

# Elektromobilität und Beschäftigung



## Wirkungen der Elektrifizierung des Antriebsstrangs auf Beschäftigung und Standortumgebung

### Ergebnisse des ELAB-Projekts

ARIBERA-Tagung am 29.04.2014

Jürgen Dispan  
IMU Institut Stuttgart



Hans Böckler  
Stiftung

Fakten für eine faire Arbeitswelt.

#### Elektromobilität und Beschäftigung

Wirkungen der Elektrifizierung des Antriebsstrangs auf Beschäftigung und Standortumgebung (ELAB)

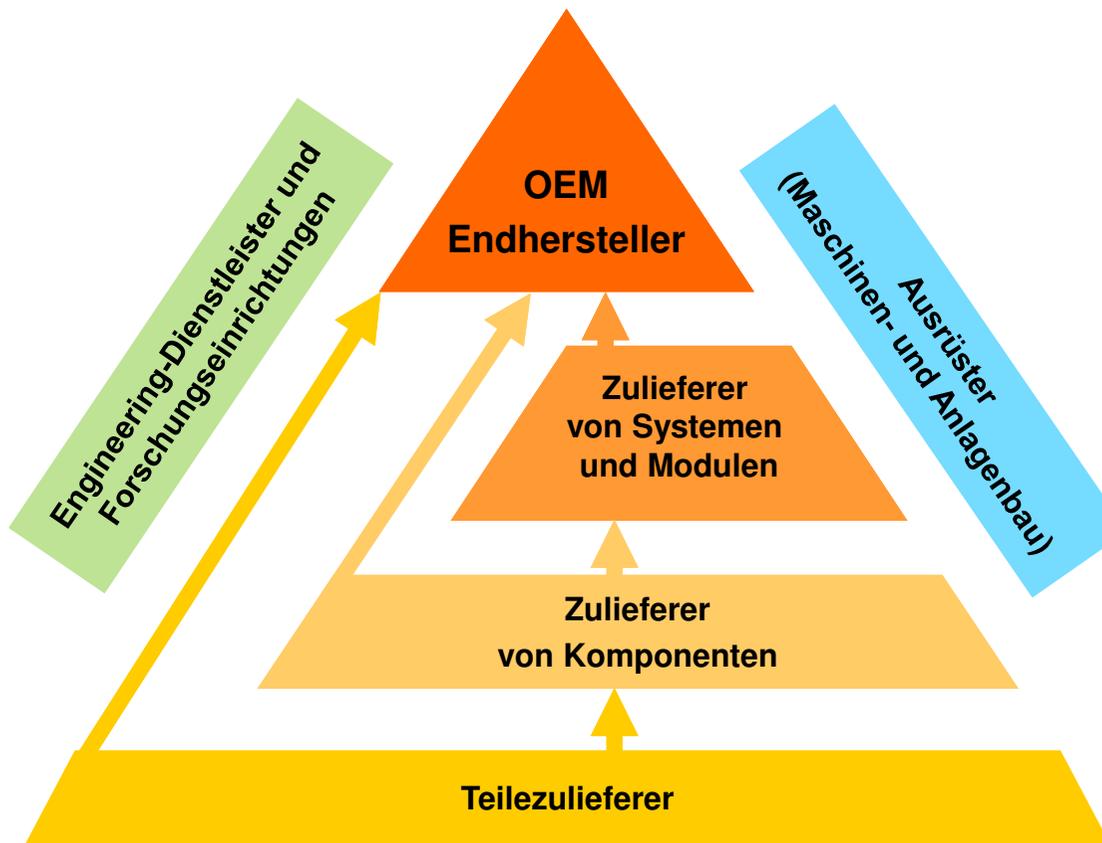
STUDIENERGEBNISSE

# Vorspann zum Automotive-Cluster Region Stuttgart

- Wertschöpfungskette Automobil
- Automotive-Cluster Region Stuttgart
- Beschäftigungswirksame Trends



## Wertschöpfungskette Automobil

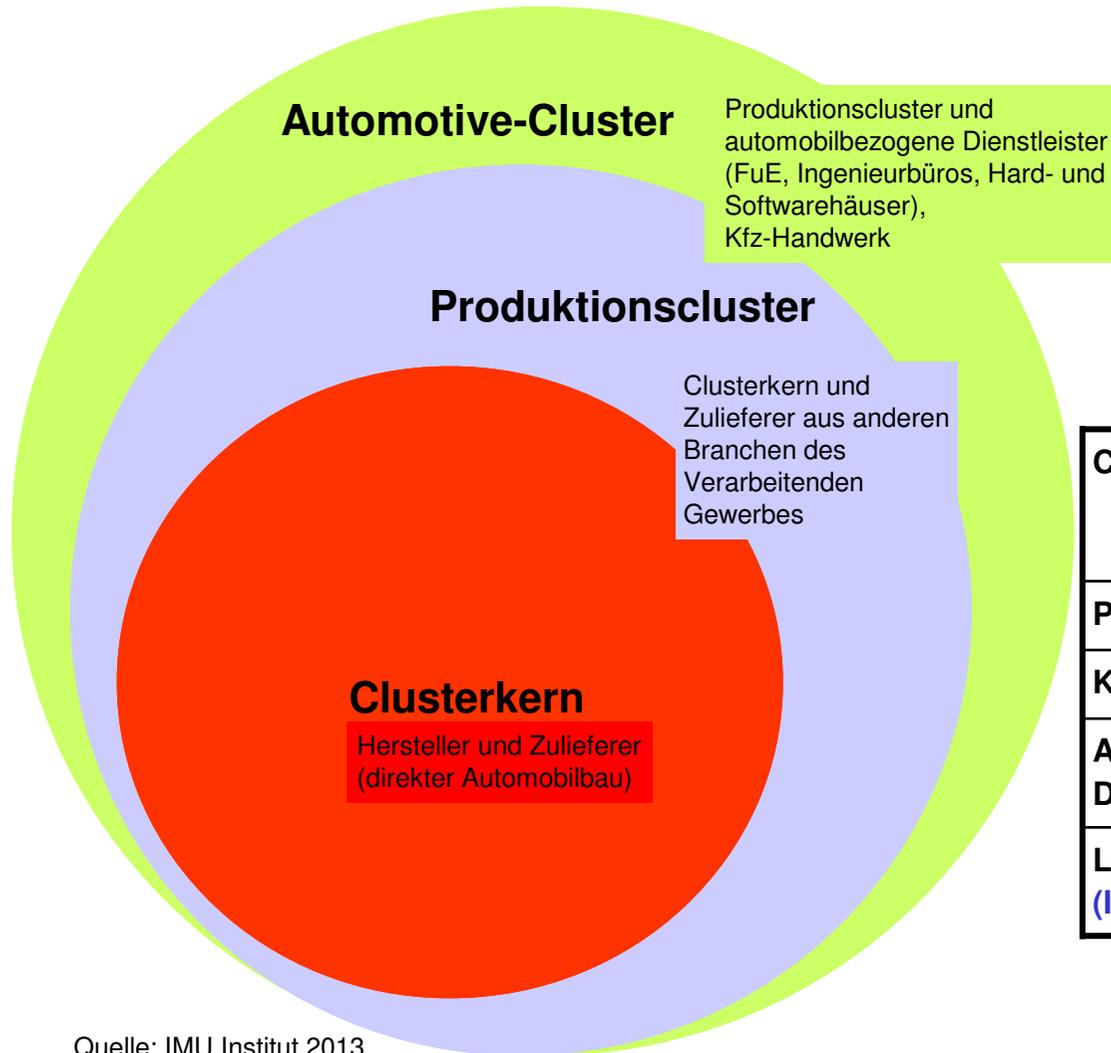


### Merkmale des Automotive-Clusters Region Stuttgart:

- Automobilhersteller im **Premium-**Bereich: Daimler, Porsche
- „Mega-“Zulieferer (Top 100-Welt) mit Hauptsitz in der Region: Bosch, Mahle, Behr, Eberspächer, Mann+Hummel
- Zahlreiche mittelständische Zulieferer (rd. 400 Betriebe)
- Spezialisierter Maschinenbau
- Engineering-Dienstleister
- Forschungseinrichtungen
- **Starke Orientierung auf den Antriebsstrang / Verbrennungsmotor**



## Automotive-Cluster Region Stuttgart: Beschäftigungseffekte



**Rund 191.400 Beschäftigte** waren zum 30.06.2012 in der Automobilwirtschaft der Region Stuttgart tätig

➤ 17,5 % der Beschäftigten

|   |               |                   |
|---|---------------|-------------------|
| <b>Clusterkern:</b>   |               | <b>104.600</b>    |
| <b>Hersteller</b>   | <b>66.900</b> |                   |
| <b>Zulieferer (direkt)</b>                                  | <b>37.700</b> |                   |
| <b>Produktionscluster (IMU-Schätzung)</b>                   |               | <b>ca. 42.000</b> |
| <b>Kfz-Handwerk</b>   |               | <b>20.800</b>     |
| <b>Automotive-bezogene Dienstleistungen (IMU-Schätzung)</b> |               | <b>ca. 18.000</b> |
| <b>Leiharbeit im Automobilbereich (IMU-Schätzung)</b>       |               | <b>ca. 6.000</b>  |



## Automobil- und Zulieferindustrie: Einflussfaktoren auf Beschäftigung

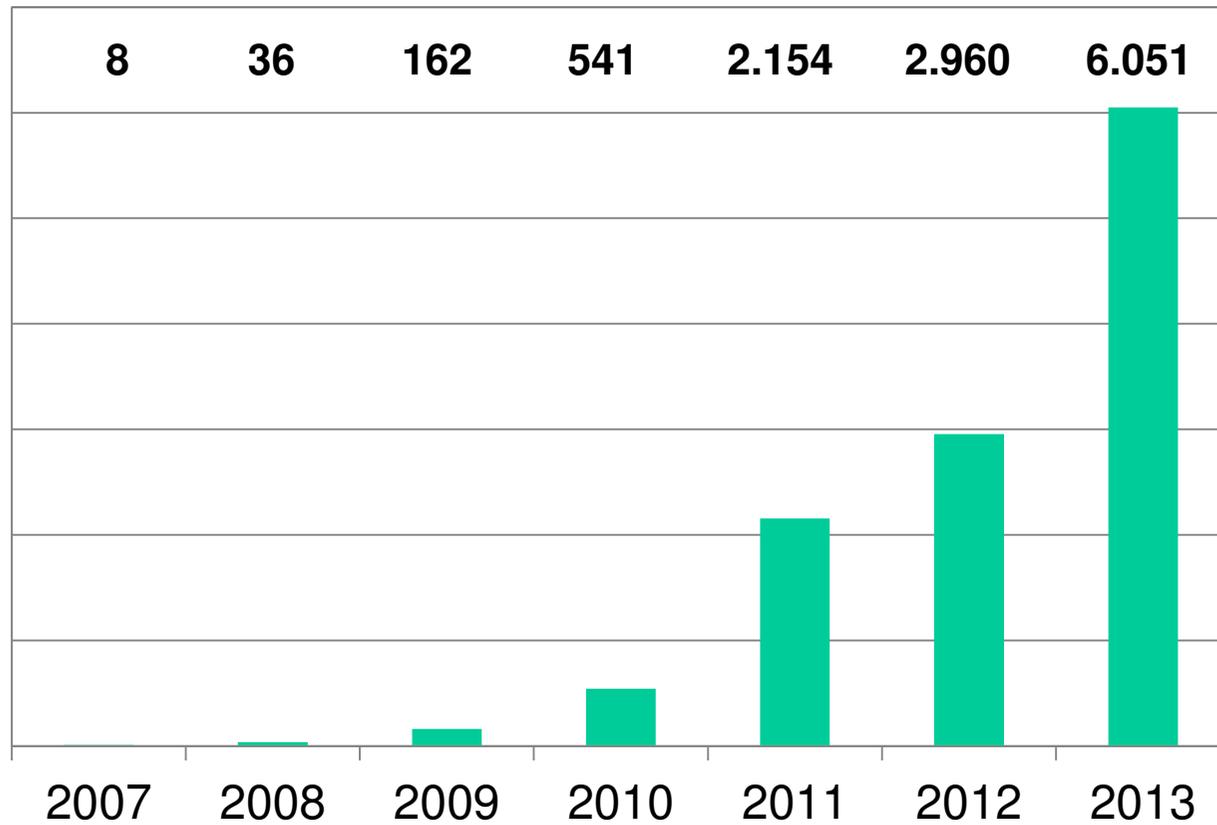
### Beschäftigungswirksame Trends für die Automobilindustrie in Deutschland:

- a) Kontinuierliche **Produktivitätssteigerung** (Ratio-Effekte vs. Wachstum) und Implementierung modularer **Plattformkonzepte**.
- b) Bereinigung von **Überkapazitäten** entlang der Wertschöpfungskette.
- c) Wachstum in BRIC-Staaten, verbunden mit weiterer **Globalisierung der Wertschöpfungsstrukturen** (Lokalisierung Produktion, aber auch FuE).
- d) Marktverschiebung bei Kfz-Segmenten mit **Bedeutungsgewinn Kleinwagen** und Kompaktklasse.
- e) Gesellschaftlicher Wandel: **neue Mobilitätskonzepte**, „nutzen statt besitzen“.
- f) Technologiewandel zur **Elektromobilität** (Elektrifizierung des Antriebsstrangs).



## Elektroautos in Deutschland

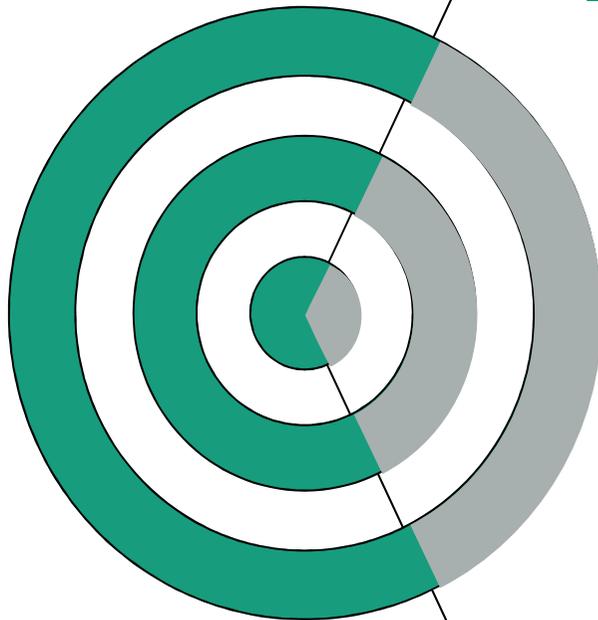
Neuzulassungen von Pkw mit Elektroantrieb in Deutschland



# Agenda

- Überblick über das Forschungsprojekt ELAB
- Antriebskonzepte und Bauteilanalyse
- Szenarien
- Quantitative Wirkungsanalyse
- Qualitative Wirkungsanalyse
- Zusammenfassung





## ■ **Zentrale Fragestellung:**

*Welche Arbeitsplatzeffekte resultieren aus der Elektrifizierung des Antriebsstrangs?*

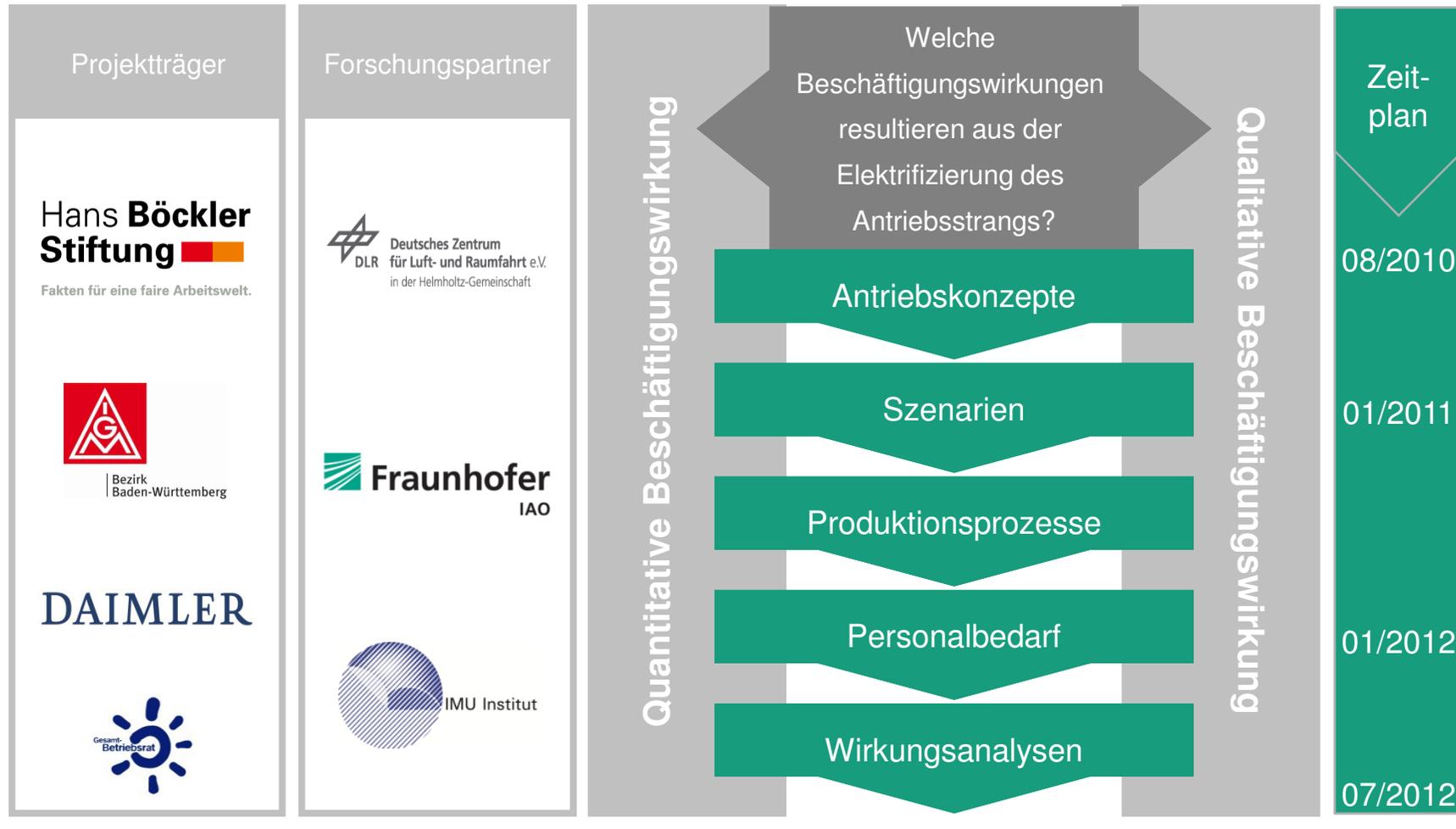
- *Wie viel Beschäftigung ist mit der Produktion der einzelnen Antriebskonzepte verbunden?*

**Quantitative Beschäftigungswirkungen**

- *Wie wirkt sich der Wandel im Antriebsstrang auf Arbeitsinhalte und Qualifikationsbedarfe aus?*

**Qualitative Beschäftigungswirkungen**

# ELAB-Projektstruktur

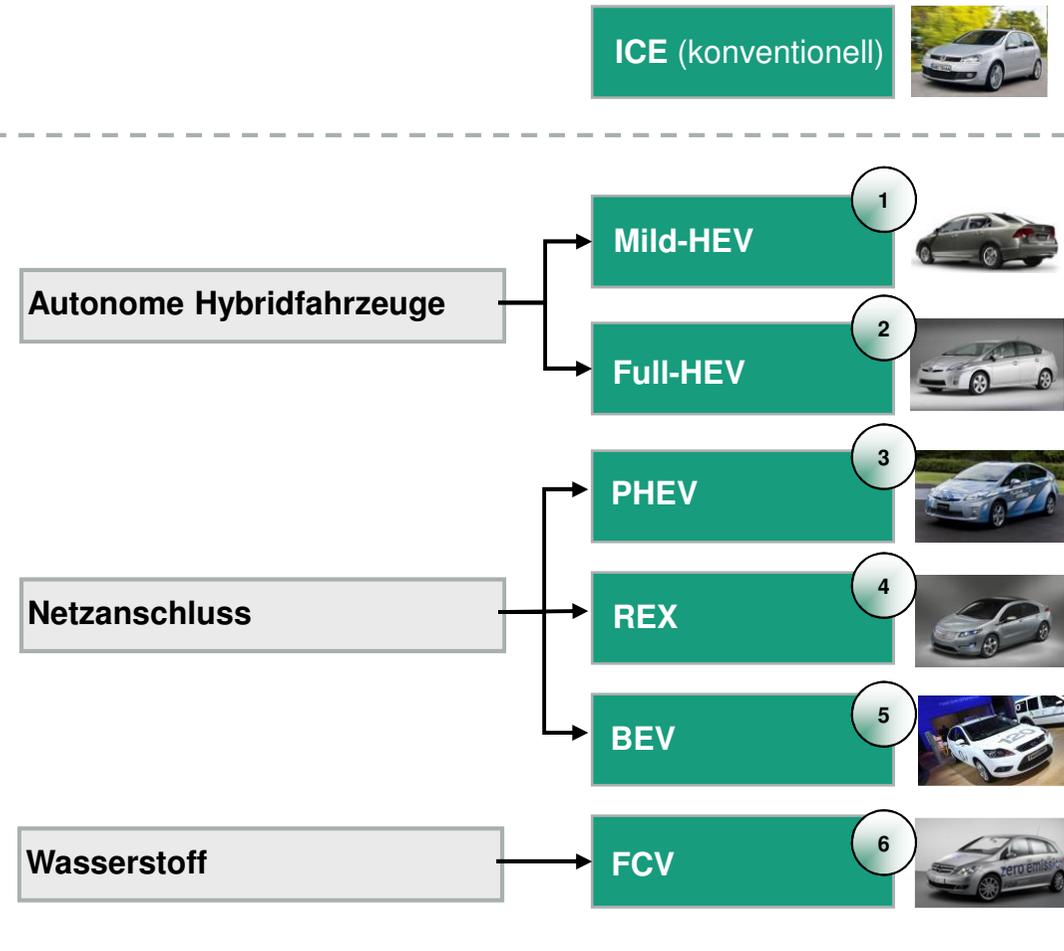


# Agenda

- Überblick über das Forschungsprojekt ELAB
- Antriebskonzepte und Bauteilanalyse
- Szenarien
- Quantitative Wirkungsanalyse
- Qualitative Wirkungsanalyse
- Zusammenfassung

# Methodik ELAB-Antriebskonzepte

- Es wurden insgesamt **6 alternative Antriebskonzepte** betrachtet
- Jedem Konzept wurde **ein Referenz-Antriebsstrang** zugrunde gelegt
- Jeder Antriebsstrang ist definiert durch charakteristische **Systeme**
- Systeme bestehen weiter aus **Subsystemen, Komponenten** und **Produkteinzelteilen**
- Produkteinzelteile wurden hinsichtlich **Werkstoffen** und **Fertigungskategorien** analysiert
- Neue, nicht mehr benötigte bzw. modifizierte Komponenten je Referenz-Antriebsstrang werden identifiziert



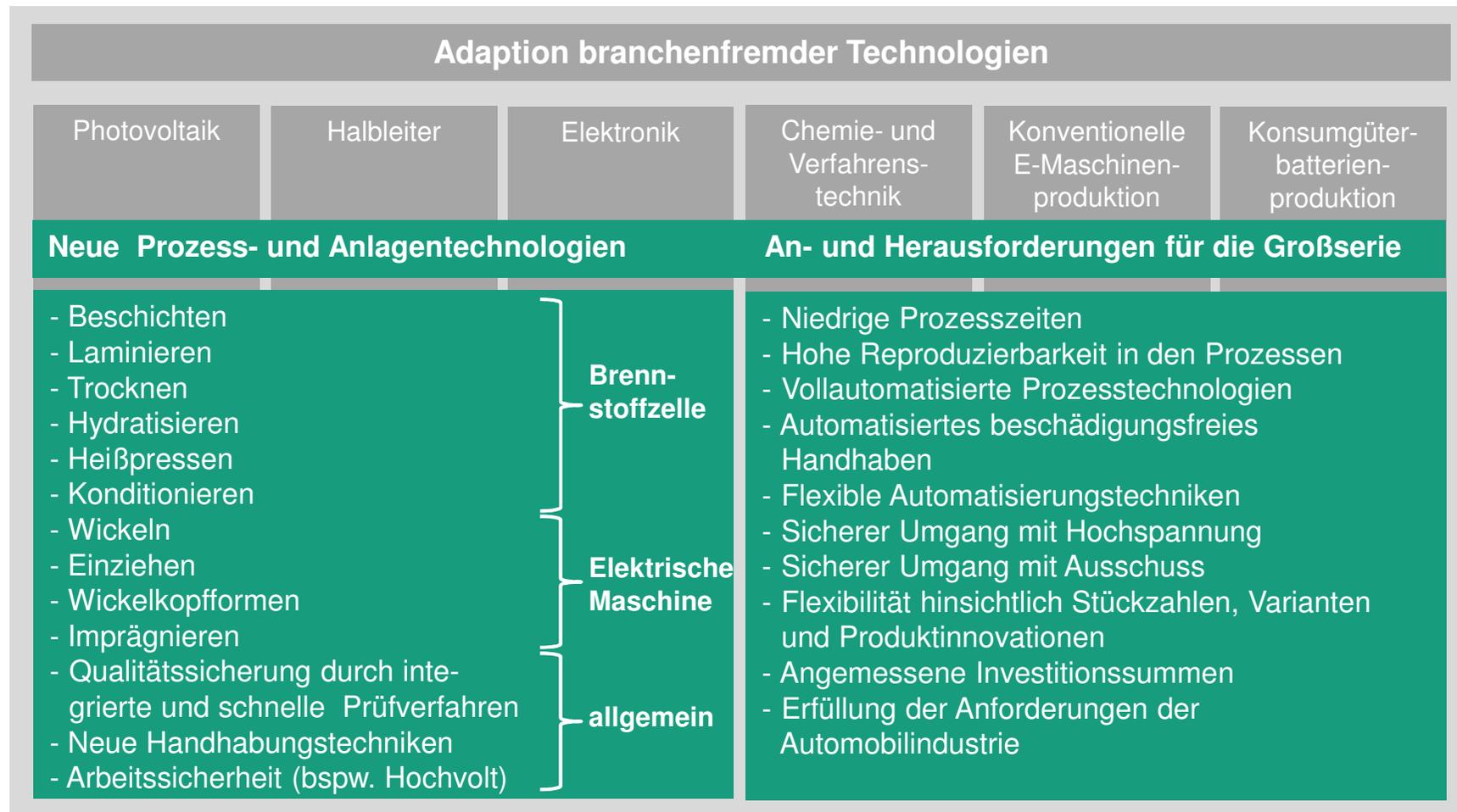
BEV: Batterieelektrisches Fahrzeug (Battery Electric Vehicle), FCV: Brennstoffzellenfahrzeug (Fuel Cell Vehicle), HEV: Hybridfahrzeug (Hybrid Electric Vehicle), PHEV: Hybridfahrzeug mit Auflademöglichkeit (Plug-in Hybrid Electric Vehicle), ICE: Verbrennungsmotorbasiertes Fahrzeug (Internal Combustion Engine), REX: Elektrofahrzeug mit Reichweitenverlängerung (Range-extended Electric Vehicle)

# ELAB-Bauteilanalyse

Auszug und Übersicht neuer / modifizierter / entfallender Systeme

| Antriebskonzepte        | Konventioneller Verbrennungsmotor  |             |             |                          | Batterieelektrischer Antrieb |                          |
|-------------------------|------------------------------------|-------------|-------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|
|                         | ICE                                | Mild-HEV    | HEV         | REX                      | BEV                          | FCV                      |
| Komponenten             | Veränderungen der Systeme bis 2030 |             |             |                          |                              |                          |
| Verbrennungsmotor       | Modifiziert                        | Modifiziert | Modifiziert | Modifiziert              | Entfällt                     | Entfällt                 |
| Starter & Lichtmaschine | Modifiziert                        | Modifiziert | Modifiziert | Modifiziert              | Entfällt                     | Entfällt                 |
| Abgasanlage             | Modifiziert                        | Modifiziert | Modifiziert | Modifiziert              | Entfällt                     | Modifiziert              |
| Kraftstoffversorgung    | Modifiziert                        | Modifiziert | Modifiziert | Modifiziert              | Entfällt                     | Modifiziert              |
| Getriebe                | Modifiziert                        | Modifiziert | Modifiziert | Modifiziert/<br>Entfällt | Modifiziert/<br>Entfällt     | Modifiziert/<br>Entfällt |
| Elektrische Maschine    | n.V.                               | Neu         | Neu         | Neu                      | Neu                          | Neu                      |
| Batterie-System         | n.V.                               | Neu         | Neu         | Neu                      | Neu                          | Neu                      |
| Leistungselektronik     | n.V.                               | Neu         | Neu         | Neu                      | Neu                          | Neu                      |
| Brennstoffzellen-System | n.V.                               | n.V.        | n.V.        | n.V.                     | n.V.                         | Neu                      |

# Die Herstellung zukünftiger Komponenten erfordert auch Adaption branchenfremder Technologien

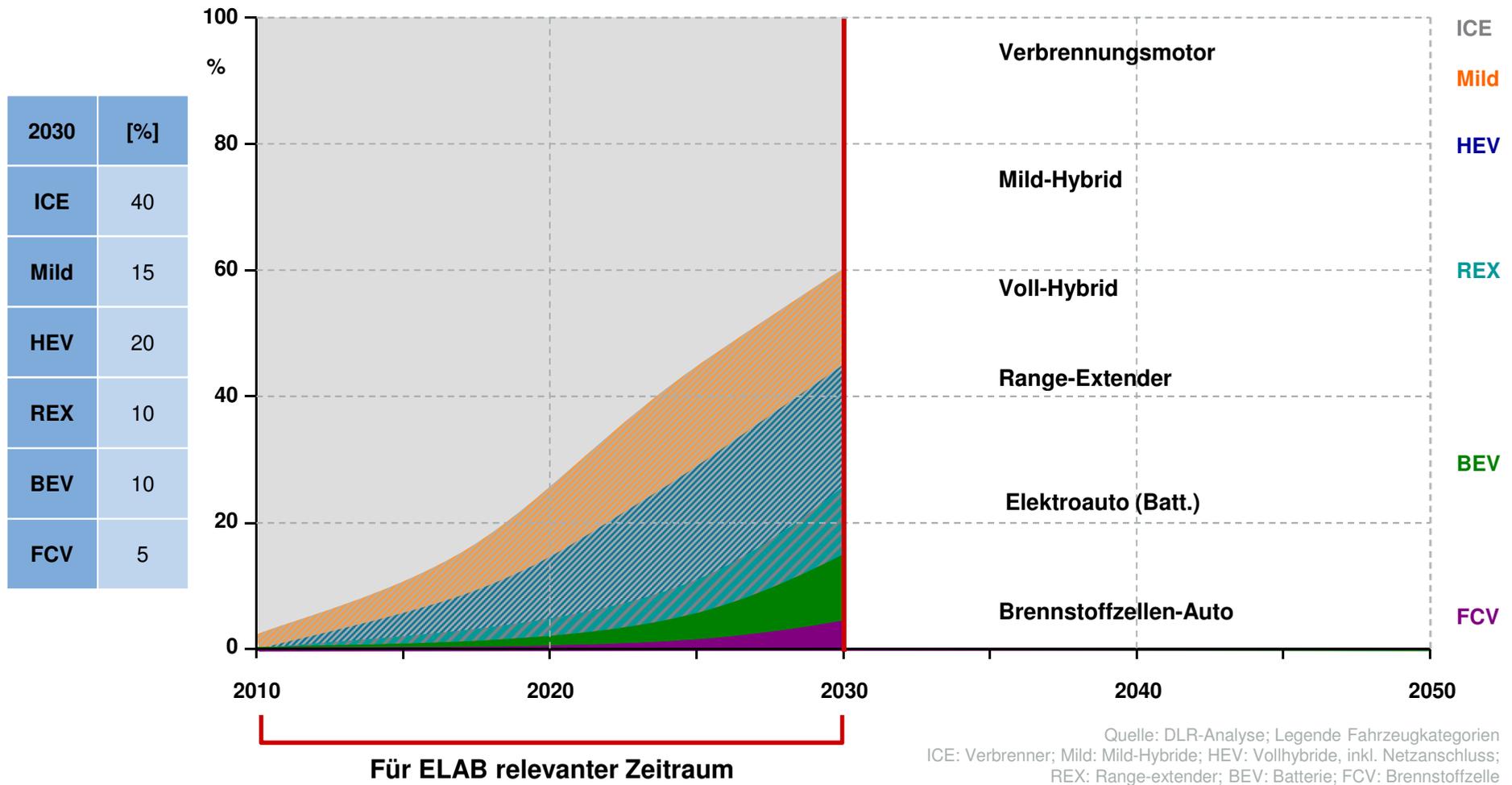


# Agenda

- Überblick über das Forschungsprojekt ELAB
- Antriebskonzepte und Bauteilanalyse
- Szenarien
- Quantitative Wirkungsanalyse
- Qualitative Wirkungsanalyse
- Zusammenfassung

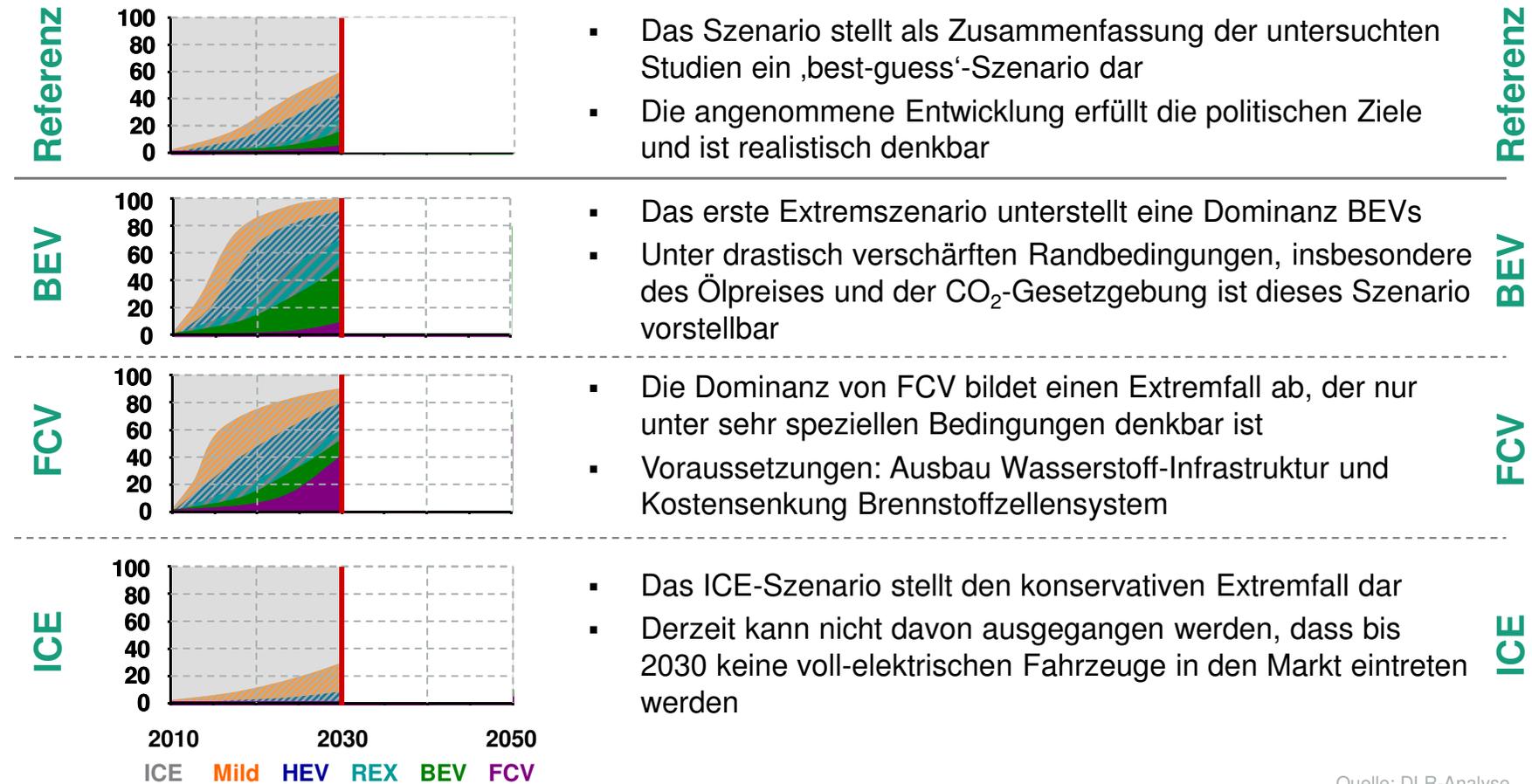
# ELAB-Referenzszenario

Marktanteile ELAB-Referenzszenario [%] (PKW-Neufahrzeugmarkt, weltweit)



# ELAB-Alternativszenarien

Die drei ‚what-if‘-Szenarien dienen zur Abschätzung von Konsequenzen und spiegeln extreme zukünftige Entwicklungen wider



Quelle: DLR-Analyse

# Agenda

- Überblick über das Forschungsprojekt ELAB
- Antriebskonzepte und Bauteilanalyse
- Szenarien
- Quantitative Wirkungsanalyse: Arbeitsvolumen im Vergleich
- Qualitative Wirkungsanalyse
- Zusammenfassung

# Empirie-Ergebnisse: Personalbedarfe

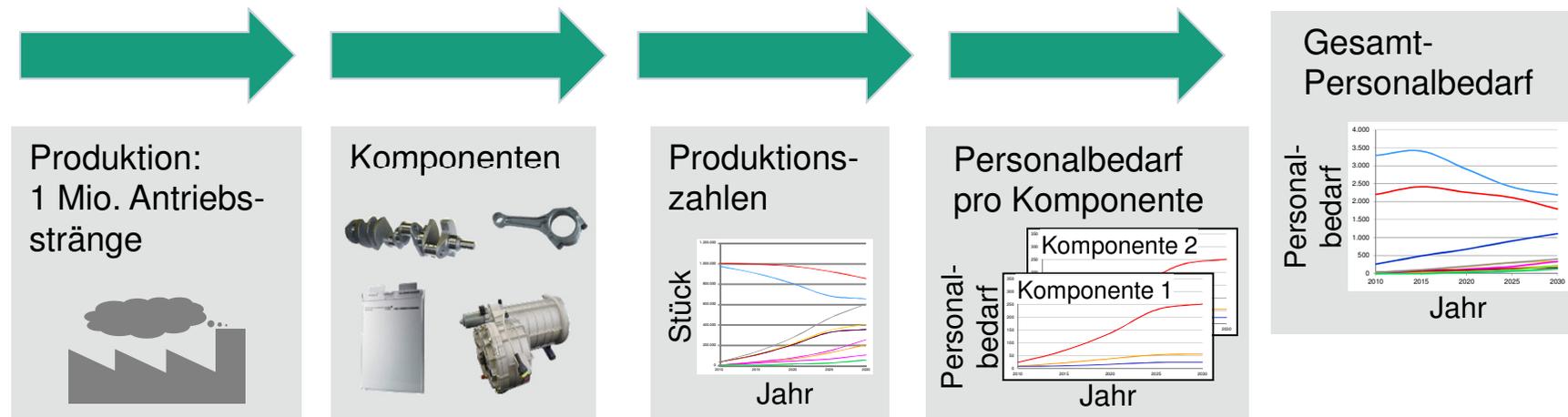
Netto-Personalbedarfe verschiedener Komponenten bei unterschiedlichem Produktionsvolumen

| Personal-Gesamtbedarf (netto)                           | Wertmäßiger<br>Eigenfertigungsanteil | Produktionsvolumen |            |            |            |              |
|---|--------------------------------------|--------------------|------------|------------|------------|--------------|
|   |                                      | 30.000             | 100.000    | 250.000    | 500.000    | 1.000.000    |
| Verbrennungskraftmaschine 100kW                         | 20%                                  |                    |            | <b>438</b> |            | <b>1.577</b> |
| Automatikgetriebe 8-Gang                                | 45%                                  |                    |            | <b>714</b> |            | <b>2.541</b> |
| Hybridgetriebe 8-Gang (ohne Fertigung E-Maschine)       | 40%                                  |                    |            | <b>679</b> |            | <b>2.416</b> |
| Elektrische Maschine (verteilte Wicklung) 100kW         | 50%                                  |                    | <b>110</b> |            | <b>328</b> |              |
| Elektrische Maschine Hybridgetriebe (Zahnwicklung) 30kW | 45%                                  |                    | <b>63</b>  |            | <b>144</b> |              |
| Leistungselektronik (Inverter, Konverter) 100kW         | 55%                                  |                    | <b>117</b> |            | <b>216</b> |              |
| Hochleistungs-Batteriesystem (Rundzelle) 5kWh           | 30%                                  | <b>35</b>          | <b>76</b>  |            |            |              |
| Hochenergie-Batteriesystem (Pouch-Zelle) 20kWh          | 25%                                  | <b>37</b>          | <b>84</b>  |            |            |              |
| Brennstoffzellen-System (PEM) 100kW                     | 50%                                  | <b>109</b>         | <b>224</b> |            |            |              |
| Wasserstoff-Drucktank 2kg                               | 60%                                  | <b>64</b>          | <b>79</b>  |            |            |              |



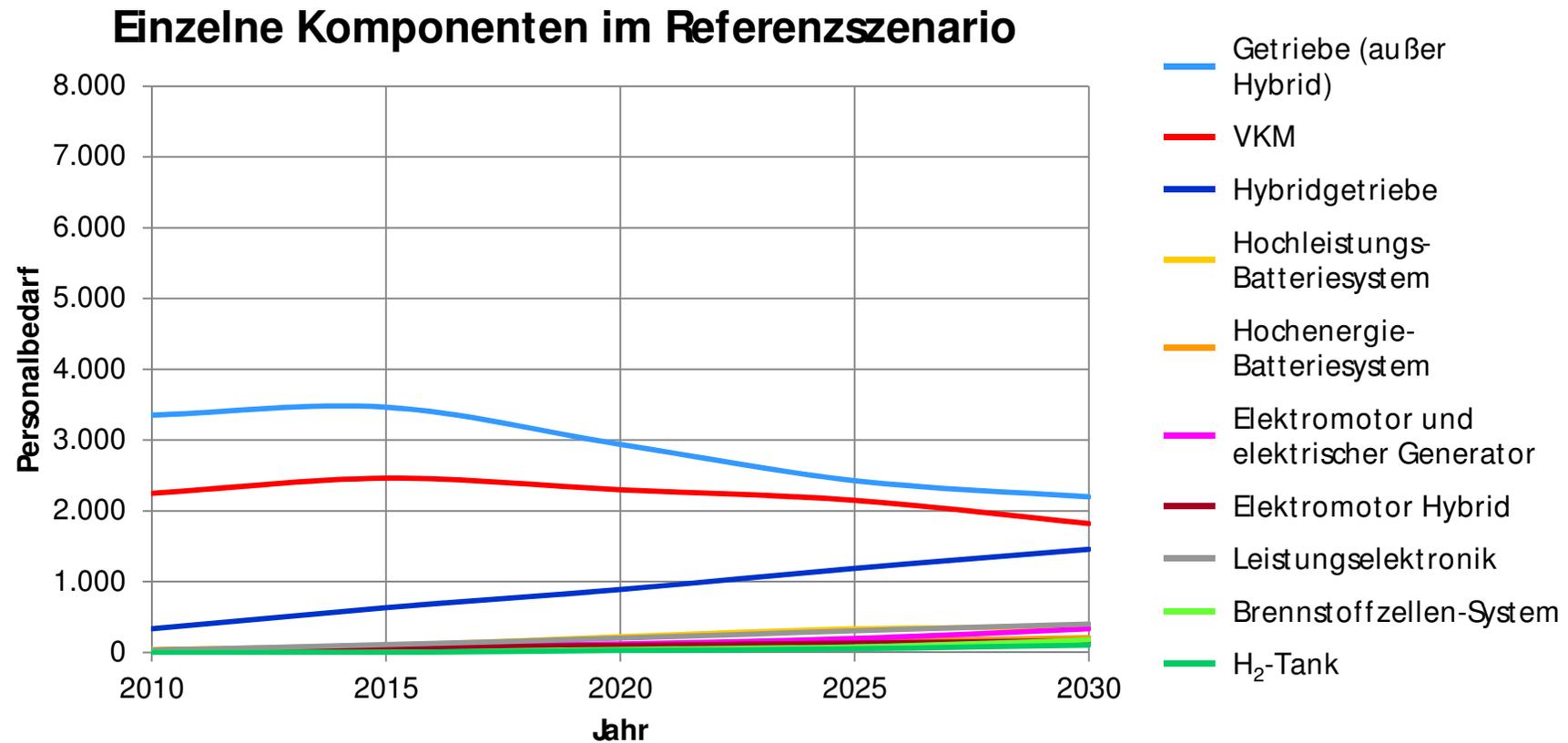
# Ermittlung des Gesamtpersonalbedarfs

- Annahme: Fixe Produktionskapazität von 1.000.000 Antriebssträngen
- Es werden die Komponenten der definierten Referenz-Antriebsstränge betrachtet
- Das Produktionsvolumen der Komponenten ist abhängig von zugrunde gelegten Diffusionsszenarien
- Die Produktion einer Antriebsstrangkomponente ist mit einem Personalbedarf hinterlegt
- Die Summe der für die Produktion der Komponenten benötigten Mitarbeiter ergibt den Gesamt-Personalbedarf



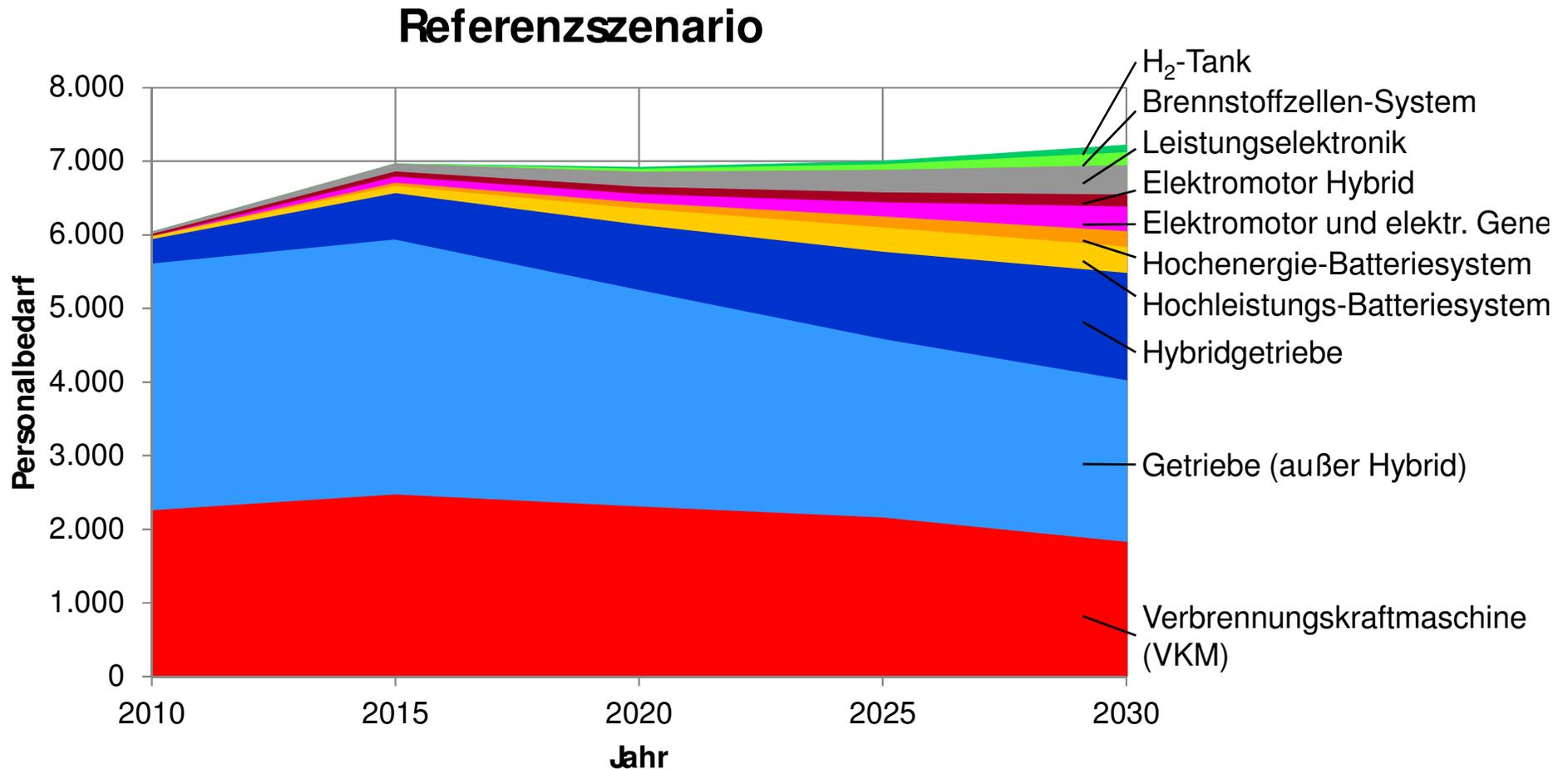
# Personalbedarf der einzelnen Komponenten

in der idealtypischen Antriebsstrangproduktion im Referenzszenario

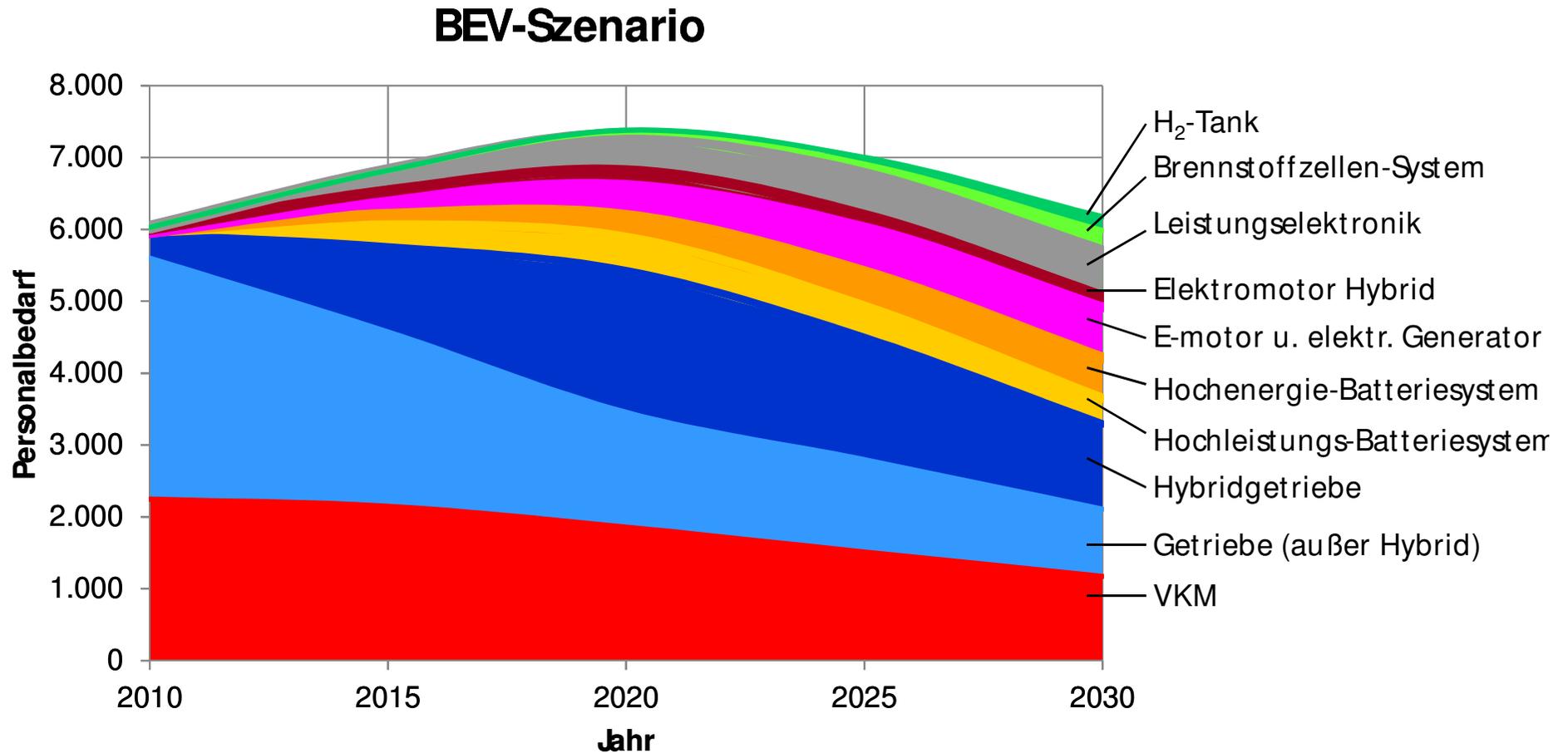


- In der idealtypischen Antriebsstrangproduktion werden alle betrachteten Komponenten gefertigt, mit teils steigendem bzw. fallendem Personalbedarf

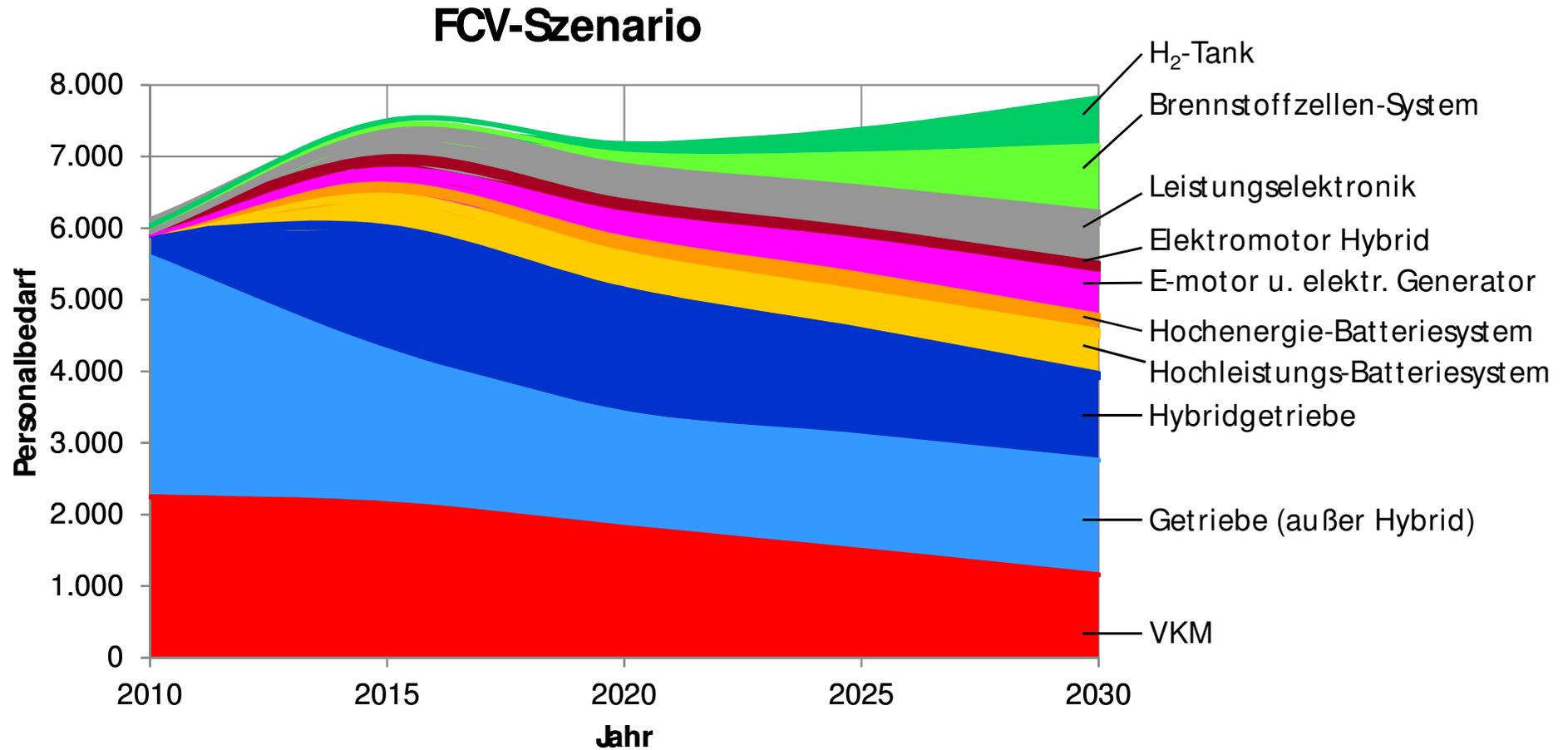
# Gesamtpersonalbedarf im Referenzszenario



# Gesamtpersonalbedarf im BEV-Szenario

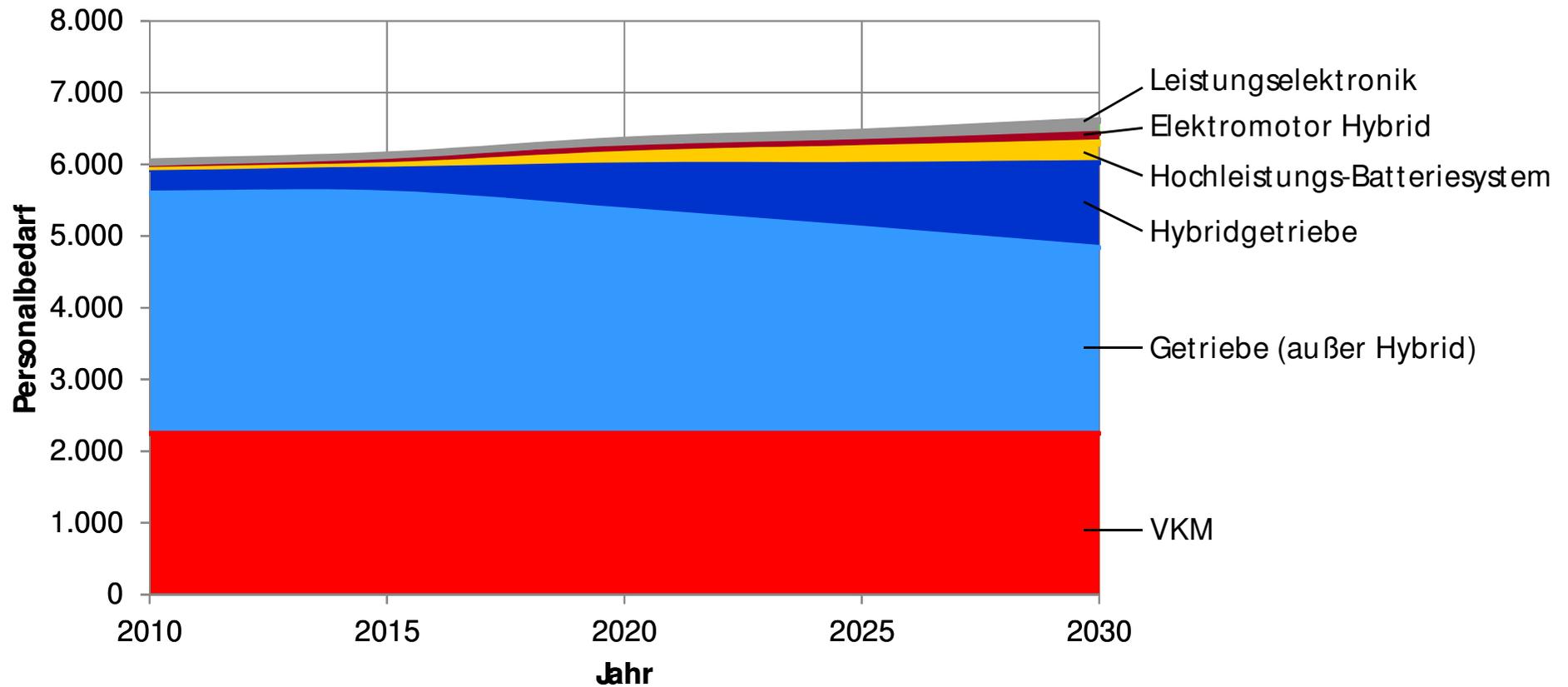


# Gesamtpersonalbedarf im FCV-Szenario



# Gesamtpersonalbedarf im ICE-Szenario

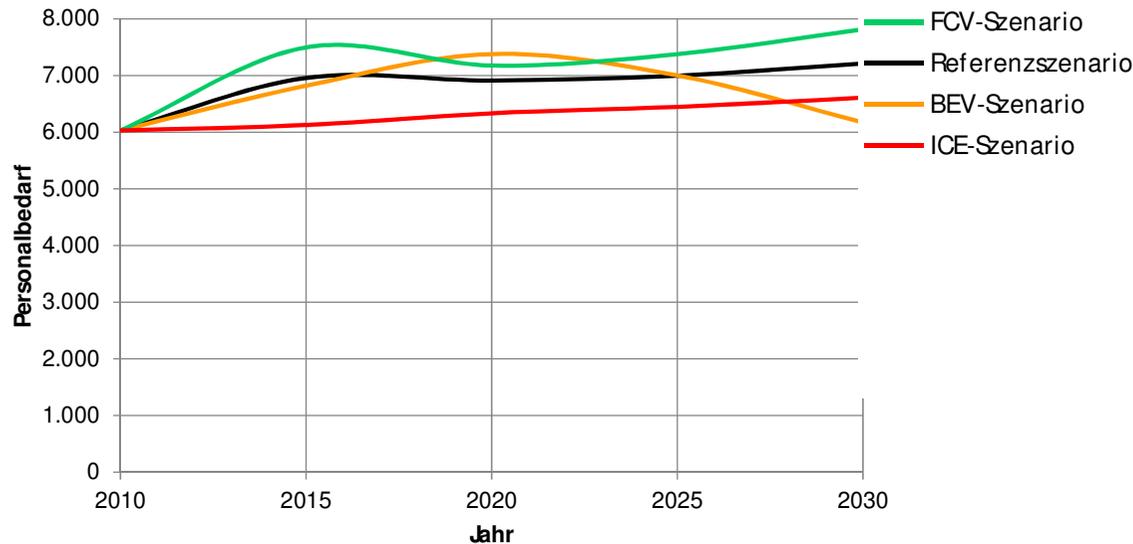
## ICE-Szenario



# Kernaussagen

## Vergleich der 4 Szenarios

Gesamtpersonalbedarfe der vier ELAB-Szenarios

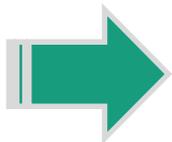


Rangfolge nach Gesamtpersonalbedarf 2030

|    |                  |          |
|----|------------------|----------|
| 1. | FCV-Szenario     | 7.816 B. |
| 2. | Referenzszenario | 7.213 B. |
| 3. | ICE-Szenario     | 6.607 B. |
| 4. | BEV-Szenario     | 6.173 B. |



Der Mix an Antriebsstrangvarianten führt über alle Szenarios bis 2030 zu einem steigenden Personalbedarf



Das personalintensivste Szenario ist das FCV-Szenario, während das BEV-Szenario perspektivisch am wenigsten personalintensiv ist

# Agenda

- Überblick über das Forschungsprojekt ELAB
- Antriebskonzepte und Bauteilanalyse
- Szenarien
- Quantitative Wirkungsanalyse
- Qualitative Wirkungsanalyse: Kompetenzanforderungen und Qualifikationen
- Zusammenfassung

# Qualitative Wirkungsanalyse: Vorgehensweise

## Forschungsfragen „Kompetenzanforderungen und Qualifikationen“:

- Wie verändern sich Kompetenzanforderungen im Technologiewandel? Welche Qualifikationen von Beschäftigten sind für die Produktion von neuen Antriebssträngen erforderlich? (-> **Wirkungsanalyse**)
- Wie können Institutionen der Standortumgebung den Technologiewandel durch eine Verbesserung von Standortfaktoren unterstützen? (-> **Bedarfsanalyse**)
- Welchen Einflüsse haben der demographische Wandel und die Entwicklung des Arbeitsmarktes? (-> **Kontextanalyse**)

## Forschungsfrage „Branchenumfeld“:

- Wie wirkt sich der Technologiewandel auf Zuliefererstrukturen im Branchenumfeld aus, welche Herausforderungen für Zulieferer zeichnen sich ab?

## Qualitative Wirkungs- und Bedarfsanalyse – Methodenmix:

1. Ableitung von Kompetenzanforderungen und Qualifizierungsbedarfen aus der ELAB-Analyse von Produktionsprozessen.
2. Expertengespräche mit Akteuren aus Unternehmen (OEM, Zulieferer), aus Forschungsinstituten und weiteren Institutionen.
3. Sekundäranalyse von Literatur und weiteren Dokumenten.

# Kompetenzanforderungen und Qualifikationen: Ausgangsthese

## These:

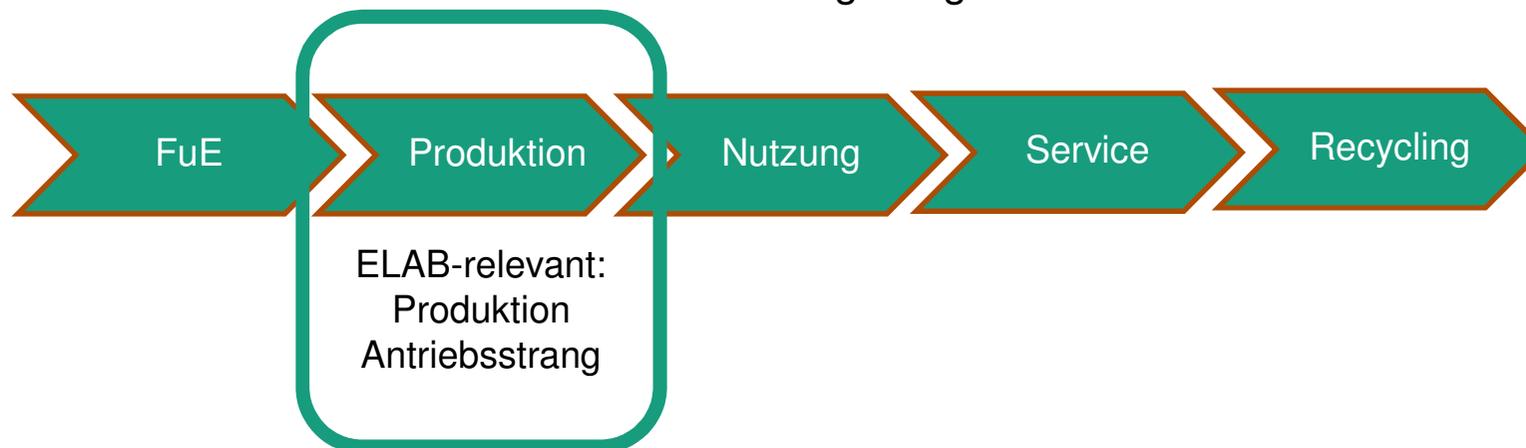
Die Elektrifizierung des Antriebsstrangs

verändert **Kompetenzanforderungen**,

verschiebt **Qualifikationsprofile** und

generiert **Weiterbildungsbedarf**

entlang der gesamten Prozesskette



# These: Herstellung elektrischer Antriebe erfordert neue Prozesse, Anlagen und Kompetenzen

Verbrennungs-Motorenbau:  
 Schwerpunkt „Spanende Fertigung“



Bilder: Audi, EMAG, Böhringer

Elektro-Motorenbau:  
 Schwerpunkt „Montagetechnik“

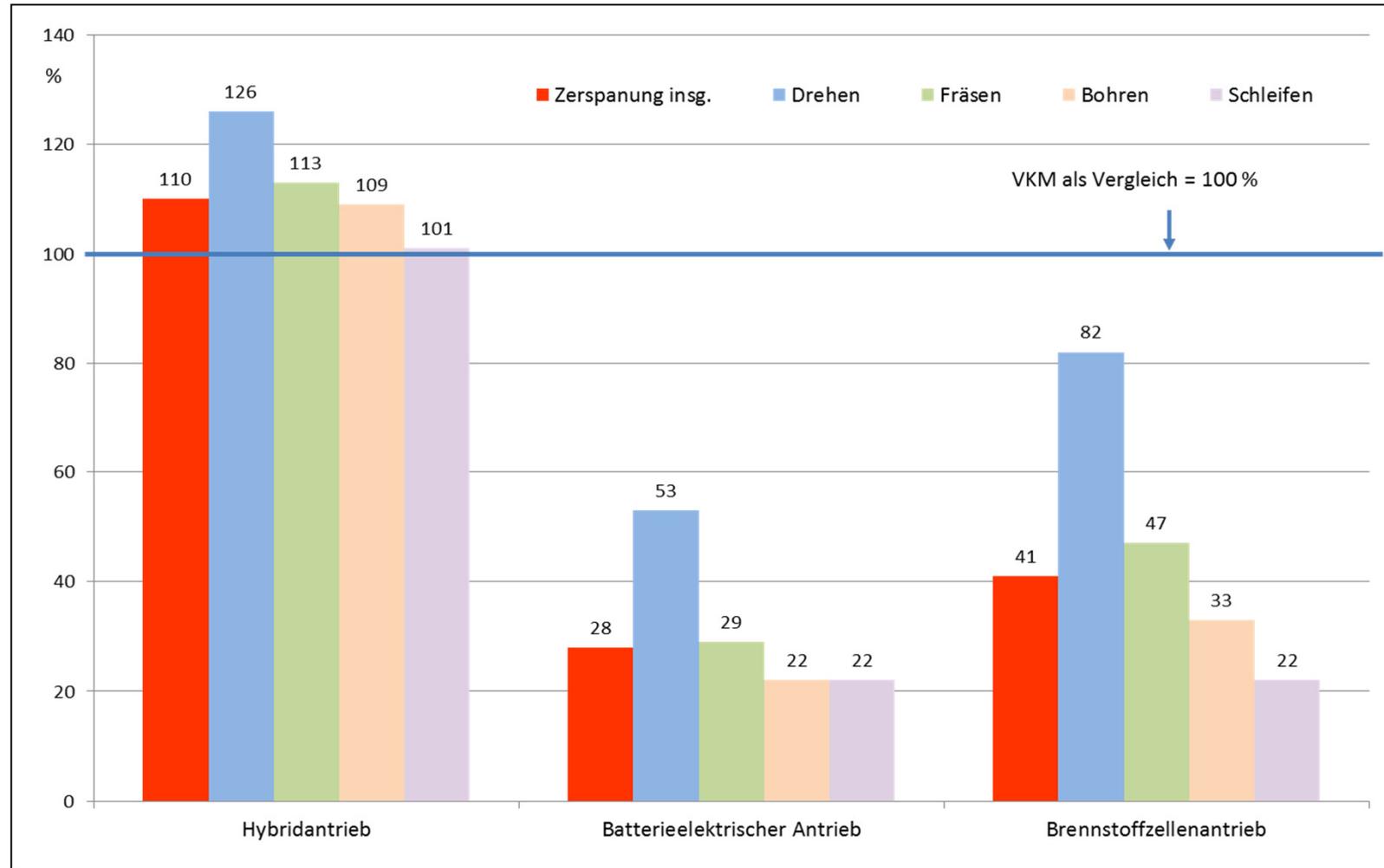


Bilder: Bosch, Lehner

Quelle: Franke 2011

# Exkurs: Wirkungen des Technologiewandels

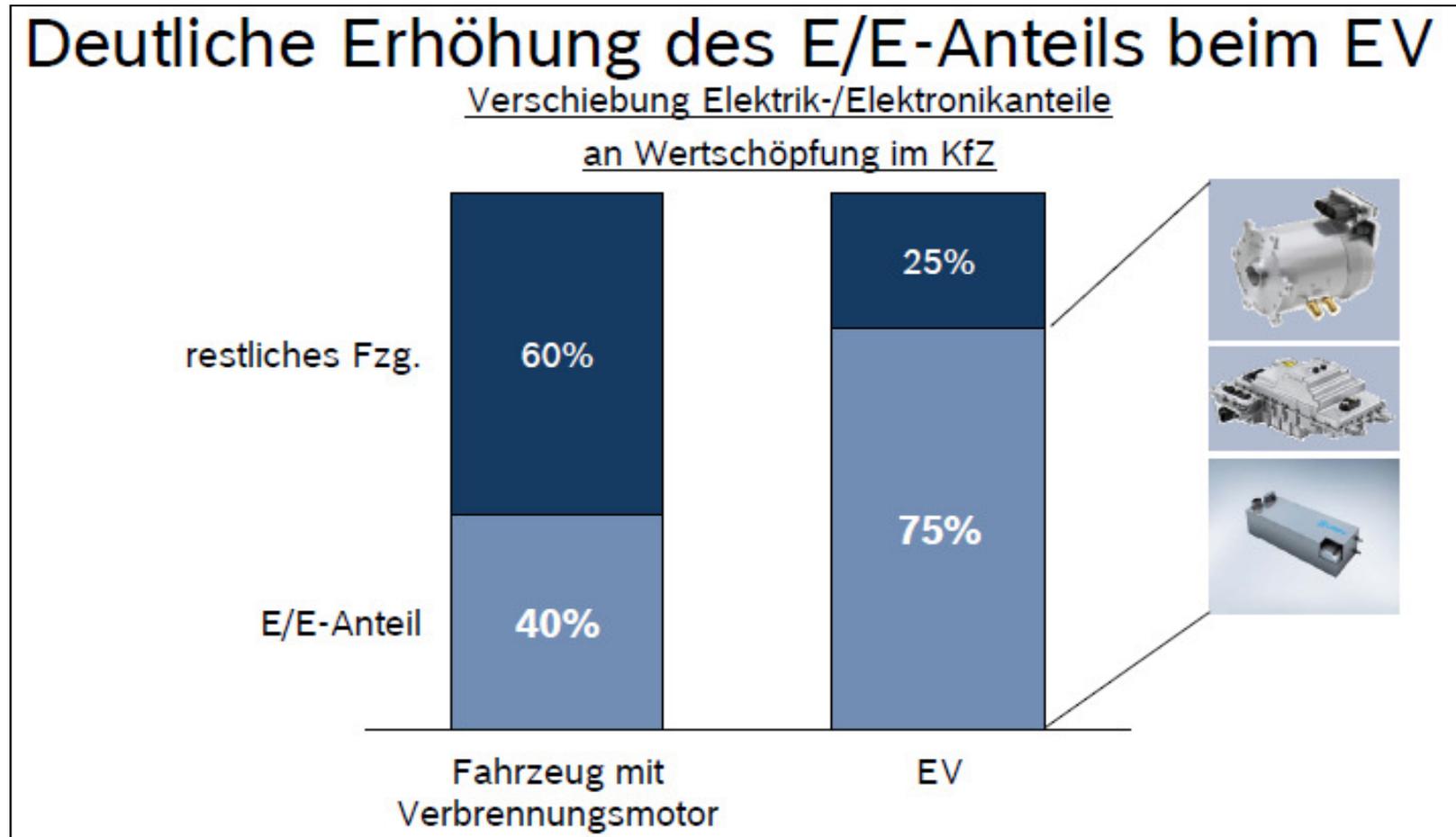
Quantitative Dimension, die aber auf qualitative Wirkungsanalyse (Kompetenzanforderungen) durchschlägt – Vergleich Zerspanungs-Hauptzeiten der Antriebsstrang-Komponenten (in %):



Quelle: Abele et al. 2009

# Exkurs: Wirkungen des Technologiewandels

## Verschiebung von Wertschöpfungsanteilen



# Kompetenzanforderungen und Qualifikationen

## Wirkungsanalyse – Kernaussagen

- Bedeutungszunahme **Elektrik/Elektronik** im Vergleich zu Mechanik.
- Bedeutungszuwachs **Montagetätigkeiten**. Montageprozesse lösen formgebende Fertigungsprozesse mehr und mehr ab. Montagearbeit wird komplexer, flexibler, ...
- **Umgang mit Hochvolt-Systemen** als zentrales neues Qualifikationserfordernis für Beschäftigte in Produktions- und Montagebereichen.
- **Ausbildung:** (1) Integration elektromobilitätsspezifischer Qualifikationsinhalte.  
(2) Weiterer Wandel im Mix der Ausbildungsberufe (Mechatroniker, Elektroniker).
- **Komponenten für den elektrischen Antriebsstrang:** Neue Kompetenzanforderungen durch künftig wesentlich höhere Automatisierung sowie durch Sicherstellung hoher, gleichbleibender Qualität.  
Beispiele für weitere, komponentenspezifische Qualifikationserfordernisse:
  - **Batteriesystem:** Verbindungs-/Fügetechnik, Qualitätssicherung, Tests (Elektrik, Dichtigkeit).
  - **Elektromotoren:** Montage, Qualitätssicherung, Prüfung, Tests.
  - **Brennstoffzellensysteme:** Technische Kompetenzen (z.B. Dünnschichtbearbeitung, Elektrochemie), und Qualitätssicherung, Sorgfalt, Reinheit. Spezifische Kenntnisse bei H<sub>2</sub>-Tanks (z.B. Hochdruck).
- **Konventionelle Komponenten:** Optimierung führt zu erweiterten Kompetenzanforderungen, z.B. durch Reinraum, Leichtbau und neue Werkstoffe.

# Kompetenzanforderungen und Qualifikationen

## Bedarfsanalyse Bildungsinfrastruktur

### ■ Berufliche Bildung in der Region:

In Automotive-Regionen sind Bildungseinrichtungen vielfach stark auf den klassischen Metall- und Mechanik-Bereich orientiert. Elektromobilitätsspezifische Qualifikationsinhalte (Kompetenzen in Elektrik/Elektronik, Umgang mit Hochvolt-Systemen) sollten stärker in die bestehenden Weiterbildungsangebote integriert werden.

### ■ **Koordinierung** und **Standardisierung** von Weiterbildungsangeboten (insbesondere bei der Zusatzqualifikation „Umgang mit Hochvolt-Systemen“).

### ■ **Regionales Arbeitsmarktmanagement:**

Bildung von Netzwerken aller Akteure der beruflichen und akademischen Bildung, um abgestimmte Konzepte hinsichtlich zukünftiger Maßnahmen sowie eine koordinierte, transparente Umsetzung zu erreichen. Initiierung eines regionalen Arbeitsmarktmanagements als Gestaltungs- und Steuerungsinstrument für regionale Arbeitsmärkte und Qualifizierungssysteme.

# Kompetenzanforderungen und Qualifikationen

## Kontextanalyse Arbeitsmarkt / demographischer Wandel

- **Demographischer Wandel** wird großen Einfluss auf die zukünftige Arbeitswelt in der Automobilindustrie ausüben (ob mit oder ohne E-Mobilität).
- **Stark rückläufiges Erwerbspersonenpotenzial** bis 2030 (und darüber hinaus) und der anhaltende Trend zur **Akademisierung der Arbeitswelt** könnte zu Engpässen am für die Antriebsstrangproduktion relevanten Arbeitsmarkt führen.
- Als Konsequenz gilt es, das Arbeitskräftepotenzial besser auszuschöpfen und **Teilhabechancen für alle** zu verbessern!  
(z.B. durch verstärkte Berücksichtigung der Erfordernisse einer älter werdenden Belegschaft, durch die Förderung der Vereinbarkeit von Familie und Beruf).
- Hervorragender **Technologiestandort** für Elektromobilität bezieht seine Stärke auch aus Synergien, Rückkoppelungsprozessen und gegenseitigen Lerneffekten mit dem gleichzeitig vorhandenen **Produktionsstandort**. Auch deshalb ist die **Industrialisierung der Elektromobilität** eine wichtige Zielsetzung!

# Kernaussagen „Branchenumfeld“ (insb. Zuliefererstruktur in Baden-Württemberg)

- **Reorganisation der Wertschöpfungskette** mit Neuverteilung von Wertschöpfungsanteilen (Wettbewerb etablierter und neuer Zulieferer).
- Wandel zur Elektromobilität mit **enormen Auswirkungen für das „Autoland Baden-Württemberg“** (mit seiner starken technologischen Ausrichtung auf den Antriebsstrang).
- Management des Wandels ist speziell für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) eine große Herausforderung – **KMU-Zulieferer bisher wenig auf Technologiewandel vorbereitet** (technologische Zukunftsfähigkeit zahlreicher Autozulieferer bei alternativen Antriebskonzepten ist kritisch einzuschätzen).
- **Engpässe bei KMU-Zulieferern:**
  - (1) generelle Innovationsdefizite;
  - (2) technologischer Fokus auf Verbrennungsmotoren;
  - (3) unzureichende Awareness für Herausforderung Elektromobilität.
- **Strategieoptionen:** aktives Handeln im technologischen Wandel (Produktinnovation, Fertigungskompetenz) / Diversifizierung / Kooperationen bei neuen Technologien

# Agenda

- Überblick über das Forschungsprojekt ELAB
- Antriebskonzepte und Bauteilanalyse
- Szenarien
- Quantitative Wirkungsanalyse
- Qualitative Wirkungsanalyse
- Zusammenfassung

# ELAB:

## Zusammenfassung





Elektromobilität und Beschäftigung

Wirkungen der Elektrifizierung des Antriebsstrangs  
auf Beschäftigung und Standortumgebung (ELAB)

STUDIENERGEBNISSE

Hans Böckler  
Stiftung

Fakten für eine faire Arbeitswelt.

- Basierend auf den **Marktszenarien** ist im **Jahr 2030** mit einem **Mix verschiedener Antriebskonzepte** zu rechnen.
- Die **Herstellung elektrifizierter Antriebsstrangkomponenten** erfordert Kompetenzen bislang im Automobilbau nicht eingesetzter Fertigungsverfahren.
- Die Antriebsstrang-Hersteller können ihren **Personalbedarf** halten oder sogar steigern, sofern sie zusätzlich zu den konventionellen auch Komponenten für den **elektrifizierten Antriebsstrang produzieren**.
- Innerhalb der Wertschöpfungskette kann es zu massiven **Verschiebungen**, vor allem bei **Zulieferunternehmen**, kommen.
- Mit der Elektromobilität ist ein **Wandel in der Arbeitswelt** verbunden, mit sich verändernden Kompetenzanforderungen und Qualifikationen der Beschäftigten.
- Erforderlich wird eine Anpassung der **beruflichen Aus- und Weiterbildung** sowie eine Standardisierung von Qualifizierungsinhalten und -abschlüssen.

---

# ELAB-Projektteam

## Ansprechpartner

## Forschungsinstitute



### Fraunhofer IAO

Prof. Dr. Dieter Spath

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

0711 970-2000

dieter.spath@iao.fraunhofer.de

### IMU Institut

Dr. Jürgen Dispan

Hasenbergstraße 49

70176 Stuttgart

0711 23705-0

jdispan@imu-institut.de

### DLR-FK

Benjamin Frieske

Pfaffenwaldring 38-40

70569 Stuttgart

0711 6862623

benjamin.frieske@dlr.de