
Industrie 4.0 weiter denken:

Mit E³-Produktion zur ressourceneffizienten, an den Menschen angepassten Fabrik der Zukunft

E-world-Innovationskongress “Intelligente Energie”



Prof. Matthias Putz

Fraunhofer-Institut **W**erkzeugmaschinen und **U**mformtechnik **IWU** Chemnitz

Essen, 12.02.2015

2015-02-12Innovationskongress_Essen

Das FRAUNHOFER IWU

Ein Institut der Fraunhofer-Gesellschaft

Kurzprofil

- > 550 Mitarbeiter
- 33,5 Mio. € Forschungsvolumen (2014), davon 46,7% direkt Industrie
- Produktionstechnische Versuchsfelder
- Institutsteile in Chemnitz, Dresden, Augsburg, Zittau
- „Ausführer“ und Initiator moderner Produktionsforschung



F&E-Kompetenz „Ressourceneffiziente Produktion“



Forschungsgebiete

- Werkzeugmaschinen
- Mechatronik
- Funktionsleichtbau
- Spanende Technologien
- Umformtechnologien
- Füge- und Montagetechnologien
- Produktionsmanagement



Das FRAUNHOFER IWU

Ein Institut der Fraunhofer-Gesellschaft

Kernkompetenz

Prozessketten der Automobilproduktion

Produkt

Technologie

Produktions-
system

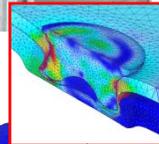
Qualitäts-
sicherung



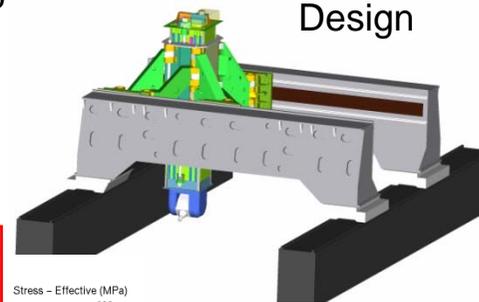
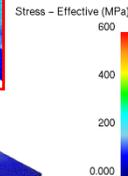
Klappen mit FGL-Aktorik
Strömungswiderstand
Thermomanagement



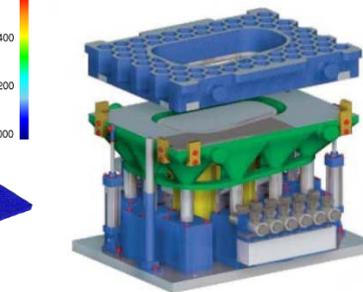
Blechumformung



Fügen



Design



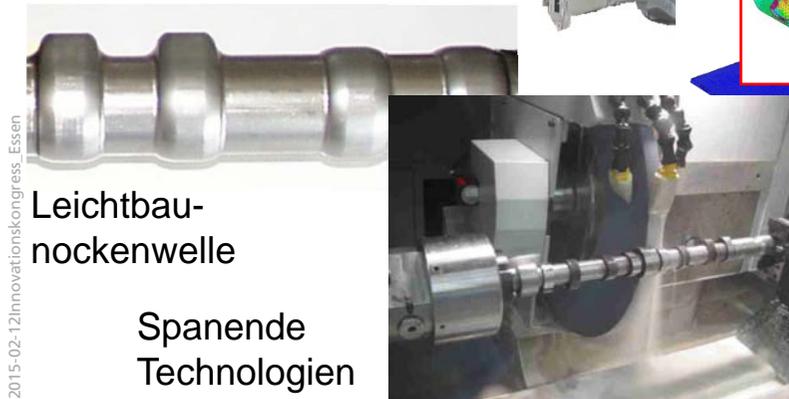
Werkzeugentwicklung



Noise-Source-Ranking



Schwingprüfung mit
Multiaxialprüfstand



2015-02-12 Innovationskongress, Essen

Leichtbau-
nockenwelle

Spanende
Technologien

Das FRAUNHOFER IWU

Ein Institut der Fraunhofer-Gesellschaft

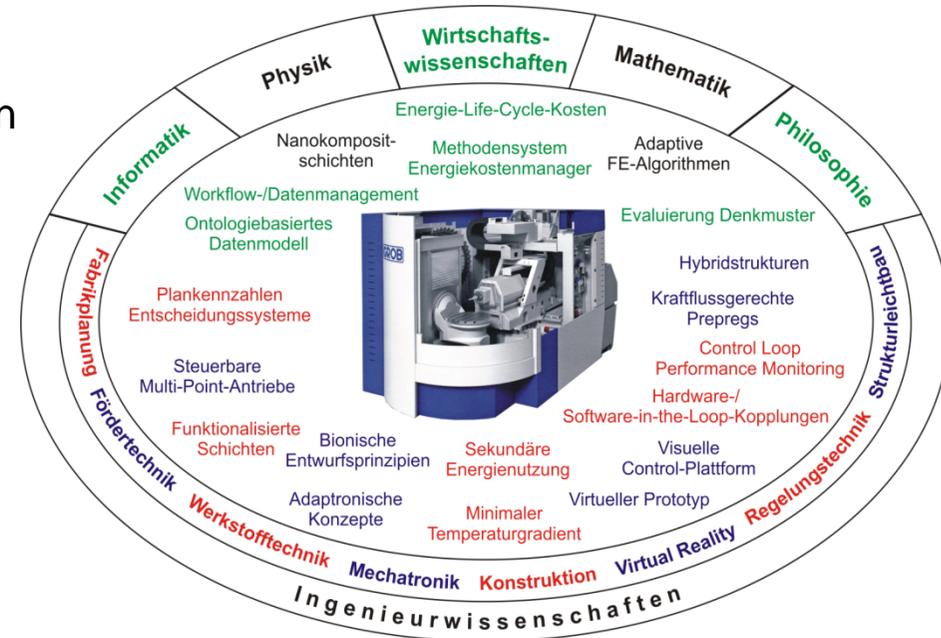
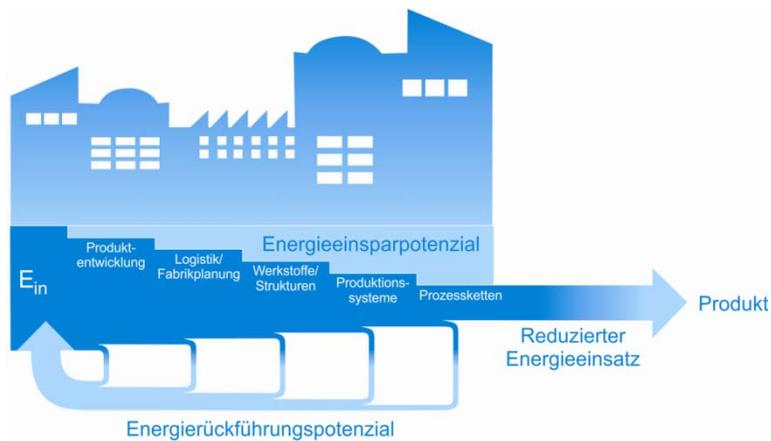
Netzwerk



Enabler: Spitzentechnologiecluster eniPROD

„Energieeffiziente Produkt- und Prozessinnovationen in der Produktionstechnik“

- Landesexzellenzinitiative Freistaat Sachsen
- 16 Teilprojekte in sechs Handlungsfeldern
- Laufzeit: 2009 – 2014
- www.eniprod.eu



TU Chemnitz + Fraunhofer IWU

Interdisziplinäre Forschung in **eniPROD**

2015-02-12 Innovationskongress_Essen

AGENDA

1. Megatrends und deren Reflektion auf die Produktionstechnik
- eine internationale Sicht und deutsche Perspektive
2. Konzept E³-Produktion – wettbewerbsfähig und innovativ
3. Intelligente Energie – Konzepte und Projektbeispiele
4. Fazit

Megatrends und ihre Bedeutung für die Produktion

Herausforderungen



Endlichkeit von
fossilen Ressourcen



Demografischer
Wandel



Klimawandel



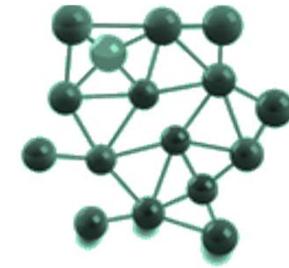
Elektrische Welt
Steigender Verbrauch



Globalisierung
Wohlstand



Urbanisierung
Bevölkerungswachstum



Vernetzung
Interaktivität

Megatrends und ihre Bedeutung für die Produktion

Herausforderungen verlangen Paradigmenwechsel

- **weg von (HEUTE):**

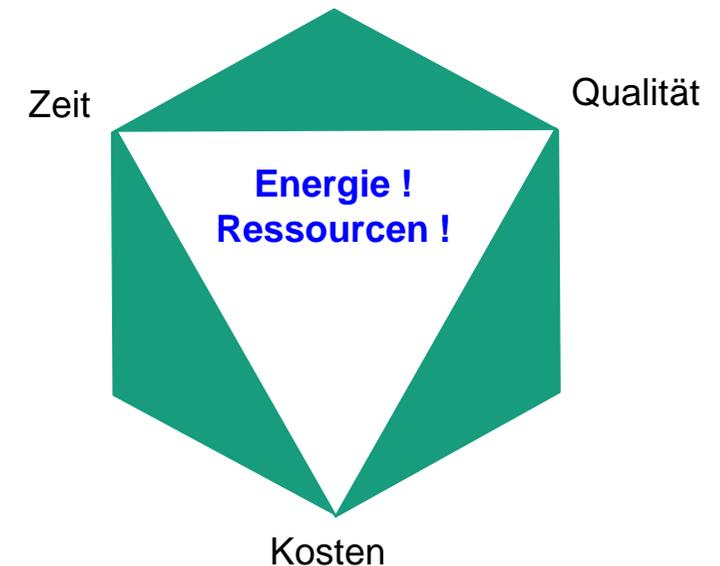
»maximaler Gewinn
aus minimalem Kapitaleinsatz«

- **hin zu (ZUKUNFT):**

»maximale Wertschöpfung
aus minimalem Ressourceneinsatz«

- mit welchem **KONZEPT ?**

Ziele in der Produktion



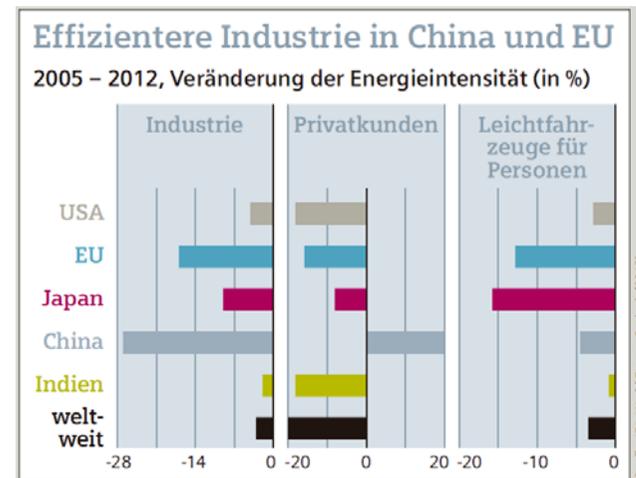
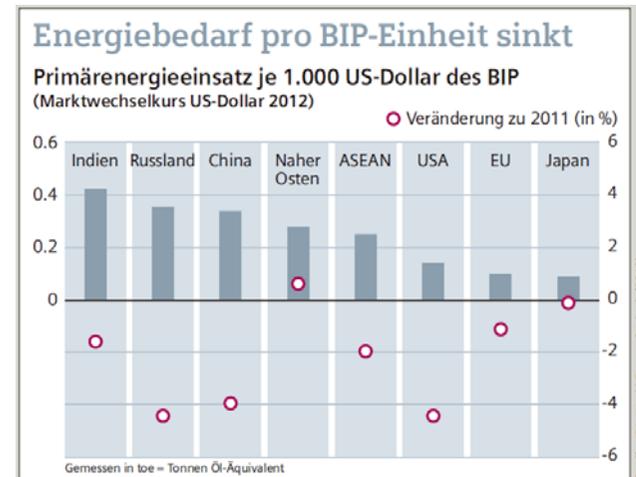
„Die Fabrik der Zukunft“ ?
„Factories of the Future (FoF)“

Effizienz in der Produktion vs. globaler Energiebedarf

global wachsender Bedarf ↔ effizientere Technologien

- Laut Prognose der Internationalen Energieagentur (IEA) **wächst** der weltweite (absolute) Energiebedarf im Zeitraum 2011 – 2035 noch um ~ 30%, davon wiederum zu 60% allein in Asien
- Der Ausbau erneuerbarer Energien sowie die Förderung von Rohstoffen mit bislang unkonventionellen Methoden führt zu einer **Umverteilung** sowohl der weltweiten **Energiekapazitäten** als auch der **Kosten für Energie**
- Für die **Wettbewerbsfähigkeit** von Unternehmen und Regionen sind Energiepreise essentiell

Die Bedeutung von Energieeffizienz wächst. Neue, intelligente Methoden des Energiemanagements und der Flexibilisierung im Energiesektor eröffnen Potentiale.

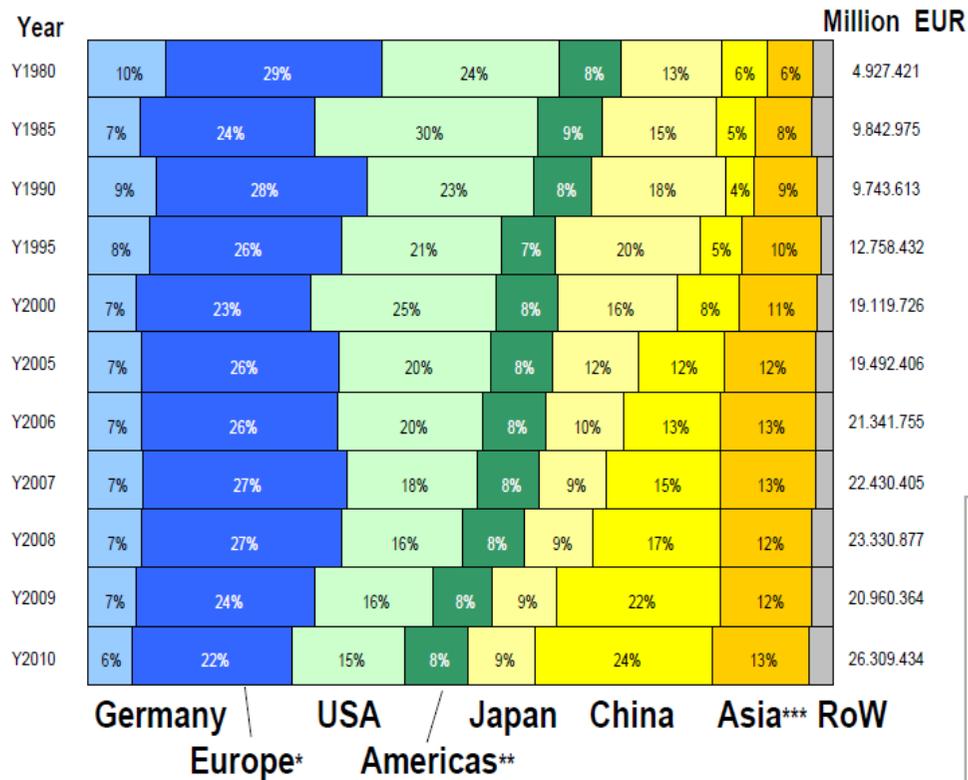


Quelle u.a.: Siemens („Pictures of the Future“), Frühjahr 2014

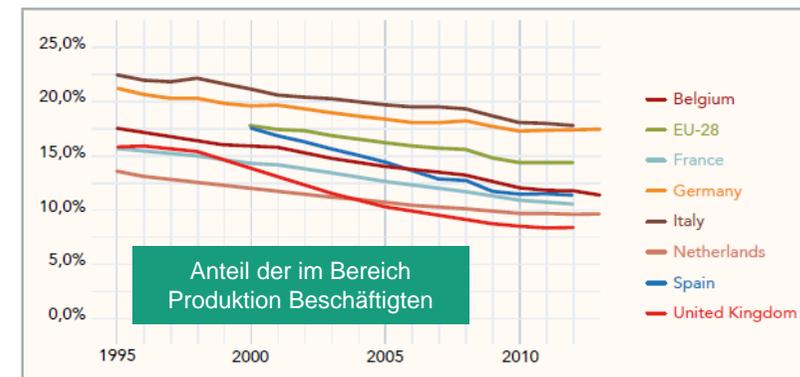
Trends und Treiber

Verlagerung der industriellen Fertigung

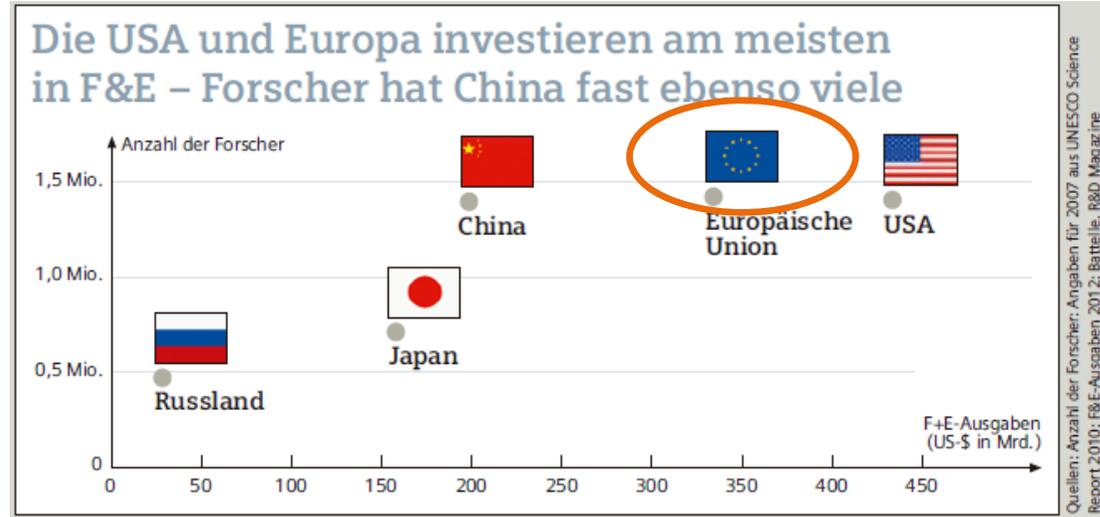
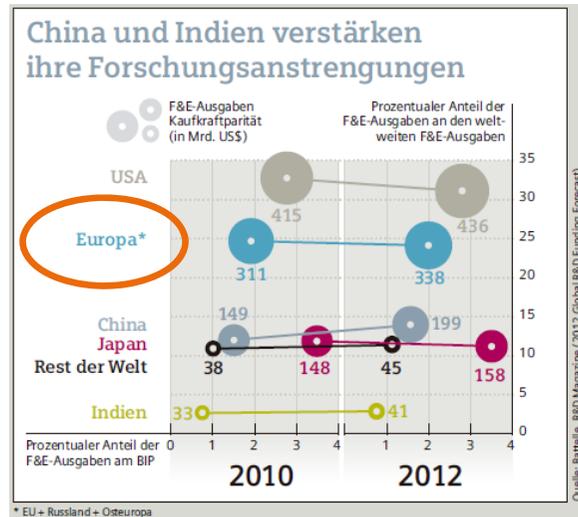
Welt – Industrieumsätze



- China verdreifacht innerhalb von 10 Jahren (2000-2010) seinen Industrieumsatz
- Spürbarer Rückgang der anteiligen Industrieumsätze in Japan, USA und Europa
- „Americas“ bleiben mit 8 ... 10% Anteil relativ stabil
- Rückgang der Beschäftigung im industriellen Sektor



Innovationen = Wachstum = Wettbewerbsfähigkeit grundlegender Strukturwandel bei F&E in Schwellenländern



- Unternehmen aus Schwellenländern investieren immer stärker in FuE-Ausgaben und entwickeln sich damit zunehmend zu Innovationstreibern
- Ein ganzheitlich funktionierendes Innovationssystem wird vor allem durch das Zusammenspiel der Indikatoren Wirtschaft, Wissenschaft, Bildung, Politik und Gesellschaft bedingt

Innovationen → Wachstum → Wettbewerbsfähigkeit

Regionen im Wettbewerb

Abschlussbericht des „Arbeitskreises INDUSTRIE 4.0 - Internationaler Vergleich“

Quelle: Abschlussbericht Industrie 4.0 vom 8. April 2013

- In den **USA** wurden die Mittel für Produktionsforschung im Haushalt 2013 um 19% (2,2 Milliarden US-Dollar) gesteigert.



“**They** create new businesses,
not usually through start-ups - the U.S. model –
but
through the transformation of old capabilities and their
re-application, re-purposing and commercialization.”

MAKING IN AMERICA
MIT Press, 2013

- Bis 2015 stellt **China** 1,2 Billionen Euro für die Erreichung der globalen Technologieführerschaft u.a. im High-End Equipment Manufacturing zur Verfügung.
- Die **EU** fördert aktuell mehrere Initiativen zur Implementierung des „Internets der Dinge“ in der Produktion, dafür stehen derzeit mehr als 9 Milliarden Euro zur Verfügung.

AGENDA

1. Megatrends und deren Reflektion auf die Produktionstechnik
- eine internationale Sicht und deutsche Perspektive
- 2. Konzept E³-Produktion – wettbewerbsfähig und innovativ**
3. Intelligente Energie – Konzepte und Projektbeispiele
4. Fazit

Megatrends und ihre Reflexion auf uns ...

Der andere Aspekt – „Die Morgenstadt“
... eine deutsche Sicht



Wie werden wir morgen leben ?

Lösungen für das (urbane) Leben der Zukunft

- Energie
- Wasser
- Bauen und Wohnen
- Ernährung und Gesundheit
- Mobilität
- Sicherheit
- Arbeitswelt
- Ver- und Entsorgung
- Kommunikation

Grundlage: eine moderne, zukunftsorientierte Produktion

Wie sichern wir durch industrielle Wertschöpfung nachhaltig Wohlstand und soziale Sicherheit, also die Zukunft für Deutschland?

Wovon werden wir morgen leben ?



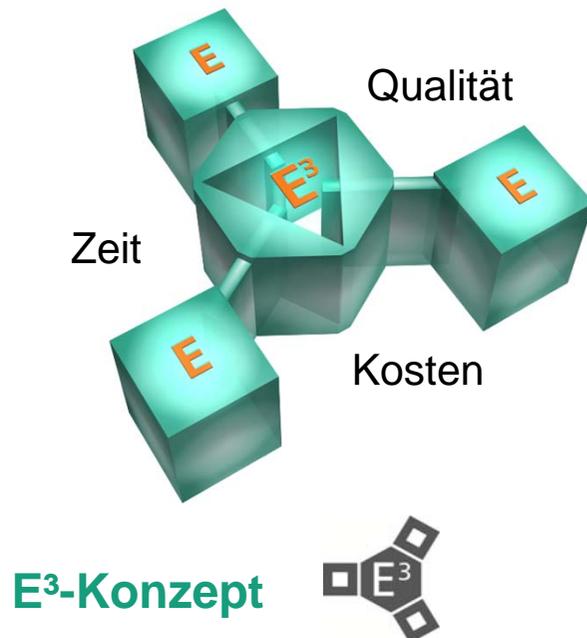
Wie werden wir morgen leben ?
Wie werden wir morgen leben ?
Losungen für das urbane Leben der Zukunft

- Bauen und Wohnen
- Ernährung und Gesundheit
- Mobilität
- Sicherheit
- Arbeitswelt
- Ver- und Entsorgung
- Kommunikation

E³-Produktion – wettbewerbsfähig und innovativ

Fraunhofer IWU E³-Konzept „Ressourceneffiziente Produktion“

E³-Produktion = marktorientierte Synergie



Effiziente **Produktionstechnik**

- Innovative Technologien und Werkstoffe
- Effiziente Produktionssysteme
- Einbindung moderner I&K-Technologie
- Individualisierte Produkte

Emissionsneutrale, energieautarke **Fabriken**

- Nutzung alternativer Energiequellen
- Autarke Energieversorgung
- Energiemanagement
- Energie- und Wertstoffkreisläufe
- Minimale Emissionen

Einbindung des **Menschen**

- Faktor „Mensch“
- Wissen und Information
- Alternde Gesellschaft - Produktionsassistenz
- **Motivation und Lebenswirklichkeit der Jugend**

E³-Produktion – wettbewerbsfähig und innovativ

Fraunhofer IWU E³-Forschungsfabrik „Ressourceneffiziente Produktion“

■ Forschung für die Automobilproduktion

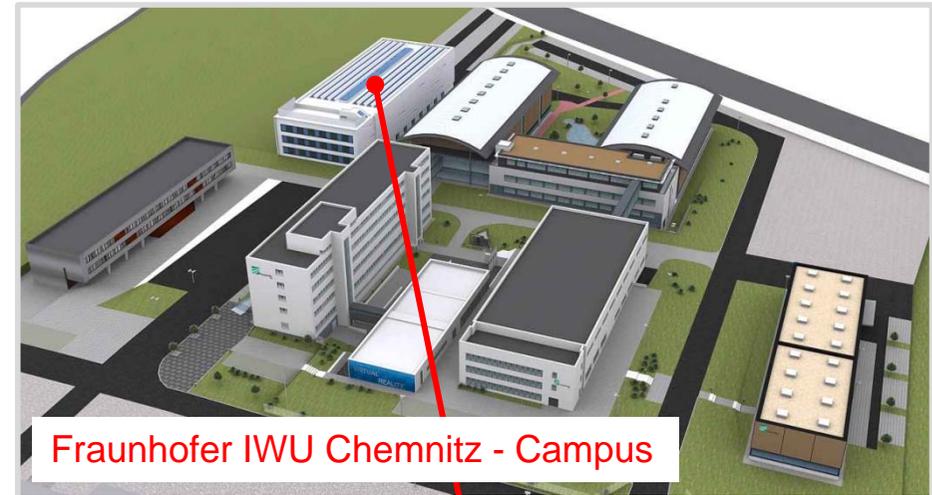
- Ressourceneffiziente Technologien und Anlagen für Powertrain- und Karosseriekomponenten

■ Forschung: Energie ← → Produktion

- Energiemanagement
- Energiespeicherung/-rückführung
- Aktive Schnittstellen zur Gebäudeinfrastruktur und -leittechnik

■ Energie und Gebäudetechnik

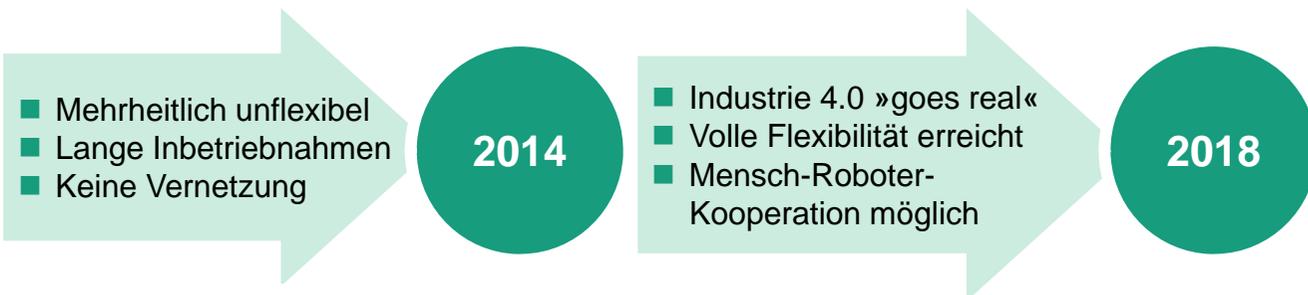
- Energiesparende Bauweise, Nutzung regenerativer Energien
- Nutzung von „Verlustenergie“ in Produktionsprozessen





■ FLEXIBLER UND INTELLIGENTER KAROSSERIEBAU

- Karosseriebau 4.0 – modular, flexibel und vernetzt
- Variantenvielfalt beherrschen
- Schneller Anlauf komplexer Systeme
- Mensch-Maschine-Kooperation



KUKA

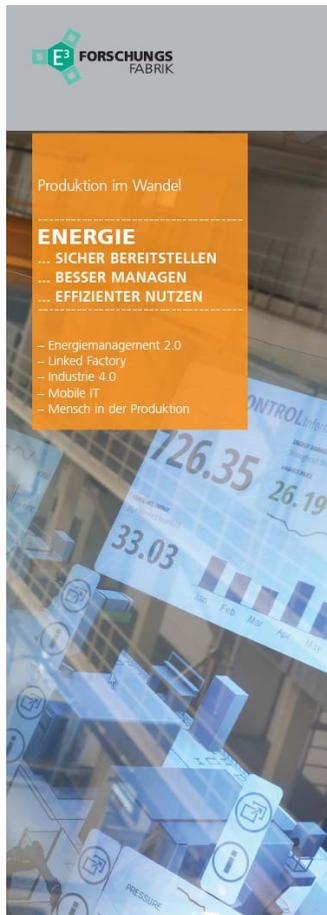
PHOENIX CONTACT



■ PROZESSKETTE POWERTRAIN

- Ultrakurze Prozessketten
- Umformung statt Zerspanung
- Material- und Energieeinsparung
- Bessere Bauteileigenschaften

1. Reduzierung von Prozesszeiten und Materialeinsatz
2. Verbesserung finaler Bauteileigenschaften (Festigkeiten, Verschleiß, Oberflächentopographie)
3. Verkürzung der Gesamtprozessketten
4. Wirtschaftlichere Fertigung von Getriebekomponenten



■ ENERGIE UND INFORMATION (DATEN)

... SICHER BEREITSTELLEN
... BESSER MANAGEN
... EFFIZIENTER NUTZEN

- Energiemanagement 2.0
- Linked Factory
- Industrie 4.0
- Mobile IT
- Mensch in der Produktion

1. Energiemanagement bei lokaler Erzeugung und Speicherung erhöhen Versorgungssicherheit und generieren Zusatzerlöse.
2. Wissenschaftliche Erkenntnisse seriennah erproben

201x ff.



Energieeffizienz 1.0

- **Einsparung**
Energie wird „knapp“ und teuer

Energieeffizienz 2.0

- **Volatilität → Flexibilität !!!**
Energieknappheit und -überangebot wechseln sich ab, Speicherbedarf
- **Regionalität**
Energie ist nicht beliebig transportierbar
- **Rollenkonjunktion**
Verbraucher- und Erzeugerrollen vermischen (ergänzen) sich
- **Transparenz**
Breiter Meinungsbildungsprozess in der Bevölkerung

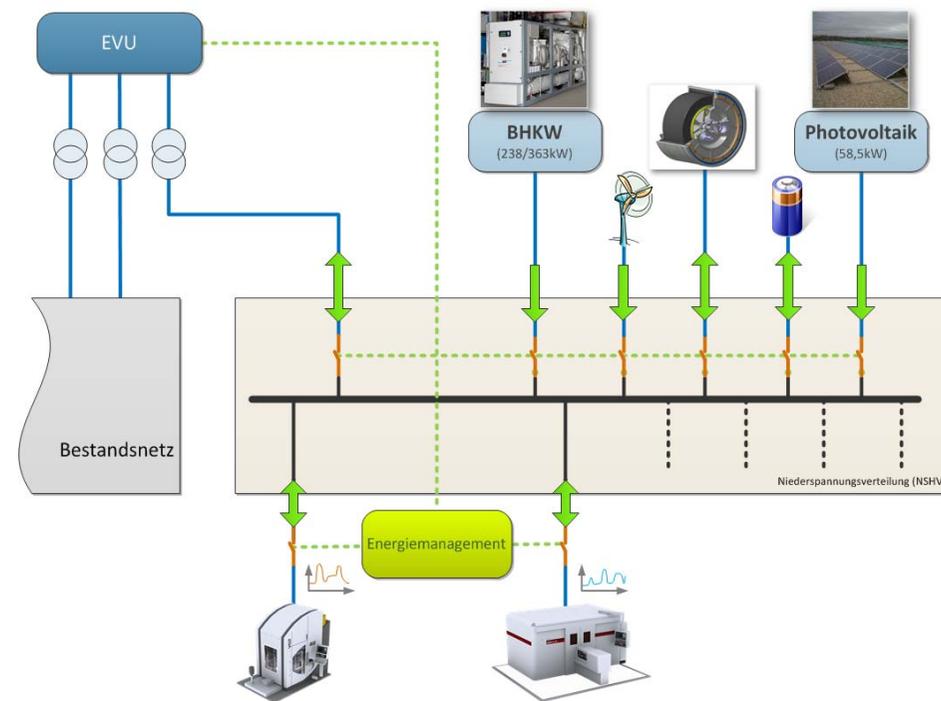
E³-Forschungsfabrik Ressourceneffiziente Produktion

ENERGIEKONZEPT



Senkung Energiebedarf + Flexibilisierung von „Energie“ in der Produktion

- Aktives Energiemanagement
- Energiespeicherung/-rückführung
- Nutzung regenerativer Energiequellen
- Schnittstellen zur Gebäudeinfrastruktur + Gebäudeleittechnik



Geschäftserfolg = f (Qualität, Produktivität, Flexibilität, **Energiewert**)

E³-Forschungsfabrik Ressourceneffiziente Produktion

Speichermanagement als Teil des Energiekonzeptes



Ziele

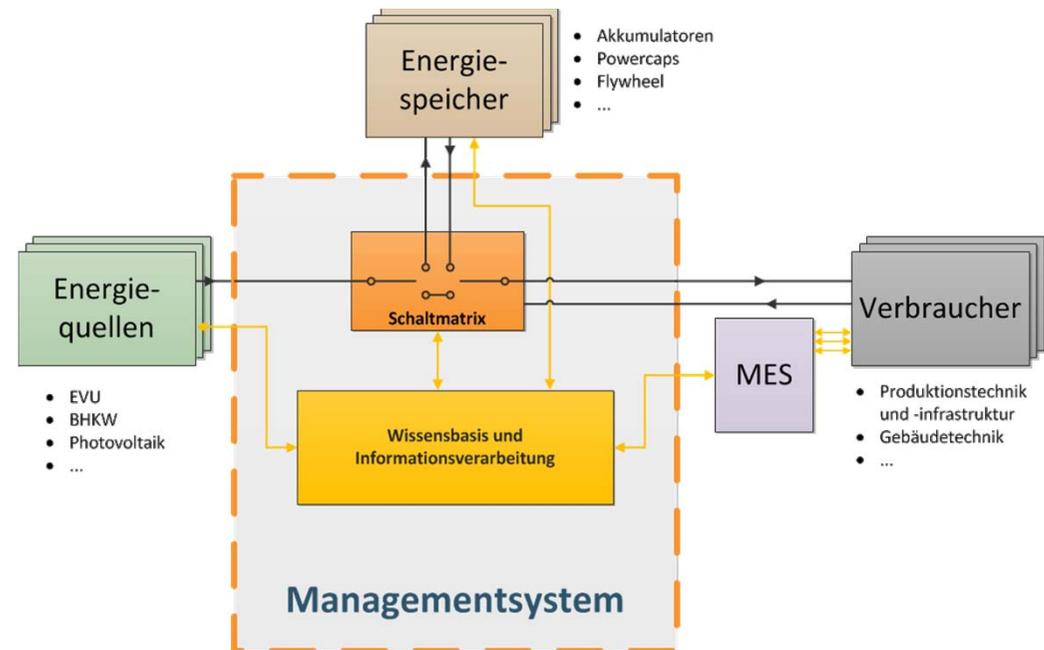
- Glättung Lastspitzen
- Senkung EVU-Bezug

Energiemanagement

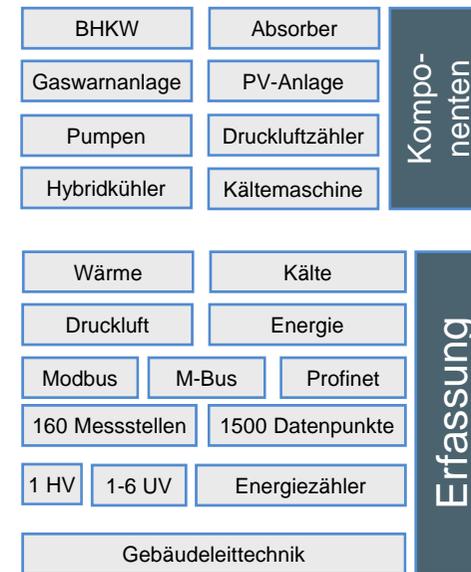
- Messen
- Visualisieren
- Analysieren
- Schalten

Speichermanagement

- **bedarfsgerecht** (Input aus Prozess und Produktionsplanung)
- **technisch zulässig** (Kapazitäten, Lade- und Entladezeiten, Zyklen)
- **wirtschaftlich** (Abrechnungsmodelle EVU, Lebensdauer Speicher)



Datenmanagement als Teil des Energie- und E³-Konzeptes



- „Verknüpfung“ von Daten unterschiedlicher Bereiche
- Entscheidungsunterstützung durch kompakte und übersichtliche Informationsdarstellung
 - Gesamtüberblick und anlagenspezifische Information
 - **kontextbezogene** Aufbereitung und **mobile** Visualisierung



2015-02-12Innovationskongress_Essen

Moderne Produktionstechnik vs. Industrie 4.0

Konzept „Factory Cloud“ → „Linked Factory“



Wirtschaftsraum



Umwelt



Industrie / Markt



Verkehr



Vernetzung

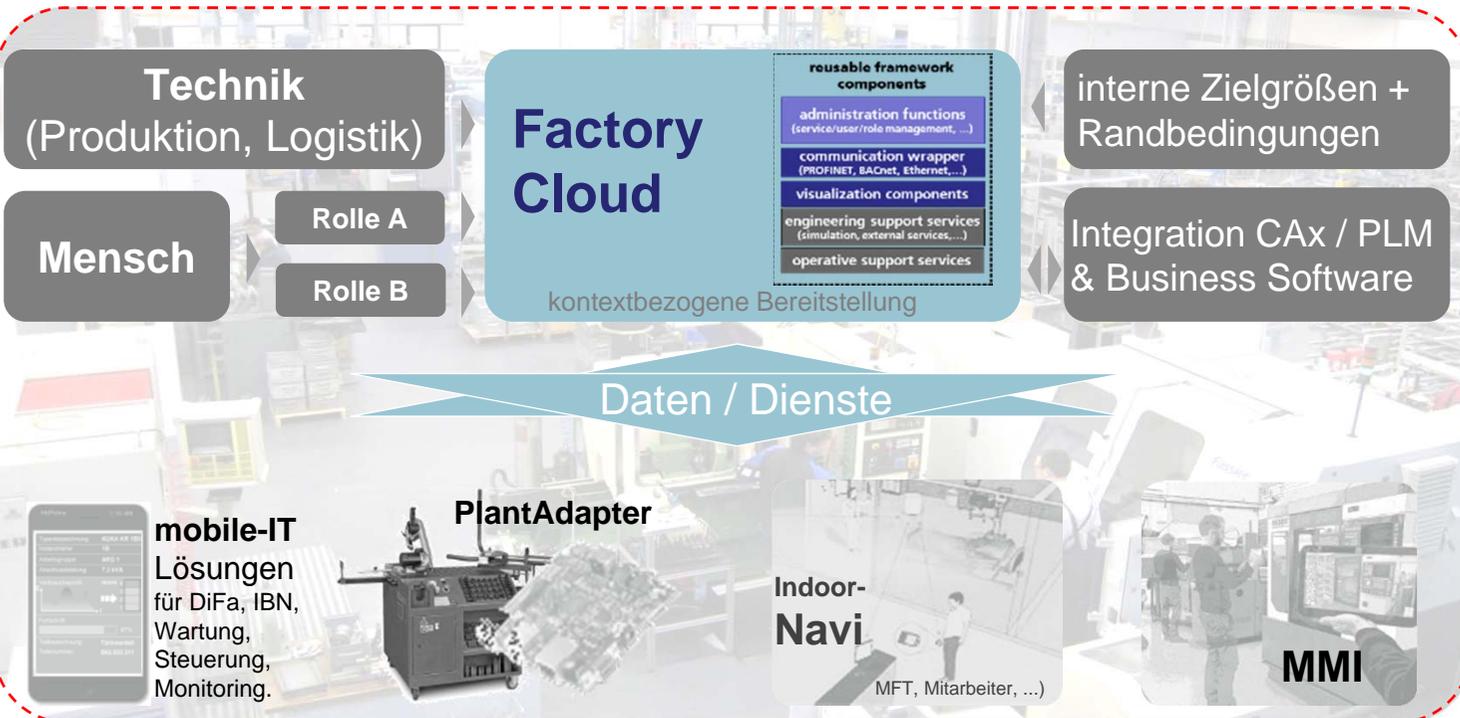


Mensch

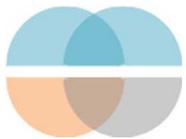
Anforderungen, Turbulenzen



Unternehmen als „Smart Factory“



2015-02-12 Innovationskongress_Essen



Cyber-Physisches Produktionssystem

AGENDA

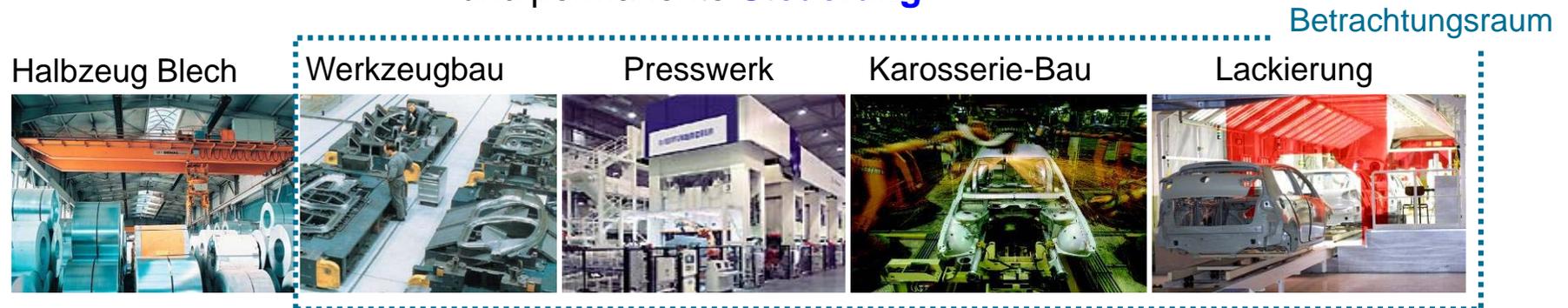
1. Megatrends und deren Reflektion auf die Produktionstechnik
- eine internationale Sicht und deutsche Perspektive
2. Konzept E³-Produktion – wettbewerbsfähig und innovativ
- 3. Intelligente Energie – Konzepte und Projektbeispiele**
4. Fazit

Forschung für eine effiziente Produktion

INNOVATIONSALLIANZ „GREEN CARBODY TECHNOLOGIES“

Forschungsansatz
(2009)

- **Technologie** und **Anlagen** orientierte Forschung – Effizienzpotentiale in der Prozesskette „Lackierte Karosserie“
- Ganzheitlicher Ansatz für frühzeitige **Planung** und permanente **Steuerung**



Heute
(in 2009)

Zukunft

50 % Blechabfall
(Verschnitt)

bis zu 12 % Ausschuss
+ Nacharbeit;
65 % Energieverl.
im Ziehpressen

Energiebedarf
Fügen kalt/warm
1 : 3

Energiebedarf
Lackierung
Blank/Struktur
1 : 5

→ kosten-, termin- und ressourcengesteuerte Fertigung

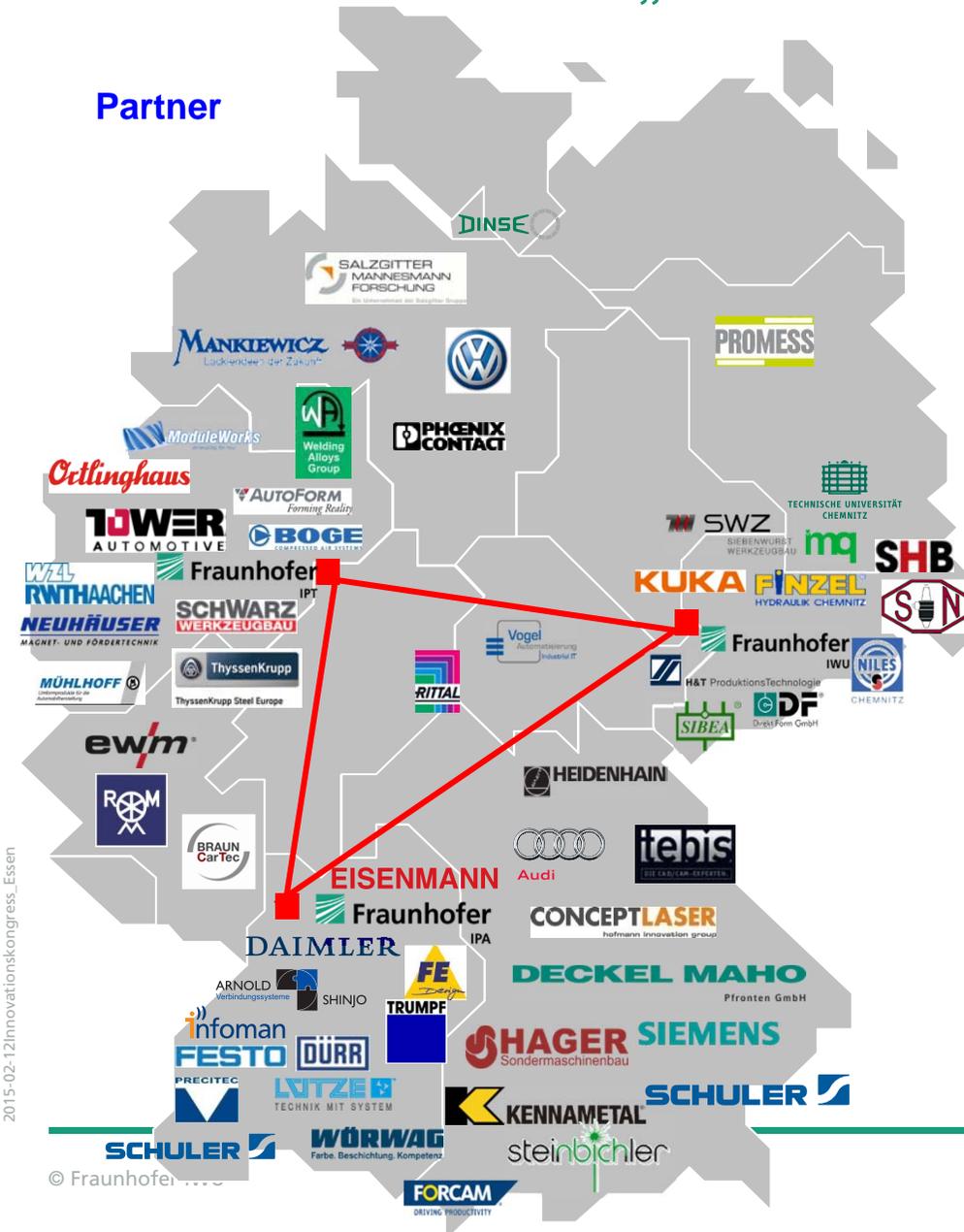
→ bis zu 50 % (?) weniger Energieeinsatz (Fragestellung 2009)

INNOVATIONSALLIANZ „GREEN CARBODY TECHNOLOGIES“

Partner

Angewandte
Produktionsforschung

InnoCaT[®]
2010 - 2014



Forschung für eine effiziente Produktion

INNOVATIONSALLIANZ „GREEN CARBODY TECHNOLOGIES“

Forschungsthemen - Forschungsverbünde

Verbundprojekt	Handlungsschwerpunkte
<i>InnoCaT 1</i> Planung	<ul style="list-style-type: none"> ■ Energieinformations- und Datenmanagementsysteme ■ Planungsmethoden und -tools ■ Operatives Ressourcenmanagement
<i>InnoCaT 2</i> Presswerk	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ressourcen sparende Umformprozesse ■ Energieeffiziente Anlagentechnik
<i>InnoCaT 3</i> Werkzeugbau	<ul style="list-style-type: none"> ■ Energiebilanz im Werkzeuglebenszyklus ■ Werkzeugkonzeption ressourcenoptimierter Einsatz ■ Energieeffiziente Herstellung und Reparatur im Werkzeugbau
<i>InnoCaT 4</i> Karosseriebau	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bewertung und Gestaltung von Karosseriebauprozessen ■ Innovative elektrische Komponenten + Steuerungstechnik ■ Leichtbaustrategien
<i>InnoCaT 5</i> Lackierung	<ul style="list-style-type: none"> ■ Spritzlackierung und Trocknung ■ Modularisierung Karosseriebau



Gesamtanzahl der Partner:	60
Gesamtanzahl der Projekte:	30 („Best of“- Auswahl)
Laufzeit:	3 Jahre
Gesamt-Förderung:	15 Mio. Euro
Gesamt-Projektvolumen:	30 Mio. Euro
Gesamt-“Wertigkeit“:	> 100 Mio. Euro

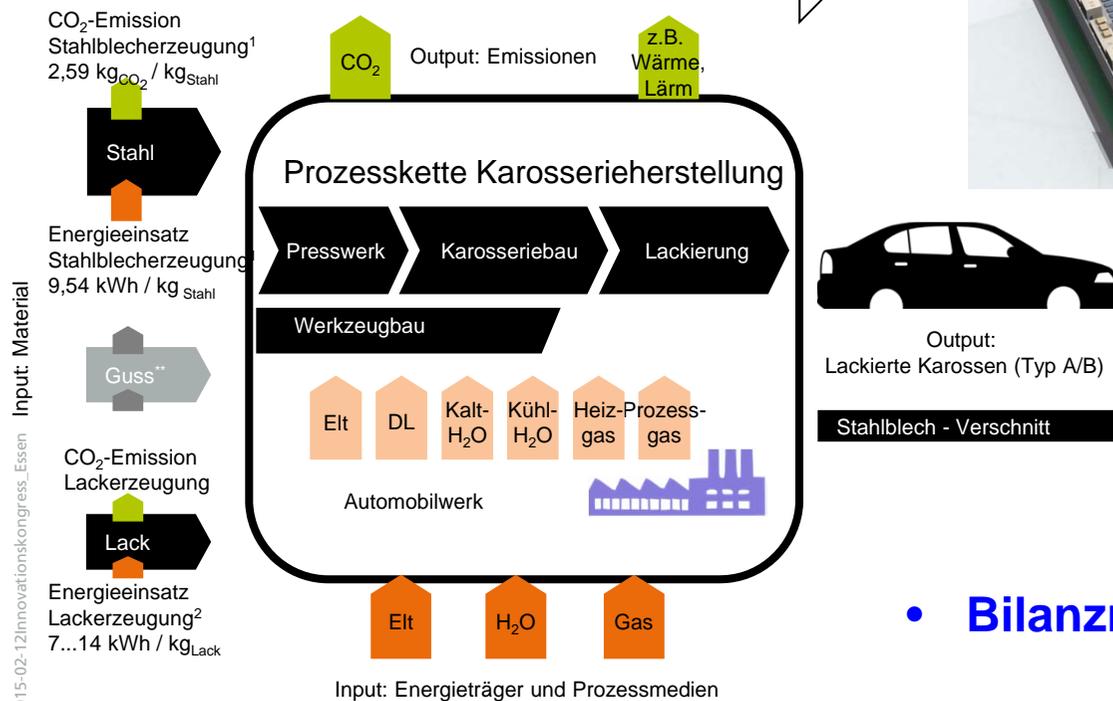
2015-02-12Innovationskongress_Essen

Forschung für eine effiziente Produktion

INNOVATIONSALLIANZ „GREEN CARBODY TECHNOLOGIES“

Die InnoCaT – “Referenz“fabrik

Konzept und Darstellung („Vermittlung“)



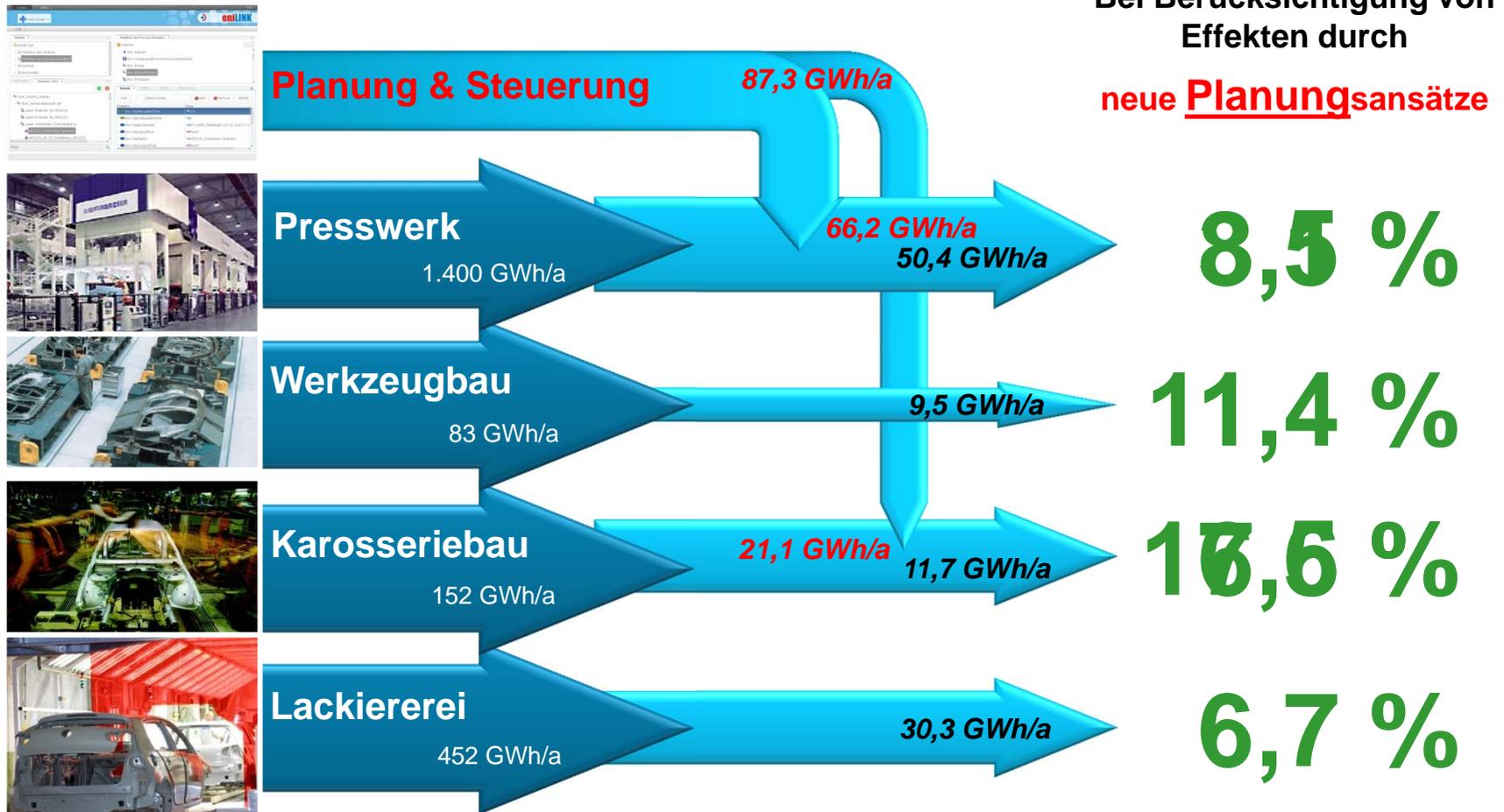
Bestimmende Energie- und Stoffflüsse in der Karosserieherstellung

• **Bilanzraum**

2015-02-12Innovationskongress_Essen

Forschung für eine effiziente Produktion

INNOVATIONSALLIANZ „GREEN CARBODY TECHNOLOGIES“ (2010-2012)



2015-02-12 Innovationskongress_Essen

AGENDA

1. Megatrends und deren Reflektion auf die Produktionstechnik
- eine internationale Sicht und deutsche Perspektive
2. Konzept E³-Produktion – wettbewerbsfähig und innovativ
3. Intelligente Energie – Konzepte und Projektbeispiele

... noch 2 „case studies“

4. Fazit

Projektkonsortium

EU-Projekt »Resource and Energy Efficient Manufacturing (REEMAIN)«

Zielstellung

Erschließung von Potentialen zur Energie- und Ressourceneinsparung in Fertigungsprozessen

Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien in der Produktion und Senkung des CO2-Ausstoßes

Aufgabenkomplexe

Erarbeitung technischer Innovationen für den Einsatz und **wirtschaftlichen Betrieb** mit erneuerbarer Energien

Entwicklung von **Planungstools** für die Erfassung, Darstellung und Optimierung von Energie- und Materialflüssen sowie Minderung von CO2-Emissionen



2015-02-12Innovationskongress_Essen

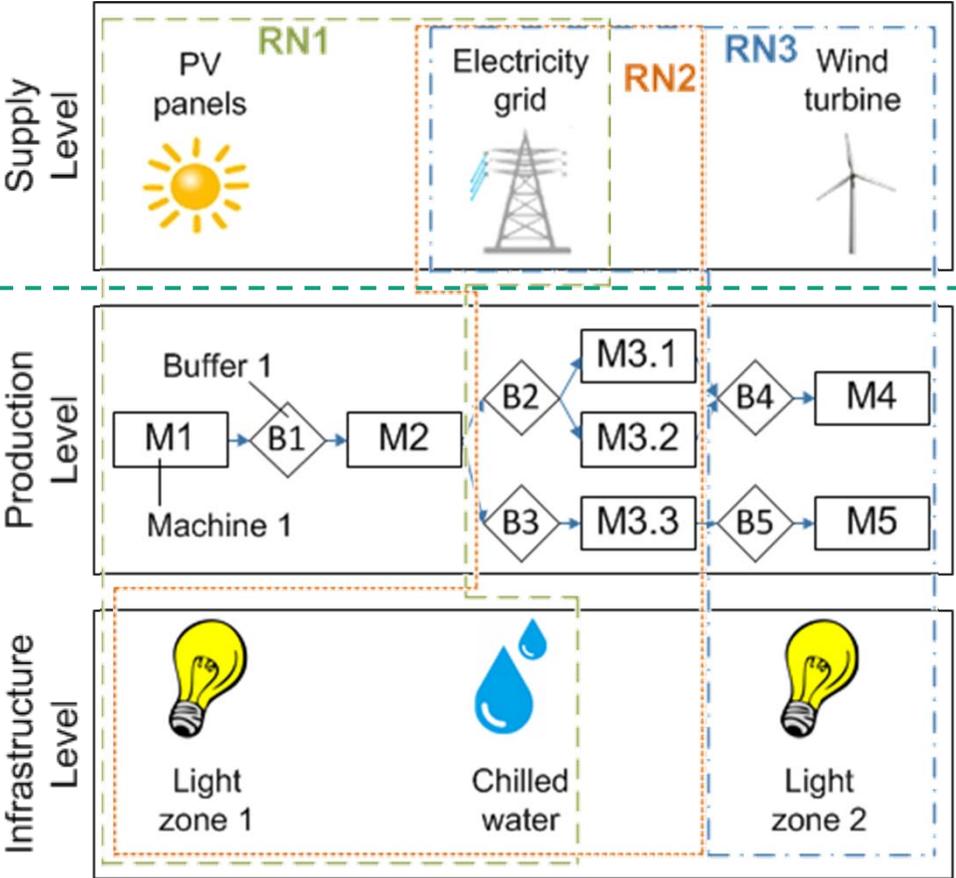


Projektkonsortium

EU-Projekt »Resource and Energy Efficient Manufacturing (REEMAIN)«

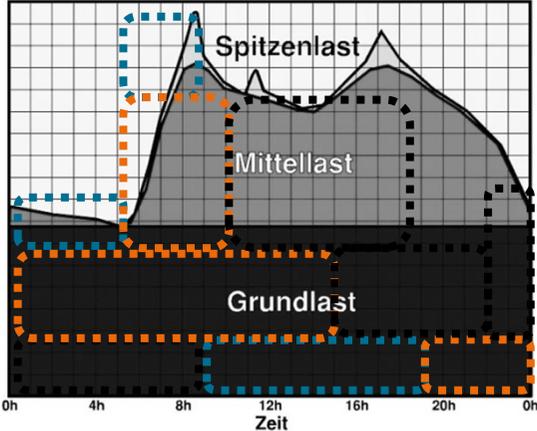
Konzept Ressource Networks: **Symbiose** aus **erneuerbaren Energien**, effizienten **Technologien** und innovativem **Produktionsmanagement**

Energieangebot



Energienachbedarf

- Kombination von „Elementen der Produktion“ zu **virtuellen und autark arbeitenden Netzwerken**
- Auflösen eines komplexen Problems in „handhabbare“ kleine Aufgaben
- Target: **Synchronisation** von **Energiebedarf** und **-angebot**



2015-02-12Innovationskongress_Essen

Projektkonsortium

SmARPro - SmARt Assistance for Humans in Production Systems

BMBF Ausschreibung „Virtuelle Techniken für die Fabrik der Zukunft - Ein Beitrag zum Zukunftsprojekt Industrie 4.0“

Zunehmende „Durchdringung“ der Produktionstechnik mit modernen Komponenten der Informations- und Kommunikationstechnik
→ Wachsende Bedeutung der „Ressource Daten“



Defizit

- Nutzung von Daten oft nur entsprechend des originären Erfassungsgrundes
- Fehlende Lösungen zur intuitiven Visualisierung und kontextbezogenen Information

Ziele

- Multivalente Datennutzung → „Und wofür noch?“
- Orts-, rollen- und kontextbezogene Informationsbereitstellung
→ Mitarbeiters in der Produktion → „kreativer Problemlöser“
- Nutzung moderner Visualisierungs- und Interaktionsmöglichkeiten („wearables“ → Mobilität)
- Einsatz „augmented-reality“-basierter mobiler Assistenzsysteme in einer intelligenten Produktions- und Logistik-Umgebung (Smart Factory)

Kernfragen

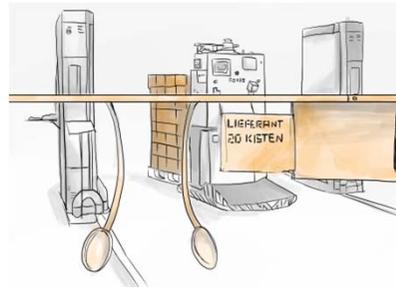
- Wie können alle Maschinen Daten liefern? → **SmARPro - SmartDevices** – befähigt Maschinen zu CPPS
- Wie werden notwendige Daten verwaltet? → **SmARPro - Platform** – datentechnisches Bindeglied
- Wie werden Informationen bereitgestellt? → **SmARPro - Wearables** – mobile Informationen

Gesamtsystem



Wearables und Smart Devices

Standardisierte Kommunikation, kontextsensitive Darstellung



Maschinendaten unternehmensweit

Schnelle und zielgerichtete Entscheidungen in komplexen Szenarien



Dezentrale Steuerung und Vernetzung

Befähigung beliebiger Anlagen und Maschinen zu Cyber Physical Production Systems (CPPS)



Der Mensch im Mittelpunkt

Mitarbeiter als steuernde/regulierende Entscheider in vernetzten/dezentralen Produktions-/Logistiksystemen

AGENDA

1. Megatrends und deren Reflektion auf die Produktionstechnik
 - eine internationale Sicht und deutsche Perspektive
2. Konzept E³-Produktion – wettbewerbsfähig und innovativ
3. Benchmark für angewandte Produktionsforschung
 - Innovationsallianz „Green Carbody Technologies – *InnoCaT*“

4. Fazit

Fazit ... im E³-Konzept

- **Effizienz - PRODUKTIONSTECHNIK** als Perspektive **alternativlos !**
(Demographie + Ressourcen + Klima) **- Zukunft**
- **Energie- und Materialeffizienz** als starkes, wirtschaftlich relevantes Planungs- und Steuerungskriterium nutzen ! **- Paradigma**
- **Effizienz - PRODUKTE** und **GF** eröffnen **neue Marktpositionen** und **neue Märkte** **- Wettbewerb**
- **Effizienz - LÖSUNGEN** benötigen **Konzept-Innovationen**
→ interdisziplinäre **E³-Produktion** als nachhaltiges **Zukunftskonzept** **- Führerschaft**



Wettbewerbsvorsprung durch effiziente Wertschöpfung

Fraunhofer IWU

Prof. Matthias Putz
Fraunhofer IWU Chemnitz
Reichenhainer Str. 88
09126 Chemnitz

matthias.putz@iwu.fraunhofer.de
www.iwu.fraunhofer.de