

Inline-Prüfung von Elektrodenfolien für Lithium-Ionen-Batterien

Dr. Lili Chen, Dr. Ulana Cikalova, Tobias Stüwe, Dr. Beatrice Bendjus

Leistungsfähige und kostengünstige Energiespeicher sind eine Schlüsselkomponente für die Energiewende. Die weitere Reduzierung der Fertigungskosten von Lithium-Ionen-Batterien zur mobilen oder stationären Energiespeicherung ist durch die Senkung von Produktionsfehlern und daraus resultierenden Ausschussraten möglich. Wenn Mängel bereits früh im Fertigungsprozess, idealerweise noch vor der Weiterverarbeitung erkannt werden, sichert das die größtmögliche Qualität bei minimalem Ausschuss und damit auch eine nachhaltige und ressourcenschonende Batteriefertigung.

LSP zur schnellen Inline-Fehlererkennung und Porositätsbestimmung

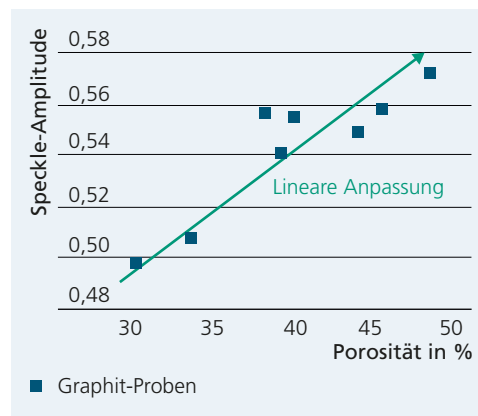
Die zeitaufgelöste Laser-Speckle-Photometrie (LSP) ist ein junges Verfahren für die optische Defektkontrolle. Mit ihr lassen sich Porosität und Oberflächendefekte verschiedener Art und Größe inline ermitteln. Im Vergleich zu konkurrierenden Messmethoden zeichnet sich die LSP durch einen einfachen, robusten Aufbau und geringe Kosten aus. Bei der LSP wird eine Oberfläche mit einer kohärenten Lichtquelle, beispielsweise einem Laser, beleuchtet. Dabei werden einzigartige Speckle-Muster erzeugt, die die morphologischen Informationen der Oberfläche enthalten. Diese werden von einer digitalen Zeilenkamera erfasst. Mit Hilfe von Bildverarbeitungsverfahren und Methoden des maschinellen Lernens können die in der Materialoberfläche vorhandenen Defekte durch Analyse der aufgezeichneten Speckle-Muster automatisch erkannt und klassifiziert werden.

Einsatz in der Batteriefertigung

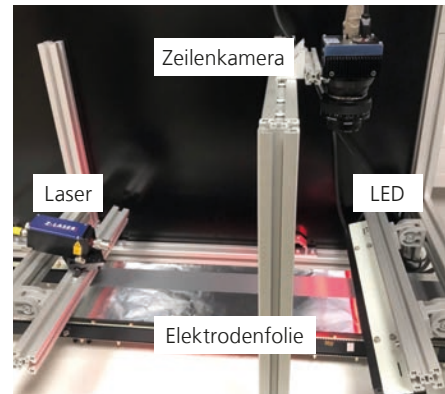
In der Batterieproduktion wird die LSP zur Inspektion der Elektrodenfolien in Rolle-zu-Rolle-Prozessen eingesetzt. Die optisch raue Oberfläche der Elektrodenfolie liefert die Reflexionsmuster nach Laseranregung, die die Grundlage für die Bewertung der Folienqualität bilden.

Dafür werden Anoden aus LTO (Lithium Titanat) in einem LSP-Labora Aufbau (statisch) aufgenommen und auf Vorhandensein von Agglomeraten charakterisiert. In einem weiteren, dynamischen Modus wird durch Erwärmung des Elektrodenmaterials die Porosität über die Änderung im Speckle-Muster bestimmt. Der aktuelle Versuchsaufbau erreicht eine Messgeschwindigkeit von 4 m/min bei einer 16 cm breiten Folie und eignet sich zum Nachweis von Agglomeraten größer 70 µm.

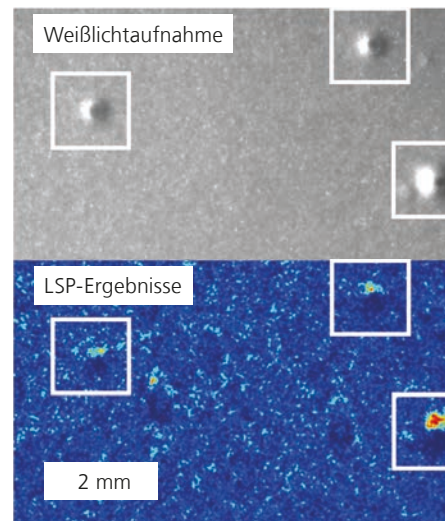
Die LSP-Technik wird derzeit auf die Herstellungsanlage von Batterieelektroden skaliert. Das umfasst u. a. die Prozessschritte Trocknen, Kalandrieren und Slitten.



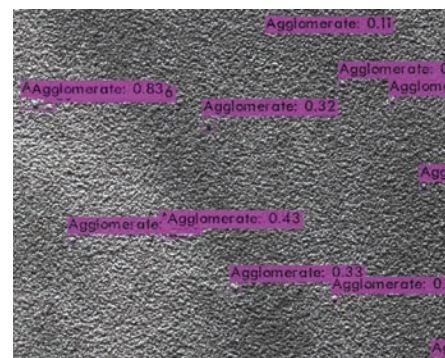
Abhängigkeit der Speckle-Amplitude von der Porosität des Elektrodenmaterials.



Versuchsaufbau der Laser-Speckle-Photometrie für die Defekterkennung an Elektrodenfolien.



Ergebnisse der Fehlererkennung. Oben: Weißlichtaufnahme mit Defekten. Unten: LSP-Ergebnisse nach Bildverarbeitung.



LSP-Ergebnisse der Fehlererkennung mittels maschinellen Lernalgorithmen.