

Innovation und Beschäftigung im Fahrzeugbau

- Trends, Problemstellungen -

Prof. Dr. Ulrich Jürgens (WZB)
Dr. Heinz-Rudolf Meißner (FAST e.V.)
Dr. Ulrich Bochum (FAST e.V.)

Berlin, Januar 2002

Untersuchungssample / Interviewpartner

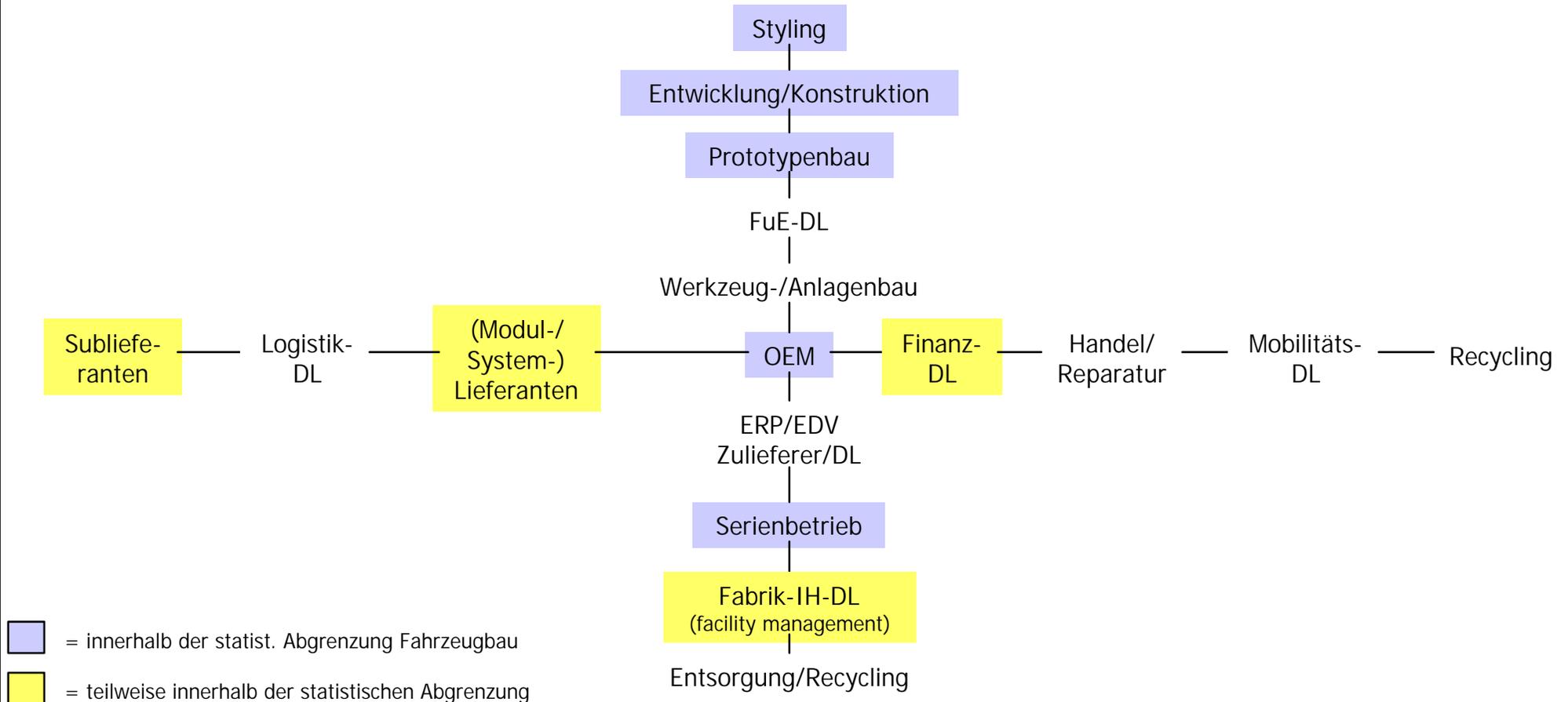
- ✎ ALBA Autoverwertung GmbH, Berlin (GF - Betriebsbegehung)
 - ✎ AUDI AG Werk Neckarsulm (Leiter Fertigungstechnik Aluminium, Leiter Karosseriebau AL2 - Betriebsbegehung Rohbau)
 - ✎ Continental Teves AG & Co. oHG, Frankfurt /M. (Leiter Zukunftsentwicklung)
 - ✎ Continental Teves AG & Co. oHG, Frankfurt /M. (Betriebsrat)
 - ✎ DaimlerChrysler AG, Projekthaus Brennstoffzelle, Kirchheim /Teck-Nabern (Senior Manager Production and Technology Fuel Cells)
 - ✎ DaimlerChrysler AG, Stuttgart (Mitglied des Direktoriums Forschung Produktion, Werkstoffe; Umweltbevollmächtigter)
 - ✎ DaimlerChrysler AG, Stuttgart (Forschungsdirektion Elektronik, Berlin)
 - ✎ Institut für Automobilwirtschaft der FH Nürtingen, Geisslingen (Institutsleitung)
 - ✎ Kolbenschmidt Pierburg AG, Neuss (Vorstand)
 - ✎ Mercedes Benz ATC GmbH, Stuttgart (Tel.-Interview Marketing)
 - ✎ Rohstoff Recycling GmbH, Osnabrück (Tel.-Interview Betriebsleiter)
 - ✎ Volkswagen AG, Wolfsburg (Leiter Aggregateforschung, Leiter Konzern Fahrzeug Forschung, Leiter Elektronikstrategie)
 - ✎ Volkswagen AG, Wolfsburg (Leiter Vorentwicklung)
 - ✎ Wolfsburg AG, Wolfsburg (Vorstand)
 - ✎ ZF Lenksysteme GmbH, Schwäbisch Gmünd (Tel.-Interview GBR, Interview BR Werk Berlin)
-
- ✎ ARGE Altauto e.V. / VDA, Frankfurt /M.
 - ✎ BDSV - Bundesvereinigung Deutscher Stahl- und Entsorgungsunternehmen e.V., Düsseldorf (GF)
 - ✎ Mahle GmbH, Stuttgart (GF)
 - ✎ Robert Bosch GmbH, Stuttgart (Entwicklung)
 - ✎ ZF Lenksysteme GmbH (Entwicklung)

Innovationskonfigurationen - Auswertung

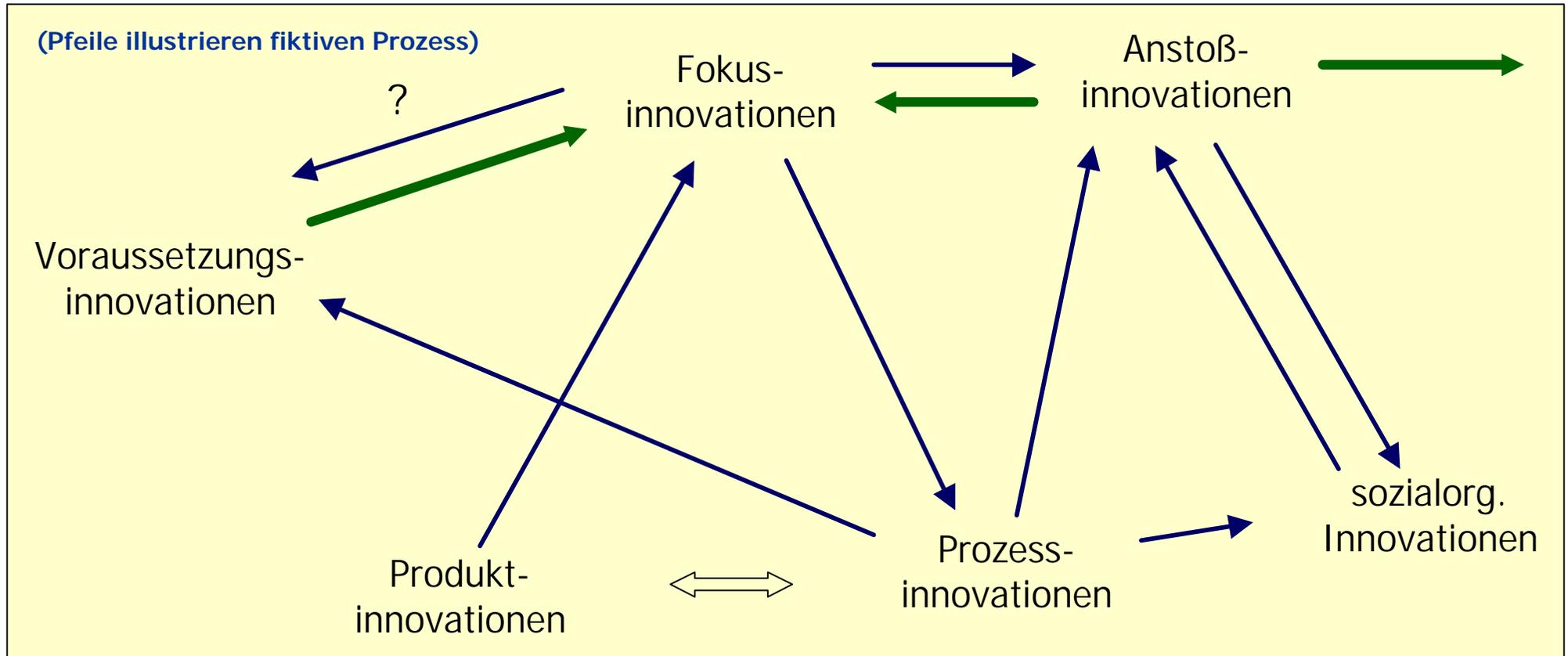
Was wir betrachten und wonach wir fragen:

- Prozesskettenperspektive (System Fahrzeugbau)
- Substitutionseffekte bei Produkten / Wertschöpfungs-schritten im Vergleich aktuell und zukünftig (OEM, Zulieferer /Branche, Dienstleister)
- Diffusion: phase in- / phase out- Verläufe
- Abschätzung quantitativer Beschäftigungseffekte
- Abschätzung qualitativer Beschäftigungseffekte
- regulatorische Rahmenbedingungen
- bisherige empirische Basis: 19 Interviews

Das System Fahrzeugbau und seine Prozessketten



Konzept der Innovationskonfiguration



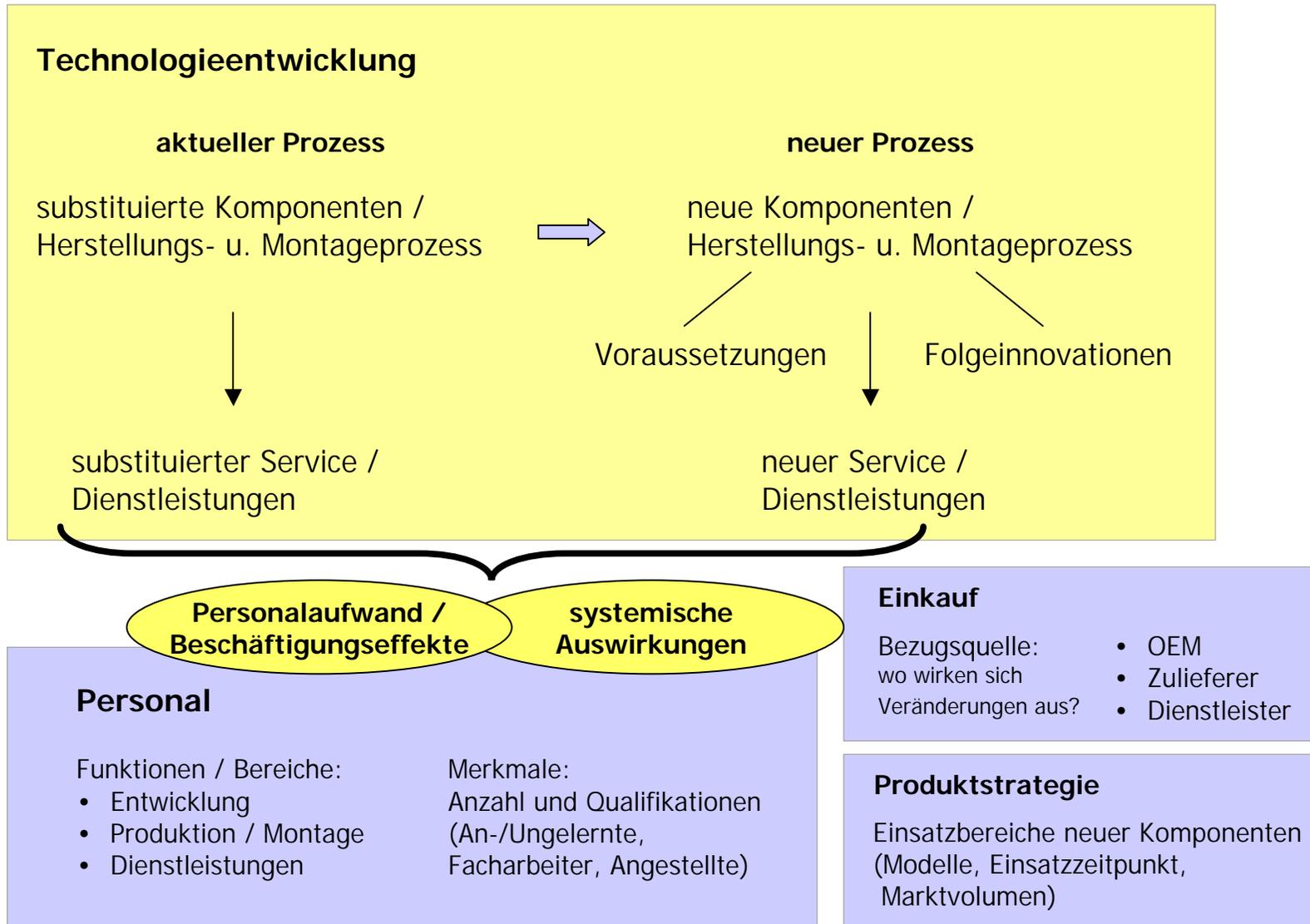
Innovationskonfigurationen lassen sich charakterisieren

- durch ein **Ensemble** von produkt-, prozess- sowie sozialorganisatorischen Innovationen,
- durch **Wirkungsbeziehung** von bestimmten, notwendigen Voraussetzungen und weiteren Folge- oder Anstoßwirkungen

Ein Blick zurück: Technologie- u. Innovationsdebatte

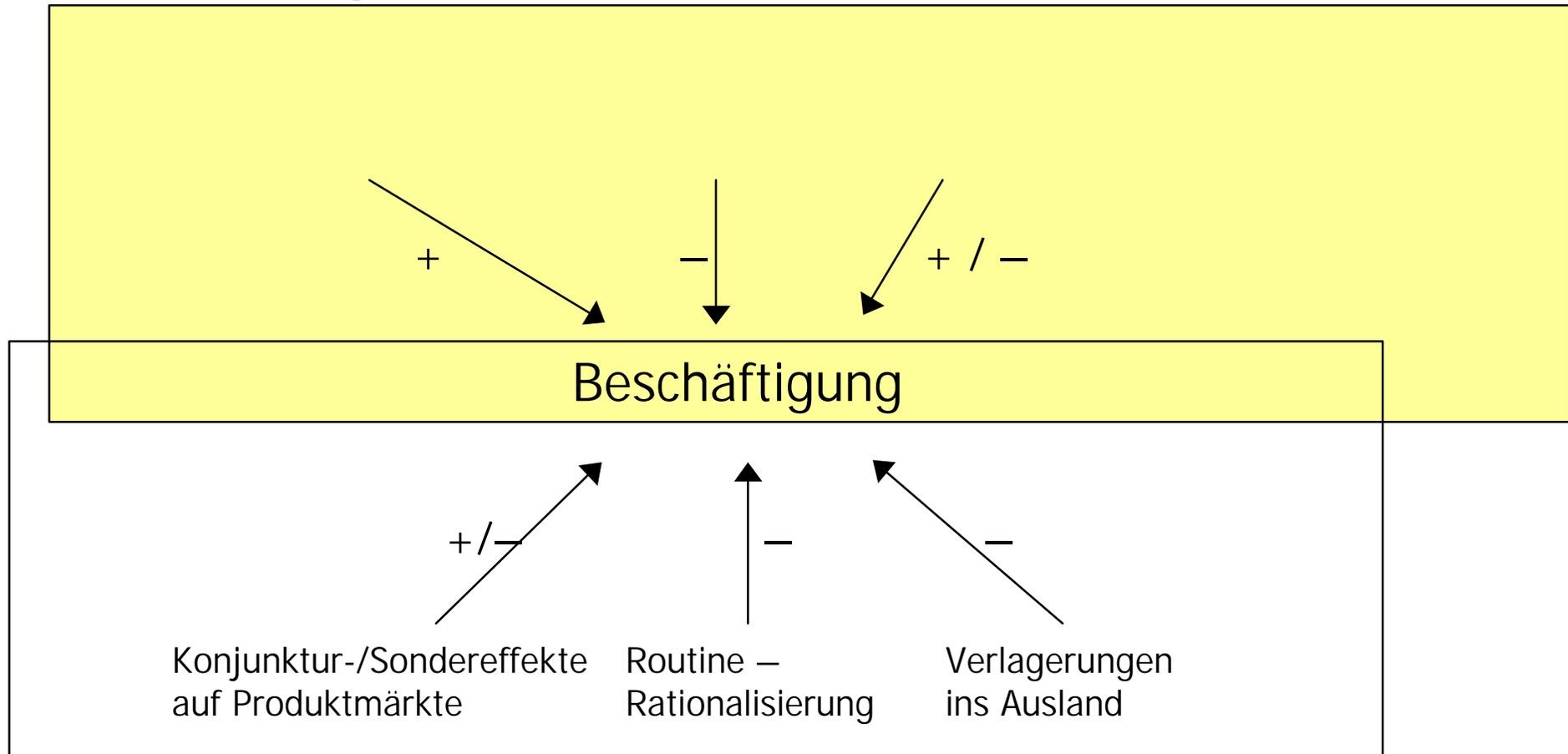
- 50er und 60er Jahre:
Technikakzeptanz - Technischer Fortschritt und Wirtschaftswachstum
- Ende der 60er Jahre:
Debatte und Umsetzung von Rationalisierungsschutz
- Mitte der 70er Jahre bis in die 80er Jahre:
mikroelektronische Revolution - neue Technologien als Arbeitsplatzvernichter (Roboter, CIM und die menschenleere Fabrik)
- 90er Jahre:
Verbindung von technischen und organisatorischen Innovationen (Just-in-Time, Lean Production, systemische Rationalisierung)
- Mitte der 90er Jahre:
Innovationsfähigkeit wird zur Schlüsselkategorie, um die internationale Wettbewerbsfähigkeit zu sichern und zu stärken

Untersuchungsdesign



Einflussfaktoren auf Beschäftigung

Untersuchungsfeld



nicht untersucht

Innovation und Beschäftigung

„ Innovationen sind unmittelbar mit anderen zentralen Variablen des Wirtschaftsgeschehens verknüpft (Investitionen, Wachstum, Produktivität, Ausbildung). Insofern sind ihre **spezifischen Beschäftigungswirkungen von anderen Einflüssen empirisch kaum zu separieren**. Effekte von Innovationen wirken über einen Zeitraum mit unbekannter Länge.

Aus diesem Grunde verschwinden Innovationen empirisch unweigerlich in einem ‚Kausalitätsnebel‘.

Beschäftigungswirkungen hängen letztlich von den Wachstums- und Produktivitätsspielräumen insgesamt ab, für die Innovationen eine entscheidende Voraussetzung sind.“ (Stille /Blitzer 1998: 50)

Innovation im Fahrzeugbau¹⁾ 1998 - ZEW Branchenreport

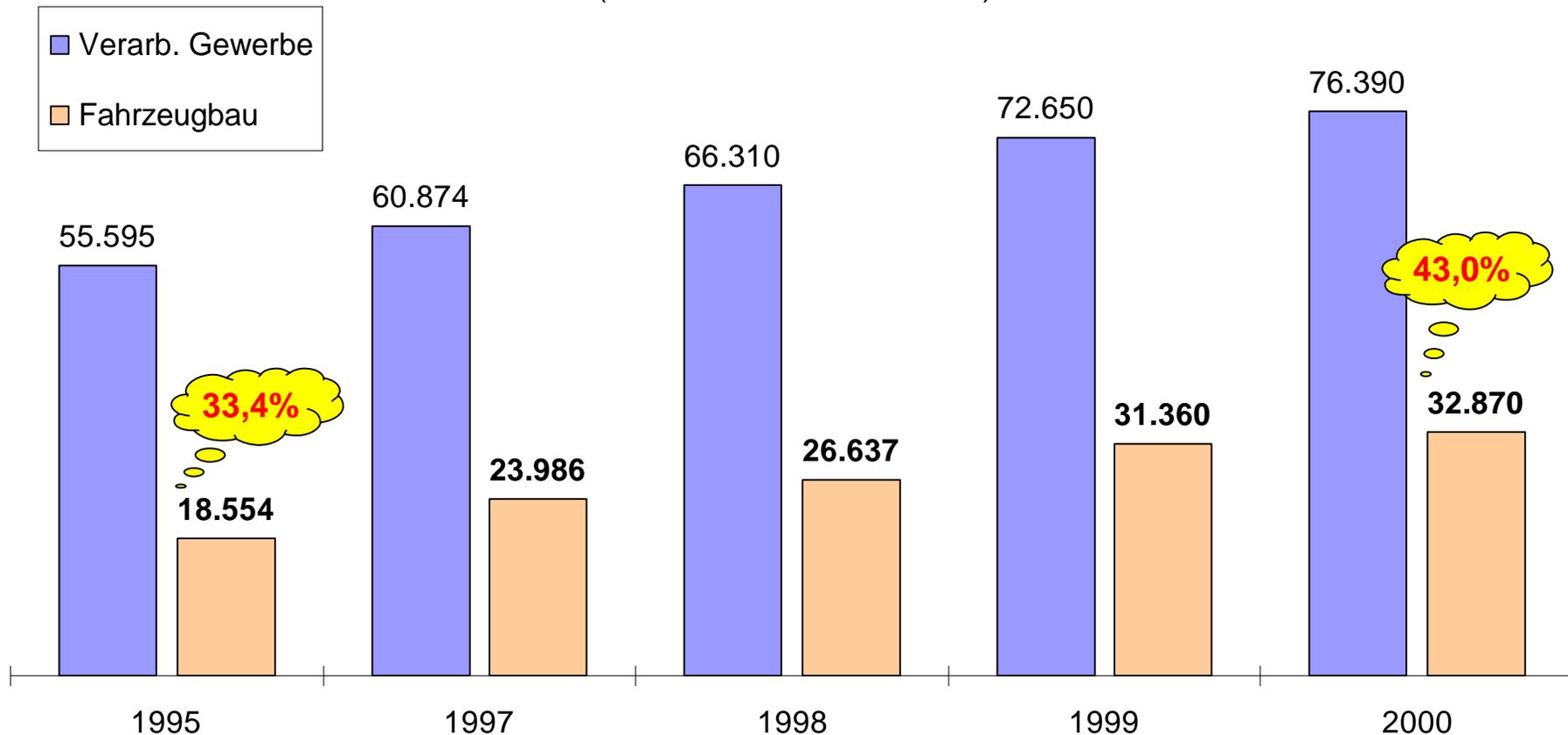
	Fahrzeugbau	Verarbeitendes Gewerbe isg.
Innovationsaufwendungen	33,4 Mrd. DM	109 Mrd. DM
Innovationsintensität (Aufwendung/Umsatz)	8%	4,6%
Anteil innovativer Unternehmen ²⁾	71%	66%
mit Produktinnovation	67% (>200 Beschäftigte: 92%)	62%
mit Prozessinnovation	61%	54%
mit Marktneuheiten	35% (>200 Beschäftigte: 70%)	28%
Umsatzanteile neuer Produkte	69%	39%
Kosteneinsparungen durch Prozessinnovationen	9%	6%

Quelle: ZEW Branchenreport Innovation, Jg. 7, No. 3, Sept. 2000

- 1) Fahrzeugbau umfasst die Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen sowie den sonstigen Fahrzeugbau (Schiffbau, Schienenfahrzeuge) mit insgesamt 910.000 Beschäftigten
- 2) Neue bzw. merklich verbesserte Produkte/Prozesse innerhalb der letzten 3 Jahre

Innovationsindikator FuE-Aufwand

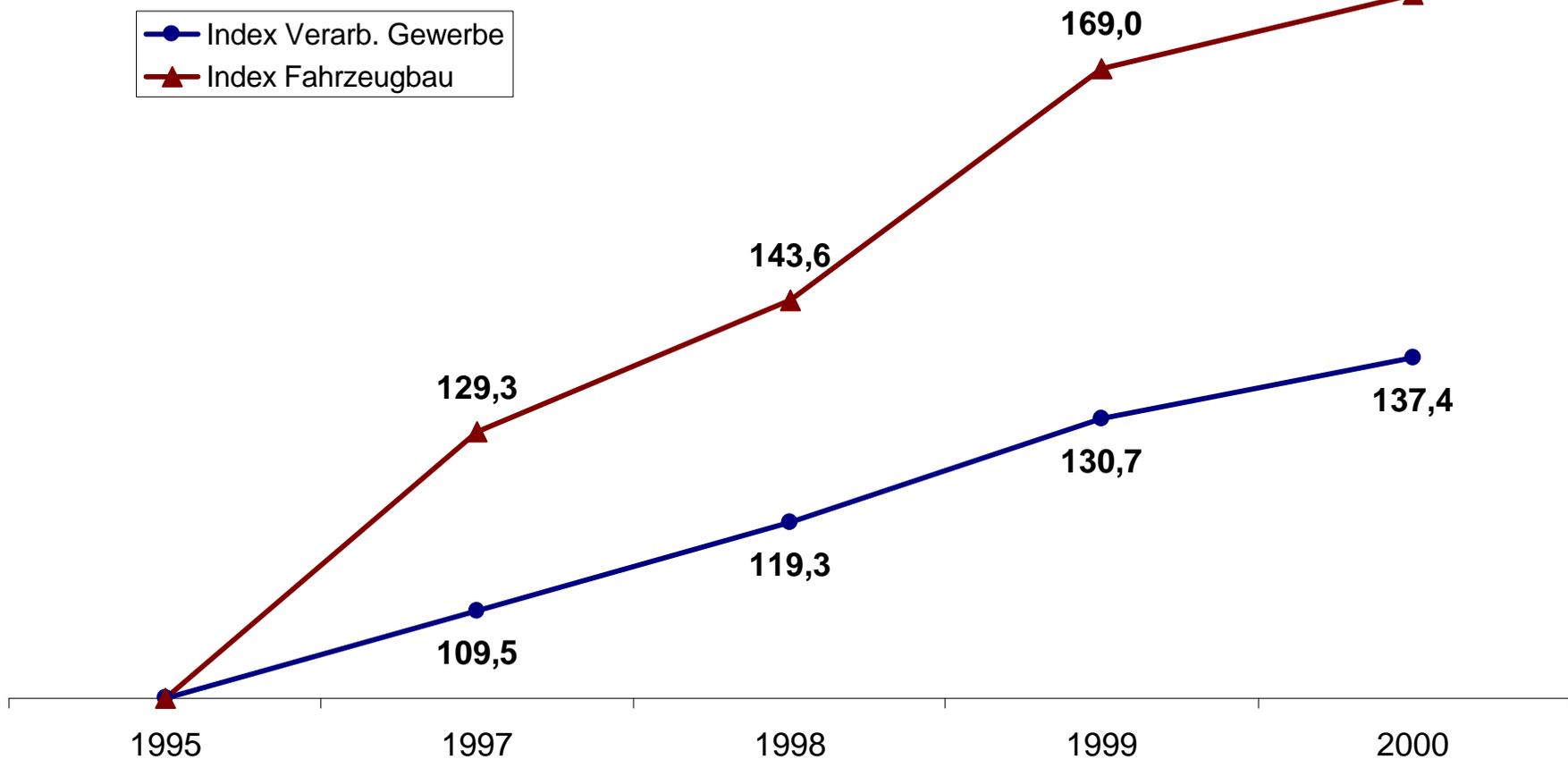
FuE-Aufwand in Mio. DM
im Verarbeitenden Gewerbe und im Fahrzeugbau der Bundesrepublik
(Quelle: Stifterverband 2001)



Innovationsindikator FuE-Aufwand

Entwicklung des Aufwandes für Forschung und Entwicklung

(Quelle: Stifterverband 2001)



Was wird an technischen Neuerungen erwartet ?

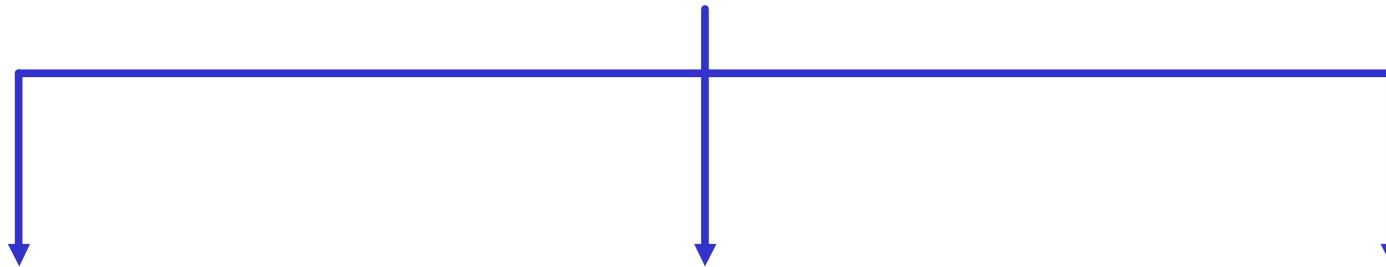
Quelle: Hypovereinbank / Mercer Management Consulting

	Fahrwerk	Antriebs-strang	Motor u. Aggregate	Karosserie	Body /Exterior	Interior	Elektronik
2001 - 2004	Keramik-bremse Run-Flat-Technologie SWT-Sensor	AMT-CVT Magnesium-Getriebe-gehäuse	Keramik-Glühkerze vollvariable mechanische Ventilsteuerung Hochaufladung Diesel Otto-DI	Metallschäume Stahl-Space-frame Sandwich-struktur	Alu Kunststoffe Magnesium hydrophobe Oberflächen aktive Beleuchtung	Soft-Touch-Oberflächen Smart Airbags LED-Technik	optische Bussysteme Hybrid-Bordnetz
2005 - 2009	aktives Fahrwerk Magnesium-Radaufhängung elektromechanische Bremse Steer-by-Wire Kunststoff-Radaufhängung	Starter-Generator Infinitely Variable Transmission Doppelkupplungsgetriebe	Partikelfilter intermetallische Werkstoffe elektrische Kühler u. Luftregelung Harnstoffkatalysator Denox-Speicherkat. Elektrohybridantrieb Brennstoffzellenantrieb elektromechanischer Ventiltrieb elektrohydraulischer Ventiltrieb	Verbundwerkstoffe Karosserie aus Kunststoff	Umfeldererkennung mit Radar Kameras zur Objekterkennung Fußgänger-schutz-sensorik	Innenbeleuchtung mit zentraler Lichtquelle Night Vision vollvariable Innenräume	42-V-Bordnetz Standard-Betriebssystem Pre-Crash-Sensorik Head-up-Display Car-PC
2010 -		Radnabenantrieb	Wasserstoff-Verbrennungsmotor				Fahren mit Autopilot

Neue Werkstoffe - Leichtbau Einsatzbereiche

Multi-Material-Design

(Prinzip: passender Werkstoff am richtigen Ort)



Antriebsstrang:

- Aluminium
- Kunststoff-Verbundmat.
- Keramik

Fahrwerk:

- Alu-Legierungen
- Verbundwerkstoffe
- Kunststoffe

Karosserie:

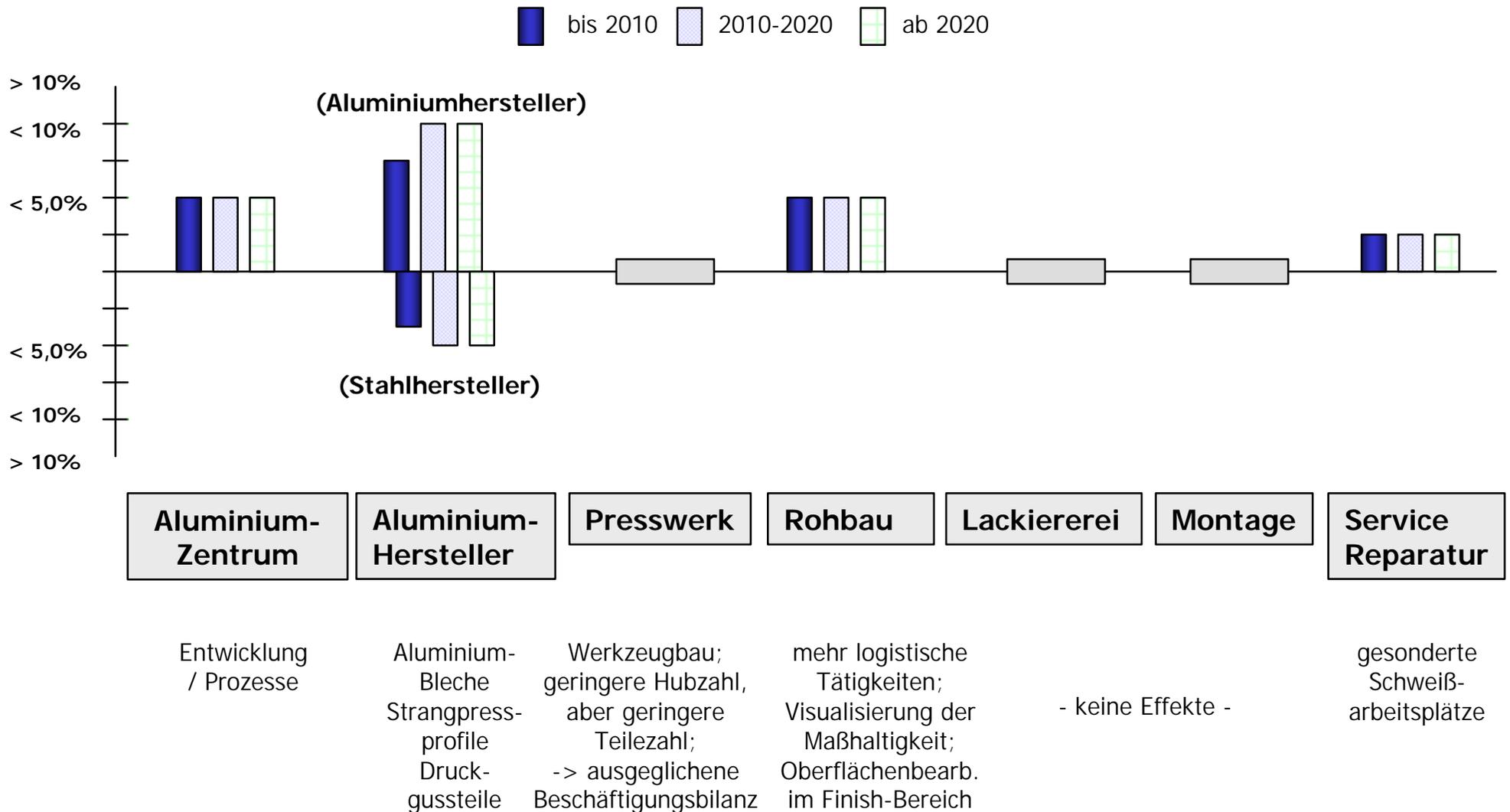
- Aluminium
- Magnesium
- Verbundwerkstoffe



Problem: Recycling / Sortierung

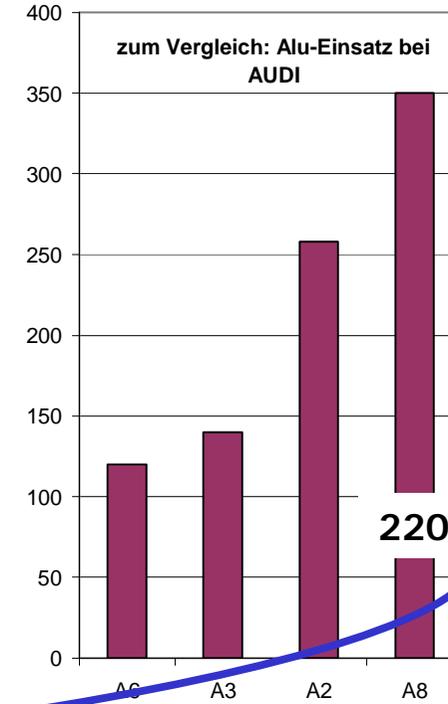
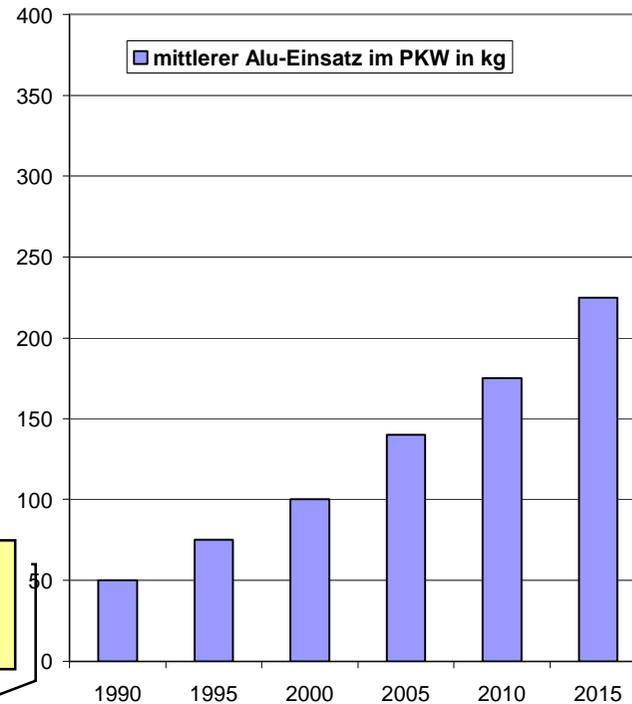
Neue Werkstoffe – Leichtbau (Bsp. Alu-Karosserie)

Prozesskette und zu erwartende Beschäftigungseffekte



Neue Werkstoffe - Leichtbau (Bsp. Alu-Karosserie) Phasenmodell

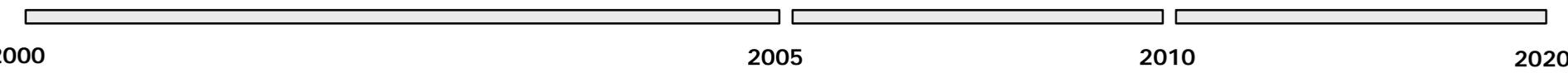
Quelle: AUDI AG



**A2 heute:
Alu-Gewichtsanteil
258 kg**

Aluminiumeinsatz im
Automobilbau

100 kg Alu



parallele Innovationskonkurrenz: Stahl, Aluminium, Kunststoffe

Altautorecycling Regulierung

in Kraft seit

1996

1998

1998

Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz

Produkthaftung

- Rücknahme, umweltverträgliche Entsorgung, recyclinggerechte Produktgestaltung

EU-Richtlinie

Stand 05/2000

- ab 2002 kostenlose Rücknahme von Neufahrzeugen (nicht älter als 12 J.)
- ab 2007 kostenlose Rücknahme aller Fahrzeuge (Bestand)
- ab 07/2003 Materialverbote

Freiwillige Selbstverpflichtung

- org. Rahmen: ARGE Altauto
- Aufbau einer Infrastruktur (Annahmestellen, zertifizierte Verwertungsbetriebe, zertifizierte Shredderbetriebe, Verbleibserklärung / Verwendungsnachweis)
- Schaffung von Material- und Stoffkreisläufen
- Reduzierung der zu beseitigenden Abfälle
- Berichterstattung alle 2 Jahre (1. Bericht im März 2000)

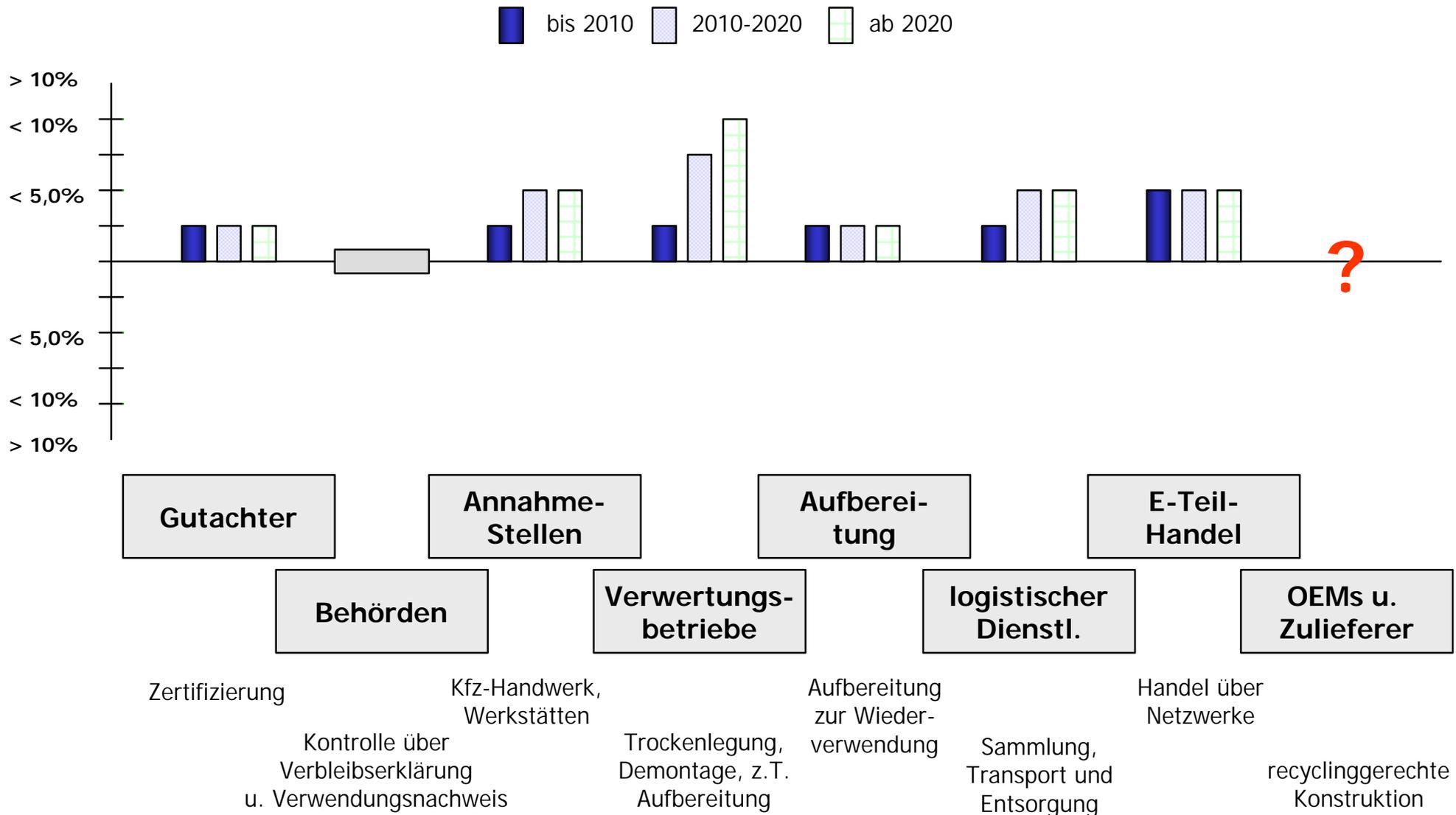
Altautoverordnung

- Rückstellungsbedarf in Milliardenhöhe bei den OEMs
- neue Strukturen aufgrund der zu verwertenden Mengen ???



Altautorecycling

Prozesskette und zu erwartende Beschäftigungseffekte



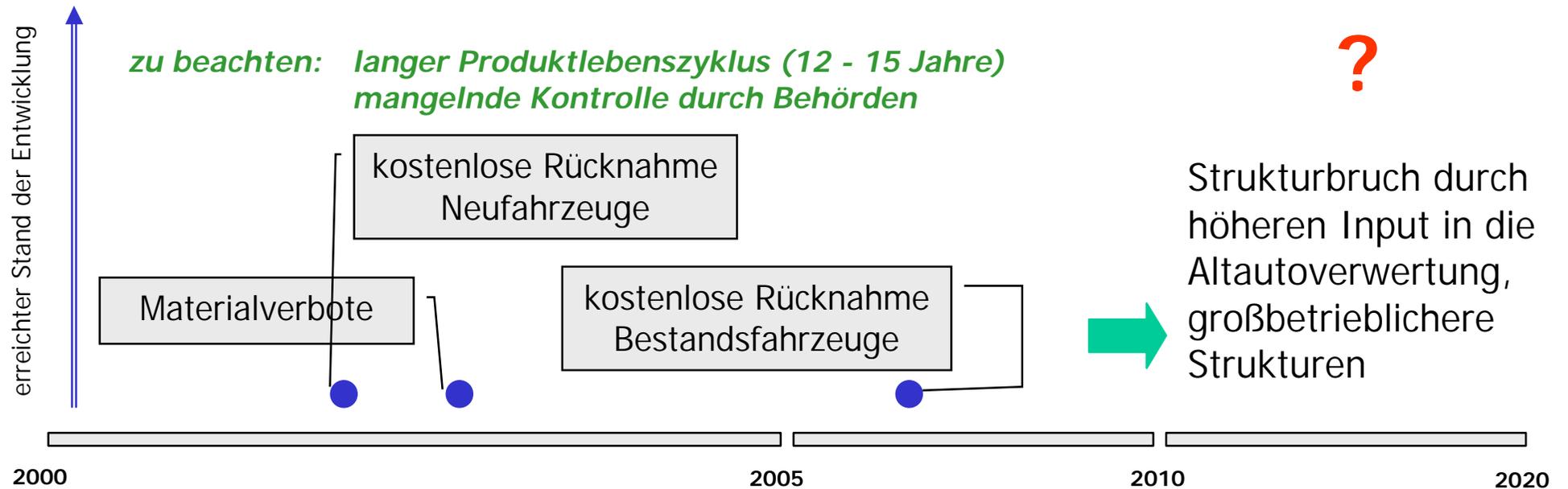
Altautorecycling Phasenmodell

infrastrukturelle Voraussetzungen
sind geschaffen:

- 15.000 Annahmestellen
- 1.400 zertifizierte
Verwertungsbetriebe
- 40 Shredderbetriebe

kleinbetriebliche Strukturen der
Verwertungsbetriebe mit 5.000 bis
7.000 Beschäftigten
(Verdrängungsprozess)

1999: 1,2 Mio. Frzg. verwertet /
Recyclingquote: 18-22%



Altautorecycling

Prozesskette und zu erwartende Beschäftigungseffekte II (OEMs)

Die OEMs haben vor dem Hintergrund der Altautorichtlinie der EU bereits Ablauf- und Aufbauorganisation für ein **Design for Environment** umgesetzt und entsprechende Assistenzsysteme (z.B. Ganzheitliche Bilanzierung, Simulationssysteme von Demontage- und Recyclingszenarien) im Einsatz

?

Insbesondere gesetzliche Vorgaben (Messgrößen / Grenzwerte) lösen unmittelbaren **Handlungsdruck** aus - sind aber andererseits auch Gegenstand von Diskussionen zur Streichung, zeitlichen Streckung oder Ausnahmeregelungen

(vgl. Gutachten Ökopol, Hamburg und Positionen der Verbände ACEA, LCEPA, JAMA zur Erweiterung der Ausnahmen in Anhang II der EU-Richtlinie)

?

Die OEMs stehen vor der Herausforderungen, die Materialverbote bzw. -grenzwerte ab 01.07.2003 einzuhalten.

?

- Kraftstoffverbrauch
- Geräuschemissionen
- Recyclingfähigkeit

- **Stoffe mit Gefährdungspotenzial**

Problemdimensionen:

?

- Blei in Legierungen (z.B. Stahl, Alu, Kupferlegierung, Alu in Felgen und Motorteilen)
- Blei und Bleiverbindungen in Bauteilen (z.B. Batterien, Schwingungsdämpfer, Lötmittel in Leiterplatten)
- Chrom VI (Korrosionsschutzschicht bei wichtigen Bauteilen)
- Quecksilber (Glühlampen und Instrumentenbeleuchtung)

vgl. W. von Below (DaimlerChrysler), Vortrag auf dem 3. Automobilforum in Graz, Okt. 2001

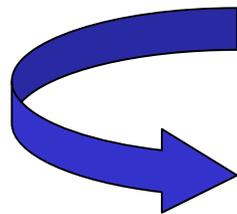
Altautorecycling

Prozesskette und zu erwartende Beschäftigungseffekte II (OEMs)



- Veränderung der Aufbau- und Ablauforganisation hin zum Design for Environment
- Analyse der Materialzusammensetzung entlang der gesamten Prozesskette
- Suche nach Ersatzstoffen, d.h. erhöhter FuE-Aufwand sowie Erschließung neuer Kompetenzfelder in der Materialwissenschaft
- Von Seiten der OEMs wird die Umsetzung von Alternativstoffen (z.B. Chrom VI oder Blei in Bauteilen) mit befristeter Verlängerung als möglich erachtet

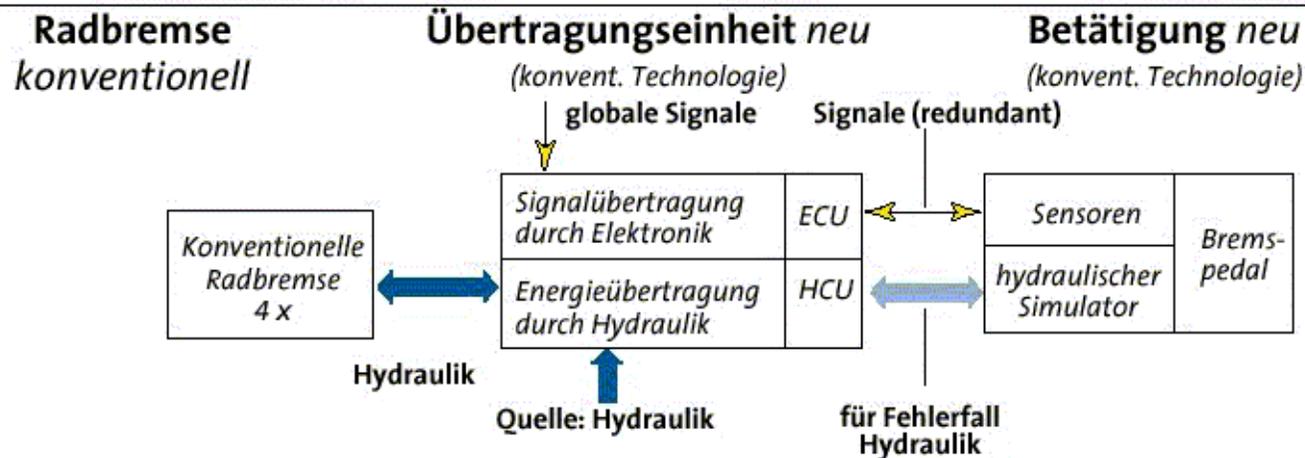
z.B. für Blei in Piezo-Keramik sind auch langfristig keine Ersatzstoffe erkennbar



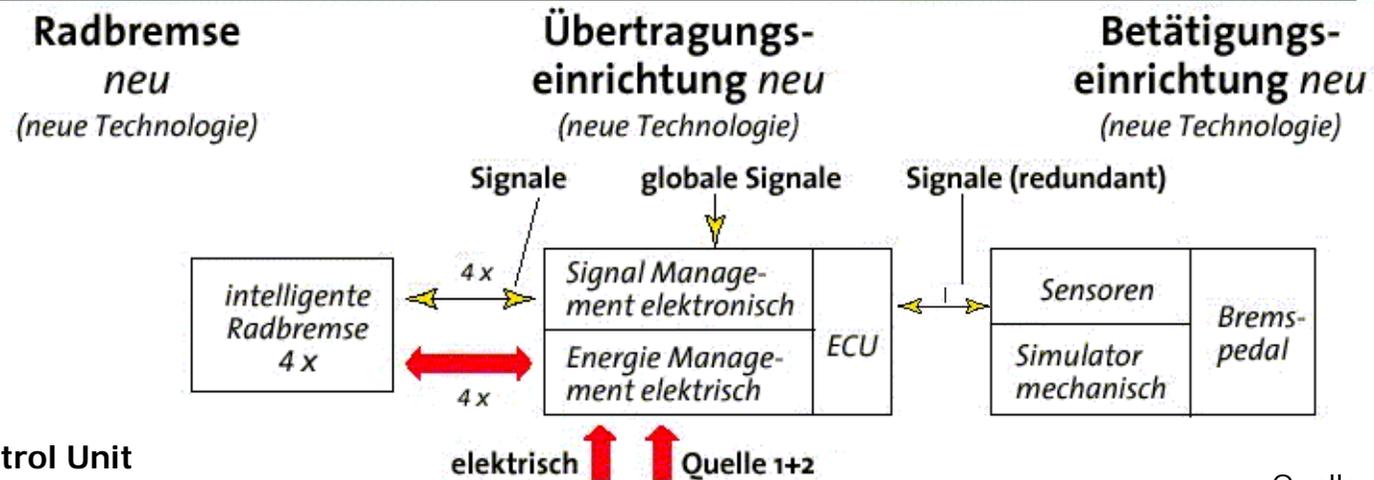
positive Beschäftigungseffekte vor allem in den Entwicklungsbereichen

drive-by-wire (Beispiel EHB / EMB) elektrohydraulische und elektromechanische Bremssysteme

EHB
Elektro-
hydraulische
Bremsen



EMB
Elektro-
mechanische
Bremsen



ECU = Elektronische Control Unit
HCU = Hydraulische Control Unit

Quelle: AE 2/1999

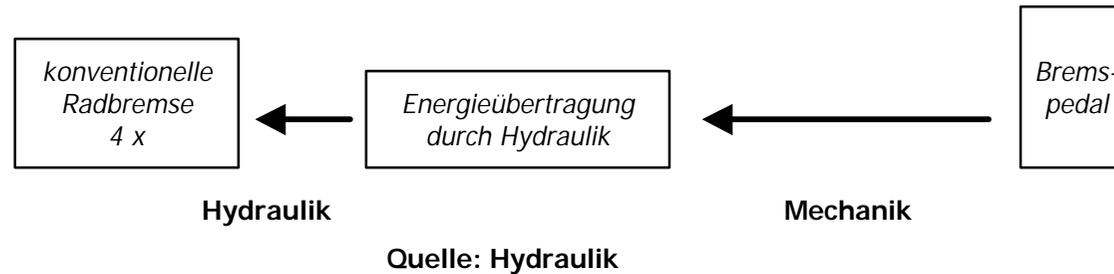
drive-by-wire

Vergleich konventionelles Bremssystem und elektromechanische Bremse

**konventionelles
Bremssystem
(ohne ABS ...)**

**Radbremse
konventionell**

**Betätigung
konventionelle**

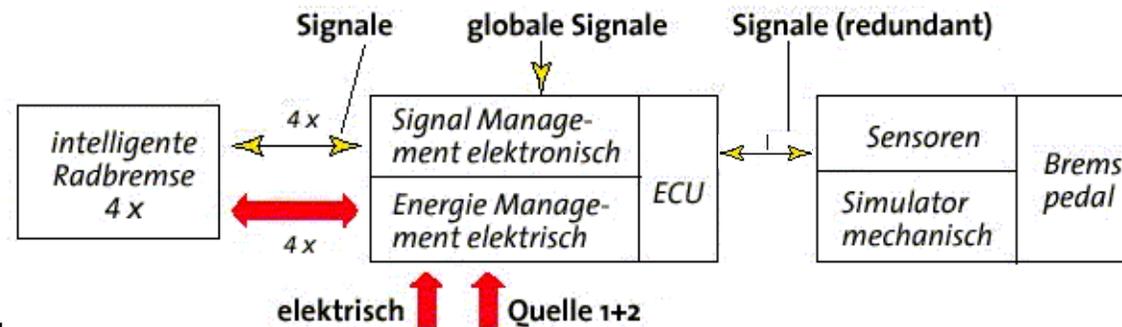


**Radbremse
neu
(neue Technologie)**

**Übertragungs-
einrichtung neu
(neue Technologie)**

**Betätigungs-
einrichtung neu
(neue Technologie)**

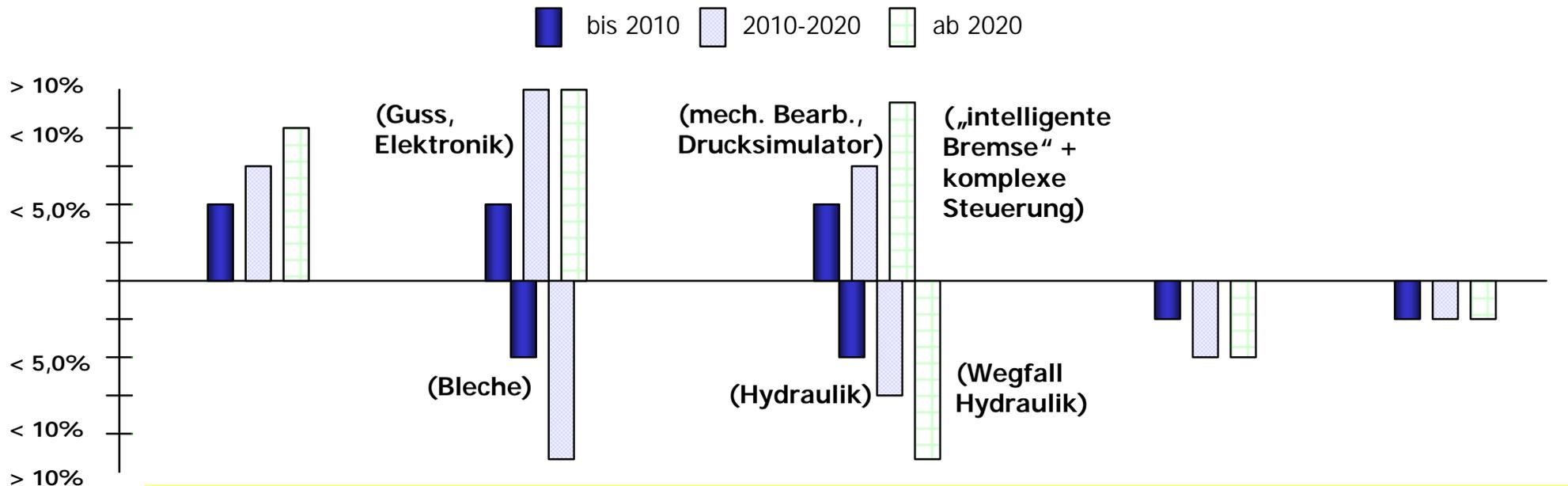
**EMB
Elektro-
mechanische
Bremse**



ECU = Elektronische Control Unit

Quelle: AE 2/1999

drive-by-wire (hier am Beispiel brake-by-wire) Prozesskette und zu erwartende Beschäftigungseffekte



Bedeutung von Mechatronik (Kompetenzentwicklung) --- neue Kooperationen

Systemzul. Entwicklung	Zulieferer (2nd tier)	Systemzulieferer / Eigenfertigung	OEM Montage	Service / Reparatur
Systementwicklung und Definition Lastenheft Elektronik-Kompetenz wird weiterentwickelt	Komponenten u. Material wie Guss, Bleche, elektr. Bauelemente, ASICs ... zunehmende Bedeutung: Sensoren	ABS, Elektronik, Sensoren, Bremsättel, Bremszylinder, Bremskraftverstärker, Bremschläuche (Hydraulik) zunehmende Bedeutung: Elektromotoren	Einbau, Montage verbessertes Packaging, geringerer Montageaufwand	vereinfachte Diagnose, Austausch von Komponenten

drive-by-wire Phasenmodell

Voraussetzung:
42-Volt-Bordnetz

Folgeinnovationen:
Integration von
Regelung + Steuerung
„Assistenzsystem“

Zwischenstufe:
Einsatz von E-Motoren, Sensoren ...

2010 ca. 40%
Marktanteil

drive - by - wire
erst ab 2010

Elektro-Lenkung

elektrohydraulisches
Bremsssystem (EHB)

2005 ca. 10%
Marktanteil

elektronische
Lenkung

erster Einsatz ab 2001
Oberklasse

Serieneinsatz ab 2003

elektromechanisches
Bremsssystem (EMB)

?

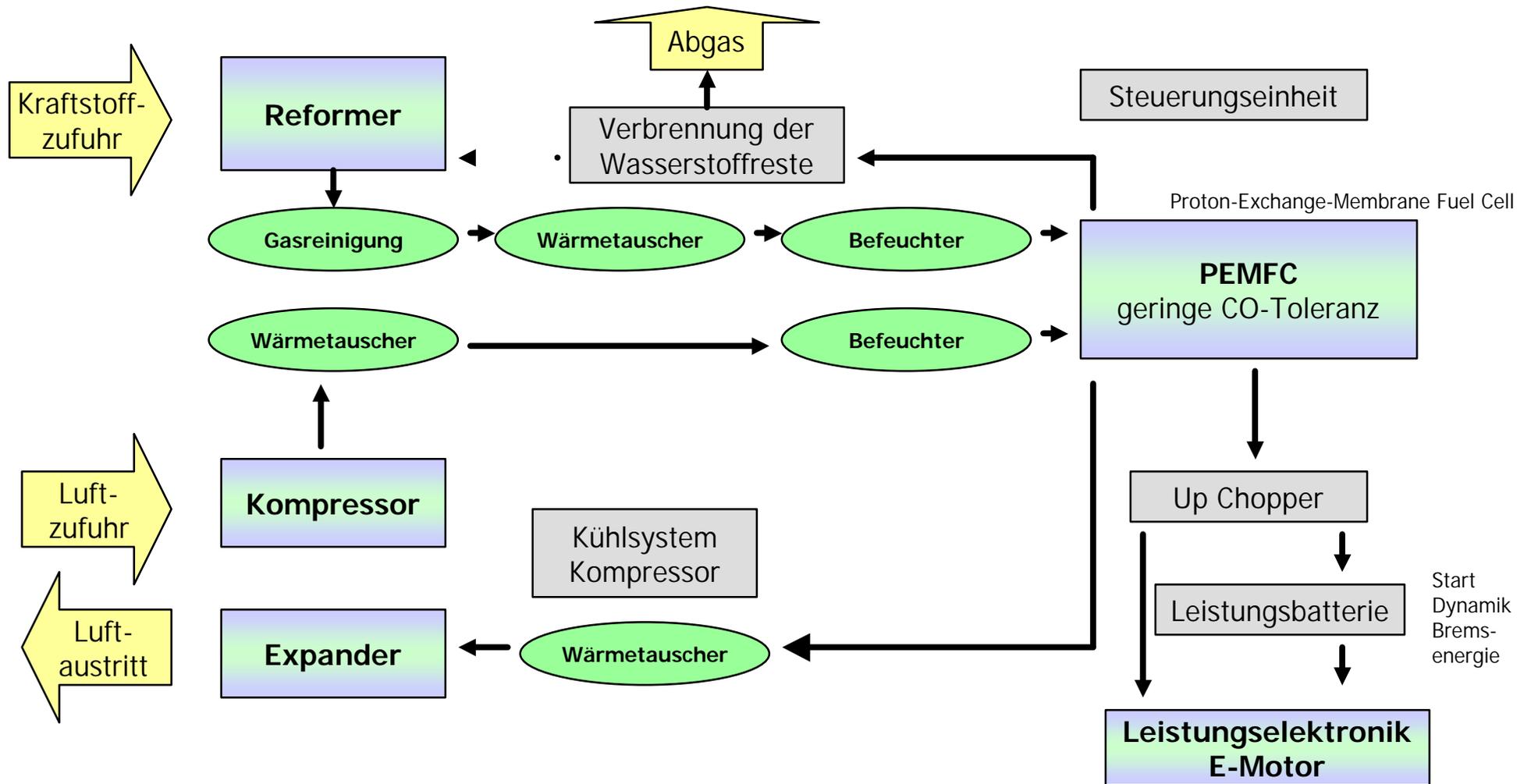
2000

2005

2010

2020

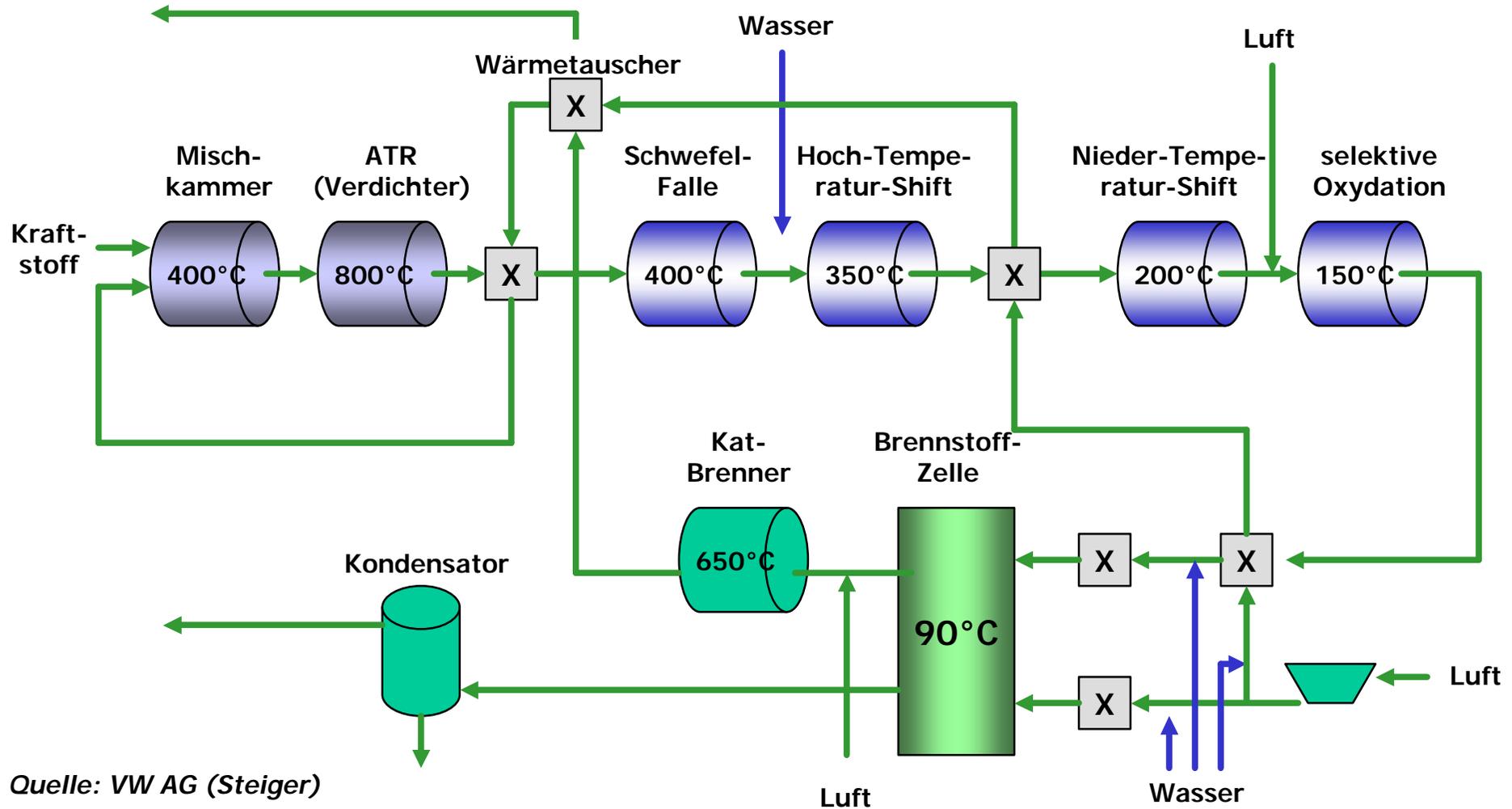
Funktionsprinzip Brennstoffzellensystem



(80 - 90 °C Betriebstemperatur und Befeuchtung)

Quelle: Volkswagen AG

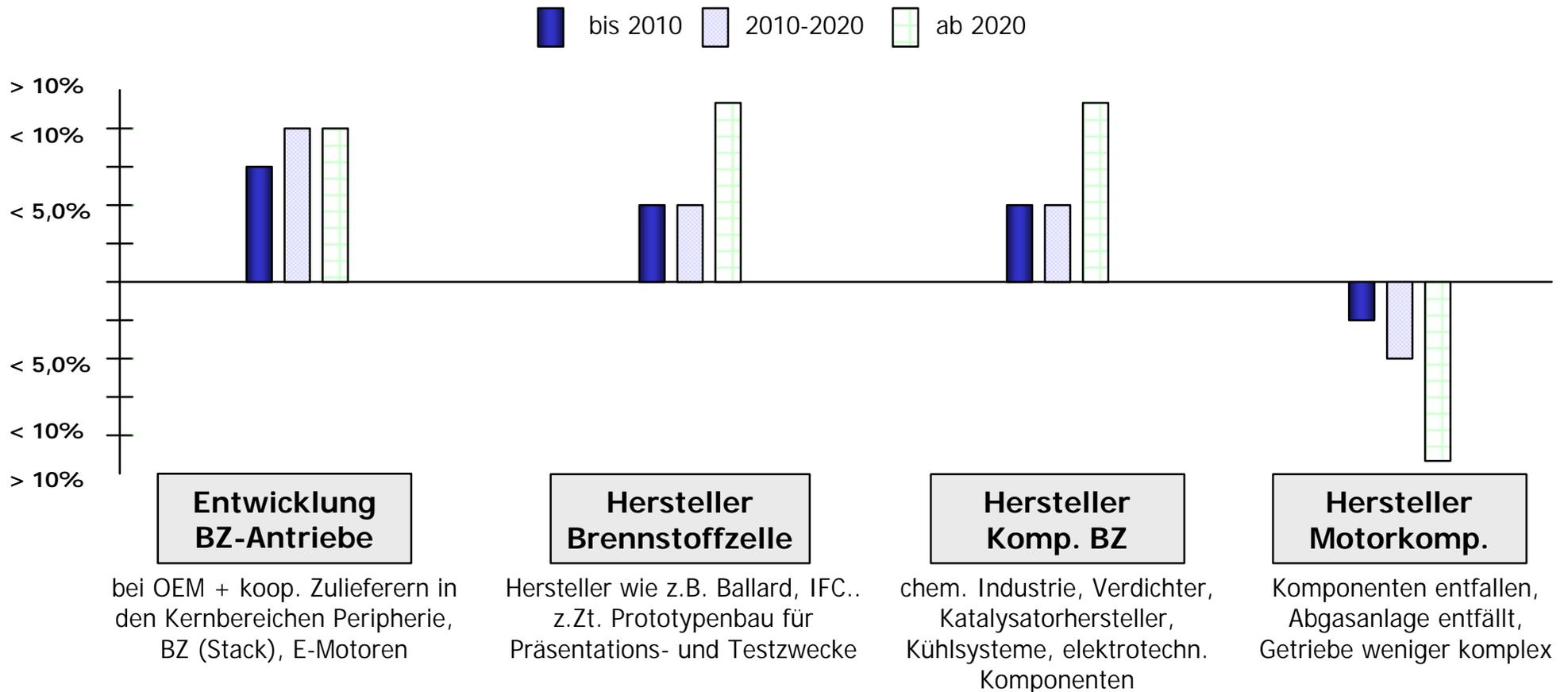
Brennstoffzellensystem - Prinzip



Quelle: VW AG (Steiger)

Brennstoffzelle

Prozesskette und zu erwartende Beschäftigungseffekte



geforderte Qualifikationen: Chemiker, Physiker, Verfahrenstechniker (Beherrschung thermodynamischer und chemischer Prozesse) sowie Software-Ingenieure (Weiterentwicklung E-Motoren)

veränderte Fertigungstechniken und erhöhter (komplexer u. nicht zu automatisierender) **Montageaufwand** sowie Beachtung von **Sicherheitsauflagen** (Umgang mit Wasserstoff und extrem hohen Strömen) und **Aufwand für die Dokumentation** von Herstellungsprozessen aller einzelnen Komponenten

Brennstoffzelle Phasenmodell

Wasserstoff als Kraftstoff
als einheitliche
Orientierung aller OEMs;
d.h. verzögerte
Einführungsphase



zu lösende Probleme:

1. Gewicht
2. Kostenannäherung an Dieselmotor
3. mobiler Speicher für Wasserstoff
4. flächendeckende Versorgungsinfrastruktur

aber:
Dynamik in der
stationären
Verwendung der BZ

entscheidend für den
Substitutionseffekt werden
weitere Entwicklungen im Bereich
der Verbrennungsmotoren sowie
politische Regelungsfaktoren sein

ab 2020 **Substitutions-
effekt** von 10-25%

Ab 2005 haben alle
wichtigen Hersteller
BZ-Fahrzeuge für
Testzwecke

2010-2015 kommt es
zu ersten Serien-
Einsätzen

2000

2005

2010

2020

Schlussfolgerungen

- ✚ zur Beurteilung von Chancen und Risiken der Beschäftigung im Zusammenhang mit innovatorischen Prozessen im Fahrzeugbau sind Entwicklungsverläufe (**phase-in / phase-out**) sowie die **Innovationskonkurrenz der Technologien** d.h. Aufbau von Kapazitäten im Entwicklungs- wie im Fertigungsbereich von entscheidender Bedeutung
- ✚ kurz- und mittelfristig sind in den betrachteten Innovationsfeldern eher **flache Diffusionsverläufe** und geringe Substitutionseffekte zu erwarten
- ✚ es kommt mittel- und langfristig zu z.T. erheblichen Verlagerungen in der Prozesskette (**Struktureffekte** im Hinblick auf Branchen), aber: Möglichkeit des graduellen Hinüberwachsens in neue Anforderungen
- ✚ erwartet wird ein erhöhter Bedarf an **Softwareingenieuren** in der Entwicklung sowie **mechatronischen Qualifikationen** in der Produktion
- ✚ es sind unausgeschöpfte Handlungsmöglichkeiten (**Regulierung**) auf staatlicher und verbandlicher Ebene feststellbar (Kontrollfunktion im Recyclingbereich, Standardisierungsaktivitäten ...)

Ausblick

Innovationskonfigurationen mit hoher Untersuchungstiefe	Innovationskonfigurationen mit geringer Untersuchungstiefe
Elektronisierung des Fahrzeugs	Altautorecycling
Alternative Antriebssysteme	E-Commerce / B2B
Leichtbau – Neue Werkstoffe	Neue Vertriebssysteme B2C
Verkehrslaitsysteme und Telematik	