

Zur Identifizierung von Fichtenherkünften (*Picea abies* (L.) Karst.)

Von Kurt HOLZER

Institut für Forstpflanzenzüchtung und Genetik, Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien

(Eingegangen Oktober 1975)

Einleitung

Vor rund 100 Jahren wurden die ersten Versuche mit Saatgut von Waldbäumen unternommen, um Aussagen über seine Herkunft machen zu können (KIENITZ, 1879). Es ist das besondere Verdienst W. SCHMIDT's, diese Frage zu Beginn der Dreißigerjahre — in Zusammenhang mit dem Reichsforstsaatgutgesetz — besonders eingehend untersucht und seither verschiedene Anhaltspunkte hierfür gegeben zu haben (W. SCHMIDT, 1930, 1935, 1954, 1957). In allen Fällen sollen durch Frühdiagnosen an Saatgut und Sämlingen bzw. Jungpflanzen Aussagen über erbliche Veranlagung und daraus zu folgernde Anbauempfehlungen abgeleitet werden (siehe Abschnitt 2 bei HOLZER U. NATHER, 1974, mit einer Gesamtdarstellung dieses **Fragenkomplexes**).

Unter den vielfältigen Möglichkeiten zur Lösung dieses Fragenkomplexes wurde schon relativ früh auf die Beobachtung von Unterschieden im Sämlingswachstum hingewiesen, wobei sowohl der Abschluß des Triebwachstums als auch die Bildung von sekundären Trieben („Johannistrieb“ oder „Augusttrieb“) beobachtet wurden. (LEIBUNGUT, 1955, BOUVAREL, 1962, SCHMIDT-VOGT, 1962, 1964, ROBAK, 1962, HOFFMANN, 1965, HOLZER, 1966, 1967, MOULALIS, 1975). Diese Merkmale sind deshalb sehr brauchbar, weil man meist schon auf den ersten Blick — zum richtigen Zeitpunkt getan — ziemlich verlässliche Aussagen über die **Herkunftsunterschiede** verschiedener Sorten machen kann, dies besonders bei der in Mitteleuropa bedeutendsten Holzart Fichte. Bessere Differenzierungen sind bei fortlaufender Beobachtung der Pflanzen in etwa zweiwöchigen Abständen zu erhalten (HOLZER, 1967, HOLZER U. NATHER, 1974).

Es wurde in diesem Zusammenhang auch bereits mehrmals darauf hingewiesen, daß die Beobachtung dieser Wachstumsreaktionen im Freiland deutliche **Zusammenhänge** mit den klimatischen Gegebenheiten des jeweiligen Jahres und Standortes zeigen und daher die **Beobachtungswerte** nur innerhalb derselben Versuchsserie absolut vergleichbar sind. Somit gewinnt die Anzucht der Sämlinge in einer umweltsteuerbaren Kulturkammer besondere Bedeutung, da hier absolute Werte zur Verfügung stehen, die auch verschiedene Versuchsreihen vergleichbar machen (DORMLING, 1971, 1973, DORMLING *et al.*, 1968, 1974, HOLZER, 1961, 1964, 1966, 1967, HOLZER U. NATHER, 1974, ROBAK U. MAGNESEN, 1970 MAGNESEN, 1969, 1971, 1972).

Für eine Testung in einer gesteuerten Kulturkammer stehen selbstverständlich verschiedene **Versuchsanordnungen** zur Verfügung; so kann man die Testung unter simulierten natürlichen Bedingungen durchführen (ROBAK U. MAGNESEN, 1970), man kann weiterhin strenge **photoperiodische Verhältnisse** schaffen, die entweder gleichförmig auf die Pflanzen einwirken können (HOLZER, 1961, 1964, 1966) oder nach einer günstigen Anzuchtperiode später entsprechend verändert werden, wodurch detaillierte **Versuchsergebnisse** zu erzielen sind (DORMLING, 1971, 1973, DORMLING *et al.*, 1974, HOLZER U. NATHER, 1974). Ein Vergleich der verschiedenen photoperiodischen Bedingungen der letzten beiden Methoden ist in **Abb. 1** zusammengestellt.

Material und Methoden

Die vorliegenden Versuchsergebnisse basieren auf über 1000 herkunftsgesicherten Saatgutproben, größtenteils aus anerkanntem Handelssaatgut bestehend und ergänzt durch einzelne Eigenbeerntungen sowie durch Sendungen von ausländischen Versuchsstationen, denen an dieser Stelle hierfür der herzlichste Dank ausgesprochen wird.

Das gesamte Versuchsmaterial wurde im Forstgarten herangezogen; im 1. und 2. Sämlingsjahr erfolgten die phänologischen Beobachtungen an über 600 000 Pflanzen. (Die Kulturkammerversuchsergebnisse und die Beobachtungen an den Verschulpflanzen sind noch nicht zur Gänze vorhanden, da diese Testung — infolge des großen Umfanges des Versuchsmaterials — noch längere Zeit in Anspruch nehmen wird.) Zusätzlich werden für die Vergleiche und zur Abrundung des **Überblickes** auch die Ergebnisse früherer Versuche herangezogen (HOLZER, 1961, 1964, 1966, 1967, HOLZER U. NATHER, 1974).

Die Anzucht in der **Kulturkammer** erfolgt bei 20° C in Nährlösungskultur, die photoperiodischen Bedingungen werden jeweils gesondert angegeben. In dieser Arbeit werden nur die Ergebnisse der Triebabschlußbeobachtungen einer näheren Betrachtung unterzogen.

Die Ermittlung der „**Knospenzahl**“, die Grundlage der vorliegenden Ausführungen, ist in **Tab. 1** ausführlich beschrieben (siehe auch HOLZER U. NATHER, 1974).

Ergebnisse der Kulturkammertestung

Für die Testung in Kulturkammern sind die verschiedensten Methoden anwendbar. So werden bei den norwegischen Untersuchungen (ROBAK U. MAGNESEN, 1970, MAGNESEN, 1969, 1971, 1972) vornehmlich natürliche Jahresgänge simuliert, wobei neben dem Einfluß der Tageslänge und der Temperatur auch verschiedene Klimavarianten in die Beobachtung einbezogen werden.

Sowohl am Phytotron in Stockholm (DORMLING, 1971, 1973, DORMLING *et al.*, 1974) als auch bei den Kulturkammerversuchen in Wien (HOLZER, 1961, 1966, 1967, HOLZER U. NATHER, 1974) werden dagegen konstante Werte eingestellt, die vor allem wegen ihrer leichteren **Reproduzierbarkeit** und Steuerbarkeit im Zusammenhang mit den Wachstumsreaktionen der Pflanzen für Frühtestergebnisse besser anwendbar sind. In **Abb. 1** sind die unterschiedlichen photoperiodischen Bedingungen der einzelnen Versuchsreihen zusammengestellt; Beleuchtungsstärke und Standraum der Pflanzen weichen voneinander ab, die übrigen **Umweltbedingungen** sind jeweils konstant gehalten (Temperatur 20° C; Luftfeuchtigkeit ca. 70—85%; Ernährung durch Nährlösungen).

Die ersten Kulturkammerversuche in Wien wurden in den Jahren 1959—61 mit Saatgut von insgesamt 22 Einzelbäumen durchgeführt, wobei diese Bäume aus zwei alpinen Herkunft und verschiedenen Seehöhen stammten. Diese **Testreihe** diente zur Feststellung der günstigsten photoperiodischen Bedingungen für eine Herkunftstestung bei **Fichtensaatgut** und wurde deshalb bei insgesamt 7 Tageslängen in Abstufungen zu je 4 Stunden durchgeführt

Tab. 1. — Ermittlung der „Knospenzahl“, zugleich Beispiel für die Seehöhenabhängigkeit dieses Merkmals.

Herkunft	Seehöhe	Aufnahmedatum des Triebabschlusses										„Knospenzahl“ (= Summe der Einzelwerte)
		3. 7.	13. 7.	21. 7.	3. 8.	16. 8.	28. 8.	7. 9.	26. 9.	10. 10.	20. 10.	
Mattighofen	500 m	0	0	0	0	1	1	33	95	97	100	327
Waldhofen/Ybbs	550 m	0	0	0	0	2	6	27	96	98	100	329
Zeltweg	700 m	0	1	0	0	1	6	45	95	100	100	348
Eppenstein	850 m	0	0	0	1	2	17	82	100	100	100	402
Granitzen	1000 m	1	5	2	10	27	49	81	98	100	100	473
St. Wolfgang	1200 m	10	33	29	49	69	80	91	100	100	100	661
Seetal	1500 m	25	71	72	89	95	97	99	100	100	100	848
Winterleiten	1700 m	30	86	84	98	100	100	100	100	100	100	898

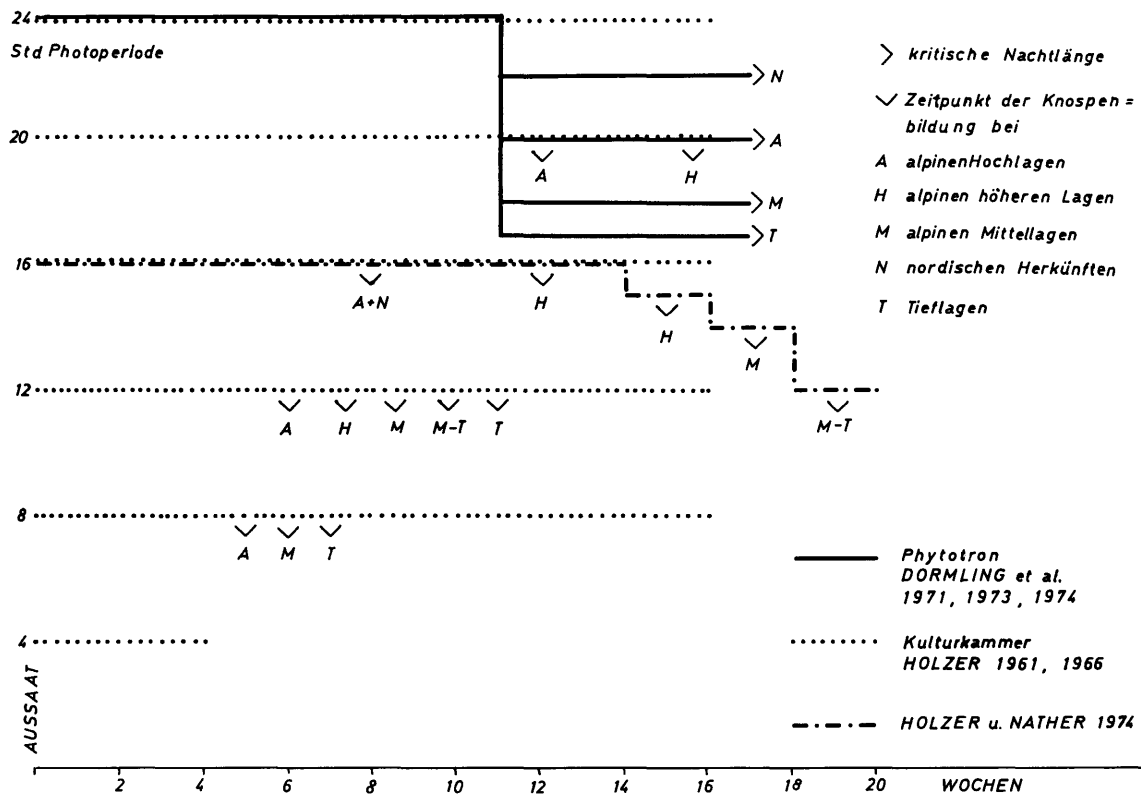


Abb. 1. — Testmethoden und ihre Ergebnisse bei Kulturkammer- und Phytotronversuchen.

(HOLZER, 1961, 1966 — Teil 4). Die Versuchsaussagen sind in Abb. 1 festgehalten und ergaben, daß bei einer Tageslänge von 16 Stunden die günstigste Testmöglichkeit für alpine Herkunft gegeben ist. Nach einer Kulturdauer von 8–10 Wochen können die Hochlagenherkünfte einwandfrei aufgrund ihres Triebabschlusses erkannt werden (einige nordische Herkunft reagierten ähnlich), wogegen bei den tiefergelegenen Herkunft aus mittleren Lagen (= Normallagen) der Abschluß teilweise erst gegen Ende der 16wöchigen Kulturperiode erfolgt.

Bei Tieflagenherkünften ist unter diesen Bedingungen kein Abschluß des Triebwachstums innerhalb des angegebenen Kulturzeitraumes zu erwarten.

Bei einer Beleuchtungsdauer von 12 Stunden ist bei fast allen Fichtenherkünften ein Abschluß des Triebwachstums zu erreichen, doch ist der Unterschied zwischen den Herkunft relativ gering und es kann so zu Beeinträchtigungen im Versuchsergebnis kommen. Außerdem ist das Wachstum relativ schwach, so daß für weitere Pflanzenbeurteilungen (Längen- und Gewichtsunterschiede) wenig Möglichkeiten gegeben sind.

Bei Tageslängen über 16 Stunden werden die Unterschiede zwischen den oberen Höhenstufen immer deutlicher, aber bei den mittleren und tiefen Lagen sind kaum mehr — auch innerhalb eines Zeitraumes von 6 Monaten — weitere Unterscheidungen zu treffen, da die Knospenbildung meist zur Gänze unterbleibt. Aus diesen photoperiodischen Untersuchungen wurde weiterhin durch Längenmessungen und Gewichtsbestimmungen eine „optimale Tageslänge“ errechnet, die aus diesen umfangreichen Untersuchungen (d. h. mindestens 4–5 Parallelserien je Herkunft) für alle Herkunft bestimmbar ist und mit zunehmender Seehöhe größer wird; sie beträgt etwa 12–22 Stunden (HOLZER, 1964 — p 75, 1966 — p 55 f).

Aufgrund dieser Erfahrungen aus der photoperiodischen Testung wurde die Prüfung eines größeren Materials (80 Einzelbäume aus 5 inneralpinen Herkunft) bei 16 Std. Tageslänge durchgeführt. Die Ergebnisse deckten sich mit den bereits oben geschilderten, wobei das früher festgestellte fortdauernde Triebwachstum der tiefstgelegenen Herkunft bei dieser Tageslänge nicht von Bedeutung war, da im inneralpinen Bereich infolge der größeren Sockel-

höhe (MAYER, 1964) keine ausgesprochenen Tieflagenformen vorhanden sind. Ein größerer Anteil von tieferen und tiefsten Herkunftsfürten (meist aus dem Alpenrandgebiet und -vorland) gab bei der Testung der Beerntungen 1967 bzw. 1971 den Anstoß, die Tageslänge entsprechend zu variieren, um auch bei diesen Samenproben noch bessere Unterscheidungen im Testergebnis zu erhalten. So wurde die Gesamtversuchsdauer auf 20 Wochen erweitert und nach Abschluß der Hochlagenherkunftsfürten, das ist nach 14 Wochen, die Tageslänge allmählich auf 12 Stunden herabgesetzt (strichpunktierte Linie in Abb. 1). Dadurch gelang die fast vollständige Trennung der verschiedenen Höhenstufen, wie

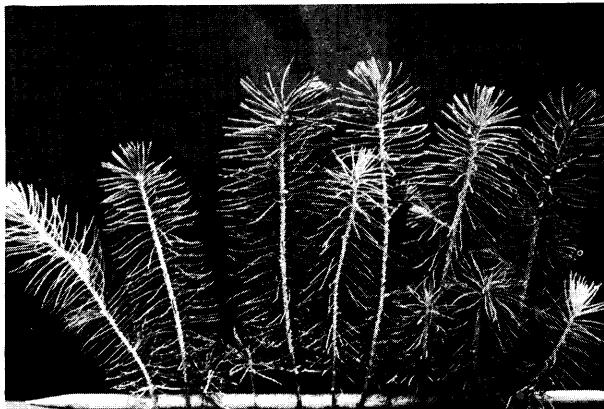


Abb. 2. — Testherkunftsfürten nach 20 Wochen Kulturdauer in der Kulturkammer nach Methode HOLZER und NATHER, (1974): a: Herkunft ÖBF 26 (I/4/1000 m), Mauterndorf, als Beispiel einer mittleren alpinen Lage (zentralalpin); b: Herkunft ÖBF 110 (IIA/4/1150 m), Neuberg an der Mürz, als Beispiel einer höheren alpinen Lage (randalpin); c: Herkunft GW 905 (IIA/4/1600 m), Raxalpe, als Beispiel einer extremen Hochlage (randalpin).

dies durch die Pfeile in Abb. 1 auch angedeutet ist, wobei die extremen Tieflagenherkunftsfürten auch zu Ende dieses Versuches noch ohne Endknospe bleiben (siehe hierzu auch die Abb. 2 a—c).

Da die Aufnahmen bei jeder einzelnen Pflanze erfolgen, kann für die Beurteilung der Herkunftsfürten nur mit Mittelwerten gearbeitet werden; diese Mittelwerte — errechnet aus etwa 60 bis 90 Pflanze — dienen zur näheren Herkunftsfürtenidentifizierung. Ein Teilergebnis aus dem umfangreichen Prüfprogramm in der Kulturkammer wurde in HOLZER u. NATHER (1974 — Abb. 3) vorgelegt, woraus eindeutig die Tendenz erkennbar ist, daß mit zunehmender Seehöhe die „Knospenzahl“ zunimmt, was einen entsprechend frühen Abschluß der Einzelpflanze bedeutet. Geringe Unregelmäßigkeiten ergeben sich daraus, daß die Angaben über die Seehöhe der Ernteorte nicht unbedingt verläßlich sind. Sie könnten aber auch bedeuten, daß durch die seit einigen Jahrzehnten — vielleicht sogar mehrere Generationen hindurch — erfolgte Einbringung ursprungsfremden Saat- und Pflanzgutes infolge künstlicher Aufforstungen bereits Veränderungen im Erbgut auftreten, die nun erkennbar werden. Besonders auffallend an diesem Versuchsmaterial ist, daß in Eigenregie durchgeführte Beerntungen in sicher ursprünglichen subalpinen Beständen in den meisten Fällen weitaus höhere Knospenwerte ergeben, als dies nach den Durchschnittsergebnissen zu erwarten wäre. Dies scheint eine Bestätigung des obigen Satzes zu sein, da Handelssaatgut in gesetzlich anerkannten, d. h. zufriedenstellend aufgebauten Wäldern gewonnen wird und diese auch in höheren Lagen meistens bereits durch Aufforstung begründet wurden oder zumindest eine entsprechende Pflege erhielten, wodurch vermutlich auch die „Knospenzahl“ beeinflusst wird. Die extrem starke Zunahme der „Knospenzahl“ im höchsten Bereich ist besonders dann deutlich, wenn die Wälder in erster Linie Schutzwaldfunktionen haben oder wenn es sich nur mehr um Reste von Altbeständen handelt (Eigenbeerntungen). Neben der frühen Endknospenbildung ist das Wachstum dieser Pflanze entsprechend gering (Abb. 2 c), so daß bei ihnen eine gewerbsmäßige Aufzucht von Forstpflanze stark erschwert ist.

Ergebnisse der Forstgartenetestung

Die für Vergleiche im Forstgarten herangezogenen Pflanze geben gleichfalls die Möglichkeit, während der ersten und der zweiten Vegetationsperiode genauere Aufnahmen über den Abschluß des Triebwachstums durchzuführen. Schon seit über 15 Jahren wird diese Tatsache ausgenutzt und für eine Beurteilung der Saatgutproben herangezogen. Die Übereinstimmung dieser Aussagen mit den Kulturkammerergebnissen wurde bereits mehrfach bewiesen (HOLZER, 1966, 1967, HOLZER u. NATHER, 1974).

In der Abb. 3 ist das Gesamtergebnis der Sämlingstestung aus der Forstgartenanzucht wiedergegeben; die Methode dieser Knospenzahlbestimmung beruht auf einer mehrmaligen Aufnahme der Prozentanteile der abgeschlossenen Pflanze während der Vegetationszeit und der Ermittlung eines Mittelwertes. Im gegenständlichen Fall erfolgten diese Aufnahmen insgesamt zehnmal, wie in Tab. 1 wiedergegeben ist, zwischen dem 3. Juli und dem 20. Oktober. Bereits zum ersten Termin hat eine entsprechende Anzahl von Pflanze der Hochlagenherkunftsfürten ihr Triebwachstum beendet. Öfter tritt eine zweite Wachstumsperiode als Augusttrieb auf, besonders bei mittleren Lagen, wie dies bei früheren Ausführungen bereits dargelegt wurde (HOLZER, 1967). Erst nach dem 10. Oktober haben alle Herkunftsfürten,

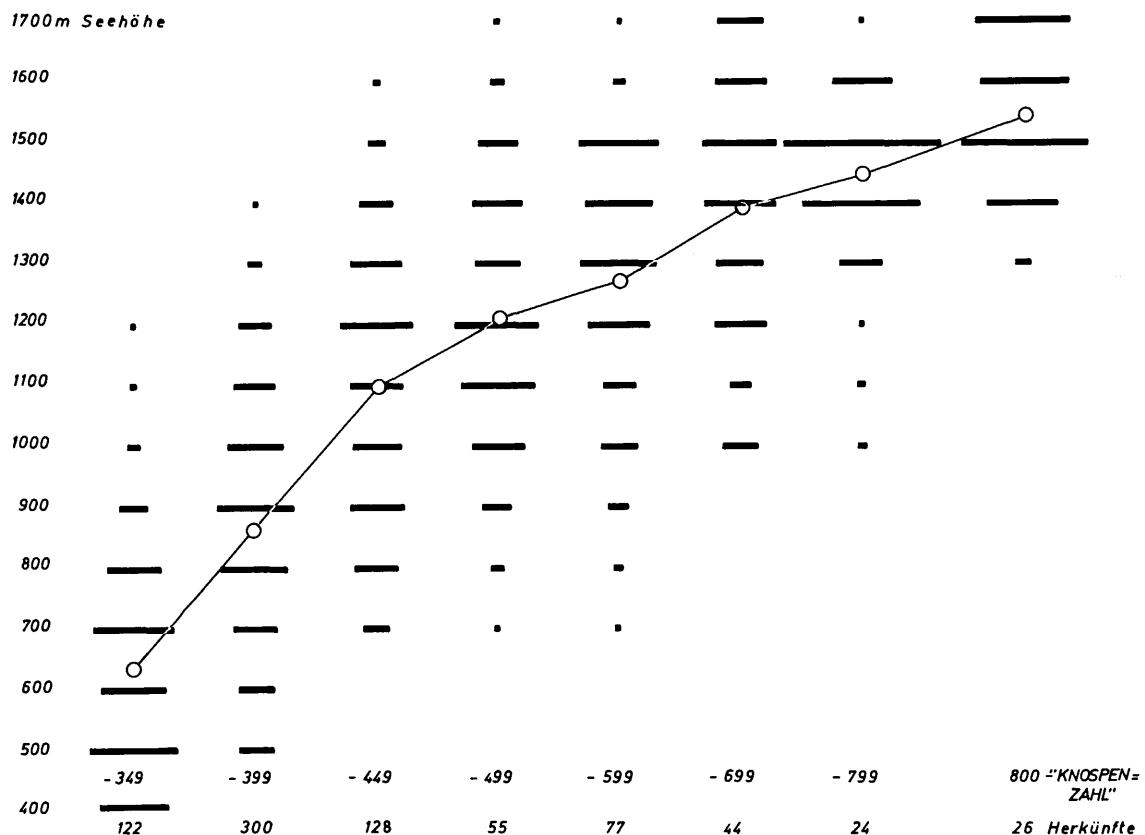


Abb. 3 — Zusammenhang zwischen „Knospenzahl“ und Seehöhe der Herkunft; Gesamtergebnis der 2jährigen Forstgartentestung von insgesamt 776 Herkünften aus Österreich (alpin und außeralpin).

auch die extremsten Tieflagen, ihr Wachstum abgeschlossen. Das Gesamtergebnis der 776 Herkünfte aus dem österreichischen Raum läßt einen enormen Streuungsrahmen erkennen, welcher bereits im vorigen Abschnitt erläutert wurde. Die Mittelwertskurve — berechnet aus den mittleren Seehöhenstufen der einzelnen „Knospenzahl“-klassen — läßt einwandfrei erkennen, daß vor allem im niedrigeren Bereich ein relativ steiler Anstieg erfolgt, d. h. daß in diesem auch größere Seehöhenveränderungen keine starke Verschiebung im Knospenzahlwert ergeben; erst in Seehöhen über 1100 m wird der Einfluß deutlicher und die Knospenzahlen nehmen entsprechend signifikant zu.

In Abb. 4 ist das Gesamtergebnis einer zweijährigen Freilandtestung an insgesamt etwa 1000 Herkünften dargestellt. Die einzelnen Punkte geben die Beziehung des Knospenwertes einer Herkunft zur mittleren Seehöhe des Ernteortes des Saatgutes im österreichischen Raum an. Die großen Ringe — verbunden durch Linien — stellen die Mittelwerte des Seehöhenbereiches der einzelnen „Knospenzahl“-klassen dar (aus Abb. 3). Leider stehen nur von einem Teil der Saatgutproben genaue Höhenangaben des Ernteortes zur Verfügung, meist wird nur die gesetzlich vorgeschriebene Höhenstufe (meist 400—600 m Spanne nach dem Forstsaatgesetz 1960) angegeben, so daß die Zuordnung einen gewissen Spielraum freiläßt. Trotzdem sind im Gesamtmaterial nur vereinzelte Herkünfte enthalten, die nicht in den gegebenen Streuungsrahmen passen. In diesen Fällen handelt es sich oft um Fehlangaben auf Erntebescheinigungen oder sonstigen Aufzeichnungen. Über den entsprechend großen Streubereich der Einzelwerte kann das bereits bei der Kulturkammertestung Gesagte Auskunft geben. Hinzuzufügen ist, daß die Streuung zum Teil

auch herkunftsbedingt ist, weil randalpine Herkünfte bei gleicher Seehöhe wie inneralpine Herkünfte meist etwas größere Knospenzahlen haben, was durch die geringere Höhenausdehnung der Fichtenverbreitung bzw. durch die gedrückte Waldgrenze in Zusammenhang mit den geringeren Massenerhöhungen zu begründen wäre.

Besonders wichtig scheint nun der in Abb. 4 gegebene Vergleich mit den Knospenzahlen ausländischer Bestände, deren Saatgut uns durch das Entgegenkommen der jeweiligen Versuchsanstalten zur Verfügung stand. Die Herkünfte aus den Schweizer Alpen verhalten sich vollkommen gleich den österreichischen Saatgutproben. Kommen die Saatgutproben aus südlicher gelegenen Ländern (Bulgarien — B, Jugoslawien — Y), so sinkt die Knospenzahl deutlich ab, wogegen sie bei Saatgut aus nördlicheren Breiten entsprechend ansteigt. Während sie bei den Proben aus dem Bayrischen Wald (D) und dem Riesengebirge (C) noch gemäßigt abweichen, wird die Abweichung bei den polnischen Herkünften nördlich des 52. Breitengrades besonders deutlich. Trotz der geringen Seehöhe unter 200 m, die bei alpinen Herkünften niemals gegeben ist, weist die „Knospenzahl“ auf entsprechende alpine Seehöhenbereiche von 1100—1200 m hin. Die übrigen polnischen Herkünfte, aus Südpolen stammend (49—50° nördl. Breite), zeigen dagegen nur eine geringe Verschiebung an, die sich im Mittel etwa mit den Herkünften aus Deutschland und der Tschechoslowakei deckt.

Besprechung

Die Feststellung des Triebabsclußzeitpunktes bei Fichtensämlingen genügt zu einer Beurteilung der Herkünfte in bezug auf die Seehöhenstufen in den Alpen und auf die nord-südliche Verbreitung (BOUVAREL, 1962, SCHMIDT-VOGT,

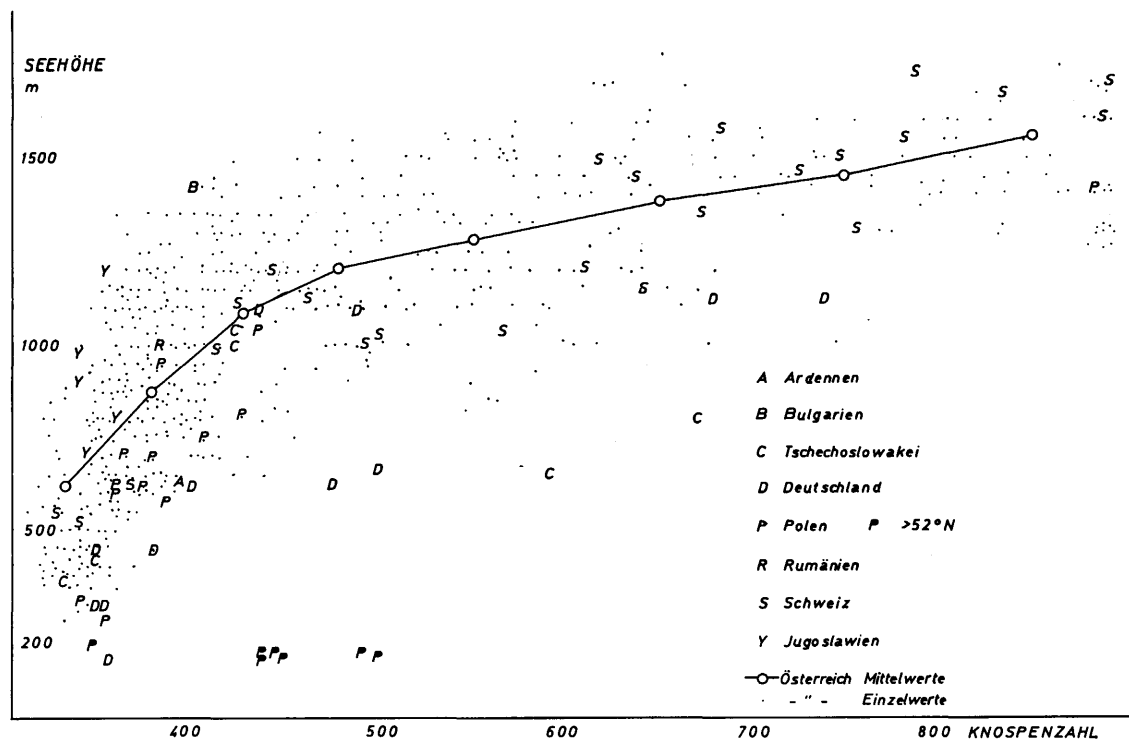


Abb. 4. — Im Vergleich zu den österreichischen Einzelwerten der „Knospenzahl“ Ergebnisse der Testung von insgesamt 70 außerösterreichischen Herkunft; es ist deutlich die Verschiebung der „Knospenzahl“-Werte nach der geographischen Breite erkennbar.

1962, 1964, ROBAK, 1962, HOFFMANN, 1965, HOLZER, 1966, 1967, u. a.). Dieses Merkmal ist eine Identifikationsmöglichkeit, der in Anbetracht des direkten Erkennens der Anpassung einer Pflanzenprobe an bestimmte Auspflanzungsbedingungen eine besondere Bedeutung zukommt (SCHMIDT-VOGT, 1964, HOLZER, 1967, ROBAK u. MAGNESEN, 1970, HOLZER u. NATHER, 1974). Die unterschiedlichen äußeren Bedingungen bei der Bestimmung dieses Merkmales, hier „Knospenzahl“ genannt, spielen dabei eine sekundäre Rolle, zumal es meist zu relativen Vergleichen verschiedener Herkunft bei gleichzeitiger Anzucht verwendet wird.

Etwas schwierig gestaltet sich die Feststellung der „Knospenzahl“ im Sämlingsalter bei Anzucht im Freiland, weil besonders bei Herkunft aus tieferen Lagen der Abschluß des Triebwachstums zum Teil von einem zweiten Wachstumsschub, der Augusttrieb Bildung, überdeckt wird (HOLZER, 1967). Bei Hochlagenherkünften unterbleibt diese Augusttrieb Bildung im allgemeinen, weshalb bei diesen eine rasche Zunahme der Knospenzahl relativ früh festgestellt werden kann. Das Nebeneinander von Triebabschluß und Augusttrieb Bildung bei aus mittleren Höhenstufen stammenden Herkunft zeigt hingegen bei summarischen Aufnahmen Schwankungen der „Knospenzahl“ etwa ab Mitte Juli bis Ende August, eine detaillierte Aufnahme einzelner Pflanzen ist im Sämlingsbeet infolge der großen Pflanzenzahl kaum möglich. Tieflagenformen wieder zeigen oft im ersten und zweiten Sämlingsjahr keine Augusttrieb Bildung, da bei ihnen das primäre Triebwachstum ohne Unterbrechung bis zum Eintritt der kühleren Witterung Ende September anhält. Zu diesem Zeitpunkt erfolgt dann meist schlagartig für sämtliche Pflanzen eine Endknospenbildung, die infolge der immer kürzer werdenden Tageslänge fixiert bleibt (HOLZER, 1963).

Eine genauere Analyse der Umweltbedingungen, die zum Abschluß des Triebwachstums führen, ist bei Anzucht in

Kulturkammern möglich. Dabei hat natürlich nicht die Simulation eines bestimmten Klimaablaufes Bedeutung (ROBAK u. MAGNESEN, 1970), sondern die Beobachtung der Pflanzen unter konstanten Bedingungen gibt darüber näheren Aufschluß (DORMLING, 1971, 1973, DORMLING *et al.*, 1968, 1974, HOLZER, 1961, 1964, 1966, 1967, HOLZER u. NATHER, 1974). Bei den neueren Untersuchungen im Phytotron in Stockholm werden die Pflanzen 11 Wochen lang im Dauerlicht gezogen und dann wird ihnen eine bestimmte Dunkelperiode gegeben, die in relativ kurzer Zeit die Bildung von Endknospen auslöst; es ist die *kritische Nachtlänge* und sie gibt Aufschluß über die Herkunft (DORMLING, 1971, 1973, DORMLING *et al.*, 1974).

Bei der Wiener Kulturkammermethode werden die Pflanzen von Beginn des Versuches an im 16-Stundentag bei 20° C kultiviert, nachdem sich dies als günstigste Bedingung erwiesen hat (HOLZER, 1966, DORMLING *et al.*, 1968, DORMLING, 1971). So gelingt gleichfalls durch Bestimmung des Zeitpunktes des Triebabschlusses eine einwandfreie Unterscheidung der verschiedenen Höhenstufen der Herkunft (HOLZER u. NATHER, 1974). Mit der wesentlich aufwendigeren Testung von Saatgut unter verschiedenen Photoperioden wird für das Wachstum der Pflanzen ein Tag-Nachtrhythmus bestimmt, bei dem sie die günstigste Ausnützung der gegebenen Tageslänge durch optimales Wachstum erzielen: die *optimale Tageslänge* (HOLZER, 1966). Sie ist kürzer als die kritische Nachtlänge, die Pflanzen wachsen dabei ohne Triebabschluß durch.

Es drängt sich nun auf, diese drei Methoden zu vergleichen (Tab. 2): Der geringste Arbeitsaufwand — und somit am besten für die Prüfung von den zahlreichen Herkunft bei Handelssaatgut geeignet — ist bei der zur Zeit geübten Kulturkammermethode mit dem 16-Stundentag (HOLZER u. NATHER, 1974) gegeben. Es wird in einer einzigen Kulturserie der Zeitpunkt der Knospenbildung der

Tab. 2. — Beleuchtungsdauer der verschiedenen Prüfmethode.

Prüfmethode	Anzahl d. Serien	Kulturdauer und Tageslänge	Einzelsumme	Gesamtsumme	Kulturdauer
Phytotron: „kritische Nachtlänge“	3	11 Wochen/24h + 6 Wochen/22h + 6 Wochen/20h + 6 Wochen/18h + 6 Wochen/17h	2772h 2688h (+840) 2604h (+756) 2562h (+714)	8064h (4368h) 7854h (4158h)	17 Wochen
Kulturkammer: „optimale Tageslänge“	4—5	16 Wochen/24h 16 Wochen/20h 16 Wochen/16h 16 Wochen/12h 16 Wochen/8h	2688h 2240h 1792h 1344h 896h	8064h 8960h 6272h	16 Wochen
„Knospenzahl“	1	14 Wochen/16h + 2 Wochen/15h + + 2 Wochen/14h + 2 Wochen/12h		2142h	20 Wochen
„Knospenzahl“ (verkürzte Dauer)	1	10 Wochen/16h + 2 Wochen/15h + + 2 Wochen/14h + 2 Wochen/12h		1694h	16 Wochen

Pflanzen bestimmt, der die „Knospenzahl“ ergibt. Es kann so die jeweilige Herkunft charakterisiert werden. Die Gesamtdauer des Testes kann dabei durch die Absenkung der Tageslänge gegen Ende des Versuches (diese beginnt zur Zeit ab der 14. Kulturwoche, könnte aber auch bereits nach 10 Wochen einsetzen) auf 20 bzw. 16 Wochen begrenzt werden, ist also keineswegs länger als bei anderen Methoden.

Die photoperiodische Testung in der Kulturkammer (HOLZER, 1961, 1966) dagegen erfordert eine Durchführung von mindestens 4, bei Hochlagen von 5 Testserien, wodurch nicht nur der Arbeitsaufwand auf das 4- bis 5fache erhöht wird; infolge der Durchführung von 4 bzw. 5 Testserien ist auch eine verlängerte Zeitdauer der Prüfung notwendig, sofern nicht genügend Einrichtungen zum gleichzeitigen Ablauf mehrerer Serien vorhanden sind. Allein die Beleuchtungsdauer ist insgesamt mehr als 3mal so lang und die Kosten sind entsprechend höher. Möglicherweise wird durch die Bestimmung der optimalen Tageslänge eine genauere Saatgutdefinierung erhalten; ob diese aber den Mehraufwand rechtfertigt, bleibt dahingestellt.

Die Herkunftsprüfung im Phytotron zur Feststellung der kritischen Nachtlänge ergibt im Vergleich zur Kulturkammertestung wohl nur den etwa dreifachen Arbeitsaufwand; die Beleuchtungskosten liegen aber nahezu viermal so hoch (fast zweimal so hoch, wenn bei genügend großem Kulturraum, wie er im Phytotron vorhanden ist, die ersten 11 Wochen gemeinsam durchgeführt werden) und auch die übrigen Aufwendungen sind dreifach anzusetzen.

Durch die Phytotronentestung ist jedenfalls erstmalig auch eine Unterscheidung der in mitteleuropäischen Pflanzgärten und in der Kulturkammertestung vollkommen gleich reagierenden hochalpinen und arktischen Herkünfte (HOLZER, 1966) gelungen. Die kritische Nachtlänge der arktischen Formen ist wesentlich kürzer anzusetzen als die der hochalpinen Formen (DORMLING, 1973) und dies dürfte auch das Versagen der nordischen Herkünfte im mitteleuropäischen Raum begründen.

Der Selektionsvorgang dieser beiden Formen ist doch ein wesentlich anderer gewesen: die arktischen Fichtenherkünfte haben wohl — ähnlich den hochalpinen — eine stark verkürzte Vegetationszeit. Während aber die mitteleuropäischen Hochlagenherkünfte die auch für die Tieflagenherkünfte dieses Raumes gegebenen Tageslängen zur Verfügung und so in erster Linie durch Temperatursteuerung den photoperiodischen Langtagsrhythmus induziert haben, steht den arktischen Formen während der Vegetationszeit die nahezu immerwährende Mitternachtssonne zur Ver-

fügung und bereits bei geringen Nachtlängen müssen sie sich auf den Winter vorbereiten.

Dieser Eintritt der kühleren Jahreszeit ist wohl primär bei allen Formenkreisen die Auslösung für den Triebab-schluß gewesen, er erfolgte aber je nach Lage des Anpassungsortes verschieden und dementsprechend erfolgte auch die genetische Fixierung durch die Selektion der jeweils geeigneten Typen. Die nordischen Herkünfte müssen also unter mitteleuropäischen Verhältnissen auch im Hochgebirge — infolge Fehlens der Mitternachtssonne — versagen, wie auch die hochalpinen im extremen Langtag des Nordens nicht existieren können.

Die Feststellung des Triebab-schlusses der jungen Fichtensämlinge gibt wohl — gleichgültig welche Methode angewendet wird — eine verlässliche und zugleich stark differenzierte Möglichkeit zur Identifizierung der Herkunft des zu prüfenden Saatgutes. Zugleich kann daraus eine Anbauempfehlung abgeleitet werden, die sowohl in Gebirgslagen als auch nach der Nord-Südverbreitung dieser Holzart entscheidende Bedeutung zur Verhinderung von Fehlverwendungen erlangt.

Zusammenfassung

Dem immer stärkeren Bedürfnis zur Lösung von Identifikationsfragen bei Saatgut von Waldbäumen wird in dieser Arbeit durch die Erarbeitung des Frühstestmerkmals „Knospenzahl“ Rechnung getragen.

Die „Knospenzahl“ ist eine Maßzahl für den Zeitpunkt des Abschlusses des Triebwachstumes von Fichtensämlingen durch die Knospenbildung am Ende der Vegetationszeit. Durch mehrmalige Aufnahme dieses Merkmales während der Vegetationszeit ist seine zuverlässige Erkennung gewährleistet, wobei die Johannis- bzw. Augusttrieb-bildung Berücksichtigung findet. Die „Knospenzahl“ zeigt eine strenge Abhängigkeit von der Seehöhe derart, daß Herkünfte aus höheren Lagen ihr Wachstum früher abschließen und so eine entsprechend größere Maßzahl ergeben.

Dieses Merkmal kann bei Sämlingen im Pflanzgarten zu relativen Vergleichen verschiedener Fichtenherkünfte dienen. Vor allem aber unter kontrollierten Kulturkammerbedingungen wird diese Maßzahl als absolutes Kennzeichen der alpinen Seehöhenstufe einer Herkunft ermittelt, wobei unter bestimmten definierten Kulturkammerbedingungen jede Herkunftsprobe zum Zwecke der Identifikation verlässlich eingestuft werden kann und gleichzeitig kann damit auch eine entsprechende Verwendungsempfehlung gegeben werden.

Summary

To the more and more intense necessity for solving the question of identification of seed lots of forest trees this

paper gives results of work on early tests for "bud number".

This "bud number" is a measure for the time of growth cessation at the shoot of spruce seedlings by formation of a bud at the end of the vegetation period. By repeated mapping of this sign the sure recognition is guaranteed, at which the formation of Lammass is considered too. The "bud number" shows a strict dependence upon the altitude. Provenances from higher sites are stopping earlier their growth so the number gets larger.

This sign serves for relative comparisons of several provenances when taken in nursery culture. But above all at controlled culture chamber environment this measure is ascertained as an absolute sign for the altitude of provenances. At defined conditions in the chamber every seed lot can get classified for reason of identification and simultaneous an appropriate recommendation is possible for the special application of the seed lot.

Key words: *Picea abies* (L.) KARST., Provenances, Identification, Bud number.

Literatur

BOUVARÉL, P.: L'influence de l'origine des graines d'épicéa sur la croissance en pépinière, la précocité et la fréquence des pousses d'août. Ann. École Nat. Eaux For. Stat. rech. exp. for. 19, 415—439 (1962). — DORMLING, I.: Photo- und thermoperiodische Reaktionen bei Fichte, Kiefer und Gerste: Neue Erfahrungen bei Phytontroneexperimenten. 4. Symposium für industr. Pflanzenbau, Wien 1971. Industrieller Pflanzenbau, IV, 205—218 (1971). DORMLING, I.: Photoperiodic control of growth and growth cessation in Norway spruce seedlings. IUFRO Division 2, Working Party 2.01.4, Growth processes. Symposium on Dormancy in Trees, Kornik, Sept. 5—9, (Mimeogr.) 1973. — DORMLING, I., I. EKBERG, G. ERIKSSON und WETTSTEIN, D. von: The inheritance of the critical night length for budset in *Picea abies* (L.) KARST. Proc., Joint IUFRO Meeting, S.02.04.1-3, Stockholm 1974, 439—448 (1971). — DORMLING, I., GUSTAFSSON, A. und WETTSTEIN, D. von: The experimental control of life cycle in *Picea abies* (L.) KARST. Silv. Genetica 17, 44—64 (1968). — *Forstsaatgutgesetz*: 114. Bundesgesetz vom 18. Mai 1960 über die Gewinnung und Inverkehrbringung von Forstsaat- und Forstpflanzgut. BGBl. Rep. Österr. 38. St. (1960). — HOFFMANN, K.: Möglichkeiten der Beurteilung der Herkunft von Fichtensamen nach ihrer Höhenlage mit Hilfe eines Frühtestes. Arch. Forstwes. 14, 651—666 (1965). — HOLZER, K.: Beobachtungen über genetisch bedingte photoperiodische Reaktionen an Fichtensämlingen. XIII. IUFRO-Kongr. Wien, 22/7 (1961). — HOLZER, K.: Physiological investigations on *Picea abies* (L.) KARST. in view of genetics. Proc. World Cons. For. Gen. Tree Impr.

Stockholm, 5/3 (1963). — HOLZER, K.: Feststellung der Höhenstufen bei Fichtensaatgut durch Testung in der Kulturkammer. Forstsaamengewinnung und Pflanzenanzucht für das Hochgebirge. BLV München — Basel — Wien, 74—82 (1964). — HOLZER, K.: Die Vererbung von physiologischen und morphologischen Eigenschaften bei der Fichte. I Sämlingsuntersuchungen. Mitt. Forstl. Bundesversuchsanstalt 71, Wien (1966). — HOLZER, K.: Die Augusttrieb- als Höhenagentest bei der Fichte (*Picea abies* (L.) KARST.). XIV. IUFRO Kongr. München 3, 602—620 (1967). — HOLZER, K. und NATHER, L.: Die Identifizierung von forstlichem Vermehrungsgut. 100 Jahre Forstliche Bundesversuchsanstalt, Wien, 13—42 (1974). — KIENITZ, M.: Vergleichende Keimversuche mit Waldbaumsamen aus klimatisch verschiedenen gelegenen Orten Mitteleuropas. Bot. Untersuchungen Dr. N. J. C. Müller, 2 (1879). — LEIBUNDGUT, H.: Untersuchungen über die Augusttrieb- und Zwieselbildung bei der Fichte. Schweiz. Z. Forstwes. 106, 286—290 (1955). — MAGNESEN, S.: Ecological experiments regarding growth termination in seedlings of Norway spruce 1. Effect of daylength and temperature conditions during growth season. Meddel. Vestlandets forstlige forsøksstasjon 14, 1—50 (1969). — MAGNESEN, S.: Ecological experiments regarding growth termination in seedlings of Norway spruce 2. Effect of autumn temperature and periods of low night temperature. Ibid. 14, 223—269 (1971). — MAGNESEN, S.: Ecological experiments regarding growth termination in seedlings of Norway spruce 3. Effect of daylength. Ibid. 14, 271—317 (1972). — MAYER, H.: Die Herkunftsfrage bei der Ostalpenlärche. Forstsaamengewinnung und Pflanzenanzucht für das Hochgebirge. BLV München — Basel — Wien, 118—132 (1964). — MOULALIS, D.: Untersuchungen über das Austreibverhalten der Baumart Fichte (*Picea abies* (L.) KARST.) in Bayern und die Züchtung auf Spätfrostresistenz. Forstwiss. Cbl. 92, 24—47 (1973). — ROBAK, H.: New nursery experiments regarding the connection between summer day length and termination of growth in seedlings of Norway spruce and Douglas fir in their first growth year. Meddel. Vestlandets forstlige forsøksstasjon 11, 199—246 (1962). — ROBAK, H. und MAGNESEN, S.: Contribution to the knowledge of growth termination in spruce seedlings of Norwegian and Central European provenances. Silv. Genetica 19, 188—190 (1970). — SCHMIDT, W.: Unsere Kenntnis vom Forstsaatgut. Verl. „Der Deutsche Forstwirt“, Berlin (1930). — SCHMIDT, W.: Die Rassendiagnose in der Praxis der Waldsaamenprüfungsanstalt. Jber. d. Hauptaussch. f. d. forstl. Saatgutankennung (1935). — SCHMIDT, W.: Physiologische Tests im Keimlingsalter. 8. Intern. Botanikerkongr., Paris, Rapp. Sect. 13, 29—30 (1954). — SCHMIDT, W.: Die Sicherung von Frühdiagnosen bei langlebigen Gewächsen. Der Züchter, 4. Sonderh., 39—69 (1957). — SCHMIDT-VOGT, H.: Der Frühtest als Hilfsmittel für die genetische Beurteilung von Waldbäumen. Forstwiss. Cbl. 81, 138—148 (1962). — SCHMIDT-VOGT, H.: Der Johannistriebtest als Hilfsmittel zur Feststellung der Bodenständigkeit von Fichtenbeständen in Hochlagen. Forstsaamengewinnung und Pflanzenanzucht für das Hochgebirge. BLV München — Basel — Wien, 93—100 (1964).

Adaptive Acid Phosphatase Polymorphism in Conifer Seeds

By Fritz BERGMANN

(Lehrstuhl für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung der Universität Göttingen, 34 Göttingen-Weende, Büsgenweg 2)

(Received December 1975)

Introduction

It is generally recognized that forest tree species, especially conifers, are characterized by a considerable variation, both across their native range, and from tree to tree within stands. This potential reflects a mechanism of the adaptive strategy specific for these typically long-lived organisms which mostly respond with a wide genetic variety to environments heterogeneous in site and time (see, e.g. STERN and ROCHE 1974). Thus, we may find varying phenotypes in ecologically different parts of the distribution range of a tree species, however, such different types

need not be widely separated geographically. In the case of the altitudinal differentiation of Norway spruce in the Alps, for example, the different well adapted forms are located within a relatively small area (HOLZER 1964, 1974).

Unfortunately, the variations of our forest tree species which are found to be related to environmental factors are mostly associated with so-called quantitative characters that are controlled by many genes and often modified by the environment. Therefore, it is necessary to investigate the ecological relevance of the well-known genetic polymorphisms, in order to get a deeper insight into the relationships between relevant environmental factors, optimal adaptation, and the genetic variation pattern of a tree

* This abbreviation results from the German term.