

Qualifikationsanforderungen: Die Rolle der beruflichen Bildung in der Batteriezellproduktion

SÖREN SCHÜTT-SAYED

Zusammenfassung

Die E-Mobilität sowie die steigende Nachfrage nach erneuerbaren Energien erfordern leistungsfähige Energiespeicher. Insbesondere Lithium-Ionen-Batterien werden in den nächsten Jahren weiterhin eine Schlüsselrolle spielen. Aus diesem Grund setzt Deutschland auf den Aufbau einer wettbewerbsfähigen und nachhaltigen Batteriezellfertigung. Allerdings stellt der Fachkräftemangel eine große Herausforderung dar.

Die vorliegende Studie analysiert hierzu die Qualifikationsanforderungen in der Batteriezellproduktion und überprüft, inwiefern bestehende Ausbildungsberufe auf diese Anforderungen vorbereiten. Dazu werden Weiterbildungsangebote inhaltlich analysiert, um darauf aufbauend eine quantitative Inhaltsanalyse von Ordnungsmitteln wesentlicher Berufsbilder durchzuführen. Die Ergebnisse zeigen, dass aktuelle Berufsbilder eine solide Basis bieten, jedoch spezifische Kompetenzen in Bereichen wie Elektrochemie, Zellmontage und Automatisierung erweiterbar sind.

Um dem Fachkräftemangel zu begegnen, wird empfohlen, neue Ausbildungsprogramme, Zusatzqualifikationen und gezielte Weiterbildungsmaßnahmen aufzusetzen. Langfristig könnte auch die Schaffung neuer, spezialisierter Berufsbilder zur nachhaltigen Sicherung des Fachkräftebedarfs in der Batteriebranche beitragen. Die Studie verdeutlicht die zentrale Rolle der beruflichen Bildung für den Erfolg der Batteriezellfertigung und deren Bedeutung für die Energiewende.

Abstract

E-mobility and the increasing demand for renewable energies require powerful energy storage systems. Lithium-ion batteries in particular will play a key role in the coming years. For this reason, Germany is focusing on establishing competitive and sustainable battery cell production. However, the shortage of skilled workers poses a major challenge.

This study analyzes the qualification requirements in battery cell production and examines the extent to which existing training occupations prepare for these requirements. To this end, the content of further training courses is analyzed in order to subsequently carry out a quantitative content analysis of the regulatory materials of key occupational profiles. The results show that current job profiles offer a solid basis, but

that specific skills in areas such as electrochemistry, cell assembly and automation can be expanded.

In order to counter the shortage of skilled workers, it is recommended that new training programs, additional qualifications and targeted further training measures be set up. In the long term, the creation of new, specialized job profiles could also help to secure a sustainable supply of skilled workers in the battery industry. The study highlights the central role of vocational training for the success of battery cell production and its importance for the energy transition.

Schlagwörter: Energiewende, Batteriezellfertigung, Fachkräftemangel, Qualifizierung und Weiterbildung, Lithium-Ionen-Batterien

1 Einleitung

Die 17 UN-Nachhaltigkeitsziele, die im Jahr 2015 mit der Agenda 2030 von 196 Mitgliedstaaten verabschiedet wurden, bilden einen globalen Rahmen für nachhaltige Entwicklung. Besonders Ziel 7 – „Bezahlbare und saubere Energie“ – ist zentral für die Mobilitäts- und Energiewende in Deutschland (Generalversammlung der Vereinten Nationen, 2015). Der verstärkte Einsatz von erneuerbaren Energien und die zunehmende Elektrifizierung von Industrie, Mobilität und Haushalten führen dazu, dass der Bedarf an leistungsfähigen Energiespeichern steigt. Hierbei nehmen Batterien eine Schlüsselrolle ein: Sie stabilisieren die schwankende Energieerzeugung aus Wind- und Sonnenkraft und sind zugleich essenziell für die Elektromobilität (Vollmer, 2020, S. 137).

Insbesondere Lithium-Ionen-Batterien (LIB) gelten als Schlüsseltechnologie für die Transformation des Energie- und Verkehrssektors. Die globale Nachfrage nach diesen Batterien ist in den vergangenen Jahren rasant gewachsen. Während der LIB-Markt vor 2020 ein durchschnittliches jährliches Wachstum von 25 Prozent verzeichnete, liegt das Wachstum seit 2020 bei über 40 Prozent. Besonders die Elektromobilität treibt diese Entwicklung voran, sodass in den kommenden Jahren weiterhin mit einem jährlichen Wachstum von 30 bis 40 Prozent zu rechnen ist (Michaelis et al., 2023b).

Um die technologische Souveränität zu sichern, ökologische Standards mitzugestalten und die heimische Wirtschaft zu stärken, hat Deutschland die Initiative „Batteriezellfertigung Deutschland“ ins Leben gerufen. Ziel ist es, eine wettbewerbsfähige und nachhaltige Batteriezellproduktion aufzubauen. Ein Beispiel für diese Strategie ist die geplante Batteriezellfabrik von Northvolt in Heide, die ab 2026 mit einer Produktionskapazität von 60 GWh pro Jahr zur Sicherung der europäischen Versorgung beitragen soll. Diese ambitionierten Ziele stehen jedoch vor einer großen Herausforderung: dem akuten Fachkräftemangel. Bis 2026 müssen allein für die Batteriezellproduktion in Heide jährlich zwischen 600 und 900 Fachkräfte aus- oder weitergebildet werden (QuW-LIB). Der steigende Qualifizierungsbedarf in der Batterieproduktion erfordert daher innovative Konzepte, um dem Fachkräftemangel entgegenzuwirken.

Das Projekt **QuW-LiB** („Qualifizierung und Weiterbildung zur Fachkräftesicherung in der Lithium-Ionen-Batterien-Industrie“) setzt genau an dieser Herausforderung an. Ziel ist die Entwicklung skalierbarer und praxisnaher Qualifizierungskonzepte, die klassische Schulungen mit digitalen Lernwelten kombinieren (QuWLiB). Durch den gezielten Einsatz ressourcenschonender Trainingsmethoden soll der Wissenstransfer effizient gestaltet und die Batteriefertigung in Deutschland nachhaltig gestärkt werden (QuW-LiB). Die Qualifizierung von Fachkräften ist somit ein zentraler Erfolgsfaktor für die Energiewende und den Aufbau einer wettbewerbsfähigen Batteriezellproduktion in Deutschland.

Vor diesem Hintergrund ist es das Anliegen dieses Beitrags, die folgenden zwei miteinander verbundenen Fragestellungen zu beantworten:

1. Welche Qualifikationsanforderungen sind im Bereich der Batteriezellproduktion notwendig?
2. Wie gut bereiten sog. aktuell angrenzende Berufsbilder – also Berufe, die unmittelbar mit den Prozessschritten der Batteriefertigung in Zusammenhang gebracht werden – darauf vor, um einen jährlichen prognostizierten Fachkräftebedarf für die Batterieherstellung decken zu können?

Um die erste Frage zu beantworten, stützt sich der Beitrag auf eine qualitative Inhaltsanalyse von sechs relevanten Weiterbildungsangeboten (EBA: European Battery Alliance, ALBATTs: Alliance for Batteries Technology, Training and Skills, ELLB: European Lithium-Ion Battery, QuW-LiB: Qualifikation und Weiterbildung von Fachkräften entlang der gesamten Wertschöpfungskette nachhaltiger Lithium-Ionen-Batterien, KOMBiH: Kompetenzentwicklung für Batterietechnologie in der Hauptstadtregion, QualiBatBW: Qualifizierung für Batterietechnologie in Baden-Württemberg, B³: Batterie Bildung Bayern), um bestehende Qualifizierungsanforderungen in der Batteriefertigung zu identifizieren und zu vergleichen. Ergänzend wird zur Beantwortung der zweiten Frage eine computergestützte quantitative Dokumentenanalyse ausgewählter Ordnungsmittel mithilfe von MaxQDA durchgeführt, um strukturelle Anforderungen und Kompetenzprofile datenbasiert auszuwerten. Durch die Zusammenführung der Ergebnisse wird herausgestellt, inwiefern gegenwärtige Berufsbilder für die Ausbildung von Fachkräften für die Prozessschritte in der Batteriezellfertigung geeignet sind.

Der Beitrag baut sich folgendermaßen auf: Nach den einleitenden Worten zur Relevanz und den Herausforderungen des Aufbaus einer Batteriezellfertigung in Deutschland (Kapitel 1) werden technologische Grundlagen sowie die spezifischen Qualifikationsanforderungen in der Batteriezellproduktion beleuchtet (Kapitel 2). Anschließend folgt eine Analyse von ausgewählten Berufsfeldern, um deren Eignung für den Quereinstieg in die Batteriezellfertigung zu bewerten (Kapitel 3). Zunächst werden die Ergebnisse der Analysen im Rahmen einer Diskussion kritisch reflektiert (Kapitel 4), bevor im abschließenden Kapitel (Kapitel 5) ein allgemeines Fazit gezogen und Empfehlungen aufgezeigt werden.

2 Technologische Grundlagen und Qualifikationsanforderungen in der Batteriezellproduktion

Die Bedeutung der Batteriezellfertigung in Europa bzw. Deutschland ist kaum zu überschätzen, insbesondere für die Automobilindustrie und Energiewirtschaft. Prognosen zum europäischen Bedarf an Batteriezellen zeigen, insbesondere auf Basis der Lithium-Ionen-Technologie, dass er bis zum Jahr 2030 um den Faktor 15 gegenüber dem Jahr 2020 wachsen wird (Bechberger, 2022, S. 11). Dies bedeutet laut einer Monitoring-Studie des Fraunhofer ISI „BEMA 2020 II – Begleitmaßnahme zur Förderinitiative Batteriematerialien für zukünftige elektromobile, stationäre und weitere industrierelevante Anwendungen (Batterie 2020)“, dass die Batteriezellproduktionskapazitäten in Europa um das Jahr 2030 bei bis zu 1 TWh pro Jahr liegen sollen (s. Abbildung 1).

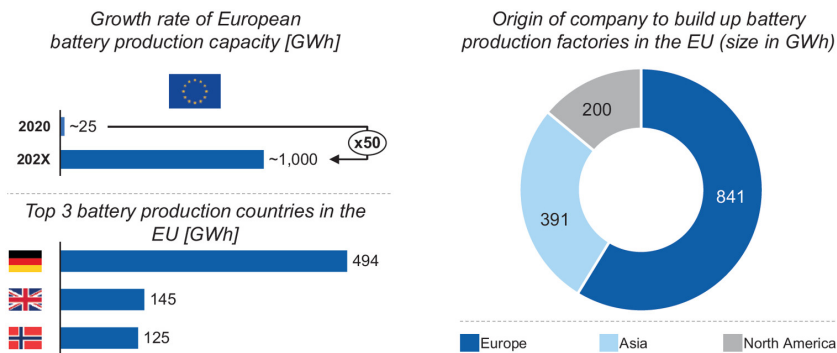


Abbildung 1: Europäisch geplante Batteriezellproduktionskapazitäten in GWh (Bockey et al. 2022)

Deutschland mit einer prognostizierten Produktionskapazität von ca. 460 GWh in 2030 bewegt sich dabei unter den Top drei Ländern in Europa (Bockey et al., 2022, S. 7). Dabei spielt der Standort der weltweit führenden Automobilhersteller eine treibende Rolle, weil Batterien als Schlüsseltechnologie für die zukünftige Elektromobilität betrachtet werden. Bislang ist Europa allerdings stark von asiatischen Zulieferern (vor allem aus China, Südkorea und Japan) abhängig. Durch den Aufbau einer eigenen Batteriezellproduktion können deutsche Automobilhersteller ihre Wertschöpfungsketten unabhängiger gestalten und sich langfristig wettbewerbsfähig halten.

Batterien sind aber nicht nur für Elektrofahrzeuge entscheidend, sondern auch für die Speicherung erneuerbarer Energien aus Wind- und Solarenergie. Durch den aktuell immer niedriger werdenden Preis von Lithium-Ionen-Batterien pro kWh steigt die Relevanz von Lithium-Ionen-Batterien auch für stationäre Systeme im Stromnetz (Statista, 2024). Nicht nur dieser Mehrbedarf rechtfertigt die lokale Fertigung, sondern auch die steigende Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen zur Beschleunigung der Energiewende in Deutschland.

Durch die Etablierung einer eigenen europäischen Batteriezellfertigung werden mehrere positive Effekte angestrebt. Einerseits bietet sich die Möglichkeit, nachhaltigere Produktionsmethoden und Recycling-Konzepte zu etablieren; andererseits können neue hochqualifizierte Arbeitsplätze in den Bereichen Chemie, Maschinenbau, Automatisierungstechnik und Softwareentwicklung geschaffen werden. Es wird davon ausgegangen, dass je GWh Batteriekapazität in etwa 40 Arbeitsplätze direkt in der Produktion von Batteriezellen und -modulen und nochmals mehr als 200 Arbeitsplätze in der vorgelagerten Wertschöpfungskette (Materialien, Forschung und Entwicklung (FuE), Maschinen- und Anlagenbauer) entstehen (Thielmann et al., 2020, S. 14). Effiziente Herstellungsverfahren, innovative Materialkonzepte und automatisierte Produktionsabläufe sind essenzielle Faktoren, um die Kosten zu senken, die Qualität zu verbessern und die Nachhaltigkeit der Zellfertigung zu gewährleisten. Daher ist es von besonderer Bedeutung, die technologische Entwicklung in diesem Bereich gezielt voranzutreiben.

Der Bedarf an Fachkräften hängt entscheidend von der verwendeten Schlüsseltechnologie und dem Produktionsprozess in der Batteriezellfertigung ab. Für eine effizientere, kostengünstigere und nachhaltigere Batterieproduktion spielen folgende vier Schlüsseltechnologien eine wesentliche Rolle:

1. **Materialtechnologien:** Kathodenmaterialien (Nickel-Kobalt-Mangan, Lithium-Eisen-Phosphat oder Feststoffelektrolyte), Anodenmaterialien (Graphit, Silizium-Graphit-Mischungen, Lithium-Metall), Elektrolyte (flüssige Elektrolyte, Polymer- oder keramische Festkörperelektrolyte) und Separatoren (polyolefinbasierte Separatoren, keramisch beschichtete Separatoren)
2. **Zellchemie und Design:** Weiterentwicklung der Lithium-Ionen-Technologie, alternative Zellchemien (Festkörperbatterien, Natrium-Ionen-Batterien), Optimierung des Zellformats (Pouch-Zellen, prismatische Zellen, zylindrische Zellen)
3. **Digitalisierung und Automatisierung:** KI-gestützte Prozessüberwachung und Qualitätskontrolle, predictive Maintenance zur Minimierung von Ausfallzeiten, automatisierte Produktionssteuerung und Robotik
4. **Recycling und Nachhaltigkeit:** Direktes Recycling von Kathodenmaterialien, effiziente Rückgewinnung von Lithium, Nickel und Kobalt, energieeffiziente Fertigungsverfahren zur CO₂-Reduktion

Der Produktionsprozess gliedert sich grob in drei Phasen (Michaelis et al., 2023a):

1. **Elektrodenfertigung:**
 - a) Mischen und Beschichten: Auftragen der aktiven Materialien auf die Elektrodenfolie
 - b) Trocknung und Kalanderung: Optimierung der Elektrodenstruktur für bessere Leitfähigkeit
 - c) Schneiden und Formgebung: Präzises Zuschneiden der Elektrodenfolien

2. Zellausschleifung
 - d) Stapeln oder Wickeln: Zusammenfügen von Anode, Separator und Kathode
 - e) Elektrolytbefüllung: Einführung der Elektrolytflüssigkeit unter kontrollierten Bedingungen
 - f) Verschließen der Zelle: Versiegelung von Pouch-, prismatischen oder zylindrischen Zellen
3. Formierung und Endprüfung
 - g) Erstladung und Formierung: Aktivierung der Zellchemie durch kontrollierte Ladezyklen
 - h) Aging-Prozesse: Stabilisierung der Zellperformance durch Lagerung und zyklische Tests
 - i) Qualitätskontrolle: Endprüfung auf Kapazität, Lebensdauer und Sicherheit

Aus diesen beiden Faktoren ergeben sich einerseits die zu erwartenden Zahlen an Fachkräften für die einzelnen Produktionsschritte und andererseits die spezifischen Qualifikationsanforderungen an die Fachkräfte.

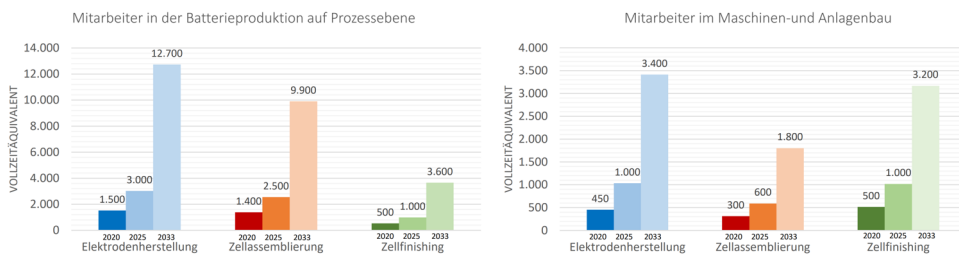


Abbildung 2: Beschäftigungsbedarf in der Batteriezellfertigung (Hettesheimer et al., 2018)

Die Abbildung 2 aus dem Kurzgutachten zu den Beschäftigungseffekten im Batterie-Maschinen- und Anlagenbau verdeutlicht, dass die Elektrodenherstellung und Zellausschleifung den höchsten Personalbedarf aufweisen, wobei dieser insbesondere in der Elektrodenherstellung bis 2033 auf das Achtfache ansteigen kann. Im Gegensatz dazu sind die Prozesse des Zellfinishings weniger personalintensiv, sodass das Wachstum hier moderater ausfällt. Zudem entstehen durch den Einsatz von Maschinen und Anlagen zusätzliche Beschäftigungseffekte, die besonders in der Elektrodenherstellung und im Zellfinishings ausgeprägt sind – Letztere erreichen bis 2030 nahezu das Niveau der direkten Produktion.

Die Qualifikationsanforderungen an die zukünftigen Beschäftigten unterliegen zusätzlich einem deutlichen Wandel. Unter der Prämisse, dass die Produktion in der Zellfertigung zunehmend automatisiert wird, sinkt der Bedarf an klassischen Mitarbeitenden in der Produktion, während gleichzeitig höher qualifizierte Fachkräfte in den Bereichen Robotik, KI, Automatisierung und Batterietechnologie stärker gefragt sind. Zudem wächst die Nachfrage nach Fachkräften, die Innovationen in Zellchemie, Materialwissenschaften und Recycling vorantreiben. Aufgrund der hohen Qualitäts-

standards in der Batterieproduktion verändern sich ebenso die Anforderungen, da moderne Technologien wie „predictive Maintenance“ und „KI-gestützte Fehlererkennung“ eine gewisse Spezialisierung erfordern.

3 Analyse relevanter Berufsfelder und ihre Eignung für die Batteriezellfertigung

Auch wenn die Herstellung von Batteriezellen ein hochkomplexer Prozess ist, der eine Vielzahl an neuen Kompetenzen erfordern wird, sind weiterhin spezifische Fähigkeiten der aktuellen Batterieproduktion gefragt. Hierbei handelt es sich nicht nur um spezifische technische Fähigkeiten, sondern auch um übergreifende Qualifikationen in den Bereichen Qualitätssicherung, Prozessverständnis und Nachhaltigkeit. Aus der Analyse bereits bestehender Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen – z. B. European Battery Alliance (EBA) ACADEMY – INNO Energy Skills Institute, über 80 Kurse, Alliance for Batteries Technology, Training and Skills (Albatts), Europäisches Lernlabor Batterie-zelle (ELLB – Fraunhofer Münster), KOMBiH, QualiBat-BW – wurden 7 Kategorien und ca. 50 Schlagworte identifiziert.

Tabelle 1: Kategorienschema zur Analyse der Qualifikationsanforderungen in der Batteriezellfertigung

Kategorien	Schlüsselwörter (Beispiele)
Chemische Prozesse und Materialien	Elektrolyt, Anode, Kathode, Lithium-Ionen, ...
Materialien und Werkstoffe	Metallfolien, Separator, Kunststoffverarbeitung, ...
Produktionsprozesse und Automatisierung	Automatisierungstechnik, Produktionsanlage, Beschichtungsverfahren, Trockenraumtechnik, ...
Qualitätsmanagement und Prüfung	Qualitätskontrolle, Prüfverfahren, Fehleranalyse, ...
Sicherheitsaspekte	Arbeitssicherheit, Gefahrstoffe, Explosionsschutz, ...
Technologische Kompetenzen und Elektronik	Elektrische Messungen, Ladetechnik, Sensortechnik, ...
Grundlagen in Physik und Chemie	Elektrochemie, Energie- und Leistungsdichte, ...

Für die anschließende Dokumentenanalyse wurden relevante Berufsbilder hergeleitet. Dazu wurden Ergebnisse aus bestehenden Studien als Grundlage für die Analyse herangezogen und durch gezielte Gespräche mit Experten von Northvolt und Customcells ergänzt. Folgende Studien sind verwendet worden:

- Hackel, Monika; Blötz, Ulrich; Reymers, Magret (2015): Diffusion neuer Technologien. Veränderungen von Arbeitsaufgaben und Qualifikationsanforderungen im produzierenden Gewerbe: eine deskriptive Analyse zur Technologiedauerbeobachtung. Unter Mitarbeit von Ulrike Eckstein und Maren Petersen. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag GmbH & Co. KG (Berichte zur beruflichen Bildung).

- Hettesheimer, Tim; Thielmann, Axel; Neef, Christoph (2018). Kurzgutachten zur Beschäftigungsauswirkung einer Batteriezellproduktion in Europa: Beschäftigungseffekte und Wertschöpfungsketten im Batterie-Maschinen- und Anlagenbau. Im Auftrag des VDMA. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe, Oktober 2018.
- Thielmann, Axel; Hettesheimer, Tim; Wietschel, Martin; Funke, Simon (2021). Battery Expert Needs: Skills and Education Needs along the Battery Value Chain – Towards 2030. Im Auftrag von EIT RawMaterials. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe, März 2021.
- Arnold-Triangeli, Linda; Birner, Nadine; Busch-Heizmann, Anne; Johnsen, Doris; Kelterborn, Peggy; Maschke, Mira; Sprung, Christoph (2023). Eine Bestandsaufnahme zur Fachkräftesituation in der Batterieindustrie in Deutschland: Wie Unternehmen ihren Fachkräftebedarf durch die Förderung von Diversität sichern können. Herausgegeben von der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz. Berlin, Mai 2023.

Insgesamt konnten 11 für die Batteriezellproduktion relevante Ausbildungsberufe herausgestellt und den einzelnen Produktionsschritten zugeordnet werden. Einige Ausbildungsberufe sind dabei übergreifend, d. h. dass sie in allen Prozessschritten relevant sind. Andere Berufe konnten mehreren Schritten zugeordnet werden, wie z. B. der Ausbildungsberuf des/der Chemikanten/Chemikantin (s. Tabelle 2).

Tabelle 2: Für die Prozessschritte der Batteriefertigung relevanten Ausbildungsberufe

Bereich	Ausbildungsberuf (schwerpunktmäßig)
Elektrodenfertigung	Chemikant*in, Produktionsfachkraft Chemie, Werkstoffprüfer*in, Produktionstechnolog*in, Verfahrensmechaniker*in, Papiertechnolog*in
Zellassemblierung	Elektroniker*in für Automatisierungstechnik, Elektroniker*in für Betriebstechnik, Elektroniker für Geräte und Systeme
Zellfinishing	Werkstoffprüfer*in, Physikalaborant*in, Chemikant*in
Übergreifend	Maschinen- und Anlagenführer/-in, Mechatroniker*in, Fachinformatiker für Systemintegration

Die Ordnungsmittel (Ausbildungsrahmenplan und Rahmenlehrpläne) der 11 ausgewählten Ausbildungsberufe wurden in einem nächsten Schritt einer qualitativen Inhaltsanalyse unterzogen. Für die computergestützte und automatische quantitative Inhaltsanalyse sind die ermittelten Begrifflichkeiten in den Diktionär von MAXQDA überführt worden. Mit dem Diktionär konnte das Vorkommen der Kategorien mit den jeweiligen Suchwörtern in den einzelnen Ordnungsmitteln erhoben und verglichen werden. Die Nennungshäufigkeit der Formulierungen in den einzelnen Ordnungsmitteln pro Ausbildungsberuf wurde anschließend deskriptiv ausgewertet und kategorisiert. Die Häufigkeiten wurden so bewertet, dass keine Nennung der Schlüsselwörter in

einer Kategorie als „keine Relevanz“ interpretiert wurde. Nennungen zwischen 1 und 10 wurden als „geringe Relevanz“ ausgewiesen. Und in den Kategorien, in denen mehr als 10 Nennungen gefunden wurden, sind mit „Hohe Relevanz“ ins Ergebnis einbezogen worden.

Die Tabelle 3 zeigt aus Gründen der Übersicht lediglich sechs Ausbildungsberufe, die als repräsentativ für Berufsgruppen „Chemie-“, „Elektro-“ und „Informationstechnik“ stehen sollen. Es zeigt anhand einschlägiger Ausbildungsberufe, wie relevant das Thema der Batteriezellfertigung ist.

Tabelle 3: Übersicht der in der Batteriezellfertigung relevanten Qualifikationsanforderungen in ausgewählten Ausbildungsberufen

Kategorie	Fachinformatiker*in	Elektroniker*in	Chemielaborant*in	Papiertechnologe*in	Verfahrensmechaniker*in Beschichtungstechnik	Maschinen- und Anlagenführer*in
Chemische Prozesse	Keine Relevanz	Keine Relevanz	Hohe Relevanz	Hohe Relevanz	Hohe Relevanz	Geringe Relevanz
Materialien und Werkstoffe	Keine Relevanz	Keine Relevanz	Geringe Relevanz	Hohe Relevanz	Hohe Relevanz	Geringe Relevanz
Produktionsprozesse & Automatisierung	Geringe Relevanz	Hohe Relevanz	Geringe Relevanz	Hohe Relevanz	Geringe Relevanz	Hohe Relevanz
Qualitätsmanagement & Prüfung	Geringe Relevanz	Geringe Relevanz	Geringe Relevanz	Geringe Relevanz	Geringe Relevanz	Geringe Relevanz
Sicherheitsaspekte	Geringe Relevanz	Geringe Relevanz	Hohe Relevanz	Hohe Relevanz	Hohe Relevanz	Hohe Relevanz
Technologische Kompetenzen & Elektronik	Geringe Relevanz	Geringe Relevanz	Geringe Relevanz	Geringe Relevanz	Hohe Relevanz	Geringe Relevanz
Fertigungstechniken & Prozesse	Geringe Relevanz	Geringe Relevanz	Geringe Relevanz	Geringe Relevanz	Geringe Relevanz	Geringe Relevanz
Grundlagen in Physik & Chemie	Keine Relevanz	Keine Relevanz	Hohe Relevanz	Geringe Relevanz	Hohe Relevanz	Geringe Relevanz

4 Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse der quantitativen Inhaltsanalyse zeigen, dass die für die Batteriezellfertigung benötigten Kompetenzen und Inhalte grundsätzlich über alle analysierten Ausbildungsordnungen hinweg abgedeckt werden. Dabei wird deutlich, dass es Ausbildungs-

berufe gibt, deren Ordnungsmittel sich auf spezifische Inhalts- und Kompetenzbereiche der Zellfertigung beziehen:

- Physikalaborant*in, Chemielaborant*in, Produktionsfachkraft Chemie, Verfahrensmechaniker*in Beschichtungstechnik und Werkstoffprüfer*in weisen eine hohe Relevanz in chemischen Prozessen, Materialien & Werkstoffen, Sicherheitsaspekten sowie Qualitätsmanagement auf.
- Elektroniker*in und Mechatroniker*in sind stark in den Bereichen Produktionsprozesse & Automatisierung, technologische Kompetenzen & Elektronik sowie Sicherheitsaspekte verankert. Die Automatisierung von Fertigungsprozessen wird durch diese Berufe besonders gut abgedeckt.
- Fachinformatiker*innen haben fast keine Verankerung in chemischen und physikalischen Prozessen oder Fertigungstechniken, lediglich ein geringer Bezug zur technologischen Kompetenz & Elektronik besteht. Ihre Relevanz speist sich vorrangig aus der Zukunftsperspektive, wonach sie für die Bereiche KI im Zusammenhang mit der Automatisierung stärker gefragt sein werden.
- Werkstoffprüfer*innen, Verfahrensmechaniker*innen Beschichtungstechnik und Chemielaborant*innen weisen eine hohe Bedeutung für das Qualitätsmanagement & Prüfung auf.
- Sicherheitsaspekte sind besonders in den Berufen Physikalaborant*in, Produktionsfachkraft Chemie, Mechatroniker*in und Verfahrensmechaniker*in Beschichtungstechnik stark ausgeprägt, was essenziell für die sichere Handhabung von Batteriezellmaterialien ist.
- Bei den Maschinen- und Anlagenführer*in zeigt sich eine eher moderate Verankerung in Produktionsprozesse & Automatisierung, aber wenig Tiefe in relevanten Bereichen wie chemische Prozesse oder Materialwissenschaften.

Insgesamt betrachtet bieten die jetzigen Berufsbilder eine solide Grundlage für die Etablierung der Produktion von Lithium-Ionen-Batterien in Deutschland. Allerdings gilt bei vertiefter Betrachtung der Inhaltsanalyse, dass ganz konkret spezifische Kenntnisse bzw. bestimmte Schlüsselbegriffe kaum oder gar nicht vorkommen. In den folgenden Bereichen sind für die Batteriezellproduktion spezifische Begrifflichkeiten unterrepräsentiert:

- Chemische Prozesse: Begriffe wie Elektrolyt, Anode, Kathode, Lithium-Ionen, elektrochemische Prozesse kommen fast gar nicht vor, außer in wenigen chemienahen Berufen (z. B. Chemielaborant, Produktionsfachkraft Chemie).
- Materialien und Werkstoffe: Begriffe wie Separator, Metallfolien, Elektroden sind in fast allen Berufen kaum vertreten.
- Batteriezellfertigung und spezifische Produktionsprozesse: Begriffe wie Zellmontage, Trockenraumtechnik, Batteriezellmontage, Laserschweißen, Rollenschneidverfahren tauchen in fast keinem der untersuchten Dokumente auf.
- Technologische Kompetenzen: Batterie-Management-System (BMS), Ladetechnik, Elektromobilität* werden ebenfalls selten genannt.

Für eine verstärkte Etablierung der Batteriezellfertigung in Deutschland lassen sich in Bezug auf die berufliche Bildung wiederum folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Notwendigkeit neuer Ausbildungsschwerpunkte oder Zusatzqualifikationen: Bestehende Ausbildungen müssten stärker um Batteriezelltechnologien, Elektrochemie und Automatisierungstechnik in der Batterieproduktion ergänzt werden. Zusätzlich sollte über Kurse in Laserschweißen, Trockenraumtechnik, Elektrochemie und Zellmontage für bereits ausgebildete Fachkräfte nachgedacht werden.
- Erhöhter Schulungsbedarf für bestehende Fachkräfte: Die Zukunft der Batterietechnologie erfordert präzisere Kenntnisse in der Verarbeitung von Lithium-Ionen-Materialien, Dünnschichttechnologien, Laserschweißen und Zellmontageprozessen. Da viele Fachkräfte nicht die notwendigen Kompetenzen haben, müssten Unternehmen verstärkt auf Weiterbildungen und spezialisierte Qualifikationen setzen. Dies wird besonders relevant für Berufsbilder wie Mechatroniker*in, Elektroniker*in und Verfahrenstechnologen.
- Sofern abzusehen ist, dass die Batteriefertigung sich wirklich in Deutschland verstärkt ansiedeln wird, sollte über spezialisierte Ausbildungsberufe für Batteriezellfertigung nachgedacht werden. Mögliche neue Berufe könnten beispielsweise die „Fachkraft für Batteriezellproduktion“, der/die „Batterietechniker*in für Elektromobilität“ oder aber auch der/die Lithium-Ionen-Verfahrenstechniker*in sein.

Inwieweit gezielte Anpassungen der Ausbildungsziele und -inhalte, die Schaffung neuer Berufsbilder und verstärkte Weiterbildungsmaßnahmen erforderlich sind, um Fachkräfte für die Zukunft der Batterieproduktion vorzubereiten, wird sich in den nächsten Jahren bis 2030 zeigen. Die aktuell schwierige finanzielle Lage bei Northvolt zeigt, dass die Ansiedlung europäischer Unternehmen in der Batteriezellfertigung mit vielen Herausforderungen verbunden ist. Um eine ausreichende Qualität der Produktion herzustellen, bedarf es meist langjähriger Erfahrungen, insbesondere die Herstellung des Kathodenmaterials der Lithium-Ionen-Batterie scheint eine große Produktionshürde darzustellen. China ist daher gegenwärtig durch die langjährigen Produktionserfahrungen in allen Bereichen dominierend. Die dort ansässigen Batterieproduzenten verfügen einerseits über einen technologischen Fortschritt und andererseits sind sie günstiger. Inwiefern europäische Unternehmen aufschließen können, wird sich erst langfristig zeigen. Sofern es den europäischen Akteuren gelingt, technologische Innovationen wie Festkörperbatterien zur Marktreife zu bringen oder die Trockenbeschichtung von Elektroden zu skalieren, bestehen gute Chancen, sich auf dem Batteriemarkt zu etablieren. Der Erfolg europäischer Produktionskapazitätssteigerungen hängt damit wesentlich von staatlicher Unterstützung in Forschung und Entwicklung, technologischer Innovation (z. B. Solid-State-Batterien) und einem starken industriellen Ökosystem (Maschinenbaustandort Deutschland) ab.

5 Fazit und Ausblick

Die vorliegende Studie hat gezeigt, dass das bestehende Berufsbildungssystem eine solide Grundlage bietet, um den Fachkräftebedarf in der Batteriezellfertigung weitgehend zu decken. Dennoch zeigt die Analyse der Ordnungsmittel der ausgewählten Ausbildungsberufe, dass in spezifischen batterietechnologischen Bereichen Anpassungsbedarfe bestehen, wie z. B. die Integration von Verfahren zur Herstellung von Elektrolyten, die Produktion von Anoden- bzw. Kathodenmaterialien oder die Berücksichtigung der Trockenraumtechnik bzw. Batteriezellmontage etc. Die Verankerung dieser Inhalte ist eine wesentliche Voraussetzung, um die technologische Innovationskraft der Branche nachhaltig unterstützen zu können. Eine qualitativ hochwertige Produktion von Lithium-Ionen-Batterien erfordert gut ausgebildete Fachkräfte und gezielte Qualifikationsmaßnahmen. Die aktuellen Herausforderungen bei Northvolt mit den Qualitätsproblemen in der Produktion durch die hohen Ausschussraten weisen darauf hin, dass eine optimale Sicherung der Qualität nur durch spezialisierte und kompetente Fachkräfte zu bewältigen ist.

Darüber hinaus ist besonders entscheidend, politische und unternehmerische Rahmenbedingungen zu schaffen, die durch transparente Entscheidungen Planungssicherheit und Verlässlichkeit gewährleisten. Beispielsweise waren die im Jahr 2024 gemachten Kürzungen der Fördermittel für die Batterieforschung im Zuge der Streichung des Klima- und Transformationsfonds ein fatales Zeichen für alle Forschungseinrichtungen und Unternehmen, um eine langfristige Strategie verfolgen zu können. Solche Entscheidungen gefährden die Entwicklung wichtiger Zukunftstechnologien und stellen neu entwickelte Qualifizierungsmaßnahmen in Frage. Zum einen besteht nämlich weiterhin erheblicher Forschungsbedarf, insbesondere im Bereich der Produktionsprozesse, wie beispielsweise der Trockenbeschichtung von Elektroden oder der Entwicklung neuer Zellchemien auf Basis innovativer Materialien wie Natrium-Ionen-Batterien oder Curved Graphene (MDR Sachsen-Anhalt, 2025). Zum anderen sind diese Neuentwicklungen für die Durchsetzung einer Technologie entscheidend und müssen früher oder später von ausgebildeten Fachkräften umgesetzt werden. Um dementsprechend auf die Bedarfe an Fachkräften zeitnah reagieren zu können, sind klare politische und unternehmerische Rahmenbedingungen eine Grundvoraussetzung. Vor diesem unsicheren Hintergrund stellt sich dann die Frage, wie die Integration neuer technologischer Innovationen in einen für die Energiewende relevanten Wirtschaftsbereich, wie z. B. die Produktion von Lithium-Ionen-Batterien in Deutschland, durch die berufliche Bildung dennoch optimal unterstützt werden kann.

Literatur

- Bechberger, M., Gieschen, J.-H., Spreen, A., Bierau-Delpont, F., & Wolf, S. (2022). Die Bedeutung regionaler Wertschöpfungsstrukturen in der Batterieindustrie: Anknüpfungs- und Transferpotenziale für das Batterie-Ökosystem an regionale Wirtschaftsstrukturen in Deutschland und Europa. VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz.
- Bockey, G., Kampker, A., Dorn, B., Offermanns, C., Wennemar, S., Clever, H., Sasse, K. F., Vienenkötter, J., Locke, M. A., Soldan Cattani, N., Kisseler, N., Michaelis, S., Schüttrumpf, J. (2022). Battery atlas 2022: Shaping the European lithium-ion battery industry (Heiner Hans Heimes & Mischa Wyboris, Hrsg.). PEM of RWTH Aachen; VDMA. Fraunhofer-ISI (Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung). (2022, 17. November). Batteriezellfertigung in Europa könnte sich bis 2030 verzehnfachen. [Pressemitteilung]. Verfügbar unter: <https://www.isi.fraunhofer.de/de/presse/2022/presseinfo-17-Batteriezellfertigung-Verzehnfachung-2030.html>
- Generalversammlung der Vereinten Nationen. (2015). Transforming our world: The agenda 2030 for sustainable development. Resolution der Generalversammlung, verabschiedet am 1. September 2015. A/RES/69/315. <http://www.un.org/Depts/german/gv-70/band1/ar70001.pdf> (zuletzt geprüft am 06.01.2017).
- Hackel, M., Blötz, U., & Reymers, M. (2015). Diffusion neuer Technologien: Veränderungen von Arbeitsaufgaben und Qualifikationsanforderungen im produzierenden Gewerbe: eine deskriptive Analyse zur Technologiedauerbeobachtung. W. Bertelsmann Verlag GmbH & Co. KG.
- Hettesheimer, T., Thielmann, A., & Neef, C. (2018). Beschäftigungseffekte und Wertschöpfungsketten im Batterie-Maschinen- und Anlagenbau. <https://publica.fraunhofer.de/handle/publica/299466>
- MDR Sachsen-Anhalt. (5. Februar 2025). Energiespeicher: Chemiepark Bitterfeld investiert in Batterie-Materialien. Verfügbar unter: <https://www.mdr.de/nachrichten/sachsen-anhalt/dessau/bitterfeld/energiespeicher-chemiepark-batterie-material-104.html>
- Michaelis, S., Schüttrumpf, J., Heimes, H. H., Wennemar, S., Kampker, A., Bockey, G., & Plocher, L. (2023a). Produktionsprozess einer Lithium-Ionen-Batteriezelle (4. Aufl.). PEM der RWTH Aachen; VDMA.
- Michaelis, S., Schüttrumpf, J., Kampker, A., Heimes, H. H., Dorn, B., & Wennemar, S. (2023b). Roadmap Batterie-Produktionsmittel 2030: Update 2023. Online verfügbar unter <https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/e847dbb9-6a0d-483c-a9bf-b7ce6611135e/details>
- QuW-LIB – Qualifikation und Weiterbildung von Fachkräften entlang der gesamten Wertschöpfungskette nachhaltiger Lithium-Ionen-Batterien. <https://quw-lib.de/projekt/>. (Zugriff am 15.02.2025).
- Statista. (2024). Weltweite Preise für Lithium-Ionen-Akkus. Verfügbar unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/534429/umfrage/weltweite-preise-fuer-lithium-ionen-akkus/>

- Thielmann, A., Wietschel, M., Funke, S., Grimm, A., Hettesheimer, T., Langkau, S., Loibl, A., Moll, C., Neef, C., Plötz, P., Sievers, L., Tercero Espinoza, L., Edler, J. (2020). Batterien für Elektroautos: Faktencheck und Handlungsbedarf. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI. Verfügbar unter: <https://www.isi.fraunhofer.de>
- Vollmer, T. (2020) Energiespeicher – technische Vielfalt und aktuelle Entwicklungen. *lernen & lehren*, 140(4), S. 137–145. Online verfügbar unter <https://verlag.lernenundlehren.de/heftarchiv/>, (zuletzt geprüft am 15.02.2025).