



>> <http://www.chemie.de/news/32387/>

## Neue Hoffnung für Schwermetall-belastete Böden

Erster umfassender Genvergleich zweier Pflanzenarten offenbart molekulares Inventar für Schwermetalltoleranz und -hyperakkumulation

**05.12.2003** - Als Folge von Bergbau, Hüttenindustrie oder militärischer Nutzung sind heute Böden in zahlreichen Regionen mit Schwermetallen verunreinigt. Sie beeinträchtigen das Grundwasser, reichern sich in Nahrungsmitteln an oder dringen als Flugstaub in unsere Lungen ein. Schwermetall-belastete Böden zu sanieren ist daher von großem wirtschaftlichen wie gesundheitlichem Interesse. Wissenschaftler am Max-Planck-Institut für Molekulare Pflanzenphysiologie in Potsdam und am Leibniz-Institut für Pflanzenbiochemie in Halle sind jetzt dem Verständnis der molekularen Mechanismen ein gutes Stück nähergekommen, die es bestimmten Pflanzenarten ermöglichen, sich trotz Schwermetallbelastung zu entwickeln und dem Boden sogar Schwermetalle in großen Mengen zu entziehen. Den Forschern ist es erstmals gelungen, das genetische Inventar zweier nah verwandter Pflanzenarten, des "Metallhyperakkumulators" *Arabidopsis halleri* und der genetischen Modellpflanze *Arabidopsis thaliana*, global miteinander zu vergleichen und hierbei jene Proteine zu identifizieren, die an ihrem Metallstoffwechsel beteiligt sind. Dank dieser neuen Erkenntnisse über den Metallhaushalt können jetzt spezielle Technologien entwickelt werden, um belastete Böden durch den Anbau von Schwermetall-sammelnden Pflanzen zu sanieren (The Plant Journal, OnlineEarly, 4. Dezember 2003). Pflanzen-

forscher beschäftigen sich seit Ende der 1980er Jahre intensiv mit so genannten Metallhyperakkumulatoren, also Pflanzen, die Metall-Ionen in großen Mengen in ihren Blättern und Sprossen speichern können und eine bemerkenswerte Metalltoleranz aufweisen. Dieses Interesse entwickelte sich zeitgleich mit der Erkenntnis, dass Metall-Ionen in der Biologie generell eine wichtige Rolle spielen und eine Reihe von schweren Erkrankungen des Menschen, wie "Menke's Disease", "Wilson's Disease" oder die Hämochromatose, möglicherweise aber auch Alzheimer und Prionenkrankheiten, auf einen gestörten Metallhaushalt zurückzuführen sind. Denn alle Organismen sind mit demselben Dilemma konfrontiert: Metalle wie Kupfer, Zink, Eisen, Mangan oder Nickel sind in geringen Mengen lebensnotwendig. Wird ein solches Metall jedoch im Überschuss akkumuliert oder falsch verteilt, kann es zu schweren Schädigungen des Organismus kommen. Daher besitzen alle Lebewesen ein eng gestricktes und streng reguliertes Netzwerk von Proteinen des Metallhaushaltes.

Bisherige Untersuchungen dieser Proteine zeigten überraschend, dass sie in so unterschiedlichen Organismen, wie beim Menschen, in der Bäckerhefe oder in Pflanzen einander ziemlich ähneln. In Metallhyperakkumulator-Pflanzen wie *Thlaspi caerule-*



>> <http://www.chemie.de/news/32387/>

scens sind einzelne an der Metall-Speicherung beteiligte Proteine kaum von ihren Gegenstücken in verwandten, aber nicht Metall-toleranten Pflanzenarten zu unterscheiden, werden jedoch anders reguliert. Allerdings war es bislang nicht möglich, einen globalen Überblick über das komplexe biochemische Netzwerk im Metallhaushalt dieser Pflanzen zu gewinnen. Dies hat sich nun mit den neuen Forschungsergebnissen über die Metallhyperakkumulator-Pflanze *Arabidopsis halleri* geändert.

Die Pflanzenart *Arabidopsis halleri* kommt auf stark mit Cadmium und Zink belasteten Böden vor und ist nicht nur extrem schwermetalltolerant, sondern gehört auch zu den etwa 400 Pflanzenarten, die Schwermetalle in ihren Blättern und Sprossen speichern. Diese Eigenschaften sind von großem technologischem Interesse, da sie für die kostengünstige und umweltfreundliche Reinigung schwermetallbelasteter Böden genutzt werden könnten. Wissenschaftler am Max-Planck-Institut für Molekulare Pflanzenphysiologie in Potsdam und am Leibniz-Institut für Pflanzenbiochemie in Halle sind nun der Frage, welche Mechanismen der Metallhyperakkumulation und -toleranz auf der molekularen Ebene zugrunde liegen, im Detail nachgegangen. Dabei haben sie sich die enge Verwandtschaft der Metallhyperakkumulatorpflanze *Arabidopsis halleri* mit der genetischen Modellpflanze *Arabidopsis thaliana* (Ackerschmalwand), deren Erbinformation vollständig entschlüsselt ist, zunutze gemacht. Im Gegensatz zu *A. halleri* weist *A. thaliana* keinerlei Metalltoleranz auf, immobilisiert Metalle in den Wurzeln und transportiert diese Ionen nur in geringem Ausmaß in ihre oberirdischen Pflanzenteile.

Der gegensätzliche Metallhaushalt beider Pflanzenarten und ihre enge genetische Verwandtschaft ermöglichte es den Forschern, die Genbotschaften (Boten-RNA) beider Arten mit Hilfe kommerzieller Genchips von *A. thaliana* zu vergleichen. Diese Chips enthalten Sonden für etwa ein Drittel der im Genom von *A. thaliana* kodierten Genbotschaften. Dies ermöglichte den Wissenschaftlern, die Protein-Baupläne von verschiedenen Genen des Metallhaushaltes zu identifizieren, von denen einige in stark erhöhten Mengen in den Wurzeln, andere stärker im Spross von *A. halleri* vorkommen.

Die Funktionen dieser Proteine spiegeln deutlich wider, welche besonderen Funktionen die Wurzeln und die Blätter in der Metallhyperakkumulation haben. Aufgabe der Wurzel ist es, die Metallionen zu entgiften und in den Spross weiterzuleiten. Die Blätter der Pflanze lagern vornehmlich große Mengen an Metallionen ein und sind dadurch maßgeblich an der Entgiftung beteiligt. Von einigen der identifizierten Gene haben die Wissenschaftler die Funktion ihrer Genprodukte genauer untersucht und bestimmt. Bei anderen ergab sich ihre Funktion aus bereits vorhandenen Daten.

So kommen die Boten-RNAs für das Enzym Nicotianaminsynthase in der Wurzel von *A. halleri* sehr häufig vor. Diese Enzym katalysiert die Synthese des pflanzenspezifischen Metallchelatormoleküls Nicotianamin, das Zink- und andere Metallionen durch Bildung einer Komplexverbindung entgiftet, aber beweglich hält. Wichtig sind in der Wurzel aber auch Membrantransportproteine, die für die Aufnahme in die Zelle bzw. für die Mobilität der Metallionen sorgen. Im Spross hingegen tauchen die



>> <http://www.chemie.de/news/32387/>

Genbotschaften für ein anderes Isoenzym der Nicotianaminsynthase häufiger auf. Auch in diesem Fall konnten die Forscher nachweisen, dass dieses Enzym bei der Metallentgiftung mitwirkt. Darüber hinaus sind auch hier die Genbotschaften für verschiedene Membrantransportproteine außerordentlich stark vertreten. Für eines dieser Transportproteine wird eine Funktion in der Aufnahme von Zink in die Blattzellen angenommen. Für zwei weitere Transportproteine wiesen die Forscher eine Beteiligung an der Entgiftung von Zinkionen in der Zelle nach. Die Forscher vermuten, dass diese Proteine den Transport der Metalle aus dem Cytoplasma in zelluläre Kompartimente mit weniger Stoffwechsellaktivität, wie die pflanzliche Vakuole, vermitteln.

Auffällig ist, dass alle diese Gene unter allen Bedingungen höchst aktiv sind - unabhängig von der Metallkonzentration, der die Pflanzenwurzeln ausgesetzt sind. Dies deckt sich mit Beobachtungen, wonach Blätter von *A. halleri*, auch wenn die Pflanze auf Böden mit normalen Metallgehalten wächst, im Vergleich zu anderen Pflanzen einen stark erhöhten Metallgehalt haben.

Im "post-genomischen" Zeitalter stehen die Erbinformationen von immer mehr Organismen vollständig zur Verfügung. Dadurch wird es jetzt möglich, auch nach den molekularen Grundlagen zu fragen, die es einzelnen Pflanzenarten ermöglichen, auf ganz bestimmten Standorten zu wachsen. "Mit dem auf diese Weise gewonnenen Wissen wird es einmal möglich sein, die Pflanzenerträge auch in jenen Gebieten der Erde zu verbessern, die klimatisch weniger begünstigt sind als Mitteleuropa," meint Ute Krämer, Forschungsgruppenleiterin am Max-

Planck-Institut für molekulare Pflanzenphysiologie. "Zu wissen, welche Faktoren die pflanzliche Metalltoleranz und -akkumulation beeinflussen, könnte wiederum dazu beitragen, den Gehalt an lebenswichtigen Spurenelementen wie Eisen oder Zink in pflanzlichen Nahrungsmitteln zu verbessern oder den Anteil schädlicher Metalle wie Cadmium zu verringern. Wenn es gelingt, die Fähigkeit zur Metallhyperakkumulation auf Pflanzen mit hoher Biomasseproduktion wie den Raps zu übertragen, könnten künftig Metall-belastete Böden durch den ihren Anbau saniert werden."