NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT

Roadmap integrierte Zell- und Batterieproduktion Deutschland

AG 2 – Batterietechnologie

Publikation AG 2 – Batterietechnologie und UAG 2.2 – Zell- und Batterieproduktion der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE)

NATIONALE PLATTFORM ELEKTROMOBILITÄT

Roadmap integrierte Zell- und Batterieproduktion Deutschland

Inhaltsverzeichnis

	Executive Summary	4
1	Markt und Wettbewerb	8
1.1	Heutige Wettbewerbssituation	9
1.2	Prognose Absatz und Produktion von Elektrofahrzeugen (BEVs/PHEVs)	10
2	Zellperformance und Lieferanten	15
2.1	Kundenerwartungen an Leistung und Kosten der Traktionsbatteriezellen	16
2.2	Anforderungen an einen Batteriezellhersteller mit Produktion in Deutschland bzw. Europa	16
3	Entwicklung von Zelltechnologie und Produktionstechnik	18
3.1	Weiterentwicklung der Batteriezelltechnologie	19
3.2	Produktionstechnologie	21
3.3	Projekte in Forschung und Entwicklung	24
4	Standort Deutschland im Quervergleich	25
4.1	Betrachtung des Standorts Deutschland	26
4.2	Lessons Learned – Erfahrungen für den Aufbau einer Zellproduktion in Deutschland	28
5	Risiken in der Wertschöpfungskette von Rohstoffen für Lithium-Ionen-Batteriezellen	29
5.1	Abhängigkeit von Rohstoffen	30
5.2	Implikationen auf die Sourcing-Strategie eines neuen Herstellers und die Sicherung der Ressourcen	31
6	Exemplarischer Aufbau einer Zellproduktion	33
6.1	Beschreibung zeitlicher Ablauf und Meilensteine	34
6.2	Herstellkostenvergleich Batteriezellen	37

7 Exemplarische Business- und Realisierungsplanung 40
7.1 Businessplanung und Beschreibung möglicher Szenarien 41
7.2 Skalierung der Produktionskapazitäten 45
7.3 Mögliche Marktrisiken und Marktpotenziale 46

8 Beschäftigungseffekte 48

9 Organisation der AG 2 und UAG 2.2 50

10 Schlusswort 52

11 Glossar 54

12 Literaturverzeichnis 57

Executive Summary

Auftrag

Der Lenkungskreis der NPE beauftragt die AG 2 – Batterietechnologie, im Jahr 2015 eine Roadmap zur langfristig orientierten, integrierten Zell- und Batterieproduktion in Deutschland zu erarbeiten. Nach Validierung und technologischer Entscheidung ist das Modell zur Wertschöpfung und Beschäftigung gemeinsam fortzuschreiben.

Die einberufene NPE UAG 2.2 – Zell- und Batterieproduktion erstellt gemeinsam mit der Wissenschaft, der Industrie, den Ministerien (Beirat) und mit Unterstützung durch die beauftragte Unternehmensberatung Roland Berger die Roadmap. Dabei wurde sich im Kern auf die Batteriezelle inklusive Zelltechnologie, Produktion und Produktionstechnologie fokussiert.

Executive Summary

Die Technologie der Gesamtbatterie und damit auch der Traktionsbatteriezellen ist ein Schlüsselelement für die individuelle Elektromobilität. Die Traktionsbatterie ist heute mit bis zu 30–40% Wertschöpfungsanteil eine der wichtigsten Komponenten des Elektrofahrzeugs. Die Traktionsbatteriezelle hat mit einem Anteil von etwa 60–70% eine hohe Bedeutung für die Wertschöpfung des Batteriepacks. Vor diesem Hintergrund spielt der Erhalt der gesamten Wertschöpfungskette am deutschen Standort eine entscheidende Rolle.

Traktionsbatteriemodule und -systeme werden in Deutschland heute bereits erfolgreich entwickelt und gefertigt. Durch gezielte Forschung und Entwicklung von Traktionsbatteriezellen wurden in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte erzielt – vor allem in Bezug auf Technologie und Leistungsfähigkeit. Allerdings gibt es seit Ende 2015 in Deutschland keine Fabrik für Traktionsbatteriezellen mehr, die signifikante Stückzahlen produziert.

Derzeit sind Überkapazitäten in der Batteriezellherstellung (Batteriezellgeneration 2) mit klarer Dominanz japanischer und koreanischer Hersteller vorhanden. Ein Ausbau der Produktion von Traktionsbatteriezellen der aktuellen Generation ist aus heutiger Sicht wirtschaftlich nicht darstellbar. Eine Investition in eine Produktion dieser heute am Markt etablierten Batteriezellgeneration scheint daher nicht sinnvoll. Die OEMs konzentrieren sich auf den weiteren Auf- und Ausbau der Produktion von Batteriepacks.

Ohne den Neueinstieg eines weiteren Anbieters am europäischen Standort kann davon ausgegangen werden, dass auch bei der nachfolgenden Technologiegeneration die asiatischen Batteriezellhersteller den Markt dominieren werden. Derzeit ist ein funktionierender Wettbewerb zwischen den Batteriezellherstellern und somit keine Abhängigkeit von einzelnen Anbietern festzustellen. Bei einer zunehmenden Spezialisierung der Traktionsbatteriezellen könnte jedoch eine Abhängigkeit von asiatischen Herstellern eintreten, auch wenn diese voraussichtlich bereits in den nächsten Jahren in Europa produzieren werden. Derzeit noch mit großer Zurückhaltung geführte Betrachtungen zur Systemrelevanz werden in Zukunft an Bedeutung zunehmen.

Bei wachsendem Markterfolg und Hochlauf an Elektrofahrzeugen wird die Nachfrage nach Traktionsbatteriezellen so deutlich ansteigen, dass ein weiterer Ausbau der globalen Zellproduktion notwendig wird.

Auf dieser Basis kann der Betrieb einer Zellfabrik auch in Deutschland nachhaltig möglich sein. Empfohlen wird mit Produktionsstart in 2021 der stufenweise Aufbau einer Zellfabrik von etwa13 GWh/a (ca. 325.000 BEV/a) bis 2025. Bei dem Neueinstieg muss die nächste Batteriezellgeneration 3a oder nachfolgende verwendet werden.

Dafür ist ein Investment von etwa 1,3 Mrd. EUR notwendig. Nach einer ersten Abschätzung können ein Break-even (EBIT) in 2025 sowie eine Amortisation (ab 2030) erreicht werden. Unter den Annahmen des Businessplans ist für eine dauerhaft wirtschaftliche Zellproduktion eine Mindestauslastung von 80% notwendig. Zudem besteht die Notwendigkeit, den positiven operativen Cashflow in neue Produktions- und Batteriezelltechnologien zu reinvestieren.

In der Hochlaufphase können die produzierten Traktionsbatteriezellen für einen Einsatz in stationären Speichersystemen infrage kommen.

Bei einer Zellfertigung von etwa 13 GWh/a ist eine Beschäftigungsauswirkung in der Größenordnung von ca. 1.050–1.300 Beschäftigten in der Fabrik (Produktion, F&E, Vertrieb etc.) zu erwarten. Zusätzlich können bis zu 3.100 Arbeitsplätze im Umfeld entstehen. Dies ist jedoch stark von der Strukturstärke des Standorts abhängig.

Die Weichen für eine Umsetzung sollten ab 2016 gestellt werden. Denn auch die asiatischen Batteriezellhersteller expandieren bereits nach Europa und stärken durch vertikale Integration in Richtung Modul- und Batteriepackfertigung sowie Zellmaterialien ihre Position.

Die Ansiedlung einer Batteriezellproduktion in Deutschland bietet die Chance, die Kompetenz der hier ansässigen Unternehmen (z.B. Materialhersteller, Maschinen- und Anlagenbauer) und Forschungseinrichtungen aufgrund ihrer räumlichen Nähe eng zu verknüpfen und so eine möglichst vollständige Abdeckung der Wertschöpfungskette Batterie zu erreichen. Weiter besteht die Chance, die Systemkompetenz für die gesamte Batterie in Deutschland und die Innovationsfähigkeit auszubauen.

Ein unternehmerischer Entscheidungsprozess, der die Chancen und Risiken des Aufbaus einer Batteriezellproduktion in Deutschland abwägt und voraussichtlich ab 2017 erfolgt, kann durch die Bundesregierung begleitend unterstützt werden. Eine weitere Marktbeobachtung ist erforderlich, um ggf. eine Justierung politischer und wirtschaftlicher Ziele vorzunehmen.

Handlungsempfehlung

Zur Sicherstellung des Know-hows sowie der Attraktivität des Standorts Deutschland wird empfohlen, weiterhin Forschung und Entwicklung in Zell- und Batterietechnologie und -produktion zukünftiger Generationen mit hoher Intensität fortzusetzen. Hierfür ist auch die Ausbildung von Fachexperten für Zellchemie und Produktionstechnik zu fördern. Die im Rahmen der Roadmap von der NPE UAG 2.2 und dem wissenschaftlichen Kreis ermittelten 28 Projektskizzen (etwa 220–230 Mio. EUR) werden den Ministerien bzw. Projektträgern zur Prüfung und späteren Umsetzung vorgeschlagen.

Aufgrund bestehender Überkapazitäten wird aus heutiger Sicht eine Investition in eine Produktion der heutigen Batteriezellgeneration (Generation 2) nicht empfohlen. Die Empfehlung ist eine fortlaufende intensive Beobachtung der Marktsituation bzgl. des Markthochlaufs sowie von Investitionen und Standortentscheidungen etablierter Hersteller. Bei einer erkennbaren Veränderung der Marktsituation (z.B. durch Errichten von „Copy-Paste“-Fabriken) müssen Politik und Industrie gemeinsam die nächsten Schritte prüfen und ggf. nachjustieren.

Konkrete Geschäftsmodelle zum stufenweisen Aufbau einer Zellfabrik in der Größenordnung von etwa 13 GWh/a und einer Batteriezellgeneration 3a oder folgenden sind von den jeweiligen Unternehmen zu untersuchen und in einer Kostenkalkulation zu validieren. Dabei ist eine staatliche Förderung zu prüfen und im Entscheidungsprozess vorzulegen.

Bei einer Entscheidung zur Umsetzung einer Zellproduktion am Standort Deutschland sind die in der Roadmap beschriebenen Chancen und Risiken (u.a. Standort, Kapital, Technologie, Abnahme) sowie Aspekte der Nachhaltigkeit zu beachten.

Eine mögliche Begleitung der Bundesregierung sollte durch die NPE-UAG 2.2 erfolgen. Hierzu sind zeitnah die Ergebnisse der Roadmap zur integrierten Zell- und Batterieproduktion in Partnerschaft mit der Automobil- und Automobilzulieferindustrie, dem Anlagen- und Maschinenbau, der Chemieindustrie, Konsortien und Investoren weiterzuverfolgen. Die Gesamtorganisation der NPE UAG 2.2 (mit Wissenschaft, Industrie, Politik und Unternehmensberatung) hat sich bewährt und soll aufrechterhalten werden.

Es wird empfohlen, ein dauerhaftes Monitoring der Lieferbeziehungen für die kritischen Rohstoffe Naturgrafit, Kobalt und Lithium einzuführen. Für eine langfristige Absicherung, inkl. eventuellen Investitionsvorhaben, der Versorgung ist eine enge politische Begleitung durch die verantwortlichen Ministerien bzw. die Bundesregierung erforderlich.

Zur Unterstützung einer unternehmerischen Entscheidung (ab 2017) wird empfohlen, ein Branchentreffen unter der Leitung der Bundesregierung einzuberufen.

1
Markt und Wettbewerb

1.1 Heutige Wettbewerbssituation

Die Wettbewerbssituation am Markt für Traktionsbatteriezellen für automobile Traktionsanwendungen ist derzeit geprägt durch eine Dominanz asiatischer Hersteller.

Wesentliche Produktionsstandorte der bei automobilen Traktionsanwendungen dominierenden großformatigen (sog. „large format“) Zellen sind derzeit Japan (26%), Korea (24%), China (22%) und USA (22%) (siehe Abbildung 1). (Anderman, 2013)

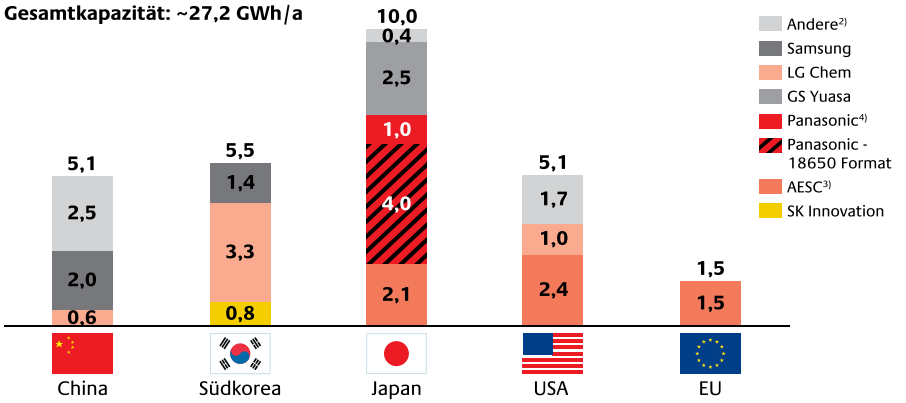


Abbildung 1: Large-Format-Lithium-Ionen-Batteriezellen[1] – Zellproduktion Übersicht Standorte und Kapazität 2014 [GWh/a]

Anmerkung: 1 GWh/a Zellkapazität entspricht bspw. etwa 25.000 BEVs mit 40 kWh
1) Lithium-Ionen-Batteriezellen für automotive und stationäre Anwendungen
2) Hersteller (z.B. BYD, Toshiba, A123, Enerdel, Kokam)
- BYD produziert für lokalen chinesischen Markt
- US-amerikanische Hersteller (u.a. A123, Enerdel, Kokam) mit starkem Fokus auf stationäre und non-automotive Anwendungen
3) AESC - Automotive Energy Supply Corporation ist ein JV zwischen Nissan Motors und NEC. Die von NEC hergestellten Elektroden werden weltweit zugeliefert. Bei hohen Fertigungskapazitäten ist die Auslastung z.T. nur sehr gering (< 50%, Stand: 2014).
4) Kapazität von Panasonic Sanyo im Format 18650 derzeit nur von Tesla direkt
Quelle: Roland Berger auf Basis (Takeshita, 2012) (Anderman, 2013) (Pillot, 2015)

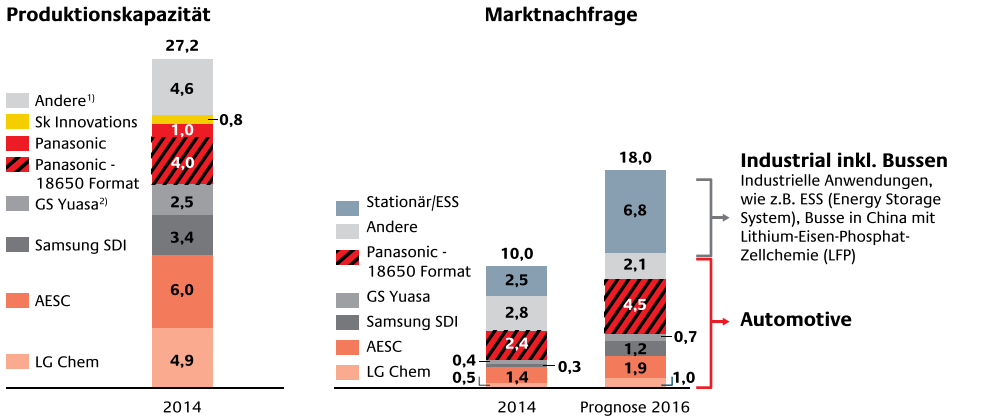
Dominanz asiatischer Hersteller in der Batteriezellproduktion

Bislang waren global Überkapazitäten in der Zellherstellung mit klarer Dominanz japanischer und koreanischer Batteriezellhersteller vorhanden (siehe Abbildung 2). Der chinesische Bedarf an Elektrobussen mit vornehmlich LFP(Lithium-Eisenphosphat)-Zellen hat erheblich angezogen. Hierdurch sind die Kapazitäten jedoch zunehmend ausgelastet.

Gleichzeitig kündigen etablierte und weniger etablierte Hersteller aus China an, ihre Kapazitäten deutlich zu erhöhen. Als Beispiele hierfür können u.a. die Hersteller BYD, CATL, CALB, Coslight und Lishen genannt werden. Dabei ist aber in regelmäßigen Abständen zu prüfen, welche Ankündigungen tatsächlich realisiert wurden. In der Vergangenheit lag der Fokus der chinesischen Hersteller im Fall von Traktionsbatteriezellen auf der LFP-Zellchemie. Hier ist derzeit eine Veränderung erkennbar, da diese Hersteller zunehmend auch NCM-basierte Zellchemie anbieten.

Mit steigenden Verkaufszahlen werden in Zukunft neue, zusätzliche Kapazitäten benötigt. Diese werden von den heute aktiven Wettbewerbern bei Vorliegen konkreter Aufträge geschaffen, die gegenwärtig bereits in den weiteren Ausbau der Produktionskapazitäten investieren. Kapazitäten werden derzeit in China (Erfüllung „local content“) und Korea ausgebaut. Nordamerika und Europa folgen mit zweiter Priorität. Aufgrund entsprechender Herstellernachfrage sind von koreanischen Herstellern Modulmontagen in Osteuropa (u.a. Polen) geplant, die bei entsprechendem Markthochlauf zu Zellfertigungen ausgebaut werden sollen.

Abbildung 2: Large-Format-Lithium-Ionen-Batteriezellen[3] – Produktionskapazität vs. Marktnachfrage [GWh/a]



Anmerkung: 1 GWh/a Zellkapazität entspricht etwa 25.000 BEVs mit 40-kWh-Batteriepack
1) Andere (z.B. BYD, Toshiba) 2) Inkl. Blue Energy and Lithium Energy Japan
3) Lithium-Ionen-Batteriezellen für automotive- und stationäre Anwendungen
Quellen: Roland Berger auf Basis (Takeshita, 2012) (Anderman, 2013) (Pillot, 2015)

AESC: Automotive Energy Supply Corporation
ESS: Energy Storage System

Die Marktnachfrage nach Zellen wird die Umsetzung weiterer Zellfabriken weltweit bestimmen.

Da sich heute mehrere Anbieter im Markt einen intensiven Wettbewerb liefern, wird ein „Preisdiktat" asiatischer Hersteller bei Fehlen eines deutschen/europäischen Wettbewerbers von den Fahrzeugherstellern als unwahrscheinlich und damit nicht als Bedrohung angesehen. Allerdings ist eine längerfristig mögliche Marktbeherrschung durch nur drei Wettbewerber (Panasonic, Samsung, LG Chem) nicht wünschenswert, vielmehr ist eine Belebung des Wettbewerbs durch weitere Anbieter anzustreben. Darüber hinaus planen die deutschen OEMs, weiterhin Batteriezellen oder -module zu Batteriepacks zu fertigen.

Bislang existieren global Überkapazitäten in der Zellherstellung mit klarer Dominanz japanischer und koreanischer Hersteller.

Die steigende Marktnachfrage wird die Umsetzung weiterer Zellfabriken weltweit bestimmen. Derzeit werden Fertigungskapazitäten für Batteriemodule und -packs von asiatischen Herstellern in Osteuropa errichtet, mit voraussichtlich weiterem Ausbau in Richtung Zelle.

1.2 Prognose Absatz und Produktion von Elektrofahrzeugen (BEVs/PHEVs)

Zur Abschätzung des Marktes für Traktionsbatteriezellen wurde – basierend auf aktuellen Prognosen – die Entwicklung von Absatz und Produktion von batterieelektrischen Fahrzeugen (BEVs) und Plug-in-Hybriden (PHEVs) ermittelt.

Ab 2020/2021 ist ein signifikanter Anstieg des Batteriebedarfs durch BEVs und PHEVs zu erwarten.

Die Analyse umfasst die Absatzregionen NAFTA, Europa, China sowie Japan und Korea, die deutlich mehr als 90% des globalen Marktes abdecken. Da die Entwicklung des Absatzes von Elektrofahrzeugen stark von der Vorgabe regionaler CO_2-Emissionsgrenzen und staatlichen Unterstützungsmaßnahmen abhängt, wurden zwei Szenarien („konservativ" und „optimistisch") untersucht.

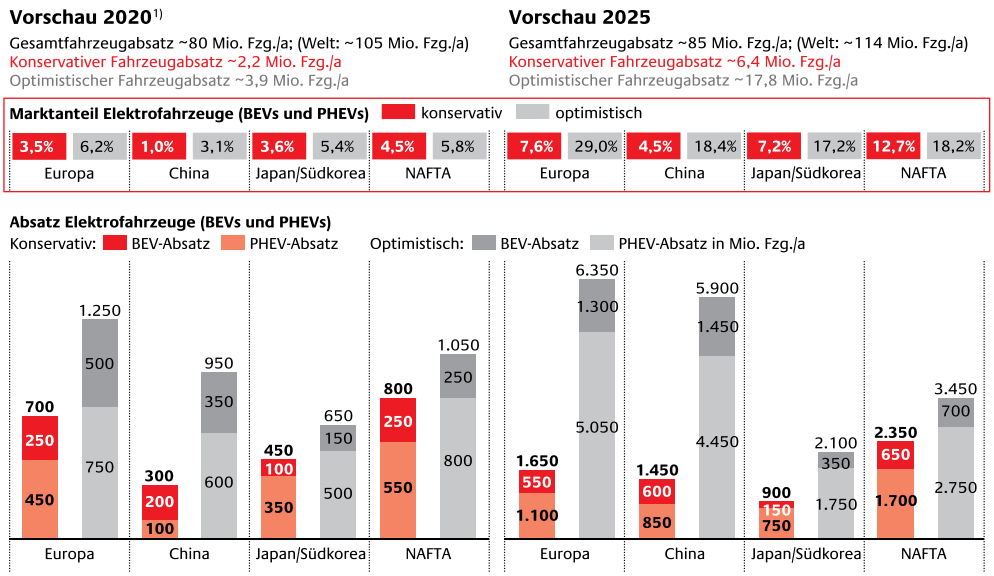
Das konservative Szenario basiert auf dem erforderlichen Mindestabsatz von Elektrofahrzeugen zur Erfüllung der regionalen CO_2-Emissionsgrenzen. Hierbei sind keine staatlichen Bezuschussungen des Kaufes und Unterhalts von BEVs und PHEVs zugrunde gelegt.

Im Gegensatz dazu werden im optimistischen Szenario zusätzlich zu der Erfüllung regionaler CO2-Emissionsgrenzen staatliche Förderprogramme für PHEV- und BEV-Fahrzeuge unterstellt. Daraus ergibt sich ein Kostenvorteil elektrischer gegenüber konventionellen Antriebssträngen.

Mild- und Fullhybridfahrzeuge haben in der Summe einen Zellbedarf, der deutlich unter der Differenz zwischen konservativem und optimistischem Szenario liegt. Dieser Bedarf wird daher im Weiteren nicht explizit berücksichtigt.

Die Ergebnisse der Analyse sind in Abbildung 3 dargestellt.

Im konservativen Szenario steigt der globale Absatz in 2020 auf 2,2 Mio. Elektrofahrzeuge/a sowie auf 6,4 Mio. Fahrzeuge/a in 2025, im optimistischen Szenario werden 3,5 Mio. (2020) bzw. 17,8 Mio. Fahrzeuge in 2025 prognostiziert.



1) Kritisches Jahr 2021 in der EU, da CO_2-Emissionen ab 2020 für 95% der neu zugelassenen Fahrzeuge gültig, ab 2021 für 100%
Quelle: Roland Berger Marktmodell, basierend auf (IHS, 2015) (Oxford Economics, 2015)

Abbildung 3: Absatz BEV- und PHEV-Fahrzeuge/a nach Regionen [1.000 Stück/a]

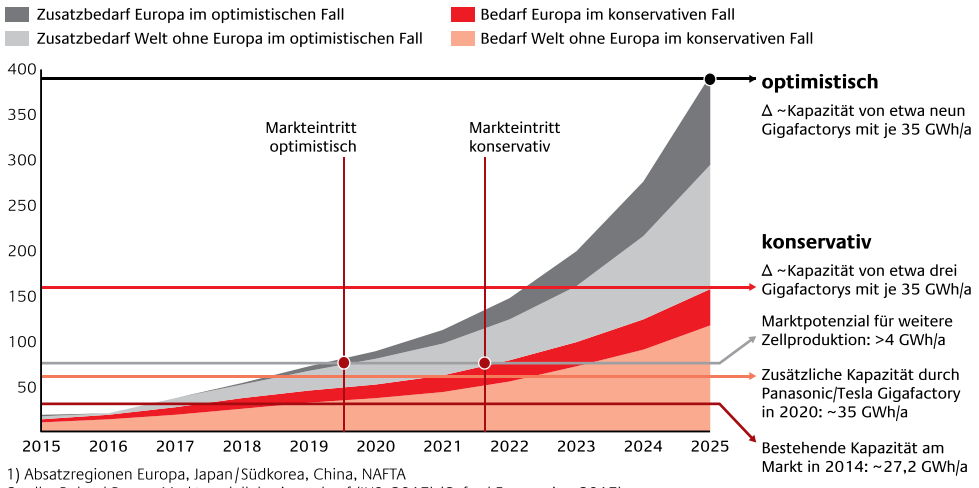
Die Erwartungen hinsichtlich der Absatzprognosen sind regional unterschiedlich. Es ist davon auszugehen, dass in Europa das konservative Szenario wahrscheinlicher eintreten wird, während in anderen Regionen (vor allem China) das optimistische Szenario eine höhere Wahrscheinlichkeit hat.

Deutlicher Anstieg von Elektrofahrzeugen in allen Regionen bis 2025

Um Kundenerwartungen hinsichtlich der Reichweite besser gerecht zu werden, ist in den nächsten Jahren eine Steigerung der Batteriekapazitäten sowohl in BEVs wie auch in PHEVs zu erwarten. Auf Basis einer durchschnittlichen Zellkapazität je Fahrzeug von 40 kWh (BEVs) bzw. 17 kWh (PHEVs) ist – auch unter Berücksichtigung heutiger Überka-

pazitäten – ab ca. 2020 ein signifikanter Bedarf an Zellproduktionskapazität zu erwarten (siehe Abbildung 4).

Abbildung 4:
Zellbedarf weltweit[1)] 2015-2025 [GWh/a] konservativ und optimistisch



1) Absatzregionen Europa, Japan/Südkorea, China, NAFTA
Quelle: Roland Berger Marktmodell, basierend auf (IHS, 2015) (Oxford Economics, 2015)

Zusätzlicher Bedarf an Zellfabriken weltweit zwischen 2019 und 2021

Es entsteht ein weltweiter Zusatzbedarf von ca. 5 GWh/a in 2020 bis zu 100 GWh/a bis 2025 (konservatives Szenario). Im optimistischen Szenario steigt der Zusatzbedarf auf über 300 GWh/a an. Zusätzliche Bedarfe werden durch Busse und stationäre Anwendungen generiert. Diese Bedarfssituation eröffnet die Möglichkeit einer wettbewerbsfähigen Zellfertigung auch am Standort Deutschland.

Der Absatz von BEVs und Plug-in-Hybriden wird weltweit im konservativen Szenario voraussichtlich in 2020 auf 2,2 Mio. Stück/a zunehmen. Der Zellbedarf steigt damit auf ca. 155 GWh/a (2025) und ermöglicht den Markteintritt eines neuen Spielers ab Mitte 2021.

In der Betrachtung des Business Case wird das konservative Szenario weiterverfolgt.

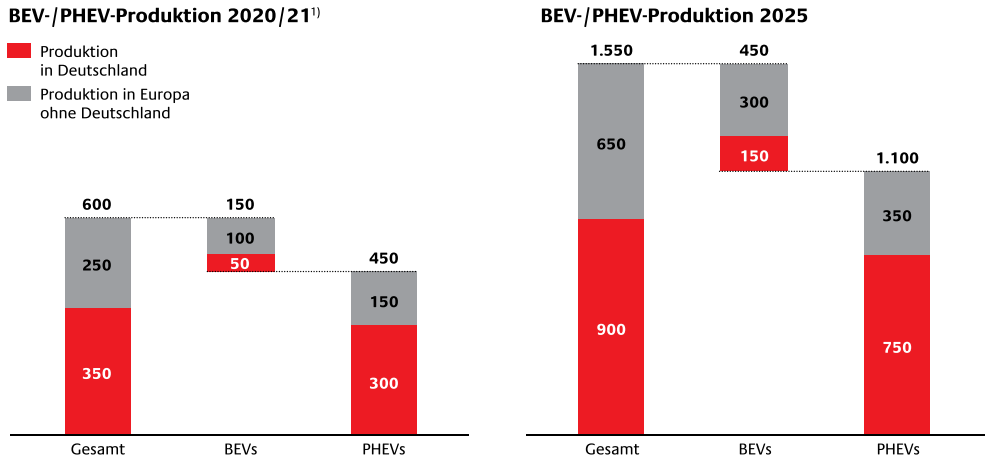
Prognose für Europa: Produktion von ca. 600.000 Elektrofahrzeugen in 2020/2021

Mit steigenden Produktionsstückzahlen von Elektrofahrzeugen in der EU wird Zellproduktion am Standort interessant.

Um einen Rückschluss auf die in Europa benötigten Traktionsbatteriezellen zu ziehen, muss aus dem weltweiten Fahrzeugabsatz die Fahrzeugproduktion in Europa abgeleitet werden. Hierfür wird angenommen, dass die Fahrzeughersteller die PHEV- und BEV-Fahrzeuge in den Stammwerken der jeweiligen Fahrzeugmodelle fertigen werden. Aufgrund der mittelfristig auch weiterhin geringen Fahrzeugstückzahlen würde eine Aufteilung der Fertigungsvolumina auf verschiedene Werke zu unverhältnismäßig hohen zusätzlichen Investitionen in Anlagen und Infrastruktur führen. Eine Fertigung von elektrischen Fahrzeugen in Europa wird daher primär durch europäische Hersteller erfolgen, während insbesondere asiatische Produzenten Elektrofahrzeuge auch weiterhin aus Japan oder Korea nach Europa einführen.

Mit Umsetzung der geplanten Emissionsvorgaben 2020/2021 in der Europäischen Union werden neben einer Optimierung des konventionellen Antriebsstrangs auch elektrifizierte Fahrzeuge (PHEVs, BEVs) zur Erfüllung der Vorgaben benötigt. Deren Anteil am europäischen Verkaufsvolumen liegt für die asiatischen Volumenhersteller im niedrigen, für die europäischen Premiumhersteller im hohen und für die europäischen Volumenhersteller im mittleren einstelligen Prozentbereich.

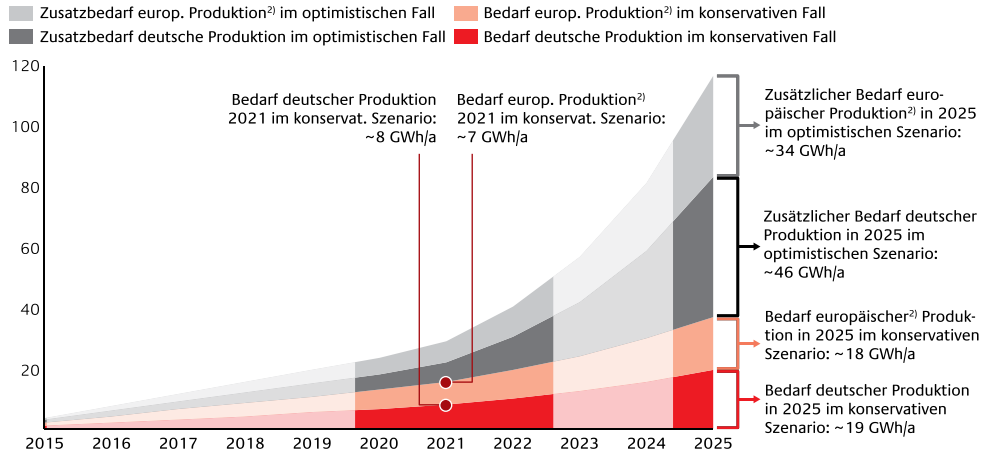
Entsprechend wird in Europa im konservativen Szenario bis 2020/21 die Produktion von Elektrofahrzeugen auf etwa 250.000 BEVs/a und 350.000 PHEVs/a steigen, wovon etwa 50.000 BEVs/a und etwa 300.000 PHEVs/a auf Deutschland entfallen (siehe Abbildung 5).



1) Kritisches Jahr 2021 in der EU, da CO_2-Emissionen ab 2020 für 95% der neu zugelassenen Fahrzeuge gültig, ab 2021 für 100%
Quelle: Roland Berger Marktmodell, basierend auf (IHS, 2015) (Oxford Economics, 2015)

Abbildung 5: Europäische und deutsche Fahrzeugproduktion (BEVs und PHEVs) 2020/2021[1)] und 2025 [1.000 Stück/a]

Basierend auf dem (konservativ) geschätzten Bedarf für die Produktion von BEVs bzw. PHEVs resultiert hieraus ein entsprechender Zellbedarf (siehe Abbildung 6). Dabei wird angenommen, dass PHEV-/BEV-Fahrzeuge eines Modells im jeweiligen Modellstammwerk gefertigt werden und Hersteller mit geringem Dieselanteil bzw. hohem SUV-Anteil in der Flotte einen entsprechend höheren Elektrifizierungsanteil haben.



1) EV mit einer Batterieleistung von 40 kWh 2) Europa ohne Deutschland
Quelle: Roland Berger Marktmodell, basierend auf (IHS, 2015) (Oxford Economics, 2015)

Abbildung 6: Zellbedarf durch europäische Fahrzeugproduktion (BEVs und PHEVs)[1)] 2015–2025 [GWh/a]

China und USA: Nachfrage primär durch Kunden getrieben bzw. durch regionale/lokale Vorgaben

In den anderen Kernmärkten sind zur Erfüllung der Emissionsvorschriften elektrifizierte Fahrzeuge im Horizont 2020 in der Breite nicht notwendig. Es gibt jedoch auch andere Mechanismen. In China sind Vorgaben der Zentralregierung zu „New Energy Vehicles" in Kraft, und es sind weitere Aktivitäten auf regionaler bzw. lokaler Ebene zu erwarten, die elektrifizierte Fahrzeuge fördern oder fordern. Der Staatsrat der VR China hat im Oktober 2015 beschlossen, dass bis 2020 etwa fünf Millionen NEVs in China zugelassen sein werden (German Industry & Commerce Greater China | Beijing, 2015).

Im US-Bundesstaat Kalifornien soll ab 2018 der Zero-Emission-Vehicle(ZEV)-Standard gelten. Hierin wird festgelegt, wie viele Zero-Emission-Vehicles je Hersteller und Jahr anteilig verkauft werden müssen. Der Anteil der Fahrzeuge, die dem ZEV-Standard genügen müssen, wird dabei jährlich auf maximal 22% bis 2025 angehoben. Zusätzlich wird noch unterschieden, wie viele Fahrzeuge ein Hersteller in Kalifornien verkauft und ob entsprechende Regelungen teilweise oder vollständig auf einen Hersteller zutreffen (Californian Air Resources Board, 2014).

Ausblick 2025: Elektrofahrzeuge kostenseitig wettbewerbsfähig für bestimmte Einsatzszenarien

Bis 2025 werden Technologiekosten (insbesondere für Batterien, aber auch für das Batteriemanagement-System oder die Leistungselektronik etc.) weiter sinken. Hierdurch werden elektrifizierte Fahrzeuge gegenüber konventionellen Fahrzeugen, deren Technologie sich wegen Emissionsvorgaben verteuert, kostenseitig wettbewerbsfähig. Eine wesentliche Grundlage für diese Entwicklung bildet die erwartete Performance-Steigerung der Traktionsbatteriezellen in den nächsten Jahren.

Ein hinreichendes Produktionsvolumen elektrifizierter Fahrzeuge in Deutschland/Europa im Horizont 2020/2021 ist notwendige Bedingung für einen Markteintritt eines neuen Batteriezellherstellers. Eine globale und langfristige Wettbewerbsfähigkeit (technologisch und kostenseitig) ist ebenso erforderlich.

2 Zellperformance und Lieferanten

2.1 Kundenerwartungen an Leistung und Kosten der Traktionsbatteriezellen

Die Fahrzeughersteller haben Leistungs- und Kostenziele auf Batteriezell- und -packebene und deren Entwicklung in den nächsten Jahren definiert.

Prognose 2025: Über die Zellgenerationen wird eine Verdopplung der Reichweite oder eine Halbierung der Kosten erwartet.

Abbildung 7 gibt einen Überblick über die von den Fahrzeugherstellern erwarteten Leistungs- und Kostenparameter auf Batteriezell- und -packebene. Mit signifikant steigender Kapazität im gleichen Batteriezellbauraum stellen die heutigen Sicherheitsziele eine zunehmende Herausforderung dar. Mehr „Intelligenz" in der Traktionsbatteriezelle ist eine wesentliche Voraussetzung, um gleiche Sicherheitsstandards zu erzielen – hier ist derzeit kein Vorteil bei asiatischen Anbietern erkennbar. Zusätzlich müssen Parameter wie Leistung bei Kaltstart, Lebensdauer und Schnellladefähigkeit weiterhin auf hohem Niveau erreicht werden. Dennoch wird über die Zellgenerationen hinweg bis 2025 eine Verdopplung der Reichweite oder eine Halbierung der Kosten erwartet.

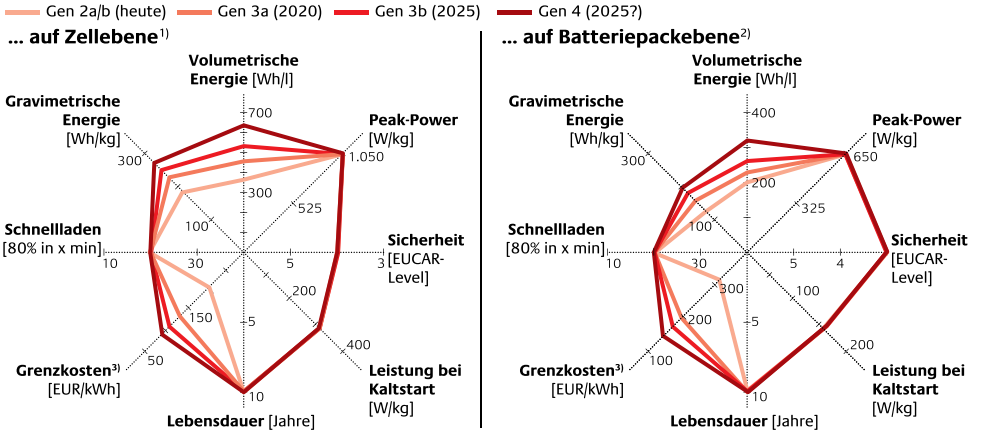


Abbildung 7: Key-Performance-Parameter aus Sicht der Kunden/OEMs für BEVs

1) Batteriezelle für EV 2) Batteriepack für EV mit 80 kWh 3) Bei 15 Mio. Zellen über Lebenszyklus eines Fahrzeugs oder einer Fahrzeugfamilie (entspricht heute bei Gen 2a ~70k Fahrzeuge mit 20 kWh Energieinhalt)
Quelle: NPE UAG 2.2 M. Weiss, A. Lamm, P. Lamp (2015)

2.2 Anforderungen an einen Batteriezellhersteller mit Produktion in Deutschland bzw. Europa

Eine Zellfertigung in Deutschland kann nur dann erfolgreich sein, wenn sie langfristig wettbewerbsfähig ist. Langfristig wettbewerbsfähig bedeutet hierbei u. a. die Beherrschung der aktuellen und zukünftigen Zelltechnologien (hinsichtlich Zellchemie und -aufbau) sowie der notwendigen Prozess- und Produktionstechnologien und möglicher Alternativen durch den Anbieter.

Globale Wettbewerbsfähigkeit muss für eine lokale Zellproduktion gewährleistet sein.

Neben Zell-, Prozess- und Produktions-Know-how sowohl für BEV- als auch für PHEV-Zellen sind weitere Kriterien von einem Lieferanten zwingend zu erfüllen, um von den OEMs ausgewählt zu werden. Hierzu gehört u. a.:

- Das Zellkonzept/-design erfüllt die Anforderungen des Fahrzeugherstellers.
- Das Produktions-Know-how und -konzept lassen eine hohe Qualität erwarten.
- Das Angebot des Lieferanten ist wirtschaftlich konkurrenzfähig (Preis).

- Die wirtschaftliche Solidität des Unternehmens ist gegeben.
- Grundsätzlich ist der Markt für Lithium-Ionen-Zellen global, d.h. neue Anbieter müssen sich einem globalen Wettbewerb stellen – dies setzt das schnelle Erreichen einer kritischen Größe voraus (vgl. Kapitel 6 ff.).
- Fabrikausbau in größere Volumina zur Erreichung von Kostendegressionseffekten

Fahrzeughersteller sind langfristig in Verträgen gebunden. Die Herausforderung für einen neuen Batteriezellhersteller liegt in der Wettbewerbsfähigkeit und in der Notwendigkeit, in das Lieferanten-Setup der OEMs zu kommen.

Die Erfahrung aus der Herstellung von Traktionsbatteriezellen hat gezeigt, dass aus kommerzieller Sicht ein Marktanteil von mindestens 5–10 % erforderlich ist, um wettbewerbsfähige Einkaufspreise für aktive Zellmaterialien zu erreichen und eine genügend große Basis für die Umlage von Gemeinkosten zu haben, insbesondere auch von den zu erwartenden Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen.

In den ersten Jahren der Zellproduktion ist darüber hinaus mit einem negativen Cashflow zu rechnen (vgl. Kapitel 5 und 6 des Berichts). Die Kapitalisierung eines neuen Spielers muss ausreichend sein, um diesen Zeitraum von bis zu zehn Jahren bis zum Erreichen eines kumulierten positiven Cashflows zu überbrücken. Des Weiteren sind mögliche Sonderaufwendungen und die notwendigen Weiterentwicklungen von Zell- und Produktionstechnologie zu finanzieren sowie kontinuierliche Investitionen in die Fertigung sicherzustellen.

3
Entwicklung von Zelltechnologie und Produktionstechnik

3.1 Weiterentwicklung der Batteriezelltechnologie

Für die nächsten Jahre ist eine evolutionäre Weiterentwicklung der Zelltechnologie zu erwarten (siehe Abbildung 8).

Derzeit sind überwiegend Fahrzeuge mit einer Zellchemie der Generationen 1 und 2a im Einsatz. Dabei handelt es sich um Traktionsbatteriezellen mit Kathoden, die überwiegend auf Lithium-Eisenphosphat (LFP), Lithium-Manganoxid (LMO), Lithium-Nickel-Cobalt-Aluminiumoxid (NCA) oder Lithium-Nickel-Cobalt-Manganoxid (NCM im sog. „Drittelmix“ – NCM111) sowie Anoden aus natürlichem Grafit oder amorphem Kohlenstoff basieren. Häufig werden zellherstellerspezifisch verschiedene Kathodenmaterialien kombiniert (als sog. „Blend“), um OEM-spezifische Eigenschaftsprofile zu erreichen.

Forschung und Entwicklung für Zelltechnologie und Zellfertigung muss am Standort Deutschland weiter vorangetrieben werden.

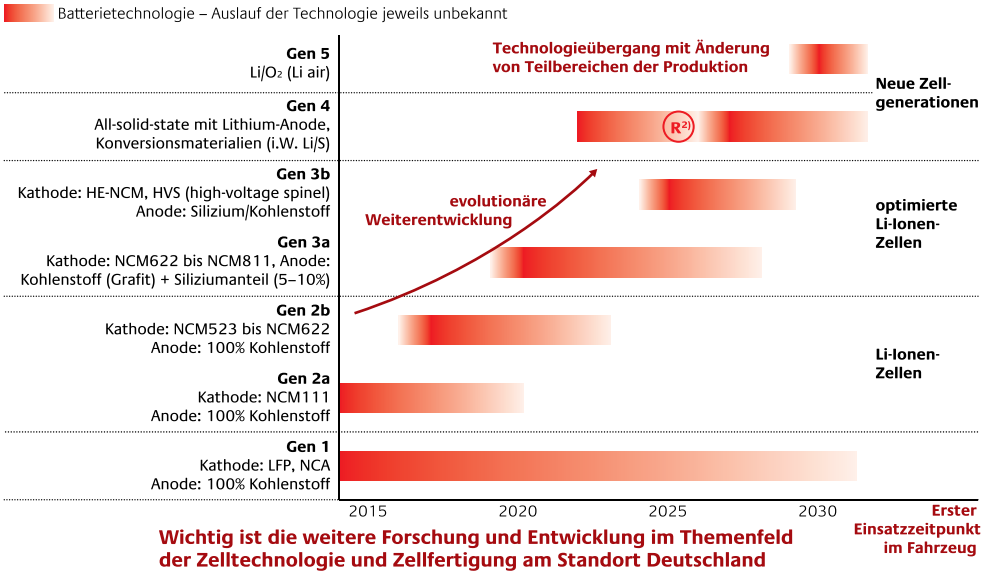


Abbildung 8: Entwicklung Roadmap Zelltechnologie 2015 bis 2030[1)]

NCM: Lithium-Nickel-Cobalt-Manganoxid, NCA: Lithium-Nickel-Cobalt-Aluminiumoxid, LFP: Lithium-Eisenphosphat
1) Offene Systeme wie Li/O_2-Batterien werden für automotive Anwendungen sehr kritisch gesehen. Daher ist eine Verwendung dieser Speichersysteme für automotive Anwendungen sehr unwahrscheinlich 2) Risiko einer früheren Marktverfügbarkeit
Quelle: (acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2015), NPE UAG 2.2 M. Weiss, Mitglieder (2015)

Die Generation 2b, die sich zunehmend durch nickelreichere Kathodenmaterialien mit höherer Energiedichte auszeichnet, befindet sich derzeit kurz vor der Markteinführung. Ein weiterer Fortschritt ist mit der Einführung der Generation 3 zu erwarten, die sich durch die Verwendung von Kohlenstoff-Silizium-Anoden auszeichnet. Bereits bei den (Schichtoxid-basierten) Generationen 2b und 3a kann in weiterer Folge mit einer geringfügigen Anhebung der oberen Abschaltspannung gerechnet werden, was zu einer Erhöhung der Energiedichte führen wird. Darüber hinaus erscheint mittelfristig besonders mit Traktionsbatteriezellen der Generation 4 gegenüber heute eine Verdopplung der Reichweite oder eine Halbierung der Kosten möglich.

Eine Erhöhung der Energiedichte ist durch neue Materialien oder Materialkombinationen möglich.

Wenn die Themen zyklische und kalendarische Lebensdauer sowie Sicherheit bei Lithium-Schwefel-Technologien befriedigend gelöst sind, kann Lithium-Schwefel (bzw. andere Konversionsmaterialien der Generation 4) zunehmend gegenüber optimierter Lithium-Ionen-Technologie an Bedeutung gewinnen und parallel zur Lithium-Ionen-Technologie einen Marktzugang finden. Heutige Erkenntnisse lassen jedoch nur eine

Erhöhung der gravimetrischen Energiedichte und nicht der volumetrischen Energiedichte gegenüber der weiterentwickelten Lithium-Ionen-Technologie erkennen, wie sie für ca. 2020 zu erwarten ist.

Es ist noch weitgehend offen, ob sich der theoretisch nachgewiesene Vorteil der höheren Energiedichte auf Zellebene auch praktisch – insbesondere in Form einer funktionstüchtigen Batterie auf Pack-Ebene – umsetzen lässt. Daher kann derzeit auch die Frage, ob und wann sich künftig ein Wechsel zu „post"-Lithium-Ionen-Technologien (Traktionsbatteriezellen der Generation 4 mit Konversionsmaterialien sowie zu Lithium/Sauerstoff, Generation 5) vollziehen wird, nicht beantwortet werden. Deutlich wahrscheinlicher ist aus heutiger Sicht vielmehr eine Weiterentwicklung zu Solid-State-Systemen (der Generation 4). Daher stehen derzeit diese Systeme im Mittelpunkt des Interesses, bei denen der flüssige Elektrolyt und der Separator durch Feststoff-Elektrolyte z.B. auf Polymer- und Keramikbasis ersetzt werden und die Anode durch eine Lithium-Metall-Folie realisiert wird. Dabei geht man davon aus, dass zusätzliche Kosten-, Gewichts- und Volumenreduktionen insbesondere auf Ebene der Fahrzeugbatterie z.B. durch den Entfall von Kühlsystemen erreichbar sind (Ishiguro, 2014).

Dennoch bieten auch weiterhin sowohl Post-Lithium-Ionen-Batterien als auch eine nicht auf Lithium basierende Batteriechemie mögliche disruptive Entwicklungsoptionen, die von Forschung und Entwicklung nicht vernachlässigt werden dürfen.

Diese absehbaren Fortschritte in der Entwicklung der Zelltechnologien sind ein wesentlicher Faktor zur Erfüllung der OEM-Erwartungen an zukünftige Zellgenerationen.

Die Zelltechnologie wird sich in den kommenden Jahren evolutionär weiterentwickeln. Ein Technologieübergang ist zwischen 2020 und 2025 zu erwarten.

3.2 Produktionstechnologie

Wichtig für eine schnelle und wirtschaftlich erfolgreiche Markteinführung neuer Zellgenerationen ist die synchrone, simultane Entwicklung der zugehörigen Produktionstechnologie in den Teilbereichen Elektrodenproduktion, Zellassemblierung sowie Formation und Prüfung. Dies erscheint nicht nur bei Technologiesprüngen beispielsweise von Generation 3 zu 4 oder von Generation 4 zu 5 sehr wichtig, sondern auch bei systematischer Weiterentwicklung der Lithium-Ionen-Technologie. Werden Zellgeneration und Produktionstechnologie simultan und interaktiv betrachtet, wird ersichtlich, dass die Prozessschritte der Elektroden- und Zellproduktion bei einem Sprung in der Zelltechnologie unterschiedlich stark betroffen sind.

Mit Übergang von Zellgeneration 3 zu 4 ca. 50% der Produktionsanlagen weiterverwendbar

Daher sollten in Zukunft modulare Anlagen entwickelt werden, bei denen einzelne Module bei Bedarf ausgetauscht oder stufenweise erweitert werden können, ohne die gesamte Anlage zu ändern. Hierdurch und aufgrund möglichst flexibler Produktionsmaschinen und Produktionsanlagen können in Zukunft neue Zellgenerationen ohne oder mit nur geringen Änderungen an den Maschinen und Anlagen hergestellt werden.

Effiziente Fertigungsprozesse

Nach aktuellem Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass Weiterentwicklungen in der Zelltechnologie die Module des Produktionsprozesses unterschiedlich stark beeinflussen. So wird z.B. bei Lithium-Ionen-optimierten Systemen (ab Generation 3) die Elektrodenfertigung mit zunehmender Generation komplexer (u.a. Mehrschichtaufbau, Nachbehandlung, lösungsmittelfreier Prozess), um eine bessere Zellperformance zu erreichen und eine weitere Zellassemblierung in prismatischen Zellen zu ermöglichen. Ein Wechsel des Zelltyps (Rundzelle, Flachzelle und prismatische Zelle) würde den Produktionsprozess darüber hinaus deutlich beeinflussen.

Der unterschiedliche Aufbau der Zelltypen wirkt sich neben dem Produktionsprozess vor allem auf die Zellmontage aus. Er erfordert deshalb geeignete individuelle Fertigungsressourcen, besonders bei der Zellassemblierung. Daher können Skaleneffekte nur begrenzt über unterschiedliche Zelltypen hinweg erzielt werden. Vielmehr verursacht jeder Zelltyp Investitionen in neue Montagesysteme. Infolgedessen ist es zur maximalen Ausnutzung von Lerneffekten und für die getätigten Investitionen wichtig, dass bei der Weiterentwicklung der Zellgenerationen der Zelltyp nicht verändert wird.

Eine weitere produktionstechnische Herausforderung liegt in der Effizienzsteigerung der zelltypspezifischen Fertigungsprozesse. Effizienzsteigerungen mit Fokus auf Zeit, Kosten und Qualität lassen sich hierbei im Besonderen in den folgenden Bereichen erzielen:

Eine Produktionstechnische Herausforderung liegt in der Effizienzsteigerung der zelltypspezifischen Fertigungsprozesse.

- Lösungsmittelfreie oder wasserbasierte Produktion von Elektroden zur umweltfreundlichen Herstellung von Lithium-Ionen-Zellen
- Kontinuierliche Misch- und Hochdurchsatz-Beschichtungs- und -Trocknungsverfahren der Elektroden zur Senkung der Herstellkosten. Besondere Bedeutung kommt hier auch den intermittierenden Beschichtungen zu, die für Stapelbildungsverfahren sehr wichtig sind.

- Neue Stapelbildungsverfahren und Verpackungsprinzipien, die eine möglichst gute Energie- und Leistungsdichte sowie Lebensdauer bei möglichst geringen Herstellkosten gewährleisten
- Effiziente Wetting- und Formierungsstrategien mit dem Ziel, die Wetting- und Formierzeiten zu reduzieren, die einen großen Anteil an der Gesamtherstellzeit der Zelle haben
- Charakterisierung von Zwischenprodukteigenschaften zur Früherkennung von Produktionsausschuss.

Optimierte Lithium-Ionen-Systeme (ohne Solid-State-Ansätze, Generation 3) erfordern technologisch gesehen nur eine stetig systematische Änderung der gesamten Anlagetechnik, wobei Anpassungen der Prozessparameter oder Erweiterungen der Anlagetechniken in einzelnen Teilbereichen der Zellproduktion weiterhin nötig sind. Wirtschaftlichkeit und Produktionsqualität dieser Anlagen sollten stetig verbessert und weiterentwickelt werden.

Prinzipiell lassen sich auch konventionelle Lithium-Schwefel-Batteriezellen (Generation 4) mit vergleichbaren Produktionsanlagen herstellen, wobei hier vor allem die Zellassemblierung mit Lithiumfolien und die Dünnschichtbeschichtung der Lithium-Metall-Anodenfolie zur Erreichung einer möglichst niedrigen Rauheit eine Herausforderung darstellt. Folgende Produktentwicklungen werden einen signifikanten Einfluss auf die Änderung der Produktionstechnologien haben:

- Elektrodenproduktion und Zellassemblierung für Solid-State-Konzepte von Lithium-Ionen-Batterien der Generation 4
- Elektrodenproduktion und Zellassemblierung für Lithium-Schwefel-Batterien der Generation 4
- Produktionsprozesse für Metall-Luft-Systeme (Fokus: Lithium-Sauerstoff, Generation 5).

Für die deutschen Unternehmen ergibt sich daher die Chance, durch „schnellere oder bessere“ Lösungen den Rückstand zu den asiatischen Herstellern aufzuholen. Einen wichtigen Erfolgsfaktor für den Aufbau einer großen Zellproduktion in Deutschland stellt der einheimische Maschinen- und Anlagenbau dar, der z.T. mittlerweile erfolgreich Maschinen für die Zellproduktion nach Asien und Nordamerika verkauft. Deutsche Unternehmen sind international konkurrenzfähig und decken dabei einzeln alle Prozessschritte der Zellproduktion ab: Mischer, Beschichtung und Trocknung, Kalandrierung, komplette Zellassemblierung für Wickel- und Stapelzellen inkl. Formierung und Alterung sowie Leitstandtechnik. Als Systemanbieter sind deutsche Hersteller nach aktueller Kenntnis aber noch nicht umfassend erfolgreich (acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2015).

Ein modularer Fabrikaufbau ist für die Wirtschaftlichkeit und Zukunftsfähigkeit vorteilhaft.

Es handelt sich um einen Aufbau mit verschiedenen, austauschbaren Modulen. Diese modulare Architektur ist erforderlich, damit Prozessmodule integriert werden können, ohne Änderungen der Gesamtstruktur vornehmen zu müssen. Voraussetzung für solch eine Modularisierung sind klar definierte mechanische, steuerungstechnische und informationstechnische Schnittstellen.

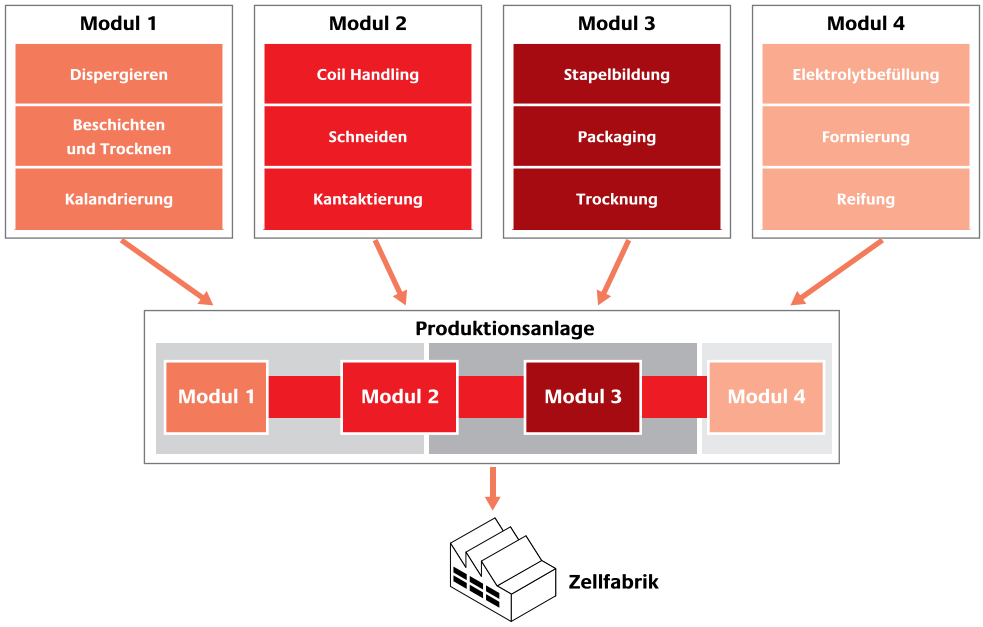


Abbildung 9: Pilot-Prozessmodule Zellfabrik

Quelle: Abbildung nach (NPE UAG 2.2 M. Weiss, Mitglieder, 2015), (acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2015)

Pilot-Prozessmodule werden an unterschiedlichen Forschungsinstituten entwickelt.

Durch einen modularen Aufbau sind die Erfahrungen bei optimierten Lithium-Ionen-Zellen (Generation 3) in Teilen auch auf die Generation 4 übertragbar. Der Technologiesprung von Generation 3 auf Generation 4 wird wegen der Solid-State-Technik jedoch auch einen Sprung bei der Produktionstechnologie mit sich bringen, die sich besonders in der Elektrodenherstellung (z.B. Deckschichtherstellung der Lithium-Metall-Anode) signifikant von bestehenden Produktionstechnologien unterscheiden. Der Frage, ob und für welche Prozessschritte bei der Solid-State-Technologie auch Erfahrungen aus Produktionen vorheriger Zellgenerationen nutzbar sind, kann mit modularen Anlagen ebenfalls gut begegnet werden.

Der Technologieübergang mit Umsetzung in der Produktion von Batteriezellen kann besser gelingen, wenn bereits Erfahrungen mit der Großserienfertigung der Generationen 3a/b vorliegen.

Mögliche Änderungen in der Produktionstechnik mit einem Technologiesprung durch Solid-State-Technologie (Generation 4) sind voraussichtlich nach 2020 im Markt sichtbar.

Ein Sprung in der Produktionstechnologie könnte in Zukunft bei Einführung von derzeit stark forschungsgeprägten Technologien wahrscheinlich werden, wie z.B. bei Zellen mit Solid-State-Technologie (Generation 4) oder Lithium-Sauerstoff-Technologie (Generation 5).

3.3 Projekte in Forschung und Entwicklung

Maßgeblich für eine wettbewerbsfähige Produktion von Traktionsbatteriezellen sind der Erhalt und weitere Aufbau von Expertise in den Batteriezellen- und Fertigungstechnologien. Hierzu sind weitere Investitionen in Forschung und Entwicklung notwendig. Um einen möglichst engen Schulterschluss mit den wissenschaftlichen Einrichtungen zu erreichen, wurde gemeinsam mit acatech ein wissenschaftlicher Kreis einberufen, der die Arbeiten der UAG 2.2 mit Aussagen zu Forschungsthemen unterstützt hat.

Die Forschungsthemen werden im Verbund von Wirtschaft und Wissenschaft erarbeitet. Hierzu wurde in mehreren Workshops der UAG 2.2 zur Erstellung von Projektskizzen aufgefordert und abgestimmt. Aus diesem Prozess sind 28 Projektskizzen (etwa 220–230 Mio. Euro) hervorgegangen und in die mit den Ministerien vereinbarten Themenfelder geclustert worden.

1. Material-/Prozesstechnik (Li-Ionen-Technologie)
- Vorbehandlung und Verarbeitung aktueller zukünftiger Aktivmaterialien
- Prozessparameter und Messtechnik à Produktion großer Akkus
- Anwendungen in Elektrofahrzeugen und stationären Speichern
- Second Life

2. Materialien für Hochleistungs- und Hochenergie-Batteriesysteme
- Stabilität des Elektrolyten bei höheren Spannungen
- Materialsysteme für HV- und HE-Batterien
- Polymerbatterien
- Materialintegration, Solid-State-Ansätze
- Geschützte Li-Anoden

3. Zukünftige Batteriesysteme (Grundlagen 2025 – …)
- Metall-Schwefel-Batterien
- Metall-Luft-Batterien
- Solid-State-Ansätze

Die Entscheidung über eine Finanzierung der vorgelegten Projekte durch die öffentliche Hand folgt den bekannten Ausschreibungs -und Bewilligungsverfahren. Mit der Roadmap werden die Skizzen den im Beirat der UAG 2.2 teilnehmenden Ministerien übergeben.

4
Standort Deutschland im Quervergleich

4.1 Betrachtung des Standorts Deutschland

Ein Ökosystem aus Anwendern und Fertigung begünstigt den Standort Deutschland.

Die Beurteilung des Standorts Deutschland im Hinblick auf eine Zellproduktion bedarf der Berücksichtigung qualitativer wie quantitativer Faktoren. Ab einer bestimmten Stückzahl wird eine Zellproduktion in regionaler Nähe zum Fahrzeugmontagewerk von den Herstellern als sinnvoll erachtet. Hierin ist sicher ein Vorteil für den Standort Deutschland aufgrund seiner zentralen Lage innerhalb Europas zu sehen. Bei der kundenseitigen Beurteilung der qualitativen Vor- und Nachteile einer Zellproduktion in Deutschland spielen neben quantifizierbaren Logistikkosten und Zolleffekten auch Risikoerwägungen eine Rolle. Hierbei kann es sich z.B. um Produktionsunterbrechungen aufgrund von Schwierigkeiten in der Lieferkette und die Reaktionsschnelligkeit bei Qualitätsproblemen oder Rückrufen handeln sowie die ggf. einfachere Kommunikation mit dem Lieferanten.

Eine Produktion in Deutschland kann positive Effekte im Zusammenspiel mit den OEMs erzeugen, insbesondere wenn die Kommunikation in gleicher Sprache und ohne Zeitverschiebung erfolgen kann. Zwar ist diese nicht ausschlaggebend für die Lieferantenauswahl, jedoch kann die Existenz eines entsprechenden „Ökosystems“ aus Anwendern (OEMs), Batteriezellherstellern, Materiallieferanten, Ausrüstern und Forschungs-/Ausbildungsinstitutionen hilfreich für die Etablierung und Aufrechterhaltung einer Technologieführerschaft bzw. führenden Marktposition sein. Die Nähe zu führenden Premium-OEMs unterstützt die Bildung eines global wettbewerbsfähigen „Forschungsclusters“. Auch kann durch eine Zellproduktion in Deutschland die zurzeit noch einseitig auf Asien ausgerichtete Wertschöpfungskette global mehr in Richtung Europa austariert werden.

> Die Ansiedlung einer Batteriezellproduktion in Deutschland bietet Chancen für die weitere Entwicklung des Standorts. Basierend auf einer starken FuE-Landschaft können Synergieeffekte durch die Einbindung der in Deutschland ansässigen Unternehmen generiert werden, die zur Wertschöpfungskette Batterie beitragen. Dazu gehören insbesondere die Materialproduzenten sowie die Maschinen- und Anlagenbauer, die derzeit über eine Verlagerung ihrer Aktivitäten nach Asien nachdenken. Eine Batteriezellproduktion in Deutschland könnte daher auch ein wichtiges Element zur Wahrung der Systemkompetenz und damit für die Frage der Zukunftsfähigkeit Deutschlands als Innovationsstandort werden. Daneben besteht im Bereich der stationären Energiespeicherung die Chance einer Erweiterung der Absatzmärkte für die Energiewende.

Hochautomatisierte Produktionsprozesse, wie die Zellfertigung, benötigen hochqualifizierte Mitarbeiter. Zwar sind in Deutschland ein hohes Ausbildungsniveau und eine hohe Automobilkompetenz vorhanden, eine mögliche Herausforderung stellt jedoch das derzeitige Angebot an qualifizierten Batterieexperten (sowohl hinsichtlich Zellchemie als auch Produktions-Know-how) dar, das sowohl aus Sicht der Industrie wie auch der Forschung als gering einzuschätzen ist. Experten mit spezifischer Erfahrung bzw. spezifischem Know-how sind derzeit hauptsächlich in Asien verfügbar. Die fehlende Produktionserfahrung spiegelt sich auch in deutlich längeren Hochlaufphasen wider. Daher setzt eine Produktion in Deutschland auch den weiteren Ausbau eines ausreichend großen Experten-Pools voraus. Hierzu gibt es eine ganze Reihe von Maßnahmen,

wie die bestehenden Zellproduktions-Forschungseinrichtungen zum Know-how-Aufbau und zur erweiterten Ausbildung des Fachpersonals heranzuziehen. Auch die universitäre Lehre in relevanten Themenfeldern kann hierzu Beiträge liefern.
Unabhängig davon existiert in Deutschland signifikantes Know-how, u. a. im Maschinenbau (Anlagen zur Zell- und Materialherstellung), aber auch in der Automobil- und Zulieferindustrie (sowohl zur Herstellung als auch zur Auslegung der Zellen) sowie in der Chemieindustrie. Auch entwickeln und montieren die OEMs (und teilweise Zulieferer) bereits heute i. d. R. die Batteriepacks für PHEVs und BEVs in Deutschland und Europa.
Zur Bewertung der Attraktivität des Standorts Deutschland wurde darüber hinaus ein Vergleich mit anderen potenziell attraktiven Standorten vorgenommen.

Hierfür wurden neben den heute dominierenden Standorten der Batteriezellproduktion Japan und Südkorea auch die USA sowie die Länder Frankreich, Polen, Tschechische Republik, Slowakei und Ungarn ausgewählt. Als Teil der Europäischen Union haben diese Länder in den vergangenen 20 Jahren eine bedeutende Automobil- und Automobilzulieferindustrie aufgebaut. Darüber hinaus weisen diese potenziellen Standorte teilweise ebenfalls nur geringe Entfernungen zu relevanten Fahrzeugmontagewerken auf und haben eine gute verkehrstechnische Anbindung. Polen und Ungarn wurden zudem als Standorte von Traktionsbatteriezell- und Batteriepackfertigungen von koreanischen Anbietern ausgewählt.

Abbildung 10 gibt einen Überblick über Standortfaktoren für Deutschland, Japan und Korea, die USA sowie über alternative potenzielle Standorte innerhalb der Europäischen Union.

Gewichtung [%]		DE[4] "normal case"	DE-NB[5] "best case"	Südkorea	Japan	Tschech. Rep.	Ungarn	Polen	Slowakei	China	USA	Frankreich
Personal	**30%**	**2,8**	**3,6**	**2,7**	**3,3**	**3,7**	**2,2**	**4,0**	**3,4**	**3,8**	**3,6**	**2,6**
Lohnkosten 2015	10%	1	3	3	3	4	4	4	4	5	3	2
Lohnk.-Prognose 2019	30%	1	3	3	3	4	4	4	4	5	3	2
Verfügb. v. Arbeitern	30%	3	3	4	2	4	1	5	4	3	4	4
Motivat. v. Arbeitern	30%	5	5	1	5	3	1	3	2	3	4	2
Energie	**25%**	**2,2**	**4,0**	**4,6**	**1,0**	**3,4**	**3,0**	**4,0**	**3,2**	**2,0**	**2,6**	**4,2**
Elektrizität	80%	2	4	5	1	3	3	4	3	2	2	4
Erdgas	20%	3	4	3	1	5	3	4	4	2	5	5
Logistik[3]	5%	5	5	3	4	2	2	2	1	2	4	4
Subventionen	15%	1	1	5	1	2	4	4	3	4	4	1
Wechselkursrisiken	5%	3	3	4	4	1	2	2	3	5	5	3
Ökonomische und finanzielle Stabilität	5%	5	5	4	3	3	1	3	3	3	5	4
Transparanz	3%	5	5	2	4	2	2	3	2	1	4	4
Körperschafts-steuersätze	5%	2	2	3	2	5	5	5	4	3	1	2
Innovations-Ökosystem	7%	5	5	1	3	1	1	1	1	3	5	3
Gesamt	**100%**	**2,8**	**3,5**	**3,5**	**2,4**	**2,9**	**2,6**	**3,5**	**2,9**	**3,1**	**3,5**	**2,9**

Abbildung 10: Übersicht Länderbewertung[1]

1) 5 = beste; 1= schlechteste Bewertung 2) Einschätzung der UAG-2.2-Mitglieder 3) Zuverlässigkeit der Logistik nach Logistics Performance Index (LPI) der Weltbank 4) DE = Lohnkosten-Durchschnitt Deutschland gesamt, keine Befreiung von EEG-Umlage
5) DE-NB = Lohnkosten neue deutsche Bundesländer, Befreiung von der EEG-Umlage
Quelle: Roland Berger auf Basis eigener Analysen und (Baehr Verpackung, 2015) (Busan Agency Co. Ltd., 2015) (CEIC, 2015) (City of Yokohama, 2015) (Countryeconomy.com, 2015) (OECD.stat, 2015) (Department of Energy & Climate Change, 2015) (Elkind, 2014) (EUI, 2015) (European Commission, 2014) (eurostat, 2015) (GTAI, 2014) (IMD, 2015) (KEPCO, 2015) (KOGAS, 2015) (State Administration of Taxation, 2013) (Transparency International Deutschland e.V., 2014) (MOL, 2014) (MOL, 2015) (paper.people.com.cn, 2013) (pk Elektronik, 2015) (U.S. Energy Information Administration, 2015) (Wesoff, 2015) (Worldfreightrates.com, 2015) (Worldbank, 2015)

Der Standort Deutschland ist nur potenziell zu Ländern wie Korea und Polen unter Best-Case-Annahmen wettbewerbsfähig.

Im Quervergleich schneidet Deutschland in einem Best-Case-Szenario ähnlich wie Korea, Polen und die USA ab. Wesentlicher Unterschied zwischen Polen und Deutschland sind die Vorteile Polens im Bereich Personalkosten sowie bei Steuern und Subventionen, während in Deutschland die logistische Leistungsfähigkeit sowie die Forschungslandschaft als besser eingeschätzt werden. In dem Best Case-Szenario für Deutschland wird von einem ostdeutschen Lohnkostenniveau und einer Befreiung der Zellfertigung von Abgaben der EEG-Umlage ausgegangen. Zum Vergleich dazu ist auch noch einmal der Base Case für Deutschland ausgewiesen, bei dem von einem gesamtdeutschen Lohnkostenniveau ausgegangen wird und eine Befreiung von der EEG-Umlage nicht vorliegt.

Für die Entwicklung eines möglichen Geschäftsmodells zur Batteriefertigung in Deutschland spielen neben den genannten Standort-Vor- und -Nachteilen Risiken in der Zulieferkette für Lithium-Ionen-Batteriezellen eine Rolle.

Der Standort Deutschland mit den neuen Bundesländern ist im internationalen Vergleich zu Standorten wie Korea, Polen und den USA attraktiv, wenn Vorteile wie beispielsweise der Entfall der EEG-Umlage bei den Energiekosten genutzt sowie Lohnvorteile der neuen Bundesländer gehalten werden können.

4.2 Lessons Learned – Erfahrungen für den Aufbau einer Zellproduktion in Deutschland

Für die Beurteilung des Standorts ist ein wichtiges Kriterium die Auswertung der Erfahrungen, die bereits in der Zellfertigung gemacht wurden. Die Erfahrungen aus nicht erfolgreicher Zellproduktion in Deutschland zeigen, dass sich nur über eine entsprechende Größe Skaleneffekte realisieren lassen, insbesondere im Materialeinkauf. Weitere Erfahrungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Entwicklung einer technisch wettbewerbsfähigen Traktionsbatteriezelle ist anspruchsvoll, aber zeitlich leistbar.
- Bei der Industrialisierung dieser Traktionsbatteriezelle ist die Unterstützung von Partnern mit hohem Prozess-Know-how und Spezialisten hilfreich.
- Derzeit können alle großen Hersteller technologisch vergleichbare Traktionsbatteriezellen liefern.
- Das Erreichen von wettbewerbsfähigen Zellpreisen ist ein entscheidendes Vermarktungskriterium. Hierbei sind wesentliche Größen die Materialkosten sowie die Abschreibungen auf Anlagen. Insbesondere muss bei einem Markteintritt berücksichtigt werden, dass die Wettbewerber bereits mit teilweise abgeschriebenen Anlagen produzieren. Ebenso müssen über die Abnahmemengen deutliche Skaleneffekte beim Materialeinkauf realisiert werden.
- Die Anlagenverfügbarkeit und „Yield rate“ muss jeweils (deutlich) über 90% liegen, um wettbewerbsfähig zu sein. Prozessseitig sollte eine Fertigung 24/7 betrieben werden.

Für eine nachhaltig wirtschaftliche Fertigung ist besonders der Abbau von Kostennachteilen gegenüber Wettbewerbern entscheidend.

5 Risiken in der Wertschöpfungskette von Rohstoffen für Lithium-Ionen-Batteriezellen

Die von der Rohstoffallianz durchgeführte Analyse der Risiken in der Wertschöpfungskette von Rohstoffen für Lithium-Ionen-Batteriezellen (Paskert, Loois, Beyer, Weimer & Specht 2015) zeigt, dass bereits für das konservative Basisszenario der NPE vor allem bei den Rohstoffen Grafit, Kobalt und Lithium zukünftig eine kritische bis sehr kritische Angebots- oder Verarbeitungssituation entstehen wird bzw. sogar bereits existiert.

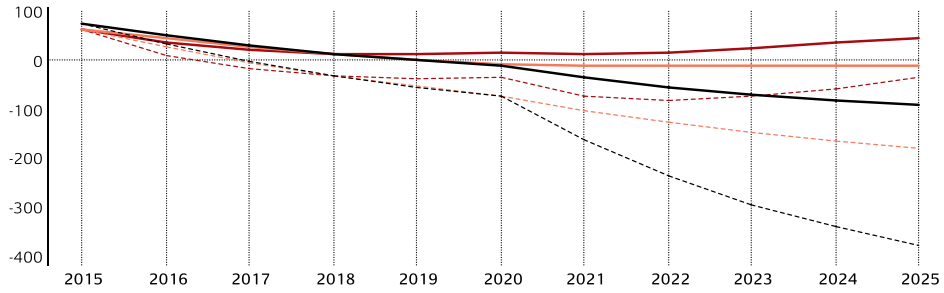
5.1 Abhängigkeit von Rohstoffen

Rohstoffe Naturgrafit, Kobalt und Lithium mit hohem Versorgungsrisiko

In Deutschland existiert eine sehr hohe Importabhängigkeit für eine Vielzahl von Rohstoffen und deren Raffinadeprodukte. Diese Abhängigkeit wurde ab 1989 im Rahmen der von der EU geförderten globalen Liberalisierungspolitik noch verstärkt. Bereits im konservativen Szenario ist die Versorgungssituation für die Rohstoffe Naturgrafit, Kobalt und Lithium als kritisch zu betrachten.

Abbildung 11: Im konservativen Hochlaufszenario ist ab 2019 ein Angebotsdefizit für xEV-spezifisches Grafit und Kobalt (Raffinade) zu erwarten

Angebots-Nachfrage-Differenz im Verhältnis zur Jahresgesamtproduktion [%]



	Grafit	Kobalt	LCE
Bedarf 2015[2] [t] Produktion 2015 [t]	~9,800 ~37,100	~2,400 ~6,200	~5,200 ~13,200
Bedarf 2025[2] [t]	~170,000 (~420,000)	~14,000 (~34,000)	~90,000 (~224,000)
Produktion 2025 [t]	~88,000	~12,000	~163,000

Bedarf bei konservativer Absatzprognose xEV (Bedarf bei optimistischer Absatzprognose xEV)

1) in t LCE 2) Bedarf an raffinaden Produkten für die Herstellung von xEV-Batteriezellen, LCE – Lithiumcarbonat-Äquivalent
Quelle: (Paskert, Loois, Beyer, Weimer & Specht, 2015)

Naturgrafitversorgung[1] sehr kritisch:
In ca. 90% der Lithium-Ionen Batterien wird heute Grafit als Aktivmaterial in der Anode verwendet. Die restlichen 10% sind auf Basis von amorphen Kohlenstoff, Lithiumtitanat oder Silizium. Grafit dominiert damit den Anodenmaterialmarkt.

Ca. 75% des verwendeten Grafites ist dabei Naturgrafit. 25% des verwendeten Grafites sind synthetischer Grafit. Als Rohstoffe dienen Kokse und Peche, die Produkte der Kohle- und Erdölindustrie sind, bei denen auch langfristig kein Versorgungsengpass besteht. Der Grafitierungsprozess wird als energieintensiv eingestuft.

Naturgrafit als auch synthetischer Grafit sind heute das Standardanodenmaterial für die E-Mobilität.

Bei Naturgrafiten dagegen besteht eine sehr hohe Abhängigkeit von China bei der Bergbauproduktion und bei der chemischen Aufbereitung zum Produkt „uncoated spherical graphite battery-grade“ (SGB) mit gleichzeig hohem Länderrisiko. Die Verarbeitung zu xEV-Batteriegrafit ist sehr aufwendig, umweltbelastend und erfordert sehr viel Know-how. Die finale Veredlung findet nahezu ausschließlich in China, Japan und Südkorea statt.

Für xEV-Batteriegrafit auf Basis von Naturgrafit ist mittel- bis langfristig ein hohes Marktdefizit wahrscheinlich. Synthetischer Grafit kann technologisch den Naturgrafit in der Batterie ersetzen. Produktionskapazitäten für synthetischen Grafit sind international vorhanden. Die hohe Reinheit des synthetischen Grafites wird in situ mit dem Hochtemperaturprozess der Grafitierung sichergestellt.

Kobaltversorgung sehr kritisch:
Es besteht eine sehr hohe Abhängigkeit von der DR Kongo und von China beim Bergbau bzw. bei der Raffinadeproduktion mit gleichzeitig hohen Länderrisiken. Mehrere Projekte in der DR Kongo haben die Umsetzung trotz positiver Machbarkeitsstudien nicht erreicht. Die Marktnachfrage nach Raffinadekobalt wird bereits mit ca. 45% durch den Gesamtbatteriemarkt bestimmt. Ein Angebotsdefizit ist aufgrund der steigenden Batterienachfrage schon vor 2020 möglich. Die xEV-batteriespezifische Nachfrage wird sich für 2020 in einem leichten Marktdefizit befinden (Nachfrage von 115% der prognostizierten Produktion in 2020) und für 2025 ist ein höheres Defizit wahrscheinlich (siehe Abbildung 11).

Lithiumversorgung leicht kritisch mit abnehmender Tendenz
Derzeit besteht eine hohe, zukünftig aber mittlere Länderkonzentration, jedoch mit unbedenklichem Länderrisiko. Die Marktnachfrage wird stark durch die Batterieproduktion geprägt. Neue Projekte sind sehr kapitalintensiv. Für die Produktion von xEV-spezifischem „Lithium-Carbonate-Equivalent“ (LCE) sind aufgrund der hohen Qualitätsanforderungen Engpässe möglich. Zudem sind durch die Technologiefokussierung auf NCM811 vor allem Investitionen in Produktionskapazitäten von Lithiumhydroxid erforderlich. Aufgrund verfügbarer Kapazitäten ist für 2020 wahrscheinlich kein Marktdefizit zu erwarten (Nachfrage von etwa 85% der prognostizierten Produktion 2020). In 2025 könnte ein leichtes Marktdefizit für die Raffinadeproduktion entstehen, das aber durch rechtzeitige Investitionen ausgeschlossen werden kann (siehe Abbildung 11).

5.2 Implikationen auf die Sourcing-Strategie eines neuen Herstellers und die Sicherung der Ressourcen

Wie die Markt- und Risikoanalyse gezeigt hat, sind für eine sichere Versorgung der weltweiten Zellfertigung mit den benötigten Roh- und Werkstoffen erhebliche Investitionen vor allem in Weiterverarbeitungs-Kapazitäten, aber auch in den Bergbau zu tätigen. Diese Investitionen werden bei der hohen Unsicherheit der Hochlaufkurven für die Elektromobilität nur zeit- und marktgerecht erfolgen, wenn Kapazitäten durch Preis-Volumen-Modelle entlang der einzelnen Stufen der Wertschöpfung abgesichert werden. Für die Investitionen in den Aufbau von Batteriezellfertigungskapazitäten (Marktübersicht: siehe Abbildung 4) werden planbare Kosten für die Einsatzrohstoffe sowie

mengenmäßige Absicherungen erforderlich sein. Gleiches gilt für die Investitionen in die vorgelagerten Wertschöpfungsstufen. Eine rein auf aktuelle Marktbedingungen fokussierte Sourcing-Strategie wird nicht die erforderliche Sicherheit zur Durchführung der jeweiligen Investitionen geben. Der Erfolg einer Batterieproduktion in Deutschland bzw. Europa hängt auch von der Frage ab, inwieweit dieser Standort gegenüber anderen Standorten ein höheres Versorgungsrisiko aufweist.

Wichtig aus deutscher Sicht wird die frühzeitige Sicherung der benötigten Ressourcen durch langfristige Preis-Volumen-Modelle sein, die allen Beteiligten auf den jeweiligen Wertschöpfungsstufen eine Absicherung für Investitionen geben. In wirtschaftlicher Hinsicht wird die Preiswürdigkeit einer nachhaltigen Energieversorgung ein ausschlaggebendes Investitionskriterium sein. Auch hier sollten frühzeitig Modelle einer langfristigen, marktunabhängigen Energieversorgung in Erwägung gezogen werden.

Ein dauerhaftes Monitoring der Lieferbeziehungen für die kritischen Rohstoffe Naturgrafit, Kobalt und Lithium sollte eingeführt werden. Für eine langfristige Absicherung, inklusive eventuellen Investitionsvorhaben, ist eine enge politische Begleitung durch die die Bundesregierung erforderlich.

[1] Exemplarische Annahmenbeschreibung:
Die Basisannahme zum Bedarf bei xEV für 2015 wurde nach der B3-Studie angenommen; für 2020 wurde sie nach NPE-Vorgabe plus B3-Research und für 2025 nach NPE-Vorgabe angenommen.
Recycling-Quoten wurden nicht berücksichtigt.
Die Grundkapazität für Flockenproduktion wurde nach Angaben zum Verhältnis Kapazität/Produktion von 2012 berechnet und für alle weiteren Jahre als konstante Basis angenommen.
Die Grundproduktion für Flockengrafit wurde auf Basis 2014 als konstant angenommen.
Für die zusätzliche Projektkapazität für Flockengrafit aus der Projekt-Pipeline wurde angenommen, dass eine maximale Auslastung der Kapazitäten von 80% (=100% Produktion) vorherrscht; die Kapazität wurde dementsprechend berechnet.
Für die zusätzliche Projektproduktion für Flockengrafit aus der Projekt-Pipeline wurden bis 2020 nur Projekte mit BFS- und DFS-Status berücksichtigt; ab 2021 auch Projekte mit PFS-Status.
Für die zusätzliche Projektproduktion für Flockengrafit aus der Projekt-Pipeline wurde eine Hochlaufkurve, anteilig an der Gesamtkapazität, berücksichtigt. Der Anteil beträgt 20% der maximalen Kapazität in Jahr 1, 40% in Jahr 2, 60% in Jahr 3 und 80% in Jahr 4. Ab Jahr 4 nach dem Projektstart entspricht die maximale Produktion 80% der Kapazität.
Der Anteil an Flockenproduktion für den Batteriemarkt wurde mit 21% für das Jahr 2015 mit einer Wachstumsrate von 9% p.a. angenommen.
Für 2012 wurde mit einer 80%-en Batteriegrafit-Verwendung für Li-Ionen-Batterien gerechnet; diese Annahme ist für alle folgenden Jahre gleichbleibend. Für Spherical Grade Graphite wurde einem Verhältnis von Flockengrafit zu Spherical Grade Grafit von 3,33/1 angenommen.
Für Coated Spherical Graphite wurde angenommen, dass 75% des sphärischen Grafits für das Coating verfügbar ist.
Für synthetischen Grafit wurde ein Marktverhältnis von Flockengrafit zu synthetischem Grafit von 60/40 angenommen.

6 Exemplarischer Aufbau einer Zellproduktion

Aus Marktsicht könnte ein Neueinstieg in eine Zellfertigung bei einem erfolgreichen Markthochlauf der Elektromobilität ab ca. 2020/2021 auf Basis der Zellgeneration 3a oder nachfolgenden als wirtschaftlich dargestellt werden.

Aus dem erwarteten Markthochlauf ergibt sich weltweit ein zusätzliches Marktpotenzial für weitere Zellproduktion.

6.1 Beschreibung zeitlicher Ablauf und Meilensteine

Eine Selektion möglicher Zell-Lieferanten ist etwa 4 Jahre vor Produktionsstart erforderlich.

Um ab 2021 Traktionsbatteriezellen erfolgreich in Serienfahrzeuge liefern zu können, ist der zeitliche Vorlauf von Einzelentscheidungen bei OEMs zur Lieferantenauswahl und zur Musterlieferung sowie bei dem Zulieferer zur Planung und zum Aufbau einer Zellfertigung zu beachten.

Die Selektion möglicher Zell-Lieferanten erfolgt ca. 3,5–4 Jahre vor Produktionsstart der Fahrzeuge, wobei SOP (Start of Production) der Traktionsbatteriezelle ca. sechs Monate vor SOP des Fahrzeugs erfolgen muss. Bereits für die Lieferantenbewertung („cell supplier assessment“) und -auswahl müssen Prototypzellen des Herstellers vorliegen und die weiter oben genannten wirtschaftlichen Kriterien bewertbar sein.

Zwei Szenarien zu Planung und Aufbau einer Zellfertigung sind denkbar (siehe Abbildung 12):

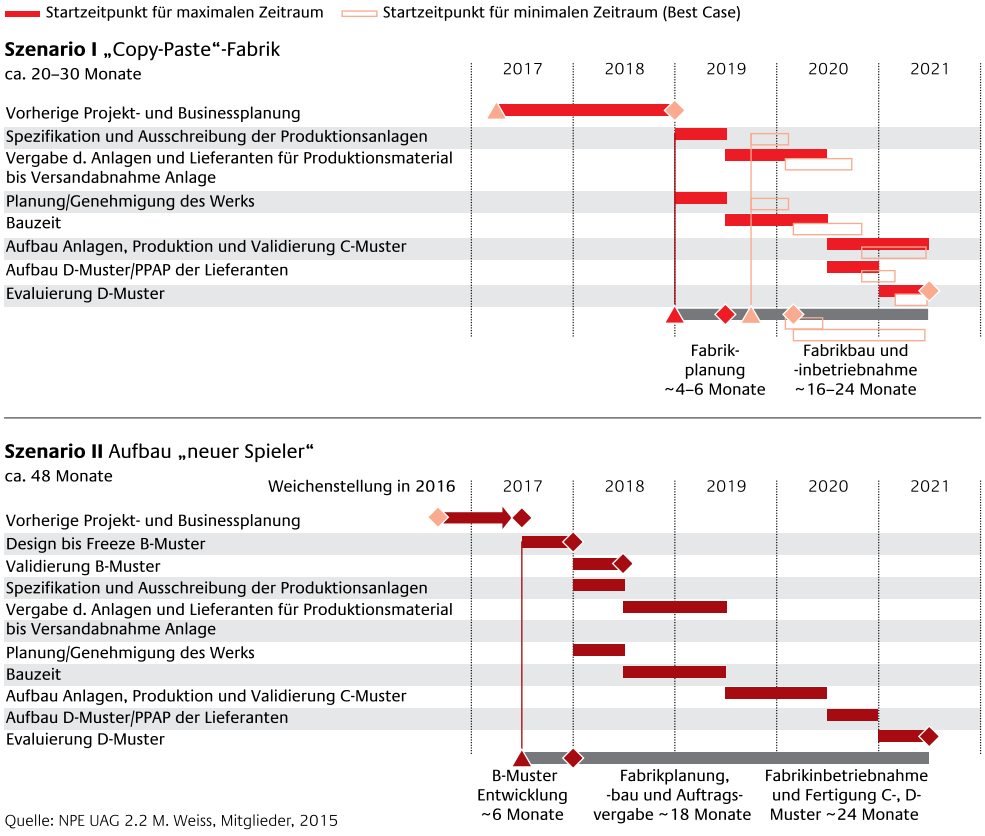


Abbildung 12: Abschätzung Planungs-Realisierungszeiträume für „neue Fabrik“, um Markteintrittschance 2021 zu nutzen

Quelle: NPE UAG 2.2 M. Weiss, Mitglieder, 2015

1. Aufbau einer Zellfertigung durch etablierten Hersteller (bzw. Konsortium), der bereits Werke betreibt (Szenario I).
2. Aufbau einer neuen Zellfertigung durch einen Hersteller (bzw. Konsortium), der noch kein Werk betreibt, aber belegbar über die erforderlichen Kompetenzen und finanziellen Sicherheiten verfügt (Szenario II).

Unterschiedliche Startzeitpunkte für etablierte und neue Hersteller

Dabei ist zu berücksichtigen, dass es in absehbarer Zukunft – so wie bisher auch – keine „Commodity-Zelle“ geben wird, d.h., neue Vergaben werden auch weiterhin mit der Weiterentwicklung bestehender Technologien einhergehen. In beiden Szenarien hat der Lieferant daher B-Muster darzustellen, die der OEM qualifiziert.

Ein Hersteller mit bestehendem Mutterwerk („Szenario I“) kann B-Muster über die typischerweise vorhandene Prototyplinie darstellen und auch das C-Muster (Serienabsicherung) im Mutterwerk darstellen. Parallel kann ein neues Werk „Copy-and-Paste“ aufgebaut werden, mit Vorlauf von ca. 16–24 Monaten zwischen Start Fabrikbau und SOP Traktionsbatteriezelle bzw. ca. 20–30 Monaten zwischen Start Planung und SOP Traktionsbatteriezelle. Die D-Muster-Produktion erfolgt bereits im neuen Werk.

Ein neuer Hersteller („Szenario II“) muss zwingend die Kompetenz zur Herstellung von B-Mustern haben, um den Serienauftrag von OEMs zu erhalten. Hierzu können auch bestehende Fertigungskapazitäten genutzt werden (z.B. Forschungsproduktionslinie am ZSW). Bereits das C-Muster müsste aus dem neu aufzubauenden Werk kommen. Damit ergibt sich für „Szenario II“ der in Abbildung 13 dargestellte Zeitplan von ca. 48 Monaten unter Berücksichtigung von weiteren Aktivitäten, wenn ein Zeitfenster „SOP 2021“ gehalten werden soll.

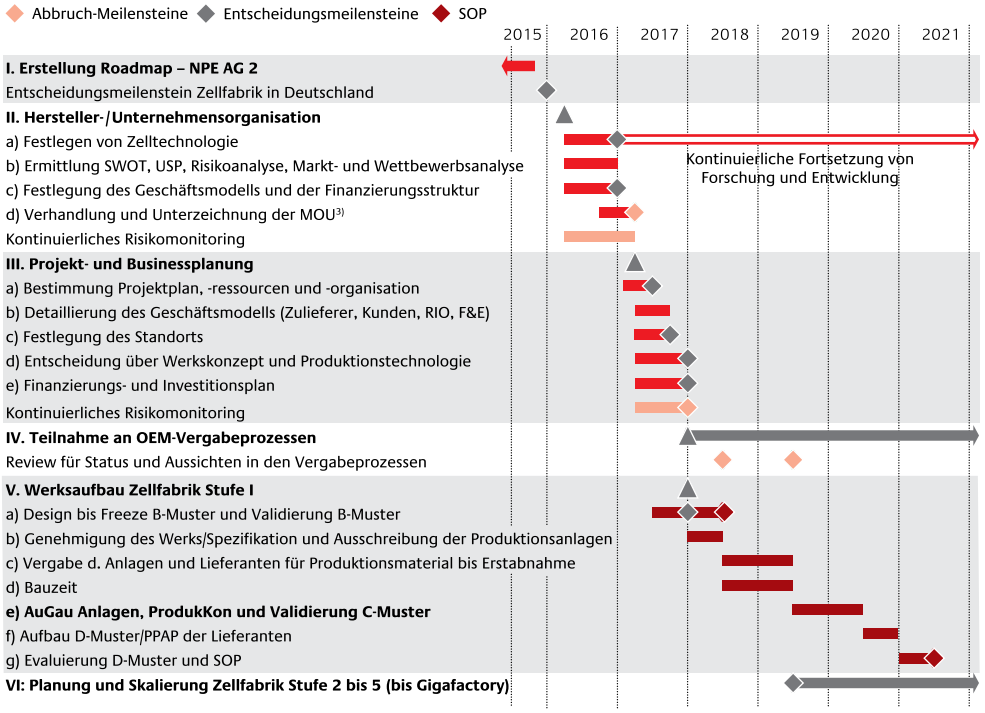


Abbildung 13: Wesentliche Planungsphasen und Meilensteine[2)] für einen neuen Hersteller

2) Rückwärtsterminierung für einen neuen Hersteller zum spätestmöglichen Zeitpunkt 3) inkl. Rechtsform, Eigentümer, Partner
Quelle: NPE UAG 2.2 M. Weiss, Mitglieder (2015)

Planungsstart für einen neuen Hersteller bereits in 2016

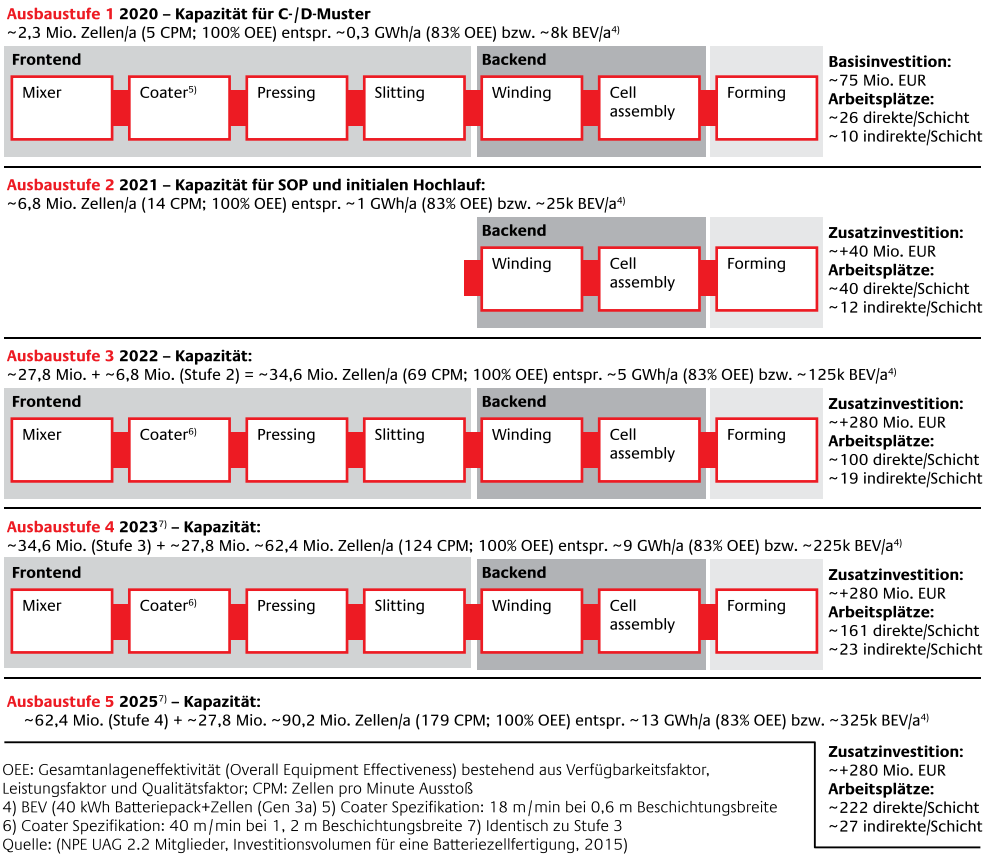
Bei der Planung einer solchen Anlage ist anzustreben, den Produktionsprozess modular zu gestalten, sodass einzelne Module bestehender Produktionsanlagen bei neuen Produkttechnologien ausgetauscht oder erweitert werden können.

Ein etablierter Hersteller hat bis zum Start einer Zellproduktion eine Vorlaufzeit von etwa 24–30 Monaten. Ein neuer Hersteller benötigt eine Vorlaufzeit von etwa 42–48 Monaten. Entsprechend sollte die Planung einer Fabrik für einen etablierten Hersteller Anfang 2019 und für einen neuen Lieferanten noch in 2016 starten.

Um die Anforderungen nach
- Produktion von C-Mustern auf Serienanlagen,
- gestuftem Hochlauf auf wettbewerbsfähige Mindestgröße einer Fabrik
- sowie einer maximalen Auslastung der Anlageninvestitionen

zu erfüllen, wurde für die weiteren Analysen ein schrittweiser Aufbau der Fertigung bis zu einer angenommenen Nennkapazität von ca. 90,2 Mio. Zellen/a[2] unterstellt (siehe Abbildung 14).

Abbildung 14: Schematische Darstellung der Ausbaustufen



[2] Bei entsprechendem Ausstoß von etwa 180 Zellen pro Minute (CPM) und 100% Anlagennutzung (Overall Equipment Effectiveness, OEE)

Die Investitionssumme hängt von dem zu errichtenden Produktionsvolumen ab, das sich an der Entwicklung der Kapazitäten der Top-5-Batteriezellhersteller orientieren muss. Dabei ist ein möglichst schneller Hochlauf anzustreben, der den Einsatz großer Coater als wesentliche Engpassressource erlaubt. Vor dem Hintergrund des notwendigen Know-how-Aufbaus und der schrittweisen Akquisition von Aufträgen werden folgende Ausbaustufen angenommen:

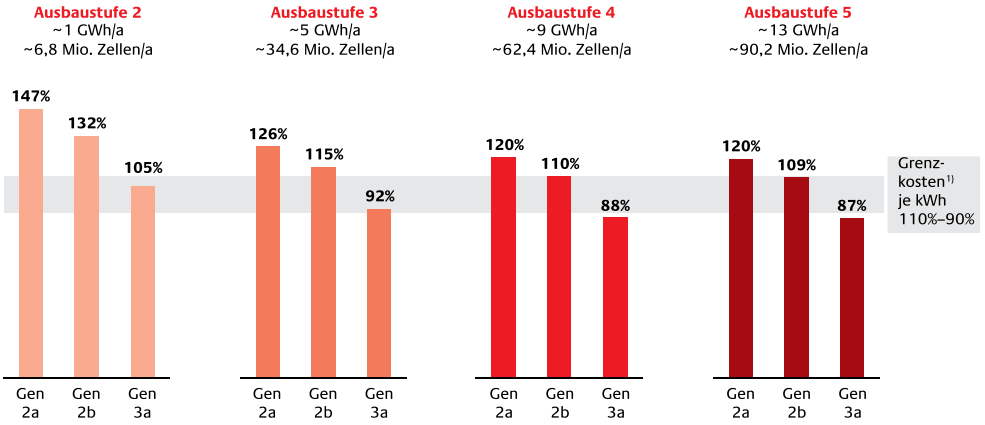
- Schritt 1 (2020):
  Anlagenkapazität für C- und D-Muster mit Coater 18 m/min Ausbringung bei 0,6 m Beschichtungsbreite, theoretische Ausbringung ca. 2,3 Mio. Zellen/a Typ PHEV2 (als BEV-Zelle); Gesamtinvest ca. 75 Mio. EUR (inkl. Trockenraum)
- Schritt 2 (2021):
  Kapazität für initialen Hochlauf und SOP, Zusatzinvest in Winding, Zellmontage und Formierung von ca. 40 Mio. EUR zur Erreichung einer theoretischen Ausbringung von ca 6,8 Mio. Zellen/a
- Schritt 3 (2022):
  Ausbau mit zusätzlich zwei Coatern (40 m/min bei 1,2 m Beschichtungsbreite) sowie korrespondierendem Equipment, theoretische Ausbringung ca. 34,6 Mio. Zellen/a, Zusatzinvest ca. 280 Mio. EUR (inkl. Trockenraum)
- Schritt 4 (2023):
  Weiterer Ausbau mit zusätzlich zwei Coatern (40 m/min bei 1,2 m Beschichtungsbreite) sowie korrespondierendem Equipment, theoretische Ausbringung ca. 62,6 Mio. Zellen/a, Zusatzinvest ca. 280 Mio. EUR (inkl. Trockenraum)
- Schritt 5 (2025):
  Weiterer Ausbau mit zusätzlich zwei Coatern (40 m/min bei 1,2 m Beschichtungsbreite) sowie korrespondierendem Equipment, theoretische Ausbringung ca. 90,2 Mio. Zellen/a, Zusatzinvest ca. 280 Mio. EUR (inkl. Trockenraum).

In der Hochlaufphase können die produzierten Traktionsbatteriezellen für einen Einsatz in stationären Speichersystemen infrage kommen. Hierbei ist zu beachten, dass Traktionsbatteriezellen nicht für diese Anwendungen ausgelegt und spezifiziert sind. Im Hinblick auf Energiedichte sind diese Zellen über- und hinsichtlich Lebensdauer unterdimensioniert und daher zu teuer. Bei einem entsprechenden Bedarf (ca. 0,5 bis 1 GWh) werden daher spezielle Zellen für stationäre Anwendungen entwickelt und produziert. Die Lithium-Ionen-Technologie konkurriert bei stationären Anwendungen je nach spezifischem Anwendungsfall mit anderen Speichertechnologien (z.B. Redox-Flow, bleibasierte oder Nickelmetallhydrid-basierte Technologien).

6.2 Herstellkostenvergleich Batteriezellen

Wie in Abschnitt 3.1 dargelegt, ist bis 2020 von der Verfügbarkeit von Traktionsbatteriezellen der Generation 3a im Markt auszugehen. Zur Beurteilung eines Einstiegs in die Zellproduktion wurde eine grobe Abschätzung der Technologiekosten als Prozentwert der Grenzkosten unter den verschiedenen Ausbaustufen vorgenommen (siehe Abbildung 15).

Abbildung 15: Vergleich Herstellkosten der Traktionsbatteriezellen je kWh, als Prozent der Grenzkosten je Ausbaustufe und Technologie[1)]



Materialkosten bestimmen etwa 60% bis 75% der Herstellkosten. Abhängig vom Weltmarktanteil ist mit Kostennachteilen beim Material gegenüber den drei großen asiatischen Herstellern zu rechnen.

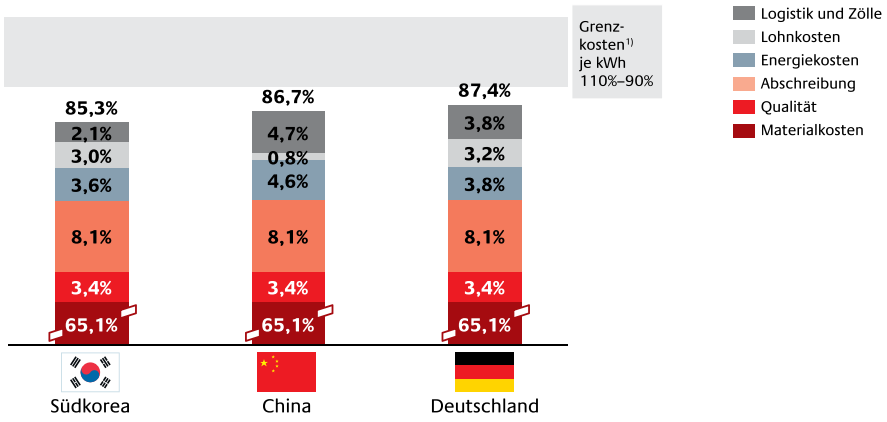
1) Erwartete Grenzkosten für eine Batteriezelle der Gen 3a in 2020 (100% = ~130 EUR/kWh) mit Produktionsstandort Deutschland
Quelle: Roland Berger auf Basis eigener Analysen und (Baehr Verpackung, 2015) (BASF (Andreas Fischer), 2015) (Busan Agency Co. Ltd., 2015) (European Commission, 2014) (eurostat, 2015) (EIU, 2015) (IIT, 2012) (KEPCO, 2015) (KOGAS, 2015) (MOL, 2015; MOL, 2014) (NPE UAG 2.2, Zusammensetzung Batteriekosten, 2015) (Oanda, 2015) (Oxford Economics, 2015) (Pillot, 2015) (pk Elektronik, 2015) (Prognos AG; EWI; GWS, 2014) (RB, 2011) (Takeshita, 2012) (Worldbank, 2015) (Worldfreightrates.com, 2015)

Ab Generation 3a und Ausbaustufe etwa 13 GWh wirtschaftliche Produktion möglich

Aus der Analyse ergibt sich folgendes Bild:

- Die Herstellkosten in Ausbaustufe 2 (siehe Abbildung 15) liegen für alle Zellgenerationen über den Grenzkosten, eine wirtschaftliche Fertigung ist mit dieser Kapazität nicht möglich.
- In Ausbaustufe 3 kann für Traktionsbatteriezellen der Generation 3a ein wirtschaftliches Niveau der Herstellungskosten erreicht werden – dies ist für die Generationen 2a und 2b nicht möglich.
- Ausbaustufen 4 und 5 ermöglichen wirtschaftliche Herstellungskosten für Traktionsbatteriezellen der Generation 3a deutlich unter den Grenzkosten, sodass unter den angenommenen Auslastungs- oder Preisszenarien eine wirtschaftliche Produktion zu annähernd koreanischem Kostenniveau möglich erscheint (siehe Abbildung 16).

Abbildung 16: Länderspezifische Herstellungskosten für Traktionsbatteriezellen der Generation 3a in Ausbaustufe 5 [in % der erwarteten Grenzkosten[1)]]



Für Südkorea und China sind keine Prognosen der Strompreisentwicklung verfügbar. Daher Entwicklung ähnlich zu Deutschland angenommen.
1) Erwartete Grenzkosten für eine Batteriezelle der Gen 3a in 2020 (100% = ~130 EUR/kWh)
Quelle: Roland Berger auf Basis eigener Analysen und (Baehr Verpackung, 2015) (BASF (Andreas Fischer), 2015) (Busan Agency Co. Ltd., 2015) (European Commission, 2014) (eurostat, 2015) (EIU, 2015) (IIT, 2012) (KEPCO, 2015) (KOGAS, 2015) (MOL, 2015; MOL, 2014) (NPE UAG 2.2, Zusammensetzung Batteriekosten, 2015) (Oanda, 2015) (Oxford Economics, 2015) (Pillot, 2015) (pk Elektronik, 2015) (Prognos AG; EWI; GWS, 2014) (RB, 2011) (Takeshita, 2012) (Worldbank, 2015) (Worldfreightrates.com, 2015)

Eine detailliertere Betrachtung der Wirtschaftlichkeit einer Zellproduktion in Deutschland erfolgt daher ausschließlich auf Basis der Annahme einer Fertigung von Traktionsbatteriezellen der Generation 3a ff. vereinfacht wird – konsistent mit den vorangegangenen Ausführungen – ausschließlich die Fertigung von BEV-Zellen (Zell-Äquivalente zu der Bedarfsabschätzung) betrachtet.

Materialkosten bestimmen etwa 60–75% der Herstellungskosten einer Batteriezelle.

Je nach verwendeten Zellformaten/-typen würden für PHEV-Zellen aufgrund des anderen Aufbaus (u.a. Beschichtungsdicke Anode/Kathode) höhere Investitionen und eine geänderte Investitionszusammensetzung (Anzahl und Art der einzelnen Produktionsmodule) erforderlich. Gleichzeitig ist mit anderen Preisstrukturen zu rechnen. Jedoch bleiben die grundsätzlichen Aussagen zur Wirtschaftlichkeit und Roadmap der Zellproduktion auch unter diesen Szenarien bestehen, sodass auf eine gesonderte Betrachtung verzichtet werden kann.

Ab einem Fabrikaufbau mit 13 GWh/a kann die Zellproduktion der Generation 3a und der folgenden Generationen wirtschaftlich werden. Die Profitabilität einer Zellfertigung ist in Teilen abhängig von standortspezifischen Faktoren (Energie, Arbeit, Logistik), insbesondere aber von der erreichbaren Skalierung der Fertigung und der damit einhergehenden Vermeidung von Materialkostennachteilen.

7 Exemplarische Business- und Realisierungs planung

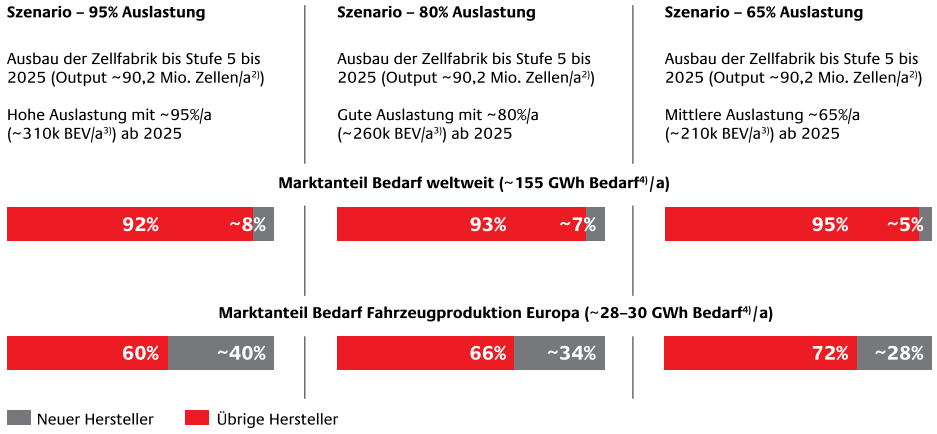
7.1 Businessplanung und Beschreibung möglicher Szenarien

Um die langfristige Entwicklung der Profitabilität nachzuzeichnen, wird im Businessplan ein Ausbau der Zellfabrik entlang der fünf Ausbaustufen bis 2025 angenommen – sowie anschließend eine weitere Produktionsphase bis 2030.

Auf eine weitere Projektion nach 2030 wurde verzichtet, da zum einen der Zeitraum von mehr als 15 Jahren ab heute nicht abzuschätzen ist und zum anderen ein potenzieller Investor spätestens im zehnten Jahr nach SOP eine deutlich nachweisbare Profitabilität erwarten wird. Eine erste Abschätzung der zu erwartenden Profitabilität in Abhängigkeit von der ausgebauten Kapazität wurde bereits dargestellt. Diese Betrachtung wird in der Businessplanung um die Betrachtung des Parameters allgemeine Auslastung ergänzt. Zusätzlich wird das Bild um die Berücksichtigung von Vertriebs-/Verwaltungsaufwendungen (SG&A) und den nicht an die Kunden verrechenbaren erforderlichen Forschungs- und Entwicklungsaufwand (F&E) sowie die Dynamik von anlaufenden Zellvolumina (abhängig von dem Produktionsverlauf entsprechender Fahrzeuge) ergänzt.

Ausgangsbasis für den Businessplan sind die drei entworfenen Szenarien, die sich jeweils durch die spezifische Auslastung der Fertigungskapazitäten unterscheiden. Dazu werden folgende Szenarien differenziert: Szenario – 95% Auslastung, Szenario – 80% Auslastung und Szenario – 65% Auslastung mit den entsprechenden Auslastungsgraden von 95%, 80% und 65% der verfügbaren Kapazität[3] in Ausbaustufe 5. Damit ist in allen drei Szenarien ab 2025 ein maximaler Output von ca. 90,2 Mio. Zellen/a möglich.

Unter Berücksichtigung der szenariospezifischen Auslastung wird im Szenario – 95% Auslastung im konservativen Szenario ein Weltmarktanteil von etwa 8% erreicht. Für die beiden anderen Szenarien ist der Weltmarktanteil mit 7% bzw. 5% entsprechend kleiner (siehe Abbildung 17).



1) Bezogen auf das konservative Szenario in 2025 2) Äquivalent zu ~13 GWh bei 83% OEE bei Gen3a 3) BEV mit 40 kWh Batteriepack und Zellen der Gen3 äquivalent 4) LiB-Zellen für automotive Anwendungen
Quelle: NPE UAG 2.2 M. Weiss, Mitglieder, 2015

Abbildung 17: Entwicklungsszenarien des Businessplans[1)]

[3] Dabei wurde ein schrittweises Erreichen einer Operating Equipment Efficiency (OEE) von 83% unterstellt, die in Ausbaustufe 5 voll gegeben ist.

Die aus den Szenarien folgende im Businessplan verkaufte Kapazität wurde zur Ermittlung des szenarioabhängigen Umsatzes mit Hoch- und Auslaufkurven aktueller Fahrzeuge hinterlegt. Dabei wurde die Annahme getroffen, dass in der Businessplanung nur Traktionsbatteriezellen für Elektrofahrzeuge gefertigt werden[4]. Die Marktprognose reicht bis ins Jahr 2025, weshalb mögliche Fahrzeuge nach 2025 mit Folgefahrzeugen der Fahrzeuge vor 2025 modelliert werden. Dies bedeutet, dass bei Auslaufen eines Fahrzeugs ein Nachfolgefahrzeug anläuft, bei dem der Preis je kWh 5% unterhalb des ersten Fahrzeugs liegt. Hierdurch wird annäherungsweise die in der Automobilzulieferindustrie übliche Preisdegression im Lebenszyklus nachempfunden.

Die oben getroffenen Annahmen führen im Szenario – 80% Auslastung zu einem Umsatz von 1.350 Mio. EUR im Jahr 2025. Nach Abzug der entsprechenden Umsatzkosten resultiert hieraus ein EBIT von 200 Mio. EUR (2025, 110 Mio. EUR in 2030) bzw. entsprechend für die Szenarien – 95% Auslastung und 65% Auslastung (siehe Abbildung 18).

Bezogen auf den Businessplan wird im Szenario – 80% Auslastung in 2025 eine EBIT-Marge von 15% erreicht[5]. Im Gegensatz dazu wird im Szenario – 65% Auslastung lediglich eine EBIT-Marge von 11% in 2025 erwirtschaftet bzw. im Szenario – 95% Auslastung eine EBIT-Marge von 19%.

Abbildung 18: Vergleich der Entwicklungsszenarien für die Jahre 2020, 2023 und 2025

	Szenario – 95% Auslastung			Szenario – 80% Auslastung			Szenario – 65% Auslastung		
Jahr	**2020**	**2023[1)]**	**2025[2)]**	**2020**	**2023[1)]**	**2025[2)]**	**2020**	**2023[1)]**	**2025[2)]**
Produktionskapazität [GWh]	0,1	9,0	13,9	0,1	9,0	13,9	0,1	9,0	13,9
Auslastung [%]	0%	78%	95%	0%	69%	80%	0%	56%	65%
Umsatz [Mio. EUR]	-	880	1.600	-	780	1.350	-	620	1.110
Umsatzkosten [Mio. EUR]	-	-700	-1.020	-	-630	-870	-	-500	-720
EBIT [Mio. EUR]	-90	-50	300	-90	-80	200	-90	-90	130
EBIT-Marge [%]	-	**-6%**	**19%**	-	**-10%**	**15%**	-	**-15%**	**11%**
Operativer Cashflow [Mio. EUR]	-90	20	300	-90	-	240	-90	-10	190
Operativer Cashflow kumuliert [Mio. EUR]	**-330**	**-460**	**-70**	**-330**	**-480**	**-180**	**-330**	**-510**	**-280**
Investitionsvolumen [Mio. EUR]	110	930	1.300	110	930	1.300	110	930	1.300
Gesamtkapitalrendite [%]	-	**-4%**	**21%**	-	**-7%**	**16%**	-	**-9%**	**11%**
Break-even EBIT [Jahr]		**2024**			**2025**			[3)]	

1) In 2023 Anlauf der Ausbaustufe 4 mit entsprechenden Anlaufkurven von Fahrzeugen. Daher wird noch keine Zielauslastung erreicht.
2) In 2025 Wechsel auf Batteriegeneration 3b 3) Keine dauerhafte Wirtschaftlichkeit gegeben
Quelle: Roland Berger auf Basis eigener Analysen und (Baehr Verpackung, 2015) (BASF (Andreas Fischer), 2015) (Busan Agency Co. Ltd., 2015) (European Commission, 2014) (eurostat, 2015) (EIU, 2015) (IHS, 2015) (IIT, 2012) (KEPCO, 2015) (KFW, 2015) (KOGAS, 2015) (MOL, 2015; MOL, 2014) (NPE UAG 2.2, Zusammensetzung Batteriekosten, 2015) (Oanda, 2015) (Oxford Economics, 2015) (Pillot, 2015) (pk Elektronik, 2015) (Prognos AG; EWI; GWS, 2014) (RB, 2011) (Takeshita, 2012) (Worldbank, 2015) (Worldfreightrates.com, 2015)

[4] Zellen für PHEV-Batterien weisen i.d.R. eine geringere Energiedichte gegenüber Zellen für BEV-Batterien auf, die aus einer dünneren Beschichtungsdicke der Kathoden und Anoden resultiert. Entsprechend ist theoretisch eine gesteigerte Beschichtungsgeschwindigkeit möglich, da zum einen weniger Material im Beschichtungsprozess aufgebracht wird und zum anderen eine kürzere Trocknungszeit notwendig ist. Allerdings wird die maximale Geschwindigkeit durch die maximale Zugfestigkeit der Al- bzw. Cu-Folien begrenzt und dadurch im Vergleich zur Beschichtungsgeschwindigkeit für BEV-Zellen nur minimal gesteigert. Diese Steigerung wird wiederum durch die geringere Flächenkapazität der Kathode bzw. Anode kompensiert, sodass sich beide Effekte im Vergleich zu einer BEV-Zelle ausgleichen.

[5] Anmerkung: Finanzkenngrößen 2030 nicht weiter berücksichtigt, da real weitere Investitionen in neue Zell- und Produktionstechnologien durchgeführt würden, um EBIT-Marge auf vergleichbarem Niveau zu halten.

Das 65%-Auslastungsszenario stellt keinen nachhaltigen Businessplan dar und wird daher im weiteren Verlauf nicht weiter berücksichtigt. Aus den Diskussionen der NPE UAG 2.2 hat sich herausgestellt, dass das 80%-Auslastungsszenario den Referenzfall darstellt und das 95%-Auslastungsszenario einem Best Case entspricht.

Eine dauerhafte Wirtschaftlichkeit erfordert u.a. eine Auslastung von mindestens 80%.

Neben der Betrachtung des operativen Cashflows in Jahresscheiben ist für einen potenziellen Investor vor allem die kumulative Cashflow-Rechnung von Bedeutung.

Insbesondere aus der Phase des Aufbaus der Zellfabrik und der Entwicklung entsprechender B-/C-/D-Musterzellen resultiert ein hoher negativer operativer Cashflow. Dieser summiert sich in allen drei Szenarien auf etwa 610 Mio. EUR auf.

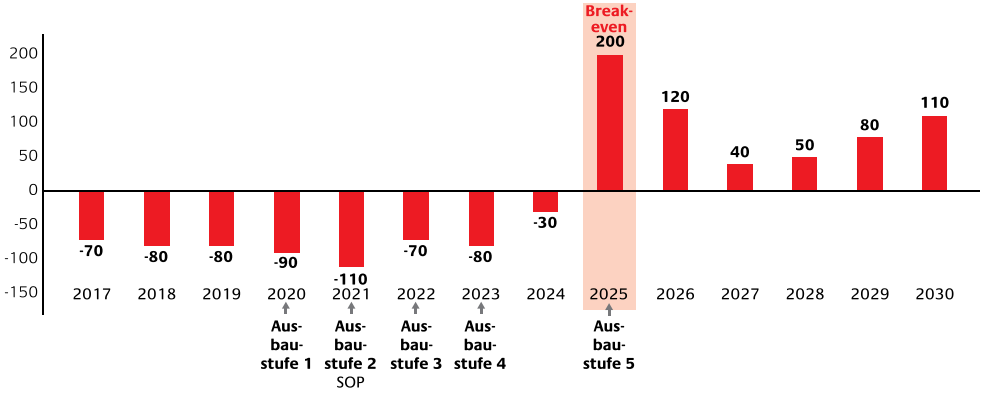


Abbildung 19: Entwicklung des jährlichen EBIT (Auslastung 80%) [Mio. EUR]

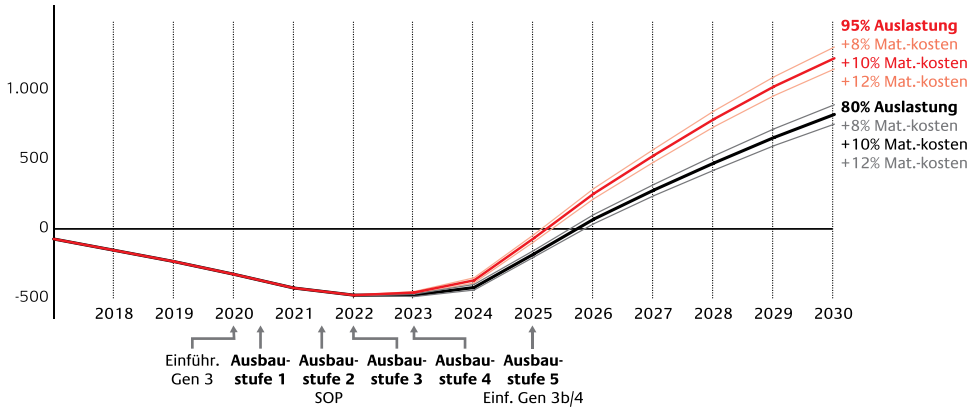
Quelle: Roland Berger auf Basis eigener Analysen und (Baehr Verpackung, 2015) (BASF (Andreas Fischer), 2015) (Busan Agency Co. Ltd., 2015) (European Commission, 2014) (eurostat, 2015) (EIU, 2015) (IHS, 2015) (IIT, 2012) (KEPCO, 2015) (KFW, 2015) (KOGAS, 2015) (MOL, 2015; MOL, 2014) (NPE UAG 2.2, Zusammensetzung Batteriekosten, 2015) (Oanda, 2015) (Oxford Economics, 2015) (Pillot, 2015) (pk Elektronik, 2015) (Prognos AG; EWI; GWS, 2014) (RB, 2011) (Worldbank, 2015) (Worldfreightrates.com, 2015)

In Abbildung 20 sind die kumulativen Cashflow-Verläufe der verschiedenen Szenarien entlang der Zeitachse aufgetragen und wichtige Meilensteine der Zeitschiene eingezeichnet. Dabei ist zu erkennen, dass mit Beginn der Nutzung der Ausbaustufe 4 der jährliche operative Cashflow in allen drei Szenarien positiv wird und mit Inbetriebnahme der Ausbaustufe 5 noch ansteigt. Die Gründe hierfür sind zum einen in dem Abbau der angenommenen Materialkostennachteile zu sehen (vgl. Abschnitt 7.2) und zum anderen in den eintretenden Skaleneffekten, insbesondere im Bereich der SG&A-Kosten. Ab 2027 nehmen die positiven Beträge der operativen Cashflows wieder ab, da viele Nachfolgefahrzeuge SOP haben und umsatzseitig entsprechende Reduktionen eintreten.

Hoher negativer operativer Cashflow in den ersten 8–10 Jahren zu erwarten

In den 95%- bzw. 80%-Auslastungsszenarien wird ab 2026 bzw. 2027 ein deutlich positiver operativer Cashflow erreicht. In Abbildung 19 sind für die zwei Szenarien die kumulierten Cashflow-Verläufe dargestellt. Mit Inbetriebnahme der Ausbaustufe 4 (entsprechend einer Ausbringung von ca. 62 Mio. Zellen/a) wird die Zellherstellung operativ profitabel. Zusätzlich sind noch die Sensitivitäten bezüglich der Materialkostennachteile aufgetragen. Geringe Änderungen von +/-2% haben bereits sichtbare Effekte auf die Profitabilität.

Abbildung 20: Kumulierte Entwicklung des operativen Cashflows des Businessplans [Mio. EUR]

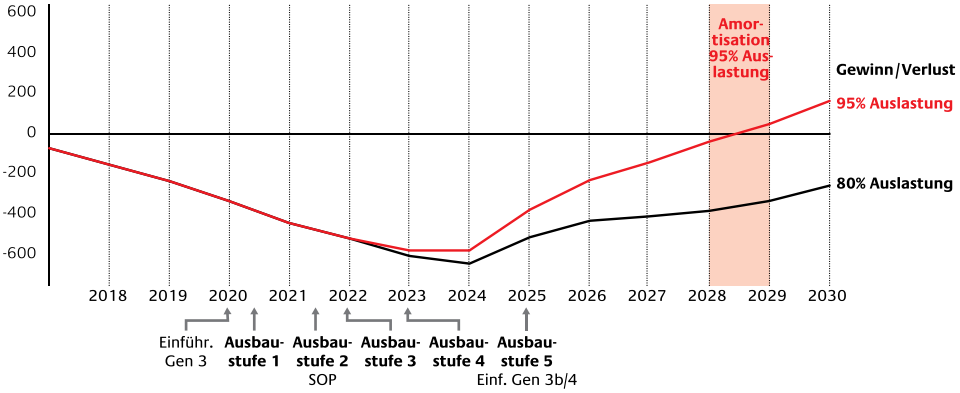


Quelle: Roland Berger auf Basis eigener Analysen und (Baehr Verpackung, 2015) (BASF (Andreas Fischer), 2015) (Busan Agency Co. Ltd., 2015) (European Commission, 2014) (eurostat, 2015) (EIU, 2015) (IHS, 2015) (IIT, 2012) (KEPCO, 2015) (KFW, 2015) (KOGAS, 2015) (MOL, 2015; MOL, 2014) (NPE UAG 2.2, Zusammensetzung Batteriekosten, 2015) (Oanda, 2015) (Oxford Economics, 2015) (Pillot, 2015) (pk Elektronik, 2015) (Prognos AG; EWI; GWS, 2014) (RB, 2011) (Worldbank, 2015) (Worldfreightrates.com, 2015)

Amortisation in einem Zeitraum deutlich größer 10 Jahre zu erwarten

Um den Amortisationszeitraum der Investitionen zu beurteilen, sind in Abbildung 21 die kumulierten Gewinne und Verluste aufgetragen. Im 80%-Auslastungsszenario wird eine Amortisation im betrachteten Zeitraum nicht eintreten. Zwar deutet der Trend auf eine Amortisation hin, diese ist aber in einem Zeitraum von deutlich mehr als zwölf Jahren nach Beginn der Aktivitäten zu sehen. Zusätzlich muss berücksichtigt werden, dass in der Betrachtung keine Investitionen in einen weiteren Kapazitätsausbau ab 2025 vorgenommen werden. Vor diesem Hintergrund kann eine Amortisation erst nach einem deutlich längeren Zeitraum erwartet werden.

Abbildung 21: Kumulierte Entwicklung Gewinn und Verlust des Businessplans [Mio. EUR]



Quelle: Roland Berger auf Basis eigener Analysen und (Baehr Verpackung, 2015) (BASF (Andreas Fischer), 2015) (Busan Agency Co. Ltd., 2015) (European Commission, 2014) (eurostat, 2015) (EIU, 2015) (IHS, 2015) (IIT, 2012) (KEPCO, 2015) (KFW, 2015) (KOGAS, 2015) (MOL, 2015; MOL, 2014) (NPE UAG 2.2, Zusammensetzung Batteriekosten, 2015) (Oanda, 2015) (Oxford Economics, 2015) (Pillot, 2015) (pk Elektronik, 2015) (Prognos AG; EWI; GWS, 2014) (RB, 2011) (Worldbank, 2015) (Worldfreightrates.com, 2015)

Als Ergebnis sind damit drei Kernbotschaften festzuhalten:

- Neben der realisierten Ausbaustufe und genutzten Batterietechnologie (vgl. Abschnitt 7) hat die Auslastung der errichteten Ausbaustufe einen signifikanten Einfluss auf die Profitabilität der Zellfertigung und auf den operativen Cashflow. Entsprechend ist eine Auslastung, beispielsweise mit 65% Auslastungsszenario, nicht mehr wirtschaftlich in Bezug auf die getätigten Anfangsinvestitionen.

- Die kumulierten operativen und positiven Cashflows sind darüber hinaus keine freien Cashflows, die für Auszahlungen an die Investoren genutzt werden können. Denn mit ihnen sind weitere Entwicklungen, Expansionen und Investitionen zu tätigen. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund zu betrachten, dass ein solcher Hersteller im Vergleich immer noch einen kleinen Weltmarktanteil erreicht. Zusätzlich sind weitere Skalierungen der Fertigung vorzunehmen, um die Wettbewerbsfähigkeit aufrechtzuerhalten und Kostennachteile weiter abzubauen.
- Im 80%-Auslastungsszenario ist eine Zellfertigung operativ wirtschaftlich. Zusätzlich muss berücksichtigt werden, dass es sich hierbei um Investitionen in einen stark wachsenden Markt handelt, weshalb sehr lange Amortisationszeiträume nicht ungewöhnlich sind.

Für eine Zellproduktion mit etwa 13 GWh/a ist ein Investment von etwa 1,3 Mrd. EUR notwendig. Nach einer ersten Abschätzung werden ein Break-even (EBIT) in 2025 sowie eine Amortisation (ab 2030) erreicht. Unter den Annahmen des Businessplans ist für eine dauerhaft wirtschaftliche Zellproduktion eine Mindestauslastung von 80% notwendig. Zudem besteht die Notwendigkeit, den positiven operativen Cashflow in neue Produktions- und Batteriezelltechnologien zu reinvestieren.

7.2 Skalierung der Produktionskapazitäten

Weiterer Fabrik-Rollout nachfrageabhängig möglich

Eine weitere Skalierung der Fertigung ist zwingend notwendig, um den Anteil am Weltmarkt weiter zu steigern und somit gegenüber Zulieferern eine verbesserte Verhandlungsposition zu haben sowie Kostennachteile gegenüber Wettbewerbern abzubauen. Als Zielgröße muss hierfür ein dauerhafter Marktanteil von deutlich mehr als 10% angestrebt werden.

Dabei wird ein weiterer Ausbau immer nach dem Prinzip ablaufen, dass die Fertigung dem Bedarf folgt und/oder an einem Standort vorgenommen wird, an dem die besten Kostenstrukturen vorliegen. Dabei ist besonders zu berücksichtigen, dass weitere Standorte reine Produktionsstandorte sein können, da die Zell(weiter)entwicklung an dem „Mutter-Standort“ erfolgt.

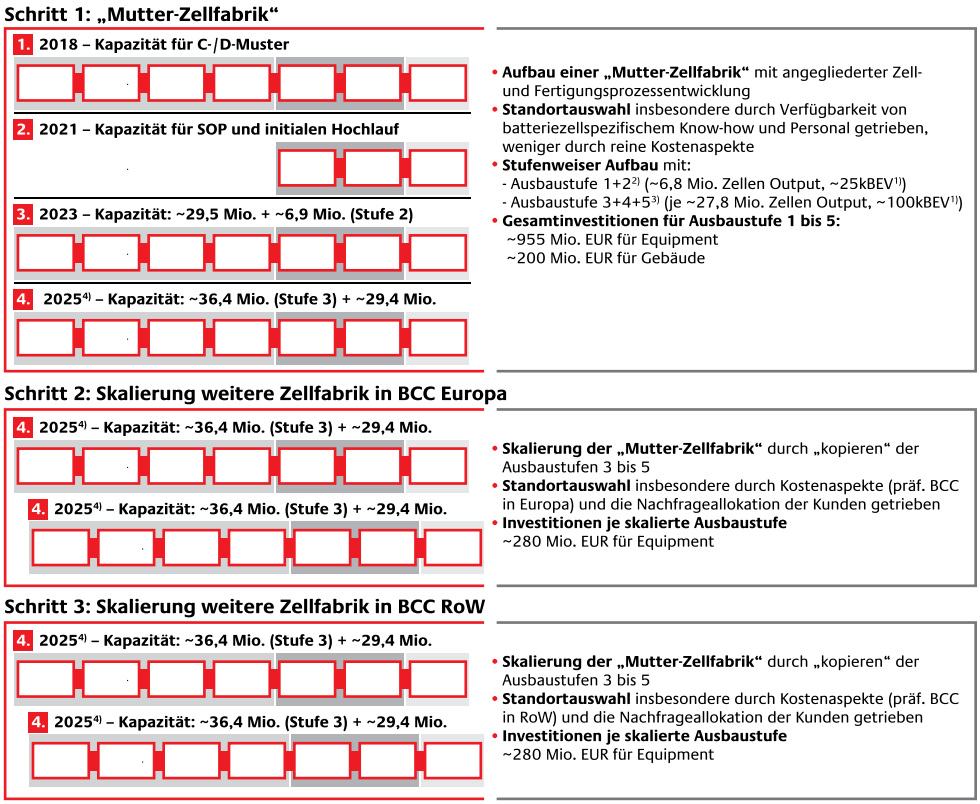
Die Skalierung der Fertigung wird dabei voraussichtlich in den folgenden Schritten stattfinden:

1. Aufbau und Skalierung der „Mutter-Fabrik“ entsprechend den beschriebenen Ausbaustufen bis zu einer Kapazität von etwa 90,2 Mio. Zellen/a

2. Aufbau und bedarfsabhängige Skalierung einer Fabrik an einem „Best Cost Country“ in Europa auf Basis der Ausbaustufen 3–5

3. Aufbau und bedarfsabhängige Skalierung einer Fabrik an einem „Best Cost Country“ weltweit auf Basis der Ausbaustufen 3–5

Abbildung 22: Schematische Darstellung der Skalierungsschritte



BCC: Best Cost Country RoW: Rest of World
1) BEV mit 40 kWh Batteriepack und Zellen der Gen3a 2) Coater-Spezifikation: 18 m/min bei 0,6 m Beschichtungsbreite
3) Coater-Spezifikation: 40 m/min bei 1,2 m Beschichtungsbreite
Quelle: NPE UAG 2.2 M. Weiss, Mitglieder (2015)

Um mit der Zellproduktion wettbewerbsfähig zu bleiben, ist ein weiterer (internationaler) Ausbau der Batterieproduktion erforderlich. Eine Batteriezellfertigung ist im Rahmen der ermittelten Ausbaustufen skalierbar.

7.3 Mögliche Marktrisiken und Marktpotenziale

Deutliche Risiken eines Markteintritts stehen Potenzialen gegenüber.

Die Profitabilität einer Zellfertigung ist insbesondere von der erreichten Auslastung abhängig. Entsprechend muss ein Batteriezellhersteller diese optimieren und sich dafür möglicher Risiken, die eine Auslastung senken können, bzw. möglicher Potenziale bewusst sein.

Zu den externen Marktrisiken zählt ein weiterer stark forcierter Ausbau der weltweiten Zellkapazitäten durch Wettbewerber. Auch ein Angriffsszenario der Wettbewerber ist möglich. Hier besteht das Risiko, dass die Wettbewerber versuchen, einen neuen Wettbewerber durch Preisnachlässe direkt wieder aus dem Markt zu drängen. Des Weiteren können evolutionäre oder disruptive Zellentwicklungen seitens existierender Wettbewerber oder hochinnovativer Startups eine entwickelte Zelltechnologie obsolet machen. Daher muss ein Batteriezellhersteller kontinuierlich Marktentwicklungen beobachten und ggf. frühzeitig nachsteuern.

Demgegenüber stehen aber auch interne Potenziale, die zu einer erhöhten Auslastung führen können. Eine Möglichkeit besteht darin, die Fertigungsprozesse zu optimieren, sodass diese zu einer besseren Qualität, geringerem Ausschuss oder höheren Fertigungsgeschwindigkeiten führen. Zusätzlich muss ein Batteriezellhersteller über eine Ausweitung des Geschäftsmodells nachdenken, um neue Absatzfelder zu identifizieren und zu adressieren.

8 Beschäftigungseffekte

Direkte Beschäftigung in der Batteriezellfabrik bis zu 1.300 Arbeitsplätze

Bei einer Zellfertigung von etwa 13 GWh/a ist eine Beschäftigungsauswirkung in der Größenordnung von ca. 1.050–1.300 direkten Beschäftigten in der Fabrik (Produktion, F&E, Vertrieb etc.) zu erwarten. Zusätzlich können bis zu 3.100 Arbeitsplätze im Umfeld entstehen. Dies ist jedoch sehr von der Strukturstärke des Standorts abhängig.

Zusätzliche Arbeitsplätze können durch die Zulieferindustrie und produktionsnahe Service- und Entwicklungsbereiche entstehen. In strukturschwachen Regionen resultiert daraus ein Potenzial zwischen 2.100 und 3.100 weiteren Arbeitsplätzen. Dieses Potenzial kann sich in strukturstarken Regionen mit 1.400 bis 1.800 zusätzlichen Beschäftigten deutlich geringer auswirken (siehe Abbildung 23).

Direkte und indirekte Beschäftigung für eine Zellfabrik mit etwa 13 GWh/a

Beschäftigte: ~1.050 – 1.300			**Indirekt Beschäftigte**	
Direkte/indirekte **Fertigungsmitarbeiter**	Indirekte Mitarbeiter in **Verwaltung, Einkauf, Vertrieb (SG&A)**	Indirekte Mitarbeiter in **Forschung und Entwicklung (F&E)**	im Umfeld **strukturstarke Region**[1)]	im Umfeld **strukturschwache Region**[1)]
Direkte Mitarbeiter, u.a.: • Anlagenführer • Logistiker • Springer Indirekte Mitarbeiter, u.a.: • Techniker für Instandhaltung • Prozesstechniker • Prozessingenieure • Schichtleitung	u.a.: • Kaufmänner/-frauen • Technische Berufe	u.a.: • Ingenieure • Techniker • weitere technische Berufe	Zusätzliche externe Beschäftigung u.a. in den Bereichen • Zuliefererindustrie • Logistik • Maschinen- und Anlagenbau	Zusätzliche externe Beschäftigung u.a. in den Bereichen • Zuliefererindustrie • Logistik • Maschinen- und Anlagenbau
~750–900 Mitarbeiter (~190–225 MA/Schicht)	**~150–200 Mitarbeiter**	**~150–200 Mitarbeiter**	**~1.400–1.800 Beschäftigte**	**~2.100–3.100 Beschäftigte**

Der Beschäftigungseffekt kann abhängig vom Grad der angesiedelten vor- und nachgelagerten Wertschöpfung deutlich variieren (bis zu Faktor 2 mehr).

1) Stark abhängig von der Standortwahl, da der Effekt in wirtschaftlich schwächeren Regionen deutlich höher ist als in wirtschaftlich starken Regionen. Quelle: (NPE UAG 2.2, M. Weiss, 2015, Fraunhofer IAO (Andrej Cacilo, Florian Herrmann), 2015)

Abbildung 23: Schematische Verteilung der Beschäftigung durch eine Batteriezellfertigung in Deutschland

Entspricht die Wertschöpfungsverteilung des betrachteten Umfangs dem Durchschnitt der deutschen Automobilindustrie, so ergibt sich ein Beschäftigungsmultiplikator von 2,3–2,4. Berücksichtigt man nachgelagerte Wertschöpfungsprozesse wie beispielsweise Modul- und Systemmontage, so würde sich der Basiswert für die Multiplikation deutlich erhöhen. Im Bereich der Zellfertigung wird davon ausgegangen, dass der Anteil der Vorleistungen (Material, Anlagen, Komponenten etc.) in einer ähnlichen Größenordnung liegt wie bei einer Gesamtbetrachtung der Automobilindustrie (ca. 70%).

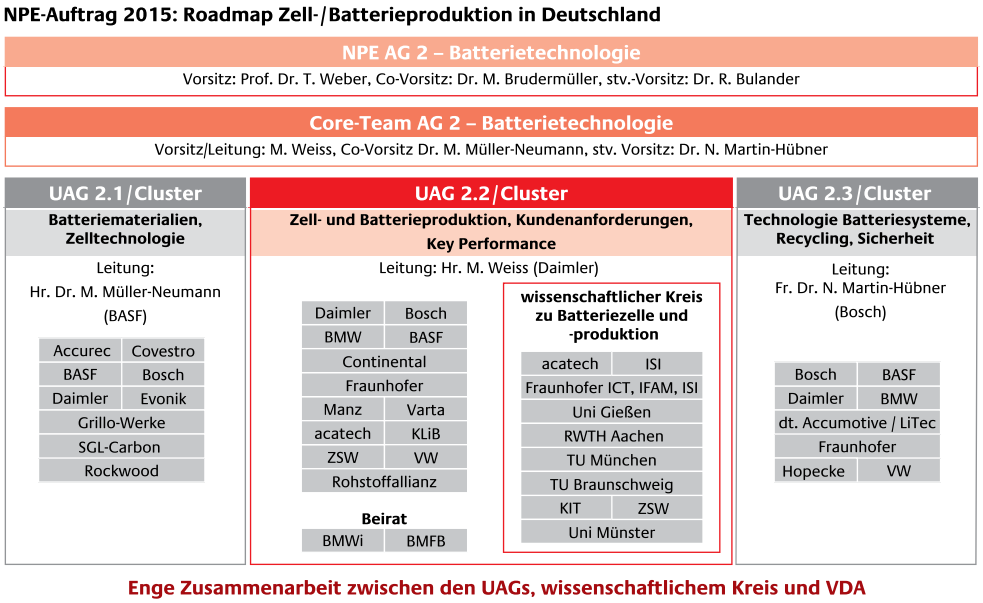
Eine wichtige Grundlage ist auch der Anteil der Vorleistungen, der als Import berücksichtigt werden muss. Bei der Zellproduktion wird angenommen, dass der Importanteil bei ca. 40% liegt. Voraussetzung ist, dass die Produktionsanlagen und Komponenten (Zellgehäuse, Verbinde etc.) maßgeblich in Deutschland produziert werden. Dieser Wert würde wiederum ungefähr dem deutschen Durchschnitt entsprechen.

Bei einer Zellfertigung von etwa 13 GWh/a ist eine Beschäftigungsauswirkung in der Größenordnung von ca. 1.050–1.300 Beschäftigten in der Fabrik (Produktion, F&E, Vertrieb etc.) sowie etwa 1.400–3.100 Arbeitsplätzen im Umfeld zu erwarten.

9
Organisation der AG 2 und UAG 2.2

Die zur Projektbearbeitung einberufene NPE UAG 2.2 – Zell- und Batterieproduktion erarbeitet gemeinsam mit der Wissenschaft, der Industrie, den Ministerien (Beirat) und die beauftragte Unternehmensberatung Roland Berger die vorliegende Roadmap. Die Aufstellung in der UAG 2.2 setzt sich aus Automobilindustrie, Zulieferindustrie, Maschinenbau, Chemieindustrie, Instituten, Kompetenzzentren, Forschungseinrichtungen, Beratungsunternehmen und Beirat zusammen. Die Zusammensetzung der UAG eignet sich in diesem Fall für die Bearbeitung der sehr komplexen Aufgabenstellungen der NPE. Die UAG2.2 orientiert sich in ihrer Kernzusammensetzung an den Mitgliedsunternehmen der NPE AG 2 und ist ergänzt durch weitere Gäste sowie den Beirat. Als weitere Institution wurde ein wissenschaftlicher Kreis einberufen.

Die Berichterstattung der Ergebnisse erfolgt in der NPE AG 2 – Batterietechnologie und im NPE-Lenkungskreis.



Quelle: NPE UAG 2.2 M. Weiss (2015)

Abbildung 24: Struktur der AG 2 – Batterietechnologie zur Erarbeitung der Ergebnisse des NPE-Auftrags Zell-/Batterieproduktion

Die UAG 2.2 wird die Prozessschritte in den Handlungsempfehlungen begleitend und beratend unterstützen. Die Gesamtorganisation der NPE UAG 2.2 mit Wissenschaft, Industrie, Politik, Beratern sowie Beirat hat sich bewährt und wird in der NPE fortgeführt. Die Kernthemenfelder liegen in den Bereichen Zell- und Batterieproduktion, Kundenanforderungen, Key Performance für Traktionsbatteriezellen und Batteriepack.

10
Schlusswort

Aufgrund kontinuierlich steigender Abgas- und Emissionsvorschriften nimmt seit Jahren die Einführung alternativer Antriebe und zukünftiger Mobilität weltweit an Dynamik zu. Eines der Kernthemen ist dabei die Elektromobilität, die einerseits neue Potenziale und Chancen entlang der Wertschöpfungskette eröffnet, andererseits aber auch Risiken und ein hohes Maß an Unplanbarkeit mit sich bringt. Diese Ambivalenz zeigt sich nicht nur in der alltäglichen öffentlichen Diskussion, sondern wurde auch besonders bei den vielen, intensiven Erörterungen der Mitglieder der AG 2 und UAG 2.2 deutlich. Hierfür und für die klasse und zielführende Zusammenarbeit sei an dieser Stelle allen Beteiligten herzlich gedankt.

Bei der Roadmap handelt es sich um Untersuchungen und Analyseergebnisse, welche von interessierten Unternehmen weiter detailliert werden müssen. Insgesamt sind Potenziale zu erkennen, aber vorhandene Risiken dürfen nicht aus Acht gelassen werden. Daher ist es erforderlich, die in diesem Bericht beschriebenen Handlungsempfehlungen konsequent weiterzuverfolgen.

11
Glossar

AG
Arbeitsgruppe der NPE

BCC
Best Cost Country – Bezeichnung für Länder, die aus Gesamtkostensicht den günstigsten Standort für die Produktion eines Produkts bieten

BEV
Battery Electric Vehicle (Batterieelektrisches Fahrzeug)

Blend
Kombination verschiedener Kathodenmaterialien, um kundenspezifische Eigenschaftsprofile zu erreichen

BMBF
Bundesministerium für Bildung und Forschung

BMWi
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

CPM
Zellen pro Minute – Maßeinheit für die Ausbringung einer Batteriezellherstellung

DoE
United States Department of Energy (US-amerikanisches Energieministerium)

F&E
Forschung und Entwicklung

Fzg.
Fahrzeug

GGEMO
Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung

Gigafactory
Bezeichnung für die Fabrik für Traktionsbatteriezellen und Batteriepacks, etwa mit einer Kapazität von 35 GWh/a

HEV
Hybrid Electric Vehicle (Hybridelektrokraftfahrzeug)

IAA
Internationale Automobil-Ausstellung

LCE
Lithium-Carbonate-Equivalent, Lithiumcarbonat-Äquivalent

LFP
Lithium-Eisenphosphat

Li-Ionen-Technologie
Lithium-Ionen-Technologie, auch Lithium-Ionen-Akkumulator der Lithium-Ionen-Sekundärbatterie

LMO
Lithium-Manganoxid

local content
Beschreibung des an einem bestimmten nationalen Standort lokal erbrachten Anteils an der Gesamtwertschöpfung

NAFTA
North American Free Trade Agreement

NCA
Lithium-Nickel-Cobalt-Aluminiumoxid

NCM (z.T. auch als NMC bezeichnet)
Lithium-Nickel-Cobalt-Manganoxid

NPE
Nationale Plattform Elektromobilität

OEE
Gesamtanlageneffektivität (Overall Equipment Effectiveness) bestehend aus Verfügbarkeitsfaktor, Leistungsfaktor und Qualitätsfaktor

OEM
Original Equipment Manufacturer (Markenproduzent, hier: Automobilhersteller)

PHEV
Plugin Hybrid Electric Vehicle (Pluginhybridelektrisches Fahrzeug)

SG&A
Selling, General and Administrative Expenses – Aufwendungen für Vertriebs- und Verwaltungsaufgaben

SGB
spherical graphite battery-grade – Kugelgrafit in passender Qualität zur direkten Verwendung in der Elektrodenherstellung für Batteriezellen

SOP
Start of Production – Start der Serienproduktion

SUV
Sport Utility Vehicle

TCO
Total Cost of Ownership (Berechnungsmodell, das alle anfallenden Kosten, zum Beispiel für Betrieb, Wartung usw., von Investitionsgütern einbezieht)

UAG
Unterarbeitsgruppe der NPE

VDA
Verband der Automobilindustrie e.V.

12 Literaturverzeichnis

Anderman. (2013). AABC – Advanced Automotive Battery Conference. Pasadena.

Baehr Verpackung. (2015). Produkte. Abgerufen am 9. September 2015 von http://www.baehr-verpackung.de/inka-paletten/inkapaletten/

BASF (Fischer Andreas), (2015). Metals Cost Contribution in NCM Comparison 2001–2014. WING-Konferenz (S.1). Dresden

Bloomberg. (2015). Bloomberg Composite. Abgerufen am 8. Juli 2015

Busan Agency Co. Ltd. (2015). Portcharges. Abgerufen am 3. August 2015 von http://www.busanagency.kr/html/portcharge.html

Californian Air Resources Board. (2014). ZERO EMISSION VEHICLE STANDARDS FOR 2018 AND SUBSEQUENT MODEL YEAR PASSENGER CARS, LIGHT-DUTY TRUCKS, AND MEDIUM-DUTY VEHICLES. Abgerufen am 1. Dezember 2015 von http://www.arb.ca.gov/msprog/zevprog/zevregs/1962.2_Clean.pdf

CEIC. (2015). China Economic & Industry Data Database. Abgerufen am 8. Juli 2015 von http://www.ceicdata.com/en/countries/china

City of Yokohama. (2015). Business Environment of Yokohama. Abgerufen am 7. Juli 2015 von http://www.city.yokohama.lg.jp/keizai/yuchi/sinsyutu-c/pamphulet-en.pdf

Countryeconomy.com. (2015). Countries data: Demographic and economy. Abgerufen am 7. Juli 2015 von http://countryeconomy.com/countries/

Department of Energy & Climate Change. (2015). International industrial energy prices. Abgerufen am 9. Juli 2015 von https://www.gov.uk/government/statistical-data-sets/international-industrial-energy-prices

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (2015). Zellproduktion in Deutschland - Eine Betrachtung aus Sicht der Wissenschaft (Arbeitspapier).

Elkind, P. (2014). Inside Elon Musk's $1.4 billion score. Abgerufen am 25. September 2015 von fortune.com: http://fortune.com/inside-elon-musks-billion-dollar-gigafactory/

EUI. (2015). Labour costs. Abgerufen am 8. Juli 2015 von Economist Intelligence Unit: http://www.eiu.com

European Commission. (2014). Regional aid. Abgerufen am 7. Juli 2015 von http://ec.europa.eu/competition/state_aid/regional_aid/regional_aid.html

Eurostat. (2015). Energy statistics. Abgerufen am 9. Juli 2015 von Eurostat: http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database

Fraunhofer IAO (Andrej Cacilo, Florian Herrmann). (2015). Beschäftigungseffekt in der Batteriezellfertigung. Stuttgart.

German Industry & Commerce Greater China | Beijing. (2015). Elektromobilität in China. Abgerufen am 18. November 2015 von http://china.ahk.de/de/flexible-newsletter/flexible-newsletters-ahk-china/emochina-newsletter-ausgabe-072015/

GTAI. (2014). Nationale Investitionsförderung - Korea (Rep.) 2014. Abgerufen am 9. Juli 2015 von http://www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/Maerkte/Geschaeftspraxis/nat-investitionsfoerderung,t=nationale-investitionsfoerderung--korea-rep-2014,did=1055352.html

IHS. (2015). 2015-01 Light Vehicles Production Forecast (IHS). Englewood, USA: IHS.

IHS. (2015). 2015-01 Light Vehicles Sales Forecast (IHS). Englewood, USA: IHS.

IMD. (2015). IMD WORLD COMPETITIVENESS YEARBOOK 2015. Lausanne: IMD World Competitiveness Center.

Ishiguro, Y. (2014). Latest developments of all Solid State batteries for sustainable mobility. Batteries 2014. Nizza, Frankreich.

KEPCO. (2015). Industrial Tariff. Abgerufen am 9. Juli 2015 von http://dgfez.go.kr/eng/page.php?mnu_uid=917

KFW. (2015). Inlandsförderung für Unternehmen. Abgerufen am 3. Juli 2015 von www.kfw.de

KOGAS. (2015). Energy price. Abgerufen am 9. Juli 2015 von http://www.kogas.or.kr/ENG/main.jsp

MOL. (2014). Landside Tariff Surcharge. Abgerufen am 3. August 2015 von http://cms.molpower.com/LinkClick.aspx?fileticket=HpyK5rJMPbM%3D&portalid=0

MOL. (2015). Landside Tariff Surcharges. Abgerufen am 3. August 2015 von http://cms.molpower.com/LinkClick.aspx?fileticket=6J0aPE2c9gg%3D&portalid=0

Nationale Plattform Elektromobilität (NPE). (2014). Fortschrittsbericht 2014 – Bilanz der Marktvorbereitung. Berlin: Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung (GGEMO).

NPE UAG 2.2 Mitglieder, M. Weiss. (2015). Gesamtuntersuchung zur Zell- und Batterieproduktion, Investitionsvolumen und Businesscase für eine Batteriezellfertigung. Durchgeführt von April–November 2015 (W. Bernhart, G. Pieper, T. Schlick, Interviewer)

NPE UAG 2.2 M. Weiss, Mitglieder (2015). Investitionsvolumen für eine Batteriezellfertigung. Durchgeführt von Mai–August 2015 (W. Bernhart, G. Pieper, T. Schlick, Interviewer)

NPE UAG 2.2 M. Weiss, A. Lamm, P. Lamp (2015). Key-Performance Parameter für BEV (W. Bernhart, G. Pieper, T. Schlick, Interviewer)

NPE UAG 2.2 M. Weiss. (2015). Analysen und Ergebnisse zur Gesamtorganisation NPE AG2 und UAG 2.2.

OECD.stat. (2015). Corporate income tax rate. Abgerufen am 7. Juli 2015 von http://stats.oecd.org//Index.aspx?QueryId=58204

Oxford Economics. (2015). Key macroecomonic data and exchange rates. Oxford: Oxford Economics.

paper.people.com.cn. (2013). OECD - Energy price report. Abgerufen am 23. September 2015 von http://paper.people.com.cn/zgnyb/html/2013-05/20/content_1242991.htm

Paskert, D., Loois, E., Beyer, R., Weimer, L. & Specht, W. (2015). Bericht zu NPE UAG 2.2, Darstellung der Hauptrisiken in den rohstoffbezogenen Wertschöpfungsketten von Zell-Komponenten für Li-Ionen-Batterien. Rohstoffallianz GmbH.

Pillot, C. (2015). The Rechargeable Battery Market and Main Trends 2014–2025. Paris: Avicenne Energy.

pk Elektronik. (2015). Produkte. Abgerufen am 9. September 2015 von http://www.pkelektronik.com/egb-esd-reinraum/esd-verpackung-versand/ableitfaehige-folien.html

State Administration of Taxation. (2013). Tax rate description. Abgerufen am 22. September 2015 von http://www.chinatax.gov.cn/2013/n2925/n2959/c307248/content.html

Takeshita. (2012). B3-Report. Tokyo: B3 Corporation.

Transparency International Deutschland e.V. (2014). Corruption Perceptions Index 2014. Abgerufen am 7. Juli 2015 von https://www.transparency.de/Tabellarisches-Ranking.2574.0.html

U.S. Energy Information Administration. (2015). Electricity and Gas. Abgerufen am 24. September 2015 von www.eia.gov

wbk - Institut für Produktionstechnik. (2015). Pilot-Prozessmodule werden an unterschiedlichen Forschungsinstituten entwickelt und an eine Forschungsproduktionsanlage übermittelt.

Wesoff, E. (2015). Boston-Power Aims to Rival Tesla With Gigawatt Battery Factories. Abgerufen am 23. September 2015 von http://www.greentechmedia.com/articles/read/Boston-Power-Aims-to-Rival-Tesla-With-Gigawatt-Battery-Factories

Worldbank. (2014). Logistics Performance Index. Abgerufen am 9. Juli 2015 von http://lpi.worldbank.org/

Worldbank. (2015). World Bank Commodities Price Forecast. Abgerufen am 9. Juli 2015 von http://www.worldbank.org/content/dam/Worldbank/GEP/GEP2015a/Price_Forecast.pdf

Worldfreightrates.com. (2015). Freight Calculator. Abgerufen am 3. August 2015 von http://worldfreightrates.com/en/freight

Mitgliederstruktur UAG 2.2 Zell- und Batterieproduktion

Name	Vertreter für	Funktion
Weiss, Michael	Daimler	Vorsitz/Leitung NPE UAG 2.2
Dr. Martin-Hübner, Nathalie	Bosch	Mitglied UAG 2.2
Dr. Müller-Neumann, Markus	BASF	Mitglied UAG 2.2
Dr. Leitner, Klaus	BASF	Mitglied UAG 2.2
Dr. Ochs, Torsten	Bosch	Mitglied UAG 2.2
Pethe, Axel	Bosch	Mitglied UAG 2.2
Dr. Lamp, Peter	BMW	Mitglied UAG 2.2
Dr. Schweizer-Berberich, Markus	Continental	Mitglied UAG 2.2
Dr. Lamm, Arnold	Daimler	Mitglied UAG 2.2
Blome, Frank	Deutsche Accumotive	Mitglied UAG 2.2
Welling, Andreas	Deutsche Accumotive	Mitglied UAG 2.2
Dr. Möller, Kai-Christian	Fraunhofer ICT	Mitglied UAG 2.2
Prof. Dr. Tübke, Jens	Fraunhofer ICT	Mitglied UAG 2.2
Dr. Thielmann, Axel	Fraunhofer ISI	Mitglied UAG 2.2
Werner, Albrecht	Manz	Mitglied UAG 2.2
Dr. Hörpel, Gerhard	Universität Münster, Meet	Mitglied UAG 2.2
Stutz, Reiko	Varta	Mitglied UAG 2.2
Prof. Dr. Schreiber, Werner	Volkswagen	Mitglied UAG 2.2
Dr. Krausa, Michael	KLiB	Gastmitglied UAG 2.2
Dr. Paskert, Dirk	Rohstoffallianz	Gastmitglied UAG 2.2
Loois, Elbert	Rohstoffallianz	Gastmitglied UAG 2.2
Prof. Dr. Tillmetz, Werner	ZSW	Gastmitglied UAG 2.2
Hofmann, Birgit	BMWi	Beirat
Dr. Wirth, Hans-Christoph	BMWi	Beirat
Dr. Kloock, Joachim	BMBF	Beirat
Dr. Zeisel, Herbert	BMBF	Beirat
Dr. Schroth, Peter	BMBF	Beirat
Dr. Bernhart, Wolfgang	Roland Berger	Beratung
Pieper, Gero	Roland Berger	Beratung
Dr. Schlick, Thomas	Roland Berger	Beratung

Notizen

Impressum

Verfasser
Nationale Plattform Elektromobilität (NPE)
Berlin, Januar 2016

Herausgeber
Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität
der Bundesregierung (GGEMO)
Scharnhorststraße 34–37
10115 Berlin

Satz und Gestaltung
HEILMEYERUNDSERNAU■GESTALTUNG
www.heilmeyerundsernau.com

Druck
www.heenemann-druck.de

Redaktion
AG 2 – Batterietechnologie:
Prof. Dr. Thomas Weber (Vorsitz)
Dr. Martin Brudermüller (Co-Vorsitz)
Dr. Rolf Bulander (stv.-Vorsitz)

UAG 2.2 – Zell- und Batterieproduktion:
Michael Weiss (Vorsitz/Leitung)
Dr. Nathalie Martin-Hübner
Dr. Markus Müller-Neumann
Dr. Wolfgang Bernhart
Dr. Thomas Schlick
Gero Pieper