

# Siebdrucktechnologie für eine nachhaltige und effiziente Elektrodenherstellung

M. Kohl, D. Fenske, I. Bardenhagen, J. Deitschun, J. Schwenzel

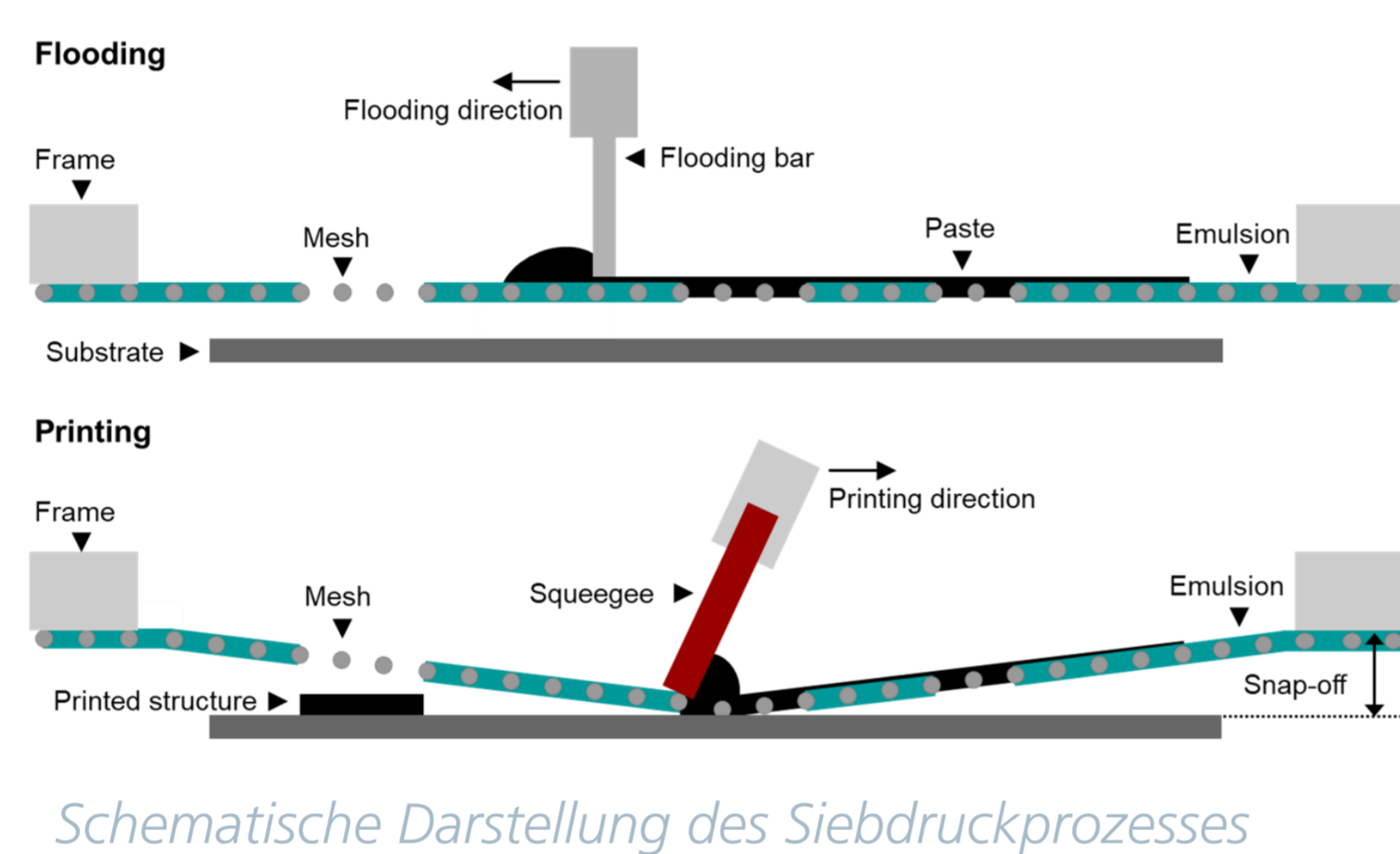
Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung - IFAM

Wiener Straße 12, 28359 Bremen, Germany

Die Produktion von Batteriezellen ist ein zentraler Aspekt für eine nachhaltige Energiewende und Durchsetzungskraft der Elektromobilität. In der industriellen Elektrodenfertigung dominieren derzeit energie- und ressourcenintensive Beschichtungsverfahren, vor allem die Trocknung der beschichteten Elektroden erfordert große Energiemengen. Durch den Einsatz der Siebdrucktechnologie für die Elektrodenherstellung auf Basis kostengünstiger Ausgangsmaterialien und wässriger Prozessierung, soll der Materialeinsatz optimiert, der Ausschuss verringert, sowie CAPEX und OPEX reduziert werden. Das gelingt bspw. durch geringeren Flächenbedarf oder weniger energieintensive Trocknung durch Multilagendruck, sowie formflexible Formate. Zudem eröffnet der Siebdruck die skalierbare Fertigung von „fully printed“ All-Solid-State Batterien.

## Der Siebdruckprozess

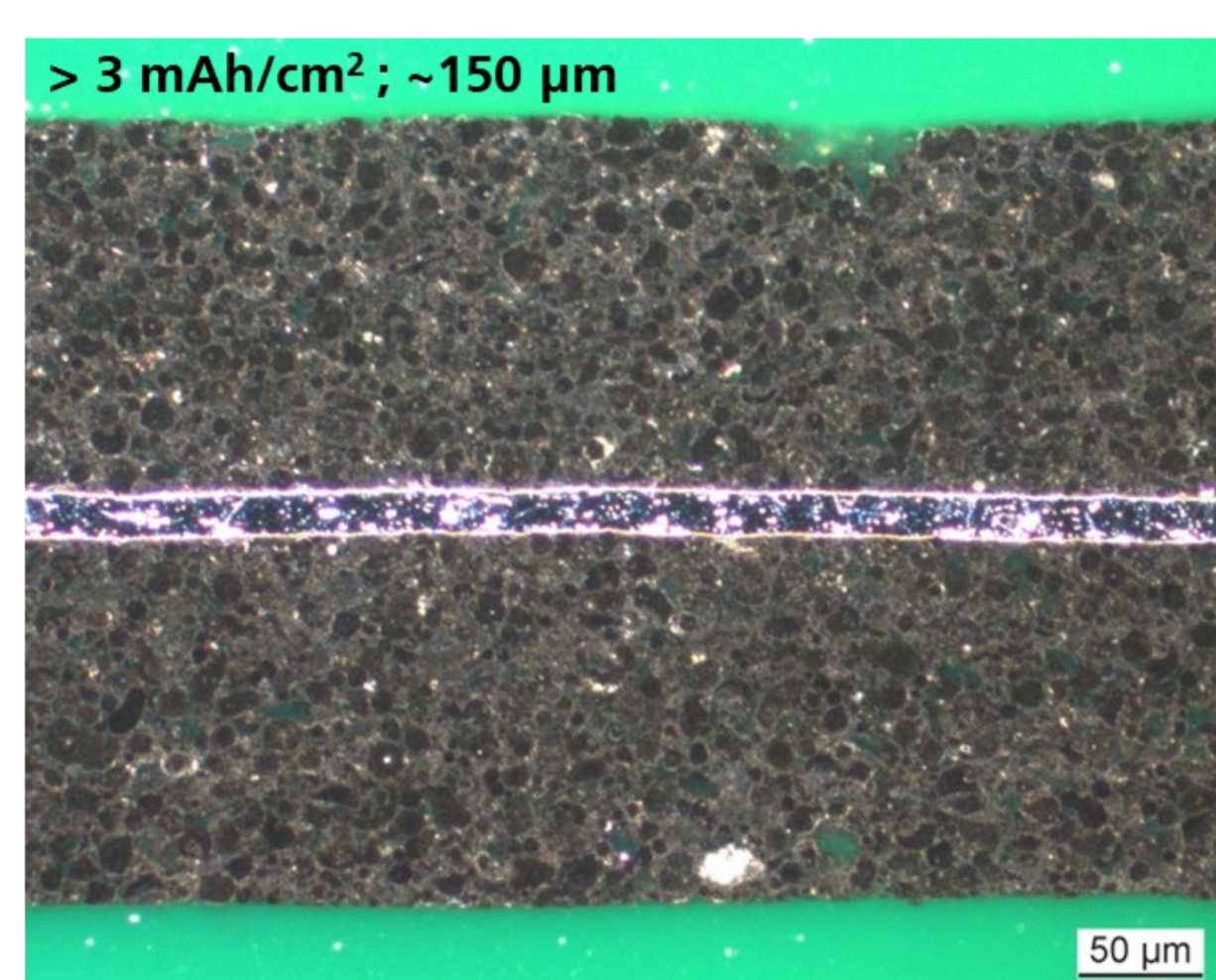
- Endformnah / Formflexibel
- Volumendefinierter Auftrag
- Hohe Durchsätze
- Multilagendruck
- Materialvielfalt
- Breites Prozessfenster bzgl. nutzbarer Pastenviskositäten



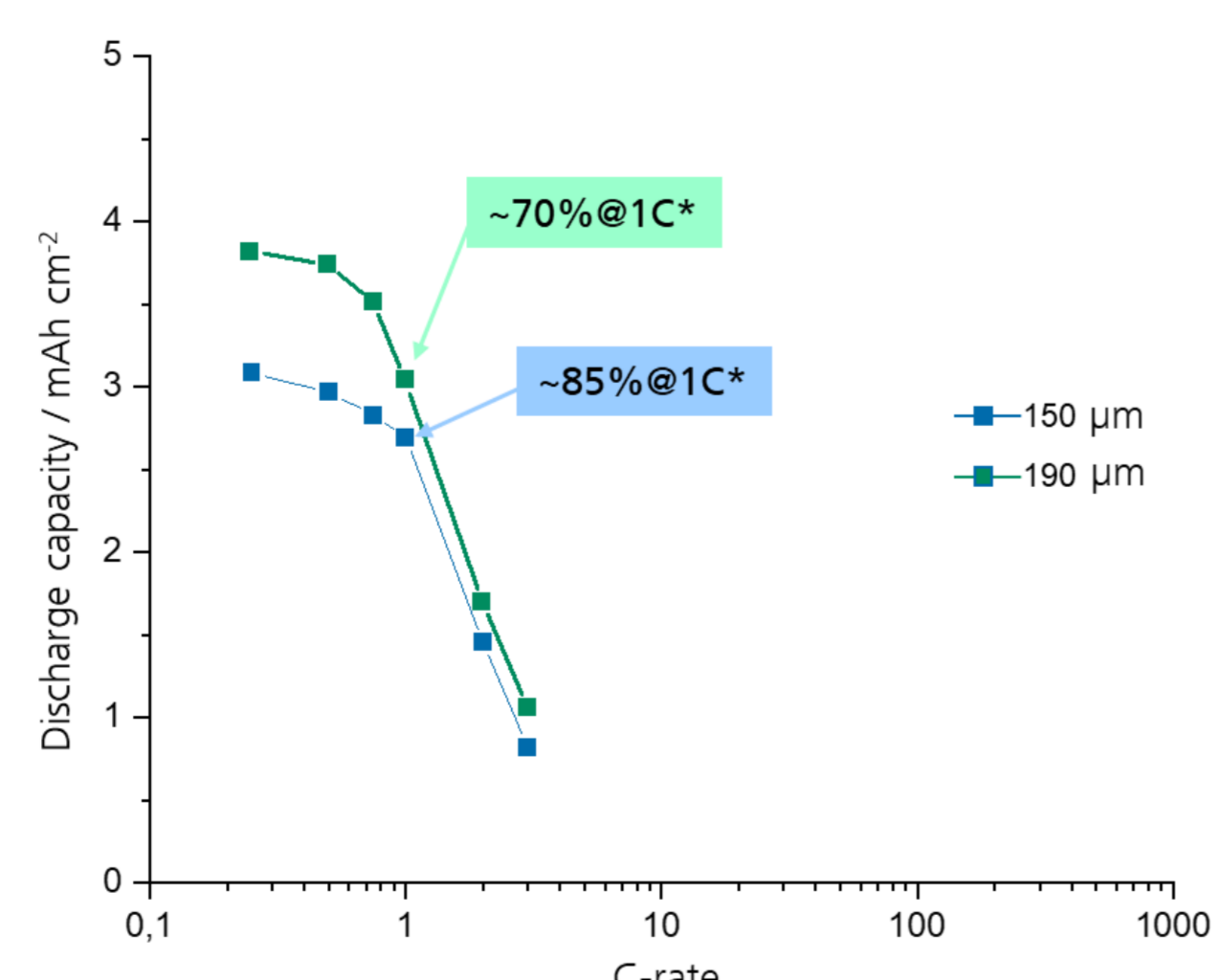
Fertigungslinie für gedruckte Elektroden: Substratabwicklung, Siebdrucker zur Beschichtung, modulare Trocknung (IR und Konvektion), Aufwicklung der Elektroden; Erweiterbare Kalander

## Herstellung und Performance von LFP-Dickschichtelektroden

LFP-Dickschichtelektroden können mittels Mehrfachbeschichtung per Siebdruck eine ökologisch und ökonomisch optimierte Variante zu NCM darstellen



Beidseitig beschichtete LFP-Elektrode mit erhöhten Flächenbelastungen

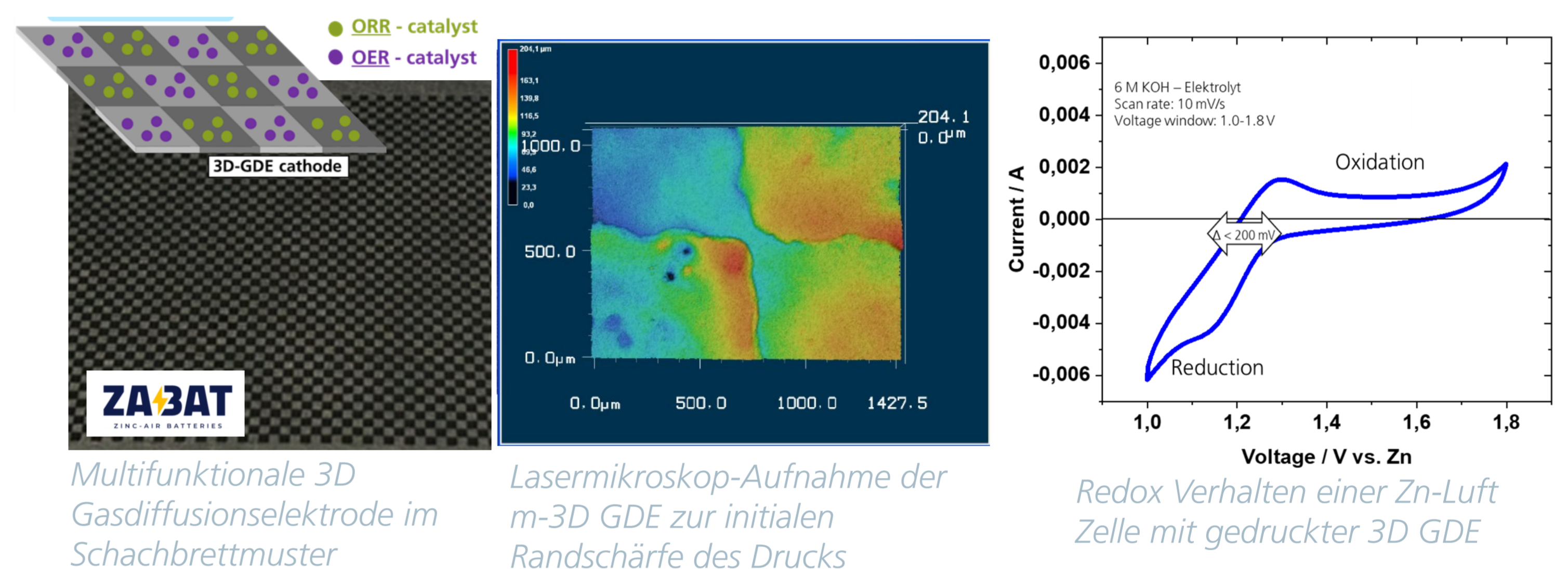


Erreichbare Entladekapazitäten in Abhängigkeit der C-Rate von siebgedruckten LFP-Dickschichtelektroden

- Vermeidung von ressourcen-kritischen, preistreibenden und umweltschädlichen Rohstoffen wie Cobalt und Nickel
- Intrinsisch sicherere Zellchemie
- Hohe Zyklenstabilität (Lebensdauer) und sicherer Betrieb
- Umsetzung einer High Energy LFP Zelle

## Formflexible Formate und Anwendungen für NextGen Batterien

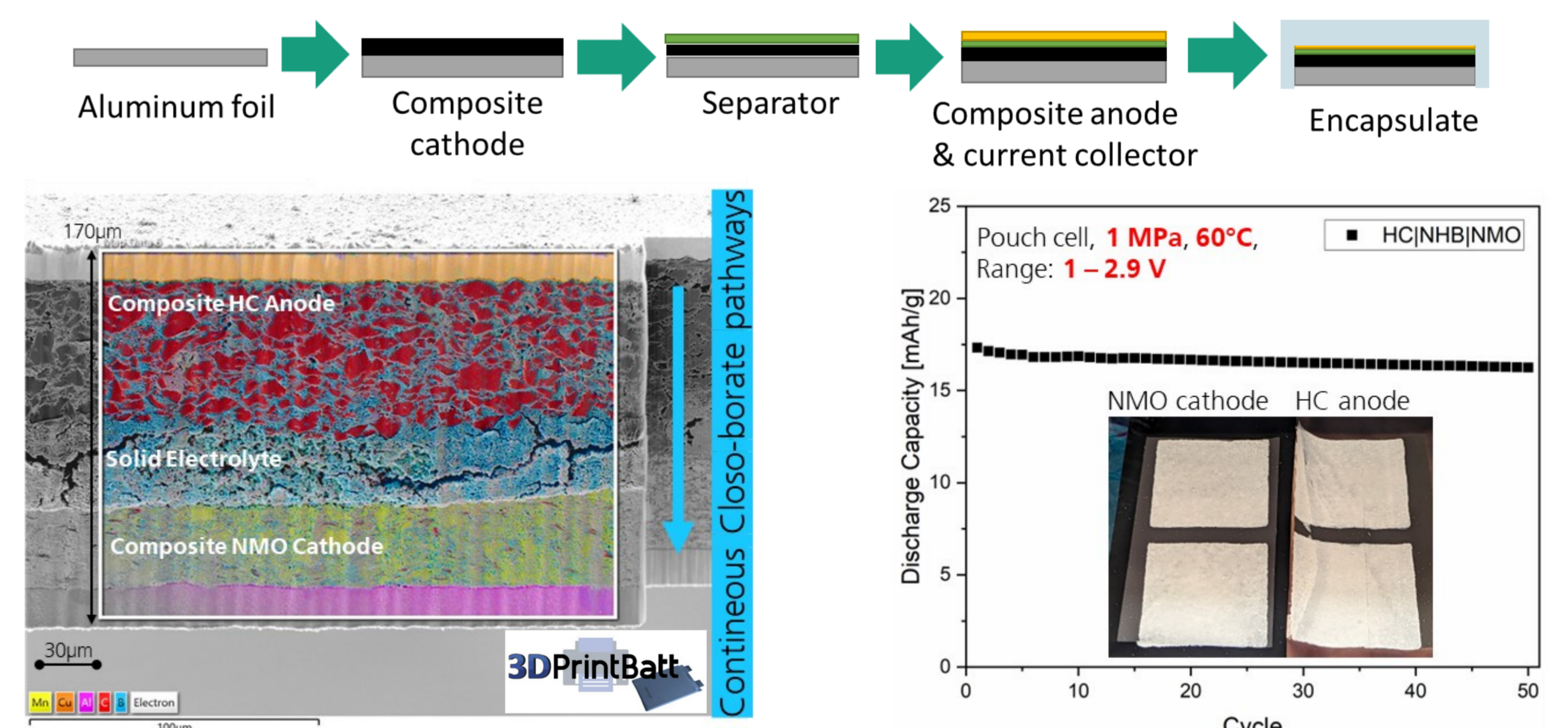
Durch formflexibles Drucken, das Verdrucken verschiedener Materialien auf einem Ableiter oder der Nutzung von Gradienten eröffnet der Siebdruck neue Möglichkeiten für aktuelle und NextGen Batterietechnologien.



- Realisierung einer multifunktionalen 3D GDE zur Erhöhung der Stromfähigkeit (Graphen Additive) und Ionenleitfähigkeit (Mesoporöse Kohlenstoffmatrix) und Einsatz Edelmetallfreier Katalysatoren für die ORR/OER
- Trennung von ORR- und OER-Reaktionszonen zur Erhöhung der mechanischen Stabilität der m-GDE GDE bei Wiederaufladung unter O<sub>2</sub>-Gasbildung

## Vollständig gedruckte All-Solid-State-Batterie

Der technische Siebdruck bietet alle Möglichkeiten, um eine vollständig gedruckte ASSB zu drucken (Beispiel: HardCarbon/Na<sub>4</sub>(B<sub>10</sub>H<sub>10</sub>)(B<sub>12</sub>H<sub>12</sub>)/Na<sub>0,44</sub>MnO<sub>2</sub>-Vollzelle)



Vollständig siebgedruckte ASSB mit Na<sub>0,44</sub>MnO<sub>2</sub> und HardCarbon sowie Na<sub>4</sub>(B<sub>10</sub>H<sub>10</sub>)(B<sub>12</sub>H<sub>12</sub>) als Festkörperelektrolyt in HR REM Querschnittsaufnahme [INAM GmbH] und Zyklisierung bei C/10

- Gleichmäßige Verteilung des Festkörperelektrolyten in der gesamten Zelle
- Stabiler Zyklenverlauf der vollständig gedruckten Vollzelle

## CAPEX / OPEX Einsparpotential und Validierung an Pilotlinie

- Höhere Feststoffgehalte resultieren in bis zu 20% weniger zu verdampfendem Wasser
- Konturgenauer Druck senkt die zu trocknende Fläche um etwa 10%
- Das sequenzielle Verfahren mit optionaler Infrarot- oder Laserunterstützung steigert die Effizienz der Resttrocknung um rund 20%
- Energieeinsparungen bei der Trocknung um 40% möglich
- Reduzierung des Energieverbrauchs der Gesamtlinie um etwa 20%
- Verknüpfung digitaler Fertigungsprozesse an modularer Pilotlinie zur Prozessvalidierung

## Kontakt

Dipl.-Ing. Mario Kohl  
Projektleiter Functional Printing  
Tel. +49 421 2246-174  
mario.kohl@ifam.fraunhofer.de

