

# Wie reagiert *Arianta arbustorum* auf Futter, das unter erhöhten CO<sub>2</sub>-Bedingungen gewachsen ist?

Stephan LEDERGERBER \*

## Einleitung

Der Abbau von fossilen Kohlenstofflagerstätten, die Waldzerstörung und die Freisetzung von Kohlenstoff aus organischen Depots in den Böden ließen die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Erdatmosphäre von 260 ppm zu Beginn des letzten Jahrhunderts auf heute über 350 ppm ansteigen; bis Mitte des nächsten Jahrhunderts dürfte sich dieser Wert verdoppeln (KÖRNER 1989). Der Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Erdatmosphäre kann indirekt über Klimaveränderungen und direkt durch verändertes Pflanzenwachstum auf Ökosysteme wirken. Die meisten unter erhöhten CO<sub>2</sub>-Bedingungen aufgezogenen Pflanzen zeigten eine Anreicherung von Kohlenhydraten (u.a. Stärke) und damit einhergehend eine Verdünnung der Stickstoffverbindungen (Proteine) pro Blattmasse. Teilweise wurde auch ein Anstieg der auf Kohlenstoff basierenden Pflanzenabwehrstoffen beobachtet. Einzelne Studien deuteten darauf hin, daß die Blathärte mit erhöhter CO<sub>2</sub>-Atmosphäre zunimmt (BAZZAZ 1990, LINCOLN et al. 1993). Solche Blätter sind für Herbivoren weniger attraktiv. Fütterungsexperimente mit Schmetterlingslarven und Heuschrecken zeigten, daß die Tiere mit einer um 20-80% erhöhten Fraßrate die geringere Qualität der unter erhöhter CO<sub>2</sub>-Atmosphäre gewachsenen Blätter kompensierten und sich so in der Wachstumsrate nicht von Kontrolltieren unterschieden. Teilweise war aber eine erhöhte Mortalität, verlängerte Entwicklungszeit und geringere Endstadiengröße der Tiere und damit eine Fitnessreduktion zu beobachten. In der vorliegenden Arbeit wird der Einfluß von Klee, der unter erhöhten CO<sub>2</sub>-Bedingungen gezogen wurde, auf das Wachstum von juvenilen *Arianta arbustorum* untersucht.

## Methoden

Elterntiere wurden in einer Tieflandpopulation bei Arlesheim (8 km südöstlich von Basel) gesammelt. Junge *A. arbustorum* wurden aus Eiern aufgezogen, mit Salat gefüttert und bei 18° C unter künstlichen Lichtverhältnissen gehalten. Im Alter von sechs Wochen wurden die Schnecken auf zwei Gruppen von je 15 Tieren verteilt. Verwandtschaft der Tiere (sechs verschiedene Gelege) und durchschnittliches Gewicht der Schnecken waren in jeder Gruppe ausgeglichen. Damit können mögliche genetische Effekte und Unterschiede in den Anfangsgewichten ausgeschlossen werden. Jedes Tier wurde einzeln in einer Petrischale von 6.5 cm Durchmesser auf wassergesättigter Erde gehalten. Die eine Gruppe wurde mit Klee (*Trifolium repens*) gefüttert, der unter normalen CO<sub>2</sub>-Bedingungen (350 ppm) gewachsen war, die andere Gruppe erhielt Klee, der unter erhöhten CO<sub>2</sub>-Bedingungen (600 ppm) gezogen wurde. Den Tieren wurde Futter ad libitum angeboten. Alle 2-3 Tage wurde das Futter erneuert. Die Fläche von jedem Kleeblatt wurde vor der Fütterung und nach 2-3 Tagen dessen Blattreste mit Hilfe eines Fotokopiergerätes festgehalten. Mittels Scanner und Computer wurde die gefressene Blattfläche berechnet. Der Stickstoffgehalt der Kleeblätter wurde mit Hilfe eines CHN-Analysengerätes bestimmt. Um die Gewichtszunahme während des 40 Tage dauernden Experimentes zu bestimmen, wurden alle Tiere zu Beginn und am Ende des Versuches mit einer Genauigkeit von 0.1 mg gewogen.

---

\* Stephan Ledergerber, Natur-, Landschafts- und Umweltschutz der Universität Basel, Abteilung Naturschutzbiologie, St. Johannis-Vorstadt 10, CH-4056 Basel, Schweiz.

## Ergebnisse

Die unter erhöhter CO<sub>2</sub>-Atmosphäre aufgewachsenen Pflanzen zeigten einen niedrigeren SLA (= Blattfläche pro Blatttrockengewicht) ( $229 \pm 42 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ; Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung) als Pflanzen, die unter normalen CO<sub>2</sub>-Bedingungen gewachsen waren ( $274 \pm 54 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ). Dies bedeutet, daß bei Pflanzen, die unter erhöhten CO<sub>2</sub>-Bedingungen gewachsen sind, pro cm<sup>2</sup> gefressene Blattfläche 16.5% mehr Futter (Trockengewicht) aufgenommen wird, als bei Pflanzen, die unter normalen CO<sub>2</sub>-Bedingungen gezogen wurden. Die unter erhöhter CO<sub>2</sub>-Atmosphäre aufgewachsenen Pflanzen enthielten weniger Stickstoff pro Blattmasse ( $2.997 \pm 0.31 \%$ ) als Pflanzen, die unter normalen CO<sub>2</sub>-Bedingungen gewachsen waren ( $3.56 \pm 0.45 \%$ ). Dies bedeutet, daß aus Pflanzen, die unter erhöhten CO<sub>2</sub>-Bedingungen gewachsen sind, pro g gefressene Blattmenge 16.7% weniger Stickstoff aufgenommen wird als aus Pflanzen, die unter normalen CO<sub>2</sub>-Bedingungen gezogen wurden. Auf Grund der erwähnten Unterschiede im SLA nehmen die Tiere jedoch für jeden cm<sup>2</sup> gefressene Blattfläche die gleiche Stickstoffmenge auf ( $0.13 \text{ mg cm}^{-2}$ ). Die Schnecken fraßen flächenmäßig weniger von dem Futter, das unter erhöhtem CO<sub>2</sub> gewachsen war, als vom Klee, der unter normalen CO<sub>2</sub>-Bedingungen gewachsen war (Tabelle 1). Dies deutet auf einen kompensatorischen Ausgleich bei der Menge des aufgenommenen Futters hin oder auf Probleme beim Umgang mit den womöglich härteren Blättern aus der erhöhten CO<sub>2</sub>-Atmosphäre. So unterscheiden sich die aus gefressenen Blattflächen und SLA berechneten Blatttrockenmassen zwischen den beiden Behandlungsgruppen nicht (Tabelle 1). Die Tiere, die unter normalen CO<sub>2</sub>-Bedingungen gewachsenes Futter erhielten, nahmen jedoch mehr Stickstoff auf, als die Tiere mit Futter aus erhöhten CO<sub>2</sub>-Bedingungen (Tabelle 1). Die Tiere, die unter normaler CO<sub>2</sub>-Atmosphäre gewachsenes Futter erhielten, zeigten denn auch eine Tendenz zu einer größeren Gewichtszunahme als die Tiere, die mit Futter aus erhöhter CO<sub>2</sub>-Atmosphäre gefüttert wurden (Tabelle 1). Dies ist ein Hinweis, daß *A. arbustorum* unter erhöhten CO<sub>2</sub>-Bedingungen möglicherweise langsamer wächst.

## Diskussion

Die aufgezogenen Futterpflanzen reagierten auf eine CO<sub>2</sub>-Erhöhung mit einem niedrigeren SLA und einer niedrigeren Stickstoffkonzentration der Blätter. Dies steht im Einklang mit anderen Ergebnissen aus Versuchen über die Wirkung von erhöhter CO<sub>2</sub>-Atmosphäre auf Pflanzen. Um die gleiche Futtermenge aufzunehmen, müssen die Schnecken bei niedrigerem SLA kleinere Blattflächen fressen; dies wird in der Studie bestätigt. Nimmt der Nährwert von Futter, das unter erhöhter CO<sub>2</sub>-Atmosphäre gewachsen ist ab, so müßten Herbivoren jedoch größere Futtermengen konsumieren, um die gleiche Nährstoffmenge aufnehmen zu können, wie wenn sie Futter aus normaler CO<sub>2</sub>-Atmosphäre konsumieren. In der vorliegenden Untersuchung fraßen die Schnecken von beiden Futterqualitäten die gleiche Trockenmenge. Dieses Ergebnis steht im Gegensatz zu den bisher wenigen anderen Studien über Herbivorenreaktionen auf erhöhtes CO<sub>2</sub> (Schmetterlingslarven und Heuschrecken), in welchen die Tiere mehr von demjenigen Futter, das unter erhöhten CO<sub>2</sub>-Bedingungen gezogen war, aufnahmen. Vorausgesetzt daß die Schnecken die schlechtere Futterqualität wahrnehmen können, ist denkbar, daß die Tiere nicht fähig sind, größere Futtermengen aufzunehmen und zu verdauen; d.h. die Möglichkeit einer Kompensation der geringeren Futterqualität durch die Aufnahme einer größeren Futtermenge steht ihnen nicht offen. Die Tendenz zu reduziertem Wachstum der Schnecken, die mit unter erhöhter CO<sub>2</sub>-Atmosphäre gewachsenen Pflanzen gefüttert wurden, deutet auf eine negative Auswirkung der veränderten Nahrung auf die Schnecken hin. In einer natürlichen Umgebung und auf lange Sicht gesehen sind aber noch weitere Reaktionen denkbar. Die Tiere könnten auf Pflanzenarten ausweichen, die von einer Qualitätseinbuße unter erhöhter CO<sub>2</sub>-Atmosphäre weniger betroffen werden; eine Verschiebung des Herbivorendruckes auf andere Pflanzenarten wäre die Folge. Denkbar wäre auch, daß die Tiere in der Lage sind, sich längerfristig physiologisch oder durch Selektion über mehrere Generationen an eine veränderte Futterqualität anzupassen. Die vorliegende Studie zeigt die Notwendigkeit, die Wirkung von unter erhöhten CO<sub>2</sub>-Bedingungen

gewachsenen Futterpflanzen auf Herbivoren in verschiedenen Tierarten zu untersuchen.

Die Untersuchung wurde in Zusammenarbeit mit P. Leadly, J. Stöcklin und Ch. Körner, Botanisches Institut der Universität Basel, und B. Baur, Natur-, Landschafts- und Umweltschutz der Universität Basel, durchgeführt. Finanzielle Unterstützung wurde vom Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, Schwerpunktprogramm Umwelt (5001-35214 Ch. Körner; 5001-35241 und 31-33511.92 B. Baur) erhalten.

Tabelle 1: Blattfläche, Blatttrockenmasse, Blattstickstoff der Pflanzen und relative Gewichtszunahme der Schnecken nach 40 Tagen für beide Behandlungsgruppen, die aus je 15 Tieren bestanden.

	CO <sub>2</sub> -Behandlung	Median	Minimum	Maximum
gefressene Blattfläche (cm <sup>2</sup> )	350 ppm	6.51	3.99	11.53
	600 ppm	5.19	1.53	8.87
gefressene Blatttrockenmasse (mg)	350 ppm	25.3	15.3	45.4
	600 ppm	24.9	6.4	43.4
gefressener Blattstickstoff (mg)	350 ppm	0.90	0.54	1.62
	600 ppm	0.74	0.19	1.29
relative Gewichtszunahme der Schnecken (%)	350 ppm	137.5	39.8	208.7
	600 ppm	122.5	7.6	191.7

### Literatur

- BAZZAZ, F. A. (1990): The response of natural ecosystems to the rising global CO<sub>2</sub> levels.- Annual Review Ecology and Systematics 21: 167 - 196.
- KÖRNER, C. (1989): Bedeutung der Wälder im Naturhaushalt einer vom Menschen veränderten Welt.- Veröffentlichungen der Kommission für Humanökologie. Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien.
- LINCOLN, D. E., COUVET, D. (1993): Plant-insect herbivore interactions in elevated CO<sub>2</sub> environments.- Trends in Ecology and Evolution 8: 64 - 68.