

# Höchste Produktqualität durch präzise pH-Kontrolle in der Lithium-Ionen-Batterieproduktion (pCAM-Prozess)

**Der pH-Wert als Schlüsselfaktor in der Batterieproduktion**  
 Mit dem rasanten globalen Wachstum der Elektromobilität steigt die Nachfrage nach leistungsstarken Lithium-Ionen-Batterien exponentiell. Eine entscheidende Voraussetzung für deren Qualität ist die kontrollierte Herstellung des Kathoden-Aktivmaterials (CAM). Der zentrale Parameter dabei: der pH-Wert – insbesondere im Produktionsprozess des Precursor Cathode Active Material (pCAM).

Schon kleinste pH-Abweichungen (z. B.  $\pm 0,1$ ) beeinflussen Partikelgröße, Morphologie und chemische Homogenität der Ausgangsmaterialien – mit massiven Auswirkungen auf Lade-/Entladeverhalten, Zyklenfestigkeit und Sicherheit der Batterie.

## pCAM-Prozess: Präzision bei der Partikelsynthese

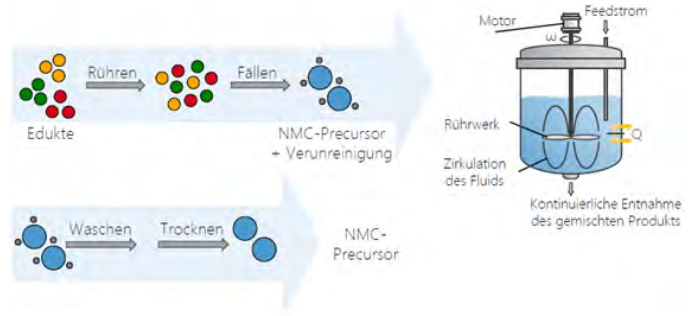
Der pCAM-Prozess basiert auf einer Co-Fällungsreaktion von Nickel-, Mangan- und Kobalt-Salzen (NMC) in einem Rührkesselreaktor, auch „Kristallisor“ genannt. Unter Zugabe von Ammoniak und Natronlauge entsteht ein Metallhydroxid-Gemisch, dessen Partikelgröße und -form direkt vom pH-Wert abhängen.

Der pH-Sollwert variiert je nach gewünschter CAM-Spezifikation typischerweise im Bereich von pH 9,0 bis 12,0. Unterschiedliche Produkte bedeuten unterschiedliche Zielwerte – und damit unterschiedliche Anforderungen an die pH-Regelung im Reaktorbetrieb.

## Einfluss des pH-Werts auf die Partikeleigenschaften:

pH-Wert	Partikelverteilung	Morphologie	Batterieauswirkung
9,8	groß, unregelmäßig	ungleichmäßig	niedrige Energiedichte
10,5	optimal	sphärisch	hohe Zyklenfestigkeit
11,0	feinkörnig	porös	potenziell instabil

Quelle: Muramatsu et al., Prozessdaten, 2023



pCAM-Herstellung – Aktivmaterial Kathode NMC (Quelle: VDMA Leitfaden – Komponentenherstellung einer Lithium-Ionenbatterie zelle)

## Herausforderung: Inline-pH-Messung im Kristallisor

Die kontinuierliche Fällungsreaktion führt zur Bildung von feststoffreichen Suspensionen, die herkömmliche pH-Sensoren rasch zusetzen:

- Verstopfung des Diaphragmas durch Medienablagerungen
- Messdrift durch kontaminierte Referenzelektrolyte
- aufwändige manuelle Reinigung, oft mehrmals täglich
- Gefahr von Fehlproduktionen und kostspieliger Aufarbeitung

Zusätzlich erschwert die klassische Sensorinstallation von oben (Top-Mount) die Wartung erheblich. Sensoren sind schwer zugänglich, was eine regelmäßige Reinigung oder Kalibrierung behindert. Die Partikel, die sich im Reaktor bilden, lagern sich besonders schnell auf dem Sensor ab, was bei schwer zugänglicher Installation zu noch schnellerer Messwertabweichung und Prozessinstabilität führt.

## Konsequenz:

Nicht gewartete oder falsch installierte Sensoren führen zu ungenauer Prozesssteuerung – mit Folgen für Produktqualität, Energieeffizienz und Ausschussrate.

## Die Lösung:

Pneumatisch angetriebene Wechselarmaturen der Serie EXtract in Kombination mit der automatischen Reinigungssteuerung der Serie EXmatic.

Zur Sicherstellung eines stabilen und reproduzierbaren pH-Werts liefert die Exner Process Equipment GmbH die passende Lösung.



*EXtract-Wechselarmatur mit Reinigungssteuerung EXmatic (Quelle: Exner Process Equipment GmbH)*

#### Kundennutzen:

- pneumatisch angetriebene Wechselarmatur: ermöglicht eine automatische Reinigung außerhalb des Prozesses
- seitliche Sensorinstallation (auf Anfrage: Armatur als 15°-Ausführung): bietet eine optimale Zugänglichkeit für Wartung und minimiert Verunreinigung durch Sedimente im oberen Bereich des Reaktors
- individuell konfigurierbare Reinigungszyklen: Zeit- oder aktionsgesteuert
- Säure-/Laugenreinigung & Wasserspülung: anpassbar an Schmutzbelastung und Prozessbedingungen
- Entlastung des Wartungspersonals: keine manuelle Demontage nötig
- frühzeitige Entfernung von Ablagerungen erhöht die Messgenauigkeit und Langzeitstabilität
- Fernansteuerung via SPS oder Leitsystem: vollständig integrierbar in bestehende Anlagen

#### pH-Sensorik: Robust, feststofftauglich, präzise

In Kombination mit geeigneter robuster pH-Sensorik – kann das Exner System seine Stärken optimal ausspielen. Der Sensor bleibt sauber, driftet weniger und liefert über einen längeren Zeitraum konsistente Werte, auch bei längeren Batchprozessen. Durch die automatische, regelmäßige Reinigung des Sensors wird das Diaphragma freigehalten, was die Lebensdauer entscheidend verlängert und die Zuverlässigkeit der Messung erhöht. Wird der Sensor nicht für Messungen benötigt, kann dieser zudem geschützt und feucht gelagert in der Spülkammer der Armatur verbleiben.

#### Fazit: Prozessstabilität als Wettbewerbsvorteil

Eine hochpräzise, automatisierte pH-Regelung ist heute kein „Nice-to-Have“, sondern ein Muss für jede Batterie-gigafabrik. Wer Prozesssicherheit, gleichbleibende CAM-Qualität und wirtschaftliche Produktion gewährleisten will, muss auf Lösungen setzen, die intelligent, robust und wartungsarm sind.

Die Kombination aus:

- automatischer Reinigungssteuerung der Serie EXmatic,
- seitlich montierbaren EXtract Prozessarmaturen,
- und modernen, robusten pH-Sensoren

ermöglicht eine zuverlässige Kontrolle eines der sensibelsten Prozessparameter – und damit die Herstellung von Hochleistungsbatterien für die Mobilität von morgen.