



Neue Trennmethode für gebrauchte Bentonitsuspensionen

ICCP Silvia Payá Silvestre

Workshop Tunnelbauforschung
30.9.2013, Ruhr-Universität Bochum

- **Einleitung**
- **Problemstellung**
- **Zielsetzung**
- **Grundlagen**
- **Versuchskonzept**
- **Ergebnisse**
- **Schlussfolgerungen und Ausblick**

Bentonit

- Bentonit ist ein Ton
- Zusammensetzung: 60 - 80 Masse-% aus dem Tonmineral Montmorillonit
- Montmorillonit : Aluminiumhydroxysilikat
- Geladene Flächen und Kanten
- Kationenaustausch

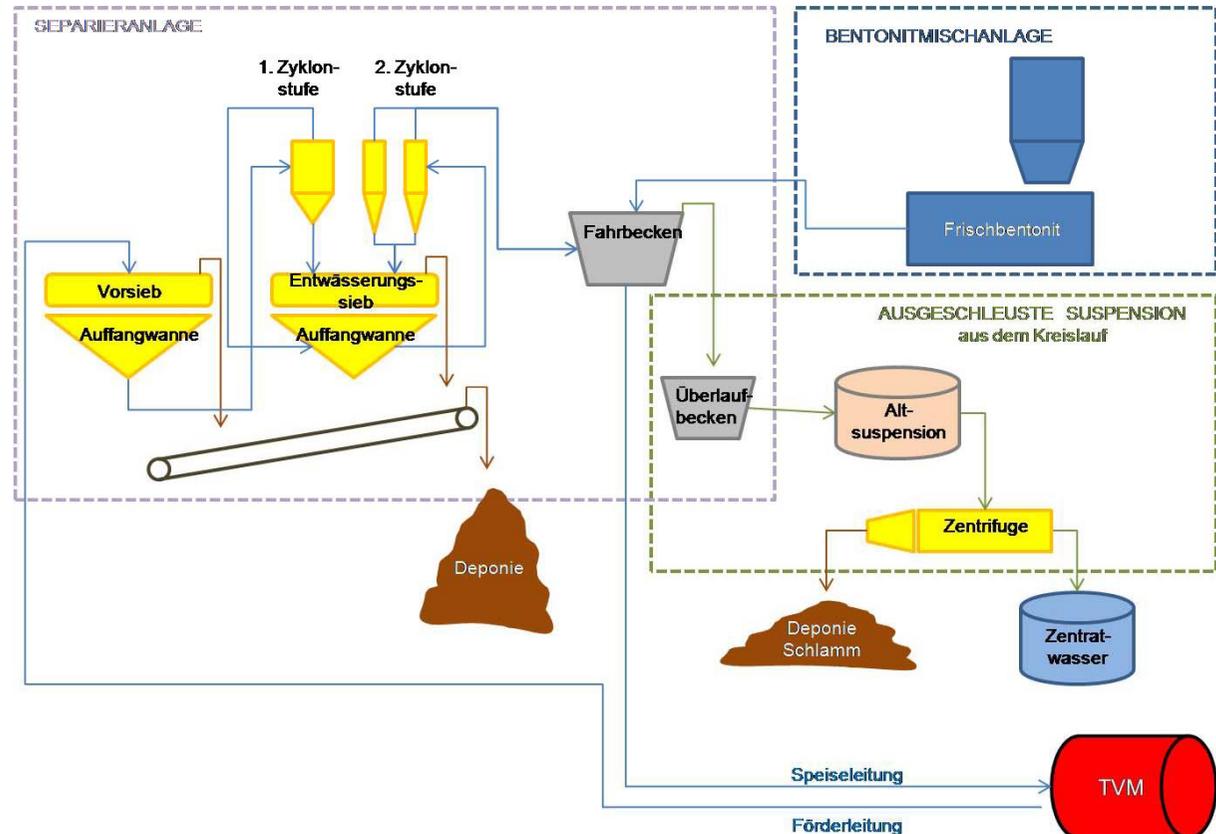
Bentonitsuspension

- Rheologische Eigenschaften von Bentonitsuspension
 - Viskosität
 - Fließgrenze
 - Thixotropie



Aufbau einer Separationsanlage

- Grobtrennung
 - Stangensizer
 - Vorsieb
- Mitteltrennung
 - Hydrozyklone
 - Entwässerungssieb
- Feintrennung
 - Zentrifuge
 - Kammerfilterpresse
 - Filterbandpresse

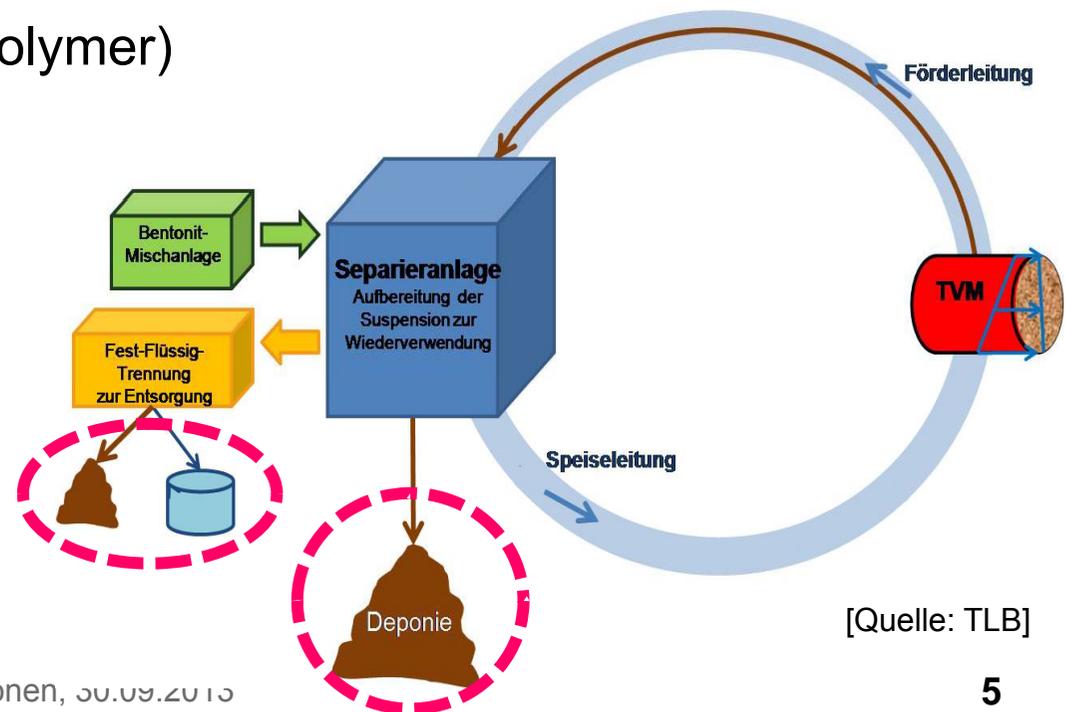


[Quelle: TLB]

- Bentonitverbrauch im Tunnelbau
 - große Menge an Bentonitsuspension

- Separationsanlage
 - investitions- und betriebskostenintensiv
 - Zeitaufwand
 - Einsatz von Chemikalien (Polymer)

- Entsorgung von gebrauchten Bentonitsuspensionen:
 - Umweltbelastung
 - Verlust der Ressourcen
 - Entsorgungskosten



[Quelle: TLB]

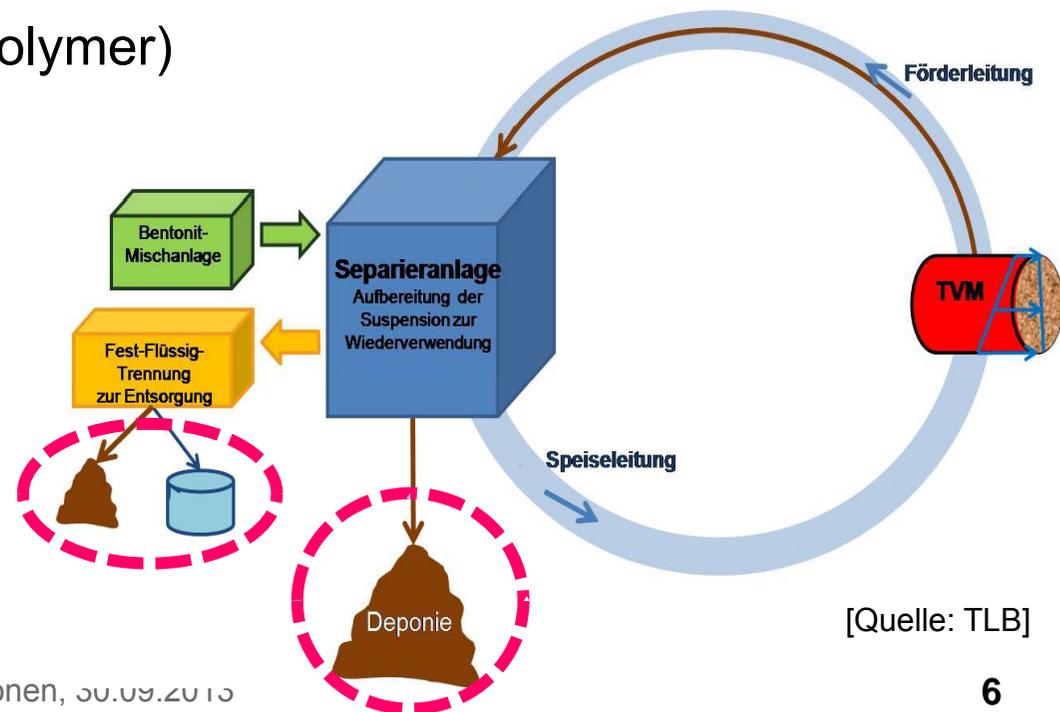
- Bentonitverbrauch im Tunnelbau
 - große Menge an Bentonitsuspension

- Separationsanlage
 - investitions- und betriebskostenintensiv
 - Zeitaufwand
 - Einsatz von Chemikalien (Polymer)

- Entsorgung von gebrauchten Bentonitsuspensionen:
 - Umweltbelastung
 - Verlust der Ressourcen
 - Entsorgungskosten

Beispiel:

Hydroshield Ø	13 m
Tunnellänge:	3.46 km
Bentonitverbrauch:	8.769 t
Volumen Suspension:	175.380 m ³
Bentonitkosten:	1.578.420,- EUR
Entsorgungskosten:	35.076.000,- EUR



[Quelle: TLB]

Zielstellung des Projektes

Entwicklung und Optimierung eines Trennprozesses für gebrauchte Bentonitsuspensionen

Elektrokoagulation: Trennmethode unter Verwendung von Gleichstrom, die sich die Ladungsinhomogenität an der Oberfläche der Bentonitpartikel zu Nutze macht



Vorgehensweise

- Darstellung des aktuellen Stands der Technik und Grundlagen der Elektrokoagulation
- Konzept und Konstruktion von unterschiedlichen Elektrokoagulationszellen
- Versuchskonzept zur Elektrokoagulation
- Bestimmung der relevanten Parameter und ihrer Bandbreite
- Evaluation der Verfahrenstechnik zur Anwendung der Elektrokoagulation in bestehenden Separationsverfahren

Stand der Technik:

- Elektrokoagulation wird erfolgreich bei der Reinigung von Abwasser eingesetzt.
- Forschungsarbeiten:
 - 1984 Norwegian Institut for Water Research
 - 1994 Alberta Universität
 - 2000 Hong Kong Universität
 - 2002 Sidney Universität

Patenten:

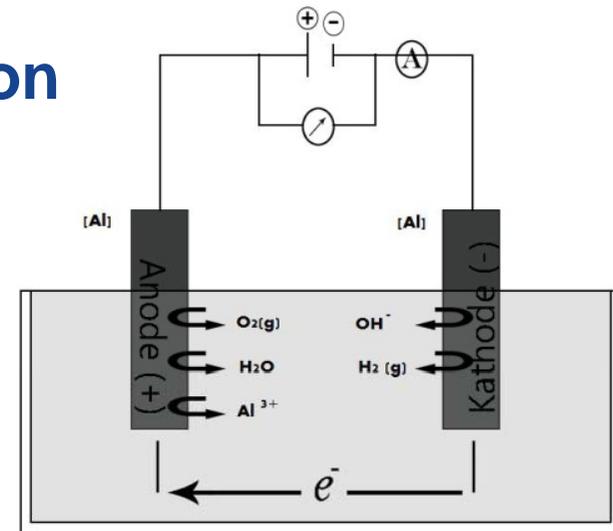
- **Aggrelek**, Reinigung von Abwasser (UK)
- **Ecolotron Inc.** Reinigung von Wastewater (Texas)
- **Powel Water Inc.** Reinigung von Prozesswasser (Colorado)



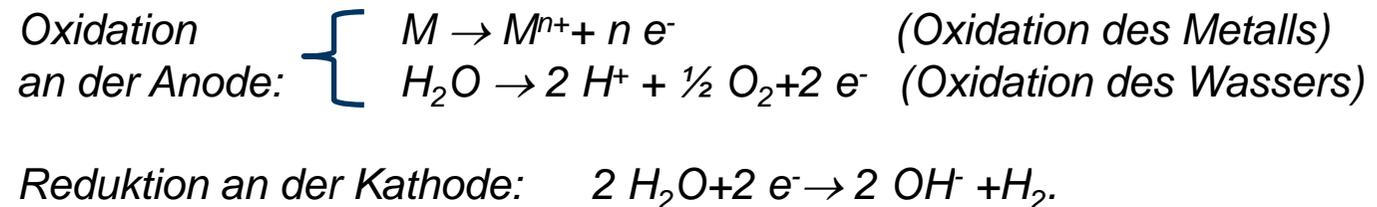
Elektrolyse: Basis der Elektrokoagulation

- leitender Elektrolyt
- Gleichstromquelle
- Elektroden

Red-Ox Reaktionen



chemische Vorgänge

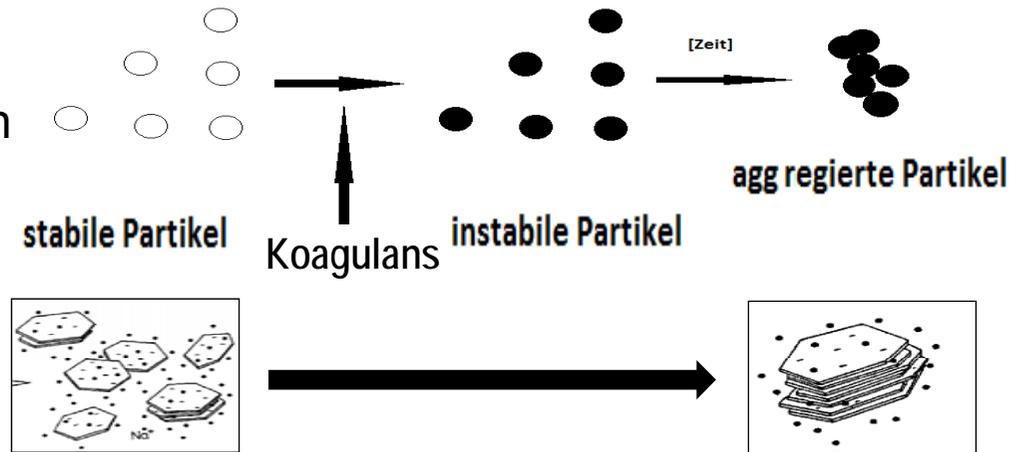


chemisch aktive Elektroden: Metallelektroden

- Auflösung der Anode zu Metallionen
- Bildung von **Metallkomponenten**: $M OH^n$
- Metallkomponenten dienen als Koagulans (Zusammenballungsmittel)

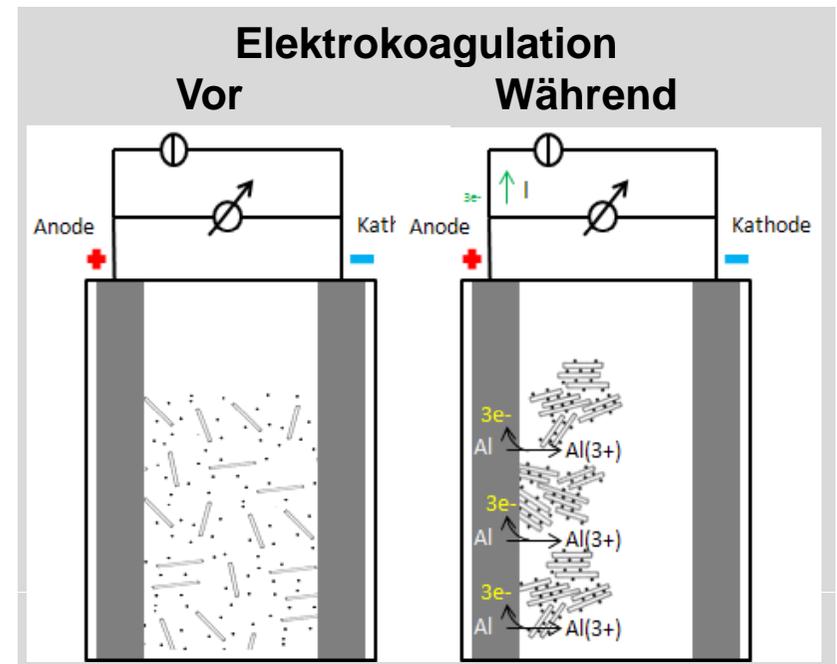
Koagulation

- Wechselwirkung zwischen kolloidalen Partikeln und Koagulans
- Besteht aus **2 Phasen**:
 1. Destabilisierung der Partikel
 2. Zusammenballen der destabilisierten Partikel zu größeren und abtrennbaren Flocken

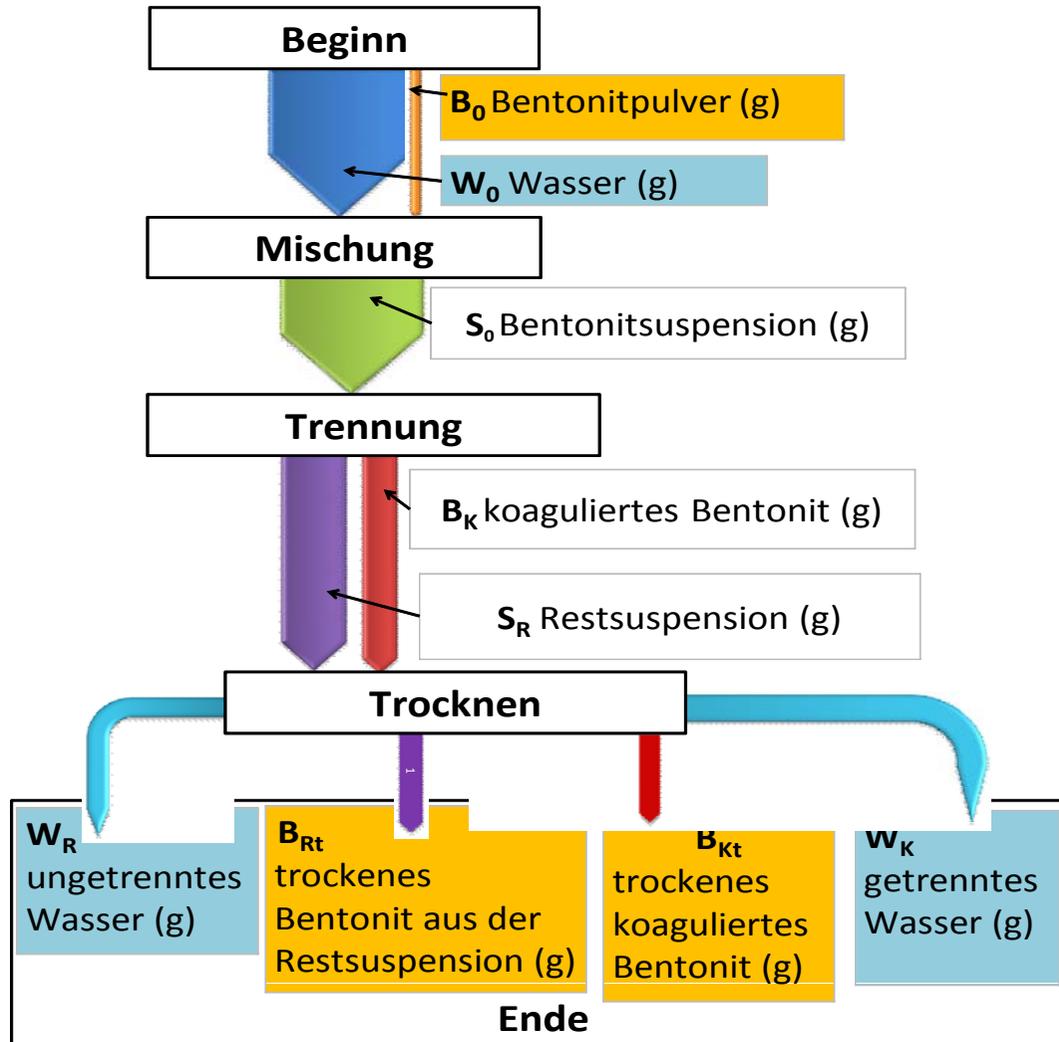


Elektrokoagulation von Bentonitsuspension

- Elektrolyse des Wassers
- Elektrolytische Auflösung der Anode zu Metallkomponenten → Koagulans
- Elektrophorese
- Destabilisierung der Suspension und Zusammenballen des Bentonits



Versuchskonzept



$S_0 = B_0 + W_0$
$B_K = B_{Kt} + W_K$
$S_R = B_{Rt} + W_R$
MASSENBILANZ
$B_0 \approx B_{Rt} + B_{Kt}$
$W_0 \approx W_K + W_R$

1. Effektivität der Elektrokoagulation



1. Effektivität der Elektrokoagulation

Effektivitätsparameter „Prozentualer Anteil an

Koagulierte Bentonit“: B_{kt} / B_0 [%]

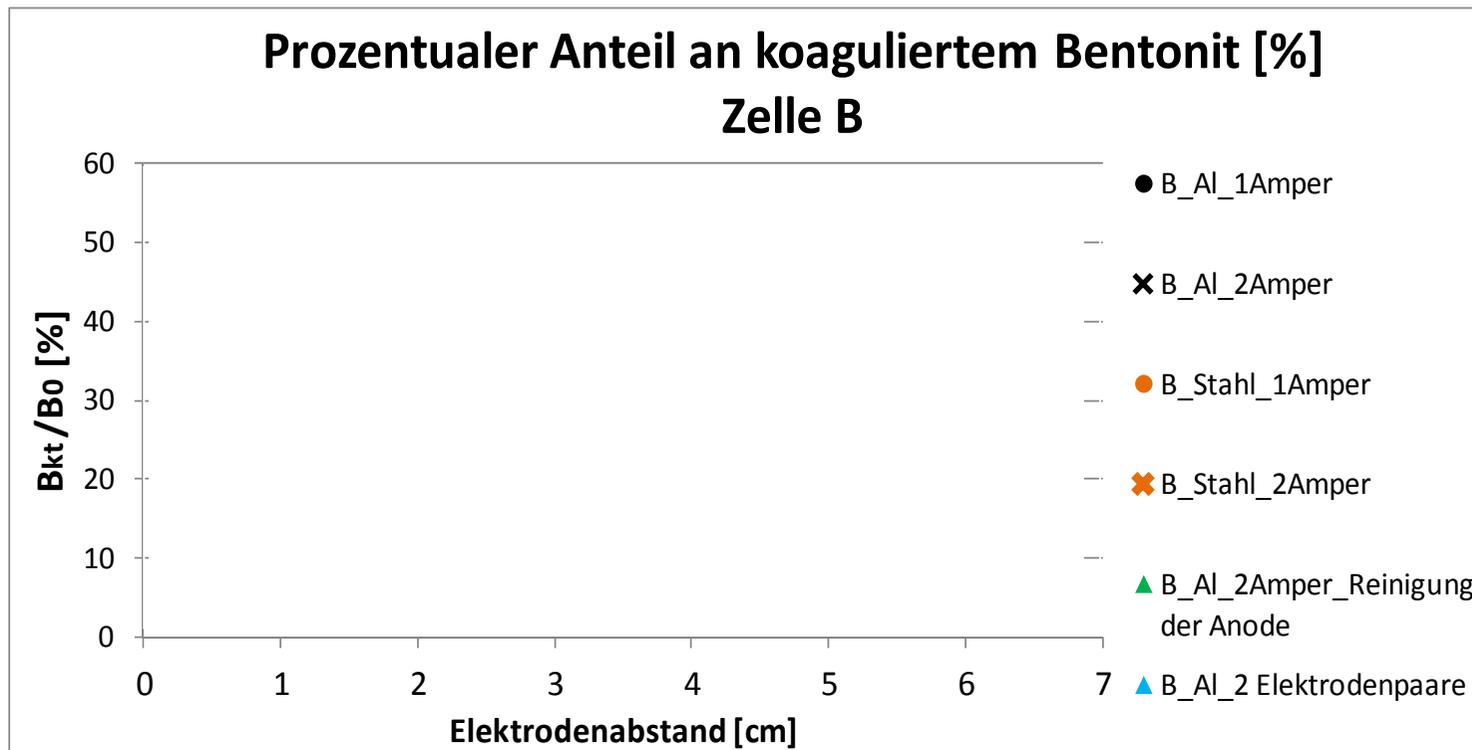
- B_{kt} : koagulierte Bentonit [g]
- B_0 : Bentonit in 2 l Suspension vor der Reaktion [g]



1. Effektivität der Elektrokoagulation

Effektivitätsparameter „Prozentualer Anteil an Koaguliertem Bentonit“: B_{kt} / B_0 [%]

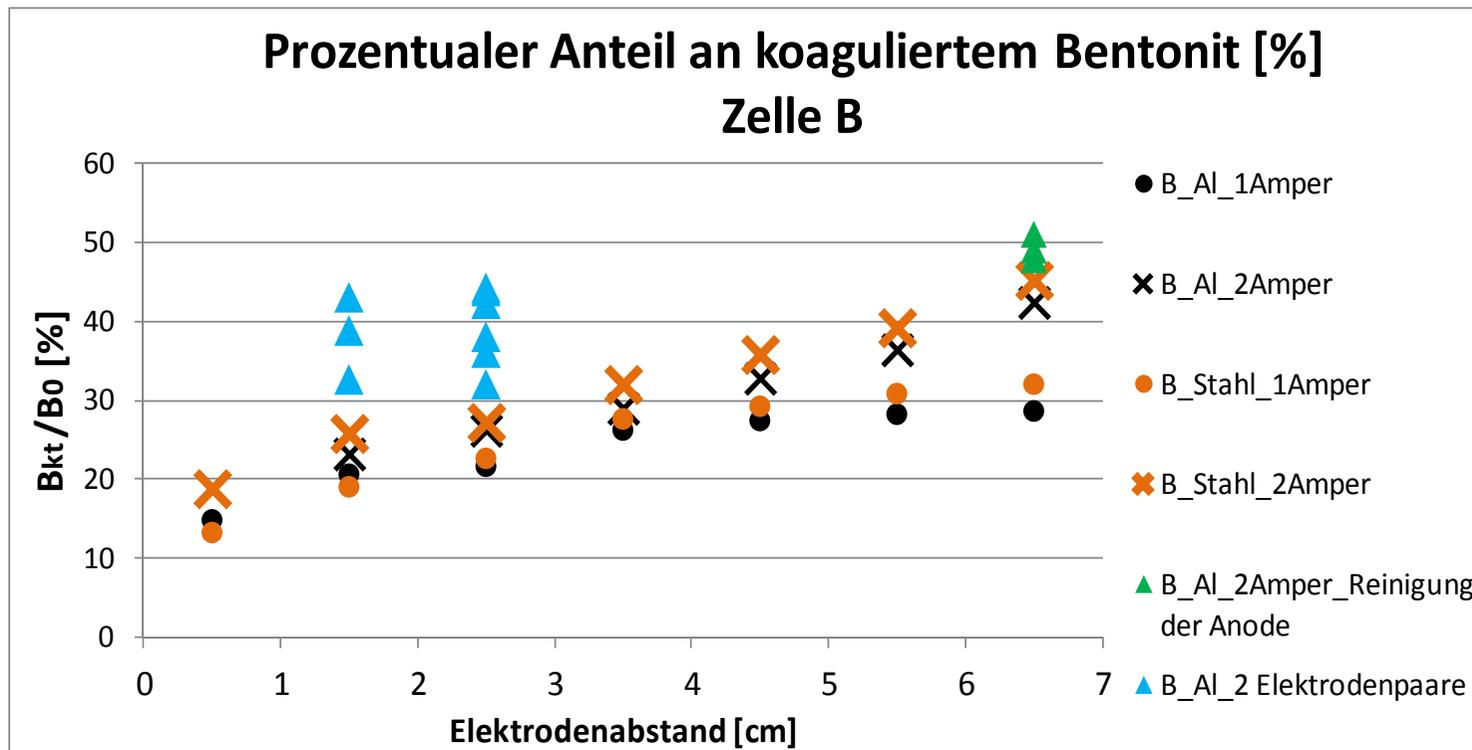
- B_{kt} : koaguliertes Bentonit [g]
- B_0 : Bentonit in 2 l Suspension vor der Reaktion [g]



1. Effektivität der Elektrokoagulation

Effektivitätsparameter „Prozentualer Anteil an Koagulierte Bentonit“: B_{kt} / B_0 [%]

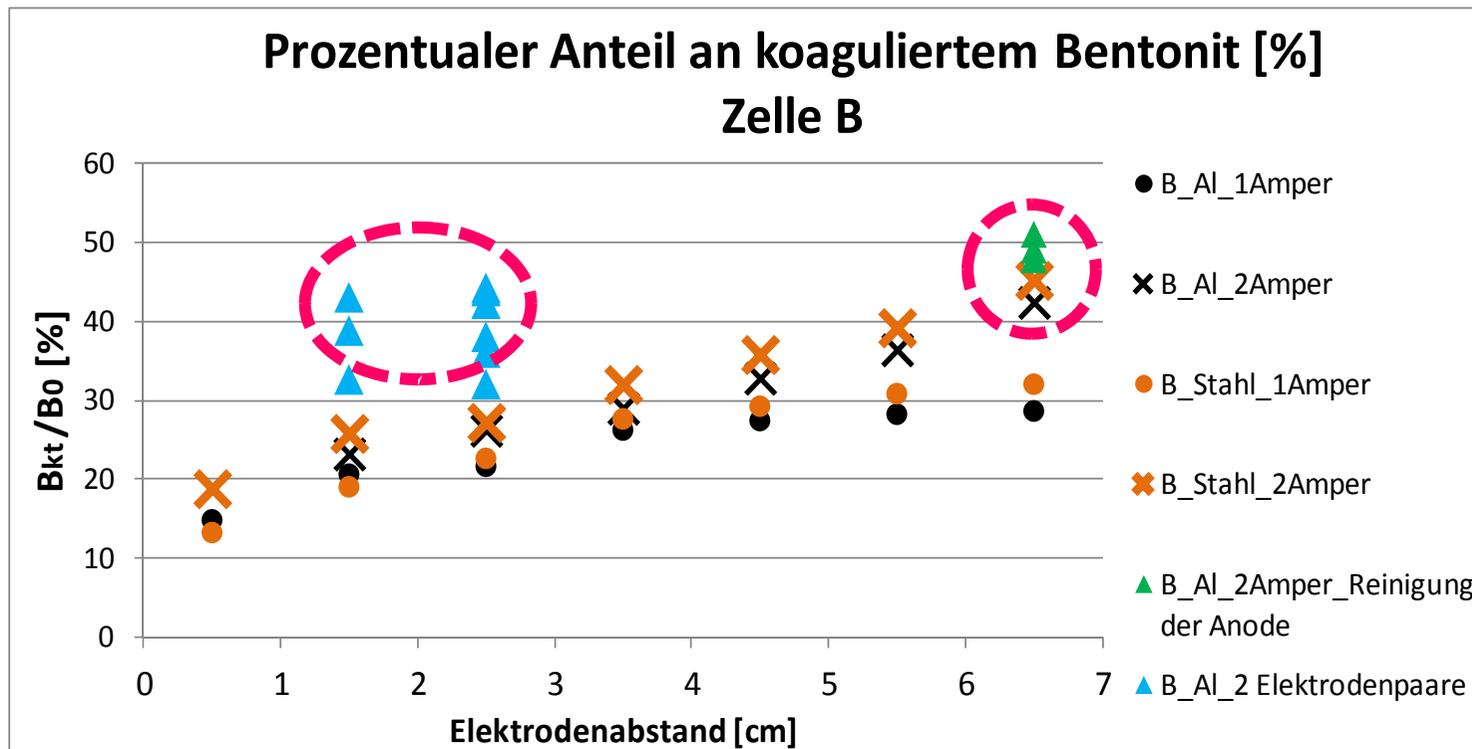
- B_{kt} : koagulierte Bentonit [g]
- B_0 : Bentonit in 2 l Suspension vor der Reaktion [g]



1. Effektivität der Elektrokoagulation

Effektivitätsparameter „Prozentualer Anteil an Koaguliertem Bentonit“: B_{kt} / B_0 [%]

- B_{kt} : koaguliertes Bentonit [g]
- B_0 : Bentonit in 2 l Suspension vor der Reaktion [g]



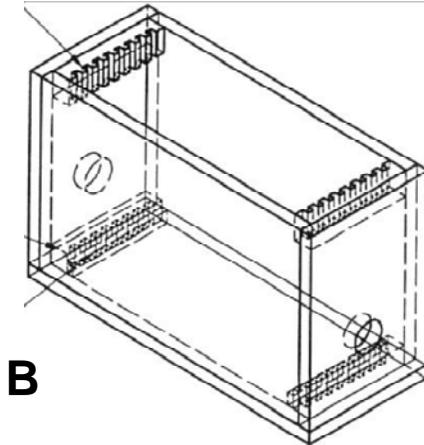
1. Effektivität der Elektrokoagulation Best-Combination

Gemeinsame Parameter

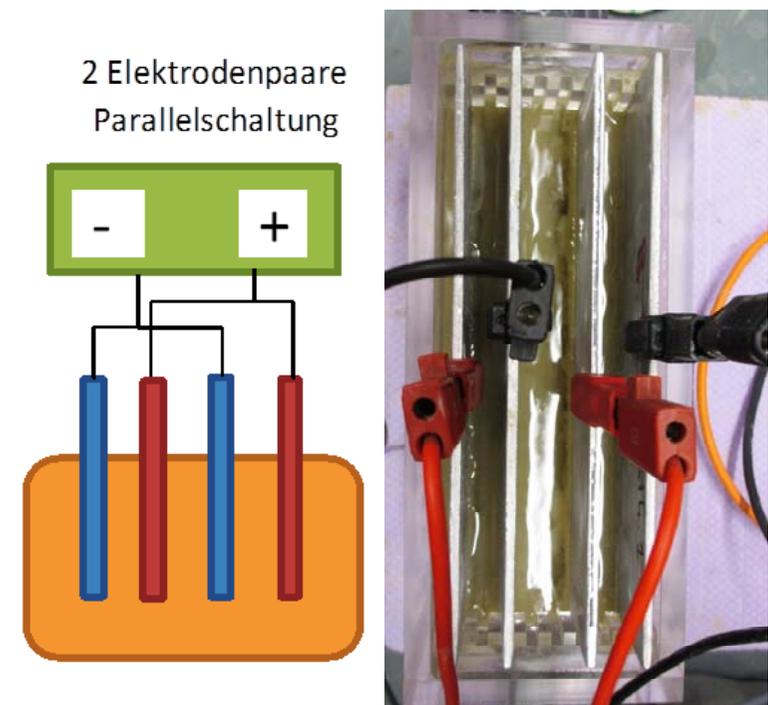
- Zelle B: $23,5 \times 15 \times 8,5 \text{ cm}^3$
- Bentonit W, Konzentration 2,5%
- Betriebsart: Ruhe-Zustand
- Stromstärke: 2 Amper
- Elektrodenmaterial: Aluminium
- Verweildauer: 30 min
- Volumen: 2 l

Best-Combination-Parameters

- Mechanische Reinigung der Anode
- Monopolar Elektroden



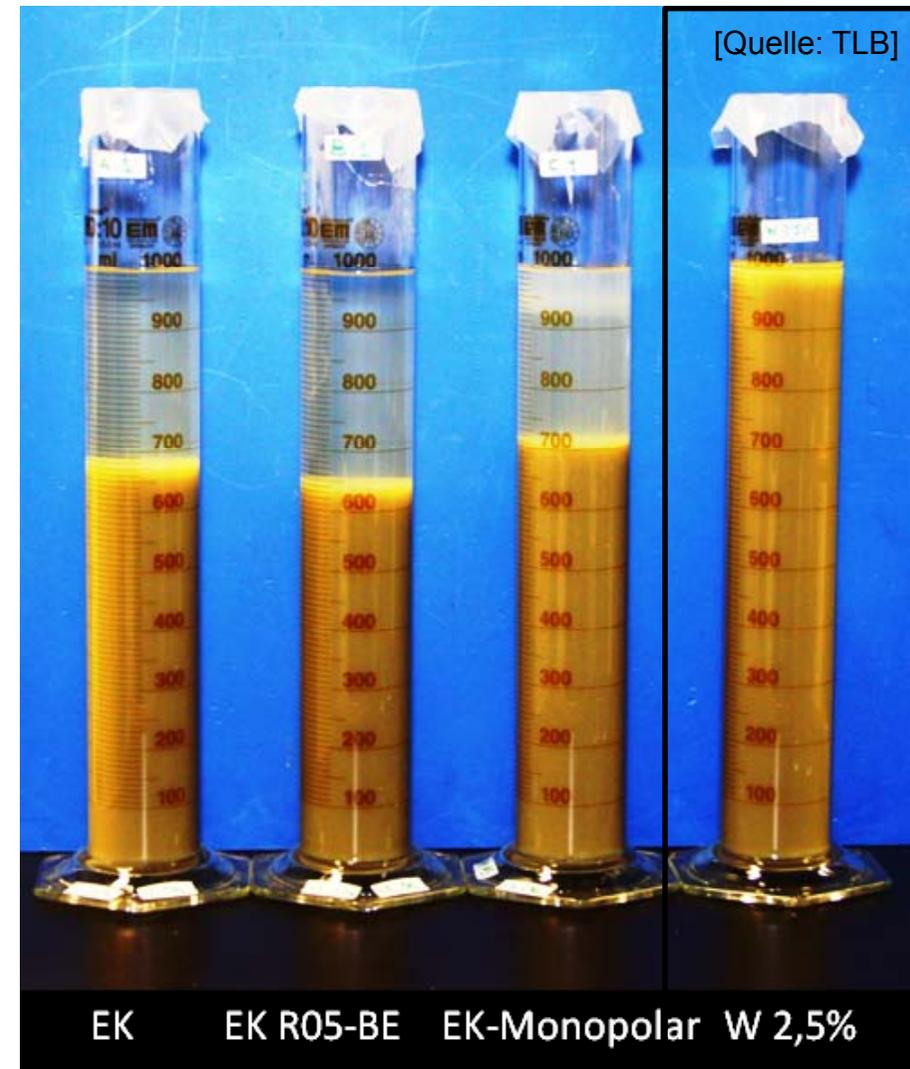
Zelle B



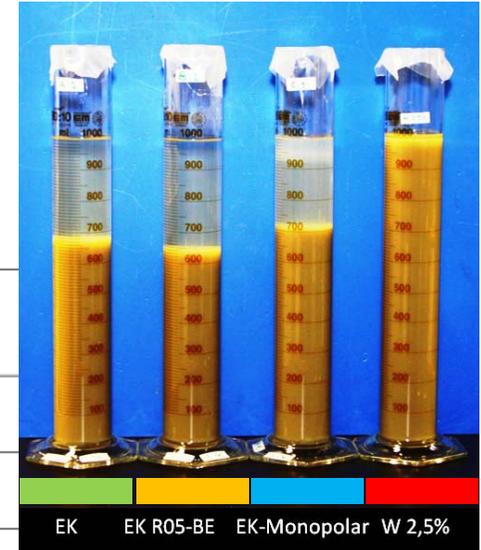
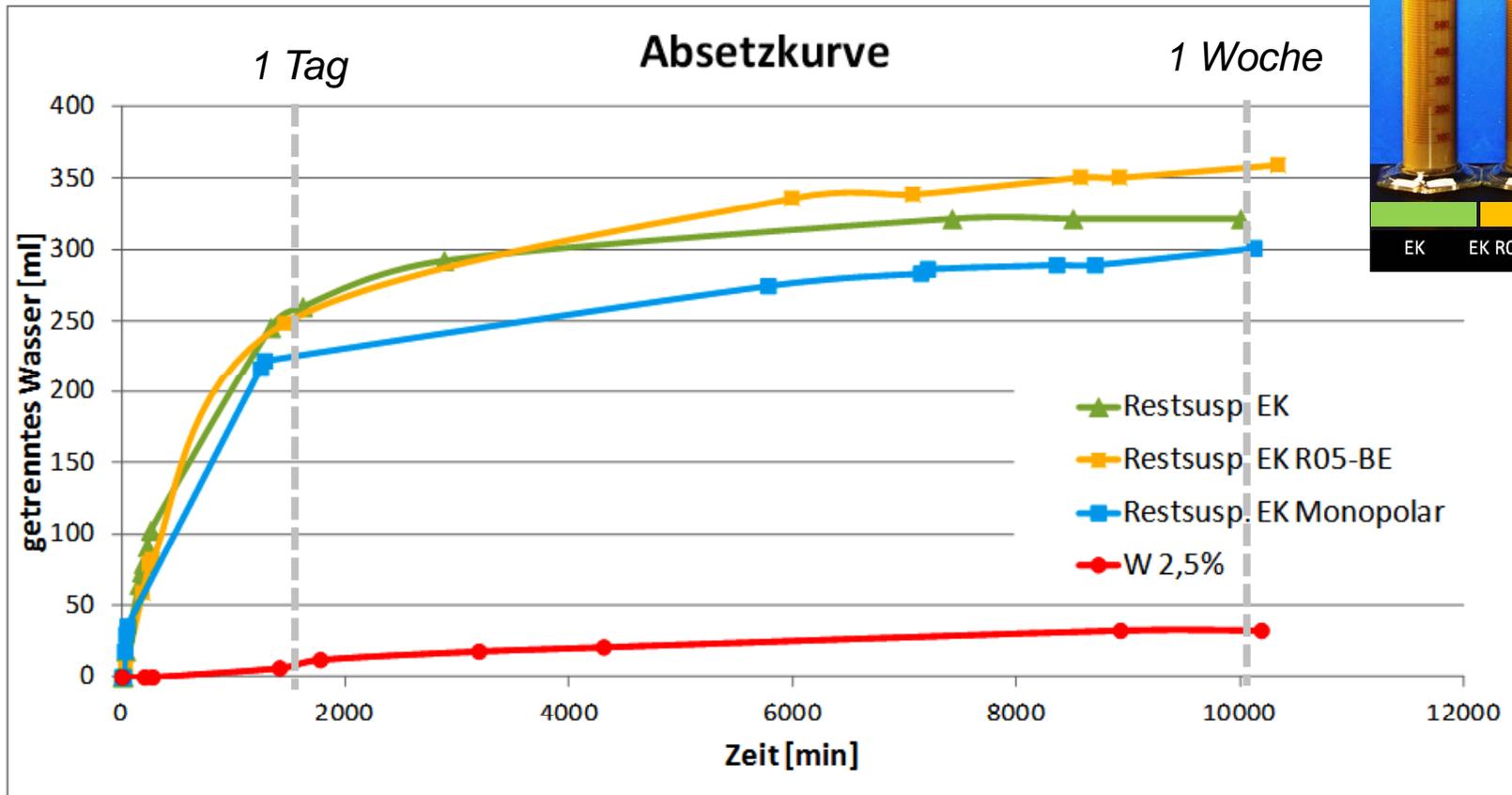
➔ Weitere Optimierung des Trennprozesses

2. Absetzversuch der Restsuspension Best-Combination

- 3 Messzylinder mit Restsusp.
 - EK
 - EK-R05-BE
(Reinigung der Anode)
 - EK-Monopolar
- 1 Messzylinder mit frischer Bentonitsuspension als Referenz
- Absetzdauer: 1 Woche
- Getrenntes Wasser aus der:
 - Restsuspension: über 300 ml
 - Suspension: sehr gering (32 ml)



2. Absetzversuch der Restsuspension Best-Combination



- Elektrokoagulation kann den Feintrennprozess unterstützen
 - Erhöhung des Zentratwassers
 - Reduktion des Deponieschlammms
 - geringere Entsorgungskosten
 - geringere Umweltbelastung

- Weiterer Forschungsbedarf:
 - Skalierung der Elektrokoagulationszelle auf Baustellen- / Praxismaßstab
 - Ökoeffizienzbewertung des Separationsprozesses (mit/ohne Elektrokoagulation)
 - Energiebilanz

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

