



Retsch GmbH
Retsch-Allee 1-5
42781 Haan
Germany

Phone 02104/2333-100
E-Mail info@retsch.com

www.retsch.com

MECHANOCHEMISCHE AKTIVIERUNG VON RUß

FÜR VERBESSERTE LITHIUM-IONEN-BATTERIEN



Orion ist ein weltweit führender Hersteller von Industrierußen (Carbon Black), die in zahlreichen Anwendungen eingesetzt werden. Ein bedeutendes Einsatzgebiet ist die Verwendung als Additiv in Lithium-Ionen-Batterien, um die elektrische Leitfähigkeit und Batterieleistung zu verbessern sowie die Lebensdauer zu verlängern. Um diese Anwendung im Detail untersuchen und Ruße gezielt für ihre Applikation optimieren zu können, hat Orion ein eigenes Batterielabor im Unternehmen aufgebaut.

Dietmar Jansen, Chemist Engineer im Team „Energy Systems“ der Innovation von Orion sagt „Die Mühlen von Retsch sind variabel und bieten uns eine Vielzahl von Möglichkeiten und Parametervariationen, um unsere Forschung in alle Richtungen auszutesten“.

In Abbildung 1 ist dargestellt, wie Ruß zur elektrischen Leitfähigkeit im Batteriesystem beiträgt [1]. Eine verbesserte Leitfähigkeit des Rußes selbst, sowie eine optimierte Anbindung des Rußes an das Aktivmaterial und den Stromkollektor führen zu einer höheren Batterieperformance. Dies ermöglicht nicht nur eine effizientere Nutzung der eingesetzten Ruße, sondern auch eine potenzielle Reduzierung der benötigten Rußmenge zugunsten eines höheren Anteils an

Aktivmaterial. Die gesteigerte Leitfähigkeit wird beispielsweise durch die Funktionalisierung des Rußes erreicht, durch eine verbesserte Dispergierung und Interaktivität [2] oder durch einen erhöhten Graphitisierungsgrad [3]. Zur gezielten Aktivierung der Rußpartikel kommen mechanische Verfahren wie das Kugelmahlen zum Einsatz.

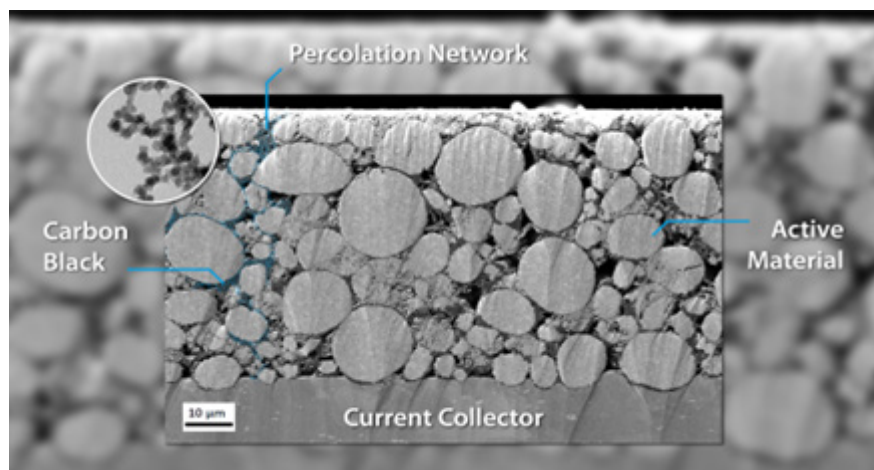
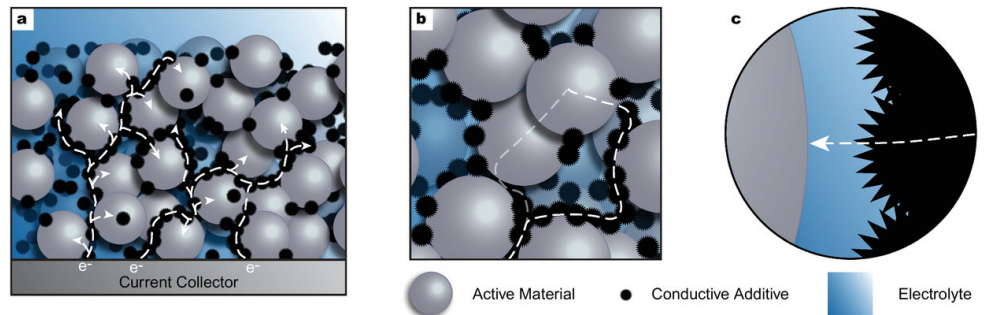


Abbildung 1: Schematische Darstellung von Aktivmaterial, Ruß als Additiv zur Verbesserung der elektrischen Leitfähigkeit sowie Elektrolyt. Diese Abbildung von Baumgärtner, et. al. [1] veranschaulicht, dass eine gute Benetzung und Anbindung des Rußes positive Effekte auf die Leitfähigkeit innerhalb des Batteriesystems hat und somit zur Steigerung der Gesamtleistung beiträgt. Die Mikroskopieaufnahme [© Orion] zeigt eine detailgetreue Abbildung einer Li-Ionen-Batterie, die eine Analyse der Verteilung von Ruß in der Elektrode ermöglicht.

Die Aktivierung von Ruß in Kugelmøhlen basiert auf mechanischen Prozessen, insbesondere auf Schlag- und Scherbeanspruchung. Durch diese Behandlung entstehen gezielt Gitterdefekte und Oberflächenfunktionalisierungen, die die elektrische Leitfähigkeit erhöhen und die Bildung perkolierender Netzwerke fördern. Im Mittelpunkt dieses Kugelmøhlenprozesses steht demnach nicht die Zerkleinerung, sondern vielmehr die gezielte Anpassung der Rußstrukturen. In diesem mechanochemischen Prozess werden Trockenprozessierungen mit moderatem Energieeintrag verwendet.

Zu den wesentlichen Einflussgrößen auf das Ergebnis zählen:

- | Volumen und Material der Mahlbecher,
- | Größe, Material und Anzahl der Mahlkugeln,
- | Ball-to-Powder Ratio (Verhältnis Kugelmasse zu Rußmasse),
- | Drehzahl und Mahldauer

Durch die gezielte Variation dieser Parameter lässt sich in Abhängigkeit des verwendeten Rußes dessen Aktivierungsgrad und damit seine Eignung für verschiedene Batteriekonzepte spezifisch optimieren. Abbildung 2 zeigt einen mit Ruß und Mahlkugeln befüllten 500-ml-Mahlbecher, der über mehrere Stunden in der Planeten-Kugelmøhle PM 300 mittels Trockenvermahlung aktiviert wurde. Durch die systematische Modifizierung des



Energieeintrags über die Regulierung der Drehzahl lassen sich unterschiedliche Ergebnisse erzielen.

Die Planeten-Kugelmühle PM 300 bietet dank ihres umfangreichen Zubehörs zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten und eignet sich mit Mahlbechervolumina von 12 ml bis 500 ml zum Beispiel für Upscaling-Prozesse. In kleinen Mahlbechern kann die Aktivierung des Materials getestet werden, während mit 500-ml-Mahlbechern bereits ausreichend große Mengen produziert werden können, um eine relevante Anzahl von Batteriezellen für weiterführende Tests herzustellen.

Durch die Variation des Energieeintrags über die Regulierung der Drehzahl konnten unterschiedliche Ergebnisse erzielt werden. Ein Upscaling von kleinen auf 500-ml-Mahlbecher ließ sich hierbei nicht theoretisch berechnen, da verschiedene Volumen-zu-Oberflächen-Verhältnisse, Bewegungsmuster und wirkende Kräfte im Inneren des Mahlbechers die Prozessbedingungen beeinflussen. Die Aktivierung des Rußes musste für größere Mengen experimentell neu untersucht werden. Aus den Versuchen lassen sich wertvolle Erkenntnisse über die erforderlichen Kräfte und die erzielten Effekte ableiten.



Abbildung 2: links: befüllte PM 300-Mahlbecher mit Sicherheitsverschluss
rechts: Entleeren der Mahlbecher nach abgeschlossener Vermahlung.

Retsch Kugelmühlen bieten mit ihrem breiten Portfolio an Planeten- und Schwingmühlen sowie Trommelmühlen – letztere sogar bis in den Literbereich – eine hohe Flexibilität für mechanochemische Forschungstätigkeiten. Optionen wie die aktive Kühlung oder Heizung der Mahlbecher während des Prozesses, Temperatur- und Druckkontrolle sowie In-situ-Messungen, beispielsweise mittels Raman-Spektroskopie, ermöglichen eine präzise Anpassung an unterschiedlichste experimentelle Anforderungen.



Weitere Informationen
www.retsch.de

Literatur:

[1] Volume15, Issue2, Special Issue: Energy Research @ SIEST, January 14, 2025, 2400499

[2] ACS Sustainable Chem. Eng. 2022, 10, 48, 16019–16026

[3] RSC Adv., 2014,4, 505-509