



# Übergang von Cadmium aus dem Boden in die Pflanze und Verteilung in der Pflanze

C. Engels christof.engels@agrar.hu-berlin.de  
Fachgebiet Pflanzenernährung  
Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät  
Humboldt-Universität zu Berlin

## 1) Aufnahme aus dem Boden in die Wurzeln

- räumliche Bodenerschließung durch Wurzeln
- chemische Verfügbarkeit von Cd in der Rhizosphäre
- Membrantransport

## 2) Radialer Transport bis zum Xylem und Primärverteilung aus den Wurzeln in den Spross

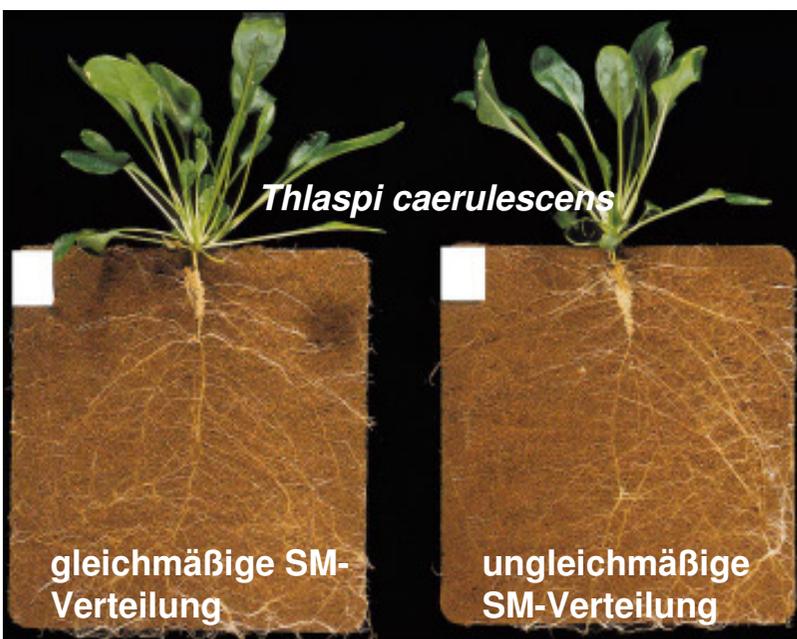
## 3) Sekundärverteilung im Phloem in die Speicherorgane

Cadmium – Neue  
Herausforderungen  
für die Lebensmittelsicherheit?



BfR-Statusseminar

7. Juli 2009



Whiting et al. 2000. New Phytologist 145, 199-210.

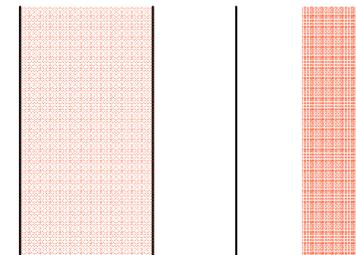
Die Aufnahme von Cd aus dem Boden ist von der räumlichen Erschließung des Bodens durch die Wurzeln abhängig. Es gibt Hinweise dafür, dass Pflanzen auf eine ungleichmäßige Verteilung von Schwermetallen im Boden mit einer Veränderung der Wurzelverteilung und der Schwermetallaufnahme reagieren können.

Dies sollte bei Gefäßversuchen zur Ermittlung von Transferfaktoren berücksichtigt werden.

Einfluss der Cd-Verteilung im Boden auf die Cd-Konzentration in den Blättern von Amaranth, Spinat und Salat

Boden von Versuchsfelder des JKI in Dahlem; gleiche Gesamt-Cd-Menge pro Gefäß

| Kulturart | gleichmäßig                               | ungleichmäßig |
|-----------|---|---------------|
|           | <b>mg Cd kg<sup>-1</sup> Trockenmasse</b> |               |
| Amaranth  | 50,9a                                     | 40,1b         |
| Spinat    | 40,0a                                     | 38,2a         |
| Salat     | 17,7a                                     | 19,7a         |



Pflanzen nehmen Cd aus dem wurzelnahen Bodenraum (Rhizosphäre) auf. Die Rhizosphäre wird von den Pflanzenwurzeln durch die Mineralstoffaufnahme und durch die Abgabe von Stoffen verändert, z.B.

- der pH-Wert
- die Verfügbarkeit an anorganischen und organischen Liganden für Cd.

Die Wurzelinduzierten Veränderungen der „Cd-Löslichkeit“ sind abhängig von Genotyp (Kulturart, Sorte) und Umwelt (z.B. Stickstoffdüngerform).



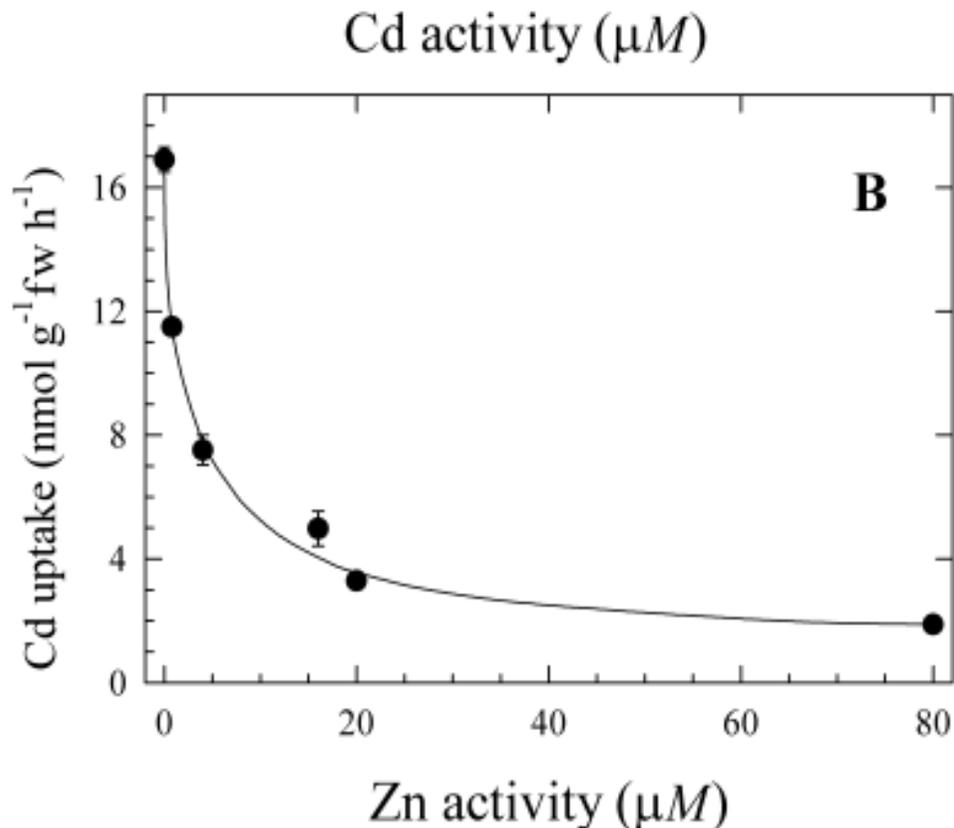
Einfluss der N-Angebotsform auf den Cd-Gehalt von Weidelgras

| N-Form                       |   | pH in der Rhizosphäre | Cd-Gehalt (mg kg <sup>-1</sup> TM) |            |            |
|------------------------------|---|-----------------------|------------------------------------|------------|------------|
| 1. Schnitt                   | 2.+3. Schnitt   |                       | 1. Schnitt                         | 2. Schnitt | 3. Schnitt |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>                              | 5,5                   | 12,4                               | 12,8       | 12,2       |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 6,1                   | 11,6                               | 11,4       | 8,4        |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>                              | 6,8                   | 6,5                                | 5,5        | 4,2        |

Qi Tang Wu et al., 1989. C.R.Acad.Sci. 309, 215.

- Die Cd-Aufnahme in die Wurzelzellen erfolgt durch Transportproteine im Plasmalemma:
  - Zn-Transporter
  - Fe-Transporter
  - Ca-permeable Ionenkanäle.

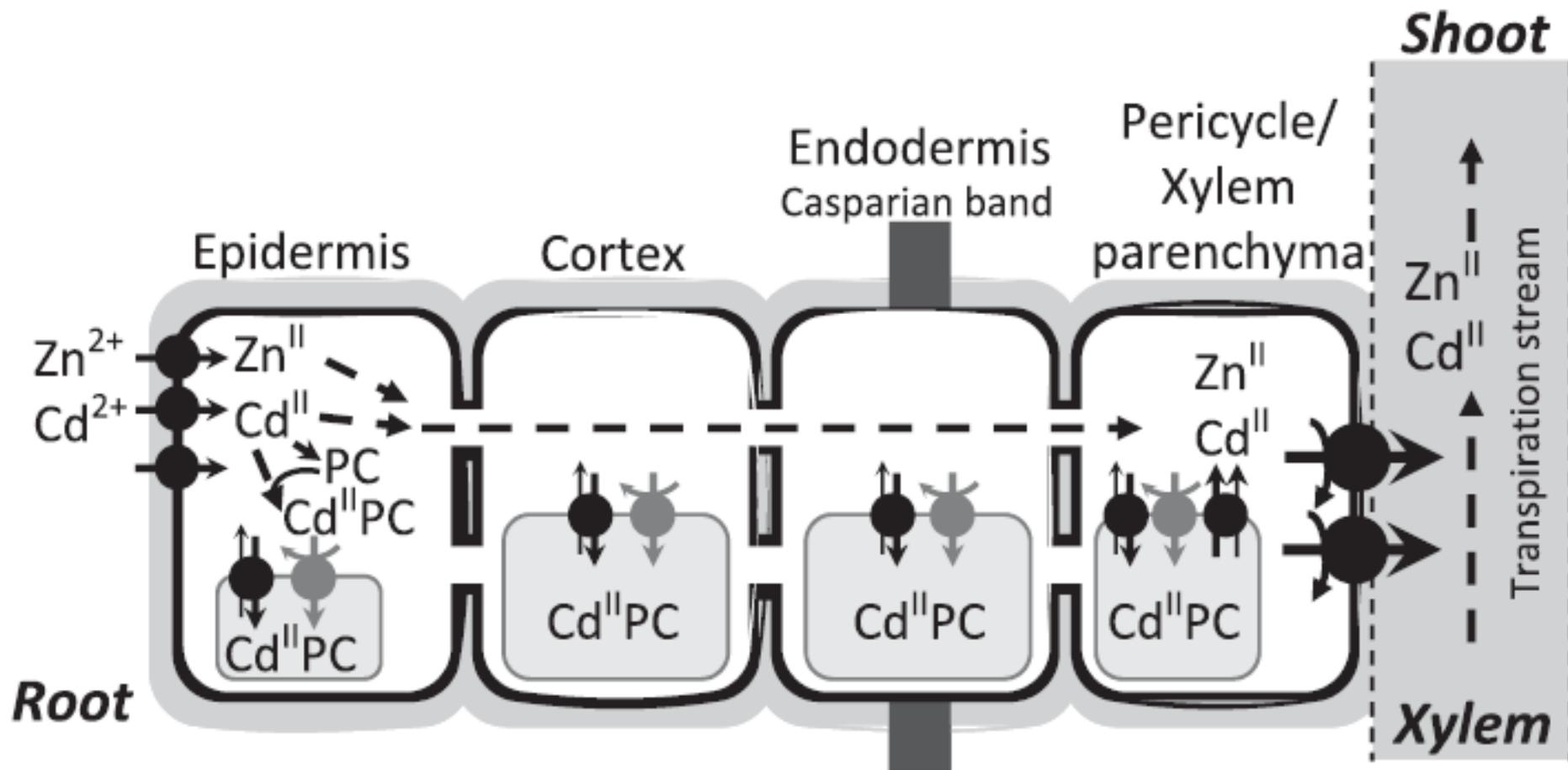
Die Bildung dieser Transportproteine und die Cd-Aufnahme durch diese Transportproteine sind von dem Ernährungszustand der Pflanzen und der Gegenwart konkurrierender Ionen in der Bodenlösung abhängig.



Einfluss zunehmender Zn-Konzentration in der Lösung auf die Cd-Aufnahmerate von Weizenwurzeln

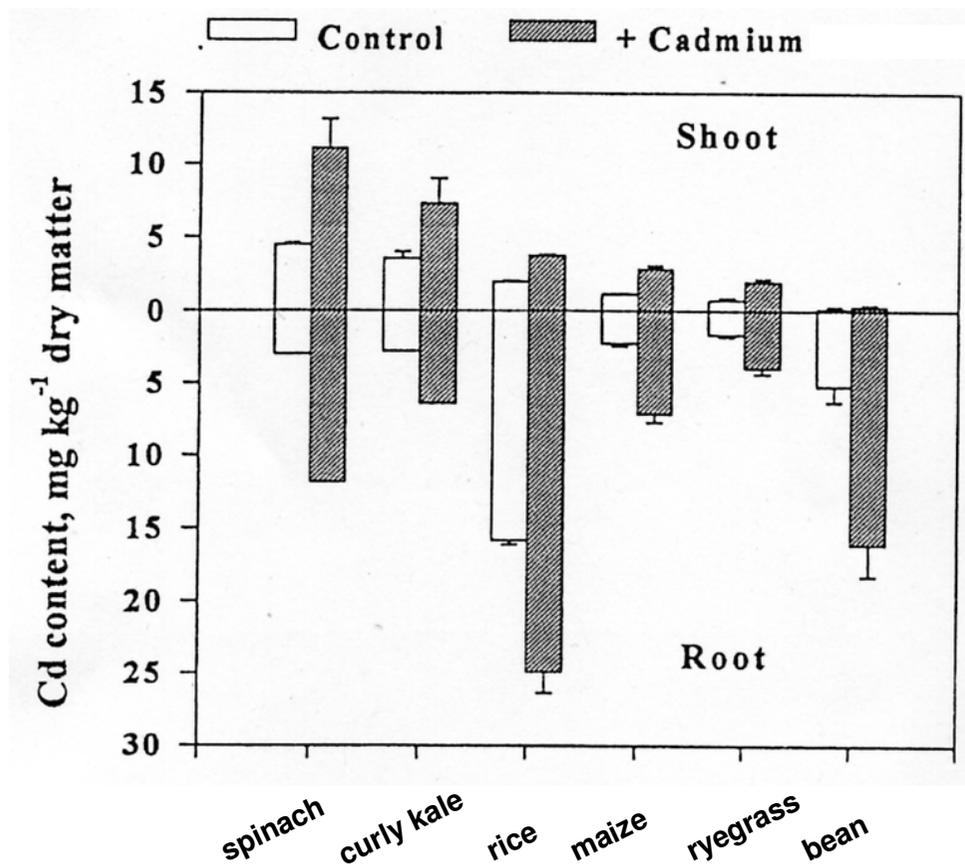
Auf dem radialen Transportweg durch die Wurzel kann Cd an niedermolekulare organische Liganden (Phytochelatine PC) gebunden werden und durch Transportproteine in den Tonoplasten in die Vakuolen transportiert und dort gespeichert werden (Retention in den Wurzeln).

Die Abgabe an das Xylem (Xylembeladung) erfolgt durch Transportproteine (Metallpumpen, HMA P-type-ATPasen) im Plasmalemma der Xylemparenchymzellen.

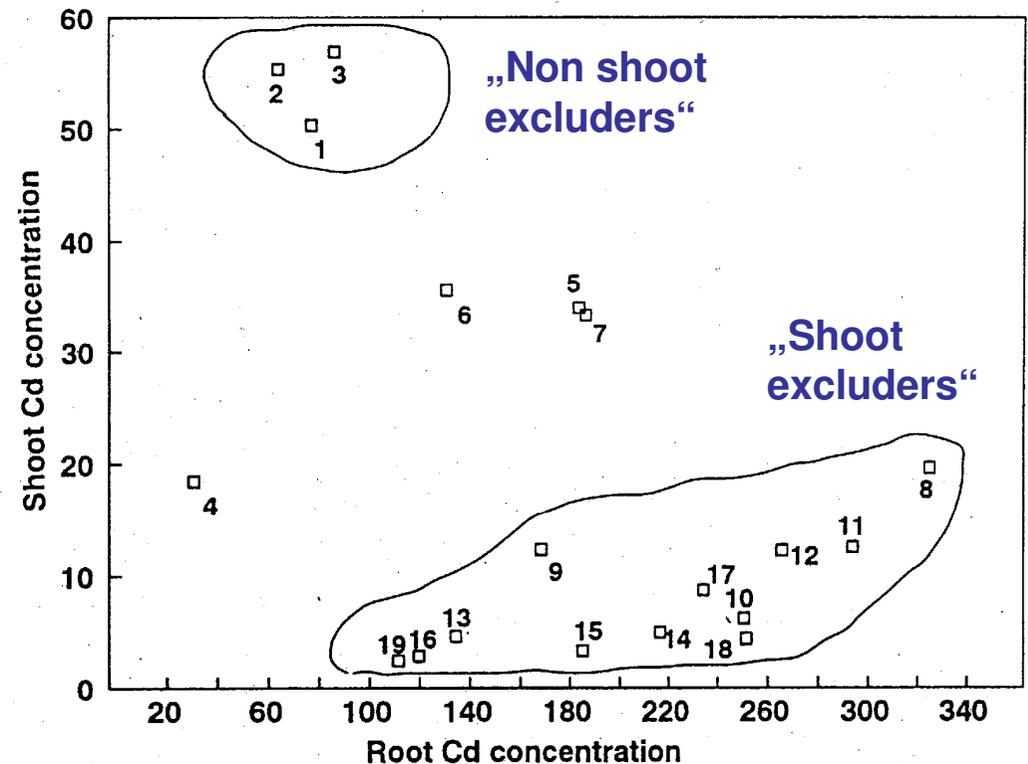


Die Cd-Gehalte im Spross werden stark von der Cd-Retention in den Wurzeln (z.B. in den Vakuolen) und der Xylembeladung beeinflusst („Wurzelbarriere“). Die Cd-Verteilung zwischen Wurzeln und Spross unterscheidet sich stark je nach Kulturart und Genotyp (Sorte).

Cd-Gehalte in Spross und Wurzeln von Spinat, Grünkohl, Reis, Mais, Weidelgras und Buschbohne in Böden ohne (Kontrolle) und mit Zusatz von 1,20 mg Cd kg<sup>-1</sup> Boden

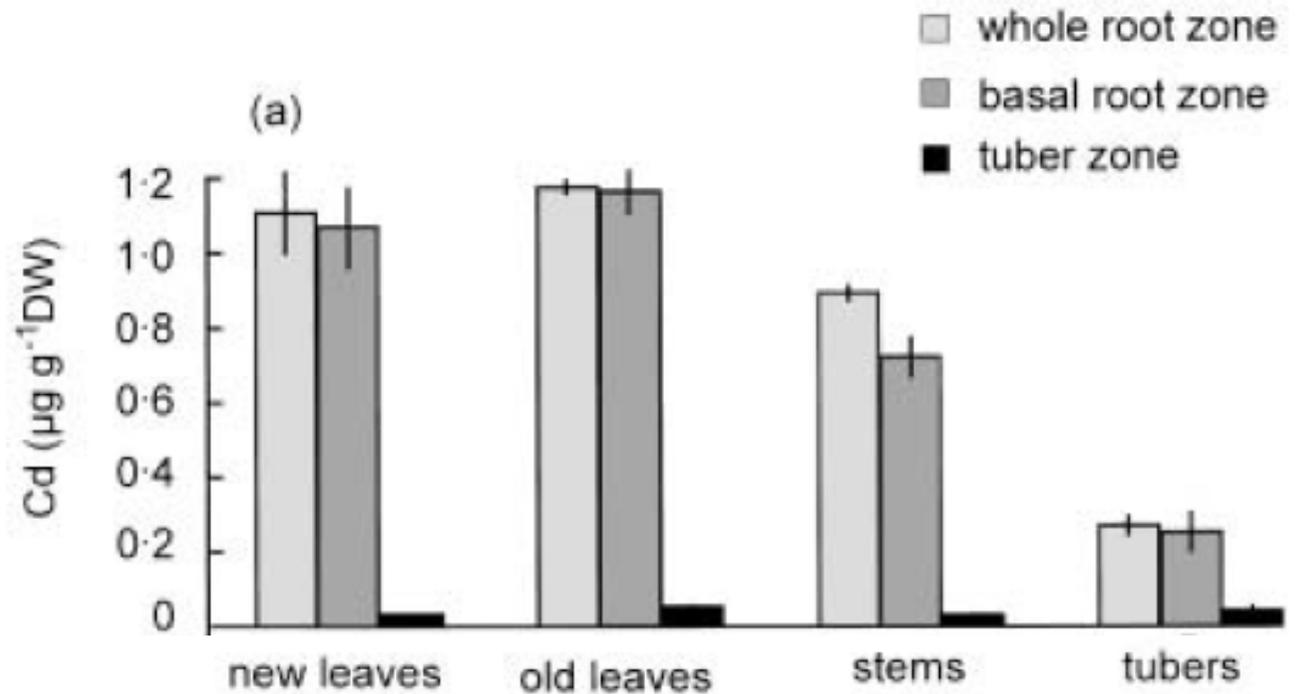
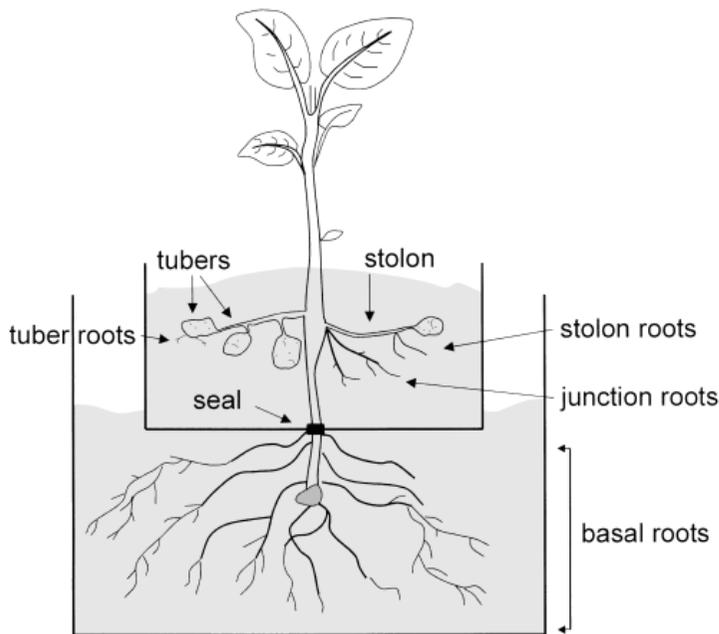


Beziehung zwischen Cd-Konzentrationen (µg g<sup>-1</sup> TM) in Spross und Wurzeln von 19 Mais-Inzuchtlinien



Die Cd-Verlagerung in Speicherorgane (Körner, Früchte, Knollen) erfolgt hauptsächlich im Phloem („Phloembarriere“). Die Umverteilung von Cd im Phloem aus den Blättern und Stängeln in die Speicherorgane unterscheidet sich stark je nach Kulturart und Genotyp.

Cd-Konzentration in verschiedenen Organen von Kartoffeln nach Cd-Angebot im gesamten Wurzelraum oder nur zu den Wurzeln oder nur zu dem Knollenraum



## Zusammenfassung

Die Cd-Gehalte in pflanzlichen Futter- und Nahrungsmittel werden durch die

- Cd-Aufnahme der Wurzeln,
- Cd-Retention in den Wurzeln und
- Cd-Verteilung im Phloem

reguliert. Für alle drei Prozesse bestehen große Unterschiede zwischen den Kulturarten und zwischen Genotypen innerhalb einer Kulturart. Die genotypischen Unterschiede können zur Selektion und Züchtung genutzt werden.

Die Cd-Aufnahme aus dem Boden ist stark abhängig von der räumlichen und chemischen Verfügbarkeit von Cd und kann auch durch Düngungsmaßnahmen (z.B. Kalkung, Nitratdüngung) verringert werden.