



Stefan Mende (Autor)

## **Mechanische Erzeugung von Nanopartikeln in Rührwerkskugelmöhlen**

Stefan Mende

---

Mechanische Erzeugung von  
Nanopartikeln in Rührwerkskugelmöhlen

---



Cuvillier Verlag Göttingen

<https://cuvillier.de/de/shop/publications/2999>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,  
Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	8
<b>2</b>	<b>Stand des Wissen</b> .....	9
2.1	Zerkleinerung in Rührwerkskugelmühlen .....	9
2.1.1	Zusammenhang zwischen spezifischer Energie, Beanspruchungsenergie und Beanspruchungszahl .....	12
2.1.2	Aktives Volumen .....	15
2.1.3	Beanspruchungsenergie und Anpassung der Mahlkörpergröße .....	17
2.1.4	Mahlkörperverschleiß .....	19
2.1.5	Reagglomerationserscheinungen.....	26
2.2	Partikel-Partikel-Wechselwirkungen und Stabilisierung von Suspensionen .....	28
2.2.1	Van der Waals´sche Wechselwirkungen .....	28
2.2.2	Die elektrochemische Doppelschicht .....	28
2.2.3	Das $\zeta$ -Potential .....	31
2.2.4	Vergleich möglicher Stabilisierungsmechanismen .....	32
<b>3</b>	<b>Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung</b> .....	35
3.1	Verwendete Mahlkörper .....	37
3.2	Versuchsdurchführung .....	38
3.3	Meßwertaufnahme und Meßwerterfassung .....	39
3.3.1	Leistungsmessung .....	40
3.3.2	Temperaturmessung .....	41
3.3.3	Volumenstrommessung .....	41
3.3.4	Leitfähigkeitsmessung.....	41
3.3.5	Messung des pH-Wertes.....	41
<b>4</b>	<b>Versuchsmaterialien und Analysemethoden</b> .....	42
4.1	Auswahl eines geeigneten Versuchsmaterials .....	42
4.2	Analysemethoden.....	45

4.2.1	Ultraschall extinction und Elektroakustik .....	45
4.2.2	Laserbeugung .....	46
4.2.3	Dynamische Lichtstreuung .....	46
4.2.4	Sedimentationsverfahren .....	46
4.2.5	Aufnahmen mit dem Rasterelektronenmikroskop (REM) und dem Transmissionselektronenmikroskop (TEM) .....	47
4.2.6	Messung der rheologischen Eigenschaften der Mahlgutsuspension...	48
<b>5</b>	<b>Experimentelle Voruntersuchungen</b> .....	<b>49</b>
5.1	Voruntersuchungen .....	49
5.2	Auswahl der Rührscheiben sowie der Mahlraumauskleidung .....	51
5.3	Einstellung des pH-Wertes .....	52
5.4	Vergleich der Ergebnisse unterschiedlicher Analysemethoden .....	53
5.4.1	Laserbeugung, Dynamische Lichtstreuung, Ultraschallspektroskopie .....	53
5.4.2	Sedimentationsverfahren, Ultraschallspektroskopie .....	56
5.4.3	TEM-Aufnahmen nach unterschiedlicher Probenpräparation .....	57
<b>6</b>	<b>Experimentelle Untersuchungen</b> .....	<b>59</b>
6.1	Versuchsprogramm .....	59
6.2	Zerkleinerung mit Aluminiumoxid-Mahlkörpern unterschiedlicher Größe ...	59
6.3	Elektrostatische Stabilisierung während der Zerkleinerung .....	63
6.3.1	Einfluß der elektrostatischen Stabilisierung auf den Zerkleinerungsfortschritt und das rheologische Verhalten der Mahlgutsuspension .....	63
6.3.2	Einfluß der elektrostatischen Stabilisierung auf den Mahlkörperverschleiß .....	68
6.4	Variation des pH-Wertes der Mahlgutsuspension .....	68
6.4.1	Einfluß des pH-Wertes der Mahlgutsuspension auf den # ' -Potentialverlauf und das Zerkleinerungsergebnis .....	69
6.4.2	Einfluß des pH-Wertes der Mahlgutsuspension auf den Mahlkörperverschleiß .....	70
6.4.3	Notwendigkeit der Stabilisierung .....	72
6.5	Einfluß der Feststoffkonzentration .....	73

6.6	Einfluß der Mahlkörpergröße.....	77
6.6.1	Einfluß der Mahlkörpergröße auf den $\phi$ -Potentialverlauf und das Zerkleinerungsergebnis.....	77
6.6.2	Einfluß der Mahlkörpergröße auf den Mahlkörperverschleiß .....	83
6.7	Einfluß der Rührscheibenumfangsgeschwindigkeit.....	85
6.7.1	Einfluß der Rührscheibenumfangsgeschwindigkeit auf das Zerkleinerungsergebnis.....	85
6.7.2	Einfluß der Rührscheibenumfangsgeschwindigkeit auf den Mahlkörperverschleiß.....	87
6.8	Zusammenhang zwischen Mahlkörperverschleiß, Verschleißenergie der Mahlkörper und Anzahl der Verschleißvorgänge .....	88
6.9	Reproduzierbarkeit der Ergebnisse und Vergleich mit Ergebnissen früherer Arbeiten .....	91
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>96</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>99</b>
<b>Anhang</b>		