

Phyton (Austria)	Vol. 17	Fasc. 1—2	87—99	18. 8. 1975
------------------	---------	-----------	-------	-------------

Untersuchungen über Phenole in Nadeln von *Picea abies*

Von

Hermann ESTERBAUER¹, Dieter GRILL² und Gerhard BECK¹

Mit 4 Abbildungen

Eingelangt am 3. Januar 1975

Zusammenfassung

Es wurde der Einfluß von Jahreszeit, Nadelalter und Standort auf den Gehalt von Gesamtglukose, Gesamtphenole, freier Glukose, Picein und p-Hydroxyacetophenon in Fichtennadeln untersucht.

Picein und p-Hydroxyacetophenon zeigen einen Jahresrhythmus mit einem Maximum im Sommer bzw. Frühjahr. Picein liegt im allgemeinen in 10- bis 100-fach größerer Konzentration vor als sein Aglukon. Nadeln gleichen Entwicklungszustandes eines Baumes haben weitgehend konstanten Gehalt an beiden Substanzen, Nadeln verschiedener Bäume aber haben stark unterschiedliche Pool-Größen, die für Picein von 2,0—11,8 mg/g Frischgewicht und für p-Hydroxyacetophenon von 0,03—1,95 mg/g Frischgewicht variieren. Der Gesamtphenolgehalt, der sich — wie in der Arbeit gezeigt wird — angenähert mit Folin- bzw. Red B-Reagens bestimmen läßt, nimmt im ersten Jahr der Nadelentwicklung zu und bleibt später weitgehend konstant bei ca. 30 mg/g FG.

Gesamtglukose und freie Glukose zeigen in allen Nadeljahrgängen ein Konzentrationsmaximum im Winter, das besonders bei der freien Glukose sehr deutlich ausgeprägt ist.

Summary

Total glucose, total phenols, glucose, picein and p-hydroxyacetophenone in needles of spruce (*Picea abies*) have been investigated in relation to season, needle age and environment.

¹) Prof. Dr. Hermann ESTERBAUER und Gerhard BECK, Institut für Biochemie, Universität Graz, A-8010 Graz, Halbärthgasse 5/I.

²) Dr. Dieter GRILL, Institut für Anatomie und Physiologie der Pflanzen, Universität Graz, A-8010 Graz, Schubertstraße 51.

Picein and p-hydroxyacetophenone show an annual rhythm with a maximum value in summer and spring resp. Usually picein exceeds its aglucon by the factor 10 to 100. Within one tree all needles of the same age show a rather constant level for both compounds, while needles from different trees show an extreme variation ranging from 2.0 to 11.8 mg/g fresh weight for picein and from 0.03 to 1.95 mg/g fresh weight for p-hydroxyacetophenone.

It is shown in this paper that the total content of phenols can be estimated approximately using Folin or Red B reagent. Total phenols increase in the first year of needle growth and remain later on relatively constant at a level of approx. 30 mg/g fresh weight.

Total glucose as well as free glucose reach the highest level in the winter months, when in particular glucose exhibits a very distinct maximum.

1. Einleitung

Nach GRILL 1972 soll Picein bzw. dessen Aglukon (p-Hydroxyacetophenon) als Hauptkomponente der Ausbildung eines UV-Absorptionsmaximums in Betracht kommen. Die Lage des Maximums soll vom Verhältnis Aglukon zu Glukosid abhängen, wobei Jahreszeit und Nadelalter einen wesentlichen Faktor darstellen. Das Vorkommen von Picein in Fichtennadeln ist schon seit langem bekannt; so konnte TANRET 1894 aus Nadeln von *Picea abies* Picein isolieren. Aber nicht nur in *Picea* ist dieses Phenolglukosid vorhanden, sondern auch in einigen Salicaceen und Rosaceen (Lit. bei HEGNAUER 1962, 1973).

Die vorliegende Arbeit beinhaltet Untersuchungen über die Anwendbarkeit von Folin-Reagens bzw. des Diazoniumsalzes Red B zur Bestimmung der Gesamtphenole in Fichtennadalextrakten sowie quantitative Messungen über den Einfluß von Jahreszeit, Nadelalter und Standort auf Gesamtglukose, Gesamtphenole, freie Glukose, Picein und p-Hydroxyacetophenon.

2. Material und Methoden

2. 1. Nadelproben und Herstellung des Extraktes

Nadelproben: Um einen repräsentativen Mittelwert zu erhalten, wurden die Nadeln von 5 bis 8 verschiedenen Stellen des Baumes genommen und gemeinsam analysiert. Die Jahresperiodizität wurde an einer 15jährigen Fichte (Gratwein, Stmk.) in der Zeit von Mai 1973 bis Juni 1974 in 14tägigen Intervallen bestimmt.

2 g frische Nadeln wurden mit 19 ml H₂O im Ultra-Turrax 3 min homogenisiert. Das Homogenat wurde durch Filtration über ein Faltenfilter (Schleicher & Schüll 589[3]) geklärt; der klare, hellgelbe Extrakt wurde anschließend sofort analysiert.

Zur Bestimmung des Trockengewichtes wurden 2 g Nadeln 48 h bei 120° C getrocknet.

2. 2. Bestimmung der Phenole mit Folin-Reagens

Lösung A: 0,1 N NaOH, enthaltend 2% Na_2CO_3 ;

Lösung B: 1% Na-Citrat-Lösung, enthaltend 0,5% CuSO_4 ;

Lösung C: 50 ml A + 1 ml B, stets frisch bereitet;

Lösung D: 1,5 N Folin-Reagens. Das käufliche Reagens (Merck, Darmstadt) hatte gewöhnlich eine Säurestärke von ca. 2,15 N und wurde mit Wasser auf 1,5 N verdünnt. Die genaue Säurestärke des Reagens wurde durch Titration mit NaOH gegen Phenolphthalein festgestellt.

8 ml Lösung C wurden mit 1 ml Extrakt (1 : 20 verdünnt) und mit 1 ml D gemischt und 30 min auf dem siedenden Wasserbad erhitzt. In gleicher Weise wurde ein Blindwert angesetzt, bei dem anstelle von Extrakt 1 ml H_2O verwendet wurde. Die Absorption der blau gefärbten Probe wurde bei 620 nm gegen den Blindwert gemessen.

2. 3. Bestimmung der Phenole mit Red B

Zu 6 ml Wasser wurden in der angegebenen Reihenfolge zugesetzt: 2 ml 0,2 M Phosphat-Puffer, pH 6,0; 1 ml 1 : 20 verdünnter Extrakt und 1 ml 0,3% wäßrige Red B-Lösung (Red B = diazotiertes 5-Nitro-2-aminoanisol, Serva, Heidelberg). Die orange gefärbte Lösung wurde innerhalb von 5 min gegen einen Blindwert (statt Extrakt 1 ml H_2O) bei 460 nm gemessen.

2. 4. Bestimmung von Picein und p-Hydroxyacetophenon

Die beiden Substanzen wurden mit 2,4-Dinitrophenylhydrazin zu den entsprechenden Hydrazonen umgesetzt, diese dünnschichtchromatographisch getrennt, eluiert und spektrophotometrisch bestimmt (nähere Angaben vgl. ESTERBAUER, GRILL & BECK 1974).

2. 5. Bestimmung von freier Glucose

Glukose wurde enzymatisch nach der Hexokinase-Methode bestimmt. 1 ml Extrakt wurde mit 4 ml 0,2 M Phosphatpuffer pH 7,0 verdünnt, davon wurde für den Test (Gesamtvolumen 3 ml) 0,2 ml eingesetzt (BERGMAYER 1970).

2. 6. Bestimmung der Gesamtglukose

Der Extrakt wurde mit H_2SO_4 hydrolysiert und die dabei freigesetzte Glukose wurde wieder enzymatisch nach der Hexokinase-Methode bestimmt. 2 ml Extrakt wurden mit 2 ml 3 N H_2SO_4 in einem dicht verschlossenen Teströhrchen (Schraubverschluß mit Teflon-Dichtung) 3 h am siedenden Wasserbad erwärmt, die Lösung färbte sich dabei hellgelb bis braun. Im Hydrolysat wurde nach Neutralisation mit 1 M Phosphatpuffer der Glucosegehalt wie unter 2. 5. bestimmt.

3. Ergebnisse

3. 1. Gesamtphenole

Die Phenole der Fichtennadelextrakte setzen sich mit dem Folin-Reagens zu blauen, mit dem Diazoniumsalz Red B zu orange bis rot gefärbten Farbstoffen um. Die optimalen Bedingungen für die Bestimmung der Phenole in den Extrakten mit beiden Reagentien wurden in einer Reihe

von Vorversuchen ermittelt. Beim Folin-Reagens ist die Säurekonzentration von entscheidender Bedeutung. Wie Abb. 1 zeigt, erhält man die größte Ausbeute an Farbstoff, wenn das eingesetzte Reagens eine Säurestärke von 1,4 bis 1,6 N hat. Für die Ausbildung des Farbstoffes ist eine Reaktionszeit von 20 bis 30 min ausreichend, bei längerem Erhitzen (geprüft wurde bis 100 min) ändert sich die Farbstoffintensität nicht mehr. Bei der Red B

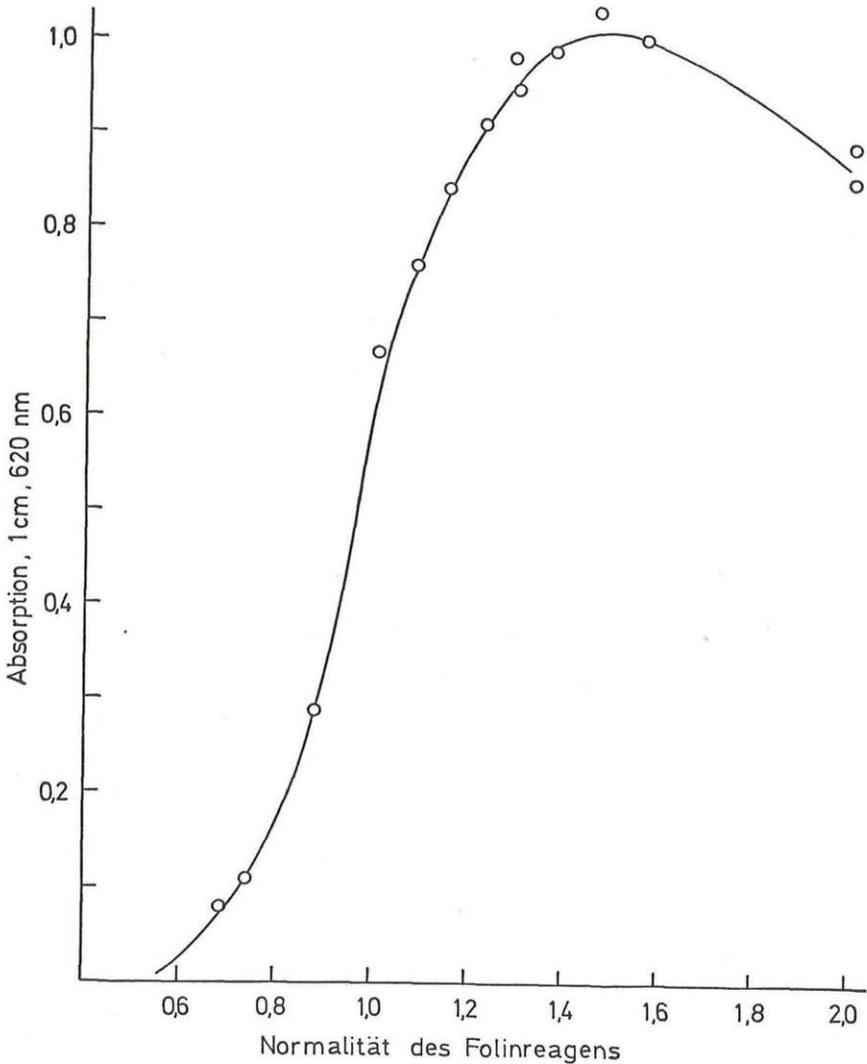


Abb. 1. Einfluß der Säurekonzentration des Folin-Reagens auf die Farbstoffausbeute bei der Bestimmung der Phenole.

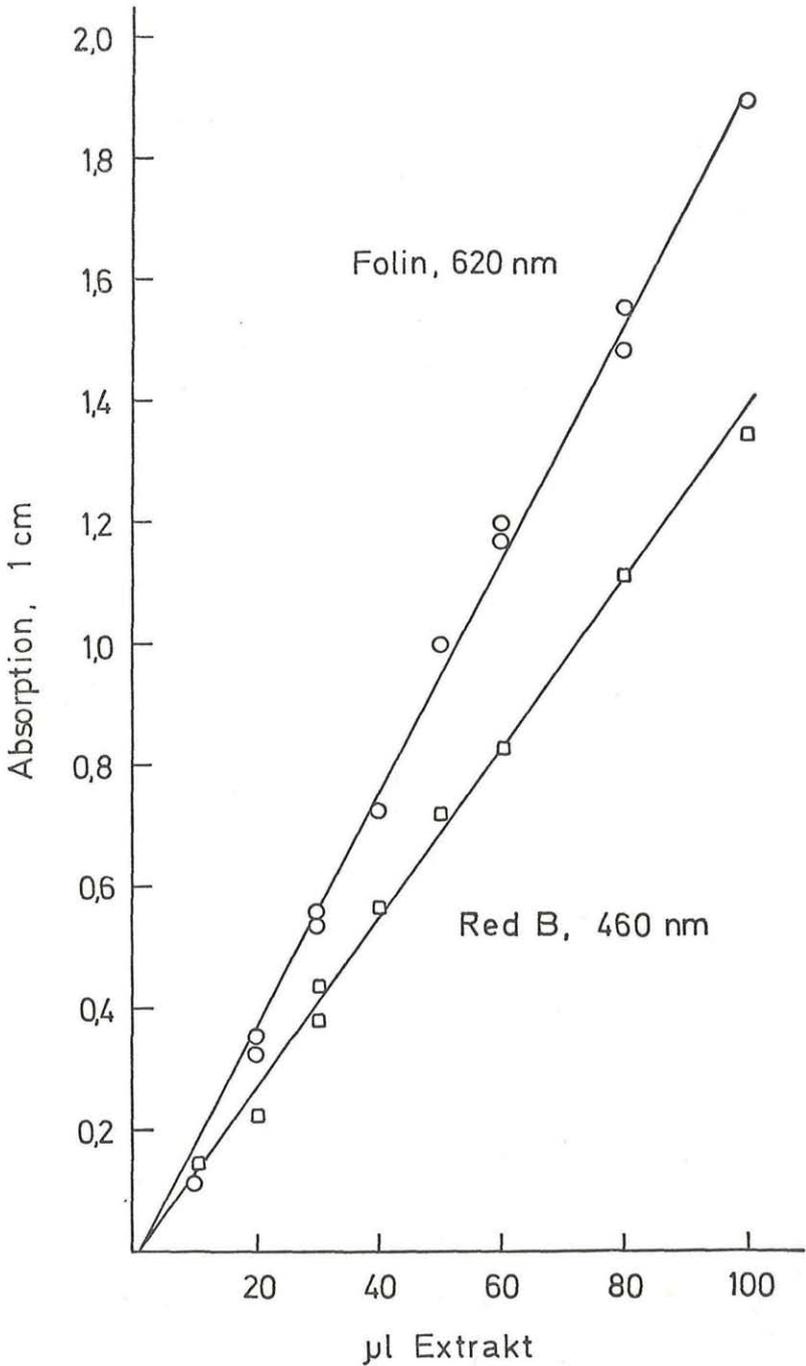


Abb. 2. Beziehung zwischen eingesetzter Menge an Fichtennadelextrakt und Absorption bei der Phenolbestimmung mit Folin- bzw. Red B Reagens.

Reaktion erreicht die Absorption innerhalb von 2 min einen Maximalwert, der ca. 10 min konstant bleibt. Bei jungen Nadeln beobachteten wir manchmal, daß die Absorption schon nach 2 min wieder abfiel. Bei beiden Bestimmungsmethoden steigt die Absorption der gebildeten Farbstoffe linear mit der Konzentration der Phenole in der Reaktionslösung an (Abb. 2). Die Methoden liefern gut reproduzierbare Werte mit einer Standardabweichung von 2 bis 5%.

Tabelle 1

Reaktion verschiedener Phenole mit Folin- bzw. Red B-Reagens
(Phenolkonzentration einheitlich 1.10^{-4} M)

	Folin E (1 cm, 620 nm)	Red B E (1 cm, 460 nm)
Phenol	0,97	0,13
Resorcin	1,84	2,40
Hydrochinon	1,10	0,39
Brenzkatechin	1,76	0,61
Pyrogallol	1,03	2,23
4-Hydroxymzimtsäure	1,22	0,41
Äsculetin	2,01	0,80
3,4-Dihydroxyacetophenon	0,92	0,44
p-Hydroxyacetophenon	0,13	0,16
Picein	0,0	0,0
Mittelwert (ohne Picein)	1,22	0,84
mittlerer molarer Absorptionskoeffizient	12.200	8.400
mittlerer spezieller Absorptionskoeffizient	84	56

Picein gibt mit keinem der beiden Reagentien eine positive Reaktion, verschiedene andere Phenole geben recht unterschiedliche Ausbeuten an Farbstoff, wie dies an einigen Beispielen in Tab. 1 gezeigt ist. Eine genaue Bestimmung der absoluten Phenolmenge ist daher mit diesen kolorimetrischen Methoden nicht möglich. Um aus den gemessenen Absorptionen zumindest angenähert den Phenolgehalt der Nadeln (ausgenommen Picein) berechnen zu können, rechnen wir mit einem mittleren Molgewicht der Phenole von 150 und mit molaren Absorptionskoeffizienten von 12200 bzw. 8430 (Tab. 1).

Bereits unmittelbar nach dem Austrieb im Mai lassen sich mit dem Folin-Reagens Phenole in den jungen Nadeln nachweisen. Der Phenolgehalt steigt dann im Lauf der Nadelentwicklung bis zum nächsten Sommer an und bleibt in den weiteren Jahren im wesentlichen konstant (Abb. 3),

Tabelle 2

Phenol- und Glukosegehalt einjähriger Nadeln von Fichten verschiedener Wuchsorte (1. Februar bis 30. April). In Klammern: Zahl der untersuchten Bäume

		mg/g Frischgewicht	
		M \pm s	Extremwerte
Trockengewicht	(53)	427 \pm 37	367 — 509
Phenole (Folin)	(20)	27 \pm 8	12 — 42
Phenole (Red B)	(17)	28 \pm 6	17 — 40
Picein	(26)	6,6 \pm 2,7	2,00 — 11,80
p-Hydroxyacetoph.	(37)	0,41 \pm 0,51	0,037 — 1,950
freie Glukose	(38)	9,97 \pm 3,78	3,68 — 15,75
Gesamtglukose	(37)	38,2 \pm 7,9	18,59 — 53,03

Tabelle 3

Jahresmittelwerte von Picein und p-Hydroxyacetophenon in den Nadeln des Testbaumes (aus den in Abb. 3 angegebenen Einzelwerten berechnet).

		mg/g Frischgewicht	
Jahrgang		M \pm s	Extremwerte
Picein	1	4,68 \pm 2,82	0 — 13
	2	5,57 \pm 3,12	3 — 20
	3	7,35 \pm 2,92	2 — 17
	4	5,40 \pm 2,47	4 — 15
p-Hydroxyacetophenon	1	0,03 \pm 0,01	0,02 — 0,10
	2	0,05 \pm 0,04	0,02 — 0,20
	3	0,09 \pm 0,05	0,06 — 0,28
	4	0,14 \pm 0,07	0,03 — 0,30

wobei allerdings im zweiten und dritten Jahrgang ein kleines Maximum im Monat Juli auftritt. Die Jahresperiodizität der Red-B-positiven Phenole zeigt im wesentlichen den gleichen Verlauf. Die Streuung der Phenolwerte in Nadeln von Bäumen verschiedener Wuchsorte zeigt die Tab. 2.

2. 2. Picein und p-Hydroxyacetophenon

Die Jahresperiodizität von Picein und p-Hydroxyacetophenon ist in Abb. 3 dargestellt. Das Aglukon kommt schon in den frisch ausgetriebenen Nadeln vor, das Glukosid Picein ist dagegen erst in den ca. 4 Wochen alten Nadeln nachzuweisen. Beim Testbaum nahm der mittlere Piceingehalt in den ersten drei Jahren von ca. 6 auf 10 mg/g FG * zu, und sinkt im vierten Nadeln ebenfalls im August ein Maximum auftritt, beim 2. und 3. Jahrgang

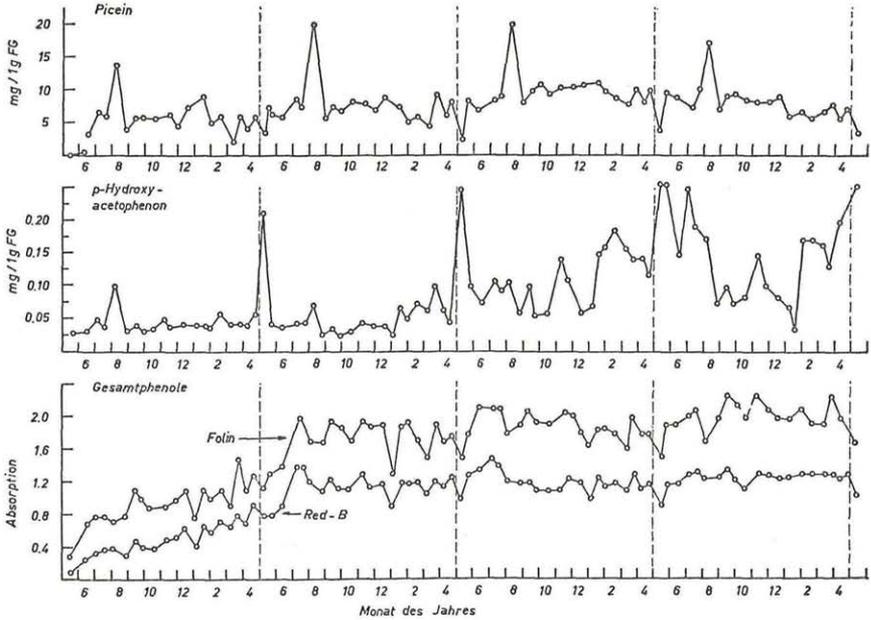


Abb. 3. Jahresperiodizität von Picein, p-Hydroxyacetophenon und Gesamtphenolen in Fichtennadeln.

jedoch schon im Mai. Insgesamt nimmt der p-Hydroxyacetophenon-Wert mit dem Alter der Nadeln stark zu und ist im 4. Jahrgang 3 bis 4 \times so hoch wie im ersten oder zweiten Jahrgang. Der Picein-Wert ist bei verschiedenen Jahrgang wieder auf ca. 7 mg ab (Tab. 3). Alle Nadeljahrgänge zeigen für das Picein eine Jahresperiodizität mit einem ausgeprägten Maximum im August (ca. 20 mg/g FG). Die Jahresperiodizität von p-Hydroxyacetophenon unterscheidet sich insofern von der des Piceins, als zwar bei den jungen Bäumen verschieden groß, bei den überwinterten Nadeln des 1. Jahrganges

* FG = Frischgewicht

fanden wir z. B. in den Monaten Februar bis April Werte zwischen 2,00 und 11,80 mg/g FG (Tabelle 2). Eine extreme Variation zeigt aber p-Hydroxyacetophenon mit Werten zwischen 0,037 und 1,950 mg/g FG (Tabelle 2).

Zur Feststellung der Streuung der Werte an einem Baum wurden die Nadeln des 1. Jahrganges von den verschiedenen Ästen einer ca. 6-jährigen Fichte an einem Tag (2. 10. 1974) untersucht. Bei 16 Ästen, die allseitig annähernd gleichen Lichtverhältnissen ausgesetzt waren, wurden weitgehend konstante Werte gefunden, sie betragen für Picein $10,0 \pm 1,6$ mg/g FG (Extremwerte 8,0; 13,6) und für p-Hydroxyacetophenon $0,11 \pm 0,03$ mg/g FG (Extremwerte 0,07; 0,18). Zwei der unteren Äste waren durch Jungwuchs beschattet und gaben deutlich niedrigere (5,0; 7,0) Werte für Picein. Die Wiederholung dieser Versuche mit einer ca. 15-jährigen Fichte führte ebenfalls zu dem Ergebnis, daß die Streuung der Werte in den Nadeln eines Baumes klein ist.

Der Tagesrhythmus wurde vom 10. bis 11. Sept. 1974 an einer 10-jährigen Fichte (Raum Graz) untersucht. In Intervallen von $4\frac{1}{2}$ Stunden wurden von 6 Uhr morgens bis 18 Uhr des nächsten Tages von ein und demselben Ast Nadeln (1. Jahrgang) gesammelt und innerhalb ca. 30 min analysiert. Für Picein ergab sich dabei ein Mittelwert von ca. $14,7 \pm 0,58$ mg/g FG (Extremwerte 13,2; 15,6), für p-Hydroxyacetophenon von $0,042 \pm 0,006$ mg/g FG (Extremwerte 0,053; 0,056).

3. 3. Glukose

Die Jahresperiodizität von freier Glukose und Gesamtglukose ist in Abb. 4 dargestellt. Der Glukosegehalt der Fichtennadeln ist sehr stark von der Jahreszeit abhängig und zeigt für alle Nadeljahrgänge eine deutliche annuelle Variation mit einem Maximum in den Wintermonaten und einem Minimum zur Zeit des Nadelaustriebes. Der Gesamtglukosegehalt (Glukose, Stärke, Glukoside, etc.) zeigt in etwa die gleiche Periodizität wie die freie Glukose, jedoch sind Maxima und Minima nicht so deutlich ausgeprägt. Die Streuung der Glukosewerte in Nadelproben verschiedener Herkunft ist in Tabelle 2 angegeben.

4. Besprechung der Versuchsergebnisse

Der mittlere Piceingehalt (Jahresmittel) der Fichtennadeln nimmt vom ersten bis zum dritten Jahrgang um 50% zu und fällt im vierten Jahrgang geringfügig ab (Tab. 3). Dies ist in guter Übereinstimmung mit Befunden von DITTRICH 1970 und DITTRICH & KANDLER 1971, wonach Picein einen relativ großen Umsatz und Bildungsmaxima im Frühsommer und Winter hat. Die Tatsache, daß sich der Picein-pool im Winter trotz der erhöhten Neusynthese praktisch nicht verändert, zeigt an, daß gerade in dieser Zeit der scheinbaren Ruhepause Picein-verbrauchende Prozesse ablaufen. Keine

Parallelität besteht zwischen der Jahresperiodizität von Picein und seinem Aglukon p-Hydroxyacetophenon. So tritt zwar bei den diesjährigen Nadeln ein zeitlich übereinstimmendes Konzentrationsmaximum im August auf, die ein- bzw. zweijährigen Nadeln zeigen aber schon im Frühjahr ein kurzfristiges Maximum. Weiters enthalten die frisch ausgetriebenen Nadeln während des ersten Monats kein Picein, wohl aber das Aglukon in eindeutig nachweisbaren Konzentrationen; dies deutet darauf hin, daß in diesem Stadium der Nadelentwicklung die für die Glukosidbildung notwendigen Enzyme noch fehlen. Später überwiegt dann allerdings immer das

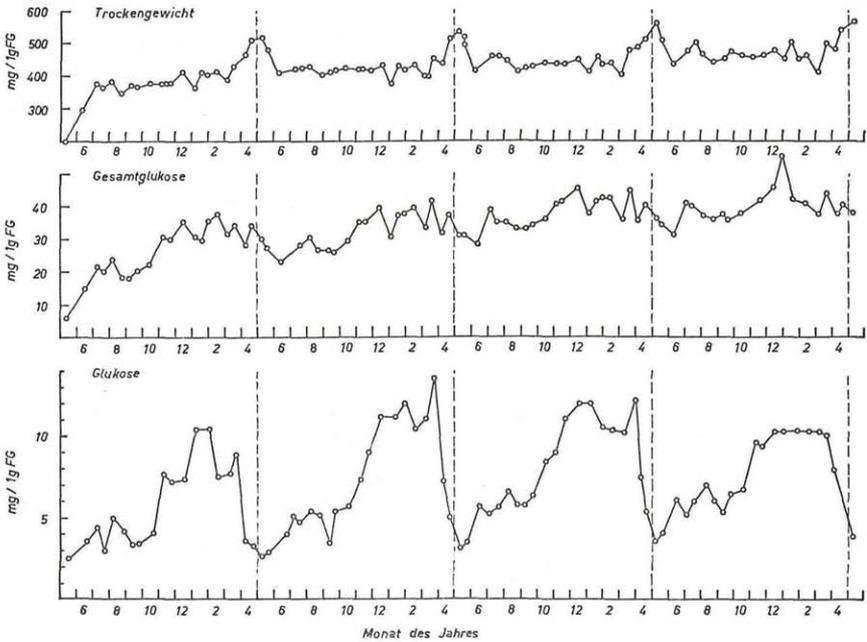


Abb. 4. Jahresperiodizität von freier Glukose, Gesamtglukose und Trockengewicht in Fichtennadeln.

Glukosid, das dann in ca. 10 bis $100 \times$ höheren Konzentrationen vorliegt als das Aglukon. Vorausgesetzt, daß die Fichte allseitig gleichen Lichtverhältnissen ausgesetzt ist, haben Nadeln gleichen Entwicklungszustandes auch annähernd gleichen Picein- bzw. p-Hydroxyacetophenon-Gehalt (BECK 1975). Partielle Beschattung der Nadeln äußert sich in einem niedrigen Gehalt der beiden Substanzen. Der tägliche Wechsel von Licht- und Dunkelperiode hat jedoch keinen nennenswerten Einfluß auf die Konzentra-

tionen (BECK 1975). Diese Konstanz der Konzentrationen gilt aber nur für Nadeln desselben Baumes; vergleicht man dagegen gleichaltrige Nadeln verschiedener Bäume, so findet man sehr unterschiedliche Werte. Beim Picein unterscheiden sich die Extremwerte um den Faktor 6 (Mittelwert \pm Standardabweichung: $6,62 \pm 40\%$), bei p-Hydroxyacetophenon sogar um den Faktor 50 (Mittelwert \pm Standardabweichung: $0,412 \pm 123\%$). Diese Ergebnisse zeigen, daß jene Mechanismen, die den Picein-Umsatz regulieren, zwar in den Nadeln eines Baumes gleich wirksam sind, daß jedoch die absoluten Poolgrößen bei verschiedenen Bäumen sehr verschieden sein können. Welche Faktoren für die Poolgröße wesentlich sind, ist nicht bekannt. Aufgrund der bisherigen Beobachtungen zeigen weder Bäume mit sehr niedrigen noch solche mit sehr hohen Werten an Picein oder Aglukon visuell erkennbare Symptome einer Entwicklungsstörung. In diesem Zusammenhang ist bemerkenswert, daß auch so bedeutende Metabolite wie Glukose (freie wie gebundene) eine erhebliche Streubreite von Baum zu Baum haben (Tab. 2).

Bei der Bestimmung der Gesamtphenole mit dem Folin-Reagens oder mit Red B ist zu berücksichtigen, daß man zwar mit beiden Reagentien unter geeigneten Versuchsbedingungen eine Proportionalität zwischen Intensität des gebildeten Farbstoffes und der Phenolkonzentration im Fichtennadalextrakt findet (Abb. 2), daß jedoch eine Bestimmung des Absolutgehaltes der Phenole nur angenähert möglich ist, weil sich beide Reagentien gegenüber den verschiedenen Phenolen recht unterschiedlich verhalten (Tab. 1). Unter der Annahme eines mittleren Molgewichtes der Phenole von 150 und eines durchschnittlichen molaren Absorptionskoeffizienten von 12200 für Folin-positive bzw. 8400 für Red B-positive Phenole ergibt sich für einjährige überwinterte Nadeln ein Phenolgehalt von etwa 27 mg/g Feuchtgewicht. Trotz aller Unsicherheiten, die der Berechnung zugrunde liegen, zeigt dieser Wert doch eindeutig, daß Picein mit ca. 7 mg/g Frischgewicht keineswegs den Hauptanteil der phenolischen Substanzen darstellt. Die mit Folin bzw. Red B bestimmbaren Phenole nehmen im ersten Jahr der Nadelentwicklung zu und bleiben später verhältnismäßig konstant (Abb. 3). Konzentrationsmaxima wie bei Picein und seinem Aglukon treten nicht auf.

Fichtennadalextrakte zeigen ein UV-Maximum im Bereich von 265–275 nm (Extrakt von 1 g Nadeln in 1 Liter H₂O gibt im Mittel $A = 1,0$, $d = 1$ cm). Mit den Werten der Tab. 2 errechnet sich der Anteil des Piceins ($\lambda_{\max} = 265$ nm, $\epsilon' = 53$) an der Absorption zu 35 %, der des p-Hydroxyacetophenons ($\lambda_{\max} = 275$ nm, $\epsilon' = 102$) zu 4%. Bestimmt man die λ_{\max} -Werte für verschiedene Mischungsverhältnisse von Picein und p-Hydroxyacetophenon, so ergibt sich erst bei einem Aglukonanteil von mehr als 20% eine meßbare (ca. 2 nm) bathochrome Verschiebung des Maximums. Die ursprüngliche Annahme (GRILL 1972), daß die während der Nadelentwicklung im ersten Jahr beobachtete Verschiebung des Maximums

von 265 auf 275 nm auf einer Verschiebung des Picein-Aglukon-Quotienten zugunsten des Aglukons beruht, kann daher nicht aufrechterhalten werden, vielmehr ist anzunehmen, daß für diese spektralen Änderungen die Neubildung anderer UV-absorbierender Substanzen verantwortlich ist.

Der Einfluß der Jahreszeit auf die Konzentration von Kohlenhydraten in Fichtennadeln wurde bereits von mehreren Autoren studiert. Da solche Untersuchungen häufig größere Intervalle in der Probennahme aufweisen und sich außerdem meist auf den ersten und zweiten Jahrgang beschränken, erscheint es gerechtfertigt, hier auch unsere ausführlichen Messungen über die Jahresperiodizität und Streubreite von Glukose und Gesamtglukose kurz zu diskutieren. Glukose und Gesamtglukose haben in den Wintermonaten ein Konzentrationsmaximum, das vor allem bei Glukose sehr deutlich ausgeprägt ist. Über Konzentrationsmaxima verschiedener Kohlenhydrate im Winter berichteten in letzter Zeit auch PARKER 1963, JEREMIAS 1969, DITTRICH 1970, SENSER *et al.* 1971.

Der Standort der Bäume hat einen nicht unerheblichen Einfluß auf den Kohlenhydratgehalt der Nadeln, die Streuung ist jedoch kleiner als bei den Phenolen (Tab. 2). Der Wert für die Gesamtglukose beinhaltet die freie Glukose und die in Sacchariden und Glukosiden gebundene Glukose. Aufgrund unserer Messungen und der von den oben genannten Autoren gebrachten Angaben ergibt sich für die in Tab. 2 angegebene Gesamtglukose von 38 mg/g Frischgewicht folgende Aufteilung: freie Glukose 26%, Glukose gebunden in Saccharose 39%, gebunden in Raffinose 3% gebunden in Picein 10%, gebunden in anderen Verbindungen 22%.

Die Arbeit wurde unterstützt durch eine Subvention des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, Wien.

Schrifttum

- BECK G. 1975. Untersuchungen über Phenole und Kohlenhydrate in Nadeln von *Picea abies*. — Dissertation, Universität Graz.
- BERGMEYER H. U. 1970. Methoden der enzymatischen Analyse. 2. Auflage, Band 2: 1163—1168. Weinheim.
- CLARKE D. D. & NORD F. F. 1955. Simple benzene derivatives. In: PAECH K. & TRACEY M. V. Moderne Methoden der Pflanzenanalyse. Bd. III, 332—350. Berlin—Göttingen—Heidelberg.
- DITTRICH P. 1970. Untersuchungen über den Umsatz sekundärer Pflanzenstoffe in den Nadeln von *Picea abies* L. — Dissertation, Universität München.
- & KANDLER O. 1971. Einfluß der Jahreszeit auf Bildung und Umsatz von Phenolkörpern in der Fichte (*Picea abies* (L.) KARST.) — Ber. dtsh. bot. Ges. 84; 456—472.
- ESTERBAUER H., GRILL D. & BECK G. 1974. Spectrophotometric determination of picein and p-hydroxyacetophenone in needles of *Picea abies* with 2,4-dinitrophenylhydrazine. — Anal. Chem. 46: 789—791.

- GRILL D. 1972. Optische Veränderungen in Homogenisaten SO₂-geschädigter Fichtennadeln. — Intern. J. Environm. Anal. Chem. 1: 293—300.
- HEGNAUER R. 1962, 1973. Chemotaxonomie der Pflanzen. Bd. I, Bd. VI. Basel—Stuttgart.
- HIDA M. 1958. Studies on anthocyanidin and leucanthocyanidin in autumnal red leaves and green leaves of the Conifers. — Bot. Mag. 71: 425—429.
- JEREMIAS K. 1969. Zur winterlichen Zuckeranhäufung in vegetativen Pflanzenteilen. — Ber. dtsh. bot. Ges. 82: 87—97.
- SENSER M., DITTRICH P., KANDLER O., THANBICHLER A. & KUHN B. 1971. Isotopenstudien über den Einfluß der Jahreszeit auf den Oligosaccharidumsatz bei Coniferen. — Ber. dtsh. bot. Ges. 84: 445—455.
- LOWRY H. O., ROSBROUGH N. J., FARR A. L. & RANDALL R. J. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. J. biol. Chem. 193: 265—275.
- PARKER J. 1963. Cold resistance in woody plants. — Bot. Rev. 29: 123—201.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Phyton, Annales Rei Botanicae, Horn](#)

Jahr/Year: 1975

Band/Volume: [17_1_2](#)

Autor(en)/Author(s): Esterbauer Hermann, Grill Dieter, Beck Gerhard

Artikel/Article: [Untersuchungen über Phenole in Nadeln von Picea alba. 87-99](#)