



Planeten-Kugelmühle  
PM 200  
[www.retsch.de/pm200](http://www.retsch.de/pm200)



Planeten-Kugelmühle  
PM 400  
[www.retsch.de/pm400](http://www.retsch.de/pm400)



# Planeten-Kugelmühlen

Extrem schnell – extrem fein

## i LEISTUNGSMERKMALE

- Einsatzgebiet: Zerkleinern, Mischen, Homogenisieren, Kolloidvermahlungen, mechanisches Legieren
- Materialart: weich, hart, spröde, faserig, trocken und nass
- Aufgabekorngröße\*: < 10 mm
- Endfeinheit\*: < 0,1 µm

\*je nach Probenmaterial und Gerätekonfiguration

[www.retsch.de/pm](http://www.retsch.de/pm)

Überall dort, wo höchste Anforderungen an Feinheiten gestellt werden, kommen RETSCH Planeten-Kugelmühlen zum Einsatz. Neben den klassischen Zerkleinerungsaufgaben und Mischprozessen erfüllen die Mühlen auch alle verfahrenstechnischen Anforderungen für eine **Kolloidvermahlung** und verfügen über den notwendigen Energieeintrag zum **Mechanischen Legieren**. Die extrem hohen Fliehkräfte, die in den Planeten-Kugelmühlen entstehen, bewirken die Freisetzung **sehr hoher Zerkleinerungsenergien**, was in **sehr kurzen Prozesszeiten** resultiert.

Die frei wählbaren Mahlparameter, das umfangreiche Sortiment an Mahlbechern aus hochwertigen Werkstoffen sowie zahlreiche Kombinationsmöglichkeiten der Kugelfüllungen (Anzahl und Kugelgröße) ermöglichen eine **individuelle Anpassung an die jeweilige Zerkleinerungsaufgabe**.

Dank **Sicherheitsmerkmalen** wie automatische Schwingungskompensation (FFCS Technologie), programmierbare Startautomatik sowie Speicherung der Restlaufzeit bei Netzausfall können RETSCH Planeten-Kugelmühlen problemlos über mehrere Stunden unbeaufsichtigt betrieben werden.

Die Planeten-Kugelmühlen sind in Ausführungen mit 1, 2 oder 4 Mahlstellen erhältlich. Zusammen mit den Mahlbechern „comfort“ bieten die Planeten-Kugelmühlen ein Höchstmaß an Leistung, Sicherheit und Zuverlässigkeit.

## Nanopartikel mit großem Effekt

Nanopartikel, d.h. sehr feine Partikel mit einem Durchmesser von weniger als 100 Nanometer, werden seit vielen Jahren von Wissenschaftlern erforscht. Bei der Entwicklung von z. B. Halbleiter- oder Oberflächeneigenschaften (Stichwort Lotuseffekt) eröffnet die Verwendung von Nanopartikeln ganz neue Möglichkeiten.

Es gibt verschiedene Techniken zur Herstellung von Nanopartikeln. Im „Bottom Up“-Verfahren werden die Partikel aus Atomen und Molekülen synthetisiert, während bei der „**Top Down**“-Methode größere Partikel durch Vermahlung auf Nanometergröße zerkleinert werden. Dies kann in einer Planeten-Kugelmühle erfolgen, wie z. B. der PM 100, PM 200 oder PM 400 von RETSCH, da diese Mühlen **den für eine Nanovermahlung notwendigen Energieeintrag** erreichen.

Vermahlungen in den Nanometerbereich folgen anderen Gesetzmäßigkeiten als solche, die „nur“ in den Mikrometerbereich

reich vordringen, da mit abnehmender Partikelgröße elektrostatische und sogar molekulare Wechselwirkungen zunehmen, die dazu führen, dass die Partikel agglomerieren und so einer Zerkleinerung entgegenwirken. Daher muss die Vermahlung in einem flüssigen Medium stattfinden (**Kolloidvermahlung**), welches die Partikel bestmöglich dispergiert. Meist wird dafür ein einfacher Alkohol benutzt, für manche Anwendungen eignen sich aber auch andere Lösemittel oder sogar Wasser.

Für die Nanovermahlung in einer Kugelmühle verwendet man einen Mahlbecher und Mahlkugeln aus einem **sehr abriebfesten Material wie z. B. Zirkonoxid**, damit die Verunreinigung des Probenmaterials durch Abrieb minimiert wird. Generell kann man sagen, dass kleine Kugeln (kleiner als  $\varnothing$  3 mm) und Mahldauern von mehreren Stunden für die Herstellung kleinster Partikel nötig sind, da deutlich mehr Oberfläche und

Energie notwendig sind, als für Trockenmahlungen im Mikrometerbereich.

Abbildung 1 zeigt das Ergebnis einer Vermahlung von Aluminiumoxid bei einer Drehzahl von  $650 \text{ min}^{-1}$ . Nach einer Stunde Mahlung mit  $\varnothing$  1 mm Kugeln in Wasser liegt der Mittelwert der Partikelgrößenverteilung bei 200 nm, nach 4 Stunden bei 100 nm. In einem weiteren Versuch wurde das Material in unterschiedlichen Dispergiermedien zunächst 1 Stunde mit  $\varnothing$  1 mm Kugeln und anschließend 3 h mit  $\varnothing$  0,1 mm Kugeln feinstvermahlen (Abb. 2). Dabei wurde ein Mittelwert von 76 nm in Wasser und 70 nm in 1 %  $\text{NaPO}_3$  erreicht.

Die Mahlergebnisse zeigen, dass Planeten-Kugelmühlen Partikelgrößen im Nanometer-Bereich produzieren können. Dabei spielt für den Erfolg der Nanovermahlung sowohl die Wahl der Kugelgröße als auch des Dispergiermediums eine Rolle.

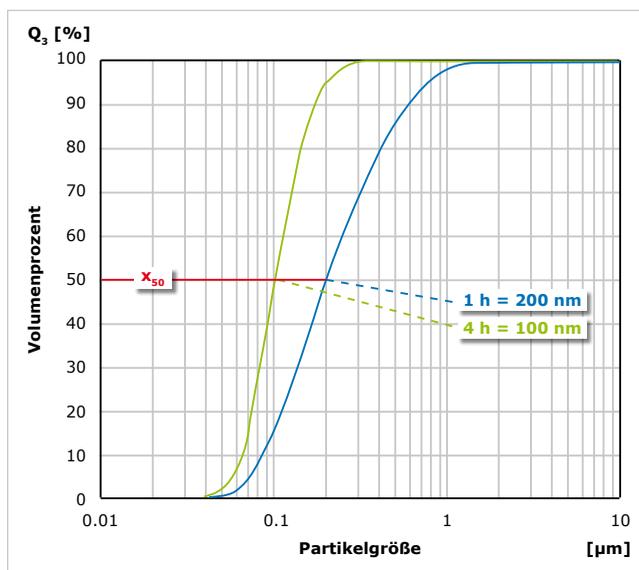


Abb. 1: Vermahlung von  $\text{Al}_2\text{O}_3$  mit 1 mm Kugeln in Wasser nach 1 h (blau) und nach 4 h (grün)

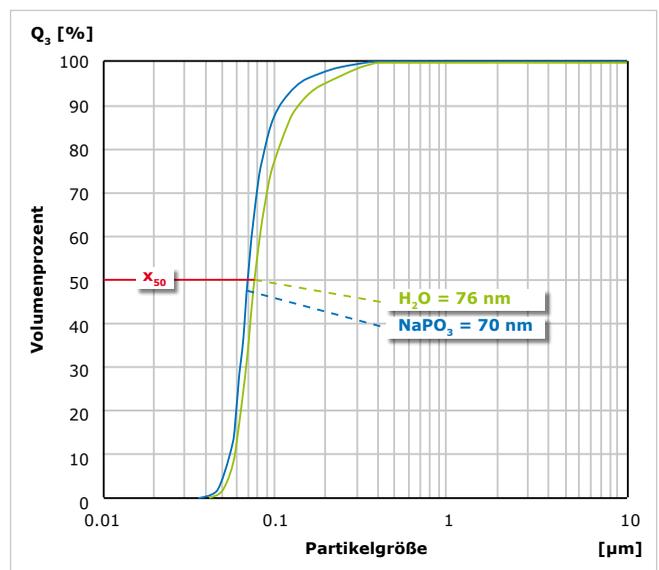


Abb. 2: Vermahlung von  $\text{Al}_2\text{O}_3$  mit 1 mm Kugeln (1 h) und nachfolgend mit 0,1 mm Kugeln (3 h) in Wasser (grün) und 1 %  $\text{NaPO}_3$  (blau)

## ANWENDUNGSBEISPIELE

Abfall, Aktivkohle, Böden, chemische Produkte, Elektronikschrott, Erze, Fasern, Glas, Holz, Kalkstein, Keramik, Klärschlamm, Knochen, Kohle, Koks, Legierungen, Mineralien, Papier, Pflanzenteile, Quarz, Saatgut etc.

