

## ZUM EINFLUSS VON CADMIUM AUF MINERALSTOFFHAUSHALT UND VEGETATIONSZEIT VON JUNGWUCHS DER BUCHE (*FAGUS SYLVATICA* L.)

Barbara Buschmann, Henning Kahle und Siegmar-Walter Breckle

### ABSTRACT

Long-term accumulation of airborne Cd in forest soils and increasing mobilization by acidification processes may affect growth of tree species. In dose-response experiments with different soil substrates the toxicity of Cd for seedlings of *Fagus sylvatica* was investigated. Growth and development of Cd-treated seedlings was delayed. A shortening of the vegetation period from some days up to two weeks depending on the Cd application was observed. Cd treatments resulted in lower concentrations of Ca and Mg, but not of K, in leaves and roots of the seedlings. The mean molar Ca/Al ratio in the roots was also reduced by the Cd treatment. Thus, diminution of mineral elements in leaves of beech trees showing symptoms of forest decline may be induced not only by leaching effects or poor soils but also by ion competition with toxic heavy metals like Cd.

Cd uptake was four times higher in beech seedlings grown on substrate of mineral soil layers than of upper humic layers taken from the same beech stand. This demonstrates a high potential toxicity of Cd in the mineral soil. However, the actual Cd concentrations in forest stands in this layer are rather low.

keywords: *beech seedlings, calcium, cadmium, cadmium availability, dose-response-experiments, Fagus sylvatica, humic soil layer, magnesium, mineral nutrition, mineral soil layer, potassium, vegetation period*

### 1. EINLEITUNG

Cadmium gehört zu den Luftschadstoffen, die durch atmosphärischen Ferntransport auch in Waldökosystemen weitab von Emissionszentren deponiert und angereichert werden (ELLENBERG et al. 1986). Aufgrund von Versauerungsprozessen werden im Oberboden akkumulierte Schwermetalle zunehmend mobilisiert (BRÜMMER und HERMS 1985) und pflanzenverfügbar und stellen ein wachsendes Gefährdungspotential für Waldbäume bzw. deren Naturverjüngung dar (FORSCHUNGSBEIRAT 1986).

In Dosis-Wirkungs-Experimenten wurde untersucht, wie sich ansteigende Konzentrationen von Cd in zwei unterschiedlichen Substraten auf Keimlingsentwicklung, Vegetationszeit und Bioelementversorgung von Buchenjungwuchs auswirken.

### 2. MATERIAL UND METHODE

Stratifizierte Bucheckern wurden bei einer Radiculalänge von ca. 1 cm in Kulturgefäße gepflanzt und Keimlings- und Jungpflanzenentwicklung über zwei Vegetationsperioden (unter freiem Himmel auf einer Innenhofterrasse der Universität Bielefeld) verfolgt. Als Substrat wurde Material aus zwei Oberbodenhorizonten (Humussubstrat: O<sub>H</sub>/A<sub>h</sub>, pH (H<sub>2</sub>O) 3,7, pH (KCl) 3,0, Bodentiefe 5-10 cm; Mineralboden: B<sub>v</sub>, pH (H<sub>2</sub>O) 4,5, pH (KCl) 3,7, Bodentiefe 10-40 cm) eines Altbuchenbestandes (schwach podsolige Braunerde) am regionalen Forschungsstandort NRW bei Glindfeld/Rothaargeb. verwendet. Durch Zusatz von Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.

Lösung wurden Varianten mit pflanzenverfügbaren (d.h.  $\text{NH}_4$ -Acetat-extrahierbaren) Gehalten von 3, 5, 10 und 26 ppm Cd (im Humus) bzw. 1, 3, 8 und 17 ppm Cd (im Mineralboden) eingestellt.

Zur Bestimmung der Elementgehalte (Cd, Ca, K und Mg) wurden Wurzeln und Blätter der Buchenjungepflanzen mittels Naßveraschung aufgearbeitet (Teflon-Druckaufschluß-Verfahren). Die Elementgehalte wurden mit der AAS-Technik (Flammen- und Graphitrohr-AAS) gemessen. Der statistischen Auswertung - Vergleich der Parameter zwischen Kontrollpflanzen und Cd-behandelten Pflanzen - lag der MANN-WHITNEY-U-Test zugrunde.

### 3. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Bei vergleichbaren verfügbaren Cd-Gehalten im Boden wiesen Buchenkeimlinge auf den Mineralboden-Varianten ca. 4-fach höhere Cd-Gehalte auf als diejenigen auf den Humusvarianten. Aus dem Vergleich dieser beiden Substrate geht somit hervor, daß der  $\text{NH}_4\text{Ac}$ -Auszug den für Buchenjungepflanzen verfügbaren Cd-Anteil nicht charakterisiert. Als mögliche Ursachen für die geringere Cd-Aufnahme auf den Humus-Varianten werden die höhere Kationenaustauschkapazität (HAGHIRI 1974), größere Mengen organischen Materials (CABRERA et al. 1988) und das höhere Angebot weiterer Kationen (HARDIMAN und JACOBI 1984) diskutiert. Auch traten Schadefekte bei Pflanzen auf dem Mineralbodensubstrat bei deutlich niedrigeren Cd-Konzentrationen auf als im Humussubstrat. Zum Beispiel bildeten Buchenkeimlinge ab 3 ppm Cd im Mineralboden, jedoch erst bei 26 ppm Cd im Humus in zunehmendem Maße keine Laubblätter mehr aus. Auch Wachstumsparameter wurden im Mineralboden häufiger signifikant beeinträchtigt als im Humus (BUSCHMANN 1989).

Unter Cd-Einfluß im Wurzelmilieu ließ sich mit zunehmendem Pflanzenalter auch ein deutlicher Einfluß auf die Keimlingsentwicklung und die Vegetationszeit feststellen. Bei den jeweils höchsten Cd-Varianten beider Substrate setzte die Laubblattentwicklung bis zu 8 Tage später ein als bei Kontrollpflanzen. Auf dem Mineralboden bildeten sich die Primärblätter schon bei den Varianten mit 1 und 3 ppm Cd um durchschnittlich 3 Tage später aus als bei Kontrollpflanzen.

Bei den Cd-Varianten im Mineralboden erfolgte der herbstliche Blattabwurf bis zu 12 Tage früher als bei unbehandelten Pflanzen (BUSCHMANN 1989); bei den Jungbuchen der Humus-Cd-Varianten ist ein solcher einheitlicher Trend nicht zu beobachten. Der Frühljahrsaustrieb im 2. Jahr war im Mineralboden schon bei 1 ppm Cd geringfügig und bei höheren Cd-Konzentrationen erheblich verzögert (Abb. 1). Auf den Humus-Varianten zeigte erst die Cd-Applikationsstufe von 26 ppm Cd leicht hemmende Effekte auf den Frühljahrsaustrieb.

Dies deckt sich mit Ergebnissen von KAHLE (1988), der bei mehrjährigen Jungbuchen in Sandkultur unter Cd-Einfluß im Frühjahr einen verzögerten Blattaustrieb und im Herbst ein vorzeitiges Einsetzen der Laubverfärbung fand. Dabei verkürzte sich die Vegetationszeit der Buchen bei Substratkonzentrationen bis zu 5 ppm Cd um 3-10 Tage. Eine Verkürzung der Vegetationsperiode kommt einer verminderten Stoffproduktion der Buchen und damit einer Beeinträchtigung des Holzzuwachses gleich.

Die Aufnahme der Bioelemente K, Ca und Mg wurde durch Cd in unterschiedlichem Maße beeinträchtigt. Im Humus waren die Ca-Gehalte in Wurzeln, Primär- und Sekundärblättern (hier ab 10 ppm Cd im Substrat signifikant) der Jungbuchen vermindert. Die K-Gehalte der Keimlinge blieben sowohl im Humus als auch im Mineralboden durch Cd weitgehend unbeeinflusst (Abb. 2 und 3), K-Blattgehalte waren zum Teil gegenüber Kontrollpflanzen signifikant erhöht (bei 3 und 8 ppm Cd im Mineralboden und bei 26 ppm Cd im Humus). Die Mg-Gehalte der Keimlinge waren bei allen Cd-Varianten des Mineralbodens in den Primärblättern signifikant verringert. Auch im Humus lagen die Mg-Gehalte in Wurzeln (signifikant ab 10 ppm Cd verringert) und Primärblättern Cd-behandelter Buchen unter dem Niveau der Kontrollpflanzen (Abb. 2 und 3). Das mittlere molare Ca/Al-Verhältnis in den Keimlingswurzeln nimmt auf beiden Substraten unter steigendem Cd-Einfluß ab (BUSCHMANN 1989).

Ein Reduzierung der K-, Ca-, Fe-, Zn- und Mn-Gehalte in den Blättern 1- und 3-jähriger Jungbuchen fanden auch andere Autoren (KAHLE et al. 1989).

## Frühjahrsaustrieb

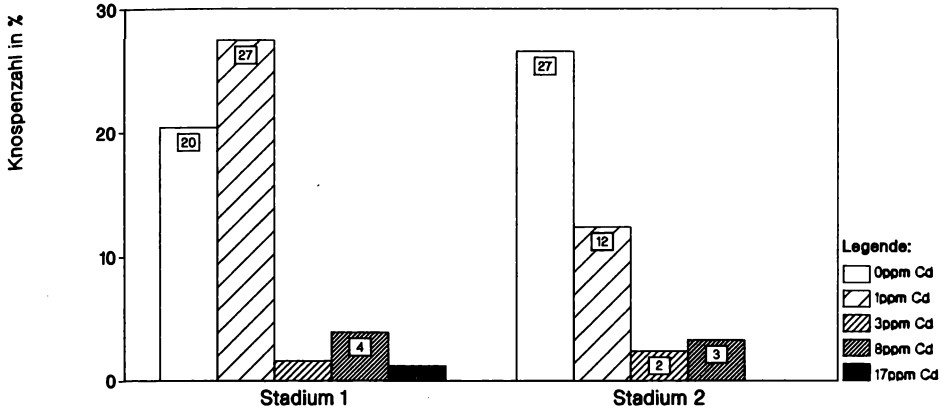


Abb. 1: Prozentualer Anteil der Knospen jeweils aller Pflanzen einer Cd-Mineralboden-Variante, die sich in Stadium 1 (Anschwellen der Knospe bis kurz vor Blattaustrieb) und Stadium 2 (Blatt entfaltet sich) am Stichtag 2.5.1988 befanden.

## Hauptnährelementgehalte

Primärblätter

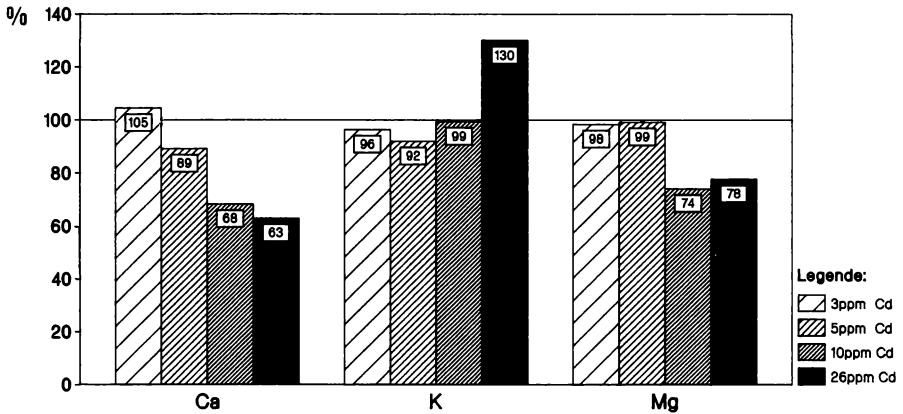
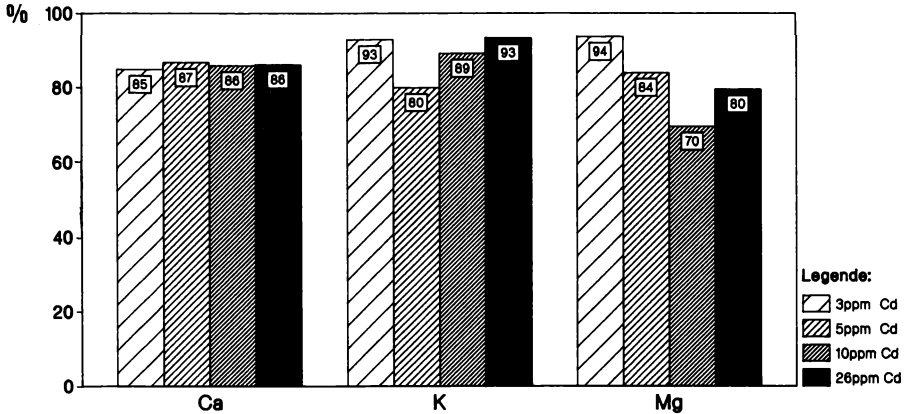


Abb. 2: Ca-, K- und Mg-Gehalte (in % der Konzentrationen in Kontrollpflanzen) in den Primärblättern 75 Tage alter Jungbuchen in Abhängigkeit von der Cd-Konzentration im Humus (Ca: 100 % = 9494 ppm; K: 100 % = 5371 ppm; Mg: 100 % = 2628 ppm)

# Hauptnährelementgehalte

Wurzeln



**Abb. 3:** Ca-, K- und Mg-Gehalte (in % der Konzentrationen in Kontrollpflanzen) in den Wurzeln 75 Tage alter Jungbuchen in Abhängigkeit von der Cd-Konzentration im Humus (Ca: 100 % = 1631 ppm; K: 100 % = 5857 ppm; Mg: 100 % = 2035 ppm)

Die Ergebnisse zeigen, daß sich Cd-Toxizität in einer Störung des Nährstoffhaushalts der Pflanze manifestieren kann. Somit können verminderte Nährelementgehalte in Blättern von Buchen, die von den "Neuartigen Waldschäden" betroffen sind (BREDOW et al. 1986), neben anderen Ursachen wie Leaching-Effekten oder Nährstoffarmut des Bodens auch durch Schwermetalle induziert sein.

Cd wird im Humus offenbar in relativ hohem Maße immobilisiert; im Mineralboden dagegen ist Cd stärker pflanzenaufnehmbar und damit für das Wachstum von Buchenkeimlingen in diesem Durchwurzelungshorizont "gefährlicher", sofern es dort in relevanten Konzentrationen vorkommt. Am Freilandstandort dürfte die Toxizität, d.h. das Gefährdungspotential, von Cd daher mit zunehmender Bodentiefe, also je humusärmer das Substrat wird, zunehmen. Die tatsächliche Gefährdung von Buchenjüngwuchs durch Cd aus dem Mineralboden ist jedoch wegen der im Freiland wesentlich niedrigeren Konzentrationen als im Humus relativ gering einzuschätzen.

Weiterhin ergibt sich, daß die Definition des Begriffs der "Pflanzenverfügbarkeit" mit Hilfe des Extraktionsmittels (hier NH<sub>4</sub>-Acetat-extrahierbare Fraktion) offenbar unzureichend ist, da sie auch stark von der Bodenart abhängig ist.

Die Untersuchungen wurden zum Teil aus Mitteln des Forschungsschwerpunkts "Luftverunreinigungen und Waldschäden" des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen finanziell gefördert.

## LITERATUR

- BREDOW B., BUGGERT A., ECKHOFF A., GLAVAC V., 1986: Vergleichende Untersuchung der Boden-, Wurzel- und Blatt-Mineralstoffgehalte von Bäumen verschiedener Schadstufen in einem immissionsbelasteten Altbuchenbestand. - Allg. Forst Zeitschr. 41 (22): 551-554.
- BRÜMMER G., HERMS U., 1985: Einflußgrößen der Schwermetall-Löslichkeit, -Bindung und -Verfügbarkeit in Böden. - In: BRECKLE, S.-W., KAHLE, H., (Hrsg.): Schwermetalle und Saure Depositionen. - Bielefelder Ökol. Beitr. 1: 301-313.
- BUSCHMANN B., 1989: Wirkungen von Cadmium in Humus und Mineralboden auf Wachstum und Nährelementhaushalt von Buchenkeimlingen. - Dipl. Arb. Univ. Bielefeld.
- CABRERA D., YOUNG S.D., ROWELL D.L., 1988: The toxicity of Cd to barley plants as affected by complex formation with humic acid. - Plant and Soil 105 (2): 195-204.
- ELLENBERG H., MAYER R., SCHAUERMANN J., 1986: Ökosystemforschung - Ergebnisse des Solling-Projektes 1966-1986. - Stuttgart.
- FORSCHUNGSBEIRAT, 1986: Zweiter Bericht des Forschungsbeirats Waldschäden/Luftverunreinigungen der Bundesregierung und der Länder (Mai 1986).
- HAGHIRI F., 1974: Plant uptake of cadmium as influenced by cation exchange capacity, organic matter, zinc and soil temperature. - J. Environ. Qual. 3(2): 180-183.
- HARDIMAN R.T., JACOBI B., 1984: Absorption and translocation of cadmium in bush beans (*Phaseolus vulgaris*). - Physiol. Plant. 61: 670-674.
- KAHLE H., 1988: Wirkungen von Pb und Cd auf Wachstum und Mineralstoffhaushalt von Jungbuchen (*Fagus sylvatica* L.) in Sandkultur. - Diss. Bot. 127.
- KAHLE H., BERTELS C., NOACK G., RÖDER U., RÜTHER P., BRECKLE S.-W., 1989: Untersuchungen zur Toxizität von Blei und Cadmium für Jungwuchs der Buche (*Fagus sylvatica* L.). - Bielefelder Ökol. Beitr. 5: 99-126.

## ADRESSE

Barbara Buschmann  
Dr. Henning Kahle  
Prof. Dr. Siegmар-Walter Breckle  
Universität Bielefeld  
Fakultät Biologie, Abt. Ökologie  
Postfach 8640  
D-W-4800 Bielefeld 1

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: [19 3 1991](#)

Autor(en)/Author(s): Breckle Siegmar-Walter, Buschmann Barbara, Kahle Henning

Artikel/Article: [Zum Einfluss von Cadmium auf Mineralstoffhaushalt und Vegetationszeit von Jungwuchs der Buche \(Fagus sylvatica L.\) 209-213](#)