

Roadmap Integrierte Zell- und Batterieproduktion Deutschland

AG 2 - Batterietechnologie der NPE

Kai-Christian Möller



Ergebniskonferenz

schaufenster 
elektromobilität 

Eine Initiative der Bundesregierung

Roadmap Integrierte Zell- und Batterieproduktion Deutschland

Inhalt

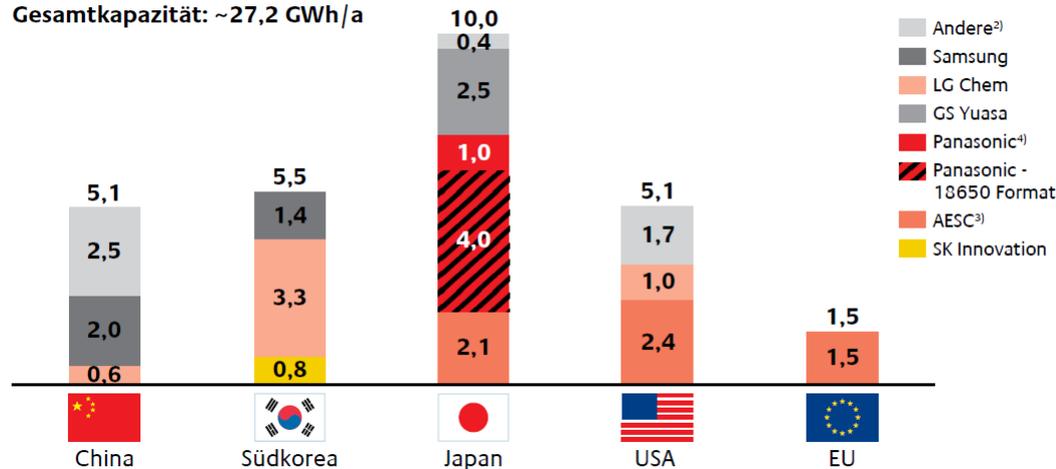
1. Markt und Wettbewerb
2. Zellperformance und Lieferanten
3. Entwicklung von Zelltechnologie und Produktionstechnik
4. Standort Deutschland im Quervergleich
5. Risiken in der Wertschöpfungskette von Rohstoffen für Lithium-Ionen-Batteriezellen
6. Exemplarischer Aufbau einer Batterieproduktion
7. Exemplarische Business- und Realisierungsplanung
8. Beschäftigungseffekte
9. Handlungsempfehlungen

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.

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.

1. Markt und Wettbewerb

Gesamtkapazität: ~27,2 GWh/a



Anmerkung: 1 GWh/a Zellkapazität entspricht bspw. etwa 25.000 BEVs mit 40 kWh

1) Lithium-Ionen-Batteriezellen für automotiv 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

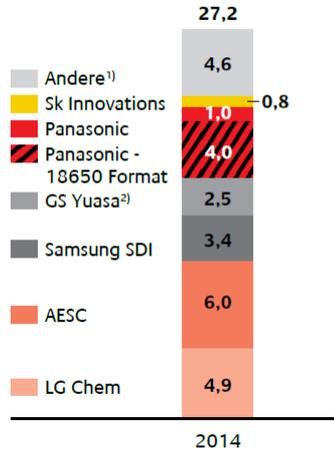
Quelle: Roland Berger auf Basis (Takeshita, 2012) (Anderman, 2013) (Pillot, 2015)

Large-Format-Lithium-Ionen-Batteriezellen¹⁾ – Zellproduktion Übersicht Standorte und Kapazität 2014 [GWh/a]

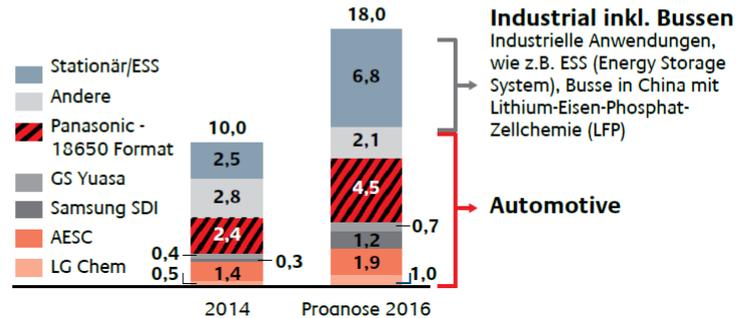
Wesentliche **Produktionsstandorte** der bei automobilen Traktionsanwendungen dominierenden großformatigen (sog. „large format“) Zellen sind derzeit **Japan (26%)**, **Korea (24%)**, **China (22%)** und **USA (22%)**.

1. Markt und Wettbewerb

Produktionskapazität



Marktnachfrage



Large-Format-Lithium-Ionen-Batteriezellen³⁾ – Produktionskapazität vs. Marktnachfrage [GWh/a]

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.

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

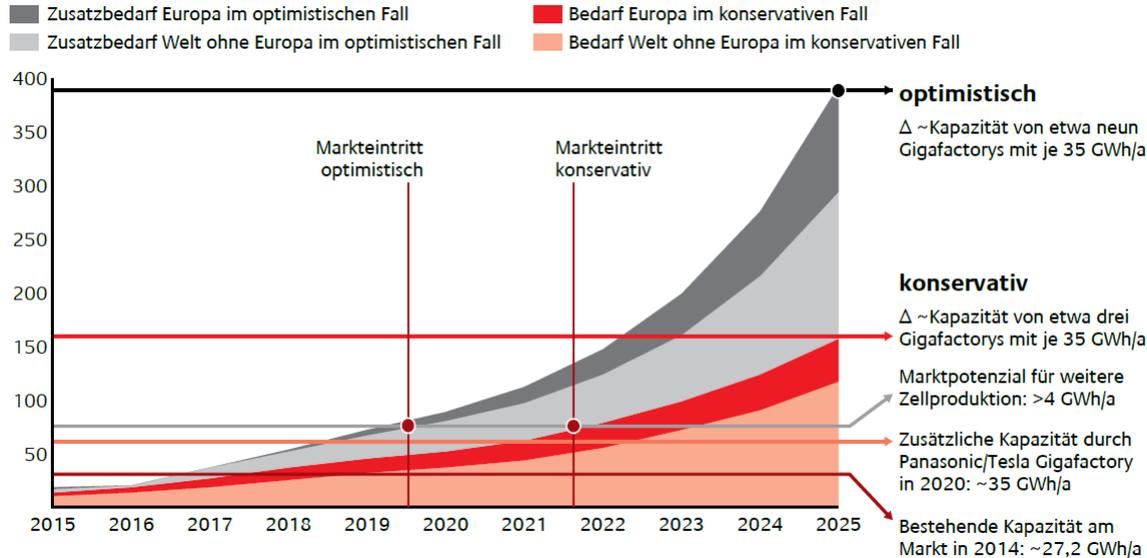
3) Lithium-Ionen-Batteriezellen für automotive- und stationäre Anwendungen

Quellen: Roland Berger auf Basis (Takeshita, 2012) (Anderman, 2013) (Pillot, 2015)

AESC: Automotive Energy Supply Corporation

ESS: Energy Storage System

1. Markt und Wettbewerb



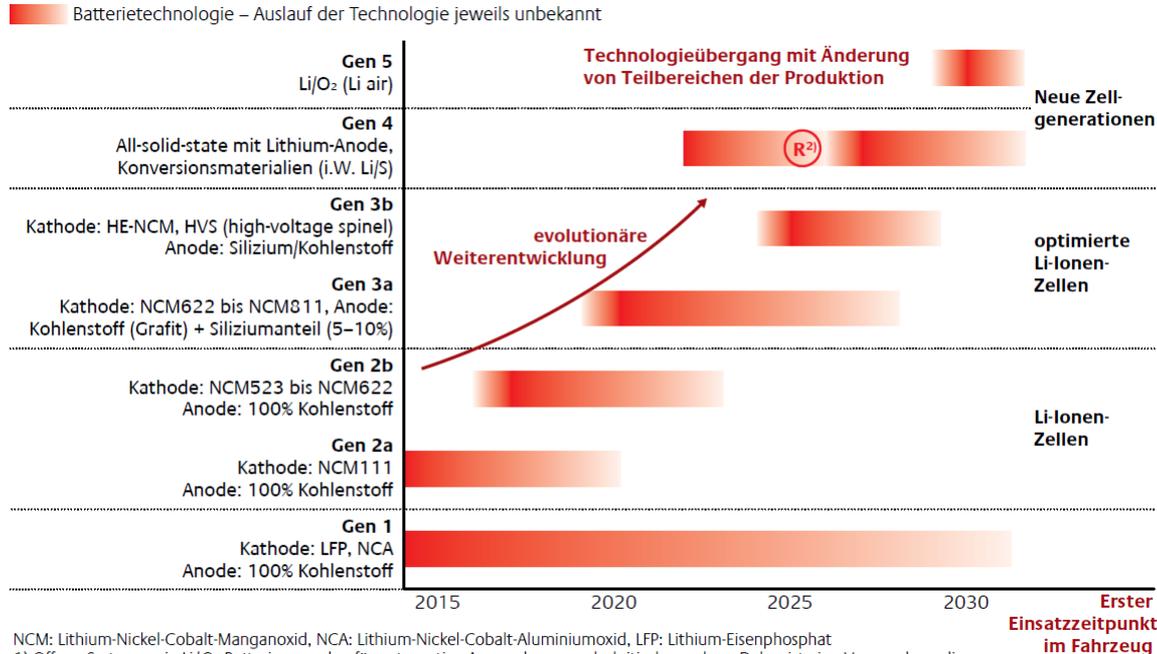
Zellbedarf weltweit¹⁾ 2015-2025 [GWh/a] konservativ und optimistisch

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.

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

3. Entwicklung von Zelltechnologie und Produktionstechnik



Entwicklung Roadmap Zelltechnologie 2015-2030¹⁾

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

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

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

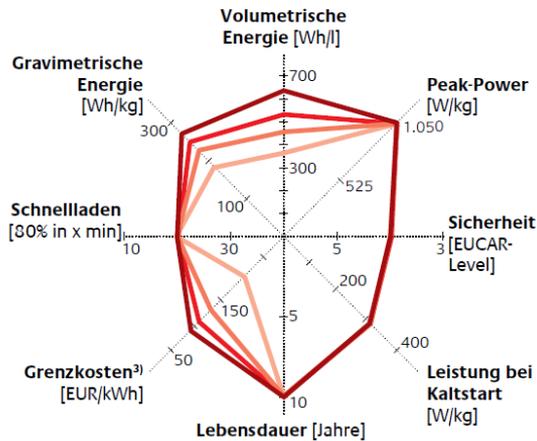
NCM: Lithium-Nickel-Cobalt-Manganoxid, NCA: Lithium-Nickel-Cobalt-Aluminiumoxid, LFP: Lithium-Eisenphosphat

1) Offene Systeme wie Li/O₂-Batterien werden für automotiv Anwendungen sehr kritisch gesehen. Daher ist eine Verwendung dieser Speichersysteme für automotiv Anwendungen sehr unwahrscheinlich 2) Risiko einer früheren Marktverfügbarkeit

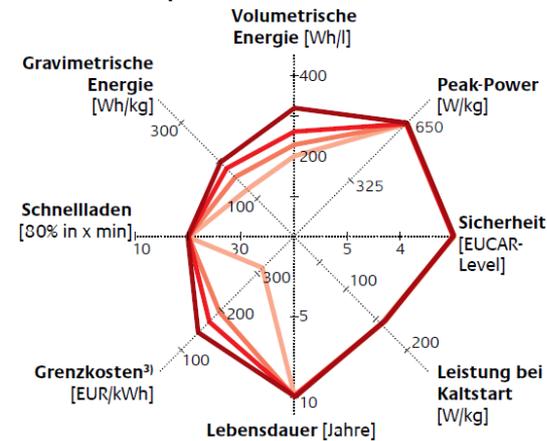
Quelle: (acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2015), NPE UAG 2.2 M. Weiss, Mitglieder (2015)

2. Zellperformance und Lieferanten

— Gen 2a/b (heute) — Gen 3a (2020) — Gen 3b (2025) — Gen 4 (2025?)
... auf Zellebene¹⁾



... auf Batteriepackebene²⁾



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)

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

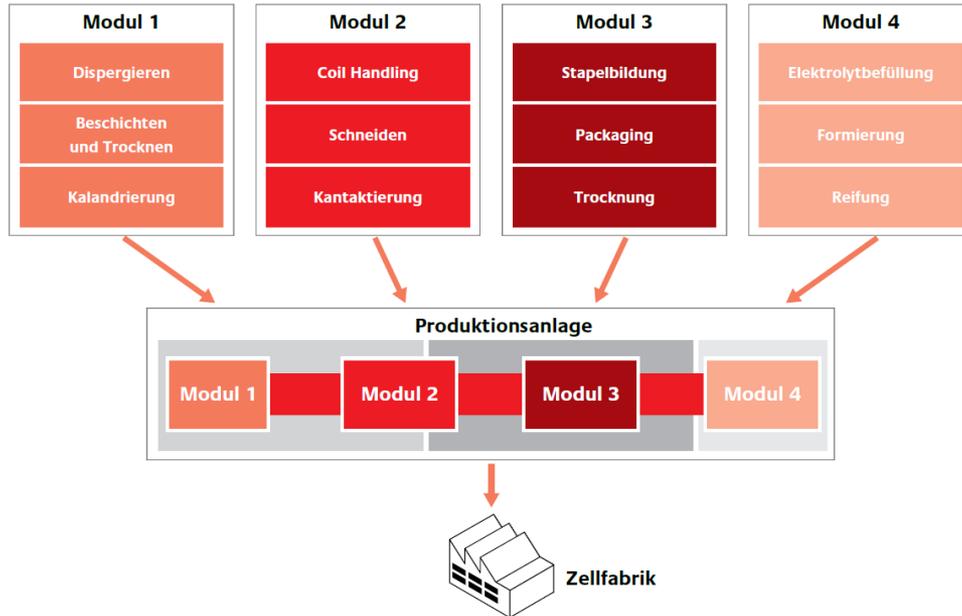
2. Zellperformance und Lieferanten

Anforderungen an einen Batteriezellhersteller mit Produktion in Deutschland bzw. Europa

- **Zell-, Prozess- und Produktions-Know-how** sowohl für BEV- als auch für PHEV-Zellen.
- 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**

Globale Wettbewerbsfähigkeit muss für eine lokale Zellproduktion gewährleistet sein.

3. Entwicklung von Zelltechnologie und Produktionstechnik



Pilot-Prozessmodule Zellfabrik

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.

4. Standort Deutschland im Quervergleich

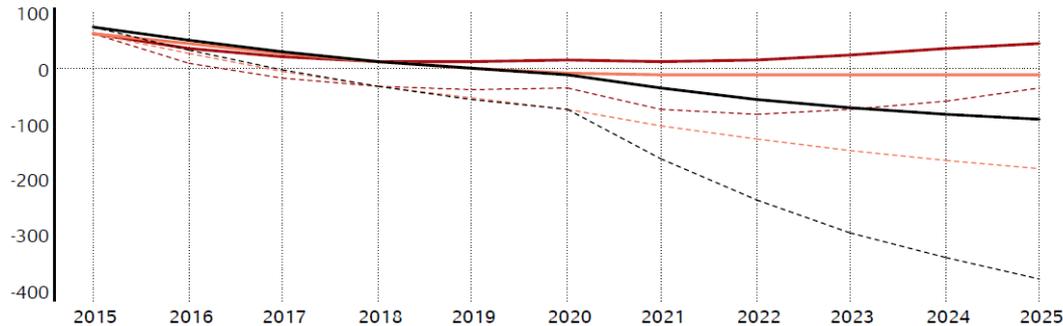
Gewichtung [%]	DE ⁴⁾		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	"normal case"	"best case"	Süd-korea	Japan	Tschech. Rep.	Ungarn	Polen	Slowa-kei	China	USA	Frank-reich	
Personal	30%	2,8	3,6	2,7	3,3	3,7	2,2	4,0	3,4	3,8	3,6	2,6
Lohnkosten 2015	10%	1	3	3	3	4	4	4	4	5	3	2
Lohnk.-Prognose 2019	30%	1	3	3	3	4	4	4	4	5	3	2
Verfügb. v. 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
Logistik³⁾	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
Transparenz	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

Übersicht Länderbewertung¹⁾

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.

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)

5. Risiken in der Wertschöpfungskette von Rohstoffen für LIB



Deltabedarf Graphit für
xEV-Batteriezellen
— konservativ [%]
- - - - optimistisch [%]

Deltabedarf Kobalt für
xEV-Batteriezellen
— konservativ [%]
- - - - optimistisch [%]

Deltabedarf LCE für
xEV-Batteriezellen
— konservativ [%]
- - - - optimistisch [%]

	Graphit	Kobalt	LCE
Bedarf 2015 ²⁾ [t]	~9,800	~2,400	~5,200
Produktion 2015 [t]	~37,100	~6,200	~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)

Angebots-Nachfrage-Differenz im Verhältnis zur Jahresgesamtproduktion [%] für Graphit, Cobalt und Lithium

Ein dauerhaftes Monitoring der Lieferbeziehungen für die **kritischen Rohstoffe Naturgraphit, Cobalt und Lithium** sollte eingeführt werden.

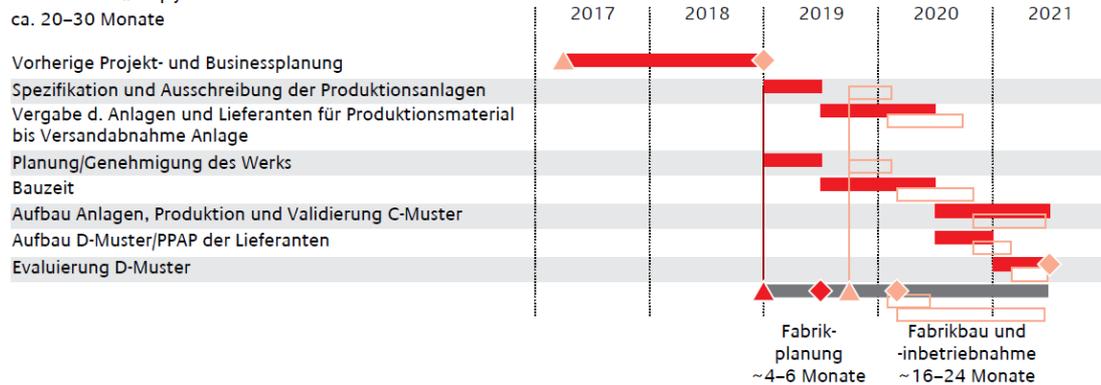
Für eine **langfristige Absicherung**, inklusive eventuellen Investitionsvorhaben, ist eine enge politische Begleitung durch die Bundesregierung erforderlich.

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

6. Exemplarischer Aufbau einer Zellproduktion

— Startzeitpunkt für maximalen Zeitraum — Startzeitpunkt für minimalen Zeitraum (Best Case)

Szenario I „Copy-Paste“-Fabrik
ca. 20–30 Monate



**Abschätzung Planungs-
Realisierungszeiträume für „neue Fabrik“,
um Markteintrittschance 2021 zu nutzen
– „Copy-Paste“-Fabrik**

6. Exemplarischer Aufbau einer Zellproduktion



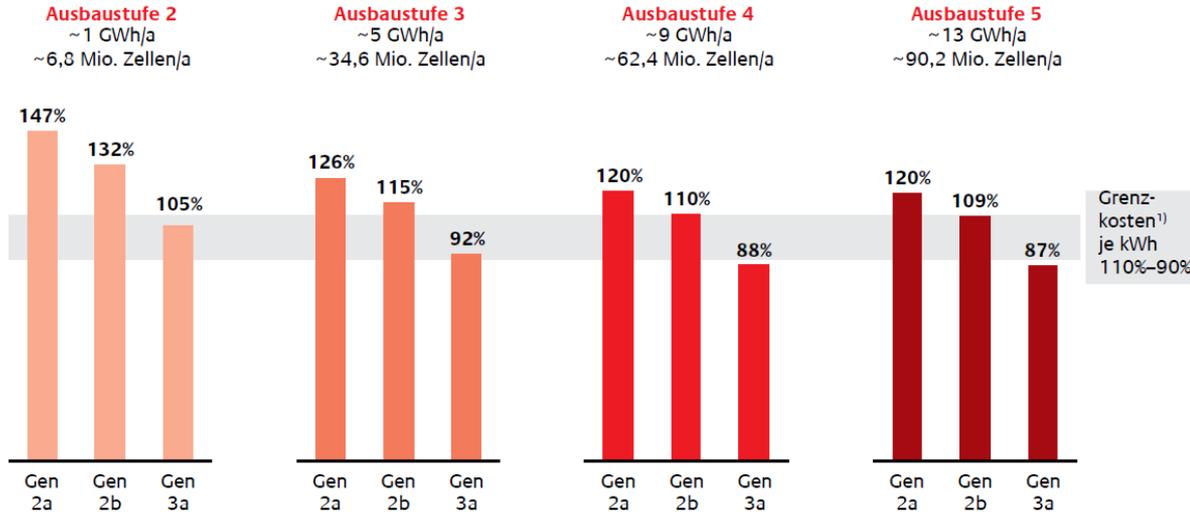
Quelle: NPE UAG 2.2 M. Weiss, Mitglieder, 2015

**Abschätzung Planungs-
Realisierungszeiträume für „neue Fabrik“,
um Markteintrittschance 2021 zu nutzen
– Aufbau „neuer Spieler“**

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**.

6. Exemplarischer Aufbau einer Zellproduktion



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

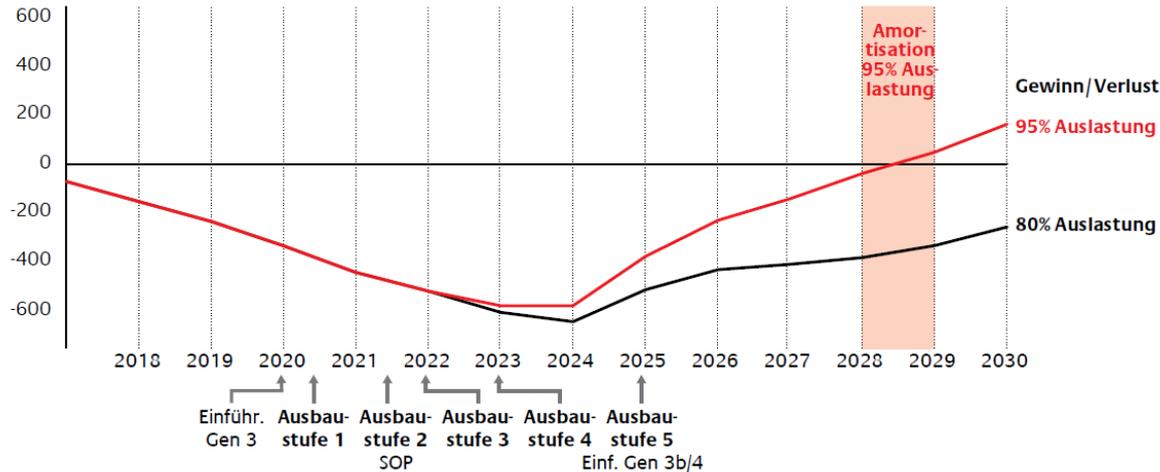
1) Erwartete Grenzkosten für eine Batteriezelle der Gen 3a in 2020 (100% = ~130 EUR/kWh) mit Produktionsstandort Deutschland
Quelle: Roland Berger auf Basis eigener Analysen und (Baehr Verpackung, 2015) (BASF (Andreas Fischer), 2015) (Busan Agency Co. Ltd., 2015) (European Commission, 2014) (eurostat, 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)

Vergleich Herstellkosten der Traktionsbatteriezellen je kWh, als Prozent der Grenzkosten je Ausbaustufe und Technologie¹⁾

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 Realisierungsplanung



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

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**.

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) (Worldfreighrates.com, 2015)

8. Beschäftigungseffekte

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.: <ul style="list-style-type: none"> • Anlagenführer • Logistiker • Springer Indirekte Mitarbeiter, u.a.: <ul style="list-style-type: none"> • Techniker für Instandhaltung • Prozesstechniker • Prozessingenieure • Schichtleitung 	u.a.: <ul style="list-style-type: none"> • Kaufmänner/-frauen • Technische Berufe 	u.a.: <ul style="list-style-type: none"> • Ingenieure • Techniker • weitere technische Berufe 	Zusätzliche externe Beschäftigung u.a. in den Bereichen <ul style="list-style-type: none"> • Zuliefererindustrie • Logistik • Maschinen- und Anlagenbau 	Zusätzliche externe Beschäftigung u.a. in den Bereichen <ul style="list-style-type: none"> • 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)

Schematische Verteilung der Beschäftigung durch eine Batteriezellfertigung in Deutschland

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. Handlungsempfehlungen

- Sicherstellung des Know-Hows sowie der Attraktivität des Standorts Deutschland: **Forschung und Entwicklung in Zell- und Batterietechnologie und -produktion zukünftiger Generationen** mit hoher Intensität **fortsetzen**.
 - **fortlaufende intensive Beobachtung der Marktsituation** bzgl. des Markthochlaufs sowie Investitionen und Standortentscheidungen etablierter Hersteller; prüfen und ggf. nachjustieren der nächsten Schritte durch Politik und Industrie
 - **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.
 - **dauerhaftes Monitoring** der Lieferbeziehungen für die kritischen Rohstoffe **Natur-Graphit, Kobalt und Lithium**.
 - Bei einer Entscheidung zur Umsetzung einer Zellproduktion mit Standort Deutschland die **in der Roadmap beschriebenen Chancen und Risiken** (u.a. Standort, Kapital, Technologie, Abnahme) sowie Aspekte der Nachhaltigkeit **beachten**.
 - Eine mögliche **Begleitung der Bundesregierung** sollte **durch die NPE UAG2.2** erfolgen . Zeitnah die **Ergebnisse der Roadmap** zur integrierten Zell- und Batterieproduktion **in Partnerschaft mit Automobil- und Automobilzulieferindustrie, Anlagen und Maschinenbau, Chemieindustrie, Konsortien und Investoren weiterverfolgen**.
-

10. Dank

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



+ Gastmitglieder (KLiB, ZSW, RA)
Beirat (BMBF, BMWi)
Beratung (Roland Berger)

Mitglieder UAG 2.2 Zell- und 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.