



Quelle: Taifun-Tofu GmbH

## Schwermetalle in Soja

Die Schwermetallaufnahme bei Pflanzen läuft ähnlich ab wie die Aufnahme von Mikro- oder Makronährstoffen. Oft konkurrieren die Schwermetalle mit den Nährstoffen um die Bindungsstellen und verdrängen sie, ohne ihre Funktion zu übernehmen. Die Pflanzen selber sind oft resistent gegen die Anreicherung, sodass sich Auswirkungen erst bei Mensch oder Tier in der Nahrungskette zeigen. Es sind kritische Konzentrationen für Schwermetalle im Boden definiert (Tab. 1), die als grober Anhaltspunkt bspw. bei der Ausbringung von Klärschlamm oder Kompost dienen. Im Boden müssen die Schwermetalle zur Absorption aber in verfügbarer Form vorliegen, sodass die Gesamtkonzentration weniger aussagekräftig ist als der tatsächliche verfügbare Anteil. In Böden mit saurem pH-Wert sind Schwermetalle besser verfügbar, sodass eine Kalkung eine Aufnahme durch die Pflanzen erschweren kann. Auch die Mikronährstoffe Cu und Zn können in hohen Konzentrationen vorkommen und dann toxisch in der Pflanze wirken. Die Herkunft der Schwermetalle im Boden kann sowohl natürlichen (geogenen) als auch anthropogenen Ursprungs sein. Durch natürliche Verwitterungsprozesse werden die Schwermetalle aus Gesteinen und Erzen ausgewaschen und z. B. durch Wind oder mit Flüssen verteilt. Das schnelle wirtschaftliche Wachstum der letzten Jahrzehnte hat den anthropogenen Eintrag durch Industrie, Bergbau, Düngung, Pflanzenschutzmittel, Abfälle, wachsenden Verkehr, etc. weltweit erhöht.

In mehreren Versuchen (Rodriguez et al., 2014; Lavado et al., 2001; Hao et al., 2011) wurde gezeigt, dass Sojabohnen empfindlicher auf Schwermetalle im Boden reagieren als andere Kulturen und diese besser aufnehmen können.

Tabelle 1: Kritische Konzentrationen bestimmter Schwermetalle im Boden [mg/kg] (Schubert, 2011)

Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
100	3	100	100	50	2	300

Im Folgenden wird eine Übersicht einige verschiedene Schwermetalle bei Soja gegeben:

### Blei (Pb)

Blei ist prinzipiell wenig verfügbar im Boden, da es stark an Bodenkolloide gebunden wird, insbesondere auch an organische Substanz. Außerdem wird es stark in Wurzel-Zellwänden und Mykorrhiza-Pilzen festgelegt und insbesondere in Zweikeimblättrigen (zu denen die Soja gehört) (Pourrut et al., 2013) kaum in oberirdische Pflanzenteile verlagert (Schubert, 2011; Pourrut et al., 2013; Wierzbicka, 2007). Soweit ein Transport von Blei in der Pflanze stattfindet, reichert es sich meist in den Blättern an, weil dort die höchste Verdunstung des Wassers stattfindet, mit dem die Metall-Ionen in der Pflanze transportiert werden (Tung und Temple, 1996).

## Cadmium (Cd)

Cadmium ist ebenfalls ein nicht-essentielles Metall und unter den Schwermetallen das für den Menschen gefährlichste. Es wird unter anderem über Phosphor-Dünger in Böden eingetragen (de Borne et al., 1998) und weist eine hohe Beweglichkeit in Boden und Pflanze auf und gleichzeitig eine besonders geringe Phytotoxizität: Von der Pflanze werden sogenannte Phytochelatine gebildet, kleine, dem Metallothionein ähnliche, Moleküle mit hohen Cysteingehalten, die Cadmium binden (Schubert, 2011; Zitka et al., 2013) und damit für die Pflanze unschädlich machen. Bei der Verdauung wird Cadmium jedoch wieder freigesetzt (Schubert, 2011). Cd reichert sich stärker in der Wurzel als im Spross und stärker im Spross als in den Bohnen der Sojapflanze an (MacLean, 1976; Reddy und Dunn, 1983).

Unter den Sojabohnen-Sorten gibt es Sorten, die Cadmium weniger akkumulieren als andere. So sind z. B. die Sorten Merlin, Primus oder Lissabon stark akkumulierende und die Sorte ES Mentor eine schwächer akkumulierende Sorte (Vollmann et al., 2015).

Wie bei anderen Schwermetallen auch, wird die Cd-Verfügbarkeit im Boden beeinflusst von organischer Substanz, von pH (hohe Werte verringern normalerweise die Verfügbarkeit) und Tonanteil (hoher Tonanteil verringert normalerweise die Verfügbarkeit). Durch Kalkung kann der pH-Wert erhöht werden, was zu einer verstärkten Aufnahme von Calcium-Ionen anstatt Cd-Ionen führt, gleichzeitig aber auch zu einer höheren Cd-Verfügbarkeit, weshalb eine Kalkung nicht in jedem Fall angezeigt ist.

Für Cadmium ist in der EU-Kontaminantenverordnung (EG) Nr. 1881/2006 der Höchstgehalt von 0,2 mg/kg Frischgewicht in Sojabohnen festgelegt.



Abbildung 1: Sojapflanzen verschiedener Kultivare, die unterschiedlich stark Cd aus dem mit Cd versetzten Boden akkumulieren (Arao et al., 2003).

## Zink (Zn)

Zink ist ein essentielles Metall und wirkt in kleinen Mengen wachstumsfördernd in Sojapflanzen (Gupta et al., 2016). Aufnahme zu hoher Zn-Mengen hemmt die Aufnahme von Eisen und führt entsprechend zu Eisenmangel in der Pflanze.

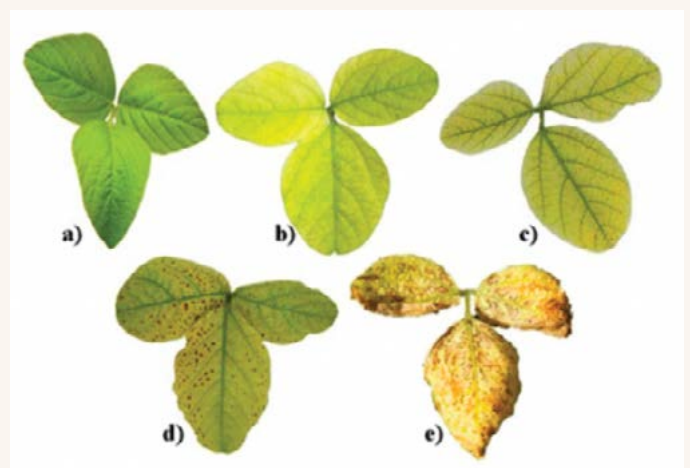


Abbildung 2: Zunehmende Symptome an den Blättern bei Sojabohnenpflanzen mit Zink-Überschuss (Silvia et al., 2014).

## Nickel (Ni)

In letzter Zeit durch aktuelle Untersuchungen an Sojadrinks (<https://www.test.de/Sojadrinks-im-Test-1567644-0>) in den Fokus gerückt ist Nickel, das auch von Soja akkumuliert werden kann. Nickel ist in der Pflanze mobil und wird sowohl in Blättern als auch in den Samen akkumuliert. Das es auch ein zweiwertiges Kation ist, tritt es als Konkurrent von  $\text{Cu}^{2+}$  und  $\text{Zn}^{2+}$  und wird auf gleichem Wege verlagert (Cataldo et al., 1987).

Laut der GU Nährwert-Kalorien-Tabelle (Elmadfa et al., 2007, S. 102), enthalten Sojabohnen mit 4,8 mg Ni/Kg das meiste Nickel unter den Getreiden und Hülsenfrüchten. Geschälte Sojabohnen zeigen deutlich geringere Werte von nur 0,8 mg/Kg (<http://www.nickelfrei.de/wissenswertes/lebensmittelallergie/singleview/article/nickel-in-lebensmitteln-was-steckt-drin.html>); ein großer Anteil des Nickels befindet sich demnach in der Schale der Sojabohne.

## Quellen:

Arao, T., Ae, N., Sugiyama, M. und M. Takahashi (2003). Genotypic differences in cadmium uptake and distribution in soybeans. *Plant and Soil*, Volume 251, Issue 2, 247–253

De Borne, F. D., Elmayan, T., de Roton, C., de Hys, L., and Tepfer, M. (1998). Cadmium partitioning in transgenic tobacco plants expressing a mammalian metallothionein gene. *Molecular Breeding*, 4(2), 83–90.

Cataldo, D. A., Garland, T. R. und R. E. Wildung, 1987. Nickel in Plants, II. Distribution and Chemical Form in Soybean Plants. *Plant Physiology* 62(4), 566–570.

Gupta, S., Meena, M. K., Datta, S., of Scientific, C., and (CSIR), I. R. (2016). Effect of selected heavy metals (lead and zinc) on seedling growth of soybean glycine max (l.) merr.

Hao, X., Zhou, D., Wang, Y., Shi, F. und P. Jiang, 2011. Accumulation of Cu, Zn, Pb, and Cd in Edible Parts of Four Commonly Grown Crops in Two Contaminated Soils. *Journal of Phytoremediation*, Volume 13 (3), 289-301.

Lavado, R.S., Porcelli, C.A. und R. Alvarez, 2001. Nutrient and heavy metal concentration and distribution in corn, soybean and wheat as affected by different tillage systems in the Argentine Pampas. *Soil and Tillage Research*, Volume 62 (1-2), 55-60.

MacLean, A. (1976). Cadmium in different plant species and its availability in soils as influenced by organic matter and additions of lime, p, cd and zn. *Canadian Journal of Soil Science*, 56(3):129–138.

Pourrut, B., Shahid, M., Douay, F., Dumat, C., and Pinelli, E. (2013). Molecular mechanisms involved in lead uptake, toxicity and detoxification in higher plants. In *Heavy Metal Stress in Plants*, S. 121–147. Springer.

Reddy, M. and Dunn, S. (1983). Heavy metal and micronutrient uptake in soybeans as influenced by sewage sludge amendment. *Science of the total environment*, 30:85–98.

Rodriguez, J. H., Salazar, M. J., Steffan, L., Pignata, M. L., Franzaring, J., Klumpp, A. und A. Fangmaier, 2014. Assessment of Pb and Zn contents in agricultural soils and soybean crops near to a former battery recycling plant in Córdoba, Argentina. *Journal of Geochemical Exploration*, Volume 145, 129-134.

Schubert, S. (2011). *Pflanzenernährung : Grundwissen* Bachelor. Ulmer, Stuttgart, 2., korr. Aufl. edition.

Silva, M. L. de Souza, Vitti, G. C. und A. R. Trevizam. (2014). Heavy metal toxicity in rice and soybean plants cultivated in contaminated soil. *Revista Ceres*, 61(2), 248-254.

Tung, G. and Temple, P. J. (1996). Histochemical detection of lead in plant tissues. *Environmental toxicology and chemistry*, 15(6), 906–914.

Vollmann, J., Lošák, T., Pachner, M., Watanabe, D., Musilová, L. und J. Hlušek, 2015. Soybean cadmium concentration: validation of a QTL affecting seed cadmium accumulation for improved food safety. *Euphytica*, Volume 203 (1), 177–184.

Wierzbicka, M., Przedpelska, E., Ruzik, R., Ouerdane, L., Połec-Pawlak, K., Jarosz, M., Szpunar, J., and Szakiel, A. (2007). Comparison of the toxicity and distribution of cadmium and lead in plant cells. *Protoplasma*, 231(1-2), 99. III

Zitka, O., Krystofova, O., Hynek, D., Sobrova, P., Kaiser, J., Sochor, J., Zehnalek, J., Babula, P., Ferrol, N., Kizek, R., et al. (2013). Metal transporters in plants. In *Heavy metal stress in plants*, pages 19–41. Springer.

**Weitere Taifun Sojainfos und umfassende Informationen zu allen Themen des Sojaanbaus finden Sie auf:**

[www.sojafoerderring.de](http://www.sojafoerderring.de)

### Impressum

Autorin: Kristina Bachteler

Redaktionelle Mitarbeit: Martin Miersch

Herausgeber: Taifun-Tofu GmbH

Bebelstraße 8 | 79108 Freiburg | Tel. 0761 152 10 13

soja@taifun-tofu.de



Zentrum für  
Sojaanbau

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen der BMEL Eiweißpflanzenstrategie.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages