

Phyton (Austria)	Vol. 19	Fasc. 1—2	61—69	2. 11. 1978
------------------	---------	-----------	-------	-------------

Unterschiedliches Photosyntheseverhalten immergrüner Pflanzen in Abhängigkeit von den klimatischen Faktoren¹⁾

Von

Birgit KARTUSCH *)

Mit 2 Abbildungen

Eingelangt am 12. Dezember 1977

Different Patterns of Photosynthesis of Some Evergreen Plants Dependent on the Climatic Factors

Abstract

The CO₂-gas exchange of potted 5-year old cloned spruces (*Picea abies*) and of potted cloned ivy (*Hedera helix*) was measured and the climatic factors of the location were registered too during Octobre 1976 till March 1977. Two places with different amount of light were chosen for *Picea*. *Picea* placed in the shade always was superior to *Picea* of the place well exposed to light in primary production independent of the temperature during the experimental periods. At temperatures over 5° C *Picea* of the place well exposed to light could make good use of the amount of irradiation. The CO₂-gas exchange of *Hedera helix* seemed to be more dependent on temperature than of *Picea*, moreover *Hedera* needed a longer regeneration raising again the photosynthetic capacity after a frost period.

Zusammenfassung

An 5jährigen eingetopften, verklonten Fichten (*Picea abies*) und an eingetopftem, verklontem Efeu (*Hedera helix*) wurden Gaswechsellmessungen gemacht und die klimatischen Faktoren am Standort registriert. Für *Picea* wurden zwei Standorte gewählt, die sich hauptsächlich im Strahlungsangebot unterschieden. Dabei zeigte sich, daß *Picea* am schattigen Standort ständig in der primären Stoffproduktion der Fichte am gut belichteten

*) Dr. Birgit KARTUSCH, Botanisches Institut der Universität für Bodenkultur, Feistmantelstraße 4, A-1180 Wien, Austria.

¹⁾ (Publ.-Nr. 11 der MAB-Projektgruppe Stadtökologie).

Standort überlegen war, unabhängig von den herrschenden Temperaturen. Bei Temperaturen über 5° C stieg für die Fichte am gut belichteten Standort die Möglichkeit, die gebotene Strahlungsmenge besser ausnutzen zu können. *Hedera helix* schien in der Photosyntheseleistung stärker von den herrschenden Temperaturen abhängig zu sein als *Picea*, außerdem brauchte *Hedera* eine längere Erholungszeit als *Picea* nach einer längeren Frostperiode, um die Photosyntheseleistung wieder steigern zu können.

1. Einleitung

Im Rahmen des internationalen Programms „Man and the Biosphere“ (MAB) werden ökologische Langzeituntersuchungen an verschiedenen Bäumen und Sträuchern an zwei verschieden exponierten bzw. anthropogen belasteten Standorten im Stadtgebiet von Wien durchgeführt. Am Beispiel von *Picea abies* und *Hedera helix* sollen Meßdaten von Temperatur, Licht, relativer Luftfeuchtigkeit mit gleichzeitigen CO₂-Gaswechsellmessungen während der Monate Oktober 1976 bis März 1977 in einem vom Verkehr fast unbeeinflussten Gebiet deutlich machen, wie die immergrünen Pflanzen die klimatischen Bedingungen ihres Standorts unter natürlichen Bedingungen nutzen.

2. Material und Methode

Die Messungen stammen aus dem Garten der Universität für Bodenkultur in Wien. Die Gaswechsellmessungen wurden an etwa 5jährigen verklonten Fichten durchgeführt; sie waren vor vier Jahren in Töpfe verpflanzt worden, die dann in den Boden eingesenkt wurden. Auch bei der zum Vergleich herangezogenen Immergrünen, *Hedera helix*, handelte es sich um seit vier Jahren eingetopftes, verklontes Material. Gleichzeitig mit den CO₂-Gaswechsellwerten (URAS, H. & B.) wurden klimatische Faktoren am Standort (Einstrahlung, Temperatur in der Küvette, relative Luftfeuchtigkeit) registriert (Aufbau und Beschreibung der Station siehe KARTUSCH, 1976).

Für die Versuche an *Picea abies* wurden zwei Standorte im Garten ausgewählt, die sich hauptsächlich durch ein unterschiedliches Lichtangebot auszeichneten. Die Versuchsplätze waren nur wenige Meter voneinander entfernt, die übrigen klimatischen Faktoren waren besonders zur gewählten Meßperiode an den zwei Standorten kaum verschieden. *Hedera helix* wurde während der Meßperiode am gut belichteten Standort gehalten.

Die CO₂-Gaswechsellmessungen wie auch die Registrierung der Klimadaten erfolgte im Abstand von 2 Minuten auf Lochstreifen, so daß innerhalb von 12 Minuten die 6 URAS-Meßstellen und die übrigen angeschlossenen Fühler erfaßt wurden. Für die weitere Auswertung wurden Stundenmittel aus je 5 Werten zur Beschreibung des CO₂-Gaswechsels und des dazu-

gehörenden Mikroklimas am Standort herangezogen. Jede Meßserie dauerte 52—54 Stunden, davon wurden 48 Stunden für jeden Versuch verwendet. Die Lochstreifen wurden in den Rechenzentren der Universität Wien und der Universität für Bodenkultur ausgewertet.

3. Ergebnisse

Während der Monate Oktober 1976 bis März 1977 wurden 14 Meßserien durchgeführt. Die wichtigsten Daten, die das Mikroklima am Standort charakterisieren, werden in den Tabellen 1 und 2 dargestellt. Die drei Standorte sind mit a) *Picea abies* — gut belichteter Standort, b) *Picea abies* — schattiger Standort und c) *Hedera helix* — gut belichteter Standort gekennzeichnet. Die Werte in den Klammern geben das Maximum bzw. das Minimum innerhalb der jeweiligen Meßserie an.

3.1. Herbstperiode

In den ersten 4 Wochen der Meßperiode zeigte *Picea* am sonnigen Standort eine ziemlich gleichbleibende Photosyntheseleistung bei relativ wenig schwankenden klimatischen Bedingungen (Abb. 1). Die Fichten, die Anfang Oktober in den Schatten gebracht worden waren, reagierten zunächst mit äußerst geringer CO_2 -Aufnahme, erst nach drei Wochen stieg die Photosyntheseleistung deutlich an. Die Dunkelatmung änderte sich bei den Fichten an beiden Standorten innerhalb dieses Zeitraumes kaum. *Hedera* zeigte drei Wochen nach Versuchsbeginn einen deutlichen Abfall in der Photosyntheseleistung. Obwohl die angebotene Lichtmenge etwa die Hälfte des Angebotes während der zwei vorangegangenen Meßserien

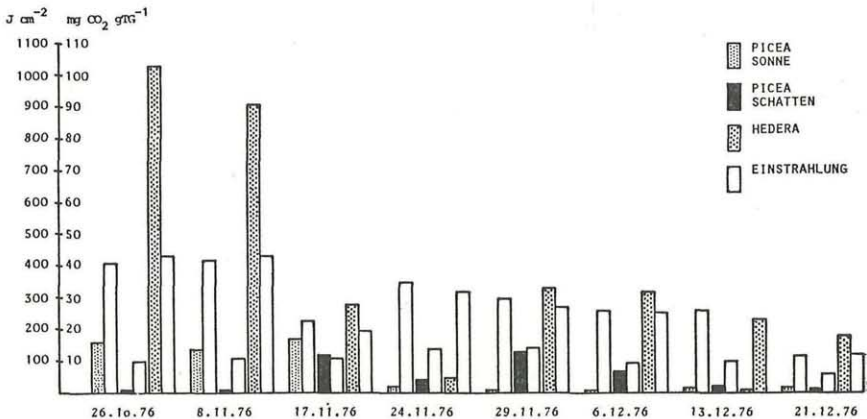


Abb. 1. Summe über 48 Stunden der apparenten Photosynthese von *Picea abies* am beschatteten und gut belichteten Standort sowie von *Hedera helix* während der Herbstperiode 1976. Zum Vergleich sind die Einstrahlungssummen während der einzelnen Meßserien angegeben.

Tabelle 1

Durchschnittstemperaturen (t), durchschnittliche relative Luftfeuchtigkeit (rel. F.) und Einstrahlung während der Herbstperiode 1976, Mittelwerte über jeweils 48 Stunden, Maxima und Minima während der jeweiligen Meßserie in Klammern. a) = am gut belichteten *Picea*-Standort, b) = am beschatteten *Picea*-Standort, c) = am *Hedera*-Standort (gut belichtet).

Meßserie	t (Max.—Min.) °C	rel. F. (Max.—Min.) %	Strahlungs- summe (48 h) J.m ⁻²	Einstrahlungs- maximum W.m ⁻²
20. 10.—	7,0	86	a) 407,0	239,6
22. 11. 76	(12,0—3,0)	(91—68)	b) 100,5 c) 432,1	34,9 286,1
8. 11.—	7,0	87	a) 419,5	160,5
10. 11. 76	(12,0—3,0)	(92—70)	b) 110,5 c) 427,1	34,9 286,1
17. 11.—	5,5	87	a) 226,1	83,7
19. 11. 76	(6,5—4,5)	(90—79)	b) 110,5 c) 195,9	34,9 76,8
24. 11.—	1,8	69	a) 347,1	146,5
26. 11. 76	(4,9—0,4)	(96—64)	b) 140,7 c) 316,5	34,9 125,6
29. 11.—	3,2	84	a) 293,8	97,7
1. 12. 76	(9,5——1,0)	(97—77)	b) 140,7 c) 269,8	41,9 160,5
6. 12.—	4,0	91	a) 258,7	90,7
8. 12. 76	(10,0—1,3)	(98—78)	b) 94,6 c) 248,7	34,9 160,5
13. 12.—	—0,5	94	a) 258,7	111,7
15. 12. 76	(1,0——1,5)	(99—83)	b) 100,8 c) 233,6	34,9 97,7
21. 12.—	2,0	92	a) 113,0	69,8
23. 12. 76	(4,6—0,3)	(98—81)	b) 60,3 c) 118,1	20,9 55,8

betrug, fiel die Photosyntheseleistung bei Temperaturen um 5° C um mehr als zwei Drittel ab. Die Dunkelatmung blieb während der drei Meßserien fast gleich. In den anschließenden Wochen der Herbstperiode änderte sich dieses Bild. Das Photosynthesevermögen der Fichten am schattigen Standort stieg zu dieser Zeit erheblich, obwohl sie auch jetzt bei Durchschnittstemperaturen zwischen 4° und —0,5° C ständig etwa die Hälfte oder noch weniger der Strahlungsmenge geboten bekamen als die Fichten am gut mit Licht versorgten Standort. Diese reagierten besonders empfindlich auf

Temperaturen, die unter 4°C schwankten. Bei Temperaturen unter 4°C konnten sie offensichtlich die ihr gebotene Strahlungsmenge nur noch wenig nutzen, während die CO_2 -Aufnahme der Fichten am schattigen Standort von diesen Temperaturen noch nicht so stark beeinflusst wurde. Für *Hedera helix* schien 2°C eine kritische Temperatur darzustellen. Temperaturen, die unter diesen Wert fielen, beeinflussten die CO_2 -Aufnahme deutlich. Die Nachwirkungen des Klimas der vorangegangenen Tage schienen allerdings auf die Photosyntheseleistung stärkeren Einfluß auszuüben als dies nach höheren Temperaturen der Fall war.

3.2. Winterperiode

Wegen ungünstiger Witterungsverhältnisse (Schneefall und stärkerer Frost) wurden im Januar 1977 keine Messungen durchgeführt. Die ersten Messungen nach dieser Periode Anfang Februar ergaben bei *Picea* (am gut belichteten Standort) und bei *Hedera* trotz guter Einstrahlung und

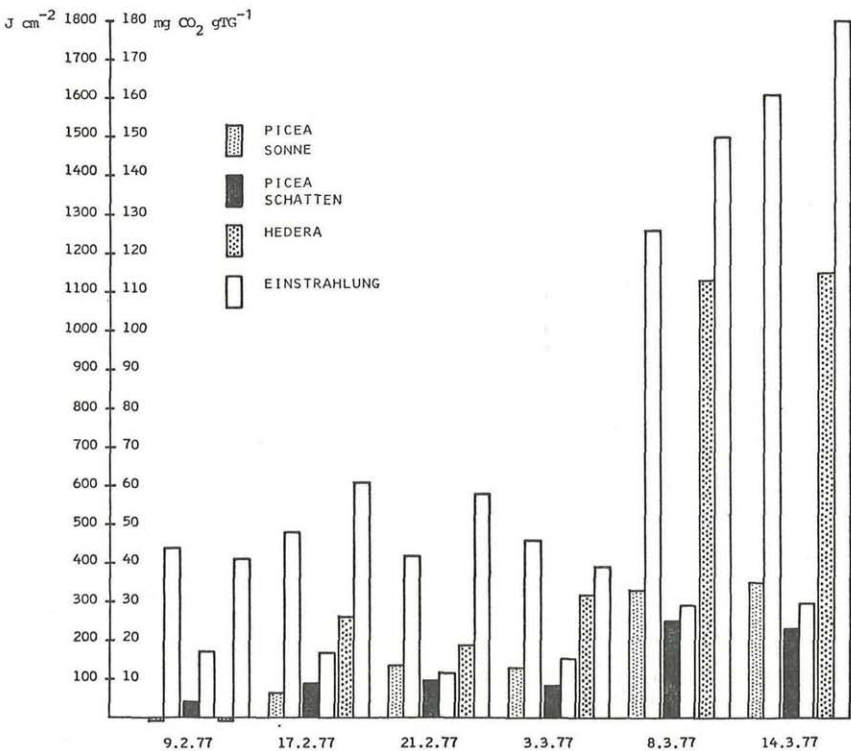


Abb. 2. Summe über 48 Stunden der apparenten Photosynthese von *Picea abies* am beschatteten und gut belichteten Standort sowie von *Hedera helix* während der Winterperiode 1977. Zum Vergleich sind die Einstrahlungssummen während der einzelnen Meßserien angegeben.

Tabelle 2

Durchschnittstemperaturen (t), durchschnittliche relative Luftfeuchtigkeit (rel. F.) und Einstrahlung während der Winterperiode 1977. (Nähere Erklärungen vgl. Tabelle 1)

Meßserie	t (°)	rel. F. (%)	Strahlungs-	Einstrahlungs-
	(Max.—Min.) °C	(Max.—Min.) %	summe (48 h) J.m ⁻²	maximum W.m ⁻²
9. 2.—	4,8	90	a) 442,1	125,6
11. 2. 77	(10,8—0,7)	(98—65)	b) 168,3	48,6
			c) 406,1	167,5
17. 2.—	3,3	90	a) 482,3	230,3
19. 2. 77	(8,0—0,0)	(100—63)	b) 168,3	48,9
			c) 605,4	446,6
21. 2.—	6,0	83	a) 417,0	244,2
23. 2. 77	(13,6—5,3)	(98—57)	b) 118,1	34,9
			c) 582,8	446,6
3. 3.—	8,3	85	a) 462,2	202,4
5. 3. 77	(12,9—5,0)	(97—67)	b) 155,8	48,9
			c) 389,4	202,36
8. 3.—	8,5	85	a) 1266,1	362,9
10. 3. 77	(14,9—3,9)	(95—65)	b) 293,9	83,7
			c) 1507,3	446,6
14. 3.—	8,2	73	a) 1663,0	474,5
16. 3. 77	(16,5—0,7)	(94—50)	b) 296,4	83,7
			c) 1959,4	551,3

Temperaturen um 4,5° C negative Tagesbilanzen der apparenten Photosynthese, d. h., es wurde am Tag weniger CO₂ fixiert als in der Nacht freigesetzt wurde (Abb. 2). Die Fichten, die seit Oktober im Schatten gehalten worden waren, wiesen dagegen positive Bilanzen auf. Auch Mitte Februar blieb die Fichte im Schatten in ihrem Photosynthesevermögen jenen vom gut belichteten Standort überlegen. Vom 21. 2. bis zum Ende der Meßperiode im März änderte *Picea* mit steigenden Temperaturen und steigenden Einstrahlungsmengen ihr Verhalten wieder. Die Fichten am besonnten Standort konnten die gebotene Strahlung bei Temperaturen zwischen 8° und 12° C wieder besser ausnutzen und steigerten ihre Photosyntheseleistung. Sie fixierten von dieser Zeit an wieder größere Mengen an CO₂ als die Fichten im Schatten. Betrachtet man allerdings das Verhältnis von gebotener Strahlungsmenge zur Photosyntheseleistung, so bleibt die im Schatten gehaltene Fichte jener vom gut belichteten Standort in ihrer Photosyntheseleistung auch weiterhin überlegen. Vom 17. 2. bis 5. 3. zeigte der Efeu bereits wieder eine gesteigerte Photosyntheseleistung, doch wurden

die während der Herbstperiode unter ähnlichen klimatischen Verhältnissen fixierten CO_2 -Mengen noch nicht erreicht. Ab Mitte März stieg die Photosyntheseleistung stark an, die Temperaturen lagen zu dieser Zeit über 10°C , und die Einstrahlung war gegenüber den vorangegangenen Meßserien auf fast das Vierfache angestiegen.

4. Diskussion

Durch die Wahl zweier Standorte, die sich hauptsächlich durch ein unterschiedlich hohes Strahlungsangebot bei sonst fast gleichen klimatischen Bedingungen am Standort unterschieden, sollte versucht werden, den Einfluß des Lichtes und der Temperatur auf den CO_2 -Gaswechsel von *Picea abies* zu erfassen. Zum Vergleich wurden Messungen an *Hedera helix* herangezogen, die während dieser Meßperiode am gut belichteten Standort gehalten wurde.

Es zeigte sich, daß die vom gut belichteten Standort in den Schatten gebrachten Fichten etwa drei Wochen brauchten, um sich in Bezug auf ihre Photosyntheseleistung an den neuen Standort anzupassen. Einige Töpfe wurden am 10. 10. 76 an den schattigen Standort gestellt, wo sie in der Folge verblieben. *P. abies* reagierte auf diese Umstellung zunächst mit einer extrem niedrigen Photosyntheseleistung und Dunkelatmung.

Vom 17. 11. 76 bis 3. 3. 77 war die Einstrahlungssumme pro 48 Stunden am gut belichteten Standort durchwegs 2–3 mal so hoch wie jene am beschatteten Standort. Vor und nach dieser Zeit war dieser Unterschied sogar noch größer, im März stieg er bis zum 6,5fachen. Es zeigte sich, daß die im Schatten gehaltenen Fichten weniger Licht weit besser ausnutzen konnten, und zwar unabhängig von den am Standort zu dieser Periode herrschenden Temperaturen (PISEK & WINKLER 1959). SCHULZE 1970 kam zu ähnlichen Ergebnissen bei Schatten- und Sonnenblättern der Buche.

Die Messungen vom 9. 2. — 11. 2. 77, die nach einer Schnee- und Frostperiode im Januar 1977 registriert wurden, müssen wohl als Erholungsphase gedeutet werden und sind nicht auf überhöhte Temperaturen relativ zur gebotenen Lichtintensität zurückzuführen (HEATH 1972). Wie aus der Literatur bekannt, werden Änderungen in der Photosyntheseleistung durch Frostnachwirkungen nicht durch enzymatische Vorgänge hervorgerufen, wie dies nach Hitzestreß der Fall ist (ALBRECHT 1972), sondern sie sind durch verzögertes und unvollständiges Öffnen der Spaltöffnungen bedingt (BAUER, ÖAPP-Vortrag 1977). Gleichzeitig kann man aber auch aus den Werten der Dunkelatmung der am gut belichteten Standort gehaltenen Fichten und des Efeus erkennen, daß die Dunkelatmung nach Frosttagen gesteigert wird. *Picea* und *Hedera* haben noch eine positive Photosyntheseleistung zu bieten, doch ist die Dunkelatmung stärker als die Photosynthese, so daß eine negative Bilanz für die apparente Photosynthese nach 48 Stunden aufscheint (PISEK & WINKLER 1958).

Steigen die Temperaturen wieder über 5°C an, so kann die gebotene Strahlungsmenge besser genutzt werden, wie die Versuchstage vom 17. 2.—19. 2. 77 und 3. 3.—5. 3. 77 zeigen. Besonders die Fichte am gut belichteten Standort steigert ihre Photosyntheseleistung deutlich. Stärker als *Picea* scheint *Hedera* in ihrer Photosyntheseleistung von der Temperatur abhängig zu sein. Temperaturen von $+2^{\circ}\text{C}$ sind bei verhältnismäßig hoher Einstrahlung im November für den Efeu zu wenig, um die Strahlungsmenge noch gut ausnutzen zu können, während 5°C genügen, um niedrige Strahlungsmengen besser nutzen zu können. Nach längeren Frostperioden braucht *Hedera* offensichtlich eine längere Erholungszeit als *Picea*, um die gebotene Strahlungsmenge wieder gut ausnutzen und die Herbstwerte an fixiertem CO_2 erreichen zu können. Fallen die Temperaturen unter den Gefrierpunkt ab, so war bei den untersuchten Pflanzen die Photosyntheseleistung deutlich gehemmt bzw. kam sie zum völligen Stillstand.

Allgemein war *Hedera* während der Meßperiode vom Oktober bis März *Picea* in der primären Stoffproduktion ständig überlegen, mit Ausnahme bei Temperaturen unter 0°C und zum Beginn der Erholungsphase nach einer Frostperiode. Zu dieser Zeit war die Fichte am schattigen Standort in ihrer Photosyntheseleistung schwach überlegen (LARCHER 1961).

Die dargestellten Ergebnisse zeigen, daß die Photosyntheseleistung nicht durch einen einzigen klimatischen Standortsfaktor allein bestimmt wird, sondern unter ständiger Wechselwirkung zwischen Einstrahlung und Temperatur zustandekommt.

Danksagung

Dem Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung in Österreich (Projekt-Nr. 1465), der Kommission für Ökologie der Österreichischen Akademie der Wissenschaften und dem Magistrat der Stadt Wien sei für die Unterstützung der Arbeit gedankt.

Ein besonderer Dank gilt auch Frau Monika KLEIBER, Rechenzentrum der Universität für Bodenkultur, sowie Herrn Dr. Dieter KÖBERL, Rechenzentrum der Universität Wien, für ihre ständige Hilfsbereitschaft bei der Auswertung der Meßdaten.

Literatur

- ALBRECHT E. 1972. CO_2 -Gaswechsel und Hill-Aktivität von *Hedera helix* L. im Jahresverlauf unter Berücksichtigung klimatischer Faktoren. Photosynthetica 6: 240—246.
- BAUER H. 1977. Begrenzung des Photosynthesevermögens durch Temperaturstreß. — ÖAPP-Symposium, September 1977 Salzburg.
- HEATH O. V. S. 1972. Physiologie der Photosynthese. — Georg Thieme Verlag Stuttgart.
- KARTUSCH B. 1976. Gaswechsellmessungen an stadtbewohnenden Pflanzen. — S.-S. Österr. Akad. d. Wiss., math.-naturwiss. Kl., Abt. I., 185: 239—247.

- LARCHER W. 1961. Jahresgang des Assimilations- und Respirationsvermögens von *Olea europaea* L. ssp. *sativa* HOFF. et LINK, *Quercus ilex* L. und *Quercus pubescens* WILLD. aus dem nördlichen Gardaseegebiet. — *Planta* 56: 575—606.
- PISEK A. & WINKLER E. 1958. Assimilationsvermögen und Respiration der Fichte (*Picea excelsa* LINK) in verschiedener Höhenlage und der Zirbe (*Pinus cembra* L.) an der alpinen Waldgrenze. — *Planta* 51: 518—443.
- PISEK, A. & WINKLER E. 1959. Licht- und Temperaturabhängigkeit der CO₂-Assimilation von Fichte (*Picea excelsa* LINK), Zirbe (*Pinus cembra* L.) und Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.). — *Planta* 53: 532—550.
- SCHULZE E.-D. 1970. Der CO₂-Gaswechsel der Buche (*Fagus silvatica* L.) in Abhängigkeit von den Klimafaktoren im Freiland. — *Flora* 159: 177—232.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1978

Band/Volume: [19_1_2](#)

Autor(en)/Author(s): Kartusch Birgit

Artikel/Article: [Unterschiedliches Photosyntheseverhalten immergrüner Pflanzen in Abhängigkeit von klimatischen Faktoren. 61-69](#)