



Bildverarbeitung und KI unterstützen hochwertige Batterieproduktion

Die Umstellung auf Elektrofahrzeuge geht überwiegend zögerlich voran. Dabei ist sie für die Erfüllung der Klimaziele notwendig: Nach Schätzungen entfällt rund ein Viertel der weltweiten Treibhausgasemissionen auf den Transportsektor. Aus diesem Grund ist die Weiterentwicklung von Elektrofahrzeugen und gerade auch von ihren Batterien von entscheidender Bedeutung. Industrielle Bildverarbeitung und künstliche Intelligenz (KI) unterstützen unter anderem bei der Qualitätskontrolle.

Matthias Moser

Laut einer vom World Resources Institute unter Verwendung von Daten der Internationalen Energieagentur durchgeführten Analyse waren 2022 weltweit 10 % der verkauften Personenkraftwagen vollelektrisch – das ist zehnmal mehr als fünf Jahre zuvor. Norwegen ist mit einem Anteil von 80 % vollelektrischer Pkw-Verkäufe führend, gefolgt von Island (41 %), Schweden (32 %), den Niederlanden (24 %) und China (22 %). Chinas Position ist dabei bemerkenswert: Als größter Automarkt der Welt hatte das Land 2022 mehr Verkäufe von Elektrofahrzeugen als der Rest der Welt zusammen. China hat strategisch in die Herstellung von Elektroautos investiert, und chinesische Verbraucher können inzwischen aus mehr als 300 Elektroautomodellen wählen.

In der Europäischen Union (12 %) und den Vereinigten Staaten (6 %) ist der Anteil der Elektrofahrzeuge an allen verkauften Pkw geringer, aber beide Märkte wachsen schnell.

In den USA hat der Marktführer Tesla 2023 die Preise aggressiv gesenkt, was die Wettbewerber unter Druck setzte, auch ihre Fahrzeuge erschwinglicher zu machen. Der Durchschnittspreis eines neuen Elektrofahrzeugs in den USA sank bis 2023 um 22 % auf 50 683 US-\$. Dadurch liegt der durchschnittliche Preisunterschied zwischen Elektrofahrzeugen und allen anderen Autos in den USA jetzt bei unter 3 000 US-\$. Dennoch übersteigt das Angebot an E-Autos derzeit die Nachfrage in den USA, da weder die Autohersteller noch die Käufer derzeit wissen, wie sich der Markt entwickeln wird. Diese prinzipielle Situation trifft auch auf Europa zu.

Faktoren, wie die Kosten von E-Fahrzeugen, die Reichweite und die Ladedauer, wirken sich auf die Wachstumsentwicklung aus. Experten gehen davon aus, dass die Technologie einen Wendepunkt erreichen wird, wenn ein E-Fahrzeug in der

Qualitativ hochwertige Batteriepakete sind die Grundlage für leistungsfähige Elektrofahrzeuge.





Bild: Teledyne DALSA



Bild: Tensor ID

Das Innere einer Lithium-Ionen-Batterie (links). KI verbessert die Inspektionleistung und wird zur Erkennung von Rost eingesetzt. Vier hochauflösende Kameras von Teledyne Dalsa werden zur Inspektion des Batteriemoduls eingesetzt (rechts).

Anschaffung und im Betrieb günstiger als ein herkömmliches Verbrennerfahrzeug wird. Dann soll die Wachstumskurve schnell nach oben gehen.

Trends bei Elektrofahrzeugen und Lithium-Ionen-Batterien

Das Herzstück von Elektrofahrzeugen ist die Batterie. Der heute am häufigsten in ihnen verbaute Batterietyp ist aufgrund seiner hohen Energiedichte und Spannung, seiner Stabilität, seines geringen Gewichts und seiner langen Lebensdauer die Lithium-Ionen-Batterie (LIB).

Laut Grandview Research ist die zunehmende Verbreitung von Elektrofahrzeugen ein Katalysator für den bemerkenswerten Anstieg der weltweiten LIB-Produktion. Die Größe des weltweiten LIB-Markts wurde 2023 auf 54,4 Mrd. US-\$ geschätzt und wird von 2024 bis 2030 voraussichtlich eine jährliche Wachstumsrate von 20,3% verzeichnen.

Regierungen und Industrien auf der ganzen Welt räumen dem Übergang zu einem nachhaltigen und umweltfreundlichen Transportwesen Priorität ein, indem sie Anreize zur Unterstützung der Klimaziele schaffen. LIB haben sich als Eckpfeiler der automobilen Transformation erwiesen. Die Batterien treiben Elektrofahrzeuge an und verleihen ihnen die nötige Reichweite und Leistung, um mit herkömmlichen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor konkurrieren zu können.

Die entscheidende Rolle von Batteriepaketen

Jedes Akkupaket besteht aus Modulen, und diese Module basieren auf einzelnen Zellen, die den bekannten AA-Batterien ähnlich sind. Wie im Tech as Briefs EV Battery Innovation Special Report erläutert, werden in vielen LIB zylindrische Zellen verwendet, da sie ausgereift und weniger teuer in der Herstellung sind. Seit 2008 sind die durchschnittlichen Kosten für ein LIB-Paket für Elektrofahrzeuge um 89% gesunken, von 1355 US-\$/kWh auf 153 US-\$/kWh im Jahr 2022. Es wird erwartet, dass sie bis 2026 weiter auf 100 US-\$/kWh sinken werden.

Zylindrische Zellen bestehen aus Anoden-, Separator- und Kathodenplatten, die ineinander geschoben und aufgerollt werden. Diese Zellen eignen sich gut für die automatisierte Fertigung und die Form erlaubt es der Zelle, einen höheren Innendruck ohne Verformung zu verkraften. Sie werden in einem sogenannten Clamshell-Gehäuse (einem muschelartigen Kunststoffgehäuse) untergebracht und ergeben ein Modul. Mehrere Module bilden dann das Batteriepaket, das ein Elektrofahrzeug antreibt. Für jedes Fahrzeug werden Hunderte bis Tausende von Batteriezellen benötigt. Dabei hat das Batteriepaket maßgeblichen Einfluss auf das Gewicht und die Kosten des fertigen Fahrzeugs.

Alan Eddy, Chief Technology Officer bei Tensor ID, einem Systemintegrator, der mit den größten Herstellern von Lithium-Ionen-Batterien und führenden Herstellern von Elektrofahrzeugen zusammenarbeitet, erklärt: „Bei der Inspektion von Batterien, die Elektrofahrzeuge antreiben, muss das Inspektionssystem mehrere Herausforderungen bewältigen, einschließlich einer gründlichen Prüfung jeder Batteriezelle auf Schäden, wie Rost oder Beulen. Wenn eine einzige Zelle beschädigt ist, verkürzt sich die Lebensdauer des gesamten Batteriepakets.“

Bildverarbeitung und KI unterstützen LIB-Inspektion

Die Qualitätskontrolle bei der Herstellung von Batterien stellt aufgrund der Schwankungen in der Produktion sowie der möglichen Auswirkungen von Defekten auf die Leistung und Sicherheit eine Herausforderung dar. Die Identifizierung interner Defekte, insbesondere mikroskopisch kleiner Fehler, erweist sich ebenfalls als anspruchsvoll. Hier kommen industrielle Bildverarbeitung und KI ins Spiel.

Im Zusammenhang mit der Batterieherstellung können Bildverarbeitungssysteme komplizierte Details mit unübertroffener Genauigkeit, Geschwindigkeit und Effizienz analysieren. Die Optimierung der Qualitätsprüfung erhöht die Lebensdauer der Batterie und ihre Fähigkeit, eine Ladung über längere Zeiträume zu halten.



Wenn ein Elektroauto ein 95-kWh-Batteriepaket enthält (wie bei einem Tesla Model S) und die Kosten pro kWh 150 US-\$ betragen, schlägt allein die Batterie mit 14 300 US-\$ bei den Produktionskosten zu Buche. Daher ist die Qualität der Batterien für die Hersteller von Elektrofahrzeugen ein entscheidender Faktor für die Garantiekosten, die Kundenzufriedenheit und das Image.

Bei Tensor ID entwickelt der Systemintegrator Bildverarbeitungssysteme für die Inspektion von fertigen Batteriezellen und -modulen. Prinzipiell kann Bildverarbeitung allerdings in jedem Stadium der Inspektion eingesetzt werden, auch bei der Herstellung und Montage, wie A. Eddy erklärt: „Seit Jahren liefern wir Kameras mit Barcode-Lesegeräten für diese Inspektionen, aber es gibt noch viel mehr, was die industrielle Bildverarbeitung betrifft. Um zu automatisieren und effizienter zu werden, müssen die Batteriehersteller jedes Element des Inspektionsprozesses von Anfang bis Ende neu betrachten.“

Für sein Inspektionssystem setzt Tensor ID auf Flächenkameras von Teledyne Dalsa. Mit ihm wird jede einzelne Batteriezelle geprüft – sowohl bei der gesamten Montage als auch kurz vor dem Aufsetzen des Clamshell-Gehäuses. Hierbei geht es um das Lesen des Barcodes, die Identifizierung von Rost und Dellen sowie die Bestimmung der Polarität.

Die Prüfschritte im Detail

Die einzelnen Batteriezellen werden in Kartons angeliefert und von einem Roboter zur Inspektion entnommen. Jede einzelne Batteriezelle muss inspiziert werden, bevor sie in das Clamshell-Modul eingesetzt wird, das Teil des Batteriepakets wird. Für die Inspektion des Batteriestapels verwendet Tensor ID vier Kameras vom Typ Genie Nano. Diese sind so positioniert, dass sie ein Bild aufnehmen, das aus einem gesamten, knapp 1 m breiten Stapel zusammengesetzt wird.

Bei der Inspektion auf Roststellen kommt eine KI-basierte Softwareplattform zum Einsatz, um die Bilder zu klassifizieren. „KI hat bei der Inspektion von Batterien einen echten Wandel herbeigeführt. Rost ist aufgrund der glänzenden, reflektierenden Oberfläche der Batteriezellen besonders schwer zu erkennen“, sagt A. Eddy. Das System von Tensor ID trainiert das KI-Modell mit dem KI-Trainings-Tool Astrocyte von Teledyne Dalsa, um den Unterschied zwischen Rost und anderen Anomalien, wie einem Fingerabdruck oder einem Staubfleck, zu erkennen. Das System ist dann in der Lage, Batteriezellen mit rostigen Stellen zu identifizieren und diese auszusortieren.

Vorteile der industriellen LIB-Inspektion

Einer der Hauptvorteile der Inspektion mit industriellen Bildverarbeitungssystemen ist ihre Genauigkeit, Präzision und die Fähigkeit, die höchsten Qualitätsstandards zu erfüllen. Herkömmliche Prüfverfahren können mikroskopisch kleine Fehler übersehen. Bildverarbeitungssysteme in Verbindung mit künstlicher Intelligenz hingegen sind in der Lage, selbst kleinste Mängel zu erkennen, zum Beispiel eine 130 µm kleine Delle. Die industrielle Bildverarbeitung verbessert nicht nur die Genauigkeit, sondern auch die Effizienz und Geschwindigkeit des

Prüfprozesses. Automatisierte Systeme können große Mengen von Batterien schnell analysieren und so Produktionszeit und -kosten senken. Diese Effizienz kommt nicht nur den Herstellern zugute, sondern trägt auch zur allgemeinen Skalierbarkeit der Produktion von Elektrofahrzeugen bei.

Trends bei Batterien und E-Fahrzeugen

Die Zukunft der Batterien für Elektrofahrzeuge ist vielversprechend und die Technologie entwickelt sich weiter. Zu den wichtigsten Trends gehört die Entwicklung von Festkörperbatterien, die eine höhere Energiedichte und Sicherheit bieten. Auch die nächste Generation von Materialien wird erforscht, um die Leistung und Nachhaltigkeit von Batterien zu verbessern. Die durchschnittliche Reichweite eines Elektroautos beträgt derzeit rund 350 km. Kobaltfreie Batterien könnten mit einer einzigen Ladung eine Reichweite von bis zu 800 km ermöglichen. Zudem werden neue Festkörperbatterien getestet, die in 7 min aufgeladen werden können.

Neben technologischen Fortschritten konzentriert sich die Branche auch auf Nachhaltigkeit. Dazu gehört die Erforschung innovativer Recyclingmethoden zur Minimierung der Umweltauswirkungen und die Verfolgung eines Kreislaufwirtschaftskonzepts, bei dem Materialien aus alten für neue Batterien wiederverwendet werden.

Fazit

Um den Übergang zu Elektrofahrzeugen erfolgreich zu gestalten, müssen sich die Hersteller darauf konzentrieren, LIB mit höchster Qualität zu gewährleisten, da sie eine der wichtigsten und teuersten Komponenten von Elektrofahrzeugen sind. Im dynamischen Markt der Herstellung von Batterien erweist sich die industrielle Bildverarbeitung als eine transformative Kraft. A. Eddy bilanziert: „Die Inspektion von Elektrofahrzeugbatterien ist komplex. Selbst wenn sie in nur 1% der Fälle scheitert, ist das bereits eine Menge.“ Durch die Kombination der Präzision von KI mit den Anforderungen der Qualitätskontrolle stellt die industrielle Bildverarbeitung die Batteriequalität sicher. Neben der Inspektion wird die KI zukünftig auch eine wichtige Rolle bei der Optimierung der Batterieleistung spielen. So können KI-Algorithmen große Datenmengen analysieren, um Batteriemanagementsysteme fein abzustimmen, die Effizienz zu verbessern und die Lebensdauer der Batterien zu verlängern. Intelligentes, KI-gesteuertes Laden ist ein weiterer Ansatzpunkt.

Mit Blick auf die Zukunft versprechen die Integration von KI, die Entwicklung moderner Batterietechnologien und das Engagement für Nachhaltigkeit eine Umgestaltung der Elektrofahrzeugproduktion. Damit wird nicht nur eine sauberere, sondern auch eine intelligentere und zuverlässigere Wahl für den Transport bereitgestellt.

www.teledynedalsa.com

Matthias Moser

Business Development Leader bei Teledyne Dalsa.