

## Einfluss von Eigenschaften der Mahlbecher im Planetensystem

**Eine saubere / konstante Abnutzung an der inneren Mahlbecher-Oberfläche ist einmal eine Frage der Kugelmenge und -größe, der Materialmenge und -größe (Grob- oder Feinkorn), dem Mahlzustand wie Nass- oder Trockenmahlung, der Mahldauer und der eingestellten Drehzahl des Planetensystems.**

**Idealerweise arbeitet man im Planetensystem mit der höchsten Drehzahl:**

1. Werden sich die Kugeln auf der gesamten Mahlbecheroberfläche besser verteilen und ergeben eine bestmögliche Mahlwirkung. Bei zu geringer Drehzahl halten sich die Mahlkugeln nur im unteren Becher auf oder bewegen sich bei kleiner Drehzahl nur über den Boden bis zum inneren Becherradius.
2. Die benötigte Mahldauer wird am kürzesten sein, dadurch wird die unvermeidbare Kontamination/Abrieb am geringsten. Bei kleiner Drehzahl sind die Mahlkräfte/Kugelenegie stark reduziert, die Mahldauer wird unendlich lang und der Abrieb steigt enorm!
3. Durch die hohe Mahlenergie wird das Mahlssystem jedoch schnell erwärmt und man muss bei Nassmahlung nach etwa 30-45 Minuten den heißen Mahlbecher abkühlen lassen, damit der entstehende hohe Dampfdruck im Mahlbecher nicht die Suspension über die Deckeldichtung abbläst; z.B. in dem man durch vorheriges Programmieren der „Pause“-Taste eine Abkühldauer eingibt, in der der eingebaute Ventilator mithilft, den aufgespannten, ruhenden Mahlbecher durch belüften schneller abzukühlen.

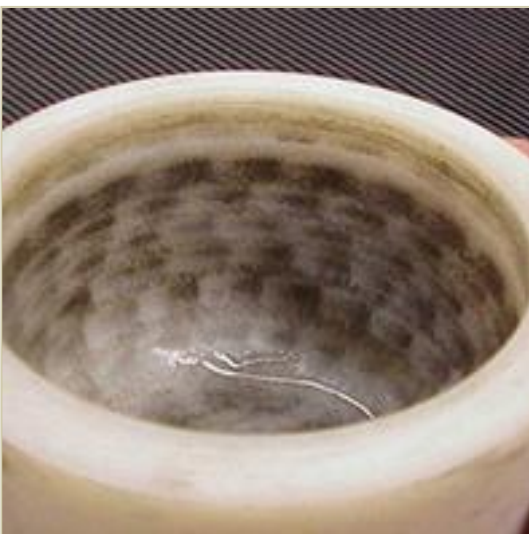
Werden alle diese Parameter konstant beibehalten, erhält man in einem Mahlbechertyp (Sorte) immer die gleiche Abriebmenge, solange sich die Becheroberfläche nicht verändert, z.B. die innere Mahlbecher-Oberfläche wird durch hartes, grobes oder scharfkantiges Material aufgerauht. Werden jedoch verschiedene Mahlbechersorten eingesetzt, kann es durchaus vorkommen, dass durch die unterschiedlichen Material- Eigenschaften die innere Oberfläche der Mahlbecher verschieden beansprucht werden!

In unserem Beispiel wurden einmal in einem 500 ml Mahlbecher aus „Polyamid“ + 100 x 10 mm ZrO<sub>2</sub>-Kugeln und einmal aus „Sinterkorund“ + 100 x 10 mm Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Kugeln ein Misch- und Desagglomeriersversuch mit geringer Mahlwirkung von insgesamt 200 g einer schwarzen und weißen keramischen feinen noch nicht gemischten Pulverprobe durchgeführt. Die Aufgabegröße liegt bei etwa < 5 µm, die Materialien haben ein spez. Gewicht von etwa 4-5 g/ ml.

Die Homogenisierung erfolgte im nassen Zustand mit 80 ml Alkohol (Spiritus) auf unserer **Planeten-Monomühle PULVERISETTE 6 classic line** bei 250 U/ min in 1 Stunde. Die eingestellte Suspension hat eine höherviskose Fließeigenschaft, ähnlich Motorenöl. Dadurch wird verhindert, dass die leichtunterschiedlichen Partikelgrößen der weißen und schwarzen Probe nicht durch Sedimentation nach der Vermischung sich wieder trennen. Auf Grund der etwas höheren spez. Gewichte der Keramikprobe und der Mahlkugeln (ebenfalls zwischen 4-5,7 g/ ml) kann keine geringere Drehzahl gewählt werden, da sonst die Kugeln sich nur am Boden bewegen, was eine schlechte Vermischung/Dispergierung bedeutet.

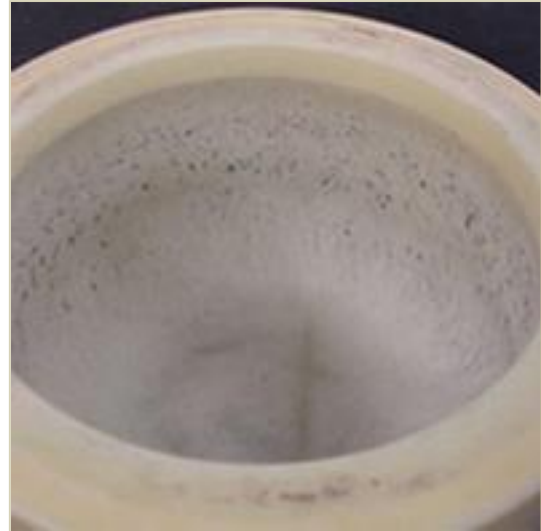
Die Kugeln sollten hörbar schlagend und rollend arbeiten! Dies deutet auch auf eine Nutzung der kompletten inneren Mahl-Becherwand hin, auf der in unterschiedlichen Ebenen die Kugeln aufschlagen und abrollen.

**Mahlbahnen in Polyamid-Mahlbechern:**



Dies ist deutlich auf den Bildern im „Polyamid“-Mahlbecher zu erkennen in dem in 7-8 verschiedenen Niveaus horizontal Abroll-Bahnen zu erkennen sind, die bereits am Bodenradius entstehen und unter dem Mahlbecherdeckel enden. Dort übrigens ist immer die tiefste „Rille“ erkennbar, da die gegen den Mahldeckel aufprallenden Kugeln bedingt durch die hohe Zentrifugalkraft immer in den oberen Bereich der Becherwand aufprallen und abrollen. Somit sind in der obersten Umlaufbahn mehr Kugeln zu erwarten als in der restlichen Wandfläche.

### Mahlbahnen in Sinterkorund-Mahlbechern



Diese obere leicht verfärbte Mahlbahn ist auch im Sinterkorund-Mahlbecher gut zu erkennen. Die obere Mahlbahn ist in allen Mahlbechern glatt-rund, während die darunter befindlichen Bahnen, je nach Materialeigenschaften des Mahlbeckers unterschiedlich aussehen können.

Abhängig von der Kugelgröße sind die Bahnen auch in unterschiedlichen Abständen zueinander aufgebaut: z.B. mit 10 mm-Kugeln erhält man durchschnittlich 7-8 Bahnen, mit 20 mm Kugeln 3-4 Bahnen und mit 30 mm Kugeln 2 Bahnen.

Diese Bahnen-Bildung ist je nach Härte und Abriebfestigkeit des Mahlbeckers unterschiedlich tief und in harten Materialsorten eventuell kaum erkennbar bzw. treten sie dort nicht auf! Der Grund ist der, da keine Verformung bzw. nur sehr, sehr geringer Abrieb beim Auftreffen der Kugeln auf die Becherwand entsteht, werden in Bruchteilen von Sekunden später daneben auftreffende Kugeln nicht in eine Vertiefung gleiten, wie es beim Polyamidbecher entsteht. So wird die Mahlbecher-Innenwand – bis auf die oberste Bahn - statistisch überall getroffen und der Mahlbecher wird ideal genutzt ohne Rillen- bzw. Bahnenbildung mit sehr geringem Abrieb!

Der Polyamidbecher ist der weichste unter den Mahlbechern. Hier wird schon beim Auftreffen der 1. Kugel auf die Innenwand im Mahlvorgang eine minimale Vertiefung entstehen, in die die am Vertiefungsrand auftreffende weitere Kugel hineingleitet und diese dann noch mehr ausformen wird. So entstehen in einer Bahn nebeneinander Vertiefungen (siehe dunkle mit Probengut verfärbte Zonen) und helle von Kugeln kaum bzw. nicht bearbeitete Bereiche abwechselnd.

Wird dieser Mahlbecher immer mit den gleichen Kugeln gleichem Durchmesser befüllt, wird diese Verformung extrem und der Abrieb entsprechen hoch sein. Aus diesem Grund wird möglichst der Einsatz von Polyamid-Mahlbecher vermieden, er wird in den meisten Fällen nur zum Homogenisieren von Pharmaka eingesetzt, wobei mit sehr kleinen Kugeln 10 mm oder kleiner und mit geringer Drehzahl der Planetenmühlen gearbeitet wird.



Ist jedoch Polyamid als Mahlbecher zwingend notwendig, empfiehlt es sich, zwischendurch auch mal eine Mahlung mit größeren Kugeln 20 mm oder 30 mm durchzuführen, um die verformten Stellen zu glätten. Die nächst härteren Mahlbecher wie Sinterkorund und Achat zeigen nach langer Mahldauer zwar auch leichte Rillen, die jedoch homogen rund verlaufen, ohne wellige Vertiefungen in den Bahnen.

**Autor:** Dipl.-Chem. Ulrich Gerber, Fritsch GmbH  
**E-Mail:** [gerber@fritsch.de](mailto:gerber@fritsch.de)