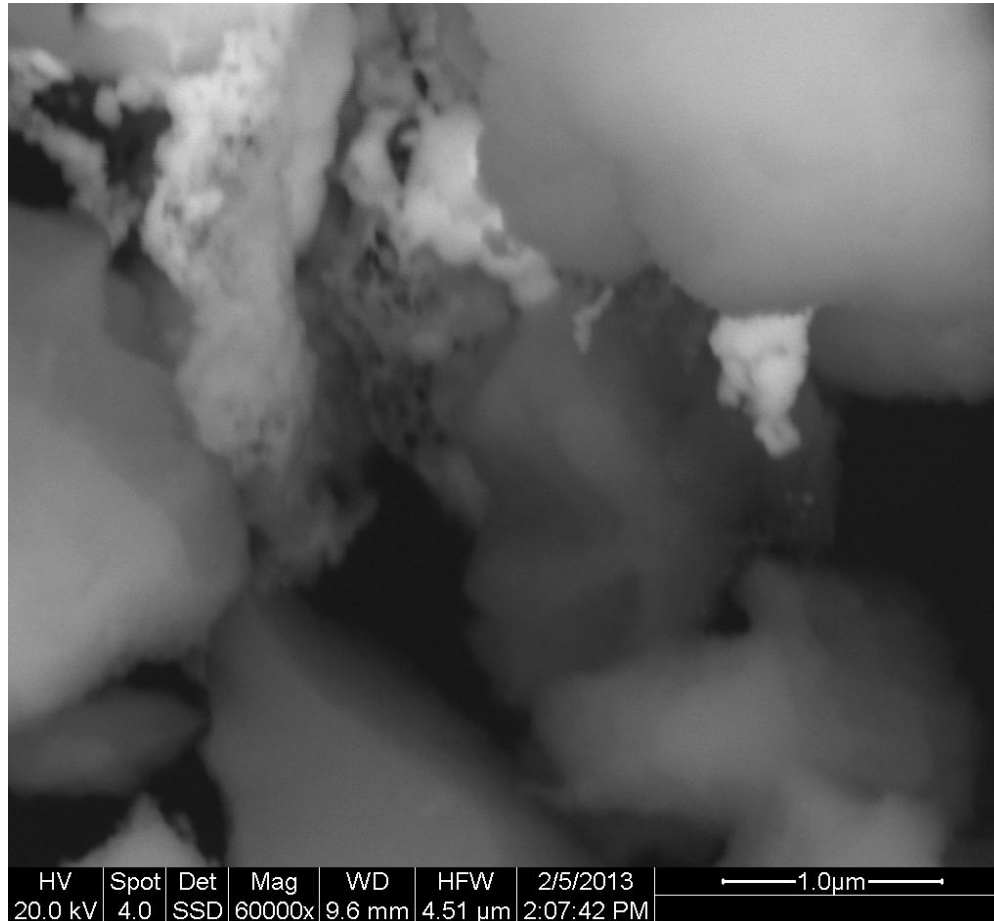


Retention von Silbernanopartikeln in Böden



Martin Hoppe, Robert Mikutta, Jens Utermann,
Wilhelmus Duijnsveld und Georg Guggenberger

- BMBF Verbundvorhaben „UMSICHT“
 - 16 Partner aus Industrie, Forschung und Regulierung
 - ganzheitliche Risikoabschätzung für Silbernanopartikel (AgNP)

- BMBF Verbundvorhaben „UMSICHT“
 - 16 Partner aus Industrie, Forschung und Regulierung
 - ganzheitliche Risikoabschätzung für Silbernanopartikel (AgNP)
- BGR und LUH untersuchen die Mobilität der AgNP in Böden
 - Stabilität bei Zugabe von Kationen und organischer Substanz
 - Retention der AgNP in Batch Tests (24 h)
 - Säulenelution von AgNP beladenen Böden (t = 3 d, t = 90 d)

- BMBF Verbundvorhaben „UMSICHT“
 - 16 Partner aus Industrie, Forschung und Regulierung
 - ganzheitliche Risikoabschätzung für Silbernanopartikel (AgNP)
- BGR und LUH untersuchen die Mobilität der AgNP in Böden
 - Stabilität bei Zugabe von Kationen und organischer Substanz
 - **Retention der AgNP in Batch Tests (24 h)**
 - Säulenelution von AgNP beladenen Böden (t = 3 d, t = 90 d)

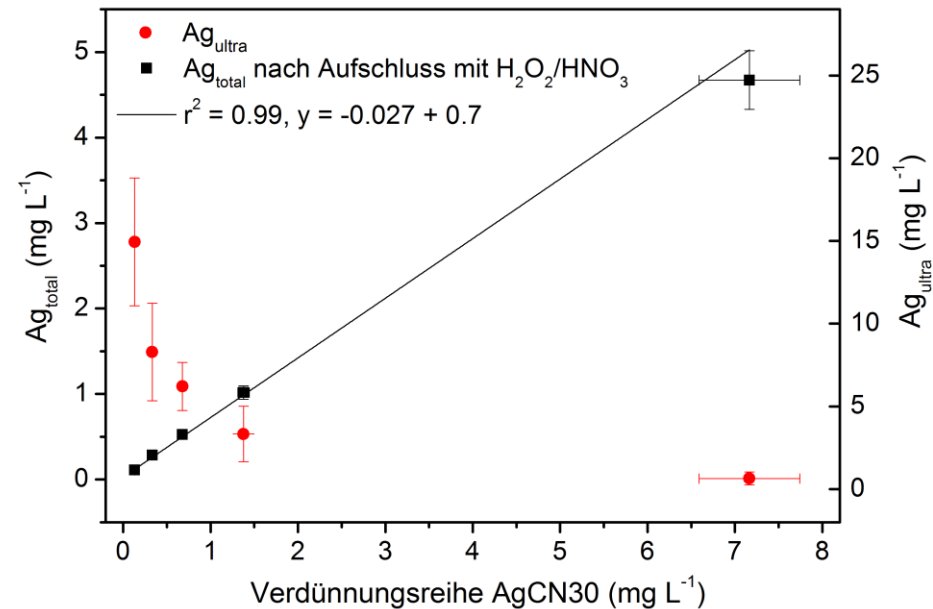
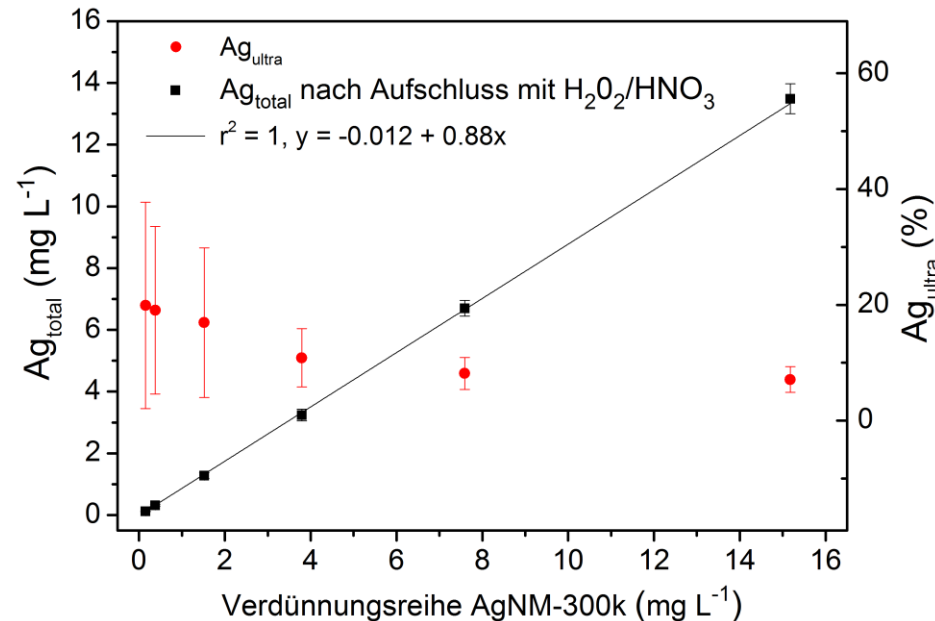
- Silberrnanopartikel
 - sterisch stabilisierte AgNP (AgNM-300k, OECD Standard, 20 nm)
 - durch negative Ladung stabilisierte AgNP (AgCN30, 30 nm, Citrat)

- Silberrnanopartikel (AgNP)
 - sterisch stabilisierte AgNP (AgNM-300k, OECD Standard, 20 nm)
 - durch negative Ladung stabilisierte AgNP (AgCN30, 30 nm, Citrat)
- Versuche mit Ober- und Unterböden von Ackerstandorten
 - 24 h Batch Tests bei Feststoff-Wasser-Verhältnis von 1:5
 - Zugabe an AgNP ($Ag_{total} = 100 \mu\text{g L}^{-1} - 15 \text{ mg L}^{-1}$)

- Silbernanopartikel (AgNP)
 - sterisch stabilisierte AgNP (AgNM-300k, OECD Standard, 20 nm)
 - durch negative Ladung stabilisierte AgNP (AgCN30, 30 nm, Citrat)
- Versuche mit Ober- und Unterböden von Ackerstandorten
 - 24 h Batch Tests bei Feststoff-Wasser-Verhältnis von 1:5
 - Zugabe an AgNP ($Ag_{\text{total}} = 100 \mu\text{g L}^{-1} - 15 \text{ mg L}^{-1}$)
- Analytik
 - ICP-OES und ICP-MS nach Aufschlüssen bzw. Ultrazentrifugation
 - DLS und REM/EDX

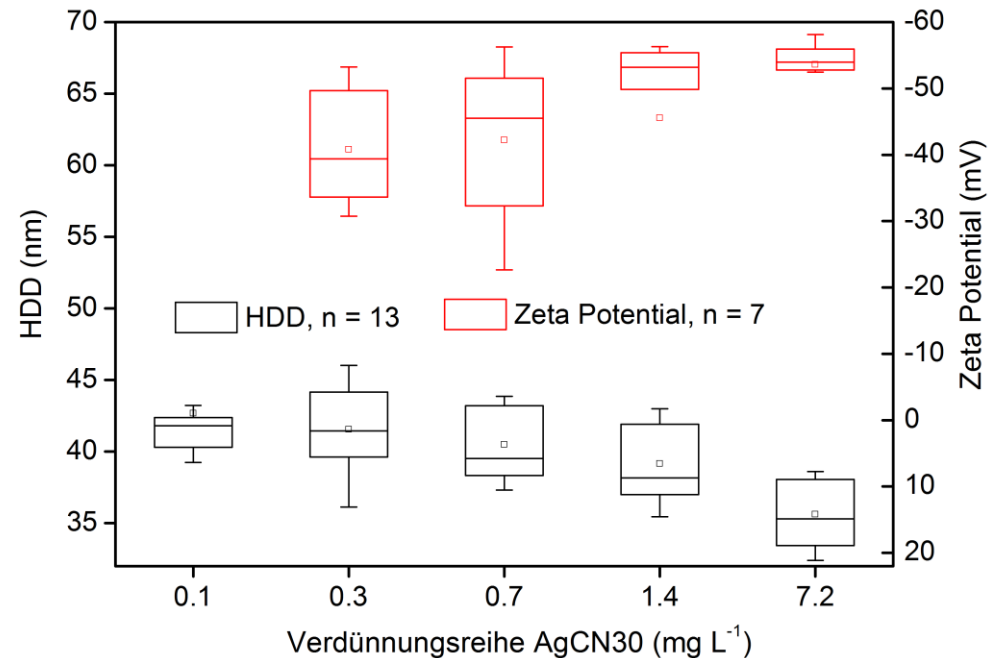
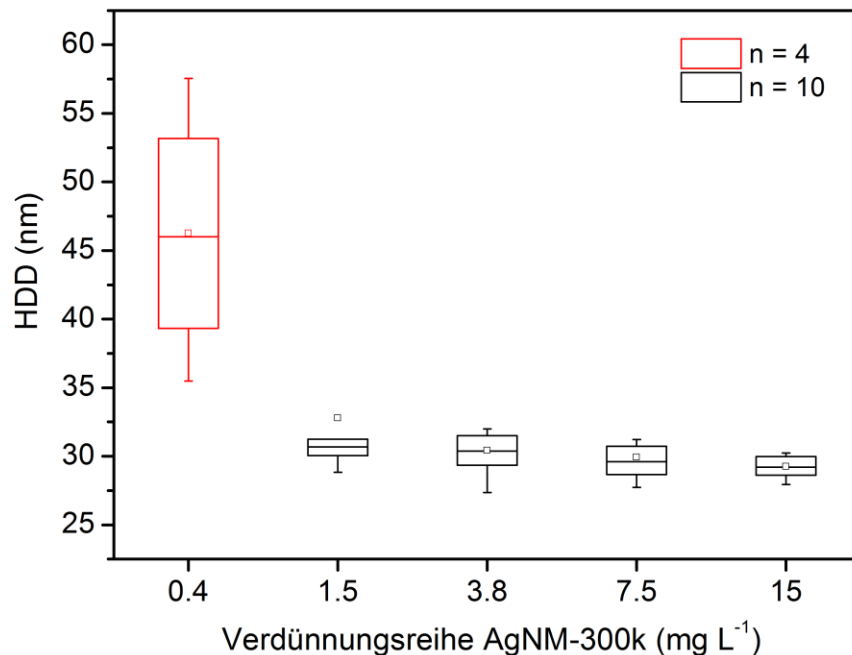
Charakterisierung der AgNP nach Batch Tests

- AgNM-300k und AgCN30 mit hoher Wiederfindungsrate (n=11)
- Anteil an Ag⁺ steigt mit zunehmender Verdünnung (n=11)



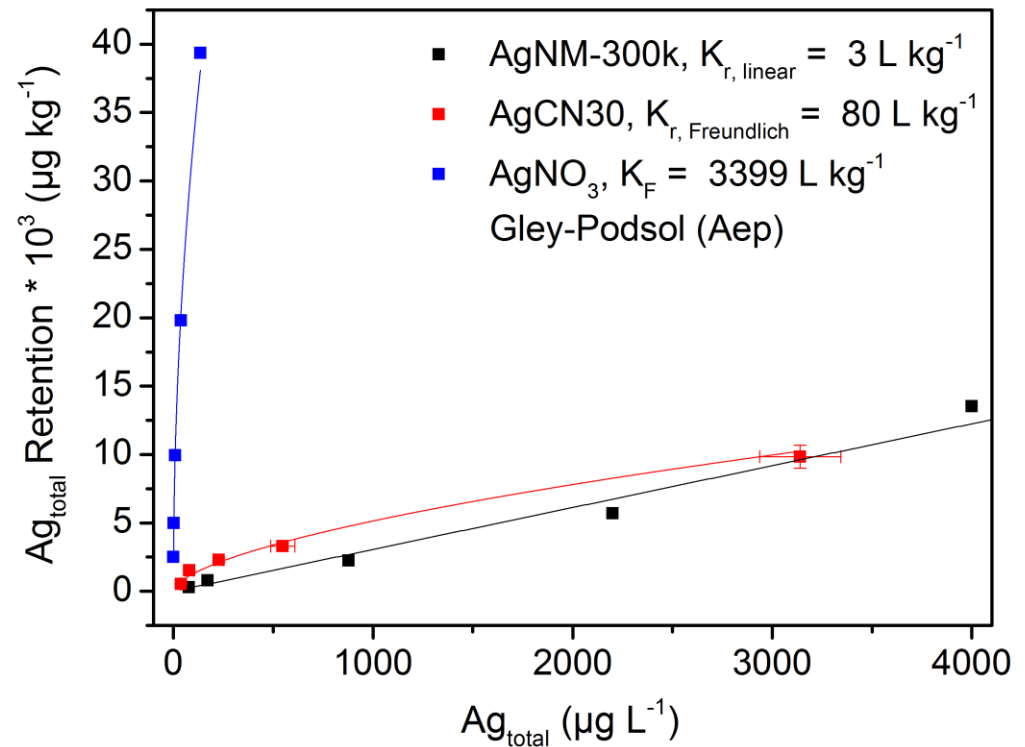
Charakterisierung der AgNP nach Batch Tests

- AgNM-300k und AgCN30 mit konstanter Partikelgröße (HDD)
- Zetapotential messbar für AgCN30 (AgNM-300k sterisch stab.)



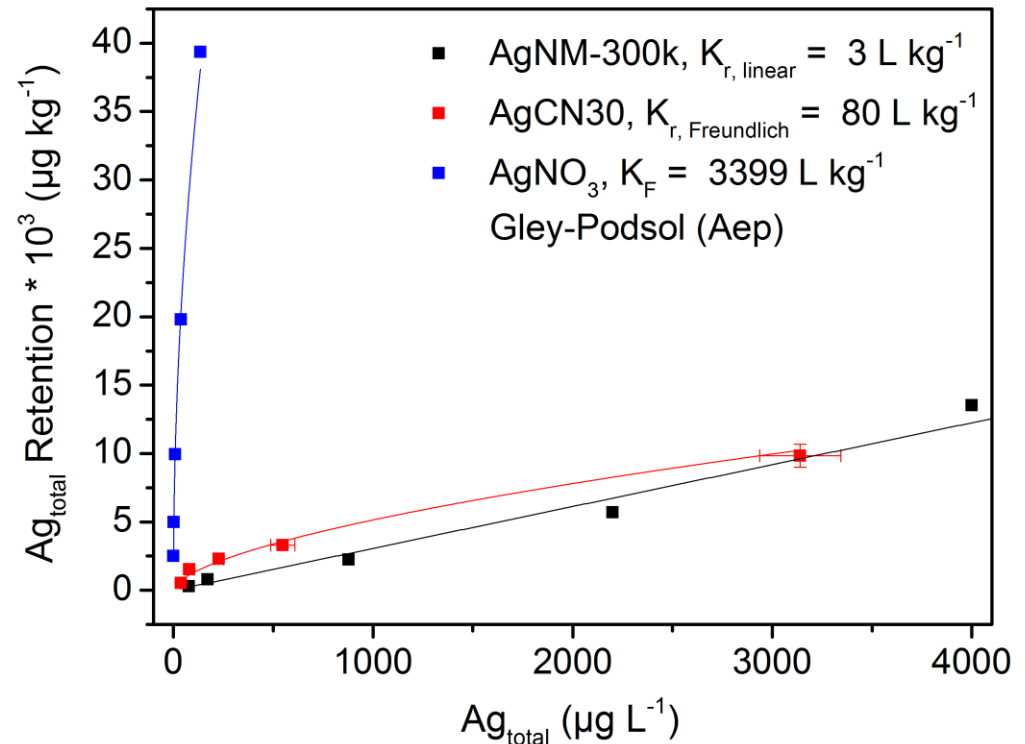
Retention von AgNM-300k und AgCN30

- lineare $K_{r, \text{linear}}$ -Werte für AgNM-300k
- $K_{r, \text{Freundlich}}$ -Werte nach Freundlich für AgCN30
- klassische K_F -Werte für Adsorption von Ag^+



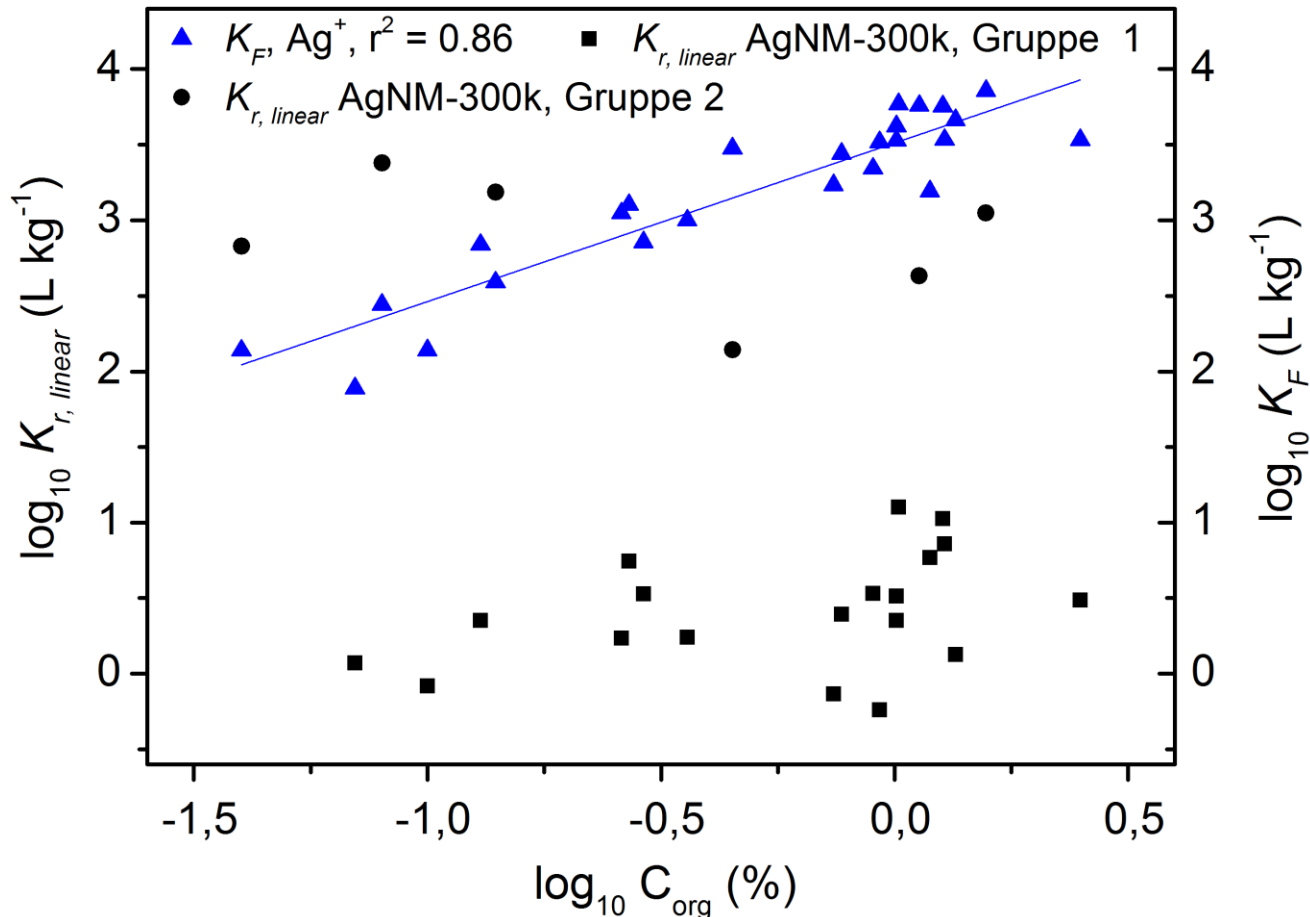
Retention von AgNM-300k und AgCN30

- lineare $K_{r, \text{linear}}$ -Werte für AgNM-300k
- $K_{r, \text{Freundlich}}$ -Werte nach Freundlich für AgCN30
- klassische K_F -Werte für Adsorption von Ag^+

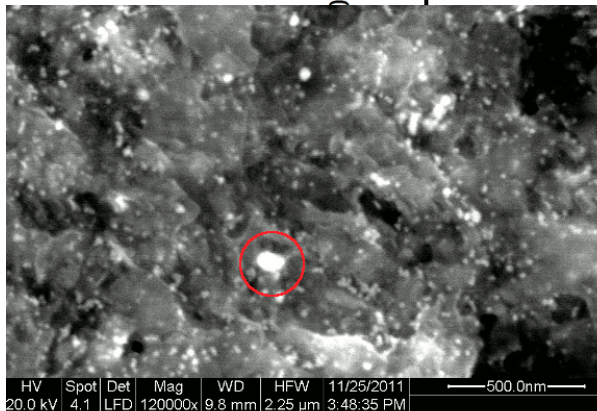
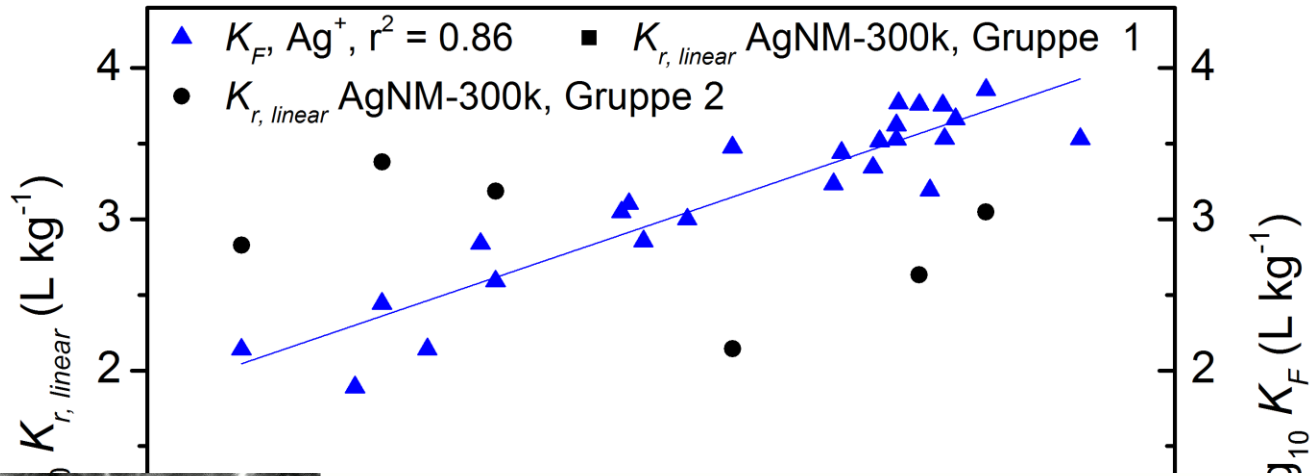


=> Retention und Adsorption sind unterschiedliche Prozesse!

Retention von AgNM-300k im Boden

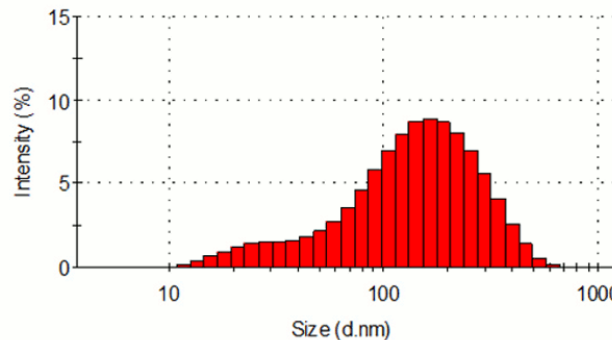


Retention von AgNM-300k im Boden



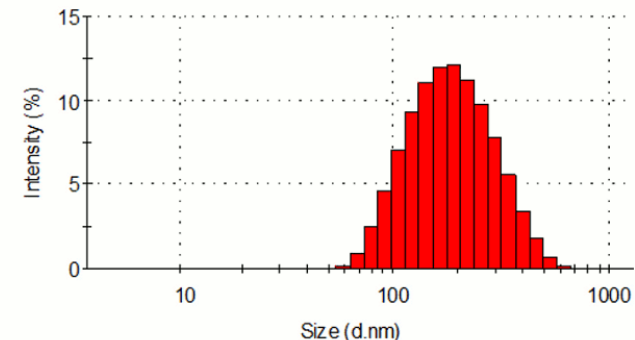
Bodenlösung mit AgNP

Size Distribution by Intensity

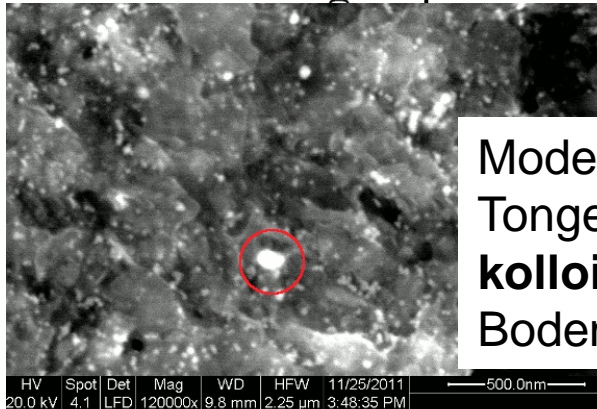
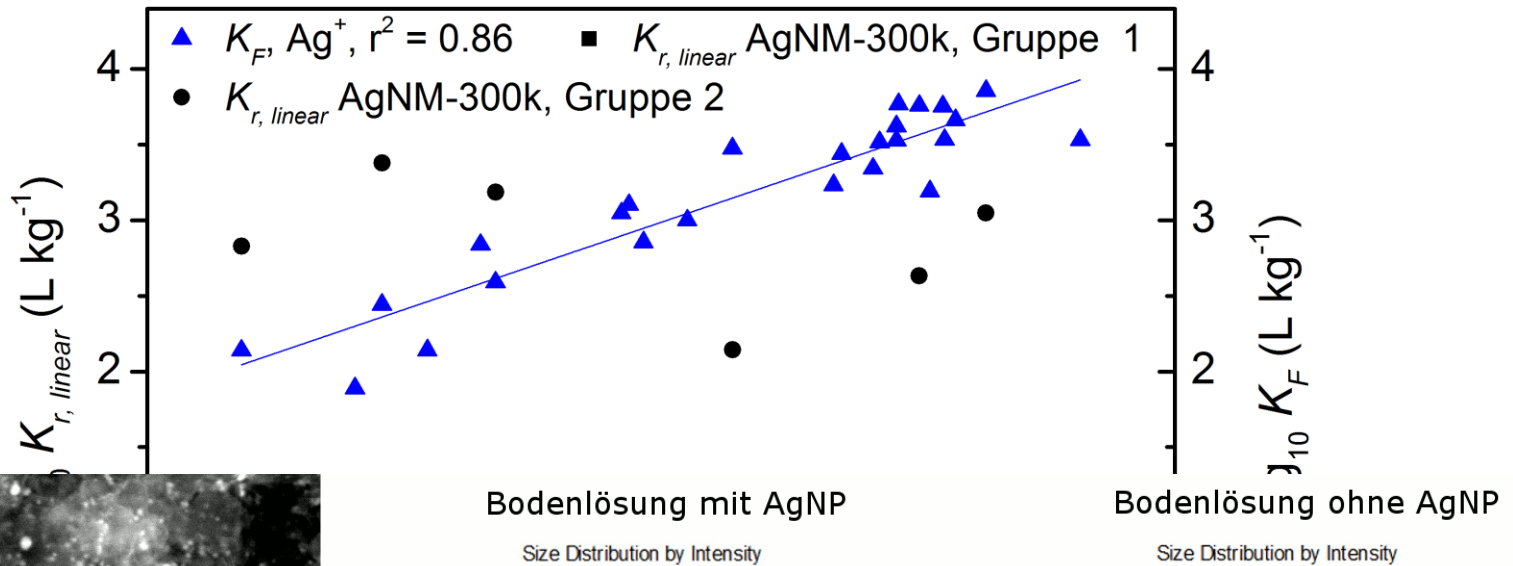


Bodenlösung ohne AgNP

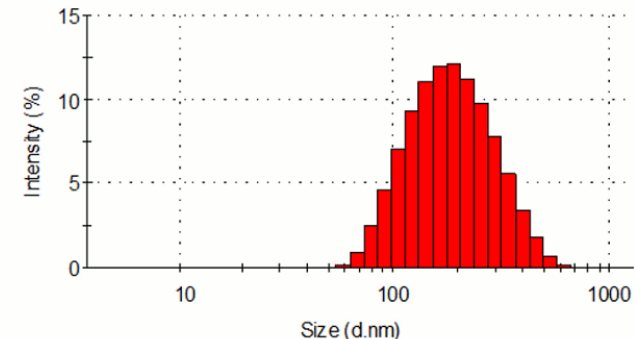
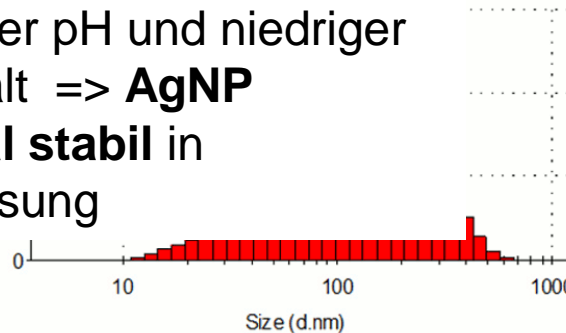
Size Distribution by Intensity



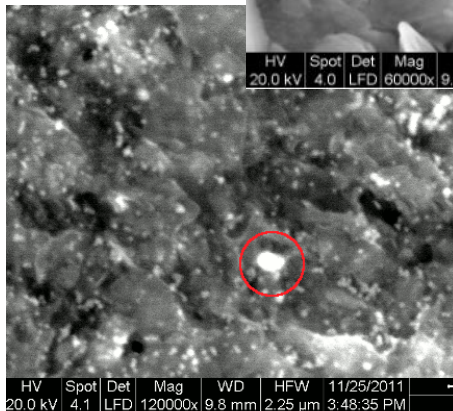
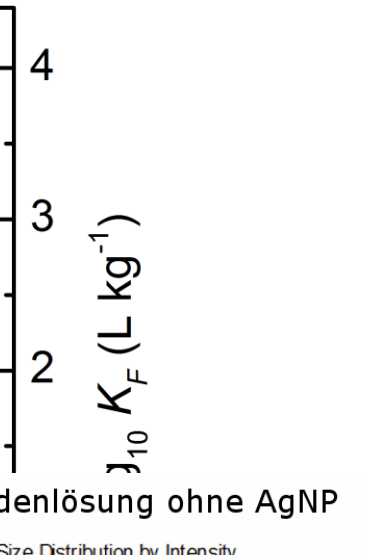
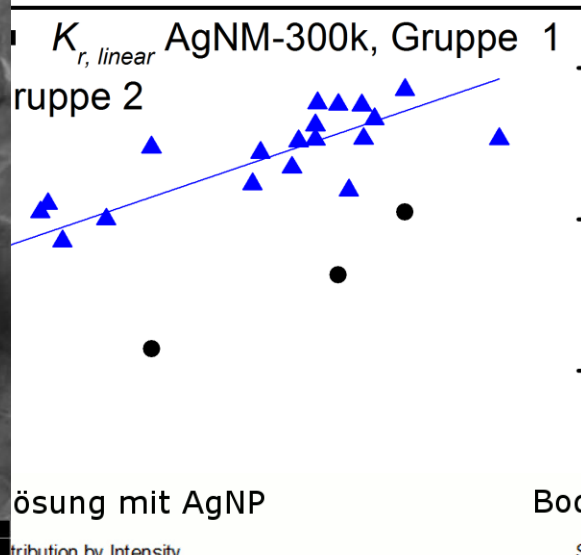
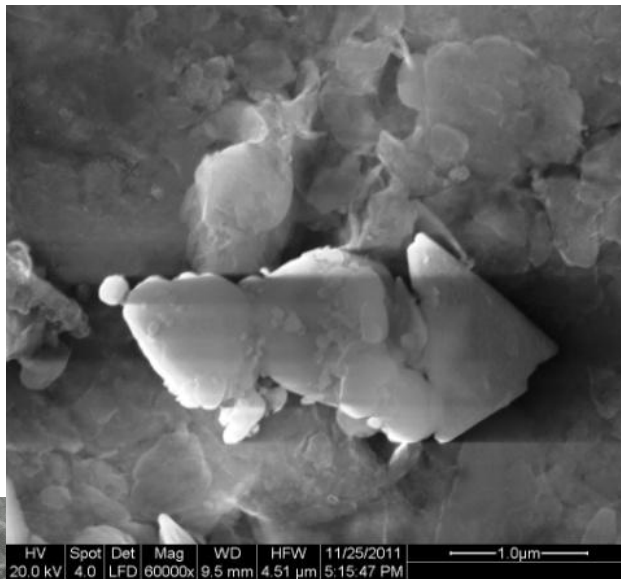
Retention von AgNM-300k im Boden



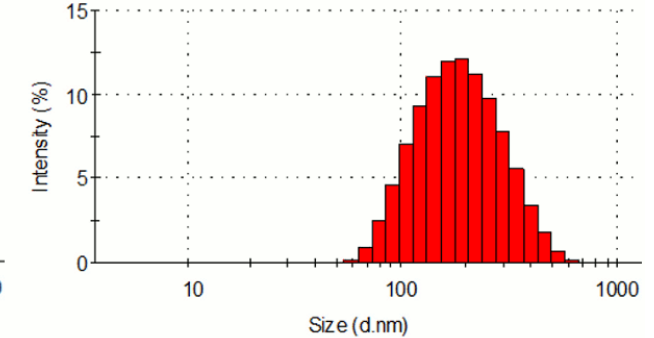
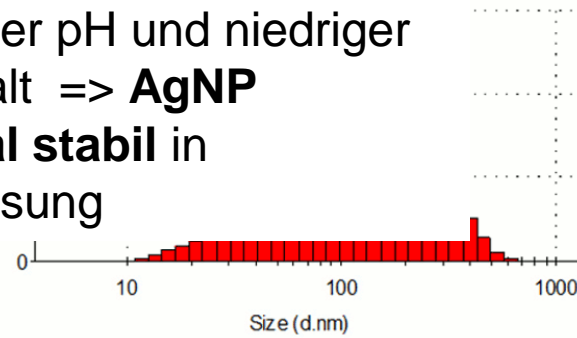
Moderater pH und niedriger Tongehalt => **AgNP** **kolloidal stabil** in Bodenlösung



Retention von AgNM-300k im Boden

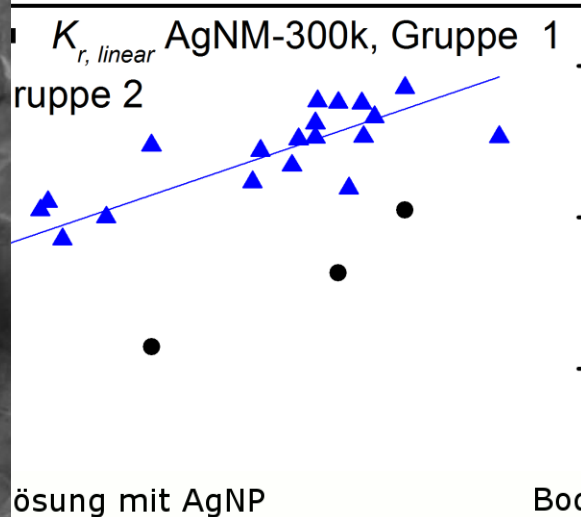


Moderater pH und niedriger
Tongehalt => **AgNP**
kolloidal stabil in
Bodenlösung



Retention von AgNM-300k im Boden

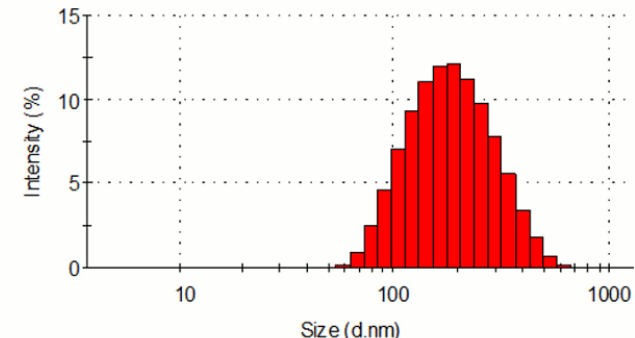
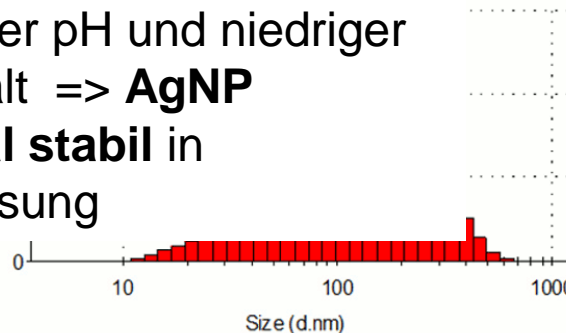
Tiefer pH (<5,1) und hoher Tongehalt => **Homoaggregation** und Heteroaggregation



Bodenlösung ohne AgNP

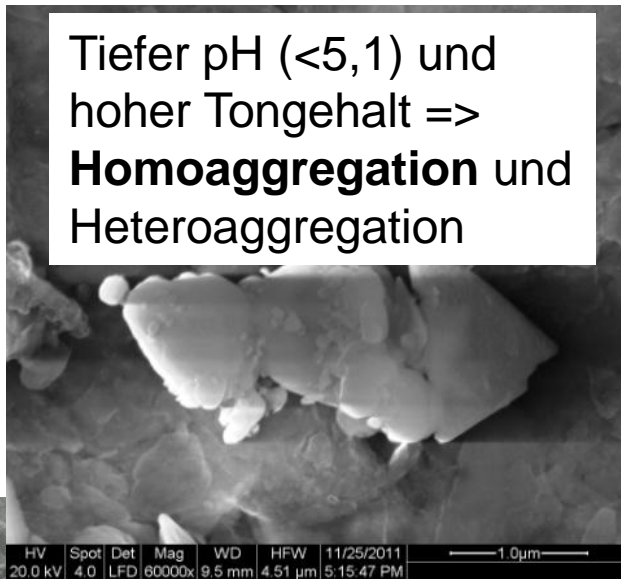
K_F ($L \cdot kg^{-1}$)

Moderater pH und niedriger Tongehalt => **AgNP kolloidal stabil** in Bodenlösung

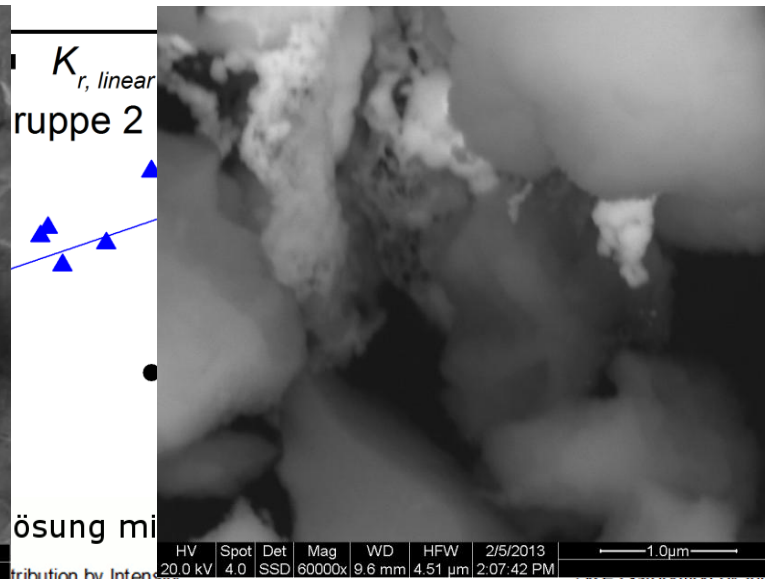


Retention von AgNM-300k im Boden

Tiefer pH (<5,1) und hoher Tongehalt => **Homoaggregation** und **Heteroaggregation**

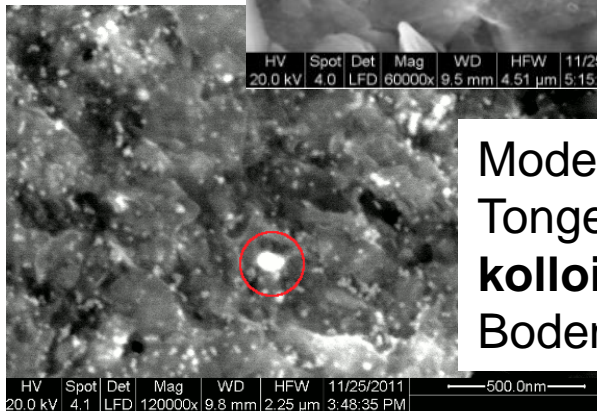


$K_r, linear$
Gruppe 2

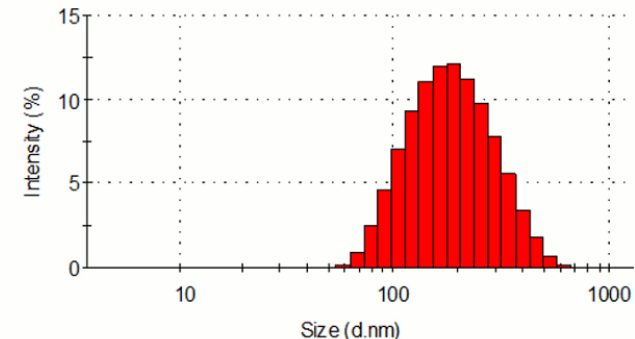
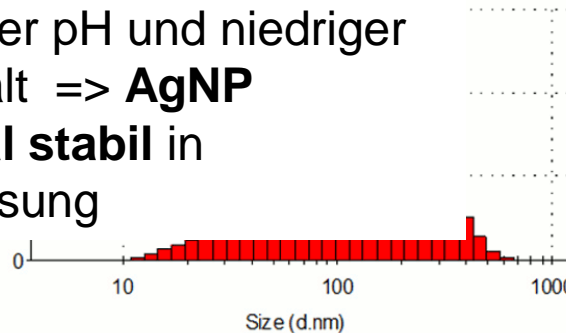


ösung mi

ne AgNP

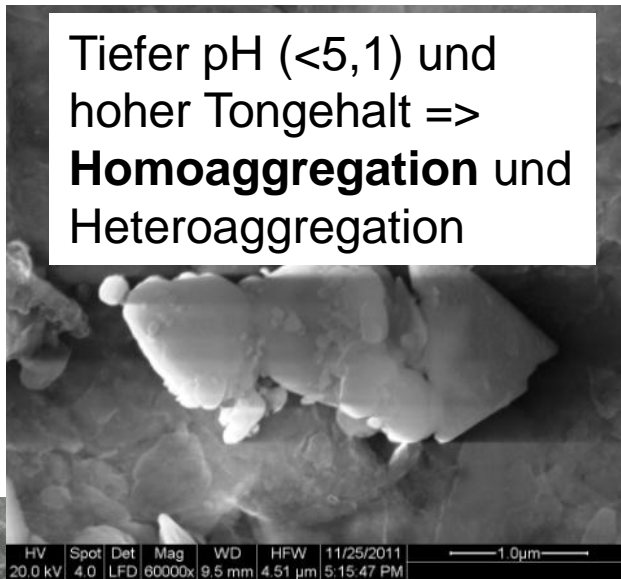


Moderater pH und niedriger Tongehalt => **AgNP kolloidal stabil** in Bodenlösung

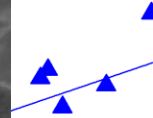


Retention von AgNM-300k im Boden

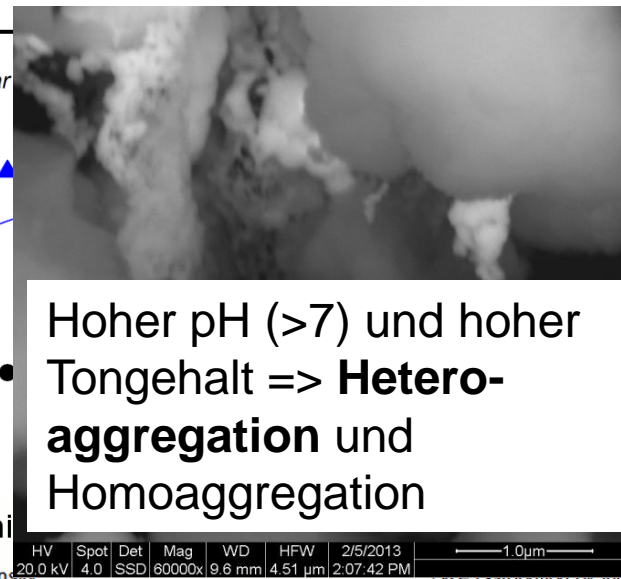
Tiefer pH (<5,1) und hoher Tongehalt => **Homoaggregation** und Heteroaggregation



$K_{r, linear}$
Gruppe 2



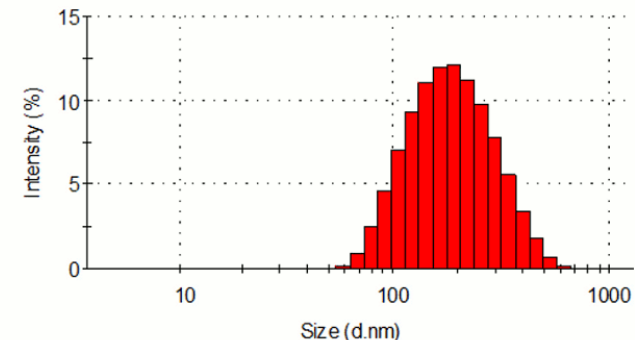
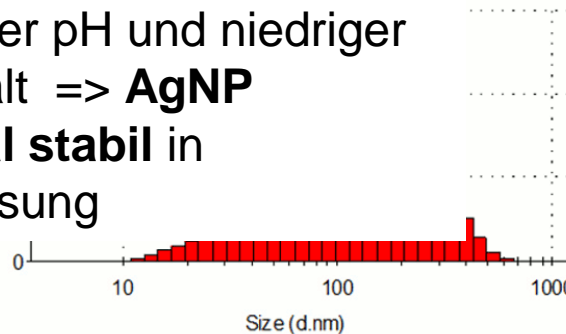
Hoher pH (>7) und hoher Tongehalt => **Heteroaggregation** und Homoaggregation



ösung mi

ne AgNP

Moderater pH und niedriger Tongehalt => **AgNP kolloidal stabil** in Bodenlösung

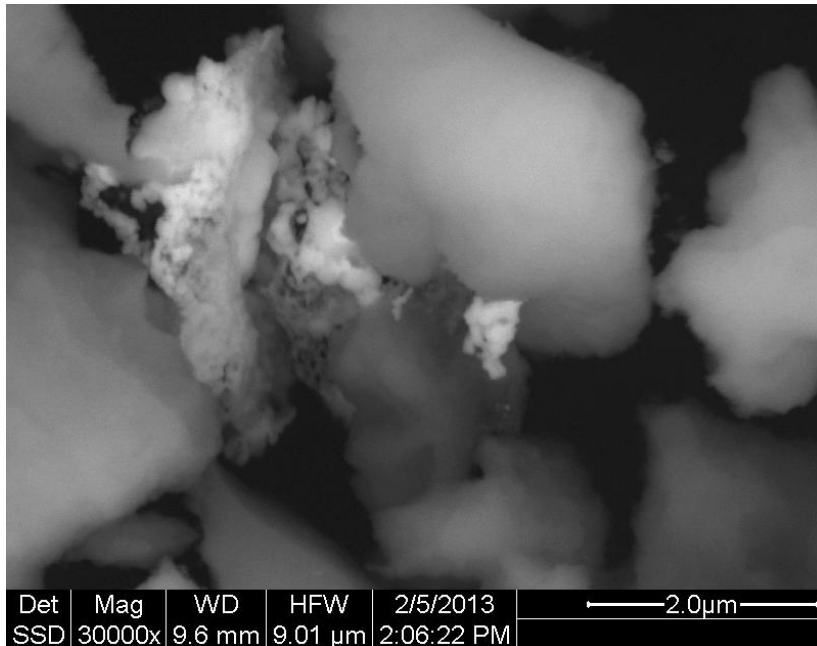


-
- Methoden (DLS, REM/EDX, Ultrazentrifugation) schon oberhalb von realistischen Umweltkonzentrationen limitiert

- Methoden (DLS, REM/EDX, Ultrazentrifugation) schon oberhalb von realistischen Umweltkonzentrationen limitiert
- Retention im Boden \Rightarrow $\text{AgNM-300k} < \text{AgCN30} \ll \text{Ag}^+$ (Gruppe 1)

- Methoden (DLS, REM/EDX, Ultrazentrifugation) schon oberhalb von realistischen Umweltkonzentrationen limitiert
- Retention im Boden $\Rightarrow \text{AgNM-300k} < \text{AgCN30} \ll \text{Ag}^+$ (Gruppe 1)
- Steuergrößen der Retention in Gruppe 2 sind pH, Ton- und Ca^{2+} -Gehalte:
 - Auflösung ab $\text{pH} < 5 \Rightarrow \text{Ag}^+$ Adsorption
 - Zerstörung des Stabilisators ab $\text{pH} < 5 \Rightarrow$ Aggregation
 - $\text{pH} > 7$ (Ca^{2+}) \Rightarrow Aggregation durch Ladungsabschirmung
 - $\text{pH} > 7$ (Ca^{2+}) \Rightarrow Brückenbildung zwischen SOM und Coating

- Potential zur Mobilität in Böden vorhanden
 - Aufklärung von Mechanismen durch Versuche mit Mineralen
 - Inkubation von Böden mit AgNP und anschließender Säuleneelution



Vielen Dank an die Bodenkunde der BGR!



Vielen Dank an das BMBF!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Retention von AgNM-300k und AgCN30 im Boden

- Retention steigt mit zunehmendem Tongehalt

