Atmosphärische CO_2-Konzentrationserhöhung und Kohlenhydratgehalte von Buchenblättern

Bettina Lenz, Dieter Overdieck & Manfred Forstreuter (Berlin)

Synopsis

Young beech saplings (*Fagus sylvatica L.*) grew for three years at ambient ((≈350 µmol mol $^{-1}$, control) or elevated (≈700 µmol mol^{-1}) CO_2-concentration in four chambers which were climatised according to outside conditions. The leaves were divided in shade-leaves, sun-leaves and second-flush-leaves according to morphology and height in the canopy. The contents of D-glucose, D-fructose, sucrose and starch were determinated enzymatically and expressed on leaf dry mass basis.

In the three leaf-layers, sucrose- and starch contents increased from the lowest to the highest leaf-layer, but those of D-glucose and D-fructose decreased. D-glucose-, D-fructose- and sucrose-contents were not significantly different between the CO_2-treatments whereas starch contents were increasingly higher from shade- to sun- to second-flush-leaves.

Starch contents of sun-leaves showed diurnal courses with optima around 3 p.m. At 700 µmol mol^{-1} CO_2 the starch level of the diurnal course was distinctly higher than in the control without complete reduction during night.

Starch contents of plants from outside (juvenile and adult) were approximately the same as at 350 µmol mol^{-1} inside the chamber, but starch contents at 700 µmol mol^{-1} CO_2 were significantly higher.

Thus, in beech elevated CO_2-concentration leads to a higher starch accumulation in leaves (particular in second-flush-leaves, which were formed in the main vegetation period). This could be caused by nearly unchanged steady-state-levels of monosaccharids from photosynthesis and constant levels of sucrose-transport to other parts of the plant.

CO_2, Kohlenhydratgehalte, Blattypen, Tagesgang
CO_2, carbohydrate-contents, leaf-types, diurnal course

1. Einleitung

Aus zahlreichen Langzeit-Untersuchungen über die direkten Wirkungen atmosphärischer CO_2-Konzentrations-Erhöhung auf Kräuter und Holzpflanzen geht hervor, daß deren Blätter bezogen auf die Flächeneinheit schwerer werden; d. h. dort akkumuliert mehr Substanz bei erhöhtem CO_2-Angebot (kleinere Spezifische Blattfläche). So nimmt auch der Kohlenstoffgehalt der Blätter vieler Arten im Verhältnis zum N-Gehalt stärker zu.

Deutet dies daraufhin, daß in den Assimilationsorganen größere C-Quellen für die Verlagerung von Photosynthese-Produkten in die C-Senken Stämme und Wurzeln zur Verfügung stehen?

In einem ersten Teilschritt haben wir daher die Gehalte an D-Glucose und D-Fructose, die des Transportzuckers Saccharose und des Speicherzuckers Stärke von Buchenblättern bestimmt, die sich bei erhöhter CO_2-Konzentration entwickelt hatten.

2. Material und Methoden

1. Versuchsansatz

Eineinhalb Jahre alte Buchen (*Fagus sylvatica L.*) wuchsen in kleinen Beständen (1. Jahr n=49, 2. Jahr n=36, 3. Jahr n=25) in nach Außenbedingungen klimatisierten Kammern drei Jahre lang unter normaler (≈350 µmol mol^{-1}) und erhöhter (≈700 µmol mol^{-1}) CO_2-Konzentration heran (FORSTREUTER 1993, OVERDIECK 1993).

A) Im 3. Begasungsjahr (20.9.1993) wurden Blätter der juvenilen Bestände (350 µmol mol^{-1} LAI= 4,0; 700 µmol mol^{-1} LAI = 6,2) aus drei Ebenen entnommen. Die Blätter wurden je nach Entnahmeort und Blattyp in Schattenblatt, Sonnenblatt und Jahrestriebblatt unterteilt.

2. Versuchsansatz

Seit Mai 1994 wurden gleichaltrige Buchen unter der Konzentration der Umgebungsluft (≈350 µmol mol^{-1}) und erhöhter (≈700 µmol mol^{-1}) CO_2-Konzentration herangezogen.

B) Zur Bestimmung der Kohlenhydratgehalte von Sonnenblättern im Tagesgang (29.6.1994) wurden Proben (n=3) der juvenilen Buchenbestände unter 350 µmol mol^{-1} und 700 µmol mol^{-1}, jeweils um 3, 9, 12, 15 und 21 Uhr (MEZ) entnommen.

C) Die Kohlenhydratgehalte der juvenilen Buchen aus einer Freilandkontrolle und einer ca. 90-jährigen Altbuche wurden untereinander verglichen.

Jede Probe bestand aus 5 Buchenblättern, die zu einer Mischprobe zusammengefaßt wurden. Sie wurden direkt nach der Entnahme in flüssigem Stickstoff

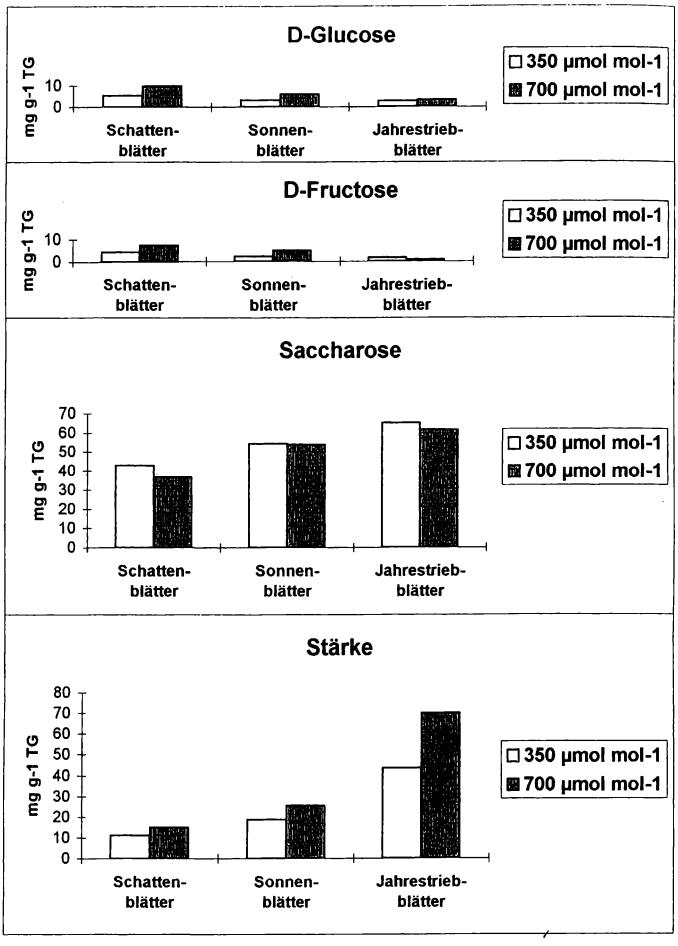

Abb. 1
Kohlenhydratgehalte in verschiedenen Blattypen bei unterschiedlicher CO_2-Konzentration.
(TG = Trockenmasse; CO_2 in µmol mol^{-1})

Fig. 1
Carbohydrate-contents in different types of leaves at different CO_2-concentrations.
(TG = dry mass; CO_2 in µmol mol^{-1})

eingefroren, anschließend gefriergetrocknet und jeweils zusammen vermahlen. Das Blattmaterial wurde einer 80%-igen Ethanolextraktion unterzogen, abzentrifugiert, und aus dem Überstand D-Glucose, D-Fructose und Saccharose enzymatisch bestimmt. Das Sediment wurde nach dem Waschen mit 80%-igem Ethanol in Wasser aufgenommen und autoklaviert. Nach dem Abzentrifugieren wurde die Stärke aus dem Überstand enzymatisch bestimmt. Es wurden jeweils Doppelbestimmungen durchgeführt.

Die Kohlenhydratgehalte wurden auf die Trockenmasse (85°C) der Blätter bezogen.

3. Ergebnisse

A) In den einzelnen Blattypen zeigten die Gehalte an D-Glucose, D-Fructose und Saccharose zwischen den CO_2-Stufen keine Unterschiede. Die Stärkegehalte in den Buchenblättern unter 700 µmol mol^{-1} waren dagegen deutlich höher, wobei sie von Schatten- zu Sonnen- und Jahrestriebblatt zunahmen (Abb.1).

B) Auch im Tagesgang (Abb.2) wiesen die Gehalte an D-Glucose, D-Fructose und Saccharose keine signifikanten Unterschiede zwischen den CO_2-Stufen auf, wobei die Monosaccharid-Gehalte unter 700 µmol mol^{-1} aber im Trend erhöht waren. Signifikant höhere Stärkegehalte wurden in den Buchenblättern unter 700 µmol mol^{-1} gegenüber der Kontrolle (350 µmol mol^{-1}) gemessen. Die Stärkegehalte, gemessen zu den o.g. Zeitpunkten, ließen einen deutlichen Tagesgang erkennen, wobei um 15 Uhr die höchsten Gehalte bestimmt wurden. Im Mittel war der Stärkegehalt in den Buchenblättern bei 700 µmol mol^{-1} um 125 % gegenüber der Kontrolle erhöht.

C) Die Stärkegehalte der Sonnenblätter in den juvenilen Buchen des Freilandes und der adulten Buche ergaben keine signifikanten Unterschiede. Sie waren mit den Gehalten in der Kammer unter 350 µmol mol^{-1} vergleichbar (Abb.3). Die Stärkegehalte in den Sonnenblättern unter 700 µmol mol^{-1} waren signifikant höher gegenüber denen des Freilandes (juvenil und adult) und der Kontrolle in der Kammer (Tab.1).

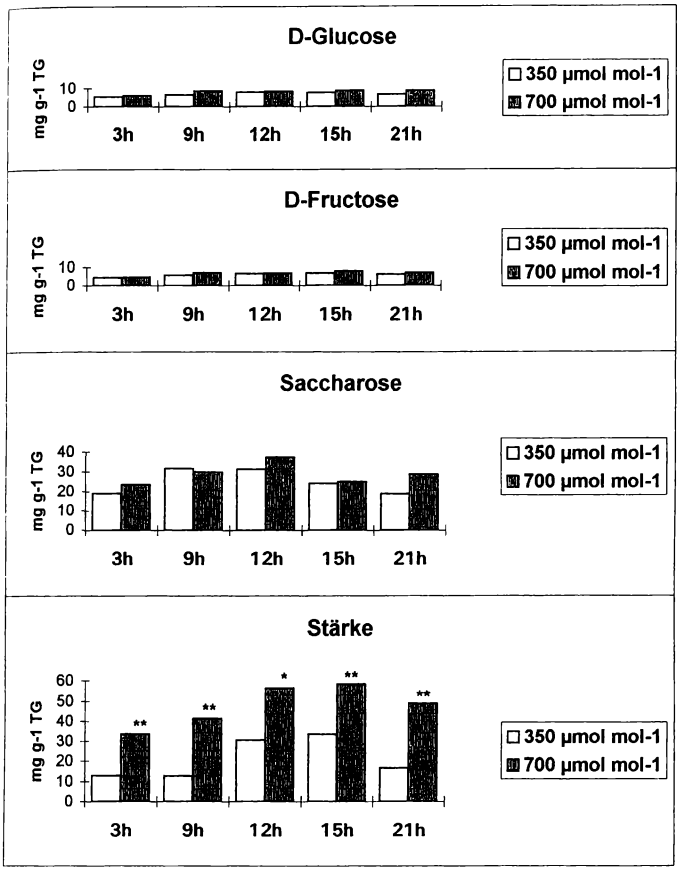

Abb. 2
Kohlenhydratgehalte von Sonnenblättern im Tagesgang bei unterschiedlicher CO_2-Konzentration.
(TG = Trockenmasse; CO_2 in µmol mol^{-1})
Signifikanzniveau (t-test) gegenüber 350 µmol mol^{-1}; n = 3 (Mischproben)
keine Bezeichnung: $\alpha > 0{,}05$, * : $\alpha < 0{,}05$, ** : $\alpha < 0{,}01$

Fig. 2
Carbohydrate-contents of sun-leaves in diurnal course at different CO_2-concentrations.
(TG = dry mass; CO_2 in µmol mol^{-1})
level of significance (t-test) compared with 350 µmol mol^{-1} CO_2; n=3 (mixed probes)
no signature: $p > 0.05$, * : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$

4. Diskussion

Erhöhte CO_2-Konzentrationen führen bei vielen Pflanzen zu größeren CO_2-Netto-Assimilationsraten (z.B. KOCH 1969, von CAEMMERER & FARQUHAR 1981, OVERDIECK 1989). Unsere Ergebnisse zeigen, daß infolgedessen die Monosaccharidgehalte der Blätter zunehmen könnten, eindeutig jedoch die Gehalte an Assimilationsstärke zunehmen. Gleichzeitig unveränderte Gehalte des Transportzuckers Saccharose legen den Schluß nahe, daß der Stärkepool nicht schnell genug für den Aufbau von Substanzen in andere Pflanzenteile entleert wird. Auch nach dem nächtlichen Abbau verbleibt in den Blättern unter 700 µmol mol^{-1} CO_2 mehr Stärke. Es wäre denkbar, daß es bei unveränderten Mono- und Disaccharidgehalten bei der Buche insgesamt nicht zu einer »down-regulation« der Photosynthese auf der transkriptionellen Ebene kommt, wie es für einige an der Photosynthese beteiligten Gene nachgewiesen wurde (Van OOSTEN & al. 1994). Darauf deuten auch Gaswechselmessungen an diesem Bestand hin (FORSTREUTER 1995).

Die im Versuch bei 350 µmol mol^{-1} CO_2 festgestellten Kohlenhydratgehalte liegen in der gleichen Größenordnung wie bei den untersuchten Freiland-Setzlingen und einem adulten Baum. Inwieweit auch die Ergebnisse für 700 µmol mol^{-1} Prognosen für Buchen unter Freilandbedingungen erlauben, muß noch näher untersucht werden.

Danksagung
Für die technische Hilfe gilt unser besonderer Dank Frau E. West. Das Vorhaben wurde aus Mitteln der EG-Kommission gefördert (The likely impact of rising CO_2 and temperature on European forests, R & D, EG-EV 50 CT92-0127).

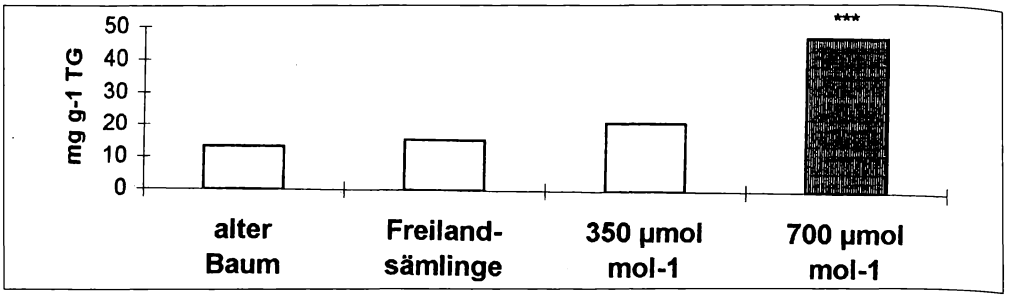

Abb. 3
Stärkegehalte von Sonnenblättern verschiedener Herkunft bei unterschiedlicher CO_2-Konzentration.
(TG = Trockenmasse; CO_2 in µmol mol^{-1})
Signifikanzniveau (t-test) gegenüber 350 µmol mol^{-1}; n = 12 bzw. 15 (Mischproben)
keine Bezeichnung: $\alpha > 0{,}05$, *** : $\alpha < 0{,}001$

Fig. 3
Starch contents of leaves from different origins at different CO_2-concentrations.
(TG = dry mass; CO_2 in µmol mol^{-1})
level of significance (t-test) compared with 350 µmol mol^{-1} CO_2; n = 12 respectively 15 (mixed probes)
no signature: $p > 0.05$, *** : $p < 0.001$

Tab. 1
Kohlenhydratgehalte von Buchenblättern bei unterschiedlicher CO_2-Konzentration [mg g^{-1} Trockenmasse] (CO_2 in µmol mol^{-1}).

Tab. 1
Carbohydrate-contents of beech leaves at different CO_2-concentrations [mg g^{-1} dry mass] (CO_2 in µmol mol^{-1}).

	D-Glucose	D-Fructose	Saccharose	Stärke
350 µmol mol^{-1}	6,8 ± 2,0	5,8 ± 1,4	24,9 ± 6,7	21,2 ± 10,8
700 µmol mol^{-1}	8,1 ± 1,8	6,6 ± 1,5	28,9 ± 5,4	47,7 ± 12,4
	n.s.	n.s.	n.s.	***
Freiland	7,7 ± 1,8	6,6 ± 1,4	39,7 ± 2,8	15,5 ± 4,8
adulter Baum	15,1 ± 3,4	12,7 ± 1,8	55,0 ± 6,2	13,2 ± 4,9

Signifikanzniveau (t-Test) gegenüber 350 µmol mol^{-1}
n.s. : $\alpha > 0{,}05$, ***: $\alpha < 0{,}001$

5. Literatur

von CAEMMERER, S. & G.D. FARQUHAR, 1981: Some relationships between the biochemistry of photosynthesis and the gas exchange of leaves. – Planta 153: 376–387.

FORSTREUTER, M., 1993: Langzeitwirkungen der atmosphärischen CO_2-Anreicherung auf den Kohlenstoff- und Wasserhaushalt von Rotklee-Wiesenschwingelgemeinschaften. Landschaftsentwicklung und Umweltforschung 91: 208 S.

FORSTREUTER, M., 1995: Bestandesstruktur und Nettophotosynthese von jungen Buchen (*Fagus sylvatica L.*) unter erhöhter CO_2-Konzentration. Verh. Ges. Öko. 24: 283–292.

KOCH, W., 1969: Untersuchungen über die Wirkung von CO_2 auf die Photosynthese einiger Holzgewächse unter Laboratoriumsbedingungen. Flora, Abt. B 158: 402–428.

Van OOSTEN, J.-J., WILKINS, D. & R.T. BESFORD, 1994: Regulation of the expression of photosynthetic nuclear genes by CO_2 is mimicked by regulation by carbohydrates: a mechanism for the acclimation of photosynthesis to high CO_2? Plant, Cell and Environment, 17: 913–923.

OVERDIECK, D., 1989: The effects of preindustrial and predicted future atmospheric CO_2 concentration on *Lyonia mariana* L.D. Don. – Functional Ecology 3: 569–576.

OVERDIECK, D., 1993: Erhöhte CO_2-Konzentration und Wachstum junger Buchen (*Fagus sylvatica*). Verh. Ges. Ökol. 22: 431–438.

Adresse

Dipl.Biol. Bettina Lenz, Prof. Dr. D. Overdieck
Dr. M. Forstreuter
Technische Universität Berlin
Institut für Ökologie
Fachgebiet Ökologie der Gehölze
Königin-Luise-Str. 22, D-14195 Berlin

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie

Jahr/Year: 1995

Band/Volume: 24_1995

Autor(en)/Author(s): Overdieck Dieter, Forstreuter Manfred, Lenz Bettina

Artikel/Article: Atmosphärische C02-Konzentrationserhöhung und Kohlenhydratgehalte von Buchenblättern 319-322