



Technische Services für die Batterieproduktion in Europa

Operational Excellence für die Automobilindustrie

Lünendonk®-Whitepaper 2021

Eine Publikation der Lünendonk & Hossenfelder GmbH
in Kooperation mit

leadec

L Ü N E N D O N K ”

Inhalt

VORWORT	4	EXTERNE TECHNISCHE SERVICES VERRINGERN TRANSFORMATIONSRSIKEN	29
EINFÜHRUNG: DIE ABKEHR VOM VERBRENNUNGSMOTOR VERÄNDERT PRODUKTIONSPROZESSE	6	GESPRÄCH: SERVICE-MEHRWERT IM ÖKOSYSTEM BATTERIEFERTIGUNG ..	32
BATTERIEPRODUKTION IN DEUTSCHLAND UND EUROPA: EIN ÜBERBLICK	12	UNTERNEHMENSPROFILE	39
HOCHVOLTBATTERIEN VERÄNDERN DIE PRODUKTIONSANFORDERUNGEN IN DER FABRIK	18	ENDNOTEN	41
TECHNISCHE SERVICES FÜR BATTERIEPRODUKTION UND -MONTAGE	23		



Vorwort



Thomas Ball

Lünendonk & Hossenfelder



Dr. Christoph Jaschinski

Leadec

Die derzeit stattfindende Transformation der Fahrzeugindustrie weg vom Verbrennungsmotor hin zu batterieelektrischen Fahrzeugen bringt große Veränderungen für die Unternehmen: Auf der einen Seite setzt der Gesetzgeber die Rahmenbedingungen bis hin zu anstehenden Verkaufsverboten. Auf der anderen Seite sind erst kürzlich die Verkaufszahlen angestiegen. Europa hat inzwischen China in den Wachstumsraten mit batteriebetriebenen Fahrzeugen überholt. Während 2020 schon über 3,2 Millionen Fahrzeuge mit Elektroantrieb in Europa neu zugelassen wurden, werden für 2021 bereits über 4,6 Millionen Neufahrzeuge mit Elektroantrieb erwartet, obwohl viele Endkunden anscheinend immer noch zurückhaltend sind. Das gilt nicht nur für Pkw, sondern auch für Nutzfahrzeuge wie Busse und Landwirtschaftsmaschinen. Die Unternehmen stehen daher vor der schwierigen Entscheidung, wann sie in welchem Umfang batterieelektrische Fahrzeuge entwickeln und ihre Wertschöpfungsprozesse und damit ihre Produktionswerke umstellen. Die Unsicherheit über den Markterfolg von Wettbewerbstechnologien wie Wasserstoff und auch der schnell voranschreitende technische Fortschritt in der Batterietechnologie sind Herausforderungen, deren Risiko mit Unterstützung externer Dienstleister reduziert werden kann. Hierfür gibt es inzwischen auch schon viele erfolgreiche Beispiele.



VORWORT

Technische Services für die Batterieproduktion in Europa Operational Excellence für die Automobilindustrie

Technische Dienstleistungen in der Industrie sind allgegenwärtig: Serviceunternehmen stellen Produktionsunternehmen Spezialkompetenzen zur Verfügung, helfen, Auslastungsspitzen zu bewältigen, erhöhen die Verfügbarkeit der Anlagen, übernehmen Unterstützungsprozesse und erhöhen die Flexibilität ihrer Kunden.

Flexibilität in der Produktion ist in Zeiten von Nachfrageschwankungen und schnellem technischen Fortschritt besonders wichtig. Spezialisierte Industriedienstleister übernehmen für ihre Auftraggeber die Verantwortung für komplexe Prozessketten von der Planung über die Installation bis hin zur Qualifizierung und operativen Steuerung der dafür notwendigen Mitarbeiter.

Die Lünendonk & Hossenfelder GmbH analysiert seit 1983 B2B-Dienstleistungsmärkte und seit 2008 besonders den Markt für Industrieservices in Deutschland. Leadec zählt zu den führenden technischen Dienstleistern für die Industrie weltweit und erbringt als eines von wenigen Unternehmen nicht nur kerngeschäftsfertige Standortdienstleistungen, sondern übernimmt neben der klassischen Instandhaltung auch Produktionslogistik- und Automatisierungsdienstleistungen.

In diesem Whitepaper befassen wir uns mit der Rolle externer Dienstleister in der Transformation der Automobilindustrie hin zum batterieelektrischen Antrieb. Nach einem Überblick über die zentralen Herausforderungen im ersten Teil werden diese im anschließenden Interview konkretisiert und mit Lösungsansätzen hinterlegt.

Wir freuen uns, wenn Sie in diesem Whitepaper Ansatzpunkte für die Bewältigung Ihrer Herausforderungen finden, und freuen uns auf den Austausch!

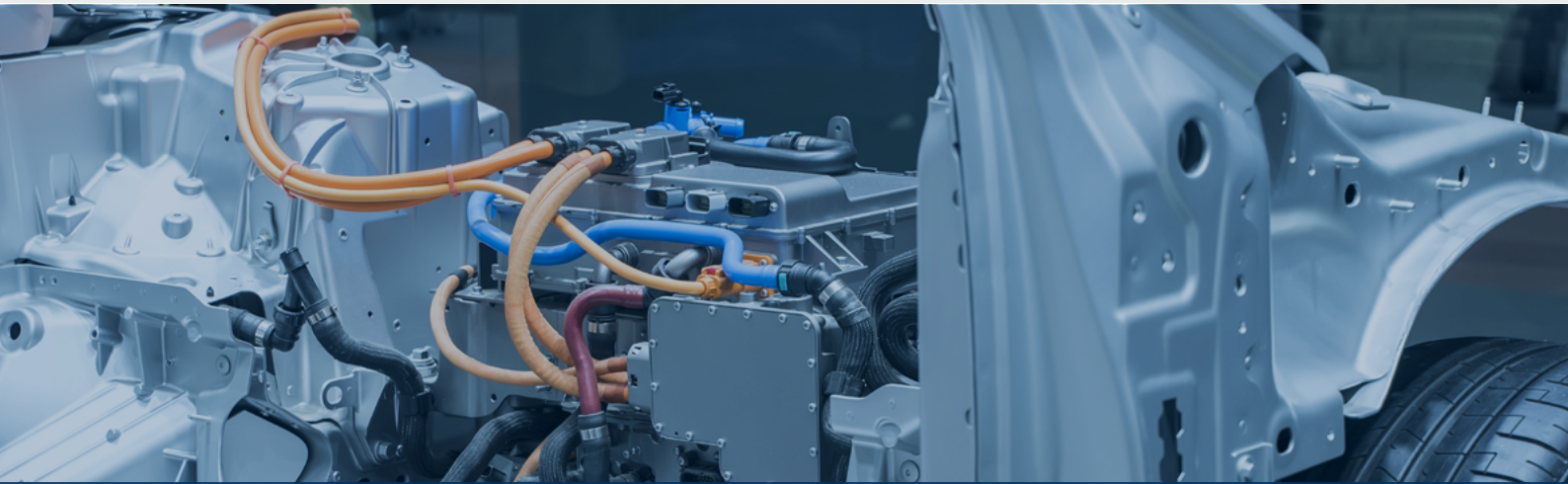
Christoph Jaschinski



Thomas Ball



Technische Services für die Batterieproduktion in Europa
Operational Excellence für die Automobilindustrie



Einführung: Die Abkehr vom Verbrennungsmotor verändert Produktionsprozesse

Die Automobilindustrie bewegt sich mit großen Schritten vom Verbrennungsmotor zur Elektromobilität. Nachdem viele Jahre nur wenige neue Modelle und geringe Absatzzahlen verkündet wurden, steigt die Nachfrage seit Herbst 2020 deutlich an. In kurzen Abständen verkünden Unternehmen den Aufbau von Produktionskapazitäten für Elektromobilität: VW baut sechs Fabriken zur Batterieherstellung in Europa.¹ Die VW-Tochter Audi kündigt an, keine neuen Verbrennungsmotoren mehr zu entwickeln, sondern nur noch bereits existierende Motoren weiterzuentwickeln.²

In Europa und speziell auch in Deutschland entstehen neue Fabriken zur Produktion von Elektrofahrzeugen oder bestehende werden umgerüstet. Immer mehr „Gigafactories“ zur Produktion von Zellen, Modulen und Packs werden in Europa geplant und gebaut – sowohl von europäischen Fahrzeugherstellern als auch von Drittunternehmen. Das Signal ist deutlich: Die Elektromobilität hat sich etabliert und wird bleiben.

Damit ist klar: Die Automobilindustrie befindet sich in der größten Transformation seit der Einführung der Fließbandproduktion vor mehr als 100 Jahren. Das wirkt sich wesentlich auf die Anforderungen an externe Industriedienstleister aus, die ein breites Leistungsangebot übernehmen, von technischen Services wie der Produktionsunterstützung über



Technische Services für die Batterieproduktion in Europa
Operational Excellence für die Automobilindustrie

GEKOMMEN, UM ZU BLEIBEN: DIE STRATEGIE ZUR UMSTELLUNG AUF BATTERIEELEKTRISCHE FAHRZEUGE AUSGEWÄHLTER HERSTELLER




<p>BMW GROUP</p> <p>Ab Ende 2022 in allen deutschen Werken mindestens ein voll elektrisches Modell produzieren. Bis 2030 7 Millionen elektrifizierte Autos auf den Straßen, davon zwei Drittel batterieelektrisch, und mehr als 50 Prozent des Umsatzes mit elektrifizierten Autos.</p>	<p>DAIMLER</p> <p>Bis Ende 2030 das Angebot von Verbrennungsmotoren um 70 Prozent reduzieren. Die Hälfte aller verkauften Neuwagen soll dann elektrisch angetrieben sein. Eine kommunizierte Ausstiegsstrategie gibt es derzeit noch nicht.</p>	<p>VOLKSWAGEN <small>AGTENSCHAFT</small></p> <p>2030 sollen E-Autos mehr als 30 Prozent des Gesamtabsatzes des Konzerns ausmachen, in Europa und China mindestens 40 Prozent. Eine kommunizierte Ausstiegsstrategie gibt es derzeit noch nicht. Ab 2030 sollen alle verkauften Bentleys elektrisch unterwegs sein. Der Konzern startet schon in diesem Jahr eine Elektro-Offensive.</p>
<p></p> <p>Japans Autoindustrie beschloss bereits 2018 das Aus für den Verbrennungsmotor für das Jahr 2050, mit einer wichtigen Ausnahme: Hybridantriebe. Offizielle Pläne für einen tatsächlichen Verbrenner-Ausstieg gibt es beim Autogiganten Toyota bisher noch nicht.</p>	<p></p> <p>Ab 2024 soll jedes Fahrzeug der Marke mindestens als Hybrid angeboten werden. Ab 2030 will Ford nur noch rein elektrische Autos verkaufen.</p>	<p></p> <p>Bis 2025 will der Konzern eine Millionen batterieelektrische Autos verkaufen und so 10 Prozent der globalen Nachfrage nach Elektroautos abdecken. In Europa produziert Hyundai in Tschechien. Eine kommunizierte Ausstiegsstrategie gibt es derzeit noch nicht.</p>

Abb. 1: Ausstiegsstrategien aus dem Verbrennungsmotor von ausgewählten und in Europa produzierenden Automobilherstellern. Quelle: eigene Zusammenstellung

Qualitätsüberprüfung und Instandhaltung von Produktionsmaschinen bis hin zur Inplant-Logistik.

Möglich geworden ist diese Transformation der Fahrzeugindustrie durch den technischen Fortschritt in der Stromspeicherung: Lithium-Ionen-Akkus. Batterieelektrische Pkw und Busse beginnen gerade erst, sich auf dem Massenmarkt durchzusetzen, aber sie sind nicht das einzige Anwendungsgebiet. Moderne Rasenmäher benötigen ebenso sehr einen leistungsfähigen Akku wie Drohnen, E-Bikes, Batteriespeicher für das Eigenheim, große Bau- und Landwirtschaftsmaschinen und die in der Entwicklung befindlichen Flugtaxi.

ELEKTROMOBILITÄT ABSEITS VON AUTOBAHNEN UND SCHNELLSTRASSEN

Die Automobilindustrie hat mit ihren zahlreichen Werken und Arbeitsplätzen bei Herstellern und Zulieferern, aber auch als Steuerzahler eine große Bedeutung. Die öffentliche Aufmerksamkeit ist daher hier besonders hoch. Die Bedeutung für den Produktionsstandort Europa und insbesondere Deutschland geht jedoch weit darüber hinaus. Auch Fahrzeuge, die im Gegensatz zu Pkw und Lkw üblicherweise außerhalb der Schnellstraßen unterwegs sind, werden voraussichtlich mittelfristig elektrisch betrieben werden.



Technische Services für die Batterieproduktion in Europa
Operational Excellence für die Automobilindustrie

Motorroller und Scooter sind heute vielfach bereits batterieelektrisch angetrieben. In der Industrie und Lagerwirtschaft sind Gabelstapler seit jeher batteriebetrieben, ebenso wie die in den letzten Jahren immer stärker verbreiteten autonomen Flurförderfahrzeuge. Auch Betonmischer oder Straßenwalzen können heute bereits batterieelektrisch angetrieben werden.

Motorroller, Motorräder	Etergo, Ola Electric Harley Davidson „Livewire“ KTM „Freeride E“ Regent Motorcycles „No.1“ Energica (mehrere Modelle im Angebot) Zero (ebenfalls mehrere Modelle im Angebot)
Radlader	Kramer: Kramer 5055e Schäffer: Schäffer 23e
Bagger	Liebherr: Bagger R 9200E für Bergbaubetrieb. Das 232 Tonnen schwere Großgerät mit 850 kW und 1.369 PS hängt allerdings an einem bis zu 300 Meter langen Kabel. Liebherr: Typ LH 150 C Industry Litronic – Bagger für den Umschlag z. B. im Hafen. Um mit dem Elektro-Bagger eine möglichst hohe Reichweite zu erhalten, wurde ein neues Wickelsystem mit Rollenumlenkbogen für das Elektrokabel verbaut. Mit dieser Einrichtung kann sich der E-Bagger bis zu 100 Meter von der „Steckdose“ entfernen. Caterpillar: Die Schweizer Firma ecovolta liefert die Batterie.
Straßenwalze	BAM: Die Umrüstung vom Diesel- auf E-Antrieb wurde in eigener Regie durchgeführt und dauerte ca. 1,5 Jahre. Die Einsatzzeit der Walze mit einer Akku-Ladung beträgt ca. 8 Stunden. Die Ladezeit wird mit 3 bis 5 Stunden angegeben.
Betonmischer	Liebherr: Betonmischer ETM 905
Fräsen	Wacker Neuson: Schlitzwandfräse BC 40

BATTERIEBETRIEBENE MULDENKIPPER

Seit 2018 ist im Steinbruch Péry BE von Ciments Vigier ein elektrischer Muldenkipper im Einsatz. Er wird von einem 4,5 Tonnen schweren Lithium-Ionen-Akku mit Spannung versorgt. Weil der Weg der beladenen Maschine mit 110 Tonnen Gesamtgewicht von der Bruchkante zur Aufbereitung abwärts verläuft und der 590-Kilowatt-Elektromotor als Generator mehr Energie an den 4,5 Tonnen schweren Akku abgibt, als der Dumper bei der Rückfahrt nach oben mit 45 Tonnen Leergewicht verbraucht, läuft der Großdumper zu 96 Prozent energieautark. Der „eMining“-Dumper soll innerhalb von zehn Jahren jährlich über 300.000 Tonnen Gestein befördern und dabei 1.300 Tonnen CO₂ sowie 1 Million Liter Diesel einsparen. Kuhn Schweiz hat gemeinsam mit dem schweizerischen Batteriehersteller Lithium Storage GmbH das Unternehmen „eMining“ gegründet und vertreibt den elektrischen Dumper.³ Weniger technisch anspruchsvoll und mit größerem Potenzial der Massenverbreitung sind zum Beispiel Traktoren für die Landwirtschaft. Fendt hat mit dem e100 Vario bereits einen vollständig batterieelektrischen Traktor im Angebot.



Technische Services für die Batterieproduktion in Europa Operational Excellence für die Automobilindustrie

EUROPEAN BATTERY ALLIANCE: WIRTSCHAFT, POLITIK UND FORSCHUNG FÖRDERN BATTERIEENTWICKLUNG UND -PRODUKTION IN EUROPA

Die europäischen Nationalstaaten und die Europäische Kommission haben bereits vor Jahren die zentrale Bedeutung der Batteriefertigung in Europa erkannt. In Deutschland gibt es die Initiative „Batteriezellenfertigung Deutschland“, auf europäischer Ebene haben sich die EU-Kommission, Nationalstaaten sowie Industrie und Wissenschaft seit 2017 in der European Battery Alliance zusammengeschlossen. Inzwischen sind nach Eigendarstellung mehr als 500 Teilnehmer entlang der gesamten Wertschöpfungskette der Batterien Teil der Initiative. Dies ist ein Indikator, dass die hohe Relevanz des Themas sowohl für die Wirtschaft als auch für die Länder erkannt wurde. Die Investitionen werden sich deutlich auf die Produktionskapazitäten auswirken.

Die European Battery Alliance hat das Ziel, eine innovative, wettbewerbsfähige und nachhaltige Batteriewertschöpfungskette in Europa zu entwickeln und aufzubauen. Dies sind die sechs Schwerpunkttätigkeiten:

- Sicherung des Zugangs zu Rohstoffen für Batterien
- Unterstützung der europäischen Batteriezellenfertigung und anderer Investitionen
- Stärkung der industriellen Führung durch beschleunigte Forschungs- und Innovationsprogramme
- Sicherung hoch qualifizierter Arbeitskräfte entlang der gesamten Wertschöpfungskette
- Unterstützung einer nachhaltigen EU-Industrie zur Herstellung von Batteriezellen
- Sicherstellung der Konsistenz mit breiteren Rahmenwerken

Zahlreiche Regulierungen und Förderprogramme der europäischen Nationalstaaten und der Europäischen Kommission wirken derzeit auf die Kosten-Nutzen-Rechnung von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor ein. Mit der Bepreisung von CO₂-Emissionen verteuern sich Benzin und Diesel in den kommenden Jahren spürbar. Das gilt sowohl für Pkw und Lkw als auch für alle anderen bisher mit Verbrennungsmotor betriebenen Fahrzeuge und wirkt sich damit auf die Wirtschaftlichkeit von Muldenkippern, Betonmischern und vielen anderen Fahrzeugen aus. Die in der Regel höheren Anschaffungskosten amortisieren sich durch die neue



Technische Services für die Batterieproduktion in Europa Operational Excellence für die Automobilindustrie

Abgabe im Vergleich schneller, als dies bisher im Vergleich zu Verbrennern der Fall ist. Es ist davon auszugehen, dass in den kommenden Jahren weitere Regulierungen eingeführt werden, um die Klimaschutzziele zu erreichen.

Sofern diese Regulierungen (Verkaufsverbot von Verbrennungsmotoren, finanzielle Anreize für Elektromobilität etc.) eingeführt werden, werden sie wahrscheinlich die Nachfrage nach elektrisch angetriebenen Fahrzeugen zulasten von denjenigen mit Verbrennungsmotor weiter ansteigen lassen. Damit wird sich auch die Nachfrage nach Batteriezellen und den Montageschritten bis zu Packs erhöhen und damit zusätzliche Produktionsstätten erfordern.

Die Produktion von Zellen und die Montage zu Modulen und Batteriepacks ist bei hohen Stückzahlen in Europa wirtschaftlicher als der Import aus Südamerika, Afrika oder Asien. Aber auch Sicherheitsaspekte beeinflussen die Wahl des Produktionsstandorts: Gerät beispielsweise eine Batterie in einem Frachtschiff in Brand, besteht das Risiko, dass die komplette Ladung und eventuell auch das Schiff verloren gehen.⁴

Das deutsche Bundeswirtschaftsministerium schätzt das Marktpotenzial für in Europa produzierte Automobilbatterien bis Mitte der 2020er-Jahre auf bis zu 250 Milliarden Euro. Das Ministerium geht derzeit zudem davon aus, dass die Produktion für Batteriezellen in Deutschland aus den von ihm geförderten Projekten im Jahr 2022 startet. Für Mitte der 2020er-Jahre erwartet das Ministerium dann eine Produktion in größerem industriellen Maßstab.

Bis 2030 erwartet das Wirtschaftsministerium eine Verzehnfachung der Leistung von in Deutschland produzierten Lithium-Ionen-Batterien, von einer heute jährlichen Leistung von 200 Gigawattstunden auf mehr als 2.000 Gigawattstunden.

SIND LITHIUM-IONEN-AKKUS NUR EINE ÜBERGANGSTECHNOLOGIE?

Die technische Entwicklung bei der Batterieforschung und -entwicklung schreitet schnell voran. Festkörperbatterien, die im Gegensatz zu Lithium-Ionen-Batterien mit einem festen Elektrolyt funktionieren und eine höhere Energiedichte aufweisen, umweltfreundlicher und weniger gefährlich sind,



Technische Services für die Batterieproduktion in Europa Operational Excellence für die Automobilindustrie

könnten in einigen Jahren zum Standardenergiespeicher werden. Werden die aktuellen Herausforderungen so weit gelöst, dass die Batterien marktreif sind, könnten sie wieder andere Produktions- und Montageprozesse erfordern. Gleichzeitig schreiben Experten Festkörperbatterien das Potenzial zu, neue Anwendungsgebiete zu ermöglichen, etwa als Zwischenspeicher für erneuerbare Energien und vieles mehr.

Einige Automobilhersteller erwarten, ab 2025 Modelle mit Festkörperbatterien auf den Markt bringen zu können. Das chinesische Start-up Chengdu hat angekündigt, ab 2022 eine Limousine mit einer Festkörperbatterie und einer Reichweite von bis zu 1.000 Kilometern in Großserie zu fertigen und zu verkaufen.⁵

SCHWERPUNKT DES WHITEPAPERS

Moderne Fabriken sind stark arbeitsteilig organisiert: Materiallieferung, Zulieferer und verschiedene Produktionsprozesse sowie die Logistik müssen eng koordiniert werden. In der Montage, Logistik und Instandhaltung der Produktionsanlagen ist eine Vielzahl externer Dienstleister involviert. Im Zuge der Umstellung in der Produktion auf einen hohen Automatisierungs- und Digitalisierungsgrad verändern sich die Anforderungen nicht nur an den Produktionsprozess, sondern auch an die involvierten Dienstleister.

Dieses Whitepaper stellt die wesentlichen Anforderungen an externe technische Dienstleister dar, die an der Produktion von Komponenten und Fahrzeugen mit Hochvoltbatterien beteiligt sind. Dabei werden insbesondere die Auswirkungen des technischen Fortschritts, die Konjunktur von Hochvoltbatterien, die veränderten Anforderungen an Mitarbeiter und die Qualitätsanforderungen thematisiert. Das Paper ist als Positionspapier konzipiert, das Unternehmen und Beobachtern als Orientierung für eine vertiefte Beschäftigung mit dem Themenkomplex dienen soll.

Der nächste Technologieschritt?

Festkörperbatterien haben eine höhere Energiedichte, sind umweltfreundlicher und weniger gefährlich.

Batterieproduktion in Deutschland und Europa: ein Überblick

Die Umstellung der Fabriken und der Aufbau von Batterieproduktionskapazitäten sind in vollem Gang. Tesla ist bekanntlich einer der Pioniere auf diesem Gebiet, aber auch die deutschen Hersteller sind in der Umstellung. Bis heute beschränken sich die meisten Fahrzeughersteller auf die Batteriepackmontage. Die meisten Produktionsstandorte für Zellen stehen in Südostasien. In Europa und insbesondere Deutschland werden derzeit zahlreiche Produktionsstätten entlang der gesamten Wertschöpfungskette von Fahrzeugbatterien geplant, gebaut und in Betrieb genommen.

WERTSCHÖPFUNGSSCHRITTE IN DER BATTERIEPRODUKTION

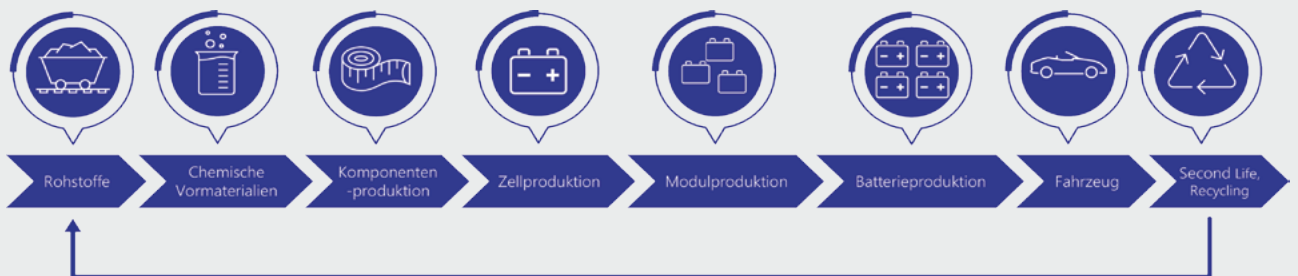


Abb. 2: Wertschöpfungs-schritte in der Batterieproduktion, Darstellung nach: Nationale Plattform Zukunft der Mobilität, 1. Zwischenbericht zur Wertschöpfung

Technische Services für die Batterieproduktion in Europa Operational Excellence für die Automobilindustrie

Die Konjunktur der batterieelektrischen Mobilität hat Auswirkungen auf die Wertschöpfungsketten und führt auch bei zahlreichen weiteren Unternehmen zu einem Nachfrageanstieg, zum Aufbau und zur Umstellung von Produktionskapazitäten und zu einem Bedarf an externen Dienstleistungen wie unter anderem Instandhaltung.

Entlang der Wertschöpfungskette der Batteriefertigung werden **Produktionsmaschinen** benötigt, die ebenfalls von europäischen Herstellern aufgebaut werden, unter anderem von Dürr, Grob, Manz und Trumpf. Auch für chinesische Maschinenbauunternehmen wird Europa als Fertigungsstandort wichtig.

Jede Batteriezelle basiert auf **chemischer Verfahrenstechnik** zur Produktion etwa von Anoden, Kathoden und Elektrolyten. Die Ausgangsmaterialien werden sowohl von etablierten europäischen Herstellern produziert, die dazu Produktionskapazitäten aufbauen, als auch insbesondere von südostasiatischen Unternehmen, die in Europa neue Werke errichten.

Auch in der **Zellenfertigung** bauen zum einen etablierte europäische Fahrzeughersteller eigene Kapazitäten auf – in Eigenleistung oder mit Kooperationspartnern – und zum anderen entstehen Werke zur Zellenproduktion von südostasiatischen Unternehmen, die sich in Europa ansiedeln.

Die **Montage** der Zellen zu Modulen und der Module zu fertigen Batteriepacks findet meist in enger Abstimmung mit oder in Eigenleistung von den Fahrzeugherstellern statt. Die verschiedenen Fahrzeughersteller verfolgen dabei unterschiedliche Strategien: BMW und VW errichten in bestehenden Werken neue Hallen, andere bauen bestehende Komponentenwerke um oder errichten komplett neue Werke für die Montage der Batteriezellen zu Modulen und Packs.

BESTANDTEILE UND FERTIGUNGSUNTERSCHIEDE VON FAHRZEUGBATTERIEN

Batterien für Elektromobilität entstehen in unterschiedlichen Fertigungsschritten. Auf allen Ebenen der Fertigungsschritte finden umfassende Qualitätsprüfungen statt. Die einzelnen Fertigungsschritte erfolgen meist in unterschiedlichen Werken.



Technische Services für die Batterieproduktion in Europa Operational Excellence für die Automobilindustrie

Batteriezellen

Der erste Produktionsschritt ist die weitgehend automatisierte Fertigung von Batteriezellen, die vereinfacht aus Anoden, Kathoden, Separatoren und Elektrolyt bestehen. Nur bei der Zellenproduktion werden Chemikalien verarbeitet. Batteriezellen werden derzeit entweder als Pouch-Zellen, als Rundzellen oder prismatisch gefertigt.

Module

Module bestehen aus mehreren Zellen. Je nach verwendeter Zellentechnologie muss ausreichend Raum für die Ausdehnung der Zellen (Pouch) vorgesehen und ihre Kühlung sichergestellt werden. Die Zellen müssen in einen Rahmen montiert und verschaltet werden. Vor der Montage werden sie auf ihre Qualität geprüft, gereinigt oder aktiviert und anschließend in die Rahmen montiert oder miteinander verklebt. Anschließend werden die Module mit wärmeableitenden Folien isoliert, die zudem den Stromfluss zu Nachbarmodulen unterbrechen und damit als Brandschutz wirken. Anschließend werden die Platinen des Batteriemanagementsystems angeschlossen und montiert. Vor der Montage mehrerer Module zu einem Pack werden Kabel angebracht und das Modul über Deckplatten verschlossen.

Batteriepacks

Mehrere Module werden in einer Wanne zu einem Batteriepack montiert. Vor der Montage der Module werden Kühlplatten für den Betrieb und eine Heizung für den Wintereinsatz in die Wanne montiert. Die Zellmodule werden im Rahmen befestigt und miteinander verschaltet. Auf Packebene werden die Module über ein zentrales Hochvoltmodul, den Batteriemanagementsystem-Master und das zentrale Kühlmodul gesteuert. Für die Montage des Hochvoltanschlusses sind nur entsprechend qualifizierte Mitarbeiter zugelassen. Anschließend muss das Pack für die Montage ins Fahrzeug vorbereitet und verschlossen werden. Vor der Montage muss der gewünschte gleichmäßige Ladestand hergestellt und die jeweils aktuelle Batteriemanagementssoftware aufgespielt werden.⁶

GEPLANTE UND IM BAU BEFINDLICHE ZELLENWERKE

Die Batteriemodule für Autos sind groß und sperrig. In der Regel wiegen sie mehrere Hundert Kilo pro Fahrzeug. Das erschwert globale Lieferketten. Zusätzlich zu den bereits existierenden Fabriken in Polen, Ungarn und Skandinavien entstehen zahlreiche Batteriefabriken in der



Technische Services für die Batterieproduktion in Europa
Operational Excellence für die Automobilindustrie

Nähe der Fertigungswerke. Auf absehbare Zeit ist nicht davon auszugehen, dass im Rahmen der Transformation der Automobilindustrie Produktionsstandorte in Deutschland oder allgemein in Europa nach Asien, in die USA oder nach Südamerika verlagert werden. Im Gegenteil: Tesla hat sich entschieden, den europäischen Markt von Grünheide bei Berlin aus zu bedienen, und baut dort neben einem Fahrzeugmontagewerk auch ein eigenes Werk zur Batteriezellenfertigung auf.

Anfang März berichtete die FAZ von 22 großen Fabriken zur Herstellung von Batteriezellen, die derzeit in Europa geplant seien und von denen ein Teil bereits im Bau sei. Hierdurch entstünden bis 2030 rund 100.000 neue Arbeitsplätze. Wichtigster Standort innerhalb Europas ist Deutschland mit seiner großen Dichte an Fahrzeugherstellern.⁷

**BATTERIEFABRIKEN IN EUROPA:
22 GIGAFABRIKEN MIT BIS ZU 460 GWh BIS 2025 GEPLANT**



Abb. 3: Geplante Batteriezellenfertigungsfabriken in Europa, Quelle: Transport & Environment, S. 16

BATTERIEPRODUKTION IN DEUTSCHLAND UND EUROPA: EIN ÜBERBLICK

Technische Services für die Batterieproduktion in Europa Operational Excellence für die Automobilindustrie

Jedoch wollen nicht nur die europäischen Unternehmen den Rückstand von Fertigungskapazitäten insbesondere gegenüber Südostasien aufholen, sondern auch asiatische Unternehmen wie CATL, LG Chem, Samsung oder SVolt bauen Produktionskapazitäten in Europa.

Verschiedene Hersteller von Batteriezellen planen und bauen derzeit in Deutschland und den angrenzenden europäischen Ländern Produktionskapazitäten auf. Stand März 2021 waren 24 Standorte für Batteriezellenfertigung in Europa konkret geplant oder in Betrieb. Dabei bilden sich in Berlin-Brandenburg, der Region Wolfsburg-Hannover und im Südwesten (Kaiserslautern/Stuttgart) regionale Schwerpunkte in Deutschland heraus, ein weiterer Schwerpunkt ist Ungarn. In Betrieb waren zu dem Zeitpunkt eine Fertigungsstätte von Customcells in Itzehoe,

BATTERIEPROJEKTE: MÄRZ 2021



Abb. 4: Übersicht über geplante oder in Bau befindliche Fabriken zur Herstellung von Batteriezellen in Europa. Eigene Darstellung nach Quelle: <https://battery-news.de/index.php/2021/03/12/batterieprojekte-europa-maerz-2021/> (abgerufen am 18.03.2021)

Technische Services für die Batterieproduktion in Europa Operational Excellence für die Automobilindustrie

eine Fabrik von Varta in Ellwangen und eine von EAS in Nordhausen. Vier Unternehmen planen, im Jahr 2022 eine Fertigungsstätte in Betrieb zu nehmen.

Für die Standortwahl und die regionalen Cluster geben die Betreiber unterschiedliche Gründe an. Zu den am häufigsten öffentlich genannten gehören die folgenden:

- bestehende Infrastrukturen (Autobahn, Bahnanschluss), um die Anlieferung von Ausgangsmaterialien und den Abtransport sicherzustellen
- Nähe zu existierenden Werken (unter anderem VW Salzgitter, PSA Kaiserslautern)
- Nähe zu den Montagewerken (insbesondere für südostasiatische Dritthersteller)
- ausreichende Verfügbarkeit von Fachkräften
- Verfügbarkeit von Flächen für sehr große Fabrikgebäude
- Verfügbarkeit von regenerativ erzeugtem Strom

AUSBLICK

Die Produktion von Batteriezellen, -modulen und -packs bleibt aufgrund der rapide fortschreitenden technischen Entwicklung hoch dynamisch. Setzen sich die aufkommenden Festkörperbatteriezellen durch, werden in den kommenden Jahren die Produktionsprozesse verändert werden. Das wird sich auf die Fabriken, die Marktteilnehmer und die Prozesse auswirken. Noch 2020 haben verschiedene Fahrzeughersteller öffentlich bekannt gegeben, erst bei Marktreife von Feststoffkörperzellen in die eigene Zellenfertigung einzusteigen. Das ist zumindest ein Indiz, dass in den kommenden Jahren ein zweiter Boom beim Aufbau von Fertigungskapazitäten zu erwarten ist.



Technische Services für die Batterieproduktion in Europa
Operational Excellence für die Automobilindustrie

Hochvoltbatterien verändern die Produktionsanforderungen in der Fabrik

Die Produktion von Batteriezellen ist heute weitgehend automatisiert. Im Gegenzug zur Montage der Zellen zu Modulen und Packs basiert sie jedoch wesentlich auf chemischer Verfahrenstechnik. Die Fertigung von Hochvoltbatterien und deren Montage in die Fahrzeuge unterscheiden sich stark von der Montage von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren. Dies erfordert neue Produktionsprozesse und Qualitätssicherungsmaßnahmen, die viele Hersteller für eine Kompletterneuerung der Produktion nutzen.

PRODUKTION VON ELEKTROFAHRZEUGEN AM BEISPIEL DES PORSCHE TAYCAN

Porsche hat in Leipzig für das Modell Taycan Turbo auf dem Bestandsgelände eine komplett neue Fabrik errichtet. Die Produktion findet über drei Stockwerke mittels Fahrstühlen statt. Autonome, fahrerlose Transportsysteme ersetzen das klassische Fließband. Akkubetriebene autonome Roboter befördern das in der Produktion befindliche Fahrzeug die Montagestationen entlang und transportieren die für die jeweiligen Schritte benötigten Komponenten just in time. Sie orientieren sich an QR-Code-Streifen auf dem Boden und ersetzen weitestgehend die klassischen Fließbänder.

Technische Services für die Batterieproduktion in Europa Operational Excellence für die Automobilindustrie

Die fahrerlosen Transportsysteme sind über WLAN mit der Logistiksoftware verbunden und teilweise auch mit der Montageplattform. Die Karosserie wird vollkommen autonom durch die Roboter verklebt, verschweißt und verschraubt und anschließend kontrolliert. Auch die Lackierung erfolgt über Roboter.

Der Antriebsstrang wird auf einer Vormontagelinie gefertigt und besteht aus Elektromotoren in Heck und Front, der Batterie und den Achsen. Das Batteriepaket besteht aus 396 Zellen, die zusammen 650 Kilogramm schwer sind. Die Hochvoltkomponenten müssen nach dem Einsetzen der Batterie verbunden werden.

Die Produktion ist weitestgehend vernetzt: Eine elektronische Wagenbegleitkarte ermöglicht die Kommunikation zwischen Fabrik, Fahrzeug und Mitarbeitern und gibt im System die vom Endkunden gewählten Ausstattungsmerkmale frei. Für Porsche bedeutet das eine deutlich größere Flexibilität bei späteren Änderungen von Produktionsprozessen und bei der Herstellung neuer Modelle.

MONTAGEANFORDERUNGEN DER BATTERIEN

Für die Montage der Batteriemodule und -packs ist einiges zu beachten: Die Komponenten sind sehr stoßempfindlich. Zur Vermeidung von Kurzschlüssen muss zudem eine hohe Sauberkeit gewährleistet und das Batteriegehäuse präzise gegen äußere Einflüsse wie Wasser und Staub abgedichtet sein. Um die notwendige Leistung für das Fahrzeug bereitzustellen, beträgt die Gleichstromspannung bis zu 1.000 Volt. Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor werden üblicherweise mit einer Bordspannung von ungefährlichen 48 Volt konstruiert.

Fehler bei der Montage durch unzureichend qualifizierte Mitarbeiter können gravierende Folgen haben: Ist eine Batterie nicht korrekt montiert, kann sie während der Fahrt beschädigt werden und in Brand geraten oder explodieren. Sind die an der Produktion beteiligten Beschäftigten nicht in der Lage, die notwendigen elektrotechnischen Arbeiten zu beurteilen, mögliche Gefährdungen zu erkennen und geeignete Schutzmaßnahmen konsequent einzuhalten, besteht die Gefahr von Arbeitsunfällen mit schwerwiegenden gesundheitlichen Folgen. Deshalb bestehen Verpflichtungen zur ausreichenden Qualifikation der an der Produktion beteiligten Mitarbeiter, die deutlich über die Anforderungen

Montage

Batteriemodule und -packs sind schwer, stoßempfindlich und müssen gegen Fremdkörper abgedichtet sein.

Technische Services für die Batterieproduktion in Europa Operational Excellence für die Automobilindustrie

bei der Produktion von Fahrzeugen ausschließlich mit Verbrennungsmotor hinausgehen. Das weiter unten beschriebene Dreistufenmodell beschreibt die notwendigen Qualifikationen für alle in der Produktion von Hochvoltumgebungen beteiligten Mitarbeiter.

DER UN-TEST 38.3

Damit eine Lithiumbatterie(-Zelle) überhaupt von A nach B transportiert werden darf, muss sie erfolgreich den UN-Test 38.3 absolviert haben. Mittlerweile verlangen die meisten Logistkdienstleister einen entsprechenden Nachweis. Dadurch soll ein Mindestsicherheitsstandard gewährleistet werden.

In den Untersuchungsreihen des UN-Tests 38.3 werden acht verschiedene Tests durchgeführt, in denen Zustände, die während der regulären Beförderung als Belastungen auftreten oder die vermieden werden müssen, um Schäden zu verhindern, simuliert werden. Dazu gehört die Überprüfung des Kurzschlusschutzes ebenso wie Druckunterschiede, Temperaturunterschiede und auch mechanische Belastungen. Werden all diese Tests erfolgreich bestanden, bekommt der Hersteller für genau diesen Typ (Batterie/Zelle/Assemblierung) das Zertifikat. Vielen ist nicht bewusst, dass bei Neukonfiguration – und seien es nur Änderungen der Steuerelektronik – der Test wiederholt werden muss.

Prinzipiell gilt also: Nur mit dem Nachweis eines erfolgreich absolvierten UN-Tests 38.3 dürfen Lithiumbatterien transportiert werden. Ausnahmen gibt es nur für Prototypen und Vorproduktionsserien oder bei besonderer behördlicher Genehmigung.

<https://www.sifa-sibe.de/sicherheit/gefaehrdungsbeurteilung/sicherer-umgang-mit-lithiumbatterien/>

HAVARIEKONZEPTE

Angesichts des hohen Gefahrenpotenzials ist ein umfassendes Havariekonzept notwendig, wenn Hochvoltbatterien produziert, bewegt, gelagert und montiert werden. Das Konzept muss alle denkbaren Risiken berücksichtigen und Prozesse definieren, um Gefahren für Mitarbeiter auszuschließen beziehungsweise weitestgehend zu reduzieren. Es muss folgende Komponenten umfassen:

- Risikoanalyse
- verbindliche Arbeitsanweisung und Dokumentation von Prozessen und Konzepten
- Berücksichtigung möglicher Produktionsfehler durch Mensch und Maschine auf allen Stufen



Technische Services für die Batterieproduktion in Europa Operational Excellence für die Automobilindustrie

Im Havariefall müssen Mitarbeiter des Unternehmens und externer Dienstleister vorab definierte Handlungen vornehmen, um eine akute oder eine gegebenenfalls später auftretende Gefahr zu vermeiden. Dazu zählt das Informieren aller notwendigen Stellen wie etwa Werksfeuerwehr und medizinisches Personal.⁸

Für Hochvoltbatterien sind aufgrund der besonderen Gefahrenlage spezielle Havariekonzepte notwendig, die dem unkontrollierten Erwärmen der Zellen angepasst sind und zum Beispiel Wassertauchbäder als Brandschutzmaßnahme einsetzen. Auch in der Lagerung sind beispielsweise bauliche Sicherungsmaßnahmen und eine entsprechende Qualifizierung der Mitarbeiter erforderlich.

MITARBEITERQUALIFIKATIONEN

Mit der Umstellung der Produktion verändert sich auch das Anforderungsprofil an die Beschäftigten. McKinsey schreibt in der Studie „Boost“, dass sich das Kompetenzprofil bei Antriebssträngen im Automobilbau von der Mechanik hin zu einer Me-chem-tronik verlagern, also um chemische Kompetenzen erweitern wird. McKinsey erwartet für 2030, dass der Anteil der Beschäftigten in klassischen mechanischen Tätigkeiten weltweit von 80 auf 60 Prozent sinken wird. Die dann restlichen 40 Prozent entfallen laut McKinsey auf Elektroniker und Chemiker.

Zwar werden insgesamt aller Voraussicht nach deutlich weniger Mitarbeiter benötigt werden, die Anforderungen werden jedoch durch die höhere Komplexität steigen. Je nach Einsatzgebiet ist die Kenntnis unterschiedlicher Maschinen und Produktionsprozesse und der resultierenden Gefahrenquellen eine wichtige Voraussetzung.

Die Ausbildungsberufe in der Automobilindustrie haben sich daher in den vergangenen Jahren angesichts der zunehmenden Automatisierung, der Transformation zur batterieelektrischen Mobilität und des stetig steigenden Anteils elektronischer Bauteile insbesondere in der Pkw- und Lkw-Produktion bereits gewandelt. Sowohl in der Antriebsstrangfertigung als auch in den Montagewerken ist eine Verschiebung von reinen Metallberufen hin zu mechatronischen Berufen wie (Kfz-)Mechatroniker und industriellen Elektroberufen wie Elektroniker für Automatisierungs-, Maschinen- und Antriebstechnik und so weiter zu beobachten.



DAS DREISTUFENMODELL ZUR ARBEIT AN HOCHVOLTSYSTEMEN

Stufe 3		Beispiele
Arbeiten unter Spannung am HV-System und Arbeiten in der Nähe berührbarer unter Spannung stehender Teile		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fehlersuche ▪ Bauteile unter Spannung wechseln
Stufe 2		Beispiele
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Spannungsfreiheit herstellen ▪ Elektrotechnische Arbeiten im spannungsfreien Zustand 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Freischalten ▪ Gegen Wiedereinschalten sichern ▪ Spannungsfreiheit feststellen ▪ Tausch von HV-Komponenten ▪ Stecker ziehen und Komponententausch (z. B. DC/DC-Wandler, elektrische Klimaanlage)
Stufe 1		Beispiele
Nichtelektrotechnische Arbeiten		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Testfahrer ▪ Karosseriearbeiten ▪ Öl-, Radwechsel

Abb. 5: Mitarbeiter, die in Stufe 1 tätig sind, benötigen mindestens eine Unterweisung zu möglichen Gefährdungen. Für die Stufen 2 und 3 sind mindestens nachgewiesene Fachkunde bzw. eine Qualifizierung für Arbeiten unter Spannung notwendig. Quelle: DGUV Information 8686, April 2012.

Personen, die Arbeiten an Fahrzeugen mit Hochvoltssystemen und deren Komponenten ausführen, müssen je nach Vorbildung eine mehrere Unterrichtseinheiten umfassende Qualifizierung nachweisen. Die Verantwortung hierfür liegt beim Unternehmen, kann sich aber auch auf beauftragte Dienstleister erstrecken.

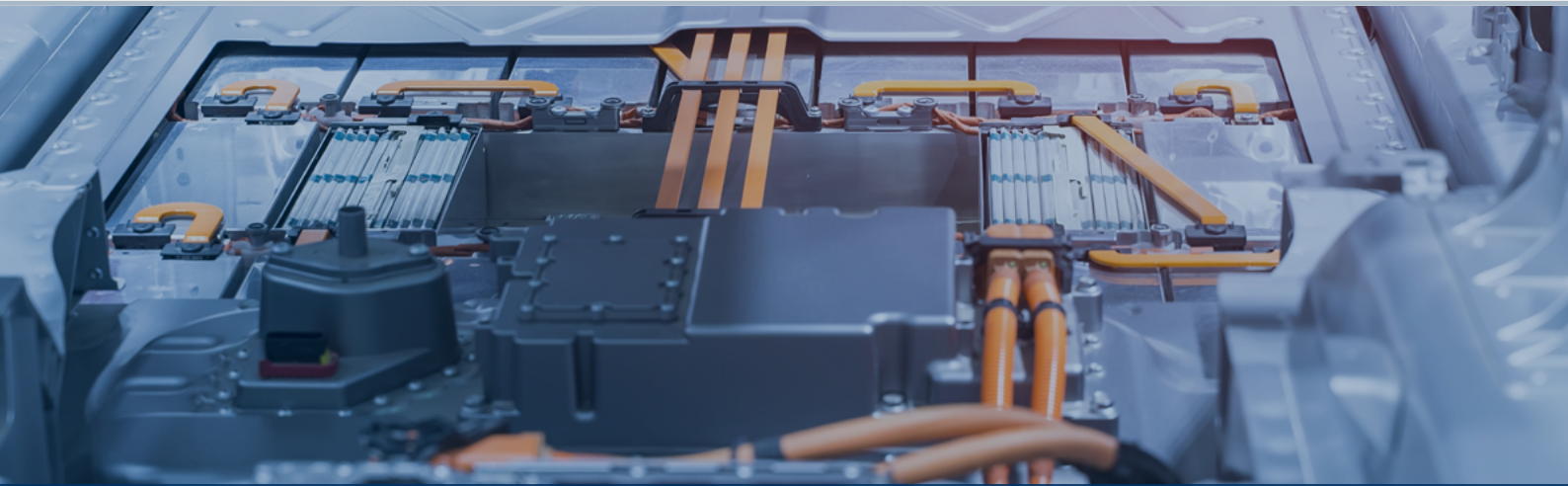
NORMEN UND RICHTLINIEN FÜR ELEKTROTECHNISCHE ARBEITEN

Die fachlichen Anforderungen an Personen, die elektrotechnische Arbeiten ausführen, werden in verschiedenen Vorschriften und VDE-Bestimmungen festgelegt, insbesondere in den folgenden:

- Arbeitsschutzgesetz
- Unfallverhütungsvorschrift „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (BGV/GUV-V A3)
- DIN VDE 0105-100 „Betrieb von elektrischen Anlagen“
- DIN VDE 1000-10 „Anforderungen an die im Bereich der Elektrotechnik tätigen Personen“



Technische Services für die Batterieproduktion in Europa
Operational Excellence für die Automobilindustrie



Technische Services für Batterieproduktion und -montage

Die Batterietechnologie hat bei Elektrofahrzeugen derzeit mit rund 40 Prozent den größten Anteil an der Wertschöpfung. Elektromobilität wird sich aller Voraussicht nach nur dann durchsetzen können, wenn die Kosten der Batterien deutlich sinken.

Im Jahr 2020 lagen die Kosten pro Kilowattstunde Speicherkapazität nach einer Analyse des Fraunhofer-Instituts im Durchschnitt bei rund 160 US-Dollar. Bei den günstigsten Herstellern lagen sie bei rund 90 Dollar. Bis 2030 erwartet Fraunhofer, dass die Kosten gegenüber 2020 durch technischen Fortschritt, Industrialisierung und Erfahrungswerte auf 80 bis 60 Prozent sinken werden. Mit zunehmender Reife und höherer Stückzahl sinken von externen Dienstleistern nicht zu beeinflussende Größen wie Abschreibungen auf Anlagen, die länger im Betrieb sind, Rohstoffpreise und die Kosten für Forschung und Entwicklung. Durch optimierte Produktionsprozesse und gegebenenfalls die Fremdvergabe von Teilleistungen besteht zusätzliches Einsparpotenzial bei den Kosten für Instandhaltung, Garantieleistungen und Produktionsausschuss. Es ist zu erwarten, dass nicht nur die Kosten für die Zellenproduktion, sondern die Kosten entlang der gesamten Wertschöpfungskette bis zur Montage der Batteriepacks in die Fahrzeuge geringer werden.



Technische Services für die Batterieproduktion in Europa
Operational Excellence für die Automobilindustrie

KOSTENSTRUKTUR VON BATTERIEZELLEN IN DOLLAR PRO KILOWATTSTUNDE SPEICHERKAPAZITÄT
MINIMUM UND DURCHSCHNITT

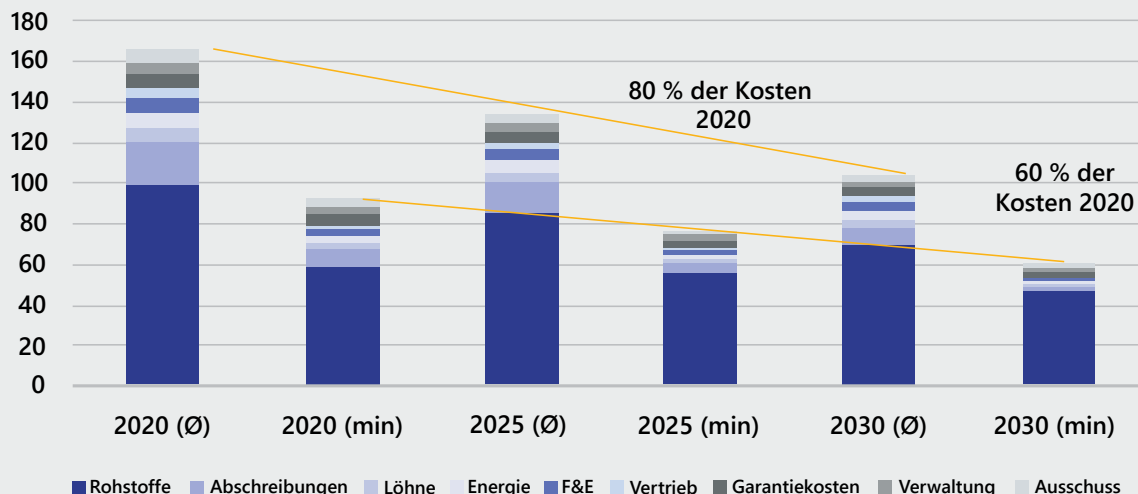


Abb. 6: Forecast Kostenstruktur Batteriezele in Dollar pro kWh, Quelle: Fraunhofer ISI

Im Wettbewerb der Hersteller ist der technologische Vorsprung derzeit von großer Bedeutung. Externe Dienstleister für die Instandhaltung der Produktionsmaschinen oder aber auch für die Montage der Batterien müssen daher nicht nur über die vergleichsweise neue und damit anspruchsvolle technologische Kompetenz verfügen, sondern auch höchsten Anforderungen an Arbeitssicherheit, Produktionsqualität und Schutz vor Industriespionage genügen.

Externe Dienstleister übernehmen traditionell in der Automobilindustrie eine große Bandbreite an produktionsnahen Leistungen, unter anderem die folgenden:

- Planung von Produktionslinien und Fertigungsprozessen inklusive Qualitätssicherung
- Auftragsfertigung von Teilkomponenten bis hin zu kompletten Batterien
- Montage der einzelnen Batteriebestandteile bis hin zur Montage des vollständigen Batteriesystems in den Fahrzeugen



Technische Services für die Batterieproduktion in Europa Operational Excellence für die Automobilindustrie

- Qualitätssicherungsmaßnahmen in der Produktion durch Analysen, Prüfungen und ggf. Nacharbeiten
- Instandhaltung der Produktionsanlagen inklusive Instandhaltungsanalyse und Prozessoptimierungen
- Planung und Durchführung von unterstützenden Prozessen wie Sicherheits-/Havariekonzepten, Logistik, Lagerung und Recycling von Produktionsausschuss
- Planung, Aufbau, Betrieb und Instandhaltung von Ladesäulenkonzepten

Die Make-or-Buy-Strategie der Unternehmen ist in der Regel von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst. Unter anderem ausschlaggebend sind die eigene technische Kompetenz, die vorhandenen Ressourcen, die Bedeutung der Batterien für das zu fertigende Fahrzeug und die geplante Stückzahl. Unternehmen mit einer eigenen Forschung und Entwicklung, die einen technologischen Vorsprung gegenüber Mitbewerbern haben und hohe Stückzahlen produzieren und absetzen, werden gegebenenfalls eher auf Eigenleistung setzen als Anbieter von Spezialfahrzeugen mit geringer Stückzahl. Letztere müssen davon ausgehen, dass eine eigene Forschung und Entwicklung zu deutlich höheren Preisen führen würde, als wenn sie die entsprechenden Leistungen am externen Markt einkaufen.

Nicht zu unterschätzen sind gerade für Unternehmen, die in Deutschland und anderen europäischen Ländern bisher nicht vertreten sind und Zellenproduktionskapazitäten aufbauen möchten, die geltende Rechtslage und die zahlreichen zu beachtenden Vorschriften, zum Beispiel:

- notwendige Mitarbeiterqualifizierungen zum Ausführen unterschiedlicher Tätigkeiten
- Dokumentationspflichten
- Arbeitsrecht, darunter auch Mitbestimmungs- und Informationspflichten
- Personalrekrutierung
- Versicherungen
- Import- und Exportbestimmungen
- je nach Land Förderprogramme von EU, Nationalstaaten, Regionen und Kommunen
- und vieles mehr



Technische Services für die Batterieproduktion in Europa
Operational Excellence für die Automobilindustrie

Dienstleister mit Erfahrung in den Standortmärkten einzubeziehen reduziert die Zeit zwischen Planung des Werks und Betriebsaufnahme, indem zu beachtende Vorschriften und länderspezifische Erfahrungswerte frühzeitig mit eingebracht werden. Die sogenannte Time-to-Market ist angesichts der hohen Marktdynamik erfolgsentscheidend.

Um den Verwaltungsaufwand und gleichzeitig die rechtlichen Risiken gering zu halten, kann eine Vergabe von kerngeschäftsnahen und -fernen Unterstützungsdienstleistungen an externe Dienstleister sinnvoll sein. Gerade in der Aufbauphase reduzieren Fertigungsunternehmen hierdurch ihr wirtschaftliches Risiko: Entwickelt sich die Nachfrage nicht wie geplant, wird der Vertrag mit externen Partnern nicht oder zu anderen Konditionen verlängert.

ERWARTETE INVESTITIONEN IN PRODUKTIONSANLAGEN

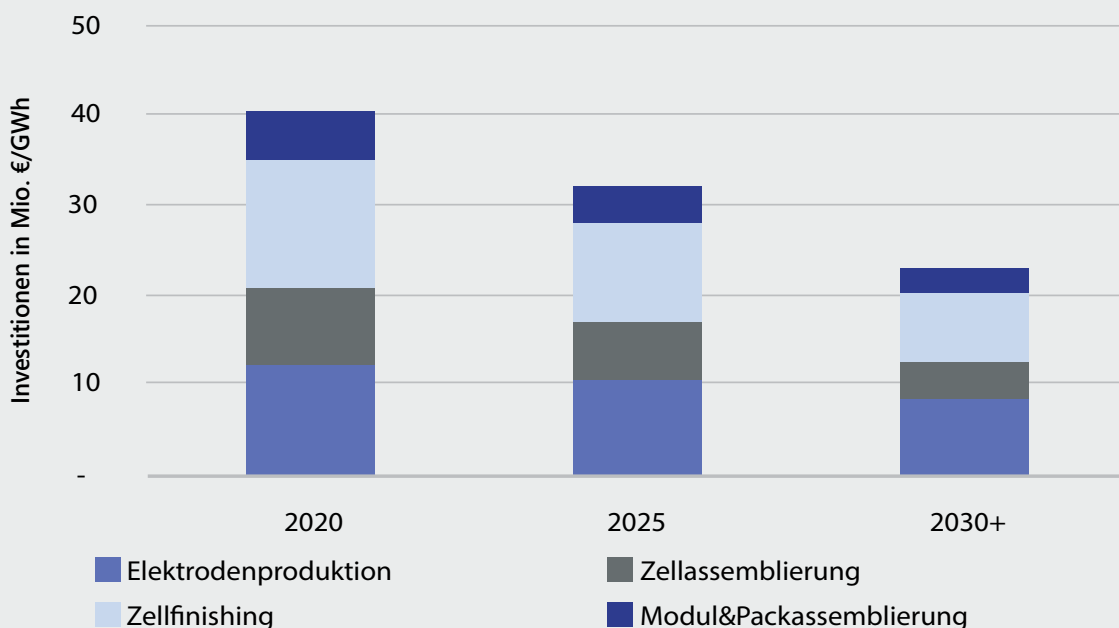


Abb. 7: Investitionen in Produktionsanlagen in Mio. €/GWh, Quelle: Fraunhofer ISI



Technische Services für die Batterieproduktion in Europa Operational Excellence für die Automobilindustrie

DIE BESONDERE BEDEUTUNG VON QUALITÄTSMANAGEMENT

Im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor sind batterieelektrisch angetriebene Verkehrsmittel in der Produktion teuer. Das anfänglich notwendige Investment ist ein wesentlicher Grund für die derzeit noch geringe Verbreitung im Markt. Die Kosten für Lithium-Ionen-Akkus sind der Hauptgrund hierfür. Geringere Produktionskosten können die Akzeptanz im Markt erhöhen.

Wie bei allen neuen Technologien fehlen derzeit noch Erfahrungswerte in der Zellenproduktion und der Montage zu Modulen und Batteriepacks. Nicht alle Prozesse sind vollständig durchindustrialisiert. Diese fehlenden Erfahrungen und Prozessanpassungen müssen insbesondere angesichts des Gefahrenpotenzials und der hohen Kosten für Rückrufe und Austausch/Ersatz von Batterien minderer Qualität durch ein umfassendes Qualitätsmanagement kompensiert werden.

Eine wirtschaftliche Herstellung von Batterien ist angesichts der aufeinander aufbauenden Produktionsschritte nur möglich, wenn Fehler frühzeitig erkannt und die fehlerhaften Komponenten aussortiert werden. Das reduziert die Materialverschwendung und die Kosten.

Übliche Produktionsfehler entstehen zum Beispiel in der Chemieherstellung, durch Flächenmaßabweichungen, Randüberhöhungen, Positionierungsfehler oder Fremdpartikel. Ebenfalls sind Komponenten wie Controller, Kühlelemente oder Kabel Fehlerquellen. Neben dem Ausfall der Kühlung sind undichte Stelle eine ernst zu nehmende Gefahrenquelle. Auch in der Produktion von Zwischenprodukten wie der Elektrodenfertigung können minderwertige Teile durch Kameratechnik erkannt und aussortiert werden.⁹ Diese Qualitätssicherungsmaßnahmen werden heute regelmäßig durch externe Dienstleister erbracht.

ANFORDERUNGEN AN EXTERNE DIENSTLEISTER

Externe Dienstleister sind in unterschiedlichsten Funktionen in der Wertschöpfungskette der Elektromobilität tätig. Das umfasst sowohl die Anlagenplanung als auch Auftragsfertigung, Montage und Instandhaltung. Angesichts der hohen Sensibilität der Komponenten batterieelektrischer Antriebsstränge muss eine hohe Arbeitsqualität nachgewiesen und dokumentiert werden. Das ist ohne (hoch) qualifizierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter nur schwer möglich. Dabei reicht es nicht aus, Mitarbeiter

Qualität

Qualitätsmanagement ist bei hohem Gefahrenpotenzial und teuren Komponenten wesentlich für eine wirtschaftliche Produktion.

Technische Services für die Batterieproduktion in Europa Operational Excellence für die Automobilindustrie

einmal zu rekrutieren, sondern Fluktuationen müssen regelmäßig kompensiert werden. Gleichzeitig muss der Dienstleister mit der rapiden Veränderung im Markt und dem technologischen Fortschritt mithalten. Daher genügt es nicht, einmal den technischen Stand zu erreichen; eine regelmäßige und detaillierte Marktbeobachtung wie auch ein kontinuierliches Weiterentwickeln der eigenen Kompetenzen sind zwingend erforderlich.

Das Anforderungsprofil an externe Dienstleister ist unterschiedlich, je nachdem ob sie in bestehende Produktionsprozesse integriert werden (Brownfield) oder direkt in den Aufbau des Werks mit einbezogen werden (Greenfield). Im Greenfield können externe Serviceunternehmen Erfahrungen mit einbringen und ihre Kunden in der Planung wie auch beim Aufbau von Teilprozessen unterstützen. Das ist besonders dann relevant, wenn ausländische Unternehmen die Vorgaben und lokalen Anforderungen schnell und rechtssicher umsetzen müssen.



Technische Services für die Batterieproduktion in Europa
Operational Excellence für die Automobilindustrie



Externe technische Services verringern Transformationsrisiken

Die Unsicherheiten in Bezug auf Marktpotenzial und Absatz von batterieelektrischen Fahrzeugen sowie die rapide voranschreitende technische Entwicklung insbesondere bei der Batterietechnologie und den damit verbundenen Fertigungsprozessen erschweren eine wirtschaftlich belastbare Planung und damit die Investitionen und den Aufbau von Entwicklungs- und Produktionskapazitäten. In diesen Zeiten benötigen Unternehmen eine hohe Flexibilität, um schnell auf Veränderungen reagieren zu können.

Nicht nur die großen und weithin bekannten Automobilkonzerne setzen angesichts des Investitionsrisikos bei vielen Prozessen und Leistungen auf externe Dienstleister. So steigt die Flexibilität bei einer Veränderung der Nachfrage durch veränderte Abnahmemengen. Aufwendige Verhandlungen mit Sozialpartnern und finanzielle Risiken können so deutlich reduziert werden.

EXTERNE DIENSTLEISTUNGEN BIETEN FLEXIBILITÄT

Externe Industriedienstleister sind essenziell für den Industriestandort Deutschland. Die Unternehmen erbringen ein breites Leistungsspektrum: von Standortdienstleistungen wie Werksicherheit, Grünanlagenpflege und Werksfeuerwehr über technische Reinigung, Instandhaltung von Produktionsanlagen, Engineering und Verbesserung bis hin zur Logistik



Technische Services für die Batterieproduktion in Europa Operational Excellence für die Automobilindustrie

und zur Übernahme von Komponentenfertigung, Qualitätssicherung und Vormontagen.

Technische Dienstleister wirken dabei als Flexibilitätsinstrument, indem sie vertraglich festgelegte Leistungen für einen begrenzten Zeitraum erbringen. Zum Ende der Laufzeit ist eine Anpassung an die veränderte Werksauslastung vergleichsweise leicht möglich. Externe Dienstleister decken Leistungsspitzen ab und stellen Kompetenzen bereit, die nur selten benötigt werden. Zudem erbringen sie spezialisierte Leistungen, die über das Kerngeschäft der Auftraggeber hinausgehen. Sie bringen Prozess-Know-how mit ein und tragen zu einer wirtschaftlichen Produktion bei, in der sich der Auftraggeber auf sein Kerngeschäft konzentriert.

Insbesondere in Zeiten des demografischen Wandels und des Fachkräftemangels sind externe Unternehmen für viele Auftraggeber unverzichtbar. Mitarbeiterrekrutierung sowie Aus- und Weiterbildung werden mit weniger Bewerbern und einer gegebenenfalls sinkenden Bewerberqualität aufwendiger. Im Zweifelsfall konzentriert die Personalabteilung der Auftraggeber ihre Ressourcen auf die Mitarbeiter, die die höchste Relevanz für das Kerngeschäft haben: Forschung und Entwicklung, IT, Vertrieb, Werks- und Produktionsleitung, Verwaltung sowie Führungskräfte und Spezialisten. Die Fremdvergabe unterstützender Prozesse bedeutet auch, die Aufwände für Personalgewinnung, Qualifizierung und Verwaltung zu reduzieren. Werden zum Ende des Auftrags an den Fremddienstleister durch eine andere Produktionspolitik oder den technischen Fortschritt andere Qualifikationen benötigt, entfallen die Sozialverpflichtungen und damit das Kostenrisiko für den Auftraggeber.

Technische Serviceunternehmen liefern hinsichtlich Fachkompetenz, Erfahrung und Wirtschaftlichkeit in vielen Situationen einen Mehrwert für Industrieunternehmen. Sie sind oftmals auch bereit und in der Lage, diese beim vollständigen Aufbau von Produktionskapazitäten zu unterstützen: von der Planung über den Aufbau und die Begleitung von Produktionslinien bis hin zur Vormontage und Montage am Fahrzeug.

Kernkompetenz vieler Industriedienstleister ist die wirtschaftliche Instandhaltung der Produktionsanlagen. In den Frühstadien der technischen Produktentwicklung und der industriellen Produktion fehlen



Technische Services für die Batterieproduktion in Europa Operational Excellence für die Automobilindustrie

Erfahrungswerte, was zu höheren initialen Instandhaltungsausgaben führt. Diese mit der Unterstützung externer Dienstleistern zu reduzieren, die über andere Kostenstrukturen verfügen als die Anlagenhersteller und das Personal des Betreibers, ist eine zentrale Aufgabe, um die Produktionskosten allgemein zu reduzieren.

Dieses Whitepaper hat sich mit den wesentlichen Herausforderungen durch die Transformation des Fahrzeugbaus hin zu Hochvoltbatterieantrieben befasst, sofern sie die Schnittstelle zu externen Dienstleistern berühren. Die hohe Komplexität und das Gefahrenpotenzial sind gerade für Unternehmen, deren Kerngeschäft nicht die Erforschung und Produktion von Batterien ist, eine große Herausforderung; dies gilt insbesondere für die Lagerung, die Logistik, die Produktion und die Montage bei Produktionslinien mit verschiedenen Modellen und geringer Stückzahl. Nicht nur für diese Unternehmen ist eine Zusammenarbeit mit externen Dienstleistern, die über Erfahrung und eine hohe Kompetenz verfügen, eine inhaltlich und wirtschaftlich oftmals sinnvolle Option. Werden zudem über eine feste Laufzeit Teilprozesse an externe Dienstleister vergeben und übernimmt der Dienstleister Anfangsinvestitionen, die über die Vertragslaufzeit über regelmäßige Vergütung der Leistungserbringung refinanziert werden, so unterstützt dies die oftmals angestrebte Strategie, die notwendigen Investitionsausgaben (CapEx) zugunsten der Aufwendungen für den operativen Geschäftsbetrieb (OpEx) zu verlagern und so den Zeitraum zwischen Ausgaben und Einnahmen zu verkürzen.

Die Fremdvergabe von Teilleistungen reduziert den administrativen Aufwand und das wirtschaftliche Risiko.



Technische Services für die Batterieproduktion in Europa
Operational Excellence für die Automobilindustrie

Gespräch: Service-Mehrwert im Ökosystem Batteriefertigung



Thomas Ball
Lünendonk & Hossenfelder



Dr. Christoph Jaschinski
Leadec

leadec



Technische Services für die Batterieproduktion in Europa Operational Excellence für die Automobilindustrie

Thomas Ball, Partner Lünendonk & Hossenfelder GmbH:

Herr Dr. Jaschinski: Lithium-Ionen-Batterie, Brennstoffzelle oder Biogas – welches ist die Antriebstechnologie der Zukunft?

Dr. Christoph Jaschinski, Leiter Global Business Development, Leadec-Gruppe:

Batterien, vor allem optimierte Lithium-Ionen-Batterien, werden heute weltweit als eine Schlüsseltechnologie für die Antriebe der Zukunft gesehen. Viele Hersteller und Zulieferer experimentieren zwar auch mit anderen Kraftstoffen und Antriebstechnologien wie Wasserstoff in Kombination mit der Brennstoffzelle oder synthetischen Kraftstoffen. Doch es zeigt sich, dass zumindest mittelfristig für Pkw der Fokus auf Fahrzeugen mit Lithium-Ionen-Batterien liegen wird. So wird bis 2030 erwartet, dass allein in Deutschland mehr als 4,5 Millionen elektrische Fahrzeuge jährlich produziert werden. Jüngste Schätzungen gehen davon aus, dass in Europa bereits dieses Jahr über 4,6 Millionen Fahrzeuge mit Batterieantrieb



Technische Services für die Batterieproduktion in Europa Operational Excellence für die Automobilindustrie

verkauft werden. Diese wachsende Nachfrage stellt die Industrie weiter vor große Herausforderungen. Das beginnt bei der Planung und dem Hochlauf neuer Werke, geht über die Transformation bestehender Werke zu effizienten und kostengünstigen Betreiberkonzepten und endet bei der Supply Chain. Hier sind spezialisierte, technische Dienstleister gefragt – mit Fachwissen rund um die moderne Fabrikorganisation.

Lünendonk: Was muss ein derartiger Dienstleister mitbringen?

Die Anforderungen unterscheiden sich je nach Stufe der Wertschöpfung. Bei der Fahrzeugmontage, also der Hochzeit des Batteriespeichers mit der Karosserie, geht es vor allem um Know-how in der Realisierung oder um Planungs- und Betreiberkompetenz für die komplette Intralogistik der Hochvoltspeicher. Anders sieht es bei den Montagewerken für die Batteriepacks aus. Hier braucht es spezielle Planungskompetenzen in der Montagetechnik, der Automatisierung und der Analysetechnik, aber auch in der Qualitätssicherung und -kontrolle. Besonders anspruchsvoll ist die eigentliche Fertigung der Batteriezellen. Hier fehlt es in Europa an Prozesswissen, außerdem ändern sich die Fertigungstechnologien noch sehr rasch. Die Industrie fordert zum Beispiel Kenntnisse rund um Smart Factory Analytics, agiles Arbeiten oder Anlagentechniken, die oft nur gemeinsam mit Anlagenbauern entwickelt werden können.

Daneben werden aber auch Kompetenzen gefordert, die generell in der Automobilindustrie heute üblich sind: Operational Excellence, spezielle Kenntnisse der Produktionssysteme und das Management von Nebenprozessen in der globalen Automobilproduktion. Das reicht von der Fabrikplanung über die Installation, die Fabrikautomation, den Betrieb und die Instandhaltung bis hin zum Facility Management und der werksinternen Versorgungslogistik. Durch unser Angebot und die langjährige Zusammenarbeit mit den führenden Automobilherstellern und -zulieferern sowohl bei der Fahrzeugmontage als auch in Komponentenwerken wird Leadec frühzeitig bei speziellen Fragestellungen zur Herstellung batteriebetriebener Fahrzeuge eingebunden.

Unser erklärtes Ziel ist es, uns als führender technischer Dienstleister für Fabriken zur Batteriemontage und zur Fertigung elektrisch angetriebener Fahrzeuge zu beweisen. Herstellerunabhängig können wir mit unseren Services die verschiedenen Phasen der Wertschöpfungskette von der



Technische Services für die Batterieproduktion in Europa Operational Excellence für die Automobilindustrie

Batteriezelle über das Batteriepacksystem bis hin zur Fertigmontage eines batteriebetriebenen Fahrzeugs abdecken.

Welche Erfahrungen kann Leadec vorweisen?

Wir haben Referenzen für Teststellungen und in der Großserienfertigung durch Projekte in Deutschland, Polen und den USA. Dabei hat sich gezeigt, dass die Hersteller vor allem an technischen Dienstleistungen interessiert sind. Das Engineering, die Instandhaltung von neuen Montagelinien, Dienstleistungen für die Vormontage und die Versorgungslogistik stehen ganz oben. Ein Beispiel:

Unter anderem arbeitet Leadec mit einem Tochterunternehmen der Daimler AG zusammen. In Kamenz bei Dresden werden hoch entwickelte Lithium-Ionen-Batterien für Plug-in-Hybride oder rein elektrische Fahrzeuge gebaut. Leadec hat hier innerhalb weniger Monate an einem eigenen Standort außerhalb des Werksgeländes ein Betreiberkonzept zur Vormontage unterschiedlicher Batteriepackgehäuse geplant und umgesetzt. Das innovative Versorgungskonzept beinhaltet eine Just-in-sequence-Anlieferung sowie das Leergut- und Qualitätsmanagement. Der Kunde konnte sich ganz auf den Aufbau seiner Montagelinien für die Hochvolt-Speicher konzentrieren. Die vorgelagerte Komponentenmontage haben wir ihm abgenommen und konnten so einen wichtigen Beitrag zur Verkürzung der Time-to-Market leisten.

Am gleichen Standort übernehmen wir die Instandhaltungsarbeiten in der Batteriemontage. Beim zweiten Werk haben wir unsere Erfahrungen bereits während der Errichtung mit einbringen können. Die beiden Aufträge für Instandhaltungsaktivitäten für Batterielinien sind die ersten ihrer Art in Europa, die von einem technischen Dienstleister übernommen wurden. Heute betreuen wir bereits acht Batterielinien.

Wie profitiert die Werksleitung von der Zusammenarbeit mit Industriedienstleistern?

Zunehmend entstehen neue Werke für die Batteriezellenfertigung, immer mehr auch in Westeuropa, sowohl von asiatischen und amerikanischen Herstellern als auch – und immer mehr – von europäischen Unternehmen. Und diese haben klare Kriterien: Nachhaltigkeit in der Supply Chain, räum-



Technische Services für die Batterieproduktion in Europa Operational Excellence für die Automobilindustrie

liche Nähe zu den Fahrzeugmontagewerken, CO₂-neutrale Produktion, Zugang zu qualifiziertem Personal, Kenntnis der lokalen Gesetzgebung und eine schnelle Hochlaufkurve. Viele dieser Unternehmen sind neu in Ländern wie Deutschland oder auch Frankreich. Sie müssen dann in kurzer Zeit nicht nur die Produktionsanlagen aufbauen, sondern auch 1.000 bis 2.000 Mitarbeiter qualifizieren, Fertigungs- und Prüfprozesse einführen. Time-to-Market ist hier alles! Da nehmen erfahrene Industriedienstleister wie Leadec, die bereits eigene Systeme und Tools für den Aufbau von technischen Dienstleistungseinheiten in Greenfield-Werken haben, viele Aufgaben ab.

Und was bedeutet Outsourcing auf der Kostenseite?

Heute geht es in den Medien oft noch um Themen wie Schnellladefähigkeit, Energiedichte und Reichweite. Um die Nachfrage nach batteriebetriebenen Fahrzeugen weiter zu steigern, geraten die Fahrzeugkosten und damit vor allem auch die Produktionskosten

PRODUKTIONSPROZESS VON ELEKTROAUTOS

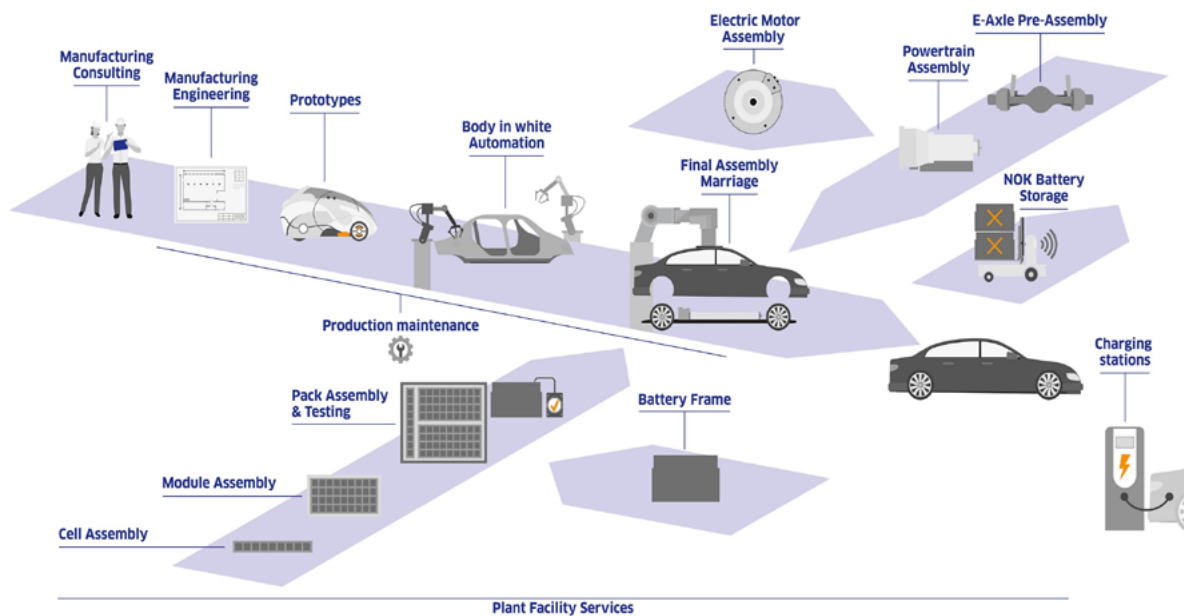


Abb. 8: Produktionsprozess von Elektroautos, Quelle: Leadec

Technische Services für die Batterieproduktion in Europa Operational Excellence für die Automobilindustrie

der Hochvoltspeicher unter Druck. Hier rücken die Automatisierung und die Instandhaltung in den Blick. Zwar machen die Material- und Anlagenkosten den größten Teil der Herstellkosten einer Batteriezelle aus, zusammen etwa 70-80 Prozent. Dieser Anteil wird jedoch unabhängig vom Standort des Werks durch die Weiterentwicklung der Werkstofftechnologien in den nächsten Jahren weiter deutlich sinken. Signifikante Kostenbestandteile bleiben dann die Lohn- und die Instandhaltungskosten. Innovative Automatisierungslösungen und Instandhaltungskonzepte für die neuen Fertigungs- und Montagetechnologien wie der Einsatz von Smart Factory Analytics dürften hier die Wettbewerbsfähigkeit europäischer Batteriezellenwerke deutlich verbessern.

Welche Kompetenzen werden bei Ihnen derzeit besonders nachgefragt?

Die meisten Projekte haben wir im Moment bei der Serienplanung von Montageprozessen, der Planung und Umsetzung spezieller Brandschutz- und Havariekonzepte und bei Tätigkeiten in der Qualitätssicherung. Letztere betreffen den Anlieferbereich von Modulen, die einzelnen Montageschritte im Rahmen des Korrosionsschutzes, das fachgerechte Ausschleusen oder den Abtransport von NOK-Batteriesystemen aus dem Werk.

Seit zwei Jahren bekommen auch Kompetenzen in der Versorgungslogistik der Werke mit Batteriesystemen und Antriebskomponenten einen immer höheren Stellenwert. Schon heute übernehmen spezialisierte Industriedienstleister die Inbound-Logistik, die Layoutplanung und den Betrieb des eigentlichen Batterielagers, die Vormontage von Komponenten und die Outbound-Logistik in die eigentliche Batterieproduktion. Und das alles in einer anspruchsvollen Hochvoltumgebung. Daher setzen wir auf spezifische Schulungskonzepte für Mitarbeiter, sowohl auf Führungs- als auch auf Shop-Floor-Ebene.

Wie sehen Sie die Zukunft des Batteriestandortes Europa?

Bei der Batteriezellenfertigung sind bislang die asiatischen Unternehmen mit ihren asiatischen Fertigungsstätten noch wesentlich weiter in der Industrialisierung der Fertigungstechnologien. Jetzt zeigt sich allerdings, dass die räumliche Nähe zu den europäischen Produktionswerken der



Technische Services für die Batterieproduktion in Europa Operational Excellence für die Automobilindustrie

Automobilhersteller mögliche Nachteile in der Produktionseffizienz immer mehr aufwiegt.

Gerade im letzten Jahr hat die politische Diskussion über den Batterie Standort Westeuropa, vor allem Deutschland und Frankreich, noch einmal deutlich an Intensität gewonnen. Zunächst hatten vor allem die asiatischen Hersteller angekündigt, neue Kapazitäten zur Batteriezellenproduktion in Europa aufzubauen. Inzwischen haben aber auch europäische und amerikanische Unternehmen damit begonnen, in Europa neue Werke zu errichten. Erwartet werden bei der Batteriezellenfertigung neue Produktionskapazitäten über 250 GWh/a allein bis 2025 und dann noch einmal mehr als eine Verdoppelung bis 2030. Gleichzeitig bauen die europäischen Chemieunternehmen hierzulande Kapazitäten auf. Es ist sehr viel in Bewegung. Das alles geht jedoch nicht ohne Fachkräfte. Neben den enormen finanziellen und technischen Herausforderungen, nicht nur für die Unternehmen, sondern auch für den Staat, wird es für Deutschland daher in den nächsten Jahren essenziell sein, Menschen für diese neuen Chancen in der Automobilproduktion zu begeistern und sie schnell für diese neuen Herausforderungen zu qualifizieren.

Bricht jetzt das Goldene Zeitalter für den Industrieservice an?

In der Tat haben jetzt Industriedienstleister wie Leadec eine besondere Chance, ihre Erfahrungen aus den verschiedenen Wellen der Entwicklung der Automobilproduktion einzubringen und den Transformationsprozess zu unterstützen. Der Industrieservice wird sich weiter professionalisieren. Mit den neuen Fertigungs-, Montage- und Prüftechniken wird sich der Trend zu Smart Manufacturing und damit auch zu Smart Services gerade bei der Herstellung von Batteriezellen und -modulen weiter verstärken. Unsere Strategie der integrierten technischen Dienstleistungskette vom Engineering über die Automatisierung und die Produktionsinstandhaltung bis hin zur Produktionslogistik und zum Facility Management bringt uns nun Vorteile dabei, unseren Kunden für eine schnelle Time-to-Market besondere Lösungen anzubieten. Leadec sieht sich hier sehr gut aufgestellt.



UNTERNEHMENSPROFILE

Technische Services für die Batterieproduktion in Europa
Operational Excellence für die Automobilindustrie

UNTERNEHMENSPROFILE

Leadec Holding BV & Co. KG



KONTAKT

Leadec Holding BV & Co. KG

Dr. Christoph Jaschinski

Senior Vice President

Business Development

Meitnerstraße 11, 70563 Stuttgart

Telefon: +49 711 7841 216

E-Mail: christoph.jaschinski@leadec-services.com

Website: www.leadec-services.com

ÜBER DIE LEADEC-GRUPPE

Leadec ist der global führende Servicespezialist entlang dem gesamten Lebenszyklus der Fabrik und der dazugehörigen Infrastruktur. Das 1962 gegründete Unternehmen hat seinen Hauptsitz in Stuttgart. Leadec ist an mehr als 300 Standorten auf vier Kontinenten ansässig, oft direkt in den Anlagen und Werken der Kunden. Im Jahr 2020 erzielte die Leadec-Gruppe einen Umsatz von rund 830 Mio. Euro und beschäftigte weltweit etwa 18.000 Mitarbeiter.

Die globalen Services umfassen Engineering (Fabrikplanung und -optimierung, Automatisierung und Produktions-IT), Installing (Elektroinstallation, mechanische Installation und Maschinenumzüge), Maintaining (Produktionsinstandhaltung und technische Reinigung), Support (technisches Facility Management, infrastrukturelles Facility Management und Logistik) sowie weitere lokale Leistungen. Zu den Kunden zählen Firmen aus der Fertigungsindustrie wie beispielsweise Automobil, Luft- und Raumfahrt oder Konsumgüter.

Im Bereich Digitalisierung ist Leadec ein Vorreiter in seinem Marktumfeld.

Über die digitale Geschäftsplattform Leadec.os werden sämtliche Prozesse durchgängig erfasst und eigene digitale Services integriert. Das erlaubt eine entsprechend transparente Planung und Erbringung aller Serviceleistungen sowie deren nahtlose Integration in die Systeme der Kunden und zeigt Optimierungspotenzial in der Fabrik auf. Die gewonnenen Daten bilden die Basis, um Abläufe innerhalb und rund um die Produktion weiter in Richtung „Fabrik der Zukunft“ zu transformieren.



Lünendonk & Hossenfelder GmbH

L Ü N E N D O N K „

Lünendonk & Hossenfelder mit Sitz in Mindelheim (Bayern) analysiert seit dem Jahr 1983 die europäischen Business-to-Business-Dienstleistungsmärkte (B2B). Im Fokus der Marktforscher stehen die Branchen Management- und IT-Beratung, Wirtschaftsprüfung, Steuer- und Rechtsberatung, Facility Management und Instandhaltung sowie Personaldienstleistung (Zeitarbeit, Staffing).

Zum Portfolio zählen Studien, Publikationen, Benchmarks und Beratung über Trends, Pricing, Positionierung oder Vergabeverfahren. Der große Datenbestand ermöglicht es Lünendonk, Erkenntnisse für Handlungsempfehlungen abzuleiten. Seit Jahrzehnten gibt das Marktforschungs- und Beratungsunternehmen die als Marktbarometer geltenden „Lünendonk®-Listen und -Studien“ heraus.



Langjährige Erfahrung, fundiertes Know-how, ein exzellentes Netzwerk und nicht zuletzt Leidenschaft für Marktforschung und Menschen machen das Unternehmen und seine Consultants zu gefragten Experten für Dienstleister, deren Kunden sowie Journalisten. Jährlich zeichnet Lünendonk zusammen mit einer Medienjury verdiente Unternehmen und Unternehmer mit den Lünendonk-Service-Awards aus.

KONTAKT

Lünendonk & Hossenfelder GmbH

Thomas Ball

Partner

Maximilianstraße 40, 87719 Mindelheim

Telefon: +49 82 61 7 31 40 - 0

E-Mail: ball@lunenendonk.de

Website: www.lunenendonk.de

Endnoten

1. <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/vw-baut-netz-eigener-batteriezellwerke-in-europa-auf-17245765.html>, abgerufen am 15.03.2021
2. <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/unternehmen/audi-chef-wir-entwickeln-keine-verbrennungsmotoren-mehr-17246757.html>, abgerufen am 16.03.2021
3. <https://www.baublatt.ch/baupraxis/elektrische-baumaschinen-weniger-laerm-keine-abgase-29118>, abgerufen am 16.03.2021
4. <https://www.produktion.de/veranstaltungen/deutscher-maschinenbau-gipfel/batteriezellen-wie-eine-fertigung-in-deutschland-gelingt-324.html>, abgerufen am 16.03.2021
5. Handelsblatt vom 12.01.2021
6. Stark vereinfachte Darstellung des Fertigungsprozesses nach PEM der RWTH Aachen und VDMA, Montageprozess eines Batteriemoduls und -packs, Oktober 2018
7. <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/digitec/elektroautos-deutschland-wird-zur-batteriezellenfabrik-europas-17221620.html>
8. <https://www.ingenics.com/de/e-mobility/>, abgerufen am 10.02.2021
9. VDMA, Roadmap Batterie-Produktionsmittel 2030, 2020, S. 36



ÜBER LÜNENDONK & HOSSENFELDER

Lünendonk & Hossenfelder mit Sitz in Mindelheim (Bayern) analysiert seit dem Jahr 1983 die europäischen Business-to-Business-Dienstleistungsmärkte (B2B). Im Fokus der Marktforscher stehen die Branchen Management- und IT-Beratung, Wirtschaftsprüfung, Steuer- und Rechtsberatung, Facility Management und Instandhaltung sowie Personaldienstleistung (Zeitarbeit, Staffing). Zum Portfolio zählen Studien, Publikationen, Benchmarks und Beratung über Trends, Pricing, Positionierung oder Vergabeverfahren. Der große Datenbestand ermöglicht es Lünendonk, Erkenntnisse für Handlungsempfehlungen abzuleiten. Seit Jahrzehnten gibt das Marktforschungs- und Beratungsunternehmen die als Marktbarometer geltenden „Lünendonk®-Listen und -Studien“ heraus. Langjährige Erfahrung, fundiertes Know-how, ein exzellentes Netzwerk und nicht zuletzt Leidenschaft für Marktforschung und Menschen machen das Unternehmen und seine Consultants zu gefragten Experten für Dienstleister, deren Kunden sowie Journalisten.



Wirtschaftsprüfung & Steuerberatung



Managementberatung



Technologieberatung



Informationstechnologie



Facility Management & Instandhaltung



Zeitarbeit & Personaldienstleistung

IMPRESSUM

Herausgeber:
Lünendonk & Hossenfelder GmbH
Maximilianstraße 40
87719 Mindelheim

Telefon: +49 8261 73140-0
Telefax: +49 8261 73140-66
E-Mail: info@lunenendok.de

Erfahren Sie mehr unter www.lunenendok.de

Autoren:
Thomas Ball
Dr. Christoph Jaschinski

Bilderquellen:
Titel © AdobeStock / Gorodenkoff
S. 6 © AdopeStock / xiaoliangge
S. 12 © AdopeStock / Katarzyna
S. 18 © AdopeStock / xiaoliangge
S. 23 © AdopeStock / xiaoliangge
S. 29 © AdopeStock / DZMITRY PALUBIATKA
S. 33 © AdobeStock / romaset