



SCHWINGMÜHLE MM 400

Ein wahres Multitalent

Die Schwingmühle MM 400 ist ein wahres Multitalent, das für die Trocken-, Nass- und Kryogenvermahlung kleiner Probenmengen bis 2 x 20 ml entwickelt wurde. Sie mischt und homogenisiert Pulver und Suspensionen mit einer Frequenz von 30 Hz innerhalb von Sekunden - unschlagbar schnell und einfach zu bedienen.

Das kompakte Tischgerät eignet sich sowohl für klassische Homogenisierungsprozesse als auch für den biologischen Zellaufschluss zur DNA/RNA- und Proteinextraktion. Durch eine mögliche Mahldauer von bis zu 99 Stunden ist die MM 400 besonders für den Einsatz in der Forschung geeignet, zum Beispiel in der Mechanochemie.

Im Hinblick auf Leistung und Flexibilität dieser Mühle gibt es keine vergleichbare Technologie im Markt.

Informieren Sie sich auch über die Schwingmühlen MM 500 nano und MM 500 vario, die mit einer Frequenz von 35 Hz nach demselben Funktionsprinzip arbeiten, jedoch deutlich mehr Leistung zur Verfügung stellen. Für Anwendungen, die das Kühlen oder Heizen von Proben erfordern, ist die Schwingmühle MM 500 control die geeignete Wahl. Jede RETSCH Schwingmühle hat einen spezifischen Applikationsfokus.

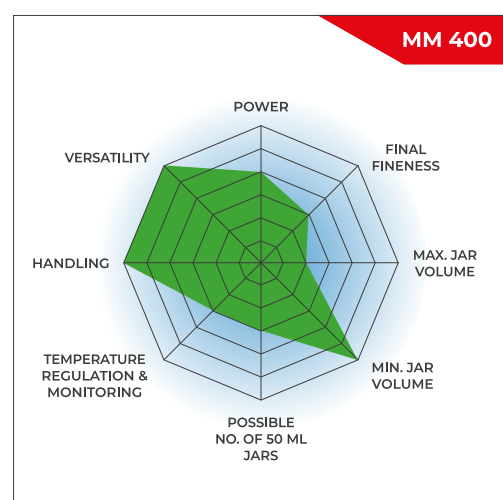


[Hier klicken, um das Video anzuschauen](#)

Produktvideo

DER VIELSEITIGSTE ALLROUNDER UNTER DEN KUGELMÜHLEN

- | Max. Geschwindigkeit 30 Hz
- | Die horizontale Oszillation verursacht starke Aufpralleffekte für eine effektive Probenbearbeitung
- | Bis zu 8 mm Aufgabekorngröße und 5 µm Endfeinheit
- | 2 Mahlstellen für Mahlbecher von min. 2 ml und max. 50 ml, Adapter für 10 x 2 ml Einweggefäße und 4 x 50 ml konische Zentrifugationsröhrchen
- | Mahlbecher aus Stahl können manuell in flüssigem Stickstoff vorgekühlt werden
- | Kalibrierte Geschwindigkeit und Zeit, kleines



Tischmodell, speicherbare SOPs und
Zyklusprogramme, 7 verschiedene
Mahlbechermaterialien

LEISTUNG UND DESIGN

- | Kraftvolle Vermahlung durch Schlag und Reibung mit bis zu 30 Hz
- | Zwei Mahlstellen erlauben die Aufbereitung von bis zu 20 Proben pro Arbeitsgang
- | 12 Standard Operating Procedures (SOP) und 6 Zyklusprogramme speicherbar
- | Komfortables Touch Display, deutlich leiser im Betrieb

GROSSE VIELSEITIGKEIT

- | 3 verschiedene Mahlverfahren: trocken, nass, kryogen
- | Mischen von pulverisierter Probe und Bindemittel im Kunststoffbecher zur Vorbereitung für das Tablettenpressen, z. B. für die RFA
- | Geeignet für Forschungsanwendungen im Bereich der Mechanochemie oder für den biologischen Zellaufschluss mittels Bead Beating
- | Extraktion von Pestiziden (QuEChERS) und pflanzlichen Inhaltsstoffen



SCHWINGMÜHLE MM 400

REPRODUZIERBARE ERGEBNISSE DANK KALIBRIERUNG

Reproduzierbarkeit spielt in der Prozesskette von der Probenahme bis zur Analyse eine wichtige Rolle. Laborgeräte, die kalibriert werden können, garantieren dauerhaft reproduzierbare Ergebnisse mit minimaler Standardabweichung. Dies ist besonders nützlich, wenn die Ergebnisse verschiedener Standorte verglichen werden. Die MM 400 ist die erste kalibrierbare Labormühle, bei Auslieferung sind Zeit und Frequenz bereits kalibriert. RETSCH bietet einen regelmäßigen Kalibrierservice an, um reproduzierbare Mahlprozesse zu gewährleisten. Diese Funktionalität ist besonders geeignet für

- | Prüflaboratorien mit verschiedenen Standorten
- | Akkreditierte Labore nach ISO/IEC 17025 oder ISO 9000ff
- | Pharmazeutische Produkte



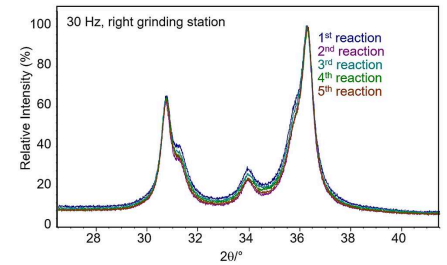
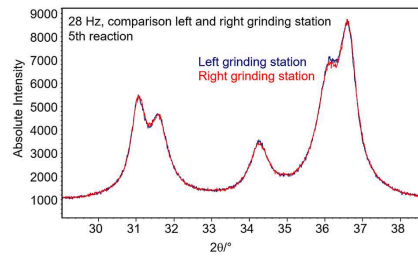
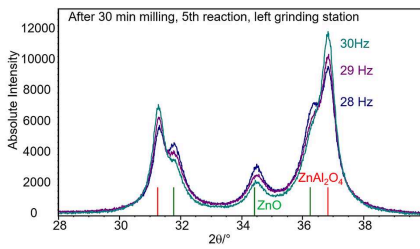
SCHWINGMÜHLE MM 400

REPRODUZIERBARKEIT MECHANOCHEMISCHER REAKTIONEN IN DER SCHWINGMÜHLE MM 400

Reproduzierbarkeit ist ein grundlegendes Prinzip der wissenschaftlichen Forschung und unerlässlich, um die Glaubwürdigkeit und Zuverlässigkeit wissenschaftlicher Ergebnisse zu garantieren. Die Reproduzierbarkeit innerhalb einer mechanochemischen Reaktion in der Schwingmühle MM 400 wurde untersucht, mit dem Ergebnis, dass eine hervorragende Reproduzierbarkeit bei mehreren Wiederholungen, für beide Mahlstellen und auch zwischen verschiedenen Geräten gewährleistet ist. [1]

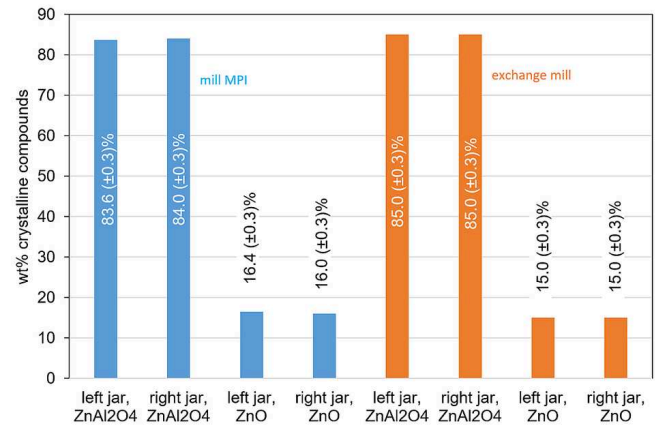
Geringfügige Änderungen der Frequenz von 30 Hz auf 29 Hz bzw. 28 Hz beeinflussen die Ausbeute der Reaktion. Es ist wichtig, dass die Schwingmühle einen eingestellten Wert, z.B. 30 Hz, konstant hält und nicht davon abweicht. Diese Voraussetzung erfüllt die MM 400, die mit einem Kalibrierzertifikat geliefert wird.

Die mechanochemische Reaktion $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 + \text{ZnO} \rightarrow \text{ZnAl}_2\text{O}_4$ wurde 30 Minuten lang in 25-ml-Mahlbechern mit 2 x 15 mm Mahlkugeln, 1 g Edukten, bei 28 Hz, 29 Hz und 30 Hz fünf Mal durchgeführt. Der Vergleich zwischen linker und rechter Mahlstelle zeigt eine hohe Reproduzierbarkeit, ebenso der Vergleich zwischen den 5 Versuchen.



XRD-Muster nach der mechanochemischen Reaktion $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 + \text{ZnO} \rightarrow \text{ZnAl}_2\text{O}_4$; Links: Vermahlung bei 28 Hz, 29 Hz und 30 Hz, Ergebnisse nach der fünften Reaktion. Mitte: Vergleich linke und rechte Mahlstation, 5. Reaktion bei je 28 Hz. Rechts: Reaktion 1 bis 5 bei 30 Hz, rechte Mahlstation. Ergebnisse präsentiert durch die Arbeitsgruppe von Claudia Weidenthaler. [8]

Die Versuche wurden mit einer anderen MM 400 Schwingmühle wiederholt, um die Ergebnisse zwischen den beiden Mühlen zu vergleichen. Auch hier wurde die hervorragende Reproduzierbarkeit für die 5 Reaktionen bei 30 Hz sowohl für die linke als auch für die rechte Mahlstation bestätigt.



In einer anderen MM 400 sind die Reproduzierbarkeit und die Ergebnisse (Gewichtsprozent der Edukte und des Produkts) nahezu identisch. Ergebnisse präsentiert durch die Arbeitsgruppe von Claudia Weidenthaler. [1]

SCHWINGMÜHLE MM 400

LÖSUNGEN FÜR BIOLOGISCHE ANWENDUNGEN UND ZELLAUFSCHLUSS

Schwingmühlen werden häufig für die Homogenisierung biologischer Proben eingesetzt. Das sogenannte Bead Beating mit kleinen Glaskügelchen ist eine etablierte Methode für den Zellaufschluss von Hefen, Mikroalgen oder Bakterien. Die Probe erwärmt sich dabei nur moderat, was sich durch Vorkühlen auf ein Minimum reduzieren lässt.

Die Mühle ermöglicht den effizienten Zellaufschluss von max. 240 ml Zellsuspension zur DNA/RNA- und Proteinextraktion. Sie erlaubt zudem, intakte Bakterien vom Gewebe zu isolieren, um Infektionen korrekt zu diagnostizieren. Mittels Adapter können dafür acht 30 ml Flaschen oder zehn 5 ml Gefäße eingesetzt werden.

Für die MM 400 stehen Adapter für Einweggefäße mit folgenden Kapazitäten zur Verfügung:

20 x 0.2 ml / 20 x 1.5 or 2 ml / 10 x 5 ml / 8 x 30 ml / 8 x 50 ml

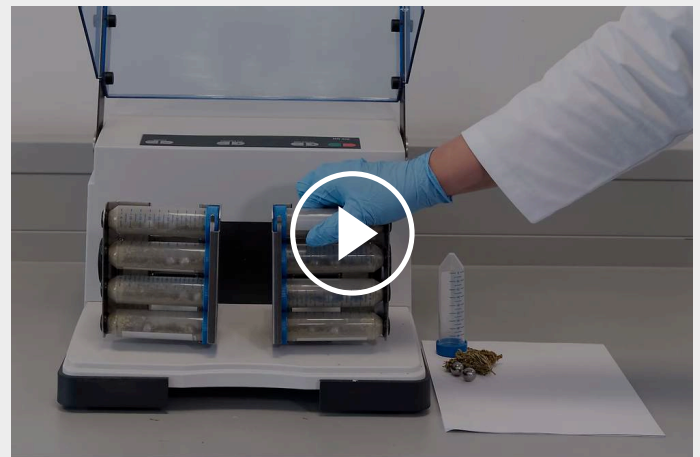
Für die Pulverisierung von 25 bis 30 g Pflanzenmaterial, wie zum Beispiel Cannabisblüten, sind konische Zentrifugenröhrchen bestens geeignet. Auch bis zu 8 Gewebeproben, wie frische Leber in Pufferlösung, lassen sich in solchen 50 ml Tubes mit Kugeln aus Stahl oder Zirkonoxid homogenisieren. Um die mechanische Belastung für die Gefäße möglichst gering zu halten, ist eine Reduktion der Frequenz und ein höherer Füllgrad, z. B. mit Pufferlösung und Probenmaterial, ratsam.



[Hier klicken, um das Video anzuschauen](#)

Schwingmühle MM 400 - Aufschluss von Hefezellen*

*Das Video zeigt das Vorgängermodell mit identischem Funktionsprinzip.



[Hier klicken, um das Video anzuschauen](#)

Schwingmühle MM 400 - Homogenisierung von Cannabis*

SCHWINGMÜHLE MM 400

LÖSUNGEN FÜR DIE KRYOGENVERMAHLUNG

Mit dem Kryokit bietet RETSCH eine kostengünstige Lösung für die Durchführung von Kryogenvermahlungen in der Schwingmühle MM 400 an. Das Set besteht aus zwei Isolierbehältern, zwei Mahlbecherzangen und einer Schutzbrille.

Die zu verspröde Probe wird zusammen mit der Mahlkugel in den Mahlbecher aus rostfreiem Stahl gefüllt, dann wird der Becher fest verschraubt. Die Versprödung erfolgt indirekt während der Vorkühlung der Mahlbecher im Flüssigstickstoffbad. Nach ca. 2 Minuten ist die Probe für eine kryogene Vermahlung ausreichend durchgekühlt.

Soll der Kontakt mit flüssigem Stickstoff vermieden werden, sind die Modelle CryoMill oder MM 500 control eine gute Wahl. In beiden Mühlen können auch Mahlbecher aus anderen Materialien als Stahl für die Kryogenvermahlung verwendet werden.



[Hier klicken, um das Video anzuschauen](#)

Schwingmühle MM 400 - Kryogenvermahlung*

SCHWINGMÜHLE MM 400

ANWENDUNGEN IN DER MECHANOCHEMIE

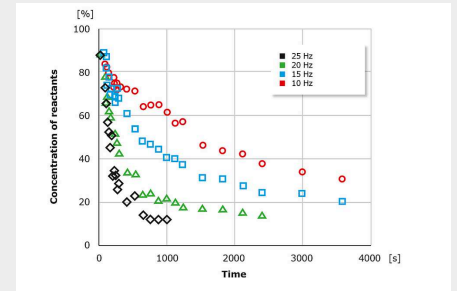
Die Mechanochemie ermöglicht schnelle Reaktionen von Stoffen in einer lösungsmittelfreien Umgebung. Dabei erfordern einige chemische Reaktionen die Reibungskräfte einer Planeten-Kugelmühle, während andere Reaktionstypen einen Energieeintrag durch Prall benötigen - hier kommt die Schwingmühle MM 400 ins Spiel.

Für Anwendungen in der Forschung stehen oft nur kleine Probenmengen zur Verfügung, dafür sind Mahlbecher von bis zu 50 ml, wie sie für die MM 400 erhältlich sind, vorteilhaft. Die Möglichkeit, mehrstündige Prozesszeiten zu programmieren, ist aufgrund der oftmals langen Reaktionszeiten ebenfalls ein wichtiger Aspekt.

In der Mechanochemie bieten Schwingmühlen einen einzigartigen Vorteil gegenüber Planeten-Kugelmühlen: Die Verwendung von transparenten Bechern in Verbindung mit der typischen horizontalen Bewegung der Becher erlaubt den Einsatz der in-situ-RAMAN-Spektroskopie. Diese ermöglicht die Beobachtung des Reaktionsprozesses über die Zeit, um z. B. den Prozesszeitpunkt mit der maximalen Ausbeute zu bestimmen und so lange Prozesszeiten zu vermeiden.

Die MM 400 bietet viele Vorteile für mechanochemische Anwendungen:

- | Prozesslaufzeiten bis 99 h
- | Verschiedene Mahlbechergrößen und -materialien
- | Transparente PMMA Mahlbecher ermöglichen in-situ RAMAN Spektroskopie
- | Programmierung von Frequenz und Pausenzeiten
- | Adapter für 4 x 5 ml Mahlbecher aus rostfreiem Stahl ermöglicht bis zu 8 zeitgleiche Reaktionen



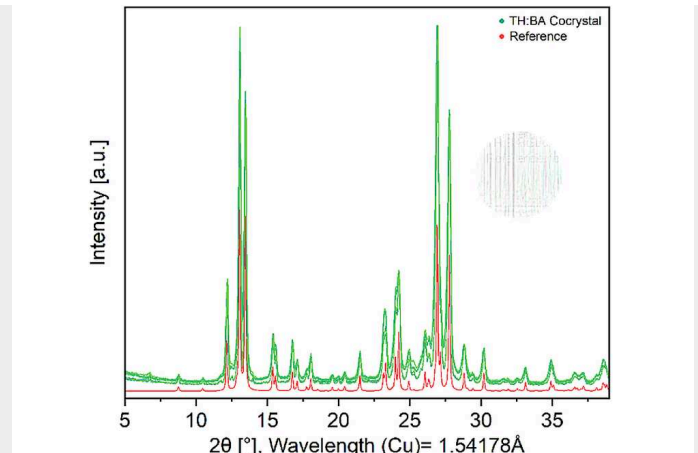
Zeitlicher Verlauf der Knoevenagelreaktion zwischen Vanillin und Barbitursäure unter mechanochemischen Bedingungen; Einsatz von 2x10mm Zirkonoxid Mahlkugeln im 19 ml PMMA Mahlbecher bei 30 Hz. Verlauf der Reaktion über 30 Minuten, Fortschritt erkennbar durch Farbänderung. **Mit freundlicher Genehmigung von Dr. Sven Grätz, Ruhr-University Bochum, Faculty of Chemistry and Biochemistry, AG Prof. Borchardt.**

CO-KRISTALL-SCREENING MIT DER MM 400

Co-Kristall-Screening kann effektiv in Schwingmühlen durchgeführt werden. In einer Studie [9] unter Verwendung der MM 400 wurden 2 ml Stahlröhrchen und der entsprechende PTFE-Adapter verwendet, um Theophyllin und Benzamid im Verhältnis 1:1 unter den folgenden Bedingungen zu co-kristallisieren:

- | 60 min Mahldauer
- | 30 Hz Frequenz
- | Eine 6 mm Stahlkugel pro Stahlröhrchen
- | Vier Versuche ohne Lösungsmittel und vier mit 20 µl Ethanol

Die Röntgenpulverdiffraktionsmuster der acht resultierenden Proben (grün dargestellt) stimmen weitgehend mit dem simulierten Referenzmuster des Ziel-Co-Kristalls überein. Alle beobachteten Signale entsprechen dem gewünschten Produkt, ohne dass signifikante zusätzliche Signale auftreten, was auf eine erfolgreiche und reproduzierbare Co-Kristallbildung hinweist. Die MM 400 mit 2 ml Stahlröhrchen liefert konsistente Ergebnisse, und diese Kompatibilität erstreckt sich auch auf die MM 500-Serie, die ebenfalls 2 ml Stahlröhrchen aufnehmen kann.



XRD-Muster nach der Co-Kristallbildung von Theophyllin und Benzamid nach 60 Minuten Mahlzeit in der MM 400 gegenüber einer simulierten Referenz. Ergebnisse präsentiert durch Experimente von Dominik Al-Sabbagh. [2]

CHEMIE IN DER MÜHLE: TEFLONRECYCLING (PTFE) MIT MECHANISCHER ENERGIE

MECHANOCHEMISCHES RECYCLING VON PTFE (TEFLON)

Auch mechanochemische Reaktionen lassen sich mit MM 400 besonders effizient durchführen. Neueste Forschungsarbeiten zeigen, wie PTFE (Teflon) mithilfe mechanischer Energie in der MM 400 durch Reaktion mit Natrium abgebaut werden kann. Dabei liefert die intensive Bewegung der Mahlkugeln die Energie, um die stabilen Kohlenstoff Fluor Bindungen aufzubrechen – ganz ohne zusätzliche Hitze oder Druck. Auf diese Weise können große Teile des Materials in Natriumfluorid und Kohlenstoff überführt werden – ein vielversprechender Ansatz für zukünftige Recyclingprozesse.

Deutschlandfunk Forschung aktuell stellte diesen Forschungsansatz und seine Bedeutung für zukünftige Recyclingtechnologien vor. Hören Sie rein!

Der Beitrag ist nur in deutscher Sprache erhältlich.

FUNKTIONALISIERUNG VON BIOMASSE FÜR PHARMAZEUTISCHE ANWENDUNGEN MITTELS MECHANOCHEMIE

Die Mechanochemie verändert die Herstellung funktionaler Biomaterialien grundlegend - kationische Cellulose ist ein herausragendes Beispiel dafür. In einem lösungsmittelfreien Prozess werden Baumwollfasern mit einer katalytischen Base und einem minimalen Zusatzstoff kombiniert und anschließend gemeinsam mit dem kationischen Reagenz in der Mixer Mill MM 400 vermahlen, um die Reaktion zu aktivieren. Dieser Festkörperansatz eliminiert Wasser und flüssige Lösungsmittel vollständig und reduziert den Chemikalieneinsatz und Abfall im Vergleich zu herkömmlichen Methoden drastisch. Nach dem Mahlen vervollständigt ein kurzer Alterungsschritt die Reaktion und liefert hochgeladenen Cellulosefasern mit außergewöhnlicher Leistungsfähigkeit. [3]

Optimale Reaktionsbedingungen: Baumwollfasern wurden in einem 50 ml-Mahlbecher aus Edelstahl mit 3 × 10-mm-Kugeln für 5 Minuten bei 25 Hz vermahlen. Anschließend wurde EPTMAC zugegeben und das Gemisch weitere 30 Minuten gemahlen. Die anschließende Alterung der Reaktionsmischung bei 50 °C für 24 h, gefolgt von einer 48-stündigen Soxhlet-Extraktion und Gefriertrocknung, führte zur Isolierung von reinem cCF-Material.

Warum ist das für die Pharmaindustrie spannend?

Diese kationischen Fasern zeigen eine starke elektrostatische Bindung an Viren und ermöglichen damit eine effiziente Entfernung von Krankheitserregern aus Wasser und Prozessströmen – entscheidend für sterile Produktionsumgebungen und Anwendungen der Wasserreinigung. Über die Filtration hinaus bietet das Material Potenzial für den Einsatz in der Arzneimittelverabreichung, auf antimikrobiellen Oberflächen und als Hilfsmittel in biotechnologischen Prozessen. Der Prozess erreicht herausragende Nachhaltigkeitskennzahlen, die mit Prinzipien der Grünen Chemie und branchenspezifischen Umweltzielen übereinstimmen. Zudem erlaubt er eine präzise Kontrolle der Ladungsdichte für maßgeschneiderte Leistungsmerkmale.

Diese Innovation zeigt, wie die Mechanochemie hochwertige, umweltfreundliche Lösungen für die pharmazeutische Produktion ermöglichen kann – und Sicherheit, Effizienz und Nachhaltigkeit in einem einzigen, wegweisenden Ansatz vereint.

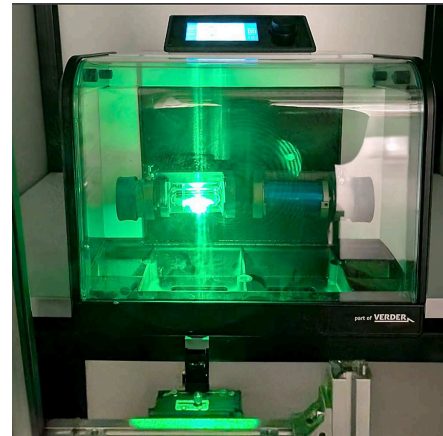
SCHWINGMÜHLE MM 400

IN-SITU RAMAN-SPEKTROSKOPIE

In-situ Raman-Spektroskopie ist eine leistungsstarke analytische Technik, die es ermöglicht, Materialien in ihrer natürlichen oder Prozessumgebung zu überwachen und zu analysieren. Diese Methode

nutzt die Raman-Streuung, ein Phänomen, bei dem Licht mit molekularen Schwingungen interagiert, was zu Verschiebungen in der Wellenlänge des gestreuten Lichts führt. Diese Verschiebungen bieten einen einzigartigen spektralen Fingerabdruck des analysierten Materials und liefern Einblicke in seine chemische Zusammensetzung oder molekulare Struktur.

Der "*in-situ*"-Aspekt bezieht sich auf die Fähigkeit, diese Eigenschaften direkt während eines laufenden Prozesses zu beobachten und zu messen. Dies kann die Beobachtung von Veränderungen im Rahmen chemischer Reaktionen umfassen, auch in der sogenannten Mechanochemie. Mechanochemie beinhaltet den Einsatz von Prall-, Scher- oder Reibungsvorgängen, um chemische Veränderungen in Feststoffen zu induzieren. Dieser Ansatz wird zunehmend beliebter, da er die Notwendigkeit von Lösungsmitteln umgeht und potenziell einen umweltfreundlicheren und energieeffizienteren Weg für die chemische Synthese bietet. Die Raman-Spektroskopie liefert wertvolle Einblicke in den Reaktionsmechanismus, Phasenumwandlungen, Reaktionskinetik oder die Optimierung von Reaktionsbedingungen.



Die MM 400 ist „Raman-ready“ und ermöglicht eine einfache Entfernung der Bodenplatteneinlage. Die Bodenplatte hat Öffnungen für die Raman-Sonde, um konsistent am Boden der Mahlbecher zu messen, indem die Raman-Sonde unter die Mühle und somit unter die Mahlbecher platziert wird, wo die Partikelinteraktion am intensivsten ist, was genaue Daten gewährleistet. Die Retsch PMMA-Mahlbecher ermöglichen mit ihrer Transparenz und chemischen Beständigkeit die spektralen Daten ohne Kontamination. Die planaren Außenformen der Becher verbessern die Daten weiter. Diese Designanpassungen optimieren den experimentellen Arbeitsablauf. Somit kann die *in-situ* Raman-Spektroskopie mit größerer Leichtigkeit und Präzision durchgeführt werden, was neue Möglichkeiten für eine tiefgehende Materialanalyse eröffnet.

FÜR SICHERE UND EFFEKTIVE MAHLPROZESSE
ZUBEHÖR FÜR DIE MM 400



MAHLBECHER IN 7 VERSCHIEDENEN WERKSTOFFEN

Das Nennvolumen der Mahlbecher mit Schraubverschluss reicht von 1,5 ml bis 50 ml. Als Werkstoffe stehen gehärteter Stahl, rostfreier Stahl, Achat, Wolframkarbid, Zirkonoxid und PTFE zur Verfügung, sodass eine kontaminationsfreie Probenvorbereitung gewährleistet ist.

Transparente Mahlbecher aus PMMA werden für die in-situ RAMAN Spektroskopie benötigt, ermöglichen aber auch Anwendungen für photochemische Reaktionen. Zudem sind sie gegen unterschiedlichste Chemikalien beständig. Die Mahlbecher können auch im Vorgängermodell der MM 400 eingesetzt werden; umgekehrt passen ältere Mahlbechermodelle



2 ML TUBES FÜR KRYOGENVERMAHLUNGEN EINWEGGEFÄSSE

Bei kryogenen Vermahlungen kommen kleine 2 ml Stahl tubes zum Einsatz. Mittels eines Adapter können bis zu 20 dieser Tubes in die MM 400 gespannt werden. Der Vorteil: Sie halten den geringen Temperaturen und mechanischen Beanspruchungen stand und brechen nicht wie Einweggefäße. Ideal für kleinste Probenmengen im Kryogenbereich.



ADAPTER FÜR EINWEGGEFÄSSE

In der MM 400 können Adapter für 0,5 / 1,5 / 2 / 5 ml Einweggefäße eingesetzt werden. Für größere Probenmengen, z. B. für die Proteinextraktion, sind Adapter für 50 ml konische Zentrifugenröhrchen oder 30 ml Weithalsflaschen erhältlich.



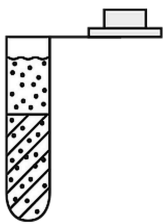
ADAPTER FÜR ERHÖHTEN PROBENDURCHSATZ

Für die MM 400 steht ein Adapter zur Verfügung, der vier 5 ml Stahlmahlbecher aufnehmen kann. Somit ist die gleichzeitige Vermahlung von maximal 8 Proben möglich. Dieser hohe Durchsatz ist u. a. für mechanochemische Anwendungen von Vorteil.

auch in das aktuelle
MM 400 Modell.

REAKTIONSGEFÄSSE, FLASCHEN UND RÖHRCHEN FÜR DIE MM 400

1,5 oder 2 ml
Safe-lock
Reaktionsgefäße
2 x 10 Gefäße max.



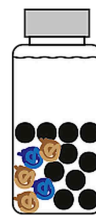
- | Zellaufschluss für DNA/RNA Protein/ Metabolite
- | Kryogenvermahlung weicher Proben (Gewebe, Pflanz, Zellpellets, Insekten)
- | Trocken- oder Nassvermahlung weicher Proben (Gewebe, Insekten)

5 ml
Safe-lock
Reaktionsgefäße
2 x 5 Gefäße max.



- | Zellaufschluss für DNA/RNA Protein/ Metabolite
- | Kryogenvermahlung weicher Proben (Gewebe, Pflanz, Zellpellets, Insekten)
- | Trocken- oder Nassvermahlung weicher Proben (Gewebe, Insekten)

30 ml
Weithalsflaschen
(Einweg)
2 x 4 Flaschen max.



- | Zellaufschluss für DNA/RNA Protein/ Metabolite
- | Trocken- oder Nassvermahlung weicher Proben (Gewebe, Insekten)
- | Trockenvermahlung harter Proben (Quarzsand)

50 ml
Konische Zentrifugenröhrchen (Einweg)
2 x 4 Röhrchen max.



- | Zellaufschluss für DNA/RNA Protein/ Metabolite
- | Trocken- oder Nassvermahlung weicher Proben (Gewebe, Insekten)
- | Extraktion von Pestiziden aus Lebensmitteln/ Pflanzen (QuEChERS)
- | Mischen von Pulver und Wachs für die Herstellung von Pellets für die RFA

SCHWINGMÜHLE MM 400

EMPFOHLENE MAHLBECHERFÜLLUNGEN

Um optimale Mahlergebnisse zu erzielen, sollte die Bechergröße an die Probenmenge angepasst werden. Die Mahlkugeln sind idealerweise 3-mal so groß wie das größte Probenstück. Gemäß dieser Faustregel ist die Anzahl der Mahlkugeln für jede Kugelgröße und jedes Bechervolumen in der folgenden Tabelle angegeben. Um beispielsweise 20 ml einer aus 8 mm großen Partikeln bestehenden Probe zu pulverisieren, werden ein 50 ml Behälter und Mahlkugeln mit einer Größe von 25 mm oder mehr empfohlen. Nach der Tabelle wird eine Mahlkugel benötigt. 20 ml von maximal 5 mm Partikelgröße dagegen könnten auch mit vier 15 mm Mahlkugeln gut homogenisiert werden.

Mahlbecher Nennvolumen	Probenmenge	Max. Aufgabegröße	Empfohlene Kugelfüllungen (in Stück)						
			Ø 5 mm	Ø 7 mm	Ø 10 mm	Ø 12 mm	Ø 15 mm	Ø 20 mm	Ø 25 mm
1.5 ml	0.2 – 0.5 ml	1 mm	1–2	-	-	-	-	-	-
5 ml	0.5 – 2 ml	2 mm	-	1–2	-	-	-	-	-
10 ml	2 – 4 ml	4 mm	-	5–7	1–2	1–2	-	-	-
25 ml	4 – 10 ml	6 mm	-	-	5–6	2–4	1–2	-	-
35 ml	6 – 15 ml	6 mm	-	-	6–9	4–6	2–3	1	-
50 ml	8 – 20 ml	8 mm	-	-	12–14	6–8	3–4	1	1

Die Tabelle zeigt die empfohlenen Kugelfüllungen (in Stück) von unterschiedlichen Kugelgrößen bezogen auf das Mahlbechervolumen, die Probenmenge und die maximale Aufgabegröße.

SCHWINGMÜHLE MM 400

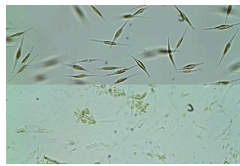
TYPISCHE PROBENMATERIALIEN

Schwingmühlen von RETSCH sind wahre Alleskönner. Sie homogenisieren z. B. Abfall, Böden, Drogen, Elektronikschrott, Erze, Getreide, Gewebe, Glas, Haare, Holz, Keramik, Klärschlamm, Knochen, Kohle, Koks, Kunststoffe, Legierungen, Mineralien, Papier, Pflanzenteile, Stroh, Tabak, Tabletten, Textilien, Tiernahrung, Wolle, chemische Produkte, Ölsaaten, u.v.m.



FASERIG: HAARE

30 ml Probe
50 ml Mahlbecher
rostfreier Stahl
1 x 25 mm
Mahlkugel
rostfreier Stahl
2 min bei 30 Hz



**ZELLAUFSCHLUSS:
MIKROALGEN**

30 ml
Zellsuspension
8 x 50 ml
konische
Zentrifugalmöhrchen
(Adapter)
mit je 25 ml Glas-
Beads; 0,5-0,75
mm
30 s bei 30 Hz



**ELASTISCH-
FLÜSSIG:
KAPSELN MIT
FLÜSSIGKEIT**

15 ml Probe
50 ml Mahlbecher
rostfreier Stahl
1 x 25 mm
Mahlkugel
rostfreier Stahl
Vorversprödung
in LN₂ für 3 min
4 x 2 min bei 30
Hz mit
Zwischenkühlung



**MITTELHART/
FASERIG: BÖDEN**

20 ml Probe
50 ml Mahlbecher
rostfreier Stahl
1 x 25 mm
Mahlkugel
rostfreier Stahl
1 min bei 30 Hz



Hier klicken, um
das Video
anzuschauen

PETERSILIE



**ZÄH-FASERIG:
HOLZ**

5 ml Probe
10 ml Mahlbecher
Zirkonoxid
2 x 12 mm
Mahlkugeln
Zirkonoxid
3 min bei 30 Hz



**ELASTISCH-ZÄH:
POLYURETHAN
PELLETS**

20 ml Probe
50 ml Mahlbecher
rostfreier Stahl
1 x 25 mm
Mahlkugeln
rostfreier Stahl
Vorversprödung
in LN₂ für 3 min
4 x 2 min bei 30
Hz mit
Zwischenkühlung



**FASERIG:
CANNABIS**

3 g Probe
50 ml Mahlbecher
rostfreier Stahl
1 x 25 mm
Mahlkugeln
rostfreier Stahl
Vorversprödung
in LN₂ für 2 min
90 s bei 30 Hz



**HART-SPRÖDE:
BETON**

10 ml Probe
25 ml Mahlbecher
Zirkonoxid
2 x 15 mm
Mahlkugeln
Zirkonoxid
2 min bei 30 Hz

SCHWINGMÜHLE MM 400

FUNKTIONSPRINZIP

Die Mahlbehälter der MM 400 führen in horizontaler Lage kreisbogenförmige Schwingungen aus. Durch die Trägheit der Kugeln schlagen diese mit hoher Energie auf das an den abgerundeten Stirnflächen befindliche Probengut auf, wodurch dieses zerkleinert wird. Aufgrund der Becherbewegung und des Bewegungsablaufes der Kugeln findet gleichzeitig eine intensive Mischung statt. Durch Verwendung mehrerer kleiner Kugeln kann der Grad der Mischung noch erhöht werden. Bei der Verwendung von vielen kleinen Kugeln (z. B. Glasperlen) können z. B. auch biologische Zellen aufgeschlossen werden. Dabei sorgt die große reibende Schlagwirkung zwischen den Kugeln für effektive Zellaufschlüsse.



[Hier klicken, um das Video anzuschauen](#)

SCHWINGMÜHLE MM 400

TECHNISCHE DATEN

Anwendungsbereiche	Zerkleinern, Mischen, Homogenisieren, Zellaufschluss, Kryogenvermahlung, Mechanochemie
Anwendungsbereich	Agrarwissenschaften, Baustoffe, Biologie, Chemie / Kunststoffe, Geologie / Metallurgie, Glas / Keramik, Lebensmittel, Maschinenbau / Elektrotechnik, Medizin / Pharma, Umwelt / Recycling
Aufgabegut	hart, mittelhart, weich, spröde, elastisch, faserig
Zerkleinerungsprinzip	Prall, Reibung
Aufgabekorngröße*	<= 8 mm
Endfeinheit*	~ 5 µm
Charge/Aufgabemenge*	max. 2 x 20 ml
Anzahl der Mahlstellen	2
Schwingfrequenz	3 - 30 Hz (180 - 1800 min-1)
Typische Mahldauer	30 s - 2 min
Maximale Mahldauer	99 h
Trockenvermahlung	Ja
Nassvermahlung	Ja
Kryogenvermahlung	Ja
Zellaufschluss mit Reaktionsgefäßen	ja, bis zu 20 x 2.0 ml
Spannvorrichtung mit Selbstzentrierung	Ja
Mahlbechertyp	Mahlbecher mit verschraubbarem Deckel
Material der Mahlwerkzeuge	gehärteter Stahl, rostfreier Stahl, Wolframcarbid, Achat, Zirkonoxid, PTFE, PMMA
Mahlbechergrößen	1.5 ml / 5 ml / 10 ml / 25 ml / 35 ml / 50ml
Einstellung Mahldauer	digital, 10 s - 8 h
Speicherbare SOPs (Standard Operating Procedures)	12
Speicherbare Zyklusprogramme	6
Elektrische Anschlusswerte	100-240 V, 50/60 Hz
Netzanschluss	1-Phasen
Schutzart	IP 30
Leistungsaufnahme	165W

B x H x T geschlossen	385 x 350 x 470 mm
Gewicht, netto	~ 27,5 kg
Normen / Standards	CE

*abhängig vom Probenmaterial und Gerätekonfiguration/-einstellungen

REFERENZEN

[1] Reaktionsschema und Durchführung der Experimente: Prof. Dr. Claudia Weidenthaler, Research Group Leader Heterogeneous Catalysis Powder Diffraction and Surface Spectroscopy, Max-Planck Institut für Kohlenforschung, Mülheim an der Ruhr.

[2] Reaction scheme and performance of the experiments: Dominik Al-Sabbagh, Chemistry Laboratory Technician, Division 6.3 – Structure Analysis, Federal Institute for Materials Research and Testing (BAM), Berlin.

[3] Tatsiana Nikonovich, Yao Yu, Mikko Korkiakoski, Chengji Yang, Iris Seitz, Daniel Langerreiter, Mauri A. Kostianen, Eduardo Anaya-Plaza, and Sandra Kaabel; Solid-State Synthesis of Cationic Cellulose Fibers from Low-Processed Cotton for Efficient Virus Capture; ACS Sustainable Chemistry & Engineering 2025 13 (42), DOI: 10.1021/acssuschemeng.5c07884

www.retsch.de/mm400

BESTELLDATEN

SCHWINGMÜHLE MM 400

**Schwingmühle MM 400 mit Schnellspannvorrichtung
(Mahlbecher und Mahlkugeln bitte separat bestellen)**

20.715.0001  MM 400 100–240 V, 50/60 Hz

MAHLBECHER MM 400, DECKEL VERSCHRAUBT

GEHÄRTETER STAHL

01.462.0237  25 ml

ROSTFREIER STAHL

01.462.0230  1,5 ml

01.462.0231  5 ml

01.462.0290 5 ml (für die Nutzung mit Adapter 02.706.0351)

01.462.0236  10 ml

01.462.0213  25 ml

01.462.0214  35 ml

01.462.0216  50 ml

WOLFRAMCARBID

01.462.0235  10 ml

01.462.0217



25 ml

AGATE

01.462.0232



5 ml

01.462.0233



10 ml

ZIRKONOXID

01.462.0234



10 ml

01.462.0201



25 ml

01.462.0215



35 ml

PTFE

01.462.0238



25 ml

01.462.0244



35 ml

22.041.0004



Kunststoffbecher PS zum Mischen, 56 ml, 100 Stück

PMMA, TRANSPARENTE BECHER FÜR MECHANOSYNTHESEN

01.462.0539



10 ml, 10 Stück

02.462.0539



10 ml, 2 Stück

ZUBEHÖR FÜR BEGASUNG UND ERHÖHTE DRÜCKE

01.462.0548



Becherset inkl. Begasungsbecher 28 ml rostfreier Stahl, Filter 10 µm, Dichtungen und Fittings 2 x 1/8" für Schlauchdurchmesser 3 mm und 0.65 mm Wandstärke (inkl. 2x3 m Schlauch)

22.050.0005

Umrüstsatz inkl. 2 Verbindungsstücke für Befestigung der Schläuche am Mahlarm, Bodenplatte für die Ausleitung der Schläuche aus dem Gehäuse, Gegengewicht

ZUBEHÖR FÜR MAHLBECHER MM 400

22.486.0005



Schraubhilfe für Mahlbecher, 2 Stück

02.706.0351



Adapter zur Nutzung von 2/4 Mahlbechern 5 ml (01.462.0550)

22.085.0007



Dichtung für Mahlbecher 1,5 ml, 10 Stück

22.085.0008



Dichtung für Mahlbecher 5 ml, 10 Stück (für Mahlbecher 01.462.0231)

22.111.0001

Dichtung für Mahlbecher 5 ml, 10 Stück (für Mahlbecher 01.462.0550)

22.085.0009



Dichtung für Mahlbecher 10 ml, 10 Stück

22.085.0006



Dichtung für Mahlbecher 25 ml aus gehärtetem Stahl und rostfreiem Stahl, 10 Stück

22.085.0003



Dichtung für Mahlbecher 25 ml aus Zirkonoxid und Wolframcarbid, 10 Stück

22.085.0005



Dichtung für Mahlbecher 35 ml aus rostfreiem Stahl, 10 Stück

22.085.0004



Dichtung für Mahlbecher 35 ml aus Zirkonoxid, 10 Stück

22.085.0002



Dichtung für Mahlbecher 50 ml rostfreier Stahl, 10 Stück

ZUBEHÖR ZUM MISCHEN UND ZELLAUFSCHLUSS MM 400

22.001.0020

Adapter für 4 konische Zentrifugenröhrchen (z. B. Falcon® Tubes), 2 Stück, inkl. 20 Röhrchen

05.026.0001



Konische Zentrifugenröhrchen, 50 ml, 20 Stück

22.001.0021



Adapter für 4 Weithalsflaschen, 2 Stück, inkl. 12 Weithalsflaschen, 30 ml

ZUBEHÖR FÜR DIE KALTVERMAHLUNG MM 400

22.354.0001



Kryokit zur Kühlung von Mahlbechern mit Flüssigstickstoff (inkl. 2 Isolierbehälter (1 und 4 Liter), 2 Mahlbecherzangen sowie 1 Schutzbrille)

ZUBEHÖR MM 400

99.200.0043

IQ/OQ Dokumentation für MM 400

ZUBEHÖR FÜR ZELL- GEWEBEAUFSCHLUSS

22.008.0010



Adapter für 5 Reaktionsgefäße 5,0 ml, aus PTFE

22.008.0014

Adapter für 10 Reaktionsgefäße 1,5 und 2,0 ml, aus PTFE oder rostfreiem Stahl

22.008.0005



Adapter für 5 Reaktionsgefäße 1,5 and 2,0 ml, aus PTFE oder rostfreiem Stahl

22.008.0006



Adapter für 10 Reaktionsgefäße 0,2 ml, aus PTFE

22.749.0006

Safe-lock Reaktionsgefäße 5,0 ml, 200 Stück

22.749.0001



Safe-lock Reaktionsgefäße 2,0 ml, 1000 Stück

22.749.0002



Safe-lock Reaktionsgefäße 1,5 ml, 1000 Stück

22.749.0004



Safe-lock Reaktionsgefäße 0,2 ml, 1000 Stück

22.749.0008





Reaktionsgefäße aus Stahl 316L, 2,0 ml, 10 Stück
(zur Verwendung mit Adapter 22.008.0014)


MAHLKUGELN

GEHÄRTETER STAHL

05.368.0029  5 mm Ø


05.368.0030  7 mm Ø


05.368.0059  10 mm Ø


05.368.0032  12 mm Ø


05.368.0108  15 mm Ø


ROSTFREIER STAHL


22.455.0010  2 mm Ø, 500 g (ca. 110 ml)


22.455.0011  3 mm Ø, 500 g (ca. 120 ml)


22.455.0002  3 mm Ø, 200 Stück (ca. 6 ml)


22.455.0001  4 mm Ø, 200 Stück (ca. 14 ml)



22.455.0003  5 mm Ø, 200 Stück (ca. 25 ml)

05.368.0034  5 mm Ø






05.368.0035  7 mm Ø

05.368.0063  10 mm Ø




05.368.0037  12 mm Ø

05.368.0109		15 mm Ø
05.368.0062		20 mm Ø
05.368.0105		25 mm Ø

WOLFRAMCARBID

22.455.0006		3 mm Ø, 200 Stück (ca. 6 ml)
22.455.0005		4 mm Ø, 200 Stück (ca. 14 ml)
22.455.0004		5 mm Ø, 200 Stück (ca. 25 ml)
05.368.0038		5 mm Ø
05.368.0039		7 mm Ø
05.368.0071		10 mm Ø
05.368.0041		12 mm Ø
05.368.0110		15 mm Ø


AGATE


05.368.0024		5 mm Ø
05.368.0025		7 mm Ø
05.368.0067		10 mm Ø


05.368.0027  12 mm Ø

ZIRKONOXID


05.368.0089  2 mm Ø, 0,5 kg (ca. 135 ml)


05.368.0090  3 mm Ø, 0,5 kg (ca. 140 ml)

22.455.0007  3 mm Ø, 200 Stück (ca. 6 ml)


22.455.0009  5 mm Ø, 200 Stück (ca. 25 ml)


05.368.0146 7 mm Ø

05.368.0094  10 mm Ø


05.368.0096  12 mm Ø

05.368.0113  15 mm Ø

05.368.0093  20 mm Ø


05.368.0106  25 mm Ø

PTFE MIT STAHLKERN

05.368.0045  10 mm Ø


05.368.0046  12 mm Ø

05.368.0114  15 mm Ø


05.368.0047  20 mm Ø

POLYAMID FÜR MISCHGEFÄSSE


05.368.0042  5 mm Ø


05.368.0043  7 mm Ø


05.368.0044  9 mm Ø


05.368.0003  12 mm Ø


GLASPERLEN

22.222.0001  0.10 – 0.25 mm Ø, 500 g (ca. 320 ml)

22.222.0002  0.25 – 0.50 mm Ø, 500 g (ca. 320 ml)

22.222.0003  0.50 – 0.75 mm Ø, 500 g (ca. 320 ml)

22.222.0004  0.75 – 1.00 mm Ø, 500 g (ca. 320 ml)

22.222.0005  1.00 – 1.50 mm Ø, 500 g (ca. 320 ml)