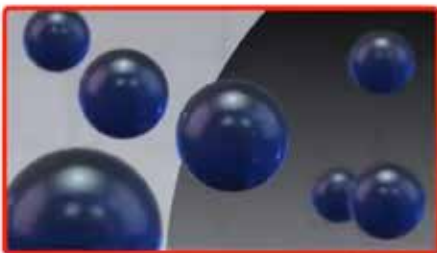


## **ERZEUGUNG VON HOCHLEISTUNGSPULVERN**

---

**IN EINEM PULSIERENDEN GASSTROM**



## FÜR IHRE NÄCHSTE GENERATION VON PULVERWERKSTOFFEN

---

Weltweit steigende Anforderungen an die Funktionalität und Lebensdauer von Produkten stellen in allen Branchen neue Herausforderungen an die Material- und Werkstoffentwicklung und damit auch an die Pulverherstellung. Unsere technologische Antwort darauf heißt Glatt Pulversynthese.

Die Glatt Pulversynthese basiert auf den Prinzipien der Sprühpyrolyse, Sprühtrocknung und der Sprühkalzination. Je nach Wahl der Prozessparameter werden Materialien auf einem dieser Wege erzeugt, optimiert oder funktionalisiert. Diese befinden sich dafür nicht in einem laminaren, sondern in einem pulsierenden Gasstrom. Dies führt zu besonderen thermodynamischen Bedingungen in turbulenter Strömung im Reaktionsraum. Genau diese ermöglichen die gezielte Beeinflussung der Eigenschaften der generierten Pulver.

Um Materialien in pulsierenden Strömungen herzustellen und zu bearbeiten, bietet Glatt verschiedene Reaktoren für die Pulversynthese an. Als Anlagenbauer offeriert Glatt die Konzeption und den Bau spezialisierter, auf Kundenbedürfnisse maßgeschneiderte Anlagen. Experten von Glatt begleiten die Kunden dabei von der Prozessentwicklung bis zur Inbetriebnahme.

Für Laborversuche und Verfahrensentwicklung stehen Ihnen in unserem Weimarer Technikum Labor-Pulsationsreaktoren in verschiedenen Ausführungen zur Verfügung. Nutzen Sie die enorme Bandbreite an Prozessparametern, um Ihr Material genau nach Ihren Wünschen zu designen. Der Synthesereaktor ProAPP® 300 ist unsere Pilot- und Produktionsanlage für Scale-Up Versuche und Lohnproduktion. Mit einer Jahreskapazität von mehreren Hundert Tonnen kann diese Anlage Ihre Produktion übernehmen. So bleiben Sie lieferfähig bis zur Fertigstellung Ihres eigenen ProAPP® Synthesereaktors.

*Nutzen Sie die Vorteile unserer Technologie-Kompetenz für Ihr innovatives Partikeldesign!*

- » **Kontinuierlicher, sicher skalierbarer Prozess**
- » **Trocknung + Coating – bei Bedarf auch mit Kalzinierung** zur Erzeugung von einzigartigen Pulvern und Core-Shell-Strukturen
- » **Besonders feine und homogene Pulver erzeugbar** durch sekundäre Zerstäubung im pulsierenden Heißgasstrom
- » **Exakt definierbares Partikeldesign** mit besonders enger Partikelgrößenverteilung und genau anpassbaren Oberflächeneigenschaften
- » **Definierte Beschichtungen und Core-Shell-Partikel** mit individuell einstellbarer Schichtdicke, Porosität und Aktivität
- » **Genau definierbare chemische Zusammensetzung** mit vielfältigen Möglichkeiten (un-)dotierter oder komplexer Oxide
- » **Keine harten Aggregate** durch gleichmäßige Verteilung der Partikel im pulsierenden Gasstrom
- » **Keine thermischen Hotspots im Reaktor** durch turbulente Strömung homogene thermische Behandlung des Materials
- » **Höchste Flexibilität in der Prozessführung** durch Entkopplung von Pulsation und Temperatur (von Raumtemperatur bis 1300°C)
- » **Sehr hohe Wärme- und Stofftransferraten** durch Verhinderung der Ausbildung von Grenzschichten

## Glatt PULVERSYNTHESE – APPLIKATIONEN

---



### *Batteriewerkstoffe*

#### **Aktive Materialien und Feststoffelektrolyte für Festkörperbatterien und Brennstoffzellen**

Generieren Sie in einem einzigen Prozessschritt Ihre hochwertigen Anodenmaterialien wie C/Si-Verbundwerkstoffe, Kathodenwerkstoffe wie LNMO oder Festelektrolyte wie beispielsweise LLZO mit komplexen Zusammensetzungen oder Dotierungen.



### *Keramische Pulverwerkstoffe*

#### **Innovative Hochleistungskeramiken**

Erzeugen Sie Ihr hochwertiges Keramikbasismaterial mit hoher Sinteraktivität und exakt definierter chemischer bzw. mineralogischer Zusammensetzung, bestehend aus Materialien wie beispielsweise Mischoxide der Typen Spinell, Perowskit, Titanat und viele andere.



### *Katalytische Pulverwerkstoffe*

#### **Zukunftswerkstoffe für Katalysatoren mit außergewöhnlicher Aktivität**

Produzieren Sie hochaktive Katalysatoren durch Optimierung der chemischen Zusammensetzung, Größe, Struktur und Oberfläche der Partikel. Reduzieren Sie den Materialeinsatz bei katalytisch aktiven Pulvern durch innovative Core-Shell-Strukturen.



### *Farben- und Lack-Pigmente*

#### **Effekt- und Spezialpigmente für ganz neue Anwendungen**

Erzeugen Sie funktionalisierte Pigmente, komplexe Mischoxide oder dotierte Materialien zum Einsatz in Lacken oder Farben zum Beispiel mit Selbstreinigungseigenschaften und/oder katalytischer Aktivität.

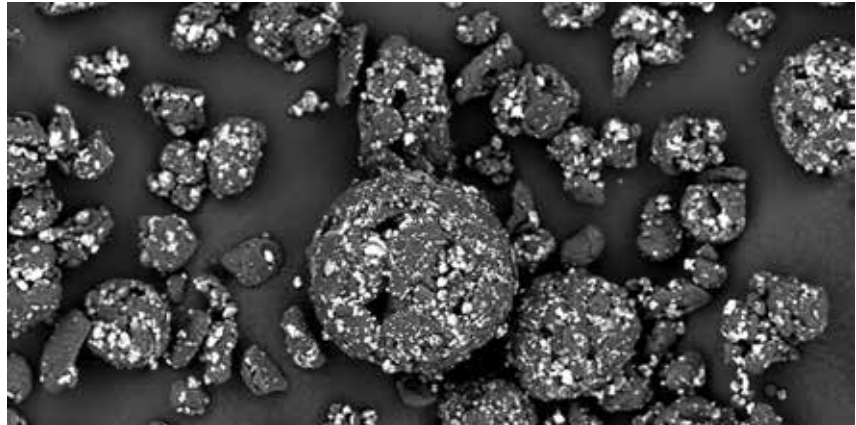


Erschließen Sie mit Glatt neue Anwendungsfelder. Definieren Sie physikalische Eigenschaften wie Partikelstruktur, Zusammensetzung, Oberflächenbeschaffenheit, Schüttdichte, Löslichkeit, Verpressbarkeit oder Dosierbarkeit Ihrer Materialien. Stellen Sie Zusatzfunktionen wie katalytische Aktivität, kontrollierte Freisetzung oder den Schutz vor äußeren Einflüssen in den Fokus. Mit der Glatt Pulversynthese und – auf Wunsch mit nachgelagerten Prozessen aus dem Glatt Technologieportfolio – ergeben sich vielfältige Möglichkeiten. Das revolutionäre Verfahren ist für alle Industriebereiche einsetzbar, in denen innovative Partikelsysteme für Hochleistungsanwendungen gefragt sind.

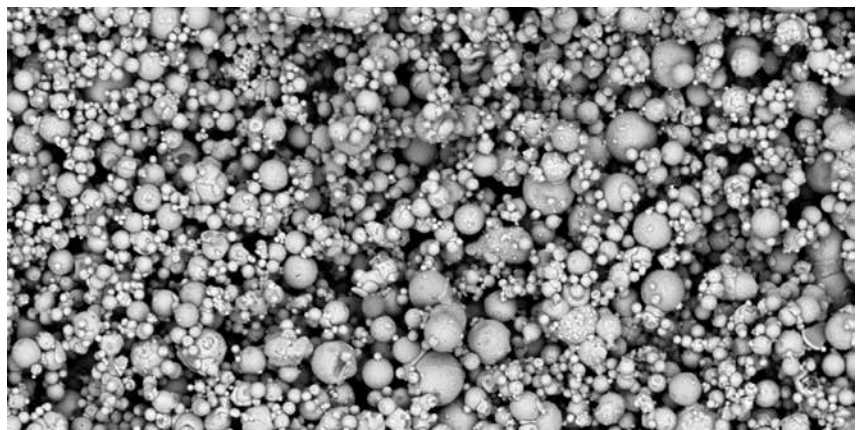
Erzeugen Sie Aktivmaterialien als Basis für neuartige Batteriekonzepte.

Erschaffen Sie Ihr Basispulver für elektronen- und/oder ionenleitende Keramiken oder amorphe silikatische Pulver als Mattierungsmittel.

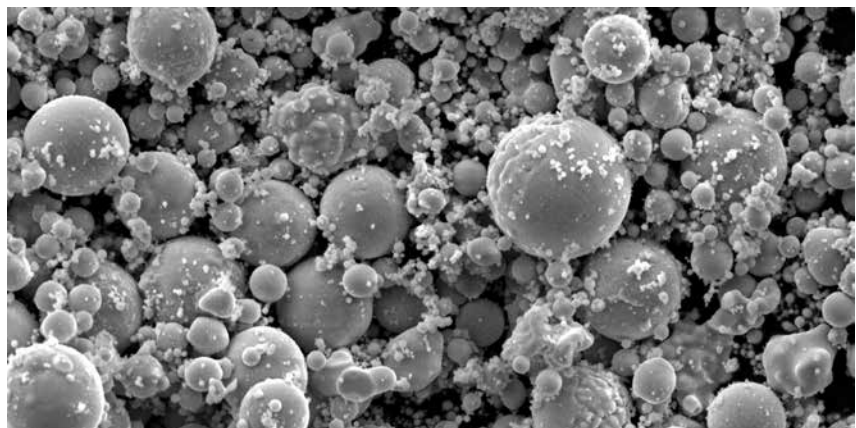
Spezialisierte Hochleistungswerkstoffe sind die Materialien der Zukunft. In fast allen Industrien finden heute Pulver oder Granulate mit spezifisch angepassten Eigenschaften Anwendung. Als einzigartige Technologie generiert die Glatt Pulversynthese maßgeschneiderte Produkte mit einem hohen wirtschaftlichen Potenzial für unzählige Applikationen.



*Kohlenstoff-Silizium-Anodenmaterial*



*Metalloxidpulver für katalytische Anwendungen*

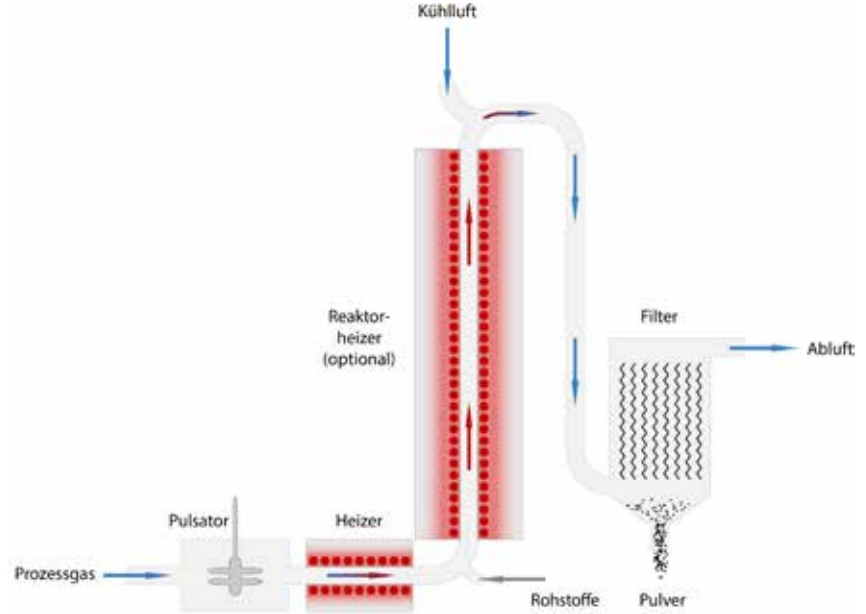


*Barium-Strontium-Kobalt-Eisen-Oxidpulver für Sauerstoffmembranen und zur Wasserstoffsynthese*

## Glatt PULVERSYNTHESE – SO FUNKTIONIERT'S

### Kontinuierlicher Betrieb für maximale Effizienz

Die Glatt Pulversynthese ist ein Verfahren zur Herstellung, Modifizierung oder Beschichtung von Pulverpartikeln im Nano- und Mikrometerbereich. Der Prozess läuft in einem kontinuierlich betriebenen pulsierenden Gasstrom ab. In diesen werden Lösungen, Suspensionen oder Feststoffe eingesprüht. Je nach Zielstellung werden diese Materialien getrocknet, beschichtet oder thermisch behandelt und anschließend abgeschreckt. Der ganze Prozess dauert weniger als eine Sekunde.



Prinzipieller Prozessaufbau der Glatt Pulversynthese zur Erzeugung homogener Mikro- und Nanopulver mit definierbaren Partikeleigenschaften

### Pulsierender Gasstrom klar im Vorteil

Die Pulsation innerhalb des Reaktors hat einen gravierenden Einfluss auf die Produktsynthese. Während sich in laminaren Rohrströmungen insbesondere in Wandnähe deutliche Gradienten in der Gastemperatur und -geschwindigkeit ausbilden, werden diese durch den hohen Turbulenzgrad innerhalb der Glatt Pulversynthese über den Reaktorquerschnitt homogenisiert.

Gleichzeitig zerfallen die eingesprützten Tropfen aufgrund der Pulsation in ultrafeine Tropfen, die durch ihre hohe spezifische Oberfläche sehr schneller trocknen. Auch hierbei erweist sich die Pulsation als vorteilhaft: Die alternierende Gasgeschwindigkeit verhindert die Bildung von Grenzschichten, die den Material- und Wärmetransfer behindern können.

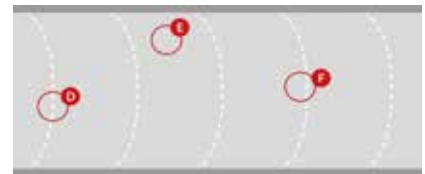


Laminar flow without pulsation

(A) Temperature gradients result in different heat treatment depending on position

(B) Velocity gradients result in different residence times of the particles

(C) Low relative velocity between gas flow and particles lead to boundary layers. This results in reduced mass and heat transfer



Pulsating flow

(D) The pulses produce superfine droplets by secondary atomization

(E) Equalization of temperature and velocity in the gas flow due to turbulence. Particles are mixed, the residence time homogenized

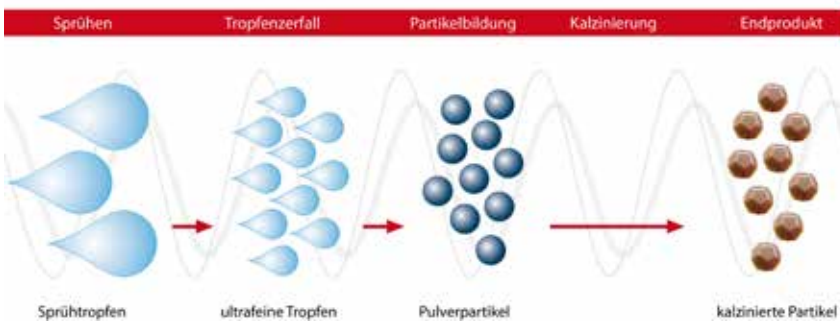
(F) High mass and heat transfer by breaking up the boundary layers.

### Homogene Partikel mit definierter Struktur

Das Anwendungsspektrum der Glatt Pulversynthese ist vielfältig: Aus Lösungen entstehen homogene feine Partikel. Aus Suspensionen ist die Erzeugung und Kalzinierung von Core-Shell Partikeln in nur einem

Prozessschritt möglich. Die durch die Pulsation unterstützte Partikelbildung ermöglicht die Bildung einzigartiger Strukturen. Die schnelle Abkühlung des Pulvers am Reaktorende kann genutzt werden, um metastabile Phasen zu generieren und so hochreaktive Pulver herzustellen.

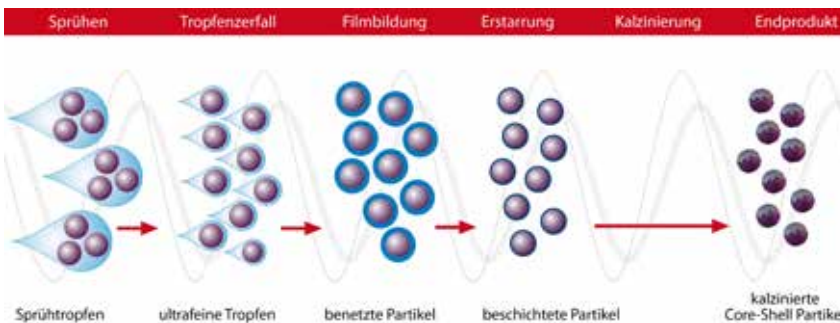
## Sprühtrocknung und -kalzinierung



Beim Partikeldesign mit der Glatt Pulversynthese können die Prozessschritte Partikelbildung, Trocknen, und Kalzinieren in einem einzigen Schritt kombiniert werden. Alle Partikel durchlaufen die gleiche thermische Behandlung.

- » Das Sprühen einer Rohstofflösung in den Gasstrom erzeugt kleine Primärtropfen
- » Die Wechselwirkung zwischen Primärtropfen und pulsierender Gasströmung erzeugt noch deutlich feinere Sekundärtropfen
- » Die hohen Wärme- und Stofftransferaten lassen das Lösungsmittel in kürzester Zeit verdampfen und Pulverpartikel entstehen
- » Optional kann eine weitere thermische Nachbehandlung (z. B. Kalzinierung) des Produktes im selben Prozessdurchlauf erfolgen

## Coating / Core Shell-Beschichtung



Die Glatt Pulversynthese findet auch als Prozess zur Beschichtung von nano- und mikrometeregroßen Pulvern Anwendung. Um dies zu erreichen, kommen Suspensionen als Rohstoffe zum Einsatz. Das Schichtmaterial ist hierbei in der Flüssigphase gelöst und wird auf das Kernmaterial aufgetrocknet. Bei Bedarf kann eine weitere thermische Nachbehandlung (z. B. Kalzinierung) erfolgen. Beschichtungsprozesse in der Glatt Pulversynthese überzeugen mit den gleichen Vorteilen und thermodynamischen Gegebenheiten wie bei der Sprühkalzination.

- » Das Sprühen einer Suspension in den Gasstrom erzeugt kleine Primärtropfen
- » Durch die pulsierende Gasströmung werden diese zu noch kleineren Tröpfchen zerteilt
- » Durch Verdampfen des Lösungsmittels beginnt sich das Schichtmaterial auf der Partikeloberfläche abzuscheiden, bis das gesamte Lösungsmittel verdampft ist
- » Optional kann eine weitere thermische Nachbehandlung (z. B. Kalzinierung) des Produktes im selben Prozessdurchlauf erfolgen



## Glatt PULVERSYNTHESE – DIE PROAPP®-REAKTOREN

Im Glatt Technologiezentrum Weimar stehen Ihnen ProAPP® Synthesereaktoren in verschiedenen Anlagengrößen für die Entwicklung und Herstellung kleiner Chargen bis zur industriellen Fertigung im Tonnenmaßstab zur Verfügung.



Glatt synthesis reactor ProAPP® 80 HT

### Die Glatt ProAPP®-Reaktoren im Labormaßstab

Für Kundenversuche im Labormaßstab stehen Ihnen in unserem Glatt Technologiezentrum in Weimar Synthesereaktoren vom Typ ProAPP® zur Verfügung. Nutzen Sie die Expertise unserer Verfahreningenieure für Machbarkeitsstudien, die Überprüfung von Material- und/oder Prozessideen sowie für die Produktion erster Muster und Testchargen.

Diese Anlagen mit Reaktordurchmessern von 80 mm und 100 mm erlauben je nach eingesetzten Rohstoffen die Herstellung von 100 bis 500 Gramm Pulver in der Stunde und sind damit auch ideal für universitäre und industrielle Forschungsstätten geeignet, die in kurzer Zeit eine Vielzahl von neuartigen Produktvarianten entwickeln möchten.

### Synthesereaktor ProAPP® 80 HT

Der Reaktor im Glatt Technologiezentrum in Weimar verfügt über einen Durchmesser von 80 mm. Der pulsierende Gasstrom wird zunächst auf bis zu 900 °C vorgewärmt. Während bei den anderen ProAPP®-Reaktoren im

Technologiezentrum in Weimar die Prozesstemperatur hinter der Rohstoffaufgabe abfällt, kann im Reaktor ProAPP® 80 HT das Gas über einen sekundären Heizer mit individuell ansteuerbaren Heizsegmenten über

die gesamte Reaktorlänge temperiert werden. Dies ermöglicht es, die Temperatur trotz Verdampfung konstant zu halten oder sogar weiter auf bis zu 1300 °C zu steigern.





Glatt synthesis reactor ProAPP® 100

### Synthesereaktor ProAPP® 100

Diese Laboranlage verfügt über ein 100 mm Reaktorrohr. Durch den Einsatz eines Pulsators mit nachgeschaltetem elektrischem Heizer sind Prozessgastemperaturen von Raumtemperatur bis zu 900 °C möglich. Kurze Rüst- und Aufheizzeiten, machen die Anlage zum idealen Werkzeug für Synthese- und Coatingaufgaben bei Prozesstemperaturen bis etwa 750 °C.

Die Produktseparation erfolgt bei dieser Anlage über einen Filter. Über einen Probennehmer können aber im laufenden Betrieb auch kleine Produktmengen z.B. zur chemischen oder morphologischen Analyse abgezogen werden. Darüber hinaus erlaubt es der modulare Aufbau, kundenspezifische Wünsche in Bezug auf die Partikelabscheidung zu realisieren.

## Pilotmaßstab für ein sicheres Scale-up / Produktionsmaßstab für kleine und mittlere Kampagnen

Die ersten Tests Ihrer neuen Pulver waren erfolgreich, die Nachfrage steigt und nun brauchen sie mehr? Nicht jede erforderliche Produktmenge kann über Anlagen im Labormaßstab abgedeckt werden. Jetzt erweist sich die gute Skalierbarkeit des Prozesses als vorteilhaft. Durch die Vergrößerung des Reaktors kann der Durchsatz an Ihre individuellen Anforderungen angepasst werden. Auch dafür steht in unserem Glatt Technologiezentrum in Weimar eine entsprechende Pilotanlage vom Typ ProAPP® für Sie zur Verfügung.

Gerade sehr hochwertige Pulverwerkstoffe werden häufig nur in geringen Mengen benötigt. Für solche Sonderwerkstoffe stellt ein Synthesereaktor dieser Größe bereits den Produktionsmaßstab dar.



Glatt synthesis reactor ProAPP® 300

### Synthesereaktor ProAPP® 300

Als Pilot- und Produktionsanlage steht bei Glatt ein Reaktor ProAPP® mit 300 mm Reaktordurchmesser zur Verfügung. Anders als die Anlagen im Labormaßstab wird der älteste Pulsationsreaktor am Standort Weimar nicht elektrisch, sondern von einem pulsierenden Gasbrenner geheizt. Dies ermöglicht Prozessgastemperaturen zwischen 400 °C und 900 °C. Für volle Flexibilität verfügt die Anlage über unterschiedliche Systeme zur Produktseparation, so dass sowohl eine Heiß- als

auch eine Kaltabscheidung realisiert werden kann. Die in Laborversuchen gewonnenen Erkenntnisse können hier direkt in Pilotversuchen genutzt werden, um daraus Produktionsanlagen zu konzipieren.

Neben Pilotversuchen bieten wir auf der ProAPP® 300 auch Lohnproduktion an. Mit bis zu 300 Tonnen im Jahr steht genügend Kapazität für die Erstellung von Mustermengen oder im Rahmen einer Jahresproduktion bereit.

## Glatt – PARTNER FÜR INTEGRIERTE LÖSUNGEN

### *Glatt – Ihr Entwicklungspartner für Ihren Vorsprung im Markt*

Das hervorragend ausgestattete Glatt Technologiezentrum in Weimar erlaubt kleintechnische Versuche im Labormaßstab aber auch die Produktion von Testchargen für Ihre zukünftigen Produkte. Hier werden die relevanten Prozessparameter ermittelt oder Muster für Applikationsversuche – auf Wunsch auch im niedrigen Tonnenmaßstab – generiert.



### **Unser Qualitätssicherungslabor**

Ein interdisziplinäres Team aus Verfahreningenieuren, Materialwissenschaftlern und Chemikern bewertet die ermittelten Analysedaten wissenschaftlich-technisch und steht Ihnen kompetent zur Seite.

Um stets über neueste Trends informiert zu bleiben, ist Glatt zusammen mit zahlreichen Hochschul- und Industriepartnern in unterschiedlichen öffentlich geförderten Forschungsvorhaben aktiv.

### *Glatt – Ihr Anlagenbauer für Planung und Ausführung Ihres ProAPP® Synthesereaktors*

Sie möchten unser wegweisendes Sprühkalkinationsverfahren zur Pulversynthese in Ihre Produktion implementieren?

Gerne konzipieren und realisieren wir einen Pulversynthesereaktor gezielt abgestimmt auf Ihren individuellen Bedarf. Basierend auf der vorangegangenen Prozessevaluierung plant das Glatt Process & Plant Engineering Team eine auf Ihre Ansprüche maßgeschneiderte Produktionsanlage, oder einen kompletten Produktionsstandort.

Weltweit.

Warum auf die eigene Anlage warten?

Wir produzieren in Ihrem Auftrag! Mit bis zu 300 Tonnen im Jahr hält die ProAPP® 300 genügend Kapazität zur Lohnproduktion bereit. Ob für die Erstellung von Mustermengen oder im Rahmen einer ganzen Jahresproduktion.



Profitieren Sie entlang der gesamten Prozesskette!



Wir unterstützen die Produktidee von der frühen Phase der Produktrezeptur über die Prozessentwicklung bis hin zum Scale-up in den Produktionsmaßstab. Glatt ist spezialisiert auf intelligentes Partikeldesign zur Erzeugung

und Funktionalisierung von Pulvern und Granulaten mit definiert einstellbaren Eigenschaften. Als Pionier für Prozesse auf Basis von Technologien wie Wirbelschicht, Strahlschicht und Pulversynthese

verfügt Glatt über das Know-how zur Formulierung und Optimierung von Partikeleigenschaften und kann so – zusammen mit Ihnen – das optimale Verfahren für Ihre Anwendung auswählen.



Glatt Technologiezentrum Weimar





[powdersynthesis.glatt.com](http://powdersynthesis.glatt.com)

**Glatt Ingenieurtechnik GmbH**

Nordstraße 12  
99427 Weimar, Deutschland  
Tel +49 3643 47-0  
Fax +49 3643 47-1231  
[info.we@glatt.com](mailto:info.we@glatt.com)  
[foodfeedfinechemicals.glatt.com](http://foodfeedfinechemicals.glatt.com)

**Glatt GmbH**

Werner-Glatt-Straße 1  
79589 Binzen, Deutschland  
Tel +49 7621 664-0  
Fax +49 7621 64-723  
[info@glatt.com](mailto:info@glatt.com)  
[www.glatt.com](http://www.glatt.com)