

Erhöhte CO₂-Konzentration und Wachstum junger Buchen (*Fagus sylvatica*)

Dieter Overdieck

Synopsis

In acrylic glass cabinets, which were climatized according to outside conditions, stands of beech saplings (n=48) were grown during their 2nd vegetation period in sandy loam without nutrient and water limitation at 350 (~concentration of the ambient air) and at 700 ppm CO₂.

Under the influence of the additional CO₂ supply stem diameter (2 cm above the first lateral roots) was increased by 9,4%, stem height by 7,7%, number of leaves by 3% (insignificantly) and the leaf area by 40% at the end of the vegetation period. Therefore, the leaf area index of the stand at elevated CO₂ concentration was by 0,8 higher.

All dry weights of the main organs were increased: leaf 60%, stem 34%, bud 54%. Roots < 2mm Ø weighed the 1,5-fold and roots > 2mm Ø the 1,7-fold.

Atmosphärische CO₂-Anreicherung, Buche, Wachstum, Trockensubstanz-Akkumulation

1. Einführung

Gesamt-Wachstum, Produktivität und die Trockensubstanz-Akkumulation in vielen Pflanzenorganen kann bei Nutzpflanzen des C₃-Typs im Gewächshaus gesteigert werden, wenn sie bei einer doppelt so hohen CO₂-Konzentration heranwachsen, wie sie derzeit in der Außenluft herrscht (KIMBALL 1983a,b). Es liegt daher nahe, anzunehmen, daß der z. Zt. kontinuierlich fortschreitende Anstieg der troposphärischen CO₂-Konzentration auch im Freiland weltweit in ähnlicher Weise fördernd wirkt.

Es kann jedoch aus den Ergebnissen der in vielen Fällen nur kurzfristigen Untersuchungen (Wochen bis wenige Monate) nicht geschlossen werden, wie Pflanzen reagieren, wenn sie langfristig, d.h. wenigstens für die Dauer einer Vegetationsperiode erhöhten CO₂-Konzentrationsniveaus ausgesetzt sind. Zudem handelt es sich bisher nur in seltenen Fällen um Untersuchungen an Pflanzenbeständen (OVERDIECK 1991) aus miteinander im dichten Zusammenwachsen um alle Ressourcen (Licht, Wasser, Nährstoffe) konkurrierenden Arten. Ein anfänglich positiver CO₂-Effekt könnte sich später stark abschwächen, wenn sich z.B. die Arten im dichter werdenden Bestand mehr und mehr gegenseitig beschatten.

Bei kurzlebigen Kräutern mit schnellem Generationenwechsel ist die Möglichkeit nicht auszuschließen, daß sie sich an eine jährlich um ca. 1,5 ppm steigende CO₂-Konzentration genetisch adaptieren. Dies ist jedoch bei langlebigen Bäumen sehr unwahrscheinlich, in deren individuellem Leben sich die CO₂-Konzentration ihrer Umgebungsluft nahezu verdoppeln könnte. Nach Schätzungen (KIMBALL 1983b, STRAIN & CURE 1986) waren bis dahin weniger als 10% der CO₂-Anreicherungsexperimente mit Holzpflanzen durchgeführt, die global und regional am langfristigsten Kohlenstoff im terrestrischen Kreislauf festlegen und eine bedeutende Senke für zusätzliches CO₂ bilden könnten. Die positive Wirkung angehobener CO₂-Konzentrationen auf die Photosyntheseleistung der Zweige einiger Holzgewächse unter Laboratoriumsbedingungen sind eindeutig nachgewiesen (KOCH 1969). Untersuchungen an dichten Beständen von Holzpflanzen oder gar Wäldern - und sei es nur im Jungaufwuchs - fehlen jedoch bisher völlig. Die Frage, ob Bäume im naturnahen Aufwuchs zusätzlich größere Mengen Kohlenstoff dauerhaft fixieren, wenn sie steigenden CO₂-Konzentrationen ausgesetzt sind, kann daher noch nicht beantwortet werden.

2. Material und Methoden

Für die CO₂-Experimente wurden in der Vegetationsperiode 1991 zwei klimatisierte Mini-Gewächshäuser aus UV-durchlässigem Acrylglas (DIN 16957, RHÖM) und zwei unmittelbar davorliegende Außenbecken benutzt. Die Mini-Gewächshäuser hatten eine Grundfläche von 0,64 m², ein eingeschlossenes Bodenvolumen von 0,38 m³ und ein Luftvolumen von 0,6 m³. Dem Luftstrom(2000 l h⁻¹) durch die beiden Kabinette wurde reines CO₂ mit Hilfe thermischer Massenflußmesser zugemischt und so der Sollwert auf 350 (Kontrolle) und 700 ppm CO₂ gehalten. Das Innenklima wurde durch Kühlsysteme, die sich an den Nordseiten in Aluminium-Gehäusen

befanden über elektronische Regeleinheiten (Eigenbau, Universität Osnabrück, RATHMANN) nach den Außenbedingungen eingestellt. Die Kühler waren über Schläuche mit externen Kühlaggregaten verbunden und von einem Kühlflüssigkeitsgemisch durchströmt. Wichen die mit jeweils einem Pt-100-Widerstandsthermometer (Hartmann & Braun) innen und außen gemessenen Lufttemperaturen voneinander ab, so wurde die Innenluft mit einem Ventilator über den Kühler geblasen und anschließend zur Meßkammer zurückgeführt (modifiziert nach OVERDIECK & BOSSEMEYER 1985, FORSTREUTER 1991, Temperatur $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$; Luftfeuchtigkeit $\pm 15\%$). Die Photonen-Flußdichte der photosynthetisch aktiven Strahlung (PhAR) wurde innerhalb und außerhalb mit Quantensensoren (Li-190 SB, LICOR, Lincoln, Nebr., USA) gemessen. Die Flußdichten waren in den Mini-Gewächshäusern bis zu max. 17% verringert. Die Windgeschwindigkeit wurde im Freiland mit einem Schalenkreuz-Anemometer (Typ 1469, Lamprecht) gemessen und innerhalb der Mini-Gewächshäuser mit einem Ventilator im Bereich 0,5 - 2,5 m s^{-1} , relativ zur Geschwindigkeit außen nachgeregelt. Die Meßdaten wurden als Halbstundenmittelwerte mit Standardabweichungen auf einem PC gespeichert.

Die Bodenteile der Mini-Gewächshäuser und die offenen Becken wurden mit natürlichem, homogenisiertem und nicht zusätzlich gedüngtem Garten-Oberboden mittlerer Güte gefüllt, welcher als sandiger Lehm klassifiziert worden war und ein C/N-Verhältnis von 13:1 aufwies (1,1 g cm^{-3}).

Aus 2000 Baumschul-Buchensetzlingen (*Fagus sylvatica* L.), die zu Beginn 1,5 Jahre alt waren, wurden für jeden Versuchsansatz 48 Exemplare mittlerer Stammhöhe aus der auf Normalverteilung dieser Größe getesteten Gesamtpopulation ausgewählt, in 1,5-l-Plastiksäcke gepflanzt und in den Boden der Mini-Gewächshäuser und offenen Vergleichsbecken gesetzt.

Durch regelmäßiges Gießen mit Leitungswasser wurde die Bodenfeuchtigkeit während des gesamten Versuchszeitraumes konstant auf 20 Gewichtsprozent gehalten.

Von Ende Mai an wurden fünfmal in 4-6-wöchigem Abstand folgende Meßgrößen ermittelt:

- | | | |
|----|---|-------------------|
| 1) | Stammdurchmesser (2 cm oberhalb der ersten Seitenwurzeln) | [mm] |
| 2) | Stammhöhe | [cm] |
| 3) | Blattzahl | |
| 4) | Einfache Blattfläche (viermal) | [cm^2] |

In den Außenbecken wurde die Blattzahl viermal ermittelt. Vom 9.- 16. Okt. wurden aus allen Versuchsansätzen die 6 höchsten Bäume entnommen, schwache und teilweise abgestorbene Bäume entfernt und soviel weitere gesunde Bäume entnommen, daß in jedem Versuchsansatz 36 Bäume verblieben. Folgende Teile der gesunden Bäume wurden getrennt getrocknet und gewogen: Knospen, Blätter, Stämmchen, Wurzeln $\varnothing > 2\text{mm}$, Wurzeln $\varnothing < 2\text{mm}$). Aus diesen Werten wurden das mittlere Gesamtgewicht, die mittleren Gewichte der ober- und unterirdischen Teile berechnet und die Gewichte der einzelnen Organe zueinander ins Verhältnis gesetzt.

Die Unterschiede zwischen den Mittelwerten aller unabhängig voneinander bestimmten Größen wurden statistisch mit Hilfe des t-Tests geprüft.

3. Ergebnisse

Stammdurchmesser

Anfang Juli war der mittlere Stammdurchmesser bei erhöhtem CO_2 -Angebot um 6,8% größer als bei unveränderter Umgebungsluft ($n = 48$; $t = 2,49$; $\alpha < 0,01$). Der Unterschied vergrößerte sich auf 9,4% Anfang August ($n = 48$; $t = 2,73$; $\alpha < 0,01$) und verblieb annähernd auf diesem Niveau. Zwischen den beiden offenen Vergleichsbecken vor den Mini-Gewächshäusern betrug der Unterschied zwischen ihren Mittelwerten zu Beginn 4,5% und nahm bis auf 3,8% im August ab ($n = 48$; $t = 1,16$; $\alpha > 0,05$; Abb. 1).

Stammhöhe

Von Mai bis Juli ließ sich im Mittel kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den sehr variablen Stammhöhen feststellen. Im August waren jedoch die Stämmchen im Mittel bei 700 ppm CO_2 um 7,7%, entsprechend 2,5 cm höher als in der Kontrolle ($n = 48$; $t = 2,1$; $\alpha < 0,05$). Die Mittelwerte der beiden offenen Becken wichen statistisch nicht voneinander ab (Abb. 1a).

Blattzahl

Ein Unterschied zwischen den beiden CO_2 -Konzentrationsniveaus in der mittleren Blattzahl pro Baum war statistisch während des gesamten Versuchs nicht zu sichern. Am Ende der Vegetationsperiode lag der Unterschied

zwischen den Mittelwerten bei 3%. Die Unterschiede zwischen den beiden Außenbecken waren größer als zwischen den Mini-Gewächshäusern (Abb. 1b).

Blattfläche

Für jedes einzelne Blatt von fünf pro Ansatz zufällig ausgewählten Bäumen wurde die einseitige Blattfläche mit Hilfe der folgenden Gleichung berechnet:

$$Y = C_0 + C_1 X$$

$$C_0 = 0,26$$

$$C_1 = 0,67$$

$$X = L_1 L_2$$

L_1 = Blattlänge

L_2 = Breite des Blattes an der breitesten Stelle

[cm]

[cm]

Fagus sylvatica

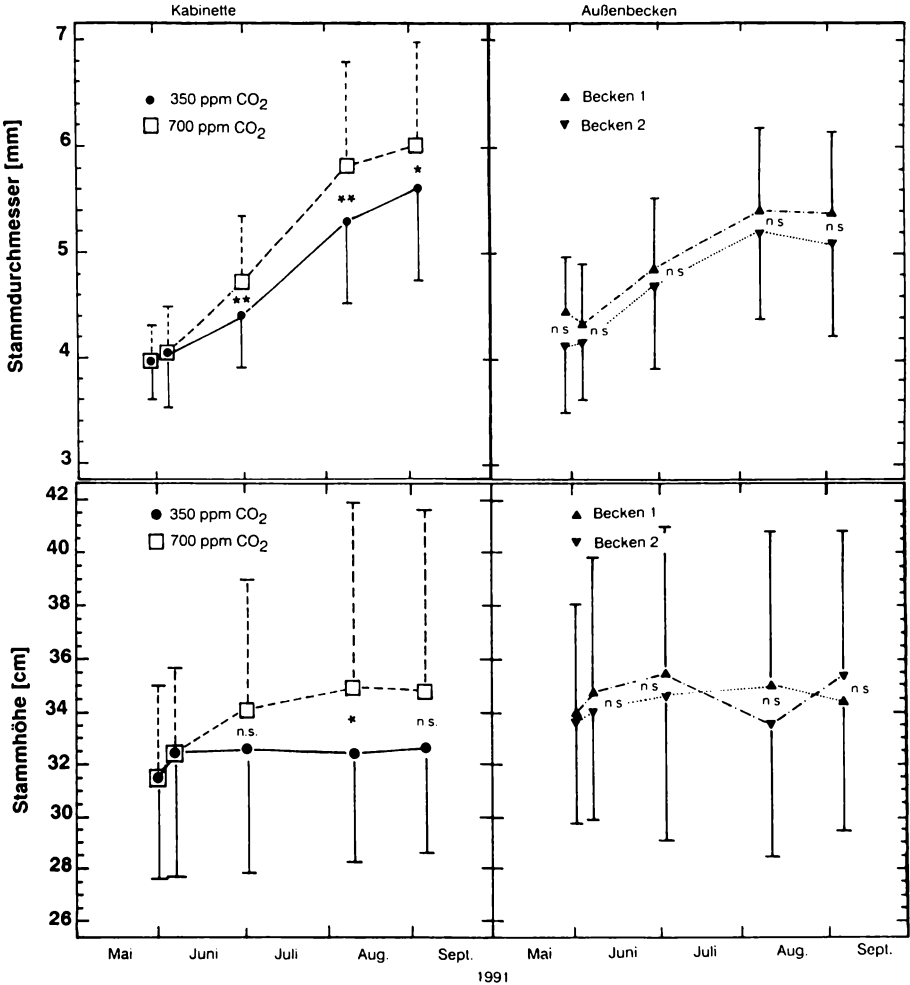


Abb. 1a: Entwicklung des Durchmessers und der Höhe von Buchenstämmchen, der Blattzahl und der einseitigen Blattfläche unter dem Einfluß von während des 3. Jahres unterschiedlichen CO₂-Konzentrationsniveaus in nach den Außenbedingungen klimatisierten Mini-Gewächshäusern (Kabinette) und in Vergleichspflanzungen (Außenbecken); n = 48 Bäume; n.s.: nicht signifikant, (*): signifikant auf dem $\alpha < 0,1$ -Niveau, *: auf dem $\alpha < 0,05$ -Niveau, **: auf dem $\alpha < 0,01$ -Niveau.

Fagus sylvatica

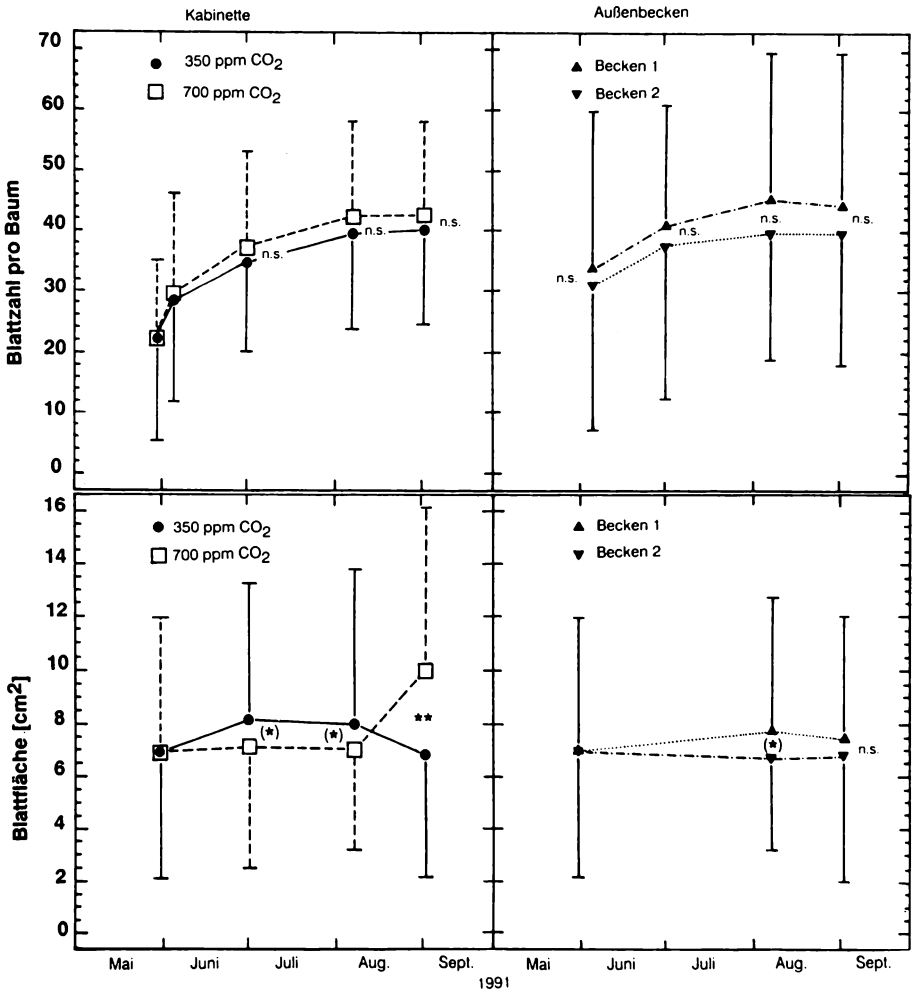


Abb. 1b: Text siehe Abb. 1a.

Bei der Juli-Messung waren die Blätter bei erhöhtem CO₂-Konzentrationsniveau im Mittel um 1 cm² kleiner als in der Kontrolle. Bis August blieben die Mittelwerte etwa gleich. Im September jedoch waren die Blattflächen bei erhöhtem CO₂-Angebot im Mittel 3,2 cm² größer (n = 210 und 155; t = 4,85; $\alpha < 0.01$). Der nicht signifikante Unterschied zwischen den beiden offenen Becken betrug zu diesem Zeitpunkt 0,7 cm².

Blattflächenindex

Während der ersten beiden Monate der Meßperiode war der Blattflächenindex (BFI) bei beiden CO₂-Stufen annähernd auf dem gleichen Niveau: 2,0/2,1 im Juli, 2,3/2,3 im August. Im September wichen die Indices deutlich voneinander ab: 2,2 bei unveränderter Umgebungsluft und 3,0 bei 700 ppm CO₂.

Trockensubstanz

Bei der der Vegetationsperiode abschließenden Ernte von ganzen Bäumchen war das Gewicht der getrockneten Knospen bei erhöhter CO₂-Konzentration um 58% erhöht (Vergleich der sechs wüchsigen Bäume), wobei sich die beiden offenen Außenbecken nicht signifikant voneinander unterschieden. Die Blätter der ausgesonderten Bäumchen wogen durchschnittlich 50% mehr (Tab. 1).

Tab. 1: Gewichte (Trockenmasse) von Pflanzenorganen junger Buchen (3. Jahr) nach einer Vegetationsperiode (Ernte: 1.-2. Oktoberwoche) und daraus berechnete Gesamtgewichte bei unterschiedlichen CO₂-Konzentrations-Niveaus (350 und 700 ppm) in nach den Außenbedingungen klimatisierten Mini-Gewächshäusern und in Vergleichspflanzungen im Freien. n.s.: nicht signifikant, (*): signifikant auf dem $\alpha < 0,1$ -Niveau, *: auf dem $\alpha < 0,05$ -Niveau, **: auf dem $\alpha < 0,01$ -Niveau; n=Anzahl der Bäume.

Trockenmasse [g]							
Organ		CO ₂ -Stufe [ppm]					
		350	α	700	Außen I	α	Außen II
Knospe	n	6		6	6		6
	\bar{x} $\pm s$	0,35 0,07	<0,05 *	0,54 0,15	0,27 0,05	>0,1 n.s.	0,36 0,15
Blatt	n	11		9	9		10
	\bar{x} $\pm s$	1,27 0,65	<0,1 (*)	2,03 0,98	1,38 0,63	>0,1 n.s.	1,41 0,99
Stamm	n	11		9	13		12
	\bar{x} $\pm s$	4,22 0,82	<0,05 *	5,66 1,68	4,01 0,56	>0,1 n.s.	4,22 0,88
Wurzel Ø > 2 mm	n	11		10	13		12
	\bar{x} $\pm s$	5,28 1,36	<0,01 **	8,84 2,69	4,86 1,08	<0,1 n.s.	6,65 2,55
Wurzel Ø < 2 mm	n	11		10	6		6
	\bar{x} $\pm s$	1,50 0,27	<0,01 **	2,22 0,52	2,03 0,54	<0,05 *	1,27 0,53

CO ₂ -Stufe [ppm]	gesamt	oberirdisch	unterirdisch
350	12,62	5,84	6,78
700	19,29	8,23	11,06
Außen I	12,55	5,66	6,89
Außen II	13,91	5,99	7,92

Dieser Unterschied war jedoch nur auf dem $\alpha < 0,1$ -Niveau signifikant. Die Mittelwerte für die Pflanzen aus den beiden außenliegenden Vergleichsbecken unterschieden sich jedoch nicht signifikant voneinander.

Die Stämmchen waren bei erhöhtem CO₂-Angebot im Mittel um 34% signifikant schwerer.

Die Wurzelgewichte wurden in den beiden Größenklassen mit unterschiedlichem Stichprobenumfang ermittelt (vgl. Tab. 1). Die Grobwurzeln waren bei erhöhter CO₂-Konzentration durchschnittlich 67% schwerer. Jedoch auch die mittleren Gewichte der Wurzeln aus den beiden Vergleichsbecken differierten um 37%. Die Feinwurzelmasse (Ø < 2mm) war ebenfalls bei hoch signifikant vermehrt (48%); jedoch auch die Bäumchen aus den beiden äußeren Vergleichsbecken hatten unterschiedliche Feinwurzelgewichte (Diff.: 37%).

Gewichtsverhältnisse

Die spezifische Blattfläche war bei erhöhter CO₂-Konzentration durchschnittlich um 9% geringer (vgl. Tab. 2). Ebenso war pro Einheit Gesamtgewicht 12% weniger Blattfläche vorhanden. Das Blattgewicht war im Mittel geringfügig - im Bereich der Streuungen - im Verhältnis zum Gesamtgewicht erhöht (4%). Relativ zum Stammgewicht war das Blattgewicht um 17% stärker erhöht; relativ zum Wurzelgewicht (gesamte unterirdische Wurzelmasse) war es geringfügig (5%) erniedrigt.

Das Wurzel/Sproß-Verhältnis war durchschnittlich unter dem Einfluß des erhöhten CO₂-Angebotes um 16% zugunsten der Wurzel verändert.

4. Diskussion

Die Arbeitshypothese, daß auch Holzpflanzen - wie z.B. junge Buchen - durch ein erhöhtes CO₂-Angebot zu verstärktem Wachstum angeregt werden, wird durch die vorliegende Untersuchung weitgehend bestätigt. Eindeutig positiv ist der Effekt beim Stammdurchmesser, wohingegen die Höhen der Stämmchen im engen Bestand sehr schwankten und nur eine Tendenz zu verstärktem Längenwachstum erkennen ließen. Bei verschiedenen krautigen Arten ist eine solche Wachstumssteigerung an vielen Pflanzenteilen eindeutig nachgewiesen (APEL 1974, SIONIT & al. 1981, OVERDIECK 1986).

Die mittleren Blattzahlen pro Baum wichen nach einjähriger Begasung so wenig voneinander ab, daß nicht von einem CO₂-Effekt gesprochen werden kann. Dies entspricht den Befunden von REINING (1990), der bei einer ähnlichen Begasungsdauer bei 520 und 670 ppm CO₂ keinen Effekt feststellen konnte. Die Unterschiede liegen

bei dieser Meßgröße innerhalb der Streubereiche, wie sie sich bei verschiedenen Kulturen aus je 48 Individuen ohnehin ergeben können (vgl. Außenbecken).

Tab. 2: Relationen zwischen den mittleren Gewichten (Trockensubstanz) einiger Organe junger Buchen (3. Jahr) nach einer Vegetationsperiode (Ernte: 1.-2. Oktoberwoche) bei unterschiedlichen CO₂-Konzentrations-Niveaus (350 und 700 ppm) in nach den Außenbedingungen klimatisierten Mini-Gewächshäusern und in Vergleichspflanzungen im Freien berechnet aus den Mittelwerten der Trockenmassen [g].

Allometrische Verhältniszahlen	CO ₂ -Stufe [ppm]		Außen (I und II)
	350	700	
Spezifische Blattfläche [cm ² g ⁻¹]	193	176	196
Blattfläche/Gesamtgewicht [cm ² g ⁻¹]	25	22	26
Blattgewicht/Gesamtgewicht [10 ⁻³ g g ⁻¹]	101	105	103
Wurzel-/Sproßverhältnis [10 ⁻² g g ⁻¹]	116	134	126
Blattgewicht/Stammgewicht [10 ⁻² g g ⁻¹]	30	35	34
Blattgewicht/Wurzelgewicht [10 ⁻² g g ⁻¹]	19	18	20
Stammgewicht/Wurzelgewicht [10 ⁻² g g ⁻¹]	62	51	58

Bei vielen Arten - darunter auch verholzte, langlebige Arten wie *Vitis vinifera* - ist bei erhöhten CO₂-Angeboten über ein Anwachsen der einseitigen Blattfläche pro Pflanze und über eine Abnahme der spezifischen Blattfläche berichtet worden (LINDSTROM 1965, KRIEDEMANN & al. 1976, IMAI & MURATA 1976, RAPER & PEE-DIN 1978, WONG 1979, CARLSON & BAZZAZ 1982, SIONIT & al. 1982, WULFF & STRAIN 1982, OVERDIECK 1986). Bei der vorliegenden Untersuchung hat sich möglicherweise dieser Effekt erst am Ende der Vegetationsperiode gezeigt, weil sich dann erst die Werte von den Blättern, die nicht aus Knospen des Vorjahres stammten sondern während der Begasung völlig neu im Juni-Juli gebildet worden waren, auf die Mittelwertberechnung ausgewirkt haben. Die aus Knospen des Vorjahres - ohne CO₂-Begasung - stammenden Blätter könnten nicht oder nur wenig reagiert haben.

Entsprechend der vergrößerten Blattfläche ist auch der Blattflächenindex im vorliegenden Versuch gegen Ende der Vegetationsperiode um etwa eine Einheit bei der angehobenen CO₂-Konzentration erhöht. Dies stimmt mit den Ergebnissen von Untersuchungen an verschiedenen anderen Pflanzenarten - darunter auch *Populus euphratica* - überein (GOUDRIAAN & DE RUITER 1983, JONES & al. 1984, MORISON & GIFFORD 1984, NIJS & al. 1989).

CARLSON & BAZZAZ (1980) fanden bei *Acer saccharinum*, *Populus deltoides* und *Platanus occidentalis* nach 35 Tagen unter 600 ppm um 61, 65 und 13% erhöhte Trockengewichte. ROGERS & al. (1983 a,b), TOLLEY & STRAIN (1984) und SIONIT & al. (1985) untersuchten die Entwicklung des Gesamtgewichtes von *Liquidambar styraciflua* bei CO₂-Konzentrationsniveaus zwischen 350 und 1000 ppm und fanden Zunahmen zwischen 28 und 59%, wobei sich der Effekt bei den höchsten Konzentrationsstufen bereits wieder verringerte. O'NEILL & al. (1987 a) stellten bei *Liriodendron tulipifera*-Sämlingen nach 24 Wochen bei 692 ppm ein um 72,5% gesteigertes Trockengewicht fest, wobei von allen Organen die Wurzeln am stärksten gefördert worden waren (99,3%). NORBY & al. (1986) und O'NEILL & al. (1987 b) wogen Sämlinge von *Quercus alba* nach 30 bzw. 40 Wochen unter 690 ppm CO₂. Das Gesamt-Trockengewicht war gegenüber der Kontrolle um 71% bzw. 85% erhöht, und die Wurzeln waren wiederum am stärksten gefördert. HOLLINGER (1987) stellte bei *Nothofagus fusca* nach 120 Tagen unter 640 ppm CO₂ einen gegenüber der Kontrolle statistisch sicherbaren Unterschied von nur ca. 17% fest. Auch MOUSSEAU & ENOCH (1989) fanden bei *Castanea sativa* einen starken Effekt bei den Wurzeln und eine Gesamt-Gewichtszunahme von 43%. Mit ca. 53% liegt demnach die in der vorliegenden Untersuchung festgestellte Gewichtszunahme im Bereich der bisher beobachteten Effekte bei jungen Bäumen.

Auch die Wirkung auf die Wurzeln ist den zitierten Befunden entsprechend mit ca. 63% etwas stärker als beim Gesamtgewicht.

Bereits THOMAS & HARVEY (1983) berichten über abnehmende spezifische Blattflächen in Abhängigkeit von erhöhten CO₂-Konzentrationen bei *Glycine max*, aber auch bei den Gehölzen *Pinus taeda* und *Liquidambar styraciflua*. Auch die Ergebnisse unserer Untersuchung zeigen diese stärkere Konzentration von Substanz pro Flächeneinheit an. Bei Kräutern kann die Abnahme der spezifischen Blattfläche noch stärker ausgeprägt sein (OVERDIECK & al. 1988).

Da die Blattfläche im Verhältnis zum Gesamtgewicht der Pflanze in der hier vorliegenden Untersuchung beim erhöhten CO₂-Konzentrationsniveau durchschnittlich geringer war, scheinen die jungen Bäume unter diesen Bedingungen eine geringere "Photosynthese-Oberfläche" für ihr Wachstum zu benötigen.

Bei den von uns untersuchten Buchen hatte das Gewicht der Stämmchen unter dem Einfluß des zusätzlichen CO₂-Angebotes deutlich weniger zugenommen als das der Blätter und Wurzeln, wie auch die Relationen Blattgewicht/Stammgewicht und Stammgewicht/Wurzelgewicht zeigen. Eine Erhöhung des Wurzel/Sproßverhältnisses unter dem Einfluß angehobener CO₂-Konzentrationsniveaus fanden - wie bei der hier vorliegenden Untersuchung - auch TOLLEY & STRAIN (1984, 1985) bei *Liquidambar styraciflua* und *Pinus taeda* und NORBY & al. (1986) bei *Quercus alba*, während CARLSON & BAZZAZ (1980), OBERBAUER & al. (1985), HOLLINGER (1987) bei ihren Untersuchungen keine signifikante Veränderung des Wurzel/Sproß-Verhältnisses feststellen konnten. Diese Unterschiede in den Ergebnissen könnten dadurch bedingt sein, daß den Holzpflanzen vermehrt CO₂ während verschiedener Entwicklungsstadien angeboten worden ist. Denn es scheint allgemein zu gelten, daß die bei erhöhten CO₂-Konzentrationen bisher beobachteten Änderungen in der Allokation ontogenetische, normalerweise mit Wachstum und Entwicklung verbundene Veränderungen darstellen (EAMUS & JARVIS 1989), die allerdings bei verschiedenen CO₂-Konzentrationen auch unterschiedlich ausfallen können.

Die großen Streuungen der Werte bei den Wurzelgewichten unserer Untersuchung an *Fagus sylvatica* zeigen außerdem, daß große individuelle Unterschiede ein klares Bild verwischen können. Dennoch stützt der Mittelwertvergleich die Hypothese, daß die Assimilatmengen bei erhöhten CO₂-Konzentrationsniveaus vermehrt werden und infolgedessen Organe mit Speicherfunktion - in untersuchten Fall die Wurzeln - überproportional an Gewicht zunehmen.

Danksagung

Für die Mitarbeit beim Experimentaufbau gilt mein Dank besonders Herrn M. Forstreuter und für die technische Hilfe bei der Datenerhebung Frau E. West. Das Vorhaben wurde aus Mitteln der EG-Kommission (EPOC-CT90-013) gefördert.

Literatur

- APEL, P., 1974: Wachstum von Weizenkaryopsen bei verschiedener CO₂-Konzentration. - Biochem. Physiol. Pflanzen (BPP) 166: 475-480.
- CARLSON, R.W. & F.A. BAZZAZ, 1980: The effects of elevated CO₂ concentrations on growth, photosynthesis, transpiration and water use efficiency of plants. - In: SINGH, J.J. & A. DEEPAK, (eds.): Environmental and climatic impact of coal utilization, Academic Press, New York: 609-623.
- CARLSON, R.W. & F.A. BAZZAZ, 1982: Photosynthetic and growth response to fumigation with SO₂ at elevated CO₂ for C₃- and C₄-plants. - Oecologia (Berl.) 54: 50-54.
- EAMUS, D. & P.G. JARVIS, 1989: The direct effects of increase in the global atmospheric CO₂ concentration on natural and commercial temperate trees and forests. - Advances in Ecological Research 19: 1-55.
- FORSTREUTER, M., 1991: Langzeitwirkungen der atmosphärischen CO₂-Anreicherung auf den Kohlenstoff- und Wasserhaushalt von Rotklee-Wiesenschwingelgemeinschaften. - Verh. Ges. Ökol. XIX/III: 265-279.
- GOUDRIAN, J. & H.E. DE RUITER, 1983: Plant growth in response to CO₂ enrichment at two levels of nitrogen and phosphorus supply. - I. Dry matter, leaf area and development. - Neth. J. Agric. Sci. 31: 157-169.
- HOLLINGER, D.Y., 1987: Gas exchange and dry matter allocation responses to elevation of atmospheric CO₂ concentrations in seedlings of tree species. - Tree Physiology 3: 193-202.
- IMAI, K. & Y. MURATA, 1976: Effect of carbon dioxide concentration on growth and dry matter production of crop plants. - I. Effects on leaf area, dry matter, tillering, dry matter distribution ratio, and transpiration. - Japan. J. Crop Sci. 45: 598-606.
- JONES, P., ALLEN, L.H., JONES, J.W., BOOTE, K.J. & W.J. CAMPBELL, 1984: Soybean canopy growth, photosynthesis, transpiration responses to whole-season carbon dioxide enrichment. - Agronomy Journal 76: 633-637.
- KIMBALL, B.A., 1983a: Carbon dioxide and agricultural yield: An assemblage and analysis of 430 prior observations. - Agronomy Journal 75: 779-788.
- KIMBALL, B.A., 1983b: Carbon dioxide and agricultural yield: An assemblage and analysis of 770 prior observations. - WCL Report 14, U.S. Dept. of Agric., Agric. Res. Serv.: 71 ff.

- KOCH, W., 1969: Untersuchungen über die Wirkung von CO₂ auf die Photosynthese einiger Holzgewächse unter Laboratoriumsbedingungen. - Flora, Abt. B 158: 402-428.
- KRIEDEMANN, P.E., SWARD, R.J. & W.J.S. DOWNTON, 1976: Vine response to carbon dioxide enrichment during heat therapy. - Aust. J. Plant Physiol. 3: 605-618.
- LINDSTROM, R.S., 1965: CO₂ and its effect on the growth of roses. - Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 87: 521-524.
- MORISON, J.I.L. & R.M. GIFFORD, 1984: Plant growth and water use with limited water supply in high CO₂ concentrations. I. Leaf area, water use and transpiration. - Aust. J. Plant Physiol. 11: 361-374.
- MOUSSEAU, M. & H.Z. ENOCH, 1989: Carbon dioxide enrichment reduces shoot growth in sweet chestnut seedlings (*Castanea sativa* Mill.). - Plant, Cell and Environment 12: 927-934.
- NIJS, I. & IMPENS, I. & T. BEHAEGHE, 1989: Effects of different CO₂ environments on the photosynthesis-yield relationship and the carbon and water balance of a white clover (*Trifolium repens* L. cv. Blanca) sward. - J. Exp. Bot. 212: 353-359.
- NORBY, R.J., O'NEILL, E.G. & R.J. LUXMOORE, 1986: Effects of atmospheric CO₂ enrichment on the growth and mineral nutrition of *Quercus alba* seedlings in nutrient-poor soil. - Plant Physiology 82: 83-89.
- OBERBAUER, S.F., STRAIN, B.R. & N. FETCHER, 1985: Effect of CO₂-enrichment on seedling physiology of two tropical tree species. - Physiologia Plantarum 65: 352-356.
- O'NEILL, E.G., LUXMOORE, R.J. & R.J. NORBY, 1987a: Elevated atmospheric CO₂ effects on seedling growth, nutrient uptake, and rhizosphere bacterial populations of *Liriodendron tulipifera* L. - Plant and Soil 104: 3-11.
- O'NEILL, E.G., LUXMOORE, R.J. & R.J. NORBY, 1987b: Increases in mycorrhizal colonization and seedling growth in *Pinus echinata* and *Quercus alba* in an enriched CO₂ atmosphere. - Canadian Journal of Forest Research 17: 878-883.
- OVERDIECK, D. & D. BOSSEMEYER, 1985: Langzeit-Effekte eines erhöhten CO₂-Angebotes auf den CO₂-Gaswechsel eines Modell-Ökosystems. - Angewandte Botanik 59: 179-198.
- OVERDIECK, D., 1986: Long-term effects of an increased CO₂ concentration on terrestrial plants in model ecosystems. Morphology and reproduction of *Trifolium repens* L. and *Lolium perenne* L. - Int. J. Biometeor. 30: 323-332.
- OVERDIECK, D., REID, Ch. & B.R. STRAIN, 1988: The effects of preindustrial and future CO₂ concentrations on growth, dry matter production and the C/N relationship in plants at low nutrient supply: *Vigna unguiculata* (cowpea), *Abelmoschus esculentus* (okra) and *Raphanus sativus* (radish). - Angew. Botanik 62: 119-134.
- OVERDIECK, D., 1991: Direkte Wirkungen der atmosphärischen CO₂-Anreicherung auf die einheimische Vegetation (Pflanzengemeinschaften des Grünlandes und der Wälder). - Verh. Ges. Ökol. XIX/III: 243-264.
- RAPER, C.D. & G.F. PEEDIN, 1978: Photosynthetic rate during steady-state growth as influenced by carbon-dioxide concentration. - Bot. Gaz. 139 (2): 147-149.
- REINING, F., 1990: Langzeiteffekte von erhöhtem CO₂-Angebot auf das Wachstum von *Acer pseudoplatanus* und *Fagus sylvatica*. - Dissertation, Universität Osnabrück: 19 ff.
- ROGERS, H.H., BINGHAM, G.E., CURE, J.D., SMITH, J.M. & K.A. SURANO, 1983a: Responses of selected plant species to elevated carbon dioxide in the field. - Journal of Environmental Quality 12: 569-574.
- ROGERS, H.H., THOMAS, J.F. & G.E. BINGHAM, 1983b: Response of agronomic and forest species to elevated atmospheric carbon dioxide. - Science 220: 448-449.
- SIONIT, N., STRAIN, B.R. & H. HELLMERS, 1981: Effects of different concentrations of atmospheric CO₂ on growth and yield components of wheat. - J. agric. Sci., Camb. 79: 335-339.
- SIONIT, N., HELLMERS, H. & B.R. STRAIN, 1982: Interaction of atmospheric CO₂ enrichment and irradiance on plant growth. - Agron. J. 74: 721-725.
- SIONIT, N., STRAIN, B.R., HELLMERS, H., RIECHERS, G.H. & C.H. JAEGER, 1985: Long-term atmospheric CO₂ enrichment affects the growth and development of *Liquidambar styraciflua* and *Pinus taeda* seedlings. - Canadian Journal of Forest Research 15: 468-471.
- STRAIN, B.R. & J. CURE, 1986: Direct effects of carbon dioxide on plants and ecosystems. A bibliography with abstracts. - ORNL/CDIC-13, Nat. Techn. Inform. Ser., Springfield, VA, 22161: 1-197.
- THOMAS, J.F. & CH.N. HARVEY, 1983: Leaf anatomy of four species grown under continuous CO₂ enrichment. - Bot. Gaz. 144: 303-309.
- TOLLEY, L.C. & B.R. STRAIN, 1984: Effects of CO₂ enrichment on growth of *Liquidambar styraciflua* and *Pinus taeda* seedlings under different irradiance levels. - Canadian Journal of Forest Research 14: 343-350.
- TOLLEY, L.C. & B.R. STRAIN, 1985: Effects of CO₂ enrichment and water stress on gas exchange of *Liquidambar styraciflua* and *Pinus taeda* seedlings grown under different irradiance levels. - Oecologia (Berl.) 65: 166-172.
- WONG, S.C., 1979: Elevated atmospheric partial pressure of CO₂ and plant growth. - Oecologia (Berl.) 44: 68-74.
- WULFF, S.C. & B.R. STRAIN, 1982: Effects of carbon dioxide enrichment on growth and photosynthesis in *Desmodium paniculatum*. - Canadian Journal of Botany 60: 1084-1091.

Adresse

Prof. Dr. D. Overdieck, Technische Universität Berlin, Institut für Ökologie, Fachgebiet: Ökologie der Gehölze, Königin-Luise-Str. 22, D-W-1000 Berlin 33

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1993

Band/Volume: [22_1993](#)

Autor(en)/Author(s): Overdieck Dieter

Artikel/Article: [Erhöhte CO₂-Konzentration und Wachstum junger Buchen \(*Fagus sylvatica*\) 431-438](#)