

Nanotechnologie-Reihe
**Kolloidchemische Grundlagen der
Nanotechnologie II**

– Wechselwirkung zwischen Partikeln –

PD Dr.-Ing. habil. Frank Babick

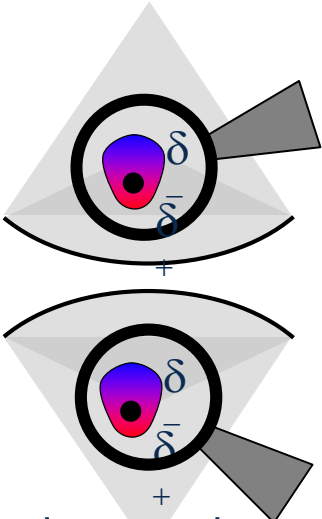
PVT-Seminar, 8. November 2024

Themenreihe Nanotechnologie

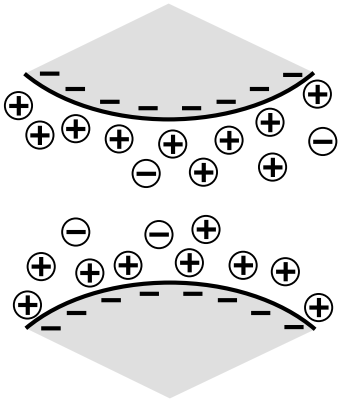
1. Kolloidchemische Grundlagen der Nanotechnologie I - Einzelpartikel
2. Kolloidchemische Grundlagen der Nanotechnologie II – Wechselwirkung zwischen Partikeln
3. Eigenschaften von konzentrierten Partikelsystemen
4. Nanopartikel, Feinstaub, Dieselruß – Emissionsquellen und Messtechnik
5. Anwendungen der Nanopartikeltechnik in der Pigment- und Mineralfarbenindustrie
6. Charakterisierung von Nanopartikeln in flüssigen Systemen

4. Interpartikuläre Wechselwirkungen

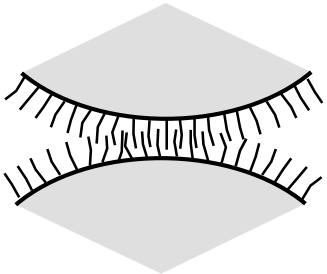
Interpartikuläre Wechselwirkungen



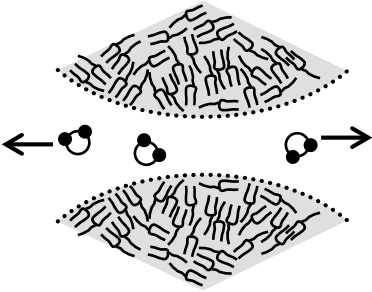
Van-der-Waals-WW



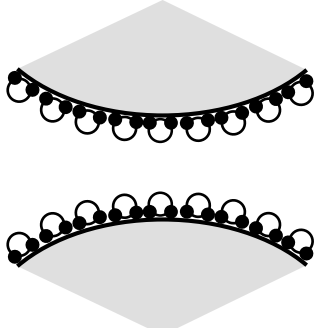
Doppelschicht-WW



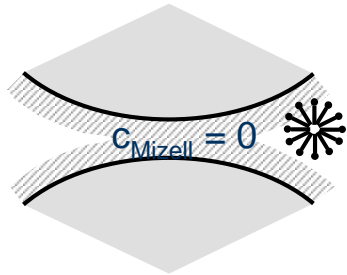
Sterische WW



Hydrophobe WW

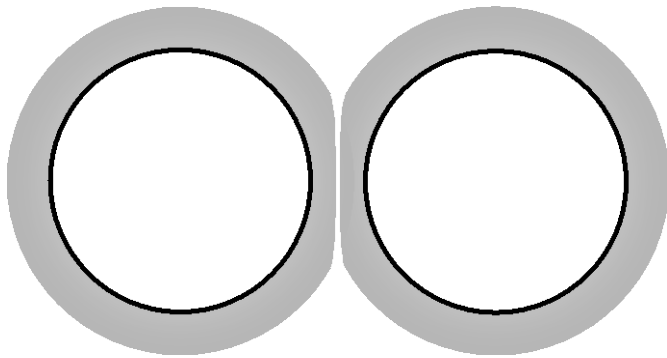


Hydratations-WW

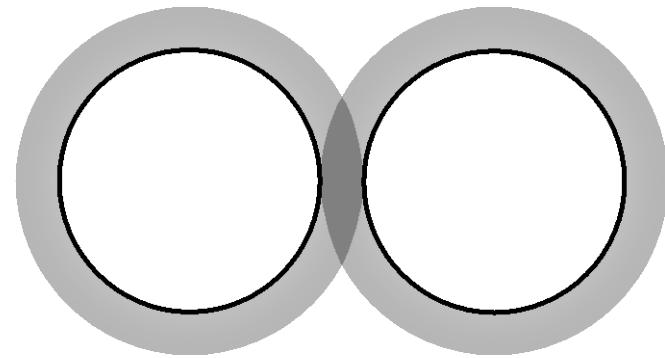


Verarmungs-WW

Sterische Wechselwirkung



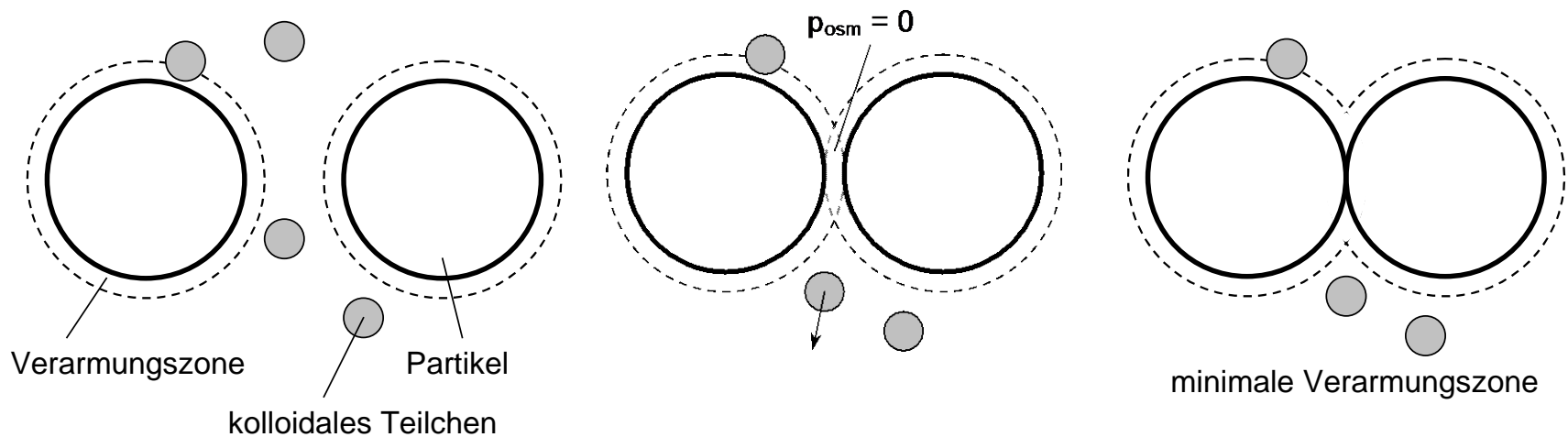
elastische Abstoßung
(lyophile Polymere)



Durchdringung
(lyophobe Polymere)

- abh. von Löseverhalten der Polymere im Lösungsmittel

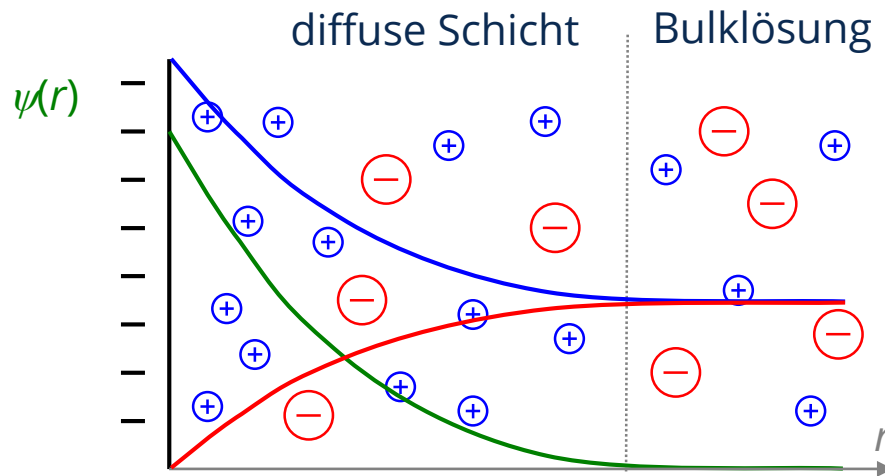
Verarmungsflockung



- nicht adsorbierende Polymere / Mizellen / Kolloide → Flockung
- adsorbierende Polymere, ... → Stabilisierung

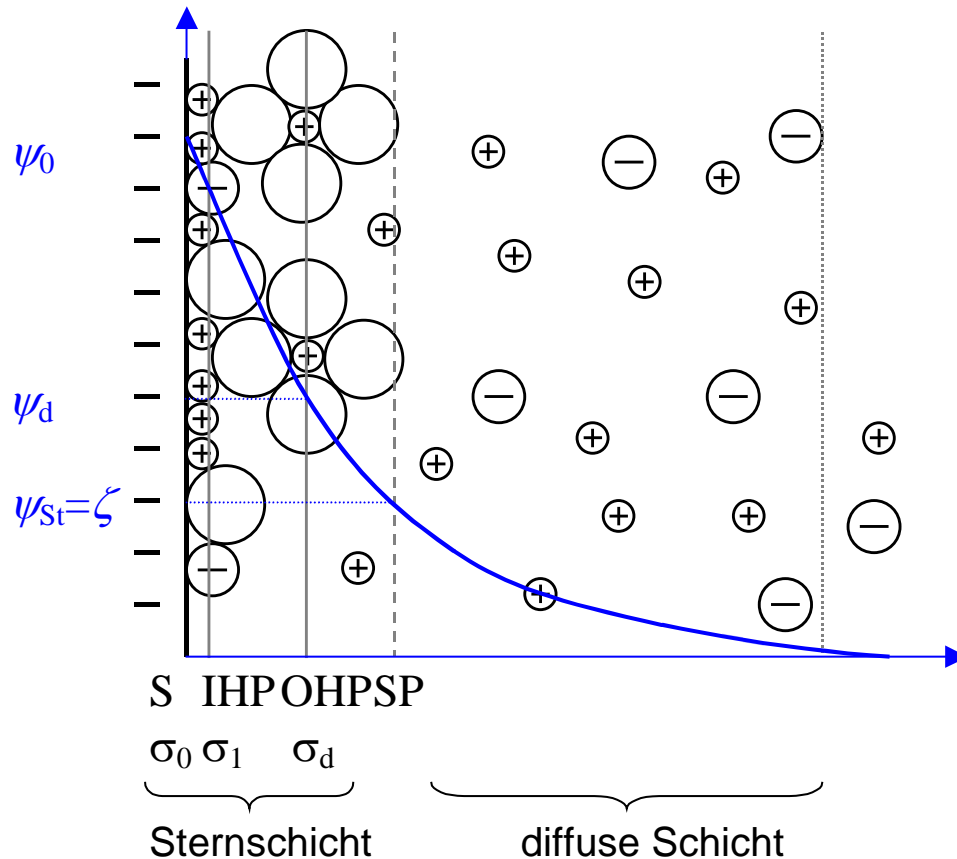
5. Elektrochemische Doppelschicht

Elektrochemische Doppelschicht



- Einfaches Modell:
OF-Ladung wird kompensiert durch Überschuss an mobilen Gegenionen in unmittelbarer Nähe der OF

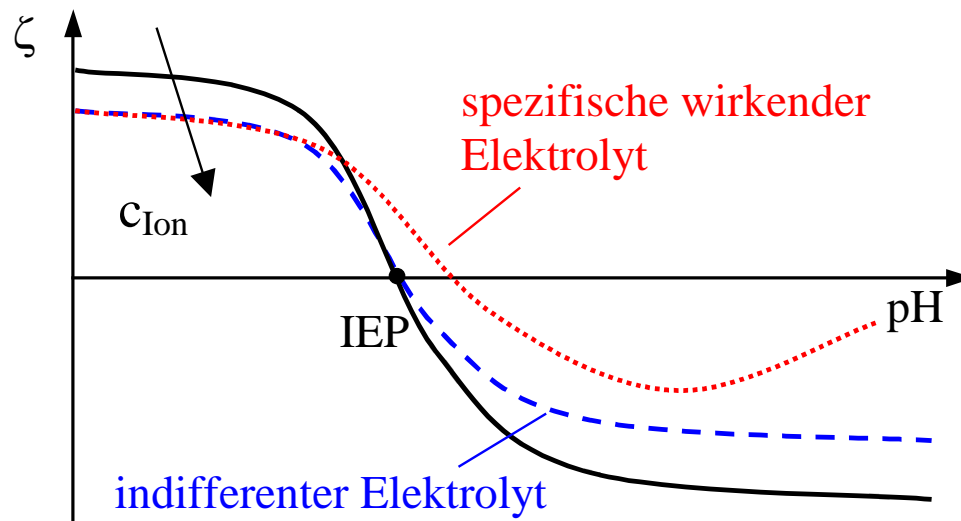
Gouy-Chapman-Stern-Graham-Modell



- Messbare Größen:
- Zetapotenzial ζ
- Oberflächenladung

- Nicht messbar:
- OF-Potenzial ψ_0
- Ladung in der diffusen Schicht

Einfluss von Elektrolyten auf die DS



- Abhängigkeit des Zetapotenzials vom pH-Wert

6. Stabilität von Suspensionen – *Mechanismen* –

Formen der Destabilisierung

(photo)chemisch



mikrobiologisch

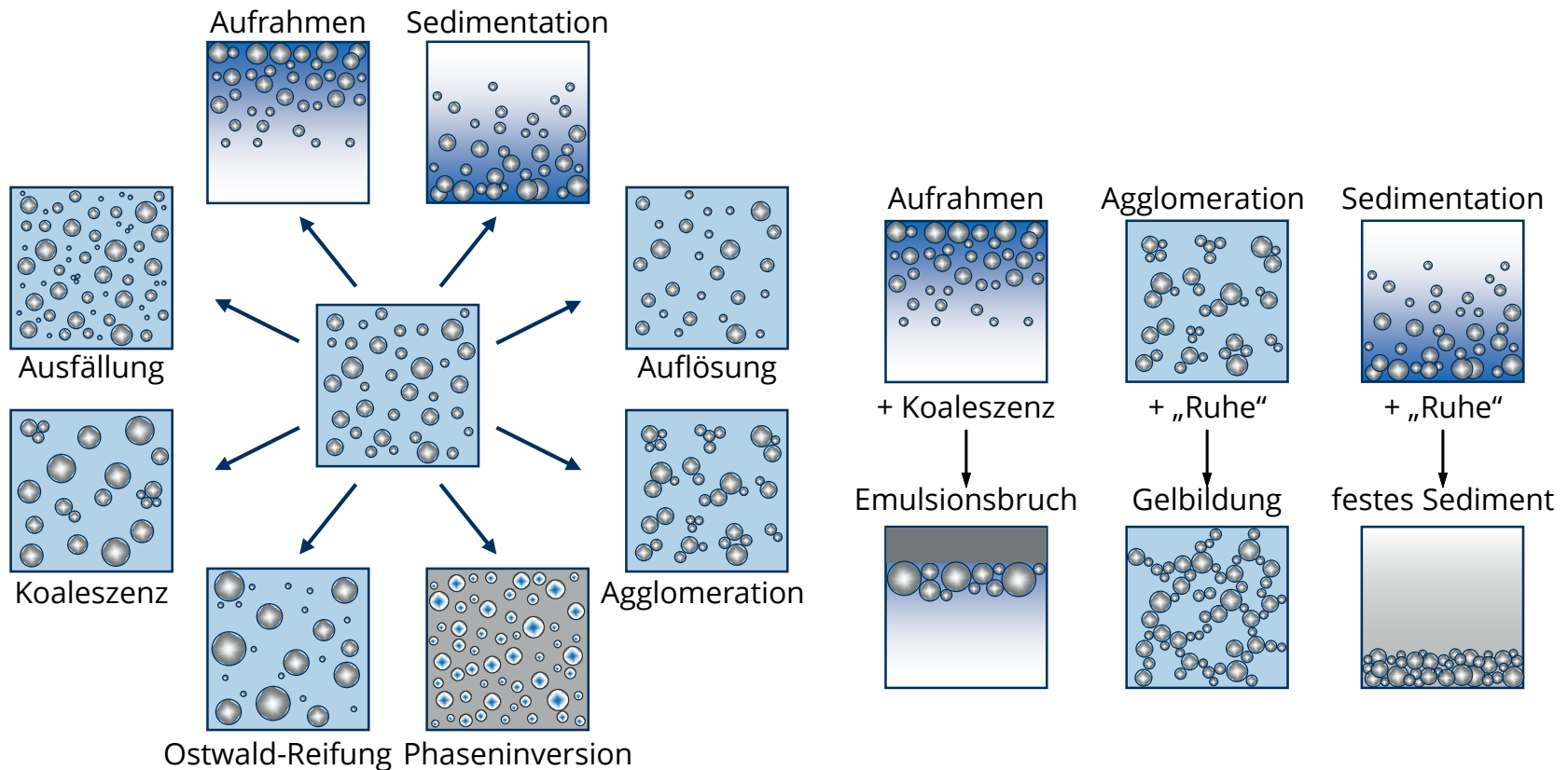


physikalisch



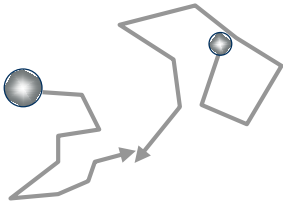
- https://www.planet-schule.de/warum_chemie/farbe/themenseiten/t5/images_content/pic07.jpg
- http://www.schimmelcam.de/archive/all/anderes/joghurt_th.jpg
- http://www.emeraldinsight.com/content_images/fig/0180640604010.png

Arten der Destabilisierung kolloidaler Systeme



Kollision von kolloidalen Partikeln

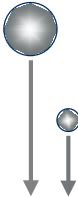
Diffusion



Brownsche Trajektorien kreuzen sich



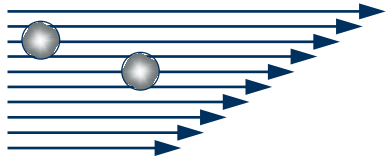
Sedimentation



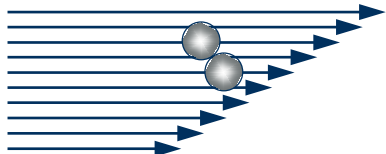
Kollision beim „Überholen“ ($v_S \sim x^2$)



Scherung

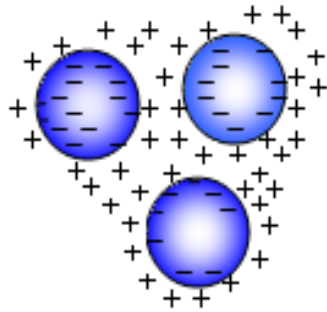


Impaktion beim „Überholen“ ($v_y \neq v_{y+\Delta y}$)



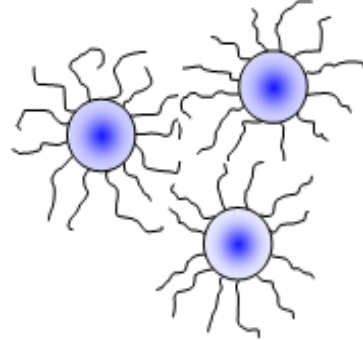
Stabilisierungsmechanismen

elektrostatisch

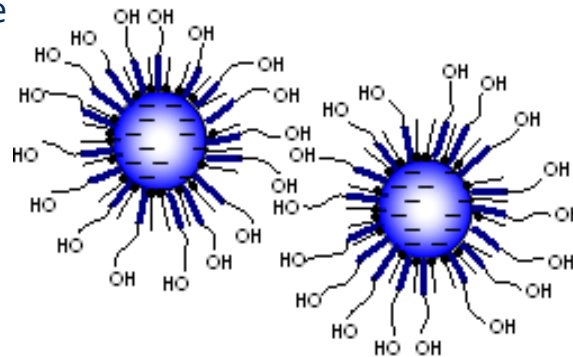


Aufladung der Grenzfläche
Abstoßung der diffusen
Ionenschichten

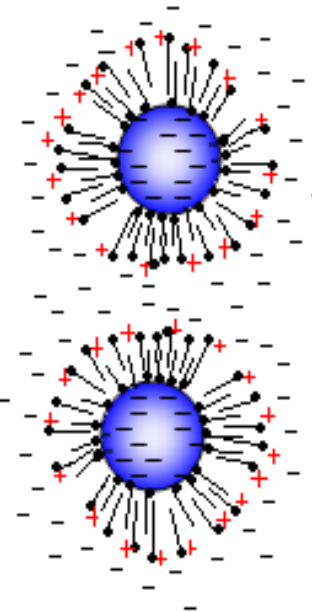
sterisch



Adsorption von Makromolekülen
→ Mindestabstand
→ keine van-der-Waals-Anziehung

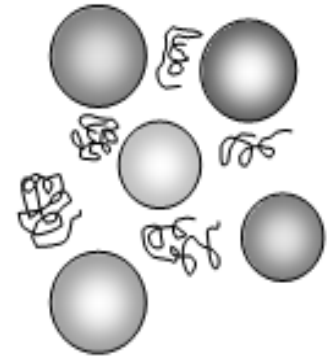


elektrosterisch



sterische und
elektrostatische
Abstoßung

Verarmung
(*depletion*)

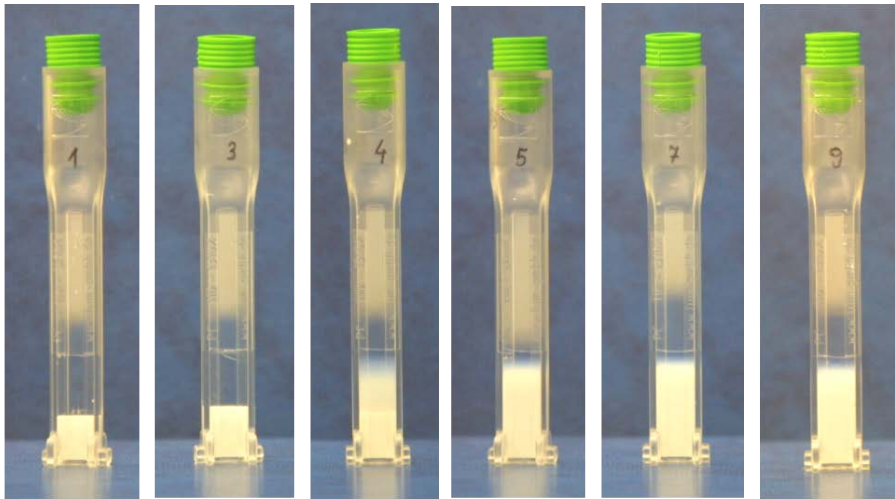


hohe Konzentration
nicht adsorbierender
Moleküle

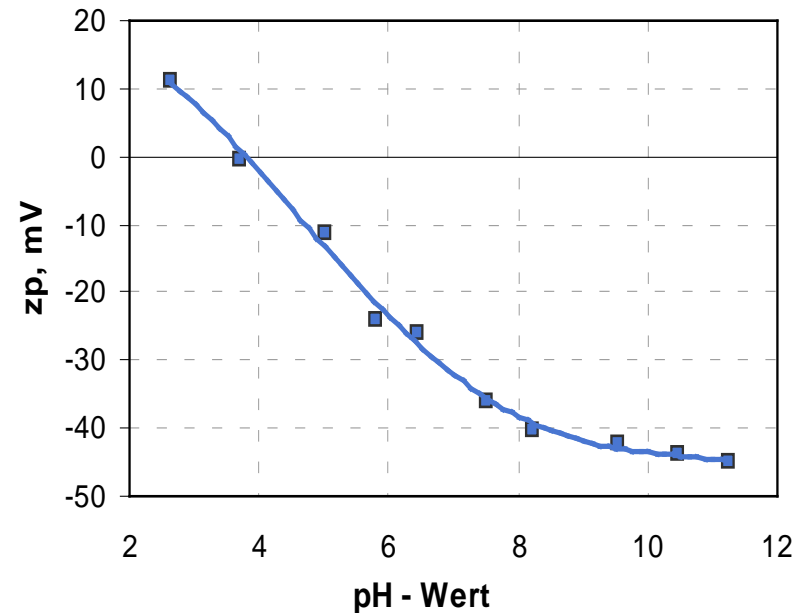
6. Stabilität von Suspensionen – *Relevanz* –

Einfluss des Zetapotenzials auf die Sedimentatⁿ

TiO₂, 5 Ma.-%, 10⁻² M KNO₃ nach einer Stunde



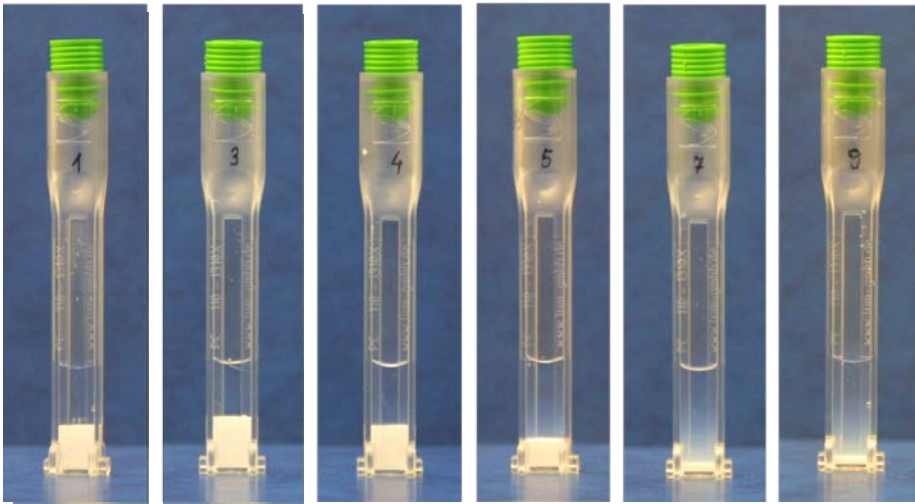
pH = 2.5 pH = 4.5 pH = 5.5 pH = 6.5 pH = 8.5 pH = 10.5



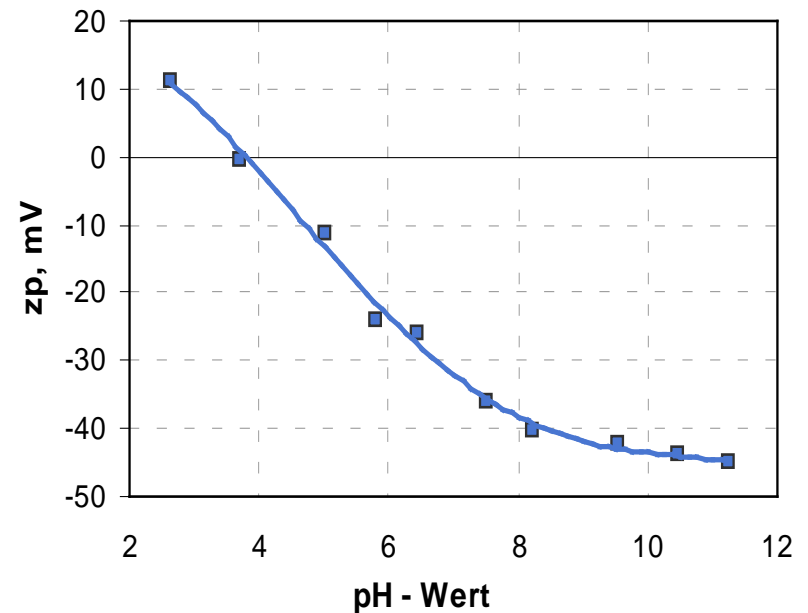
- niedriges ζ -Potenzial → schnelle Koagulation → schnelle Sedimentation

Einfluss des Zetapotenzials auf die Sedimentatⁿ

TiO₂, 5 Ma.-%, 10⁻² m KNO₃ nach einer Woche



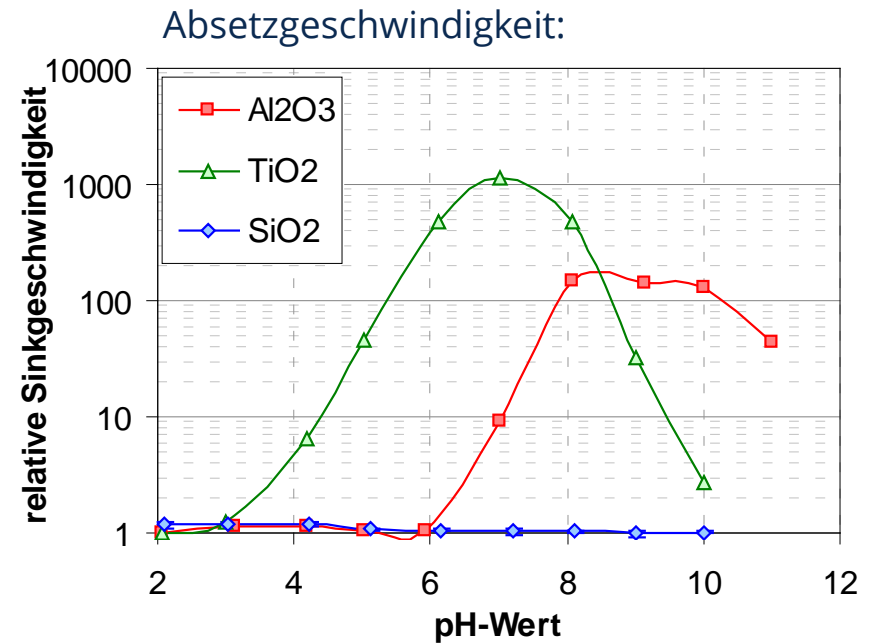
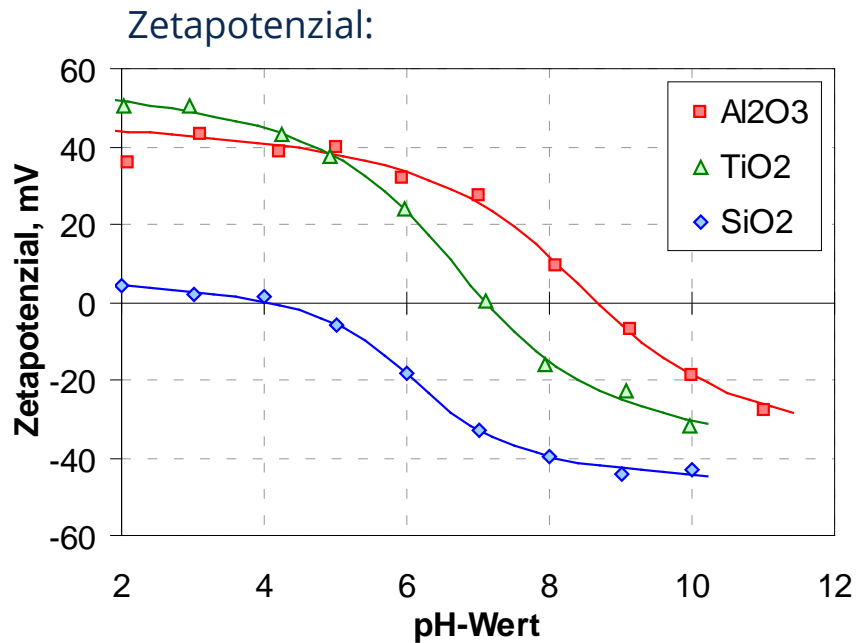
pH = 2.5 pH = 4.5 pH = 5.5 pH = 6.5 pH = 8.5 pH = 10.5



- niedriges ζ → „klebrige“ Partikel → lockere Sedimentstruktur
- hohes ζ → „schlüpfrige“ Partikel → dichte Sedimentstruktur

Suspensionsstabilität für pyrogene Oxide

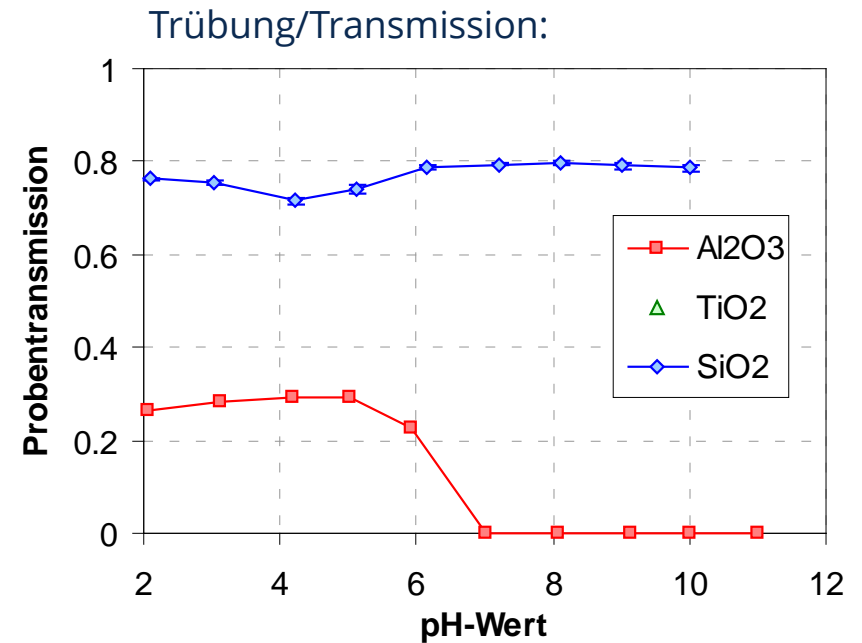
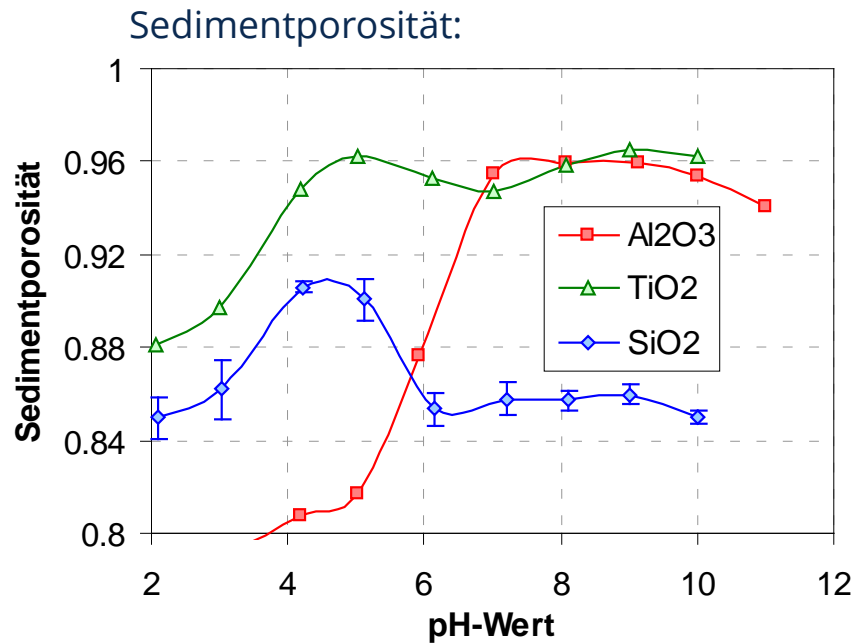
Paciejewska, *Stabilitätsverhaltens binärer kolloidaler Suspensionen*. Diss., TU Dresden, 2010.



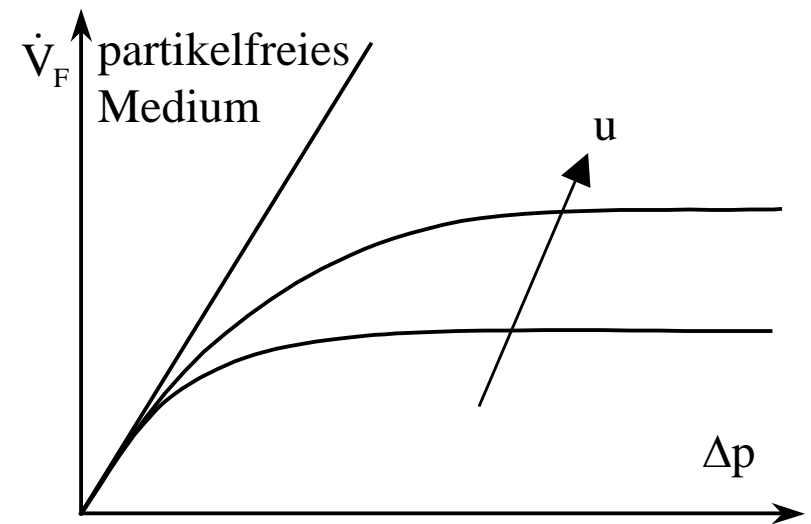
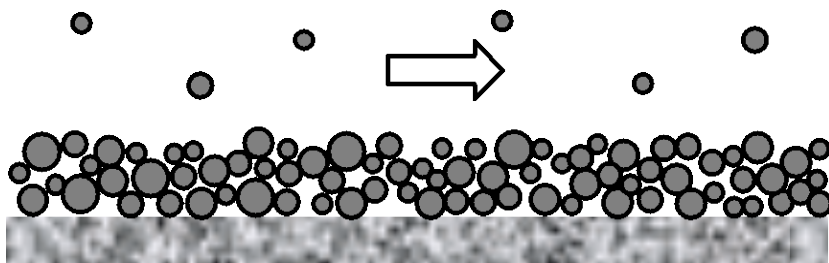


Suspensionsstabilität für pyrogene Oxide

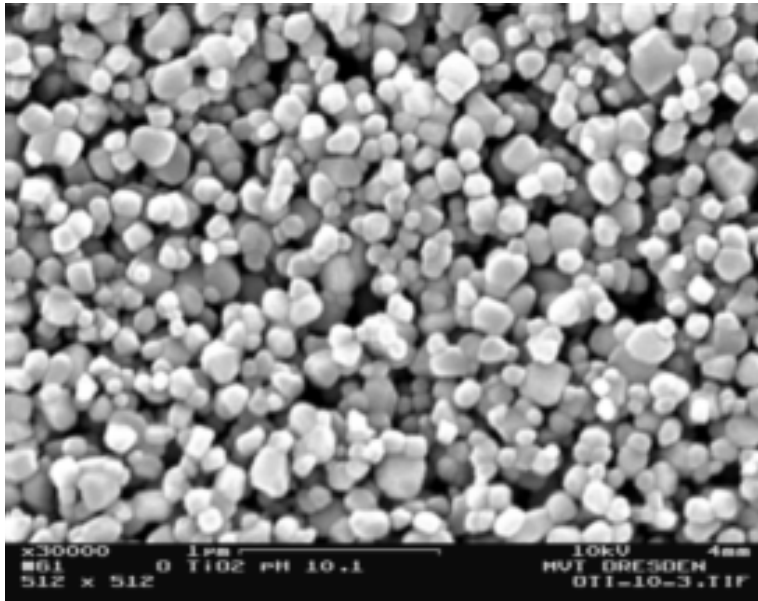
Paciejewska, *Stabilitätsverhaltens binärer kolloidaler Suspensionen*. Diss., TU Dresden, 2010.



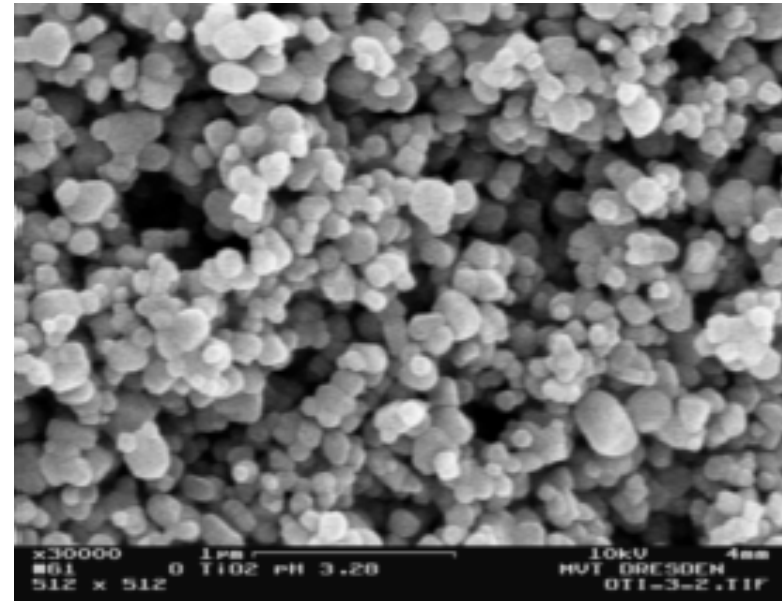
Querstromfiltration



Filtration: Beeinflussung der Deckschicht

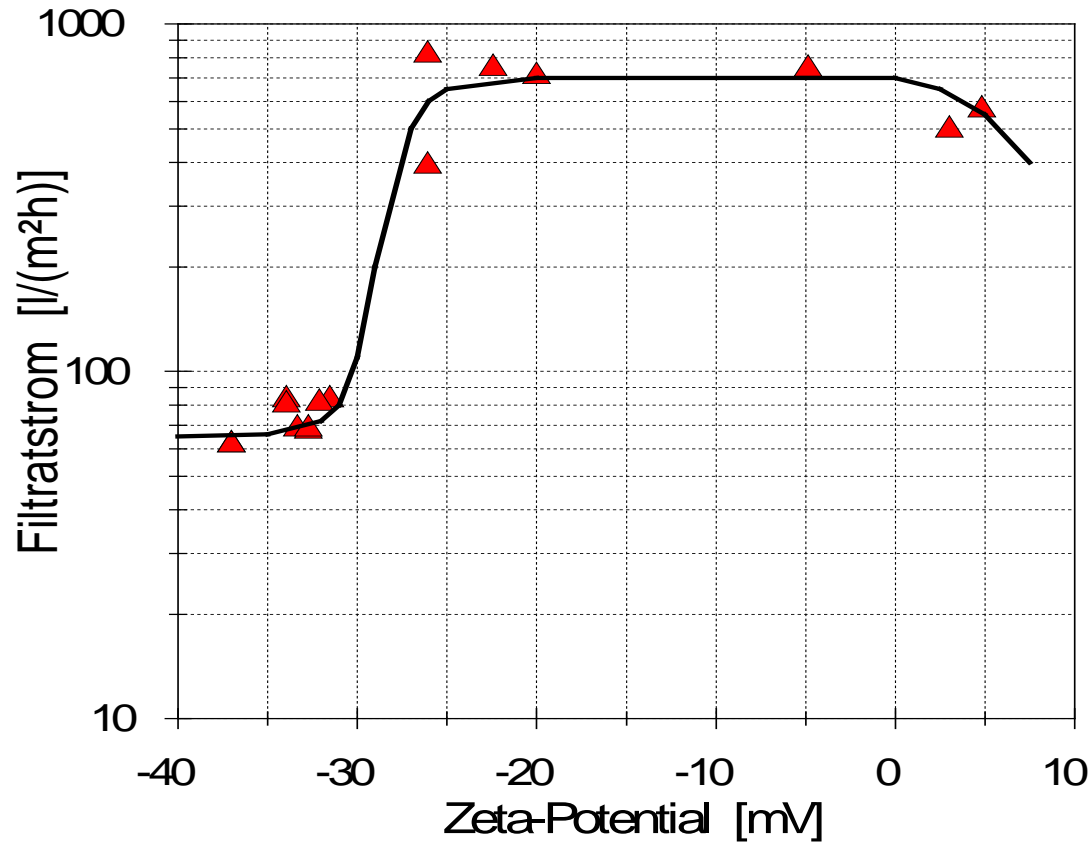


stabile Suspension

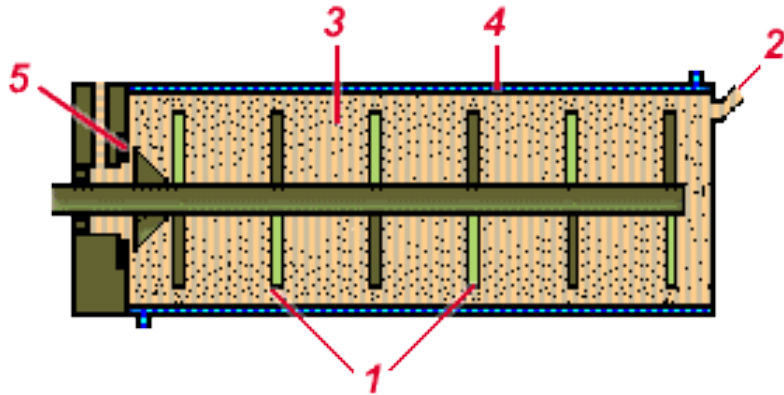


geflockte Suspension

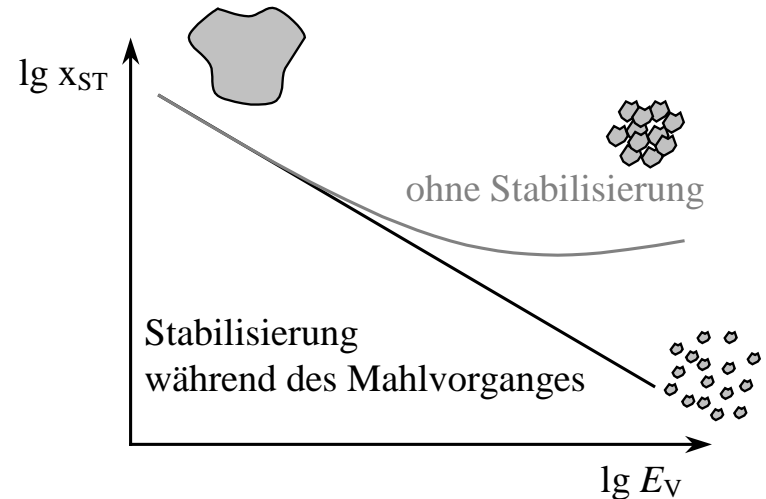
Filtration: ... und des Filtratstromes



Feinstmahlung von Suspensionen



Rührwerkskugelmühle



Prozessfunktion

- Feinstmahlung von Suspensionen → erheblicher Zuwachs an Partikeloberfläche → Rückwirkung auf pH-Wert und Salzgehalt der Suspension, ev. auch mechanochemische Aktivierung der OF
→ ohne stabilisierende Additive Reagglomeration des Mahlgutes

Flockung von Milch für Käseherstellung

- Käseherstellung
 - Flockung der Milchproteine (Kaseinmizellen) → Heterokoagulation von Proteinen und Fetttropfchen
 - Separation der Molke von Eiweiß-Fettmasse
 - weiteres Entmolken durch Zerschneiden, Pressen, Kneten, Erhitzen
 - Reifung in Salzlake
- Flockung durch
 - Erhitzen
 - Ansäuern
 - Zugabe des Labenzym

rheologische Überwachung der Gerinnung

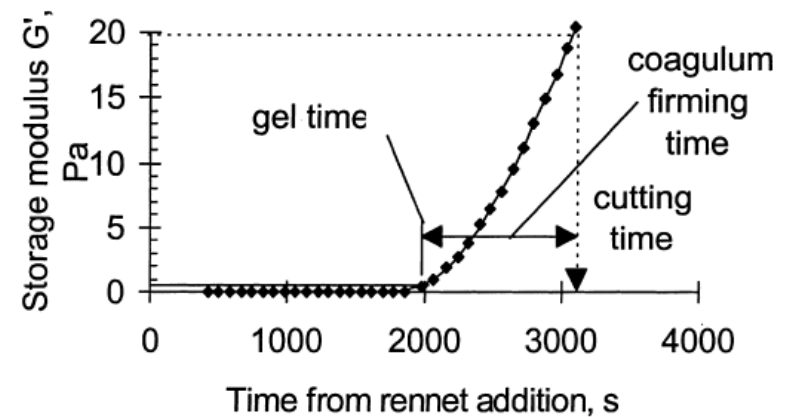
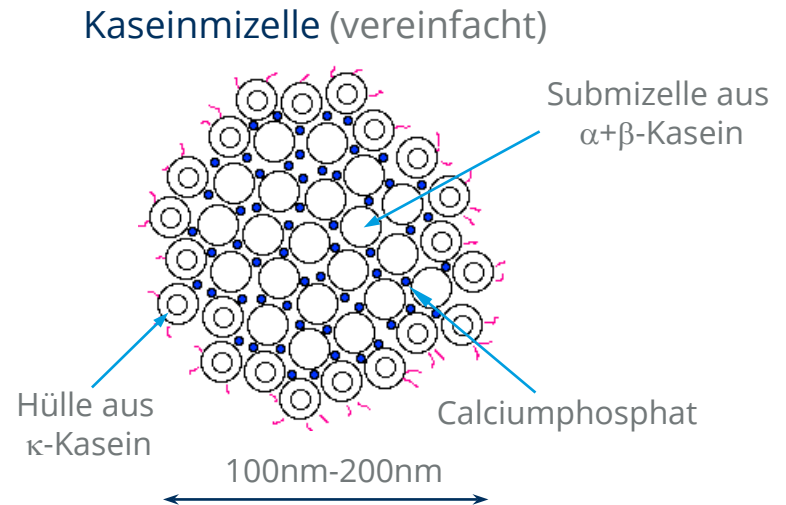


Fig. 1. Typical rheometer measurement of storage modulus G' during renneting with fit to Scott Blair model. Determination of rheometric gel time at $G' = 0.5$ Pa, coagulum cutting time at $G' = 20$ Pa and coagulum firming time are illustrated.

Bakkali et al., *Meas. Sci. Technol.*, 12(12):2154-2159, **2001**.

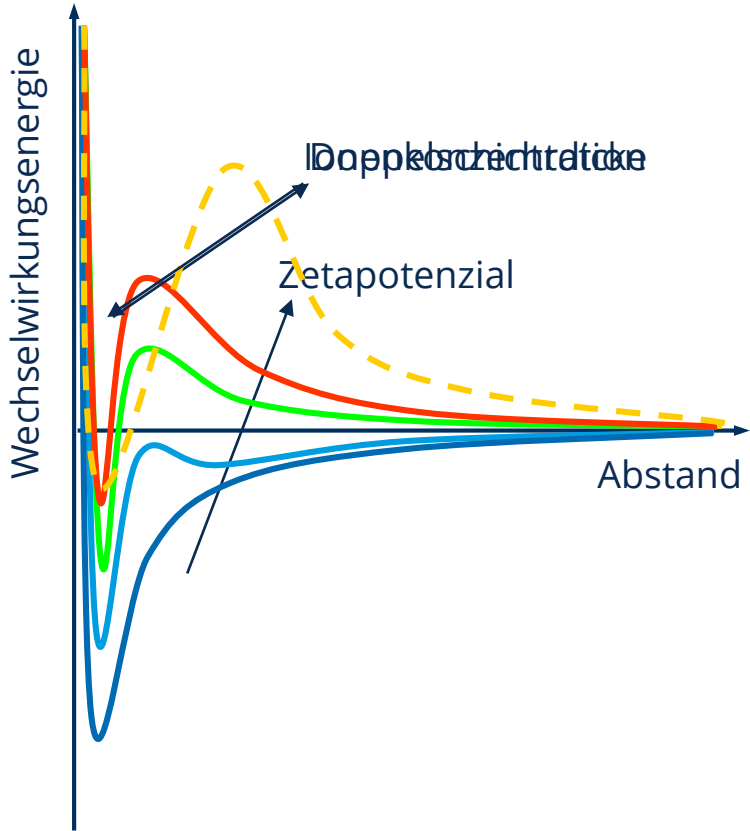
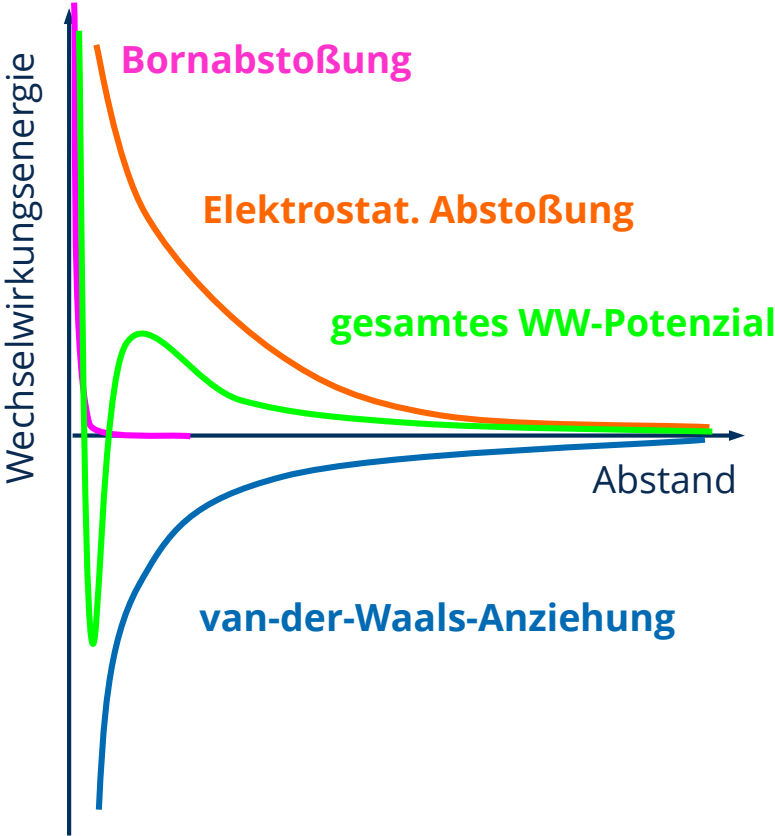
Flockung von Milch für Käseherstellung

- Käseherstellung
 - Flockung der Milchproteine (Kaseinmizellen) → Heterokoagulation von Proteinen und Fettröpfchen
 - Separation der Molke von Eiweiß-Fettmasse
 - weiteres Entmolken durch Zerschneiden, Pressen, Kneten, Erhitzen
 - Reifung in Salzlake
- Flockung durch
 - Erhitzen
 - Ansäuern
 - Zugabe des Labenzym

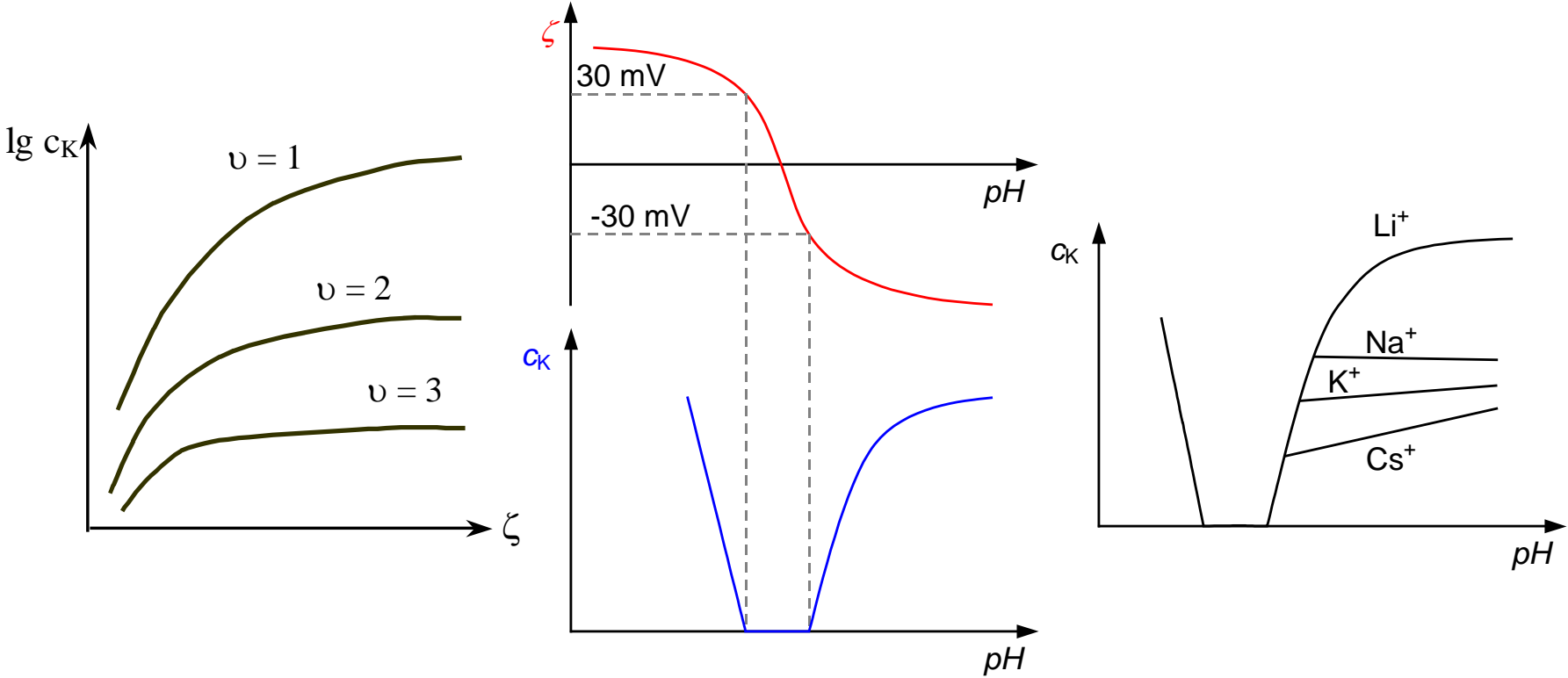


6. Stabilität von Suspensionen – *Beeinflussung über die EDS* –

Partikel-Partikel-Wechselwirkung^{en} (DLVO-Theorie)



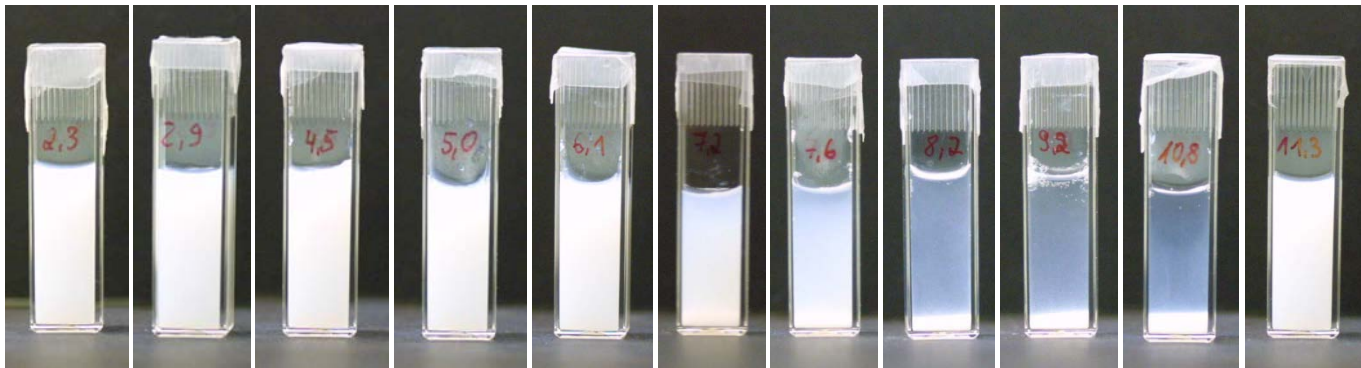
Kritische Koagulationskonzentration



6. Stabilität von Suspensionen

;Bewertung abhängig von Beobachtungszeit!

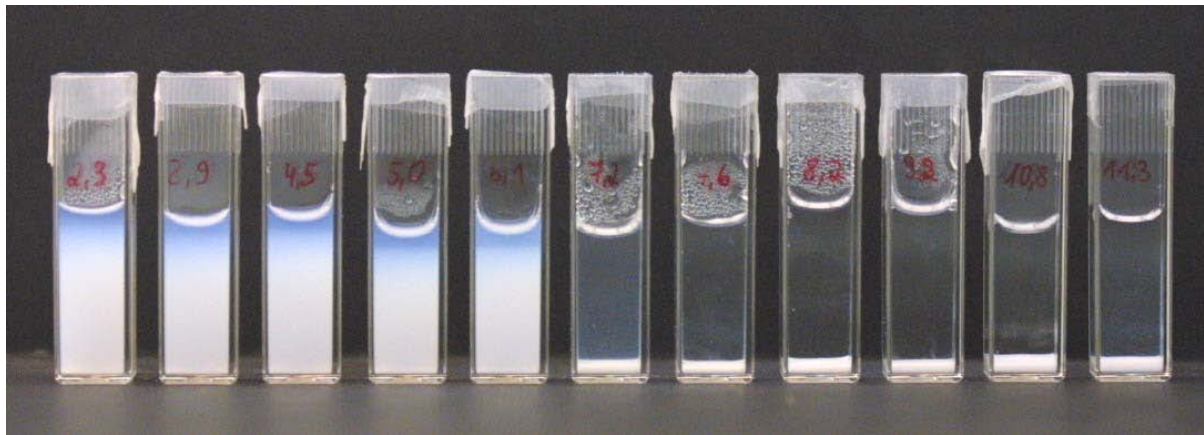
Partiell destabilisierte Partikelsysteme



pH-Wert: 2.3 2.9 4.5 5.0 6.1 7.2 7.6 8.2 9.2 10.8 11.3

- Kolloidales Aluminiumoxid, 0.01 M KNO_3

Partiell destabilisierte Partikelsysteme



pH-Wert: 2.3 2.9 4.5 5.0 6.1 7.2 7.6 8.2 9.2 10.8 11.3

- Kolloidales Aluminiumoxid, 0.01 M KNO_3 , nach 4 Tagen



Vielen Dank für Eure Aufmerksamkeit!