

BESCHÄFTIGUNGSEFFEKTE UND WERTSCHÖPFUNGSKETTEN IM BATTERIE-MASCHINEN- UND ANLAGENBAU

Auszug aus dem Kurzgutachten im Auftrag des VDMA

Dr. Tim Hettesheimer, Dr. Axel Thielmann & Dr. Christoph Neef



Durchgeführt vom:

Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung

Im Auftrag von



Bearbeitungszeitraum:

April 2018 bis Oktober 2018

Übersicht der Inhalte der Kurzstudie

- **Hintergrund der Studie**
 - Zielsetzung der Kurzstudie
 - Annahmen: Nachfrage Batteriekapazitäten
 - Betrachtungsfokus der Studie
 - Nomenklatur
- **Ergebnisse europäischer Markt***
 - Gesamtinvestitionen und Beschäftigungseffekte
 - Investitionen auf Zellebene
 - Mitarbeitereffekte auf Zellebene
 - Investitionen und Beschäftigungseffekte je GWh
 - Ergebnisse: Beschäftigungseffekte durch europäische Marktnachfrage
 - Beschäftigte in der Batterieindustrie (inkl. der Zulieferkette)
 - Beschäftigte im Maschinen- und Anlagenbau (inkl. Fabrik und Zulieferkette)
 - Ergebnisse: Abschätzung der Arbeitsplatzeffekte für den Maschinenbau (inkl. vorgelagerter Wertschöpfungsketten)
- **Ergebnisse globaler Markt**
 - Beschäftigungspotenziale für den Batterie-Maschinenbau weltweit beim Aufbau künftiger Zellproduktionskapazitäten
 - Referenzen und Alleinstellungsmerkmale entscheiden im Batterie-Maschinenbau über den Erfolg
 - Marktchancen als dt/europ. Maschinen- und Anlagenbau eine Zellfertigung auszurüsten
 - Beschäftigungspotenziale für den dt/europ. Batterie-Maschinenbau beim Aufbau künftiger Zellproduktionskapazitäten
 - Ergebnisse: Strategische Bedeutung einer europäischen Zellfertigung und Auswirkungen auf die Beschäftigungseffekte im Maschinen- und Anlagenbau
- **Zusammenfassung: Kernaussagen der Kurzstudie**
- **Anhang**

* Die ausgegrauten Inhalte sind nicht im Auszug aus der Kurzstudie enthalten

Hintergrund und Zielsetzung der Studie

Zielsetzung der Kurzstudie

Ausgehend vom Bedarf und vom angekündigten Aufbau der Produktionskapazitäten global und in Europa soll anhand verschiedener (Langfrist-) Szenarien aufgezeigt werden:

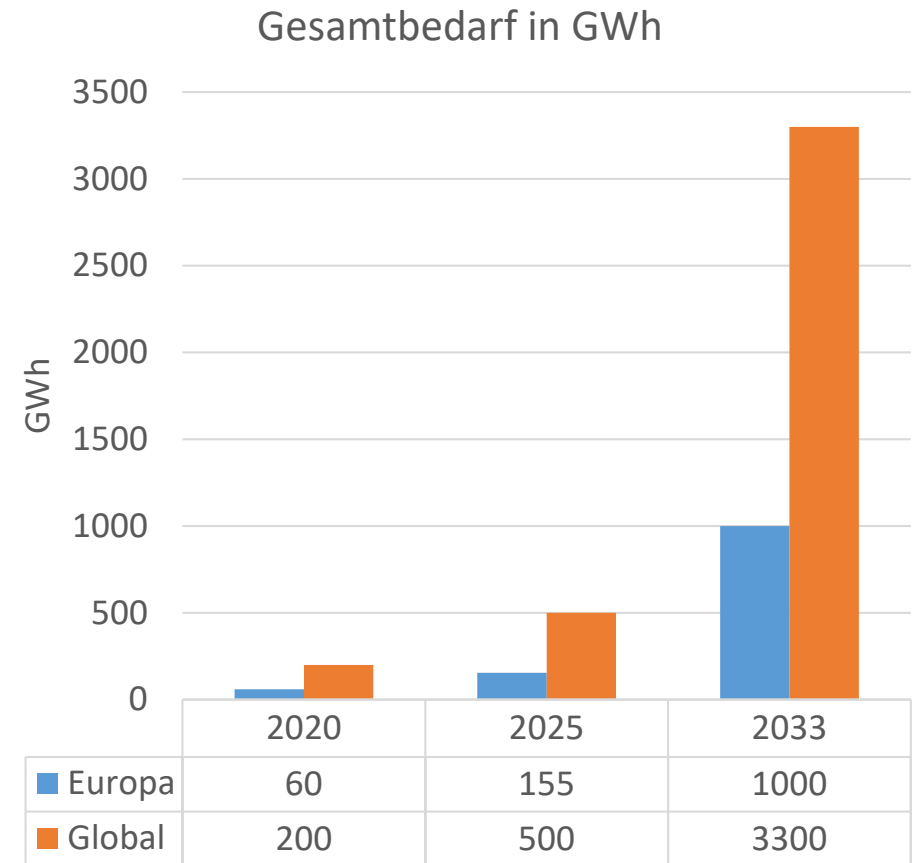
- Wie ist der europäische Maschinen- und Anlagenbau langfristig als Zulieferer in der Batterieproduktion in Europa und global aufgestellt, mit Fokus auf der Zellfertigung?
- Welche Rolle spielen Referenzen in Europa für europäische Maschinen- und Anlagenbauer?

Mit Blick auf die Beschäftigungsauswirkung einer Batterieproduktion in Europa sollen

- Beschäftigte in den Fabriken selbst ermittelt werden
- Beschäftigte im Maschinen- und Anlagenbau ermittelt bzw. abgeschätzt werden (anhand von Szenarien und verschiedenen Annahmen zum Importanteil).
- Beschäftigungseffekte in der vorgelagerten Wertschöpfungskette bestimmt werden und eine
- Abschätzung der Langzeit-Auswirkung auf das Exportgeschäft und den resultierenden Beschäftigungseffekten für den europäischen Maschinenbau getroffen werden

Annahmen bezüglich der Nachfrageentwicklung nach Batteriekapazitäten

- Gesamtbedarf an Batteriekapazitäten im Jahr **2020** in Europa: 60 GWh, Global: **200 GWh**
- Gesamtbedarf an Batteriekapazitäten in Europa im Jahr **2025**: 155 GWh, Global **500 GWh**
- Gesamtbedarf an Batteriekapazitäten in Europa im Jahr **2033***: **1 TWh, Global 3,3 TWh**
- Annahme für die globale Betrachtung (optimale Voraussetzung): Zellproduktion in Europa entspricht der europäischen Nachfrage. 50% der Fabriken in Europa sind asiatischen Unternehmen und 50% sind europäische Unternehmen.



* Annahmen für Langfristszenarien gehen mit größeren Unsicherheiten einher.

Erwartet wird der Bedarf, der in dieser Studie für 2033 angenommen wird, für den Zeitraum 2030 bis 2035 (je nach Prognose) .

Betrachtungsfokus der Studie

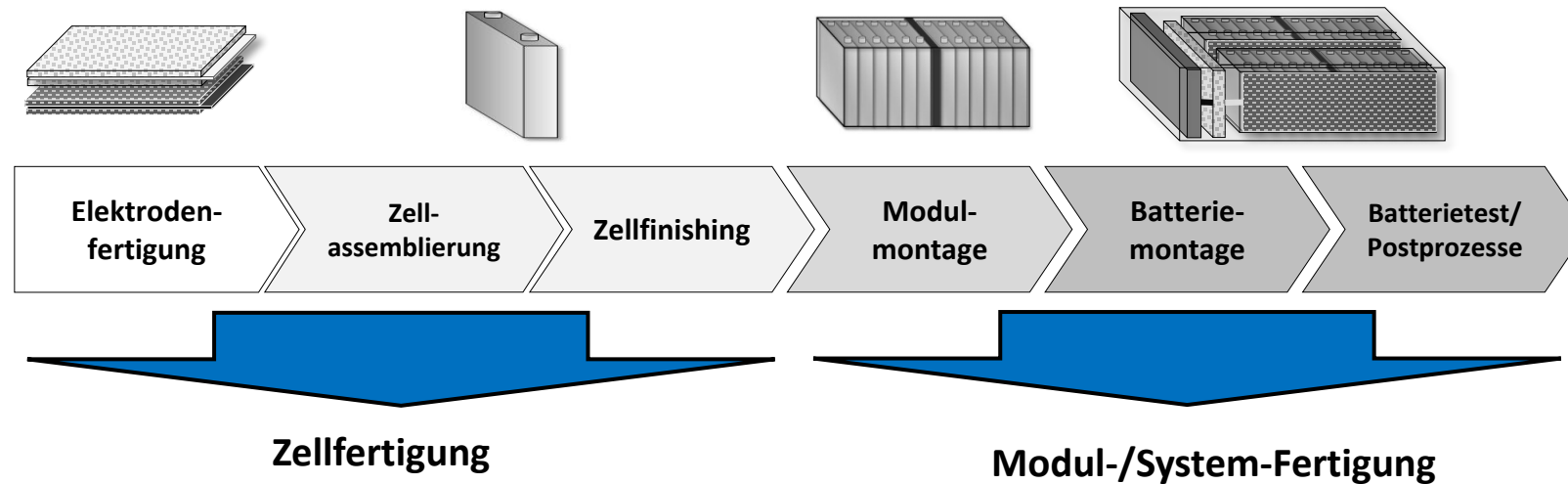
1. Wertschöpfung und Beschäftigung in der Fabrik zur Zellfertigung und Modul- und Packfertigung (Fokus Zelle)

- Produktionsprozess beginnend mit der Elektrodenfertigung bis zum fertiggestellten Batteriesystem
- Mitarbeiter, die direkt in der Fabrik zur Zellfertigung und Modul/System-Fertigung arbeiten
- Arbeitsplätze, die im Maschinen- und Anlagenbau entstehen, durch Investitionen in entsprechende Produktionsanlagen für die Fertigung, unterteilt in Zellfertigung und Modul/System-Fertigung*

2. Vorgelagerte Wertschöpfungs- und Arbeitsplatzeffekte

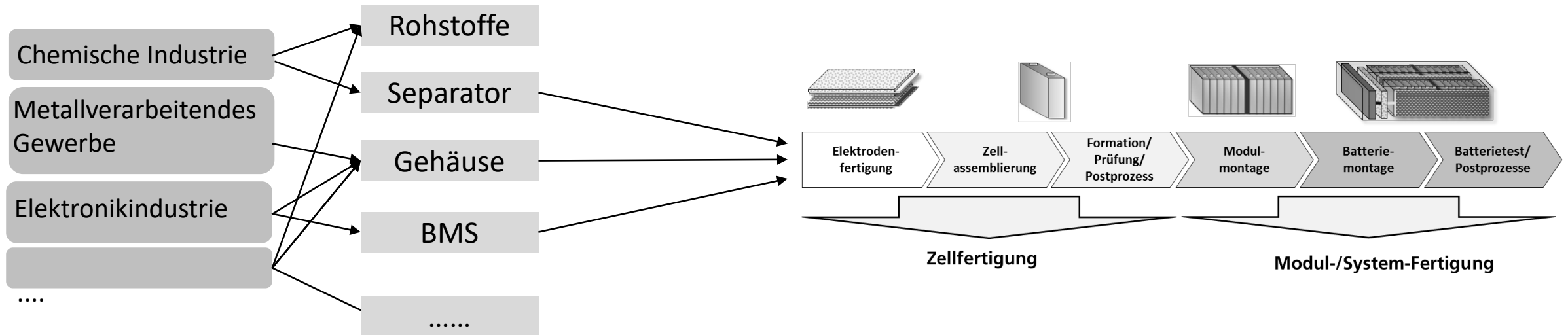
- Beschäftigungseffekte, die sich aus der Materialzulieferkette für Zellen und Modul/System-Fertigung ergeben
- Beschäftigte durch Investitionen in Maschinen in der Materialzulieferkette und im Kontext sonstiger Vorleistungen unterteilt in Zellfertigung und Modul/System-Fertigung

1. Betrachtungsfokus der Studie: Direkte Wertschöpfung in der Batterieproduktion



2. Betrachtungsfokus der Studie: Wertschöpfung im Maschinenbau und der vorgelagerten Wertschöpfungskette

Die vorgelagerte Wertschöpfung umfasst dagegen z.B. Rohstoffe, Substrat-Folien, Separatoren, Gehäuse, Elektronik-Komponenten. Die gesamte Wertschöpfungskette bietet daher ein deutlich größeres Potenzial als der direkte Ausschnitt, der im ersten Abschnitt betrachtet wird. Dieses Potenzial betrifft Beschäftigungseffekte in verschiedenen Industriebranchen wie z.B. der chemischen Industrie, der Elektronikindustrie und der metallverarbeitenden Industrie. Diese benötigen Produktionsmittel, so dass auch hierin wesentliches Beschäftigungspotenzial für den Maschinen- und Anlagenbau entsteht



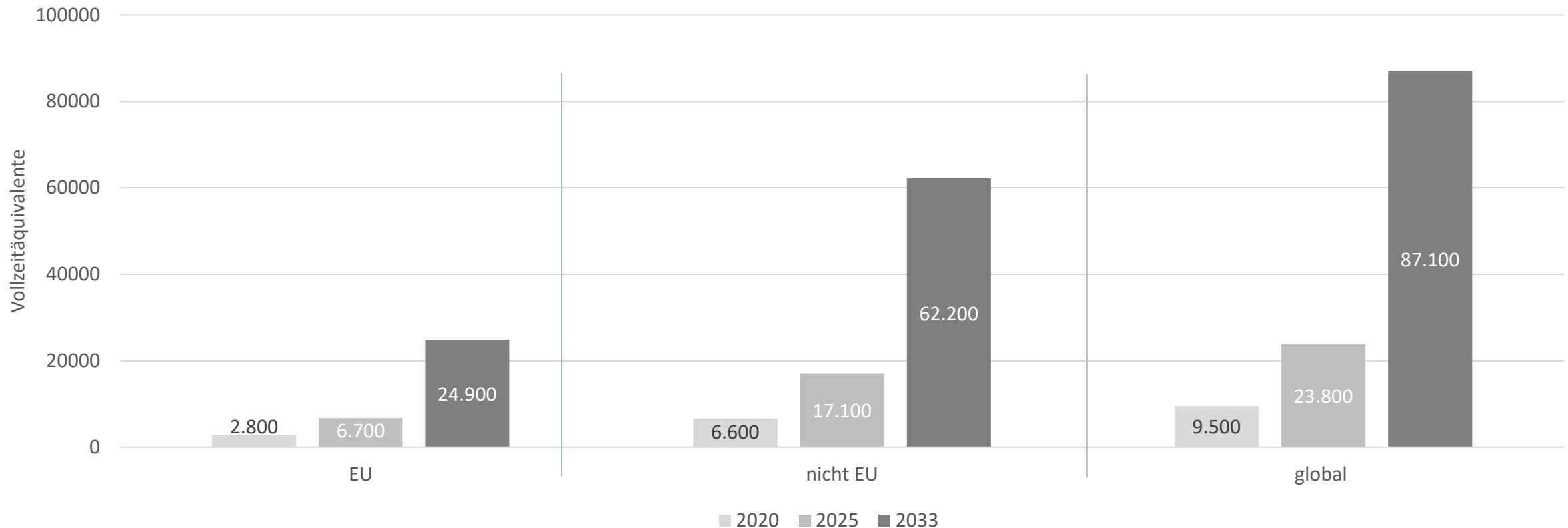
Nomenklatur Beschäftigungseffekte

- **Zelle Fabrik** = Beschäftigte in der Zell-Fabrik (Basis: Berechnungen mit BatPac)
- **Modul/System Fabrik** = Beschäftigte in der Modul-Fabrik (Basis: Berechnungen mit BatPac)
- **Zelle Materialzulieferkette** = Beschäftigungseffekte, die sich aus der Materialzulieferkette für Zellen ergeben (Basis: Input-Output (IO)-Berechnung weitere Effekte)
- **Modul/System Materialzulieferkette** = Beschäftigungseffekte, die sich aus der Materialzulieferkette für Modul/System ergeben (Basis: IO-Berechnung weitere Effekte)

- **Zelle Maschinenbau (Fabrik)** = Beschäftigte durch Investitionen in Maschinen und Anlagen in der Fabrik für die Zellfertigung
- **Zelle Maschinenbau (Materialzulieferkette)** = Beschäftigte durch Investitionen in Maschinen in der Materialzulieferkette und im Kontext sonstiger Vorleistungen für die Zelle
- **Zelle Produktionsmittel** = Beschäftigte durch Investitionen in **Maschinen**, FuE, sowie Energie und weitere Vorleistungen für die Produktion der Zellen/Module (betrifft Grafik S.15)
- **Modul/System Maschinenbau (Fabrik)** = Beschäftigte durch Investitionen in Maschinen und Anlagen in der Fabrik für die Modul/System-Fertigung
- **Modul/System Maschinenbau (Materialzulieferkette)** = Beschäftigte durch Investitionen in Maschinen in der Materialzulieferkette und im Kontext sonstiger Vorleistungen für das Modul/System
- **Modul Produktionsmittel** = Beschäftigte durch Investitionen in **Maschinen**, FuE, sowie Energie und weitere Vorleistungen für die Produktion der Zellen/Module (betrifft Grafik S.15)

Ergebnisse der Studie zum globalen Markt

Beschäftigungspotenziale für den **Batterie-Maschinenbau weltweit** beim Aufbau künftiger Zellproduktionskapazitäten (Investitionen in **Zellfertigung und Zulieferindustrie/Komponenten**)



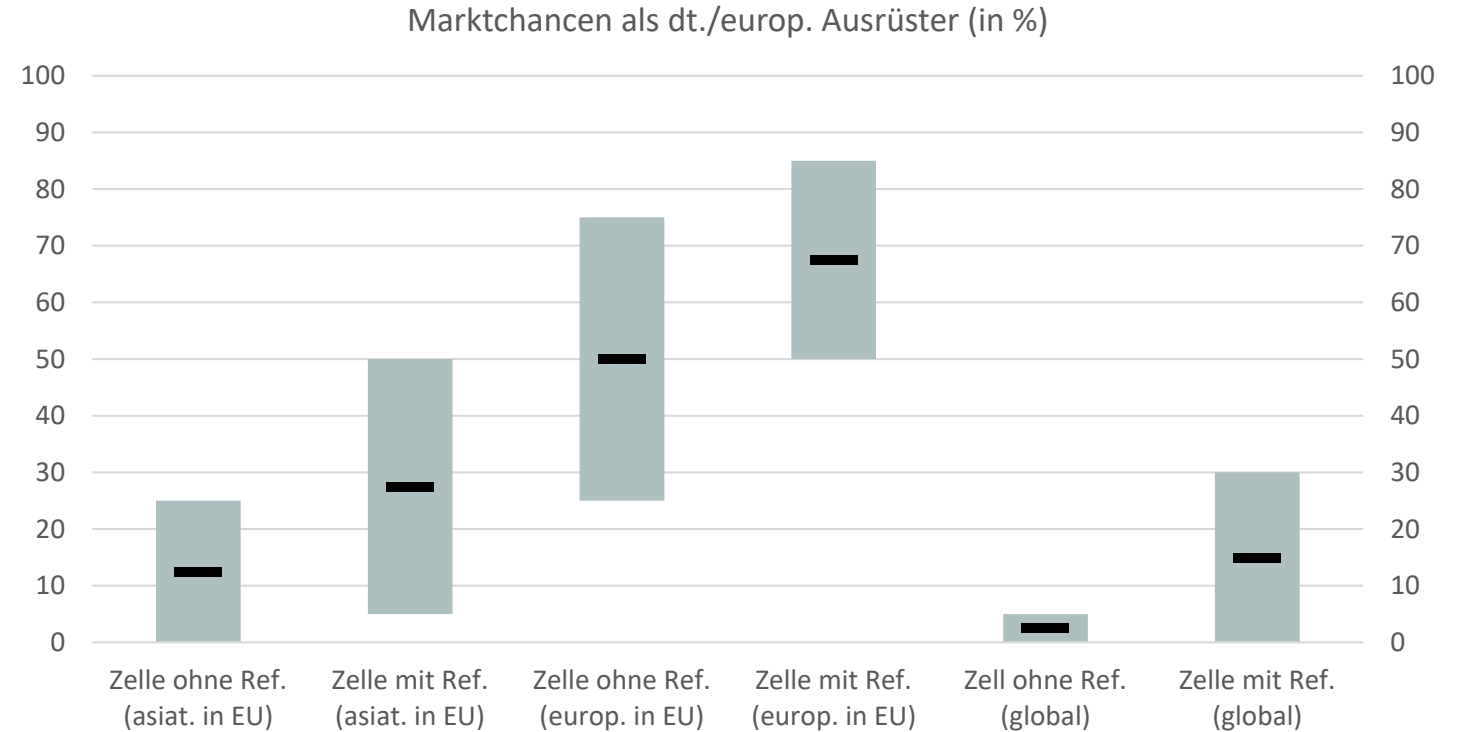
- Bis zu 90.000 Arbeitsplätze können für den Maschinenbau durch die Batterie-Zellindustrie (inkl. Zulieferkette) entstehen (bis 2033), in Europa können bis zu 25.000 Arbeitsplätze entstehen.

Referenzen und Alleinstellungsmerkmale entscheiden im Batterie-Maschinenbau über den Erfolg

- **Referenzen in Europa bringen erheblichen Schub für das Exportgeschäft** im europäischen Batterie-Maschinen- und Anlagenbau.
- Der größte Markt für die Elektromobilität entsteht in China. Arbeitsplätze und Know-How können nur durch erfolgreiche Exportstrategien in Europa gehalten werden.
 - Die Marktchancen einen asiatischen Hersteller in Asien zu beliefern liegen zum jetzigen Zeitpunkt für Unternehmen ohne vorhandene Referenzen in der Regel unter 5%.
 - Die Marktchancen einen **asiatischen Hersteller in Europa*** zu beliefern wurden ohne vorhandene Referenzen im Mittel auf 10-25% geschätzt, abhängig vom jeweiligen Alleinstellungsmerkmal (USP) des Maschinenbau-Unternehmens. Mit Referenzen auf bis zu 50% oder mehr.
 - Die Marktchancen einen **europäischen Hersteller in Europa** zu beliefern wurden ohne vorhandene Referenzen im Mittel auf 50% geschätzt, abhängig vom jeweiligen USP des Maschinenbau-Unternehmens. Mit Referenzen sogar auf bis zu 85%.
➔ **Beste Option für den Maschinenbau**

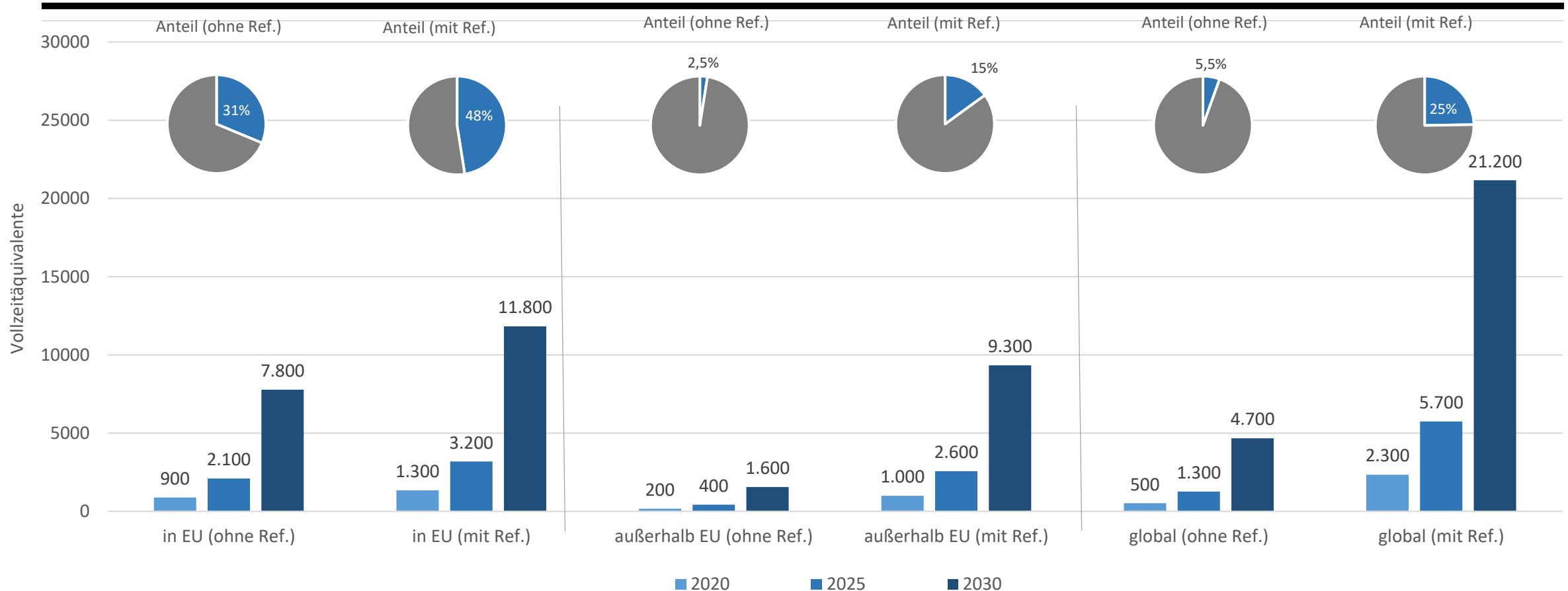
Marktchancen als dt./europ. Maschinen- und Anlagenbau eine Zellfertigung auszurüsten

- Der dt./europ. Maschinenbau muss seine Marktchancen noch realisieren und ausbauen.
- Die Marktchancen als europ. Ausrüster einen asiatischen bzw. europäischen Zellhersteller zu beliefern werden mit Referenzen höher als ohne Referenzen eingeschätzt.
- Zudem werden die Chancen bei dem Aufbau einer Fertigung vor Ort (in Europa) besser eingeschätzt als bei einem außereuropäischen globalen Standort.*



* Die hier angenommenen Marktchancen stellen geben Einschätzungen von rd. 20 interviewten Experten aus dem Maschinenbau wieder (Mittelwerte und Streuung). Die Mittelwerte wurden für die folgende Abschätzungen und Berechnungen herangezogen. Für Europa wurde die auf S. 5 beschriebene Annahme zugrunde gelegt, dass 50% europäische Hersteller und 50% asiatische Hersteller die europäische Nachfrage in Europa bedienen.

Beschäftigungspotenziale für den dt./ europ. Batterie-Maschinenbau beim Aufbau künftiger Zellproduktionskapazitäten (Investitionen in Zellfertigung und Zulieferindustrie/Komponenten)



- Der dt./europ. Maschinenbau könnte bis zu 22.000 Arbeitsplätze in der Batterie-Zellindustrie aufbauen, wenn auch die Beschäftigung in der Zulieferkette berücksichtigt wird. Standortvorteile und Referenzen sind wichtig um Marktchancen zu erhöhen.

Kernergebnisse: Strategische Bedeutung einer europäischen Zellfertigung und Auswirkungen auf die Beschäftigungseffekte im Maschinen- und Anlagenbau

- **Die Umsätze und Arbeitsplätze in der Zulieferindustrie in Europa hängen stark vom Export/Import Anteil ab.** Module und Packs werden schon heute i.d.R. durch die OEM selbst in D/Europa gefertigt. In diesem Bereich der Wertschöpfungskette kann von einem maximalen Marktpotenzial für den Maschinen- und Anlagenbau ausgegangen werden. Größeren Herausforderungen müssen sich die Maschinen- und Anlagenbauer im Bereich der Elektroden- und Zellfertigung stellen. Detaillierte Betrachtung siehe folgende Punkte:
 - **Verfügen die Maschinen- und Anlagenbauer in der Zellfertigung über Referenzen am Markt können 2025 bis zu 2/3 des europäischen Bedarfs von europäischen Herstellern beliefert werden** (Beschäftigungseffekt: rund 1.800 Vollzeitäquivalente bezogen auf die Ausrüstung der Fertigung).
Durch Referenzen in Europa könnten die **globalen Marktchancen** eine Batteriezellfertigung auszurüsten für dt/europ. Maschinen- und Anlagenbauer von heute in der Regel <5% **auf 25 % bis 30%* steigen**.
 - **2025 wird die globale Nachfrage laut Prognosen bei über 500GWh liegen.** Bei einem Marktanteil von 25 % entstünden dadurch im dt/europ. Maschinenbau 2.300 Arbeitsplätze plus zusätzliche 3.400 in der vorgelagerten Wertschöpfungskette.
 - **2033 wird die globale Nachfrage laut Prognosen bei 3,3 TWh liegen** (Anteil Europa 1TWh). Bei einem Marktanteil von 25 % entstünden dadurch im europ. Maschinenbau 7.100 Arbeitsplätze plus zusätzliche 14.100 in der vorgelagerten Wertschöpfungskette.
 - **Gelingt es nicht, Referenzen aufzubauen,** wird der Marktanteil europ. Maschinen- und Anlagenbauer auch künftig gering bleiben und die **Potenziale in den Beschäftigungseffekte nicht zu heben sein.**

* Die Range ergibt sich aus dem Ergebnis aus Folie 24 und den Ergebnissen Interviews siehe Folie 23.

Zusammenfassung: Kernaussagen der Kurzstudie

- Die höchsten **Investitionen** fallen bei der Batterieproduktion im Bereich der Zelle an (ca. 85% Zelle und 15% Modul). Dabei haben insbesondere die Elektrodenfertigung und Formation einen großen Anteil.
- Bei den **Mitarbeitern in der Produktion** stellt die Zellfertigung mit ~75% ebenfalls den größten Anteil (~Modul 25%). Dabei bestehen bei der Elektrodenfertigung und der Formation die höchsten Bedarfe.
- Batterieproduktion induziert somit Investitionen im zweistelligen Milliardenbereich und sorgt zudem für bedeutsame Arbeitsplatzeffekte.
- Diese Investitionen und Beschäftigungseffekte sind jedoch vergleichsweise gering betrachtet man die gesamte Wertschöpfungskette. Hier entstehen nochmals doppelt so viele Arbeitsplätze. Die Batterieproduktion stellt somit einen starken **Enabler und Treiber für Arbeitsplatzeffekte im Maschinen- und Anlagenbau** sowie der vorgelagerten Wertschöpfungskette dar, der die direkten Beschäftigten um ein vielfaches übersteigt.
- Ein **globaler Marktanteil von 25 % bis 30%** für den europäischen Batteriemaschinenbau ist in der Zellfertigung jedoch nur zu erreichen, wenn zum einen **Referenzen** aufgebaut werden können und zudem die **Internationalisierung** weiter vorangetrieben wird.

Kontakt & Projektteam



Dr. Tim Hettesheimer (Projektleitung)

Projektleiter im Competence Center
Energietechnologien und Energiesysteme

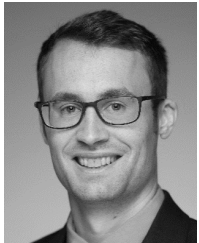
+49 721 6809-448

tim.hettesheimer@isi.fraunhofer.de



Dr. Axel Thielmann

Stellvertretender Leiter des Competence Centers
Neue Technologien



Dr. Christoph Neef

Projektleiter im Competence Centers Neue
Technologien

Anhang

Annahmen und Rahmenbedingungen

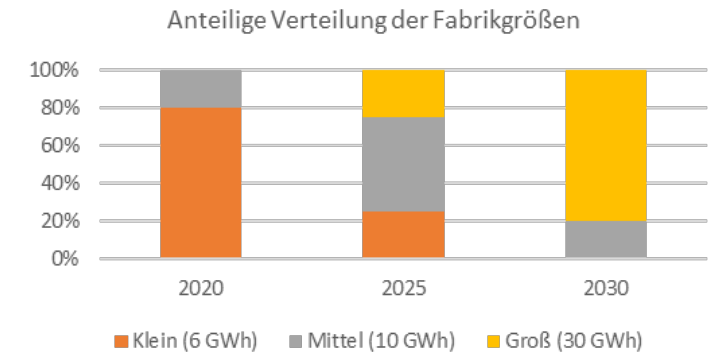
Betrachtete Szenarien

- Gesamtbedarf an Batteriekapazitäten im Jahr 2020 in Europa: 60 GWh, Global: **200 GWh**
- Gesamtbedarf an Batteriekapazitäten in Europa im Jahr 2025: 155 GWh, Global **500 GWh**
- Gesamtbedarf an Batteriekapazitäten in Europa im Jahr 2030+ (Zeitraum 2030-2035): **1 TWh, Global 3,3 TWh**
- Annahme für die globale Betrachtung: Zellproduktion in Europa entspricht der europäischen Nachfrage.
- 50% der Fabriken sind asiatische Unternehmen und 50% sind europäische Unternehmen.

Fabrikspezifikationen:

- Produktionskapazität je Fabrik Klein: 6 GWh
Produktionskapazität je Fabrik Mittel: 10 GWh
Produktionskapazität je Fabrik Groß: 30 GWh
- Austauschrate Maschinen- und Anlagen 8 Jahre

➤ Die Verteilung der Größenklassen in den jeweiligen Betrachtungsjahren zur Deckung des Bedarfs sind in obigem Diagramm abgebildet



Umsatz pro Kopf im Maschinen- und Anlagenbau:

- 220 000€ Umsatz pro Kopf, bzw. 255 000 USD (Quelle: VDMA, Maschinenbau in Bild und Zahl 2018)

Batteriespezifikationen (siehe Tabelle):

- Auslegung für EV
- Batteriesystem-Leistung: 150 kW
- Auslegung der Batterie um in 15 min 80% SOC zu laden

	2020	2025	2030+
Kapazität Zelle Ah	50	70	90
Kapazität System kWh	45	60	80
Zellanzahl	240	240	240
Modulanzahl	24	24	24
Schaltung Zellen	10S1P	10S1P	10S1P
Module in Serie	8	8	8

Zellspezifikationen:

- Zellchemien: 2020: NMC 622 – G; 2025: NMC 811 – Nano Si/C (5%); 2030+: NMC 811 – Nano Si/C (20%)
- Zellformat: Pouch

Vorgehen bei der Modellierung für die direkte Produktionskette

- Bottum-up Ansatz mittels BatPac v3.1
- Zuerst werden die Zellchemie und das Batteriedesign (kWh, KW, Schnellladefähigkeit,..) definiert.
- Daraus errechnen sich die entsprechenden Materialmengen für Zelle und Batteriesystem.
- Diese bilden die Grundlage für Berechnung der notwendigen Anzahl und Größe der Produktionsanlagen um diese Mengen zu verarbeiten.
- Letztlich wird davon ausgehend die Anzahl der Mitarbeiter in der Fabrik berechnet



Vorgehen bei der Modellierung für die Zulieferketten (Input-Output Modell)

- Berechnung auf Basis des Modells ISIS: ISIS basiert auf der aktuellsten deutschen Input Output Tabelle von 2014, wobei für die Arbeitsproduktivität der einzelnen Produktionsbereiche jeweils bis zu den Zieljahren eine Entwicklung unterstellt wird, es handelt sich um ein statisches und offenes Input Output Modell.
- Vorbereitung: Auf Basis von Literatur und aktuellen Marktdaten zu Batteriekosten (Material, Zelle, Pack) in 2018, 2020, 2025 und 2030 wurden diese auf €/kWh bzw. Mio €/GWh normiert und die Zellkomponenten (vgl. Abbildung), Modulkomponenten und sonstige Zell-/Modulkostenkomponenten jeweiligen Gütergruppen zugeordnet. Die Nachfrage nach diesen Gütern bzw. Dienstleistungen gehen als Impuls in das Modell ein und weisen damit einen Verknüpfung zu Spezifika der Batterieindustrie auf.
- Annahme: Die direkte Produktionsnachfrage wird komplett inländisch abgedeckt. Die ermittelten Beschäftigungseffekte können somit als „Netto-Beschäftigung“ unabhängig von Standorten verstanden werden sofern eine mit dem Standort Deutschland vergleichbare Beschäftigungsintensität unterstellt werden kann.
- Erfasst sind somit alle „direkt im Kontext der Materialzulieferkette“ entstehenden Beschäftigungseffekte sowie Effekte die bei der Zell- und Modulherstellung durch Investitionen in Maschinen, FuE, Energie und weitere Vorleistungen für die Produktion der Zelle/Module entstehen.
- Für den Maschinenbau wurden die direkten Beschäftigungseffekte durch Investitionen in Anlagen für die Zell- und Modulfertigung über das BatPac-Modell errechnet.
- Beschäftigungseffekte, welche der Materialzulieferkette und sonstigen Vorleistungen der Produktion zuzuordnen sind, stammen zunächst aus dem Input-Output Modell. Der Anteil der Beschäftigung im Maschinenbau wurde daraufhin mit der Annahme errechnet/abgeschätzt, dass Investitionen in Maschinen und Anlagen in der Materialzulieferkette (Komponentenherstellung) ähnlich stark wie in der Zell-/Modulfertigung getätigt werden.

Branchenzuordnung der Materialzulieferkette (Zelle)

