

Mobilität von Silber und Silbernanopartikeln in Böden

Martin Hoppe^a, Georg Guggenberger^b, Robert Mikutta^b und Jens Utermann^c

^a Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Stilleweg 2, 30655 Hannover

^b Leibniz Universität Hannover, Herrenhäuser Str. 2, 30419 Hannover

^c Umweltbundesamt, Wörlitzer Platz 1, 06844 Dessau-Roßlau

Kontakt: jens.utermann@uba.de

Einleitung

Silbernanopartikel (AgNP) können bei landwirtschaftlicher Verwertung von Klärschlämmen in den Boden gelangen. Die Mobilität von AgNP in komplexen Umweltmedien wurde bisher kaum untersucht (u.a. Tiede et al., 2009). Daher hat diese Studie folgende Ziele:

- Entwicklung einer Methode zur Abschätzung der Mobilität von AgNM-300k (Silbernanopartikel, OECD-Standard, Abb. 1) in Böden
- Test der Methode an einem repräsentativen Probenkollektiv
- Untersuchung der Mobilität von AgNO₃ und AgNM-300k an den gleichen Bodenproben

Material und Methoden

- Erstellen von Adsorptionsisothermen für AgNO₃ mittels Batchverfahren nach Utermann et al. (2005)
 - Schüttelexperiment bei Wasser-Feststoffverhältnis von 5 l/kg
 - 24 h zur Gleichgewichtseinstellung (Überkopfschüttler 10 rpm)
 - Phasentrennung via Zentrifugation und Filtration (0,45 µm)
- Anpassung der Methode für AgNM-300k
 - Einsatz von Glasgefäßen
 - HNO₃/H₂O₂-Aufschluss der Bodenlösung
- Analytik der Stamm- und Bodenlösungen
 - Ag_{total} nach Aufschluss via ICP-OES und ICP-MS
 - Partikelgröße via DLS
 - Unterstützung durch REM und EDX

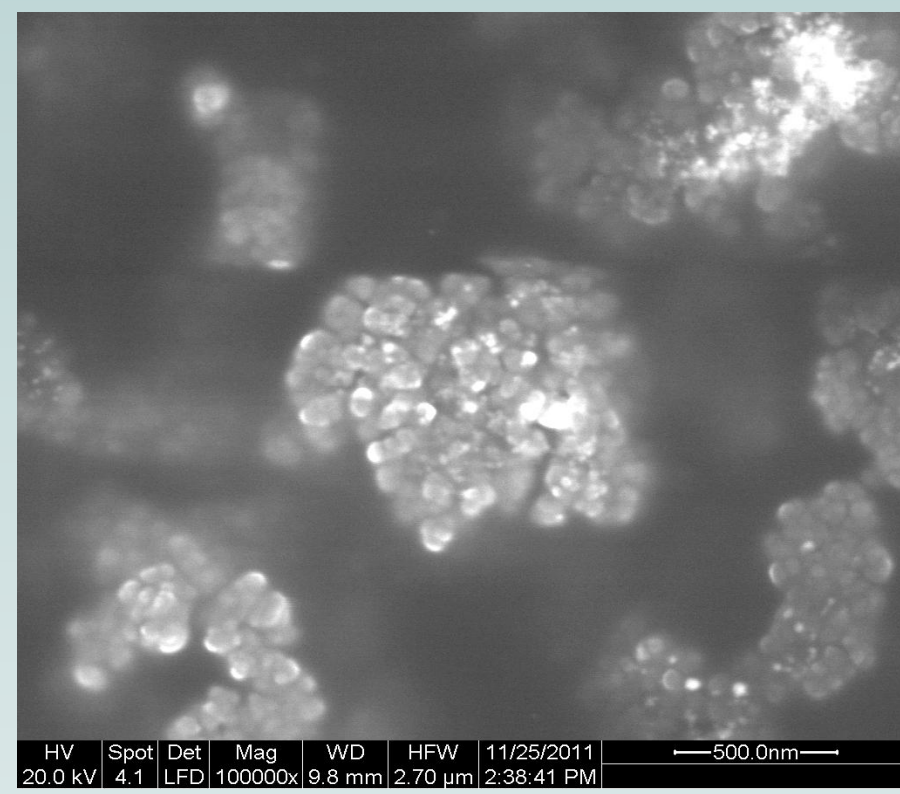


Abb. 1: AgNM-300k nach Lufttrocknung

Charakterisierung des AgNM-300k

- Stammlösungen (AgNM-300k, Verdünnungsstufen 0,4-15 mg/l) werden nach Batchexperimenten untersucht
 - Wiederfindung von Ag_{total} ist hoch (83-89 %) und über den gesamten Versuchszeitraum reproduzierbar (Abb. 2)
 - pH-Werte sind über die Verdünnungsstufen stabil, die Leitfähigkeiten sind sehr niedrig und nehmen mit zunehmender Verdünnung ab (Abb. 3)
 - Probleme bei der Messung der Partikelgröße via DLS aufgrund hoher Polydispersität (PDI=0,43) und generell bei Verdünnungen < 1 mg/l (Abb. 4)

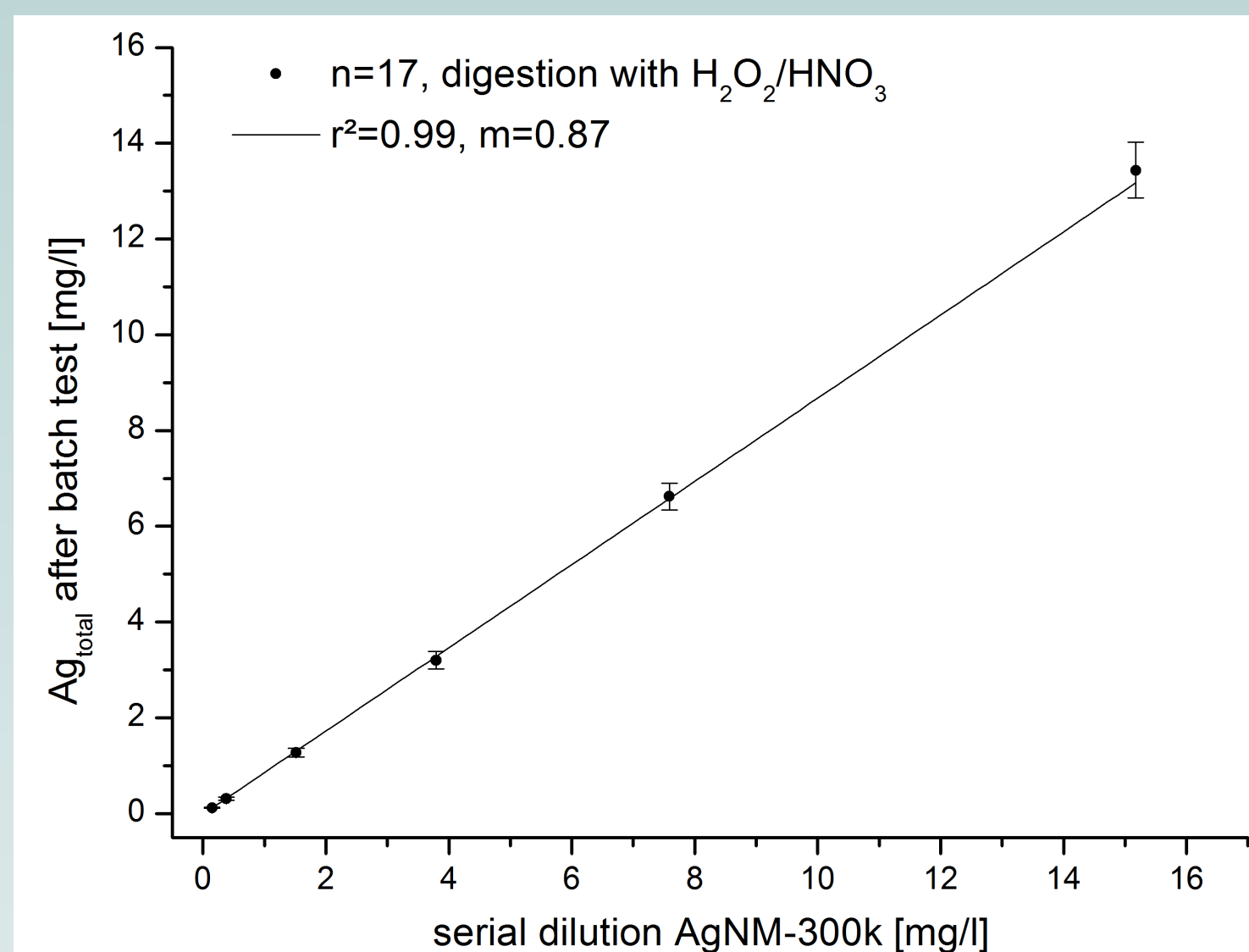


Abb. 2: Wiederfindung Ag_{total} nach Batchexperimenten

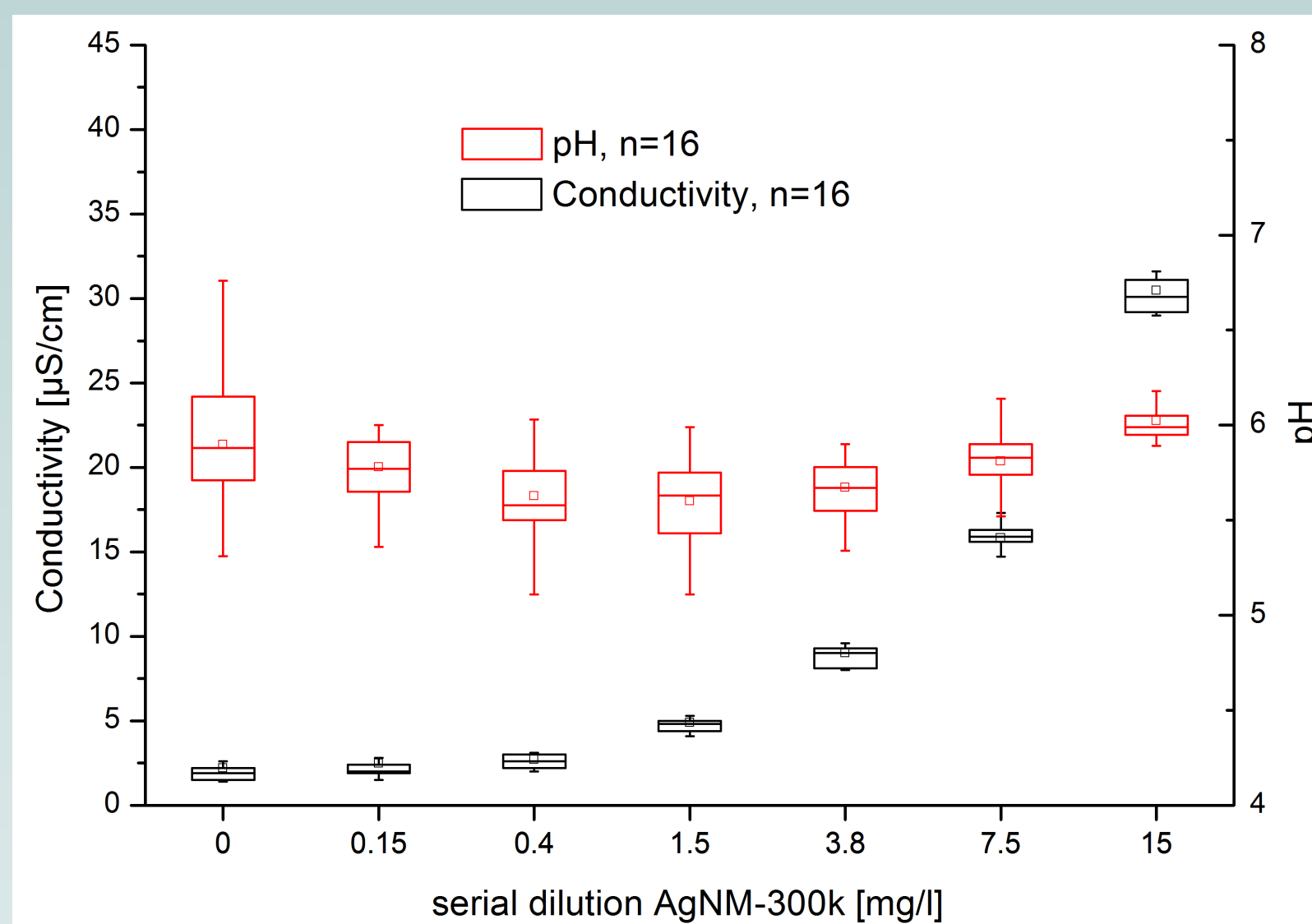


Abb. 3: Leitfähigkeit und pH-Werte nach Batchexperimenten

Batchexperimente mit Böden

- Analytik an zwei Böden wurde während der Versuchsphase regelmäßig wiederholt (Abb. 5)

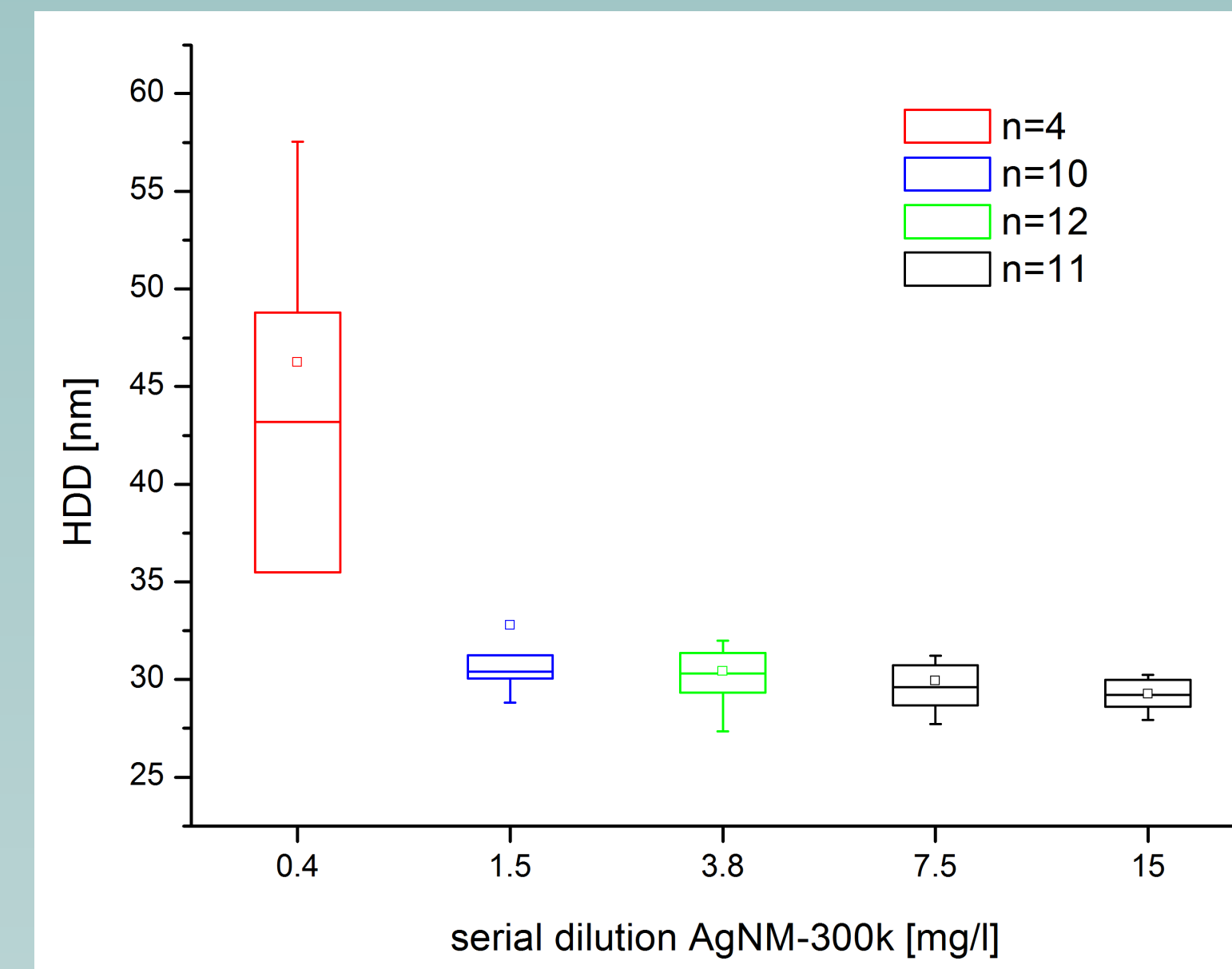


Abb. 4: Partikelgröße (Hydrodynamischer Durchmesser (HDD) via Kumulantenanalyse) in Stammlsg. nach Batchexp.

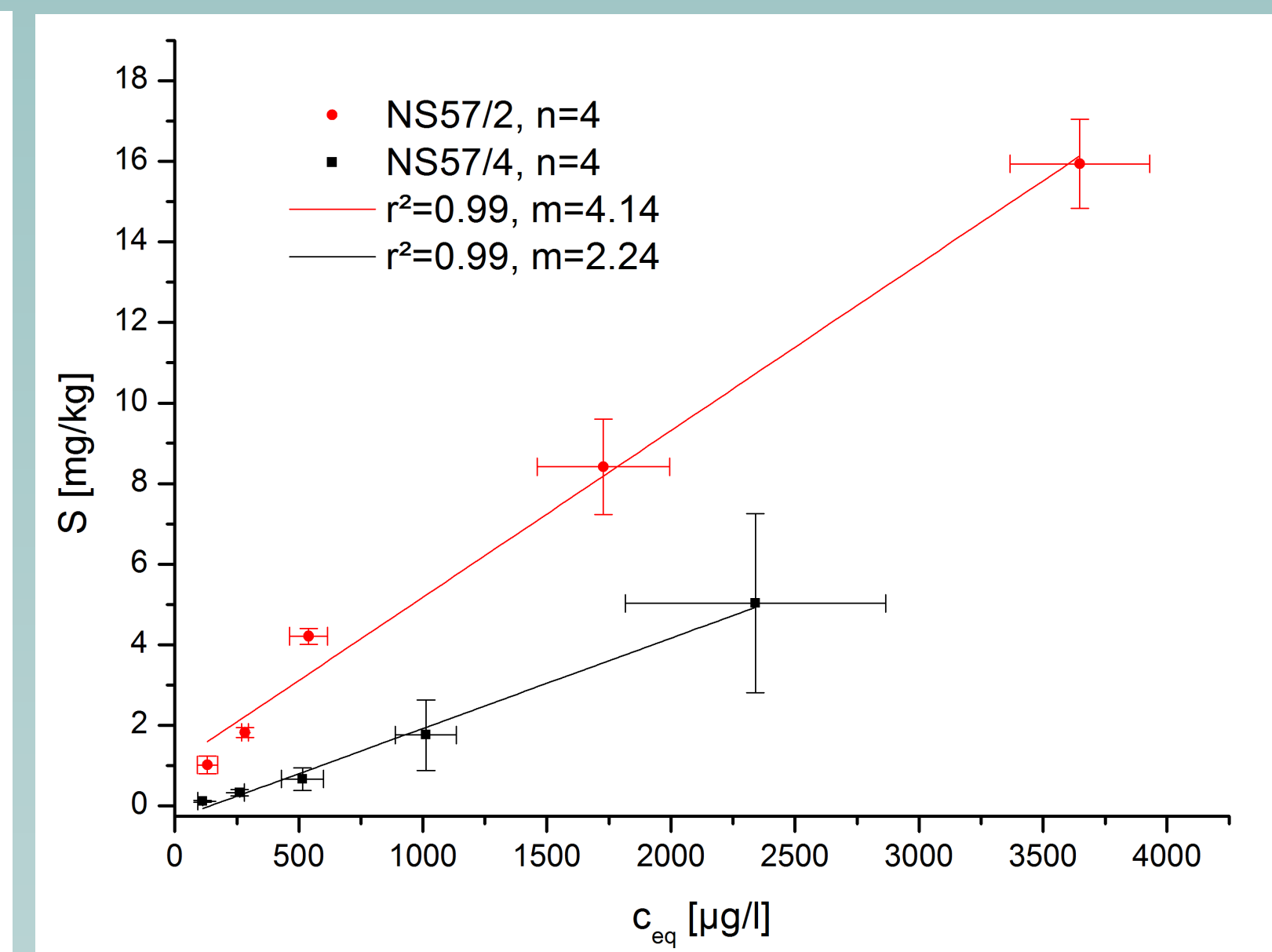


Abb. 5: Messunsicherheit bei Batchexperimenten mit Böden

- Retention von AgNM-300k lässt sich mit einer linearen Funktion beschreiben, während sich die Sorption von AgNO₃ besser mit dem Freundlich Modell beschreiben lässt (Abb. 6)
- Mobilität von AgNM-300k ist in den meisten untersuchten Böden höher als die Mobilität von AgNO₃ (Abb. 7)

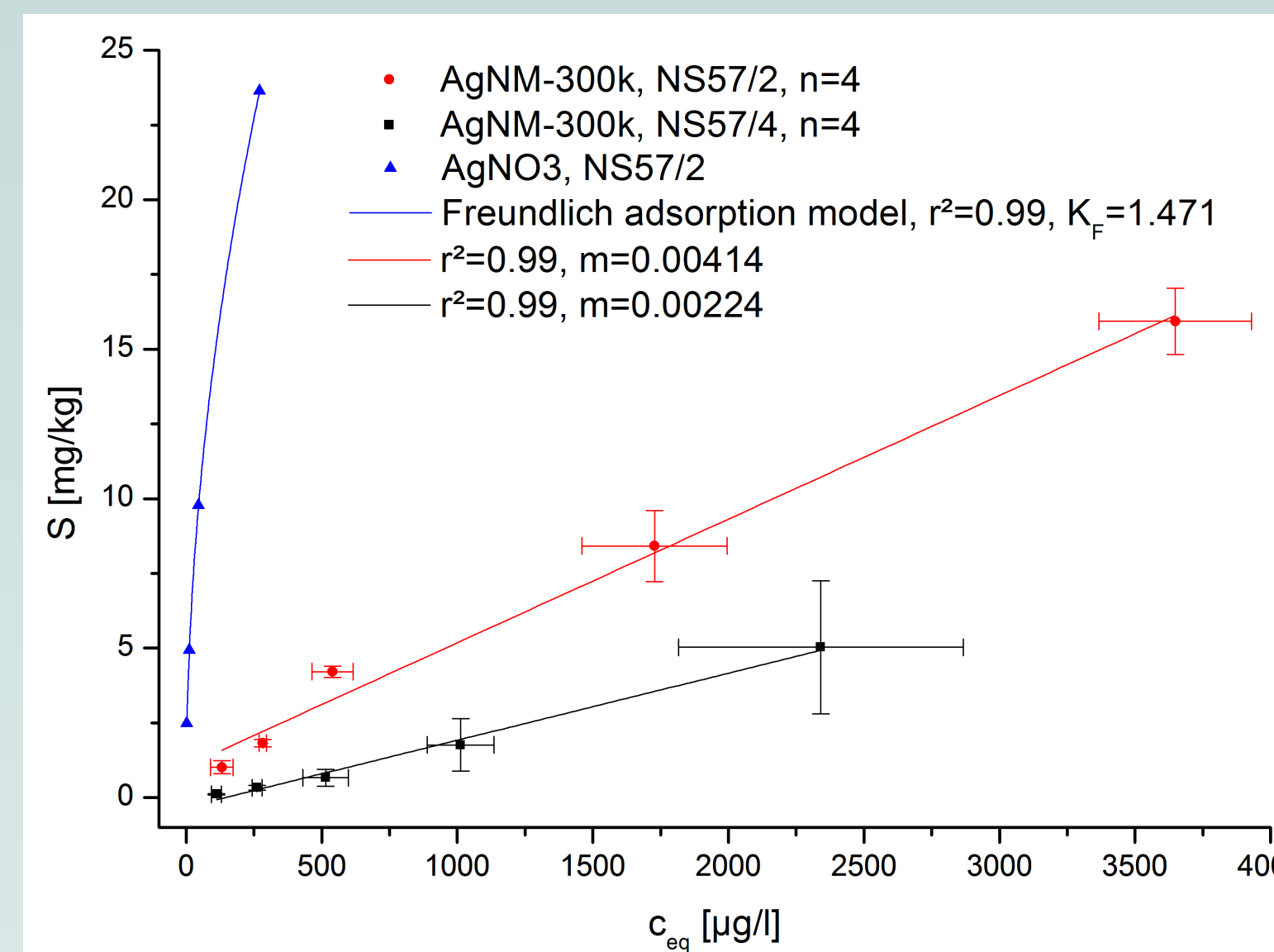


Abb. 6: Vergleich der Sorptionskapazität von AgNM-300k und AgNO₃ an Oberboden einer Braunerde (NS57/2), NS57/4 ist ein tieferliegender Horizont am gleichen Standort

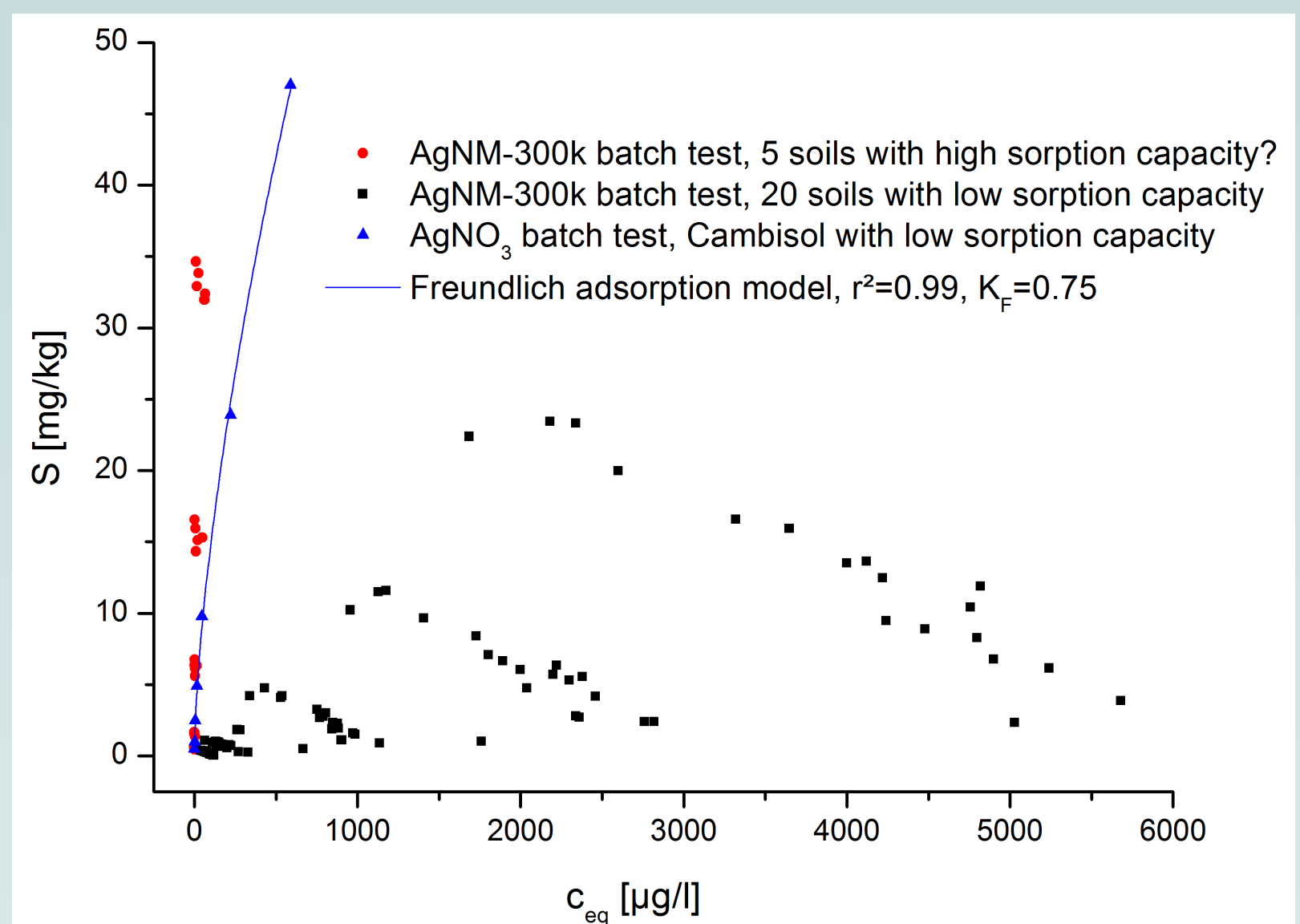


Abb. 7: AgNO₃-Isotherme des sorptionsschwächsten Ackerbodens (blau) liegt deutlich über den Messungen der Versuche mit AgNM-300k (schwarz), Ausnahmen zeigen rot gekennzeichnete Messungen

Zusammenfassung

- Methode ist stabil und reproduzierbar für Versuche mit AgNM-300k
- Mehrzahl der Ackerböden (n=20) zeigt eine höhere Mobilität von AgNM-300k im Vergleich zu AgNO₃
- einige Ackerböden (n=5) zeigen eine starke Retention gegenüber AgNM-300k
 - in Oberböden (n=2) mit hohen pH-Werten (>7,4) könnte Ca²⁺ als Brückenbildner fungieren und zur Aggregation der Partikel führen
 - in Unterböden (n=3) mit niedrigen pH-Werten (<5) werden die Partikel möglicherweise aufgelöst

Literatur

Tiede, K., Hassellöv, M., Breitbarth, E., Chaudhry, Q., Boxall, A. B. A. (2009): Considerations for environmental fate and ecotoxicity testing to support environmental risk assessments for engineered nanoparticles. Journal of Chromatography A, 1216, 503–509.

Utermann, J., Meyenburg, G., Altfelder, S., Gäbler, H.-E., Duijnisveld, W., Bahr, A. und Streck, T. (2005): Entwicklung eines Verfahrens zur Quantifizierung von Stoffkonzentrationen im Sickerwasser auf der Grundlage chemischer und physikalischer Pedotransferfunktionen. Endbericht, BMBF-Forschungsvorhaben 02WP0206.

Verbundpartner