©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Phyton (Austria)	**Vol. 29**	Fasc. 1	23–32	16. 5. 1989

Lehrstuhl für Forstbotanik, Ludwig-Maximilians-Universität München

Die Zusammensetzung der Monoterpen-Fraktion in Zweigen von *Larix decidua* und *L. kaempferi* in Abhängigkeit von Jahreszeit und Provenienz

Von

Klaus J. LANG *)

Mit 4 Abbildungen

Eingelangt am 30. November 1987

Key words: *Larix* sp., monoterpenes, seasonal variation, provenances

Summary

LANG K. J. 1989. Seasonal variation in monoterpenes of *Larix decidua* and *L. kaempferi* provenances. – Phyton (Austria) 29 (1): 23–32, with 4 figures. – German with English summary.

Twigs of *Larix decidua* (4 provenances) and *L. kaempferi* (1 provenance) collected at 7 dates between March 1976 and February 1977 were analysed to find out the seasonal variation of monoterpene patterns.

Variation of α-pinene and β-pinene occurred mainly during the first half year, variation of Δ-3-carene during the second half-year. The variations were more pronounced in one-year-old twigs than in younger ones.

Differences between the individual trees were much more smaller in the two provenances from the Alps and Japanese larch than in the provenances from Poland and the Sudetic Mountains. The seasonal variation of monoterpene patterns was specific and may help to distinguish larch provenances. There were 5 types of monoterpene pattern, whose frequencies were different in the provenances.

Zusammenfassung

LANG K. J. 1989. Die Zusammensetzung der Monoterpen-Fraktion in Zweigen von *Larix decidua* und *L. kaempferi* in Abhängigkeit von Jahreszeit und Provenienz. – Phyton (Austria) 29 (1): 23–32, mit 4 Figuren. – Deutsch mit englischer Zusammenfassung.

---

*) Dr. Klaus J. LANG, Lehrstuhl für Forstbotanik, Amalienstraße 52, D-8000 München 40, BRD

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Von vier Herkünften von *Larix decidua* und einer Herkunft von *L. kaempferi* wurden zu sieben verschiedenen Zeitpunkten zwischen März 1976 und Februar 1977 Zweigproben gesammelt und die jahreszeitliche Veränderung des Monoterpenmusters untersucht. Während α-Pinen- und β-Pinen-Anteile hauptsächlich in der ersten Jahreshälfte Veränderungen unterworfen waren, änderten sich die Δ-3-Caren-Anteile bevorzugt in der zweiten Jahreshälfte. Die Veränderungen waren bei einjährigen Zweigabschnitten deutlicher als bei jüngeren.

Unterschiede zwischen den Individuen einer Herkunft waren bei den beiden Alpenherkünften und der Japanlärche erheblich geringer als bei den Herkünften aus Polen und den Sudeten. Die jahreszeitlichen Veränderungen der Terpenanteile erwiesen sich als spezifisch und können bei der Unterscheidung von Provenienzen helfen. Es ließen sich 5 Grundmuster der Verteilung der 4 wichtigsten Monoterpene unterscheiden. Diese Grundmuster waren in den verschiedenen Herkünften unterschiedlich häufig vertreten.

1. Einleitung

Die Harze und ihre Zusammensetzung spielen in der Chemotaxonomie der Koniferen eine wichtige Rolle. In vielen Fällen ist die Zusammensetzung der Monoterpen-Fraktion geeignet, Arten, Rassen und Klone zu charakterisieren und zu unterscheiden sowie natürliche Artbastarde zu erkennen. Vor allem quantitative Unterschiede in der Monoterpenzusammensetzung sind für chemotaxonomische Untersuchungen von Bedeutung. Sie kann dabei – genetisch bedingt – in weiten Grenzen variieren und auch von einer ganzen Reihe anderer Faktoren, so der Jahreszeit, beeinflußt werden. In der vorliegenden Arbeit wurde die relative Verteilung der wichtigsten Monoterpene in Zweigen von *Larix decidua* MILL. und *Larix kaempferi* (LAMB.) CARR. in Abhängigkeit von der Jahreszeit an fünf Herkünften untersucht. Außerdem waren individuelle und herkunftsbedingte Unterschiede Gegenstand der Untersuchung.

2. Material und Methoden

Für die Untersuchung wurde Zweigmaterial von Lärchen der Teilfläche Rothenbuch (Spessart) des II. Internationalen Lärchenprovenienzversuchs (SCHOBER 1977) verwendet.

Es wurden Zweige von Bäumen folgender Provenienzen untersucht:

Nr. 16 – Alpenlärche – Cavalese (Italien), 1200 m Seehöhe, Südlicher Alpenrand, Dolomiten, Fleinstal (Val die Fiemme);

Nr. 23 – Alpenlärche – Embrun/Aiguilles (Frankreich), 1560 m Seehöhe, Französische Südwestalpen (Innenalpen), Hautes alpes, Valleé du Queyras;

Nr. 50 – Sudetenlärche – Krnov/Radim (Tschechoslowakei), 500 m Seehöhe, Ostsudeten, Oppa-Bergland;

Nr. 44 – Polenlärche – Mala Wiés (Polen), 180 m Seehöhe, Warschauer Ebene;

Nr. 36 – Japanlärche – Ina (Japan), 1800 m Seehöhe, Japanische Alpen auf Hondo (Akaishi-Gebirge).

Von jeder Provenienz wurden 10 Bäume ausgewählt und pro Baum je ein starker Ast dauerhaft markiert. Zu allen Probenahmeterminen konnte von jedem der markierten Äste eine Zweigprobe entnommen werden, die Teile des Triebes von 1974

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

(nicht analysiert), den Jahrestrieb 1975 und (ab Juni) auch den neuen Trieb von 1976 umfaßte. Die Zweige wurden bis zur Aufbereitung bei −20°C eingefroren. Probenahmetermine: 16. 3. 1976; 12. 5. 1976; 21. 6. 1976; 2. 8. 1976; 21. 9. 1976; 30. 11. 1976; 9. 2. 1977.

Für die gaschromatographische Analyse der Monoterpene fand eine gegenüber früheren Untersuchungen (LANG 1976) leicht abgewandelte Methode Anwendung. Vor der Zerkleinerung des Versuchsmaterials wurden Knospen, Kurzbetriebe und Nadeln entfernt. Von den Jahrestrieben 1975 (später auch des Jahrgangs 1976) wurde je ein ca. 5 cm langer Abschnitt in 2–3 mm lange Stückchen zerschnitten und in ein Rollrandglas von 5 cm^3 Volumen gefüllt. Dieses wurde mit einem Siliconstopfen verschlossen, durch welchen ein mit einem halb durchbohrten Gummistopfen verschlossenes Glasröhrchen führte (SCHUCK & SCHÜTT 1975). Nach Erhitzen der Proben in einem Wärmeschrank (10 min bei 90°C) wurden 2 ml des Luft-Terpen-Gemisches mit einer gasdichten Spritze (Fa. Glenco) abgezogen und direkt in die Säule eingegeben.

Gaschromatograph: Packard, Modell 7400. Säule: gepackte Glassäule, 10 feet × 1/4″, OV-17, Chromosorb W/AW 60/80. Trägergas (Stickstoff): 20 ml/min; Wasserstoff: 20 ml/min; Luft: 150 ml/min. Temperaturen: FID: 110°C; Säule: 65°C (isotherm); Einspritzblock: 110°C. Die Auswertung der Chromatogramme erfolgte mit Hilfe eines an den Gaschromatographen angeschlossenen Kleindatensystems (Varian CDS 101). Die prozentualen Anteile von α-Pinen, Camphen, β-Pinen, Δ-3-Caren und Limonen/β-Phellandren an der erfaßten Monoterpen-Fraktion waren die Ausgangswerte für die Darstellungen.

Die Identifizierung der Peaks erfolgte durch Vergleichschromatogramme von reinen Substanzen und durch Vergleich der Retentionszeiten.

3. Ergebnisse

Die prozentualen Anteile von α-Pinen, β-Pinen, Camphen und Δ-3-Caren änderten sich während eines Jahres bei allen untersuchten Individuen mehr oder weniger stark. Verlauf und Ausmaß der Veränderungen hingen dabei von der Art- und Herkunftszugehörigkeit des Materials ab (Abb. 1–3).

Vergleicht man bei den 50 untersuchten Individuen die Verteilung und Veränderung der vier Hauptkomponenten in 1jährigen Zweigabschnitten (Jahrgang 1975) während eines Jahres, so lassen sich ohne große Schwierigkeiten verschiedene Grundmuster unterscheiden (Abb. 1).

I. α-Pinen bis über 60% steigend, β-Pinen auf unter 30% fallend, Camphen unter 5%, Δ-3-Caren unter 5% (Abb. 1a);

II. α-Pinien bis über 60% steigend, β-Pinen auf unter 20% fallend Camphen um 10%, Δ-3-Caren unter 5% (Abb. 1b);

III. α-Pinen bis über 50% steigend, β-Pinen zwischen 20 und 30%, Camphen zwischen 10 und 15%, Δ-3-Caren unter 5% (Abb. 1c);

IV. α-Pinen um 50%, β-Pinen zwischen 20 und 30%, Camphen um 10%, Δ-3-Caren zwischen 5 und 10% (Abb. 1d);

V. α-Pinen zwischen 40 und 50%, β-Pinen auf 20% fallend, Camphen zwischen 5 und 10%, Δ-3-Caren auf 20% steigend (Abb. 1e).

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

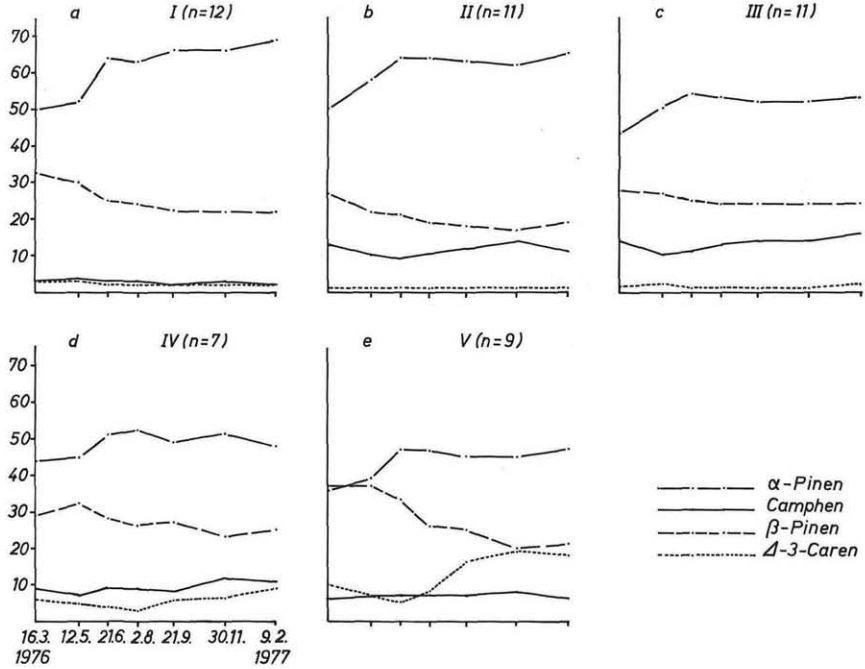


Abb. 1: Grundmuster der Monoterpenverteilung in 1jährigen Lärchentrieben des Jahrgangs 1975 im Untersuchungszeitraum.

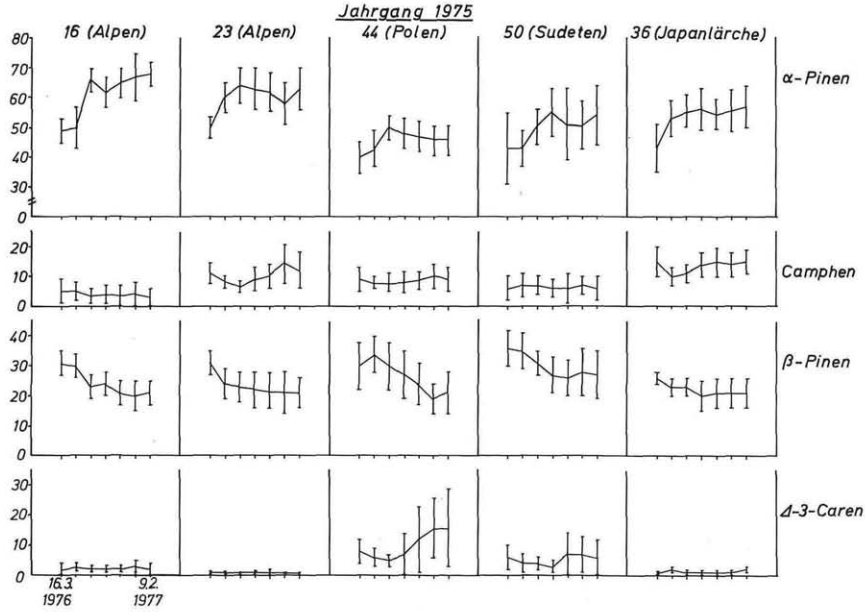


Abb. 2: Veränderungen der Monoterpenanteile (% in der Gesamtfraktion, [n=10]) in 1jährigen Lärchentrieben des Jahrgangs 1975 im Jahresverlauf (Erntetermine siehe Abb. 1).

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

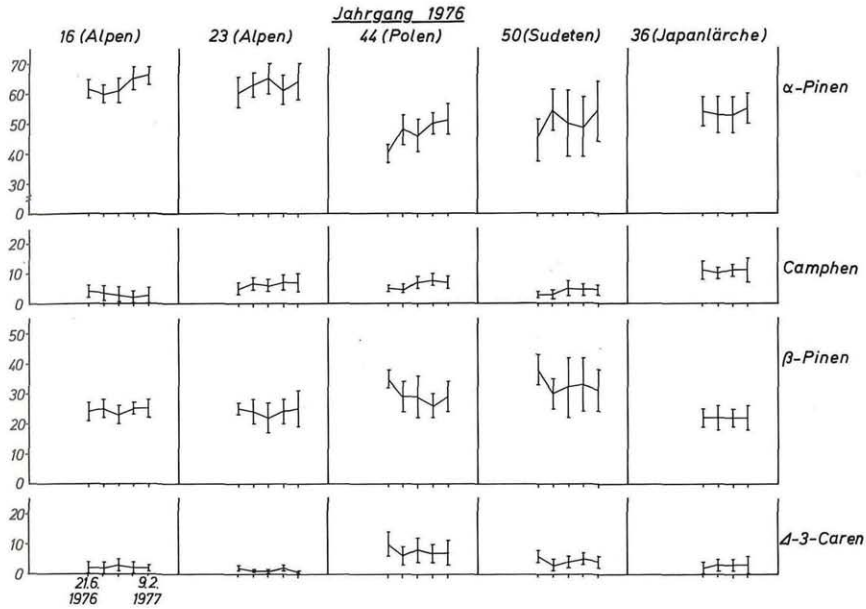


Abb. 3: Veränderungen der Monoterpenanteile (% der Gesamtfraktion, [n=10]) in 1jährigen Lärchentrieben des Jahrgangs 1976 im Jahresverlauf (Erntetermine siehe Abb. 1).

Zwar ist die Anzahl der untersuchten Individuen pro Herkunft nicht groß genug, um eine verbindliche Klassifikation vornehmen zu können, die Verteilung der Grundmuster auf die verschiedenen Herkünfte läßt jedoch eine unterschiedliche Häufung in den Herkünften erkennen (Tab. 1).

Tab. 1: Verteilung verschiedener Monoterpen-Grundmuster in den Lärchenprovenienzen

	Grundmuster				
Herkunft	I	II	III	IV	V
16 (Alpen)	8	2	–	–	–
23 (Alpen)	2	6	2	–	–
50 (Sudeten)	2	1	1	2	4
44 (Polen)	–	–	–	5	5
36 (Japan)	–	2	8	–	–

Insgesamt verhielten sich die Alpenherkünfte 16 und 23 und die Herkunft der Japanlärche recht einheitlich, die Individuen der Herkünfte aus Polen und den Sudeten variierten dagegen stärker, was auch aus den Standardabweichungen in Abbildung 2 hervorgeht.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Von einzelnen Ausnahmen abgesehen, fanden bei den beiden Alpenherkünften die auffallendsten Veränderungen in der ersten Jahreshälfte statt. Sie betrafen α-Pinen (Zunahme) und β-Pinen (Abnahme), nicht jedoch Camphen oder Δ-3-Caren. Während die Δ-3-Caren-Anteile bei den Alpenlärchen während des ganzen Untersuchungszeitraumes fast unverändert niedrig blieben, war bei einigen Individuen der Herkunft 23 für Camphen in der zweiten Jahreshälfte eine Tendenz zur prozentualen Zunahme zu beobachten. Die beiden Herkünfte aus dem östlichen Teil des Areals fielen durch zwei Tendenzen auf. Einmal war vergleichsweise weniger α-Pinen und andeutungsweise mehr β-Pinen als bei den Alpenherkünften zu verzeichnen, zum anderen nahm der Δ-3-Caren-Anteil in der zweiten Jahreshälfte teilweise erheblich zu, wobei diese Zunahme deutlich mit einer Abnahme des β-Pinens korreliert war. Die Zunahme des Δ-3-Carens war bei Individuen der Provenienz aus Polen häufiger und ausgeprägter anzutreffen als bei der Sudetenlärche. Bei den Japanlärchen waren nur der relativ hohe Camphen-Anteil und der häufige Rückgang dieser Komponente in der ersten Jahreshälfte bemerkenswert.

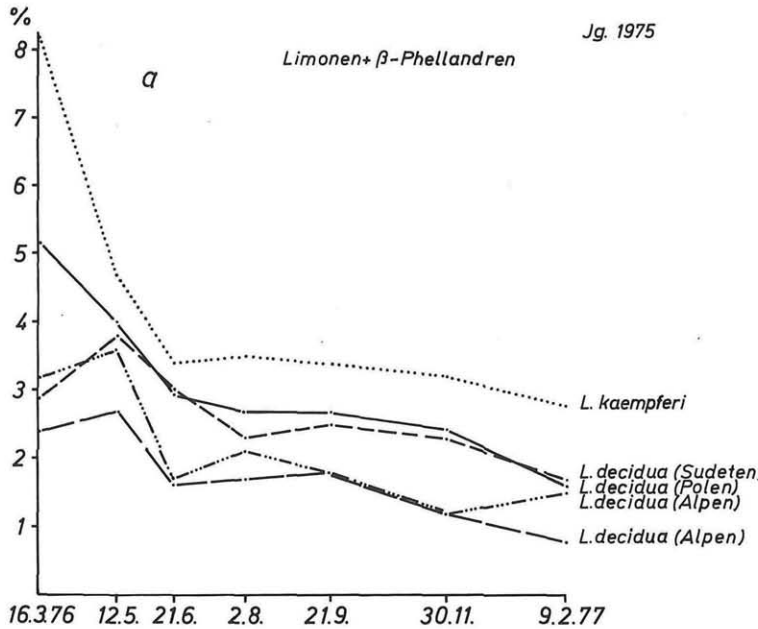
In den Mittelwerten der vier bisher behandelten Komponenten lassen sich die vier *L. decidua*-Herkünfte durchaus unterscheiden sofern man die älteren Triebabschnitte (Jahrgang 1975) heranzieht (Abb. 2). Die Werte des Trieb-Jahrgangs 1976 lassen eine Unterscheidung nicht so deutlich zu (Abb. 3). Dem Alter des untersuchten Materials kommt demnach große Bedeutung zu. Dieses Ergebnis konnte in weiteren Untersuchungen bestätigt und erhärtet werden (LANG, in Vorbereitung).

Die beiden Alpenherküfte 16 und 23 lassen sich durch den höheren Camphen-Anteil der Herkunft 23 voneinander unterscheiden. Allerdings weist auch die Japanlärche Camphen-Mengen in gleicher Größenordnung auf, so daß die untersuchte Herkunft der Japanlärche an Hand der Komponenten α-Pinen, β-Pinen, Camphen und Δ-3-Caren nicht mit Sicherheit von der Herkunft 23 der Europäischen Lärche zu trennen ist. Die Herkunft 44 (Polenlärche) unterscheidet sich von den Alpenlärchen und der Japanlärche durch den geringeren α-Pinen- und den deutlich höheren Δ-3-Caren-Gehalt. Das Δ-3-Caren läßt im vorliegenden Fall auch eine Unterscheidung von der Sudetenlärche (Herkunft 50) zu.

Die aufgezeigten Unterschiede sind zwar bei einem Vergleich der Mittelwerte aus Messungen an jeweils 10 Individuen vorhanden, sie lassen sich aber nicht in jedem Fall zwischen Individuen verschiedener Herkünfte nachweisen. Dies ist insofern nicht verwunderlich, als gleiche Grundmuster in den Herkünften vorkommen und die Durchschnittswerte von der Häufigkeit der einzelnen Muster in den Herkünften bestimmt werden.

Eine sichere Unterscheidung zwischen *Larix decidua* und *Larix kaempferi* war nur schwer möglich. Lediglich der Anteil an Limonen+β-Phellandren, der bei der Japanlärche immer höher lag, gab Hinweise auf eine Unterscheidungsmöglichkeit (Abb. 4).

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at



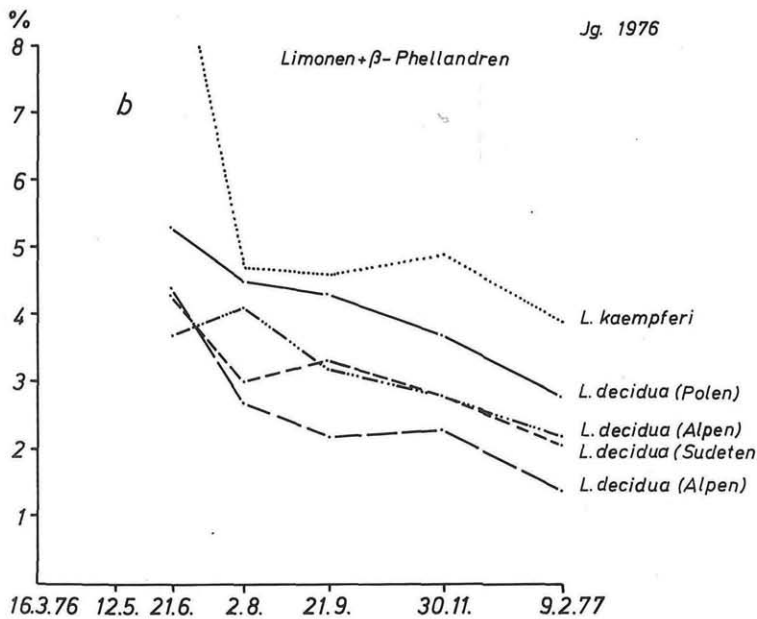


Abb. 4: Anteile von Limonen + β-Phellandren an der Gesamtmonoterpenfraktion a) im Triebjahrgang 1975, b) im Triebjahrgang 1976.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

4. Diskussion

Die quantitative Zusammensetzung der Monoterpen-Fraktion des Harzes in Lärchenzweigen verändert sich mit zunehmendem Alter der Zweigabschnitte (LANG & MESSERER, 1987). Auch der Zeitpunkt der Probenahme und damit das physiologische Alter der Probe hat Einfluß auf deren Monoterpenzusammensetzung (Abb. 1–4). STAIRS (1968) konnte demgegenüber bei *Larix sibirica* bei einem Vergleich zwischen zwei Probenahmeterminen im Juni und November keine gesicherten Unterschiede in den Monoterpenanteilen des Rindenharzes feststellen.

Wie aus Abbildung 2 hervorgeht, treten zumindest bei den beiden Alpenherkünften von *Larix decidua* die gravierendsten Veränderungen in der Zeit bis zum Juni ein. Möglicherweise sind Unterschiede im Jahresgang bei *L. sibirica* von STAIRS wegen der zu geringen Zahl an Probenahmeterminen nicht erfaßt worden.

Auch bei anderen Koniferengattungen wurde die quantitative jahreszeitliche Veränderung der Terpenzusammensetzung untersucht. Die Ergebnisse reichen dabei von weitgehender Stabilität der Terpenspektren im Jahresverlauf (BERNARD-DAGAN & al. 1971, ARBEZ & al. 1974) bis zu deutlichen Veränderungen in Abhängigkeit von der Jahreszeit (SCHANTZ & JUVONEN 1966, v. RUDLOFF 1972, ROCKWOOD 1973, v. RUDLOFF 1975, ZIMMERMANN-FILLON & BERNARD-DAGAN 1977, FRETZ 1979, HALL & LANGENHEIM 1986). Wenn es zu Veränderungen kam, waren diese zu Beginn der Vegetationsperiode am größten und außerdem in den jüngsten, sich entwickelnden Organen stärker ausgeprägt als in älteren.

Abweichend davon blieb die Monoterpenzusammensetzung in den jüngsten Trieben (Jahrgang 1976) der Alpenlärche und der Japanlärchenherkunft während der ersten Vegetationsperiode recht konstant (Abb. 3). Anders war die Situation bei den 1jährigen Zweigabschnitten. Während α-Pinen und β-Pinen die größten Veränderungen zu Beginn der Vegetationsperiode erfuhren, änderte sich der Δ-3-Caren-Anteil erst in der zweiten Jahreshälfte. Das Δ-3-Caren ist insofern von besonderer Bedeutung, als es bei den geprüften Herkünften in sehr unterschiedlicher Menge vorkam oder sich sein Anteil im Laufe der Vegetationsperiode stark verändern konnte und damit bei *Larix decidua* chemotaxonomisch als differenzierendes Kriterium aussagefähig zu sein scheint (LANG 1976).

Die von STAIRS (1968) für *Larix decidua* angegebenen Prozentwerte für α-Pinen, β-Pinen und das weitgehende Fehlen von Δ-3-Caren lassen den Schluß zu, daß es sich dabei um Alpenlärchen gehandelt hat, bei denen der Δ-3-Caren-Anteil extrem gering sein kann (LANG, unveröffentlicht), sich aber zur Unterscheidung von Europäischer und Japanischer Lärche nicht eignet. Für diesen Zweck können andere Komponenten, z. B. Limonen+β-Phellandren, zu Hilfe genommen werden. (Abb. 4).

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Neben dem Auftreten einer jahreszeitlichen Variation an sich, waren das unterschiedliche Verhalten einzelner Individuen und die Unterschiede zwischen den Grundmustern im Jahresverlauf und damit die Unterschiede zwischen den verschiedenen Provenienzen besonders interessant. Während bei den beiden Alpenlärchenherkünften und der Japanlärche nur relativ geringe Unterschiede zwischen den Individuen auftraten, waren diese bei den Individuen der Polen- und Sudetenlärche sehr deutlich.

Die Unterschiede in der quantitativen Monoterpenzusammensetzung zwischen Herkünften gingen dabei auf die unterschiedliche Verteilung von individuellen Terpenmustern in den Populationen, letztlich also auf unterschiedliche Genhäufigkeiten, zurück (Tab. 1), ein Sachverhalt, der auch für andere Koniferen beschrieben wurde (v. RUDLOFF 1973, ZAVARIN & SNAJBERK 1975, GANSEL & SQUILLACE 1976, FORREST 1980, v. RUDLOFF & REHFELDT 1980, MCRAE & THOR 1982). Bei der geringen Zahl von untersuchten Individuen pro Herkunft können Zahl und Typus der Grundmuster der Terpenverteilung bei Lärchen vorerst nur als Anhaltspunkte aufgefaßt werden.

Die Ergebnisse unterstreichen die in der Literatur oft betonte Notwendigkeit, die Probenahme für vergleichende Untersuchungen in einem eng begrenzten Zeitraum, am besten während der Vegetationsruhe, vorzunehmen.

Danksagung

Herrn Prof. Dr. A. v. SCHÖNBORN, Lehrstuhl für Forstpflanzenzüchtung und Immissionsforschung, danke ich für die freundliche Genehmigung zur Probenentnahme. Herrn HERMECKE danke ich für die Hilfe bei den Probenahmen. Weiters danke ich Herrn Dr. Hans Joachim SCHUCK für wertvolle Anregungen und Diskussionen.

Literatur

ARBEZ M., BERNARD-DAGAN C. & FILLON C. 1974. Variabilité intraspécifique des monoterpènes de *Pinus nigra* ARN. Bilan des premieres résultats. – Annales des Sciences forestières 31: 57–70.

BERNARD-DAGAN C., FILLON C., PAULY G., BARADAT Ph. & ILLY G. 1971. Les terpènes du pin maritime: aspects biologiques et génétiques I. Variabilité de la composition monoterpénique dans un individu, entre individus et entre provenances. – Ann. Sci. forest. 28: 223–258.

FORREST G. I. 1980. Genotypic variation among native Scots pine populations in Scotland based on monoterpene analysis. – Forestry 53: 101–128.

FRETZ T. A. 1979. Monoterpene investigations with creeping juniper cultivars (*Juniperus horizontalis* MOENCH.). – Ohio Agricultural Research and Development Center, Wooster, Ohio, Research Circular 246: 8–12.

GANSEL C. R. & SQUILLACE A. E. 1976. Geographic variation of monoterpene in cortical oleoresin of slash pine. – Silvae Genetica 25: 150–154.

HALL G. D. & LANGENHEIM J. H. 1986. Temporal changes in the leaf monoterpenes of *Sequoia sempervirens*. – Biochemical Systematics and Ecology 14: 61–69.

©Verlag Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., Horn, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

LANG K. J. 1976. Unterschiede in der Monoterpenzusammensetzung des Harzes einjähriger Lärchenzweige. Ein Beitrag zur Rassendiagnose von *Larix decidua* MILL. – Forstwiss. Cbl. 95: 142–147.

LANG K. J. & MESSERER M. 1987. Die quantitative Verteilung der Monoterpene in verschiedenen Teilen einer 19jährigen Lärche (*Larix decidua* MILL.). – Phyton (Austria) 27: 289–298.

MCRAE J. & THOR E. 1982. Cortical monoterpene variation in 12 loblolly pine provenances planted in Tennessee. – Forest Science 28: 732–736.

MILLS J. S. 1973. Diterpenes of *Larix* oleoresins. – Phytochemistry 12: 2407–2412.

ROCKWOOD D. L. 1973. Variation in the monoterpene composition of two oleoresin systems of loblolly pine. – Forest Science 19: 147–153.

RUDLOFF E. von 1972. Seasonal variation in the composition of the volatile oil of the leaves, buds, and twigs of white spruce *(Picea glauca)*. – Can. J. Bot. 50: 1595–1603.

– 1973. Chemosystematic studies in the genus *Pseudotsuga*. III. Population differences in British Columbia as determined by volatile leaf oil analysis. – Can. J. Forest Res. 3: 443–452.

– 1975. Seasonal variation of the terpenes of the leaves, buds, and twigs of blue spruce *(Picea pungens)*. – Can. J. Bot. 53: 2978–2982.

– & REHFELDT G. E. 1980. Chemosystematic studies in the genus *Pseudotsuga*. IV. Inheritance and geographical variation in the leaf oil terpenes of Douglas-fir from the Pacific Northwest. – Can. J. Bot. 58: 546–556.

SCHANTZ M. von & JUVONEN S. 1966. Chemotaxonomische Untersuchungen in der Gattung *Picea*. – Acta Bot. Fenn. 73: 3–51.

SCHOBER R. 1977. Vom II. Internationalen Lärchenprovenienzversuch. Ein Beitrag zur Lärchenherkunftsfrage. – Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und Mitteilungen der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, Band 49.

SCHUCK H.-J. & SCHÜTT P. 1975. Die Verteilung flüchtiger Terpene im Fichtenstamm und ihre Bedeutung für die Ausbreitungsresistenz gegenüber *Fomes annosus*. Biochem. Physiol. Pflanzen (BPP) 167: 65–77.

STAIRS G. R. 1968. Monoterpene composition in *Larix*. – Silvae Genetica 17: 182–186.

ZAVARIN E. & SNAJBERK K. 1975. *Pseudotsuga menziesii* chemical races of California and Oregon. – Biochemical Systematics and Ecology 2: 121–129.

ZIMMERMAN-FILLON C. & BERNARD-DAGAN C. 1977. Variations qualitatives et quantitatives des carbures terpéniques au cours de la croissance des rameaux et des aiguilles du Pin maritime: étude comparée de huit phénotypes. – Can. J. Bot. 55: 1009–1018.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Phyton, Annales Rei Botanicae, Horn

Jahr/Year: 1989

Band/Volume: 29_1

Autor(en)/Author(s): Lang Klaus J.

Artikel/Article: Die Zusammensetzung der Monoterpen-Fraktion in Zweigen von Larix decidua und L. Kaempferi in Abhängigkeit von Jahreszeit und Provenienz. 23-32