
Technologische Entwicklungstrends und Beschäftigung

Fachkonferenz „Zukunftsmobil“

Augsburg, 8. Juli 2013

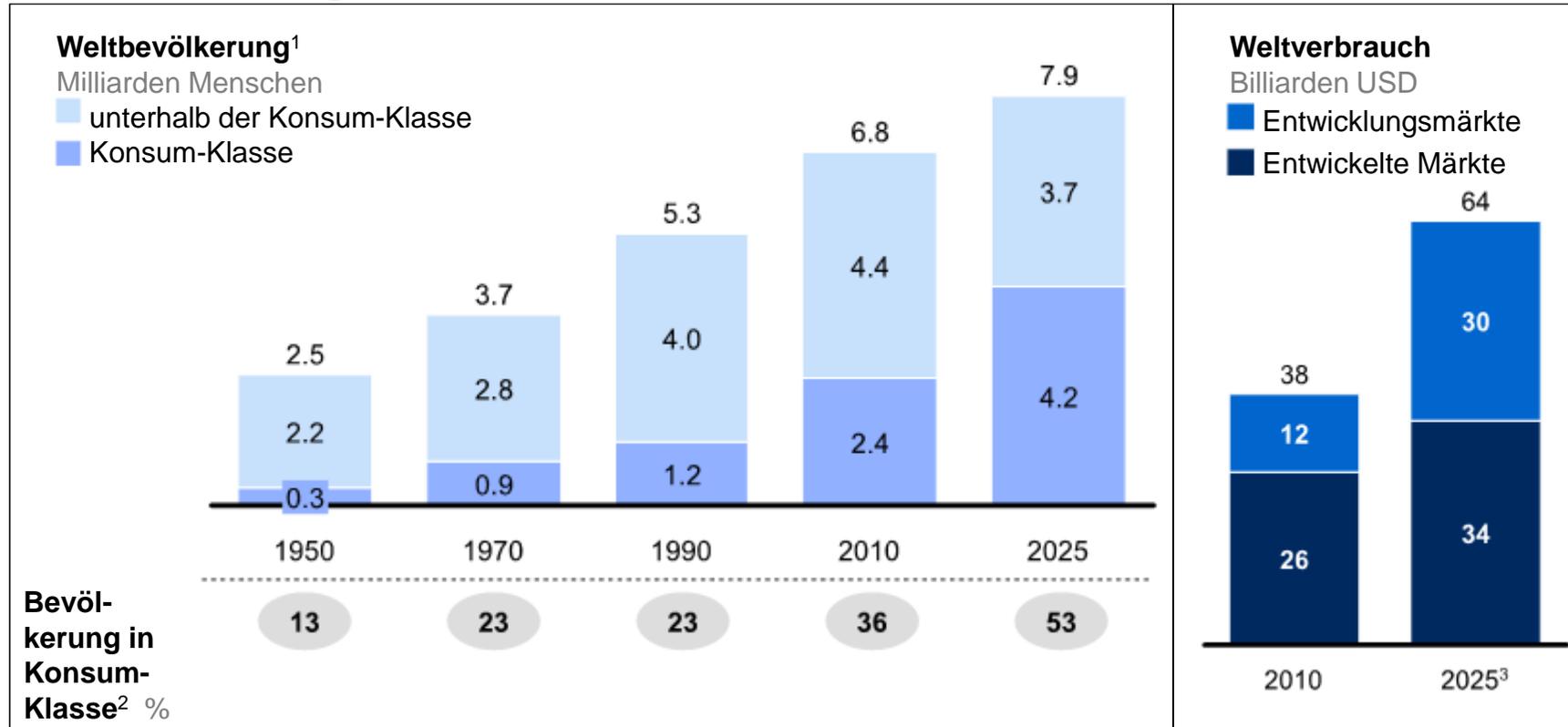


Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl

Institutsleiter

- Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb IFF, Universität Stuttgart
- Institut für Energieeffizienz in der Produktion EEP, Universität Stuttgart
- Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA Stuttgart

Wir haben kein nachfrageseitiges Wachstumsproblem aber 2025 wird die Hälfte des globalen Konsums in Entwicklungsländern stattfinden.



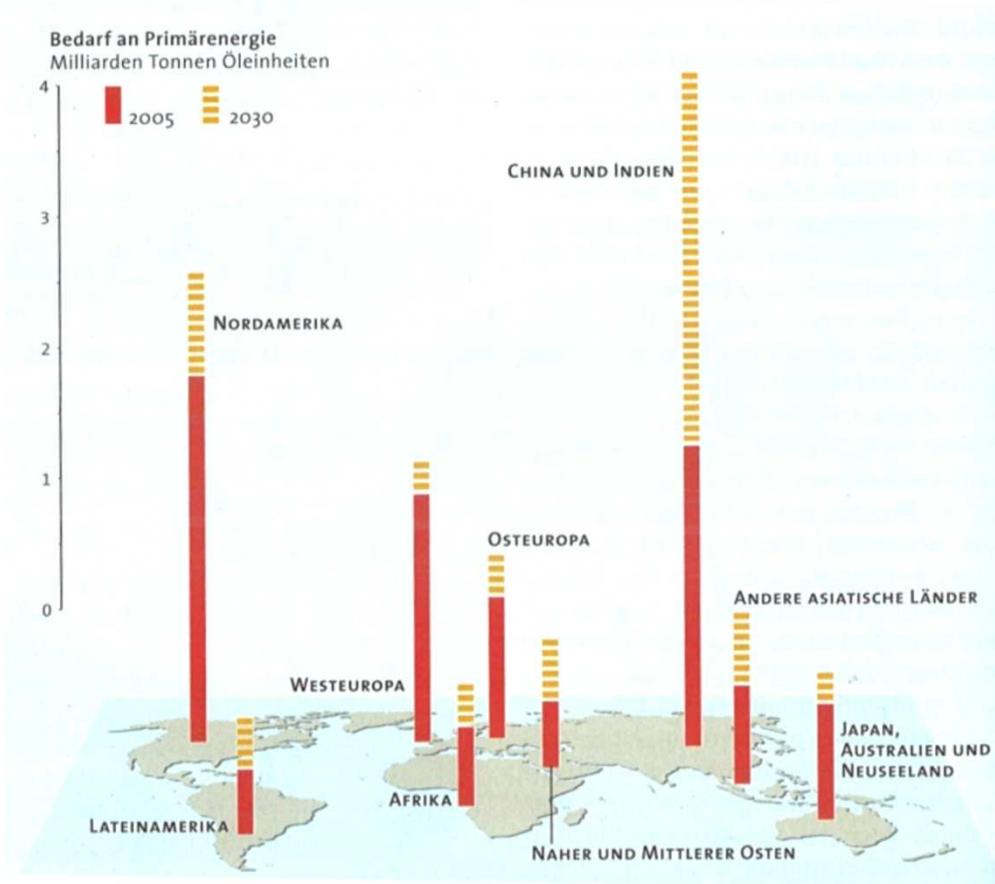
- Wir werden älter! (Durchschnittsalter steigt um ca. 10 Jahre bis 2050)
- Wir werden urban! (60% -70% aller Menschen leben 2050 in Städten)

Quelle: Wolfeshorn Center for Development, Brookings Institution); Groningen Growth and Development Centre; McKinsey Global Inst.



Wir haben ein angebotsseitiges Wachstumsproblem

Ressourcenvernutzung begrenzt Wachstum

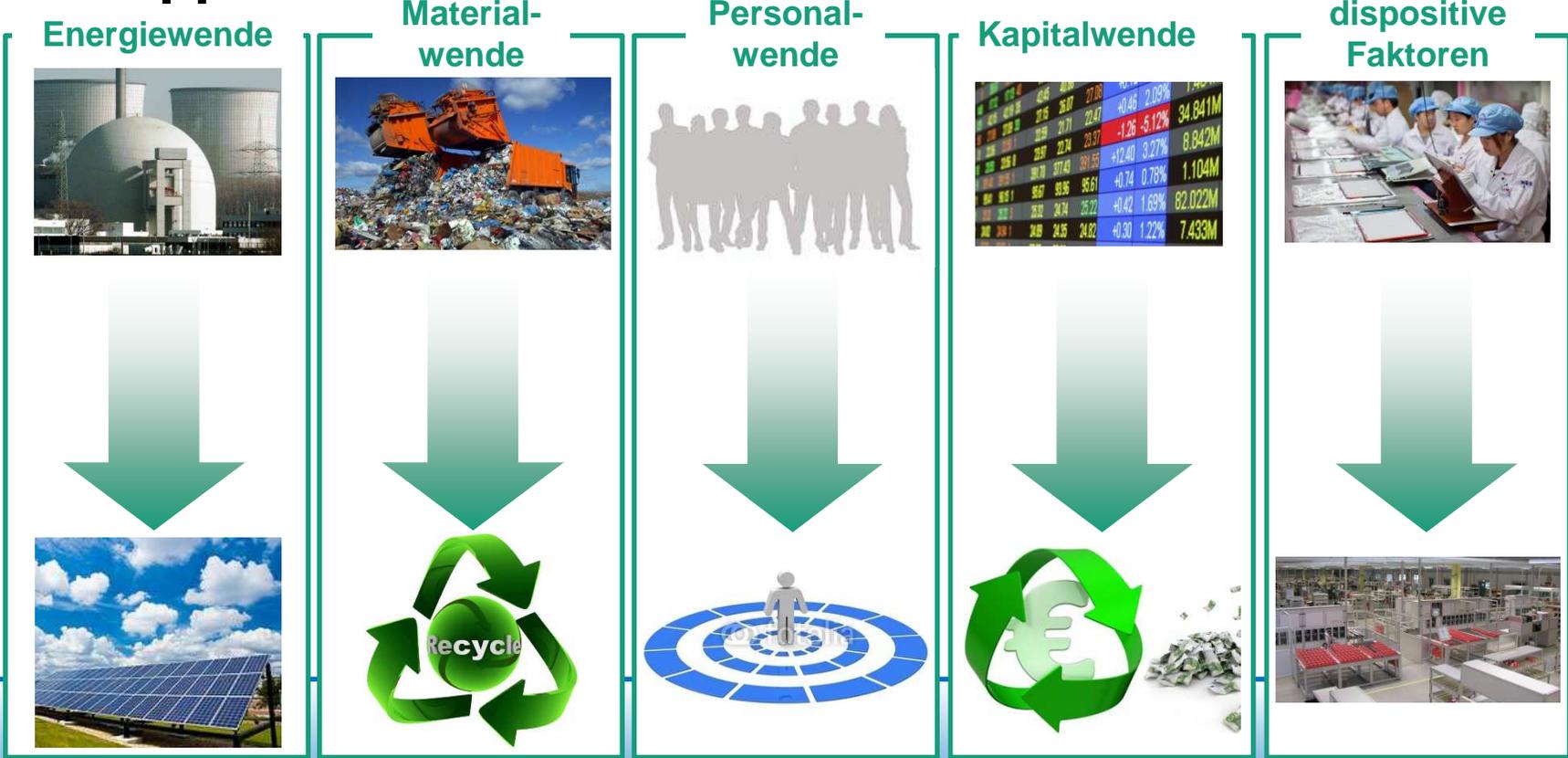


- Wir bedrohen die Umwelt (Klimawandel, Artenvielfalt,...).
- Wir verbrauchen pro Jahr die Menge an fossilen Energieträgern, die die Erde in einer Million Jahre gebildet hat.
- 2025 leben voraussichtlich zwei Drittel der Menschen in Regionen, die von Wassermangel betroffen sind.¹
- Bis 2050 wird sich unser Energiebedarf verdoppeln.²

¹ Quelle: Die Welt in Zahlen 2010; ² Quelle: BP Statistical Review of World Energy 2011;



Technologie statt Verzicht, der einzige Weg, Wachstum und Wohlstand vom Verbrauch endlicher Ressourcen zu entkoppeln



Informations- und Kommunikationstechnologie als Enabler

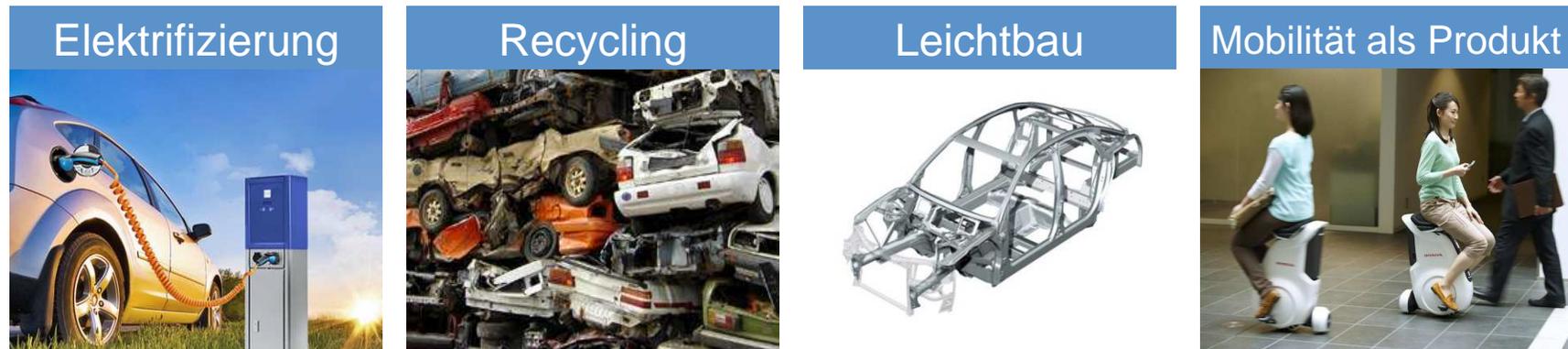
Bildquellen: hbw-cs.de; freemalaysiatoday.com; t2.ftcdn.net; livingwater-online.de; verkehrsrundschau.de; wieland-edelmetalle.de

Paradigmenwechsel zur emissionsfreien Mobilität führt zu einer Komplexitätsexplosion

Treiber des Paradigmenwechsels in der Automobilindustrie



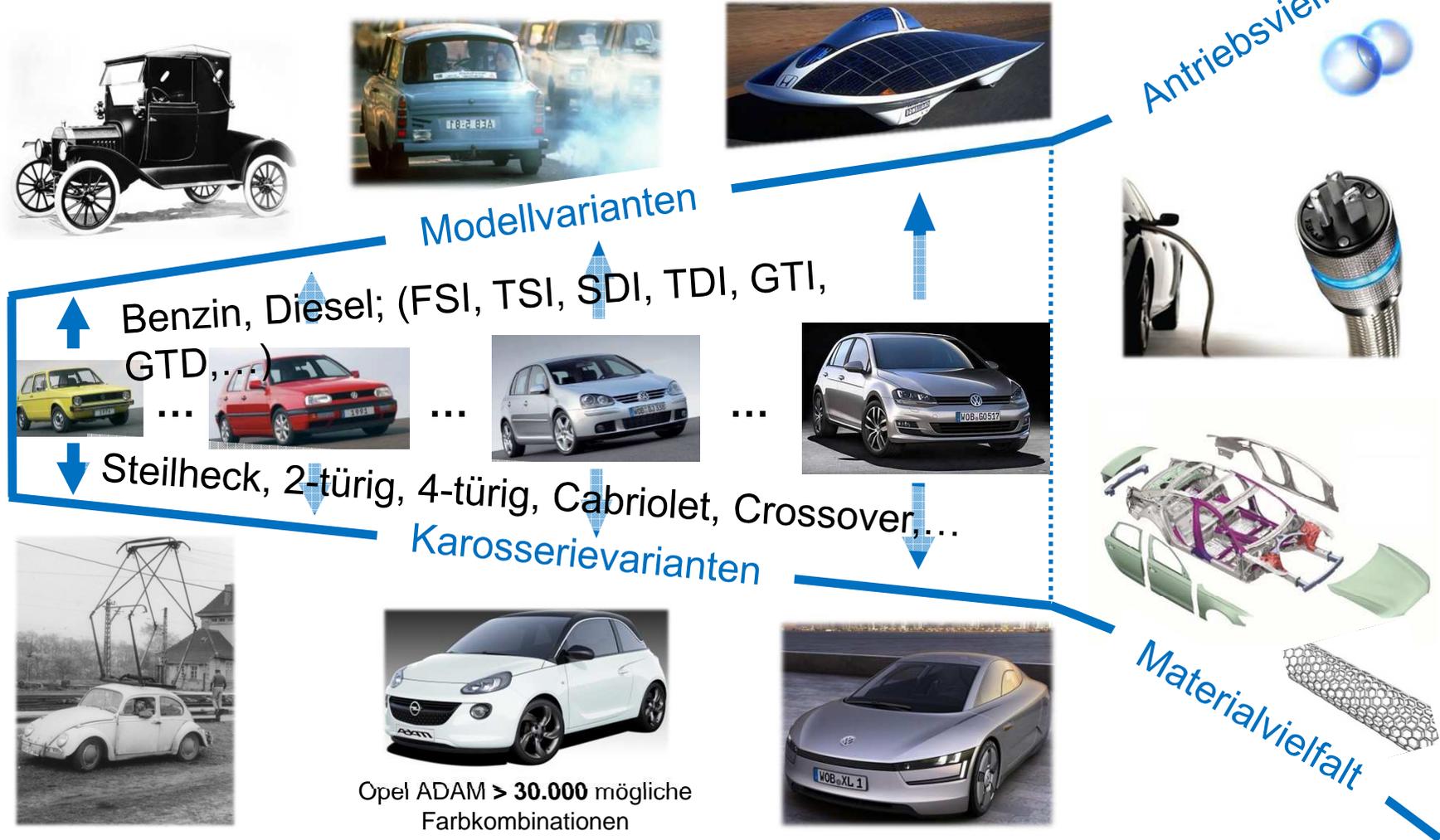
Ansätze zur nachhaltigen Entwicklung individueller Mobilität



Bildquellen: www.autozeitung.de; www.autodino.de



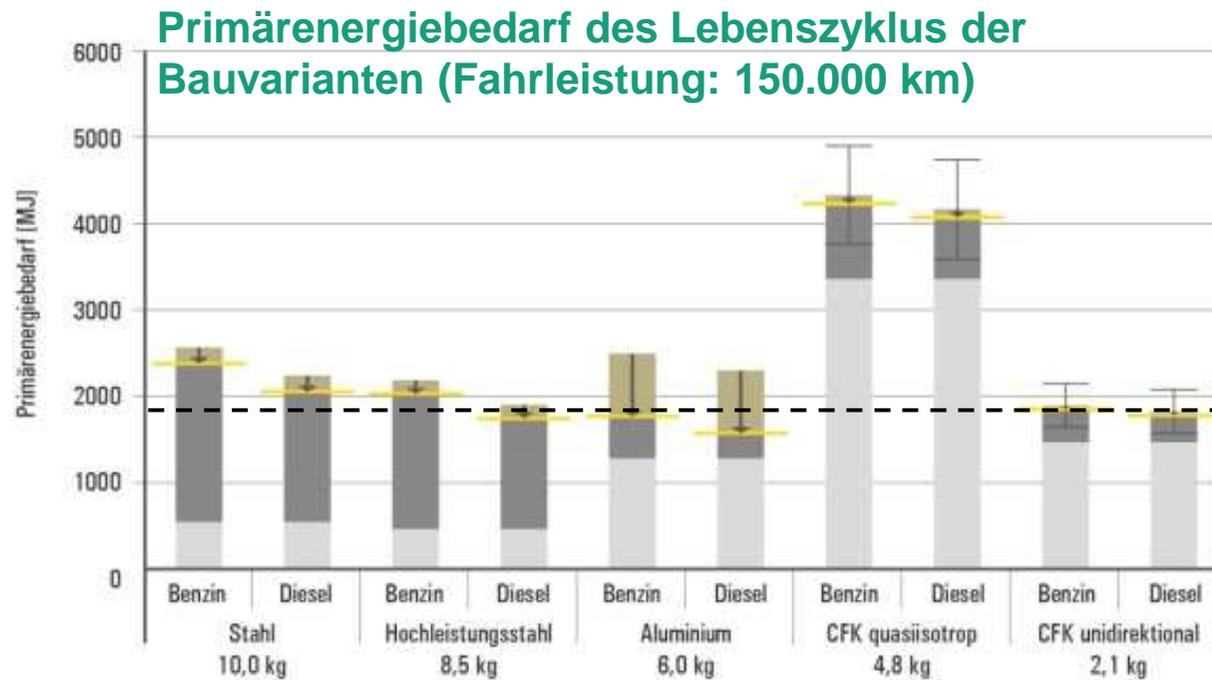
Fehlendes dominantes Design führt zu neuen Wettbewerbsbedingungen



Bildquellen: focus.de; pagenstecher.de; topnews.de; spiegel.de; bmw.de; AUDI; VW; Honda; autoviva.com; autobild.de

Zukunft Leichtbau: Innovativer Materialmix

Das richtige Material an der richtigen Stelle



Leichtbau in Mobilität und Fertigung

Ökologische Aspekte



e-mobil BW
Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie Baden-Württemberg GmbH

- Verwendung von Kunststoffen auf Basis nachwachsender Rohstoffe bietet große Energieeinsparpotenziale
- Optimierungsbedarf in Weiterverarbeitung
- Steigerung der Leichtbaugüte durch Materialforschung und verbesserte Werkstoffeigenschaften

Steigende Variantenvielfalt bei Technologie und Stückzahl erfordert flexible Lösungen in wandlungsfähigen Strukturen

Gestern:



Effiziente Montagelinien

Heute:



Derivate auf effizienten Montagelinien

C-Klasse

Morgen:



Derivate mit alternativen Antrieben auf effizienten Montagelinien



Varianz neuer Antriebe belastet Fabriken von morgen!

Antriebsvielfalt



Universität Stuttgart
Institut für Industrielle Fertigung
und Fabrikbetrieb (IFF)



Universität Stuttgart
Institut für Energieeffizienz
in der Produktion (EEP)

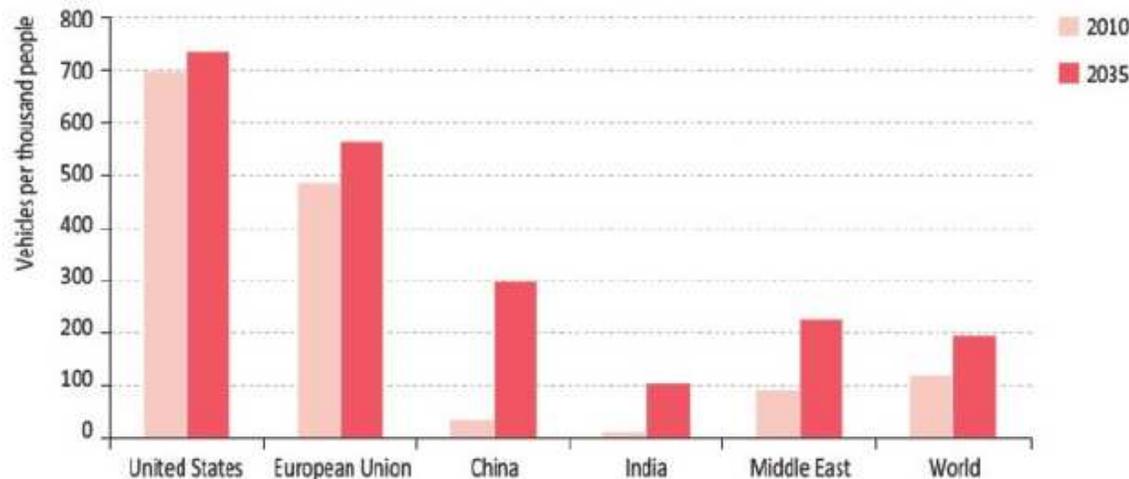
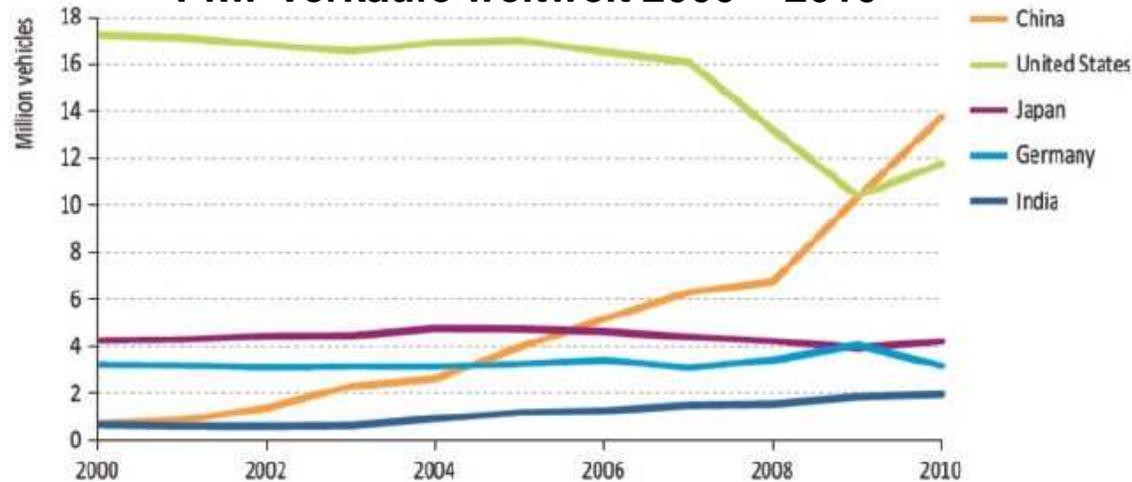
betriebsräte
akademie
bayern



Fraunhofer
IPA

Komplexität im Wertschöpfungsnetzwerk nimmt zu

Pkw-Verkäufe weltweit 2000 – 2010



Automobilbesitz-Szenario 2010 – 2035

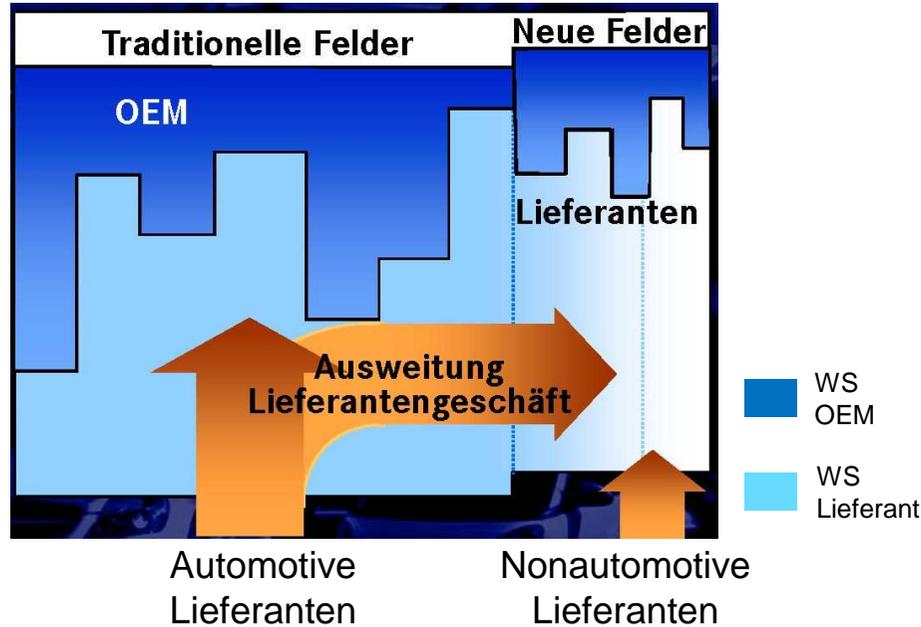
- Globale Nachfrage nach individueller Mobilität wächst weiter
- Local content und nutzen der Standortfaktoren (Marktnahe Produktion)
- Pricing
- Innovationsdruck
- Verkürzung der Entwicklungszeiten

Quelle: IEA – World Energy Outlook 2011, Paris 2011



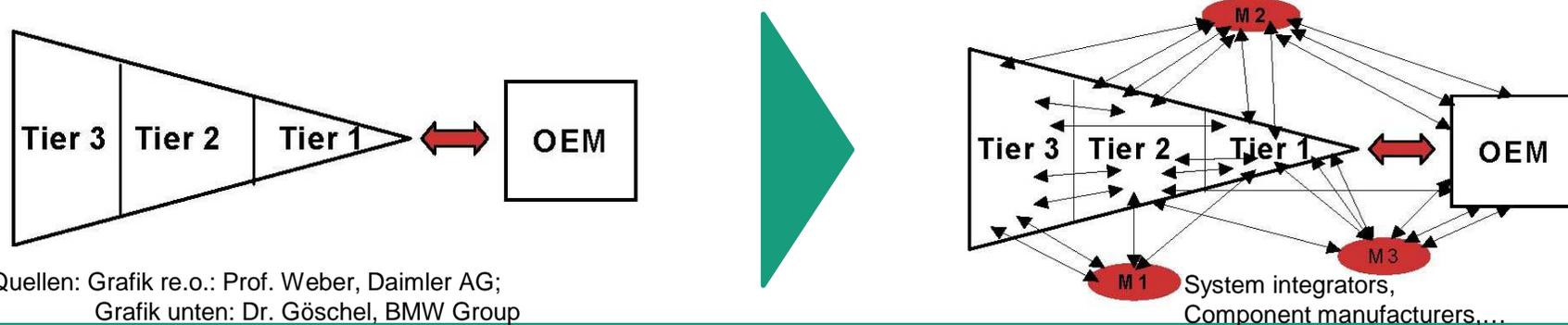
Wandlungsfähigkeit und Komplexität

Automobilproduktion: OEM-Wertschöpfung im Umbruch



- Verschiebung der Machtverhältnisse in der Zuliefererpyramide
- Neue Definition – Elektrifizierung (make or buy)
- Gefahr der Entwertung von know-how (neue Wettbewerber)
- Hohe Investitionen notwendig (ROI?)

OEM Wertschöpfungskette: von Zuliefererpyramide zum -netzwerk



Quellen: Grafik re.o.: Prof. Weber, Daimler AG;
Grafik unten: Dr. Göschel, BMW Group

Wie reagiert bisher die Automobilindustrie darauf

Handhabung von Komplexität

- Produktkomplexität
 - Standardisierung
 - Modularisierung
- Technologiekomplexität
 - Outsourcing
 - Zuliefererpyramide
 - Qualitätsmanagement (ISO TS 16949)
- Prozesskomplexität
 - Linienproduktion (Austaktung, Verkettung, Perlenkette)
 - Arbeitsteilung (Hours per Vehicle – HPV)
 - Lean management
 - Supply chain management



IT-Lösungen

Bildquellen: webdesigndev.com, gemeinde.bozen.it, business-wissen.de, auto-medienportal.net/audi

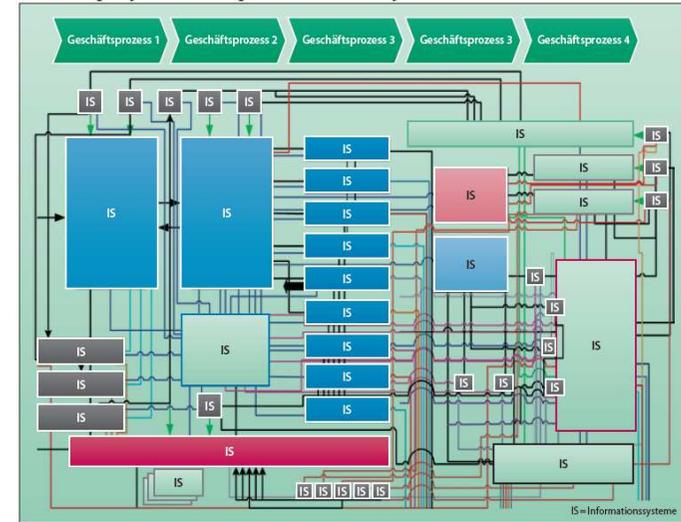


IT als Verursacher von Komplexität

Hintergründe und Lösungsansätze

IT-Komplexität im Unternehmen resultiert aus¹:

- Vielzahl und Heterogenität von IT-Elementen,
- deren Abhängigkeiten, Redundanzen und Inkonsistenzen sowie
- der Änderungsdynamik.
- Spuren verschiedener Entscheidungsträger mit eigenen Vorstellungen, Zielen und Anforderungen.
- Immer neuen Technologiewellen „Pile-up-Effekte“.

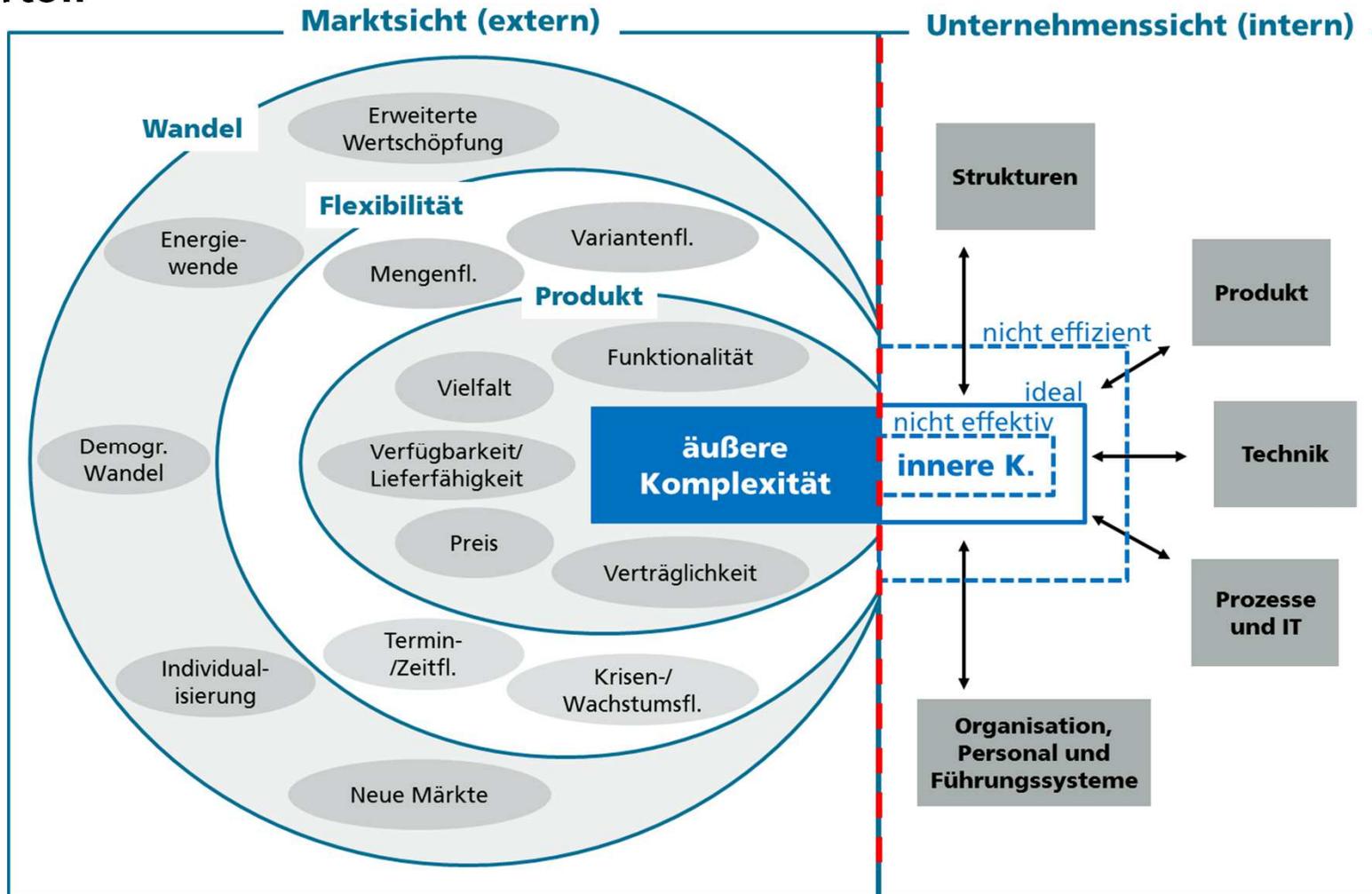


Aktuelle Ansätze zur Reduzierung der IT-Komplexität:

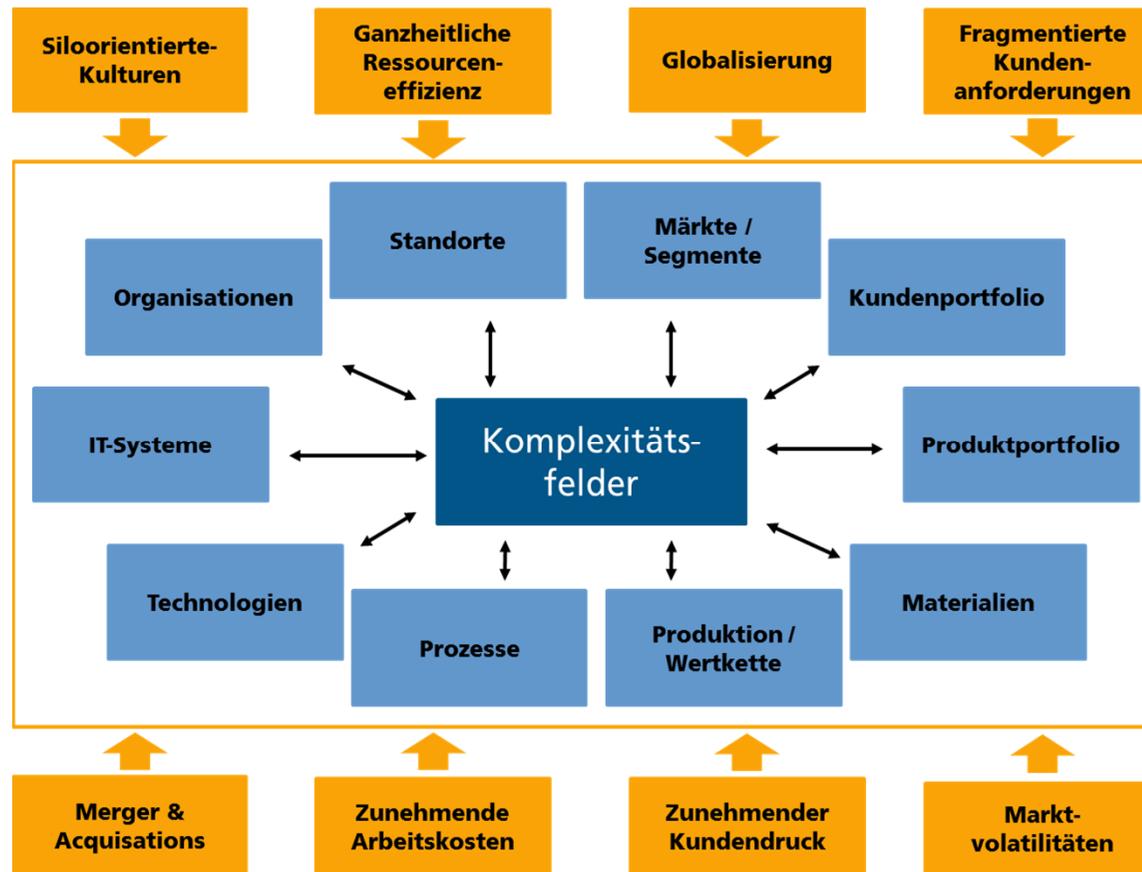
- **IT-Governance** zur Sicherstellung des optimalen Betriebs der IT zur Erreichung der Unternehmensziele
- **Enterprise Architecture Frameworks** zur Strukturierung und Entwicklung der Ausrichtung der Unternehmens-IT an die Geschäftsziele

Quellen¹: Beetz, R.: IT Organisation und Machtverteilung zwischen Fachbereich / IT und die Auswirkungen auf IT Komplexität in Unternehmen
Hansche, I.: Beherrschen der IT-Komplexität mit Hilfe von EAM ; International IT Benchmark Association

Die Fähigkeit, äußere und innere Komplexität ins Gleichgewicht zu bringen und zu halten, wird zum entscheidenden Wettbewerbsvorteil



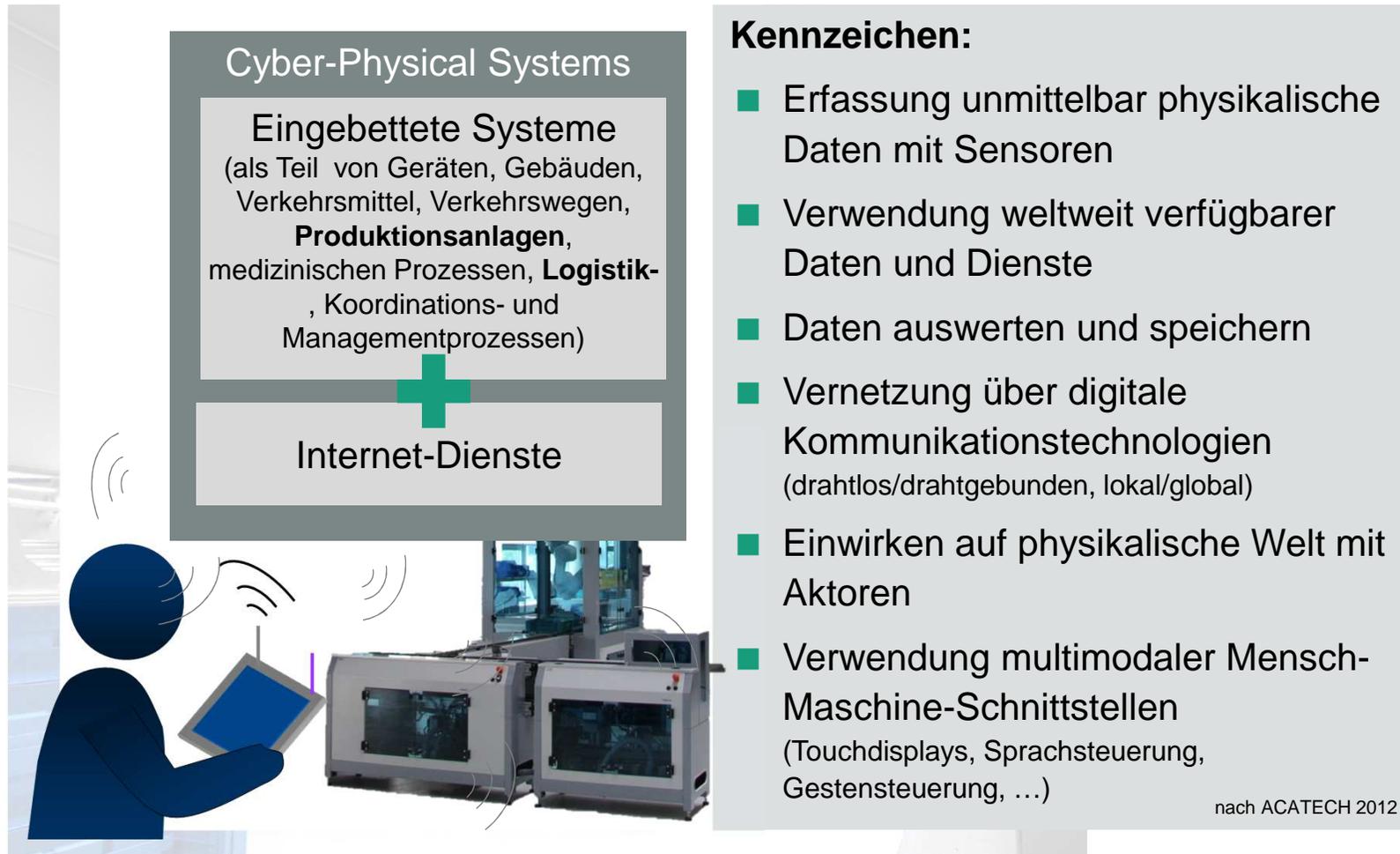
Fraktalisierung im Wertschöpfungsnetz als Antwort auf steigende Komplexität – Dezentrale, autonome Intelligenz in synergistischen Strukturen



- Fraktalprinzip (Selbstähnlichkeit, Selbstorganisation, Selbstoptimierung)
- Kommunikation statt Integration
- Fraktalbildung auf Basis von Komplexitätstreibern
- Synergie muss Dezentralisierungsaufwand kompensieren

Die nächste Ebene der Dezentralisierung

Von der fraktalen Fabrik zum Cyber-physischen Produktionssystem



Kennzeichen:

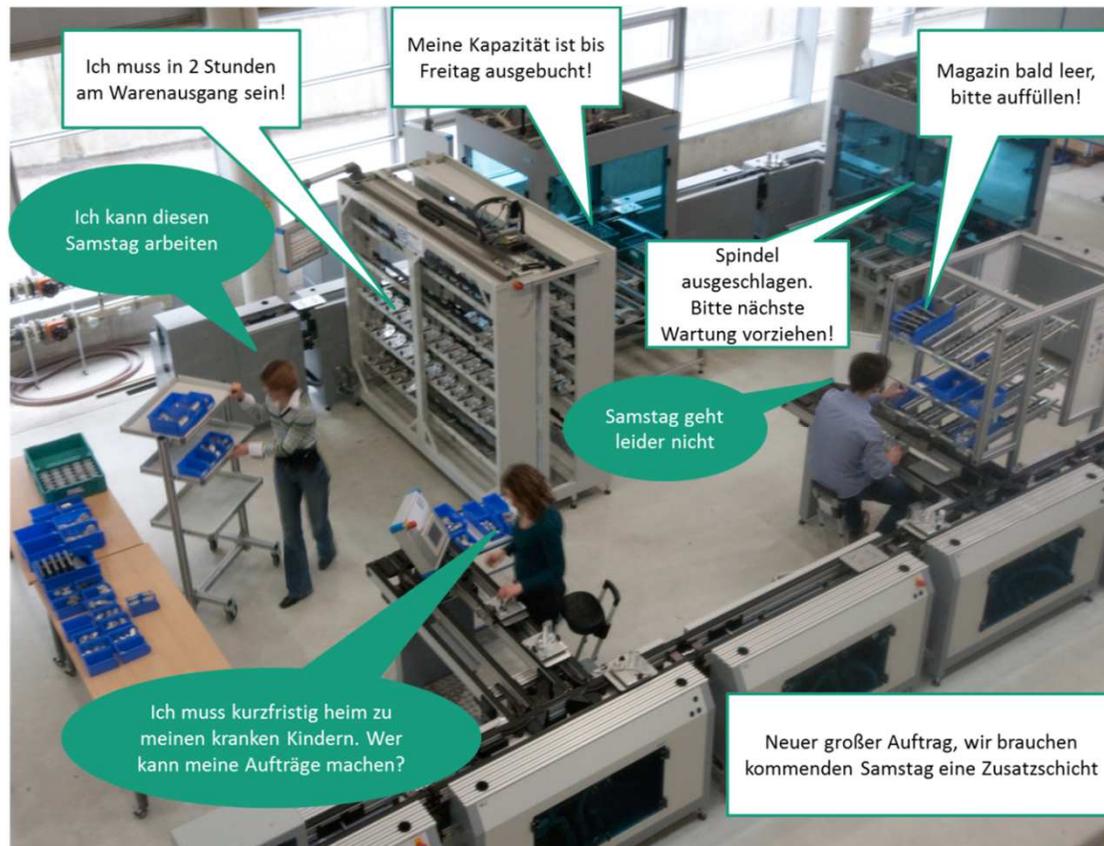
- Erfassung unmittelbar physikalische Daten mit Sensoren
- Verwendung weltweit verfügbarer Daten und Dienste
- Daten auswerten und speichern
- Vernetzung über digitale Kommunikationstechnologien (drahtlos/drahtgebunden, lokal/global)
- Einwirken auf physikalische Welt mit Aktoren
- Verwendung multimodaler Mensch-Maschine-Schnittstellen (Touchdisplays, Sprachsteuerung, Gestensteuerung, ...)

nach ACATECH 2012



Kontextmanagement ersetzt die operative Planung

Die Smarte Fabrik organisiert sich selbst in Echtzeit

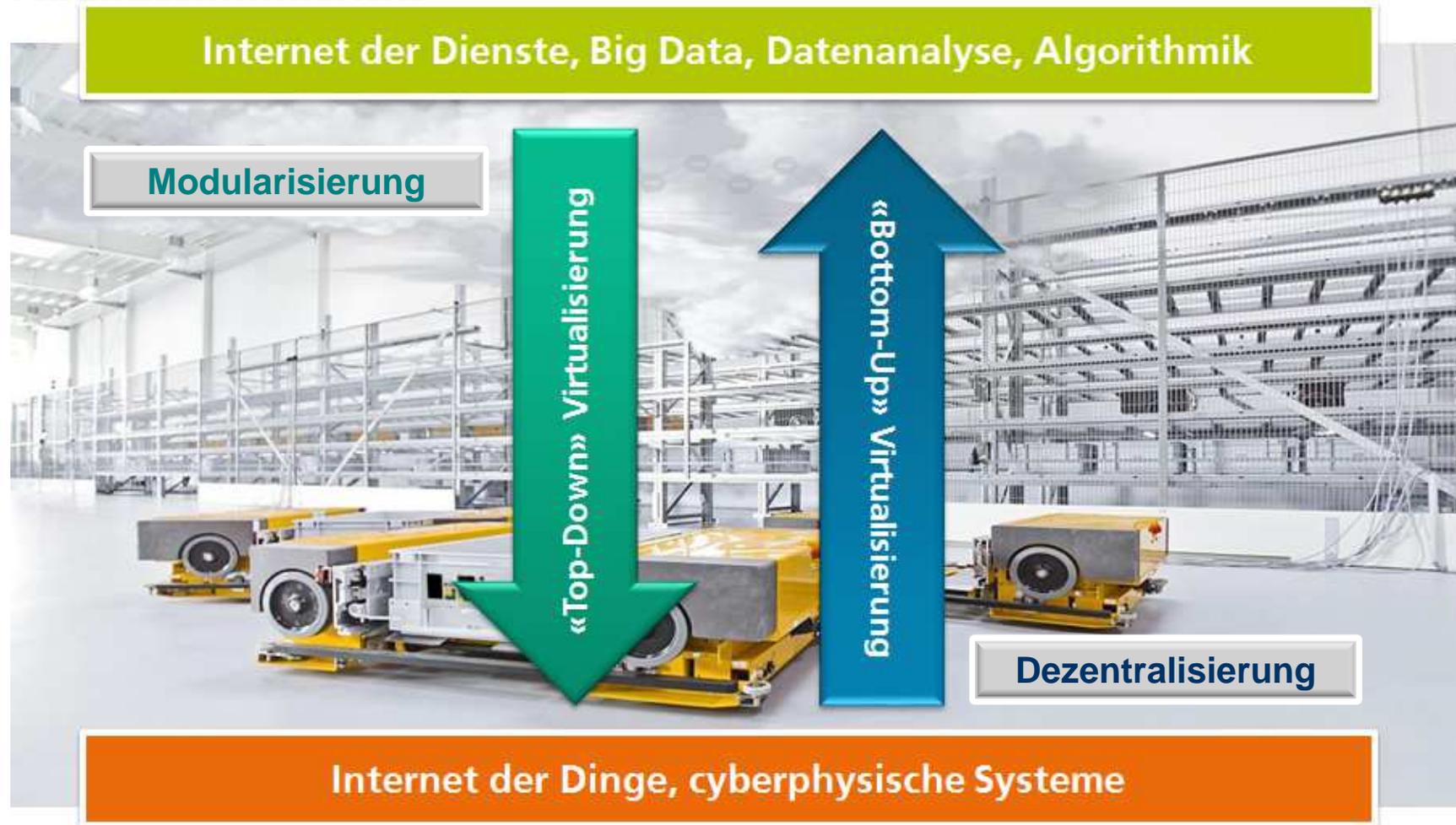


Cyber-physische Systeme
(z.B. Maschinen, Anlagen)

- haben eine Identität
- kommunizieren untereinander und mit der Umgebung
- konfigurieren sich selbst (Plug and Produce)
- speichern Informationen

dezentrale Selbstorganisation in Echtzeit

Das Internet der Dinge und Dienste als Basis des Komplexitäts-managements durch Modularisierung und Dezentralisierung

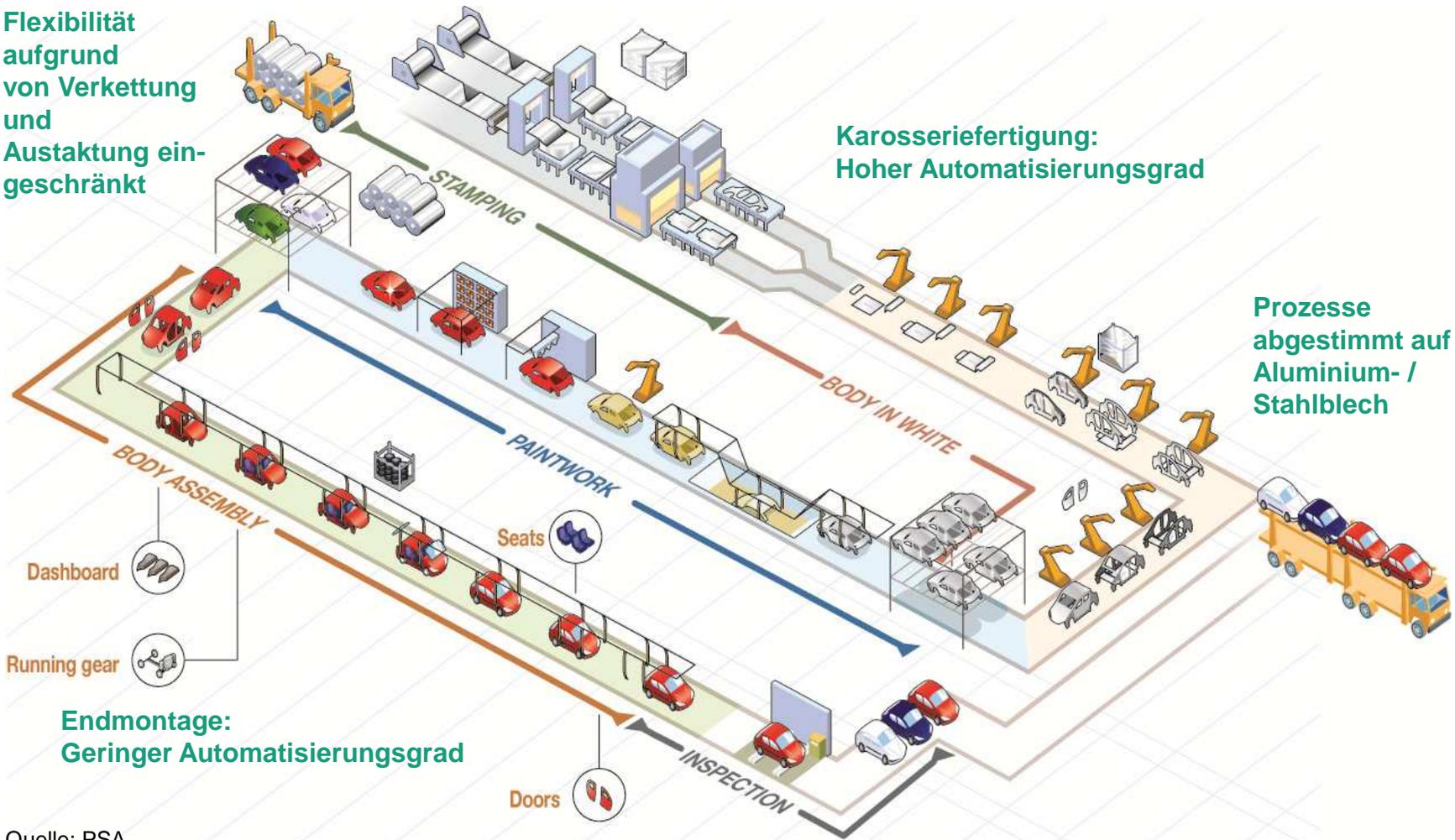


Quelle: Fraunhofer IML, Prof. Dr. Michael ten Hompel



Automobilproduktion heute – Band und Takt sind der Herzschlag der Supply Chain und limitieren Agilität

Flexibilität aufgrund von Verkettung und Ausstattung eingeschränkt



Quelle: PSA



ARENA2036 - Forschungscampus Stuttgart: Active Research Environment for the Next Generation of Automobiles



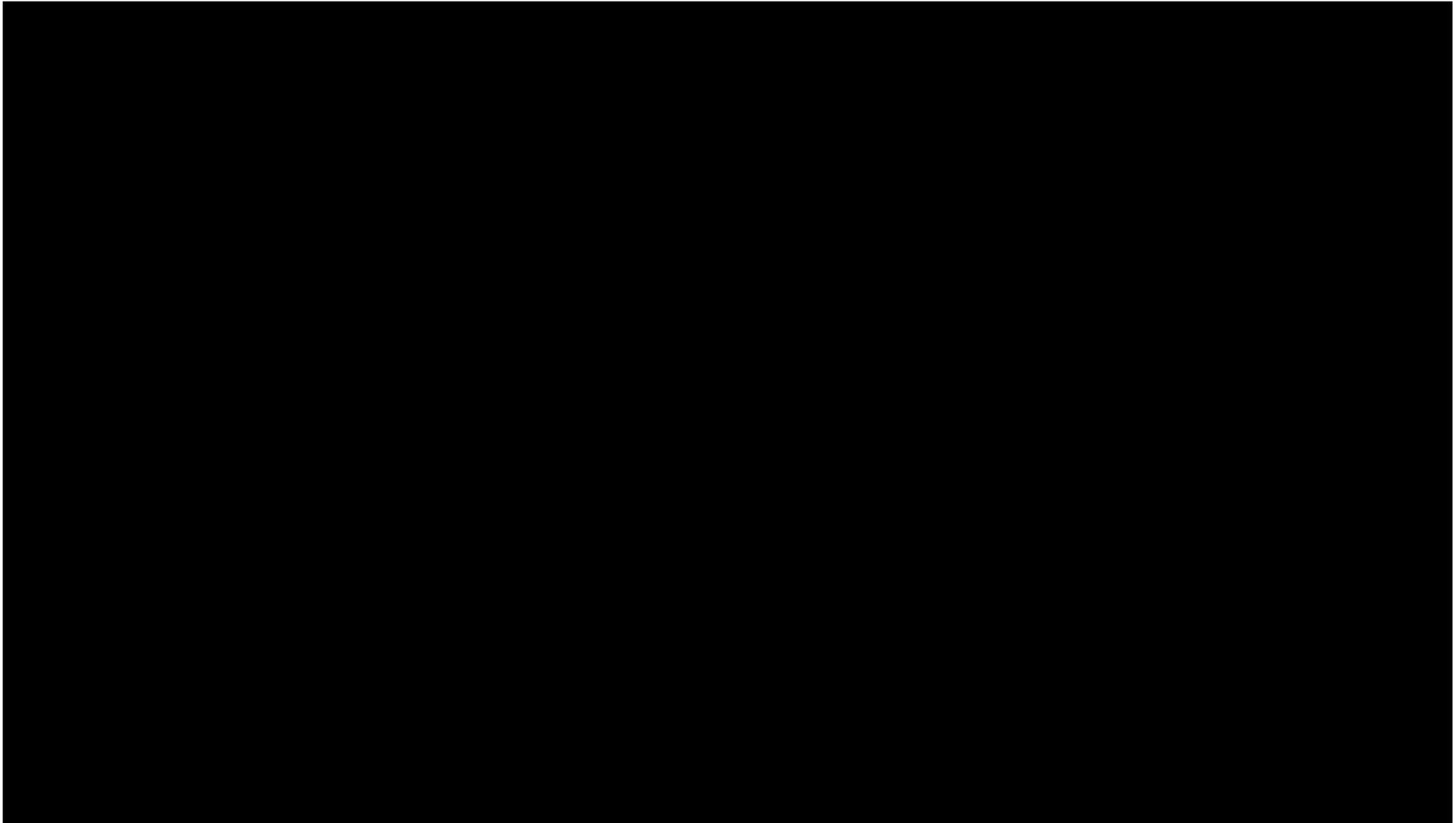
- PPP
- 15 Jahre
- Forschungsfabrik als Integrationsplattform

ARENA2036

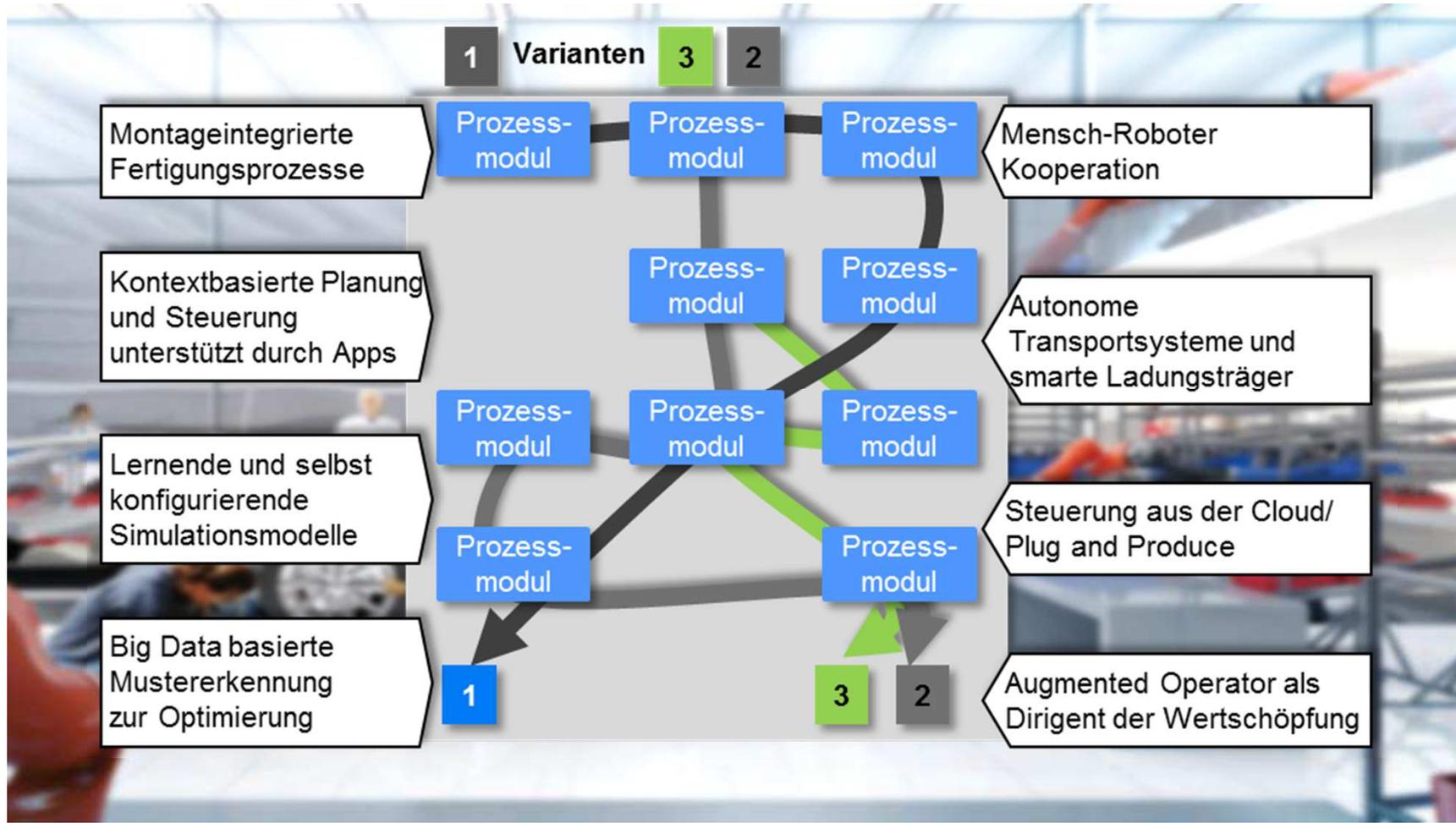


ARENA 2036: Die Zukunft der Automobilfertigung

Flexibilität ohne Band und Takt



Automobilproduktion morgen – Entkopplung von Band und Takt durch flexibel vernetzbare und skalierbare Prozessmodule im Produktionsraum



Zellulare Fördertechnik

Schwarmintelligenz für die Logistik

Beispiel: Schwarm mit 50 autonomen Shuttles



- Agentenbasierte Fahrzeug- und Auftragssteuerung
- Sensorfusion zur Lokalisierung und Schwarmsteuerung
- Ersetzen konventionelle Regalbedienung und Fördertechnik

Quelle: Fraunhofer IML, Prof. Dr. Michael ten Hompel



iBin

Intelligente Behälter bestellen ihre Befüllung autonom

WÜRTH Industrie Service

iBin

BESTÄNDE IM BLICK

Freier Zugriff

Öffnen per Knopfdruck

2-stufige Frontklappe

Mit einer integrierten Kamera und im Zusammenspiel mit seiner Cloud zählt der iBin die Teile, die in ihm liegen.



Monofunktionale Transportfahrzeuge finden autonom und frei planbar den Weg vom Lager zum Produktionsprozess

Kleine autonome Transporeinheit (KaTe)



- KLT 600mm x 400mm
- Nutzlast 30kg
- Geschwindigkeit 1,5m/s

Doppelkufensystem



- Europalette
- Nutzlast 1000 kg (Prototyp 400 kg)
- Geschwindigkeit 1m/s

Quelle: Universität Stuttgart: Institut für Fördertechnik und Logistik (IFT), Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. K.-H. Wehking



Robotik CPS in der Intralogistik

Mobile Helper für „low cost jobs“

- Mobiler Roboter mit Arm füllt Montagearbeitsplätze nach, nimmt leere Kisten zurück
- Mobiler Roboter (mit ausreichendem Laderaum) bewegt sich durch den Supermarkt, verteilt Artikel in Kisten



Mobiler Manipulator
(omnidirektional)

Laderaum
am Roboter

Griffähigkeit

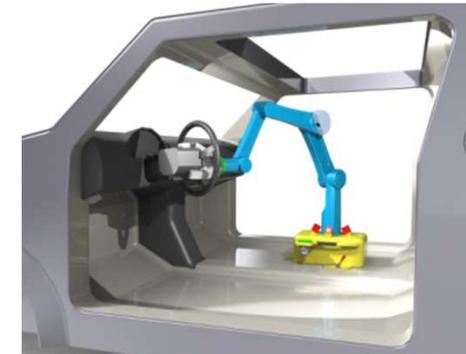
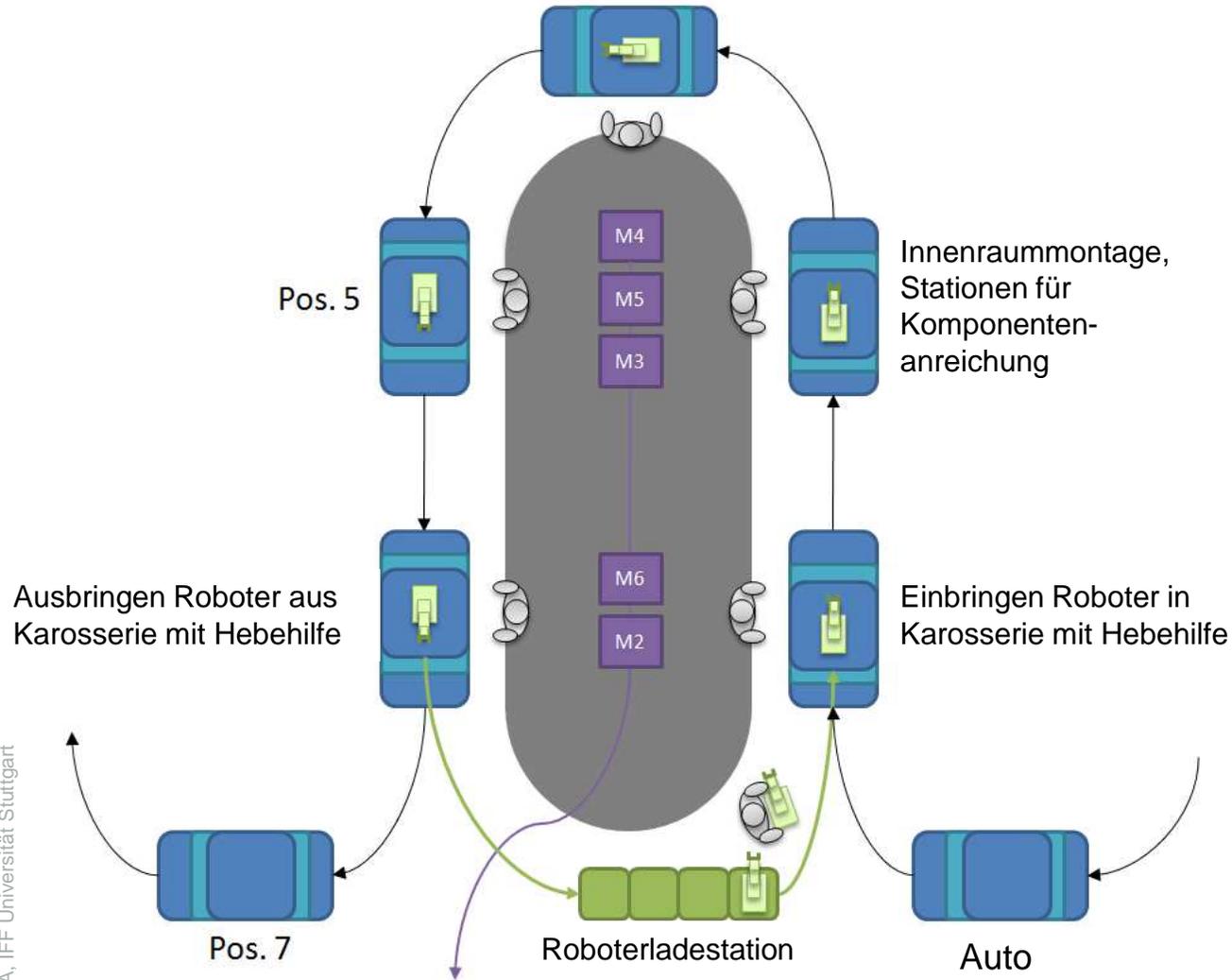
3D Umgebungserfassung
(Stereosicht, 3D-Sensor)

Zaunloser Einsatz in
industriellen Umgebungen

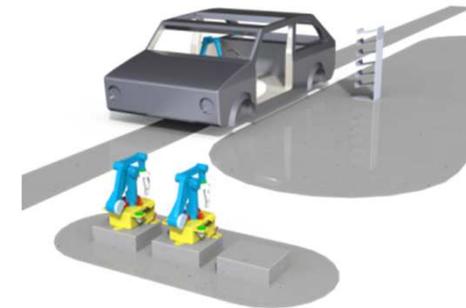


Kooperierende Montage

Mitfahrender Roboter unterstützt manuelle Montage



Innenraummontage



Roboterladestation

Biomechatronische Hebehilfen und Exoskelete unterstützen den Mitarbeiter im Zuge alternsgerechter Arbeitsplätze

Von der Hebehilfe zum Exoskelett



- **Aktive Hebehilfen:**
Entlastung der Wirbelsäule (aktive Hebehilfe)
- **Exoskeletons:**
Entlastung des ganzen Bewegungsapparats z.B. bei Überkopfarbeiten
- Konfiguration über Apps (Cloudbasiert)

Mensch Maschine Schnittstellen

Intuitive Kommunikation treibt neue Automatisierungsprinzipien

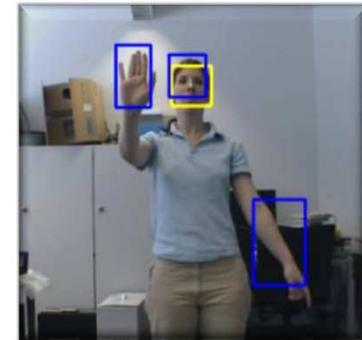
Schnittstellen für hybride Montagesysteme:

■ Interaktions-Schnittstellen

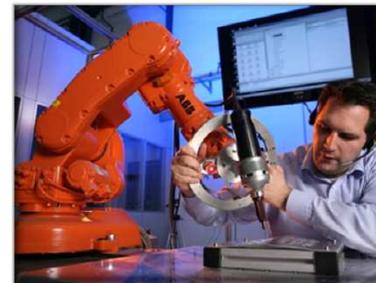
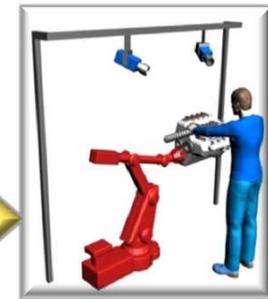
- Visuell
- Gesten
- Sprache

■ Physikalische Schnittstellen

- Haptisch
- Head-Mounted Displays
- Force-Feedback Systeme



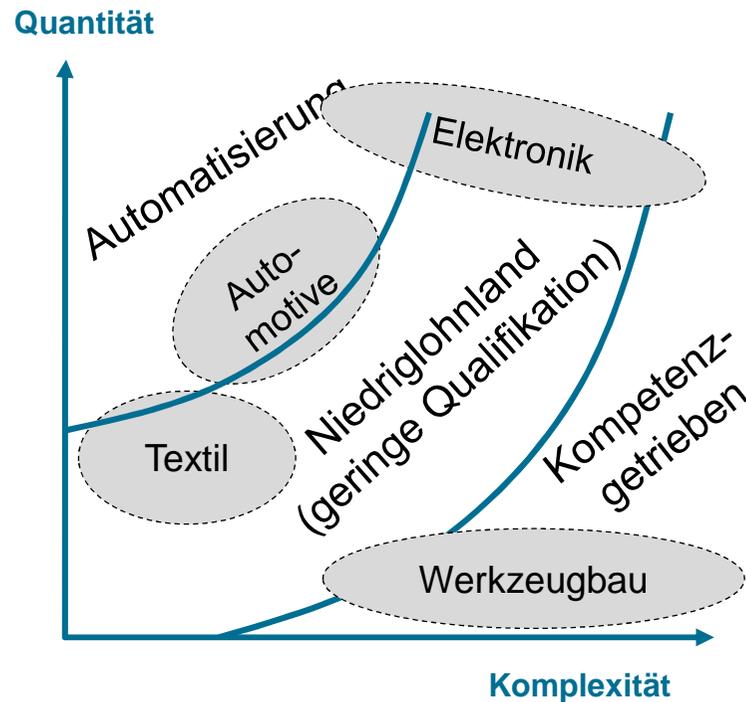
google.com/+projectglass



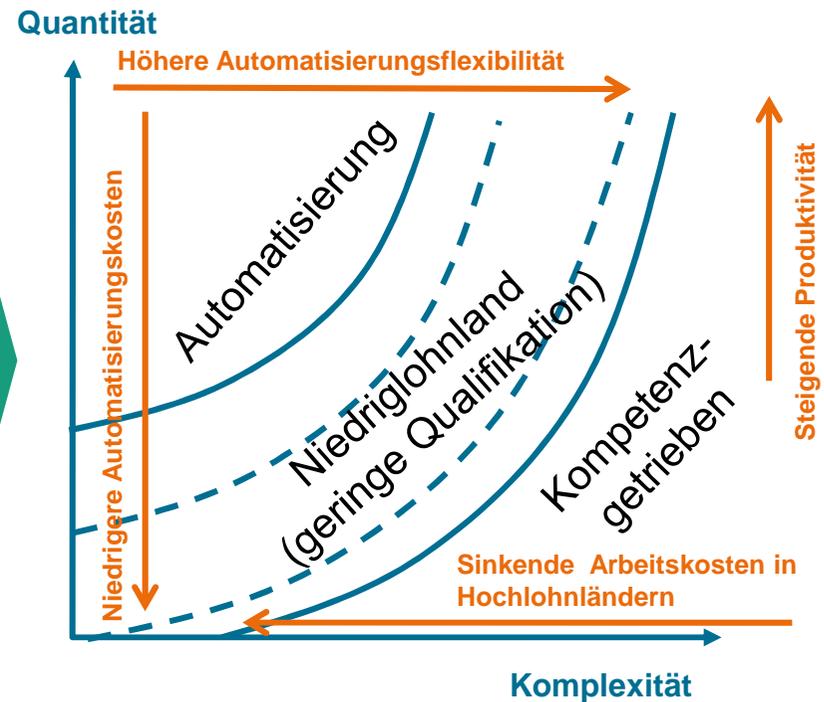
Der Optimierungsfokus verschiebt sich hin zur Flexibilitäts- und Komplexitätsbewirtschaftung

Low Cost Jobs geraten unter die Räder der Mensch-Maschine Kooperation

Fokus: Arbeitskosten und Auslastung



Fokus: Flexibilität und Komplexität



Personalwende – Deutschland

Bereits heute fehlen der Industrie in BW 8.000 Ingenieure

Maschinen- und Fahrzeugbauingenieure



■ = Fachkräftemangel (Vakanzeit liegt mind. 40% über dem Bundesdurchschnitt aller Berufe und es gibt weniger als 150 Arbeitslose je 100 gemeldete Stellen oder es gibt weniger Arbeitslose als gemeldete Stellen)

Elektroingenieure



■ = Anzeichen für Fachkräfteengpässe (Vakanzeit ist über dem Bundesdurchschnitt aller Berufe und es gibt weniger als 300 Arbeitslose je 100 gemeldeten Stellen)

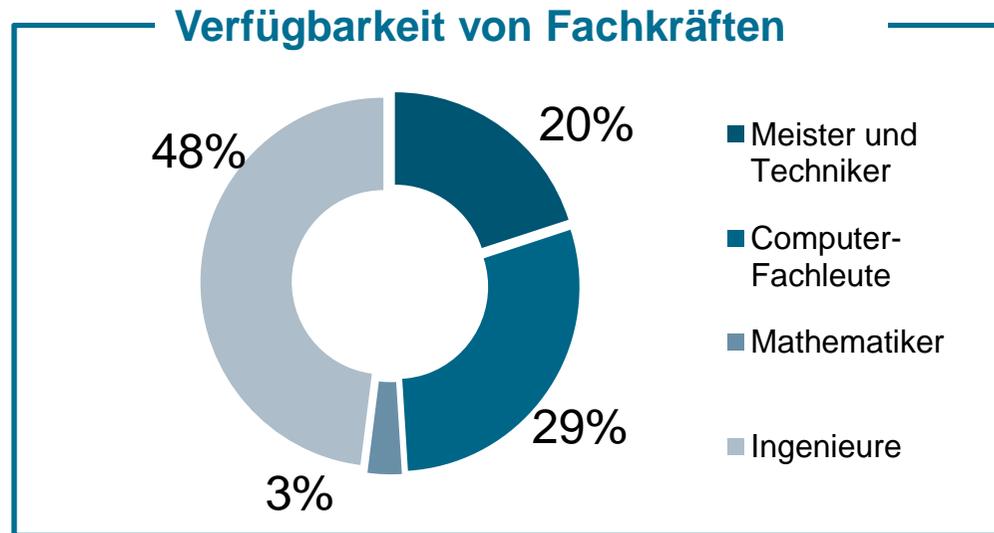
Sonstige Ingenieure*



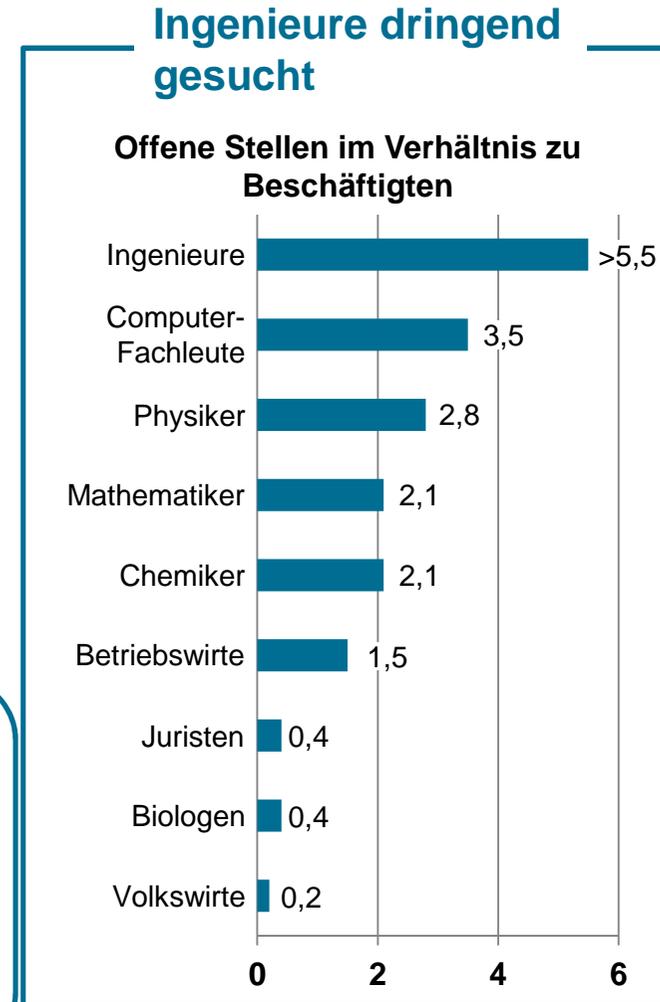
■ = keine Engpässe (Vakanzeit ist unter dem Bundesdurchschnitt aller Berufe oder es gibt mehr als 300 Arbeitslose je 100 gemeldete Stellen)



Fachkräftemangel in Deutschland



Quelle: Bundesagentur für Arbeit, Deutschland 2011



Quelle: DB Research, IAB, Monster.de (2008)

Maßnahmen

1. Meister u. Techniker zu Ingenieuren weiterbilden
2. Attraktivität des Ingenieurstudiums erhöhen
3. Anwerbung von Fachleuten aus dem Ausland
4. Zusammenarbeit von jung und alt
5. Erhöhung des Frauenanteils
6. Verringerung der Abbruchquote in den Ingenieurstudiengängen

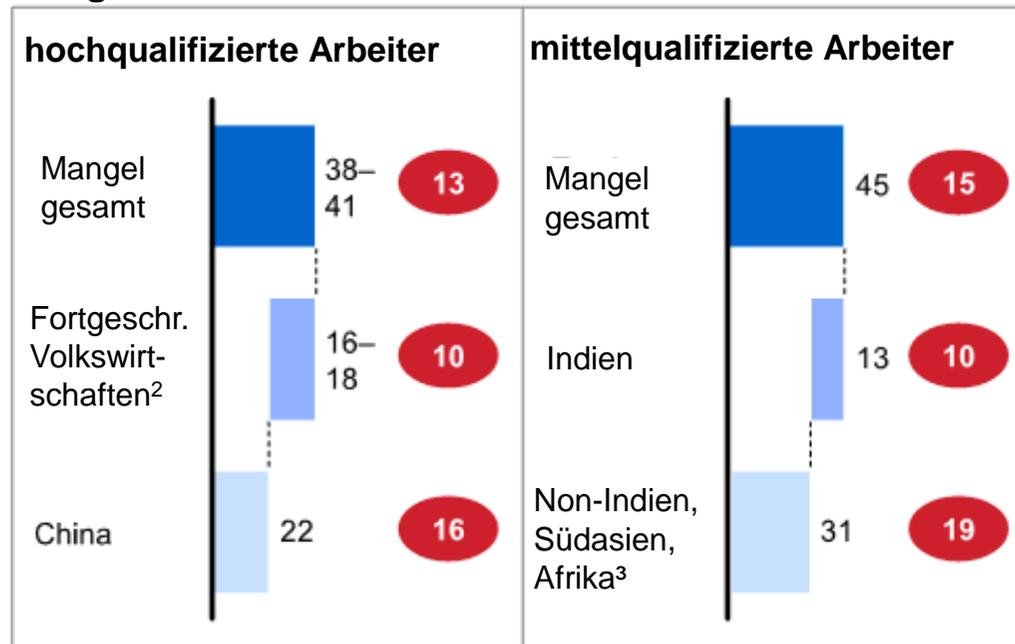
Personalwende – Weltweit

Zu wenig hoch Qualifizierte und zu wenige Arbeitsplätze für gering Qualifizierte

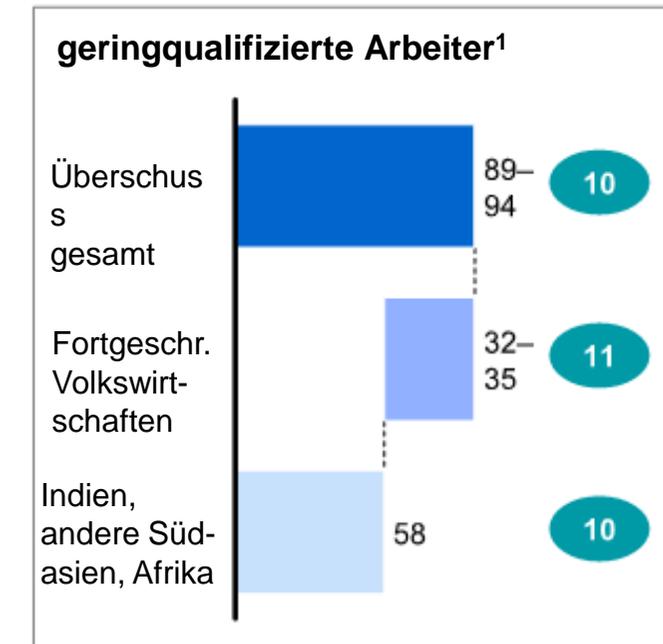
Angebot und Nachfrage von Arbeitskräften nach Bildungsstand, 2020 geschätzt Mio. Arbeitnehmer

● % Angebot qualifiziertes Kontingent
● % Nachfrage qualifiziertes Kontingent

Mangel



Überschuss



¹ geringe Qualifizierung = keine post-sekundäre Ausbildung fortgeschrittene Länder; Grundschulausbildung Entwicklungsländer.

² 25 Länder mit BIP p.c. > \$20,000 bei KKP aus 2005 Levels 2010.

³ 11 Länder aus Südasien und Sub-Sahara Afrika, mit BIP p.K. < \$3.000 bei KKP aus 2005 Levels 2010.



Fachkräfteengpass ist mittelfristig das größte Wachstumsrisiko

4.600 Mrd. € pot. Wachstumsverlust bis 2030*

[Mio. Erwerbstätige]	2020	2025	2030
Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) Hintergrundpapier „Zuwanderungsbedarf und politische Optionen für die Reform des Zuwanderungsrechts“, 2010	3,0	5,4	
Prognos AG Studie „Arbeitslandschaft 2030, Auswirkungen der Wirtschafts- und Finanzkrise“, 2009	4,1		5,2
McKinsey Studie „Willkommen in der volatilen Welt“, 2010	2,0		

¹ Bzw. Rückgang des Erwerbepersonenpotenzials (Personen mit mindestens abgeschlossener Berufsausbildung)
 Quelle: McKinsey

* Prognos AG



Fazit

Der Mensch bleibt auch zukünftig im Mittelpunkt

- **Produkt-, Prozess- und Ressourcenkomplexität** in der Automobilindustrie ist sehr hoch
- **Elektrifizierung und Leichtbau** treiben Komplexität
- Der **Wettbewerb um Wertschöpfung** wird sich verschärfen
- Cyber-physische Produktionssysteme setzen auf den **augmentierten und vernetzten Mitarbeiter** in einem **dezentralen, sich selbstorganisierenden System**
- **Qualifikationsanforderungen** werden zunehmen
- Mitarbeiter wird zum **Dirigenten der Wertschöpfung**
- Blue und White Collar werden mehr und mehr verschmelzen
- **Ad hoc lernen** während der Wertschöpfung mit Hilfe von **augmented reality** und **internetbasierten Lern-Apps** wird stark an Bedeutung gewinnen
- Bildung und Forschung müssen unser zentrales Anliegen sein



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl

thomas.bauernhansl@ipa.fhg.de

www.ipa.fraunhofer.de

www.iff.uni-stuttgart.de

www.eep.uni-stuttgart.de

