Grant (1980) und *Pinus rigida* von Ledig et al. (1983)

positive Zusammenhänge zwischen Heterozygotiegrad und Wüchsigkeit gefunden, aber keine solchen Zusammenhänge in Untersuchungen von El-Kassaby (1982).

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist festzustellen, ob sich bei 21-jährigen Fichten (*Picea abies* (L.) Karst.) des internationalen Herkunftsversuchs 1964/68 (König 1981) zwischen dem Durchmesserwachstum und Isoenzym-Genmarkern Beziehungen herleiten lassen.

Material und Methoden

Als Versuchsmaterial wurden Knospen von insgesamt 396 Fichten von einer Teilfläche des internationalen Herkunftsversuchs untersucht. Die Fläche befindet sich im Revier Holzerode südlich des Harzes auf einer Höhe von ca. 300 m ü.NN mit einer Ausdehnung von 3,2 ha in ebener Exposition. Die untersuchten Bäume wurden aus insgesamt 48 Herkünften ausgewählt, die im wesentlichen aus den Gebieten der Bundesrepublik Deutschland sowie Österreich und in Osteuropa aus der Tschechoslowakei, Südpolen und Rumänien stammen (Abb. 1). Von einzelnen der untersuchten Herkünften ist nicht bekannt, ob sie autochthon sind.

Als Merkmal zur Charakterisierung der Wüchsigkeit wurde der BHD (Stammdurchmesser in Brusthöhe) im Alter von 21 Jahren gemessen. Die Auswahl der Herkünfte erfolgte nach zwei Kriterien: 1. sollten einerseits möglichst wüchsige und andererseits möglichst schwachwüchsige Herkünfte einbezogen werden und 2. sollten nur solche Herkünfte einbezogen werden, die auch für einen Anbau auf typischen mitteleuropäischen Fichtenstandorten in Frage kommen. Das Knospenmaterial wurde im März geerntet und in Kunststofffläschchen bei -80° C bis zur Isoenzymanalyse gelagert.

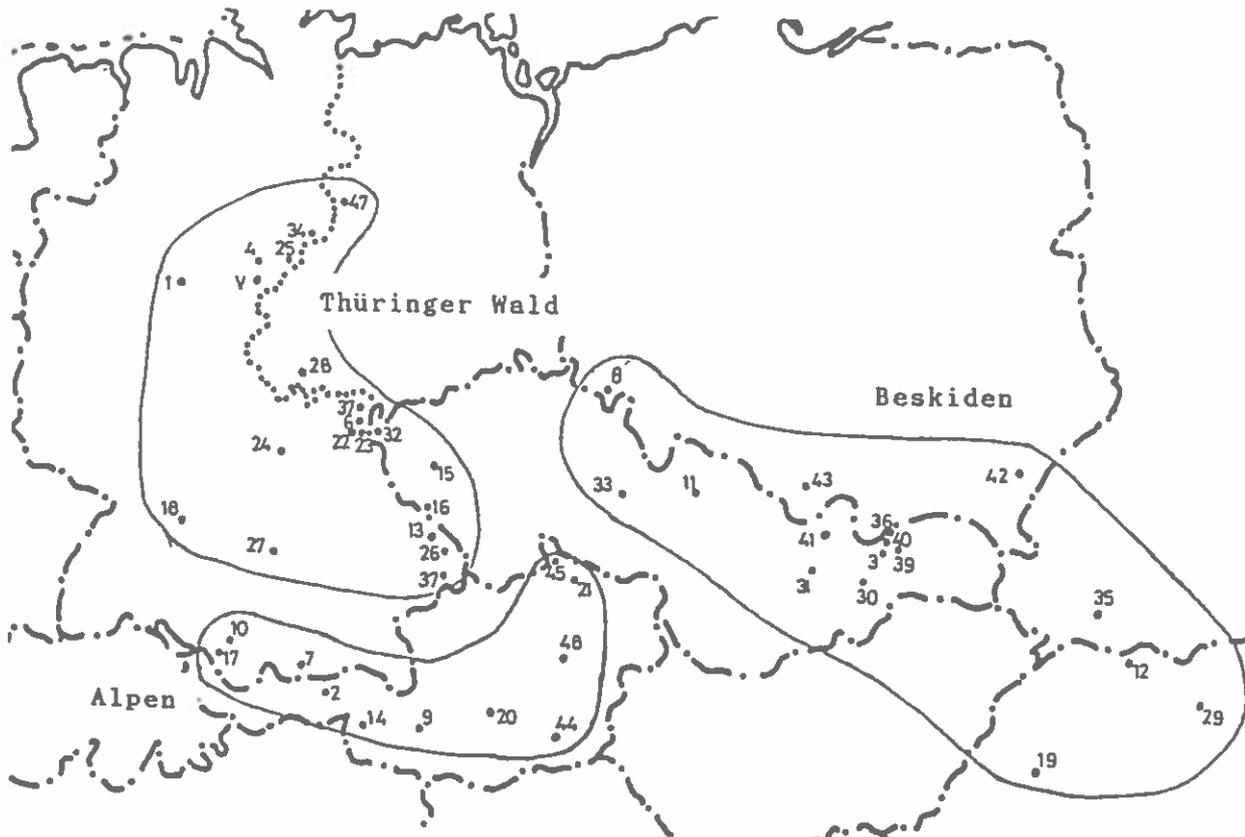


Abbildung 1: Untersuchte Herkünfte untergliedert in die Herkunftsregionen "Thüringer Wald", "Beskiden" und "Alpen"

Die untersuchten Isoenzymssysteme und Allele sind in Tabelle 1 aufgeführt. Da für die Untersuchung diploides Material verwendet wurde, konnte teilweise nur eins der möglichen Allele eindeutig bestimmt werden, während beim zweiten Allel mehrere Möglichkeiten der Interpretation gegeben sind. Dies ist der Fall bei LAP-A (Allel A₂ verdeckt Allel A₃ und A₅) und PGI-B (Allel B₂ verdeckt Allel B₁). Die Isoenzymanalyse wurde mit geringen Abweichungen nach Conkle et al. (1982) sowie Cheliak und Pitel (1984) durchgeführt. Die genetische Kontrolle der untersuchten Isoenzym-Genloci ist von Bergmann (1973), Lundkvist (1979), Poulsen et al. (1983), Cheliak et al. (1987) und Mouna et al. (1987) analysiert worden.

Tabelle 1: Untersuchte Isoenzym-Genloci und Allele sowie die Enzym-Kommissionsnummer (EC-Nr.)

	Isoenzym-Genlocus	Allele	EC-Nr.
GDH-A	Glutamatdehydrogenasen	1,2	1.4.1.3
GOT-B	Glutamatoxalacetat Transaminasen	1,2,3	2.6.1.1
IDH-A	Isocitratdehydrogenasen	1,2,3	1.1.1.42
IDH-B	"	1,2	
LAP-A	Leucinaminopeptidasen	1,2,4*	3.4.11.1
LAP-B	"	1,2,3,4	
MDH-C	Malatdehydrogenasen	2,3,4	1.1.1.37
6-PGDH-B	6-Phosphogluconatdehydrogenasen	1,2	1.1.1.44
PGI-B	Glucose-Phosphat-Isomerasen	1,2	5.3.1.9

*die Allele A₃ und A₅ konnten wegen der Verwendung von diploidem Knospenmaterial nicht nachgewiesen werden.

Die BHD-Herkunftsmittel der untersuchten Bäume variierten zwischen 6,2 und 13,1 cm, und die BHD-Einzelwerte von 1,5 bis 18,0 cm. Die Allelhäufigkeiten wurden einerseits bei allen Bäumen untersucht und andererseits getrennt nach drei Regionen: "Alpenregion", "Beskiden" (mit Sudeten und Karpaten) und "Thüringer Wald" (mit Harz, Fichtelgebirge, Böhmer Wald, Böhmen, Frankenwald, Bayerischer Wald; siehe Abb. 1). Jede der einzelnen Gruppierungen wurden nach dem BHD einzelbaumweise in aufsteigender Reihenfolge sortiert und anschließend je zur Hälfte in eine schwachwüchsige und eine wüchsige Gruppe von Bäumen aufgeteilt.

Die Allel- und Genotyphäufigkeiten wurden in den gebildeten Gruppen summiert und die genetischen Strukturen an jedem Genlocus mit R x C - Kontingenztafeln untersucht. Als Maß für den Zusammenhang zwischen dem Heterozygotiegrad und dem BHD wurde die Anzahl heterozygoter Genloci mit dem BHD einzelbaumweise korreliert.

Ergebnisse

Die isoenzymatische Untersuchung der Knospengewebe ergab durchweg deutliche und gut interpretierbare Zymogramme und die gefundenen Allele stimmten mit den in der Literatur (s. im vorhergehenden Abschnitt zitierte Arbeiten) beschriebenen gut überein. Der Vergleich der Allelhäufigkeiten zeigte bei Einbezie-

hung aller untersuchter Bäume keine gesicherten Unterschiede zwischen der Gruppe der schwach- bzw. gutwüchsigen Bäume. Bei Untersuchung der einzelnen Herkunftsregionen (Abb. 1) zeigten sich, wie in den Tabellen 2-4 aufgeführt, folgende Verteilung der Allelfrequenzen an den einzelnen Genloci.

In dem Herkunftsgebiet "Thüringer Wald" (Harz bis Bayerischer Wald) konnten ebenfalls keine gesicherten Unterschiede zwischen den schwach- und gutwüchsigen Bäumen gefunden werden (s. Tab. 2). Aber in der Herkunftsregion "Beskiden" (Erzgebirge bis Karpaten) zeigten sich Unterschiede beim Genlocus 6-PGDH-B, wobei das Allel 1 häufiger bei den schwachwüchsigen und das Allel 2 häufiger bei den wüchsigen Bäumen vorkommt (s. Tab. 3).

Bei dem Genlocus PGI-B in der Herkunftsregion "Alpen" sind die homozygoten Genotypen "11" nur in der Gruppe der gutwüchsigen Bäume vertreten, und zwar mit 10,4%, während in der Gruppe der schwachwüchsigen dieser Genotyp nicht vertreten ist (s. Tab. 4).

Der Vergleich der BHD-Werte von Bäumen verschiedener Genotypen ergibt, ähnlich wie bei den Allelhäufigkeiten, keine gesicherten Unterschiede zwischen den Genotypen. Deutlich ist der Unterschied zwischen den fünf Genotypen am Locus

Tabelle 2: Allelfrequenzen schwach- und gutwüchsiger Bäume von Herkünften der Region "Thüringer Wald"

Genlocus	Allel	relative Häufigkeiten		X ²
		schwachwüchsig	gutwüchsig	
GDH-A	A ₁	0,993	0,987	n. s.
	A ₂	0,006	0,013	
GOT-B	B ₁	0,501	0,589	n. s.
	B ₂	0,476	0,589	
	B ₃	0,025	0,038	
IDH-A	A ₁	0,006	0,000	n. s.
	A ₂	0,987	1,000	
	A ₃	0,006	0,000	
IDH-B	B ₁	0,013	0,013	n. s.
	B ₂	0,987	0,987	
LAP-A	A ₂ +A ₃ +A ₅	1,000	0,987	n. s.
	A ₁	0,000	0,013	
LAP-B	B ₁	0,025	0,025	n. s.
	B ₂	0,038	0,051	
	B ₃	0,114	0,101	
	B ₄	0,823	0,823	
MDH-C	C ₂	0,063	0,044	n. s.
	C ₃	0,937	0,956	
6-PGDH-B	B ₁	0,677	0,683	n. s.
	B ₂	0,323	0,317	
PGI-B	B ₁ +B ₂	0,911	0,949	n. s.
	B ₁ *	0,089	0,051	

*Häufigkeiten nur von Allelen der Genotypen B₁B₁

GOT-B nur zwischen Bäumen der Herkunftsregion "Thüringer Wald" (Abb. 1). Aber der sich dabei abzeichnende Trend einer Dominanz des Allels 2 gegenüber dem Allel 1 hat sich in den anderen Regionen nicht bestätigt (s. Tab. 5).

Die Korrelation zwischen der Anzahl heterozygoter Loci und dem BHD auf Einzelbaubeine ergab mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = 0,08$ keinerlei Zusammenhang zwischen Heterozygotiegrad und Wüchsigkeit.

Diskussion

Die Wahrscheinlichkeit, einfache Zusammenhänge zwischen Isoenzym-Genloci und einem quantitativen Merkmal wie der Wuchsleistung zu finden, ist aufgrund der großen Anzahl von Genloci, die die Wüchsigkeit beeinflussen sehr gering. Erschwerend kommt hinzu, daß das Merkmal Stammdurchmesser nicht nur durch die potentielle Wuchsleistung eines Baumes beeinflußt wird, sondern auch durch andere Effekte wie z.B. die Konkurrenz. Für eine erste Untersuchung, wie hier wird der Stammdurchmesser als ausreichend genaues Merkmal für die Erfassung des Zuwachses angesehen.

Tabelle 3: Allelfrequenzen schwach- und gutwüchsiger Bäume von Herkünften der Region "Beskiden"

Genlocus	Allel	Relative Häufigkeiten		χ^2
		schwachwüchsig	gutwüchsig	
GDH-A	A ₁	0,991	0,974	n. s.
	A ₂	0,009	0,026	
GOT-B	B ₁	0,447	0,430	n. s.
	B ₂	0,544	0,553	
	B ₃	0,009	0,017	
IDH-A	A ₁	0,026	0,044	n. s.
	A ₂	0,965	0,939	
	A ₃	0,009	0,017	
IDH-B	B ₂	1,000	1,000	n. s.
LAP-A	A ₂ + A ₃ + A ₅	0,991	1,000	n. s.
	A ₁	0,000	0,000	
	A ₄	0,009	0,000	
LAP-B	B ₁	0,026	0,000	n. s.
	B ₂	0,044	0,026	
	B ₃	0,053	0,132	
	B ₄	0,876	0,834	
MDH-C	C ₂	0,009	0,009	n. s.
	C ₃	0,991	0,991	
6-PGDH-B	B ₁	0,666	0,517	5,35 (P<1%)
	B ₂	0,333	0,482	
PGI-B	B ₁ + B ₂	0,930	0,977	n. s.
	B ₁ *	0,070	0,123	

*Häufigkeiten nur von Allelen der Genotypen B₁B₁

Trotz der o.a. geringen Wahrscheinlichkeit, Zusammenhänge zwischen Isoenzym-Genloci und dem Dickenwachstum zu finden, konnten diese aufgezeigt werden. Sie ließen sich zwar nur für bestimmte Regionen nachweisen und müssten noch durch umfassendere Stichproben verifiziert werden. Sie zeigen aber doch, daß schon bei einzelnen Markergenen Zusammenhänge gefunden werden können. Bei Einbeziehung mehrerer Markergene könnten möglicherweise noch deutlichere Zusammenhänge zwischen Isoenzym-Genmarkern und Wuchsmerkmalen aufgedeckt werden. Dies soll in weiteren Untersuchungen erfolgen.

In diesem Zusammenhang ist es auch wichtig zu wissen, ob die untersuchten Isoenzym-Genloci untereinander gekoppelt sind oder frei rekombinieren. Eine dieser Untersuchungen vorangegangene Studie zeigt, daß sich alle der hier untersuchten Genloci frei rekombinieren (Geburek und von Wühlisch in Vorbereitung).

Ein Zusammenhang zwischen Heterozygotiegrad und dem Stammdurchmesser konnte nicht festgestellt werden. Dies mag damit zusammenhängen, daß die hier untersuchten Bäume unter Versuchsbedingungen herangewachsen sind, bei denen vor allem durch den weiten Pflanzverband von 2 x 2 m Konkurrenzeffekte später auftreten als unter natürlichen Bedingungen.

Tabelle 4: Allelfrequenzen schwach- und gutwüchsiger Bäume von Herkunft der Region "Alpen"

Genlocus	Allel	Relative Häufigkeiten		X ²
		schwachwüchsig	gutwüchsig	
GDH-A	A ₁	1,000	1,000	n. s.
GOT-B	B ₁	0,423	0,474	n. s.
	B ₂	0,552	0,513	
	B ₃	0,026	0,013	
IDH-A	A ₁	0,013	0,000	n. s.
	A ₄	0,987	1,000	
IDH-B	B ₂	1,000	1,000	n. s.
LAP-A	A ₂ +A ₃ +A ₅	1,000	1,000	n. s.
	A ₁	0,000	0,000	
	A ₄	0,000	0,000	
LAP-B	B ₁	0,064	0,039	n. s.
	B ₂	0,051	0,013	
	B ₃	0,141	0,205	
	B ₄	0,744	0,744	
MDH-C	C ₂	0,077	0,026	n. s.
	C ₃	0,923	0,962	
	C ₄	0,000	0,013	
6-PGDH-B	B ₁	0,692	0,692	n. s.
	B ₂	0,308	0,308	
PGI-B	B ₁ +B ₂	1,000	0,897	8,43 (P<0,5%)
	B ₁ *	0,000	0,103	

*Häufigkeiten nur von Allelen der Genotypen B₁B₁

Inwieweit die Isoenzymgenloci 6-PGDH-B und PGI-B einen direkten oder indirekten Einfluß auf die Wuchsleistung einer Fichte haben, ist nicht klärbar, da Grundlagenwissen sowohl über Ursachen unterschiedlicher Wachstumsraten bei Bäumen fehlen als auch wenig über den Einfluß der beiden Isoenzyme im Stoffwechsel bekannt ist. Zunächst bleibt auch die Frage offen, ob das gefundene Ergebnis nur für das untersuchte Material zutrifft, oder ob es sich verallgemeinern läßt.

Schlußbemerkung

Diese Untersuchungen werden durch die DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft), Bonn, gefördert. Anerkennend wird die technische Hilfe bei den Untersuchungen von Anke Schellhorn, Gabriele Thedens, Claudia Lüder und Susanne Pohl erwähnt. Dr. A. König stellte dankenswerterweise die Durchmesserdaten zur Verfügung

Tabelle 5: BHD-Mittel einzelner GOT-B-Genotypen von Bäumen verschiedener Herkunftsregionen

GOT-B-Genotyp	Anzahl Bäume pro Genotyp	BHD-Mittel cm	
"Thüringer Wald"			
B ₁ B ₃	5	9,0	14,41 (P<1%)
B ₁ B ₁	26	9,8	
B ₁ B ₂	80	9,8	
B ₂ B ₂	42	11,6	
B ₂ B ₃	5	12,2	
"Beskiden"			
B ₂ B ₃	1	9,0	n. s.
B ₁ B ₂	56	9,3	
B ₁ B ₁	21	10,3	
B ₂ B ₂	35	10,4	
B ₁ B ₃	2	12,5	
"Alpen"			
B ₁ B ₃	1	4,5	n. s.
B ₂ B ₂	21	8,0	
B ₁ B ₂	38	8,4	
B ₁ B ₁	13	9,1	
B ₂ B ₃	2	10,5	

Die Genotypen sind jeweils nach aufsteigendem BHD-Mittelwert sortiert. Unterschiede zwischen den Herkunftsregionen bei der Reihenfolge der nach dem BHD sortierten Genotypen werden deutlich.

Literatur

- BERGMANN F (1973): Genetische Untersuchungen bei *Picea abies* mit Hilfe der Isoenzym-Identifizierung. II. Geographische Variation an 2 Esterase- und Leucinaminopeptidase Loci in der schwedischen Fichtenpopulation. *Silvae Genetica* 22, 63-66
- BERGMANN F (1974): The genetics of some isozyme systems in spruce endosperm (*Picea abies* (L.) Karst.). *Genetika* 6, 353-360

- BERGMANN F (1987): The allelic distribution at an acid phosphatase locus in Norway spruce (*Picea abies*) along similar climatic gradients. *Theor. Appl. Genet.* 52, 57-64
- CHELIAK W M and J A PITEL (1984): Techniques for starch gel electrophoresis of enzymes from forest tree species. Petawawa National For. Institute, Can. For. Serv., Information Rep. PI-X-42
- CHELIAK W M, T SKROPPA, AND J A PITEL (1987): Genetics of the polycross. 1. Experimental results from Norway spruce. *Theor. Appl. Genet.* 73, 321-329
- CONKLE M T, P D HODGSKISS, L B NUNNALLY, S C HUNTER (1982): Starch gel electrophoresis of conifer seeds: a laboratory manual. US Department of Agriculture, General technical report PSW-64, 18 p.
- EL-KASSABY Y (1982): Association between allozyme genotypes and quantitative traits in Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). *Genetics* 101, 105-115
- GEBUREK Th, F SCHOLZ und F BERGMANN (1986): Variation in aluminum-sensitivity among (*Picea abies* (L.) Karst.) seedlings and genetic differences between their mother trees as studied by isozyme-gene-markers. *Angew. Botanik* 60, 451-460
- GEBUREK Th, F SCHOLZ, W KNABE und A VORNWEG (1987): Genetic studies by isozyme gene loci on tolerance and sensitivity in an air polluted *Pinus sylvestris* field trial. *Silvae Genetica* 36, 49-53
- GEBUREK Th und G von WÜHLISCH (in Vorbereitung): Segregation and linkage analysis of isozyme gene loci in *Picea abies* (L.) Karst.
- HOLZER K (1982): Entwicklung der forstlichen Saatgutgesetzgebung im Zusammenhang mit der Herkunftsfrage. S. 77-80. In: Bericht über die 2. Arbeitstagung des Forums Genetik-WaldForstwirtschaft. Institut für Forstgenetik, Universität Göttingen
- KÖNIG A (1981): Einige Ergebnisse aus dem IUFRO-Fichtenprovenienzversuch von 1964/68 in der Bundesrepublik Deutschland. *Allg. Forstztg.* 8, 300-303
- LEDIG F T, R P GURIES, and B A BONNEFELD (1983): The relation of growth to heterozygosity in pitch pine. *Evolution* 37, 1227-1238
- LERNER I M (1954): Genetic homeostasis. Oliver and Boyd, Edinburgh
- LUNDKVIST K (1979): Allozyme frequency distribution in four Swedish populations of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). 1. Estimations of genetic variation within and among populations, genetic linkage and a mating system parameter. *Hereditas* 90, 127-143
- MEJNARTOWICZ L E (1983): Changes in genetic structure of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) population affected by industrial emission of fluoride and sulfur dioxide. *Genetica Polonica* 24, 41-50
- MITTON J B and M C GRANT (1980): Observations on the ecology and evolution of quaking Aspen, *Populus tremuloides*, in the Colorado Front Range. *Am. J. Bot.* 67, 202-209
- MUONA O, R YAZDANI, G LUNDKVIST (1987): Analysis of linkage in *Picea abies*. *Hereditas* 106, 31-36
- MÜLLER-STARCK G (1985): Genetic differences between "tolerant" and "sensitive" beeches (*Fagus sylvatica* L.) in an environmentally stressed adult forest stand. *Silvae Genetica* 34, 241-247
- POULSEN H D, V SIMONSEN, H WELLENDORF (1983): The inheritance of six isozymes in Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) *Forest Tree Improvement* 16, 12-33
- SCHOLZ F, and F BERGMANN (1984): Selection pressure by air pollution as studied by isozyme-gene-systems in Norway spruce exposed to sulphur dioxide. *Silvae Genetica* 33 238-241

POPULATIONSGENETISCHE UNTERSUCHUNGEN AN KASTANIE (*Castanea sativa* Mill.).
ERGEBNISSE EINER NACHKOMMENSCHAFT UNTERSUCHUNG.

Silvia Fineschi, M. Emilia Malvolti. CNR Istituto per l'Agroselvicoltura
viale Marconi 2, I-05010 PORANO (Terni) Italien.

EINLEITUNG

Die Edelkastanie (*Castanea sativa* Mill.) ist die europäische Art der Gattung *Castanea*. Sie ist im ganzen mittelmeeischen Gebiet verbreitet und ist immer wegen der Qualität des Holzes und der Früchte gezüchtet worden. Die Züchtung dieser Laubbaumart wurde durch eine bessere Samenproduktion erzielt. Diese Tatsache verursachte die Entstehung von verschiedenen sogenannten "Varietäten", die durch Propfung vermehrt werden. Solche "Varietäten" werden immer noch nur durch ihre geographischen Namen identifiziert. Studien über die biometrischen Merkmale versuchten, die verschiedenen "Varietäten" voneinander zu unterscheiden. (Antonaroli et al. 1983, Antonaroli et al. 1984, Bassi und Marangoni 1984, Bassi und Sbaragli 1984, Borghetti et al. 1983, Borghetti et al. 1986).

Die ersten Vorversuche über den Isoenzym-Polymorphismus bei dieser Baumart (Sawano et al. 1984, Fineschi 1986, Fineschi 1987, Villani et al. 1986, Villani et al. in prep.) haben interessante Ergebnisse gegeben. Die erste Analyse an wild- und gepfropften Bäumen zeigte, daß eine gute Variabilität bei den wilden Bäumen besteht (Villani et al. 1986), wobei die gepfropften Bäume (sogenannte "Marroni") einheitlich in ihren Isoenzym-Phänotypen aussehen (Fineschi 1987). Die Vermehrung durch Propfung scheint also, die genetische Variabilität vermindert zu haben. Auf der Basis dieser phänotypischen Untersuchungen sind zwei verschiedene Methoden der genetischen Analyse durchgeführt worden, mit dem Ziel, genetische Merkmale zu identifizieren. Die erste Methode ist eine klassische Mendel'sche Spaltungsanalyse in Nachkommen von kontrollierten Kreuzungen (Villani et al. 1987 in Vorb.); die zweite Methode betrifft die Analyse von Nachkommen aus freien Abblüten. Ueber diese Analyse wird hier berichtet.

MATERIAL UND METHODE

Material. Eine isolierte Klon-Plantage in Grohnde (Niedersachsen) wurde untersucht. Die Plantage besteht aus mehr als 500 Individuen. Zunächst wurden Knospen von etwa 60 Bäumen gesammelt und durch Stärke-Gel-Elektrophoresis untersucht. Vier Enzym-Systeme sind betrachtet worden: IDH (Isocitrat Dehydrogenase E.C. 1.1.1.42), DIA (Diaphorase E.C. 1.6.4.3) AP (Leucine- und Alanine Aminopeptidase E.C. 3.4.11.1. und 3.4.11.12) und PGI (Phospho Glucoisomerase E.C. 5.3.1.9). Die Isoenzym-Muster zeigten sechs polymorphe Genloci: IDH-A, DIA-A, AP-A, AP-B, AP-C und PGI-B. Weitere labormethodische Hinweise wurden vorher beschrieben (Malvolti und Fineschi, 1987). Nach der Identifizierung der Mutterbaumphenotypen sind Nachkommen von freien Abblüten untersucht worden (50 bis 100 Samen für jede Familie). Die Nachkommen stammen aus 20 Mutterbäumen.

Methode. Die genetische Analyse wurde nach Gregorius (pers. comm.)

durchgeführt, auf der Basis von zwei Bedingungen für einen Kodominanten Vererbungsmodus. Die erste Bedingung lautet, daß alle Nachkommen eines homozygoten Mutterbaumes ($A_i A_i$) das einzige mütterliche Allel tragen müssen. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, muß man annehmen, daß die ein-Locus Hypothese für die genetische Kontrolle des untersuchten Enzym-Systems abzulehnen ist, oder, daß der Mutterbam Träger eines Null-Allels ist. Die zweite Bedingung betrifft die Nachkommen von heterozygoten Mutterbäumen ($A_i A_j$), wenn $i, j = 0$. Bei der Befruchtung hat den Pollentyp A_i (A_j) die gleiche Wahrscheinlichkeit (0.5), ein Gametentyp (A_i) oder den anderen (A_j) zu befruchten. Nach dieser Hypothese (wenn die Anwesenheit eines Null Allels in der Population auszuschließen ist), kann man annehmen, daß die heterozygoten Nachkommen $A_i A_j$, die das Allel i von dem Pollen bekommen, und die homozygote Nachkommen $A_i A_i$ gleich häufig sein soll. Dasselbe gilt für die heterozygoten Nachkommen $A_i A_j$ und die homozygoten $A_j A_j$. Das sind:

$$P(i^0 j^0) = P(i^0 i^0) \quad \text{und} \quad P(i^0 j^0) = P(j^0 j^0) \quad (1).$$

(P=Häufigkeit der in den Nachkommen beobachteten Genotypen).

LOCUS P G I - B Tab.1

tree	o gen.	o obs.	f 11	f 12	s 13	p 33	r i	n P11	g P13	P33	x ²
523	13	51	10		24	17	.20	.47	.33		.18 ns
004	13	50	14		24	12	.28	.48	.24		.08 ns
511	33	51			22	29		.43	.57		
093	33	49			18	31		.37	.63		
005	11	51	12		39		.23	.76			
084	33	50			05	45		.10	.90		
471	33	46			16	30		.35	.65		
255	13	50	09		27	14	.18	.54	.28		.32 ns
500	13	50	07		27	16	.14	.54	.32		.32 ns
095	33	49			11	38		.22	.78		
488	33	52			07	45		.13	.87		
022	13	53	03		24	26	.06	.45	.49		.23 ns
174	33	45			24	21		.53	.45		
245	33	49			20	29		.42	.58		
472	33	41			08	33		.20	.80		
100	11	52	11	02	39		.21	.75			
515	13	46	06		21	19	.13	.46	.41		.35 ns
320	33	47	04		27	16		.63	.37		
172	33	49			23	26		.47	.53		
450	11	44	13		31		.29	.70			

Die Individuen $A_i^o A_j^o$ sind aber von den $A_i^o A_j^o$ nicht unterscheidbar, wir können deswegen nur die homozygoten Nachkommen zählen und annehmen, daß:

$$P(A_i A_j) = P(A_i A_i) + P(A_j A_j) = 0.5 \quad (2).$$

Unter dieser Annahme, lautet die zweite Bedingung, daß beide mütterliche Allelen in den Nachkommen eines heterozygoten Mutterbaumes mit der gleichen Wahrscheinlichkeit mit den väterlichen Allelen verbunden werden müssen. Wenn ein drittes Allel A_k in der Population aktiv ist, können wir den Pollenbeitrag des Typs A_k zu der Samenproduktion eines heterozygoten Mutterbaumes $A_i A_j$ schätzen:

$$p_k^o = P(A_i A_k) + P(A_j A_k). \quad (3)$$

Die Schätzung des Pollenbeitrags der Allelen A_i , A_j fordert weitere Verarbeitung (Fineschi et al. in Vorb.).

LOCUS I D H -A

Tab.2

tree	gen.	obs.	11	12	22	P11	P12	P22	x^2
523	11	51	14	37		.27	.73		
004	11	50	22	28		.43	.56		
511	11	51	31	20		.61	.39		
093	12	49	09	22	18	.18	.45	.37	.51 ns
005	11	51	12	39		.24	.76		
084	11	50	30	20		.60	.40		
471	22	46		26	20		.56	.43	
255	12	50	05	22	23	.10	.44	.46	.72 ns
500	22	50		11	39		.22	.78	
095	22	49		22	27		.45	.55	
488	22	52		03	49		.06	.94	
022	22	53		18	35		.34	.66	
174	22	45		24	21		.53	.47	
245	22	49		14	35		.29	.71	
472	22	41		28	13		.68	.32	
100	22	52		11	41		.21	.79	
515	22	46		27	19		.59	.41	
320	22	47		25	22		.53	.47	
172	12	49	13	29	8	.27	.57	.16	.50 ns
450	22	44		15	29		.35	.63	

ERGEBNISSE

Die Daten von der 20 Familien weisen die Hypothese der genetischen Kontrolle, die von Fineschi et al. (in Vorb.) formuliert werden, nach. Die erste Bedingung für einen kodomonanten Vererbungsmodus ist bei allen Genloci außer AP-A erfüllt. Alle Nachkommen der an den betrachteten

Genlocus homozygoten Mutterbäumen tragen allerdings das einzige mütterliche Allel (Tab. 1,2,3,5,6). Für das Locus AP-A (Tab. 4) ist im Gegenteil zu bemerken, daß in einigen Familien (Bäume 523,511,093,005,084,172) der Mutterbaum und seine Nachkommen homozygot für verschiedene Allele sein sollten, was aber unmöglich ist. In diesen Fällen muß die Kodominanzhypothese für dieses Genlocus abgelehnt werden; man muß daher annehmen, daß ein sogenannte "Nullallel" (recessiv) anwesend ist. Mutterbäume 523,005,172, die das homozygote Phenotyp AP-A₂A₂ zeigen, sollen als heterozygot für ein Nullallel angenommen werden (Genotyp A₂^oA₀^o oder A₀^oA₂^o). Das Vorkommen von Phänotypen A₁A₁ und/oder A₃A₃ in der Nachkommenschaft dieser Mutterbäumen läßt sich nur erklären, wenn ein Nullallel da ist, d.h. ein Allel, das keine elektrophoretische Aktivität zeigt. Dieselbe Erklärung gilt auch für die Mutterbäumen 511,093,084, die das homozygote Phänotyp A₃A₃ zeigen, aber als heterozygot A₃^oA₀^o oder A₀^oA₃^o zu betrachten sind.

LOCUS D I A - A Tab. 3

tree	gen.	obs.	11	13	33	P11	P13	P33	x ²
523	33	51		09	42		.17	.82	
004	13	50	12	23	15	.24	.46	.30	.32 ns
511	33	51		11	40		.22	.78	
093	13	49	02	27	20	.04	.55	.41	.51 ns
005	13	51	09	25	17	.17	.49	.33	.02 ns
084	33	50		11	39		.22	.78	
471	11	46	11	35		.24	.76		
255	33	50		08	42		.16	.84	
500	13	50	10	22	18	.20	.44	.36	.72 ns
095	33	49		19	30		.39	.61	
488	33	52		10	42		.19	.81	
022	13	53	08	26	19	.15	.49	.36	.02 ns
174	13	45	08	25	12	.18	.55	.27	.55 ns
245	11	49	20	29		.41	.59		
472	33	41		06	35		.15	.85	
100	11	52	09	43		.17	.83		
515	13	46	01	26	19	.02	.57	.41	.78 ns
320	13	47	06	29	12	.13	.62	.26	2.57 ns
172	13	49	09	26	14	.18	.53	.29	.18 ns
450	11	44	09	35		.20	.80		

Um die zweite Bedingung zu überprüfen, wurde die Hypothese $P_{ij} = P_{ii} + P_{jj}$ mit den beobachteten Daten verglichen. Die Abweichungen von den erwarteten Werten wurden mit dem X^2 test überprüft. Auch die zweite Bedingung wurde für alle Loci außer AP-A bestätigt (Tab. 1,2,3,4,5,6). Für dieses Genlocus teilen wir die Ergebnisse in zwei Gruppen:

Ein anderes Beispiel ist die Familie von dem Baum 100 (Genotyp AP-A₁A₃ (Tab. 8). Die Nachkommen, bei denen das Allel A₂ mit Sicherheit als väterlicher Beitrag zu betrachten ist, sind gut miteinander vergleichbar: 13 Samen sind heterozygote A₁^oA₂^o und 12 sind A₃^oA₂^o. Bei den phänotypisch homozygoten Nachkommen (A₁A₁ und A₃A₃), muß man annehmen, wie vorher erklärt, daß ein Teil der Samen eigentlich heterozygot für ein Nullallel ist (A₁^oA₀^o und A₃^oA₀^o). Bei dieser Familie ist die Schätzung des Pollenbeitrags des drittes Allells A₂ möglich.

heterozygote Mutterbäume mit zwei aktiven Allelen und heterozygote Mutterbäume mit einem Nullallel. Ergebnisse dieser zweiten Gruppe sind in Detail in Tab. 7 abzulesen. Für die Mutterbäume 523,005,172 die heterozygot Nachkommen A₂^oA₃^o und A₀^oA₃^o (beide bekamen das Allel A₃ von dem Pollen) sind nach der gegebenen Hypothese verglichen worden. Derselbe Vergleich gilt auch für die heterozygot Nachkommen A₀^oA₂^o und A₃^oA₂^o der Mutterbäumen 511,093,084. Die Werte, die für die Nachkommen der Bäumen 523,084,172 beobachtet wurden, sind verschiedene von den erwarteten.

Die Nachkommen der Bäumen, die heterozygot für zwei aktive Allele (A₂A₃, Tab.4) sind, (004,488,022,472,515,320) zeigen entweder signifikante Abweichungen oder, daß die homozygoten Nachkommen (A₂A₂ und A₃A₃) häufiger als die heterozygoten (A₂A₃) sind. In diesem Fall muß man den Einfluß des Nullalleles auf die Pollenpopulation annehmen. Das bedeutet, daß ein Teil der phänotypisch homozygoten Nachkommen von einem heterozygoten Mutterbaum A₂A₃ heterozygot A₂^oA₀^o und A₃^oA₀^o sein kann.

LOCUS A P - B Tab.5

tree	gen.	obs	11	12	22	P11	P12	P22	x ²
523	12	99	36	47	16	.36	.47	.16	.25 ns
004	22	50		36	14		.72	.28	
511	12	51	10	30	11	.20	.59	.21	1.58 ns
093	11	99	69	30		.70	.30		
005	12	78	26	46	06	.33	.59	.07	2.51 ns
084	12	97	27	53	17	.28	.55	.17	0.93 ns
471	11	46	33	13		.65	.28		
255	11	50	41	09		.82	.18		
500	11	50	31	19		.62	.38		
095	12	49	21	25	03	.43	.51	.06	.02 ns
488	11	52	36	16		.69	.31		
022	11	53	44	09		.83	.17		
174	11	45	29	16		.64	.36		
245	11	49	32	17		.65	.35		
472	12	41	15	16	10	.37	.39	.24	1.98 ns
100	11	52	44	08		.85	.15		
515	12	46	12	26	08	.26	.57	.17	.78 ns
320	11	47	45	02		.96	.04		
172	11	73	47	26		.64	.36		
450	11	44	31	13		.70	.30		

DISKUSSION

Im Vergleich zu der klassischen Spaltungsanalyse nach Mendel, hat diese Methode der genetischen Analyse den Vorteil, daß eine größere Anzahl von Familien analysiert werden kann. Außerdem, ist die Ernte von Samen aus Einzelbäumen leichter durchzuführen als die kontrollierten Kreuzungen.

Die Anwesenheit von Null-Allelen wurde schon von Kim (1979, 1980) in seinem Studium an der Buche (*Fagus sylvatica* L.) bewiesen. Es ist wichtig zu betonen, daß nur durch die genetische Analyse die Null-Allelen identifizierbar sind. Nach den Daten dieser Nachkommenschaft Untersuchung, sind die Null-Allelen wahrscheinlich sehr häufig, denn viele Mutterbäume (6 von den 20 untersuchten) sind vielleicht heterozygot für ein Null-Allel (Bäume 523,511,093,005,084,172). Auch der Einfluß der Null-Allelen auf die Pollenpopulation scheint ziemlich stark zu sein,

LOCUS A P - C Tab. 6

tree	gen.	obs	11	12	22	P11	P12	P22	χ^2
523	12	99	48	42	09	.48	.42	.10	2.27ns
004	11	50	50			1.00			
511	11	51	40	11		.78	.22		
093	12	99	42	55	02	.42	.56	.02	1.22ns
005	11	78	72	06		.92	.08		
084	12	97	32	51	14	.33	.52	.15	.26ns
471	11	46	34	12		.74	.26		
255	11	50	43	07		.86	.14		
500	12	50	20	27	03	.40	.54	.06	.32ns
095	11	49	38	11		.77	.23		
488	11	52	49	03		.94	.06		
022	11	53	27	26		.51	.49		
174	11	45	40	05		.89	.11		
245	11	49	42	07		.86	.14		
472	12	41	09	24	08	.22	.59	.20	1.20ns
100	11	05	41	12		.77	.23		
515	11	46	37	09		.80	.20		
320	11	47	45	02		.96	.04		
172	11	73	64	09		.88	.12		
450	11	44	35	09		.80	.20		

obwohl es unmöglich ist, diesen Einfluß zu schätzen. Die Anwesenheit von Null-Allelen in der Pollenpopulation ist deutlich in den Daten der Mutterbäumen 004,488,022,472 (heterozygot mit zwei aktiven Allelen), wo die homozygoten Nachkommen (A_2A_2 und A_3A_3) häufiger als die heterozygoten (A_2A_3) sind.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, daß die Hypothese einer gleichen Befruchtungshäufigkeit ($P_{ij} = P_{ii} + P_{jj}$) gültig ist, wenn die Anwesenheit eines Null-Allels in der Population ausgeschlossen werden kann. In diesem Fall gilt $P_{ki} = P_{kj}$ in den Nachkommen eines heterozygoten Mutterbaumes, wenn $i, j, k = 0$.

trees: 523,005,172 phenotype 22 genotype 20/02 Tab.7

F ₁ phenotypes	11	12	22	13	23	33	
F ₁ genotypes	♀♂ 01	♀♂ 21	♀♂ 02 22 20		♀♂ 23	♀♂ 03	
obs. F ₁	521 (99)	1	2	60	12	24	4.57 *
	005 (101)	0	0	43	14	21	1.41ns
	172 (73)	0	0	56	13	4	4.76 *

trees: 511,093,084 phenotype 33 genotype 30/03

F ₁ phenotypes	11	12	22	13	23	33	
F ₁ genotypes	♀♂ 01		♀♂ 02	♀♂ 31	♀♂ 32	♀♂ 03 33 30	
obs. F ₁	511 (51)	0	11	0	7	33	0.96ns
	093 (99)	0	26	0	25	48	0.02ns
	084 (97)	0	37	0	2	58	31.41 *

tree 100 genotype 13 Tab.8

F ₁ phenotypes	11	12	22	13	23	33
F ₁ genotypes	♀♂ 10 11	♀♂ 12		♀♂ 13 31	♀♂ 32	♀♂ 30 33
obs. F ₁ (53)	7	13		6	12	14

Estimation of pollen contribution:

$$P_k^{\sigma} = P_{1k} + P_{jk}$$

$$P_2^{\sigma} = P_{12} + P_{23} = 0.43$$

DANKSAGUNG

Herrn Dr. J. Kleinschmit, Leiter der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt in Escherode, der die Ernte des Materials in Grohnde ermöglicht hat, möchten wir danken.

E. Gillet, H.H. Hattemer, F. Bergmann, G. Müller-Starck, K. Radler (Göttingen) möchten wir für die Hilfe bei der Arbeit und der Verarbeitung des Textes herzlich danken, sowie S. Krakuhn für die technische Hilfe im Labor.

LITERATUR

ANTONAROLI R, U BAGNARESI, D BASSI, 1983. Indagini preliminari sulla variazione di alcuni caratteri morfologici in popolazioni di castagno da frutto della provincia di Bologna. Monti e Boschi 34, 41-47.

ANTONAROLI R, U BAGNARESI, D BASSI, 1984. Indagini sulle variazioni di alcuni caratteri morfologici di castagno da frutto della Provincia di Bologna. Monti e Boschi 35, 47-50.

BASSI D, B MARANGONI, 1984. Contributo allo studio varietale del castagno da frutto (Castanea sativa Mill.): caratteri biometrici e analisi chimico-fisiche dei frutti. Riv. Frutt. 6, 43-46.

BASSI D, E SBARAGLI. 1984, Indagine pomologica su alcuni cloni di castagno da frutto (Castanea sativa Mill.). Riv. Frutt. 6-7, 47-55.

BORGHETTI M, R GIANNINI, C NOCENTINI, 1983. Indagini preliminari sulla variazione di alcuni caratteri del frutto in popolazioni di "marrone fiorentino". Monti e Boschi, 34, 49-55.

BORGHETTI M, P MENOZZI, GG VENDRAMIN, 1986. Morphological variation in Chestnut fruits in Tuscany (Italy). Silvae Genet., 35, 124-128.

FINESCHI S, 1986. Genetics of Chestnut I. Electrophoretic patterns of several isozyme systems. Proc. IUFRO Joint Meet. on Biochem. Gen. and Legislation of For. Repr. Mat. Großhansdorf, June 25-28, 1985, 1-10.

FINESCHI S, 1987. Genetics of Chestnut II. Uniformity of isozyme phenotypes in grafted tree orchard. Silvae Genetica 36, im Druck.

FINESCHI S, HH HATTEMER, E GILLET, ME MALVOLTI. Genetics of Chestnut (Castanea sativa Mill.) III. Genetic analysis of zymograms of single tree offspring from open-pollination. In prep.

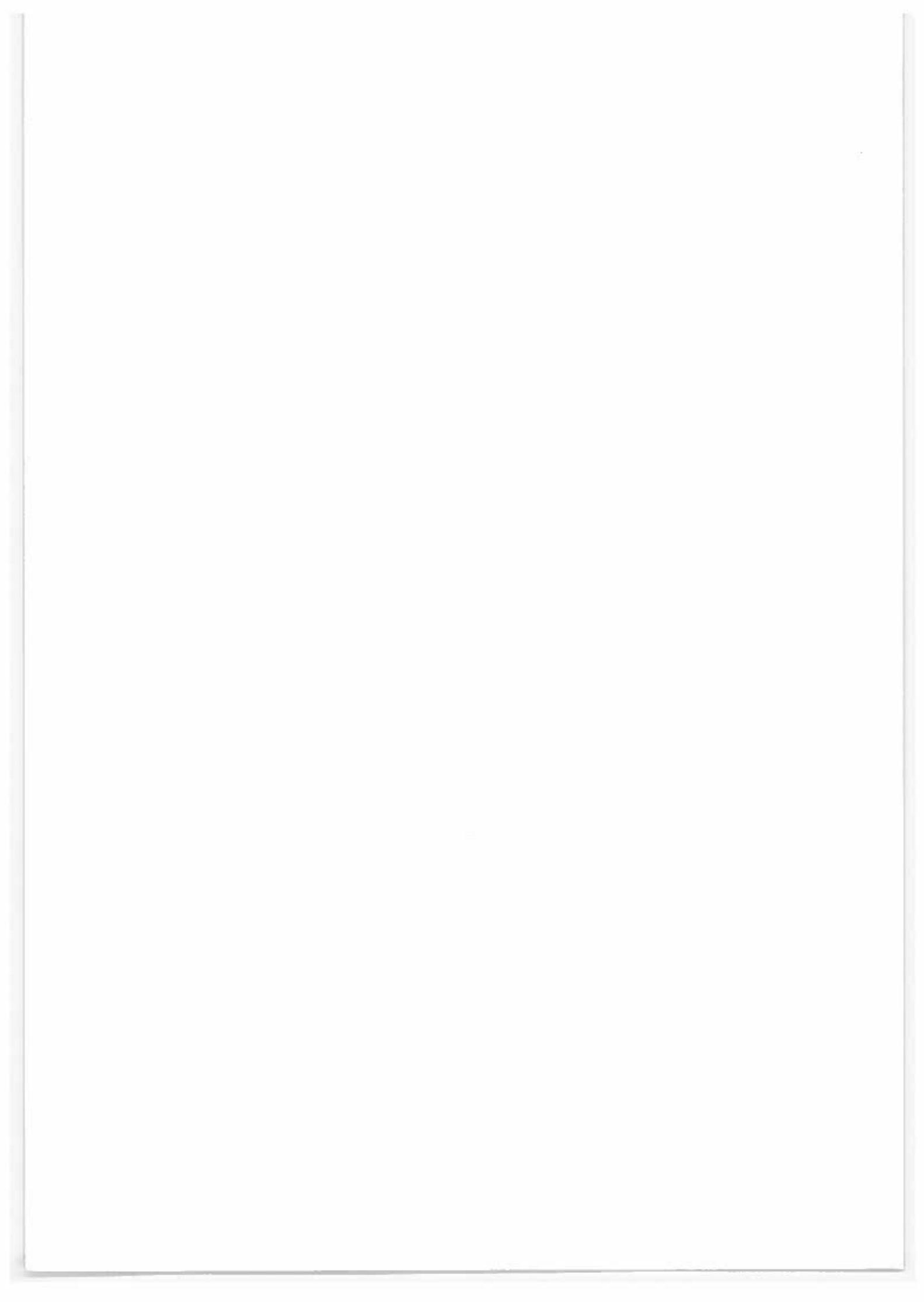
KIM ZS, 1979, Inheritance of leucine aminopeptidase and acid phosphatase isozymes in beech (Fagus sylvatica L.). Silvae Genetica 28, 68-71.

KIM ZS, 1980. Veränderung der genetischen Struktur von Buchenpopulationen durch Viabilitätsselektion im Keimlingsstadium, Göttingen Res. Notes in For. Genet. No. 3.

MALVOLTI ME, S FINESCHI 1987, Analysis of enzyme systems in Chestnut (Castanea sativa Mill.). Genetica Agraria, im Druck.

SAWANO M, T ICHII, T NAKANISHI, Z KOTERA, 1984. Studies on identification of chestnut species and varieties by isozymes analysis. Sci. Rep. Fac. Agr. Kobe Univ. 16, 67-71.

VILLANI F, ME MALVOLTI, R BIMBI, M PACIUCCI, 1986. Variabilità genetica in campioni italiani di Castanea sativa Mill. SIGA, Padova (Italy), Oct. 8-10.



Buchenpopulationen unter Umweltstreß: Eine Zwischenbilanz der genetischen Auswirkungen

G. Müller-Starck

Abteilung für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung
der Georg-August-Universität Göttingen

Zur Überprüfung genetischer Implikationen von Umweltstreß wurden experimentelle Untersuchungen in Altbeständen und Jungpopulationen der Buche (*Fagus sylvatica* L.) durchgeführt. In Altbestände können Effekte von Langzeitbelastungen nachgewiesen werden, wobei der Ausgangszustand nicht bekannt ist. In Jungpopulationen sind Stadienvergleiche möglich, jedoch gegenwärtig nur über vergleichsweise kurze Beobachtungszeiten.

(1) Untersuchungen in Altbeständen

Material und Methoden

In stark immissionsbelasteten Gebieten wurden insgesamt sechs Buchenbestände mit hohen Anteilen geschädigter Bäume ausgewählt (Region/Forstamt):

Elm/Schöningen, Harz/Riefensbeek, Frankenwald/Bad Steben, Fichtelgebirge/Weißenstadt, Nationalpark Bayerischer Wald, Schwarzwald/Staufen.

Für die Bestände liegen Daten über die Immissionsbelastung vor (Elm/Schöningen in Vorbereitung). Es ist davon auszugehen, daß die beobachteten Schäden primär eine Folge von Immissionswirkungen sind. Anhand der Morphologie der Verzweigung wurden paarweise benachbarte Bäume mit je einem gesund erscheinenden und einem schwer geschädigten Baum (Merkmale "tolerant" bzw. "sensitiv"; Schadstufen 0 bzw. 3 (2) nach ROLOFF) ausgewählt. Die Zahl der Paare pro Versuchsbestand variiert zwischen 43 und 53. Die Gesamtzahl der untersuchten Bäume beträgt 574.

Anhand von Knospenproben wurden die Genotypen aller Bäume an 17 Enzym-Genorten (in einem Bestand nur 14) identifiziert. Daraus entstanden 388 Häufigkeitsverteilungen (Allele bzw. Genotypen in toleranten und sensitiven Subpopulationen von 6 Beständen für jeweils 14-17 Genorte) aus denen die nachfolgend zusammengefaßten Ergebnisse gewonnen wurden (s. MÜLLER-STARCK 1985, 1987).

Genetischer Vergleich zwischen toleranten und sensitiven Buchen

In jedem Bestand gibt es statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Häufigkeiten der genetischen Typen (Allele, Genotypen) in der toleranten und der sensitiven Subpopulation. Ein Teil dieser Typen ist nur in jeweils einer der Subpopulationen vertreten: Im Mittel aller Bestände sind 10.5 % der insgesamt

vorhandenen Allele und 15.5 % der Genotypen nur unter den Toleranten und 5.1 bzw. 8.4 % nur unter den Sensitiven zu finden, wobei letztere unvermeidbar von Extinktion bedroht sind.

Bei Betrachtung des an jedem Genort gemessenen Anteils heterozygoter Individuen pro Subpopulation (Heterozygotiegrad) zeigt es sich, daß über alle Genorte hinweg die toleranten Subpopulationen stets höhere Werte haben als die sensitiven. Der Überschuß beträgt im Mittel aller sechs Bestände bei dem international gebräuchlichen Heterozygotiegrad 23.1 %, bei Berücksichtigung der zugrunde liegenden Allelehäufigkeiten noch 9.9 %. Der letztgenannte Wert ist zugleich ein Maßstab für die zu erwartenden Unterschiede zwischen der individuellen genetischen Vielfalt der tolerant und der sensitiv reagierenden Buchen.

Ein besonders wichtiger Parameter für die Beschreibung der Anpassungs- und damit der Überlebensfähigkeit von Populationen ist die Fähigkeit, genetisch verschiedenartige Gameten bilden zu können. Bezogen auf die untersuchten Genorte übersteigt die Anzahl der bildbaren Gameten (hypothetische gametische Multi-locus-Diversität) der toleranten Subpopulation immer diejenige der sensitiven: Im Mittel aller Bestände beträgt dieser Überschuß zugunsten der Toleranten 90 %.

Insgesamt wird offensichtlich, daß es unter den gegebenen Langzeit-Streßbelastungen nicht zu den aufgrund der klassischen Selektionstheorie zu erwartenden spezifischen sondern zu sehr komplexen Reaktionen mit besonderer Betonung der genetischen Diversität kommt.

(2) Untersuchungen an Saatgutstichproben und Jungpflanzen

Material und Methoden

An insgesamt acht immissionsbelasteten Versuchsorten wurden Bucheckern in mäuse- und vogelsicheren Versuchsanlagen an verlichteten Stellen in Buchenbeständen ausgebracht. Die beiden zuletzt genannten Bestände waren Gegenstand der unter Punkt 1 beschriebenen genetischen Untersuchungen:

1984: Wuppertal/Mettmann, Arnsberg/Obereimer, Bramwald.

1985: Wuppertal/Mettmann, Hochsauerland/Schmallenberg, Solling/Neuhaus, Göttingen, Harz/Riefensbeek, Fichtelgebirge/Weißenstadt.

Die in Keimung befindlichen Bucheckern wurden nach der Schneeschmelze in den Mineralboden gedrückt und mit der letztjährigen Laubstreu bedeckt. Jeder Versuchsort hat zwei 6x6 m große Anlagen mit jeweils zwei zufallsmäßig angeordneten Aussaatflächen pro Herkunft. In die 1984'er Anlagen wurden Bucheckern der Herkünfte Wesel, Nidda und St. Märgen (Schwarzwald) mit jeweils 4 x 375 = 1500 Bucheckern pro Versuchsort eingebracht. Bei den 1985'er Versuchen waren es die Herkünfte Solling, Schlüchtern, Pfalzgrafeweiler (Schwarzwald) und Freyung (Bayerischer Wald) mit jeweils 4 x 600 = 2400 Bucheckern pro Versuchsort. Für alle

Versuchsstandorte liegen Informationen vor, die zumindest eine vergleichende Einschätzung der Immissionsbelastung ermöglichen.

Die genetische Inventur (MÜLLER-STARCK unveröff.) umfasste die unter Punkt 1 angegebenen Enzym-Genorte und betraf die folgenden Stadien: Viable Bucheckern (vor der Ausbringung zufallsmäßig gezogene Stichproben von etwa 200 Bucheckern pro Herkunft) sowie in den Versuchsanlagen überlebende Jungpflanzen nach zweijähriger Beobachtungszeit. Zur Unterscheidung von selektiven Effekten bis zum Keimlingsstadium und der unter Immissionseinwirkung stattfindenden Viabilitätsselektion wurden Stichproben unter optimalen Umweltbedingungen (Gewächshaus/ Einheitserde) ausgebracht. Die Inventur dieses Materials ist noch nicht abgeschlossen.

Genetische Unterschiede zwischen Ausgangs- und Restpopulationen

Wegen der erheblichen Ausfälle vorwiegend im ersten Jahr der Beobachtung verblieb nur ein Teil der Herkünfte und der Versuchsorte im Programm. So war nur noch die Herkunft St.Märgen auf den drei Standorten vertreten, während die Herkünfte Wesel und Nidda in Wuppertal und im Bramwald fast vollständig ausfielen. Bei den 1985'er Anlagen verblieben nur noch die Herkünfte Solling und Pfalzgrafenweiler an den Versuchsorten Wuppertal und Weißenstadt. Die Ausfälle dürften primär eine Folge der starken Versauerung im Oberboden sein (ausbleibende oder stark eingeschränkte Verzweigung der Wurzeln bei den abgestorbenen Jungpflanzen).

Die Zahl der noch vital erscheinenden Überlebenden im Alter 2 beträgt im Mittel der neun Restpopulationen (fünf Herkünfte an je ein bis drei Versuchsorten) 105 Individuen und variiert zwischen 28 und 229. Es bestehen deutliche Unterschiede zwischen den Überlebensraten der einzelnen Herkünfte. So zeigt z.B. die Herkunft St. Märgen auffallend weniger Ausfälle als die beiden Vergleichsherkünfte. Eine Beurteilung der Ursachen für die differenzierte Reaktion einzelner Herkünfte ist noch nicht möglich.

Aus dem genetischen Vergleich zwischen den Häufigkeitsverteilungen der Allele bzw. der Genotypen in den Ausgangspopulationen (Saatgutstichproben der Herkünfte) und den neun Restpopulationen können folgende Schlüsse gezogen werden:

Es gibt für jede Herkunft statistisch signifikante Unterschiede zwischen Ausgangspopulation und jeder der an maximal drei Versuchsorten vorhandenen Restpopulation. Es bestehen auch Unterschiede zwischen den Restpopulationen gleicher Herkunft. Analog zu den Altbeständen gibt es hier einen vergleichbar großen Teil der genetischen Vielfalt, der nur in den ausscheidenden Subpopulationen repräsentiert ist.

Beim Vergleich der Heterozygotiegrade im Ausgangsmaterial und in den jeweiligen Restpopulationen zeigt sich ein Anstieg der Werte: Unter Berücksichtigung der zugrunde liegenden Allelhäufigkeiten beträgt der Überschuss zugunsten der zum Inventurzeitpunkt überlebenden Individuen durchschnittlich 7.6 %.

Im Falle der gametischen Multilocus-Diversitäten (s. Punkt 1) liegen die Werte der Restpopulation in unterschiedlichem Ausmaß unter denen der Ausgangspopulation. Dies ist zum Teil eine Folge der geringer gewordenen Stichprobenumfänge. Gemessen an den in Altbeständen nachgewiesenen Unterschieden zwischen den toleranten und den sensitiven Subpopulationen sind die hier vorgefundenen Differenzen gering.

Die auffälligsten Effekte werden durch genetische Selektion hervorgerufen. Ein Vergleich der Allelhäufigkeiten in Ausgangs- und Restpopulationen erbringt drastische Veränderungen zwischen beiden Stadien: Besonders an drei Genorten gibt es Allele, deren Häufigkeit unter Umweltstreß stark abnimmt, während bestimmte andere entsprechend zunehmen. Die ermittelten Differenzen sind statistisch hochsignifikant. Somit gibt es Genotypen (besonders die homozygoten Träger dieser Allele), die unter Umweltstreß eindeutig benachteiligt bzw. begünstigt werden.

(3) Abschließende Wertung

Die Ergebnisse beider Untersuchungen zeigen, daß Umweltstreß den Verlust genetischer Vielfalt bewirkt und daß die Heterozygotiegrade in den Restpopulationen (in den Altbeständen die toleranten Bäume) ansteigen. Die genetische Diversität erweist sich nur unter den gegebenen Langzeit-Streßbelastungen als wichtige Determinante der Anpassungsfähigkeit von Populationen.

Die größten Unterschiede betreffen die Nachweisbarkeit genetischer Selektion: Diese ist in eindeutiger Form nur unter den Jungpflanzen beobachtbar. Die Annahme scheint berechtigt, daß mit zunehmender Dauer der Einwirkung von heterogenen Freiland-Streßbedingungen die Vielfältigkeit der selektiven Wirkungen steigt und die für kurze Beobachtungsintervalle maßgeblichen Effekte nicht mehr repräsentativ für den Endzustand sind.

Insgesamt ruft die Komplexität der Langzeit-Streßbelastung (Altbestände) eine vielfältige Reaktion auf genetischer Ebene hervor, wobei der Bewahrung hoher genetischer Diversität in der oben definierten Form eine Schlüsselfunktion für die Erhaltung der Überlebensfähigkeit zukommt.

Die Ergebnisse legen die Schlußfolgerung nahe, hohe genetische Diversität nicht getrennt von den Produktionspopulationen zu konservieren, sondern sie auch in diese zu integrieren.

Literatur

- MÜLLER-STARCK, G.: Genetic differences between "tolerant" and "sensitive" beeches (*Fagus sylvatica* L.) in an environmentally stressed adult forest stand. *Silv.Gen.* 34, 241-247 (1985)
- MÜLLER-STARCK, G.: Genetic implications of environmental stress in adult forest stands of *Fagus sylvatica* L. In: SCHOLZ et al. (eds.). Genetic effects of air pollutants in forest tree populations. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg. (1987, im Druck)

EIN EINWINTERUNGSVERSUCH MIT FICHTE

Peter Krutzsch

Forstliche Genbank

Schwedisches Reichsforstaufsichtsamt

Der Arbeitsplan der forstlichen Genbank Schwedens zielt für die Fichte unter anderem auf die langfristige Erhaltung von ca 30 wohlverteilten Populationen. Wohlverteilt sollte sich auf die genetische Variation beziehen - da wir diese aber nicht kennen, sind wir gezwungen uns mit den bekannten Teilen phänotypischer Variation zu begnügen.

Für eine repräsentative Auswahl dieser Erhaltungs—populationen sollten so viele genökologische Verteilungsmuster wie möglich herangezogen werden. Ein bisher fast nur in Klimakammern untersuchtes genökologisches Merkmal ist der Zeitpunkt des Wachstumsabschlusses. Dieser wird weitgehend durch die Länge der Nacht (Dormling et al 1968, Dormling 1973,1977) oder die Länge des Tages (Holzer 1975, 1978, Holzer und Müller 1985) bestimmt und es ist eindeutig, dass die nördliche Breite des Herkunftsortes eine massgebliche Rolle spielt.

Das überaus reiche Zapfenvorkommen im Herbst 1983 gab Anlass zur Beerntung präsumtiver Erhaltungsbestände der Fichte in Schweden. In 73 Beständen in systematischer geographischer Verteilung über ganz Schweden wurden von je 120-150 Bäumen gleiche Zapfenzahlen gewonnen. Für die Untersuchung dieser Sammlung wurden aus bestandsweisen kommerziellen Beerntungen des gleichen Jahres weitere 208 Proben hinzugezogen. Schliesslich wurden auch ausländische Proben: Estland 2, Lettland 2, Weissrussland 26, CSSR 3, Rumänien 3 und Österreich 6 in den Versuch aufgenommen, der somit insgesamt 323 Herkünfte umfasste.

Der Versuchsplan:

Versuchsort: Trekanten (Kalmar) 56.7⁰ n.Br

4 Wiederholungen, je Wiederholung 32 Pflanzen

Saat: Einzelkornweise in Containern (Blockplant)

Anzucht: 7 Wochen Plast-gewächshaus - dann Freiland ab 11. Mai 1986.

Im Freilandsversuch wurde artifizielle Beleuchtung (ca 300-500 Lux) am Abend und am Morgen (nach und vor Sonnenuntergang-aufgang) zur Steuerung der Tag-Nachtlänge verabreicht. Von anfänglich 1 Stunde wurde die Länge der Nacht um täglich 5 Minuten bis auf 12 Stunden am Tag der Herbst-tag-und-nachtgleiche verlängert. Beobachtungen: Nach einer Vollaufnahme aller Blöcke in der ersten Versuchswoche wurde im wöchentlichen Turnus je eine Wiederholung des Versuches untersucht. Alle Pflänzchen mit Wipfelknospe wurden mit wochenweise verschiedenfarbigen Bambus-stäbchen markiert. Der Versuch lief 21 Wochen, in der Woche 23 wurden die verschiedenfarbigen Stäbchen, sowie unmarkierte (ohne Wipfelknospe) Pflänzchen ausgezählt.

Anschrift: Skogastyrelsen, S 55183 Jönköping, Schweden

Tabelle 1. Daten zum Einwinterungsversuch mit Fichte
(Regionale Mittelwerte)

RG	NAME	#	LAT	ALT	NALh	D75
1	Austria	6	47.09	1066	8.14	145
2	Romania	3	46.90	986	8.17	151
3	CSSR	3	49.02	705	7.85	147
4	White Russia	26	54.35	200	6.85	139
6	Rezekne	2	56.50	200	6.33	137
7	Estonia	2	58.07	65	5.88	125
8	Lönsboda	8	56.39	123	6.36	137
10	Älmeboda	40	56.58	150	6.31	135
11	Emmaboda	10	56.60	134	6.30	134
12	Hyltebruk	8	56.98	160	6.20	135
13	Ramkvilla	17	57.30	239	6.11	135
14	Kindaholm	15	57.25	155	6.12	136
15	Gislaved	19	57.31	194	6.11	134
16	Bollebygd	19	57.73	150	5.99	134
17	56 ⁰ - 57 ⁰	4	56.49	132	6.33	132
18	57 ⁰ - 58 ⁰	9	57.55	191	6.04	132
19	58 ⁰ - 59 ⁰	6	58.62	101	5.71	134
20	59 ⁰ - 60 ⁰	22	59.63	137	5.37	128
21	60 ⁰ - 61 ⁰	15	60.53	234	5.03	123
22	61 ⁰ - 62 ⁰	15	61.51	339	4.61	108
23	62 ⁰ - 63 ⁰	22	62.55	297	4.09	95
24	63 ⁰ - 64 ⁰	32	63.46	236	3.54	83
25	64 ⁰ - 65 ⁰	4	64.45	321	2.79	72
26	65 ⁰ - 66 ⁰	7	65.45	357	1.47	62
27	66 ⁰ - 67 ⁰	6	66.51	218	.00	60
28	67 ⁰ - 68 ⁰	3	67.45	271	.00	58

RG = Region

= Anzahl Herkünfte

NALh = Nachtlänge (Stunden) ohne Dämmerung zur Sonnenwende.

D75 = Versuchstag an dem 75 % der Pflanzen Wipfelknospen zeigten.

Die Regionen 0-16 sind südschwedische Erntegebiete für autochthone Fichte, diese sind in den Figuren durch einen gemeinsamen Mittelwert dargestellt.

(# = 136; LAT = 57.02; ALT = 163; NAL = 6.19; D75 = 135)

Bei der statistischen Bearbeitung der Daten ergab sich, dass innerhalb der einzelnen Herkünfte nur selten Normalverteilung der Observationen vorlag. Die Bearbeitung musste daher höchst einfach durch die Bildung von Summenkurven über Wiederholungen und durch Zusammenfassung von Herkünften in Regionen erfolgen. Als Regionen wurden innerhalb Schwedens Breitengradsintervalle ausgeschieden - für das übrige Material wurden die Herkünfte länderspezifisch zusammengefasst.

In Figur 1 finden wir diese regionalen Summenkurven über der Zeitachse des Versuches aufgetragen. Die nördlichste Gruppe (Intervall 67° - 68°) hat den frühesten Einwinterungstermin, bereits bei der ersten Revision zeigten ca 75 % der Pflänzchen (mit 3-4 cm Länge) Wipfelknospen. Die späteste Gruppe bilden die rumänischen Herkünfte - bei Abschluss des Versuches waren hier immer noch ca 5 % der Pflänzchen (mit Längen von 20-25 cm) im Zuwachs. Bei dieser Darstellung ist zu beachten, dass eine Summierung sämtlicher Höhenlagen innerhalb der Regionen dargestellt wird, wodurch sich die Streuung erheblich vergrößert.

Als grobe Schätzrahmen dieser Streuung können wir annehmen:

- Totale Streuung "Fichte": von ca 40 bis ca 160 Tage
(eine Extrapolation der Figur 1)
- Zwischen Pflanzen in Herkünften : bis zu 60-80 Tage
- Zwischen Herkünften in Regionen : bis zu 10-15 Tage
(Schätzwert in südschwedischen Erntegebieten,
8 Gebiete in ähnlicher Höhenlage, 136 Bestände)

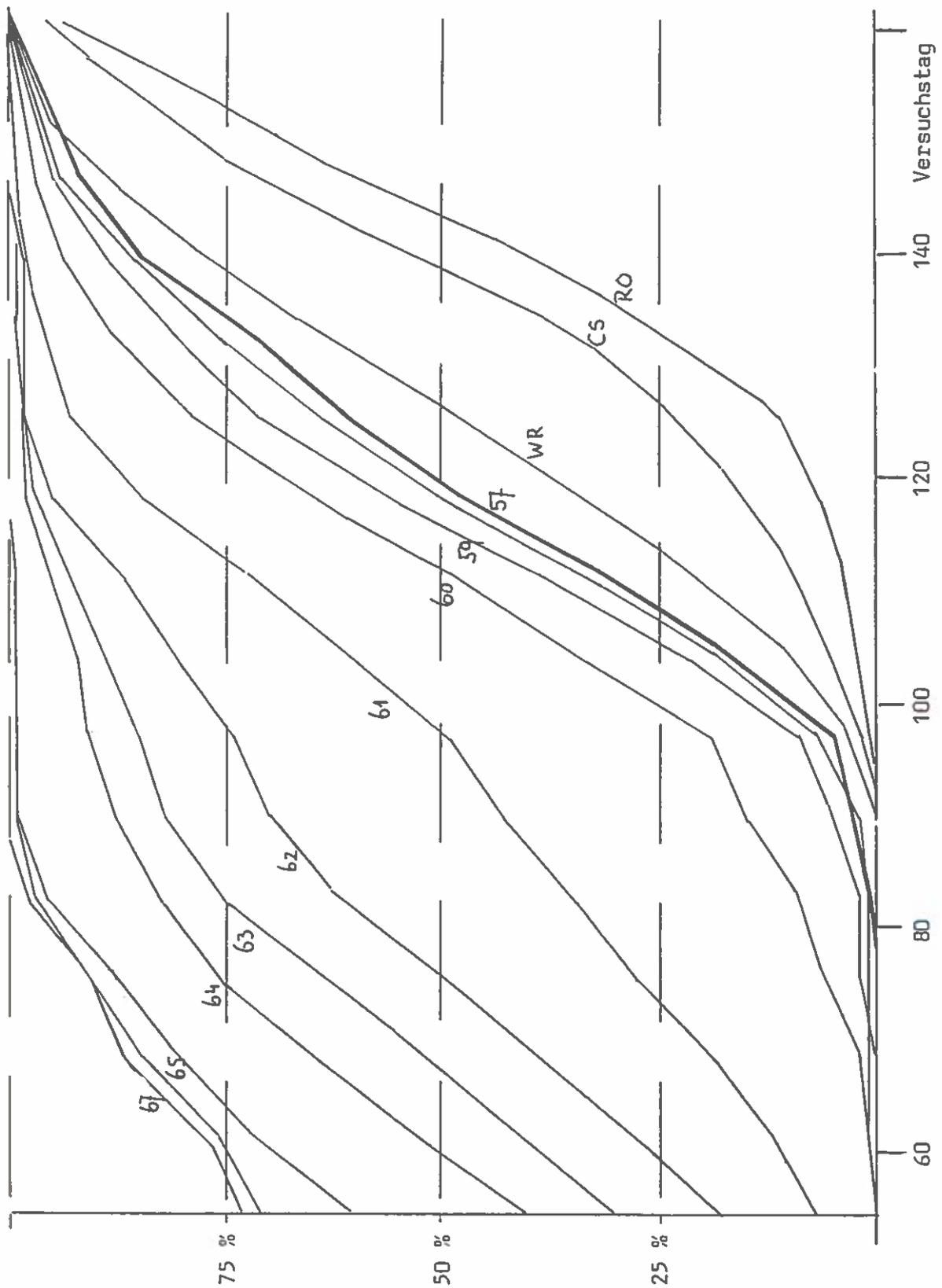
Wie üblich finden wir einen überwiegenden Teil der totalen Variation innerhalb von Populationen - hier wohlgermerkt innerhalb der Nachkommen von Populationen.

Regressionsanalytische Untersuchungen der Daten um Zusammenhänge von Einwinterungstermin und Herkunftsort zu untersuchen wurden zunächst für die Nachtlänge des Herkunftsortes durchgeführt, da ja bisherige Untersuchungen eine deutliche Lichtabhängigkeit dieses Merkmales gezeigt haben. Als einheitliches Mass bietet sich in diesem Falle nur die jeweils kürzeste Nacht des Herkunftsortes an, wobei es keineswegs sicher ist, dass gerade diese kürzeste Nacht den für die Einwinterung signifikanten Wert darstellt. Die kritische Nachtlänge könnte sehr wohl länger - oder auch kürzer sein, falls nämlich verschiedene Herkünfte auf verschiedene Lichtintensität geeicht sind.

Die Tageslänge kann durch eine Näherungsformel berechnet werden, die Nachtlänge ergibt sich nach Subtraktion:

$$\cos h = - \tan \text{LAT} * \tan d + \sec \text{LAT} * \sec d * \cos z$$

- h = der Stundenwinkel des halben Tages ($15^{\circ} = 1 \text{ Stunde}$)
- LAT = nördliche Breite des Herkunftsortes
- d = Deklination der Erdachse am jeweiligen Tage des Jahres - zur Sonnenwende = 23.45°
- z = der Zenitwinkel der Sonne (90.6° für Sonnenuntergang und 96° für Dämmerung)
- $\sec = 1/\cos$



Figur 1. Kumulatives Erscheinen von Wipfelknospen in Gruppen von Herkunftsn.
In der Kurve 57 die südschwedischen Herkunftsn (# = 149)

Die in Tabelle 1 angegebenen Werte für Nachtlänge sind für den Zenitwinkel 90.6° berechnet, für den Zeitpunkt also zu dem wir die Sonne unter den Horizont tauchen sehen.

In Figur 2 sind die Werte der Tabelle 1 graphisch dargestellt. Trotz einer für das gesamte Material sehr guten Korrelation erscheint die Beschreibung des Verhaltens nordschwedischer Proben durch diese kürzeste Nachtlänge nicht zufriedenstellend. Die offenbar systematischen Abweichungen lassen auf andere Zusammenhänge schließen.

Für Regressionen mit nördlicher Breite (LAT) sowie Seehöhe (ALT) der Herkünfte als unabhängige Variablen - ergeben sich die insgesamt besten Korrelationen in der Form:

$$D75 = a + b \cdot LAT + c \cdot ALT \cdot ALT$$

Gleichzeitig ergibt sich, dass offenbar zwei verschiedene Funktionen das ökologische Variationsmuster des Merkmales am besten beschreiben:

Die eine Funktion

$$D75 = 726,5 - 9,96 \text{ LAT} - 0,079 \text{ ALT} \cdot \text{ALT} / 1000$$

(mit $R^2 = 0,907$)

beschreibt das Verhalten nördlicher Fichte oberhalb des 60:ten Breitengrades.

Unterhalb des 60:ten Breitengrades scheint eine andere Funktion

$$D75 = 272,0 - 2,40 \text{ LAT} - 0,0117 \text{ ALT} \cdot \text{ALT} / 1000$$

(mit $R^2 = 0,732$)

südliche Fichte zu umfassen.

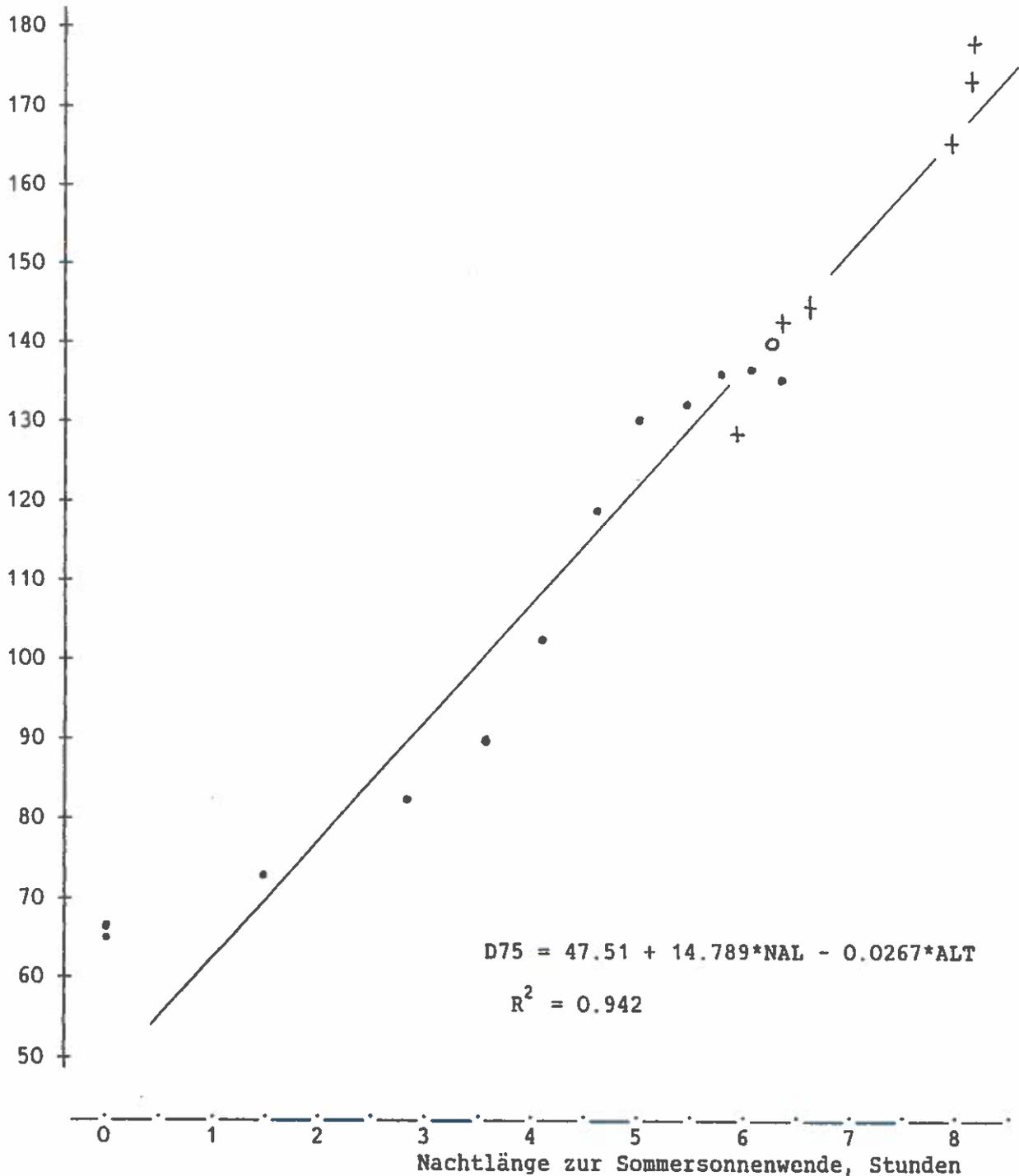
In Figur 3 werden die beiden Regressionsfunktionen dargestellt. Die regionalen Mittelwerte der Herkünfte sind auch hier entsprechend der jeweiligen Funktion auf Meereshöhe umgerechnet. Ziemlich deutlich zeichnet sich die Überschneidung eines nördlichen und eines südlichen Klines bei etwa 59° - 60° nördlicher Breite ab.

Die nördlichste Region mit dem auf Meereshöhe umgerechneten D75-wert von 62 - mit Herkünften nördlich des Polarkreises bestätigen wohl die Untersuchungen des stockholmer Phytotron (Dormling 1979 und pers. com) : Hier gibt nicht nur die Nachtlänge sondern ebenso die Lichtintensität Signal für den Wachstabschluss: Sicherlich wurde die bescheidene Zusatzbeleuchtung von den nördlichsten Herkünften wenigstens teilweise nicht voll "anerkannt".

Im südlichen Material zeichnen sich vor allem zwei estnische Herkünfte (Räppinä) durch "zu frühe" Einwinterung aus. Es ist in diesem Zusammenhang bedauerlich, dass keine finnischen Herkünfte geprüft werden konnten.

Fig 2: Einwinterungstermin (Anzahl Tage nach Versuchsbeginn) für Gruppen von Herkünften über der kürzesten Nacht am Herkunftsort.

D 75, reduziert auf NN.



- schwedische Proben
- 8 südschwedische Erntegebiete
- + ausländische Proben

Der Einfluss der Seehöhe der Herkünfte nimmt mit zunehmender Höhe zu. Die entsprechenden Koeffizienten der beiden Funktionen sind jedoch sehr verschieden: Im Norden 0.079, im Süden 0.0117. In Anbetracht der unterschiedlichen Baumgrenzen: Im Norden, bei 62° auf ca 800 m, in den Alpen auf etwa 2000 m, ist jedoch der Unterschied "frühere Einwinterung" in Hochlagen etwa gleichgross:

Im Norden $0.079 \cdot 800 \cdot 800 / 1000 = 50$ Tage
In den Alpen $0.0117 \cdot 2000 \cdot 2000 / 1000 = 47$ Tage

Da die Tag-Nachtlänge nur von der nördlichen Breite, nicht aber durch die Meereshöhe bestimmt wird, liegt der Schlusssatz: Grössere Ansprüche auf Lichtqualität für Hochlagenherkünfte auf der Hand.

Erstaunlich ist das Auftreten von zwei verschiedenen Klinen. Die zwei südlichsten Regionen Schwedens sowie die 8 Erntegebiete mit zusammen 148 geprüften Herkünften weichen deutlich durch - "mitteleuropäische" - Einwinterung vom nördlichen Material ab und passen besser in den Klin südlicher Proben.

Der allgemein anerkannten Einwanderungstheorie zufolge ist die Fichte ein Spätkömmling im Norden - und sie soll ausschliesslich von Norden her über Finnland und Haparanda nach Südschweden vorgedrungen sein. Sie sollte damit natürlich auch südlich des 60:ten Breitengrades ihre nördliche Einwinterung beibehalten haben.

Als Erklärung für das mitteleuropäische Verhalten der südschwedischen Herkünfte bieten sich vorläufig nur Hypothesen an:

Eine separate und sehr frühzeitige Einwanderung der Fichte nach Südschweden, die während der postglacialen Wäremperiode durch vordringende Laubhölzer zum Stehen kam. (cit. G.Siren) Diese vermutlich nur wenigen südlichen Pioniere könnten sich mit der vom Norden kommenden Haupteinwanderung vermischt haben und dabei ihren südlichen Character mitgebracht haben.

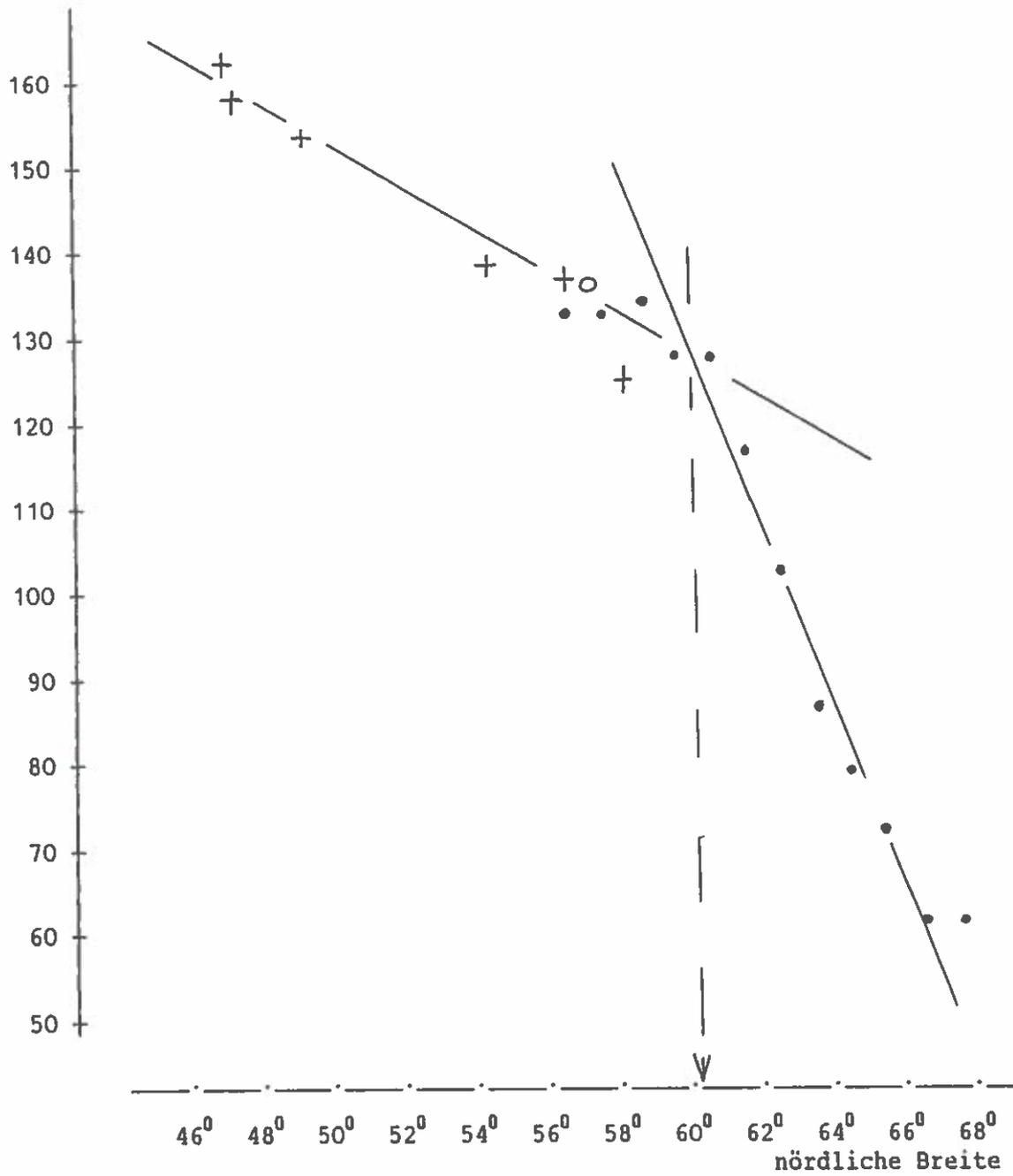
Gut 130 Jahre reichlichen Importes mitteleuropäischer Fichte nach vor allem Südschweden zeigt sich jetzt durch das Auftreten von Hybriden in den nun geerneteten Nachkommen von eigentlich nördlichen Eltern.

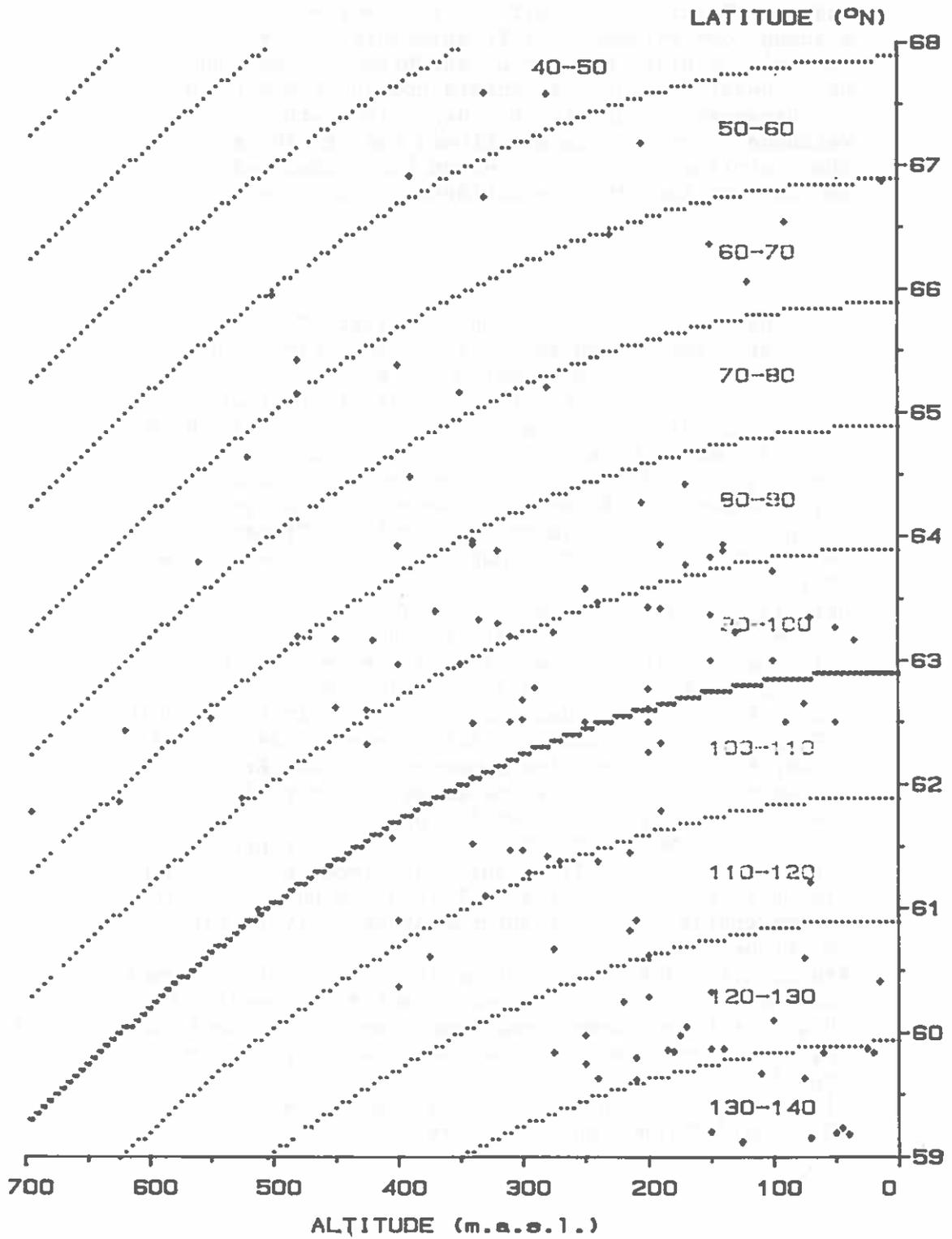
Schliesslich muss auch die Möglichkeit von Pollenflug über die Ostsee (von Polen, Litauen, Lettland) in Betracht gezogen werden. Innerhalb Südschwedens zeichnet sich ein Trend zu etwas späterer Einwinterung östlicher küstennaher Herkünfte ab.

Die Ergebnisse dieser Einwinterungsuntersuchung sind im Hinblick auf die Zielsetzung sehr aufschlussreich. Für Nordschweden ergibt sich an Hand der straffen klinalen Variation mit Meereshöhe und nördlicher Breite (c.f. Dormling 1979) eine gute Unterlage für die Auswahl repräsentativer Erhaltungspopulationen im bereits sichergestellten Material. Südschweden zeichnet sich dagegen eher durch das Fehlen eines Variationsmusters aus. Die nur geringen Unterschiede für das Merkmal Einwinterungstermin könnten im Grunde in einer einzigen Erhaltungspopulation erfasst werden.

Fig 3: Einwinterungstermin (Anzahl Tage nach Versuchsbeginn)
für Gruppen von Herkünften über Herkunftsort.

D 75, reduziert auf NN.





Figur 4. Der durchschnittliche Einwinterungstermin der nordschwedischen Herkünfte. (Versuchstag)

$$D 75 = 726.5 - 9.96 \text{ LAT} - 0.079 \text{ ALT} \cdot \text{ALT} / 1000$$

Danksagung: Mein besonderer Dank gilt Frau fil lic Ingegerd Dormling und Herrn Dr Kurt Holzer für Rat bei der Planung, dem Personal der Pflanzschule in Trekanten für vorzügliche Hilfe bei der Durchführung und Messung sowie Herrn Bengt Persson, Garpenberg und unseren Referendaren für Programmierungshilfe bei der Datenbearbeitung des Versuches. Herrn Dr Lars Kullberg vom stockholmer Observatorium schliesslich einen herzlichen und sehr verspäteten Dank für die Erklärung solarer Geheimnisse.

Literatur:

- Dormling, I., Gustafsson, A. and Wettstein D. von 1968: The experimental control of the life cycle in *Picea abies* (L.) Karst. - *Silvae Genetica* 17, pp. 44-64.
- Dormling, I. 1973: Photoperiodic control of growth and growth-cessation in Norway spruce seedlings. IUFRO WP 2.01.4 Symp on Dormancy in Trees, Kornik, 1973, 16 pp.
- Dormling, I. 1977: Critical night length for bud set in *Picea abies* (L.) Karst.: Influence of light intensity and temperature. - *Experimental Genecology*, Stockholm 1977. Royal Coll. of Forestry, Dep. of Forest Genetics, Res Notes vol 27, pp. 18-25.
- Dormling, I. 1979: Influence of light intensity and temperature on photoperiodic response of Norway spruce provenances. IUFRO Norway spruce meeting, S 2.03.11 - S 2.02.11, Bucharest, 1979, pp. 398-408.
- Holzer, K. 1975: Zur Identifizierung von Fichtenherkünften (*Picea abies* (L.) Karst.): *Silva Genetica* 24, pp 169-175
- Holzer, K. 1978: Die Kulturkammertestung zur Erkennung des Erbwertes der Fichte (*Picea abies* (L.) Karst): *Centralbl.f.d.g.Forstwesen* 95, pp 30-51.
- Holzer, K und Müller, F. 1985: Gefahren der Einengung der genetischen Variabilität durch die (moderne) Forstgartentechnik: *FORUM Genetik-Wald-Forstwirtschaft* 1985. Inst Forstgenetik u Forstpflanzenzüchtung, Universität Göttingen, pp 57-66.
- Krutzsch, P. 1986: An Investigation on Bud Set in Norway Spruce.- In: *Provenances and Forest Tree Breeding for High Latitudes* (Kempe Symposium, Umeå 1986). Swed. Univ. Agr. Sciences, Dep. For. Gen and Plant Phys. Report 6, pp 21-31.
- Sirén, G. 1953: Granen.- In "Våra Träd", Svenska Skogsvårdsföreningen 1953, p 74..

Genressourcen und Genkonservierung

HANS H. HATTEMER

Abteilung Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung
Georg-August-Universität, D-3400 Göttingen.

EINLEITUNG

Seit wenigen Jahren ist in der forstlichen Fachpresse zu lesen, die forstlichen Genressourcen seien in Gefahr. Genetischer Ressourcenschutz tut also not, das Genpotential muß erhalten, und einer Verminderung der genetischen Mannigfaltigkeit entgegen gewirkt werden. Bei der Saatgutversorgung und der Züchtung sei eine breite genetische Basis erforderlich, und man solle sich davor hüten, eine Verengung des Genspektrums herbeizuzüchten. In letzterem Zusammenhang wurde schließlich auch ein "Risiko" als stetig abnehmende Funktion einer Größe "Variabilität" dargestellt – was immer diese Funktion bedeuten möge.

Diese meisten dieser Formeln beziehen ihre neue Aktualität vom Waldsterben. Man beginnt zu fürchten, daß mit dem Verlust größerer Populationsteile oder gar ganzer Populationen auch einmalige genetische Information unwiederbringlich verloren gehen könnte. Die ersten Anstöße hierzu sind freilich älter.

Im Jahre 1965 beschäftigte sich die damalige Sektion 22 der IUFRO auf einer Tagung in Zagreb mit der Generhaltung (Beiträge mehrerer Autoren erschienen in der Zeitschrift *Šumarski list* 1966), und zwei Jahre später trat in Rom das FAO Panel of Experts on Forest Gene Resources zu seiner ersten Sitzung zusammen; dieses Gremium ist neuerdings mit einer Studie zur Situation einiger bedrohter Baumarten hervorgetreten (ANONYMUS 1986). Verluste an genetischer Information sind in den Baumfloren der niederen Breiten keineswegs mehr am dringendsten zu befürchten.

Im Jahre 1984 faßte unter dem Eindruck der gerade erstmals experimentell untersuchten genetischen Folgeerscheinungen des Waldsterbens die in Göttingen versammelte Arbeitsgemeinschaft für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung im deutschen Sprachraum die Resolution "*Forstliches Erbgut in Gefahr*" (ANONYMUS 1984), deren Titel man einem von MARCET verfaßten gleichnamigen Flugblatt entlieh, und deren Wortlaut man allen verantwortlichen Stellen übermittelte sowie in mehreren Sprachen in der Fachpresse veröffentlichte (ANONYMUS 1984, 1985).

In Deutschland folgte ein Jahr später eine Entschliebung des Bundesrates zur Erhaltung der genetischen Vielfalt der Waldbaumarten (ANONYMUS 1985). So begrüßenswert und verheißungsvoll der Titel dieses Dokuments auch klang – es vermengte diese wichtige Angelegenheit mit Themen wie dem Sortenschutz oder der Gewinnung von Ausgewähltem und Geprüftem Vermehrungsgut, während es die Hauptanliegen der von der Arbeitsgemeinschaft verfaßten Resolution mit Stillschweigen übergang. Dadurch bedeutete es in der Sache einen Rückschritt; auch setzte sich diese Initiative in der zweiten Kammer unseres Parlaments dem Verdacht aus, eines Konzepts zu entbehren.

Nachfolgend wird der Versuch unternommen, bestimmte Begriffe zu klären und aus einer Aufstellung von Zielsetzungen eine Konzeption abzuleiten. Nach einer kurzen Behandlung einiger Verfahren, ihrer Wirkung und Wirksamkeit, ist schließlich auf notwendige Konsequenzen hinsichtlich der Forschung, aber auch hinsichtlich unserer Gesetzgebung aufmerksam zu machen.

BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

Unter einer Genressource verstehen wir dasjenige biologische Material, das entweder eine bestimmte genetische Information oder doch mehrere bzw. besonders viele Varianten solcher Information trägt. Oft ist diese Information der Messung nicht zugänglich; ist aber die Trägerschaft solcher Information nicht genau bekannt, so muß sie doch begründet zu erwarten sein.

Sodann ist Genkonservierung die auf die Erhaltung von Genressourcen gerichtete Tätigkeit. Im Sinne einer Genkonservierung hat die Erhaltung bestimmten biologischen Materials allerdings nur dann einen Sinn, wenn es zuvor aufgrund der oben genannten Kriterien eindeutig als eine Genressource deklariert werden konnte. Andernfalls stellt die Erhaltung biologischen Materials reinen Objektschutz dar.

Diese Deklaration eines Materials als Genressource stellt also das grundlegende rationale Element der Genkonservierung dar. Sie erlaubt, die teilweise sehr aufwendigen Maßnahmen zur Erhaltung auf die zweckdienlichen Objekte zu konzentrieren.

ZIELE

1. Bewahrung des Potentials für die erwünschte Ausprägung bestimmter Merkmale

Hier wird in ganz eindeutiger Weise die Nützlichkeit zum Motiv erhoben: es geht um die Konservierung von Ausgangsmaterial für die Züchtung sowie solchen Materials, welches bereits das Ergebnis von züchterischer Arbeit darstellt.

Bei Verfolgung dieses Ziels darf man freilich nicht vergessen, daß der den Genressourcen beigemessene Wert sich nach derzeitigen Bedarfen und Interessen richtet, daß die wirtschaftliche Bewertung von Genressourcen marktabhängig ist, und daß der wirtschaftliche Wert solcher Genressourcen sich in der Ausprägung phänotypischer Merkmale manifestiert. Auf die Ausprägung dieser Merkmale wirkt sich die derzeitige Umwelt in zweierlei Weise aus:

- a) Das Waldsterben, welches Anlaß zur Besinnung auf die Notwendigkeit der Genkonservierung gab, geht auf eine komplexe Umweltänderung zurück. Eine auf Dauer veränderte Umwelt bedeutet aber auch auf Dauer veränderte phänotypische Merkmalsausprägung hinsichtlich Viabilität, Wachstum und Regenerationsneigung. Man weiß daher nie so genau, ob man mit der Bewahrung des Potentials schon die wesentliche Voraussetzung dafür geschaffen hat, die gewünschte Ausprägung in der Zukunft auch tatsächlich wieder zu erzeugen.
- b) Die derzeit zu beobachtende rapide Umweltänderung führt zu Änderungen der genetischen Struktur. Wird die Population von Bäumen dabei stark reduziert, führt die Umweltänderung zum Verlust einzelner Gene. Es ist daher fraglich, ob das gesamte Potential so lückenlos erhalten werden kann, daß die mit der Verfolgung dieses Ziels verbundene Erwartung begründet ist.

2. Erhaltung von Populationen, Rassen und Arten in ihrer Anpassungsfähigkeit

Unter dieser Anpassungsfähigkeit ist nicht nur das Vermögen der Population zu verstehen, auch unter veränderten Umweltbedingungen zu überleben und zu reproduzieren. Diese Anpassungsfähigkeit gilt vielmehr auch im Hinblick auf den forstlichen Ertrag, welcher das Überleben der Population voraussetzt; auch Wirtschaftsbestände müssen über ein gewisses Maß von Anpassungsfähigkeit verfügen, wenn sich dort Ertrag bilden soll. Eine hohe Verletzlichkeit der Wirtschaftsbestände ließe die vom Forstmann bewirtschafteten Ökosysteme von geringer Stabilität erscheinen.

3. Bewahrung unerkannter Variation

Die Verfolgung dieses Ziels besitzt im Verhältnis zu den beiden vorigen zweifellos größere Komplexität. Es geht um die Erhaltung von so viel Variation wie irgend möglich, auch wenn man zunächst weder den wirtschaftlichen Nutzen dieser Variation (Ziel 1) noch deren Bedeutung für die Anpassungsfähigkeit (Ziel 2) in Erfahrung bringen konnte. Da wirtschaftliche Zielsetzungen hier völlig offen sind, offenbart sich ein nicht unerheblicher Unterschied vor allem zu dem erstgenannten der drei Ziele.

VERFAHREN

Notwendiger Bestandteil von Verfahren zur Genkonservierung ist die Erhaltung der Ressource in einem regenerationsfähigen Zustand und die Zuordnung zu einer der drei Zielsetzungen. Wir unterscheiden zwei Klassen von Verfahren, je nachdem, ob genetische Strukturänderungen in der Ressource in Kauf genommen werden oder nicht.

1. Statische Verfahren

Diese Verfahren zielen auf die unveränderte Erhaltung der genetischen Strukturen der Genressource ab; diese Zwecksetzung ist etwa bei den folgenden Einzelmaßnahmen gegeben:

- a) Samen. Diese Zustandsform höherer Pflanzen ist raumsparend, pflegeleicht und besonders regenerationsfähig. Bereitet die Aufbewahrung über mehrere Jahre hinweg bei Baumarten wie Buche, Eiche und Tanne auch Schwierigkeiten, so liegen doch bei anderen Baumarten, wie vielen Koniferen, positive Erfahrung mit jahrzehntelanger Aufbewahrung vor. Die dabei beobachteten Änderungen des Chromosomenapparats verdienen allerdings das Interesse des Genetikers.

Je vollständiger sich das Keimprozent erhält, desto weniger Raum besteht für selektive Veränderungen, und desto statischer wird die Ressource aufbewahrt. Samen sind andererseits das Ergebnis sexueller Reproduktion; daher liegt in Samen nie eine Kopie der genotypischen Struktur der Vorgeneration vor. Bei der Gewinnung dieser Samen wird es weiterhin darauf ankommen, welche Bäume im einzelnen beerntet

werden und mit welchen Mengenanteilen das von ihnen geerntete Saatgut der Ressource einverleibt wird.

- b) *Pfropflinge* und neuerdings *Stecklinge* erlauben die Kopierung einzelner Genotypen. Die Aufbewahrung von Pfropf- oder Steckreisern erfolgt im allgemeinen nur kurzfristig, danach erfolgt unmittelbar die Pfropfung bzw. Bewurzelung. Dadurch steigt der Aufwand, während die Regenerationsfähigkeit praktisch nicht leidet, sofern nur günstige Umweltbedingungen hergestellt werden. Namentlich bei der Stecklingsvermehrung hat sich jedoch gezeigt, daß die Regeneration in Abhängigkeit vom Alter der Ausgangsindividuen zunehmend mehr Schwierigkeiten bereitet und daß die durch genetische Variation der Bewurzelungsfähigkeit eintretende Viabilitätsauslese diesem Verfahren einen gewissen dynamischen Charakter verleiht.

Einen ebensolchen Charakter besitzen auch die drei folgenden Verfahren c) bis e), unter gewissen Umständen auch f).

- c) *Organkultur* wurde in den beiden abgelaufenen Jahrzehnten zur Erleichterung der vegetativen Vermehrung *in vitro* einer Reihe von Baumarten herangezogen. In dem Maße allerdings, in welchem die Regeneration nicht jedes Genotyps gelingt, erfolgt ebenso wie bei dem Verfahren der herkömmlichen Vegetativvermehrung Viabilitätsauslese, und zwar unter Anpassung an die Umwelt *in vitro*. Nach übereinstimmenden Erfahrungen mit der Kultivierung und Regeneration von Gewebe ist die Wechselwirkung zwischen Genotyp und der Umwelt *in vitro* insofern besonders stark ausgeprägt, als einzelne Genotypen bezüglich Temperatur, Licht und Beschaffenheit des Mediums offenbar sehr spezielle Rezepturen verlangen.
- d) Die *Aufbewahrung von DNS* wird wohl noch lange Gegenstand von Spekulationen sein. Es ist jedenfalls nicht abzusehen, wann solche DNS vieler Populationsmitglieder über längere Zeit aufbewahrt und in intakten Pflanzen exprimiert werden kann.
- e) Die *extranukleare Information*, welche bei Pflanzen außer in den Mitochondrien auch in Plastiden zu suchen ist, hat sich bei Kulturpflanzen in mindestens einem geschichtlich belegten Falle als entscheidend für die Überlebensfähigkeit von Ressourcen erwiesen (ANONYMUS 1981, *loc. cit.* p. 612ff.). Bisher kann solche plasmatypische Information nur zusammen mit der im Kern enthaltenen genotypischen konserviert werden. Eine Nutzung dieses Potentials ist allenfalls in der Zukunft durch Fusion plasmatypischer Zellen und deren Aufzucht zu ganzen Pflanzen denkbar. Andererseits ist das Verfahren der Samenernte für die Erhaltung von Variation in diesem Teil der genetischen Information insofern ausschlaggebend, als die extranukleare Information nur der Sameneltern im Saatgut wiederzufinden ist.
- f) *Pollen* enthält Genome in Einzelzellen. Über die Aufbewahrung des Pollens zumindest von Windbestäubern liegen lange positive Erfahrungen vor; sie mangeln dagegen so gut wie vollständig bei zoophilen Baumarten. Die Regeneration kann aus aufbewahrten Pollenvorstufen *in vitro* geschehen und wird dann mit einem dynamischen Element ausgestattet. Erfolgt die Regeneration auf dem Wege der Befruchtung, setzt sie allerdings das Vorhandensein befruchtungsfähiger Eizellen in viablen Sameneltern voraus. Pollen läßt sich nach Untersuchung seiner genetischen Struktur gezielt zur Bestäubung einer anderen Ressource verwenden, um die genetische Variation in deren Nachkommenschaft zu erhöhen. Dieses Verfahren ist wegen

der Schwierigkeit der Gewinnung größerer Pollenmengen vorerst auf Baumarten wie Kiefer beschränkt und wird für insektenbestäubte Bäume wohl nie eine Rolle spielen.

2. Dynamische Verfahren

Diese Verfahren setzen evolutionäre Prozesse nicht außer Kraft, sondern lassen Änderungen der genetischen Strukturen einschließlich des Verlustes an genetischer Variation zu. Bei starkem gerichteten Selektionsdruck der Umwelt trifft dieser Verlust an genetischer Variation zwar zunächst die genetische Belastung, d. h. diejenige genetische Information, die unter den derzeitigen Bedingungen die Fitness der Ressource und damit die der daraus hervorgehenden Populationen vermindert. Im Sinne der Erhaltung genetischer Variation wäre eine Verringerung der genetischen Belastung aber nachteilig, und sie wäre von einer Beeinträchtigung der Anpassungsfähigkeit der Population an unterschiedlich gerichtete Umweltänderungen begleitet.

Von einer Dynamik genetischer Strukturen läßt sich wohl am ehesten bei der natürlichen Verjüngung sprechen. Durch den Verzicht auf Saat oder Pflanzung ist jedoch nicht notwendigerweise schon die Erhaltung einer Ressource gewährleistet; hierzu bedarf es mehr, und zwar der Erhaltung des adaptiven Potentials, das während des Verjüngungsvorgangs gewissen Gefährdungen (etwa einer starken Verringerung der effektiven Populationsgröße) ausgesetzt ist.

Bei Naturverjüngung paßt sich die Population gemäß den Bedingungen ihres genetischen Systems in allen Stadien des Reproduktionsprozesses an die aktuelle Umwelt an. Aus diesem Grunde muß zwischen der Verjüngung *in situ* und *ex situ* unterschieden werden; eine Population wird *in situ* dann verjüngt, wenn ihr derzeitiger Habitat mit ihrem Ursprungsort zusammenfällt. Im übrigen stellt Naturverjüngung ein Verfahren der Erhaltung *ex situ* dar, bei welchem ein in Richtung und Intensität veränderter Anpassungsprozeß in Gang gesetzt wird.

Bei näherer Betrachtung aller Stadien des Reproduktionsprozesses wird klar, daß eine Ressource durch Pflanzung nicht in engerem Sinne dynamisch erhalten werden kann. Alle Stadien bis zur Pflanzung laufen hier unter anthropogen mehr oder weniger stark veränderten Bedingungen ab; die Anpassung kann daher auch erst ab dem Zeitpunkt der Pflanzung – und zwar bei stark verringertem Anpassungspotential – an den derzeitigen Standort erfolgen.

Einen Sonderfall dieses Verfahrens stellt die Evakuierung dar, welche somit eine nur geringe genetische Dynamik aufweisen kann, welche andererseits als Weg zur physischen Rettung vor einer zu starken, weil mit dem Risiko des totalen Verlustes verbundenen, Dynamik beschränkt wird.

Während der natürlichen Verjüngung erhalten die inhärenten Mechanismen zum Schutz genetischer Polymorphismen ihre Wirksamkeit. Als Beispiel sei nur der Genfluß in Form von Polleneinflug aus anders zusammengesetzten Populationen genannt, welchem in der Natur große Bedeutung zukommt.

Es ist wiederholt der Vorschlag gemacht worden, solche Teile des heute bestehenden Waldes, welche als Genressource deklariert worden sind, zum Zwecke der Genkonservierung als Erhaltungsbestände auszusondern, d. h. ihnen ausschließlich oder vorrangig

die Funktion der Generhaltung zuzuweisen. Die Notwendigkeit dieses Schrittes wird sich aber auch an der Beantwortung der Frage messen lassen, inwieweit die wirtschaftliche Nutzung von Wäldern deren Tauglichkeit zur Genkonservierung ausschließt. In dem Maße, in welchem besondere Arten der Bewirtschaftung weder starke Genverluste noch die Anpassung an sehr untypische Bedingungen erwarten lassen, sollten auch natürlich verjüngte Wirtschaftswälder für die Genkonservierung in Betracht gezogen werden. Die Dynamik der genetischen Strukturen wird im wesentlichen durch die natürlichen und anthropogenen Umwelteinflüsse bewirkt. Sofern letzteren im Einzelfall eine genetische Relevanz abgesprochen werden kann, dürfen natürliche und Wirtschaftswälder hinsichtlich ihrer Eignung zur Genkonservierung als äquivalent angesehen werden.

Bei der Wahl des Standorts werden Kriterien wie hohe Umweltheterogenität, die Erwartung einer geringen Mortalität oder die Erwartung einer hohen Fertilität mit Vorteil Berücksichtigung finden. Die Heterogenität der Umwelt läßt sich durch die Wahl der Bestandesform vergrößern; leider lehrt die Erfahrung, daß ein stark aufgelockertes Kronendach die Disposition eines Bestands für Waldschäden erhöht.

KONSEQUENZEN

Nach Darstellung der Ziele und Verfahren etwas auf die oben als zentral bezeichnete Frage der Deklaration einzugehen, verbietet die gebotene Kürze; ohnehin besteht dieses Referat nur in einer Kurzfassung der von GLOCK *et al.* (1988) verfaßten allgemeinen Grundsätze, in welchen die Deklaration ausführlicher behandelt wird. Es sollen daher unmittelbar erste Konsequenzen für die dringend erforderliche Forschung, das spätere praktische Vorgehen, sowie die Gesetzgebung gezogen werden.

1. Forschungsbedarfe

Aus der in der Einleitung erwähnten Resolution des Jahres 1984 läßt sich eine Reihe von Forschungsgegenständen ableiten, deren Notwendigkeit sich ganz offensichtlich aus den für Maßnahmen der Genkonservierung bereits getätigten Aufwendungen ergibt.

- a) Die einer jeden Deklaration vorausgehende Messung genetischer Variation erfordert weitere großmaßstabliche Arbeiten zur *Identifikation von Genloci*, welche sich in diesem speziellen Zusammenhang als Marker verwenden lassen. Es bedarf wohl keiner langen Überlegung, daß diese Marker biochemischer Art sein müssen. Bei Koniferen wird hierfür seit 1971 ein Verfahren benutzt, welches sich der Segregation von Isoenzym-Phänotypen bedient. Bei den zu den Angiospermen gehörigen Waldbäumen – und diese stellen den Großteil unserer Baumarten überhaupt – gibt es bis heute keine Alternative zu der seit nunmehr 120 Jahren üblichen MENDEL'schen Kreuzungsanalyse. Es bestehen allerdings äußerst erfolgversprechende Ansätze zur Vereinfachung der klassischen Analysenmethoden, welche derzeit mit Nachdruck verfolgt werden.

Im Anschluß an die Arbeiten zur Identifikation müssen Entscheidungen darüber herbeigeführt werden, welche *populationsgenetischen Parameter* die an Markergenen beobachtete Variation im Hinblick auf die Zielsetzungen und Methoden der Genkonservierung am besten zum Ausdruck bringen.

- b) Nach der Erarbeitung dieses Instrumentariums geht es an die eigentliche *Inventur*, bei welcher die in Populationen von Waldbäumen vorliegende genetische Variation nun tatsächlich erfaßt und kartiert wird. Bei dieser Inventur wird sich herausstellen, ob die derzeit zu beobachtende Konzentration des Interesses der Forstleute auf zugelassenes Ausgangsmaterial in Form von Beständen und Samenplantagen berechtigt ist.
- c) Wie schon bei der Verwendung von Samen zur Erhaltung von Genressourcen zum Ausdruck gebracht, gibt das bei der Entstehung dieser Samen realisierte System der Reproduktion die Art und Weise vor, wie *Saatgut geerntet und in Genbanken eingebracht* werden soll. Dies gilt umsomehr für dynamische Verfahren, bei welchen das Reproduktionssystem möglicherweise stark anthropogen beeinflusst ist. In diesen Zusammenhang gehören Fragen der folgenden Art:
- ▷ Massive Beerntung einiger weniger oder repräsentative Beerntung vieler Bäume eines Bestandes?
 - ▷ Beerntung weniger großer oder vieler kleiner Bestände?
 - ▷ Bemessung von Abständen zwischen Beständen je nach der Beurteilung, welche die Pollenkontamination in diesem Zusammenhang erfährt.
 - ▷ Untersuchung der genetischen Eigenschaften der bis heute üblichen Verfahren der Naturverjüngung.
- d) Zu einigen Verfahren der *Aufbewahrung* liegen Erfahrungen über einen längeren Zeitraum vor, über andere dagegen garnicht. Vor allen Dingen bestehen Probleme bei der Aufbewahrung besonders kurzlebiger Samen. Probleme bestehen ferner bei der *Regeneration* besonders der *in vitro* aufbewahrten Ressourcen.
- e) Die wichtigste Aufgabe der Forschung ist allerdings darin zu erblicken, das Augenmerk der Öffentlichkeit immer wieder auf die Zielsetzung all dieser Maßnahmen zu lenken. Forschungsergebnisse werden zur Besinnung auf die Erhaltung von Gen-Ressourcen und die damit betriebene Gen-Konservierung beitragen.

2. Vorgehen

Stehen auch grundlegende biologische Erkenntnisse noch aus, so ist der Schutz genetischer Ressourcen nichtsdestoweniger *unmittelbar* notwendig. Da die abzusehende Dauer der derzeitigen Umweltschäden die Höchstdauer der Aufbewahrung mancher Ressourcen ohnehin überschreiten dürfte, wird von Zeit zu Zeit deren Ersatz erforderlich. Bei dieser Gelegenheit sollte der Zusammenstellung neuer Ressourcen dann aber der jeweils neueste Stand der Erkenntnisse zugrunde gelegt werden.

Angeichts der häufig noch unterschiedlichen Zielsetzung zwischen der Züchtung von Waldbäumen und der Versorgung des Waldbesitzes mit Saatgut einerseits und den Belangen der Genkonservierung andererseits wird man der *organisatorischen Trennung* dieser beiden Tätigkeiten den Vorzug vor der Vereinigung in den nämlichen Institutionen geben müssen.

3. Gesetzgebung

Da das Erfordernis der Genkonservierung schon vor dem Eintritt des Waldsterbens bekannt war, die Entstehung bzw. Novellierung gesetzlicher Vorschriften aber einen sehr langwierigen Prozeß darstellt, sind Konsequenzen für die Gesetzgebung schon heute aufzuzeigen. Die gültigen Rechtsvorschriften für den Verkehr mit forstlichem Saat- und Pflanzgut gehen in der Bundesrepublik Deutschland als einem Mitgliedsland der Europäischen Gemeinschaft auf deren Richtlinien zurück. Bei der Formulierung des Textes der Richtlinie 66/404 stand indessen das aus dem Jahre 1957 stammende Gesetz über forstliches Saat- und Pflanzgut Pate; im Fall der Richtlinie 75/445 war es eine Vereinbarung über Mindestanforderungen für Nachkommenschaftsprüfungen des amerikanischen Southern Forest Tree Improvement Committee aus dem Jahre 1960, deren Prinzipien 1969 von der Arbeitsgruppe für Quantitative Genetik der damaligen Sektion 22 der IUFRO übernommen wurden, und welche bereits 1974 ihren Niederschlag im OECD-System gefunden hatten. Man darf das Alter der Grundzüge unserer heutigen Vorschriften ruhig auf mehr als 30 Jahre veranschlagen - zu jener Zeit war das Problem der Genkonservierung in seiner Dringlichkeit erst vereinzelt erkannt. Die bestehenden Vorschriften beschäftigen sich mit der Erzeugung und dem Vertrieb von Saat- und Pflanzgut sowie der Nutzung von Züchtungsergebnissen; sie bedürfen dringlich einer Ergänzung durch die eigentlich viel wichtigeren Vorschriften zum Schutz genetischer Variation. Bei der bis heute üblichen Praxis bleibt die Erhaltung genetischer Variation ausgeklammert, sofern sie nicht gar in Frage gestellt wird.

Aus der Entstehungsgeschichte der heutigen Gesetzgebung ist aber die Lehre zu ziehen, daß in Zukunft solche Vorschriften primär auf naturwissenschaftliche Erkenntnisse aufgebaut und sekundär auf ihre Durchführbarkeit geprüft sowie in eine juristisch adäquate Form gebracht werden müssen. Um künftigen Entwicklungen des Kenntnisstandes nicht vorzugreifen oder dessen Umsetzung nicht zu behindern, wird diese Form jeglichen über den wissenschaftlich gesicherten Kenntnisstand hinausreichenden Vorgriff peinlich vermeiden müssen.

LITERATUR

- ANONYMUS. Global 2000. Frankfurt a. M.: Zweitausendeins, 1981.
- ANONYMUS. Forstliches Erbgut in Gefahr. *Silvae Genetica* 33, 177, 1984; 34, 49-50, 1985.
- ANONYMUS. Entschließung des Bundesrates zur Erhaltung der genetischen Vielfalt der Waldbaumarten. *Forst- u. Holzwirt* 40, 235, 1985.
- ANONYMUS. Databook on Endangered Tree and Shrub Species and Provenances. FAO Forestry Paper No. 77, Rom 1986.
- GLOCK, H., H.-R. GREGORIUS, H. H. HATTEMER, S. HERZOG, D. KOWNATZKI and M. ZIEHE. Gene resources and gene conservation in forest trees. I. General remarks on the concept. Im Druck in: SCHOLZ, F., H.-R. GREGORIUS, and D. RUDIN (Hsg.) *Genetic Effects of Air Pollutants in Forest Tree Populations*. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer, 1988.

AUSWIRKUNGEN DER ÖKOSELEKTION
DES GEBIRGES
AUF DIE GENETIK DER BAUMARTEN

Einleitung zum Tagungsthema

Kurt Holzer

Institut für Forstpflanzenzüchtung und Genetik
Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien

Vor nahezu einem Viertel Jahrtausend erkannte man bereits die Bedeutung der Herkunft von Saat- und Pflanzgut bei Wiederaufforstungen von Gebieten der Bayerischen Alpen, wo es durch den Bedarf zur Salzgewinnung zu großflächigen Entwaldungen gekommen war. Erst CIESLAR konnte vor einhundert Jahren 1887 (bis 1907) die ersten genauen Hinweise für die Bedeutung der Herkunft im Alpenraum geben. Er hat verschiedene Samenernteorte in seine Untersuchungen einbezogen und konnte in einem heute nahezu hundert Jahre alten Versuch den Nachweis führen, daß Herkünfte aus hohen alpinen Lagen (ebenso wie aus dem hohen Norden) an Tieflagenstandorten ein wesentlich verlangsamtes Wachstum aufweisen und dabei oft weniger als ein Viertel der bestwüchsigen Tieflagenherkünfte leisten (MELZER, 1937; GÜNZL, 1969).

Zu Beginn dieses Jahrhunderts haben dann ENGLER (1905, 1913), später NÄGELI (1931) und BURGER (1937) in der Schweiz ähnliche Untersuchungen durchgeführt, die für Tallagen die gleichen Aussagen brachten; für alpine Standorte sind aber die Pflanzungsergebnisse an hochgelegenen Plätzen von Bedeutung: Tieflagen=

herkünfte entsprechen trotz anfänglich besserem Wachstum langfristig nicht mehr den klimatischen Anforderungen und erleiden zunehmend Schädigungen durch Umweltfaktoren (FISCHER, 1950).

Vor vierzig Jahren gründete W. Wettstein die Abteilung Forstpflanzenzüchtung an der Forstlichen Bundesversuchsanstalt in Wien-Mariabrunn. Hier wurde vor dreißig Jahren neuerlich begonnen, die Einflüsse des Gebirgsklimas auf das Baumwachstum eingehender zu erforschen: Phänologische Untersuchungen zur Zapfen- und Samenreife der Zirbe bildeten den Anfang (NATHER, 1958); gleichzeitig begannen, angeregt durch die Forschungsergebnisse an der Kiefer durch SCHRÖCK und STERN (1952, 1953), Untersuchungen zur Entwicklung von Frühtests an der Fichte (HOLZER und LIEBESWAR, 1960). Das Fichtensamenjahr 1958 wurde ausgenutzt, um die Auswirkungen der Seehöhe auf die Samenausbildung der Fichte und das Wachstum ihrer Nachkommenschaften eingehend zu studieren (HOLZER, 1961, 1963, 1964, 1966). Der Transekt durch die Fichtenverbreitung in den Seetaler Alpen ergab dann ab 1959 vergleichende Untersuchungen des Wachstums der Fichte am natürlichen Standort mit ihren Nachkommen, die - generativ und vegetativ vermehrt - unter verschiedenen Umweltbedingungen durchgeführt wurden (HOLZER, 1967 ff). Bereits 1965 wurde mit der routinemäßigen Anwendung der aus diesen Vorversuchen entwickelten Frühtestmethoden auf das Forstsaatgut als Ergänzung zur Saatgutprüfung aufgrund der Richtlinien des Forstsaatgutgesetzes 1960 (bzw. Forstgesetz 1975, Abschnitt XI) begonnen. Ein Teil dieses Untersuchungsmaterials führte zu den im Rahmen dieser Tagung gebrachten Berichten.

Grundlegend für die Verhaltensweisen im Wachstum der Baumarten im Gebirge ist der Klimaablauf während des Jahres, der von KERNER vor hundert Jahren (1887) im Inntal eingehend in seinen Auswirkungen auf die Vegetation studiert wurde (GAMS, 1926; HOLZER, 1967). Der Einfluß auf die Verbreitung der Baumarten ist in Abb. 1 dargestellt, wobei ersichtlich ist, daß in der Hauptsache die Länge der Vegetationszeit, ausgedrückt durch die Andauer der warmen Tage, ausschlaggebend ist, wobei durch die generationenlange Selektionswirkung eine entsprechende Fixierung im Wachstumsverhalten erkennbar wird. Die Andauer der

warmen Periode nimmt von 240 Tagen in den tiefsten Lagen mit zunehmender Seehöhe ab und beträgt in den obersten Grenzbereichen des Waldes nur mehr etwa 40 bis 60 Tage. Bei noch kürzerer Dauer ist kein rhythmisches Wachstum von Holzpflanzen mehr möglich (TRANQUILLINI et al., 1980).

Die natürliche Gliederung der Waldgesellschaften ergibt eine entsprechende Anpassung derart, daß in tieferen Lagen mit langer Vegetationszeit vor allem die Laubholzarten vorherrschen (in der Reihenfolge von unten etwa Edelkastanie - Eiche - Buche), welche in der oberen Stufe dann durch Nadelhölzer (vorwiegend Fichte, dann Lärche und Zirbe) abgelöst werden.

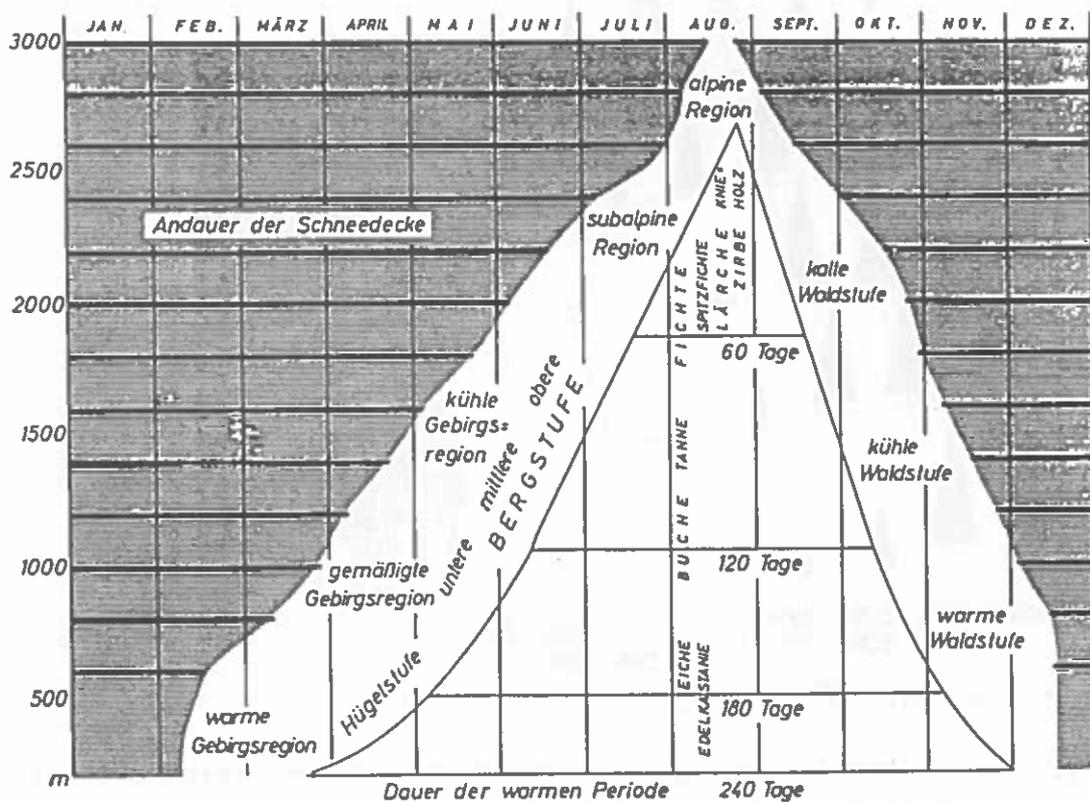


Abb. 1: Die Andauer der Schneedecke sowie der Aperzeit (nach Gams, 1927, bzw. Kerner, 1887) in Zusammenhang mit der Dauer der warmen Periode (über 10°C) sowie der entsprechenden Regionen (nach RUBNER und REINHOLD) und der Waldstufen (nach ECKMÜLLNER und SCHWARZ) mit den vorherrschenden Holzarten

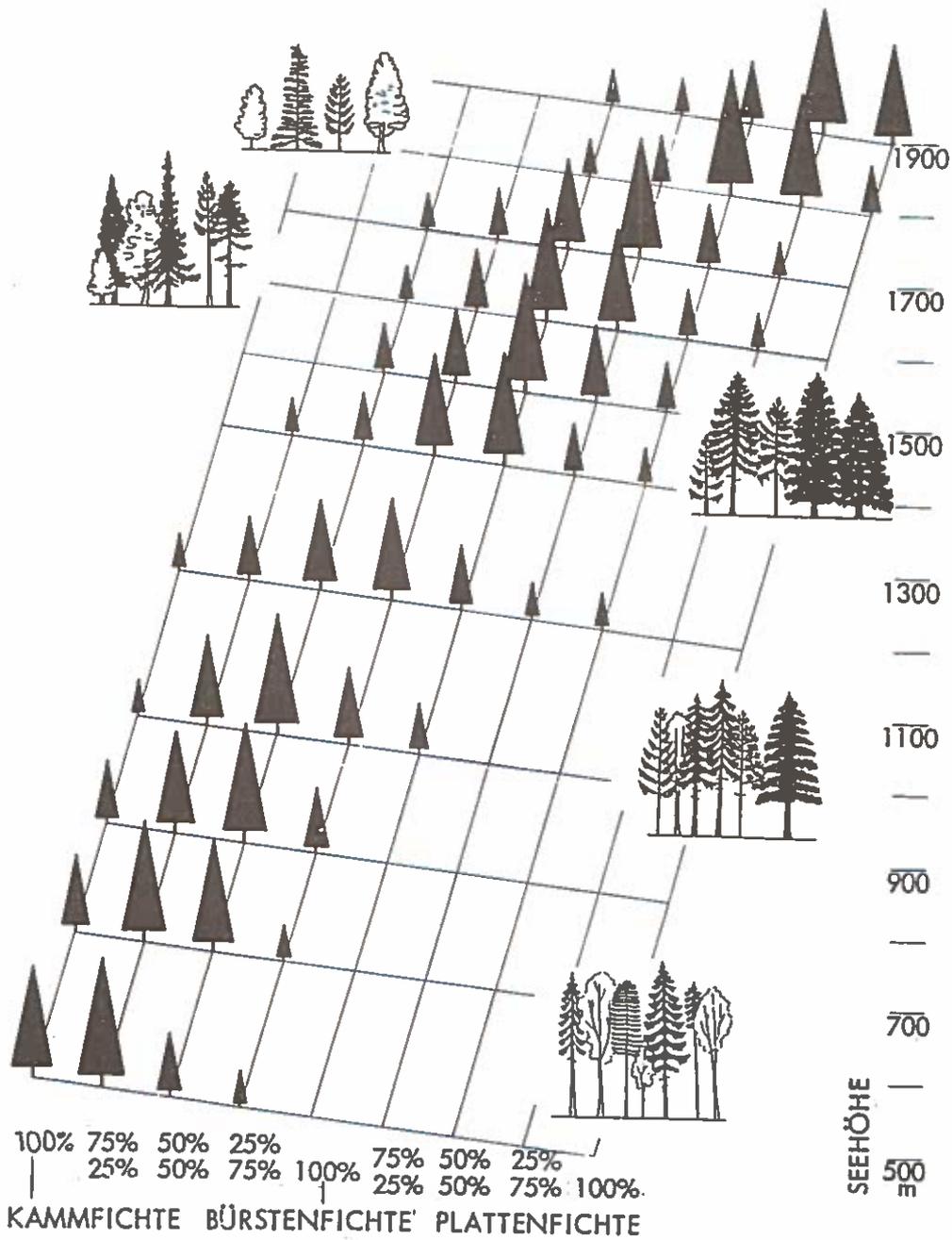


Abb. 2: Seehöhengliederung der Fichtentypen in den Seetaler Alpen: Einzelbaumbestimmung der Verzweigungsform von 20 Bäumen je Höhenstufe; die Größe der Zeichen entspricht der Anzahl von Bäumen in den einzelnen Bestimmungsklassen (HOLZER, 1964)

Die Fichte als Hauptholzart der Wirtschaftswälder mit einer außerordentlichen natürlichen Höhenverbreitung von 400 bis über 2000m zeigt eine phänotypische Anpassung an die Veränderung der Klimaverhältnisse; erkennbar ist dies besonders an der Verzweigungsform. In den tieferen Lagen herrscht der Typus der "Kammfichte" vor; sie wird als Anpassungsform an die häufigen Naßschneefälle angesehen. In mittleren Seehöhen überwiegt dann die "Bürstenfichte", die durch die Erstreckung der Seitenzweige in alle Richtungen des Raumes die Wachsfaktoren, vor allem das Licht, am besten nützen kann. Erst im Bereich der Fichtenwaldgrenze und vor allem darüber bis zur Baumgrenze nimmt die "Platzenfichte" eine vorherrschende Stellung ein; sie ist durch die horizontale Ausbreitung ihrer Seitenäste vor allem gegen Eis- und Reifanhang besonders geschützt (SCHMIDT-VOGT, 1977). Diese drei Grundformen kommen selten rein vor. Meist findet man Mischformen der jeweiligen Grundtypen (Abb. 2). Die Verbreitung dieser Typen ist auch durch die Erhebungen der österreichischen Forstinventur für den ganzen Ostalpenraum bestätigt worden (HOLZER, 1964; HOLZER und SCHULTZE, 1987).

Neben der Verzweigungsform sind selbstverständlich alle Merkmale, deren Ausbildung vom Klima abhängt, entsprechend angepaßt: Schon der Austrieb am natürlichen Wuchsort zeigt eine starke Verschiebung entsprechend dem jeweiligen Frühlingsbeginn um etwa 6 bis 8 Wochen. Auch die Produktionsleistung als wirtschaftlich wichtiges Merkmal (Substanzgewinn) ist mit zunehmender Seehöhe stark beeinträchtigt, was einen Rückgang sowohl in der Länge des Stammes (Baumhöhe) als auch in seinem Volumen, aber auch in der Länge der Seitenzweige zur Folge hat. Im Fichten transekt "Seetaler Alpen" beträgt beispielsweise der Höhenzuwachs in 700m über 30cm jährlich, bis zur Waldgrenze in 1750m sinkt er bis auf wenige Zentimeter ab und ist in der Kampfzone noch weiter eingeschränkt (HOLZER, 1967).

Diese Veränderungen der Zuwachswerte sind aber wie die der Verzweigungsformen nicht unmittelbar durch die Umwelt bedingt, sondern sind durch die Anpassung über viele Generationen von

der Natur genetisch selektiert. Diese Eigenschaften werden sowohl bei vegetativer als auch bei generativer Vermehrung an die Nachkommenschaft weitergegeben. Der Höhenzuwachs von Pflanzungen des Fichtentransekts in einer gemeinsamen Plantage (Wienerwald, 400m Seehöhe) zeigt dies besonders deutlich, aber auch die generativen Nachkommen lassen dies einwandfrei erkennen, wie in den nachfolgenden Beiträgen berichtet werden wird (siehe auch HOLZER, 1983). Daß diese Wachstumsmerkmale genetisch fixiert sind, zeigen wohl am besten die Nachkommen der Pflanzungen des Transekts "Seetaler Alpen", die nach freier Abblüte in der Plantage vor allem durch den Zeitpunkt des Triebabschlusses als Merkmal ihrer Vegetationszeitlänge die erfolgte Bastardwirkung wiedergeben (HOLZER, 1983, 1984).

LITERATUR:

- BURGER, H., 1937: Holz, Blattmenge und Zuwachs. III. Nadelmenge und Zuwachs bei Fichten und Föhren verschiedener Herkunft. Mitt. Schweiz. A. f. forstl. Verswes. 20
- CIESLAR, A., 1887: Über den Einfluß des Fichtensamens auf die Entwicklung der Pflanzen nebst einigen Bemerkungen über schwedische Fichten- und Weißföhrensamen. Centrbl. f. d. ges. Forstwes. 13
- " --, 1895: Über die Erbllichkeit des Zuwachsvermögens bei Waldbäumen. Centrbl. f. d. ges. Forstwes. 21
- " --, 1899: Neues aus dem Gebiete der forstlichen Zuchtwahl. Centrbl. f. d. ges. Forstwes. 25
- " --, 1907: Die Bedeutung klimatischer Varietäten unserer Holzarten für den Waldbau. Centrbl. f. d. ges. Forstwes. 33
- ECKMÜLLNER, O. und G. SCHWARZ, 1954: Die Waldstufen in der Steiermark. Angew. Pflanzensoziologie, Festschrift AICHINGER II
- ENGLER, A., 1905: Einfluß der Provenienz des Samens auf die Eigenschaften der forstlichen Holzgewächse. Mitt. Schweiz. A. f. d. forstl. Verswes. 8
- " --, 1913: Einfluß der Provenienz des Samens auf die Eigenschaften der forstlichen Holzgewächse (Fichte, Tanne, Lärche, Bergahorn). Mitt. Schweiz. A. f. d. forstl. Verswes. 10
- FISCHER, F., 1950: Ergebnisse von Anbauversuchen mit verschiedenen Fichtenherkünften (*Picea abies* (L.) Karst.). Mitt. Schweiz. A. f. d. forstl. Verswes. 26
- GAMS, H., 1926: Von den Follateres zur Dent de Morcles. Beitr. z. geobot. Aufn. d. Schweiz
- GÜNZL, L., 1969: Ergebnisse aus der Fichtenprovenienzforschung. Infdienst FBVA Wien, 123. Beil. Allg. Forstztg. 80

- HOLZER, K., 1961: Beobachtungen über genetisch bedingte photo-periodische Reaktionen an Fichtensämlingen. XIII IUFRO - Kongress, Wien, Ber. 22-7
- " --, 1963: Die Seehöhengliederung der Fichtentypen in den Österreichischen Alpen. Infdienst FBVA Wien, 70. Beil. Allg. Forstztg. 74
- " --, 1964: Die Seehöhengliederung der Fichtentypen in den Österreichischen Alpen. In: Forstsamengewinnung und Pflanzenanzucht für das Hochgebirge. BLV, München
- " --, 1964: Feststellung der Höhenstufen bei Fichtensaatgut durch Testung in der Kulturkammer. In: Forstsamengewinnung und Pflanzenanzucht für das Hochgebirge. BLV, München
- " --, 1966: Die Vererbung von physiologischen und morphologischen Eigenschaften der Fichte. I. Sämlingsuntersuchungen. Mitt. Forstl. Bundesversa. Wien, 71
- " --, 1967: Das Wachstum des Baumes in seiner Anpassung an zunehmende Seehöhe. Mitt. Forstl. Bundesversa. Wien, 75
- " --, 1970: Die Rassenfrage bei der alpinen Fichte. Infdienst FBVA Wien, 127. Beil. Allg. Forstztg. 81
- " --, 1977 ff.: Die Kulturkammertestung zur Erkennung des Erbwertes von Fichte (*Picea abies* (L.) Karsten). Centrbl. f. d. ges. Forstwes. 94 bis 98
- " --, 1979: Die Kulturkammertestung von Fichte zur Ergänzung der Saatgutkontrolle sowie als Voraussetzung für eine Verwendungsempfehlung. Allg. Forstztg. 90
- " --, 1981: Genetische Zusammenhänge der Fichtenverbreitung in den Alpen. Infdienst FBVA Wien, 207. Beil. Allg. Forstztg.
- " --, 1983: 20 Jahre Wachstum alpiner Fichtenklone an einem Standort. 3. Arbeitstagg. Forum Genetik-Wald-Forstwirtschaft
- " --, 1985: Die Bedeutung der Genetik für den Hochlagenwaldbau. Berichte EAFV. 270
- HOLZER, K. und K. LIEBESWAR, 1960: Eine einfache Kulturkammer für Sämlingsprüfung mit Nährlösungskultur. Silv. Gen. 9
- HOLZER, K. und U. SCHULTZE, 1987: Die Verzweigungsform der Fichte, bundesweit gesehen. Jahresber. FBVA 1986
- KERNER, A. v., 1887: Über die Schneegrenzen im Gebiet des mittleren Inntals.
- MELZER, H., 1937: Der Fichtenherkunftsversuch Loimannshagen. Centrbl. f. d. ges. Forstwes. 63
- NÄGELI, W., 1931: Einfluß der Herkunft des Samens auf die Eigenschaften forstlicher Holzgewächse. IV. Die Fichte. Mitt. Schweiz. Centrala. f. d. forstl. Verswes. 17
- NATHER, J., 1958: Zur Keimung der Zirbensamen. Centrbl. f. d. ges. Forstwes. 75
- PECHMANN, v., 1932: Saatgutprovenienzfragen - vor 160 Jahren. Forstw. Centrbl. 54

- RUBNER, K. und F. REINHOLD, 1960: Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaus. J. Neumann, Radebeul
- SCHMIDT-VOGT, H., 1977: Die Fichte. Paul Paray, Hamburg, Berlin
- SCHRÖCK O. und K. STERN, 1952: Untersuchungen zur Frühbeurteilung der Wuchsleistung unserer Waldbäume, zugleich ein Beitrag zur Pappelzüchtung. Züchter, 22
- " -- und -- " --, 1953: Prüfung des Wachstumsganges der Kiefer im Keimlingstest als Auslesemethode. Züchter, 23
- TRANQUILLINI, W., F. LECHNER, P. OBERARZBACHER, L. UNTERHOLZNER und K. HOLZER, 1980: Über das Höhenwachstum von Fichtenklonen in verschiedener Seehöhe. Mitt. Forstl. Bundesversa. 129

PROBLEME DER GENERATIVEN REPRODUKTION IM GEBIRGE

J. NATHER

Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien, Institut für Waldbau

Die Samenfrage wurde in den vergangenen Jahrzehnten wiederholt als eines der wichtigsten Waldbauprobleme bezeichnet. Daß dies besonders für den Bereich des Gebirgswaldes zutrifft, soll im folgenden kurz begründet werden:

Voraussetzung für die Erhaltung und Erneuerung gesunder Waldbestände - ob durch Aufforstung oder Naturverjüngung - ist stets die Produktion und Verfügbarkeit von hochwertigem Saatgut u.zw.

- in ausreichender Menge
- in geeigneter Qualität.

Eine Reihe von Einflüssen wirkt auf die Samenproduktion im Hochgebirge - i.d.R. in selektiver Weise.

Es gibt zwar einige Untersuchungen darüber, doch ist unser Wissensstand noch sehr bescheiden, denn die Ergebnisse stammen meist von kurzfristigen Einzeluntersuchungen und sind als solche schwer vergleichbar und oft ziemlich abweichend.

Eigene Erhebungen seit 3 - 4 Jahren dienen auch zunächst nur zur Sammlung von Daten, sollen aber künftig nach Maßgabe der Möglichkeiten in langfristige Untersuchungen ausgeweitet werden.

Zunächst zwei prinzipielle Überlegungen:

1. Zur Seehöhe: Wesentliche Veränderungen besonders im Hinblick auf den Reproduktionsvorgang betreffen den Temperaturfaktor. Die Jahresmitteltemperatur, in Tieflagen bei 8 bis 10^o, sinkt bei etwa 1400/1500 m auf 4 bis 4,5^o und beträgt an der Baumgrenze oft nur 1 bis 2^o. Im Durchschnitt entspricht die Abnahme von 1^o einer Höhendifferenz von 185 m. Die Veränderung erfolgt somit innerhalb sehr kurzer Distanzen. Im Vergleich dazu tritt eine ähnliche Temperaturänderung in horizontaler Entfernung erst nach 150 km nordwärts ein. Bedeutsam ist auch die Abnahme der Vegetationsdauer. Sie beträgt in der subalpinen Stufe weniger als 100 Tage (bis 60) gegenüber 200 bis 220 Tage in Tal- und Tieflagen. Schließlich ist auch in der Kampf-

zone des Waldes die große Tagesamplitude von 70 und mehr Grad zu erwähnen.

2. Zur generativen Vermehrung: Diese ist Voraussetzung zur Erhaltung der Mannigfaltigkeit und kann durch vegetative Methoden nicht ersetzt werden, selbst wenn diese Methoden die Reproduktion in sehr hohen Klonzahlen ermöglichen sollten. Um Stabilität zu erhalten, brauchen wir die Neukombination der Eigenschaften und die "Revitalisierung" des neuen Individuums aus der generativen Vermehrung.

Für ausreichenden Blütenansatz sind folgende Voraussetzungen notwendig:

- Neben Blühhormonen muß ein Überschuß an Assimilaten (Kohlehydrate gegenüber Nährsalze) bestehen. Nun trifft im allgemeinen mit zunehmender Seehöhe diese Voraussetzung wegen kürzerer Vegetationszeit, fehlender Wärme, ungünstiger Stoffbilanz seltener zu. Das bedeutet längere Perioden zwischen Samenjahren: 4 bis 6 J. in Optimallagen, aber 10 bis 15 J. und mehr an der Baumgrenze.
- Zweite Voraussetzung: Ungestörte Ausbildung und Entwicklung der Blütenknospen. Blütenansatz bedeutet noch nicht Samenbildung, denn Schäden durch Frost, Strahlung, vor allem mechanische Schäden durch Eis, Rauhreif und Schneefegen und i.d.R. sehr hohe Windgeschwindigkeiten beeinträchtigen neben den vegetativen Knospen (daher Neigung bei Hochlagenherkünften zur Ersatzknospenbildung) auch den Blütenansatz.
- Weiters der Blühverlauf: Kurze Vegetationszeit, Spätfröste, Schnee und Regen ("Schafskälte" im Juni) beeinträchtigen die Befruchtungsverhältnisse insbesondere den Pollenflug. Der Austriebsverzögerung von 4 bis 6 Wochen entspricht eine parallel verlaufende Blühverzögerung (etwa 6 - 10 Tage vor dem Austrieb). Das heißt, daß die Blüte in allmählich ansteigenden Höhenzonen erfolgt; zur gleichen Zeit blühen Bäume i.d.R. nur in einem Bereich von etwa 300 bis 400 Höhenmetern. Es kommt aber üblicherweise zu einer Fluktuation in Randzonen mit entsprechendem Genaustausch. Nicht selten wird dabei die Pollenwolke bei günstigen Aufwinden in höhere Lagen eingeweht (siehe HOLZER: Zweigipfeligkeit im Abschlußverhalten).

Merkmale der Zapfen:

Entsprechend den klimatischen Veränderungen kann im Gebirge mit zunehmender Seehöhe eine Reihe von morphologischen Veränderungen an Pflanzen festgestellt werden, wie z.B. Kronen- und Verzweigungsformen, Nadeln, etc.

Besonders trifft dies auch für Vermehrungsorgane zu, wie z.B. Zapfenfarbe, Schuppenform und vor allem alle samenkundlichen Kennzahlen. Sie werden mit zunehmender Seehöhe geringer wie z.B. Länge und Gewicht der Zapfen, Korngröße, Tausendkorngewicht, etc. Die Zapfenlänge verringert sich etwa um 30 bis 50 %, i.d.R. bei allen Baumarten.

Die Zapfenlänge beträgt bei Fichte zwischen 80 und 160 (180) mm mit einer deutlichen Abnahme im Bereich der Baumgrenze bis auf 40 mm (Abb. 1). Die Durchmesser sind von der Abnahme weniger betroffen, daher sind Hochlagenzapfen gedrungener, "dicker". Länge und Gewicht werden weiters sehr stark durch die verfügbaren Reservestoffe bestimmt, von denen beachtliche Mengen in einem Samenjahr aufgewendet werden - oft mehr als die Hälfte des Zuwachses eines Jahres (wie an Jahresringen zu erkennen). Auch sind bei hohen Zapfenzahlen pro Baum die Zapfen i.d.R. kleiner.

LÄNGE VON FICHTENZAPFEN AUS VERSCHIEDENEN HOHENSTUFEN

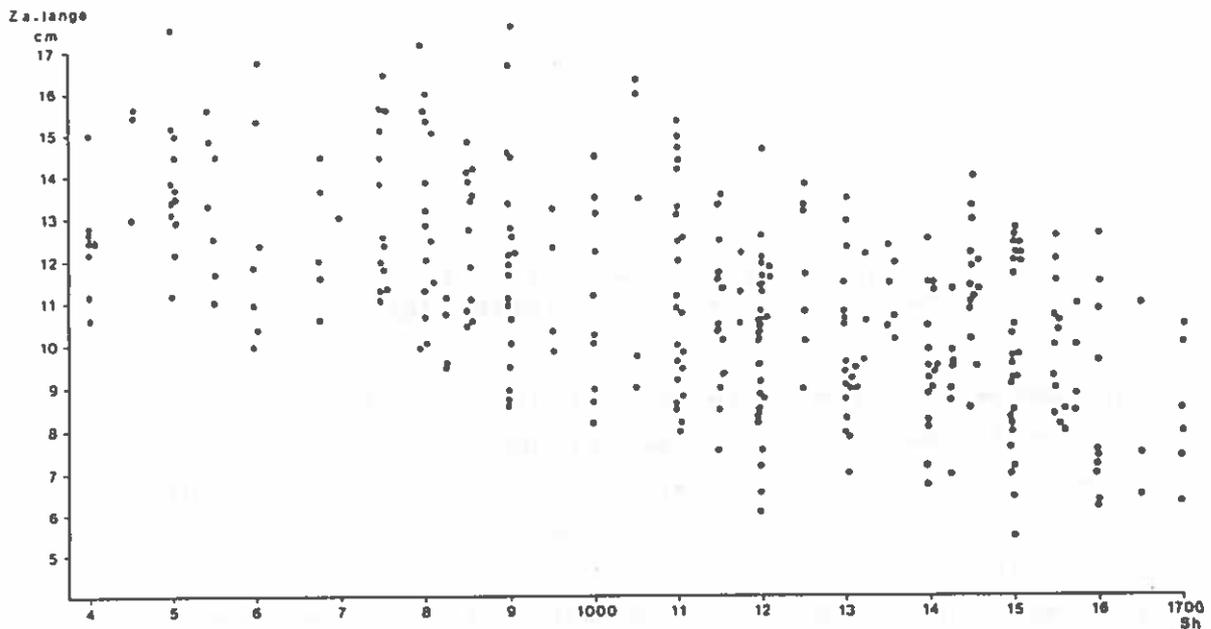


Abb. 1: Variabilität der Länge der Fichtenzapfen in Abhängigkeit von der Seehöhe des Ernteortes

Eine wichtige Größe ist die Zahl der Samenanlagen pro Zapfen (Abb. 2). Diese Zahl ist über die Anzahl der Zapfenschuppen genau zu erfassen und erwies sich als wichtiger Vergleichswert zur Berechnung des Anteils an keimfähigen Samen pro Zapfen. Aus bisherigen Untersuchungen ist ersichtlich, daß bei Absinken der Zapfenlänge unter die natürliche Variationsbreite (aus welchen Gründen auch immer - Seehöhe, Ernährungsmangel oder auch Schadstoffe) häufig auch eine Verringerung des Anteils an keimfähigen Samen eintritt.

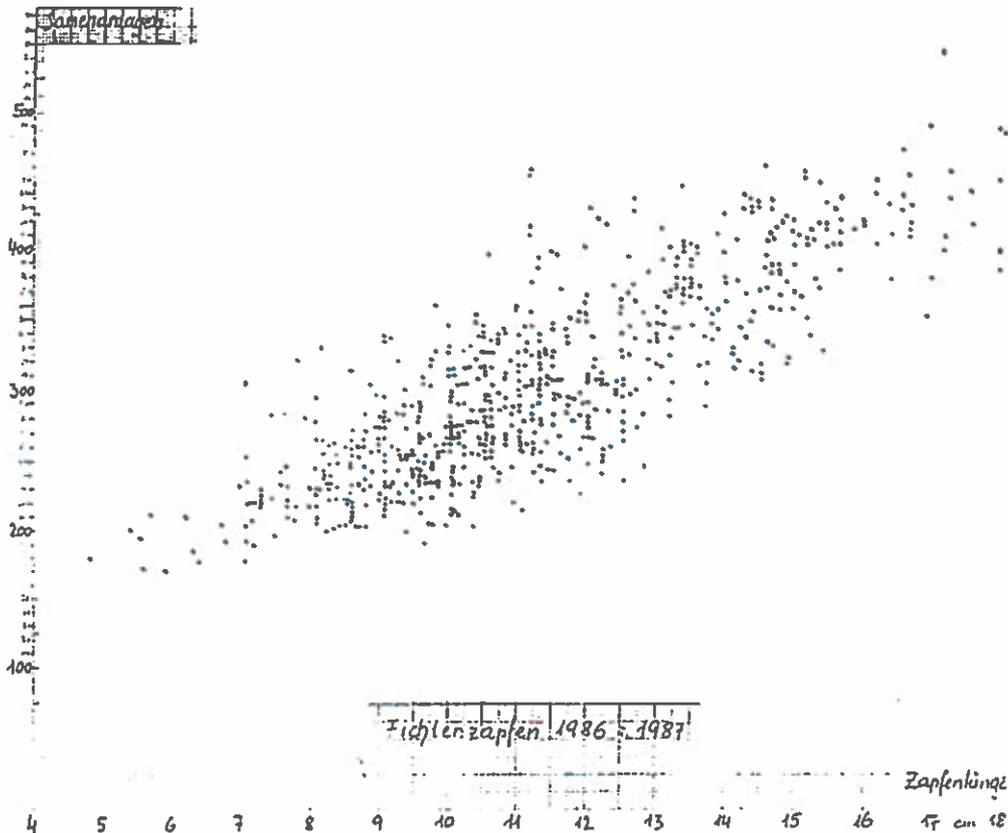


Abb. 2: Anzahl der Samenanlagen bei Fichtenzapfen der Ernte 1986 in Abhängigkeit von der Zapfenlänge

Eine weitere interessante Maßzahl mit einer Korrelation zur Seehöhe ist die Keimblattzahl. Bei Fichte liegt die Variationsbreite zwischen 5 und 12 Keimblättern. Ein errechneter Keimblattindex (d.i. der Prozentanteil der Pflanzen mit 5 bis 7 Keimblättern) ergibt für

Tieflagen einen Index um 12 (Keimblattstreuung zwischen 6 - 11)
Hochlagen einen Index von 70 bis 75 (Keimblattstreuung 5 - 9).

Während das Tausendkorngewicht verschiedener Erntejahre doch beträchtlich schwanken kann, bleibt der KBI ziemlich konstant und ist für eine rasche vorläufige Identifizierung geeignet.

Die Samenmengen:

Die Natur sorgt ungemein großzügig für die Erhaltung der Art und sichert auf diese Weise die Basis für verschiedene Selektionsvorgänge.

Untersuchungen von ERNST, MESSER, SIEGL, OBERLI, KUOCH, PIUSSI u.a. sind zu nennen und ergeben bei Fichte Samendichten zwischen 10 und 30 Mill. pro ha. Im Vergleich zu diesen Werten aus Optimalbereichen sinkt das Reproduktionspotential in Hochlagen auf weniger als 10 %. Trotzdem kommen in Hochlagenbeständen in einem Samenjahr noch immer 50 - 100 keimfähige Samen auf den Quadratmeter gegenüber bis zu 2.500 in Normallagen. Die Häufigkeit, Ergiebigkeit und Qualität ist in der Hochlage mehr oder weniger stark beeinträchtigt und künftige Untersuchungen werden die Frage klären müssen, ob hier aus populationsgenetischer Sicht Konsequenzen zu befürchten sind.

Aus den Untersuchungen gibt es auch Vergleichsziffern über Voll- und Hohlkornprozente. Bei zwar starker Streuung zwischen 35 und 80 % liegen die Vollkornprozente normalerweise zwischen 50 und 60 %.

In diesem Zusammenhang soll eine Detailuntersuchung aus einer Diplomarbeit von RIEDER (unveröffentlicht) Erwähnung finden, der zum Schluß kommt, daß sowohl die Zunahme der Seehöhe als auch des Schädigungsgrades zu einer Abnahme der Kennzahlen für Zapfenlänge, Zapfengewicht, Anteil keimfähiger Samen pro Zapfen und Tausendkorngewicht führt (Abb. 3).

Samenreife:

Ein wichtiger Problembereich ist der Einfluß des Reifeverlaufes auf das Reproduktionspotential. Kurze Vegetationszeit, 4 - 6 Wochen spätere Blüte verkürzen die Zeit für die Entwicklung der Embryonen. Insbesondere die Wärmesumme spielt eine entscheidende Rolle, wie an Reifeuntersuchungen mit Zirbensamen festgestellt werden konnte (NATHER, 1958). Besonders zu beachten ist, daß bei ungünstiger Jahreswitterung die Wärmesummen nicht zur Samenrei-

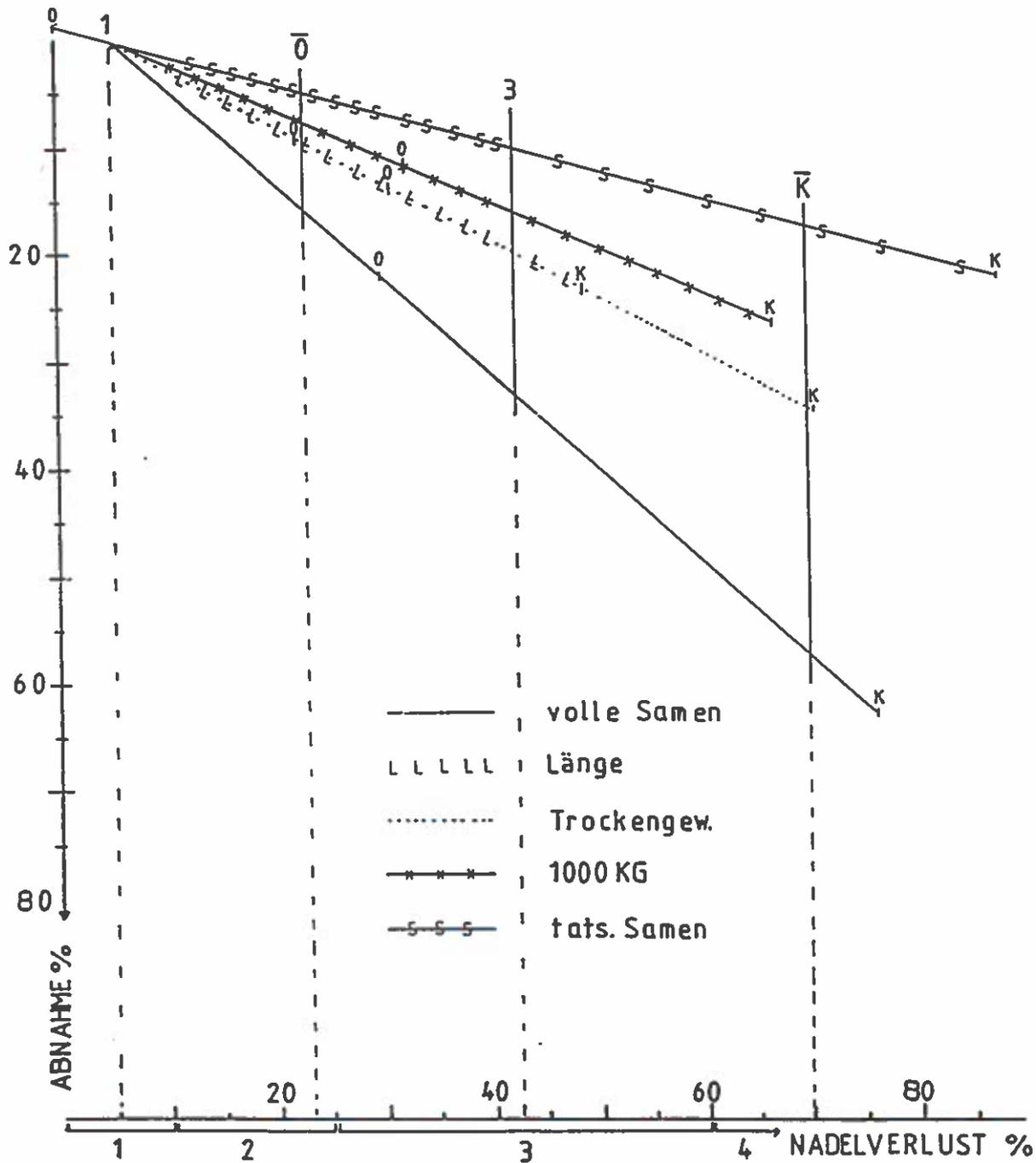


Abb. 3: Der Einfluß von Immissionen auf die Samenbildung bei Fichte
Die Stärke des Nadelverlustes geht konform mit der Abnahme
der Samenzahl und deren Keimfähigkeit

fung ausreichen (wie in subarktischen Klimabereichen). Eine Unterbrechung der Keimlingsentwicklung durch Austrocknung während der Verarbeitung oder Lagerung führt unweigerlich zum Verlust der Keimfähigkeit. Eine wichtige Eigenschaft von Hochlagensaatgut ist daher die besondere Fähigkeit zur Nachreife.

Aus klengetechnischen Gründen werden Fichtenzapfen in Normallagen üblicherweise bei einem Wassergehalt von unter 40 % geerntet. Da in Hochlagen häufig die Zapfensammlung bei höherem Wassergehalt durchgeführt werden muß (40 - 50 %), ist eine Nachreifebehandlung unbedingt erforderlich, um größtmögliche Keimfähigkeit zu erzielen. Saatgut aus solchen Frühernten in Hochlagen ist übrigens an der hellbraunen Farbe (wegen geringer Ausfärbung der Samenschale) zu erkennen.

Ein zweiter Hinweis betrifft die Erntemöglichkeit: Frühe Schneefälle beeinflussen bzw. beenden die Möglichkeit zur Zapfengewinnung im Hochgebirge. Schließlich soll auch auf den umgekehrten Fall hingewiesen werden, daß eine rasche Abtrocknung besonders in Föhnlagen und bei hohen Tagesamplituden einen frühzeitigen Ausfall der Samen bewirken kann.

Erhöhter Aufwand und verminderter Ertrag sind der Grund, daß die Samengewinnung im Hochgebirge letztlich auch ein ökonomisches Problem darstellt.

Abschließend und ergänzend soll darauf hingewiesen werden, daß in letzter Zeit ähnliche Ergebnisse von verminderten Anteilen keimfähiger Samen pro Zapfen auch aus anderen Höhenbereichen vorliegen und es den Anschein hat, daß Zusammenhänge mit Waldschäden erkennbar sind.

Beispielsweise zeigen in einer Reihe von Vergleichspaaren geschädigter und ungeschädigter Bäume die vitaleren Bäume zu 64 % höhere Anteile an keimfähigen Samen pro Zapfen, 23 % etwa gleiche. Nur in 13 % der Fälle werden etwas höhere Werte bei geschädigten Bäumen festgestellt. Eine eindeutige Zuordnung ist im Augenblick anhand der ersten Ergebnisse ebensowenig möglich wie eine Begründung für die Schäden. Erst langfristige umfangreiche Untersuchungen insbesondere über den Blühverlauf, die Pollenmenge und andere Vergleichswerte werden gesicherte Aussagen ermöglichen.

Saatgutgewinnung und Pflanzenanzucht für
das Hochgebirge

Hans-Peter Lang, Wieselburg

1. Saatgutgewinnung

1.1 Zielsetzungen

Gewinnung von Saatgut, das die Begründung von

- Beständen mit hoher Stabilität sichert,
- d.h. möglichst die Vielfalt der Arten und
- die standortsspezifische genetische Vielfalt innerhalb der jeweiligen Art erhält,
- Saatgut, das möglichst hohe Keimfähigkeit besitzt,
- zu möglichst günstigen Kosten gewonnen werden kann.

1.2 Praktische Folgerungen

1.21 Bestandesbeerntung

- Bei der Auswahl von Beständen für die Beerntung Zunahme der Bedeutung der Kriterien für Bestandesstabilität mit zunehmender Schutzfunktion der Bestände (= meist in höheren und/oder besonders schneereichen Lagen), - d.h. z.B. auch bei Vollmast viele Bäume beernten - genetische Vielfalt erhalten.
- Beerntung von "Sonderherkünften" in dem Sinn, daß es sich um mit großer Sicherheit autochthone Bestände in Gebieten mit ausgeprägten klimatischen Eigenheiten handelt (Hochlagen - besonders schneereiche Standorte etc.).
- Beerntung von selteneren Baumarten mit nachgewiesener (oder wahrscheinlicher) starker genetischer Variabilität durch Seehöhenstufen. Anbau und Verteilung der daraus gezogenen Pflanzen bei strikter Beachtung des Ernteortes (im Gegensatz zur derzeitigen Praxis!)
- Beerntung von einer ausreichenden Anzahl von Bäumen auch bei geringem Saatgutbedarf (Beispiel von großkronigen Bergahorn: Gefahr der Halbgeschwister!)

- Gute Mastjahre bedingen hohe Keimfähigkeit,
billige Erntekosten,
preiswertes Saatgut!

Folgerung: Gute Mastjahre optimal ausnützen!

Organisatorische Vorsorge treffen: Zapfenpflücker werben,

- Schulung der Pflücker, - Ernteprognose -
- Vorsorge für ausreichende Klengkapazität,
Zapfen- u. Saatgutlagerkapazität entsprechend ausbauen!

- Bedeutung der Vorsorge stark gestiegen:

In Österreich ist der Abstand der Mastjahre von 7 Jahren auf 13 - 17 (?) Jahre gestiegen.

Der Vorrat an Saatgut von alpinen Lärchen-Herkünften reicht z.gr. Teil nur mehr für eine Aussaat! Es stellt sich die Frage bei zunehmender Walderkrankung, woher Pflanzen im Notfall zu nehmen sind bei der örtlich sehr ausgeprägten genetischen Anpassung.

1.2.2 Samenplantagen

Was ist heute neu zu überprüfen?

- Überdenken der Dringlichkeitsstufung in der Anlageplanung in Hinblick auf vordringliche
 - Aufgaben der Schutzwalderneuerung
 - Aufgaben der Sicherung von genetisch besonders wertvollem Material (Waldschäden!)
- Plusbaumauslese
 - genetische Vielfalt wahren - genügend Klone auswählen (mindestens 80 - 100)
 - neue Prüfung der Notwendigkeit der Abgrenzung lokaler Herkünfte im alpinen Raum (Ost-West-Unterschiede z.B. bei Tiroler inneralpinen Herkünften)

2. Forstpflanzenanzucht

2.1 Zielsetzungen

- Erhaltung der genetischen Vielfalt einer Herkunft in der ganzen Anzuchtphase
- sichere Trennung der Herkünfte bis zum Kulturort
- möglichst hohe Pflanzenausbeute aus dem vorhandenen Saatgut
- Erziehung von Pflanzen mit möglichst gutem Anwuchschancen
- Schaffung geeigneter Lager- und Transporteinrichtungen
- Bestmögliche Ausnützung der kurzen Kulturperiode im Hochgebirge durch entsprechende technische und organisatorische Vorkehrungen

2.2 Folgerungen für die heutige Pflanzenproduktion

- Erhaltung der genetischen Vielfalt:
Beispiel: Fichtenherkünfte aus etwa Höhen von 1300 - 1500 m haben im Saatbeet nach zwei Jahren Sämlinge sehr verschiedener Größe!
Sortierung für Verschulmaschine: a) unter 7 cm "Ausschuß"
b) über 7 cm f. Verschulung
Zu bedenken sind die genetischen Folgen!

- Fazit:
- Tendenz zur "Uniformisierung" bei diesen Herkünften zu gefährlich
 - Hochlagenpflanzenmaterial: keine Preisstaffelung nach Größe; sondern nach Alter!
 - Pflegeprobleme bei extremen Hochlagenherkünften im 1. Jahr nach der Verschulung sind groß!
 - Entsprechende ⁺ lockere Saatedichte im Saatbeet, sonst unerwünschter Ausleseeffekt!

- Sichere Trennung der Herkünfte bis zum Kulturort

Beispiel: Zentralforstgarten der Österr. Bundesforste,
Anbau rd.90 Fichten-Herkünfte
Anbau rd.40 Lärchen-Herkünfte

- Hoher Aufwand für Trennung im Saatbeet, bei der Verschulung, bei der Ernte, bei der (Kühl-)Lagerung, beim Transport.
- Pflanz-frisch-Sack: Klebeetikett zur klaren Bezeichnung des Inhaltes (Herkunft, Größe, Anzahl, Abfülldatum)

- Möglichst hohe Pflanzenausbeute aus dem vorhandenen Saatgut

- Saatedichte bestimmen nach Kenntnis des Keimprozent
- Schutz besonders wertvoller Herkünfte (Gitter/Netz/Folientunnel)
- Besonders aufmerksame Saatzpflege (Lärche!)
- Pillierung des Samens - Aufkleben auf Spezialpapier (ČSSR) - Saat mit Einzelkornsämaschinen.
- Bessere Saatgutreinigung und -prüfung durch Anwendung neuer Techniken in allen Klengen (Bergsten 1983)
- Richtige Saatgutvorbehandlung vor der Saat

Folgen einer exakteren Bestimmung der Saatedichte

- Geringere Pflegekosten
- Keine Verpilzungsprobleme z.B. wie in zu dichten Lärchen-Saaten
- Bessere Sämlingsausbeute
- Kein Ausfall bestimmter langsamwüchsiger Keimlinge in einer Population

2.3 Erziehung von Pflanzen mit guten Anwuchschancen

Anmerkung: Qualitätsmerkmale (h/d-Verhältniss etc.)
siehe Vortrag Nather! Hier nur:

Pflanzenproduktion für Gebirgslagen in Tieflagen-Forstgärten

Wichtig: Vegetationszeitbeginn 1-2 Monate Differenz
zwischen Kultur- und Anzuchtort. Mögliche
Lösung für diese Problematik:

- a) Herbsteinschlag am Kulturort (bzw. Einlagerung im Sack am Kulturort)
- b) Kühlhaus
- c) Transport von Ballenpflanzen im Herbst zum Kulturort und Pflanzung im Frühjahr
- d) Transport von angetriebenen Ballenpflanzen im Mai/Juni zum Kulturort und Pflanzung in angetriebenem Zustand

Zu a) Übliche Methode beim Großteil nacktwurzeligen Pflanzenmaterials für das Gebirge; z.Tl. Herbsteinlagerung vorteilhaft (Lärche: Antreiben oft vor Aushebemöglichkeit, daher Pflanzen nicht mehr im Ruhezustand)

Zu b) und c) Leider wenig üblich! - Vorteilhaft in vielen schneereichen Lagen. Bei Lärche optimal, bei Fichte mit Kunststoffsäcken gute Erfolge. -

Problem der Aushebearbeit im November (oder später) einerseits und Transport zum Kulturort im Spätherbst wegen häufiger Frühwintereinbrüche.

* Unterbrochene Frischkette von der Baumschule bis zum Kulturort

Forderungen dazu:

- problemlose ("idiotensichere") und weitgehend risikolose Lösung
- keine Rücktransporte von ~~taurem~~ Verpackungsmaterial
- preiswerte Lösung

Verpackungen: Papiersäcke und Kunststoffsäcke (ohne Wiederverwendung);
Nsiularollenprinzip (mit und ohne Ballenbildung)

Notwendigkeit: Lagerfähigkeit in Säcken mindestens 2 Wochen ohne künstliche Kühlung (Wetterstürze - Spätwintereinbrüche!)

Kein Einschlag bei Verpackung nötig! Wesentlich ist, daß die Herkunftsbezeichnung am Sack

bis zum Kulturort erhalten bleibt, und daß der Sack reißfest ist (Transport im Gelände).

Im Forstgarten ist weiters die Frage der Notwendigkeit der Sortierung nach Größe zu prüfen (Frischeverlust beim Sortieren!)

Pflanzenqualität - Mykorrhizabesatz - Herbizideinsatz in Forstgärten

- immer wiederkehrende Überprüfung des Mykorrhizabesatzes im Forstgarten
- Größtmögliche Zurückhaltung beim Herbizideinsatz und Fungizideinsatz
- Grünanbaufläche möglichst hoch halten (etwa vor jeder Sommerschulung bei Fichte, d.h. alle 2 Jahre)
- Zusatz von Mykorrhizasubstrat zum Torfsubstrat bei Ballenpflanzenproduktion (Traubentrestpräparate!)

3. Ballenpflanzenproduktion für Gebirgsstandorte

Die skandinavischen und nordeurop. Topfpflanzensysteme sind nur teilweise für Gebirgsstandorte prinzipiell geeignet. Folgende Fragen sind zu stellen (Lang, 1986):

- Erwünschte Pflanzengröße
- Topfgröße im Zusammenhang mit der erwünschten Pflanzengröße (Ballengröße - Gewicht - Produktionskosten - Transportkosten!)
- Was bringt die Ballenpflanze im Verhältnis zu nacktwurzeligen auf dem jeweiligen Standort?
(Sind teure Nachbesserungen einzusparen?)
- Sind die Probleme der Wurzelentwicklung mit dem ins

Auge gefaßten System lösbar? (Untersuchungen von LINDEBNER, 1985; SCHANTL, 1986 über Spiralwurzelbildungen und Strangulierungen etc.)

Wesentlich sind die Ausbildung der Topfwände, des Bodens, die Verweildauer der Pflanzen im Topf und die baumartenspezifischen Besonderheiten der Wurzelbildung.

Li-teratur:

- BERGSTEN U., 1983: Removal of mechanically damaged and filed-dead seeds from a seed lot of pinus silvestris. Seminar on machines and techniques for forest plant production. Proceedings, Vol. I.
- LANG H.-P., 1986: Containerpflanzen - Für und Wider. Holz-Kurier Nr. 10, S. 1-2.
- LINDEBNER L., 1985: Die Wurzelentwicklung von Forstpflanzen in zwei verschiedenen Kleincontainertypen. Allg. Forstzeitschrift 36, S 925-926.
- SCHANTL J., 1986: Die Wurzelentwicklung von Jungzirben nach der Auspflanzung. Allg. Forstzeitung 2, S. 29 - 31.

DIE VEGETATIONSZEITLÄNGE BEI FICHTENSÄMLINGEN.

IHRE BEDEUTUNG UND IHRE BEEINFLUSSBARKEIT DURCH

UMWELTFAKTOREN

Kurt Holzer

Institut für Forstpflanzenzüchtung und Genetik
Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien

EINLEITUNG

Die Feststellung der genetisch induzierten Vegetationszeitlänge als Anpassungsmerkmal an eine bestimmte Seehöhenstufe bei der Fichte kann in erster Linie an Sämlingen im ersten Jahr bestimmt werden, da in diesem Entwicklungsstadium das Wachstum der Sämlinge nicht vorbestimmt ist. In dieser Phase wirkt eine stark genetisch disponierte Komponente, die den streng seehöhenabhängigen Triebwachstumsabschluß bedingt (HOLZER, 1961, 1966). Erst im Alter von etwa drei Jahren ist die Ausbildung des Vegetationskegels in der Knospe vorgegeben und das Wachstum im Folgejahr verläuft als reines Streckungswachstum entsprechend konform (UNTERHOLZNER, 1979). Bei Herkünften aus tiefen bis mittleren Lagen kann es dann noch - vor allem in der Jugendphase - zu einem zweiten proleptischen Wachstumsschub kommen, der als "Augusttrieb" ein zusätzliches Wachstum bedingt (SCHMIDT-VOGT, 1962; HOLZER, 1967). Dieses "freie Wachstum" (v. WÜHLISCH, 1983) kann durch entsprechende Umweltbedingungen gefördert oder gehemmt werden. Bei Herkünften aus größeren Seehöhen im Gebirge bzw. aus dem hohen Norden tritt es aber praktisch nie auf (HOFFMANN, 1965; HOLZER, 1967).

DIE BESTIMMUNG DER VEGETATIONSZEITLÄNGE

Bei Testaussaaten im Forstgarten, wie sie routinemäßig an der Forstlichen Bundesversuchsanstalt im Versuchsgarten in Maria-

brunn durchgeführt werden, kann man vor allem im ersten Sämlings-
 jahr die Vegetationszeitlänge der einzelnen Populationen durch
 Auszählen (Schätzung) der Pflanzen mit einer Knospe am Ende des
 Terminaltriebes als Zeichen der Einstellung des Längenwachstums
 - in regelmäßigen Abständen im Zeitraum von Anfang Juli bis Ende
 September - bestimmen (Abb. 1).

Bei Auftreten von proleptischen Trieben wird dann die Zahl
 der bereits abgeschlossenen Triebe durch neuerliches Öffnen der
 Knospen wieder verringert und entsprechend festgehalten (HOLZER,
 1967; HOLZER und MÜLLER, 1985).

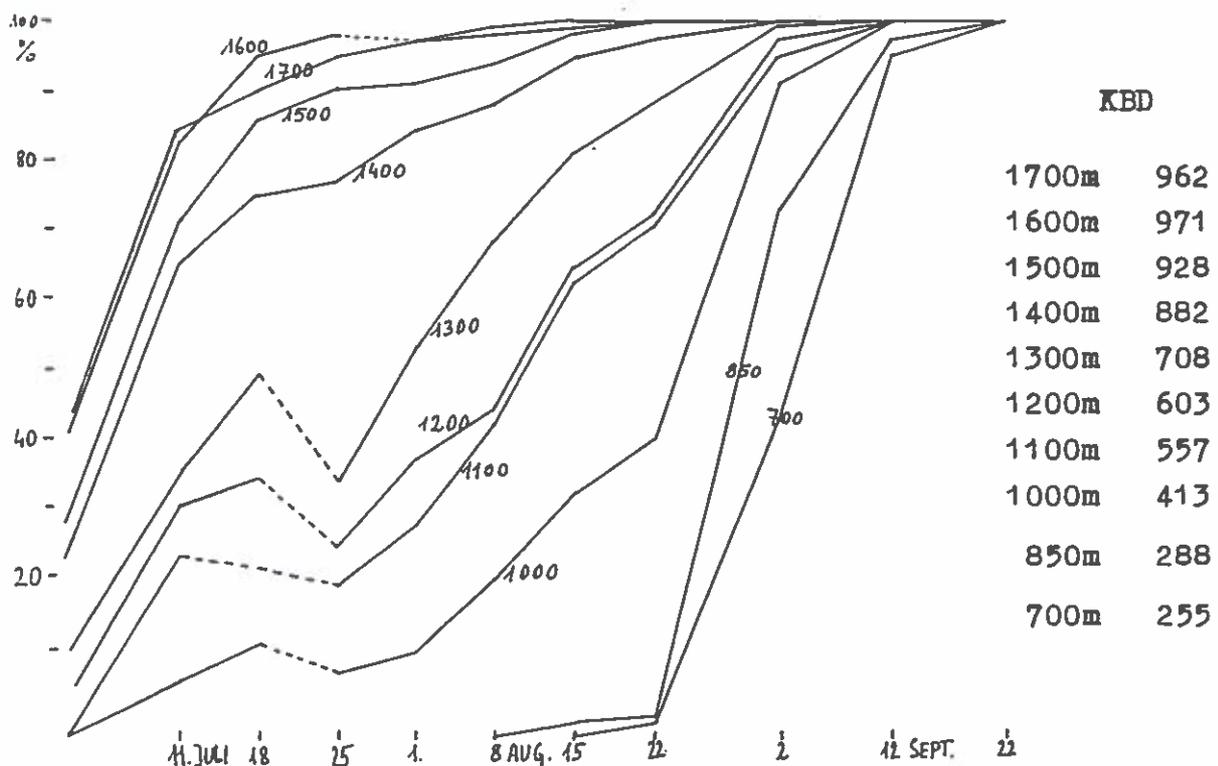


Abb. 1: Triebabschluß und Augusttrieb Bildung der Nachkommenschafts-
 prüfung der Fichte "Seetaler Alpen" im Jahre 1963;
 der Knospenbildungsindex wird durch die Summe der zu den ein-
 zeln Terminen ermittelten Prozentwerte der abgeschlossenen
 Pflanzen errechnet

Besonders günstig ist der Abschluß des Triebwachstums im
 klimatisierten Raum festzustellen, da hier leicht eine einzel-
 pflanzenweise Beobachtung registrierbar ist und somit die Test-
 werte genau ermittelt werden können. Die beiden Methoden ergeben

eine hoch gesicherte Vergleichbarkeit. Außerdem sind diese Testreihen jederzeit wiederholbar, da sowohl der Einfluß des Klimas (abnehmende Tageslänge, Temperatur, Niederschläge etc.) als auch des Bodens (bei Nährlösungskultur) ausgeschaltet wird. Deshalb wurden auch die hier vorliegenden Versuchsergebnisse in erster Linie in Klimakammern erarbeitet.

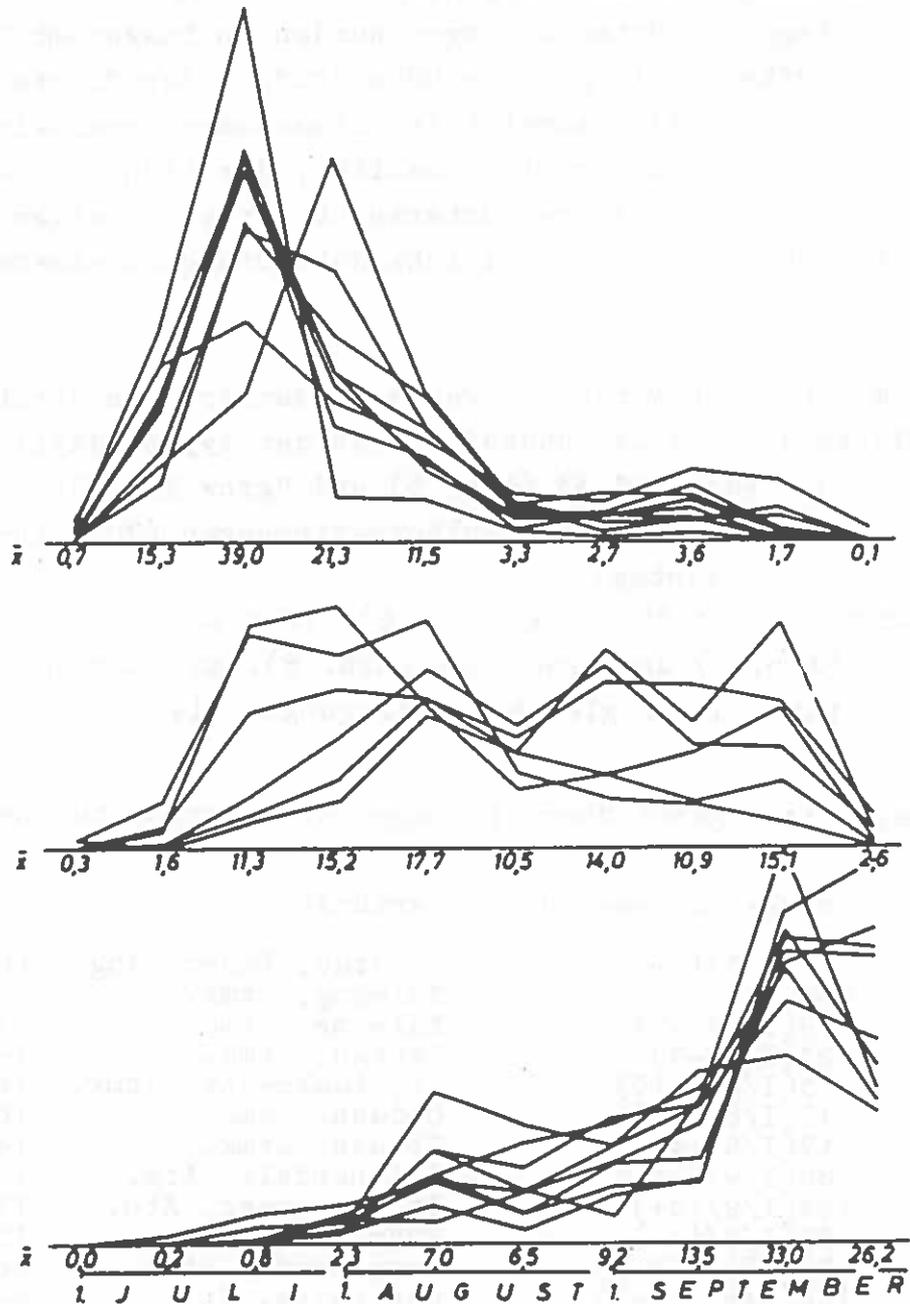


Abb. 2: Der Zeitpunkt der Endknospenbildung von Fichtensämlingen aus 25 Herkünften (oben Hoch-, mitte mittlere, unten Tief-lagenherkünfte) im Versuchsgarten Mariabrunn zwischen dem 1. Juli und dem 1. Oktober 1981 (bestimmt an insgesamt 16400 Pflanzen) (aus HOLZER, 1984)

VERSUCHSERGEBNISSE ZUR UMWELTSITUATION

Die routinemäßige Testung aufgrund verschiedener Versuchsreihen (HOLZER, 1975) wurde in der Kulturkammer im 16-Stunden-tag durchgeführt, wobei die Veränderungen durch die Tageslängenbeeinflussung seit langem geklärt sind (HOLZER, 1961, 1966, 1975). Die vorliegenden Untersuchungen wurden an insgesamt 16 ausgewählten Herkünften - die gesamte Höhenstufung der Fichte in den Alpen umfassend (Tab. 1) - zumeist in Klimakammern erarbeitet, wobei sowohl der Einfluß der Lichtqualität, der Lichtstärke und auch der tieferen Temperaturen untersucht wurde. In allen Fällen stand den Versuchspflanzen die gleiche Nährlösungszusammensetzung zur Verfügung.

Im einzelnen wurden folgende Versuchsreihen durchgeführt:

1. Lichtqualität: Leuchtstoffröhren der Typen "daylight" 55 (Abb. 3), "Warmton" 33 (Abb. 5) und "grow lux" Sylwana (Abb. 4) unter den üblichen Kulturbedingungen (7000 Lux, 20°C, 16-Studentag)
2. Lichtstärke: 3500 Lux (Abb. 6), 7000 Lux (Abb. 5), 14000 Lux (Abb. 7) und 22000 Lux (Abb. 8); mit Lampen der Type "Warmton", unter gleichen Bedingungen wie oben

Tabelle 1: Angaben über die Lage der untersuchten Herkünfte

Nr.	Anerkennungszeichen	Herkunft	Seehöhe
A15	I/3/14+	Forstau, Fager, Sbg.	1650m
B11	188(I/5/-9)	Kalwang, Stmk.	-900m
B15	29(I/5/9-14)	Kalwang, Stmk.	1350m
D05	23(I/6/-9)	Seckau, Stmk.	7-800m
D07	25(I/6/9-15)	St. Lambrecht, Stmk.	1400m
D13	17(I/6/14+)	Obdach, Stmk.	1600m
D14	17(I/6/14+)	Obdach, Stmk.	14-1600m
E08	80(I/9/9-14)	Reichenfels, Ktn.	1250m
E12	164(I/9/14+)	St. Lorenzen, Ktn.	15-1600m
E17	92(I/9/14+)	Pöckstein, Kntn.	1550m
H18	120(IIA/4/4-9)	Langenwang, Stmk.	680m
J08	102(IIB/2/4-9)	Osterwitz, Ktn.	6-700m
K08	87(IIB/3/9-13)	Birkfeld, Stmk.	950m
M05	11(IV/3/4-9)	Schneegattern, OÖ.	650m
M08	11(V/1/3-6)	Braunau, OÖ.	400m
N01	53(VI/1/6-9)	Kerschbaum, OÖ.	650m

3. Raumtemperatur: 20°C (Abb. 5 bzw. 9), 15°C (Abb. 10) und 10°C (Abb. 11) unter sonst gleichen Bedingungen wie oben
4. Die Vergleiche der Dauer der Vegetationszeit in Abhängigkeit von den Ernährungsverhältnissen wurden in einem Aussaatversuch in Gartenbeeten erarbeitet (siehe HOLZER und MÜLLER, 1985; sowie MÜLLER, diese Berichte). Die Proben sind den gleichen Herkunftten entnommen, wie das oben angeführte Versuchsmaterial (Abb. 12 - 14).
5. Eine Auswertung der Kulturkammerprüfung des Fichtenprofils "Seetaler Alpen (HOLZER, 1977 - 1981) ermöglichte den Vergleich des Wachstums der Testpflanzen mit der Keimblattzahl (HOLZER, im Druck); da der Zeitpunkt der Knospenbildung nicht nur von der Seehöhe, sondern auch innerhalb dieser von der Anzahl der Keimblätter abhängt, soll dies hier angeführt werden.

In diesem Bericht werden nur die Ergebnisse von vier ausgewählten Herkunftten vorgelegt, die anderen reihen sich sinngemäß in die Ergebnisse ein. Die Vergleiche aus allen Knospenbildungsindices sind in Tab. 2 wiedergegeben. In den Abb. 3 bis 14 sind die Ergebnisse dieser vier Herkunftte entsprechend den folgenden Berichten dargestellt, wobei immer rechts der Anteil der früh abschließenden Pflanzen (Hochlagenkomponente) und links der Anteil Pflanzen mit langer Vegetationsdauer (Tieflagenanteil) erkennbar ist.

Einflüsse unterschiedlicher Lichtqualität

Die Unterschiede der Lichtqualität, soweit sie hier untersucht wurden, lassen nur geringe Beeinflussungen erkennen (Abb. 3 - 5); so sind vor allem die Ergebnisse der für ein gutes Pflanzenwachstum besonders empfohlenen Lampentypen "grow lux" eher schlechter als die der anderen Typen zu beurteilen; besonders die aus tieferen Lagen stammenden Herkunftte zeigen eine günstigere Beeinflussung durch die Lampentype "daylight", während die Herkunftte aus Hochlagen keinerlei Einflüsse erkennen lassen. Es ergibt sich somit ein besseres Testergebnis bei der Verwendung von Lampen dieser Type.

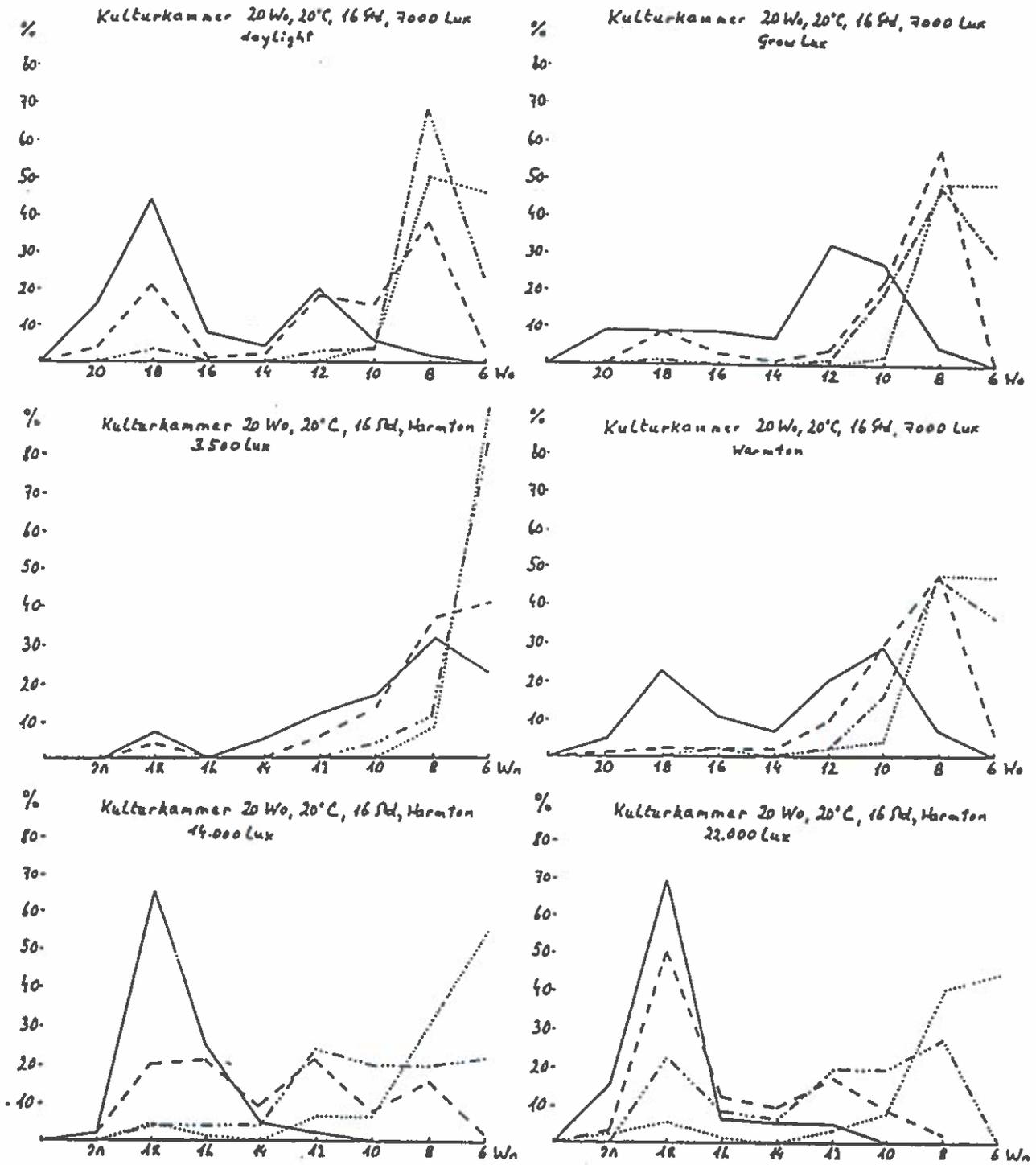


Abb. 3 - 8: Wachstum von den Herkünften MO5 ———, D13 — — —, E17 — · · · — — und E12 · · · · · unter verschiedenen Umweltbedingungen in der Kulturkammer:
 oben links Abb. 3: daylight
 oben rechts Abb. 4: Grow lux
 mitte links Abb. 6: 3500lux
 mitte rechts Abb. 5: Warmton
 unten links Abb. 7: 14000lux
 unten rechts Abb. 8: 22000lux

Einflüsse unterschiedlicher Lichtstärke

Um die kommerziell günstigsten Bedingungen für eine Routine-
testung auszuarbeiten, wurde die Auswirkung unterschiedlicher
Lichtstärke untersucht, wie sie durch die Verwendung einer unter-
schiedlichen Anzahl von Leuchtstoffröhren erreichbar ist (Abb. 5
- 8). Hier ist eindeutig erkennbar, daß mit zunehmender Licht-
stärke ein ähnlicher Effekt zu erzielen ist wie durch zunehmende
Tageslänge (HOLZER, 1961, 1966) oder durch eine bessere Ernährung
(siehe weiter unten). Während die extremen Hochlagenherkünfte
noch kaum eine Beeinflussung erkennen lassen (Verschiebung der
Verteilung bei sechsfacher Lichtstärke nur knapp 2 Wochen, Tab.2),
ist dieser Einfluß mit abnehmender Seehöhe der Herkunft immer
stärker und erreicht bei den tiefsten Herkünften im Mittel 7 - 8
Wochen, jedoch bereits bei der vierfachen Lichtstärke. Der Unter-
schied zwischen 14000 und 22000 Lux ist dann nur mehr gering.

Einflüsse unterschiedlicher Temperatur

Gleichfalls wichtig schien es, den Einfluß der Temperatur
auf den Triebabschluß zu untersuchen; da Hochlagenherkünfte an
kältere Klimate angepaßt sind (sie ertragen kältere Frosttempe-
raturen ohne Schaden als Tieflagenherkünfte; SCHULER, 1983; HOL-
ZER, 1984), wurde dieser Fröhstest auch bei Temperaturen von 15⁰
und 10⁰C ausgeführt, wobei die anderen Umweltbedingungen unver-
ändert blieben (Abb. 5, 9 - 11).

Dabei standen als Testreihe für 20⁰C zwei verschiedene Kul-
turserien als Vergleich zur Verfügung:
eine gleichartige Testung wie bei den tieferen Temperaturen in
Klimakammern (Abb. 5), wobei hier die Lichtstärke von 7000 Lux
mit 4 Leuchtstoffröhren erreicht wird. Allerdings entsteht durch
die Klimatisierung ein starker Luftstrom.
Ferner die routinemäßige Testung in der Kulturkammer (Abb. 9).
Hier werden 9 Leuchtstoffröhren zur Erreichung der gleichen
Lichtstärke benötigt (großer Lichtverlust durch die Ausgestaltung
von Decke und Wänden, größerer Abstand der Pflanzen von der Licht-
quelle). Die Luftbewegung ist praktisch Null.

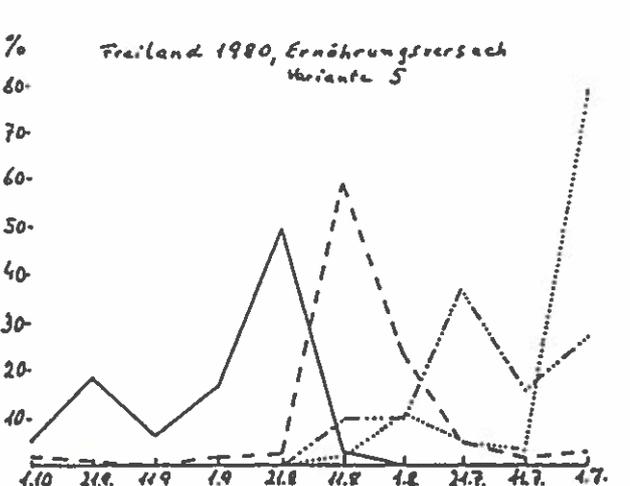
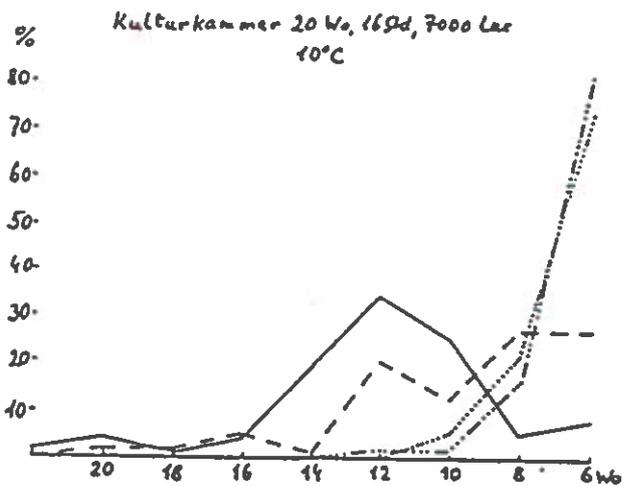
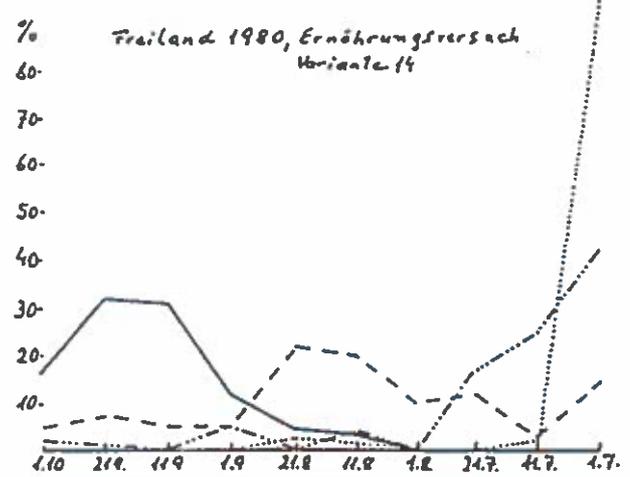
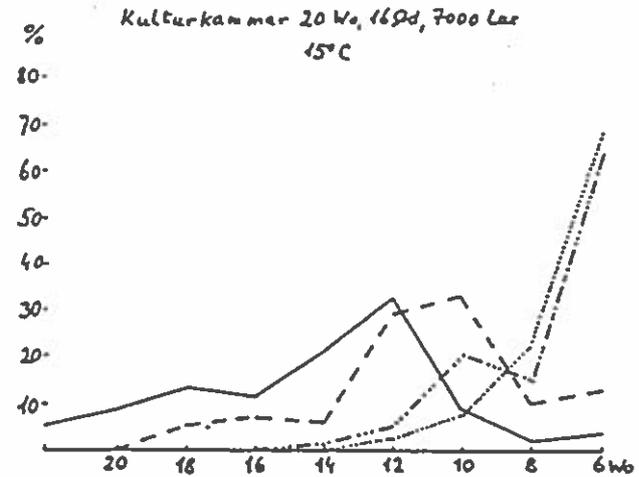
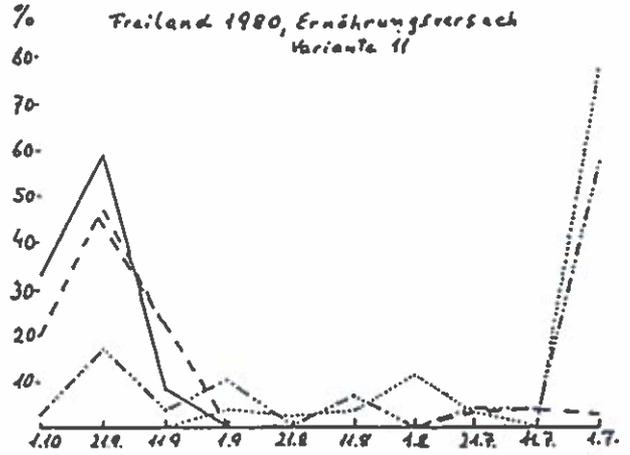
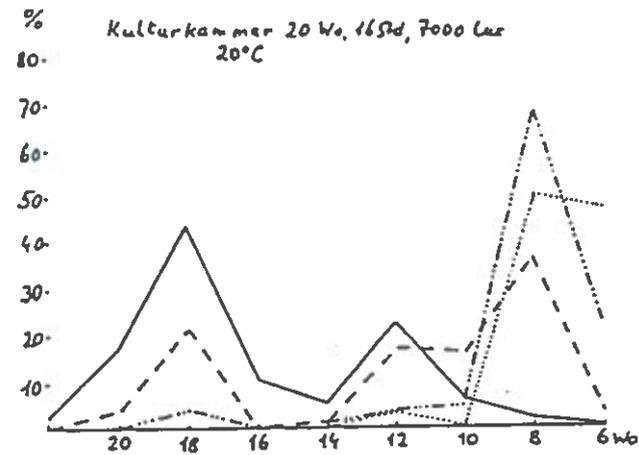


Abb. 9 - 14: Wachstum von den Herkünften M05—, D13— —, E17— · · · — und E12— · · · · · — unter verschiedenen Umweltbedingungen in der Kulturkammer und im Freiland:
 oben links Abb. 9: 20°C
 oben rechts Abb. 12: Var. 11
 mitte links Abb. 10: 15°C
 mitte rechts Abb. 13: Var. 14
 unten links Abb. 11: 10°C
 unten rechts Abb. 14: Var. 5
 Abb. 9: Ergebnis der Routineprüfung aller Herkünfte

Als Ergebnis ist nun anzuführen, daß diese beiden Versuchsreihen bereits einen deutlichen Unterschied erkennen lassen: In der Klimakammer ist ein deutlich früheres Einsetzen des Triebab= schlusses erkennbar, das aber eindeutig mit der Kulturkammer kon= form geht. Bei den tieferen Versuchstemperaturen ist eine weitere Verfrühung der Knospenbildung erkennbar, die aber - wie bei den anderen Versuchsreihen - bei den Hochlagenherkünften kaum Auswir= kungen zeigt, bei den mittleren Lagen jedoch die stärksten Unter= schiede auslöst. Die Tieflagenherkünfte werden gleichfalls stark beeinflußt, wobei bereits bei 15°C eine deutliche Wirkung erkenn= bar ist. Dementsprechend zeigt auch die Knospenbildung stark ver= schobene Werte (Tab. 2).

Ernährungseinflüsse durch unterschiedliches Bodensubstrat (Freiland)

Als Ergänzung sei hier noch das Ergebnis aus der Freilandan= zucht in unterschiedlichem Bodensubstrat angeführt, worüber teil= weise bereits berichtet wurde (HOLZER, 1983; HOLZER und MÜLLER, 1985; MÜLLER, diese Berichte). Es werden hier drei der insgesamt 16 Varianten vorgestellt. Hinsichtlich der Nährstoffverfügbar= keit zählt die Variante 11 zu den besten; die Variante 5 ist die am schlechtesten nährstoffversorgte und die Variante 14 liegt etwa in der Mitte (Abb. 12 - 14).

Auch in diesem Vergleich reagieren die Hochlagenherkünfte nur in geringem Umfang auf die verschiedenen Ernährungsvarianten; im Gegensatz zu den Klimakammerversuchen ist aber bei den middle= ren und den tiefen Herkünften festzustellen, daß nicht eine Teil= lung innerhalb der Populationen auftritt, sondern daß unter un= günstigen Ernährungsbedingungen die gesamte Population früher ihr Trieb= längenwachstum abschließt, gleichsam also die Vegetati= onszeit gleichmäßig verkürzt wird. Nur ein ganz geringer Teil der Population zeigt ein eher ungestörtes Verhalten.

Tab.2 : Knospenbildungsindex für die einzelnen Varianten

Kap.	Behandlungsart	Herkunft:	M05	N01	M08	H18	J08	D05	D13	B11	K08	B15	D07	E17	E08	A15	D14	E12	
3.3	Kulturkammer,	20 Wochen	1,5	2,0	2,0	2,2	1,5	1,9	2,7	3,5	3,5	4,0	4,6	4,9	6,0	5,3	6,1	6,7	
3.1	7000 Lux	"daylight", Type 55	2,9	3,2	2,8	3,9	3,3	4,7	5,1	5,1	6,0	6,5	6,5	6,9	7,1	6,8	7,3	7,4	
		"Warmton", Type 33	4,3	4,7	4,6	5,6	4,7	5,7	6,2	6,3	6,6	6,8	6,9	7,1	7,4	6,9	7,4	7,4	
		"grow lux", Sylwana	4,5	4,6	4,1	5,4	4,9	5,8	6,1	6,0	6,5	6,7	7,0	7,0	7,0	7,0	7,3	7,2	7,0
3.2	"Warmton"	3.500 Lux	6,3	6,4	5,7	6,6	6,6	7,0	7,7	7,4	7,6	7,8	7,7	7,8	7,9	8,0	7,7	7,9	
		7.000 Lux	4,3	4,7	4,6	5,6	4,7	5,7	6,2	6,3	6,6	6,8	6,9	7,1	7,4	6,9	7,4	7,4	
		14.000 Lux	2,4	2,7	2,4	2,7	3,0	3,4	4,3	4,3	4,8	5,5	5,8	6,2	6,1	7,2	7,0	6,7	7,2
		22.000 Lux	2,1	2,3	2,1	2,4	2,5	2,6	3,2	3,2	3,2	4,5	4,6	5,2	4,8	5,8	5,8	6,0	7,0
3.3	7000 Lux	20°C	2,9	3,2	2,8	3,9	3,3	4,7	5,1	5,1	6,0	6,5	6,5	6,9	7,1	6,8	7,3	7,4	
		15°C	3,9	3,6	3,6	6,4	4,1	4,7	5,6	6,4	6,4	6,7	7,1	7,3	7,6	7,6	7,8	7,6	
		10°C	5,1	4,6	4,3	5,4	5,0	5,2	6,6	7,5	6,6	7,5	7,1	7,8	7,5	7,7	7,7	7,6	
3.4	Freiland	Variante 11	1,8	2,0	1,9	1,9	2,1	2,2	2,8	-	-	6,1	-	7,2	7,9	-	8,0	9,2	
		Variante 14	2,6	3,5	3,9	4,9	3,1	4,6	5,3	-	-	8,0	-	8,6	9,1	-	9,4	9,8	
		Variante 5	4,0	4,8	4,7	5,5	4,8	5,2	6,3	-	-	8,3	-	8,4	8,6	-	9,4	9,5	
		Gesamtdurchschnitt	2,9	3,4	3,2	3,8	3,3	3,9	4,5	-	-	7,3	-	8,0	8,4	-	8,8	9,5	

Einfluß der Anzahl der Keimblätter

Zuletzt ist noch anzuführen, daß zwischen der Keimblattzahl der Einzelpflanze bei der Frühtestung des Fichtenprofils "Seetal der Alpen" und der Länge ihrer Vegetationszeit gleichfalls ein gar nicht unerheblicher Zusammenhang besteht. Nicht nur die Seehöhe des Ernteortes bewirkt eine Verminderung der Keimblattzahl mit zunehmender Seehöhe (siehe PELEKANOS, diese Berichte), sondern auch innerhalb der einzelnen Höhenstufen zeigen Pflanzen mit größerer Keimblattzahl (vermutlich durch eine bessere Nährstoffversorgung im frühen Sämlingsstadium) eine Verlängerung der Vegetationszeit innerhalb der gesamten Variabilität; für Pflanzen mit geringerer Keimblattzahl ist der Knospenbildungsindex durchwegs leicht erhöht und innerhalb der früher abschließenden Pflanzen ist der Anteil an Pflanzen mit geringerer Keimblattzahl größer als bei solchen, die spät oder innerhalb der Erhebungszeit gar nicht abschließen (HOLZER, im Druck).

Innerhalb einer Höhenstufe ergeben sich so bei den Knospenbildungsmittelwerten der Pflanzen von 6 bis zu 10 Keimblättern Verschiebungen, die Seehöhendifferenzen von 300 bis 600m nach unten entsprechen (Tab. 3).

Tab. 3: Abhängigkeit des Knospenbildungsindex von der Keimblattzahl in den verschiedenen Seehöhenstufen

Keimblattzahl	Seehöhenstufen in je 100m											
	5	7	8	10	11	12	13	14S	14	15	16	17
-6	2,5	1,4	1,7	2,9	3,0	3,9	3,7	4,8	5,4	5,8	5,7	6,2
7	1,5	1,5	1,5	2,4	2,8	3,4	4,2	4,8	5,2	5,5	5,5	5,6
8	1,3	1,3	1,3	2,2	2,7	3,0	3,8	4,3	4,9	5,5	5,5	5,6
9	1,0	1,3	1,3	2,1	2,5	3,0	3,6	3,7	4,4	4,9	4,9	5,6
10+	1,0	1,1	1,2	1,9	2,1	2,4	2,8	3,6	3,9	4,4	5,6	5,0

BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

Als Hauptaussage dieser Versuchsreihe läßt sich feststellen, daß die Bestimmung der Vegetationszeitlänge von Fichtenherkünften, deren Abhängigkeit von der Seehöhe ihres Ursprungs unbestritten ist, unter allen untersuchten Versuchsvarianten immer die gleiche Aussage ermöglicht: Tieflagenherkünfte sind an eine lange Vegetationszeit angepaßt und nützen sie nach den vorgegebenen Möglichkeiten voll aus; Hochlagenherkünfte hingegen sind durch viele Generationen auf eine kurze Vegetationszeit vom Ursprung her selektioniert und sind durch keine noch so günstigen Umweltbedingungen zu beeinflussen.

Die Variabilität der Hochlagenpopulationen ist entsprechend gering; es gibt bei solchen Herkünften kaum Pflanzen, die unter sehr günstigen Bedingungen zu einer Verlängerung ihres Wachstums anzuregen sind; dagegen ist die Variabilität innerhalb der Tieflagenpopulationen so groß, daß je nach Zusammensetzung (der Seehöhe ihres Ursprungs entsprechend) ein mehr oder minder großer Teil in die Lage versetzt wird, die gesamte zur Verfügung stehende Vegetationszeit für ein aktives Längenwachstum zu nützen. Die relative Länge der Vegetationszeit entspricht dabei immer der Seehöhe des Ursprungs der Populationen.

Aufgrund der vorliegenden Versuche nicht erklärbar erscheint, warum bei allen Klimakammerserien die Pflanzen entweder eine kurze oder eine lange Vegetationszeitdauer zeigen, während im Bereich der mittleren Vegetationszeitlänge, d. i. im Zeitraum von etwa 10 bis 14 Wochen nach der Saat, der Anteil der zu diesem Zeitpunkt abschließenden Pflanzen sehr gering ist. Aber alle diese Reaktionen auf unterschiedliche Licht- und Temperaturverhältnisse laufen im 16-Stundentag ab. Es scheint also die Umweltsituation in den Klimakammern auf die physiologische Reaktion der Pflanzen eine "Entweder - Oder"-Reaktion auszulösen, deren Ursachen in diesen Versuchsreihen nicht zu klären war; auslösend hierfür dürfte die Variabilität innerhalb der Gebirgspopulationen sein, die so deutlich den Anteil an Hochlagenpflanzen ausscheiden läßt.

Festgehalten muß hier aber auch werden, daß im Gegensatz dazu die Anzucht unter Freilandbedingungen sehr wohl eine kontinuierliche Verkürzung der Wachstumsdauer bei Verschlechterung der Ernährungssituation - allerdings in Zusammenhang mit dem im Spätsommer kürzer werdenden Tag - ermöglicht; unbeeinflusst bleibt aber trotzdem die Variabilität innerhalb der Population.

Der relative Verlauf des Abschlusses des aktiven Triebwachstums ermöglicht in allen Fällen eine Aussage über die Seehöhe des Ursprungsortes der untersuchten Population und ist damit für eine Verwendungsempfehlung der untersuchten Saatgutprobe einwandfrei geeignet (Abb. 2).

ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wird die Veränderung der Vegetationszeitdauer von Fichtensämlingen unter verschiedenen Umweltvariationen untersucht. In den Klimakammertestungen wurden dabei sowohl Änderungen in der Lichtqualität als auch der Lichtstärke (von 3500 bis 22000 Lux) wie der Kulturtemperatur (von 10⁰ bis 20⁰C) vorgenommen; vergleichsweise wurden auch die Ergebnisse eines Freilandversuches mit verschiedenen Bodensubstraten herangezogen.

In allen Fällen ist die Frühstreaktion des Abschlusses des Triebängenwachstums, erkennbar durch die Terminalknospenbildung, für die geprüften Herkünfte ein relativ konstantes Merkmal. Bei Tieflagenherkünften wird die Vegetationsdauer durch schlechtere Bedingungen z. T. wesentlich verkürzt; mit zunehmender Seehöhe des Herkunftsortes wird dieser Einfluß geringer, bis er bei extremeren Hochlagenherkünften überhaupt keine Wirkung zeigt. Hochlagenherkünfte sind nicht nur in ihrer Variabilität wesentlich geringer als Tieflagenherkünfte, sie werden auch in ihrem Wachstumsverhalten durch Umweltfaktoren kaum beeinflusst.

LITERATUR

- HOFFMANN, K., 1965: Möglichkeiten zur Beurteilung der Herkunft von Fichtensamen nach ihrer Höhenlage mit Hilfe eines Frühtests. Arch. f. Forstwes. 14
- HOLZER, K., 1961: Beobachtungen über genetisch bedingte photoperiodische Reaktionen an Fichtensämlingen. XIII IUFRO-Kongr. Berichte 22/7
- " --, 1966: Die Vererbung von physiologischen und morphologischen Eigenschaften der Fichte. I. Sämlingsuntersuchungen. Mitt. Forstl. Bundesversa. Wien, 71
- " --, 1967: Die Augusttrieb Bildung als Höhenlagentest bei der Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.). XIV IUFRO-Kongr. Ber. 22
- " --, 1975: Zur Identifizierung von Fichtenherkünften. Silv. Genet. 24
- " --, 1977 - 1981: Die Kulturkammertestung zur Erkennung des Erbwertes der Fichte (*Picea abies* (L.) Karsten). Centrbl. f. d. ges. Forstwes. 94 bis 98
- " --, 1983: Influence on growth of Norway spruce seedlings by nutrition. IUFRO-Meeting S2-04 - S2-03-11
- " --, 1984: Die Bedeutung der Genetik für den Hochlagenwaldbau. Berichte EAFV. 270
- HOLZER, K. und F. MÜLLER, 1985: Gefahren der Einengung der genetischen Variabilität durch die (moderne) Forstgartentechnik. Forum Genetik-Wald-Forstwirtschaft. 4. Arbeitstagung
- SCHMIDT (-VOGT), H., 1962: Der Frühtest als Hilfsmittel für die genetische Beurteilung von Waldbäumen. Forstw. Centrbl. 81
- SCHULER, K., 1983: Wurzelphysiologische Untersuchungen an verschiedenen Fichtenherkünften. Diss. Univ. Innsbruck
- UNTERHOLZNER, L., 1979: Höhenzuwachs und Knospenentwicklung bei verschiedenen österreichischen Fichtenherkünften mit besonderer Berücksichtigung der Ausreifungsvorgänge. Diss. Univ. Innsbruck
- WÜHLISCH, G. v., 1983: Das freie Wachstum der Fichte und seine Verwendungsmöglichkeit für Frühtests. Forum Genetik-Wald-Forstwirtschaft. 3. Arbeitstagung

ÜBER DIE FROSTRESISTENZ VON TIEF- UND HOCHLAGENHERKÜNFTE N DER FICHTE:

VON W. TRANQUILLINI

FORSTL. BUNDESVERS. ANST., SUBALPINE WALDFORSCHUNG INNSBRUCK

Vor etwa 50 Jahren hat ULMER (1937) als erster den Jahresverlauf der Frosthärte von Fichtenzweigen untersucht. Er arbeitete mit Bäumen an der Waldgrenze am Patscherkofel bei Innsbruck. Obwohl diese Untersuchung noch mit sehr einfachen technischen Mitteln durchgeführt wurde, kam doch klar heraus, daß die Frostschadensgrenze über das Jahr nicht gleich bleibt, sondern einer einfachen Schwingung folgt, die im Sommer ein Minimum und im Winter ein Maximum aufweist. Die Jahresamplitude der Frostresistenz reicht von -7° bis -38°C . (Abb. 1).

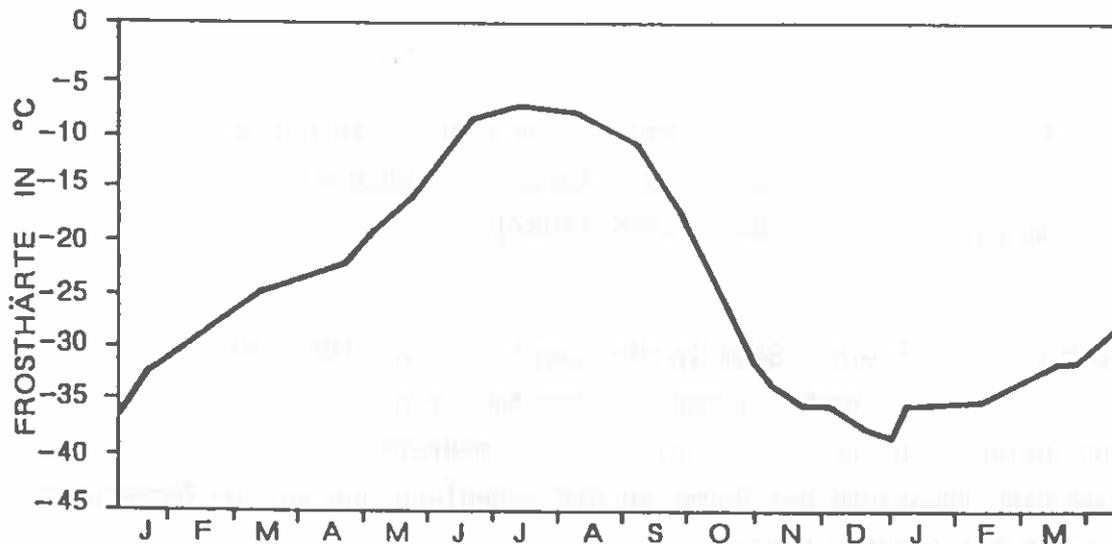


Abb. 1. Jahresgang der Frostresistenz der Nadeln von *Picea excelsa* an der Waldgrenze am Patscherkofel (1870 m). Nach ULMER (1937).

Im vergangenen Winter hat im selben Gebiet GROSS (1987) erneut die Frostresistenz erwachsener Fichtenbäume im Laufe eines Jahres bestimmt und kam dabei zu ähnlichen Ergebnissen. Das Resistenzmaximum im Winter lag bei -43°C , also etwas tiefer als bei ULMER (Abb. 2). Aufgrund der rasch aufeinanderfolgenden Bestimmungen wurde sichtbar, daß die Frostresistenz auch kurzfristige Schwankungen aufweist mit einer Dauer von 4 -14 Tage, deren Amplitude mit ca. 8° sehr viel geringer ist als die Jahresamplitude. Sie kommen durch den Wechsel von warmen und kalten Wetterperioden zustande.

TEMPERATUR (°C)

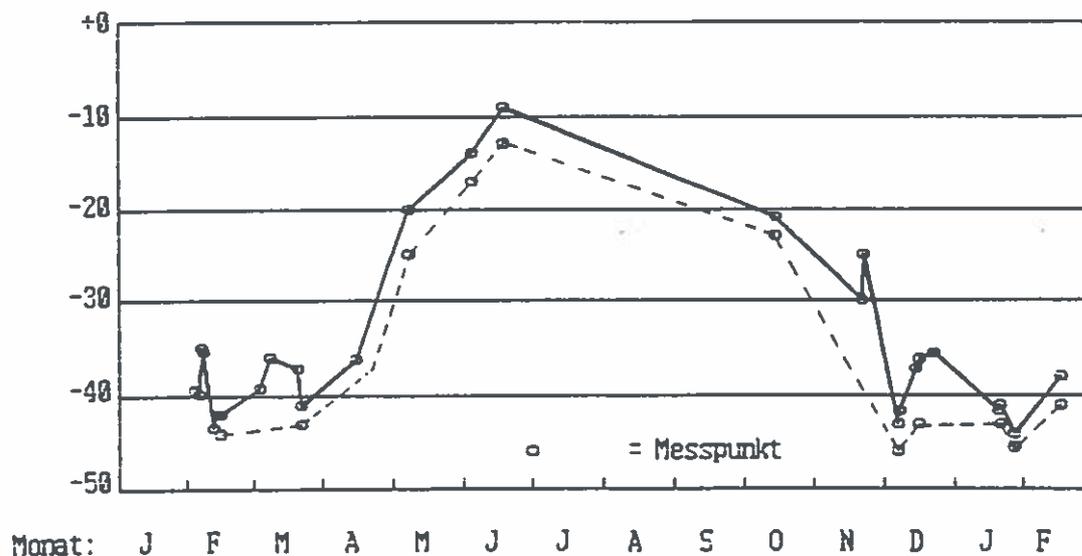


Abb. 2. Frostresistenzverlauf von Fichten an der Waldgrenze (1930 m) —○—○ und in der Kampfzone (2030 m) - - - - -○ am Patscherkofel. Nach GROSS (1987).

GROSS hat auch einen Baum in der Kampfzone in 2030 m SH untersucht und gefunden, daß die Frostresistenz in der Kampfzone deutlich größer war als an der Waldgrenze. Der Unterschied betrug mehrere Grade. Es dürfte sich dabei um eine Anpassung der Bäume an die Höhenlage und an die Temperaturabnahme mit der Seehöhe handeln.

Bei diesen Untersuchungen kamen auch verschiedene allgemeine Gesetzmäßigkeiten heraus, z.B. daß junge Fichten frostempfindlicher sind als ältere Bäume, daß Zweige unter dem Schnee weniger Frost ertragen als Zweige über der Schneedecke und daß ältere Nadeln im Winter schon bei weniger tiefen Temperaturen erfrieren als junge Nadeln.

Bei Untersuchungen an jungen Fichten haben PÜMPEL, GÖBL und TRANQUILLINI (1975) gefunden, daß sich das Ausmaß des Schadens mit sinkender Temperatur nur langsam verstärkt, sodaß man heute unterscheidet zwischen der Temperatur, bei der erste Schäden auftreten, die Probe zur Hälfte geschädigt wird (= Resistenzwert, TL_{50}) und schließlich zur Gänze abstirbt (Abb. 3). Vielleicht noch wichtiger war die Erkenntnis, daß neu ausgetriebene Nadeln be-

sonders frostempfindlich sind und schon bei -3°C zur Hälfte geschädigt werden. Dieses frostempfindliche Entwicklungsstadium dauert von Beginn, bis zum Ende des Streckungswachstums der Triebe, hält also bei Jungpflanzen etwa 40 Tage an (UNTERHOLZNER, 1979).

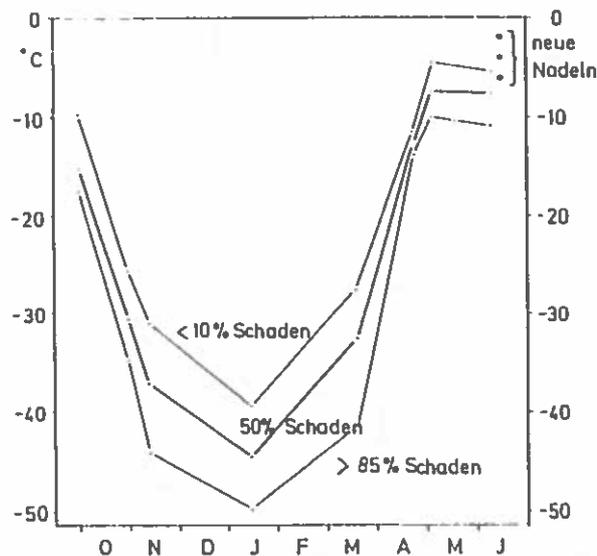


Abb. 3. Frostresistenz der letztjährigen Nadeln von 4jährigen Fichtensämlingen im Winter 1970/71 und der neuen Nadeln nach dem Austreiben im Juni 1971. Bestimmt wurde die Temperatur, bei der die Nadeln erste Frostschäden zeigten (< 10 % Schaden), zur Hälfte erfroren waren (Resistenzwert, 50 % Schaden) und fast gänzlich abstarben (> 85 % Schaden). Nach PÜMPEL et al. (1975).

Will man abschätzen, bei welcher Temperatur die Existenz der ganzen Pflanze bedroht ist, muß man die Frostresistenz der verschiedenen Organe kennen. Abb. 4 zeigt, daß bei Fichtensämlingen lebendes Holzgewebe und die Blattanlagen in den Knospen frostempfindlicher, das Kambium und Rindengewebe frosthärter sind als die Nadeln. Die Unterschiede sind unerwartet groß.

PISEK und SCHIESSL (1946) haben untersucht, wie weit man die Frostresistenz zu einer bestimmten Jahreszeit durch mehrtägige Wärme- oder Kältebehandlung verändern kann. Wie Abb. 5 zeigt, lassen sich Fichtenzweige vor allem im Herbst durch Kälteeinwirkung stark abhärten und im Frühjahr durch Wärme enthärten. Auch im Winter kann die hohe Frostresistenz durch Wärmeeinfluß jederzeit entscheidend verringert werden, erreicht aber zu dieser Jahreszeit nie das sommerliche Resistenzniveau. Das bedeutet, daß im Winter bei Warmlufteinbrüchen, z.B. bei Föhnlagen, die Bäume am Standort frostempfindlicher werden und durch nachfolgende Kälte geschädigt werden

können (vgl. GROSS, 1987).

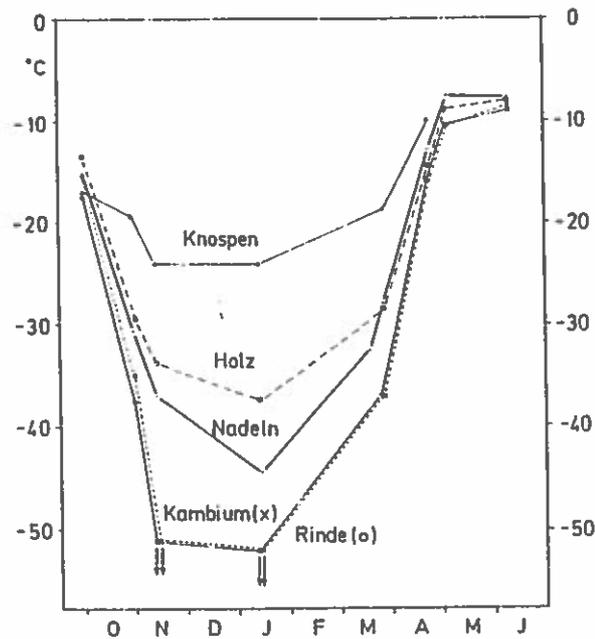


Abb. 4. Frostresistenzwert (50 % Schaden) verschiedener Achsengewebe letztjähriger Sprosse, der Nadeln und der Endknospen von Seitentrieben 4jähriger Fichtensämlinge im Winter 1970/71. Die Pfeile bedeuten, daß der Frostresistenzwert bei der tiefsten im Experiment erzeugten Temperatur noch nicht erreicht wurde, d.h. noch tiefer liegt. Nach PÜMPEL et al. (1975).

Bei Berücksichtigung aller bisher bekannt gewordenen Fakten erscheint es also durchaus möglich, daß Fichten unter bestimmten Umständen in frostgefährdeten Lagen in der Ebene, aber auch in Hochlagen im Gebirge echte Frostschäden erleiden. Es ist daher wichtig für Aufforstungen in solchen Gebieten zu wissen, wie sich verschiedene Herkünfte der Fichte in ihrer Frosthärte unterscheiden. Wir haben daher zusammen mit dem Institut für Forstpflanzenzüchtung und Genetik in Wien seit etwa 10 Jahren an dieser Frage gearbeitet und vor allem Tief- und Hochlagenprovenienzen miteinander verglichen. Wertvolle Hilfe erhielten wir durch die Mitarbeit von Dissertanten und Diplomanden der Universität, die Teilfragen im Rahmen ihrer Dissertationen und Diplomarbeiten behandelten.

Die Untersuchungen wurden an wenigjährigen Sämlingen der Fichte durchgeführt, die aus Samen von 21 österreichischen Herkünften hervorgegangen waren. Bei der Auswahl der Provenienzen wurde darauf geachtet, daß jedes Gebiet möglichst durch eine Tief- und Hochlagenherkunft vertreten war.

Als erster hat UNTERHOLZNER (1979) den Verlauf der Frostresistenz wäh-

rend der natürlichen Abhärtung im Herbst untersucht. Die Pflanzen standen während dieser Zeit auf einer Versuchsfläche im Tal in 700 m SH bzw. auf einer Fläche nahe der Waldgrenze in 1950 m SH. Die Frostresistenz der Nadeln stieg erwartungsgemäß vom August bis Oktober bei allen Pflanzen rasch an (Abb. 6). Es ergaben sich große Unterschiede 1. zwischen den verschiedenen hoch gelegenen Versuchsflächen und 2. zwischen den Herkünften:

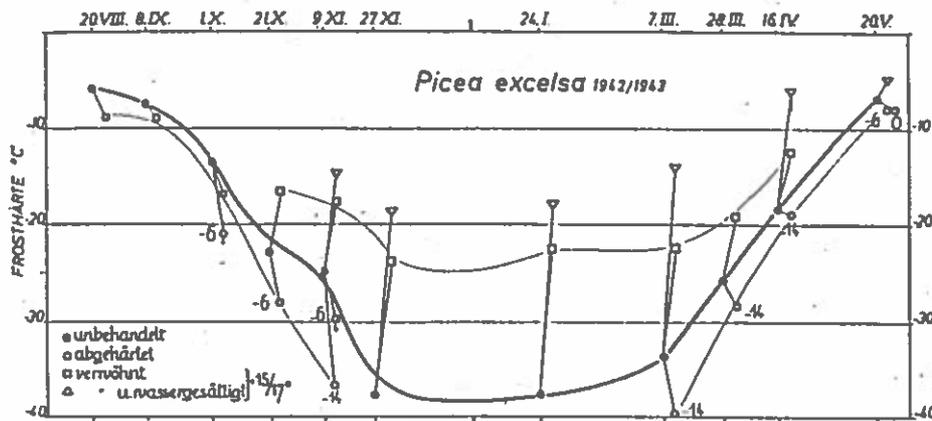


Abb. 5. Frosthärte unbehandelter letztjähriger Nadeln von Fichten an der Waldgrenze am Patscherkofel und nach 4tägiger Wärme- und Kältebehandlung. Die den Kurvenpunkten beigefügten Zahlen geben die bei der Abhärtung jeweils angewandten Temperaturen an. Nach PISEK und SCHIESSL (1946)

An der Waldgrenze waren die Pflanzen stets frosthärter als im Tal und Hochlagenherkünfte waren zu allen Terminen deutlich frosthärter als Tieflagenherkünfte. Die Provenienz-Unterschiede betragen 1 - 2°, im Extrem 5°. Das ist relativ viel, wenn man bedenkt, daß die Temperatur im Gebirge im Durchschnitt nur um 0.5° C je 100 Höhenmeter abnimmt.

Die höhere Frostresistenz der Hochlagenherkünfte beruht auf deren früheren Wachstumsabschluß, weil das Wachstumsende mit der Frostresistenz eng korreliert ist. Sie können also früher mit der Abhärtung beginnen, sind also beim herbstlichen Frosthärteanstieg den Tieflagenherkünften voraus.

Wir haben die Frostresistenz verschiedener Herkünfte auch während der spätwinterlichen Enthärtungsphase bestimmt (Abb. 7). Die Pflanzen standen am Patscherkofel in 2000 m SH, wo sie noch Anfang Mai sehr frosthart waren. Wie man sieht, war auch in diesem Zeitraum die Frostresistenz der Hochlagenherkünfte bedeutend höher als jene der Tieflagenherkünfte. Die Unterschiede betragen 6° - 9°. Sie wurden offenbar später aktiv und verharren länger auf dem winterlichen Resistenzniveau. Wir haben diese Pflanzen im Glashaus bei +10 bis +15°C weiter enthärtet. Auch danach waren die Hochlagenherkünfte frosthärter als die Tieflagenherkünfte, besonders bei Pflan-

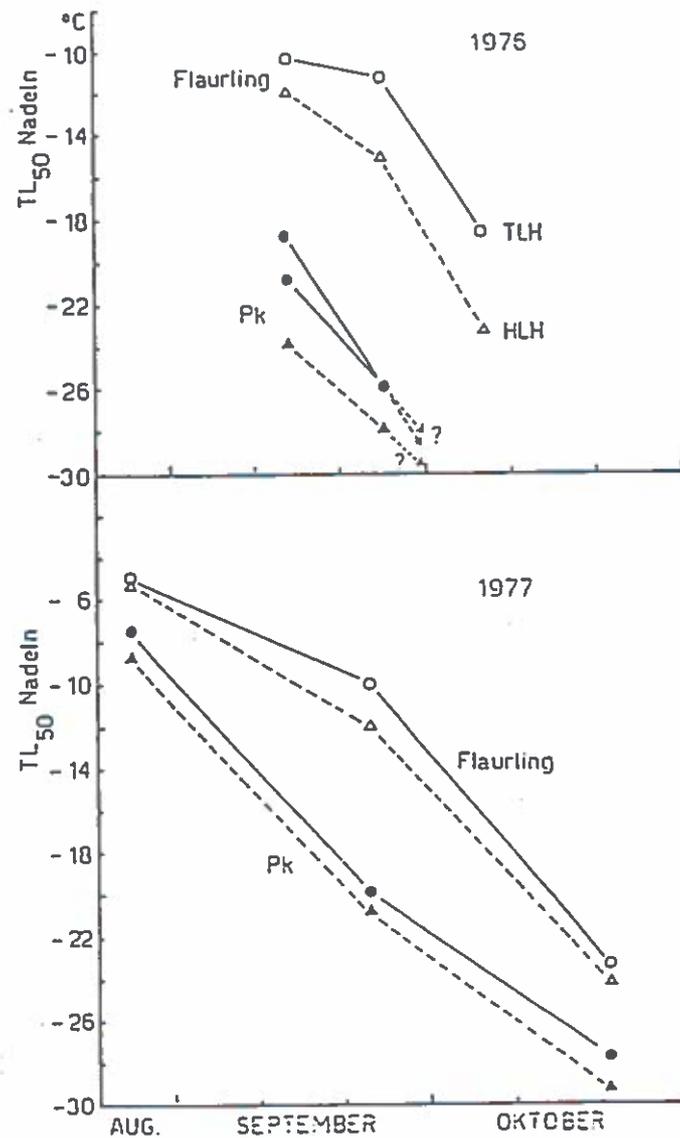


Abb. 6. Verlauf der Frostresistenz (50 % Schaden) von letztjährigen Nadeln 3 - 4jährige Fichtensämlinge verschiedener Herkunft auf den Versuchsflächen Flaurling (700 m) und Patscherkofel (Pk, 1950 m) im Herbst 1976 und 1977. Die Werte sind Mittel von 4 Hoch- (HLH) und 6 - 7 Tallagenherkünften (TLH). Nach UNTERHOLZNER (1979).

zen, deren Neutriebe sich infolge einer Kältebehandlung im vorhergehenden Sommer nicht voll entwickeln konnten. Man sieht, daß solche unausgereifte Triebe im allgemeinen weniger Frost ertragen als voll ausgereifte Triebe (TRANQUILLINI 1986).

RAINER (1985) hat schließlich die Frostresistenz auch während des Hochwinters bestimmt. Sie hat die Frostresistenz durch den mittleren Schädigungsgrad ausgedrückt, der sich nach mehrstündiger Einwirkung einer be-

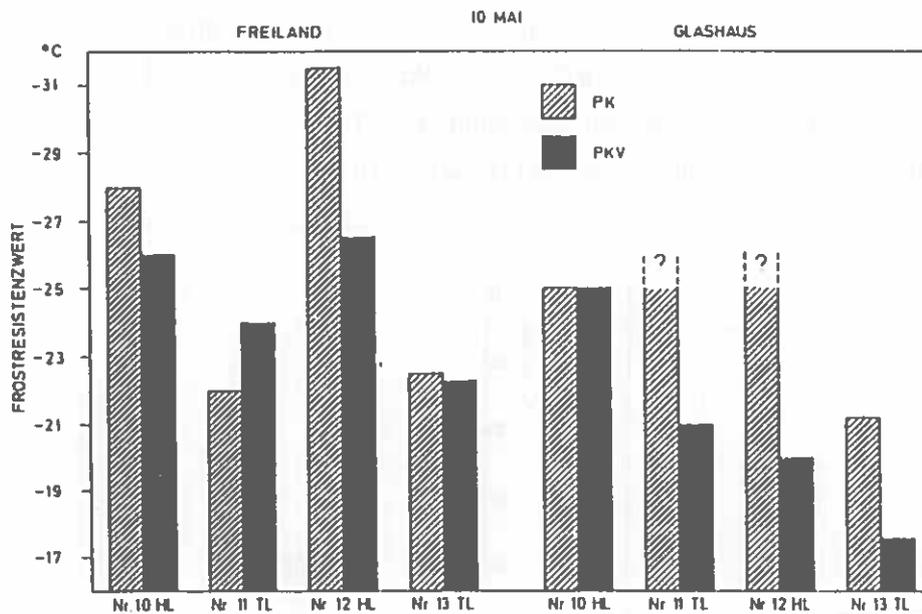


Abb. 7. Frostresistenz (50 % Schaden) von Fichtennadeln von 2 Herkunftsparen während der spätwinterlichen Enthärtungsphase (10. Mai) unmittelbar nach der Entnahme vom Standort an der Waldgrenze am Patscherkofel (Freiland) und nach 10 Tagen Aufenthalt im Glashaus bei +10° bis +15°C. Die Versuchspflanzen wurden in 1950 m angebaut (Pk); ein Teil der Pflanzen wurde während des Sommers einen Monat lang in einem Kühlhaus gehalten, (Pkv.). Nach TRANQUILLINI (1986).

stimmten Endtemperatur im Laufe der Nachkultur einstellen. Im Jänner wurden die eingetopften Bäumchen auf - 34°C abgekühlt und hernach wieder aufgetaut. Die Versuchspflanzen wurden entweder nur einem Frostwechsel oder 4 Frostwechsel hintereinander ausgesetzt. Die Hochlagenherkünfte zeigten in beiden Fällen geringeren Schädigungsgrad als die Tieflagenherkünfte (Abb. 8).

Bei einem 2. Versuch im März (Abkühlung auf - 30°C) wurden neben der Zahl der Frostwechsel auch die Geschwindigkeit variiert, mit der die Pflanzen eingefroren und aufgetaut wurden. Auch hier zeigten die Hochlagenherkünfte bei fast allen Varianten geringere Schäden als die Tieflagenherkünfte (Abb. 8).

Wir haben auch geprüft ob man die höhere Frostresistenz der Hochlagenherkünfte schon im Keimlingsstadium nachweisen kann. SCHULER (1983) fand, daß 2 Tage alte Keimlinge schon bei - 1°C erfrieren, sobald sich Eis in der zarten Keimwurzel bildet (Abb. 9). Nach 7 - 12 Wochen halten aber die Keimlinge bereits - 5° bis - 7°C aus und schon in diesem Stadium differen-

ziert sich die Resistenz der Herkünfte und es treten Unterschiede von mehr als 1° auf. Auch die Wurzeln 2 - 3 Monate alter Keimlinge erleiden bei Hochlagenherkünften weniger Schaden als Tieflagenherkünfte und bilden nach der Frostung mehr neue Seitenwurzeln als Tieflagenherkünfte.

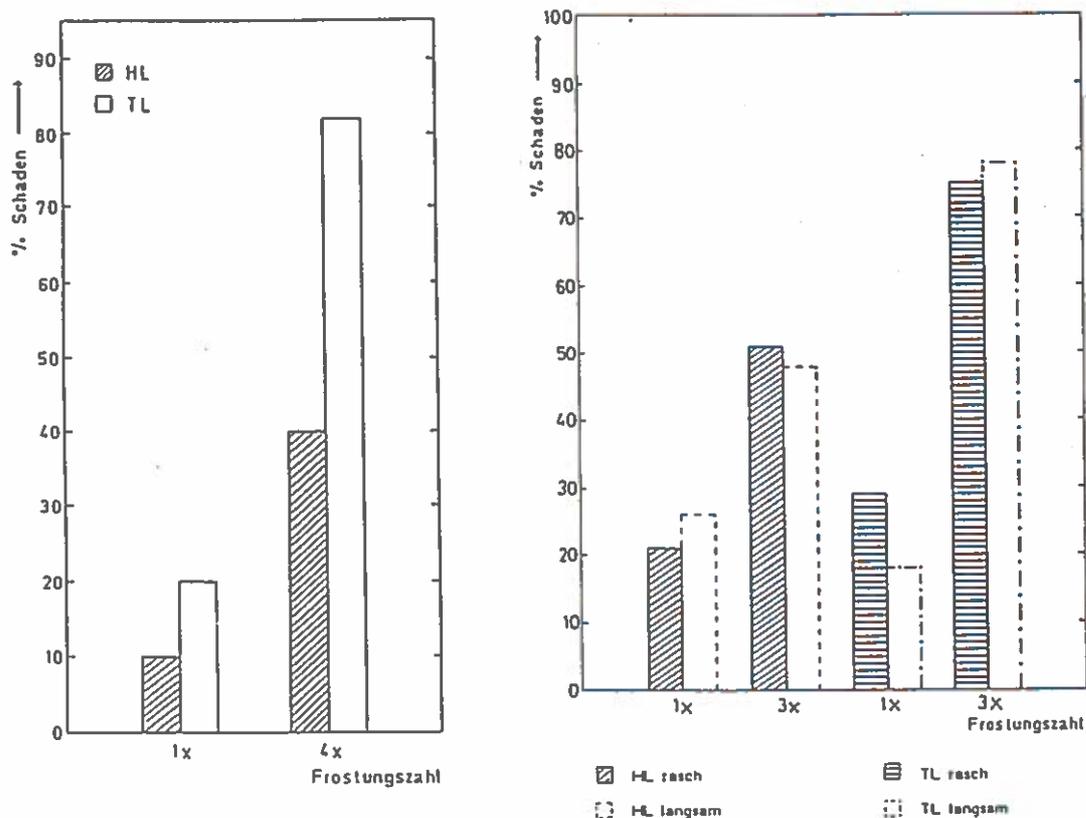


Abb. 8. links: Mittlere Schädigung der Nadeln (%) von Hoch- und Tieflagenherkünften der Fichte nach ein- und viermaligem Frostwechsel (+2°/-34°C) im Jänner 1984.

Rechts: Mittlere Schädigung von Nadeln (%) von Hoch- und Tieflagenherkünften der Fichte nach ein- und dreimaligem Frostwechsel (+2°/-30°C) bei rascher ($8.3^{\circ} \text{ h}^{-1}$) und langsamer ($4.6^{\circ} \text{ h}^{-1}$) Frier- und Auftaugeschwindigkeit im März 1984. Nach RAINER (1985)

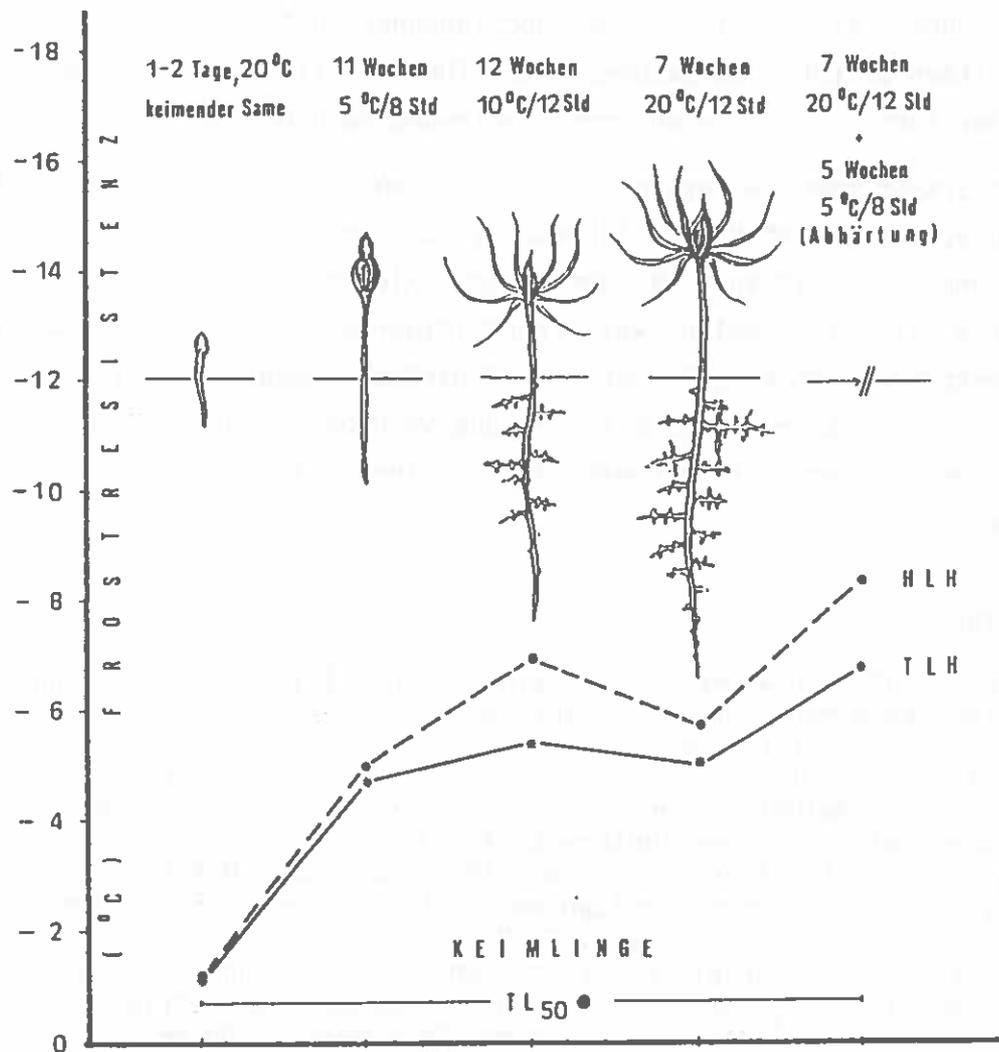


Abb. 9. Frostresistenz von Keimlingen (50 % Schaden) verschiedenen Alters von Hoch- (HLH) und Tieflagenherkünften (TLH) der Fichte. Die Entwicklung erfolgte bei verschiedenen Temperaturen (°C) und täglichen Belichtungszeiten (Std.). Nach SCHULER (1983).

ZUSAMMENFASSUNG:

Aus diesen Untersuchungen geht klar hervor, daß bei jungen Fichtensämlingen Hochlagenherkünfte erst bei tieferen Temperaturen geschädigt werden als Tieflagenherkünfte. Die Unterschiede können bis 9° betragen. Die Wahrscheinlichkeit, am Standort durch Frost Schaden zu leiden oder zu erfrieren ist also bei Hochlagenherkünften wesentlich geringer. Sie können daher auch aus diesem Grund bei Hochlagenaufforstungen mit weniger Ausfallrisiko eingesetzt werden.

Wie die Untersuchungen im Hochwinter und vor allem an Keimlingen zeigen,

ist die höhere Frostresistenz der Hochlagenherkünfte genetisch bedingt. Sie besitzen offenbar strukturelle und funktionelle Eigenschaften, die sie widerstandsfähiger gegen Frosteinwirkung machen.

Beim Erwerb oder Verlust der Frostresistenz (Abhärtung und Enthärtung) infolge von Klimaeinflüssen (jahreszeitliche und kurzfristige Resistenzschwankungen) spielt auch das genetisch fixierte Wachstumsverhalten der Herkünfte eine große Rolle, weil frühzeitiger Wachstumsabschluß der Hochlagenherkünfte auch eine frühzeitige Abhärtung ermöglicht und später Aktivitätsbeginn eine frühzeitige Enthärtung verhindert. Die längere Andauer der Winterruhe der Hochlagenherkünfte verringert auch die Früh- und Spätfrostgefahr.

LITERATUR

- Groß, M.: 1987. Der Wärmehaushalt einer Fichte (*Picea abies* L.) an der alpinen Waldgrenze und sein Einfluß auf die Frostresistenz. Diplomarbeit Universität Hohenheim.
- Pisek, A., Schiessl, R.: 1946. Die Temperaturbeeinflußbarkeit der Frosthärtigkeit von Nadelhölzern und Zwergsträuchern an der alpinen Waldgrenze. Ber.naturwiss.-med.Ver.Innsbruck, 47, 33-52.
- Pümpel, B., Göbl, F., Tranquillini, W.: 1975. Wachstum, Mykorrhiza und Frostresistenz von Fichtenklonpflanzen bei Düngung mit verschiedenen Stickstoffgaben. Europ.J.For.Path. 5, 83-97.
- Rainer, L.: 1985. Über die Frostresistenz von Hoch- und Tieflagenprovenienzen der Fichte mit besonderer Berücksichtigung der Gefriereschwindigkeit und der Zahl der Gefrierzyklen. Diplomarbeit Universität Innsbruck.
- Schuler, K.: 1983. Wurzelphysiologische Untersuchungen an verschiedenen Fichtenherkünften. Dissertation Universität Innsbruck.
- Tranquillini, W.: 1986. Frost- und Austrocknungsresistenz von Hoch- und Tieflagenherkünften der Fichte. Jahresbericht 1986 der Forstl.Bundesvers.anst.Wien, 109-114.
- Ulmer, W.: 1937. Über den Jahresgang der Frosthärte einiger immergrüner Arten der alpinen Stufe sowie der Zirbe und Fichte. Jb.wiss.Bot. 84, 553-592.
- Unterholzner, L.: 1979. Höhenzuwachs und Knospenentwicklung bei verschiedenen österreichischen Fichtenherkünften mit besonderer Berücksichtigung der Ausreifungsvorgänge. Dissertation Universität Innsbruck.

PFLANZENQUALITÄTSMERKMALE BEI GEBIRGSSHERKÜNFTE

J. NATHER

Forstliche Bundesversuchsanstalt, Wien, Institut für Waldbau

Im Gebirgswald sind zur Zeit große Teile der zum Teil überalterten Waldbestände, besonders im Schutzwaldbereich, zu erneuern. Zumindest im Rahmen von besonderen Projekten wird dabei eine große Zahl von Pflanzen in der Hochlage - der subalpinen Waldstufe - zur Verwendung gelangen. Neben der Standortstauglichkeit der Herkünfte wird auch die morphologische Qualität eine wichtige Voraussetzung für den Erfolg der Aufforstungen darstellen.

Dabei sind 2 Aspekte besonders hervorzuheben:

1. Der waldbaulich-genetische Aspekt des charakteristischen Aufbaues von Hochlagenpflanzgut.
2. Die ökonomischen Konsequenzen bei der Bewertung von Hochlagenpflanzen.

Während in tieferen Lagen die größtmögliche Produktionsleistung als Wirtschaftsziel zu bezeichnen ist, gebührt im hochalpinen Bereich den Fragen der Anpassung und Widerstandsfähigkeit eindeutig der Vorrang gegenüber der Wuchsleistung. (Angemessene Leistung ist natürlich kein Nachteil). Fehler werden hier zur Existenzfrage einer Pflanze bzw. einer Baumart. Ersatzherkünfte aus tiefer gelegenen Ernteorten führen früher oder später zu Mißerfolgen und Vitalitätsverluste summieren sich in einer "Verfallsspirale".

Die Seehöhe ist im Alpenbereich der dominierende Faktor. Es ist sicher kein Zufall, daß Erkenntnisse über die Bedeutung der Herkunft gerade im Alpenraum von Engler (S) und Cieslar (Ö) gewonnen wurden, die vor nunmehr fast 100 Jahren Versuche mit Herkünften aus verschiedenen Höhenlagen anlegten. Eine wichtige Entscheidung betrifft zunächst die Übertragungsspielräume für eine Herkunft. Ist im montanen Bereich durchaus noch 200 bis 300 m Höhendifferenz zum Ursprungsort zulässig (vielleicht auch mehr), so werden mit zunehmender Seehöhe die Übertragungsspielräume enger und sollten im subalpinen Bereich 100 (150) m +- nicht wesentlich übersteigen. In dieser Hinsicht wird künftig eine Änderung der gesetzlichen Bestimmungen zweckmäßig sein, die zur Zeit für den

obersten Höhengürtel eine Begrenzung bei 1300 bzw. 1400 m vorsehen und somit bis zur Baumgrenze einen Höhenbereich von 500 bis 600 m umfassen.

Bei der Aufzucht von Forstpflanzen haben wir zweimal den Faktor Seehöhe zu berücksichtigen:

1. Die Seehöhe des Herkunftsortes
2. Die Seehöhe des Forstgartens.

Im ersten Fall wirkt die genetisch festgelegte Anpassung an die Hochlagenbedingungen in einer ziemlich stabilen und charakteristischen Ausformung, d.h. mit anderen Worten, in einem - erblich bedingt - besonders gedrungenem Aufbau (Abbildung 1).

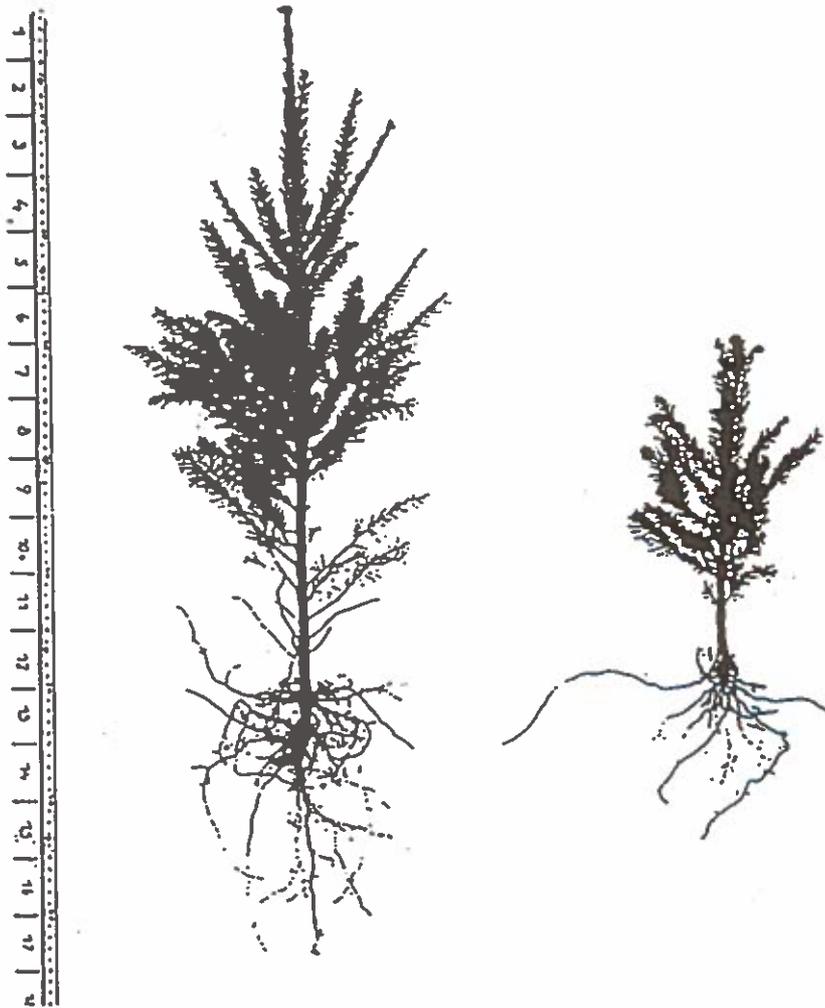


Abb. 1: Links: Bild einer typischen Tieflagenpflanze (4-jg. versch.)
Rechts: Bild einer typischen Hochlagenpflanze (4-jg. versch.)

Im zweiten Fall kommt es - umweltbedingt - ebenfalls zu einer Verminderung der Wuchsleistung von der aber besonders die wüchsigsten Tieflagenherkünfte betroffen sind, die in ihrer Wuchsleistung bis auf ein Drittel absinken können.

Ein ausgeprägter Standort, noch dazu im Grenzbereich der Lebensmöglichkeit einer Baumart, ist durch besondere Anpassungsformen gekennzeichnet. Als wesentliches Merkmal soll an erster Stelle die Wuchsleistung erwähnt werden. Abbildung 2 zeigt die Größenentwicklung zweijähriger Sämlinge verschiedener Herkunftsorte (ein ähnlicher Kurvenverlauf ist für alle derartigen Vergleiche typisch). Die Differenz der Pflanzengröße pro 100 m beträgt

in der Tieflage 10 - 15 %

in der Hochlage (besonders über 1400) hingegen 30 - 40 %.

Unterschiede der Mittelwerte der Pflanzengröße (2js.) zwischen der größten und kleinsten Herkunft betragen 300 bis 400 %.

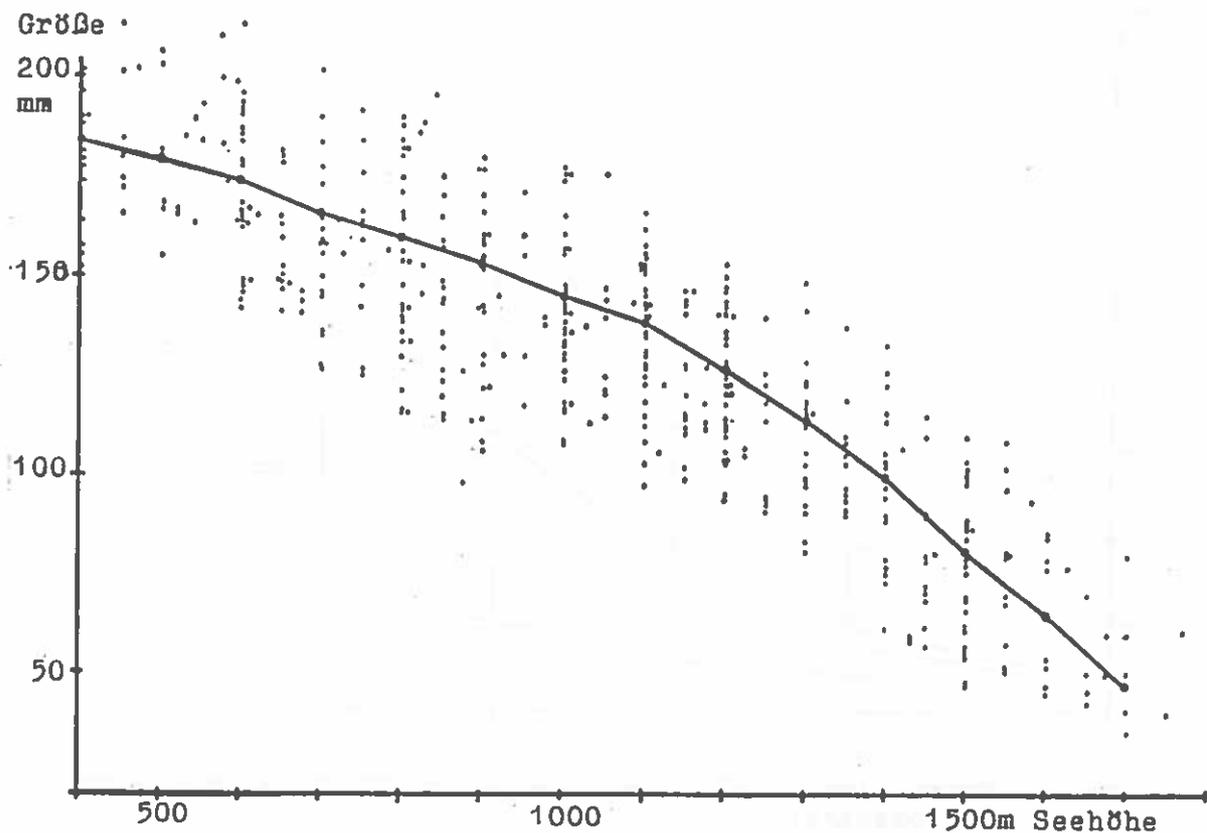


Abb. 2: Größe 2-jg. Fichtensämlinge, geordnet nach der Seehöhe des Herkunftsortes

Abbildung 3 zeigt den durchschnittlichen Entwicklungsverlauf von Hoch- und Tieflagenherkünften im Forstgarten. Das Zurückbleiben der Hochlagenpflanzen im Wuchs, als Folge geringerer Triebblängen, bedeutet wesentlich kleinere Sortimente bzw. 2 - 3 Jahre längere Anzuchtzeiten. Daraus ergibt sich ein wesentlicher ökonomischer Bezug. Bei einer Preisbildung allein nach Alter und Größe ist die Hochlagenpflanze entscheidend benachteiligt, solange kein eigener Bewertungsrahmen Verwendung findet. Dies ist letztlich mit ein Grund, daß i.d.R. zu wenig Hochlagenmaterial produziert wird. Als Grund für die verminderte Wuchsleistung ist vor allem die genetische Anpassung an die kurze Vegetationszeit zu nennen. Der

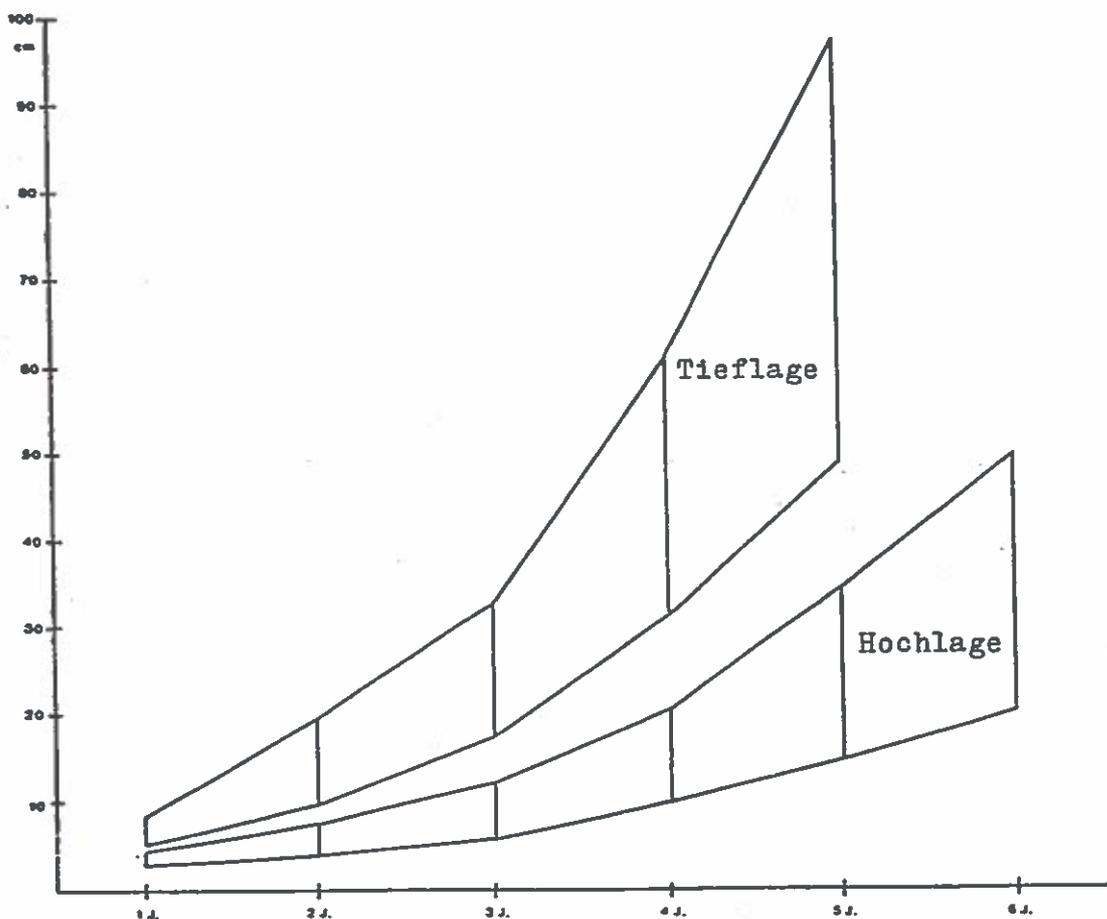


Abb. 3: Entwicklungsverlauf von Hoch- und Tieflagenherkünften im Forstgarten

Wachstumsabschluß erfolgt frühzeitig bereits nach etwa 10 Wochen, d.h. etwa Mitte Juli. Bei Hochlagenherkünften kommt es auch unter günstigen Bedingungen zu keiner Fortsetzung des Wachstums (Johannestriebbildung), eine Eigenschaft die als Unterscheidungsmerkmal wiederholt angeführt wurde (SCHMIDT-VOGT, HOLZER). Das Abschlußverhalten ist durch den KBI (HOLZER) genau bestimmbar und damit steht ein wertvolles Hilfsmittel für die Zuordnung von Herkünften zu optimalen Höhenbereichen zur Verfügung. Dies ist umso wertvoller, als die Bodenständigkeit nicht immer mit Sicherheit angegeben werden kann und nach Saatgutübertragungen, etwa im Zusammenhang mit Schneesaaten, bereits eine bedeutende Entfernung von der ursprünglichen Höhenstufe erfolgt sein kann. Beerntungen aus höher gelegenen Beständen sollten daher womöglich immer solchen Testungen unterzogen werden, um ihren optimalen Verwendungsbe- reich beurteilen zu können.

Andere Qualitätsmerkmale sind Gewicht, Bewurzelung, Durchmesser etc. Sie werden üblicherweise in Ergänzung bzw. in Relation zur Pflanzengröße verwendet. Besonders gilt dies für den Durchmesser

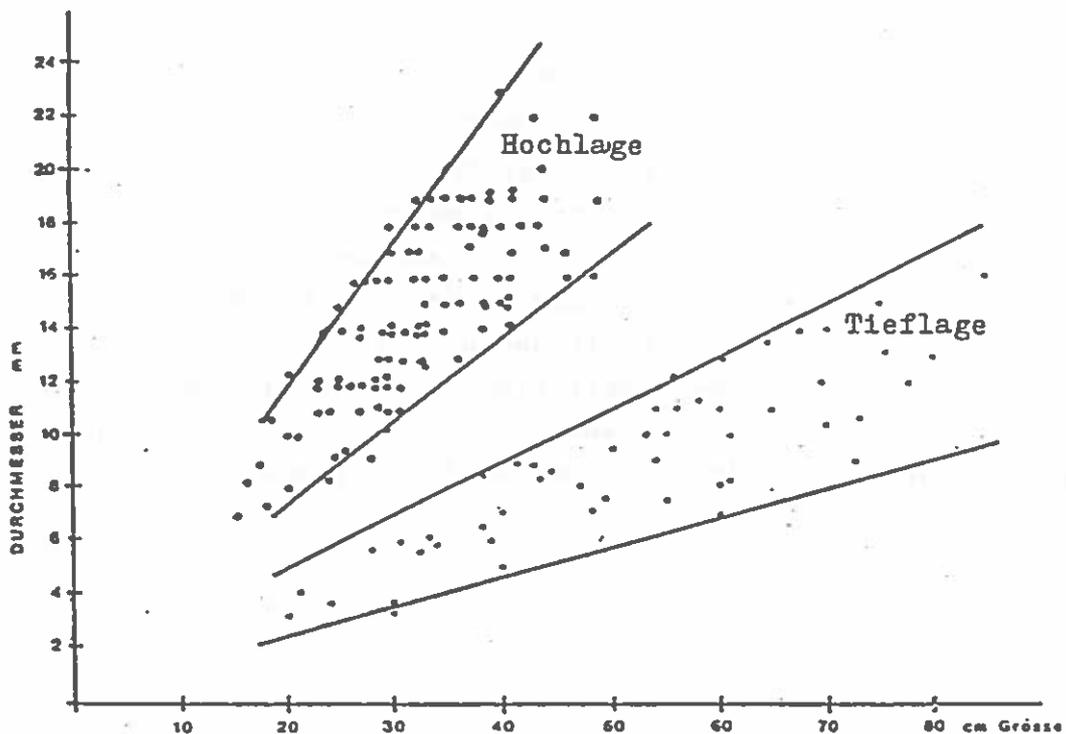


Abb. 4: Wurzelhalsdurchmesser bei verschiedenen Pflanzengrößen Bewertungsrahmen für Hoch- und Tieflagenpopulationen bei verschulten Fichtenpflanzen

am Wurzelhals als Maß für die Stufigkeit. Dabei zeigt sich, daß ein eigener Bewertungsrahmen gerechtfertigt wäre, da sich Hochlagenpflanzgut wie z.B. bei Fichte deutlich in dem Höhe/Durchmesser-Verhältnis von normalen Herkünften unterscheiden läßt (Abbildung 4). Die Durchmesser von Hochlagenpflanzen sind bei vergleichbarer Sproßlänge deutlich größer. Während sich für den Mindestdurchmesser bei Hochlagenpflanzen etwa ein H:D-Verhältnis von ca. 30 - 40 ableiten läßt, erreichen die günstigsten Werte für Tieflagen (auch bei gedrungenem Wuchs) zwischen 40 und 45, i.d.R. über 60. Ein weiteres wichtiges morphologisches Merkmal sind der deutlich höhere Wurzelanteil der Hochlagenpflanze (bei ungestörter Entwicklung) bis zu 30 - 40 % gegenüber 18 - 25 % im Durchschnitt für Normallagen.

Erwähnenswert ist weiters eine starke Neigung zur Ersatzknospenbildung, was häufig Mehrtriebigkeit bei buschigem Wuchs zur Folge hat.

Zum Abschluß soll noch kurz ein aktuelles Problem des Hochlagenpflanzgutes angesprochen werden, und zwar die übliche Sortierung (schon im Normalbereich nicht unumstritten).

Zunächst erfolgt bereits bei der Verschulung eine Aufteilung der Sämlinge nach ihrer Eignung für maschinelle Verschulung, somit eine Aufsplitterung der Population nach der Größe.

Die fertigen Verschulpflanzen werden zur Abgabe häufig wiederum in zwei Größenklassen geteilt und es ist zu befürchten, daß dabei ein nicht unwichtiger Teil einer Population, nämlich besonders widerstandsfähige und stabile Pflanzen und mit ihnen eine bestimmte genetische Information, verloren gehen.

Stabilität und Empfindlichkeit seehöhenabhängiger Merkmale unter verschiedenen Ernährungsbedingungen bei der Forstgartenanzucht von Fichtensämlingen.

F.Müller

Forstliche Bundesversuchsanstalt, Institut für Waldbau

1) Einleitung:

Fichtenpopulationen, die an die Seehöhe und damit an die Dauer der Vegetationszeit ihres Standortes angepaßt sind, ergeben Sämlingsnachkommenschaften, die auch bei Anzucht in tief gelegenen Forstgärten charakteristische phänologische und morphologische Merkmale aufweisen. Die genetische Steuerung der schon beim Keimling und im ersten Anzuchtjahr erkennbaren Unterschiede von Herkünften verschiedener Höhenlagen wird als Grundlage für Früh- bzw. Identifizierungstests verwendet. Ziel vorliegender Untersuchung war es, die Stabilität und Empfindlichkeit mehrerer Merkmalswerte bei der Freilandanzucht in einem tief gelegenen Forstgarten gegenüber sehr verschiedenen Ernährungsbedingungen zu prüfen.

2) Methodik:

Im Versuchsgarten Mariabrunn der Forstlichen Bundesversuchsanstalt (Seehöhe: 226 m) wurde im Frühjahr 1981 eine Fichtensaat mit 19 Herkünften und 16 Ernährungsvarianten angelegt.

Die Herkünfte weisen eine breit gestreute Seehöhenabstammung aus dem Bereich der Alpen, des Alpenvorlandes und des Mühl- und Waldviertels auf (Tab. 1).

Die Beschreibung der Saatanordnung und der zur Auswertung verwendeten Sämlingszahlen erfolgte bereits in HOLZER, MÜLLER (1986).

Die 16 Ernährungsvarianten ergeben sich aus der Kombination von vier Ernährungstypen auf vier verschiedenen Saatbeetsubstraten (Tab. 2).

Durch die Wahl von mehreren Substraten bei Abstufung der Nährlösungsgaben wurden den Sämlingen sehr unterschiedliche Ernährungsbedingungen geboten. Optimale Voraussetzungen waren auf der Moorerdemischung gegeben (Var. 9-12), wobei durch zusätzliche wöchentliche Nährlösungsgaben bei einem Teil dieser Moorerde-Varianten Wachstumssteigerungen ausgelöst wurden, deren Ausmaß bei der praktischen Forstpflanzenanzucht nicht mehr als günstig angesehen werden können. Ungünstiger und in den sich ergebenden Wuchsleistungen stark von der Menge der zugeführten Nährstoffe abhängig war die Sämlingsentwicklung auf einer Rindenkompostmischung (Var. 13-16), wo infolge mangelnder Reife der Kompostrotte vor allem Stickstoffimmobilisierung die Sämlingsentwicklung hemmte, wenn sie nicht durch entsprechende Nährlösungsgaben kompensiert wurde.

Eine für den Versuchsablauf erwünschte unzureichende Ernährungssituation wurde auch durch Verwendung eines humusarmen, kalkhaltigen Mineralbodens mit pH-Werten zwischen 7,3 und 7,8 (Var. 5-8) erreicht. Durch Einbeziehung von Perlit als Anzuchtsubstrat konnten durch abgestufte Nährstoffgaben entsprechend differenzierte Wachstumsverhältnisse erzielt werden, die ebenfalls den Bereich optimaler Sämlingsentwicklung abdeckten.

Tab. 1 Herkunftsbezeichnung, mittlere Knospenkennzahl (KK)			
Lfd.Nr.	Herkunftsbezeichnung	KK	
1	11(IV/3/4-9) Schneegattern, OÖ, 650 m	284,9	tiefere Lagen
2	11(V/1/3-6) Braunau, OÖ, 400 m	319,4	
3	102(IIB/7/4-9) Osterwitz, Ktn., 600-700 m	334,6	
4	53(VI/1/6-9) Kerschbaum, OÖ, 650 m	339,4	
5	24(VI/1/6-9) Langzwettel, OÖ, 680 m	344,2	
6	29(IIB/3/4-9) Weyer, Stmk., 800-900 m	352,9	
7	120(IIA/4/4-9) Langenwang, Stmk., 680 m	381,1	
8	23(I/6/9) Seckau, Stmk., 700-800 m	385,0	
9	29(I/5/9-14) Kalwang, Stmk., 1125 m	455,6	
10	17(I/6/14+) Obdach, Stmk., 1600 m ?	458,3	
11	(IIA/4/9-13) Gahns, NÖ, 900-1000 m	662,6	höhere Lagen
12	80(I/9/9-14) Reichenfels, Ktn., 1175 m	669,1	
13	196(I/6/9-14) Unterzeiring, Stmk., 900-1400 m	711,0	
14	29(I/5/9-14) Kalwang, Stmk., 1350 m	721,2	
15	92(I/9/14+) Pöckstein, Ktn., 1550 m	797,9	
16	24(I/6/9-15) Ingering, Stmk., 1300 m	827,7	
17	80(I/9/9-14) Reichenfels, Ktn., 1250 m	844,1	
18	17(I/6/14+) Obdach, Stmk., 1400-1600 m	878,9	
19	164(I/9/14+) St. Lorenzen, Ktn., 1500-1600 m	953,2	

3) Beobachtungen, Messungen:

Die Entwicklung der ein- und zweijährigen Sämlinge wurde hinsichtlich phänologischer und morphologischer Merkmale registriert und mit den Boden- und Nadelanalysendaten in Beziehung gebracht (MÜLLER, 1986, 1987).

Als Beispiel für die Spannweite der durch Ernährung bedingten Einflußnahme auf den Wachstumsverlauf einjähriger Sämlinge unterschiedlicher Seehöhenherkunft ist in Abb. 1 die Knospentwicklung für fünf Herkünfte bei zwei Ernährungsvarianten dargestellt.

Bei Variante 13 ist gegenüber Variante 4 vor allem die vorzeitige Beendigung des Wachstums der Herkünfte tieferer und höherer Lagen (HK. 1, 10, 12, 15) und der Entfall der zweiten Triebbildung zu beobachten.

Bei allen Herkünften und Ernährungsvarianten wurde in regelmäßigen Abständen die Zahl jener Sämlinge geschätzt, die ihr Wachstum durch Bildung einer Endknospe unterbrochen oder beendet hatten und diese Schätzzahlen wurden zur Knospenkennzahl summiert. Die Mittelwerte der Knospenkennzahlen jeder Herkunft als Durchschnitt über alle 16 Ernährungsvarianten sind in Tab. 1 angegeben und stellen die beste - aus diesem Freilandversuch - verfügbare Maßzahl für den Anpassungsgrad der Sämlingspopulationen an die

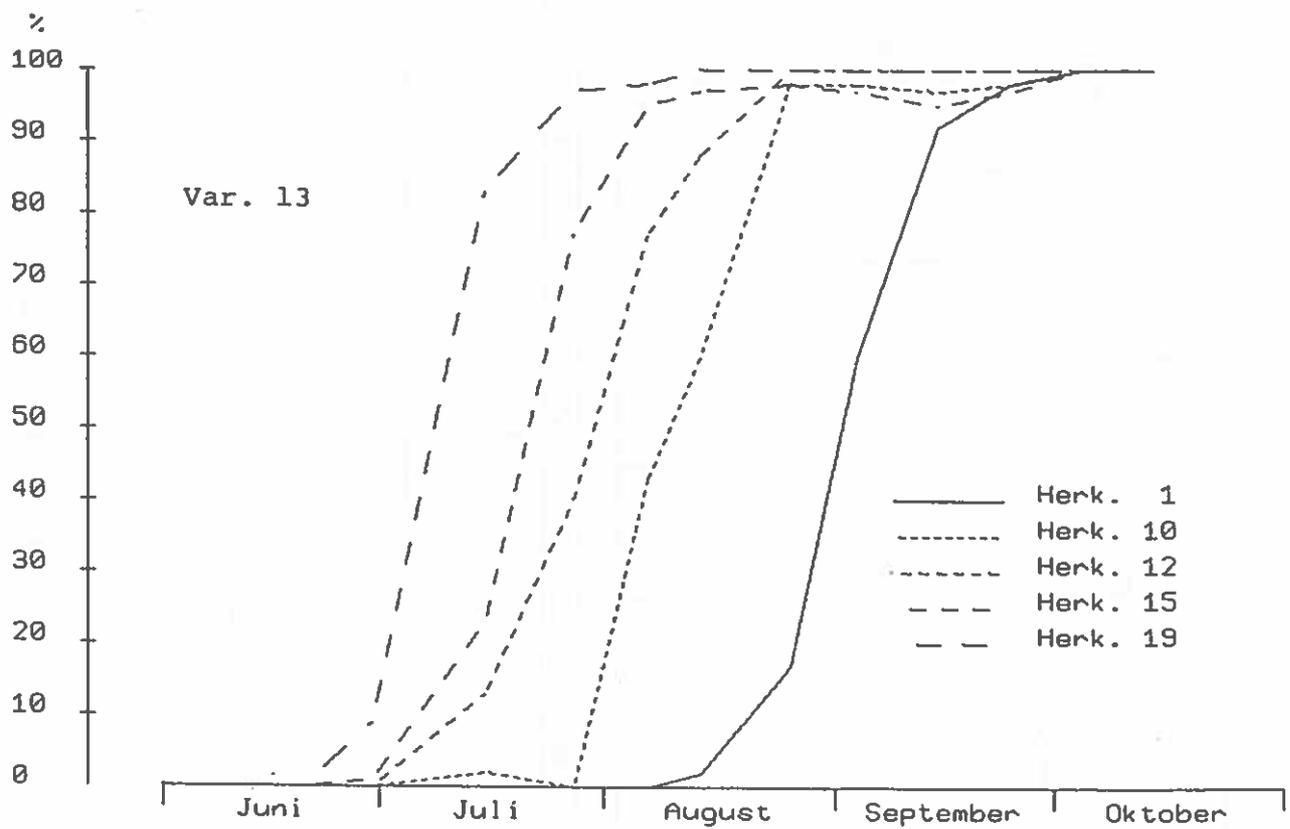
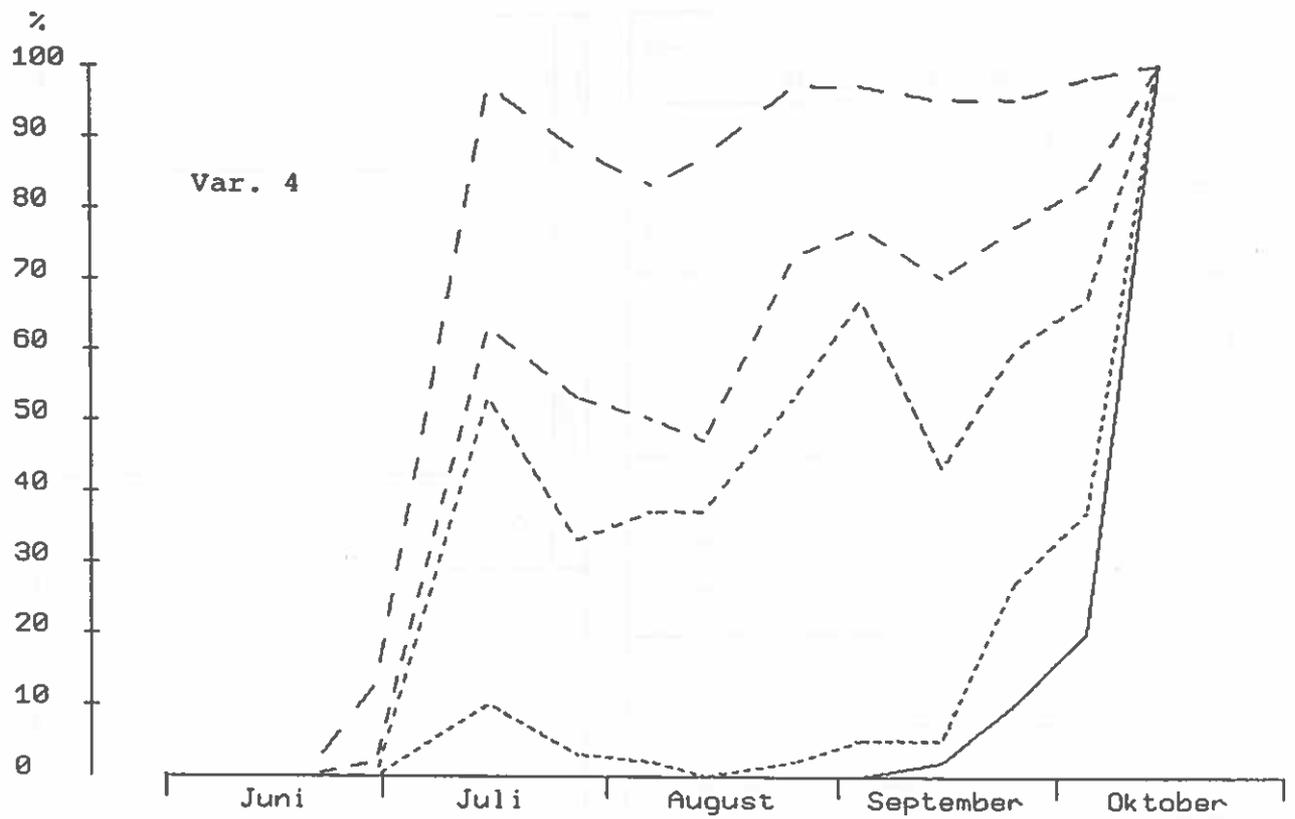


Abb. 1 Knospenentwicklung für fünf Herkünfte bei zwei Ernährungsvarianten

Dauer einer nach zunehmender Seehöhe verkürzten Vegetationszeit dar.

Diese durch Freilandbeobachtung erhaltene mittlere Knospenkennzahl weist eine enge Korrelation zu jener Knospenkennzahl auf, die HOLZER bei der Kulturkammertesting als Fröhstestmerkmal der Herkünfte ermittelt hat ($r = 0,9857$) (s. Abb. 2).

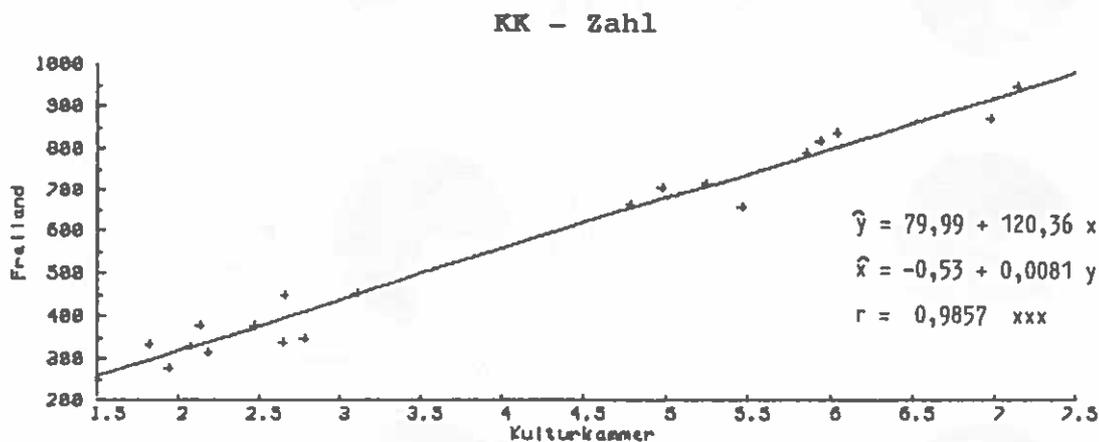


Abb. 2 Korrelation zwischen den Knospenkennzahlen aus Freiland- und Kulturkammerwerten

Wachstumsdauer

Aus dem Auflaufzeitpunkt und den für die Summierung zur Knospenkennzahl bonitierten Schätzungen des Anteils der abgeschlossenen Sämlinge kann bei Einrechnung der Beobachtungsintervalle für jede Herkunft und Ernährungsvariante eine mittlere Wachstumsdauer abgeleitet werden.

In Abb. 3 ist der Verlauf der abnehmenden Wachstumsdauer mit

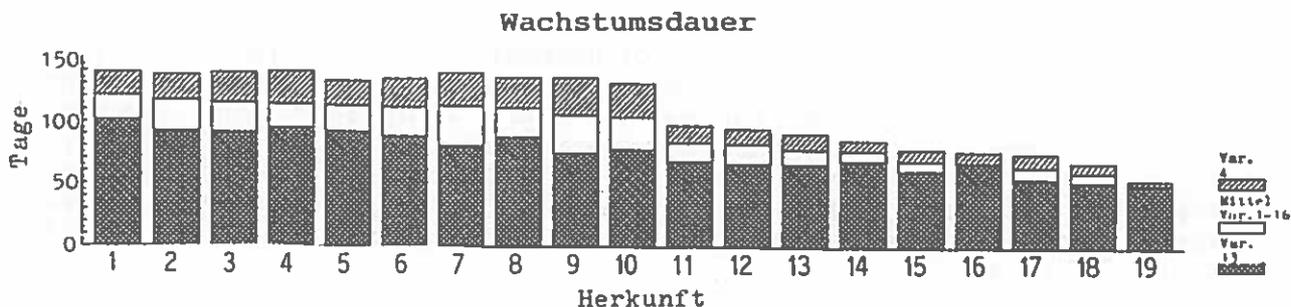


Abb. 3 Mittlere Wachstumsdauer von 19 Herkünften in Abhängigkeit von der Ernährung

Reihung der Herkünfte mit zunehmender mittlerer Knospenkennzahl (s. Tab. 1)

zunehmender Anpassung an verkürzte Vegetationszeit im Mittel über alle Ernährungsvarianten und für jene beiden Varianten dargestellt, für die im Mittel aller Herkünfte die längste (Var. 4) bzw. die kürzeste (Var. 13) Wachstumsdauer beobachtet wurde. Die varianzanalytische Prüfung und Ermittlung der Varianzkomponenten (WEBER, 1967) läßt für die vorliegende Versuchsanordnung einen überwiegenden Anteil der Herkunft an der Variation der Wachstumsdauer erkennen (75,7 %) (s. Abb. 4).

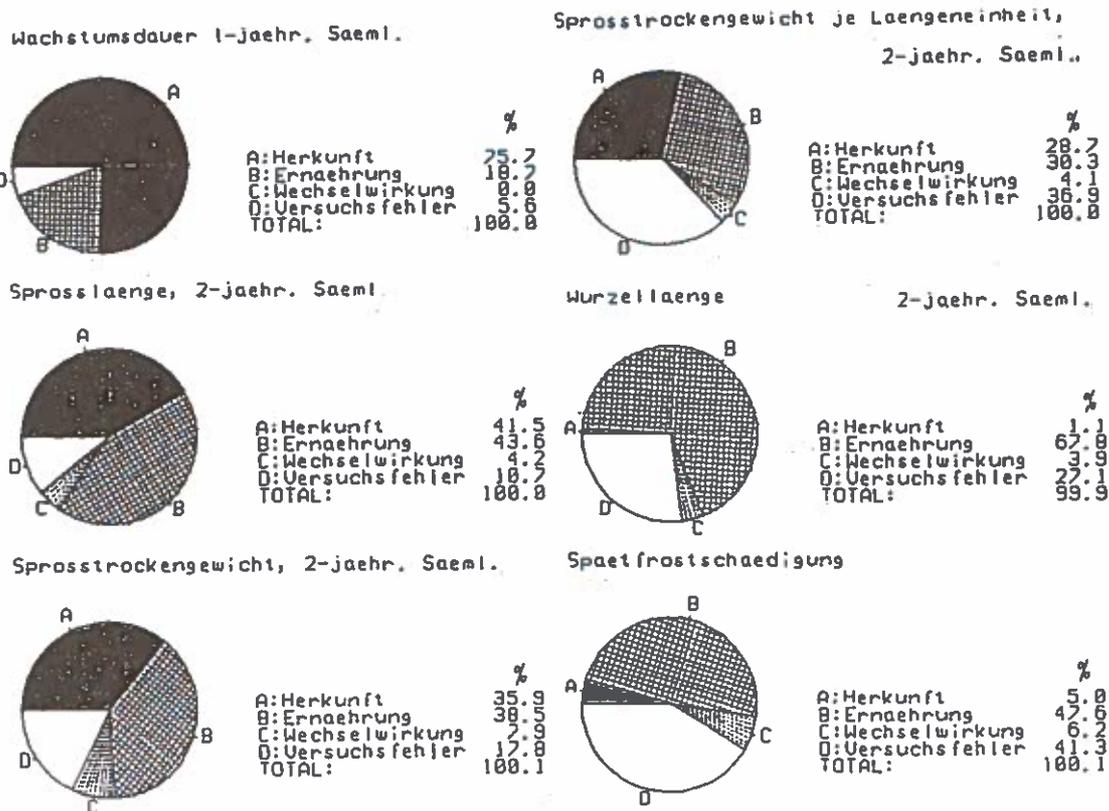


Abb. 4 Verteilung der Varianzkomponenten

Nur 18,7 % der Variation war durch die Ernährung bedingt. Die Wachstumsdauer ist somit ein Merkmal, welches sich unter den Bedingungen stark unterschiedlicher Ernährung relativ stabil erweist.

Zum Vergleich mit anderen Einflußgraden ist die Verteilung der Varianzkomponenten für einige morphologische Merkmale zweijähriger Sämlinge (Sproßlänge und -troekengewicht, Sproßtroekengewicht je Längeneinheit, Wurzellänge) in Abb. 4 ersichtlich. Während sich bei den oberirdischen Sproßmerkmalen der Einfluß der Ernährung und der Herkunft auf die Variation der Merkmale annähernd die Waage halten, wobei der Ernährungseinfluß stets etwas überwiegt, tritt bei der Wurzellänge der Einfluß der Herkunft (1,1 %) fast völlig zurück.

Der geringe Herkunftseinfluß auf die Wurzellänge ist der generell feststellbare Ausdruck für die Tatsache, daß sich der Seehöhengradient in der Wurzelmasse fast nicht oder zumindest weniger auswirkt als für die oberirdischen Sämlingsmerkmale.

In Abb. 3 ist ersichtlich, daß die Differenz in der Wachstumsdauer zwischen den Ernährungsvarianten 4 und 13 nicht gleichmäßig fallend mit den nach zunehmend mittlerer Knospenkennzahl gereihten Herkünften verläuft. Innerhalb der Herkünfte 1 - 10, die zur Herkunftsgruppe der tieferen Lagen zusammengefaßt werden können, ist zunächst eine Zunahme des Wachstumsdauerunterschiedes zwischen den beiden Ernährungsvarianten mit steigender mittlerer Knospenkennzahl festzustellen. Erst innerhalb der Gruppe höherer Lagen (Herkünfte 11 - 19) wird die Verringerung der Spannweite, die durch Ernährung gesteuert werden kann, mit zunehmender Verkürzung der Wachstumsdauer ausgeprägt.

Im Bereich der Gruppe der tieferen Lagen steigt also mit zunehmender mittlerer Knospenkennzahl der Herkunft die Empfindlich-

keit, mit der die Wachstumsdauer der Sämlinge auf Ernährungsunterschiede reagiert, deutlich an. Zur Schätzung dieser Empfindlichkeit einer Herkunft wurde - in Anlehnung an FALCONER (1984) - zunächst der allgemeine Effekt jeder Ernährungsvariante als das Mittel über alle 19 Herkünfte in dieser Variante berechnet. Dann wurde der Wert jeder Herkunft gegen das Variantenmittel gezeichnet. Die Steigung der Regressionsgeraden für die Punktwolke gilt als Maß für die Empfindlichkeit, wobei Werte über 1 überdurchschnittliche, Werte kleiner als 1 unterdurchschnittliche Empfindlichkeit anzeigen. In Abb. 5 sind die Streudiagramme und Regressionsgeraden für jene beiden Herkünfte dargestellt, die in ihrer Wachstumsdauer am empfindlichsten (Herkunft 9, $b = 1,620$) bzw. am wenigsten (Herkunft 19, $b = 0,147$) auf Ernährungsunterschiede reagierten.

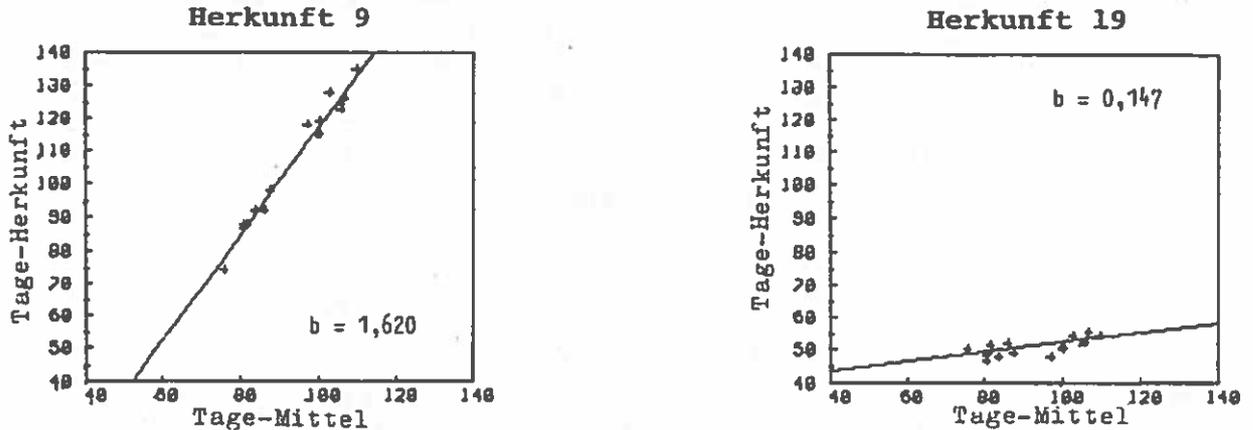


Abb. 5 Wachstumsdauer - Empfindlichkeit zweier Herkünfte

Der gesamte Bereich gefundener Empfindlichkeitswerte kann der Abb. 6 entnommen werden, wobei gleichzeitig die Zunahme der Empfindlichkeit für den Bereich der tieferen Lagen bzw. deren tiefere Lagen

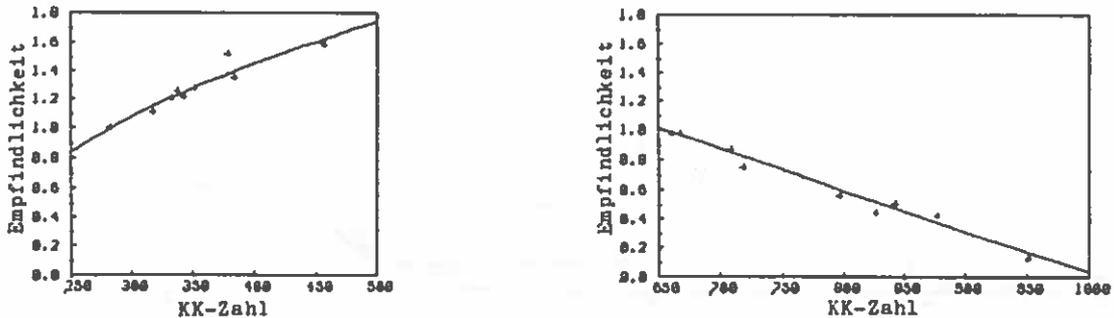


Abb. 6 Wachstumsdauer - Empfindlichkeit in Abhängigkeit von der mittleren Knospenkennzahl

Abnahme bei Herkünften höherer Lagen mit zunehmender mittlerer Knospenkennzahl ersichtlich ist. Die Herkünfte tieferer Lagen können generell als überdurchschnittlich, die der höheren Lagen als unterdurchschnittlich empfindlich eingestuft werden.

Spätfrostempfindlichkeit

Zu Beginn des zweiten Anzuchtjahres traten während des Austreibens Spätfrostereise auf, die bei den Sämlingen je nach Herkunft und Ernährungsvariante unterschiedliche Schäden bewirkten. Die Varianzanalyse ergab für die Aufgliederung der Ursache dieser

Variation folgende Aufteilung (Abb. 4b):

Herkunft: 5,0 % Wechselwirkung: 6,2 %
Ernährung: 47,6 % Versuchsfehler: 41,3 %

Die zwischen den Herkünften aufgetretenen Unterschiede der Frostschädigung waren im Verhältnis zu anderen Varianzkomponenten gering. Es ergab sich auch keine gesicherte Korrelation zwischen der über alle Ernährungsvarianten gemittelten Frostschädigung und der mittleren Knospenkennzahl, sodaß ein vermuteter Zusammenhang zwischen durchschnittlicher Frostschädigung und Seehöhe der Herkunft nicht abgesichert werden konnte.

Deutlicher als die einzelnen Herkünfte waren die Ernährungsvarianten hinsichtlich des Schadensausmaßes voneinander zu unterscheiden (Abb. 7). Die vier Perlit- (Var. 1 - 4) und die vier Moorerdevarianten (9 - 12) heben sich durch ihre geringe Frostschädigung (im Mittel aller Herkünfte rund 0 - 8 % geschädigte Pflanzen) ab. Innerhalb der Anzuchtsubstrate mit stärkerer Spätfrostschädigung (Mineralboden 5 - 8, Rindenkompostmischung 13 - 16) zeichnen sich deutlich die Varianten mit erhöhten Nährstoffgaben (Var. 7, 14) durch verringerte Schadensanteile aus.

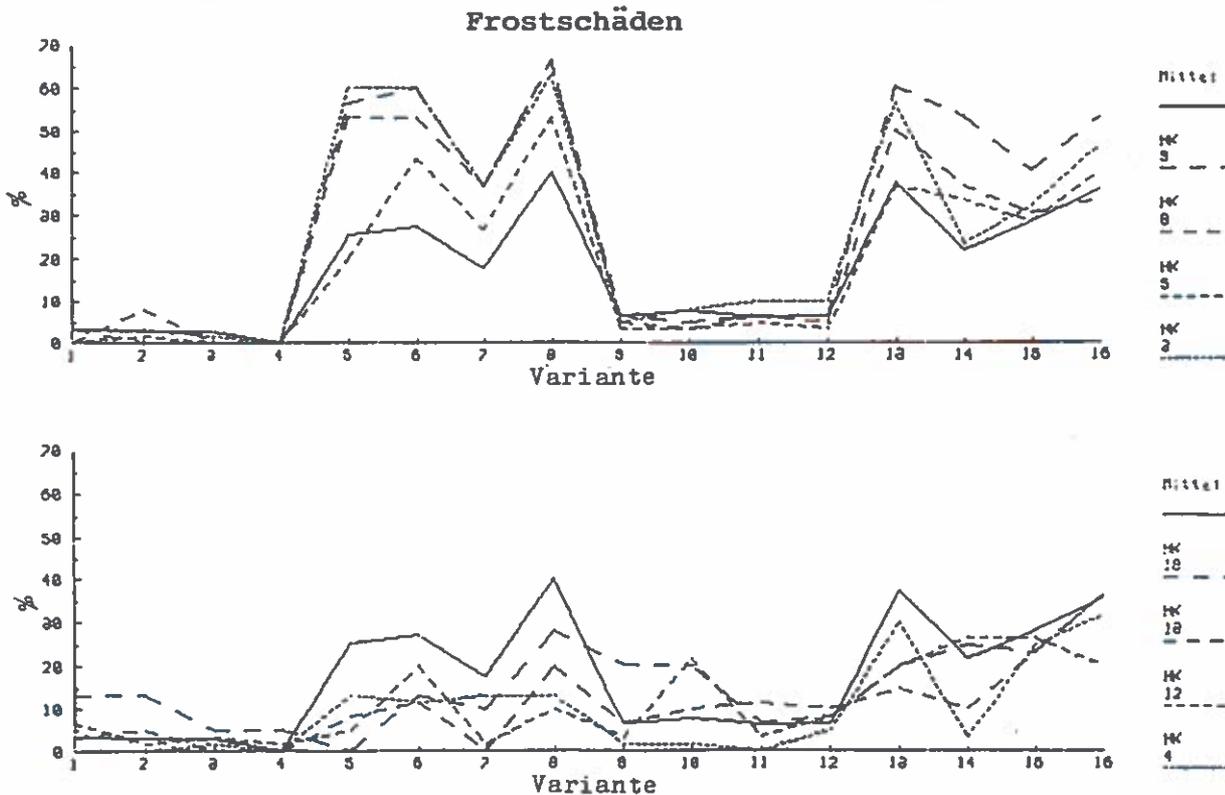


Abb. 7 Spätfrostschäden bei 16 Ernährungsvarianten
Herkünfte 3, 5, 8, 9: hohe Empfindlichkeit gegenüber
Ernährungsvariante
4, 12, 18, 19: geringe Empfindlichkeit gegenüber
Ernährungsvariante

Ein Zusammenhang zwischen Frostschädigung und Austrieb war dabei auszuschließen, da unter den früh- als auch unter den spätreibenden Sämlingen schwache und starke Schädigung festgestellt wurde.

Die Reaktion auf Spätfrostresistenz bei einzelnen Herkünften ist aufgrund der gesicherten Wechselbeziehung unter verschiedenen

Ernährungsbedingungen ungleich.

Einzelne Herkünfte (bes. HK 3, 5, 8, 9) reagieren besonders empfindlich auf Ernährungsunterschiede, während die Herkünfte 4, 12 und die Herkünfte mit höheren mittleren Knospenkennzahlen (bes. 18, 19) in ihrem Schädigungsgrad weniger stark variieren.

Zur Abschätzung dieser Empfindlichkeit wurden - analog der Vorgangsweise zur Abschätzung der Empfindlichkeit der Wachstumsdauer - die Frostschadensanteile der einzelnen Herkünfte je Ernährungsvariante gegen das Mittel über alle Herkünfte jeder Variante gezeichnet. In Abb. 8 sind die Regressionen einer ernährungsempfindlichen (HK 9) und einer hinsichtlich ihrer Spätfrostresistenz relativ ernährungsunabhängigen Hochlagenherkunft (HK 19) ersichtlich.

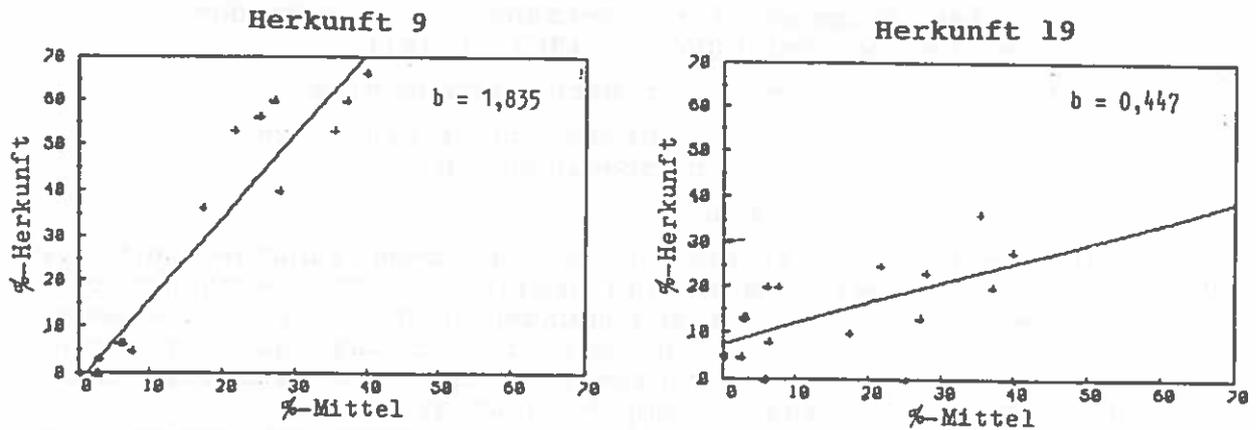


Abb. 8 Empfindlichkeit zweier Herkünfte gegenüber Spätfrost

Bei Darstellung der Empfindlichkeit gegen Spätfrost durch den Regressionskoeffizienten in Abhängigkeit von der mittleren Knospenkennzahl der Herkünfte (Abb. 9) wird die signifikante Abnahme der Empfindlichkeit mit zunehmender Anpassung an größere Seehöhe deutlich.

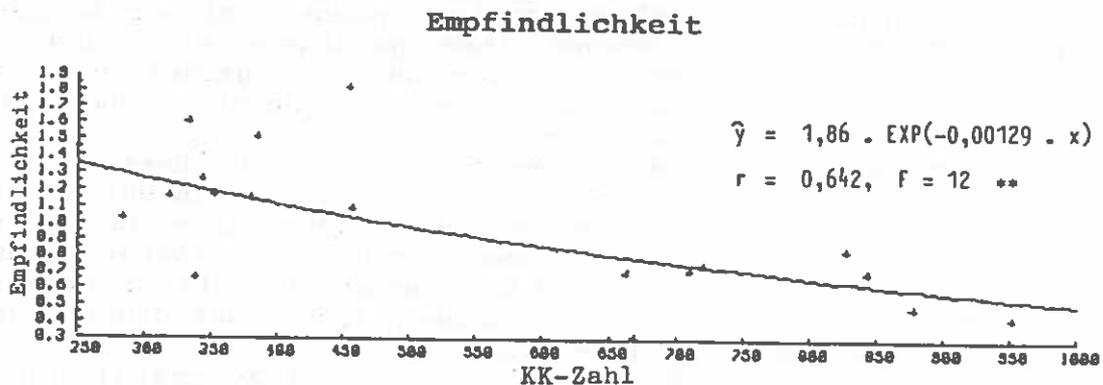


Abb. 9 Empfindlichkeit gegenüber Spätfrost in Abhängigkeit von der mittleren Knospenkennzahl

4) Diskussion:

Die hohe genetische Fixierung der Wachstumsdauer einer Herkunft bzw. deren geringe Beeinflussbarkeit durch die Ernährung ist als Ergebnis der natürlichen Selektion auf rechtzeitigen Wachstums-

abschluß besonders bei Hochlagenpopulationen anzusehen. Auffallend ist die größte ernährungsbedingte Variabilität gerade bei Herkunft mittlerer Höhenlagen. Diese Erscheinung korreliert mit dem häufigen Auftreten von Prolepsis in dieser Herkunftsgruppe.

Sekundäre Wachstumsschübe treten bei extremen Tieflagenherkünften nur im geringen Ausmaß auf, da diese als Sämling ohne Knospenbildung den ganzen Sommer hindurch wachsen und nach Erreichen des Ruhestadiums im Herbst dieses nicht mehr unterbrechen können.

Hochlagenherkünfte enthalten nur eine geringe Anzahl von Sämlingen, die - bei guter Ernährung verstärkt sichtbar - Prolepsis zeigen. Diese nach Höhenlage variierte Verteilung der Prolepsis steht in Übereinstimmung mit Ergebnissen der Kulturkammertestung, wobei vor allem folgende Voraussetzungen für sekundäre Wachstumsschübe genannt werden (HOLZER, 1967, 1978):

im Sämlingsstadium früher Wachstumsabschluß,
Assimilationsüberschuß infolge guter Ernährungslage
bzw. günstiger Witterungsbedingungen,
genetische Veranlagung

Vor allem Herkunft mittlerer Lagen sprechen zunächst auf die Verkürzung der Tageslängen an und stellen das Triebwachstum ein, können jedoch bei günstigen Bedingungen nochmals zum Triebwachstum angeregt werden. Sie sind somit in der Lage gute Ernährung besser zu nutzen als Hochlagensämlinge und sind dementsprechend bei guten Ernährungsverhältnissen begünstigt.

Hochlagensämlinge sind hinsichtlich ihrer genetisch gesteuerten Wachstumsdauer gegenüber Ernährungseinflüssen stabiler als Herkunft mittlerer Lagen, die bei guten Ernährungsverhältnissen aus der dadurch möglichen Verlängerung ihrer Wachstumsdauer beispielsweise innerhalb einer Naturverjüngung gegenüber Konkurrenten einen Selektionsvorteil erreichen können.

Trotz des bei guter Ernährung verlängerten Wachstums von Sämlingen aus mittleren Höhenlagen werden die Größenunterschiede zwischen Tieflagen- und Mittellagenherkünften infolge noch besserer Zuwächse gut ernährter Tieflagensämlinge nicht geringer sondern größer. Tieflagensämlinge können ihre geringere ernährungsbedingte Flexibilität der Wachstumsdauer durch Vergrößerung ihrer je Zeiteinheit erreichten Wachstumsraten, also durch Erhöhung der Wachstumsgeschwindigkeit, ausgleichen.

Die vergleichsweise zu anderen Merkmalen geringe herkunftsbedingte Steuerung der Spätfrostresistenz drückt sich in der unterschiedlichen Empfindlichkeit der einzelnen Herkunft aus. Beim Vergleich optimaler und unzureichender Ernährungsvarianten ist zu erkennen, daß Herkunft tieferer Lagen generell nicht spätfrostempfindlicher waren als Hochlagensämlinge, jedoch auf Ernährungsunterschiede viel stärker reagierten.

Bei offenbar angepaßter Ernährung konnte bei ausgesprochenen Tieflagenherkünften ein Grad der Spätfrostresistenz erreicht werden, der bei gleichem Ernährungsangebot jene der Hochlagenherkünfte übertraf. Bei Verschlechterung der Ernährung dagegen waren Tieflagenherkünfte vom Spätfrost wesentlich stärker geschädigt. Hochlagensämlinge sind also hinsichtlich ihrer Spätfrostresistenz an ungünstigere Ernährungsbedingungen besser angepaßt; bei Tieflagenherkünften ist zur Erreichung vergleichbarer Spätfrostresistenz eine bessere Ernährung erforderlich.

Bei der Suche nach eventuell vorhandenen Einflußfaktoren der Spätfrostresistenz mittels Nährelementkonzentrationen in den

Nadeln wurde eine gut abgesicherte negative Korrelation zum Kaligehalt festgestellt (Abb. 10). Bei einem Kaligehalt in den Nadeln von über 1,24 % traten keine Spätfrostschäden mehr auf.

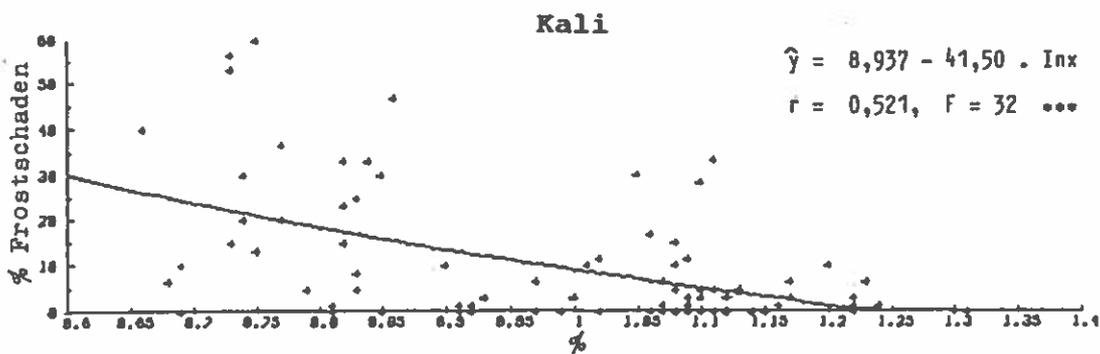


Abb. 10 Zusammenhang zwischen Spätfrostschäden und Kaligehalt in den Nadeln (1-jähr. Säml.)

Der Kaligehalt der Nadeln ließ keine allgemein festzustellende Tendenz mit der Seehöhe der Herkunft erkennen (Abb. 11), doch war in allen Fällen eine positive Korrelation zwischen K-Gehalt und den morphologischen Merkmalswerten (z.B. Trieblänge und -trockengewicht, Wurzeltrockengewicht), einschließlich der Werte für die Wachstumsgeschwindigkeit, gegeben (Abb. 12).

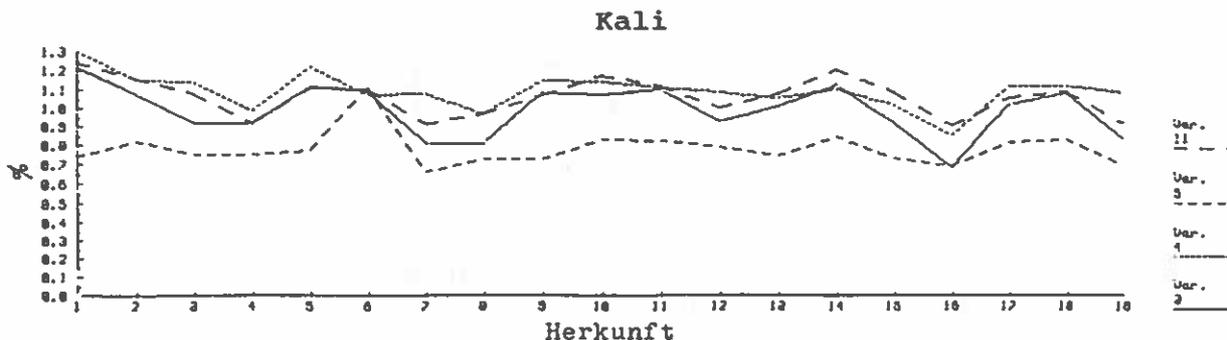


Abb. 11 Kali-Konzentration in einjährigen Nadeln

Während bei der vorliegenden Versuchsanordnung bei Stickstoff und Phosphor häufig Verdünnungseffekte beobachtet wurden, wobei durch Vergrößerung der Nadelmasse die Konzentration der genannten Nährstoffe, bezogen auf das Nadelrockengewicht, abnahm, wurden Verdünnungseffekte bei Kali nicht beobachtet. Es waren im Gegenteil stets höhere Konzentrationen in den Nadeln auch mit größeren Nadelmassen korreliert.

Diese Korrelation kann auf die hohe aktive Komponente bei der Kali-Nährstoffaufnahme (KRAL, 1961) zurückgeführt werden, welche durch Wachstum zusätzlich stimuliert wird. Es kann angenommen werden, daß die hohe Kali-Konzentration durch den Einfluß auf den osmotischen Wert und den Quellungszustand der Kolloide die günstigen Auswirkungen auf die Kälteresistenz ergibt.

Das Versuchsergebnis kann als Bestätigung von Berichten (vgl. CHRISTERSSON, 1975, LARSEN, 1978) angesehen werden, wonach die

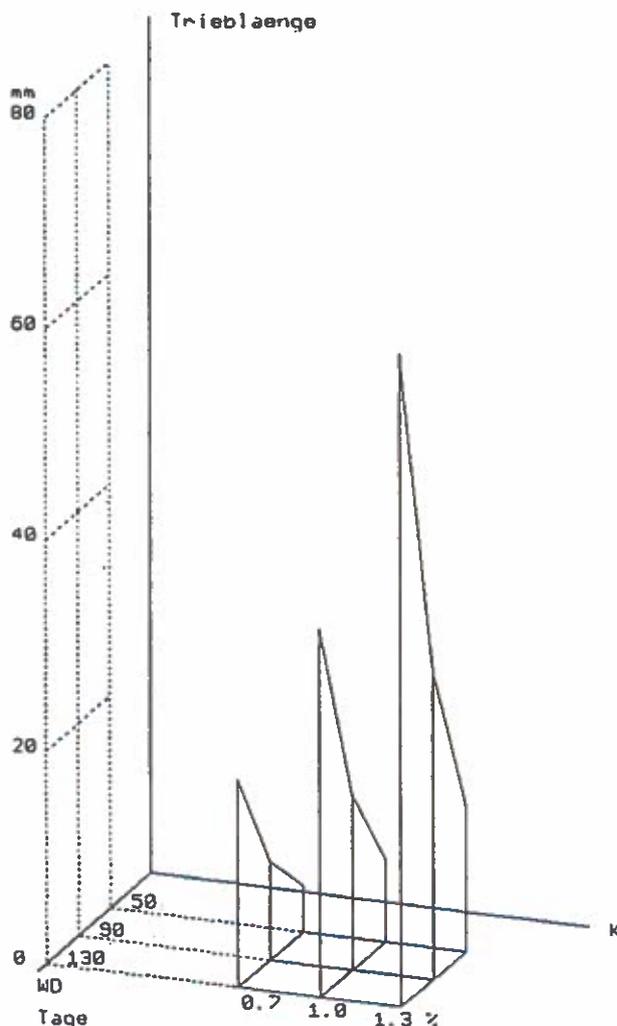


Abb. 12 Zusammenhang zwischen mittl. Wachstumsdauer (WD), Kaligehalt (K) und Trieblänge (1-jähr. Säml.)

durch verstärkte Nährstoffgabe ausgelösten Wuchssteigerungen, die besonders bei Herkünften der tieferen Lagen beträchtlich sind, keine Verminderung der Frostresistenz bewirken, solange ausreichende Kaliversorgung bzw. Kaliumaufnahme und -transport in der Pflanze gewährleistet sind. Es scheint sogar der gegenteilige Effekt einzutreten, daß infolge des stärker anregbaren Wachstums der Tieflagensämlinge bei guter Ernährungslage die Spätfrostresistenz gegenüber den träger reagierenden - und nur bei durchschnittlichen Ernährungsverhältnissen überlegenen - Hochlagenherkünften erhöht wird.

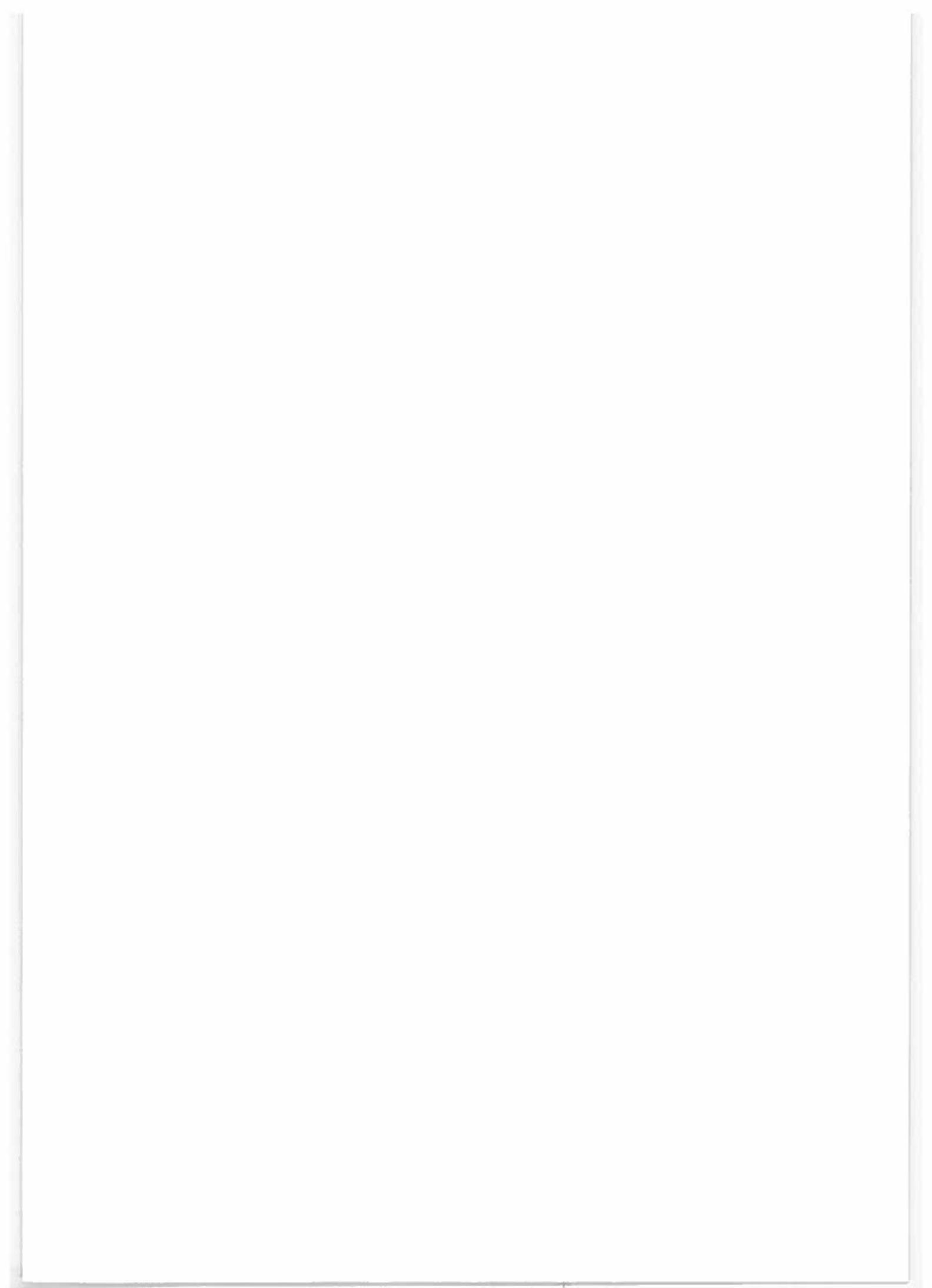
Zusammenfassung:

In einem Freilandversuch wurden 19 österreichische Fichtenherkünfte breit gestreuter Seehöhenherkunft stark unterschiedlichen Ernährungsbedingungen bei der Sämlingsanzucht ausgesetzt. Es wurde der Einfluß der Herkunft und der Ernährung auf die Variation phänologischer und morphologischer Merkmale sowie auf die Resistenz gegenüber Spätfrost geprüft. Bei der Wachstumsdauer

der einjährigen Sämlinge überwiegt die genetische Steuerung der an unterschiedliche Dauer der Vegetationszeit angepaßten Populationen. Bei den Sproßmerkmalen der zweijährigen Sämlinge sind Herkunfts- und Ernährungseinfluß annähernd gleichwertig. Hinsichtlich der Resistenz gegenüber Spätfrost überwog der Einfluß der Ernährung. Die Empfindlichkeit mit der die Sämlingspopulationen auf Ernährungsunterschiede reagierten, war aber generell bei Tieflagenherkünften höher. Bei angepaßter Ernährung kann beispielsweise bei Tieflagensämlingen eine höhere Spätfrostresistenz erreicht werden als bei Hochlagenherkünften, die mit höherer Kali-Konzentration in den Nadeln erklärt werden kann. Die Empfindlichkeit der Wachstumsdauer auf Ernährungsunterschiede zeigt einen engen Zusammenhang mit der Neigung zur Prolepsis.

LITERATUR:

- CHRISTERSSON, L., 1975, Frost Hardiness Development in Rapid- and Slow-Growing Norway Spruce Seedlings, Can. J. For. 5, 2, S. 340 - 343.
- FALCONER, D. S., 1984, Einführung in die Quantitative Genetik, Eugen Ulmer, Stuttgart, 472 S.
- HOLZER, K., 1967, Die Augusttrieb Bildung als Höhenlagetest bei der Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.), XIV. IUFRO-Kongreß München, III, Sect. 22, S. 602-620.
- HOLZER, K., 1978, Die Kulturkammertestung zur Erkennung des Erbwertes bei Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.), 2., Merkmale des Vegetationsablaufes, Centrbl. f. d. ges. Forstw., 95, 1, S. 30 - 51.
- HOLZER, K. und F. MÜLLER, 1986, Gefahren der Einengung der genetischen Variabilität durch die (moderne) Forstgartentechnik, Forum Genetik-Wald-Forstwirtschaft, Ber. über die 4. Arbeitstag., Göttingen.
- KRAL, F., 1961, Untersuchungen über den Nährstoffhaushalt von auf gleichem Standort erwachsenen Fichtenjungpflanzen in Abhängigkeit von ihrer Wuchsenergie und Herkunft, Centrbl. f. d. ges. Forstw., 78, S. 18 - 38.
- LARSEN, B., 1978, Die Frostresistenz von 60 verschiedenen Douglasien-Herkünften, sowie über den Einfluß der Nährstoffversorgung auf die Frostresistenz der Douglasie, Schriften der Forstl. Fakultät d. Univ. Göttingen, Bd. 52.
- MÜLLER, F., 1986, Sproßlängen zweijähriger Fichtensämlinge, Centrbl. f. d. ges. Forstw., 103, 1, S. 36 - 46.
- MÜLLER, F., 1987, Entwicklung von Fichtensämlingen (*Picea abies* (L.) Karst.) in Abhängigkeit von Ernährung und seehöhenangepaßter Wachstumsdauer im Versuchsgarten Mariabrunn, Publ. in Vorbereitung.
- WEBER, E., 1967, Mathematische Grundlagen der Genetik, Gustav Fischer Verl. Jena, 464 S.



WACHSTUM VON FICHTENPOPULATIONEN AUS
VERSCHIEDENEN HÖHENLAGEN IM FORSTGARTEN

Kurt Holzer und Johann Nather

Forstliche Bundesversuchsanstalt

EINLEITUNG

Aufgrund einer Bestimmung im Forstsaatgutgesetz 1960 bzw. des Forstgesetzes 1975, Abschnitt XI, werden von allen Beerntungen bei anerkennungspflichtigen Baumarten authentische Proben zur "Probeklungung" beziehungsweise nachfolgenden Untersuchungen an die Forstl. Bundesversuchsanstalt eingesandt. Die umfangreiche Fichtenzapfenernte 1971 wurde dazu herangezogen, einen umfassenden inventarisierenden Großversuch anzulegen. Dieser umfaßt einschließlich der Beerntungen der Österr. Bundesforste und einiger Eigenbeerntungen der Forstl. Bundesversuchsanstalt 470 österreichische Prüfnummern und zusätzlich 60 ausländische Herkunftsproben, die erforderlichenfalls als Ersatzherkünfte, besonders für die östlichen Landesteile, in Frage kommen könnten.

VERSUCHSANSTELLUNGEN

Die Aussaat dieser 530 Samenproben erfolgte in sechsfacher Wiederholung im Zentralforstgarten der Österr. Bundesforste in Arndorf im Frühjahr 1973. Einschließlich einer Ergänzungssaat von 60 Prüfnummern im Frühjahr 1974 und den erforderlichen Standards wurden auf 1450 lfm Beetfläche insgesamt 12kg Saatgut in etwa 4000 Einzelproben ausgesät.

In den Jahren 1973 und 1974 wurden an diesen Saatbeeten etwa 35000 Einzelwerte zur Bestimmung des Knospenbildungszeitpunktes

bzw. der mittleren Vegetationszeitlänge jeder Saatgutprobe erhoben. Im Frühjahr 1975 wurden von den etwa 600000 Sämlingen 90000 im Labor aufgearbeitet, wobei je Prüfnummer fünfzehn Einzeldaten über die Pflanzenqualität an 100 Pflanzen aufgenommen wurden.

Außerdem wurden gleichzeitig etwa 448000 zweijährige Sämlinge auf 6400 lfm Beetfläche verschult (ca 70 Pflanzen je m²). Durch Ergänzung mit Einzelbaumproben und der Nachtragssaat erhöhte sich die Zahl der Prüfglieder auf 764 Verschulblöcke unterschiedlicher Größe.

Nach der Verschulung im Frühjahr standen ab Sommer 1975 phänologische Beobachtungen im Vordergrund, wobei an die 4600 Einzelwerte (besonders Austriebszeitpunkt und Stärke der Augusttrieb- bildung) erhoben wurden.

Auf den Verschulbeeten erfolgten keinerlei fördernde Maßnahmen; es unterblieb jede Düngung, um den Wachstumsablauf der Pflanzen nicht zu beeinflussen. Deshalb war die Entwicklung der Pflanzen relativ schwach - vor allem auch wegen des großen Anteiles an langsamwüchsigen Herkünften aus höheren Lagen - und so konnte die weitere Verwendung der Pflanzen erst nach dem dritten Verschuljahr einsetzen.

Zum Abschluß des 5. Vegetationsjahres wurden an 60 Pflanzen je Prüfnummer stichprobenweise die oberirdische Gesamtgröße, der letzte Jahrestrieb und der Basisdurchmesser gemessen; das ergab rund 140000 Einzelmessungen.

Etwa 370000 fünfjährig verschulte (2/3) Fichten standen im Frühjahr 1978 zur Auspflanzung auf Kontrollflächen zur Verfügung, davon wurden schließlich insgesamt 220000 Pflanzen verwendet (siehe SCHULTZE in diesen Berichten).

ERGEBNISSE

Von den insgesamt 30 Einzelaufnahmedaten der Forstgartenanzucht sollen hier nur einige markante Kenngrößen näher behandelt werden:

Die Feststellung der Vegetationszeitlänge im ersten Sämlingsjahr als zuverlässigstes Merkmal der genetischen Anpassung an die Seehöhenstufe des Ursprungortes (HOLZER, 1975)

Die mittlere Größe der zweijährigen Sämlinge und der fünfjährigen Pflanzen sowie deren Basisdurchmesser

Die Ergebnisse von phänologischen Beobachtungen an den Verschulpflanzen (Austrieb und Augusttrieb Bildung)

KNOSPENBILDUNGSINDEX

Wie bereits oben beschrieben, wurde bei dieser Versuchsserie der Zeitpunkt des Triebabschlusses der Sämlinge im ersten Jahr - an insgesamt 7 Beobachtungstagen zwischen Anfang Juli und Ende September - zur Bestimmung des Knospenbildungsindex aufgenommen. Das Ergebnis ist in Abb. 1 dargestellt (zusammen mit einer Aussaatserie von 456 Herkunftsproben des Jahres 1967, die durch einen entsprechenden Umrechnungsfaktor angeglichen wurden). Der Zusammenhang mit den Seehöhenangaben über den Ernteort zeigt eine eindeutige Beziehung. Mit zunehmender Seehöhe des Ernteortes nimmt der Knospenbildungsindex stetig zu; die große Streuung ist durch z. T. ungenaue Höhenangaben über den Ernteort (oft über mehrere hundert Höhenmeter reichend, besonders wenn nur die nach

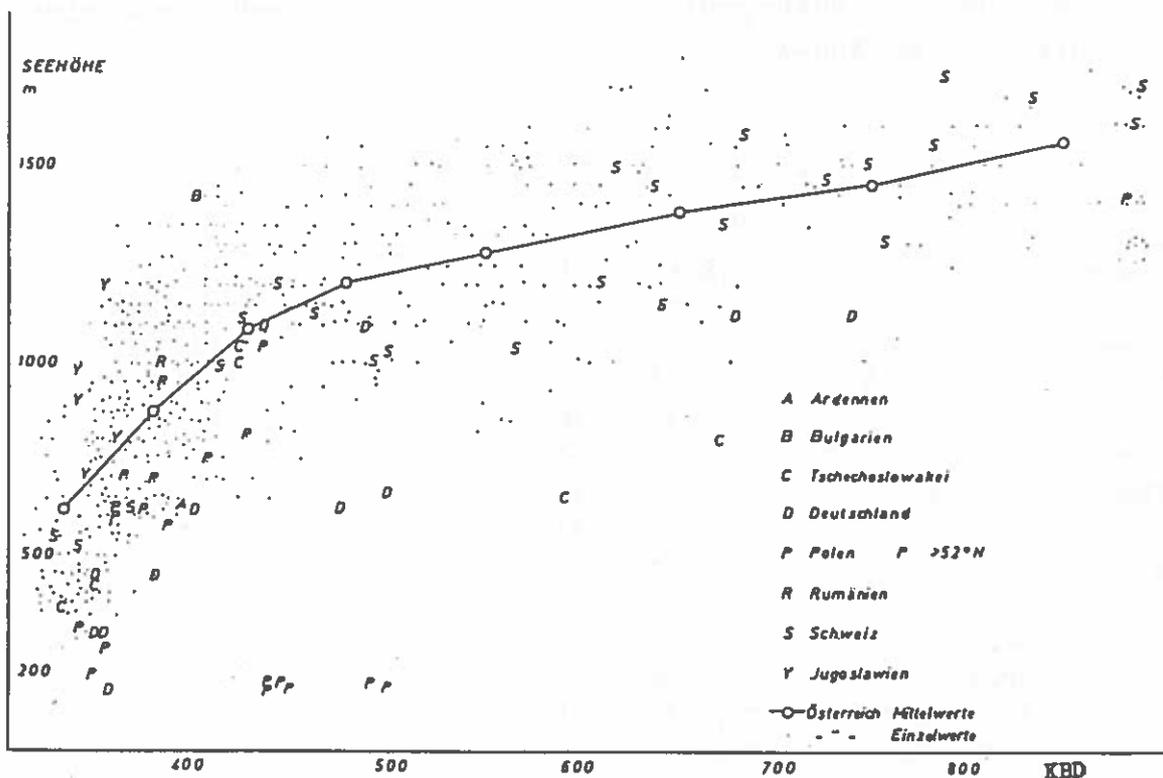


Abb. 1: Der Knospenbildungsindex KBD von 986 Herkunftsproben in Zusammenhang mit der Seehöhe des Ernteortes; die Testung von 70 außerösterreichischen Herkünften zeigt deutlich die Verschiebung der KBD-Werte nach der geographischen Breite (nach HOLZER, 1975)

dem Gesetz vorgesehene Höhenzone angegeben wurde) gegeben. Außerdem kann die Seehöhenwirkung durch die jeweilige lokalklimatische Situation in den Alpen (Zentral- oder Randlage, Exposition etc.) überlagert sein.

Besonders beachtenswert ist diese Kenngröße bei den ausländischen Saatgutproben: Bei den Schweizer Herkünften ist kaum eine Abweichung im Verhalten zu den österreichischen Werten gegeben; liegen aber die Ernteorte weiter im Süden (Jugoslawien oder Bulgarien), so ist eine eindeutige Erniedrigung der Indices zu erkennen. Bei den Herkünften aus nördlicheren Bereichen, z. T. aus der Bundesrepublik, der CSSR und besonders aus Polen, sind dagegen die Indices merkbar erhöht, wobei die Proben des baltischen Verbreitungsgebietes, das ist nördlich des 52. Breitengrades, besonders stark zunehmen (HOLZER, 1975; siehe auch KRUTZSCH, diese Berichte).

Tabelle 1: Mittelwerte von Austrieb und Augusttrieb Bildung für die einzelnen Wuchsgebietsabgrenzungen und Seehöhenbereiche aufgrund des KBD-Wertes

Wuchs= gebiet	KBD	Austrieb				Austrieb				Augusttrieb Bildung			
		1976	05	04		1977	04	26	+ 05	10	1976 + 1977		
		-100	-150	-200	200+	-100	-150	-200	200+	-100	-150	-200	200+
I West	18,8	33,6	21,0	32,8	45,0	41,8	42,7	45,1	110	124	78	16	
I Ost	57,9	33,3	37,0	29,2	55,8	49,3	53,2	50,0	152	127	85	6	
IIA West	25,8	27,0	27,0	27,5	45,1	34,8	44,0		143	109	67	18	
IIA Mitte	37,2	31,5			53,2	45,5		139	109				
IIA Ost	30,5	39,1			52,3	48,4		104	111				
IIB West	30,0	56,4	57,5	52,1	53,1	41,8	131	116	80				
IIB Ost	66,1	48,9		50,4	48,3		132	90					
III	47,9	48,3		43,8	53,3		146	95					
IV Ost	38,8			43,7			147						
V	56,2			42,8			136						
VI	34,7			41,2			110						
VII	30,0			38,0			120						
CH	40,0	27,5	40,0	27,5	43,3	26,9	50,0	-	103	79	10	18	
D	35,2	22,5		20,0	45,4	42,5		-	130	71		15	
CS	20,0	26,7	17,5	30,0	28,2	46,6	30,0	-	109	95	90	50	
PL	23,5	11,7		20,0	27,8	18,1		-	115	95		0	
YU	40,0				46,0				146				

PHÄNOLOGISCHE BEOBACHTUNGEN AN DEN VERSCHULPFLANZEN

Wie bereits angeführt, wurden im 4. und 5. Lebensjahr der Pflanzen Austriebsbeobachtungen und in allen drei Verschuljahren das Ausmaß der Augusttrieb Bildung aufgenommen.

Austrieb

Die Austriebsbeobachtungen wurden am 4. Mai 1976 sowie am 26. April und am 10. Mai 1977 durchgeführt, wobei jeweils der Prozentsatz der ausgetriebenen Pflanzen (also der Frühlreiber) bestimmt wurde. Die Mittelwerte dieser Kenngrößen nach Regionen und Höhenstufen sind in Tab. 1 eingetragen

Im allgemeinen schwankt dieses phänologische Merkmal sehr stark zwischen den einzelnen Herkünften; hervorzuheben ist vor allem, daß die kontinentalen Herkünfte aus der CSSR und aus Polen - wie bereits bekannt - einen deutlich verzögerten Austrieb haben, der sich auch in den in Österreich angrenzenden außeralpinen Wuchsräumen VI und VII noch deutlich abzeichnet. Im Alpenraum selbst scheinen die Verhältnisse zu unterschiedlich, um einen Trend ableiten zu können; teilweise sind unter den Herkünften höherer Lagen auch später austreibende zu finden (besonders in den randalpinen Regionen); vor allem fällt auf, daß im östlichen Teil aller alpinen Wuchsregionen der Austrieb früher als im westlichen Teil des Landes erfolgt.

Augusttrieb Bildung

In allen drei Verschuljahren wurde jeweils gegen Ende August der Anteil der Pflanzen mit sekundärem Triebwachstum (Augusttrieb Bildung, HOLZER, 1967) an jeder Herkunft geschätzt. Die Korrelationen der Aufnahme der verschiedenen Jahre sind hoch signifikant. Die Summe der beiden Aufnahmejahre 1975 und 1976 für die einzelnen ausgeschiedenen Regionen und Höhenstufen ist in Tab. 1 eingetragen und zeigt deutlich die bereits seit langem bekannte Abhängigkeit dieses phänologischen Merkmals von der Seehöhe des Ernteortes (SCHMIDT-VOGT, 1962; HOFFMANN, 1965; HOLZER, 1967).

Bei den Tieflagenherkünften ist dieses zweite Triebwachstum meist sehr stark und erfaßt im Durchschnitt mehr als die Hälfte aller Pflanzen; ein gewisser Trend ist darin zu sehen, daß in den östlicheren außeralpinen Gebieten (Wuchsräume VI und VII) und in der CSSR wie in Polen eine etwas geringere Augusttrieb- bildung vielleicht den kontinentaleren Charakter des Ursprungs- ortes wiedergibt, was sich besonders deutlich bei der zweiten Höhenstufe (KBD 101 bis 150). zeigt.

In den Zentralalpen und den westlichen Randalpen ist erst in der dritten Höhenstufe (d. i. KBD 151 bis 200) eine deutliche Abnahme der Ausbildung eines zweiten Triebwachstums gegeben; ein nahezu vollkommenes Ausbleiben dieser Augusttriebbildung (unter 10% aller Pflanzen) zeigt sich allerdings erst in der obersten Höhenstufe (KBD über 200) und nur bei vereinzeltten Herkünften aus dem darunterliegenden Bereich.

HÖHENMESSUNGEN

Zweijährige Sämlinge

Von den zweijährigen Sämlingen wurde jeweils eine Stichprobe von 100 Pflanzen je Prüfnummer im Labor aufgearbeitet und u. a. die Gesamthöhe bestimmt. In der Tabelle 2 sind die einzelnen Herkunftsproben nach der dzt. gültigen Wuchsgebietseinteilung zusammengefaßt und auf vier Höhenstufen (nach dem Knospenbil- dungsindex) aufgeteilt.

Wie aus der Tabelle ersichtlich, sind die einzelnen Herkunfts- gruppen nur durch eine kleinere Anzahl von Proben vertreten, es ist aber deutlich erkennbar, daß in allen alpinen Wuchsregionen ziemlich ähnliche Abhängigkeiten gegeben sind. Nur in den außer- alpinen Regionen sinkt der mittlere Knospenbildungsindex der un- tersten Höhenstufe stärker ab, da hier kaum Seehöhen über 800m erreicht werden und dementsprechend steigt auch der Größenwert der Sämlinge. Sehr ausgeglichen liegen die Werte in der zweiten Höhenstufe (KBD zwischen 101 und 150), wogegen die Abnahme der Sämlingsgröße im KBD-Bereich darüber (151 bis 200) schon sehr

deutlich ist. Besonders stark ist dann die Abnahme der Pflanzengröße bei den ausgesprochenen Hochlagenherkünften (KBD über 200); hier waren die Sämlinge so klein, daß sie nicht mehr mit der Maschine verschult werden konnten; dies wurde händisch mit dem Rechen durchgeführt.

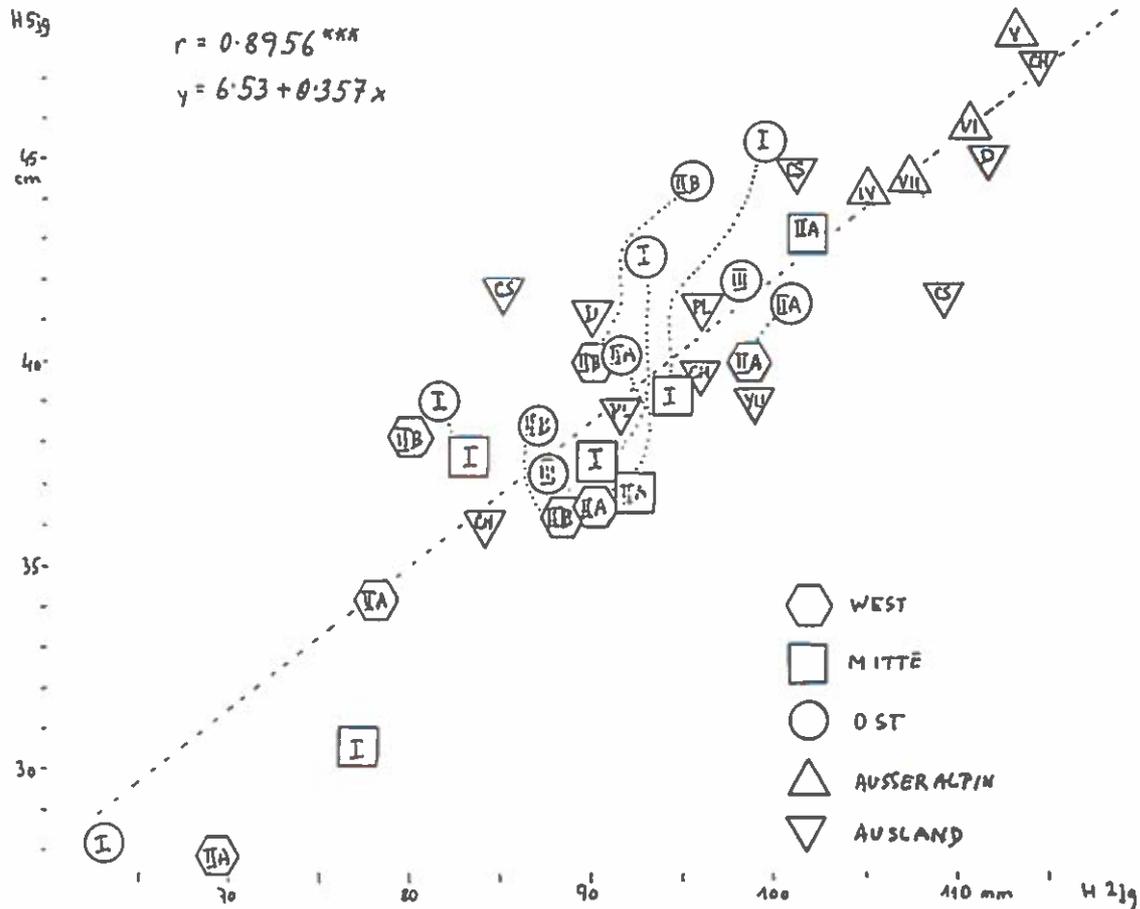


Abb. 2: Die Abhängigkeit der Größe der fünfjährigen Verschulpflanzen von der Größe der zweijährigen Sämlinge; die Regionen der östlichen Landesteile zeigen einen größeren Zuwachs als die der westlichen

Fünfjährige Verschulpflanzen

Mit Ausnahme einiger Hochlagenherkünfte aus dem Ausland wurden sämtliche Herkünfte stichprobenweise am Ende des fünften Jahres gemessen und wie bei den Sämlingen nach Herkunftsregionen zusammengestellt (Tab. 2). In diesem Alter ist der Einfluß der Vegetationszeitlänge (entsprechend dem KBD) noch deutlicher erkennbar als bei den zweijährigen Sämlingen. Auch zwischen den einzelnen Regionen sind die Unterschiede wesentlich markanter,

wobei vor allem hervorzuheben ist, daß die Herkunftsgruppen aus dem östlicheren Teil der Ostalpen und den außeralpinen Gebieten einen bedeutend stärkeren Höhenzuwachs aufweisen als die aus westlichen Regionen; bei den zweijährigen Sämlingen sind diese Unterschiede kaum erkennbar (Abb. 2).

Vor allem ist aber anzuführen, daß auch innerhalb einer Region bei annähernd gleicher Vegetationszeitanpassung einzelne Populationen ein sehr unterschiedliches Höhenwachstum erkennen lassen, wobei hierfür bisher noch keine Erklärung gefunden werden konnte. In der regionalen Gruppe IIA-West beispielsweise standen im KBD-Bereich bis 150 insgesamt 30 Herkünfte für diese Gegenüberstellung zur Verfügung (Abb. 3). Die KBD-Werte der einzelnen Herkünfte stimmen recht gut mit den Seehöhenangaben des Ernteortes überein; die Mittelwerte der Pflanzengrößen hingegen schwanken außerordentlich stark. Besonders hervorzuheben wäre hier die Herkunft K 6 (Fieberbrunn) mit einer Erntehöhe von 1200m, einem entsprechenden KBD-Wert von 106 und einer Pflanzengröße von 46cm, d. i. fast 10cm über dem regionalen Durchschnitt (NATHER und HOLZER, 1979).

GRÖSSE-DURCHMESSER-VERHÄLTNIS

Stufigkeit

Die Ergebnisse der Durchmesserbestimmungen sind in Tab. 3 zusammengestellt; daraus ist ersichtlich, daß zwischen den Herkunftsregionen nur geringe Unterschiede gegeben sind. Erst bei den Herkunftsgruppen aus höheren Lagen (KBD über 150) ist eine deutliche Abnahme des Durchmessers erkennbar, allerdings sind diese Pflanzen wesentlich kleiner.

Als Qualitätsmerkmal ist aber vor allem die Stufigkeit der Forstpflanzen von Bedeutung; es wurden deshalb die H/D-Werte als Ausdruck der Stufigkeit gleichfalls errechnet und in Tab. 3 mit eingetragen. Hierbei fällt nun auf, daß vor allem das Herkunftsgebiet I-West bereits in tieferen Lagen durch wesentlich größere Stufigkeit charakterisiert ist als die übrigen tief gelegenen Herkunftsgebiete des Alpenraumes. Besonders gering ist die Stufigkeit (gleich hohem H/D-Wert weit über 40) bei den außeralpinen und den meisten ausländischen Herkunftsgebieten.

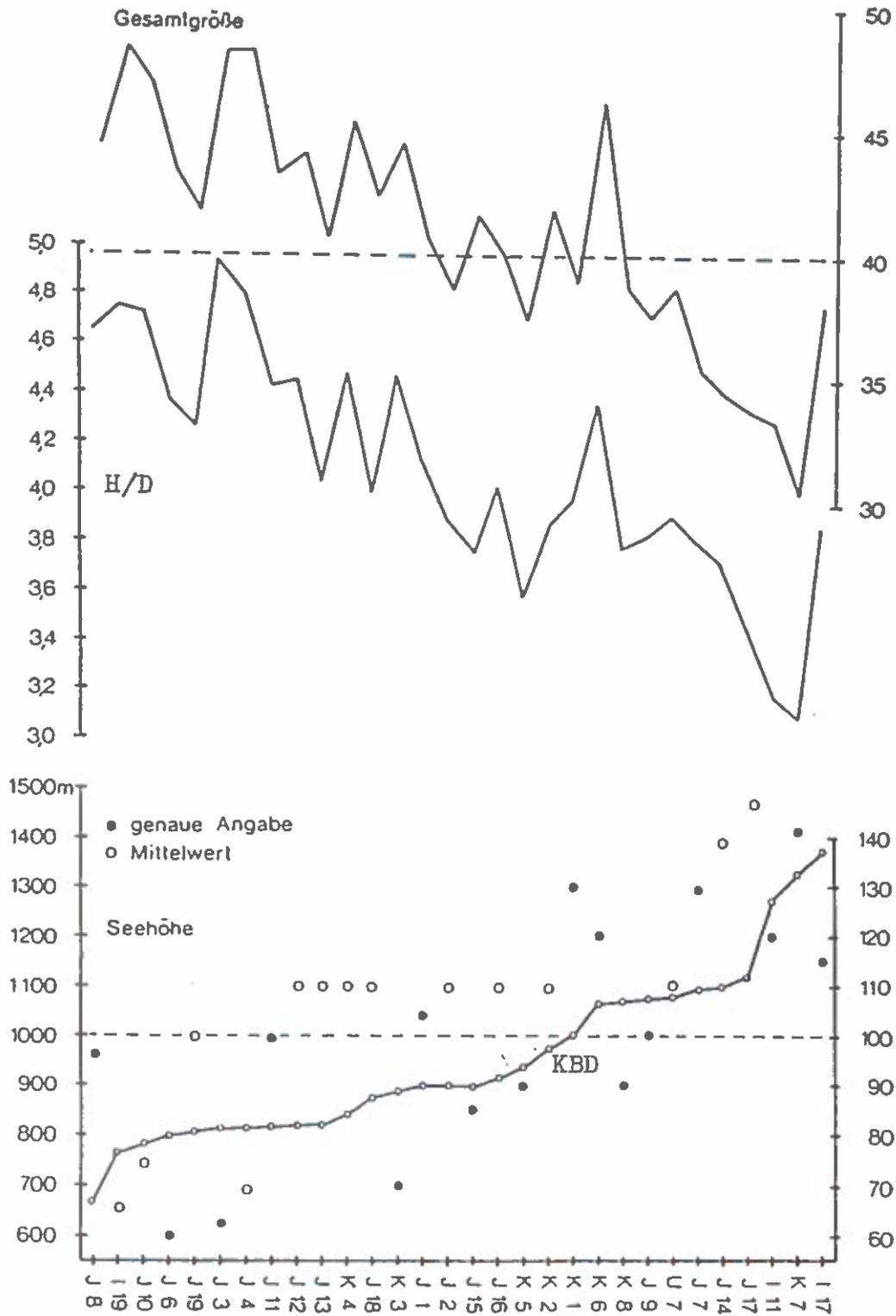


Abb. 3: Zusammenhänge zwischen der Größe der fünfjährigen Verschulpflanzen, dem Verhältnis Größe : Durchmesser (H/D) und dem Knospensbildungsindex (KBD) bzw. der Seehöhe des Ernteortes für die regionale Gruppe IIA-West (nach NATHER und HOLZER, 1975)

Dagegen nimmt die Stufigkeit im allgemeinen mit zunehmendem KBD-Wert deutlich zu und liegt bei KBD über 150 in den Alpen durchwegs - z. T. weit - unter 40. Sie ist somit als ein wichtiges Erkennungszeichen von Hochlagenpflanzen anzusprechen (siehe auch Beitrag von NATHER; Abb. 4).

Tabelle 3: Mittelwerte des Basisdurchmessers und des H/D-Wertes für die einzelnen Wuchsgebietsabgrenzungen und Seehöhenbereiche aufgrund des KBD-Wertes

Wuchs- gebiet	Basisdurchmesser				H/D-Verhältnis				
	KBD	-100	-150	-200	200+	-100	-150	-200	200+
I West	10,4	10,2	9,8	7,9	37,6	36,8	38,4	38,6	
I Ost	10,1	9,3	9,8	7,7	44,9	45,7	39,7	36,6	
IIA West	9,8	10,2			44,0	36,1			
IIA Mitte	9,8	9,4	8,7	7,6	40,8	38,7	39,7	36,7	
IIA Ost	9,5	10,0			43,6	40,1			
IIB West	8,8	9,1	9,6		45,7	40,2	39,3		
IIB Ost	9,5	9,1			46,7	42,1			
III	9,5	9,0			44,2	41,3			
IV Ost	9,4				47,0				
V	9,9				48,6				
VI	9,5				48,2				
VII	10,1				44,1				
CH	10,1	9,8	8,8	-	47,3	40,5	40,9	-	
D	9,5	9,1		-	46,9	45,2		-	
CS	9,0	9,4	9,3	-	46,3	47,8	44,8	-	
PL	9,2	8,8		-	45,2	44,2		-	
YU	9,2				42,4				

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Bei der künstlichen Bestandesbegründung im alpinen Raum ist der Frage der Herkunft des Pflanzenmaterials besondere Beachtung zuzuwenden. Nicht nur die Höhenstufe des Ursprungs ist für die Anpassung an die am Standort gegebene Vegetationszeitlänge entscheidend, sondern auch das Wachstum und die weitere Entwicklung sind vom Herkunftsort bzw. der -region deutlich beeinflusst und sicherlich als langzeitliche natürliche Selektion auf die Umweltbedingungen des jeweiligen Ursprungsortes zu verstehen. Es muß

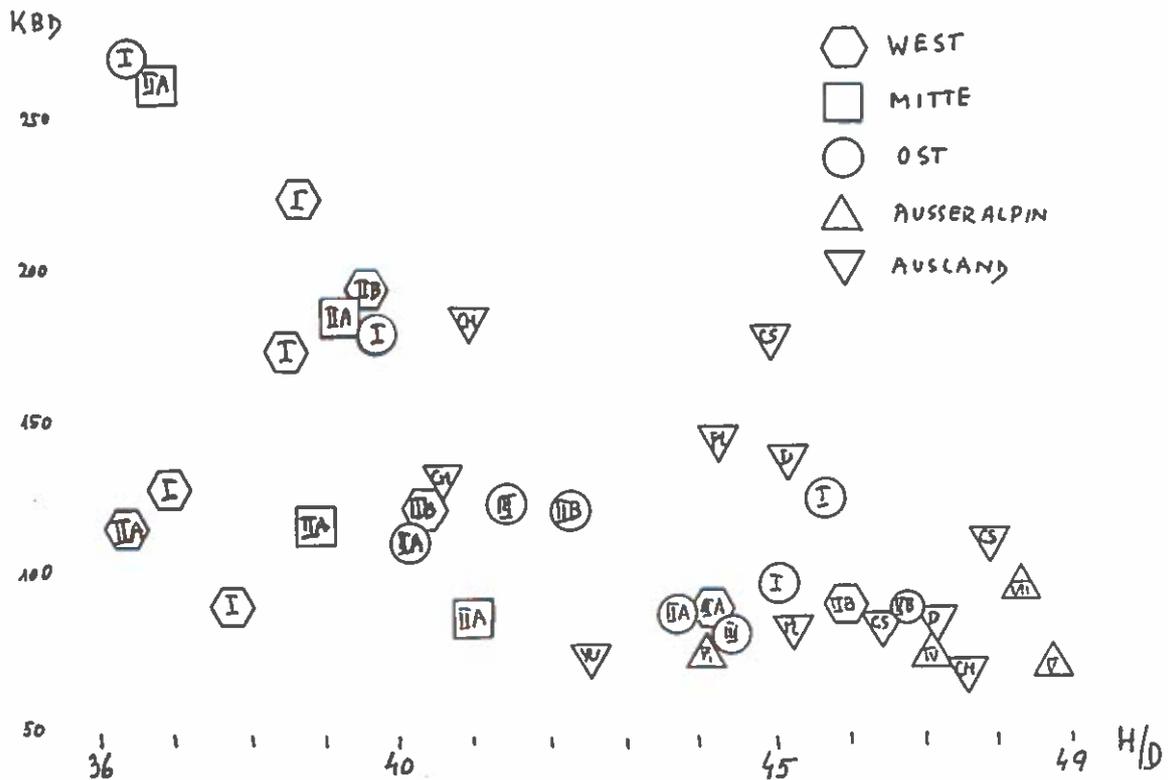


Abb. 4: Die Abhängigkeit der Stufigkeit der fünfjährigen Versuchspflanzen vom Knospenbildungsindex, nach Regionen und Höhenstufen zusammengefaßt

daher jede Übertragung von Pflanzenmaterial mit entsprechenden Risiken vorgenommen werden; der sicherste Erfolg ist mit der bodenständigen Herkunft zu erwarten, bei der die natürlichen Selektionsvorgänge zumindest für eine ganze Baumgeneration wirken konnten.

LITERATUR

- HOFFMANN, K., 1965: Möglichkeiten zur Beurteilung der Herkunft von Fichtenrassen nach ihrer Höhenlage mit Hilfe eines Frühtests. Arch. f. Forstwes. 14
- HOLZER, K., 1967: Die Augusttrieb Bildung als Höhenlagentest bei der Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.). XIV IUFRO-Kongr. Ber.
- " --, 1975: Zur Identifizierung von Fichtenherkünften. Silv. Genet. 24
- NATHER, J. und K. HOLZER, 1979: Über die Bedeutung und die Anlage von Kontrollflächen zur Prüfung von anerkanntem Fichtenpflanzgut. Infodienst FBVA Wien, 181. Beil. Allg. Forstztg. 90
- SCHMIDT (-VOGT), H., 1962: Der Frühtest als Hilfsmittel für die genetische Beurteilung von Waldbäumen. Forstw. Centrbl. 81

WACHSTUM VON FICHTEN- UND LÄRCHENHERKÜNFTE IN DEN ERSTEN 5 JAHREN
AUF VERSUCHSFLÄCHEN

Ulrich Schultze

Institut für Forstpflanzenzüchtung und Genetik
der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, Wien

Mit dem Inkrafttreten des Saatgutgesetzes im Jahre 1960 und seiner Aufnahme in das Forstgesetz 1975 ist der in der Forstwirtschaft bis dahin etwas vage gewesene Begriff "Herkunft" legislativ fixiert worden. Seit diesem Zeitpunkt darf bei den im Gesetz taxativ aufgezählten 11 Baumarten, als wichtigste sei hier die Fichte genannt, nur Saatgut in den Handel kommen, das aus sogenannten anerkannten Beständen stammt. Diese Anerkennung erfolgt auf Antrag des Besitzers und wird von der Forstlichen Bundesversuchsanstalt auf Grund okularer Begutachtung durchgeführt, in der Regel nur bei solchen Populationen, die sich gegenüber benachbarten durch hohe Wuchsleistung, Gesundheit, Standortstauglichkeit und qualitativ wertvolle Holzeigenschaften auszeichnen. Es sind dies Bestände mit entsprechend großem Umfang und auch reiferem Alter (meist 80-jährige und darüber), da die Saatgutgewinnung meist am liegenden Stamm im Zuge der Endnutzung, also am Ende der Umtriebszeit, erfolgt. Es handelt sich somit um Populationen, die im Laufe vieler Jahrzehnte ihre Angepaßtheit an die vorhandenen Umweltbedingungen anscheinend erwiesen haben und von denen man annimmt, daß sie ihre nach menschlichen Begriffen guten Eigenschaften im Wege des Saatgutes an ihre Nachkommen entsprechend weitergeben werden.

VERSUCHSMATERIAL

Ausgehend von der letzten reichlichen Fichtensamenernte im Jahre 1971 wurde mit sämtlichen Saatgutproben aus anerkannten Beständen, weiters unter Einbeziehung aller Eigenbeerntungen der ÖBF, Eigenbeerntungen der FBVA und zusätzlicher 52 ausländischer Herkünfte ein Großversuch mit insgesamt 431 Herkünften angelegt. Im Frühjahr 1978 erfolgte die Ausbringung der im Zentralforstgarten der ÖBF herangezogenen, nunmehr 5-jährigen Pflanzen auf 44 Versuchsflächen. Diese sind über alle Höhenstufen von 250 bis 1.800 m Seehöhe ziemlich gleichmäßig verteilt (Tab. 1).

Tabelle 1

ANZAHL DER VERSUCHSBLÖCKE GEGLIEDERT NACH
WUCHSGEBIETEN UND VERSUCHSFLÄCHENGRUPPEN

WUCHS- GEBIET	HERKÜNFTE	VERSUCHSFLÄCHEN IN WUCHSGEBIETEN							Summe
		1-8 I/West	9-18 I/Ost	19-22 IIA/West	23-26 IIA/Ost	27-32 IIB	33-37 III-V	38-39 VI-VII	
I/West	A 1-C14 G 3-G 8	75+227	70	21	18	28	15	12	466
I/Ost	C15-F 7 F 9-G 2 G 9-I 9 ME	84+410	194	55	60	74	60	60	997
IIA/West	I11-K 8	31 + 37	46	50	27	47	42	30	310
IIA/Mitte	K 9-N 8	55 + 51	54	55	27	38	39	30	349
IIA/Ost	N 9-P 8	39 + 51	41	19	33	41	36	27	287
IIB/West	I10 P 9-Q11	18 + 34	42	9	12	25	18	48	206
IIB/Ost	Q12-S 4	11 + 20	35	5	12	20	12	48	163
III	F 8 S 5-T19	34 + 34	72	24	24	48	66	78	380
IV/West	U 1-U 7	8 + 14	8	2	9	--	6	--	47
IV/Ost	U 8-V 4 ST	15 + 27	31	28	30	32	51	69	283
V	V 5-W 1	12 --	24	9	9	14	15	24	107
VI	W 2-Y15	21 + 13	53	15	27	26	36	69	260
VII	Y16-Z 1	-- --	--	--	3	7	9	15	34
CH	Z 2-a 6	9 + 12	8	9	3	3	6	3	53
BRD	a 7-a18	14 + 7	14	10	3	14	18	21	101
CSSR	a19-b12	6 + 3	12	9	3	16	12	27	88
PL	b13-d13	7 + 20	9	6	12	12	15	63	144
YU	d15-d19	-- + 3	12	--	--	10	6	14	45
BG	d14	6 + 5	11	6	--	6	--	15	49
Summe		445+968	736	332	312	461	462	653	4369

* Die Versuchsfläche Nr. 6 Kelchsau
ist getrennt ausgewiesen

Bei der Aufteilung über das Bundesgebiet wurde mit 18 Einzelflächen, darunter die Fläche Nr. 6 - Kelchsau mit allein 12 ha, ein Schwerpunkt im zentralalpinen Bereich (Wuchsgebiet I) gebildet. In der nördlichen und südlichen Alpenzwischenzone (Wuchsgebiet II/A und II/B) liegen 14 Flächen, am nördlichen Alpenrand und im Alpenvorland (Wuchsgebiet III, IV und V) liegen 5 Flächen, weiters 4 Flächen im außeralpinen Gebiet nördlich der Donau (Wuchsgebiet VI) und 3 im östlichen Hügelland (Wuchsgebiet VII) (Abb. 1).

Die Auswahl der Herkünfte für die einzelnen Versuchsflächen erfolgte anhand der sowohl in der Kulturkammer als auch im Pflanzgarten ermittelten Knospenkennzahl. Neben zwei Standardherkünften, welche auf allen Flächen ausgepflanzt wurden und direkte Vergleichsmöglichkeiten bieten sollen ("Schneegatter", 600 m SH, repräsentativ für Tieflagen und "Murau", 1200 m SH, für inneralpine Wirtschaftslagen), wurden auf allen Flächen die lokalen bzw. benachbarte Herkünfte verwendet.

Ferner wurden anhand der Fröhntestergebnisse gleichwertige Ersatzherkünfte ausgewählt und schließlich zur Erfassung der gesamten Variationsbreite ein bis zwei kontrastierende Prüfnummern jeder Fläche zugeteilt.

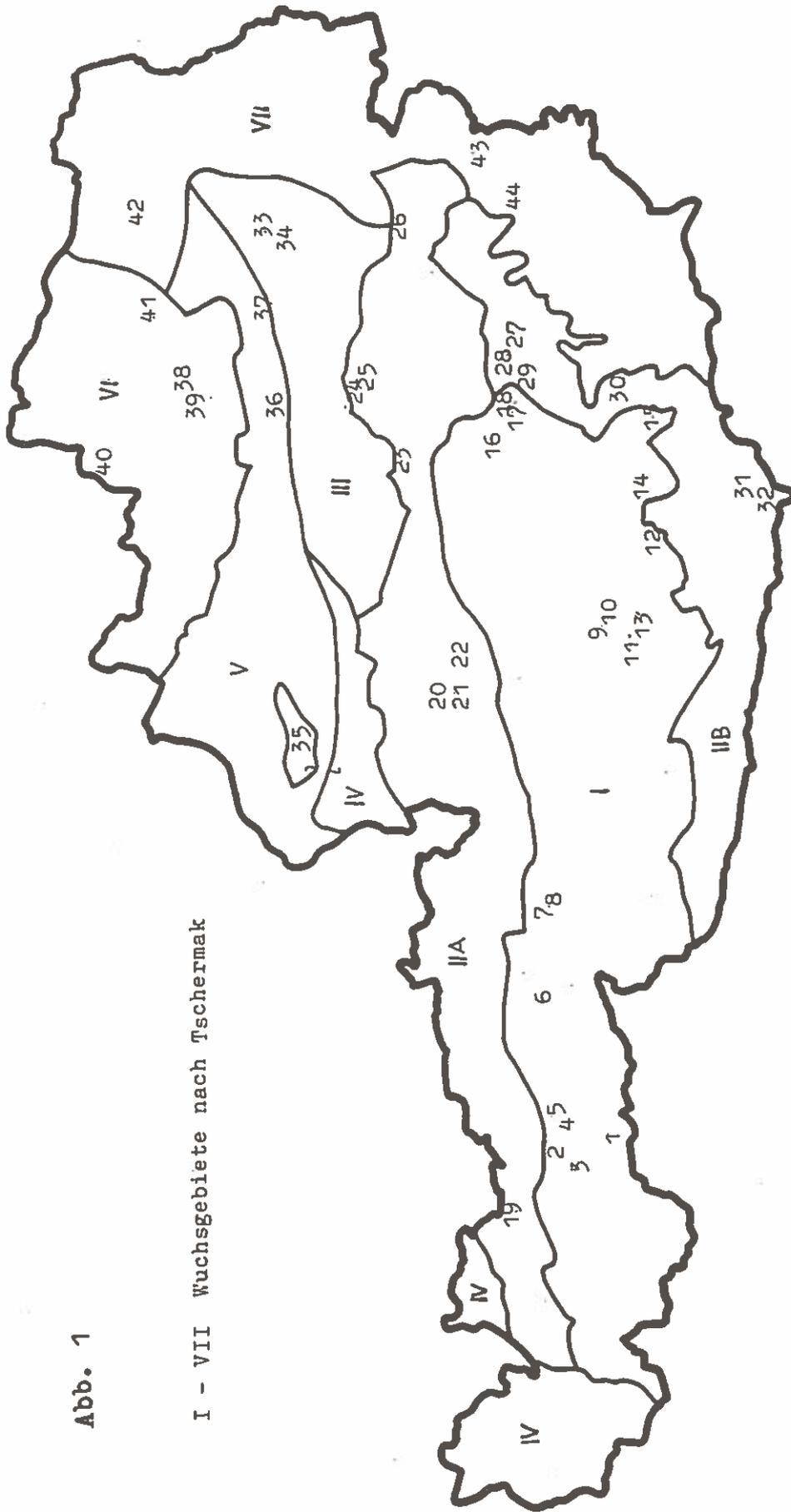
MERKMALSERFASSUNG

1979, also ein Jahr nach der Pflanzung, wurden alle 44 Flächen einer Kontrolle unterzogen, wobei Anwuchsprozent, Gesundheitszustand und Anwuchsgüte der Pflanzen blockweise nach einem einfachen Aufnahmeschlüssel angeschätzt wurden.

Ab Spätsommer 1982, also nach der fünften Vegetationsperiode auf den Versuchsflächen, wurde mit den ersten Höhenmessungen aller Pflanzen auf 33 Versuchsflächen begonnen, die sich bis Herbst 1984 hinzogen. Gemessen wurde neben der Höhe im Pflanzenalter 10 Jahre die Höhe im Alter von 9, 8 und 7 Jahren. Die Höhe im Alter 5 wurde aus den Messungen im Forstgarten übernommen, so daß sie nicht immer zufriedenstellend dazupaßt. Weiters wurden Pflanzenzustand und Pflanzenform aufgenommen sowie Schädigungen der Pflanzen anhand einer neunteiligen Skala registriert, jedoch nur dann, wenn durch diese eine offenkundige Beeinträchtigung der Höhenwuchsleistung gegeben war.

Abb. 1

I - VII Wuchsgebiete nach Tschermak



Verteilung der Versuchsflächen 1 - 44 auf das Bundesgebiet

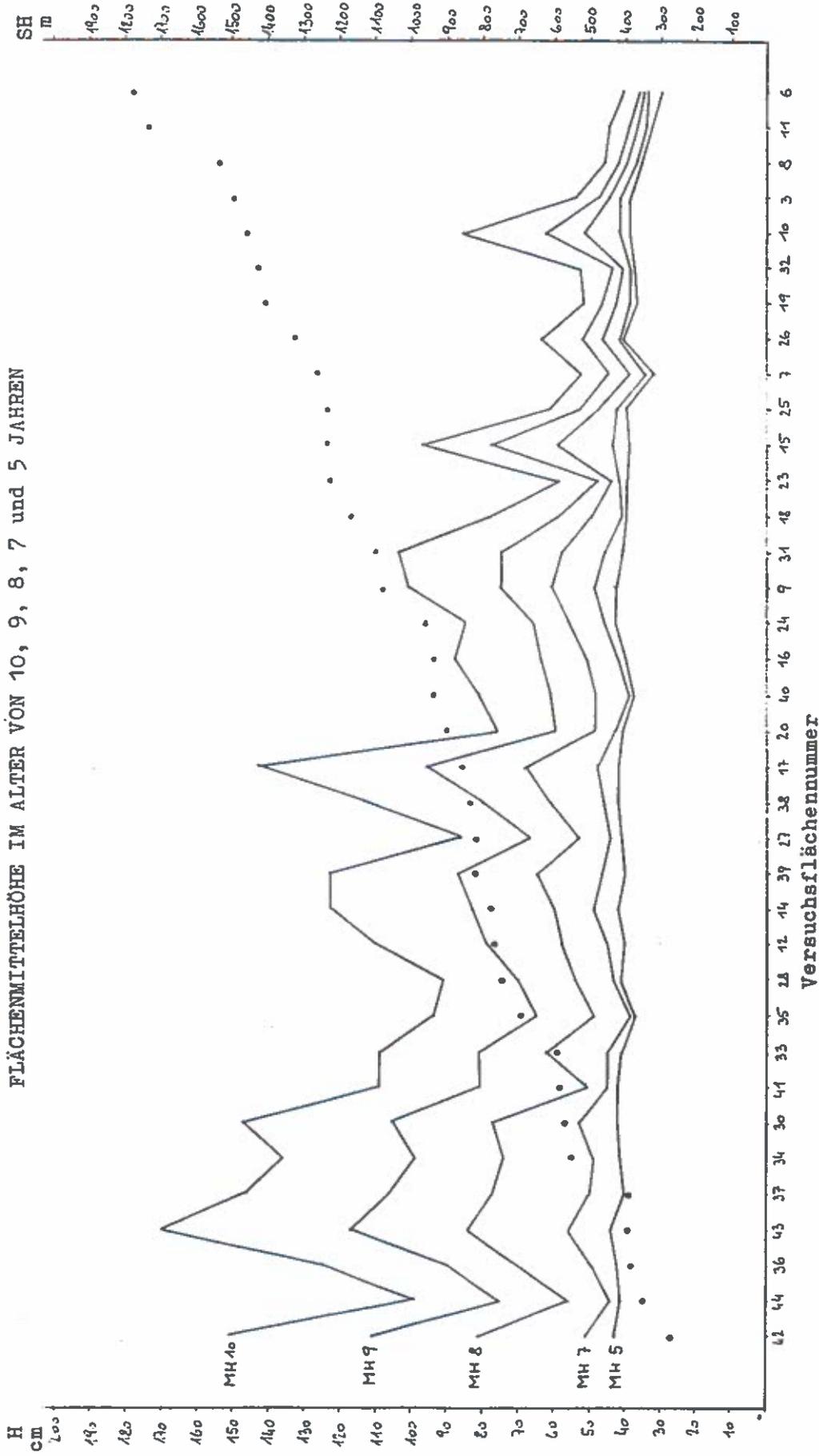
ERGEBNISSE

Pflanzschock

Die Beeinträchtigung des kontinuierlichen Wachstums als Folge des Aushebens der Pflanzen im Forstgarten und Ausbringung auf die einzelnen Versuchsflächen mit teilweiser längerer Zwischenlagerung in einem Kühlhaus trat auf vielen Flächen sehr stark in Erscheinung. Dieser Verpflanzungschock wirkte sich aber je nach Seehöhe des Pflanzortes und nach der Ursprungsseehöhe der einzelnen Herkünfte unterschiedlich aus. Die Ursache für die Dauer und die Stärke der aufgetretenen Wuchsdepressionen sind zu suchen in:

- a) In den schwierigen und zum Teil extrem standörtlichen und klimabedingten Verhältnissen, die auf den Flächen, vor allem in Hochlagen, vorgefunden wurden und an die sich die Pflanzen anzupassen hatten. Dies gelang zufriedenstellend nur Herkünften aus entsprechender Seehöhe und Region.
- b) Der Größe der 5-jährigen Pflanzen und einem trotz guter H/D-Werte ungünstigen Sproß - Wurzelverhältnis, das ein im letzten Versuchsjahr eingetretenes, sehr starkes Sproßwachstum verursachte. So lag bei einzelnen Herkünften die Durchschnittshöhe im Alter 7 unter der im Alter von 5 Jahren und das umso häufiger, je höher die Flächen gelegen waren, was durch das Zurückbleiben und den Ausfall vor allem der größeren Pflanzen bedingt war, die ihren Wasserbedarf infolge des unzureichenden Wurzelkörpers nicht decken konnten. Besonders stark war der Ausfall bei nichtangepaßten Herkünften, die aus tieferen Lagen stammten.
- c) In späten Pflanzterminen, wiederum vor allem in höheren Lagen. Wegen der langen Schneelage in diesen Regionen konnten die Pflanzen zum Teil erst Ende Juni bis Anfang Juli ausgebracht werden, zu einem Zeitpunkt also, wo unter normalen Verhältnissen das Triebwachstum seinem Ende zugeht. Dies führte zu einer starken Verkürzung der im Pflanzjahr zur Verfügung stehenden Wachstumszeit, was zur Folge hatte, daß vor allem bei Pflanzen aus tiefergelegenen Herkünften, und somit an eine längere Vegetationszeit angepaßt, eine mangelhafte Ausreifung der Abschlußgewebe bei Trieben und Nadeln gegeben war. Ebenso konnte sich wegen der geringen laufenden Stoffproduktion nur eine schwache Cuti-

Abb. 2



cula ausbilden, und das Rindengewebe blieb dünn (BAIG, TRANQUILLINI, HAVRANEK 1974, HOČEVAR 1980). Infolge des so ungenügenden Temperatur- und Transpirationsschutzes traten Frost-, aber vor allem Dürreschäden (Frosttrocknis) auf, die bei vielen Pflanzen zu einem Abwerfen fast aller Nadeln und oft zum Verdorren ganzer Gipfelpartien führten, was bei der ersten Kontrolle festzustellen war.

Es zeigte sich nun, daß die Überwindung dieses Verpflanzungsschocks in hohen Lagen wegen der mit steigender Seehöhe stark abnehmenden Jahresstoffproduktion (TRANQUILLINI u.a. 1968) bis über 5 Jahre in Anspruch nehmen kann, speziell bei nicht angepaßten Herkünften.

In Tieflagen hingegen trat ein Verpflanzungsschock nur mäßig, zum Teil gar nicht auf.

Höhenwachstum

Wie zu erwarten war, ergaben sich zwischen den einzelnen Flächen, entsprechend ihrer Seehöhe, große Unterschiede im durchschnittlichen 5-jährigen Flächenzuwachs (Abb. 2). So fiel dieser von 125 cm in 390 m Seehöhe auf 11 cm in 1.750 m Seehöhe, also um mehr als das Zehnfache, ab. Auch hier zeigt sich bei näherer Betrachtung der einzelnen Herkunftsergebnisse, daß - je höher die Versuchsfläche gelegen war - die Seehöhenangepaßtheit der Herkünfte ein immer größeres Gewicht bekam. Eine gewinnbringende Verschiebung von Herkünften nach oben ist in Hochgebirgslagen immer seltener festzustellen. Verdeutlicht wird dies bei Betrachtung der Mittelhöhen der Versuchsflächen in den einzelnen Wuchsregionen (Abb. 3), wobei spezielle Standortsgegebenheiten (z.B. Exposition) zusätzlich modifizierend wirken.

Neben dem gewichtigen Kriterium der Seehöhe zeigten sich bei der Auswertung der einzelnen Flächen zusätzliche Einflußgrößen auf das Wachsterverhalten von Herkünften. Es handelt sich dabei um Einflüsse mikroklimatischer Natur und erbbedingter Anpassung an trotz gleicher Seehöhe unterschiedliche Temperatur-, Wind-, Schneelage- und Expositions- bzw. Wärmeverhältnisse und Grundgestein- bzw. Bodeneinflüsse. So zeigte sich zum Beispiel bei einer Versuchsfläche am südöstlichen Rand des Wuchsgebietes I gelegen bei Lölling in Kärnten, daß bei einer Rangordnung der Her-

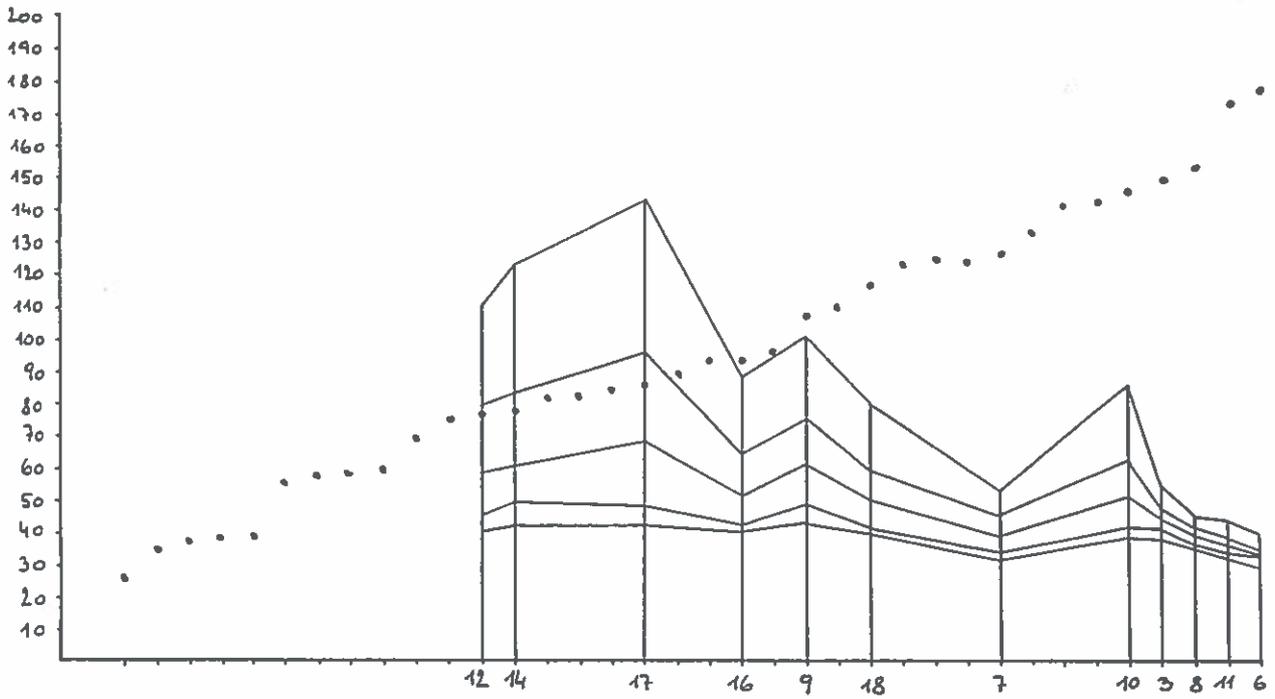


Abb. 3a Flächenmittelhöhen der Versuchsflächen 3 bis 18 im zentralalpinen Wuchsbereich.

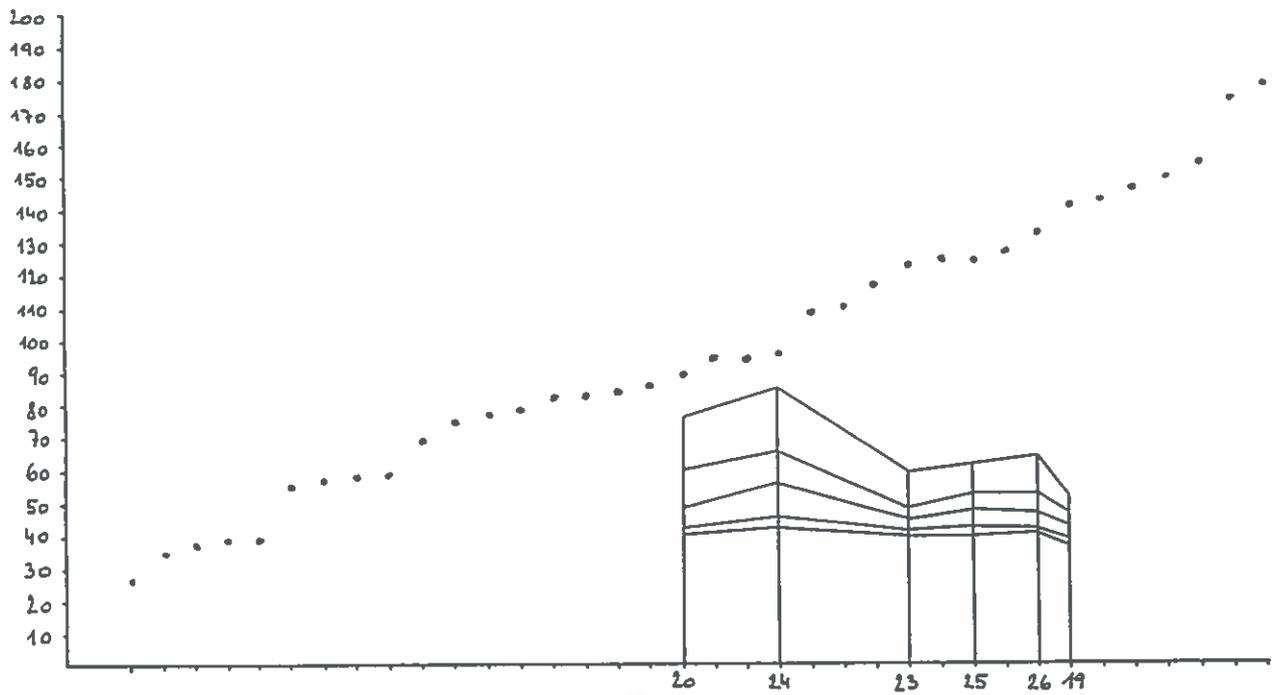


Abb. 3b Flächenmittelhöhe der Versuchsflächen 19 bis 26 in der nördlichen Alpenzwischenzone

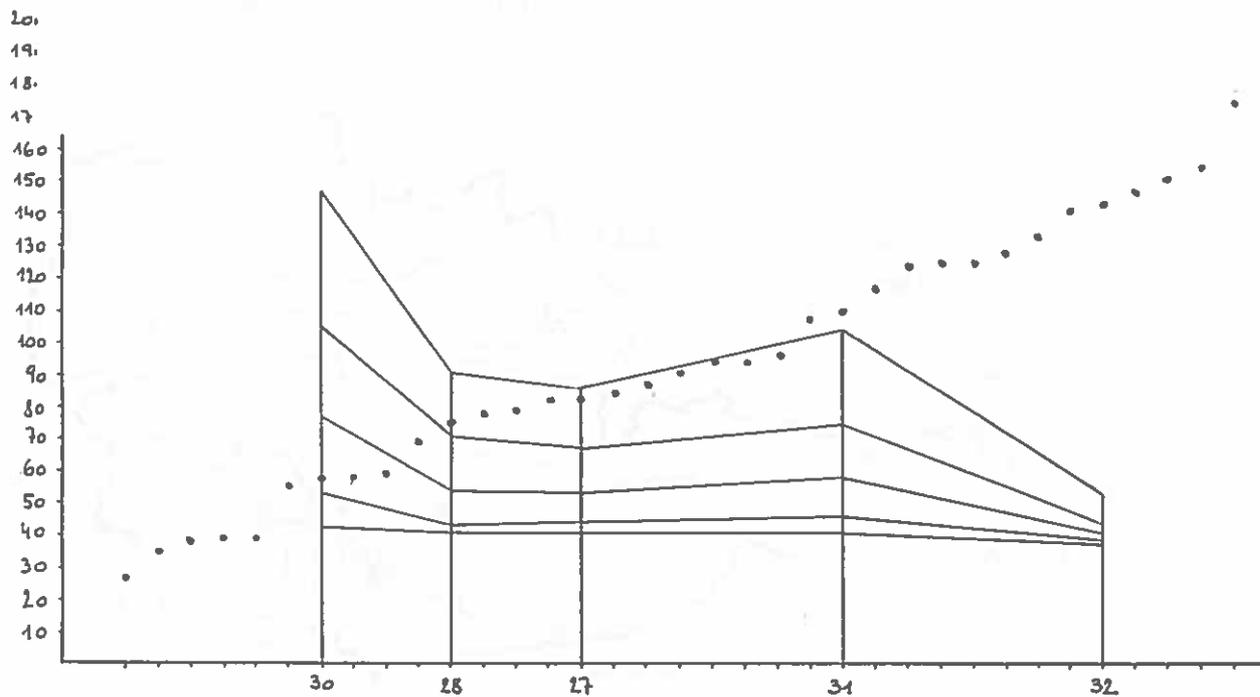


Abb. 3c Flächenmittelhöhen der Versuchsflächen 27 bis 32 am südöstlichen Alpenrand

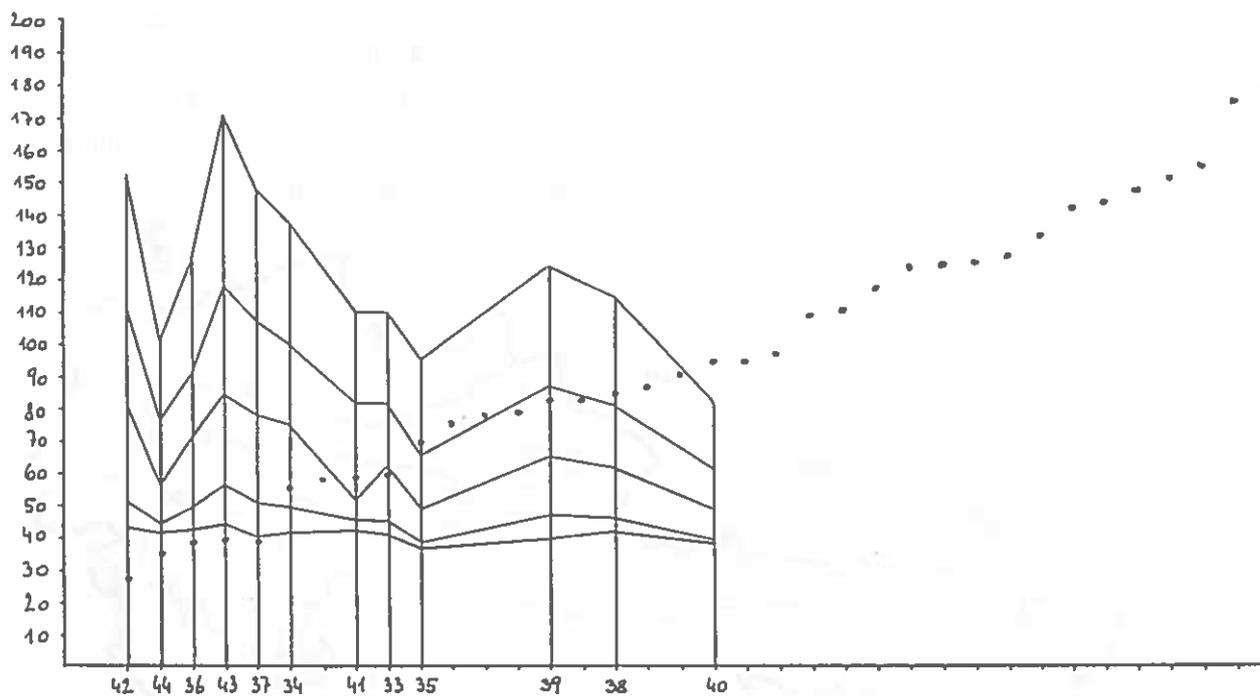
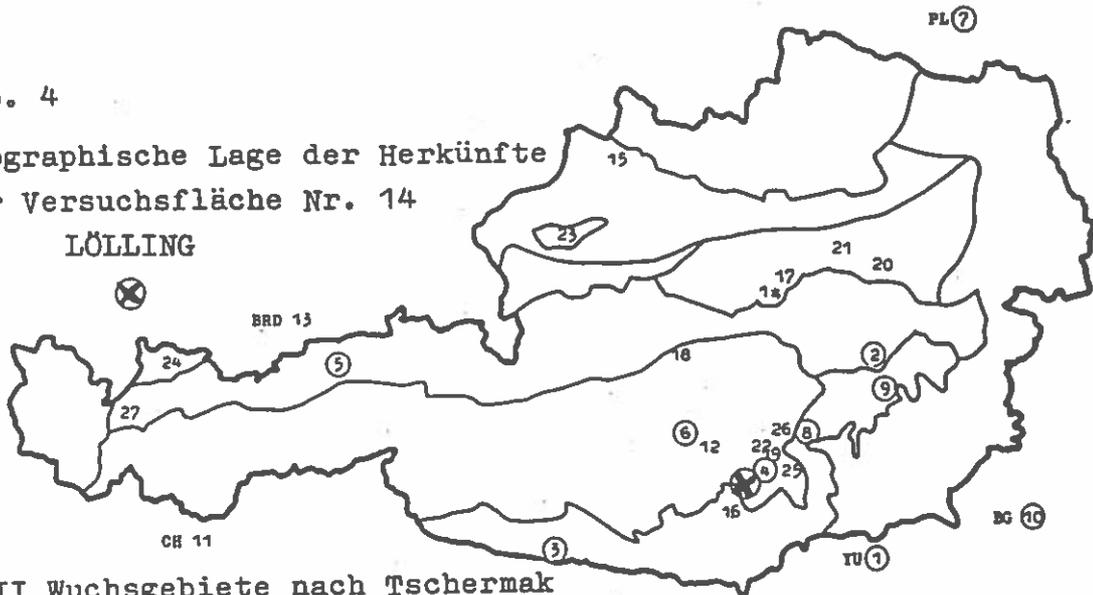


Abb. 3d Flächenmittelhöhen der Versuchsflächen 33 bis 44 im außeralpinen Wuchsbereich

künfte nach dem 5-jährigen Zuwachs nur solche aus südlich beeinflussten Lagen und entsprechender Seehöhe die oberen Ränge einnahmen (Abb. 4).

Abb. 4

Geographische Lage der Herkünfte
der Versuchsfläche Nr. 14



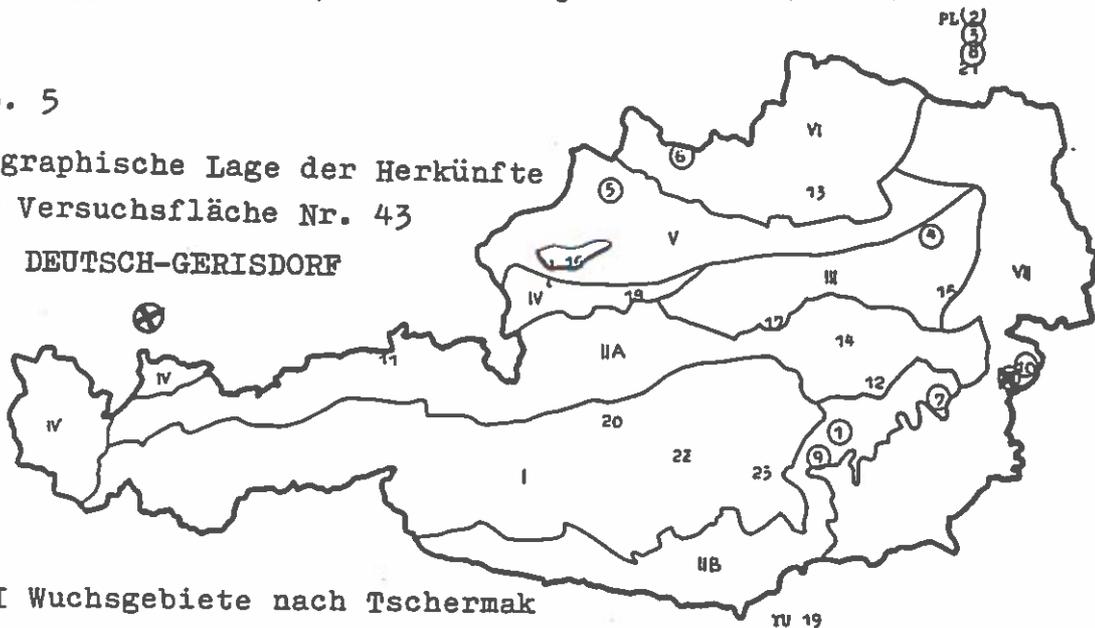
I-VII Wuchsgebiete nach Tschermak

1-27 Rang der Herkünfte nach der Höhe 10

Eine Tatsache, die bei einer Herkunftswahl in diesem Gebiet mitentscheidend sein kann und beachtet werden sollte. Als weiteres Beispiel sei hier eine Fläche, gelegen am Südostabfall des burgenländischen Hügellandes (Wuchsgebiet VII), genannt. Bei dieser, wo nur außeralpine und aus unter 800 m Seehöhe stammende Herkünfte entsprechende Wachstumsleistungen erbrachten, zeigte sich ganz deutlich, daß auch bei Auspflanzung in nur geringen Seehöhen (in diesem Fall rund 400 m) die Wahl der richtigen Herkunft entscheidend sein kann, um beste Erfolge zu erzielen (Abb. 5).

Abb. 5

Geographische Lage der Herkünfte
der Versuchsfläche Nr. 43



I-VII Wuchsgebiete nach Tschermak

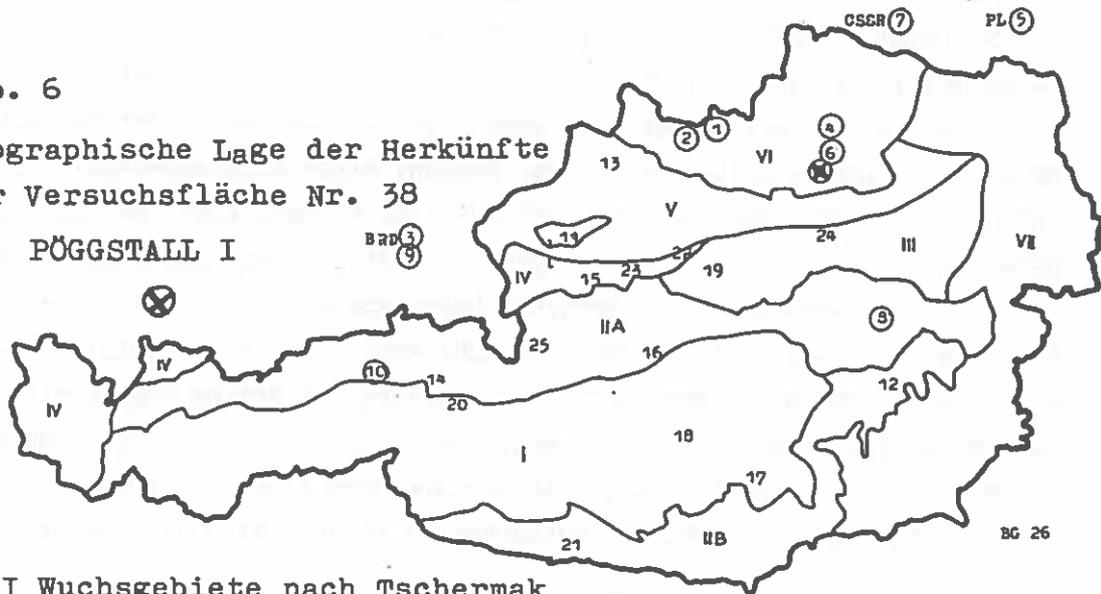
1-23 Rang der Herkünfte nach der Höhe 10

Bei einigen Flächen im außeralpinen Bereich (Wuchsgebiete IV und VI) ergab sich ein Versagen von Kalkherkünften, was im alpinen Bereich, auch auf Urgestein, nicht der Fall war. Eine Tatsache, die noch näher untersucht werden muß.

Bei Auswertung der Flächen im Wuchsgebiet VI, Wald- und Mühlviertel, zeigte sich eine deutliche Vorrangstellung in der Höhenentwicklung jener Herkünfte, die aus demselben Wuchsgebiet, der Bundesrepublik Deutschland, der Tschechoslowakei und Polen, also aus dem karpatisch-herzynischen Raum stammen (Abb. 6). Ein Ergebnis, das in ähnlicher Form auch durch Herkunftsversuche im benachbarten Ausland erbracht wurde.

Abb. 6

Geographische Lage der Herkünfte
der Versuchsfläche Nr. 38



I-VII Wuchsgebiete nach Tschermak

1-26 Rang der Herkünfte nach der Höhe 10

Bei den bisher vorliegenden Auswertergebnissen kam klar heraus, daß die im Versuch miteinbezogenen lokalen Herkünfte meist im oberen Feld von Zuwachsrangordnungen zu finden sind und deshalb eine Herkunftsempfehlung gegeben werden kann, was eine Bestätigung lang bekannter Tatsachen darstellt. Aber schon bei benachbarten, oft nur einige wenige Kilometer entfernten und auch in der Seehöhe entsprechenden zeigten sich einzelne Fälle eines unerwarteten Versagens, ein Verhalten, das bis jetzt noch nicht geklärt werden konnte.

Kurz erwähnt soll hier noch ein Lärchenherkunftsversuch werden, der 1983 angelegt, 69 Herkünfte umfaßt, die aus Seehöhen von rd. 400 bis 1800 m stammen. Die Auswertung der erhobenen Höhen und Jahreszuwächse lassen Herkunftseinflüsse ähnlich wie bei der Fichte erkennen. Auch bei der Lärche gibt es erblich fixierte Anpassungen an verschiedene Vegetationszeiten, die im Höhewachstum schon nach 5-jähriger Versuchsflächendauer ihren Niederschlag finden. Da aber vergleichende Untersuchungen noch fehlen,

kann dazu Näheres noch nicht mitgeteilt werden. Vor allem ist es bisher noch nicht gelungen, entsprechende Kurzzeittests zu entwickeln.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Ergebnisse speziell des Fichtenherkunftsversuches zeigen, daß die Herkunftsfrage im alpinen Raum eine besondere Rolle spielt. Wachstumseinbußen, hervorgerufen durch den Verpflanzungsschock, können mit zunehmender Seehöhe vor allem bei nichtangepaßten Pflanzen eine Reihe von Jahren andauern. Bedingt durch die in höheren Regionen herrschenden ungünstigen Umweltbedingungen läßt es die Entwicklung der Pflanzen nach nur 5-jähriger Beobachtungszeit auf Freilandversuchsflächen nicht zu, Herkunftsempfehlungen abzugeben. Als sicher kann jedoch gelten, daß neben der Meereshöhe als wichtigstes Kriterium bei der Auswahl einer Fichtenherkunft für Aufforstungszwecke noch weitere Faktoren, die klimatischer oder auch anderer Natur sein können (Kalk - Urgestein), oft mitentscheidenden Einfluß auf das Wuchsverhalten einer Herkunft haben können. Die erblich fixierte Anpassung an diese Einflußgrößen ist wohl empirisch, z.B. mittels Herkunftsversuchen, nicht aber durch Begutachtung mit freiem Auge ermittelbar. Wieweit biochemische und molekulargenetische Untersuchungen, deren bisherige Ergebnisse allerdings vielversprechend sind, uns bei der Auswahl bestgeeigneter Herkünfte weiterhelfen werden, wird die Zukunft weisen.

LITERATUR

- M. BAIG, W. TRANQUILLINI, W. HAVRANEK: Cuticuläre Transpiration von Picea-abies- und Pinus-cembra-Zweigen aus verschiedener Seehöhe und ihre Bedeutung für die winterliche Austrocknung der Bäume an der alpinen Waldgrenze. "Cbl. ges. Forstwesen" 91 (1974), 4.
- M. HOČEVAR: Pflanzzeit und Bereitstellung von Forstpflanzen bei Hochlagenaufforstungen, Schweiz. Z. Forstwes., 131 (1980), 11.
- W. TRANQUILLINI, R. UNTERHOLZNER: Das Wachstum zweijähriger Lärchen einheitlicher Herkunft in verschiedener Seehöhe. "Cbl. ges. Forstwesen" 85 (1968), 1.

DAS WACHSTUM VON FICHTENKLONEN IN VERSCHIEDENER SEEHÖHE

Peter Zwerger und Kurt Holzer
Forstliche Bundesversuchsanstalt

Im Juli 1973 wurden zur Feststellung der Anpassungsfähigkeit der Fichte an das Gebirgsklima 51 Fichtenklonen aus Familien verschiedener Seehöhenherkünfte ausgepflanzt. Die insgesamt 4 Versuchsflächen von 850 m - 1 900 m Seehöhe befinden sich im Wipptal südlich von Innsbruck.

Nach eingehenden phänologischen und Wachstumsbeobachtungen während der ersten drei Jahre wurden die Pflanzen in regelmäßigen Abständen vermessen und ihre weitere Entwicklung beobachtet, um Anhaltspunkte für die Bedeutung von Herkunft und Höhenlage des Ursprungs der Klone zu erhalten.

Die große Variabilität in der Klonenauswahl sollte diese Aussagen ermöglichen. Es stellte sich aber in der Zwischenzeit heraus, daß für eine derart komplexe Fragestellung die vorliegende Versuchsanordnung viel zu wenig umfangreich war. Deshalb kann in diesem Bericht nur eine zusammenfassende Darstellung der Versuchsergebnisse gegeben werden, die aber trotzdem deutlich die intensive Wirkung vor allem der Höhenstufe, aber auch anderer Standortfaktoren auf die gepflanzten Fichtenklone widerspiegelt.

Die Klone stammten aus insgesamt 11 Familien, je 4 Tief- und Mittellagen und 3 aus Hochlagen. 5 dieser Familien stammen von Baumtypen in den Seetaler Alpen (Zentralalpines Kristallin) und 6 von Baumtypen im Höllengebirge (Nördliche Kalkalpen).

Bereits der Ausfall in den ersten drei Jahren nach der Pflanzung läßt die Wirkung des Standortes erkennen:

Auf der Fläche 1 (850 m) ist der schlechte Anwuchserfolg auf den trockenen Oberhangstandort zurückzuführen; es waren hier bereits im ersten Winter über 20 % Ausfall festzustellen, während in den folgenden Jahren nur mehr wenige Pflanzen abstarben, sodaß 1985 insgesamt noch etwa 61 % der gesetzten Pflanzen vorhanden waren.

Auf der Fläche 2 (1 250 m) waren von Anfang weg die günstigsten Bedingungen; es sind jetzt noch 84 % der ursprünglich gesetzten Pflanzen in Beobachtung.

Ausgesprochen ungünstig war die Entwicklung auf der Fläche 3 (1 600 m). Nach

einem guten Anwuchserfolg im ersten Jahr trat im Folgewinter 1974/75 eine starke Infektion durch Schneeschimmel auf, der den Großteil der Pflanzen abtötele, so daß jetzt nur mehr 24 % der gesetzten Pflanzen vorhanden sind.

Auf der höchstgelegenen Fläche 4 (1 900 m) im Bereich der Waldgrenze wurden 1980 noch insgesamt etwa 50 % der gesetzten Pflanzen gemessen; bei den späteren Beobachtungen wurde jedoch ein weiterer Teil der Pflanzen aufgegeben, weil ihr Zustand so schlecht war, daß an einem Überleben zu zweifeln ist; so wurden nur mehr 28 % der insgesamt gesetzten Pflanzen in die Endmessung einbezogen.

Die Pflanzung erfolgte mit 3 - 4jährigen Kleinballenpflanzen auf Freiplätzen in bereits vorhandenen älteren Aufforstungen.

Der Höhenwuchs der Pflanzen (Abb. 1) spiegelt am besten die Umweltverhältnisse auf den einzelnen Flächen wider. Die ökologischen Bedingungen verschärfen sich mit zunehmender Seehöhe. Von den Austriebsbeobachtungen wissen wir, daß bereits der Beginn der Vegetationszeit mit zunehmender Seehöhe kalendermäßig immer mehr verspätet ist. Auf der höchsten Fläche ist der Austrieb um ca. 40 Tage gegenüber der tiefsten verzögert, die Streckungsperiode wird um etwa 3 - 7 Tage kürzer. Entscheidend für das verlangsamte bzw. geringere Höhenwachstum ist die Wachstumsintensität, die besonders durch die Temperatur beeinflusst wird. Auf der wachstumsintensivsten Fläche in 1 250 m Seehöhe betrug das Höhenwachstum im Jahre 1976 3,9 mm/Tag, auf der höchst gelegenen hingegen nur 1,7 mm/Tag, sodaß der mittlere Gesamtzuwachs pro Jahr einen Unterschied von 70 mm erreicht.

Bezüglich des Austriebstermines ist zu bemerken, daß die Frühtreiber nur auf der obersten Fläche, mit der kürzesten Gesamtvegetationszeit einen Vorsprung in der durchschnittlichen Gesamthöhe gegenüber den Spätreibern von 10 % aufweisen. Auf allen anderen Flächen, auf denen die Länge der warmen Periode für ein vollständiges Ausreifen des neu gebildeten Triebes ausreicht, ist kein Unterschied in der Gesamthöhe der Klone, je nach Austriebszeitpunkt, zu erkennen.

Alle Werte sind jedoch infolge der großen Streuung und der doch geringen Stückzahl statistisch nicht abzusichern, es kann hier nur der allgemeine Trend angegeben werden. (Abb. 2).

Die Fläche 1 in 850 m SH ist, wie schon vorhin erwähnt, von den Standortsbedingungen her benachteiligt; es handelt sich um einen trockenen Oberhang, dessen natürliche Bestockung die Weißkiefer bildet.

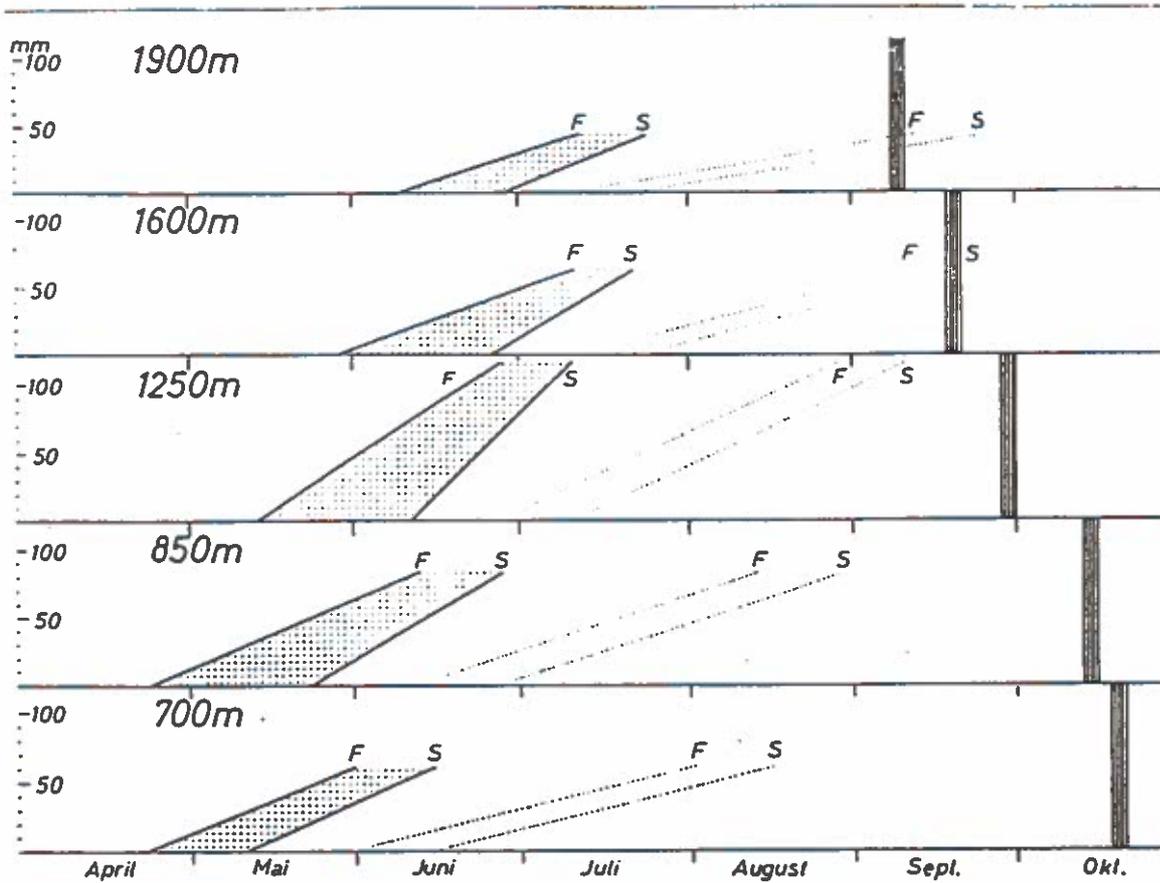


Abb. 2: Zeitbereich des aktiven Triebstreckungswachstums und erreichte Trieblänge in Abhängigkeit vom genetisch bedingten Austriebszeitpunkt (F = Frühtreiber bis S = Spättreiber) und von der Seehöhe des Auspflanzungsortes (grauer Bereich, Vegetationsjahr 1976).

Die Balken am rechten Rand geben das mittlere Eintreffen der ersten Herbstfröste an; der freie Raum dazwischen bedeutet die Länge der zur Ausreifung verfügbaren restlichen Vegetationszeit. Die darin eingetragenen punktierten Linien deuten die Knospenbildung an, die im allgemeinen etwa zwei Monate dauert. Für die Spättreiber der Hochlagenstandorte kommt der Winter oft zu früh, was sich in einer Wachstumsmin- derung im folgenden Jahr auswirkt (alle Angaben schemati- siert! aus: HOLZER und TRANQUILLINI, Allg. Forstztg. 1979)

Dementsprechend ist auch der Höhenwuchs der Fichtenpflanzen geringer als auf der Fläche 2. Vor allem treten starke jährliche Zuwachsschwankungen auf. So ist der Zuwachs im Jahr 1982 infolge einer länger dauernden Trockenperiode deutlich geringer; er beträgt kaum die Hälfte vom Jahr vorher. Auch in den beiden Folgejahren ist eine deutliche Nachwirkung zu erkennen, wobei überraschenderweise bei den Hochlagenklonen eine raschere Erholung einzusetzen scheint. Erst 1985 werden bei den Tief- und Mittellagenklonen wieder annähernd die Zuwachswerte der bisher besten Jahre 1980 und 1981 erreicht.

In der Gesamthöhe 1985 zeigen auf der Fläche 1 die Tief- und auch die Hochlagenklone bessere Werte als Klone aus Mittellage, diese sind um gut 10 cm kleiner.

Wie bereits früher ausgeführt wurde, ist auf der Fläche 2 in 1 250 m der beste Zuwachs bei allen Klonen festzustellen; es tritt aber insofern eine Differenzierung ein, als auf dieser Fläche die Hochlagenklone in ihrer Gesamtheit durch viele Jahre hindurch einen um etwa 3 cm geringeren jährlichen Zuwachs aufweisen als Klone aus tieferen Lagen.

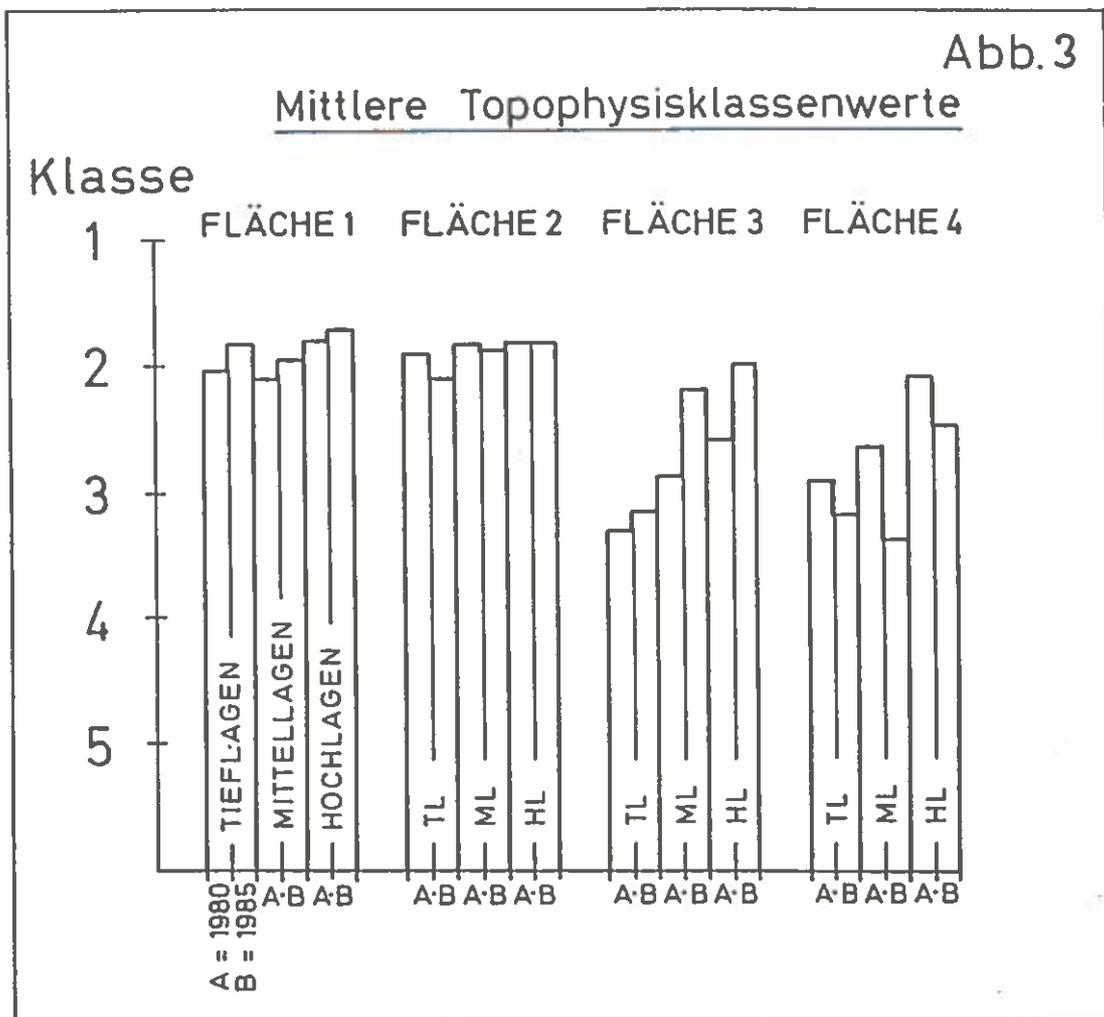
Erst in den allerletzten Jahren, das ist seit etwa 1983, tritt eine allmähliche Angleichung an die Klone aus tieferen Lagen ein. Deshalb ist in der Gesamthöhe der Pflanzen ein deutlicher Unterschied gegeben, wodurch die Hochlagenklone 1985 um 18 cm hinter den Klonen aus Mittellage und um 10 cm hinter denen aus Tiefenlage rangieren. Es sind also die Klone aus Mittellage, die in dieser Seehöhe eindeutig den besten Wuchs zeigen, was auch den Erwartungen entspricht.

Die Fläche 3 in 1 600 m SH scheint mir dem jährlichen Zuwachs am wenigsten auf unterschiedliche Bedingungen in den einzelnen Jahren zu reagieren. Die Tieflagenklone, die in den ersten Jahren an der Spitze liegen, zeigen 1979 bis 1982 eine schwache Verringerung des Zuwachses, wobei sie aber in den Folgejahren mit den anderen Klonen wieder gleichziehen. Erst im Jahr 1985 erleiden diese Klone wieder einen deutlichen Zuwachsrückgang (ähnlich wie bei allen Klonen auf der Fläche 2).

Die Mittel- und Hochlagenklone, die anfänglich (ähnlich wie auf der Fläche 2) geringeren Zuwachs leisteten, werden dann ab etwa 1980 deutlich begünstigt. Sie scheinen sich nun an die herrschenden Umweltbedingungen besser angepaßt zu haben und erreichen von Jahr zu Jahr bessere Zuwachswerte. So übernehmen sie auch in der Gesamthöhe 1985 die Führung und liegen um etwa 10 cm bzw. 15 cm (das sind rund 10 % bzw. 15 %) über den Tieflagenklonen.

Auf der Fläche 4 in 1 900 m Seehöhe sind die Pflanzen bereits einem derart starken Stress ausgesetzt, daß es ihnen bis heute, das ist 14 Jahre nach der Auspflanzung noch nicht gelungen ist, ein halbwegs entsprechendes Wachstum zu entwickeln. Der jährliche Zuwachs beträgt nicht mehr als 2 bis 3,5 cm, wobei die Herkunftslage keinen erkennbaren Einfluß ausübt. Einzig ein früherer Austrieb, wie bereits erwähnt, scheint eine positive Wirkung auf die Zuwachsleistung zu haben. Dementsprechend liegen auch die Gesamthöhenwerte 1985 für Tief- bzw. Hochlagenklonen zwischen 40 und 42 cm.

Recht aufschlußreich ist auch das Topophysisverhalten der einzelnen Klone und Seehöhengruppen (Abb. 3). Es wurde sowohl 1980 als auch 1985 aufgenommen und mit 5 Klassenwerten beurteilt. Diese bedeuten:



- KLASSE 1: Reiner Baumcharakter, regelmäßige Astquirl, gerader Wuchs
KLASSE 2: Baumcharakter, fast regelmäßige Astquirl, gerader Wuchs
KLASSE 3: Schlechter Baumcharakter, teilweise einseitige Astquirl, nicht gerader Wuchs
KLASSE 4: Mehr Zweigcharakter als Baumcharakter
KLASSE 5: Zweigcharakter

Die Pflanzen auf den Flächen 1 und 2 zeigen ein sehr ähnliches Topophysverhalten. Der Großteil der Pflanzen zeigt einen aufrechten Wipfel. Nur wenige Klone zeigen hier noch Astcharakter. Die Mittelwerte dieser Beurteilung liegen entsprechend günstig, wobei die Hochlagenklone in allen Fällen die besten Werte zeigen. Auch auf der Fläche 3 zeigt der überwiegende Teil der Pflanzen bereits aufrechten Wuchs, wobei aber der schlechtwüchsige Pflanzenteil schon deutlich ansteigt. Auf der Fläche 4 waren bisher nur wenige Pflanzen und zwar die Hochlagenklone in der Lage, einen deutlichen Wipfel zu bilden. Die Klone aus Tief- und Mittellage liegen hier wesentlich schlechter als die Hochlagen.

Von 1980 auf 1985 haben auf der Fläche 4 viele Klone eine Verschlechterung der Beurteilung des Topophysverhalten erfahren. Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, daß durch die Wirkung der Schneeeauflage die bereits etwas aufwärts strebenden Pflanzen wieder zu Boden gedrückt wurden.

Recht interessant ist die Gegenüberstellung der beiden Hefkünfte der Familien:

Über alle Familien und Flächen hinweg ergibt sich eine deutliche Überlegenheit der kalkalpinen Klone. Der Gesamtausfall betrug 45,4 % bei den letzteren und 54,4 % bei den zentralalpinen Familien. Besonders groß ist der Unterschied auf den trockenen Fläche 1: er betrug hier 35 % : 53 % und auf der durch Schneeschimmel stark beeinträchtigten Fläche 3 - 70 % : 84 %. Auf dieser Fläche blieben von den meisten Klonen keine oder nur wenige Pflanzen übrig. Nur vom kalkalpinen Hochlagenklon (No 79) blieben alle 8 Pflanzen erhalten und zeichneten sich durch gutes Wachstum aus (Höhe 1985 = 146 cm, das ist 40 cm über dem Flächendurchschnitt bzw. 35 cm über dem Durchschnitt der Hochlagenklone). Bei diesem Klon könnte somit eine endogen bedingte Widerstandsfähigkeit gegen den Schneeschimmel angenommen werden.

Als weiteres Ergebnis, das vor allem auf die Überlegenheit der richtigen Herkunft hinweist, ist anzuführen, daß auf der Fläche 4 in 1 900 m Seehöhe bei der Kontrolle im Jahr 1984 22 % der ursprünglich gesetzten Pflanzen aufgegeben werden mußten. Von den Hochlagenklonen mußten nur 19 % (der 1980 noch gemessenen Pflanzen) als weiterhin unmeßbar aufgegeben werden, bei den Mittellagen waren es hingegen 40 % und bei den Tieflagenklonen sogar 49 %.

Eine Gegenüberstellung der Gesamtwuchsleistung der beiden Herkunftsgebiete (Kristallin und Kalkalpen) läßt kein einheitliches Bild erkennen. Eher überraschend ist, daß auf dem trockenen Standort der Fläche 1 die Kristallingesteinsklone eine Überlegenheit von rund 6 % (10 cm) im Höhenwachstum gegenüber den kalkalpinen Klonen aufweisen. Auf den Flächen 2 und 3 hingegen sind die kalkalpinen um gut 8 % bzw. sogar 20 % in der Gesamthöhe überlegen. Auf der Fläche 4 in 1 900 m Seehöhe auf der bis jetzt keine deutliche Differenzierung erkennbar ist, sind die Gesamthöhen der beiden Herkunftsgruppen nicht verschieden.

Als Schlußfolgerung läßt sich aus dieser, im Umfang leider nur kleinen Versuchsanlage ableiten, daß das Wachstum der Fichte neben den genetisch bedingten Gegebenheiten durch eine Reihe von Standortsfaktoren beeinflusst wird, wobei sicherlich das Klima - das heißt Länge der Vegetationszeit und mittlere Sommertemperatur - den entscheidenden Faktor bildete.

Aber auch Bodentrockenheit (Fläche 1) oder übermäßige Schneelage (Fläche 3 und 4) setzen den Pflanzen stark zu, was besonders in der Wuchsform und am Ausfall erkennbar ist.

Vor allem läßt sich aber bereits an diesem kleinen Material erkennen, daß die Herkunft der Klone - ob aus tieferen oder höheren Lagen, zum Teil sogar von welchem Grundgestein sie stammen - eine entscheidende Rolle für das spätere Wachstum spielt, und daß nur Klone aus entsprechender Höhenlage auch tatsächlich auf lange Sicht den besten Erfolg gewährleisten.

Es muß aber auch noch ergänzt werden, daß die Stecklingserzeugung für Hochlagen - ein vorrangiges Problem für die Schutzwaldsanierung in Österreich - eine lange Vorauslese erfordert, um nur best geeignete Klone, die bereits im Pflanzgarten auch eine entsprechende Form erreichen, zur Auspflanzung zu bringen und so auch wirtschaftlich die günstigste Lösung zu erreichen.

PHYSIOLOGISCHE UNTERSCHIEDE BEI TIEF- UND HOCHLAGENFICHTEN
NACH CHRONISCHER OZONBELASTUNG

VON W. M. HAVRANEK
FORSTLICHE BUNDESVERSUCHSANSTALT
SUBALPINE WALDFORSCHUNG, INNSBRUCK

Zur Erklärung neuartiger Waldschäden wurde in den letzten Jahren den Photooxidantien und hier vor allem dem Ozon eine bedeutende Rolle beigemessen (ARNDT et al. 1982, PRINZ et al. 1985, KRAUSE et al. 1986, BUCHER 1986). In der Folge wurden daher zur Prüfung, ob bei langfristiger Begasung mit niedrigen Konzentrationen Ozon allein, oder im Zusammenwirken mit saurem Regen, SO_2 , Nährstoffmangel etc., ähnliche Schäden wie im Freiland auftreten, eine Reihe von Experimenten durchgeführt. Dabei wurden an Jungfichten bei Begasung mit 75 ppb O_3 bereits nach 6 - 8 Wochen Nadelverfärbungen und Gaswechselferminderungen beobachtet (KRAUSE & PRINZ 1985), bzw. bei 100 ppb nach 12 Wochen (GUDERIAN et al. 1986).

Bei 50 ppb O_3 traten bei Klonfichten auch nach 27 Wochen weder sichtbare Nadelschäden noch Gaswechselferminderungen auf (KELLER & HÄSLER 1987), während ebenfalls 50 ppb O_3 mit kurzzeitigen Spitzen von 150 ppb bei nährstoffarmen Fichten nach 20 Wochen zum völligen Zusammenbruch der Photosynthese führten (SELINGER et al. 1986). 150 ppb O_3 verursachten bei KELLER & HÄSLER nach 27 Wochen keine sichtbaren Nadelschäden, führten jedoch je nach Klon zu sehr unterschiedlichen Veränderungen im Gaswechsel.

Für diese divergierenden Versuchsergebnisse dürften einerseits verschiedene Versuchsbedingungen während der Begasung, und andererseits eine unterschiedliche Empfindlichkeit der verwendeten Fichtenklone gegenüber Ozon verantwortlich sein. Würde man nun einige dieser in Klima- oder Open-Top-Kammern erhaltenen Ergebnisse auf Freilandfichten an der Waldgrenze im Raum Innsbruck übertragen, die während der Vegetationsperiode einer hohen, anthropogen bedingten Ozon-Dauerbelastung von ca. 80 ppb im Monatsmittel ausgesetzt sind (Ber. Tiroler Landtag 1987), so wäre zu erwarten, daß nach mehrjährigen Einwirkzeiten bereits enorme Schäden in den Hochlagenfichtenbeständen aufgetreten sein müßten.

Da dies nicht der Fall ist, lag die Vermutung nahe, daß Hochlagenherkünfte der Fichte durch genetische Anpassung an die in Hochlagen in der Regel höhere Ozon-Konzentration weniger empfindlich auf Ozonbelastung reagieren als Tieflagenherkünfte. Um die mögliche genetische Vielfalt in der Reaktion auf

Ozon nicht zu stark einzuschränken, wurden bewußt keine Klone sondern Provenienzpaare aus Hoch- und Tieflagen dreier österreichischer Wuchsgebiete verwendet.

Material und Methoden

Folgende Hoch- und Tieflagenprovenienzen, vom Institut für Forstpflanzenzüchtung und Genetik der FBVA Wien zur Verfügung gestellt, wurden verwendet:

Wuchsgebiet	I/3	:	Mittersill	950 m Seehöhe	-	Gastein	1600 m
	II/A3	:	Bad Ischl	400 m - 900 m	-	Gosau	1500 m
	II/B	:	Villach	700 m	-	Villach	1450 m

Anfang Juni 1986 wurden von den eingetopften 4-jährigen Fichten von jeder Provenienz möglichst gleichartige Bäumchen ausgesucht und davon je 20 Stück Tieflagenfichten in Klimakammern aufgestellt. Eine Kammer wurde durch Zufuhr aktivkohlegefilteter Luft ozonfrei gehalten (Kontrollen, K); in der zweiten Kammer wurde der Luft jeweils soviel Ozon beigemischt, daß die Konzentration konstant bei 120 ± 10 ppb (ca. $200 \mu\text{g O}_3/\text{m}^3$) blieb. Sie wurde mit einem Monitor Labs 8810 - Ozonmeter eingestellt und kontinuierlich überprüft. Die Bedingungen in beiden Kammern blieben über die gesamte Versuchszeit gleich: $18 \pm 2^\circ\text{C}$ Lufttemperatur, relatives Dampfdruckdefizit 7 ± 3 Pa/kPa, natürliche Photoperiode $470 \pm 70 \mu\text{mol Photonen}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$, Wind $0,5 \text{ ms}^{-1}$, 350 ± 20 ppm CO_2 .

Zwei Wochen nach Beginn der Begasung war das Streckungswachstum bei allen Neutrieben beendet.

Nach etwa 4 Wochen kontinuierlicher Ozonbegasung erfolgte an allen Bäumchen die erste, nach etwa 9 Wochen die zweite Gaswechselformung. Dabei wurden jeweils an einem Neutrieb des obersten Wirtels mit einer Miniküvette (WALZ, Effeltrich, BRD) Photosynthese, Transpiration und Dunkelatmung bei folgenden Standardbedingungen gemessen:

21°C Nadeltemperatur, relatives Dampfdruckdefizit $12,7$ Pa/kPa, ca 825 hPa Luftdruck, $1000 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ photosynthetisch aktive Strahlung, ozonfreie Luft mit 350 ppm CO_2 , Wind 1 m s^{-1} .

Nach der Messung wurde der Zweig abgeschnitten, Trockengewicht und Oberfläche (Glasperlenmethode) der Nadeln bestimmt. Bei Versuchsende wurden alle Bäumchen einzeln bonitiert und Proben für Nährstoffanalysen entnommen.

Ergebnisse und Diskussion

A) NÄHRSTOFFGEHALTE UND SPEZIFISCHES TROCKENGEWICHT

Nach 12 Wochen Begasung mit 120 ppb O_3 waren keine sichtbaren Unterschiede

zwischen O_3 -Fichten und Kontrollen erkennbar. Eine erst gegen Ende des Versuches einsetzende Verfärbung ins Gelbgrüne trat bei Kontrollen (K) und O_3 -Fichten gleichermaßen auf und wurde durch Nährstoffmangel verursacht. Abb.1 zeigt für die einzelnen Provenienzen die mittleren Gehalte an Stickstoff, Phosphor und Magnesium. Während bei den Tieflagenherkünften die Kontrollfichten niedrigere Nährstoffgehalte aufwiesen als die O_3 -Fichten, war dies bei Hochlagen umgekehrt.

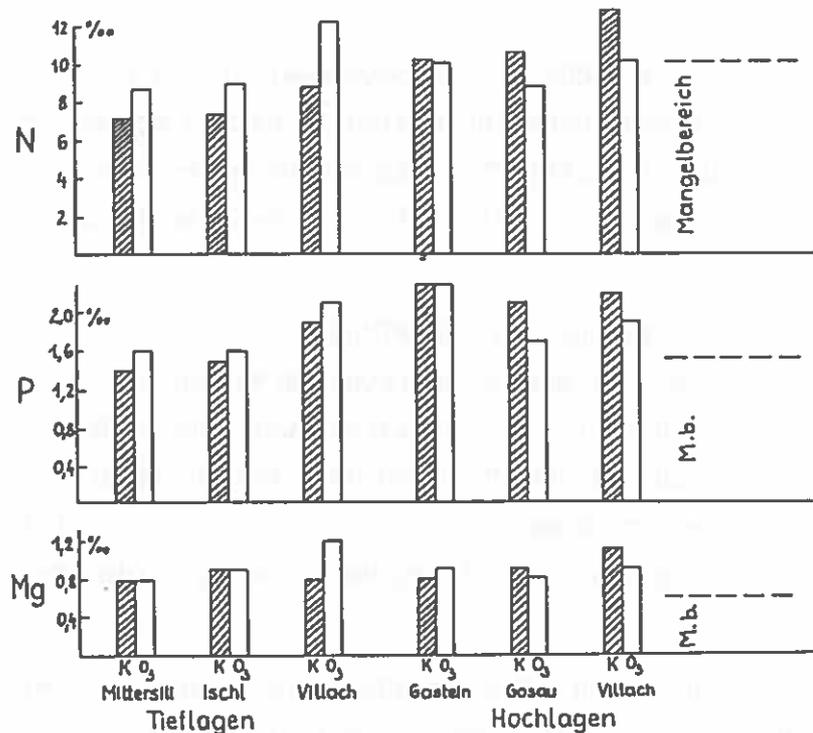


Abb.1: Mittlere N, P, Mg-Gehalte diesjähriger Nadeln von Tief- und Hochlagenprovenienzen nach 12 Wochen kontinuierlicher Begasung in Klimakammern mit 120 ppb Ozon (O_3), bzw. mit ozonfreier Luft (K). Angaben in mg/g Nadel-Trockengewicht. Die strichlierte Linie deutet die Grenze zum Mangelbereich an.

Das spezifische Nadelrockengewicht war bei den Kontrollen im Mittel höher als bei den O_3 -Fichten (Abb.2). Dies ist ein deutlicher Hinweis dafür, daß die O_3 -Fichten weniger Trockensubstanz in ihre Nadeln einbauten.

Die am schlechtesten und die am besten mit N und P versorgten Herkünfte hatten die schwersten, ausreichend versorgte Fichten die spezifisch leichtesten Nadeln. Der geringere Trockensubstanzeinbau vermindert bei O_3 -Fichten gegenüber den Kontrollen die Bezugsbasis Trockengewicht, wodurch es zu scheinbar erhöhten Nährstoff- und Pigmentgehalten, bzw. Gaswechselraten kommen kann.

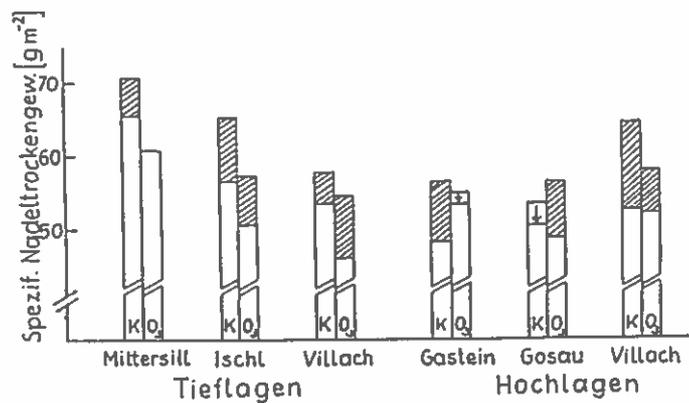


Abb. 2: Mittlere spezifische Nadelrockengewichte (= NTG, bezogen auf die Nadeloberfläche) verschiedener Provenienzen nach 4 Wochen und nach 12 Wochen Begasung. Die schraffierten Flächen geben eine Zu-, leere Flächen mit Pfeil eine Abnahme des spezif. NTG zwischen der 1. und der 2. Messung an.

B) PHOTOSYNTHESE, TRANSPIRATION UND ATMUNG

Unter der Annahme daß die Gaswechselraten im Mittel bei O₃-Fichten und Kontrollen zu Versuchsbeginn gleich waren, war nach 4 Wochen Ozonbegasung noch keine Veränderung in der Photosynthese feststellbar. Die Transpiration der O₃-Fichten war dagegen höher als die der Kontrollfichten. Dies weist auf eine anfänglich die Öffnung der Stomata fördernde Wirkung des Ozons hin.

Trotz der großen absoluten Unterschiede im Gaswechsel der einzelnen Provenienzen bestand durchwegs eine sehr gute Korrelation zwischen der Photosynthese und der Transpiration, als deren Maß bei konstantem Sättigungsdefizit die stomatare Leitfähigkeit verwendet werden kann (Abb.3).

Erst bei der zweiten Serie von Gaswechselfmessungen (nach ca. 9 Wochen Begasung) waren Photosynthese und Transpiration im Mittel aller Provenienzen bei den O₃-Fichten signifikant niedriger. Die Transpiration hatte gegenüber der ersten Messung allgemein zugenommen, bei den O₃-Fichten jedoch ungleich schwächer als bei den Kontrollen, Photosynthese und Transpiration waren bei der 2. Messung schwächer korreliert als bei der 1. Messung, was auf eine teilweise Entkoppelung beider hindeutet.

Eine Ursache dafür dürfte die zunehmend schlechter werdende Nährstoffversorgung und die damit verbundene Steigerung der Transpiration sein (vgl. GLATZEL 1976).

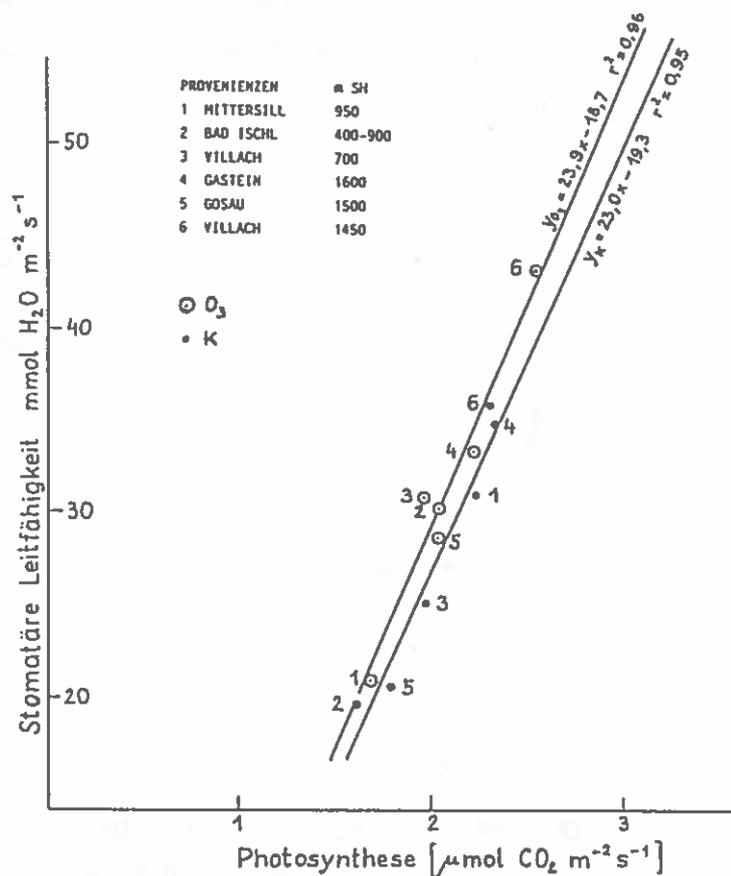


Abb. 3: Beziehung zwischen stomatärer Leitfähigkeit und Photosynthese von je 3 Hochlagen- und Tieflagenherkünften nach vierwöchiger Begasung (1. Messung). Im Durchschnitt transpirieren bei gleicher Photosyntheserate O₃-Fichten mehr als Kontrollfichten.

Wirkt sich nun neben der Ozonbegasung zunehmender Nährstoffmangel auf die Höhe der Photosynthese aus? Vergleicht man die Photosyntheseraten mit den Nadelstickstoffgehalten gegen Ende des Versuches (Abb.4), so nimmt tatsächlich die Photosynthese mit steigenden Stickstoffwerten zu; ein Unterschied zwischen O₃-Fichten und Kontrollen ist hier nicht feststellbar. In deutlichem Gegensatz dazu stehen die Tieflagenherkünfte. Bei ihnen ist die Photosynthese der O₃-Fichten trotz höherer Stickstoffgehalte niedriger als bei den Kontrollen. Möglicherweise kommt hier eine größere Ozonempfindlichkeit der Tieflagenfichten oder überhaupt von schlecht ernährten Fichten zum Ausdruck (vgl. SELINGER et al. 1986).

Vergleicht man die Entwicklung der Photosyntheseraten der einzelnen Provenienzen zwischen der 1. und der 2. Messung (Abb. 5), so zeigt sich nun klar, daß unabhängig von der Nährstoffversorgung die Ozonbegasung bei fast allen

Provenienzen eine Reduktion der Photosynthese hervorrief. Hingegen nahm die Photosynthese bei den Kontrollen bei der Mehrzahl der Provenienzen gegenüber der 1. Messung deutlich zu.

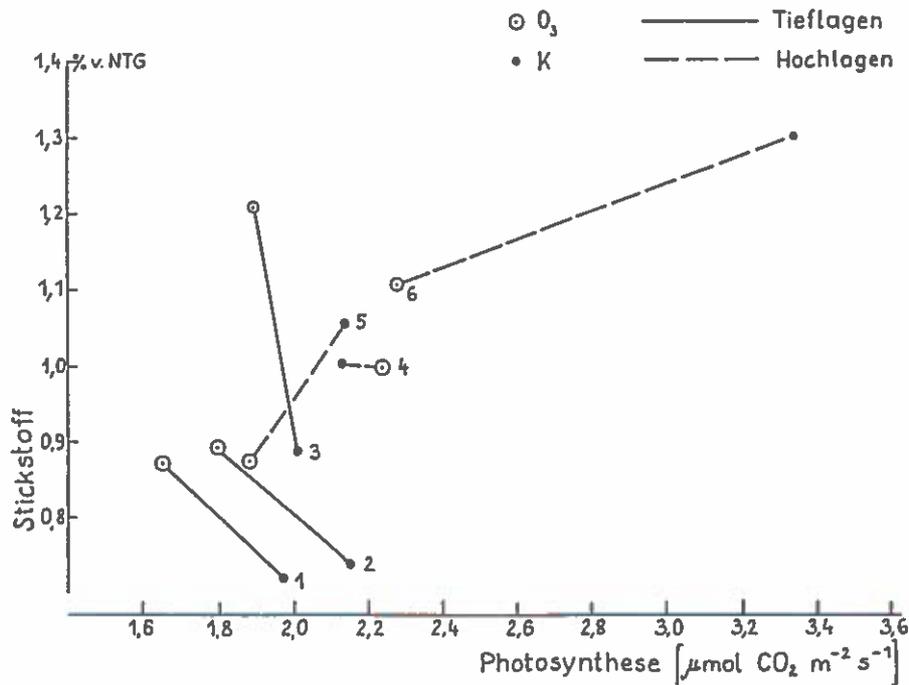


Abb. 4: Mittelwerte der Photosynthese in Abhängigkeit vom mittleren N-Gehalt der Nadeln für Hoch- und Tieflagenprovenienzen nach 12 Wochen Begasung. Bezeichnung der Provenienzen wie in Abb. 3.

Die Dunkelatmung war bei den O₂-Fichten nur wenig höher als bei den Kontrollen und der Unterschied statistisch nicht gesichert.

Unabhängig davon, welche Faktoren zu einer weiteren Öffnung der Stomata führen, weiter geöffnete Stomata erlauben einen stärkeren Ozonfluß ins Nadelinnere. Es wäre daher zu erwarten, daß bei Fichten mit hoher Gaswechselrate eher eine Ozonwirkung sichtbar wird, als bei Fichten mit geringerer Ozonaufnahme, vorausgesetzt, daß gaswechselaktivere Fichten nicht auch besser befähigt sind, Ozon durch Bildung von Antioxidantien unschädlich zu machen (MEHLHORN et al. 1986). Um diese Annahme zu prüfen, wurde die mittlere Blattleitfähigkeit während des Versuchszeitraumes mit dem Quotienten der Photosynthese aus 2. zu 1. Messung, einem Maß für die durch Ozon hervorgerufene Photosyntheseänderung, in Beziehung gesetzt (Abb. 6). Leitfähigkeit und Photosynthesequotient der verschiedenen Provenienzen weisen tatsächlich eine, wenn auch schwache negative Korrelation auf. D.h. großer Ozonfluß bei hoher Leitfähigkeit führt zur Abnahme der Photosynthese.

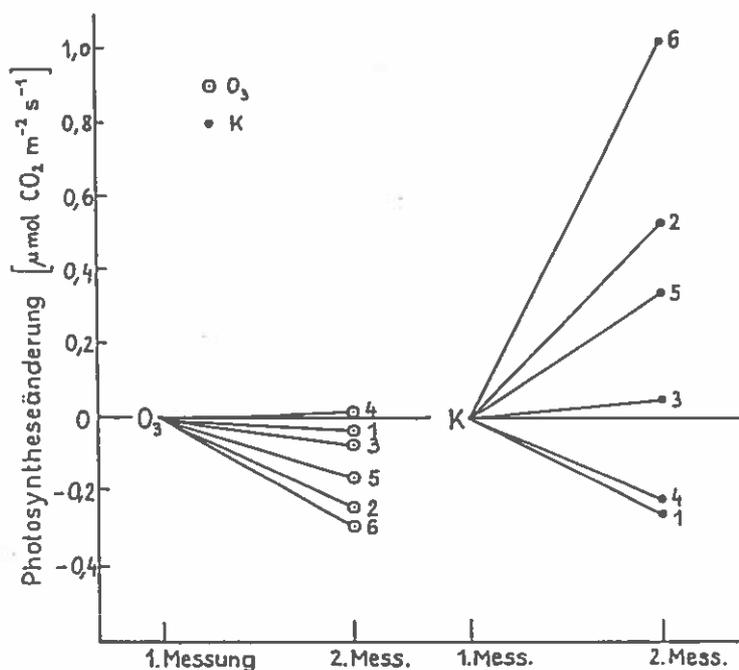


Abb. 5: Zu- bzw. Abnahme der Photosynthese zwischen 1. (nach 4 Wochen) und 2. Gaswechselfmessung (nach 9 Wochen Begasung). Bezeichnung der Provenienzen wie in Abb. 3.

Da eine statistische Sicherung wegen der geringen Anzahl von Bäumchen nicht möglich ist, kann mit $2 \text{ nmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ lediglich ein Schätzwert für jenen stomatären Ozonfluß angegeben werden, bei dem nach 10 Wochen erste Auswirkungen auf die Photosynthese erkennbar sind. Ein Ozonfluß von $3 \text{ nmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ würde entsprechend der Regressionsgeraden bereits zu einer Reduktion von 25 % gegenüber der 1. Messung führen.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen OLEKSYN & BIALOBOK 1986 nach SO_2 -Begasung von 20 Provenienzen der Weißkiefer. Auch dort waren die Nadelschäden bei den verschiedenen Provenienzen eng mit der Höhe des CO_2 -Gaswechsels schadstofffrei gehaltener Kontrollfichten korreliert, und zwar sowohl im Begasungsversuch, wie unter SO_2 - und HF-Belastung im Freiland.

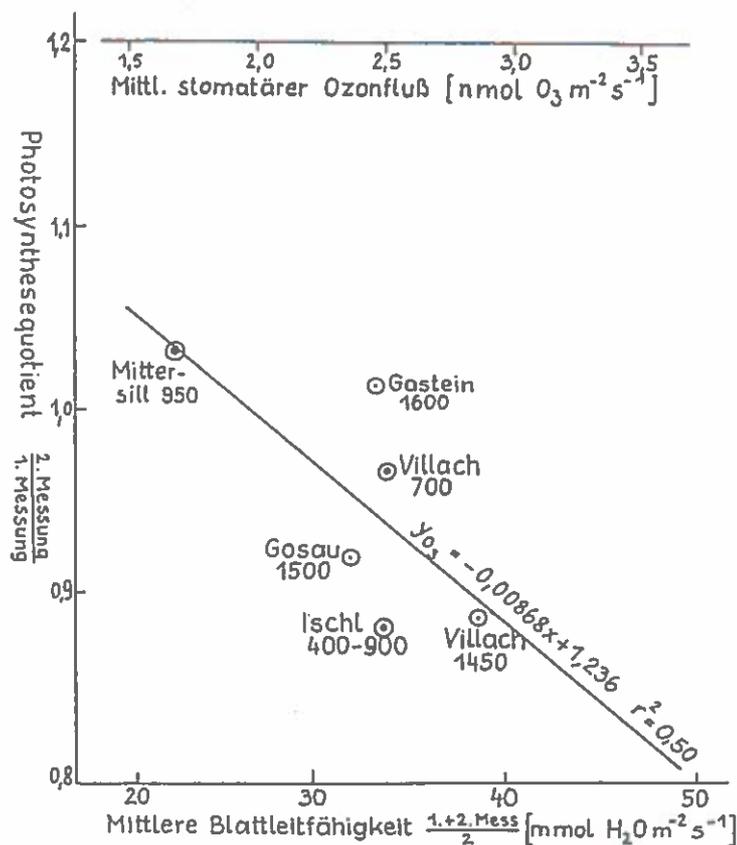


Abb. 6: Abhängigkeit der Photosyntheseänderung von der mittleren Blattleitfähigkeit während des Begasungsexperimentes, bzw. von dem, bei 120 ppb Ozon in der Kammerluft gegebenen mittleren stomatären Ozonfluß.

Schlußfolgerung

Eine Anpassung der Hochlagenfichten an höhere Ozongehalte der Luft läßt sich aus vorliegendem Experiment nicht ableiten. Im Gegenteil: Infolge der besseren Nährstoffversorgung kam es bei den gaswechselaktiveren Bäumchen der Hochlagenprovenienzen zu einer stärkeren Ozonaufnahme, wodurch ihre Photosynthese im Mittel um 17 % und die Transpiration um 13 %, d.h. also stärker vermindert wurden als bei Tieflagenfichten mit 14 %, bzw. 9 %. Bezogen auf die gleiche Leitfähigkeit, d.h. auf gleichen stomatären Ozonfluß, wurde die Photosynthese im Mittel aller Hochlagenprovenienzen durch Ozon etwas, doch nicht signifikant weniger reduziert als bei Tieflagen. Dieser kleine Unterschied könnte ebensogut auf eine durch Nährstoffmangel hervorgerufene größere Ozonempfindlichkeit der Tieflagenfichten zurückgehen.

Jungfichten, unter gleichbleibenden Klimakammerbedingungen mit 120 ppb Ozon begast, zeigten jedenfalls, daß zumindest die Entstehung früher, noch unsichtbarer Schäden weit deutlicher von der Stärke des stomatären Ozonflusses bestimmt wird, als etwa von höhenlageabhängigen Mechanismen zur Kompensation

der Ozontoxizität. Inwieweit sich Tief- und Hochlagenfichten im Freiland gleich wie im Klimakammerexperiment gegenüber Ozon verhalten, läßt sich wohl nicht mit Sicherheit voraussagen.

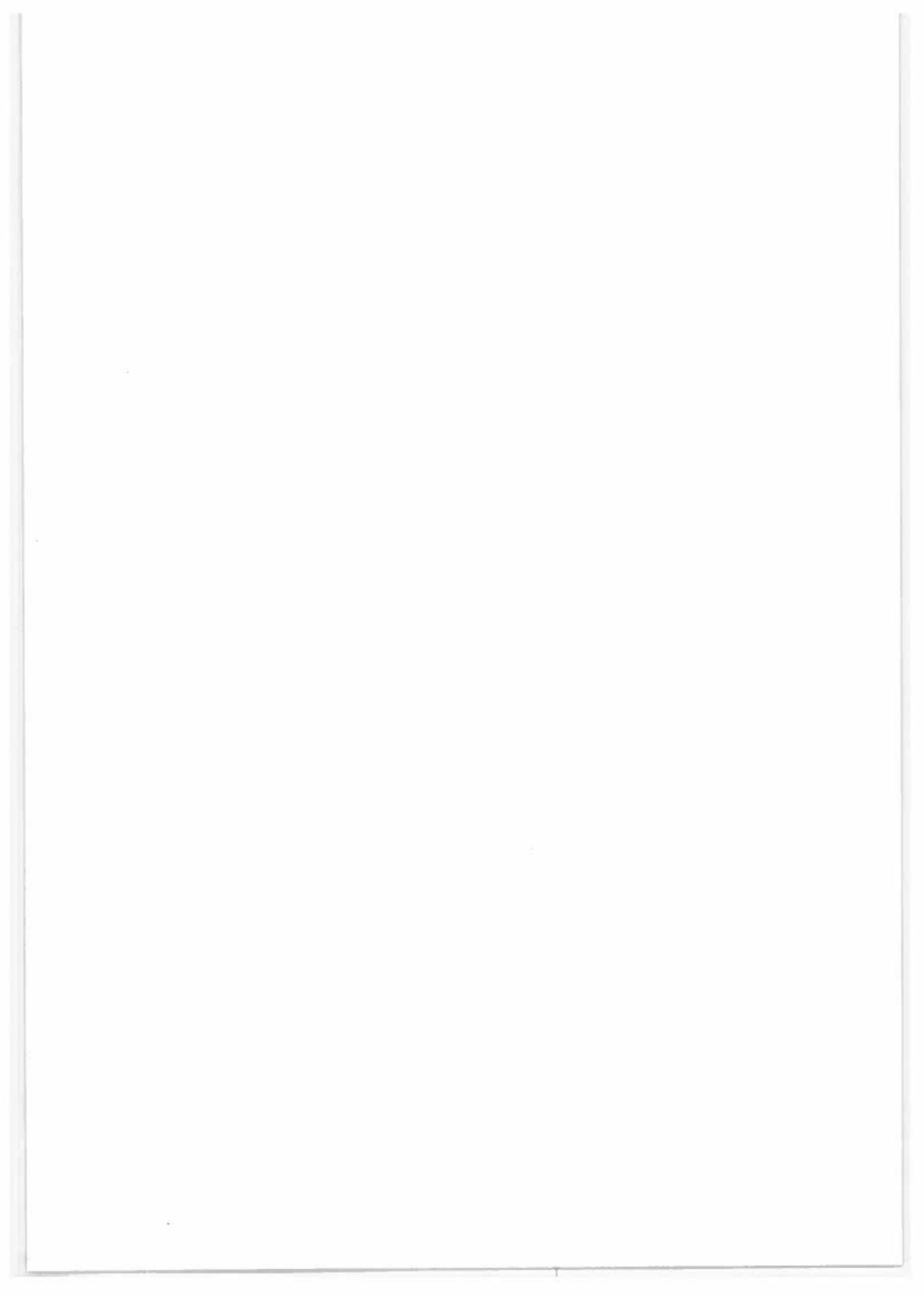
Danksagung

Dem Umweltbundesamt Wien, sei für die leihweise Überlassung eines Ozonmeters und eines Schreibers bestens gedankt.

Dem Institut für Forstchemie der FBVA Wien danke ich für die Durchführung der Nährstoffanalysen.

Literatur

- ARNDT et al., 1982: Die Beteiligung von Ozon an der Komplexkrankheit der Tanne (*Abies alba* Mill.) - eine prüfenswerte Hypothese. Staub-Reinhold. Luft 42, 243-247.
- BERICHT an den Tiroler Landtag, 1987: Zustand der Tiroler Wälder. Untersuchungen über die Immissionsbelastung und den Waldzustand in Tirol. Amt der Tiroler Landesregierung - Landesforstdirektion Innsbruck.
- BUCHER, J.B., 1986: Wirkungen von Ozon auf Waldbäume. XVIII th IUFRO World Congr. Ljubljana, Yugoslavia, Sept. 7-21, 1986. Proc. Div. 2 Vol I, 306-319.
- GLATZEL, G., 1976: Mineralstoffernährung und Wasserhaushalt von Fichtenzpflanzen. Habilitationsschrift, Univ. Bodenkultur Wien.
- GUDERIAN et al., 1986: Comparative physiological and histological studies on Norway spruce (*Picea abies* Karst.) using climatic chamber experiments and field studies in damaged forest stands. Proc. 7 th World Clean Air Congr., Sydney, August 25-29, 1986, pp 148-156.
- KELLER, T. & HÄSLER, R., 1987: Some effects of long-term ozon fumigation on Norway spruce. I. Gas exchange and stomatal response. Trees 1: 129-133.
- KRAUSE, G.H.M. & PRINZ B., 1985: Zur Wirkung von Ozon und saurem Nebel (einzeln und in Kombination) auf phänomenologische und physiologische Parameter an Nadel- und Laubgehölzen im kombinierten Begasungsexperiment. In: Wirkungen von Luftverunreinigungen auf Waldbäume und Waldböden. Statusseminar vom 2.-4. Dez. 1985 Kernforschungsanlage Jülich - Spezielle Berichte der KFA Jülich Nr. 369, 208-221.
- KRAUSE, G.H.M. et al., 1986: Forest decline in Europe: Development and possible causes. Water, Air and Soil Poll. 31, 647-668.
- MEHLHORN, H. et al., 1986: Effect of SO₂ and O₃ on production of antioxidants in conifers. Plant Physiol. 82, 336-338.
- OLEKSYN, J. & BIALOBOK S., 1986: Net photosynthesis, dark respiration and susceptibility to air pollution of 20 European provenances of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.). Environ. Poll. Ser. A 40: 287-302.
- PRINZ et al., 1985: Untersuchungen der LIS Essen zur Problematik der Waldschäden. In v.KORTZFLEISCH, G. (ed.): Waldschäden. Theorie und Praxis auf der Suche nach Antworten. Oldenbourg, München, p.p. 143-194.
- SELINGER, H. et al., 1986: Einfluß von Mineralstoffernährung, Ozon und saurem Nebel auf Photosynthese - Parameter und stomatare Leitfähigkeit von *Picea Abies* (L.) Karst. Forstw. Cbl. 105, 239-242.



SAMENMERKMALE UND KEIMBLATTZAHLEN DES FICHTENPROFILES
"SEETALER ALPEN"

Vasilios PELEKANOS

Forstliche Bundesversuchsanstalt

Seit 1959 wird in unserem Institut das Seehöhenprofil der Fichte in den Seetaler Alpen untersucht. Entlang eines Talzuges zwischen 500 und 1900 m Seehöhe wurden in Stufen von je 100 m Bestandsquerschnitten erfaßt; aus diesen wurden auch je Höhenstufe etwa 20 Bäume beerntet.

Neben den Nachkommenschaftsprüfungen wurden auch Untersuchungen am Samenmaterial selbst durchgeführt. Dies geschah sowohl am Saatgut der Beerntungen am Originalwuchsort, also dem Ursprung der hier besprochenen Klone (1961/62), als auch an den Pflöpfungen dieser Klone in der Plantage im Wienerwald, in 400 m Seehöhe. Diese Pflöpfungen der Plantage wurden in den Jahren 1980 und 1982 nach freiem Abblühen beerntet.

Folgende Untersuchungen wurden unter anderem am Saatgut durchgeführt, über die hier genaueres berichtet werden soll: Tausendkorngewicht, Samenschalen-gewicht und Keimblattzahl.

Schon die Zapfenausbildung zeigt, daß am natürlichen Standort sehr starke klimatische Wirkungen gegeben sind: Während in der Tieflage die Zapfen-größe zwischen dem ursprünglichen Auswahlbaum und der Pflöpfung desselben kaum variiert, nimmt die Zapfengröße mit zunehmender Seehöhe des Wuchs-ortes sehr stark ab, sodaß in 1700 m Seehöhe die Zapfen kaum mehr halb so groß sind als bei Wachstum in der klimatisch günstigen Plantage. Die Zapfenmorphologie erfährt dabei selbstverständlich keine Änderungen.

Dementsprechend ist auch die Samenbildung beeinflusst:

a) Samengewicht: Wie aus der Abbildung 1 ersichtlich ist, besteht eine Ab-hängigkeit des Samengewichtes von der Seehöhe. Unsere Untersuchungen haben gezeigt, daß bei Beerntungen am Originalwuchsort von den tieferen zu den höher gelegenen Ernteorten eine Abnahme des Tausendkorngewichtes erfolgt. Bei Beerntungen an der Pflöpfplantage ist dieser Trend nicht erkennbar.

b) Keimblattzahlen: Nach den Untersuchungen von NATHER und KRISSEL ist der Keimblattindex - also der Anteil an Keimlingen mit 7 und weniger Keimblät-tern - streng von der Seehöhe des Ernteortes abhängig. Das zeigen auch die Ergebnisse der Untersuchungen am Seetaler Profil.

Hier sind die mittleren Keimblattzahlen angeführt - welche Aussage mit dem Keimblattindex ident gesetzt werden kann. Die Beerntungen am Ursprungsort zeigen eine starke Abhängigkeit von der Seehöhe, wobei die Streuung inner-halb einer Höhenstufe sehr hoch liegt; trotzdem ist erkennbar, daß in den höchsten Erntestufen kein Baum eine auch nur gleichhohe mittlere Keimblatt-zahl aufweist wie die Bäume in den untersten Stufen. Eine Ausnahme bildet nur die Stufe 1100 m, die sich mit den Keimblattzahlen ähnlich der Hochla-gue verhält. Die Gründe dafür können möglicherweise darin liegen, daß hier sehr alte Bäume beerntet wurden; aber auch die anderen Nachkommenschafts-prüfungen zeigen, daß dieser Bestand nicht ganz in die Reihe des Profils paßt, wofür kein ersichtlicher Grund gegeben ist.

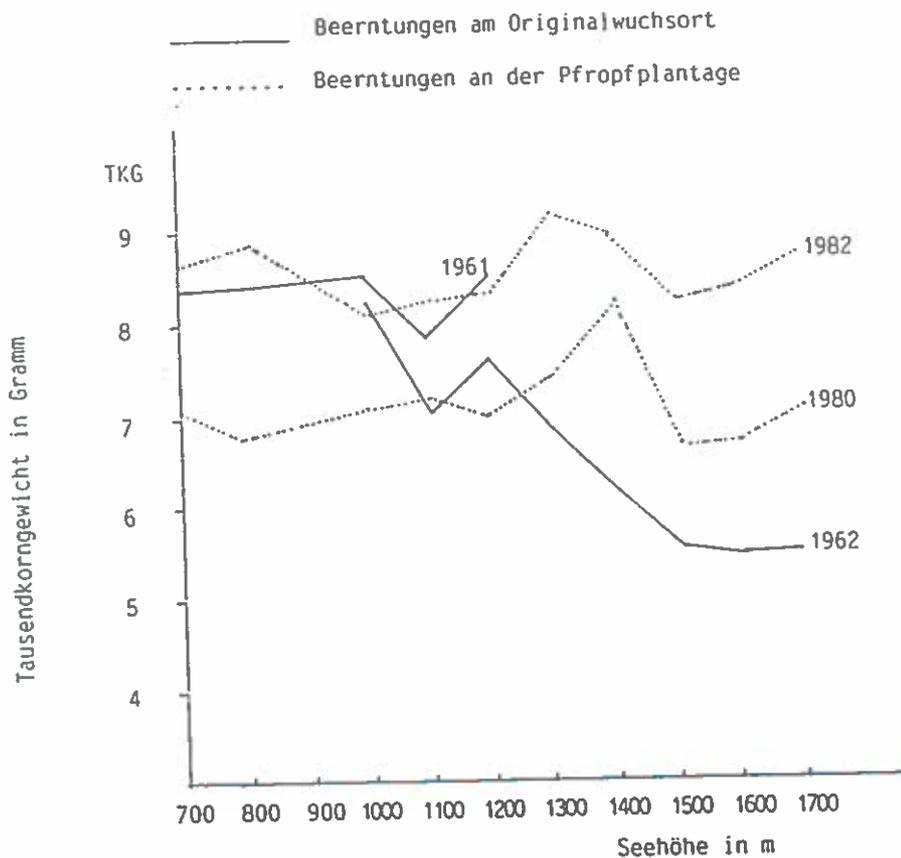


Abb. 1: Abhängigkeit des Samengewichtes TKG von der Seehöhe

Demgegenüber zeigen die Keimblattzahlen der Beerntungen der Pfropfungen keinen derartigen Trend: Die Samen sind ja alle in gleicher Seehöhe gewachsen und wurden außerdem durch ein Pollengemisch frei bestäubt, das einen großen Anteil an Pollen aus den umliegenden Beständen - also Tieflagenpollen - aufwies. Das Ergebnis ist in beiden Erntejahren ähnlich.

Hier wäre speziell anzuführen, daß der Bestand aus 1100 m in allen Erntejahren die gleiche Abweichung zeigt, so daß das ursprünglich angenommene Alter der Mutterbäume nicht die alleinige Ursache für die geringe Keimblattzahl sein kann. Die genetische Beeinflussung der Keimblattzahl ist vor allem an der Gegenüberstellung der einzelnen Klone in den einzelnen Beerntungsjahren erkennbar: Es sind immer - unabhängig von Ernteort und Witterung - die gleichen Klone, die hohe bzw. niedere Keimblattzahlen aufweisen.

c) Beziehung Samengewicht : Keimblattzahl: Abhängigkeit der Keimblattzahlen (KOT) vom Samengewicht (TKG) ausgedrückt durch den Korrelationskoeffizienten (r).

TKG : KOT	Gesamtprobe r= 0,7469***	Tieflagengruppe r = 0,6224*	Hochlagengruppe r= 0,8212***
-----------	-----------------------------	--------------------------------	---------------------------------

Obige Korrelationskoeffizienten lassen erkennen, daß es bei Tieflagengruppen keine gesicherte Beziehung zwischen Samengewicht und Keimblattzahlen gibt. Bei Herkünften aus Hochlagen zeigt es sich, daß man einen Zusammenhang zwischen Samengewicht und Keimblattzahlen feststellen kann.

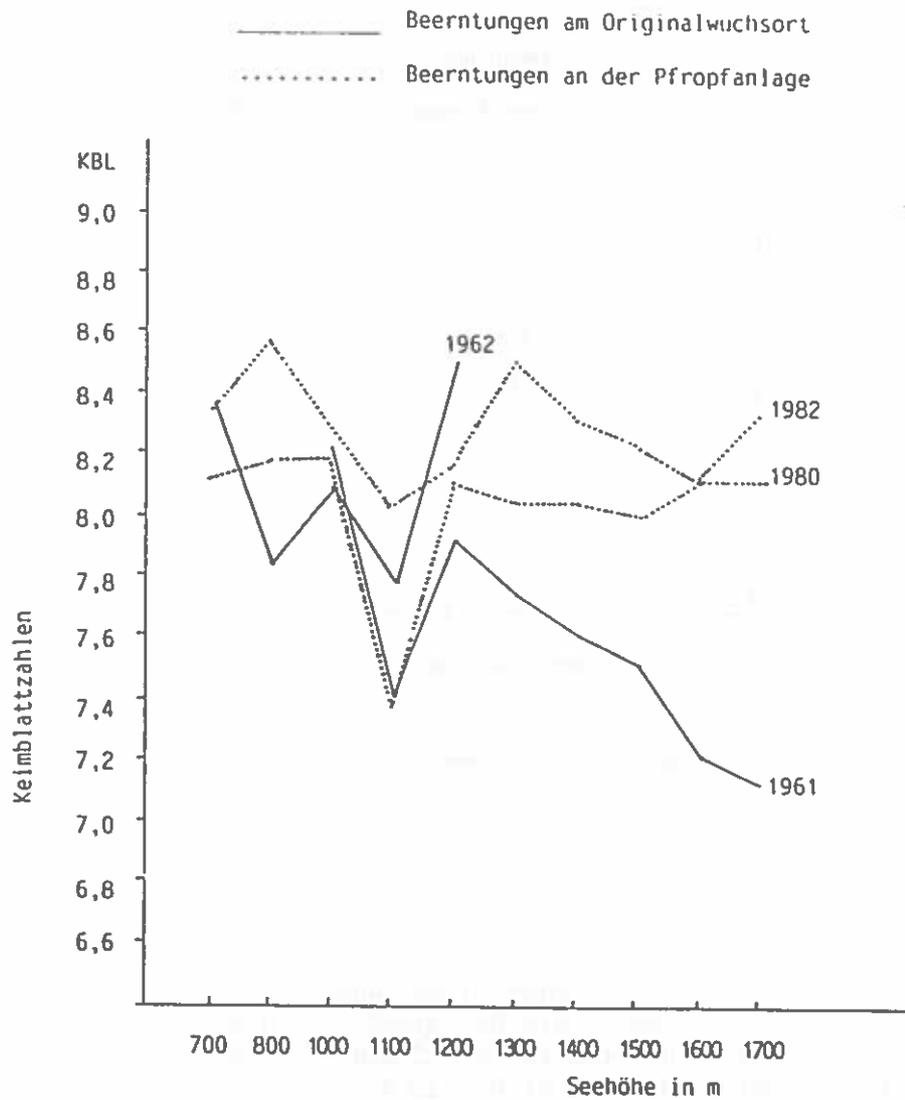


Abb. 2: Abhängigkeit der Keimblattzahlen KOT von der Seehöhe

d) Samenschalengewicht: Neben den Keimblattzahlen, die vom Pollenspender mitbeeinflusst werden, haben wir das Samenschalengewicht untersucht. Bekanntlich ist das Integument - ein Teil der weiblichen Blüte - der Teil, der zur Samenschale wird und so vom Pollenspender unbeeinflusst ist.

Die durchgezogene Linie bei Abbildung 3 zeigt uns die Samenschalengewichte der Originalbeerntungen aus den Seetaler Alpen, die einen leichten Trend nach der Seehöhe erkennen lassen.

Die punktierten Werte stammen von den Beerntungen 1982 der Plantage Tullnerbach, in der dieser Trend nicht mehr nachgewiesen werden kann. Es ist somit bei diesem Merkmal kaum ein seehöhenbeeinflusster Trend abzulesen; nur an den Höhenstufenmittelwerten der Originalbeerntung ist dieser bereits angeführte leichte Trend, der vermutlich durch die klimatischen Änderungen bedingt ist, zu erkennen.

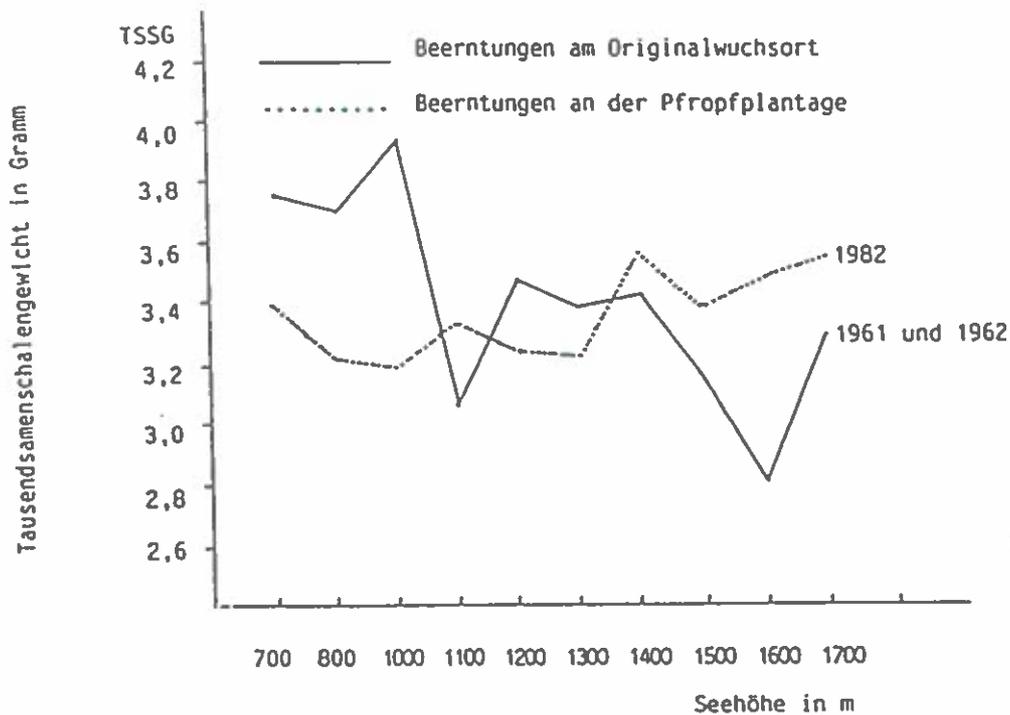


Abb. 3: Abhängigkeit des Tausendsamenschalengewichts TSSG von der Seehöhe

Als Schlußfolgerungen sind anzuführen: Die Seehöhe des Wuchsortes und die damit gegebene Vegetationszeitlänge eines Baumes zeigt eine starke Beeinflussung der Samenausbildung trotz der genetischen Anpassung seines Wachstums. An den tief gelegenen Wuchsorten können die Samen wie die Zapfen besser entwickelt werden und erreichen so ein größeres Gesamtgewicht, wobei die Frage der Pollenbeeinflussung offen bleiben muß, solange nicht kontrollierte Kreuzungen zur Verfügung stehen.

Trotzdem ist aber auch eine genetische Komponente erkennbar: Das Samengewicht, vor allem aber die Keimblattzahl sind mutterklonabhängig und werden nur teilweise durch den Pollen mitbeeinflusst; die Keimblattzahl selbst kann jedoch bei Plantagensaatgut nicht als Kennzahl für den genetischen Ursprung eines Klones bzw. Bestandes herangezogen werden; dies ist nur bei Originalbeerntungen möglich.

UNTERSUCHUNG DER GENETISCHEN DIFFERENZIERUNG DER FICHTE IN DEN SEETALER ALPEN
AN ENZYM-GENLOCI

F. Bergmann

Abteilung Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung, Büsgenweg 2, D-3400 Göttingen

EINFÜHRUNG

Die Fichte wanderte, wie alle mitteleuropäischen Waldbaumarten, nach der letzten Eiszeit aus einem oder mehreren Refugien in eines ihrer derzeitigen natürlichen Areale ein, wobei im Verlauf dieser sich über Jahrtausende erstreckenden Wanderungen Anpassungen an die jeweils existierenden Umweltbedingungen erfolgen mußten. Während sich die Fichtenpopulationen den Klimabedingungen (Temperatur, Niederschlag, Tageslänge u.a.) meistens in einem großräumigen Bereich anpaßten, zwangen edaphische und vor allem biotische Umweltfaktoren darüber hinaus zu einer kleinräumigen (standörtlichen) Anpassung, die oftmals abrupt, d.h. ohne gleitende Übergänge, zu erfolgen hatte. Entsprechend diesen komplexen Umweltsituationen zeigen sich heute sowohl großräumig verbreitete - meist klnal variierende - Anpassungsmuster zahlreicher Merkmalsausprägungen als auch lokal auftretende, sprunghaft sich verändernde spezifische Ausprägungen bei anderen adaptiven Merkmalen.

Die Basis für beide Kategorien von Anpassungsprozessen war (und ist) der Genpool der Fichtenpopulationen, welcher ausgehend von dem der Refugialpopulation sich infolge von Mutationen und Migrationen (evtl. aus anderen Refugialarealen) vergrößert haben wird. Aufgrund des für viele Waldbaumarten charakteristischen Reproduktionssystems (überwiegende Fremdbefruchtung, Iteroparität, starke Fruktifikation u.a.) war auch die Fichte stets in der Lage, die in ihrem Genpool vorhandenen Gene in Form einer großen Anzahl verschiedener Genotypen zu kombinieren, so daß den jeweiligen Umweltbedingungen entsprechend immer ein gewisser Teil der Genotypen als Samen, Sämlinge oder P f l a n z e n p h y s i o l o g i s c h a n g e p a ß t war. Die Menge dieser Individuen stellte dann die g e n e t i s c h a n g e p a ß t e P o p u l a t i o n dar, welche sich sexuell reproduzierte und damit die nächste Generation bildete. Die an den adaptiven Genloci einer solchen Population vorhandene genetische Struktur spiegelt somit die Anpassung an die jeweils kritischen Umweltbedingungen wider.

Verschieben sich in dem einen oder anderen Habitat einzelne Umweltfaktoren zu extremen Werten hin (z.B. tiefe Wintertemperaturen, starke Bodenversauerung),

so wird der Anteil an Genotypen, der als Samen, Sämlinge etc. noch physiologisch angepaßt ist, immer kleiner (Reduktion der Individuenzahl in verschiedenen ontogenetischen Stadien), so daß die dort angepaßte Population einen geringeren Umfang und eine spezifische genetische Struktur aufweisen sollte. Mit Zunahme der extreme Werte annehmenden Umweltvariablen nimmt auch die Reduktion der Population zu, da nur noch wenige Genotypen sich physiologisch anpassen und somit überleben können. Beispiele für solche extremen Habitats, in denen kleine Populationen mit stark von der Norm abweichenden genetischen Strukturen vorkommen, geben die nördlichen und Hochlagen-Marginalzonen (an der Waldgrenze) der Fichtenverbreitung ab.

Anpassungen an stark variierende Klimabedingungen, edaphische Faktoren und biotische Schaderreger in einem begrenzten geographischen Gebiet war die Fichte in den alpinen Gebirgsregionen unterworfen, wo sie sich von den Tallagen her vertikal bis hin zur Waldgrenze in den oberen Höhenlagen ausbreitete. Im Rahmen dieser Anpassungen an die Umweltbedingungen der verschiedenen Höhenlagen haben sich sog. Ökotypen herausgebildet, die durch spezielle Ausprägungen morphologischer und phänologischer Merkmalskomplexe charakterisiert sind (Holzer 1964, 1977, 1981 und dort zitierte Literatur). Wenn auch eine Variation genetischer Faktoren als Ursache für manche sich graduell mit der Höhenstufe verändernde Merkmalsausprägungen postuliert wird, so ist bislang doch kaum eine Untersuchung erfolgt, in welcher die Veränderung der genetischen Struktur entlang von Höhenstufen-Transekts eingehend analysiert wurde. Da solche Untersuchungen nur mit Hilfe von Genmarkern erfolgversprechend durchzuführen sind, wurden erste Ergebnisse bei anderen Waldbaumarten vornehmlich anhand von Isoenzym-Polymorphismen erzielt, wobei in allen Fällen deutliche Unterschiede zwischen verschiedenen Höhenlagen an nur sehr wenigen Enzym-Genloci nachgewiesen werden konnten (Grant und Mitton 1977; Mitton et al. 1980). Bei der Fichte gibt es, soweit bekannt, nur unsere Arbeit über die Variation an einem saure Phosphatase-Genlocus beim Seehöhentransekt "Seetaler Alpen" (Bergmann 1978).

In Fortführung der Untersuchungen der Fichtenbestände in diesem alpinen Höhenstufentransekt sollte geprüft werden, ob die oben beschriebenen Anpassungsprozesse sich in Veränderungen der genetischen Struktur an zahlreichen Enzym-Genloci widerspiegeln. Derartige Höhentransekte, die von der Tallage bis zur Waldgrenze reichen, bieten nämlich, wie bereits erwähnt, den einzigartigen Vorteil, Anpassungen an zahlreiche sich oft graduell bis zu den Extremwerten hin verändernde Umweltvariablen in einem begrenzten Areal zu studieren. Im Rahmen dieser

Untersuchung wurden daher folgende Ziele verfolgt:

- 1.) Es sollte geprüft werden, ob überhaupt und wenn ja, an welchen Enzym-Genloci eine genetische Differenzierung zwischen verschiedenen Höhenstufen, bzw. zwischen Tief- und Hochlagen, festgestellt werden kann. Es ist bis heute nämlich nicht gesichert, ob z.B. die bei Waldbaumarten bekannten Klimaanpassungen auch von der genetischen Variation der Enzyme kodierenden Strukturloci abhängen.
- 2.) Wenn nachweisbar, soll die genetische Differenzierung an den Enzym-Genloci näher charakterisiert werden, d.h. es soll festgestellt werden, inwieweit sie auf verschiedenen Alleltypen, verschiedenen Allelhäufigkeiten, auf unterschiedlichem Ausmaß an genetischer Diversität und/oder Heterozygotie beruht.
- 3.) Sollten deutliche genetische Unterschiede an einigen Enzym-Genloci auftreten, wäre zu prüfen, inwieweit diese Unterschiede selbst etwas mit Umweltanpassungen zu tun haben oder nur als Marker für adaptive Unterschiede an anderen Gengruppen dienen.
- 4.) Sollten sich charakteristische genetische Strukturen in dem Hochlagenbestand zeigen, könnte durch Vergleiche mit Fichtenbeständen auf ähnlichen Hochlagenstandorten in anderen Alpenregionen festgestellt werden, ob generell für die Fichte derartige Strukturen als an die extremen Umweltbedingungen der oberen Gebirgsregionen angepaßt gelten können. Solche Kenntnisse könnten dann als Entscheidungshilfen bei Wiederaufforstungen in den momentan besonders stark gefährdeten Alpenhochlagen dienen.

Im folgenden werden erste Ergebnisse dieser umfangreichen Untersuchung präsentiert, wobei die Variation an einigen polymorphen Enzym-Genloci im Mittelpunkt steht.

MATERIAL

Das Untersuchungsmaterial bestand aus Samenproben einzelner Klone, deren Ursprungsbäume (Ortets) in Fichtenbeständen aus verschiedenen Höhenlagen des Osthangs der Seetaler Alpen ausgewählt worden waren (Holzer 1964). Die geographische Lage der einzelnen Bestände, welche sich entlang eines Baches von 700 m bis 1800 m erstrecken, ist auf der nachfolgenden Skizze (Abb. 1) gekennzeichnet. Die Namen der Standorte (= Bestände), die Anzahl der von jedem Bestand zur Ver-

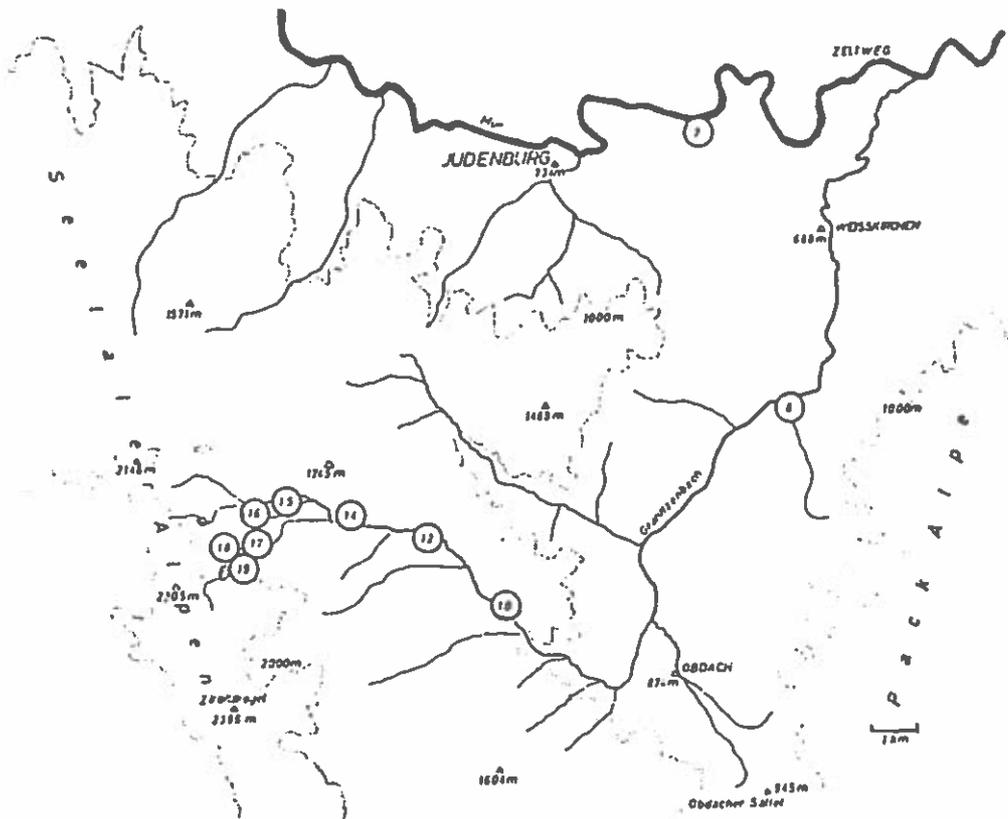


Abb. 1: Geographische Lage der Standorte der Fichtenbestände in dem Höhen-transekt der Seetaler Alpen. Die jeweilige Seehöhe ist in den Kreisen an-gemerkt, die Namen der Standorte sind in der folgenden Ta-belle 1 aufgeführt (nach Holzer 1964).

Tab. 1: Namen der Standorte, Höhenlage und Stichprobengröße/Bestand im Höhen-transekt der Seetaler Alpen

Name des Standorts	Höhenlage	Anzahl Bäume	Bemerkungen
Murauen	700 m	12	in der Flußniederung der Mur gelegen
Eppenstein	850 m	13	
Granitzen	1000 m	15	
St. Wolfgang	1200 m	18	aus 3 Teilbeständen bestehend
Judenburger Hütte	1400 m	23	
Schmelz (I + II)	1600 m	14	aus 2 Teilflächen (1500 m + 1600 m) bestehend
Winterleitzen	1700 m	17	links von der Liftrrasse gelegen
Winterleitner See	1800 m	11	Nord- und Südhang wurden zusammen-gefaßt

fügung stehenden Bäume (Klone) und weitere Anmerkungen zu diesem Material sind in der dann folgenden Tabelle 1 aufgeführt. Zur Vergrößerung der Stichprobe wurden in einigen Fällen die Bäume benachbarter Bestände mit nur geringen Höhenunterschieden zusammengefaßt.

Der größte Teil der Samenproben stammte von Kloneschwistern (Ramets), welche in einer Samenplantage im Wienerwald erhalten werden, ein kleinerer Teil direkt von den Ursprungsbäumen der Seetaler Alpen. Da die betreffenden Enzymanalysen am haploiden Endosperm der Samen (= ♂ Gametophyt des Erntebaums) durchgeführt wurden, um den Genotyp des Ursprungsbaums zu bestimmen, spielte der Standort der Klone und der Beitrag des Pollenelters keine Rolle. Die Variation der hier verwendeten Enzymsysteme in den Endospermen basiert nur auf der genetischen Variation der Mutterbäume, ist aber unabhängig von der Umweltvariation der Ramets und der genetischen Variation der Pollen (Feret und Bergmann 1976, Gregorius et al. 1984). Voraussetzung für die Bestimmung des Genotyps der Ursprungsbäume in den Seetaler Alpen ist jedoch, daß alle Ramets tatsächlich von dem betreffenden Ortet abstammen (siehe Gregorius et al. 1984)

BESTIMMUNG DES GENOTYPS DER BÄUME AN ENZYM-GENLOCI

Zur Bestimmung des Genotyps der insgesamt 123 Klone wurden Enzymsysteme herangezogen, deren genetische Kontrolle bei der Fichte bereits bekannt war oder aber im Rahmen dieser Untersuchung identifiziert wurde (Bergmann, in Vorber.). Gleichzeitig wurden jedoch gerade solche Enzymsysteme ausgewählt, welche eine wichtige Funktion im Energie- oder Aminosäurestoffwechsel besitzen, oder welche eine gewisse Rolle bei der Kälteresistenz der Fichte spielen sollen (z.B. Glutathion-Reduktase, Esterbauer und Grill 1978). Ausschlaggebend hierfür war die Überlegung, daß eine durch das Temperaturklima bedingte Selektion möglicherweise an den Enzymvarianten des Energiestoffwechsels angreift, aber auch weitere Prozesse des Kohlenhydrat- und Stickstoffwechsels beeinflussen kann.

Die analysierten 12 Enzymsysteme, ihre kontrollierenden Genloci und die Genloci, welche in den Seetaler Alpen-Beständen polymorph (häufigste Allel $\leq 99\%$) waren, sind in der Tabelle 2 zusammengestellt. Die Anzahl der gefundenen Allele an den polymorphen Genloci variiert zwischen 2 und 4 (Zahlen in Klammern von Tabelle 2), wobei in einigen Fällen (GOT-B, 6PGDH-C) ein sog. Majorpolymorphismus (2 oder mehr Allele mit mittleren Häufigkeiten), zumeist aber ein Minorpoly-

Enzym-Systeme	kontrollierende Genloci	polymorphe Genloci (Anzahl Allele)
Leucinaminopeptidase	LAP-A, LAP-B	LAP-A (3) LAP-B (4)
Saure Phosphatase	SAP-A, SAP-B, (SAP-X)	SAP-B (4)
Glutamatoxalacetat- Transaminase	GOT-A, GOT-B, GOT-C	GOT-B (3)
Glutamat-Dehydrogenase	GDH-A	
Formiat-Dehydrogenase	FDH-A	FDH-A (2)
Isocitrat-Dehydrogenase	IDH-A, IDH-B	IDH-A (3)
Malat-Dehydrogenase	MDH-A, MDH-B, MDH-C, MDH-D	MDH-C (4), MDH-D (2)
Glucose-6-phosphat-Dehydrogenase	G-6-PDH-A	G-6-PDH-A (3)
6-Phosphogluconat-Dehydrogenase	6-PGDH-A, 6-PGDH-B, 6-PGDH-C	6-PGDH-B (2), 6-PGDH-C (4)
NADH-Dehydrogenase	NDH-A	NDH-A (2)
Glutathion-Reduktase	GRD-A	GRD-A (3)
Phosphoenolpyruvat-Carboxylase	PEPCA-A	PEPCA-A (2)

Tab. 2: Zusammenstellung der untersuchten Enzymsysteme, ihrer kontrollierenden Genloci und der Genloci, die in den Seetaler Alpen polymorph sind

morphismus (ein sehr häufiges und mehrere seltene Allele) beobachtet wurden. Zur Bestimmung des Genotyps an diesen Genloci wurden 6 Samenendosperme pro Klon auf die Isoenzymvarianten eines Enzymsystems hin untersucht, da die Wahrscheinlichkeit der Fehlklassifizierung eines Homozygoten dann sehr gering ist ($= (0,5)^5$). Einzelheiten der elektrophoretischen Nachweismethoden von Isoenzymvarianten der verschiedenen Enzymsysteme und das Verfahren der genetischen Analyse bei Koniferen sind bei Feret und Bergmann (1976), Cheliak und Pitel (1984) und Hattemer und Bergmann (1987) beschrieben.

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Von den 14 polymorphen Enzym-Genloci (siehe Tabelle 2) sollen hier 4 (GOT-B, GRD-A, 6-PGDH-B, 6-PGDH-C) bezüglich ihrer Variation entlang des Höhenstufen-Transsekts näher beschrieben werden. Da eine Differenzierung infolge verschiedener Alleltypen an diesen Genloci nicht festgestellt werden konnte, werden primär die beobachteten Allelhäufigkeitsverschiebungen und das Ausmaß an Heterozygotie aufgezeigt.

a) Allelhäufigkeiten

Die Allelhäufigkeitsverteilungen an diesen 4 Enzym-Genloci zeigen zwei verschiedene Trends; während bei den Loci GOT-B und 6PGDH-C der Majorpolymorphismus in allen Beständen nahezu konstant ist, d.h. etwa entsprechende Häufigkeitsverteilungen der Allele aufweist, treten bei den Loci 6PGDH-B und GRD-A typische klinale Allelhäufigkeits-Verschiebungen auf. Am Genlocus GOT-B, dessen Allelhäufigkeiten als Beispiel einer gleichbleibenden Variation in die Tabelle 3 aufgenommen wurden, erscheinen stets die beiden Allele B_2 und B_3 mit etwa gleichen Häufigkeiten unabhängig von der Höhenlage des Bestands; sporadisch tritt noch das Allel B_1 in geringer Häufigkeit auf. Entsprechende Daten für diesen Enzym-Genlocus finden sich in allen bislang untersuchten Fichtenpopulationen, was auf einen balanzierten Selektionsdruck (evtl. Überdominanz) hindeutet (Bergmann und Scholz 1987).

Die beiden Allele (B_1 und B_2) am Genlocus 6PGDH-B verändern ihre Häufigkeiten kontinuierlich von der Tallage bis zur Höhenstufe 1700 m, wobei das Allel B_1 von 17% auf 50% zunimmt, während B_2 entsprechend von 83% auf 50% abnimmt (Tabelle 3). Überraschenderweise erscheinen in dem höchstgelegenen Bestand (1800 m) dieselben Allelhäufigkeiten wie in der Tallage (700 m), was nicht nur auf die geringe Stichprobengröße (11 Bäume) zurückgeführt werden kann. Ein ähnlicher Häufigkeitskline entlang der Höhenstufen konnte am Genlocus GRD-A beobachtet werden, wo das Allel A_1 mit zunehmender Höhenstufe verschwindet und das Allel A_3 in der Häufigkeit von 8% in der Tallage auf über 30% in den Hochlagen ansteigt (Tabelle 3). Hier scheint der heterozygote Genotyp A_2A_3 einen Vorteil zu besitzen, wie er auch in relativ immissionstoleranten Fichtenkollektiven häufiger vorkommt als in immissionsempfindlichen Kollektiven (Bergmann und Scholz 1987). Allerdings ist nicht erkennbar, ob der Heterozygote eine generell höhere GRD-Aktivität bedingt, oder ob hier unterschiedliche biochemische Eigenschaften der Allozyme von A_2 und A_3 eine funktionelle Bedeutung haben.

b) Heterozygotie

Neben Veränderungen in den Allelhäufigkeiten können auch Verschiebungen im Ausmaß an genetischer Variation und/oder Heterozygotie entlang solcher Höhenstufen-transekts auftreten, wobei die Ursachen derartiger Verschiebungen vielfältig und komplex sind. In dieser ersten Untersuchung wurde primär die beobachtete Heterozygotie verfolgt, da diese Daten bei der Genotypbestimmung der Ursprungs-

Höhenlage	6-PGDH-B		GRD-A			GOT-B		
	B ₁	B ₂	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃
700 m	0.17	0.83	0.13	0.79	0.08	0.04	0.42	0.54
850 m	0.29	0.71	0.13	0.68	0.19	-	0.43	0.57
1000 m	0.27	0.73	-	0.73	0.27	-	0.47	0.53
1200 m	0.26	0.74	0.03	0.77	0.20	0.03	0.47	0.50
1400 m	0.35	0.65	-	0.78	0.22	0.04	0.52	0.44
15/1600 m	0.30	0.70	-	0.68	0.32	-	0.57	0.43
1700 m	0.50	0.50	-	0.63	0.37	0.03	0.50	0.47
1800 m	0.18	0.82	-	0.69	0.31	0.04	0.41	0.55

Tab. 3: Allelhäufigkeiten an den Genloci 6PGDH-B, GRD-A und GOT-B in 8 Fichtenbeständen unterschiedlicher Höhenlage der Seetaler Alpen

bäume der Seetaler Alpen bereits vorliegen. Überraschenderweise konnte bei keinem der hier untersuchten 4 Enzym-Genloci ein gerichteter Trend (stetige Zu- oder Abnahme mit der Höhenlage) beobachtet werden, sondern es zeigte sich - mit den üblichen stichprobenbedingten Schwankungen - eine Art Maximumkurve, d.h. der Heterozygotenanteil nahm ausgehend von der Tallage mit ansteigender Höhenlage der Bestände bis etwa 1600 m zu und fiel dann zur Fichtengrenze (1800 m) hin wieder ab. Diese ungewöhnliche und bislang noch nicht beschriebene Heterozygotieverteilung entlang eines Höhentransekts einer Waldbaumart ist an allen Enzym-Genloci erkennbar, wird aber in der Abb. 4 nur für die Genloci GOT-B und GRD-A beispielhaft dargestellt, da hier diese Häufigkeitsveränderungen besonders deutlich werden.

Da der maximal entstehende Anteil an heterozygoten Genotypen von den Allelhäufigkeiten eines Genlocus abhängt, wurde zur besseren Vergleichbarkeit der Daten verschiedener Bestände mit unterschiedlichen Allelhäufigkeiten der beobachtete Heterozygotenanteil durch den maximalen Heterozygotenanteil normiert (Gregorius 1978). Diese sog. bedingte Heterozygotie wurde nun in Abhängigkeit von der Höhenlage der Bestände aufgezeichnet (Abb. 4). Es ist leicht zu erkennen, daß auch dieser Heterozygotieparameter in den mittleren Höhenlagen die größten Werte, in den tieferen Lagen, aber auch in den höchsten Gebirgslagen geringere Werte aufweist.

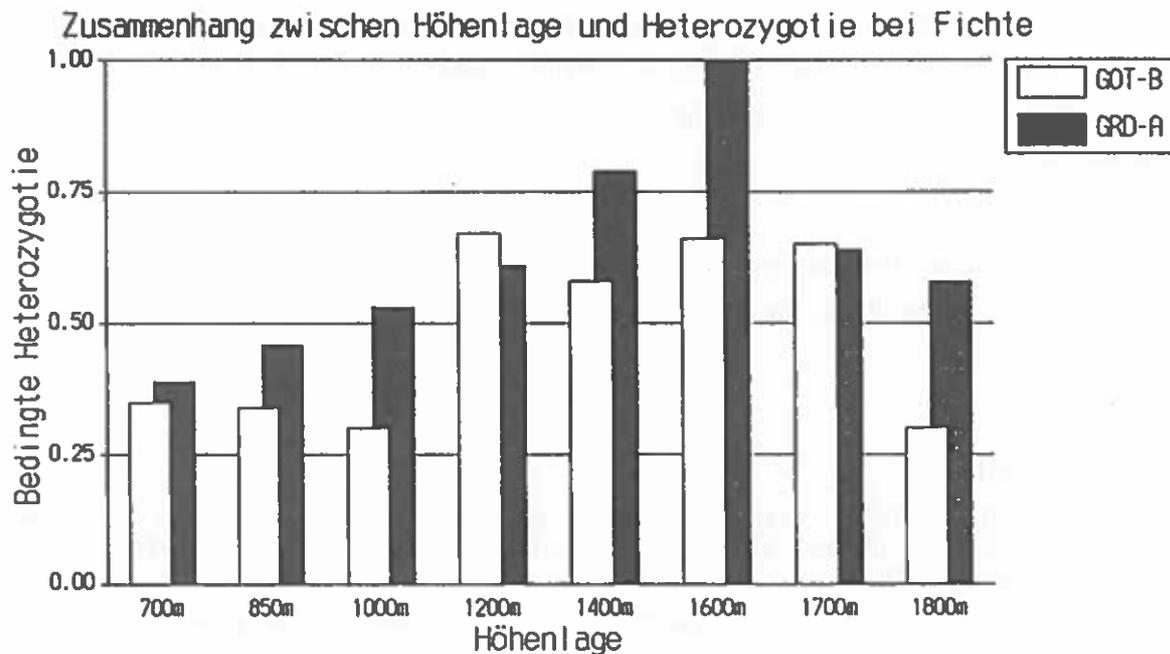


Abb. 4: Zusammenhang zwischen Höhenlage und bedingter Heterozygotie bei 8 Fichtenbeständen der Seetaler Alpen

Die Ursachen für diese Höhenstufenverteilung der Heterozygotie können vielfältig sein; einmal ist durch starken Genfluß via Pollenflug aus tiefer liegenden Beständen in den bis 1600/1700 m noch geschlossenen Beständen mit einem relativ hohen Heterozygotiegrad in der Zygotenpopulation zu rechnen, zum anderen dürften die hier kritischen Umweltbedingungen besonders in den mittleren Höhenlagen eine starke zeitliche Variation aufweisen, so daß die heterozygoten Genotypen im Laufe ihres Lebens gegenüber den Homozygoten bevorteilt wären. In den Tallagen ist einmal der Genfluß aus anderen Beständen eingeschränkt und zum anderen ist hier wie in den höchsten Lagen an der Fichtengrenze die zeitliche Umweltheterogenität nicht so stark ausgeprägt. Gleichzeitig sollten die an der Waldgrenze herrschenden extremen Umweltbedingungen zu einer starken gerichteten Selektion führen, welche ganz bestimmte homozygote Genotypen bevorteilt.

Abschließend kann festgestellt werden, daß an einigen Enzym-Genloci eine klinale Variation mit der Höhenlage vorkommt, die infolge von Selektion durch graduell sich ändernde Klimafaktoren des Gebirges entstanden sein sollte. Ein Migrationseffekt ist hier weniger wahrscheinlich, da bei einer vertikalen Ausbreitung einer Waldbaumart kaum zwei verschiedene Rassen zusammentreffen. Die außergewöhnliche

Verteilung der Heterozygotie sollte vornehmlich durch die Besonderheiten des Paarungssystems im Gebirge hervorgerufen werden, aber auch hier könnten seehöhenabhängige Selektionsprozesse infolge von zeitlich variierenden Umwelten eine gewisse Rolle gespielt haben.

Danksagung

Für die Überlassung des Saatguts und weitere freundliche Unterstützung dieser Untersuchung sei Herrn Prof. Dr. K. Holzer, FBVA/Wien, herzlich gedankt.

LITERATURVERZEICHNIS

- Bergmann, F.: The allelic distribution at an acid phosphatase locus in Norway spruce (*Picea abies*) along similar climatic gradients. *Theor. Appl. Genet.* 52, 57-64, 1978.
- Bergmann, F. und F. Scholz: The impact of air pollution on the genetic structure of Norway spruce. *Silvae Genetica* 36, 80-83, 1987.
- Cheliak, W.M. und Pitel, J.A.: Techniques for starch gel electrophoresis on enzymes from forest tree species. *Environ. Can., Can. Forest Serv., Inf. Ref. PJ-X-42*, 49 pp., 1984.
- Esterbauer, H. und D. Grill: Seasonal variation of glutathione and glutathione reductase in needles of *Picea abies*. *Plant Physiol.* 61, 119-121, 1978.
- Feret, P.P. und F. Bergmann: Gel electrophoresis of proteins and enzymes. In: Miksche, J.P. (ed.), *Modern Methods in Forest Genetics*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 49-77, 1976.
- Grant, M.C. und J.B. Mitton: Genetic differentiation among growth forms of Engelmann spruce and subalpine fir at tree line. *Arctic and Alpine Res.* 9, 259-263, 1977.
- Gregorius, H.-R.: The concept of genetic diversity and its formal relationship to heterozygosity and genetic distance. *Math. Bioscience* 41, 253-271, 1978.
- Gregorius, H.-R., H.H. Hattemer und F. Bergmann: Über Erreichtes und kaum Erreichbares bei der "Identifikation" forstlichen Vermehrungsguts. *Allg. Forst- u. J.-Ztg.* 155 Jg., 201-214, 1984.
- Hattemer, H.H. und F. Bergmann: Einführung in die Genetik für Studierende der Forstwissenschaft. *J.D.Sauerländer's Verlag Frankfurt/M.* 1987.
- Holzer, K.: Die Seehöhengliederung der Fichtentypen in den österreichischen Alpen. In: Schmidt-Vogt (ed.), *Forstsamengewinnung und Pflanzenanzucht für das Hochgebirge*. BLV Verlagsges. München, Basel, Wien, 66-73, 1964.
- Holzer, K.: Die Kulturkammertestung zur Erkennung des Erbwertes bei Fichte (*Picea abies*, L. Karst.), I. Merkmal THL. *Centralbl. ges. Forstwesen* 94, 129-147, 1977.
- Holzer, K.: Genetische Zusammenhänge der Fichtenverbreitung in den Alpen. *Allg. Forstztg.* 92. Jg., 421-424, 1981.
- Mitton, J.B., K.B. Sturgeon and M.L. Davis: Genetic differentiation in ponderosa pine along a steep elevational transect. *Silvae Genetica* 29, 100-103, 1980.

Möglichkeiten der Identifizierung
autochthoner Hochlagenbestände der Fichte

W.F. Ruetz¹ und F. Bergmann²

¹Bayer. Landesanstalt für forstl. Saat- und Pflanzenzucht
D-8221 Teisendorf, Bundesrepublik Deutschland

²Lehrstuhl für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung,
Univ. Göttingen
D-3400 Göttingen, Bundesrepublik Deutschland

Im Bereich der Berchtesgadener Alpen wurden seit dem 15. Jahrhundert gewaltige Mengen Holz für die Salinenwirtschaft benötigt. Allein im Jahr 1611 wurden angeblich 336.000 Raummeter Nadelholz zum Sieden des Salzes in Bad Reichenhall verbrannt. Um diesen Holzbedarf zu decken, war es erforderlich, selbst entlegene Hochlagenbestände zu nutzen. Daß dadurch oft auch große Kahlfelder entstanden sind, geht aus einigen alten Bildern hervor.

Die gerodeten Flächen wurden teilweise durch Pflanzungen, jedoch überwiegend durch Saaten wieder in Bestockung gebracht. Mangels Saat- und Pflanzgut von den autochthonen Hochlagenbeständen wurde überwiegend Saatgut aus Beständen der tieferen Lagen verwendet. Welche Bestände in den Hochlagen mit Saat- und Pflanzgut aus tieferen Lagen begründet worden sind und wie hoch der Anteil nicht autochthoner Individuen ist, läßt sich am phänotypischen Erscheinungsbild nicht eindeutig feststellen. Oft deuten erst schwere Schneebruchschäden auf die nicht angepaßten Herkünfte aus tieferen Lagen hin.

Für die Waldbewirtschaftung in den Hochlagen wäre es vorteilhaft, wenn man schnell und kostengünstig feststellen könnte, ob ein Bestand in den Hochlagen autochthon und damit natürlich verjüngt werden soll oder ob er herkunftsfremd ist. Dieser sollte dann mit herkunftsgerechtem Pflanzgut verjüngt werden. Da weite Teile der Berchtesgadener Alpen im Nationalpark eingegliedert sind, gewinnt diese Fragestellung: autochthon oder nicht autochthon - bei der Begründung naturnaher Wälder noch mehr an Bedeutung.

Mit zunehmenden Waldschäden in den Hochlagen der Alpen ist die Herkunftsfrage dort besonders kritisch. Ist ein Baum nicht einmal an die natürlichen Umweltbedingungen in den Hochlagen angepaßt, kann man auch nicht erwarten, daß er neuartige, abiotische Streßfaktoren überleben kann.

Morphologische und auch physiologische Merkmale können dazu dienen, Hochlagen- von Tieflagenherkünften der Fichte zu unterscheiden. Biochemische Merkmale, speziell die Untersuchung von Enzymsystemen, welche ein Höhenlagen-abhängiges Verteilungsmuster aufweisen, bieten die Möglichkeit, diese Unterscheidung an Samen festzustellen.

Methodik

Im Jahr 1978 berichtete Bergmann, daß bei dem Enzym "Saure Phosphatase" (SAP) am B Locus ein höhenlagen-abhängiges Verteilungsmuster der Allelhäufigkeiten (B_1B_2) und (B_3B_4) bei der Fichte auftritt. Untersuchungen an Samenproben aus verschiedenen Höhenlagen der Alpen (u.a. Seethaler Alpen) zeigten, daß die Alleltypen (B_1B_2) bevorzugt in den höheren Lagen vorkommen und die Alleltypen (B_3B_4) in den tieferen Lagen. Analog dazu würde es bedeuten, daß man auch in den Berchtesgadener Alpen Bestände in den Hochlagen ausfindig machen könnte, die mit Saat- und Pflanzgut aus tieferen Lagen begründet wurden. Diese müßten einen höheren Anteil der (B_3B_4) Allele (Tieflagen-Typ) aufweisen. Um dies nachzuweisen, wurden folgende Untersuchungen mit Samenproben von 30 Einzelbäumen durchgeführt:

Baumnummern 1 - 13 wurden anhand ihrer Lage und ihres phänotypischen Erscheinungsbildes als typische, autochthone Hochlagenfichten ausgewählt. Sie wurden in schwer zugänglichem Gelände der Hochlagen ausgewählt, wo keine forstliche Nutzung und daher auch keine Saat oder Pflanzung stattgefunden hat. Diese Bäume sollten den autochthonen Hochlagentypus kennzeichnen und daher einen hohen Anteil der Allele B_1B_2 aufweisen. Die Bäume 14 bis 19 wurden in einem künstlich begründeten Bestand in den Hochlagen (Herrenrpoint) ausgewählt. Dieser Bestand zeigt einen hohen Anteil von Schneebrüchen und dürfte mit großer Wahrscheinlichkeit mit Saatgut aus tieferen Lagen gegründet worden sein. Baumnummern 20 - 22 stammen aus einem etwas höher gelegenen Bestand, wo es nicht eindeutig bekannt war, ob dieser Bestand mit Hoch- oder Tieflagen-Herkünften begründet worden ist. Die Baumnummern 23 - 30 wurden in tieferen Lagen um 800 m im Hirschbichl Tal geerntet. Als Tieflagenbestand diente eine Probe aus München-Oberdill (600 m). Dieser Bestand wurde jedoch nicht einzelbaumweise geerntet und daher konnten die einzelnen Genotypen nicht festgestellt werden. Mit Hilfe der Stärke-gel Elektrophorese wurde an den Samenproben das Enzymsystem "Saure Phosphatase" (APH bzw. SAP) am Lehrstuhl für Forstgenetik der Universität Göttingen untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchung sind in Abbildung 1 dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Baumnummern 1 - 13, welche als typische autochthone Hochlagen-Individuen angesprochen wurden, zeigten zu 100 % das typische Hochlagen-Muster B_1B_2 . Tieflagentypen (B_3B_4) oder eine Mischung aus Tieflagen- und Hochlagen-Typen wurden nicht gefunden. Im Bestand Herrenrönt, welcher mit hoher Wahrscheinlichkeit mit Saat- und Pflanzgut aus tieferen Lagen in den Hochlagen begründet worden ist zeigte, das Verteilungsmuster der Allelhäufigkeiten nur einen Anteil von 17 % reiner Hochlagentypen. 50 % zeigten eine Mischung Hoch-Tieflagen (Heterozygoten) und 33 % den reinen Tieflagentypus B_3B_4 . Damit dürfte bestätigt worden sein, daß in diesem Bestand doch ein hoher Anteil von Tieflagenherkünften eingebracht worden ist. Der Anteil von Hochlagentypen müßte hier deutlich höher liegen. Dies wird auch gezeigt bei den Baumnummern 20 - 22 (Kührrönt). In diesem Bestand zeigten 2 der 3 untersuchten Bäume den Hochlagentyp und einer ein Hochlagen-Tieflagen-Gemisch (Heterozygot). Der reine Tieflagentypus B_3B_4 wurde nicht gefunden. Im tiefer gelegenen Hirschbichtal (800 m) wurden keine reinen Hochlagentypen gefunden. Jedoch zeigten 37 % ein Heterozygot-Hoch-Tieflagen-Gemisch, 63 % waren reine Tieflagentypen. Dies dürfte in etwa den Erwartungen für diese Höhenlage entsprechen. Der Tieflagenbestand München-Oberdill (600 m) zeigte zu 100 % nur die Varianten B_3B_4 . Die Variante B_1B_2 wurde nicht gefunden. Dies dürfte ebenfalls den Erwartungen entsprechen.

Dieser Versuch, welcher gewissermaßen als ein Vorversuch dienen sollte, zeigt ganz eindeutig, daß es möglich ist, mit Hilfe der Untersuchung von Isoenzym-Mustern Bestände in den Hochlagen zu charakterisieren, den Anteil an künstlich eingebrachten Tieflagen-Herkünften festzustellen und schließlich Entscheidungshilfen über die Art der Verjüngung zu liefern. Ab welchem Prozentteil reiner Hochlagentypen eine natürliche Verjüngung durchgeführt werden sollte, bleibt offen. Sicherlich geht die natürliche Selektion in künftigen Baumgenerationen auf einer derartigen Fläche in den Hochlagen wieder zu dem Hochlagentyp. Unter dieser Voraussetzung könnte jedoch ein Bestand, welcher aus 66 % reinen Hochlagentypen und 33 % gemischten Typen besteht natürlich verjüngt werden. Der Bestand Herrenrönt, welcher mit einem Anteil reiner Hochlagentypen von 17 % vertreten war, sollte sicherlich nicht natürlich verjüngt werden.

Isoenzym-Untersuchungen Nat.Park Berchtesg.
(APH bzw.SAP-B Locus)

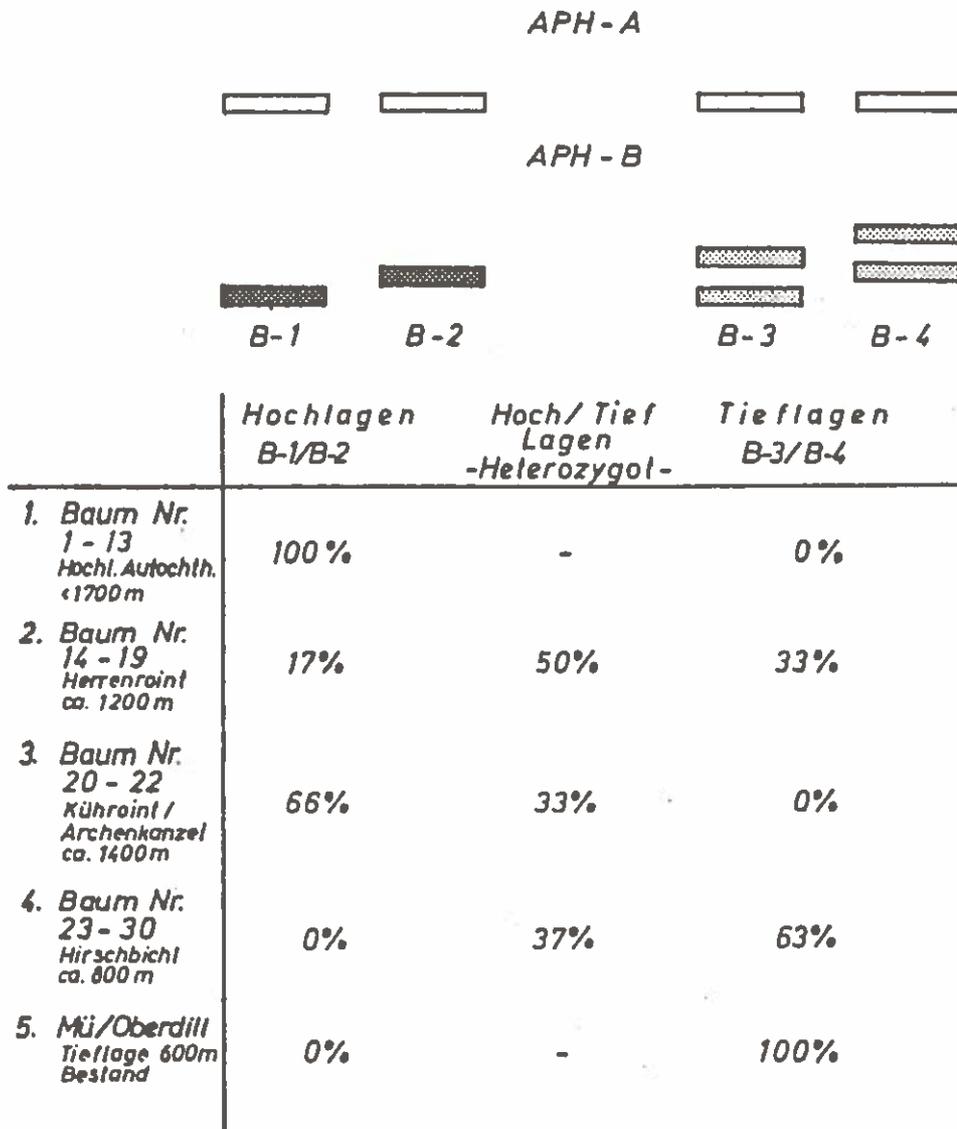
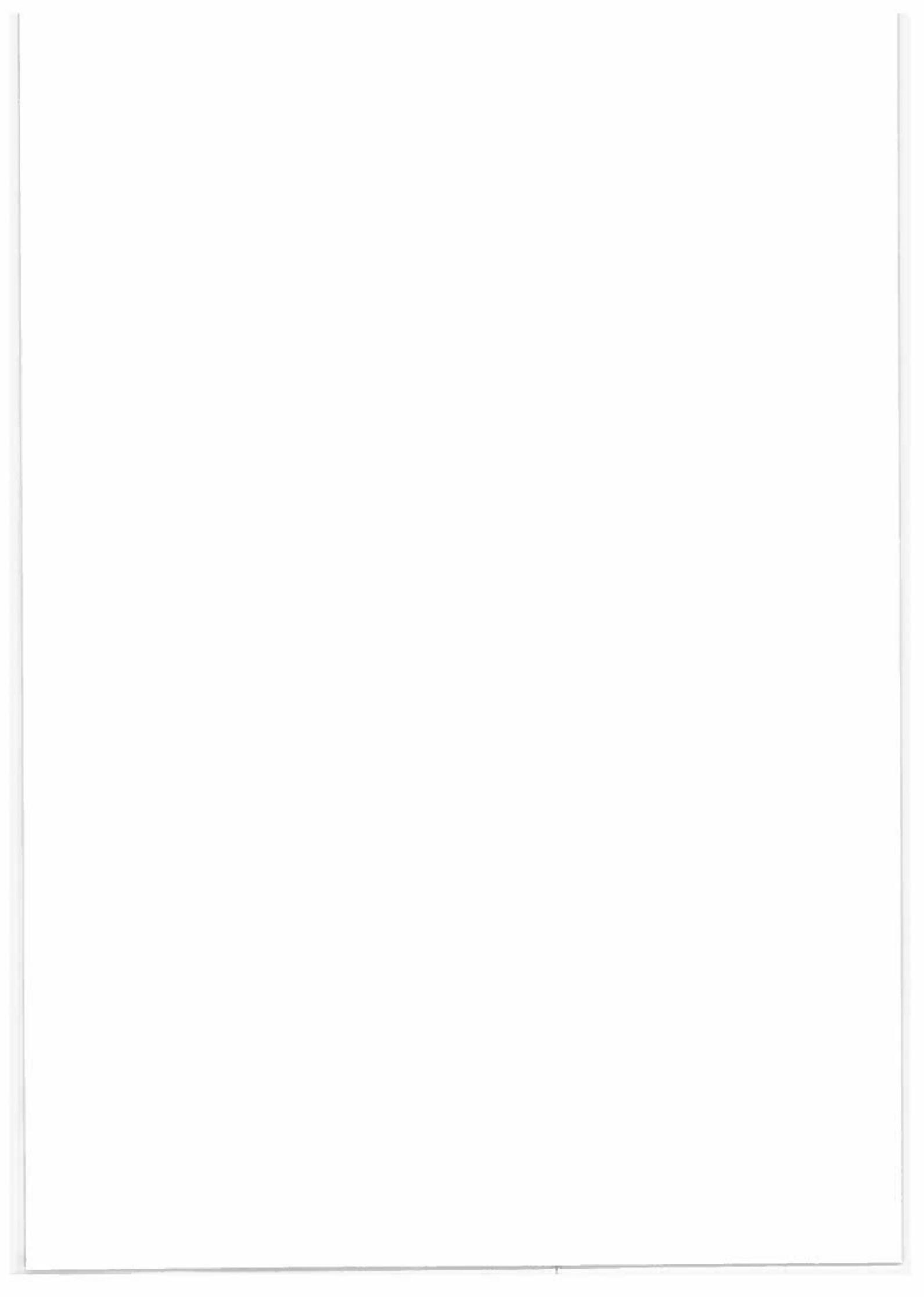


Abb.1 Verteilung der Allelhäufigkeiten am polymorphen saure Phosphatase Enzym Genloci APH-B.

Dieser Versuch diente dazu zu zeigen, inwiefern mit Hilfe der Isoenzym-Untersuchungen es möglich ist, den Anteil autochthoner Hochlagentypen bei Fichte in Hochlagen Beständen nachzuweisen. Dies dürfte für künftige waldbauliche Entscheidungen von Bedeutung sein. Diese Untersuchungen sollen in größerem Maße fortgesetzt werden.

Literatur

- Anonymus, 1985 "Der Wald im bayerischen Hochgebirge"
Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft
und Forsten, Juni 1985, 60 Seiten.
- Bergmann, F. 1978 "The Allelic Distribution at an Acid Phosphatase Locus
in Norway Spruce (*Picea abies*) Along Similar Gradients"
Theoretical and Applied Genetics 52, P. 57-64 (1978).
- Holzer, K. 1970 "Die Rassenfrage bei der alpinen Fichte"
Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien - Informationsdienst
127, Juni 1970
- Holzer, K. 1981 "Genetische Zusammenhänge der Fichtenverbreitung
in den Alpen" Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien -
Informationsdienst 207, Dez. 1981.
- Holzer, K. und J. Nather 1974 "Die Identifizierung von forstlichem Vermeh-
rungsgut" Sonderdruck aus: "100 Jahre Forstliche Bundes-
versuchsanstalt" Wien, 42 Seiten
- Schmidt-Vogt, H. 1972 "Wachstum und Schneebruchresistenz von Fichtenher-
künften des Bayerischen Alpenvorlandes, der Bayerischen
Alpen und des Bayerischen Waldes"
Forstwissenschaftliches Centralblatt 91, 6, S. 339-357.
- Schmidt-Vogt, H. 1975 "Analyse der Fichtenbestände nach Provenienzen und
deren ökologisches Verhalten"
Allgemeine Forstzeitschrift 30 (1975).



SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DIE
NEUBEGRÜNDUNG VON BESTÄNDEN IM GEBIRGE

Kurt Holzer

Institut für Forstpflanzenzüchtung und Genetik
Forstliche Bundesversuchsanstalt wien

Die bereits jahrhundertealte Kenntnis von der Bedeutung der Herkunft des Saatgutes bei alpinen Aufforstungen erfordert eingehende Untersuchungen zur Klärung dieser Frage. Aufgrund der Untersuchungsergebnisse von CIESLAR, ENGLER und deren späteren Bearbeitern (siehe Einleitung) konnten in den letzten Jahrzehnten umfangreiche Versuchsanstellungen zur Herkunftsfrage helfen, den Sachverhalt einer Klärung näher zu bringen. Erste Erfolge sind bereits nach kurzer Zeit zu erkennen, entscheidend muß aber das Gelingen unserer heutigen Bemühungen in der nächsten Waldgeneration zum Ausdruck kommen.

Übereinstimmend für alle Untersuchungsergebnisse ist eine strenge Abhängigkeit des Wachstums, der physiologischen Einstellung und der Angepaßtheit an die jeweilige Seehöhenstufe festzustellen; von besonderer Bedeutung ist dabei aber das Verhalten der Nachkommen, das als Folge der generationenlangen Selektion durch die jeweiligen Wuchsbedingungen eine erbliche Fixierung ihres gesamten Verhaltens bei ihren Mutterbäumen erkennen lassen. Diese Erkenntnis gilt für alle Baumarten und ist bei der Neubegründung von Beständen besonders im alpinen Raum von Bedeutung. Vor allem der Kulturerfolg in Extremlagen wird durch diese erblich gesteuerten Verhaltensweisen entscheidend beeinflusst.

Auslesearbeiten aufgrund von Frühtestaussagen wirken sich oft innerhalb kürzester Zeit nach der Auspflanzung am natürlichen Standort aus; dies konnte z. B. bei Selektionen nach der

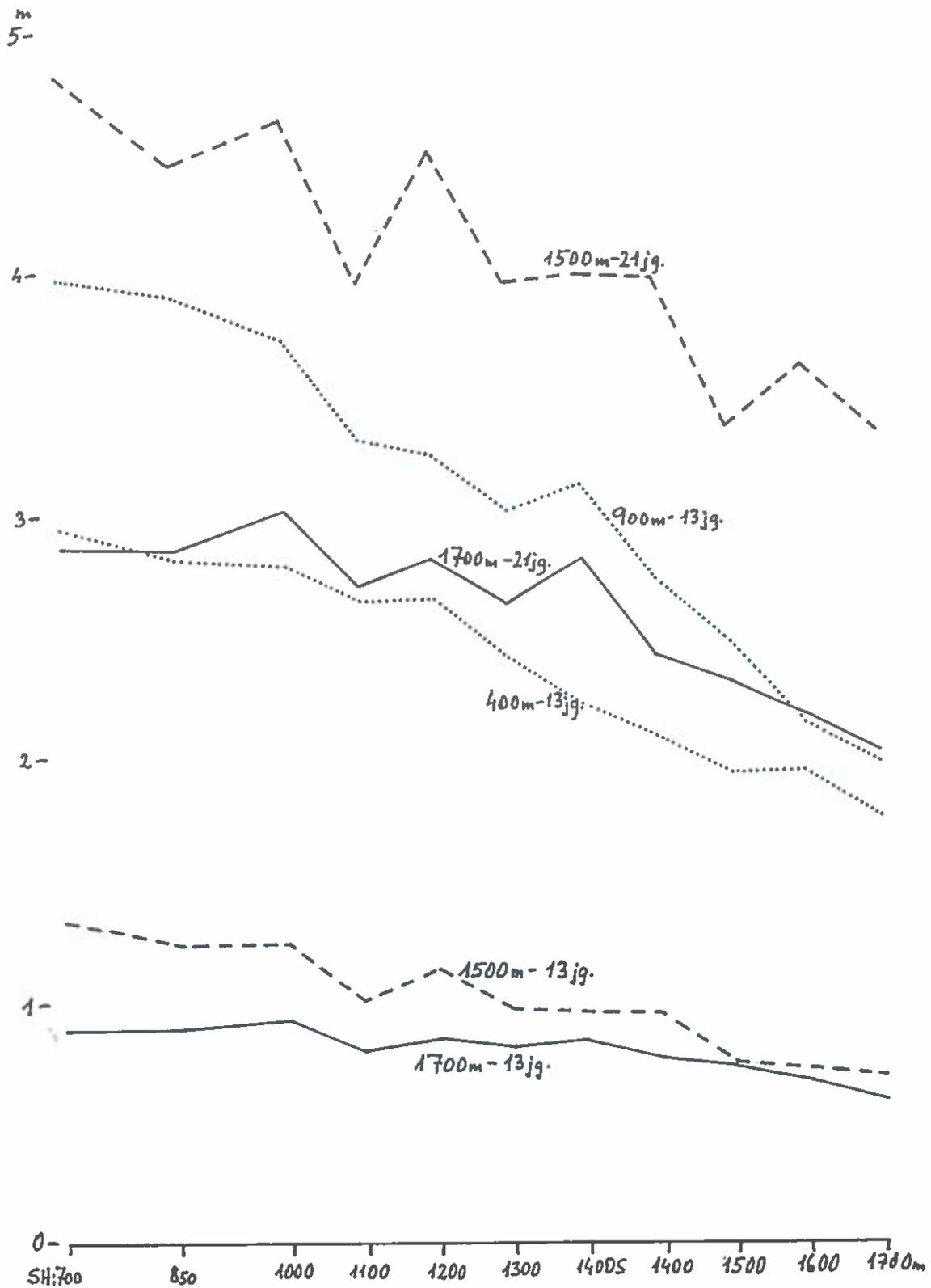


Abb. 1: Mittlere Gesamthöhe der Nachkommenschaften von 71 Halbgeschwisterfamilien des Fichtenprofils "Seetaler Alpen" auf den vier Versuchsflächen im Alter 13 Jahre und auf den hochgelegenen Versuchsorten im Alter 21 Jahre (Näheres im Text)

Vegetationszeitlänge innerhalb von Fichtenherkünften nachgewiesen werden, wobei bereits nach dem ersten Winter in extremer Hochlage (Linderalm, 1900m Seehöhe, Seetaler Alpen) die auf kurze Vegetationszeitlänge ausgelesenen Hochlagenpflanzen aufgrund ihrer vollen Ausreifung nahezu ohne Schädigung überlebten, während Pflanzen mit spätem Wachstumsabschluß ebenso wie praktisch alle Tieflagenpflanzen starke Frostschäden erlitten (HOLZER, 1985).

Die Anpassung an die Vegetationszeitlänge beeinflusst andauernd das Wachstum der Bäume. In Tieflage sind vor allem die langsamwüchsigen Herkünfte aus höheren Lagen so stark benachteiligt, daß sie nach 10 Jahren kaum die halbe Höhe der Tieflagenherkünfte erreichen, was insgesamt maximal 20 bis 25% der möglichen Gesamtproduktionsleistung entspricht (HOLZER, 1981); selbst nach 80 bis 100 Jahren kann dieser Rückstand nicht mehr annähernd wettgemacht werden (GÜNZL, 1969). Sogar in 1500m Seehöhe (200m unterhalb der Waldgrenze) beträgt dieser Minderertrag der Hochlagenfamilien im Alter von 21 Jahren noch rund 30% (EGGER, 1985). Erst unter extremen Bedingungen nahe der Waldgrenze (in 1700m, Packalpe) zeichnet sich eine Umkehr im Wuchsverhalten ab. Das Wachstum der anfänglich mit einem großen Vorsprung behafteten Tieflagenpflanzen ist zu allererst durch einen kräftigen Pflanzschock gekennzeichnet, der weit über fünf Jahre anhalten kann. Die Hochlagenpflanzen hingegen überdauern diesen Schock relativ rasch und können so die Tieflagenpflanzen rasch einholen (SCHULTZE, diese Berichte); im Alter von 21 Jahren beträgt die Höhe der letzteren zwar immer noch 30% mehr als bei Hochlagenpflanzen, aber die relative Zunahme des jährlichen Höhenzuwachses der an die kürzere Vegetationszeit angepaßten Pflanzen ist weitaus größer, sodaß für die gesamte Umtriebszeit an extremen Hochlagenstandorten letztlich ein günstigeres Endergebnis bei den Hochlagenherkünften zu erwarten sein wird als bei Herkünften aus Tieflage (abgesehen von dem wesentlich größeren Pflanzenabgang durch klimabedingte Schädigungen, Abb. 1; Trzesniowski, 1986).

Wie bedeutend der Einfluß klimatischer Schädigungen sein kann, ist gleichfalls aus verschiedenen Versuchsergebnissen abzulesen. So kann die im Labortest festgestellte höhere Frostresistenz der Hochlagenherkünfte (TRANQUILLINI, diese Berichte) durch Ergebnisse von Versuchsflächen bestätigt werden: Allein Spätfrostschädigungen können in einzelnen Jahren so verheerende

Wirkungen haben, daß das Wachstum der jungen Kulturen für zwei bis drei Jahre zurückgeworfen wird; aber gerade in einem solchen Fall bewiesen die Herkünfte aus über 1200m ihre größere Frosthärtigkeit, wobei bei diesen interessanterweise keine direkte Abhängigkeit vom Austriebszeitpunkt (im Gegensatz zu den Tieflagenherkünften) festzustellen ist. Hierbei wirkt sicher auch eine größere Frosthärte der Hochlagenherkünfte im Zeitpunkt des Austreibens (Abb. 2; HOLZER, 1969, 1985; EGGER, 1985).

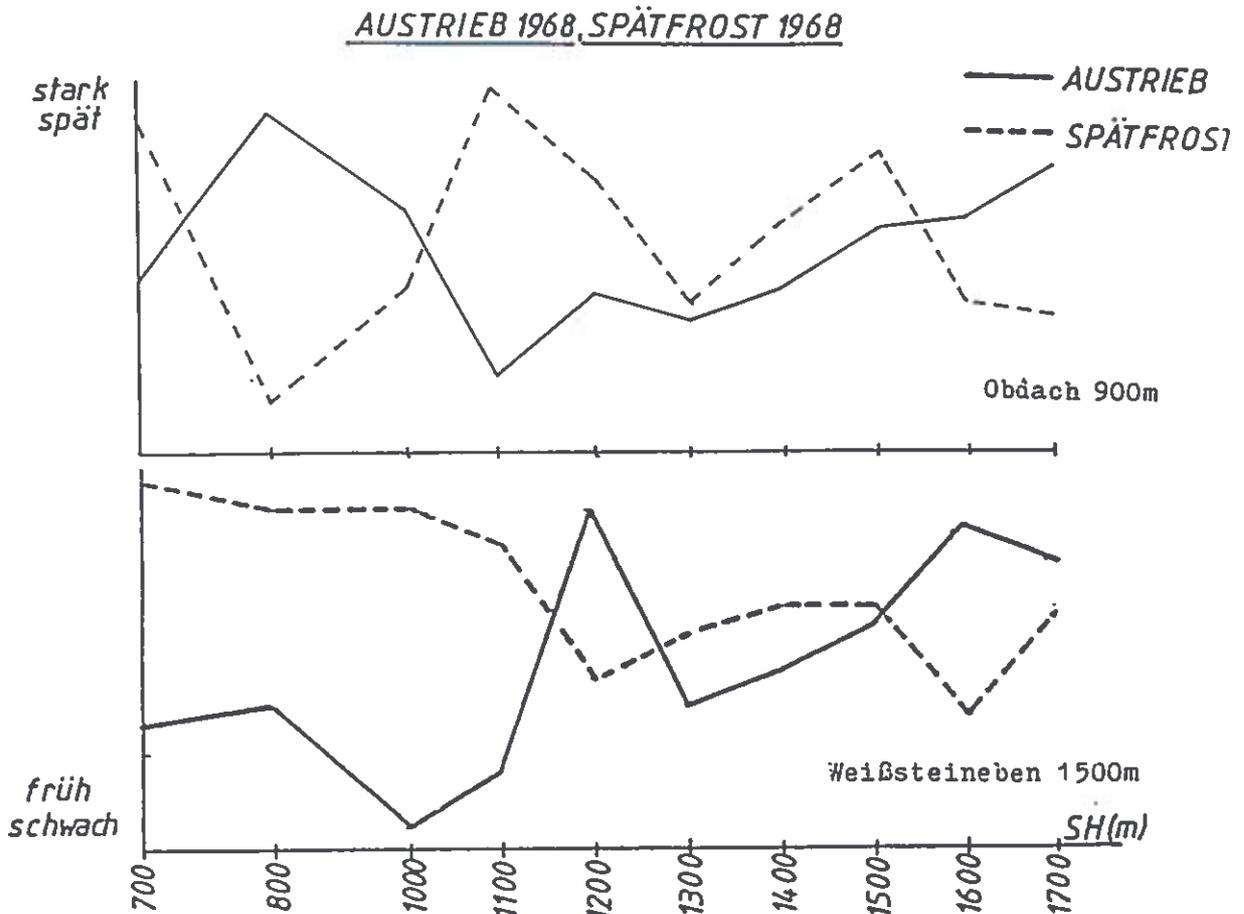


Abb. 2: Mittelwerte der Spätfrostschädigung im Jahre 1968 im Vergleich mit den Austriebswerten der 71 Halbgeschwisterfamilien des Fichtenprofils "Seetaler Alpen" auf den Versuchsfeldern in 900 und in 1500m (Näheres im Text)

Die Belastungen durch den Winterschnee werden gleichfalls von den verschiedenen Herkünften unterschiedlich ertragen: So beträgt der Anteil der so geschädigten Pflanzen nach 21 Jahren auf der Versuchsfeldfläche an der Waldgrenze bei Tieflagenfamilien 40 bis 50%, bei Hochlagenfamilien hingegen nur 30 bis 35%. Be-

sonders zu beachten ist dabei, daß die Anzahl der Stammbrüche (durch eine extreme Schneebelastung) vor allem bei Tieflagenfamilien bedeutend höher ist als bei Hochlagenfamilien. Vor allem die negative Korrelation der Stammbrüche mit der Stammhöhe ($r = 0,308^{xxxx}$) deutet darauf hin, daß die langsamwüchsigen Hochlagenpflanzen eine höhere Widerstandsfähigkeit gegen Schneebelastung aufweisen als die raschwüchsigen Tieflagenpflanzen, was gleichfalls deren Unterlegenheit an Extremstandorten unterstreicht. Zusätzlich ist anzuführen, daß die einzelnen Familien einen großen Unterschied im Schädigungsausmaß zeigen (TRZESNIOWSKI, 1986).

Aus all diesen Beobachtungsergebnissen darf geschlossen werden, daß die alpine Fichte (nach GAMS, 1967) aus der Vermischung von ursprünglich mindestens zwei verschiedenen Rassen oder Arten hervorgegangen sein könnte, deren Existenz heute nur mehr durch unterschiedliche Verhaltensweisen der einzelnen Individuen bei speziellen Versuchsanlagen erkennbar ist; dabei kommt es nur selten zur generativen Entstehung von mehr oder weniger reinerbigen Pflanzen vor allem der "Hochlagenrasse". Einzelne Reaktionen aber zeigen dies immer noch deutlich, wie eine Beobachtung über Schädlingsfraß an Keimlingen ergab: Alle Hochlagenherkünfte sowie die zentralalpinen Herkünfte aus tieferen Lagen wurden vom Schädling nur wenig angenommen; dagegen wurden alle außeralpinen und zum überwiegenden Teil auch die randalpinen Tieflagenherkünfte ziemlich stark dezimiert (Abb.3)

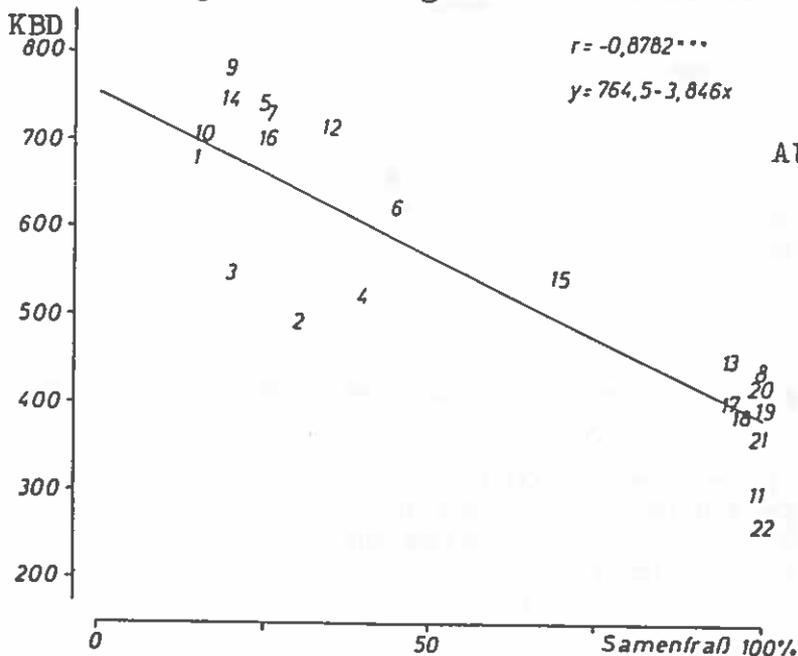


Abb. 3: Zusammenhang des Keimlingsverbisses mit der Seehöhe der Saatgutherkünfte, ausgedrückt durch den Knospenbildungsindex (KBD);
Nummern 1 bis 8 inneralpine Herkünfte
Nummern 9 bis 17 randalpine Herkünfte
Nummern 18 bis 22 außeralpine Herkünfte
(HOLZER, 1981)

(HOLZER, 1981). Auch unterschiedliche Isoenzym-Allelhäufigkeiten sind bei solchen Herkunftsvergleichen festzustellen (BERGMANN, RUETZ und BERGMANN, diese Berichte).

Diese bei der Fichte gemachten umfangreichen Erfahrungen über den Einfluß der Seehöhe des Herkunftsortes auf die Anbau-eignung im Gebirge kann aber auch für die Zirbe bestätigt werden; einzelne Versuchsreihen haben gezeigt, daß auch bei dieser Baum-art - trotz des relativ schmalen Verbreitungsgürtels - die See-höhe eine starke genetische Anpassung bewirkt hat. Nicht nur das Wachstum der Nachkommen im Pflanzgarten läßt ein ähnliches Ver-halten wie bei der Fichte erkennen; es zeigt auch das Wachstum

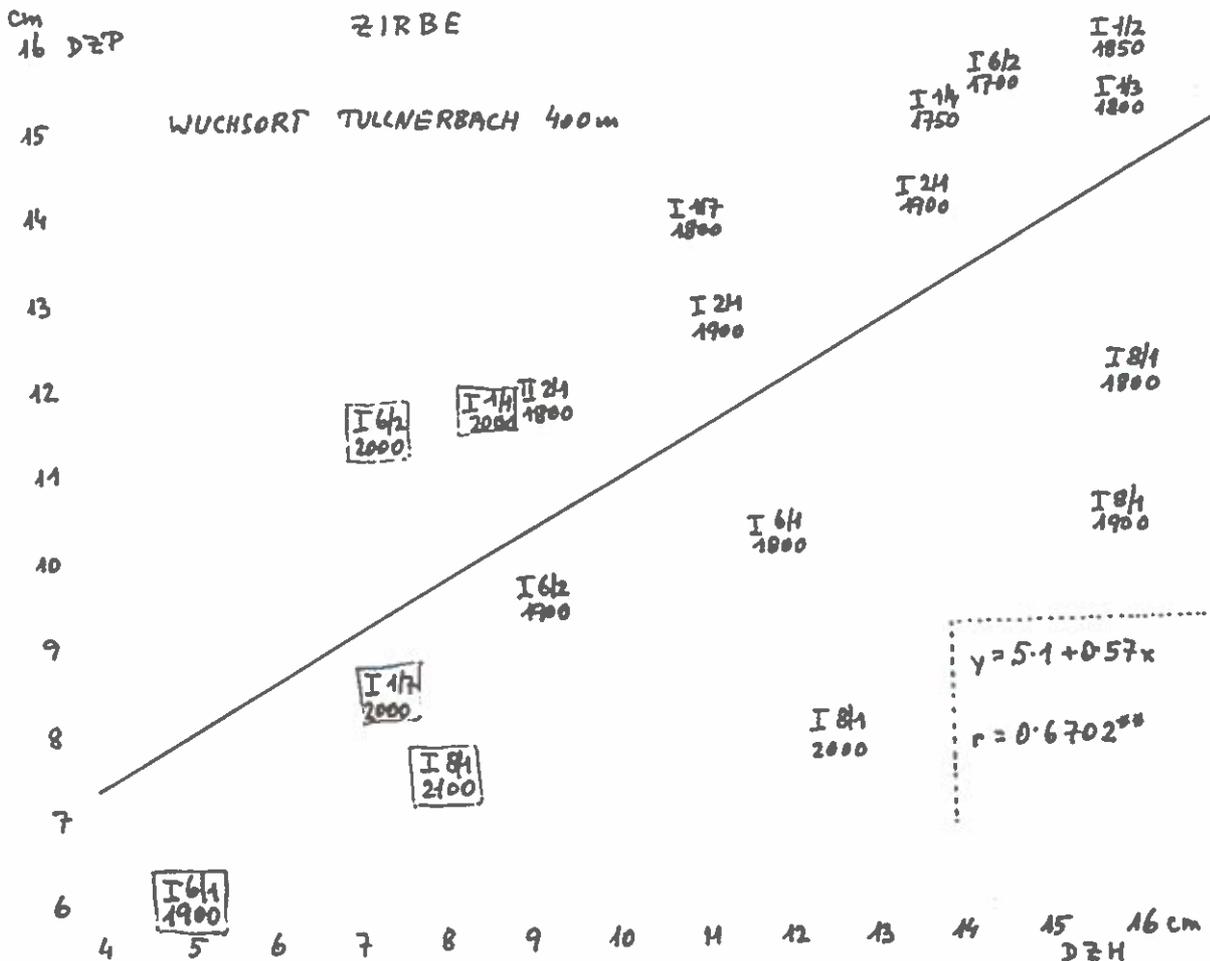


Abb. 4: Höhenwuchs der Pflöpfungen(DZP) von Zirbe auf der Plan-tage Tullnerbach in Abhängigkeit von der Seehöhe und dem jährlichen Zuwachs (DZH) der Auswahlbäume aus verschiedenen Regionen der Ostalpen; eingerahmte Herkunftsbezeichnungen bedeuten Sonderauswahlen an extremen Standorten

von vegetativ durch Pfropfung vermehrten Auslesebäumen in einer Plantage eine enge Abhängigkeit von der Seehöhe ihres Ursprungs=ortes (Abb. 4); die Nachkommen verhalten sich in dieser Hinsicht gleichsinnig. Aber gerade bei dieser Baumart konnte durch einen Saatversuch in extremer Hochlage nachgewiesen werden, daß nur Nachkommen von Auswahlbäumen aus gleicher Lage imstande sind, unter derartigen Bedingungen zu überleben (HOLZNER, 1975).

Als Schlußfolgerungen aus den Tagungsbeiträgen ist nun festzustellen, daß bereits nach relativ kurzer Zeit die entscheidenden Eigenschaften der Herkunft - als eine durch die jeweiligen seehöhenabhängigen Faktoren selektierte Population - erkannt werden können. Dies ist für eine Neu- beziehungsweise Wiederbegründung von Beständen in Gebirgslagen unbedingt zu beachten. Selbst anfängliche Erfolge mit nicht angepaßten Herkünften lassen keinen Dauererfolg erwarten. Die Frühtestergebnisse im Labor und im Forstgarten lassen bei Herkünften höherer Lagen und insbesondere solcher aus dem Bereich der Waldgrenze immer ein entsprechendes Anpassungsverhalten erkennen. Eine entsprechende Variabilität innerhalb jeder Herkunft ermöglicht in der späteren Entwicklung noch weitere Selektionsschritte der Natur, die mit sogenannten Umsetzungserscheinungen gekoppelt sein müssen, sodaß nach Erreichen der vollen Fruktifikation - mehr oder weniger unbeeinflusst von menschlichen Eingriffen und Pflegemaßnahmen - nur mehr die am besten angepaßten Bäume in die Oberschicht gekommen sind. Es ist deshalb grundfalsch, wenn in der Baumschulphase die von der Natur in großer Variationsbreite zur Verfügung gestellten Populationen durch Sortierungen willkürlich verändert werden, denn im höheren Alter könnten dann die entsprechend best veranlagten Individuen fehlen. Ebenso muß die Verwendung von Herkünften aus einem anderen Milieu zu Mißerfolgen führen, denn in diesen ist der Anteil von Pflanzen bester Anpassung an die neuen Umweltbedingungen so gering, daß die Zahl der wüchsigen und widerstandsfähigen Bäume für den Endbestand nicht ausreicht. Selbst große Auspflanzungszahlen, wie sie etwa noch vor wenigen Jahrzehnten angewendet wurden, können diesen Mangel nicht wettmachen und noch weniger wird man eine ausreichende Anpassungsfähigkeit durch Mischung verschiedener Beerntungen erreichen.

LITERATUR:

- EGGER, F., 1986: Teilergebnisse einer Nachkommenschaftsprüfung durch einen Fichtentranspekt. Prüfung in 1500m Seehöhe auf der Fläche "Weißensteineben". Dipl.Arbeit Univ. Bodenkultur
- GAMS, H.: Diskussionsbemerkung zu HOLZER, 1967, p. 451
- GÜNZL, L., 1969: Ergebnisse aus der Fichtenprovenienzforschung. Infdienst FBVA Wien, 123. Beil. Allg. Forstztg. 80
- HOLZER, K., 1967: Das Wachstum des Baumes in seiner Anpassung an zunehmende Seehöhe. Mitt. Forstl. Bundesversa. Wien, 75
- " --, 1969: A late frost injury in an alpine Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) provenance test. FAO-FORGËN, 6/10
- " --, 1975: Genetics of *Pinus cembra* L. Annales Forestales 6/5
- " --, 1981: Genetische Zusammenhänge der Fichtenverbreitung in den Alpen. Infdienst FBVA Wien, 207. Beil. Allg. Forstztg. 92
- " --, 1985: Die Bedeutung der Genetik für den Hochlagenwaldbau. Berichte EAFV. 270
- TRZESNIOVSKI, S., 1986: Teilergebnisse einer Nachkommenschaftsprüfung durch einen Fichtentranspekt. Prüfung in 1700m Seehöhe auf der Fläche "Melcheben" (Packalpe). Dipl.Arbeit Univ. Bodenkultur, Wien

ÜBERBLICK ÜBER ÖSTERREICHISCHE FORSTGENETISCHE ARBEITEN MIT ERGEBNISSEN

AUS DEN FICHTEN-PROVENIENZVERSUCHEN

L. GÜNZL

Forstliche Bundesversuchsanstalt, Institut für Forstpflanzenzüchtung und Genetik, Wien-Mariabrunn

Das Institut für Forstpflanzenzüchtung und Genetik der forstlichen Bundesversuchsanstalt arbeitet an den Grundlagen der Forstgenetik und an Versuchen, die der angewandten Forstpflanzenzüchtung dienen. Es erforscht in Kulturkammern und im Freiland die Reaktion von Versuchspflanzen und Baumpopulationen auf diverse Umwelt- bzw. Lebensbedingungen. Die Herkunftsvielfalt der wichtigsten Baumarten wird vergleichend geprüft, und Baumindividuen werden auf erhöhte Widerstandsfähigkeit und Resistenz gegen biotische und abiotische Einflüsse getestet. Damit schafft man Voraussetzungen für die Empfehlung hochwertiger Pflanzgüter für die differenzierten Waldstandorte Österreichs.

13 Mitarbeiter - davon sind fünf Akademiker - arbeiten in drei Abteilungen. HR Dipl.-Ing. Leopold GÜNZL, der Leiter des Institutes, steht auch der Abteilung für Angewandte Forstpflanzenzüchtung vor. Univ.-Prof. Dr. Kurt HOLZER leitet die Abteilung Grundlagen der Forstpflanzenzüchtung. Für die Abteilung Biologische Holzforschung ist OR Dipl.-Ing. Dr. Helmut KREMPL zuständig.

Frühtestforschung

Der überwiegende Arbeitsbereich für die Grundlagenabteilung des Fachgebietes liegt in der Frühtestforschung, die vornehmlich an der Fichte durchgeführt wird; in den vergangenen fünf Jahren wurden aber auch Douglasie und Lärche miteinbezogen. Zu diesem Zweck wird das Saatgut der verschiedenen Herkünfte sowohl in Kulturkammern wie auch im Forstgarten angebaut. Durch die gleichbleibenden und reproduzierbaren Bedingungen in den Kulturkammern ist es möglich, Prüfergebnisse verschiedener Serien für eine Saatgutidentifizierung heranzuziehen. Die Frühtestforschung unterstützt dabei Verwendungsempfehlungen für das forstliche Vermehrungsgut, besonders bezüglich der Seehöhe. Die Ergebnisse der Frühtestforschung werden auf zirka 60 Versuchsflächen im Freiland überprüft.

Die vegetative Vermehrung der Fichte durch Stecklinge im "Sprühbeet" ermöglicht die Anzucht einer größeren Pflanzenanzahl von genetisch gleichen Individuen. Diese Klone werden auf ihre genetische Anpassungsfähigkeit, z.B. in Hochlagen, getestet. Außerdem trägt die Stecklingsvermehrung von Ausgangspflanzen mit bereits bekannten Eigenschaften (z.B. höhere Toleranz gegenüber Schwefeldioxid-Immissionen) dazu bei, daß der Wald auf gefährdeten bzw. extremen Standorten zum Teil auch mit angemessenen Fichtenanteilen erhalten werden kann.

Die Zirben-Forschungsergebnisse zeigen Unterschiede nach Herkunftsgebieten und weisen ebenfalls auf eine Höhenstufengliederung innerhalb der Verbreitungsgebiete der Zirbe hin. Diese Ergebnisse sind für die Hochlagenaufforstung von besonderer Bedeutung.

Herkunftsprüfung bei Tannen, Fichten, Douglasien und Lärchen

Von den fremdländischen Tannen sind *Abies-grandis*-Provenienzen für silika-

tische Standorte im Anbaugrenzbereich der Fichte und *Abies cephalonica* für Kalkstandorte mit geringem Niederschlag in Anbauprüfung.

Über die Fichten-Provenienzversuche soll etwas ausführlicher berichtet werden. Im großen internationalen Fi-Herkunftsversuch 1964/68 sind Spitzenleistungen im Höhen- und Brusthöhendurchmesser-Zuwachs in folgenden europäischen Wuchsgebieten zu finden: an erster Stelle müssen die Ostkarpaten Rumäniens genannt werden (zehn Herkünfte mit Spitzenleistungen); Jasina, die Herkunft aus der Karpatha-Ukraine, ist anschließend zu nennen, weil sie mit zwei Beerntungen (600 bis 800 m und 1000 bis 1200 m) herausragende Höhen- und BHD-Leistungen gebracht hat; das rumänische Bihargebirge weist auch einige sehr gute Herkünfte auf. Die Waldkarpaten, Beskiden, Mährisches Gesenke sowie Altvater-Mittel- und -Tief lagen weisen das zweite große Gebiet aus mit hervorragenden bis sehr guten Zuwachsleistungen. Auch das Slowakische Erzgebirge und die Waldgebiete um Olmütz bis zur Böhmischo-mährischen Höhe sowie das angrenzende Waldviertel sind mit sehr guten bis guten Provenienzen anzuführen. In Mittel- und Nordostpolen haben wir weitere Gebiete mit sehr guten Wuchsleistungen (dazu auch GÜNZL, 1979, 1981; KÖNIG, 1981).

Die österreichischen Wuchsbezirke (VI/2 und VI/3) des niederösterreichischen Waldviertels (außeralpines Gebiet) haben in den niederen und mittleren Lagen mehrere Herkünfte, die sehr gute bis gute Zuwachsleistungen erbringen.

Das Wuchsgebiet IV (durch Seen und hohe Luftfeuchtigkeit beeinflusstes Klima in Oberösterreich, Salzburg und Bayern bis ins obere Lechtal und Vorarlberg) weist zum Teil ein sehr gutes bis mittelgutes Fichtenwachstum auf. Die in einzelnen Wuchsbezirken (z.B. Kobernauber Wald) auftretenden Unterschiede im Wachstum sind zum Teil auch durch nicht-autochthone Bestände zu begründen.

Herkünfte des Alpenostrandes (VII/6), wie Leibnitz (300 bis 350 m), Piberegg (750 bis 850 m), Voitsberg (VII/6/500-900 m) und Fürstenfeld/Steiermark (350m), sind im Freilandversuch sehr gut bis gut, Köszeg (420 m, Nachbargebiet Ungarn) sehr gut.

Der südöstliche Alpenrand und die Alpenzwischenzone Kärntens mit den Herkünften Stübing (540 m), Krämersdorf (700 m), Frohnleiten (IIB/3/600-900 m), Reinberg Vorau (IIB/3/+550 m), Deutschlandsberg (IIB/3/500-900 m) und Glashütte/Steiermark (IIB/3/1100 m) sowie Eisenkappl (IIB/1/800 m), Gradisch (IIB/2/700m) und St. Veit/Glan/Kärnten (IIB/2/1150 m) sollen ebenfalls mit sehr guten bis guten Leistungen genannt werden. Auch in der nördlichen Alpenzwischenzone (IIA) finden wir eine Anzahl sehr guter bis (mittel)guter Fichtenherkünfte: Söll/Tirol (IIA/2/740 m), Gsengegg (IIA/3/1100 m) und St. Veit im Pongau/Salzburg (IIA/3/+760 m) sowie Stanz-Kindtal-Allerheiligen (IIA/4/600-900 m), Leoben-Leising (IIA/4/+550 m), Kapfenberg (IIA/4/00-950 m), Seewiesen-Seereith (IIA/4/850-900 m) und Liezen/Steiermark (IIA/3/+650 m).

Sogar in den Innenalpen gibt es (sehr) gute bis mittlere Zuwachsleistungen in Höhenlagen, wo man derart gute Ränge in den Versuchsgruppen mit 100 Versuchsgliedern vor allem aus höheren Lagen nicht erwarten würde.

Im ganzen gesehen ist eine größere Anzahl außeralpiner Herkünfte Österreichs aus Standorten unter 800 m mit sehr guten bis (mittel)guten Wuchsleistungen nachgewiesen worden (Waldviertel, Mühlviertel, Kobernauberwald, Hausruck, Sauwald). Das große Alpenvorland ist als Übergangszone zu nennen von außeralpinen zu den alpinen Herkünften. Nordwestlicher und nordöstlicher Alpenrand wie auch der östliche Alpenrand (schließt Herkünfte unseres sommerwarmen Ostens ein) sind Gebiete mit (sehr) gutwüchsigen Herkünften.

Nicht nur bei Fi-Herkünften aus den Innenalpen stieß ich auf Beispiele, bei denen Beerntungen aus höheren Lagen auch in Herkunftsversuchen der mittleren Lagen Wuchsleistungen erbracht haben, die wesentlich über den Erwartungen gelegen sind.

Einige Beispiele: Im Herkunftsversuch Neubruck/NÖ in 650 m SH (Anlage 1969) erreichten bei 17 Versuchsgliedern Kitzbühel/T, 80 (IIA/2/900-1300 m) Rang 2, St. Veit/Glan/Ktn, 61 (IIB/2/900-1300 m) Rang 4, wobei Söll/T, 35 (IIA/2/400-900 m), Schneegattern/Oö, 11 (IV/3/400-900 m), Jaidhof/NÖ, 27 (VI/2/300-600 m) - sonst gute Tief- bis Mittellagen-Herkünfte - im (10+4)-jährigen Versuch hinter den Hochlagenherkünften im Höhenzuwachs zu finden sind. Im Herkunftsversuch Schneegattern (680 m SH) im Kobernauberwald/Oö (Anlage 1978) sind bei der (5+5)-jährigen Aufnahme die Herkünfte Maria Lankowitz-Salla (IIB/3/1200 m) und Sewigtal (I/4/1400 m) bei 30 Versuchsgliedern auf den Rängen 13 und 14, drei Ränge vor der Ortsherkunft Schneegattern (IV/3/400-600 m), fünf Ränge vor Garming (III/3/700 m), elf Ränge vor Braunau (V/1/378 m).

Warum habe ich diese Beispiele gebracht? Damit wir auch die hohe Plastizität einiger Fi-Herkünfte erkennen können. HOLZER (1987) schrieb bei Beobachtung der Merkmalskombination aus Trieb- und Hypokotylllänge, daß sich für jede Nachkommenschaft der Alpen-Fichten überraschenderweise eine Aufteilung auf zwei Gruppen von Pflanzentypen erkennen läßt: "Hochlagentyp" und "Tieflagentyp". "Beide Typen sind je nach Höhenlage der Probenherkunft unterschiedlich enthalten, zeigen aber, daß in jeder Saatgutprobe aus Gebirgswäldern beide Typen vorhanden sind." So nehme ich an, daß einige gutwüchsige Fichtenherkünfte früher durch Schneesaat oder Aufforstung im Engverband mehrere hundert Meter höher gebracht wurden. Durch die große Stückzahl per ha war eine positive Massenauslese möglich. Die genetische Veranlagung zum guten Wachstum blieb aber erhalten und konnte bei unseren Versuchen, die in den genannten Beispielen 500 - 700 Seehöhenmeter tiefer angelegt wurden, wieder als starke Wuchspotenz zur Geltung kommen. Diese Ausnahmen sind selten, wir sollen nur wissen, daß sie doch in einigen Versuchen vorkommen.

Seit den sechziger Jahren werden Versuche an der Douglasie in bezug auf ihre Anbauwürdigkeit auf 54 Versuchsflächen durchgeführt. Damit stehen bereits über 100 Herkünfte, die aus dem Südwesten Britisch Kolumbiens (Kanada) sowie aus den Westkaskaden Washingtons und Nord-Oregons (USA) stammen, in Freilandprüfung. Im vergangenen Jahrzehnt wurden auch mehrere Übergangsherkünfte, z.B. zwischen West- und Ostkaskaden, auf Versuchsflächen getestet. Diese bringen relativ gute Wuchsleistungen und sind im Herbst und (Spät)Winter wesentlich frostresistenter (z.B. Trout Lake/W (SZ 652), South Prairie (SZ 653)).

Verschiedene Lärchenherkünfte aus mittleren und tieferen Lagen werden seit zehn Jahren untersucht, um gezieltere Anbauempfehlungen geben zu können. Es wird auch an der Hochlagen-Herkunftsprüfung gearbeitet und auf Resistenz gegen das Triebsterben ausgelesen.

Bei der Weißkiefer führen wir erst in jüngster Zeit eine Nachkommenschaftsprüfung an den getrennt beernteten Klonen der Samenplantage der österreichischen Bundesforste Klausen-Leopoldsdorf/NÖ durch. Gemeinsam mit einem 10-jährigen Weißkiefer-Versuch wird die Schütterresistenz geprüft.

Die Arbeiten für die Fichte beanspruchen derzeit noch mehr als 50 % der Institutskapazität; Lärche und Douglasie je 8 % ; für Tanne und Kiefer werden 4 % aufgewendet; für die Laubbaumarten, biologische Holzforschung und sonstige Arbeiten die restlichen 30 %.

Pappel- und Weiden-Sortenprüfung

Seit drei Jahrzehnten werden verschiedene Pappel- und Baumweiden-Sorten im Hinblick auf ihre Anbauwürdigkeit im Auwald und auf sonstigen geeigneten Standorten geprüft. Neben der Wuchsleistung wird auch auf Holzqualität und waldbauliches Verhalten wert gelegt. Ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber Krankheiten ist im Prüfprogramm enthalten.

Über Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft laufen seit 1979 Versuche zur Steigerung der forstlichen Biomasse mit Pappeln, Weiden, Birken und Robinien. Ziel dieser Versuche ist die Auslese in bezug auf Raschwüchsigkeit, hohe Trockensubstanz, Resistenzverhalten und kurzen Umtrieb.

Aus noch vorhandenen Ulmen werden deren Absaaten einer Nachkommenschaftsprüfung unterzogen, vor allem um ihre Resistenz gegen das Ulmensterben in Freilandversuchen zu prüfen. Bei Wildkirsche und Esche werden von vermehrungswürdigen Bäumen die Nachkommenschaften im Freilandversuch verglichen.

Für die gemäß Forstgesetz reglementierten Baumarten fließen die Arbeitsergebnisse jeweils in die Erneuerung der Forstsaatgutgesetzgebung ein. Dem Institut ist auch die gutachtliche Anerkennung der vegetativ vermehrten Ausgangspflanzen aufgetragen; derzeit betrifft dies neue Pappelsorten-Anerkennungen.

Die biologische Holzforschung schließlich befaßt sich mit den Zusammenhängen der Holzeigenschaften unter bestimmten Wuchsbedingungen. Zur Zeit konzentriert man sich auf das Auftreten von qualitätsmindernden Rotverfärbungen im Bereich des Eichenkernholzes und auf die Qualität des Douglasienholzes.

Darüber hinaus arbeitet das Institut für Forstpflanzenzüchtung und Genetik sehr intensiv am Projekt zur Erhaltung der genetischen Vielfalt der österreichischen Baumarten mit.

Die forstgenetische Forschung in Österreich würde noch mehr Personal (und Geldmittel) benötigen, als zur Zeit der Budgeteinsparungen gegeben werden kann. Ich möchte unsere Mitarbeiter auch weiterhin zum größtmöglichen Einsatz ermuntern und vor allem auch den Jüngeren zurufen: behaltet eure Ambition; wer seine Aufgabe gut bewältigt, dem wird auch in Zukunft die Unterstützung nicht versagt werden.

LITERATUR:

GÜNZL, L., 1979: Internationale Fichten-Provenienzversuche der IUFRO 1938 und 1964/68 sowie Versuche mit österr. Herkünften (Ergebnisse und Überlegungen für die Praxis) Allg. Forstztg. Wien, 90, Folge 7, 182 - 190.

- " -, 1981: Der internationale Fichten-Provenienzversuch der IUFRO 1964/68 in Österreich (mit gesonderter Besprechung der 2 Versuchsgruppen in Ottenstein/Waldviertel/NÖ). Exkursionsführer, IUFRO Direktoriumssitzung 26.4. - 1.5.1981 in Österreich, gedruckt FBVA Wien, IV/1981, 53 - 64.

HOLZER, K., 1987: Genetische Differenzierung der Fichte in den österreichischen Alpen. Kurzfassung der Beiträge zum 4. Österreichischen Botaniker-Treffen, 15. - 17.5.1987, Wien, 57.

KÖNIG, A., 1981: Einige Ergebnisse aus dem IUFRO Fichten-Provenienzversuch von 1964/68 in der Bundesrepublik Deutschland. Allg. Forstztg., Wien 92, Folge 8, 300 - 303.

FBVA-BERICHTE

Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt
Wien

- | | | | |
|------|----|---|----------------------|
| 1985 | 10 | Merwald, Ingo: Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1974/75, 1975/76 und 1976/77.
Preis ÖS 80.-- | 76 S. |
| 1986 | 11 | Stagl, W.G.; Drescher, A.: Wild - Vegetation - Forstschäden. Vorschläge für ein Beurteilungsschema.
Preis ÖS 30.-- | 19 S. |
| 1986 | 12 | Nather, J.: Proceedings of the International Symposium on Seed Problems under Stressfull Conditions, Vienna and Gmunden, Austria June 3.-8. 1985.
Preis ÖS 300.-- | vergriffen
287 S. |
| 1986 | 13 | Smidt, St.: Bulkmessungen in Waldgebieten Österreichs. Ergebnisse 1984 und 1985.
Preis ÖS 40.-- | 32 S. |
| 1986 | 14 | Exner, Robert: Die Bedeutung des Lichtfaktors bei Naturverjüngung. Untersuchungen im montanen Fichtenwald
Preis ÖS 50.-- | vergriffen
48 S. |
| 1986 | 15 | Merwald, Ingo: Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1977/78, 1978/79 und 1979/80.
Preis ÖS 90.-- | 81 S. |
| 1986 | 16 | Hauk, E.; Höller, P.; Schaffhauser H.: Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1984/85 und 1985/86.
Preis ÖS 90.-- | 90 S. |
| 1987 | 17 | Merwald, Ingo: Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1980/81 und 1981/82.
Preis ÖS 80.-- | 74 S. |
| 1987 | 18 | Exner, Robert: Erhaltung und Verjüngung von Hochlagenbeständen. Strukturanalysen im subalpinen Fichtenwald (Niedere Tauern, Radstadt/Salzburg).
Preis ÖS 100.-- | 102 S. |
| 1987 | 19 | Krehan, H.; Hauptler R.: Forstpathologische Sondererhebungen im Rahmen der Österreichischen Waldzustandsinventur 1984-1988. Kiefernbestände - Bucklige Welt.
Hauptler, R.: Baumsterben in Mitteleuropa. Eine Literaturübersicht. Teil 1: Fichtensterben.
Preis ÖS 80.-- | 73 S. |
| 1987 | 20 | Glattes, F.; Smidt, S. Höhenprofil Zillertal. Untersuchung einiger Parameter zur Ursachenfindung von Waldschäden. Ergebnisse von Luft-, Niederschlags- und Nadelanalysen 1985.
Preis ÖS 70.-- | 65 S. |

- 1987 21 Ruetz, W.; Nather, J.: Proceedings of the IUFRO Working Party on Breeding Strategy for Douglas-Fir as an Introduced Species. Working Party: S2.02-05. Vienna, Austria June 1985.
Preis ÖS 300.-- 300 S.
- 1987 22 Johann, Klaus: Standraumregulierung bei der Fichte. Ausgangsbaumzahl - Stammzahlreduktion - Durchforstung - Endbestand. Ein Leitfaden für den Praktiker.
Preis ÖS 60.-- 66 S.
- 1987 23 Pollanschütz, Josef und Neumann, Markus: Waldzustandsinventur 1985 und 1986. Gegenüberstellung der Ergebnisse.
Preis ÖS 100.-- 98 S.
- 1987 24 Klaushofer, Franz; Litschauer, Rudolf; Wiesinger, Rudolf: Waldzustandsinventur Untersuchung der Kronenverlichtungsgrade an Wald- und Bestandesrändern.
Preis ÖS 100.-- 94 S.
- 1988 25 Johann, Klaus: Ergebnisse einer Rotfäuleuntersuchung in sehr wüchsigen Fichtenbeständen.
Preis ÖS 90.-- 88 S.
- 1988 26 Smidt, St., Glattes, F., Leitner, J.: Höhenprofil Zillertal. Meßbericht 1986. Luftschadstoffmessungen, Meteorologische Daten, Niederschlagsanalysen.
Preis ÖS 120.-- 114 S.
- 1988 27 Smidt, St.: Messungen der nassen Deposition in Österreich. Meßstellen, Jahresmeßergebnisse, Literatur.
Preis ÖS 80.-- 72 S.
- 1988 28 Forum Genetik - Wald - Forstwirtschaft. Bericht über die 5. Arbeitstagung von 6. bis 8. Oktober 1987. Kongresshaus Innsbruck.
Preis ÖS 200.-- 192 S.