



Dr.-Ing. Frank Möbius,
Leiter Technologieentwicklung und Prototypenbau,
3. Batteriestammtisch München, 10.04.2014

HERAUSFORDERUNG BEI DER INDUSTRIALISIERUNG VON AUTOMOTIVE- TAUGLICHEN HV-SPEICHERN AUS DER SICHT EINES OEM.

**BMW
GROUP**



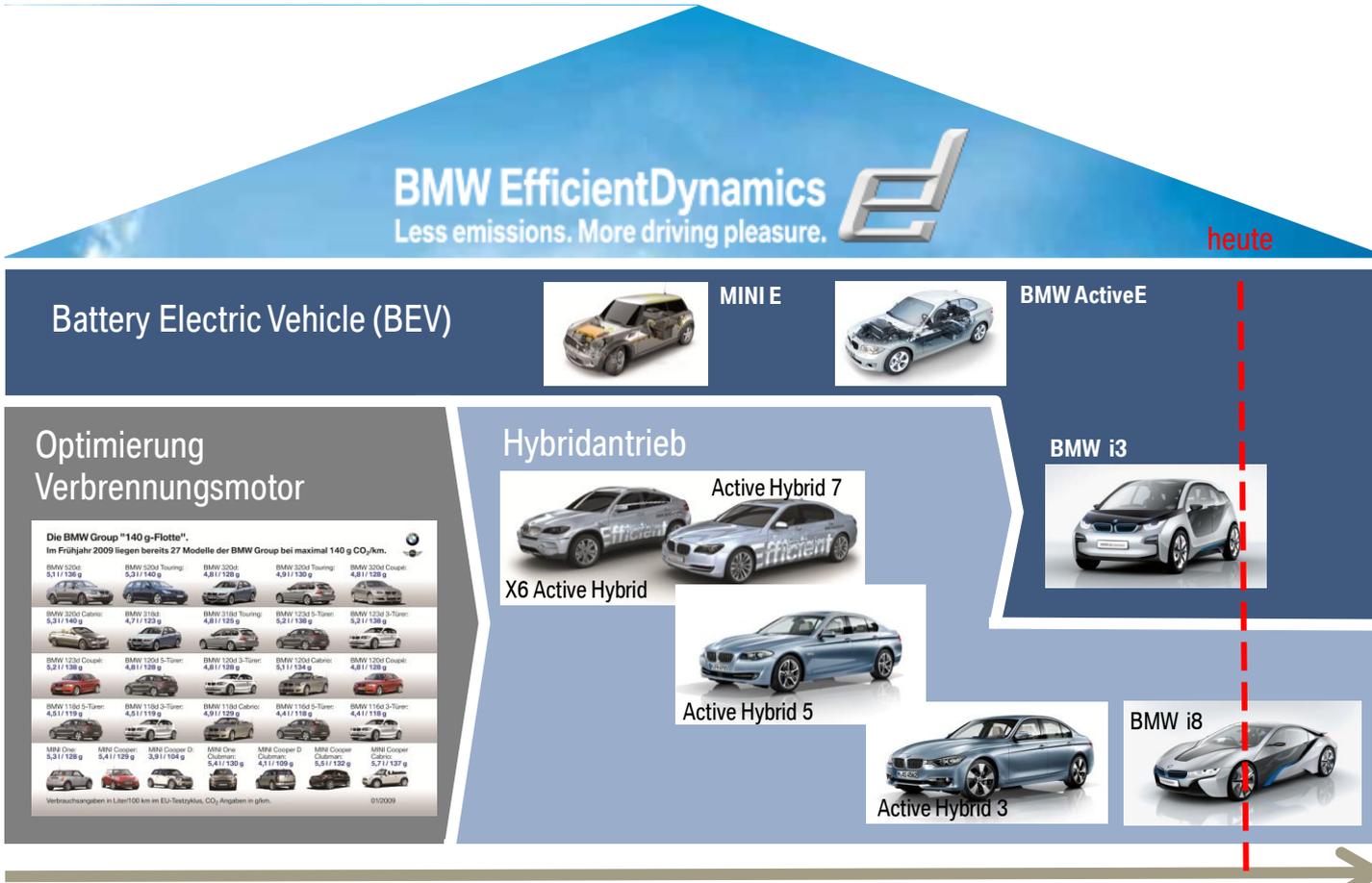
HERAUSFORDERUNG PRODUKTION E-ANTRIEB. INHALT.

- 1** **Historie der Fahrzeug-Elektrifizierung der BMW Group**
- 2** **Industrialisierung und Produktion von HV-Speichern bei BMW**
- 3** **Herausforderungen bei der Produktion von HV-Speichern**
- 4** **Zusammenfassung**

HERAUSFORDERUNG PRODUKTION E-ANTRIEB. INHALT.

- 1** **Historie der Fahrzeug-Elektrifizierung der BMW Group**
- 2** **Industrialisierung und Produktion von HV-Speichern bei BMW**
- 3** **Herausforderungen bei der Produktion von HV-Speichern**
- 4** **Zusammenfassung**

DIE ELEKTRIFIZIERUNG ALS SCHLÜSSEL ZUR WEITEREN EFFIZIENZSTEIGERUNG DES ANTRIEBS.



Battery Electric Vehicle (BEV)



MINI E



BMW ActiveE

Optimierung
Verbrennungsmotor

Die BMW Group "140 g-Flotte".
Im Frühjahr 2009 liegen bereits 27 Modelle der BMW Group bei maximal 140 g CO₂/km.

BMW 520i 5,1 136 g	BMW 520i Touring 5,3 140 g	BMW 320i 4,9 128 g	BMW 320i Touring 4,9 130 g	BMW 320i Coupé 4,8 128 g
BMW 320i Cabrio 5,3 140 g	BMW 318i 4,7 123 g	BMW 118i Touring 4,8 125 g	BMW 120i 5-Türer 5,2 138 g	BMW 120i 3-Türer 5,2 138 g
BMW 120i Coupé 5,2 138 g	BMW 120i 5-Türer 4,8 128 g	BMW 120i 3-Türer 4,8 128 g	BMW 120i Cabrio 5,1 134 g	BMW 120i Coupé 4,8 128 g
BMW 116i 5-Türer 4,5 119 g	BMW 116i 3-Türer 4,5 119 g	BMW 116i Cabrio 4,9 125 g	BMW 116i 5-Türer 4,4 118 g	BMW 116i 3-Türer 4,4 118 g
MINI One 5,3 129 g	MINI Cooper 5,4 129 g	MINI Cooper D 3,9 104 g	MINI One Clubman 5,4 130 g	MINI Cooper D 4,3 109 g
MINI Cooper 5,7 137 g				

Verbrauchsangaben in Liter/100 km im EU-Testzyklus. CO₂-Angaben in g/km. 01/2009

Hybridantrieb



X6 Active Hybrid

Active Hybrid 7



Active Hybrid 5



Active Hybrid 3

BMW i3



BMW i8



Systemintegration bei BMW
Elektrischer Antrieb vom Zulieferer



Systemintegration sowie in-house Entwicklung und
Produktion des elektrischen Antriebs bei BMW

ENTWICKLUNG DER ELEKTROMOBILITÄT BEI BMW - FAHRZEUGHISTORIE.

Rein elektrisch angetriebene Fahrzeuge



1972
BMW 1602
Bleiakku



1987
BMW 325
NaS-Batt.



1991
BMW E1
NaS-Batt.



1992
BMW 325
NaNiCl-Batt.



1996
BMW 325
NaNiCl-Batt.



2008
MINI E
Li-Ion-Batt.



2011
BMW ActiveE
Li-Ion-Batt.



2013
BMW i3
Li-Ion-Batt.

Vom Forschungsobjekt zum Serienfahrzeug

Fahrzeuge mit Hybridantrieb



1994
518i Parallel-Hybrid
NiMH-Batt.



1995
316i Serial Hybrid
NiCd-Batt.



2003
X5 Active Hybrid
Super Caps



2009
X6 Active Hybrid
Ni-MH Batt.



2009
Active Hybrid 7
Li-Ion Batt.



2011
Active Hybrid 5
Li-Ion Batt.



2014
BMW i8
Li-Ion-Batt.

ELEKTROMOBILITÄT BEI BMW. 1972.

BMW 1602 Elektro



BMW 1602 Elektro	Technische Daten
Motor	Gleichstrom- Nebenschlussmotor (Bosch)
Dauer- /Spitzenleistung	12kW/ 32kW
Energiespeicher	
Batterie	12 Blei-Säure - Starterbatterien
Kapazität	12,6 kWh
Gewicht	350 kg
Fahrleistung	
Höchstgeschwindigkeit	~100 km/h
Beschleunigung 0-50 km/h	8 s
Reichweite (Stadtverkehr)	30 km

ELEKTROMOBILITÄT BEI BMW. 2009.

MINI E



MINI E	Technische Daten
E-Motor	150 kW / 220 Nm
Energiespeicher	
Kapazität	83 Ah-Zelle, 29 kWh _{nutz}
Gewicht	366kg
Fahrleistung	
Höchstgeschwindigkeit	152 km/h
Beschleunigung 0-100 km/h	8,5 sec.
Reichweite (Stadtverkehr)	FTP72 > 150 mls
Energieverbrauch (NEDC*)	0,12 kWh/km

ELEKTROMOBILITÄT BEI BMW. 2011.

BMW 1er ActiveE.



BMW 1er ActiveE	Technische Daten
E-Motor	Permanenterregte HSM 125 kW Peak
Energiespeicher	
Kapazität	32 kWh
Gewicht	450 kg
Fahrleistung	
Höchstgeschwindigkeit	~145 km/h
Beschleunigung 0-100 km/h	~ 9 s
Reichweite (Stadtverkehr)	160 km
Energieverbrauch (NEDC*)	0,16 kWh/km

ELEKTROMOBILITÄT BEI BMW. 2013.

BMW i3



BMW i3	Technische Daten
Länge	3,85 m
Gewicht	1195 kg
Fahrleistung	
Leistung	125 kW/ 250 Nm
Beschleunigung (0-100 km/h)	7,2 s
Max. Geschwindigkeit	150 km/h
Reichweite (NEFZ)	225 km
Reichweite (Kunde)	130 - 160 km
Laden	
Ladezeit (Haushalt)	6 h
Schnellladen (50kW)	< 30 Min. für 80% Kapa.

BMW i – WIR ERHALTEN VIEL ZUSPRUCH VON MEDIEN UND ANALYSTEN.

“The key to evolution, Charles Darwin taught us, is that the most successful species aren’t necessarily the smartest, or the fastest, but the ones that are most able to adapt to change. While the rest of the dinosaurs wonder about that bright light in the sky, BMW has evolved.”



“BMW i3 – Die Ankunft des neuen Ampelkönigs”



“In building its first battery-electric vehicle, BMW has done precisely what it has been saying for three years it would do: build what may be the world’s best electric city car.”



“BMW’s pioneering i3 electric car is one of the most exciting cars of 2013.”



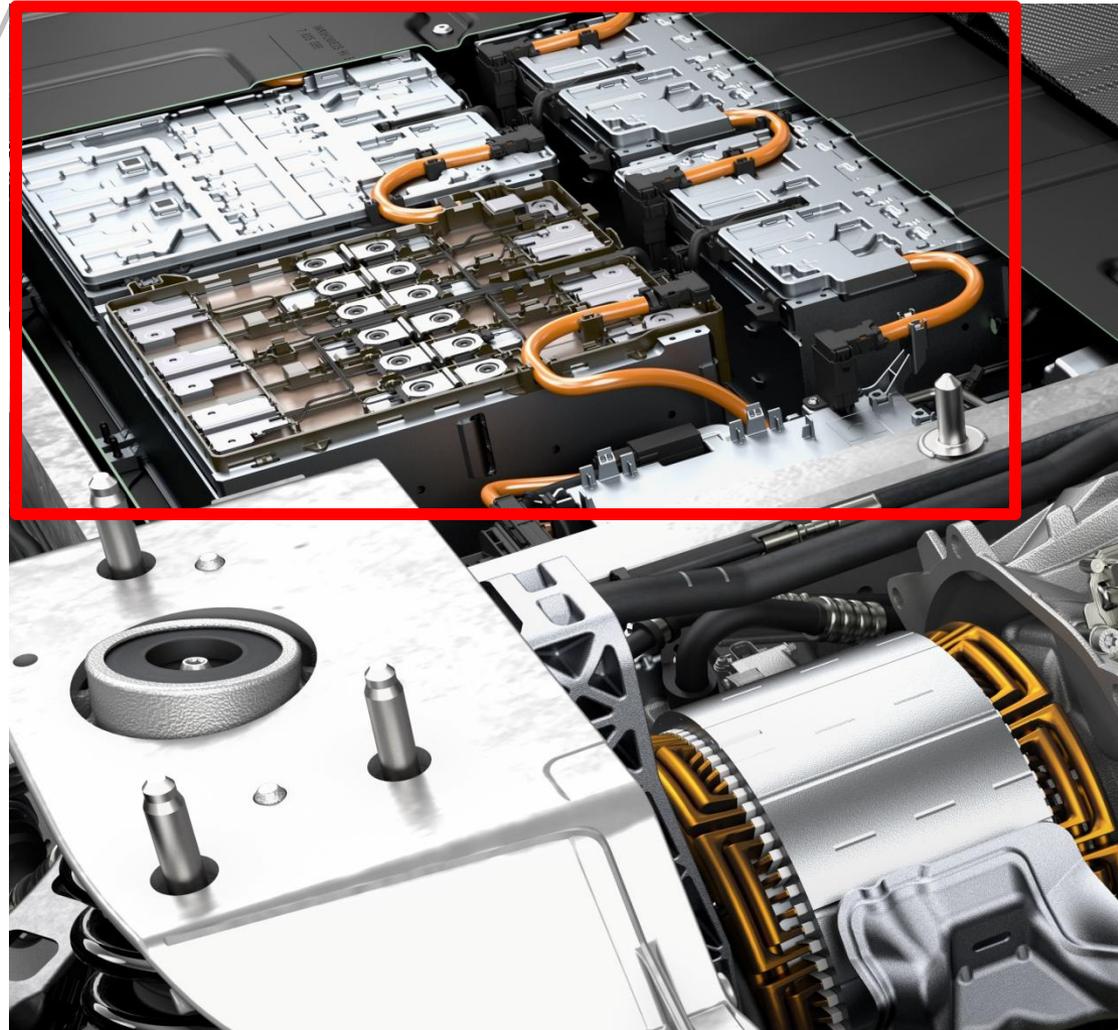
HERAUSFORDERUNG PRODUKTION E-ANTRIEB. INHALT.

- 1** **Historie der Fahrzeug-Elektrifizierung der BMW Group**
- 2** **Industrialisierung und Produktion von HV-Speichern bei BMW**
- 3** **Herausforderungen bei der Produktion von HV-Speichern**
- 4** **Zusammenfassung**

DER E-ANTRIEB IM BMW i3.

HV-Speicher

- Energieinhalt: 22 kWh
- Lithium-Ionen Zell-Technologie
- 60 Ah Zellen von Samsung SDI



E-Maschine

- Hybrid Synchron Maschine (HSM)
- $P_{\max} = 125 \text{ kW}$, $M_{\max} = 250 \text{ Nm}$
- $n_{\max} = 11.400 \text{ 1/min}$

DIE TECHNISCHEN DATEN DES HV-SPEICHERS IM BMW i3 IM ÜBERBLICK.



Technische Daten

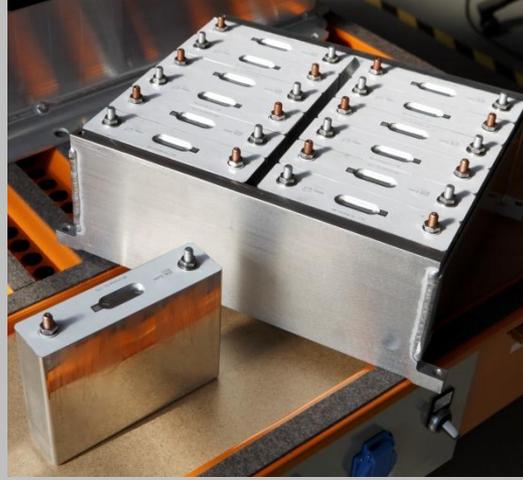
Nominalspannung	360 V
Gewicht	230 kg
Energieinhalt	22 kWh
Dauerstrom DC	200A
Peakstromstärke (30 s)	410 A
Anzahl Zellen	96 Zellen, 8 Module
Kühlung	Kältemittel
Ladezeit (Haushalt)	6 h
Schnellladen (50kW)	< 30 Min. für 80% Kapa.
Garantie	8 Jahre oder 100.000 km
Produktionsstandort	Dingolfing

MODULARER AUFBAU FÜR HV-SPEICHER WEGWEISEND AUCH FÜR ZUKÜNFTIGE PRODUKTE.

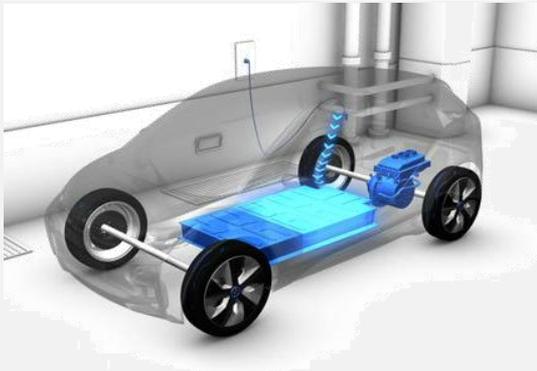
Batteriezelle



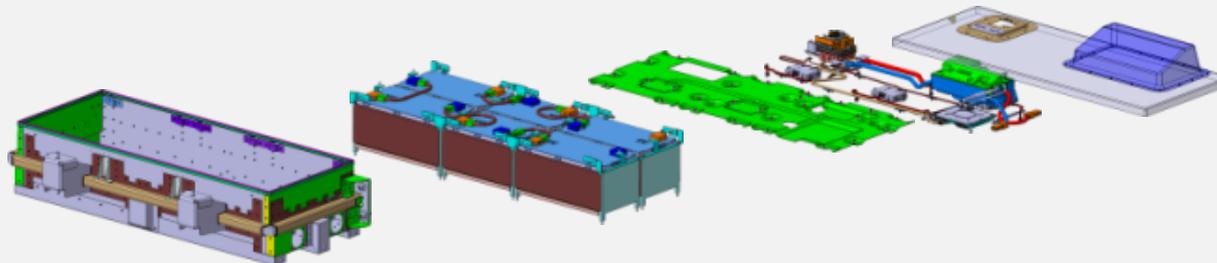
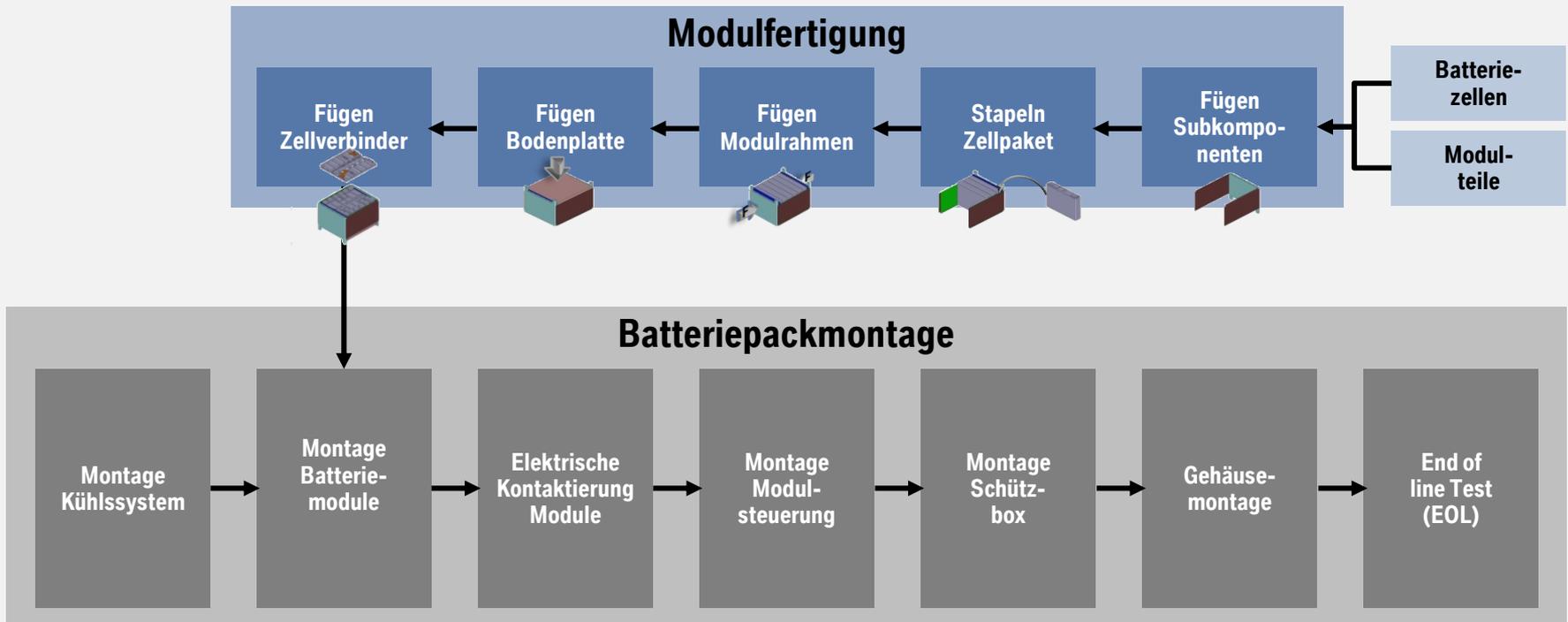
Batteriemodul



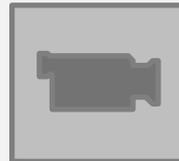
Batteriepack



DIE WESENTLICHEN PRODUKTIONSSCHRITTE DES HV-SPEICHERS BEI BMW IM ÜBERBLICK.



PRODUKTION VON HV-SPEICHERN IM BMW KOMPONENTENWERK DINGOLFING.



HERAUSFORDERUNG PRODUKTION E-ANTRIEB. INHALT.

- 1** **Historie der Fahrzeug-Elektrifizierung der BMW Group**
- 2** **Industrialisierung und Produktion von HV-Speichern bei BMW**
- 3** **Herausforderungen bei der Produktion von HV-Speichern**
- 4** **Zusammenfassung**

BESONDERE ANFORDERUNGEN AN DIE PRODUKTION DES HV-SPEICHERS IM E-ANTRIEB.



- **Hoher Logistik- und Qualitätssicherungsaufwand** in der Modulmontage aufgrund fehlender Zellfertigung in Europa.
- Unsichere Absatzprognosen und niedrige Einstiegsstückzahlen fordern **hohe Flexibilität in der Anlagentechnik**.
- **Neue Qualitätsanforderungen an Fügeprozesse** z. B. durch Stromleitung über Schweißnähte, Wärmeleitung und elektrische Isolationsanforderungen an Klebstoffschichten.
- Bedarf zur **Automatisierung von manuellen Montagetätigkeiten** wie Schrauben, Kontakte stecken sowie Handling filigraner Kühlersysteme aus Kosten- und Qualitätsgründen.
- Hohe Anforderung bezüglich **Mess- und Prüftechnologien** sowie **technischer Sauberkeit**.

GENERELLE HERAUSFORDERUNGEN IN DER PRODUKTION VON ELEKTRISCHEN ANTRIEBEN.

Markt- anforderungen	Technologie- entwicklung	System- kompetenz	Kostendruck	Qualitäts- anforderungen
				
<ul style="list-style-type: none"> ■ Schwankende Prognosen ■ Geringe Produktionsvolumen ■ Hohe Produktvarianz 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sehr unterschiedliche Produktgestaltung ■ Keine klare Entwicklungsrichtung für Basistechnologien ■ Gefahr der Verfolgung eines technologischen Exoten 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Keine Gesamtkompetenz auf Fahrzeug- oder Systemebene (z.B. Antriebsstrang) ■ Starke Streuung von Kompetenzen in der Zulieferindustrie 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Wettbewerb mit konventionellen Antrieben ■ Hohe Produktionskosten durch geringe Stückzahlen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Neuentwicklung von Spezifikationen und Qualitätsaudits ■ Unnötige Kosten durch Anwendung etablierter Qualitätsanforderungen

HERAUSFORDERUNG PRODUKTION E-ANTRIEB. INHALT.

- 1** **Historie der Fahrzeug-Elektrifizierung der BMW Group**
- 2** **Industrialisierung und Produktion von HV-Speichern bei BMW**
- 3** **Herausforderungen bei der Produktion von HV-Speichern**
- 4** **Zusammenfassung**

HERAUSFORDERUNG PRODUKTION E-ANTRIEB. ZUSAMMENFASSUNG.



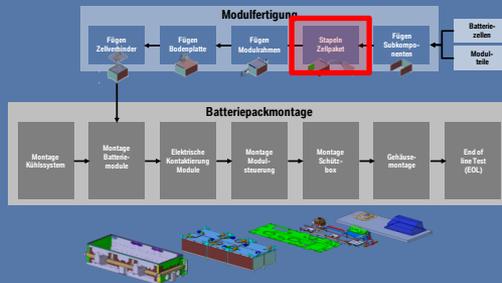
- Der **elektrische Antrieb** ist in einer sich verändernden Welt **als Lösungsansatz zur Erhaltung der individuellen Mobilität unverzichtbar**.
- Die BMW Group verfolgt einen **konsequenten ‚in-house‘ Weg** in der **Entwicklung elektrischer Antriebssysteme** sowie bei der **Produktion der Kernkomponenten E-Maschine und HV-Speicher**.
- Die **Herausforderungen für die Produktion** sind vielfältig und geprägt von den Erfordernissen der **Kostenreduktion, besonderer Qualitätsansprüche** sowie **kurzer Realisierungszeiten** bei **unsicheren Absatzprognosen**.

HERAUSFORDERUNG PRODUKTION E-ANTRIEB. VIELEN DANK!



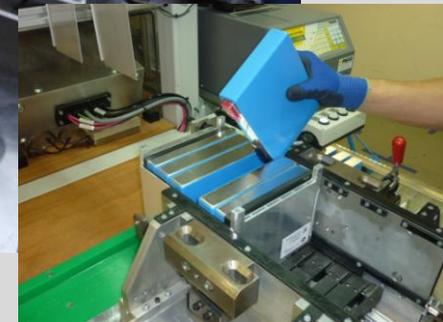
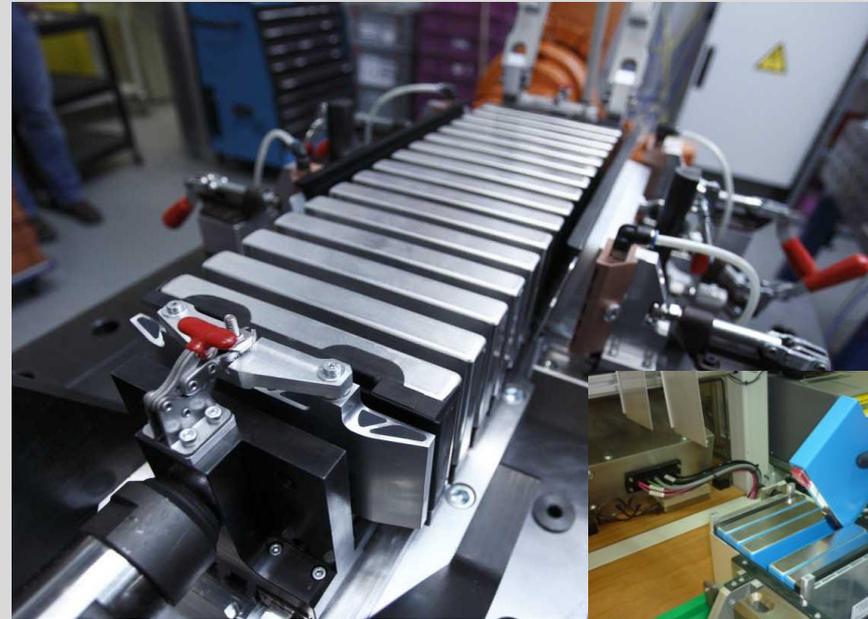
BACK-UP.

PRODUKTIONSSCHRITTE DES HV-SPEICHERS. MODULFERTIGUNG - STAPELN ZELLPAKET.



Prozess

- Einlegen des Unter-ZB und der zweiten Stirnplatte
- Einlegen der HV-Isolationen
- Einlegen der Zellen
- Fügen der Komponenten

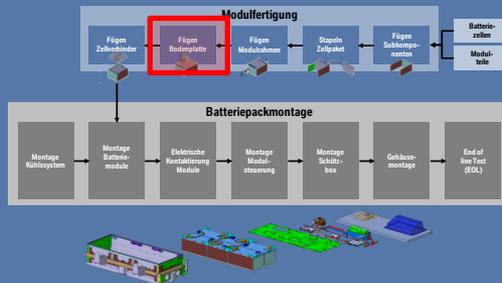


Herausforderung

- Taktzeit (große Anzahl an Einzelteilen muss exakt in Vorrichtung positioniert werden)
- Kurzschlussgefahr (Terminals auf Zellboden)

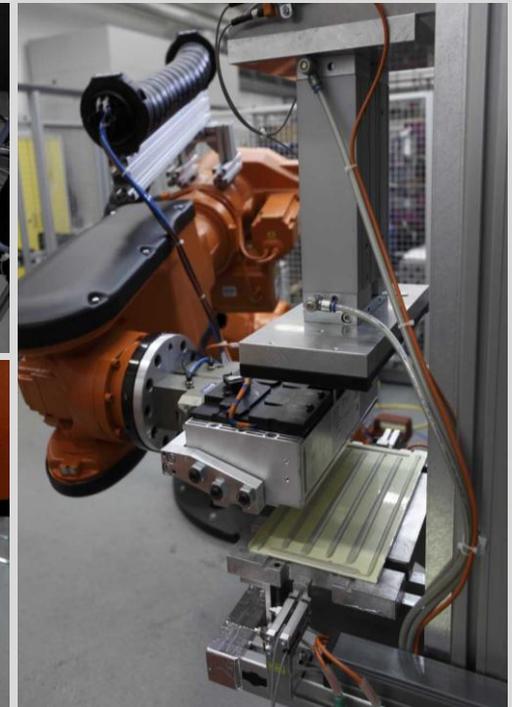
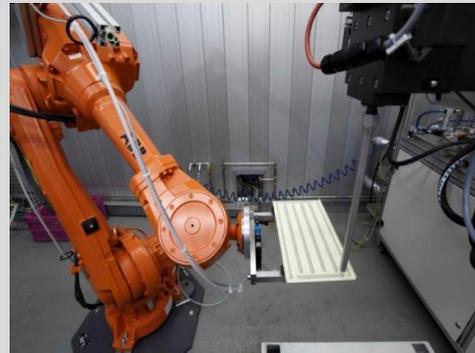


PRODUKTIONSSCHRITTE DES HV-SPEICHERS. MODULFERTIGUNG - FÜGEN BODENPLATTE.



Prozess

- Hochvolt-Prüfung der Isolation
- Applikation des Wärmeleitklebers
- Fügen der Bodenplatte und des Moduls

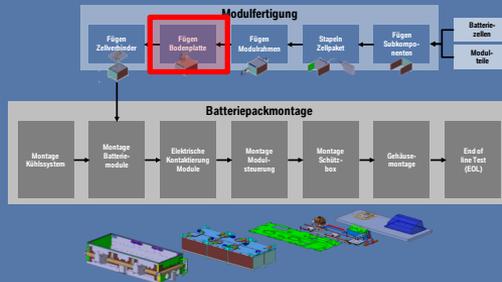


Herausforderung

- Verhinderung von Beschädigungen der Isolationsfolie
- Absicherung der Luft- und Kriechstrecken
- Hohe thermische Leitfähigkeit und elektrische Isolation

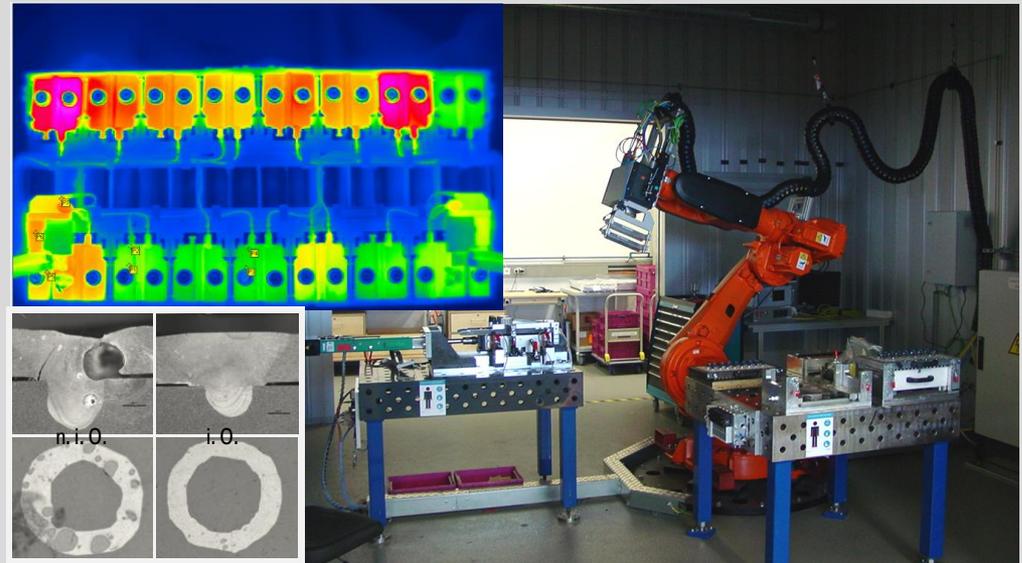


PRODUKTIONSSCHRITTE DES HV-SPEICHERS. MODULFERTIGUNG - FÜGEN ZELLVERBINDER.



Prozess

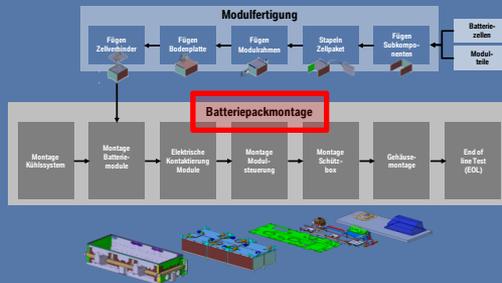
- Auflegen der Zellverbinder.
- Anpressen des Zellverbinders
- Positionieren des Laserstrahls (Laserscannersystem)
- Laserschweißen
- Prüfen der Nahtqualität



Herausforderung

- Schweißnahtqualität (Poren, Schweißnahttiefe)
- Schweißnahtgeometrie (Stromtragfähigkeit)
- Optimierung der Prozesszeit (on-the-fly Schweißen)
- Überwachung der Verbindungsqualität (Online-Prozesskontrolle)

PRODUKTIONSSCHRITTE DES HV-SPEICHERS. BATTERIEPACKMONTAGE.



Prozess

- Einzelteilzuordnung zur Bauteilrückverfolgung.
- Schrauben mit EC-Schrauber und Dokumentation aller Schraubparameter.
- Verschalten der Module.



Herausforderung

- Bis zu 400 Montageschritte.
- Mitarbeiterführung visualisieren und absichern (Scannen, Rückmeldung Schrauber und Quittiertaster).

