

**NETZSCH**

Proven Excellence.



# Feinmahlen und Sichten von Seltenerdlegierungen

Business Unit  
GRINDING & DISPERSING

# Lösungen zur Verarbeitung von Seltenerdlegierungen

## Mahlen und Sichten mit enger Partikelgröße

Magnetwerkstoffe werden als Funktionswerkstoffe in zahlreichen Anwendungen, wie z. B. in der Kommunikationstechnik, in Steuer- und Regelverfahren, in Antrieben, in der Messtechnik, usw. eingesetzt.

Neodym-Eisen-Bor-Magnete (NdFeB) sind sogenannte Seltenerd-magnete, die sich durch sehr hohe Energiedichten auszeichnen. Das macht sie interessant für Einsatzbereiche, in denen starke Magnetfelder bei kleinem Volumen und geringem Gewicht benötigt werden. So werden mit NdFeB-Magneten Miniaturisierungen beispielsweise in der Sensortechnik möglich. Im Motorenbau führt der Einsatz dieser Magnete zu einer Reduzierung von Baugruppengrößen und damit Volumen und Gewicht. Auch in Windkraftanlagen kommen Seltenerd-magnete zur Permanenterregung der Generatoren zum Einsatz.

### Samarium-Cobalt-Magnete

Samarium-Cobalt-Magnete (SmCo) zeichnen sich im Vergleich zu Neodym-Magneten durch einen niedrigeren reversiblen Temperaturkoeffizienten aus. Sie sind sehr temperaturunempfindlich und können bis 350 °C eingesetzt werden. Ihre hohen Koerzitivitäten machen sie sehr widerstandsfähig gegen entmagnetisierende Felder und sie müssen nicht gegen Korrosion geschützt werden.



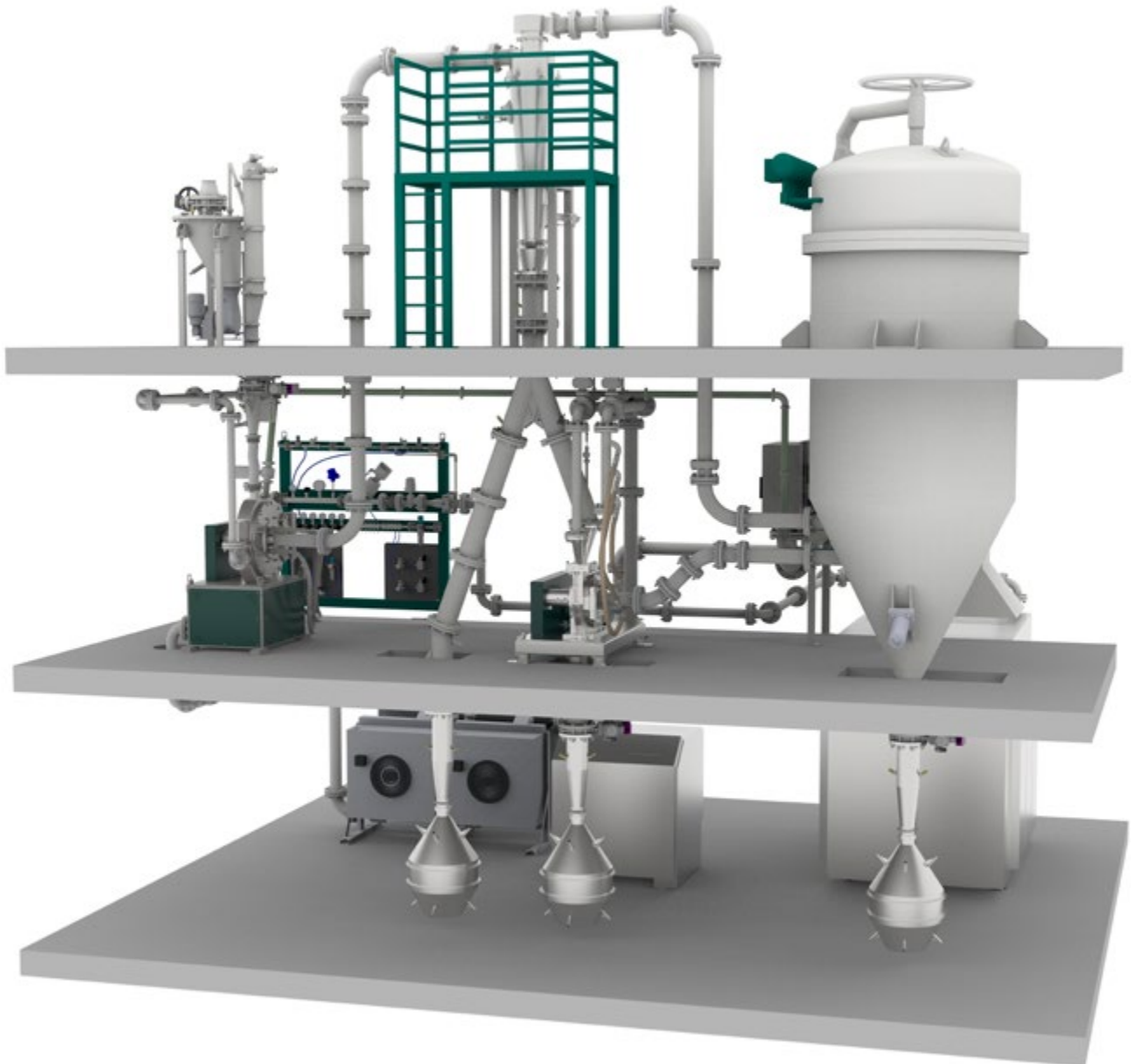
### Anwendungsbeispiele

- Neodym-Eisen-Bor (NdFeB)
- Samarium-Cobalt (SmCo)
- Niob-Zinn (NbSn)
- Andere magnetische Materialien

# gen nverteilung

Im Herstellprozess wird das Werkstoffpulver vor dem Pressen und Sintern gemahlen. Die Vermahlung ist ein wesentlicher Schritt, denn die Teilchengröße ist entscheidend für die Qualität und Eigenschaften der aus dem Pulver hergestellten Magnete. Ideal ist eine enge Partikelgrößenverteilung mit einem möglichst geringen Anteil feinsten ( $< 2 \mu\text{m}$ ) und grober Partikel ( $> 8 \mu\text{m}$ ).

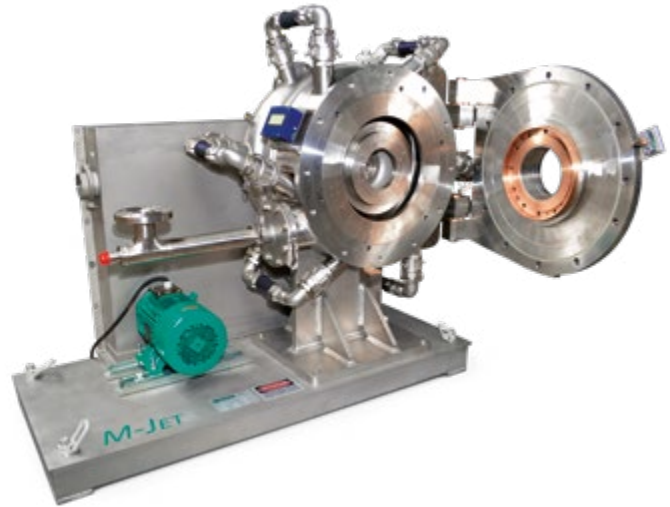
Mit Strahlmühlen und Feinstsichtern von NETZSCH können Sie die empfindlichen NdFeB-Verbindungen oder andere Legierungen zuverlässig unter Schutzgas verarbeiten und erhalten ein Produkt mit enger Partikelgrößenverteilung und definierter Oberkornbegrenzung.



# Trockenfeinmahlen

## Dichtbettstrahlmühle

- Die Kombination aus einer Spiralstrahlmühle und einem integrierten Sichtrad ermöglicht es Ihnen, ein Endprodukt mit steiler Partikelgrößenverteilung zu erzielen.
- Die Einstellung der Mahlfeinheit ist unabhängig von der Produktbeladung und erfolgt nur über die Drehzahleinstellung des Sichtrades. Dadurch kann die Mühle mit höherer Produktbeladung deutlich günstiger und effizienter betrieben werden.
- Rückstandsfreie Vermahlung und nur geringe Ansatzbildung von Produkt innerhalb der Maschine machen die Mühle zur idealen Mühle für hochwertige Produkte. Dies bedeutet vollständig gemahlene Chargen unter gleichen Bedingungen.
- Die kompakte Ausführung der NETZSCH gewährleistet sehr gute Zugänglichkeit für einfachste und schnelle Reinigung und Entfernung von nicht mahlbaren Komponenten.



NETZSCH Dichtbettstrahlmühle



NETZSCH Fließbettstrahlmühle CGS 50

## Fließbettstrahlmühle CGS

- Innovative Luftstrahlmühle für die Zerkleinerung selbst härtester Produkte auf Mahlfeinheiten von  $2 \mu\text{m}$  bis  $120 \mu\text{m}$  ( $d_{97}$ ) mit einer steilen Partikelgrößenverteilung.
- Das Produkt wird in einem freien Gasstrahl erfasst, beschleunigt und durch Teilchen-Teilchen-Stöße zerkleinert. Die Vermahlung erfolgt vollkommen autogen – eine Verunreinigung Ihres Produktes tritt nicht auf.
- Die gewünschte Zielfeinheit wird stufenlos über einen im Gehäuse integrierten dynamischen Windsichter eingestellt, was die Reproduzierbarkeit der Produktqualität gewährleistet.
- Eine Klappe am Boden der Mahlkammer macht das Entleeren des Produktbetts (mit nicht mahlbaren Komponenten) schnell und einfach.
- Eine Kontamination des Feinguts mit groben Partikeln ist ausgeschlossen.

# Feinsichten – Entstauben von feinem Pulver

## Hochleistungsfeinsichter

- Der mit dem patentierten <sup>®</sup> Sichtrad ausgestattete Hochleistungsfeinsichter ist bestens geeignet zur Erzielung von feinsten Sichterergebnissen ( $d_{97}$  1  $\mu\text{m}$  bis 120  $\mu\text{m}$ ) bei herausragender Trennschärfe. Dadurch werden hohe und gleichbleibende Produktqualitäten gewährleistet.
- Feinstanteile (< 1  $\mu\text{m}$ ) werden zuverlässig entfernt, um die Produkteigenschaften weiter zu optimieren.
- Effektive Trennergebnisse können mit nur einem Sicherterrad einfach erzielt werden.
- Durch die spezielle Gehäuseform wird eine wesentliche Verbesserung des Mengendurchsatzes erreicht.
- Zugänglichkeit und leichte Reinigbarkeit der Maschine sind durch die aufschwenkbare Gehäusetür und den herausnehmbaren Leitschaukelkorb gewährleistet.



NETZSCH Hochleistungsfeinsichter

## Kompakte Laboranlagen

Kleinere Baugrößen der NETZSCH Strahlmühlen und Feinsichter sind als komplettes, kompaktes Skid in gasdichter Ausführung für Schutzgasbetrieb erhältlich

- PU-Auskleidung vermeidet Produktanhaftungen
- Spülluftanschlüsse für Argon /  $\text{N}_2$
- Absaugung schwer mahlbarer Bestandteile wie duktilem Neodym oder  $\alpha$ -Eisen einfach möglich
- Zentrale Anschlusspunkte für Aspiration
- Automatische Passivierung der Anlage



NETZSCH

mit Dichtbettstrahlmühle und Hochleistungsfeinsichter

# Ausschleusen schwermahlbarer Bestandteile

Bei der Vermahlung von Seltenerdlegierungen bilden sich häufig Rückstände von schwermahlbaren Bestandteilen. Sie bestehen bei den NdFeB-Legierungen vorwiegend aus Neodym, anderen Seltenerd-Anteilen oder Eisen. Diese Rückstände sind duktil, lassen sich in Strahlmühlen gewöhnlich nicht weiter zerkleinern und reichern sich somit in der Mahlkammer an. Dadurch sinkt zum einen die Durchsatzleistung der Mühle und die Produktivität der gesamten Anlage verschlechtert sich. Zum anderen wirken sich diese Bestandteile negativ auf die magnetischen Eigenschaften aus. Weiterhin kann die Anreicherung der schwermahlbaren Bestandteile auch die Produktqualität in Bezug auf die Partikelgrößenverteilung verändern. Ebenfalls problematisch ist die Verschiebung der Legierungszusammensetzung der Seltenerdpulver durch selektive Mahlung im Fließbett.

In Abhängigkeit der Qualität der Seltenerdlegierungen ist es daher notwendig, die schwermahlbaren Bestandteile in bestimmten Zeitintervallen aus dem Mahlraum zu entfernen.

Bei konventionellen Strahlmühlen ist der Ausschleusvorgang häufig ein sehr zeitintensiver und umständlicher Prozess, der üblicherweise in Abhängigkeit der Durchsatzleistung der Mühle angestoßen wird und mehrere Stunden in Anspruch nehmen kann. Die Produktion ist also für einen längeren Zeitraum unterbrochen.

## Die Lösung von NETZSCH

Bei der Spiralstrahlmühle wurde die Ausschleusung schwermahlbarer Bestandteile von unseren Fachleuten elegant gelöst und erfolgt während des Betriebs direkt aus der Mahlkammer.

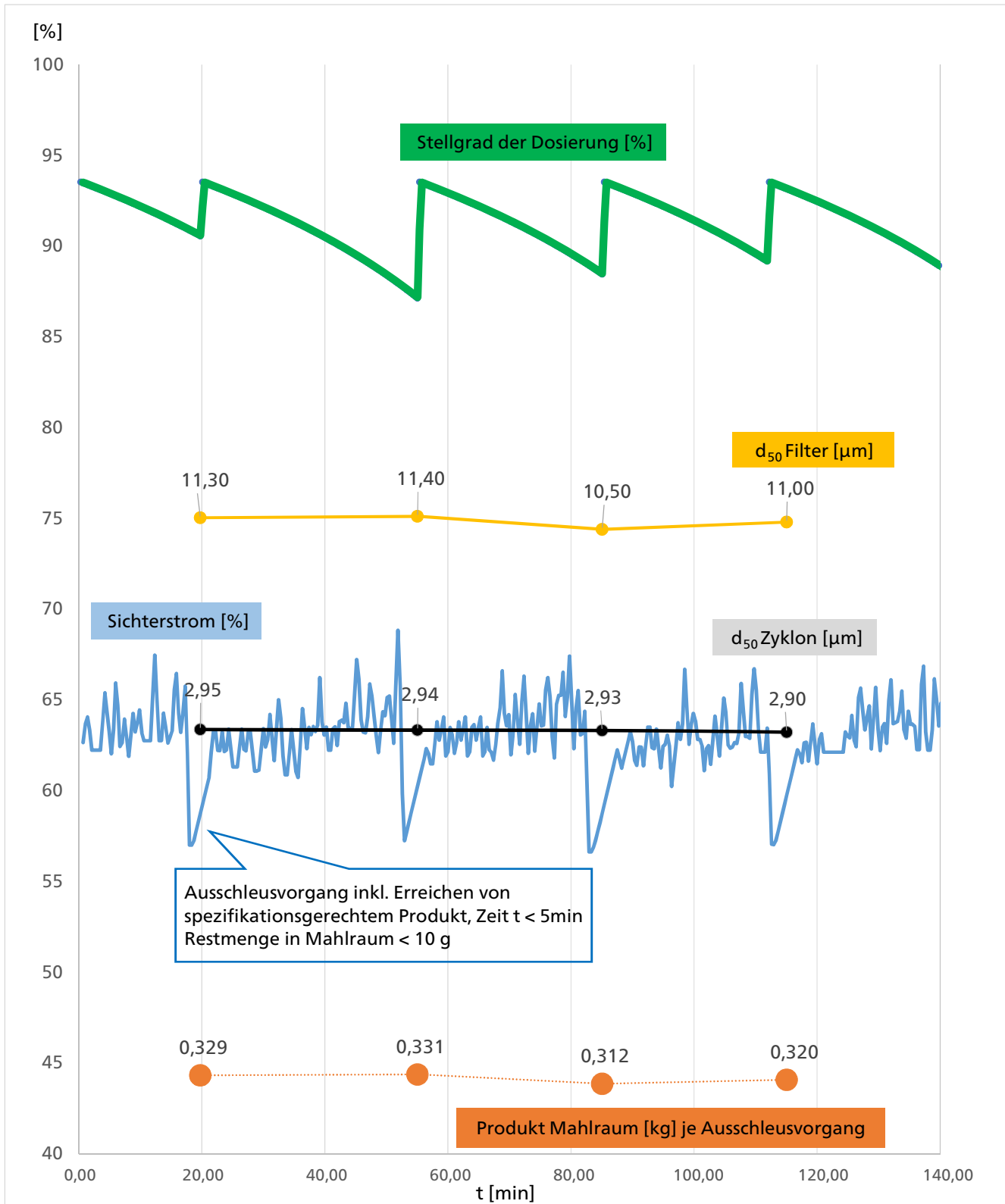
Dieser Vorgang kann problemlos automatisiert werden. Durch Absinken der Einschaltdauer der Dosierung wird die Abnahme der Durchsatzleistung detektiert. Bei einem festgelegten Wert öffnet eine Klappe, die in der Rohrleitung zum Filter installiert ist, und durch den Überdruck in der Mahlkammer wird das Produkt aus der Mühle gedrückt. Dabei wird das Sichtrad im Bypass gefahren. Der Mühleninhalt wird nun direkt über eine separate Leitung, die nur für das Entleeren der Mühle genutzt wird, in das nachgeschaltete Staubfilter geschleust. Das ausgeschleuste Produkt verlässt also den inerten Kreisgasprozess nicht.

Nach dem Ausschleusen des Mahlraum Inhaltes liefert die Mühle innerhalb von 10 min wieder spezifikationsgerechtes Produkt – was im Vergleich zu konventionellen Fließbettgegenstrahlmühlen eine deutliche Zeitersparnis bedeutet.



Laboranlage 10 mit Ausschleusleitung  
in das Staubfilter

## Ausschleusen schwermahlbarer Bestandteile aus der Spiralstrahlmühle M-JET 10 im Detail

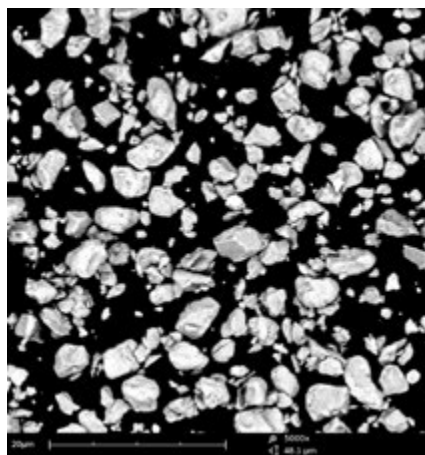
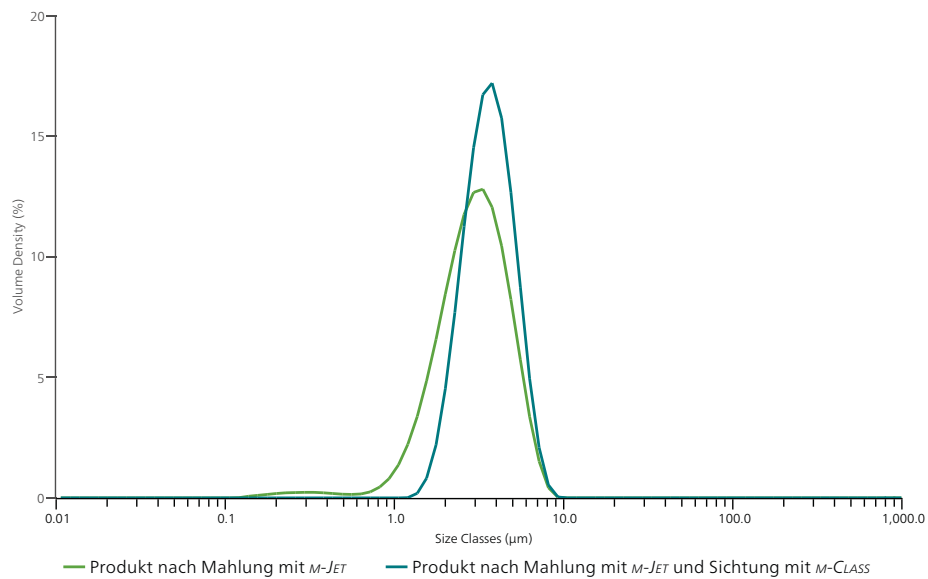


# Ergebnisse

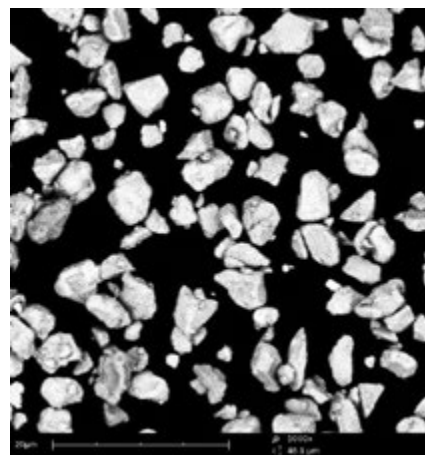
Die ideale Partikelgröße vor dem Pressen und Sintern der Seltenerd-magnete liegt im Bereich von 2  $\mu\text{m}$  bis 8  $\mu\text{m}$ . Partikel in dieser Größenordnung lassen sich mit den üblichen Magnetfeldern gut orientieren und tragen zum Erreichen einer hohen Remanenz der daraus hergestellten Magnete bei.

Die Messung der Partikelgrößenverteilung der NdFeB-Pulver, die mit NETZSCH Mühlen und Sichern hergestellt wurden, und die magnetischen Kennwerte der daraus gesinterten Magnete liefern überzeugende Ergebnisse. Nach der Sichtung liegt der Feinstanteil kleiner 1  $\mu\text{m}$  bei 0 %. Der  $d_{90}/d_{10}$ -Wert liegt bei einem  $d_{50} = 3,5 \mu\text{m}$  bei 2,7.

## Vergleich der Partikelgrößenverteilung von NdFeB-Pulver nach Mahlung und nach zusätzlicher Sichtung



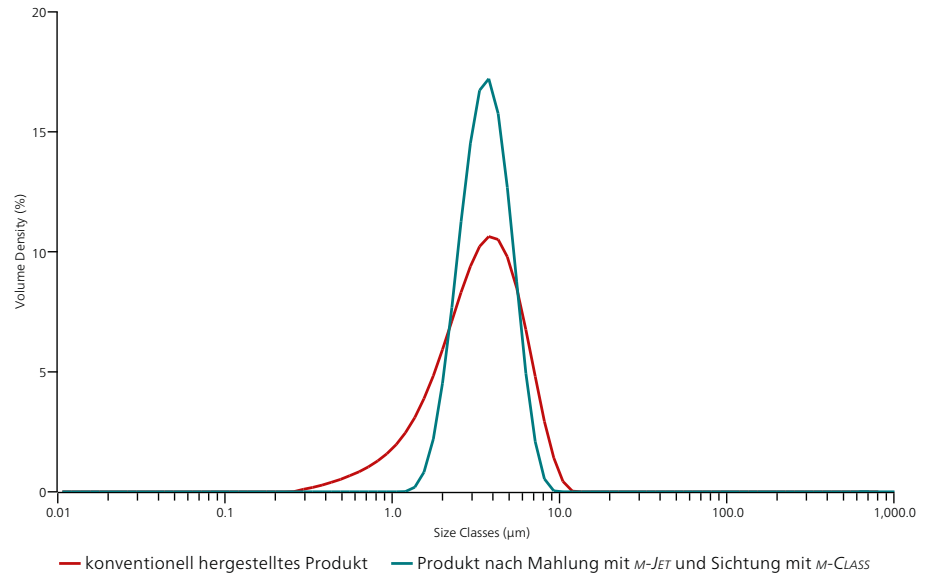
NdFeB-Pulver nach Mahlung mit NETZSCH  
(Vergrößerung 5000-fach)



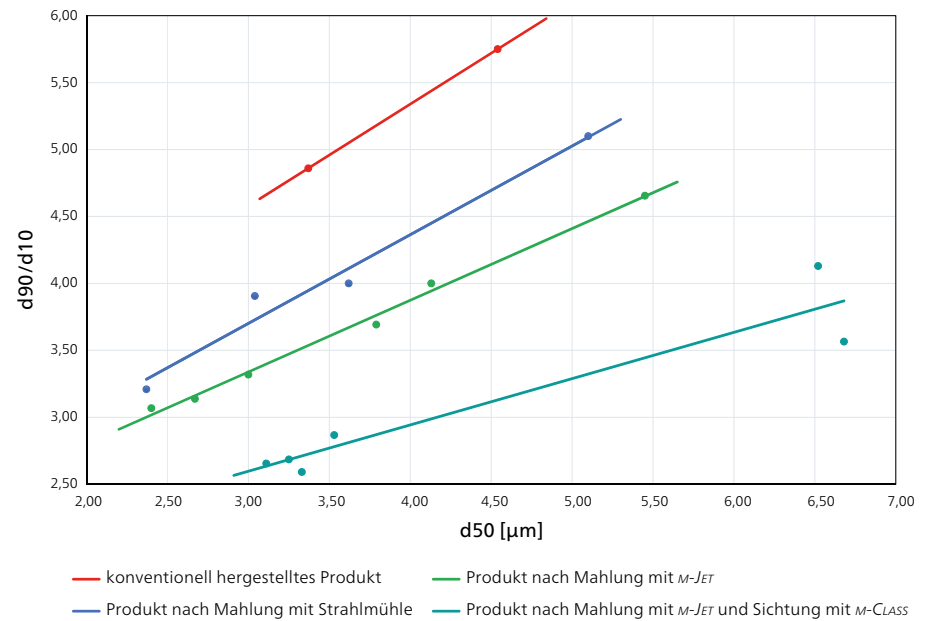
NdFeB-Pulver nach Mahlung mit NETZSCH  
und Sichtung mit NETZSCH  
(Vergrößerung 5000-fach)



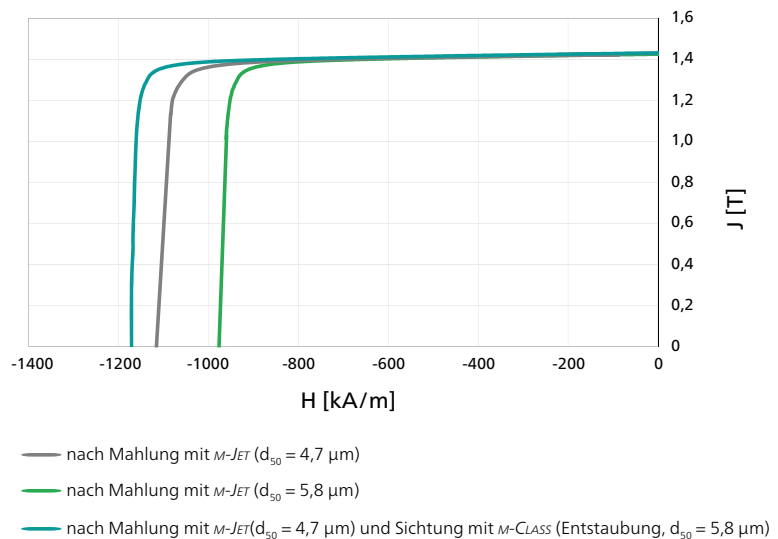
### Partikelgrößenverteilung von NdFeB-Pulver nach Mahlung und Sichtung im Vergleich zu konventionell hergestelltem Produkt



### Vergleich von $d_{90}/d_{10}$ -Werten unterschiedlich hergestellter NdFeB-Pulver



### Vergleich von Entmagnetisierungskurven von NdFeB-Magneten



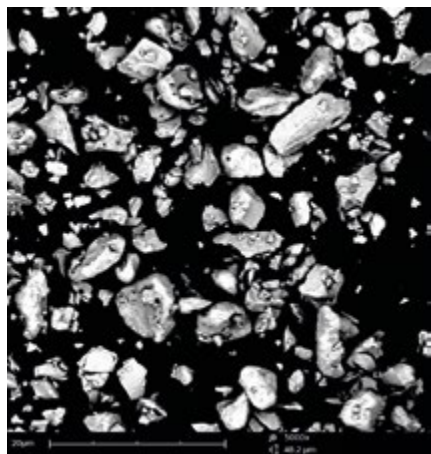
# Partikeldesign – Verrunden von Seltenerdpartikeln

Runde Seltenerdpartikel ohne Ecken und Kanten bringen für die daraus hergestellten Magnete entscheidende Vorteile:

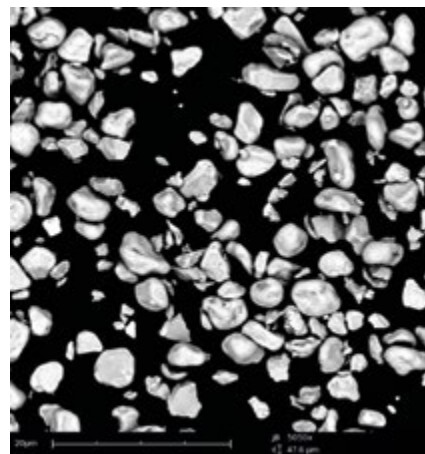
- Höhere Orientierungsgrade
- Höhere Remanenz
- Zunahme der Kniefeldstärke
- Zunahme der Koerzitivfeldstärke

Mit der NETZSCH Technologie gelingt die Reduktion der Feinstanteile und das Runden der Partikel in einem Schritt.

Partikeldesign	Vorher (links)	Nachher (rechts)
Feinstanteil < 1 $\mu\text{m}$	4,1 %	0,0 %
$d_{90}/d_{10}$ Wert	3,54	2,46



gemahlene Pulver



gerundetes Pulver

## Aufbereitung von Recyklaten

Recycling ist ein wichtiges Thema in der Kreislaufwirtschaft. Wertvolle Rohstoffe werden aufbereitet und wieder verwendet was zum Schutz der Umwelt beiträgt und die natürlichen Ressourcen effizienter nutzt.

In Magnetrecyklaten von Motoren oder Generatoren ist allerdings ein hoher Anteil an Verunreinigungen mit Sauerstoff, Stickstoff oder Kohlenstoff enthalten, die sich vor allem an den Feinstanteilen anreichern. Diese beeinflussen die Magneteigenschaften negativ und müssen daher vor der Wiederverwendung entfernt werden.

Um eine effektive Minderung des Sauerstoffgehaltes zu erreichen, muss das wasserstoffversprödete Pulver zunächst einer Mahlung unterzogen werden. Im Anschluss werden die Feinstanteile und damit die Verunreinigungen mit dem Hochleistungsfeinstsichter zuverlässig aus dem recycelten Magnetpulver abgetrennt und man erhält ein wiederverwendbares Magnetpulver.

## NETZSCH bietet Ihnen umfassenden Service

- Mahl- und Sichtversuche mit Ihrem Originalmaterial sind in unserem Technikum unter inerten Bedingungen möglich.
- Mit einem Kooperationspartner können auch Magnetproben der im Versuch erhaltenen Proben hergestellt werden. Dies erfolgt gemäß von Ihnen vorgegebenen Parametern.
- Gerne können Sie die Versuche in unserem Technikum begleiten, um sicher zu stellen, dass alles nach Ihren Vorgaben durchgeführt wird.

**0 %** Feinstanteil  $< 1 \mu\text{m}$  nach Entstaubung mit dem Hochleistungsfeinstsichter

Halbierung des  $d_{90}/d_{10}$ -Wertes nach der Sichtung (Entstaubung) mit im Vergleich zu konventionell hergestelltem Pulver

Konstante Qualitäten dank kleiner Produktvolumina in der Spiralstrahlmühle – im Vergleich zur klassischen Fließbettgegenstrahlmühle ist das Mahlkammervolumen der um den Faktor **15 bis 40** niedriger.

**Steile** Partikelgrößenverteilung mit und vom Labor- bis zum Produktionsmaßstab

**6 bis 10 kg** aktive Füllung während des Mahlvorgangs in einer 50 (150 bis 250 kg bei vergleichbaren Strahlmühlen)


Vorteile bei der Sichtung mit ( $d_{50} = 5,8 \mu\text{m}$ ):

Kniefeldstärke  $H_k$  + **21 %**

Rechteckigkeit  $R = H_k/H_{c_j}$  + **3 %**

Koerzitivfeldstärke  $H_{c_j}$  + **21 %**

# IHR NUTZEN IM FOKUS



Die NETZSCH-Gruppe ist ein inhabergeführtes, international tätiges Technologieunternehmen mit Hauptsitz in Deutschland. Die Geschäftsbereiche Analysieren & Prüfen, Mahlen & Dispergieren sowie Pumpen & Systeme stehen für individuelle Lösungen auf höchstem Niveau. Mehr als 4.000 Mitarbeiter in 36 Ländern und ein weltweites Vertriebs- und Servicenetz gewährleisten Kundennähe und kompetenten Service.

Dabei ist unser Leistungsanspruch hoch. Wir versprechen unseren Kunden Proven Excellence – herausragende Leistungen in allen Bereichen. Dass wir das können, beweisen wir immer wieder seit 1873.

## Proven Excellence. ■

### Geschäftsbereich Mahlen & Dispergieren – weltweit führende Mahltechnologie

NETZSCH-Feinmahltechnik – Deutschland  
NETZSCH Trockenmahltechnik – Deutschland  
NETZSCH Vakumix – Deutschland  
NETZSCH Lohnmahltechnik – Deutschland  
NETZSCH Mastermix – Großbritannien  
NETZSCH FRÈRES – Frankreich  
NETZSCH España – Spanien  
ECUTEK – Spanien

NETZSCH Machinery and Instruments – China  
NETZSCH India Grinding & Dispersing – Indien  
NETZSCH Tula – Russland  
NETZSCH Makine Sanayi ve Ticaret – Türkei  
NETZSCH Korea – Korea  
NETZSCH Premier Technologies – USA  
NETZSCH Equipamentos de Moagem – Brasilien

NETZSCH Trockenmahltechnik GmbH  
Rodenbacher Chaussee 1  
63457 Hanau  
Deutschland  
Tel.: +49 6181 506 01  
Fax: +49 6181 571 270  
info.ntt@netsch.com

**NETZSCH®**

[www.netsch.com](http://www.netsch.com)