

Tagungsbeitrag zu:  
Jahrestagung der DBG, Kommission II  
Titel der Tagung:  
Unsere Böden – Unser Leben  
Veranstalter:  
DBG  
Termin und Ort der Tagung:  
5.-10.9.2015, München  
Berichte der DBG (nicht begutachtete  
online Publikation)  
<http://www.dbges.de>

## Substratübergreifende Sorptionsisothermen für Arsenat und Vanadat

*Daniel Rückamp<sup>1,\*</sup>, Jens Utermann<sup>2</sup>,  
Florian Stange<sup>1</sup>*

### Schlüsselworte

Arsen, Vanadium, Sorptionsisotherme, Freundlich-Isotherme

### Einleitung

Um die Bindungsstärke des Bodens für Ionen zu bestimmen, werden häufig Sorptionsisothermen experimentell bestimmt. Da diese aber nur für den untersuchten Boden gelten, müssen sogenannte substratübergreifende Sorptionsisothermen entwickelt werden, um Aussagen über weitere Böden treffen zu können. An der BGR wurden für viele kationische Schwermetallionen solche Isothermen bestimmt. Hier werden substratübergreifende Sorptionsisotherme für Arsen und Vanadium, die unter sauerstoffreichen Bedingungen als die Oxyanionen Arsenat und Vanadat vorliegen, vorgestellt.

<sup>1</sup> Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Boden als Ressource – Stoffeigenschaften und Dynamik, Stilleweg 2, 30655 Hannover

<sup>2</sup> Umweltbundesamt, Maßnahmen des Bodenschutzes, Wörlitzer Platz 1, 06844 Dessau-Roßlau

\* E-Mail: [daniel.rueckamp@bgr.de](mailto:daniel.rueckamp@bgr.de)

## Material und Methoden

Für 119 deutschlandweit repräsentative Bodenproben (39 Oberböden, 80 Unterböden oder Untergrund) wurden einzelne Adsorptionsisothermen in Batchversuchen ermittelt. Jeweils 7 g trockener Boden wurde im Verhältnis 1:5 mit einer Lösung, die Arsenat bzw. Vanadat (sechs Konzentrationsstufen) und einen Begleitelektrolyt enthielt, gemischt. Die Konzentration des Begleitelektrolyten wurde bodenspezifisch angepasst, so dass die Ionenstärke des Ansatzes ungefähr der originalen Ionenstärke der Bodenlösung entsprach. Nach 24 Stunden Schütteln wurde Arsen und Vanadium in der Lösung bestimmt. Initial sorbierte Arsenat- bzw. Vanadat-Gehalte wurden aus der Linearisierung der logarithmierten Lösungskonzentrationen und logarithmierten sorbierten Gehalte bestimmt (nach Gäbler et al., 2009). Für jede Probe wurden Sorptionsisothermen nach dem Freundlich-Modell mittels nichtlinearer Regression angepasst.

Die Bodenproben wurden zusätzlich hinsichtlich Korngrößenzusammensetzung, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Kalkgehalt, organischer Kohlenstoff, pedogene Oxide (Oxalat-Extrakt) und effektive Kationenaustauschkapazität charakterisiert. Nach einer Korrelationsanalyse blieben Karbonatgehalt, organischer Kohlenstoff ( $C_{org}$ ), Tongehalt,  $pH(CaCl_2)$ , elektrische Leitfähigkeit (EL) und Eisen im Oxalat-Extrakt ( $Fe_o$ ) als voneinander unabhängige Bodenkenngrößen für die weitere Auswertung erhalten.

Die Abhängigkeit der einzelnen Sorptionsisothermen von den genannten Bodenparametern wurde mittels multipler linearer Regression analysiert. Dabei wurde angenommen, dass der Sorptionskoeffizient  $K_f$  sowohl von den Bodenparametern abhängt als auch einen intrinsischen Teil beinhaltet. Die Regressionsgleichung zur Berech-

nung der substratübergreifenden Sorptionsisotherme nach dem sogenannten S-Ansatz (Utermann et al., 2005) hat dann die folgende Form:

$$\log S = \log Kf^* + a \cdot \log C_{org} + b \cdot \log \text{Karbonat} + c \cdot \log \text{Ton} + d \cdot \text{pH}(\text{CaCl}_2) + e \cdot \log \text{EL} + f \cdot \log \text{Fe}_o + n \cdot \log c$$

wobei S der sorbierte Gehalt (in  $\text{mg kg}^{-1}$ ),  $Kf^*$  der intrinsische Sorptionskoeffizient, n der Freundlich Exponent und c die Konzentration in der Lösung (in  $\text{mg l}^{-1}$ ) ist.

Bei dieser Auswertung wurden sowohl der intrinsische Sorptionskoeffizient  $Kf^*$  als auch der Freundlich Exponent n bestimmt.

## Ergebnisse und Diskussion

Die einzelnen Sorptionsisothermen zeigen sowohl für Arsenat (Abb.1) als auch für Vanadat eine große Spanne an Sorptionscharakteristika. Die Sorption hängt also stark von den Bodeneigenschaften ab.

Erste Berechnungen der substratübergreifenden Isothermen deuten für Arsenat und Vanadat auf einen positiven Zusammenhang zwischen dem Gehalt an pedogenen Oxiden und dem Tongehalt mit der Sorptionsstärke. In Abb. 1 ist der positive Zusammenhang zwischen dem  $\text{Fe}_o$ -Gehalt (Eisen(hydr-)oxide) in den Bodenproben und der Sorption von Arsenat an diesen Böden dargestellt.

Bei der Auswertung zeigt sich, dass die Sorptionsstärke der Böden für Arsenat und Vanadat mit steigenden  $C_{org}$ -Gehalten sinkt. Da gleichzeitig eine Korrelation zwischen  $C_{org}$ -Gehalten im Boden und dem gelösten Kohlenstoff in der Lösung des Versuchs festgestellt werden kann, vermuten wir, dass gelöste organische Substanzen eine Sorption von Arsenat und Vanadat an den Boden verhindern.

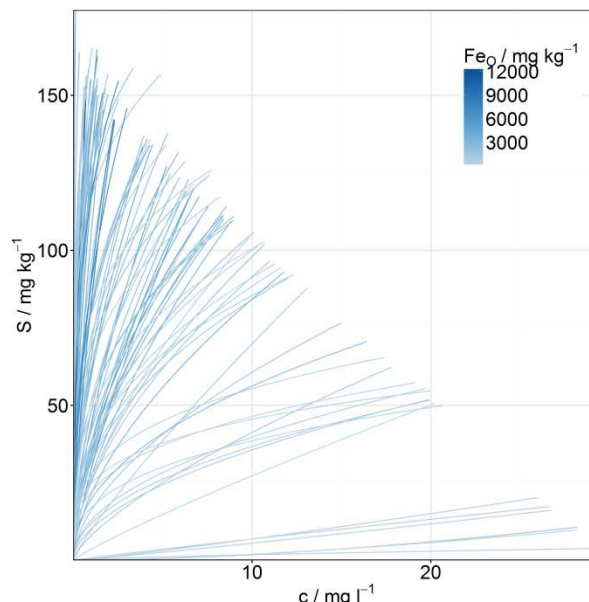


Abbildung 1: Die einzelnen Isothermen für die Sorption von Arsenat. Die Isothermen sind eingefärbt nach dem  $\text{Fe}_o$ -Gehalt des Bodens.

Wie auch in anderen Arbeiten (Gäbler et al., 2009) trägt der pH-Wert des Bodens nicht zur Erklärung der Unterschiede in dem Sorptionsverhalten der Böden für Oxyanionen bei.

## Schlussfolgerungen

Gehalte von oxalatlöslichem Eisen und Tongehalte haben einen positiven Einfluss,  $C_{org}$ -Gehalte einen negativen Einfluss auf die Sorptionsstärke von Arsenat und Vanadat am Boden. Der pH-Wert des Bodens kann nicht zur Erklärung des unterschiedlichen Sorptionsverhaltens herangezogen werden. Mittels substratübergreifender Sorptionsisothermen lässt sich das Bindungsvermögen der Spurenelemente As und V als verlagerungsbestimmender Prozess abschätzen.

## Literatur

Gäbler, H.-E.; Glüh, K.; Bahr, A. & Utermann, J. 2009. Quantification of vanadium adsorption by German soils. *J. Geochem. Explor.* 103(1), 37–44.

Utermann, J.; Meyenburg, G.; Altfelder, S.; Gäbler, H.-E.; Duijnsveld, W.H.M.; Bahr, A. & Streck, T. 2005. Entwicklung eines Verfahrens zur Quantifizierung von Stoffkonzentrationen im Sickerwasser auf der Grundlage chemischer und physikalischer Pedotransferfunktionen. BGR, Hannover.