

---

# KONZEPTE ZUR BAUTEILVERMESSUNG UND –INSPEKTION

Ein Überblick über technische Ideen und Möglichkeiten im Kontext von Industrie 4.0  
Chemnitz, den 08.02.21

---



# Das Fraunhofer IWU im Profil

Forschung unter dem Leitthema »Ressourceneffiziente Produktion«

- Gründung am 1. Juli 1991
- Aktuell ca. 650 MitarbeiterInnen
- Ca. 40 Mio Euro Forschungsvolumen
- Standorte: Chemnitz (Hauptsitz), Dresden, Zittau, Wolfsburg, Leipzig
- 3 Wissenschaftsbereiche:



Mechatronik und  
Funktionsleichtbau



Umformtechnik



Werkzeugmaschinen,  
Produktionssysteme  
und Zerspanungstechnik



# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Forschungsvolumen



### Mitarbeiterentwicklung 2014-2019

- Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler
- Verwaltung und technisches Personal
- Studierende
- = **Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter**

|   | 2015       | 2016       | 2017       | 2018       | 2019       |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|
| Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler  | 251        | 248        | 264        | 268        | 302        |
| Verwaltung und technisches Personal       | 114        | 113        | 118        | 143        | 154        |
| Studierende                               | 164        | 160        | 177        | 186        | 218        |
| <b>= Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter</b> | <b>529</b> | <b>521</b> | <b>559</b> | <b>597</b> | <b>674</b> |

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Forschungsvolumen



### Betriebshaushalt 2014-2019

|   | 2015        | 2016        | 2017        | 2018        | 2019        |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ■ Wirtschaftserträge                    | 16,2        | 14,7        | 15,0        | 15,1        | 13,9        |
| ■ Öffentliche Erträge (Bund und Länder) | 6,8         | 8,3         | 10,9        | 13,2        | 15,8        |
| ■ Forschungsförderung/Sonstige          | 3,1         | 3,3         | 3,1         | 3,6         | 3,6         |
| ■ Institutionelle Förderung             | 9,0         | 10,0        | 9,2         | 9,8         | 12,2        |
| = <b>Betriebshaushalt in Mio €</b>      | <b>35,1</b> | <b>36,3</b> | <b>38,2</b> | <b>41,7</b> | <b>45,5</b> |

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Kuratorium



### Vorsitzender

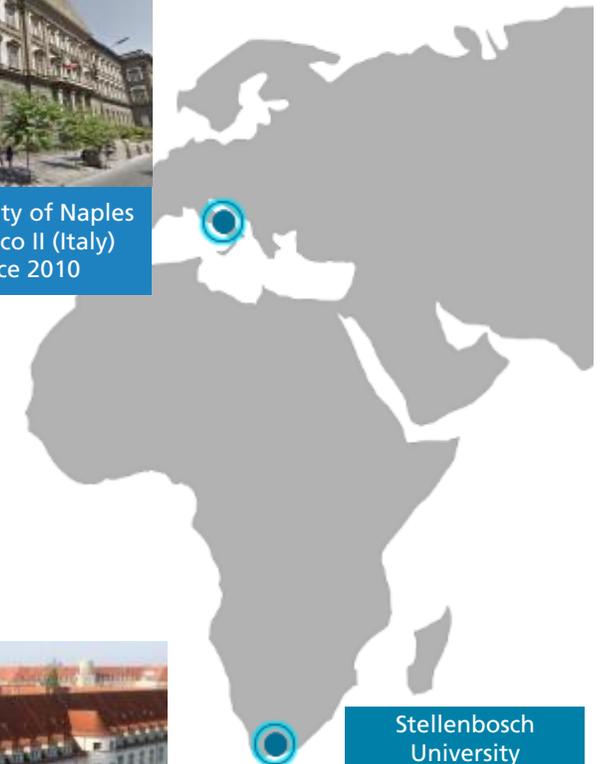
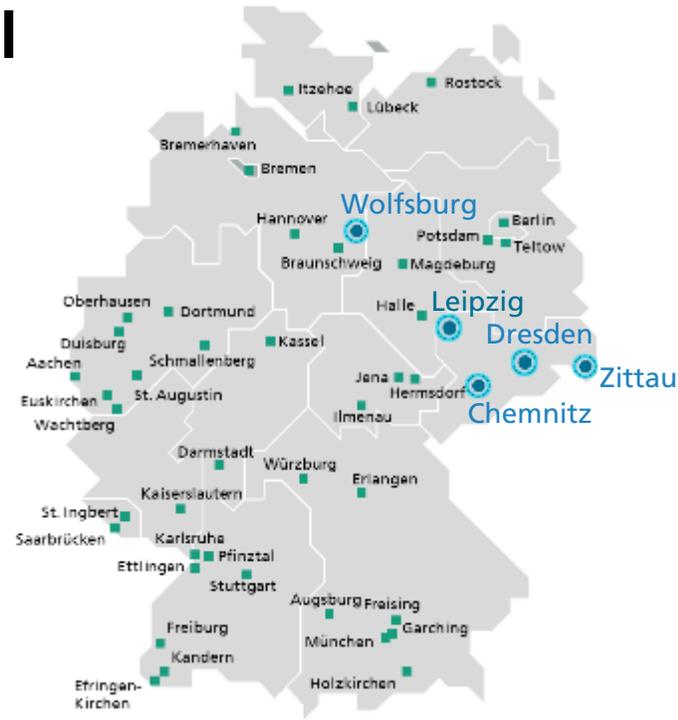
- Prof. Hubert Waltl, FAWA Invest & Consulting GmbH

### Mitglieder

- Dr. Reinhold Achatz, thyssenkrupp AG
- Dr. Stephan Arnold, ebm-papst Mulfingen GmbH & Co. KG
- Dr. Stefan Breu, Starrag GmbH
- Dr. Basel Fardi, Intenta GmbH
- Andreas Friedrich, Daimler AG
- Walter Fust, Starrag Group Holding AG, Schweiz
- Dr. Babett Gläser, Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft, Kultur und Tourismus
- Ulrich Grethe, Salzgitter AG
- Dr. Gunnar Grosse, DEROSI Invest GmbH
- Prof. Jochem Heizmann, Jochem Heizmann Consulting
- Hans-Peter Kemser, BMW AG
- Klaus Bernd Linnig, Schuler Pressen GmbH
- Klaus Löffler, Trumpf Lasertechnik GmbH
- Dr. Gyula de Meleghy, Meleghy Automotive GmbH & Co. KG
- Prof. Hans J. Naumann, NILES-SIMMONS Industrieanlagen GmbH
- Gerd Rupp, Porsche Leipzig GmbH
- Prof. Konrad Wegener, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Schweiz
- MinRat Christoph Zimmer-Conrad, Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Forschungsstandorte



Chemnitz



Dresden



Wolfsburg



Zittau



Leipzig

- 72 Institute und Forschungseinrichtungen an Standorten in ganz Deutschland

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Standort Chemnitz



Chemnitz



- Chemnitz ist traditionsreicher Maschinenbaustandort
- **Campus** des IWU umfasst mehr als 9500 m<sup>2</sup> Fläche in unmittelbarer Nähe zur TU Chemnitz
- Forschung und Entwicklung von material- und energieeffizienten Technologien und Produkten
  - **Versuchsfelder** für die Bereiche Umformtechnik, Werkzeugmaschinen und Produktionssysteme, Zerspanungs- und Mikrotechnik, Montage, Robotik, Leichtbau und Produktionsmanagement
  - **E<sup>3</sup>-Forschungsfabrik Ressourceneffiziente Produktion** zur Entwicklung von ganzheitlichen Lösungen für die Produktion von morgen
  - **Virtual-Reality-Technikum** zur Nutzung virtueller Technologien in Forschung und Lehre

# Das Fraunhofer IWU im Profil

Standort Dresden



Dresden



- Dresden ist Deutschlands Stadt mit der größten Forschungsdichte
- Institutsstandort mit 1000 m<sup>2</sup> großem Technikum in unmittelbarer Nähe zur TU Dresden
- Forschung und Entwicklung von material- und energieeffizienten Technologien und Produkten
  - **Forschungsschwerpunkte** sind Adaptronik, Akustik, Funktionsintegrierter Leichtbau, Generative Fertigung, Mechanische Fügetechnik, Medizintechnik sowie Cyber-physische Produktionssysteme
  - **Reflexionsarmer Raum** für akustische Untersuchungen an Maschinen, Fahrzeugen und Anlagen

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Fraunhofer-Kunststoffzentrum Oberlausitz



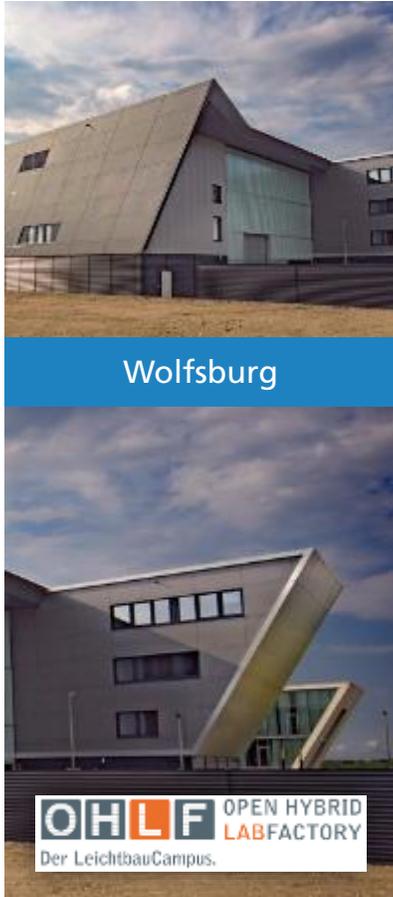
Zittau



- Region Zittau mit Vielzahl an Unternehmen der kunststoffverarbeitenden Industrie
- Standort in unmittelbarer Nachbarschaft zur Hochschule Zittau / Görlitz mit modernem Technikum
- Entwicklung innovativer Technologien und Produkte für die kunststoffverarbeitende Industrie mit Fokus Leichtbau
  - **Forschungsschwerpunkte** sind generative Fertigung von Kunststoffbauteilen, Entwicklung von funktionsintegrierten Kunststoffbauteilen und Halbzeugen aus endlosfaserverstärkten Thermoplasten sowie Elastomerverarbeitung
  - **Wissens- und Technologietransfer** in die Region

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Projektzentrum Wolfsburg



- Wolfsburg ist einer der bedeutendsten Automobilbaustandorte Deutschlands
- Enge Verzahnung von Industrie und Forschung im Rahmen der öffentlich-privaten Partnerschaft »Open Hybrid LabFactory e. V. (OHLF)«
  - **Forschungsschwerpunkt** ist die Entwicklung großserientauglicher Fertigungs- und Produktionstechnologien für die wirtschaftlich und ökologisch nachhaltige Herstellung hybrider Leichtbaukomponenten aus Metallen, Kunststoffen und textilen Strukturen
  - Förderung im Rahmen der BMBF-Initiative Forschungscampus

# Das Fraunhofer IWU im Profil

Jobs und Karriere: Entdecken Sie die Zukunft mit uns!

## Wen wir suchen:

- Berufserfahrene, Berufseinsteiger, Studierende und Führungskräfte
- Querdenker mit neuen Ideen
- Motivation und Eigeninitiative bei der Entwicklung von visionären technischen Lösungen
- Studium im Bereich Ingenieurwissenschaften, Technik oder IT/Informatik
- Gute Deutsch- und Englischkenntnisse

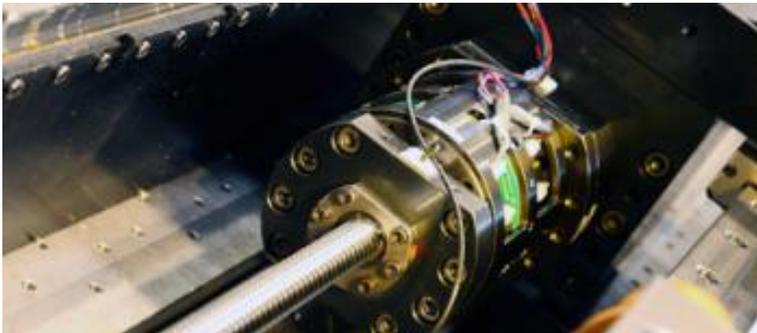


## Was wir bieten:

- Praxisnähe und Möglichkeit zur Promotion
- Modernste technische Ausstattung
- Austausch mit Fachkolleginnen und Fachkollegen
- Persönliche Entwicklungsmöglichkeiten
- Gezielte Personalentwicklung und vielfältige Qualifizierungsangebote
- Vergütung gemäß TVöD inkl. variabler Vergütungsbestandteile
- Work-Life-Balance durch flexible Arbeitszeiten

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Wissenschaftsbereiche



Mechatronik und  
Funktionsleichtbau  
Prof. Dr.-Ing. Welf-Guntram Drossel



Umformtechnik  
Dr.-Ing. Reinhard Mauermann  
(Gastprofessor Hochschule Zittau/Görlitz)



Werkzeugmaschinen,  
Produktionssysteme  
und Zerspanungstechnik  
Prof. Dr.-Ing. Martin Dix



# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Organisationsstruktur

| Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU  |  |   |          |
|--|--|---|----------|
| <b>Institutsleitung</b><br>Prof. Dr.-Ing. W.-G. Drossel (geschäftsführend)<br>Prof. Dr.-Ing. M. Dix<br>Dr.-Ing. R. Mauermann (Gastprofessor Hochschule Zittau/Görlitz) |  |   |          |
| <b>Wissenschaftsbereich Mechatronik und Funktionsleichtbau</b><br>Prof. Dr.-Ing. W.-G. Drossel   | <b>Wissenschaftsbereich Umformtechnik</b><br>Dr.-Ing. R. Mauermann | <b>Wissenschaftsbereich Werkzeugmaschinen, Produktionssysteme und Zerspanungstechnik</b><br>Prof. Dr.-Ing. M. Dix |          |
| Hauptabteilung Mechatronik   | Hauptabteilung Blechumformung                                      | Hauptabteilung Fertigungssysteme und Maschinen  |          |
| Hauptabteilung Additive Fertigung  |  |   |          |
| Hauptabteilung Leichtbau   |  |   |          |
| Hauptabteilung Fügen   | Hauptabteilung Massivumformung                                     | Hauptabteilung Smarte Fabrik – Digitalisierung und Automatisierung  |          |
| Hauptabteilung Cyber-physische Systeme   |  | Hauptabteilung Zerspanungstechnik und Abtragen  |          |
| Geschäftsfeldentwicklung und Kommunikation   |  |   |          |
| Geschäftsfeldentwicklung   | Öffentlichkeitsarbeit  | Taskforce Wasserstoff@IWU   |          |
| Betrieb  |  |   |          |
| Gebäude- und Informationstechnik   | Forschungstechnik  | Finanzen  | Personal |

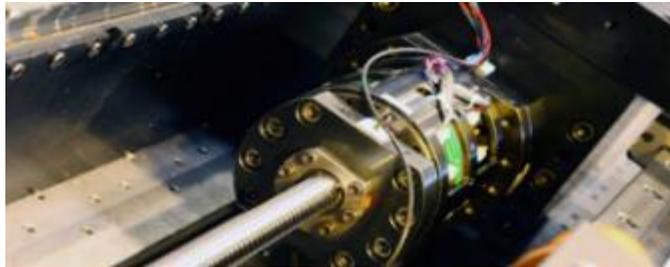
# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Organisationsstruktur

| Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU   |                      |                                   |                    |   |   |                                     |  |   |                                     |
|---|----------------------|-----------------------------------|--------------------|---|---|-------------------------------------|--|---|-------------------------------------|
| <b>Institutsleitung</b> Prof. Dr.-Ing. W.-G. Drossel (geschäftsführend)<br>Prof. Dr.-Ing. M. Dix<br>Dr.-Ing. R. Mauermann (Gastprofessor Hochschule Zittau/Görlitz) |                      |                                   |                    |   |   |                                     |  |   |                                     |
| Wissenschaftsbereich Mechatronik und Funktionsleichtbau<br>Prof. Dr.-Ing. W.-G. Drossel   |                      |                                   |                    |   | Wissenschaftsbereich Umformtechnik<br>Dr.-Ing. R. Mauermann |                                     | Wissenschaftsbereich Werkzeugmaschinen, Produktionssysteme und Zerspanungstechnik<br>Prof. Dr.-Ing. M. Dix |   |                                     |
| Mechatronik   | Additive Fertigung   | Leichtbau                         | Fügen              | Cyber-physische Produktionssysteme          | Blechumformung  | Massivumformung                     | Fertigungssysteme und Maschinen  | Smarte Fabrik - Digitalisierung & Automatisierung | Zerspanungstechnik und Abtragen     |
| Adaptronik  | 3D-Draht-Druck       | STEX                              | Thermisches Fügen  | Technische Kybernetik                       | Wirkmedienumformung & Hochgeschwindigkeitstechnologien      | Warmmassivumformung                 | Werkzeugmaschinen  | Ressourceneffiziente Fabrik                       | Zerspanungstechnologie              |
| Medizintechnik  | Generative Verfahren | Funktionsintegrierter Leichtbau   | Mechanisches Fügen | Datenketten und -analysen in der Produktion | Blecbearbeitung und Grundlagen                              | Kaltmassiv- und Präzisionsumformung | Karosseriebau und Montage  | Digitalisierung in der Produktion                 | Funktionsoberflächen Mikrofertigung |
| Projekthaus smart <sup>3</sup>  |                      | Angewandte Kunststofftechnologien |                    |   |   |                                     | Robotertechnik   | Automatisierung und Monitoring                    |                                     |
| Technische Akustik  |                      |                                   |                    |   |   |                                     |  | Projekthaus AIM                                   |                                     |

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Organisationsstruktur



Mechatronik und  
Funktionsleichtbau

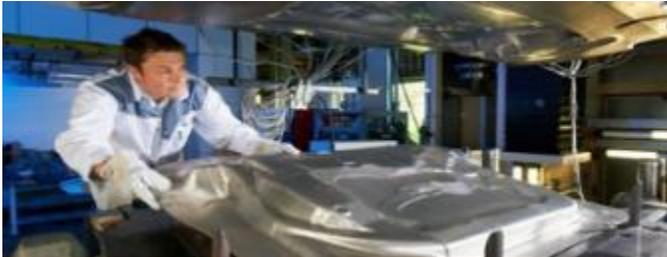
Prof. Dr.-Ing. Welf-Guntram Drossel



| Mechatronik                    | Additive Fertigung   | Leichtbau                          | Fügen              | Cyber-physische Produktionssysteme          |
|--------------------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------|---|
| Adaptronik                     | 3D-Draht-Druck       | STEX                               | Thermisches Fügen  | Technische Kybernetik                       |
| Medizintechnik                 | Generative Verfahren | Funktions-integrierter Leichtbau   | Mechanisches Fügen | Datenketten und -analysen in der Produktion |
| Projekthaus smart <sup>3</sup> |                      | Angewandte Kunststoff-technologien |                    |   |
| Technische Akustik             |                      |                                    |                    |   |

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Organisationsstruktur



### Umformtechnik

Dr.-Ing. Reinhard Mauermann  
(Gastprofessor Hochschule Zittau/Görlitz)



| Blechumformung   | Massivumformung                     |
|--|-------------------------------------|
| Wirkmedienumformung & Hochgeschwindigkeitstechnologien | Warmmassivumformung                 |
| Blechbearbeitung und Grundlagen                        | Kaltmassiv- und Präzisionsumformung |

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Organisationsstruktur



Werkzeugmaschinen,  
Produktionssysteme  
und Zerspanungstechnik

Prof. Dr.-Ing. M. Dix



| Fertigungssysteme und Maschinen | Smarte Fabrik - Digitalisierung & Automatisierung      | Zerspanungstechnik und Abtragen        |
|---------------------------------|--|--|
| Werkzeugmaschinen               | Ressourceneffiziente Fabrik                            | Zerspanungstechnologie                 |
| Karosseriebau und Montage       | Digitalisierung in der Produktion                      | Funktionsoberflächen<br>Mikrofertigung |
| Robotertechnik                  | Automatisierung und Monitoring                         |  |
|                                 | Projekthaus AIM<br>(Arbeit, Innovation und Management) |  |

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Ihre Vorteile

### Passgenaue Lösungen

**Systembausteine**, die entsprechend Ihrer Ausgangslage individuell zusammengestellt werden können, ermöglichen eine **optimale Adaption** für die gewünschte **Zielerreichung**.

### Konkreter Mehrwert

Unser **Anspruch** sind smarte und effiziente **produktionstechnische Lösungen** mit **konkretem Mehrwert** für Ihre speziellen Anforderungen.

### Erfolgsfaktor Fraunhofer

Kontinuierlicher aktueller **wissenschaftlicher Input** sowie **enge Zusammenarbeit** und **Vernetzung mit der Industrie** unterstützen die erfolgreiche Entwicklung **serientauglicher Lösungen**.



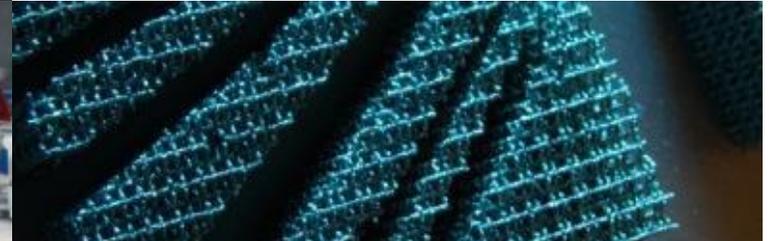
# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Erfolg vernetzen – Vernetzt erfolgreich



### Verbund Produktion

- IEM Paderborn
- IGCV Augsburg
- IFF Magdeburg
- IML Dortmund
- IPA Stuttgart
- IPK Berlin
- IPT Aachen
- IWU Chemnitz, Dresden, Wolfsburg, Zittau, Leipzig
- UMSICHT Oberhausen
- Fraunhofer Austria



### Forschungsallianzen

- Adaptronik
- autoMOBILproduktion
- Generative Fertigung
- Leichtbau
- Simulation
- Vision
- Textil

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Erfolg vernetzen – Vernetzt erfolgreich



Branchenbezogen



Branchenübergreifend



- Innovationsverbund Maschinenbau Sachsen VEMAS *Innovativ*
- Kompetenzzentrum Maschinenbau Chemnitz / Sachsen e. V.
- Arbeitskreis Werkzeugmaschinen
- Verein Umformtechnik Sachsen e. V.

- Industrieverein Sachsen 1828 e. V.
- Energy Saxony Energie-Cluster für Sachsen
- Unternehmerverband Sachsen e. V.
- Leipziger Messe, intec-Beirat
- Verband Biotechnologie- und Medizintechnik biosaxony e. V.

# Das Fraunhofer IWU im Profil

Erfolg vernetzen – Vernetzt erfolgreich

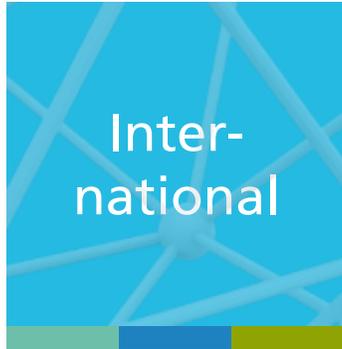


Gut vernetzt – in Wissenschaft und Industrie

- Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik WGP
- Arbeitsgemeinschaft Umformtechnik AGU
- Verein deutscher Ingenieure VDI
- Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken VDW
- Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. FOSTA
- Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. FVA
- Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. FAT
- Deutsche Forschungsvereinigung für Meß-, Regelungs- und Systemtechnik e.V. DFMRS
- Deutsche Gesellschaft für Biomedizinische Technik VDE DGBMT

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Erfolg vernetzen – Vernetzt erfolgreich



Gut vernetzt – in Europa und weltweit

- Internationale Akademie für Produktionstechnik CIRP
- European Factories of the Future Research Association EFFRA
- European Automotive Research Partners Association
- Vanguard Initiative
- European Society for Precision Engineering and Nanotechnology
- European Joining Platform
- European Additive Manufacturing Platform
- euRobotics

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Erfolg vernetzen – Vernetzt erfolgreich





# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Automatisierung



### Realisierung steuerungs- und prozesstechnischer Aufgaben

- Konzeption, Projektierung, Implementierung und Inbetriebnahme von Anlagen, Maschinen oder Systemen
- Prozessautomatisierung im Bereich Maschinen- und Sondermaschinenbau
- Entwicklung von Applikationen der Prozesstechnik und Qualitätskontrolle
- Multisensorielle Datenverarbeitung, Mustererkennung und Informationsfusion über zeitlich und räumlich getrennte Prozessebenen

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Blechumformung



### Energie- und ressourceneffiziente Technologien

- Prozesskettenentwicklung und Methodenplanung
- Blechbearbeitungstechnologien, Blechwarmumformung von Stahl, Aluminium, Magnesium und Titan
- Wirkmedien- und wirkenergiebasierte Umformung
- Werkzeugkonzepte und Werkzeugkonstruktion
- Simulation, materialphysikalische Grundlagen und Kennwerte
- Maschinenauslegung und Anlagenplanung

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Fügen

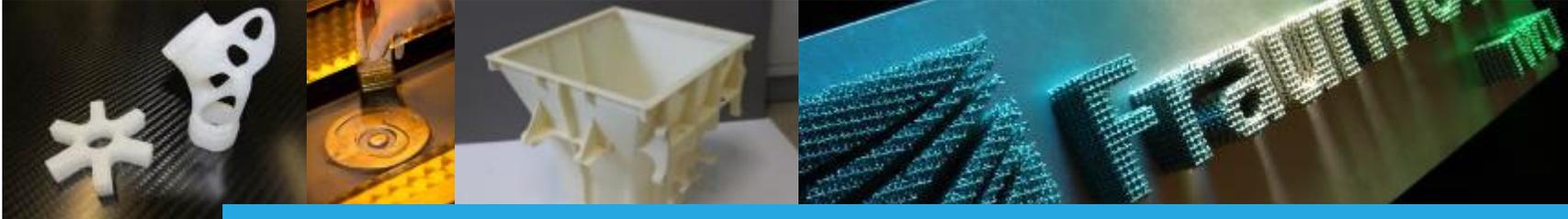


### Schlüsseltechnologie im Automobil- und Maschinenbau

- Thermisches Fügen
- Mechanisches Fügen
  - Prozesskettenentwicklung: Toleranzanalyse, Prozessrobustheit, experimentelle/numerische Beschreibung von Operationsfolgen
  - Entwicklung von Fügetechnologien und Fügewerkzeugen
  - Prüfung von Prozessen und Baugruppen

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Generative Fertigungsverfahren



### Neue Wege für innovative Produkte

- Industrieller 3D-Druck → vom Prototyping zur generativen Fertigung
- Additive Fertigung von Kunststoffbauteilen
- Drucken von Faser-Kunststoff-Verbunden
- Laserstrahlschmelzen
- Numerische Simulation und Verzugsanalyse

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Industrie 4.0



Effizient, vernetzt, flexibel: Wertschöpfungsketten der Zukunft

- Digitalisierung als Chance für den Mittelstand
- Die Rolle des Menschen in der Smart Factory
- Instandhaltung 4.0
- Selbstregulierende Systeme, Maschinelles Lernen
- Intelligente Prozessketten
- Demonstrationen und Cross-Learning

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Kennwertermittlung und Werkstoffcharakterisierung



### Von essentieller Bedeutung

- Bestimmung von mechanischen Werkstoffkennwerten (RT bis 1100 °C, 0,00001 s<sup>-1</sup> bis 1000 s<sup>-1</sup>, ein- und mehrachsig) als Eingangsgrößen für FE-Simulationen
- Bestimmung von thermischen, technologischen sowie tribologischen Werkstoffkennwerten
- Röntgenografische und metallografische Werkstoffuntersuchungen
- Formänderungsanalysen und Bauteilprüfungen zur Validierung von FE-Simulationen

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Leichtbau



Enormes Potenzial für ressourceneffiziente mechatronische Systeme

- Stoff-, Struktur- und Bedingungsleichtbau
- Entwicklung und Berechnung von Leichtbaustrukturen z. B. aus Faserverbundwerkstoffen und Metallschaum
- Auslegung/Einsatz von Metall-Faserverbund-Hybridbauteilen
- Fertigungs- und Fügetechnologien
- Funktionsintegration (Sensorik, Aktorik, Thermomanagement)
- Kontinuierliche Herstellung von geraden oder gekrümmten faserverstärkten Kunststoffprofilen durch Pultrusion

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Massivumformung



### Energie- und ressourceneffiziente Technologien

- Prozesskettenentwicklung und Methodenplanung
- Kalt-, Halbwarm- und Warmmassivumformung
- Hohlwellentechnologien
- Umformtechnische Herstellung von Verzahnungen
- Werkzeugkonstruktion und Werkzeugkonzepte
- Prozesssimulation, materialphysikalische Grundlagen

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Mechatronik und Adaptronik



### Intelligente Lösungen für Maschinenbau und Automobilindustrie

- ganzheitliche Lösungen für adaptronische Systeme
- Entwicklung von Sensor-Aktor-Systemen auf der Basis von Piezokeramik, Formgedächtnismaterialien und aktiven Fluiden
- Intelligente Werkzeuge zum Umformen, Zerspanen und Fügen
- Smart Materials
- Leicht und Leise – Akustikdesign und Schwingungskompensation

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Medizintechnik



### Innovationen für den Patienten

- Entwicklung neuer Methoden und Produkte zur Verminderung des Risikos von Eingriffen und Verbesserung des klinischen Outcome (z.B. längere Implantatsstandszeiten)
- Biomechanische Modellbildung und medizinische Messtechnik
- Konstruktion und numerische Simulation
- Entwicklung von Fertigungstechnologien für medizinische Komponenten wie chirurgische Instrumente und Implantate

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Mikro- und Präzisionsfertigung



### Klein aber Fein

- Entwicklung spanender und abtragender Verfahren zur Präzisions- und Mikrobearbeitung
- Technologieentwicklung für trennende und umformende Verfahren
- umformende Mikrobearbeitung von Metall, Glas und Kunststoff
- Werkzeugentwicklung
- Qualitätssicherung, Bemusterung und Bauteilbewertung
- Bauteilauslegung

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Montagetechnik und Robotik



### Flexibilität und Autonomie

- flexible Handhabe-, Vorrichtung- und Fügetechnik
- Systeme zur Mensch-Roboter-Kooperation
- wissensbasierte Prozessregelung
- sensitive Robotik, anwendungsspezifische und kostenoptimierte Robotersysteme
- Software zur intelligenten Automatisierung von Planungs- und Entwicklungsaufgaben sowie deren Optimierung
- bionischer Leichtbau von Fügeanlagen

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Produktionsmanagement



### Die Fabrik der Zukunft planen, steuern und vernetzen

- Planung und Steuerung der Energie- und Ressourceneffizienz in der Produktion
- Applikation und Weiterentwicklung integrativer Produktionsmanagementsysteme
- Analyse und Bewertung von Fertigungs-, Logistik- und Fabrikkonzepten
- Lösungen und Anwendungen für modernes Datenmanagement

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Prozessketten

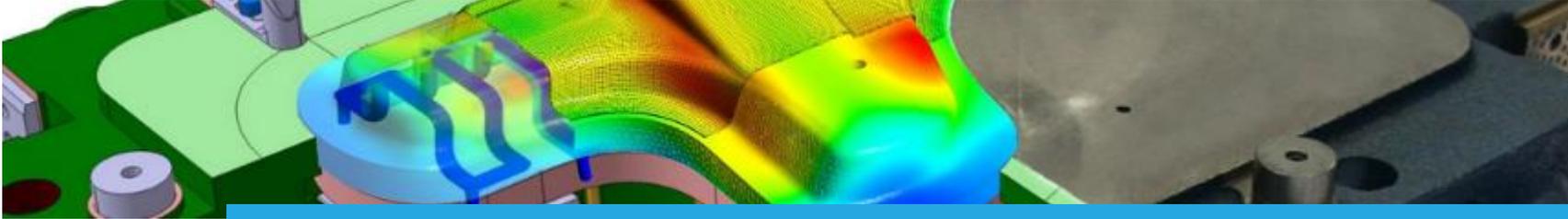


### Einzelprozesse intelligent vernetzen

- Auslegung und Optimierung vom Rohmaterial bis zum fertigen Produkt (z.B. Motorkomponenten, Antriebswellen, pressgehärtete Karosseriebauteile und Tiefziehbauteile)
- Planung und technologische Dimensionierung von Verfahren, Werkzeug und Maschine
- Marktanalyse
- Kosten-Nutzen-Rechnung

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Simulation



### Basis für optimale Produktentwicklung

- Simulation für die Entwicklung und Optimierung von Formgebungsprozessen
- Blech- und Massivumformtechnik
- Spanende Fertigungsverfahren
- Mechanische Simulation von Faser-Kunststoff-Verbunden und Leichtbaustrukturen
- Fertigungsplanung durch Simulation

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Spanen und Abtragen



Materialsparender, energieeffizienter und prozesssicherer

- Entwicklung spanender und abtragender Verfahren
- Simulation von Zerspanungsprozessen, Bearbeitungswerkzeugen und Bauteilverhalten
- Prozesskettengestaltung, Verfahrenskombination und -integration
- Entwicklung hybrider Bearbeitungsprozesse
- Mikrostruktur- und Oberflächentechnologien
- Entwicklung funktionaler Oberflächen

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Technische Akustik



### Effiziente Maßnahmen zur Schall- und Schwingungsreduktion

- Akustische Optimierung elektrischer Antriebssysteme
- Getriebe- und Verzahnungsakustik
- Aktive Systeme zur Schall- und Schwingungsreduktion
- Methodenentwicklung zur Prognose und Analyse akustischer Eigenschaften
- Entwicklung vibroakustischer Komponentenprüfstände

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Virtuelle und Erweiterte Realität



### Produktentwicklung in der dritten Dimension

- Design Review zur Unterstützung von Konstruktionsprozessen
- Virtuelle Inbetriebnahmen
- Ergonomiebetrachtungen
- Training und Schulung
- Service und Support
- Layout- und Fabrikplanung (z.B. Maschinenaufstellungen)
- Marketing und Vertrieb

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Werkzeugmaschine



### Von der Technologie zu Maschine

- Maschinenkonzeption
- Maschinen- und Baugruppenentwicklung
- Mobile Maschine
- Statische, dynamische und thermische Eigenschaftsermittlung
- Optische und Multisensor-Qualitätskontrolle
- Wirtschaftlichkeitsbewertungen

# Das Fraunhofer IWU im Profil

## Werkzeug- und Formenbau

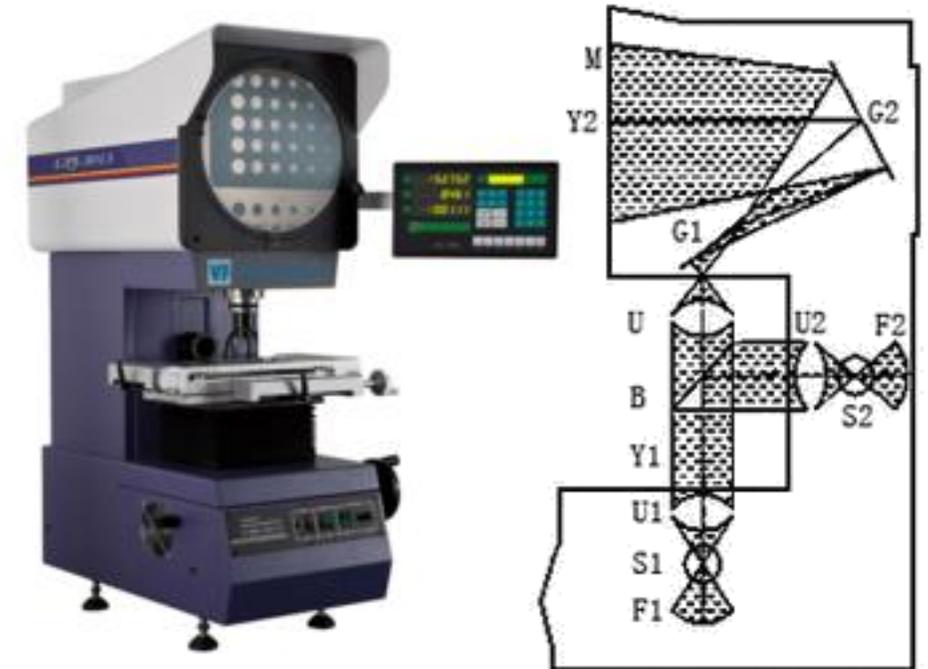


### Entwicklung und Optimierung wirtschaftlicher Werkzeugkonzepte

- Prozesskettenoptimierung, Fertigungszeitoptimierung
- Maschinenanalyse
- 5-Achs-Bearbeitung
- Fräsen thermisch gespritzter Hartmetalle
- Bohrschruppen
- Elektrochemische Präzisionsbearbeitung
- Additive Fertigung mit Sensorintegration

# 2D-Vermessung mit Projektoren

- Profilprojektoren sind optische Messgeräte zur Konturvermessung von Messobjekten, Profilprojektor wird häufig für komplex geformte Bauteile und den Vergleich des gemessenen Konturmodells verwendet.
- Messobjekt liegt auf einem Messtisch und wird von unten mit kollimiertem Licht (klassisch durch ein Kondensatorlinsensystem) diaskopisch beleuchtet
- Der Projektor vergrößert das Profil der Probe und zeigt es auf der eingebauten Projektionsfläche an.
- Diese Projektionsfläche zeigt das Profil der Probe an und ist vergrößert, um die Berechnung linearer Messungen zu vereinfachen.
- Eine Kante der zu untersuchenden Probe kann mit dem Gitter auf dem Bildschirm ausgerichtet sein. Von dort aus können einfache Messungen für Entfernungen zu anderen Punkten durchgeführt werden.
- Die Messung der Probe kann auf der Projektionsfläche erfolgen. Ein Profilprojektor kann auch eine episkopische Beleuchtung haben (die von oben scheint). Dies ist nützlich bei der Anzeige von Bohrungen oder Innenbereichen, die möglicherweise gemessen werden müssen.



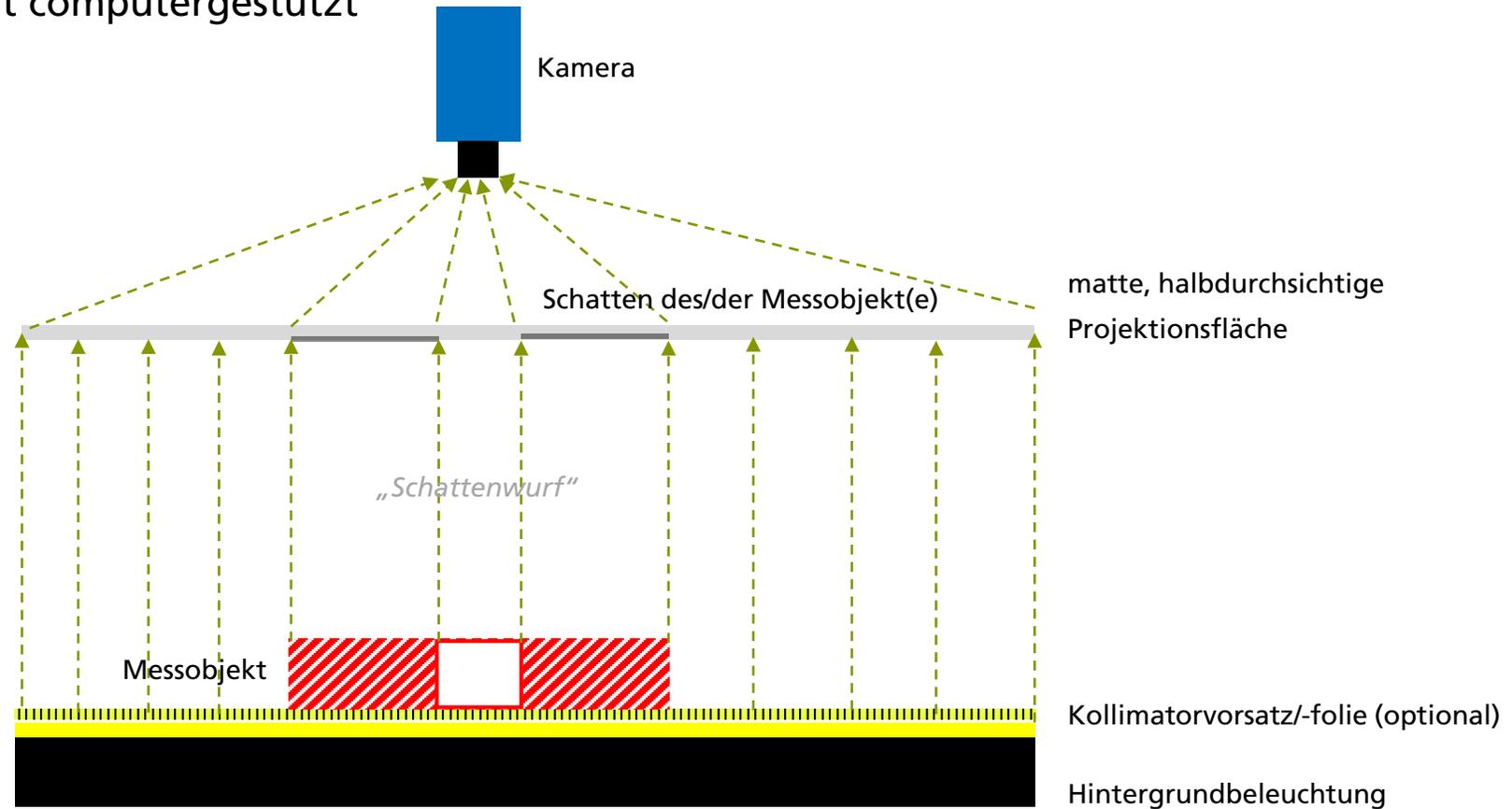
Klassischer Profilprojektor / Optischer Komparator

Links: Foto, Rechts: Strahlengang

Quelle: [https://en.wikipedia.org/wiki/Optical\\_comparator](https://en.wikipedia.org/wiki/Optical_comparator)

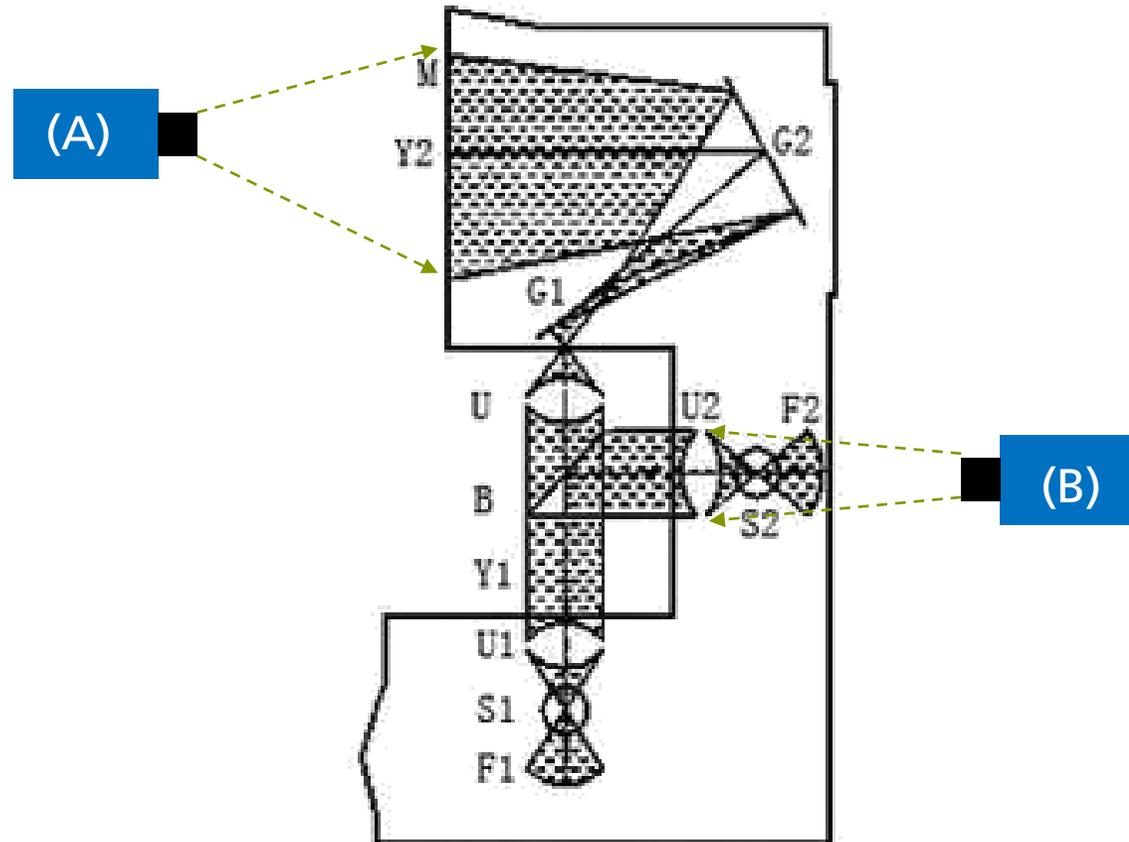
# 2D-Vermessung mit Schattenprofilprojektion

- Die komplexe Anordnung von Profilprojektoren kann ggf. auch wie unten gezeigt vereinfacht werden
- Dabei beobachtet eine Kamera auf der Rückseite einer Projektionsfläche die Schattenprojektion der Messobjekte
- Die Auswertung erfolgt computergestützt



# 2D-Vermessung mit Schadenprofilprojektion

- Alternativ dazu eignet sich eine Kamera zur Nachrüstung (Retrofit) bestehender Profilprojektoren und -Komparatoren als Vorsatz an der Projektionsfläche (A) und/oder nach einem oder mehreren Strahlteiler (B) im Strahlengang



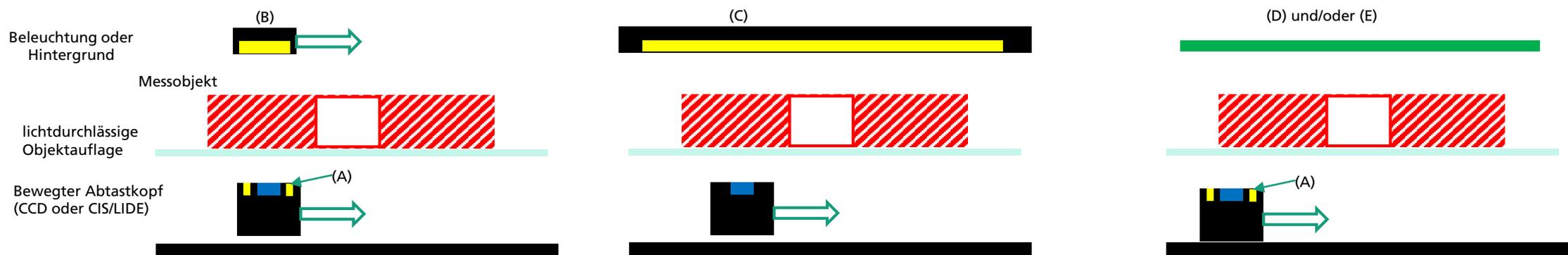
# 2D-Vermessung mit Zeilensensoren und Scannern

- Ein sehr einfaches Mittel zur 2D-Vermessung von Objekten oder Digitalisierung von halbdurchsichtigen Objekten (bspw. aus Biologie/Medizin) bieten Zeilensensoren üblicherweise in CCD-Technologie oder CIS (= Contact Imaging Sensor) / LIDE (= LED In Direct Exposure – ein Patent und Markenname von Canon®)
- Die Varianten CIS/LIDE nutzen einen Zeilensensor mit aneinandergereihten photoelektrischen Sensorpunkten (meist in CMOS-Technologie), die vorteilhafterweise senkrecht auf das Messobjekt schauen. Durch diese Anordnung wird – in Überlagerung mit der Relativbewegung zwischen Messobjekt und Abtastkopf – eine quasi-telezentrische Abbildung des Messobjekts erzeugt.
- CCD-Scanner nutzen meist einen Flächensensor mit einer vorgeschalteten Linsenoptik und ggf. Umlenkspiegeln. Durch die Optik wird eine höhere Schärfentiefe als bei CIS/LIDE erreicht. Allerdings ist die Abbildung nicht telezentrisch, was insbesondere das Messen Bohrungen erschwert. Ggf. ist daher eine perspektivische Entzerrung per Software anzuraten.
- Kostengünstige Realisierungen sind mit Flachbettscannern oder Dokumentenscannern möglich



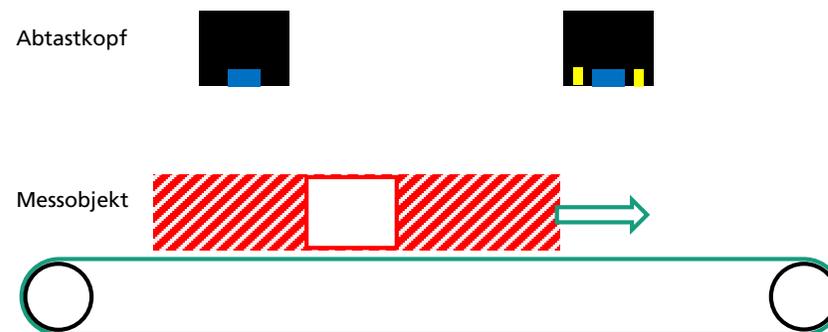
# 2D-Vermessung mit Zeilensensoren und Scannern

- Die Wahl des Beleuchtungsrichtung und Wahl des Hintergrundes muss der jeweiligen Mess-/Prüfaufgabe angepasste werden:
  - Beleuchtung mitfahrend auf dem Abtastkopf (A), ggf. kann dies bei glänzenden Teilen problematisch sein
  - synchron zur Bewegung des Abtastkopf mitfahrende Zeilenbeleuchtung hinter dem Messobjekt (B)
  - flächige Hintergrundbeleuchtung hinter dem Messobjekt (C)
  - farbige oder strukturierte Hintergrundfläche (D), die sich vom visuell/spektral vom Messobjekt abhebt
  - Fluoreszierender oder phosphoreszierender Hintergrund (E)
  - Eine Dom-Beleuchtung hinter oder um das Messobjekt (nicht in Abb. gezeigt)
  - eine Kombination aus o.g. Varianten
- Durchlicht eignet sich sehr gut zur Geometrievermessung, Auflicht zur Oberflächeninspektion



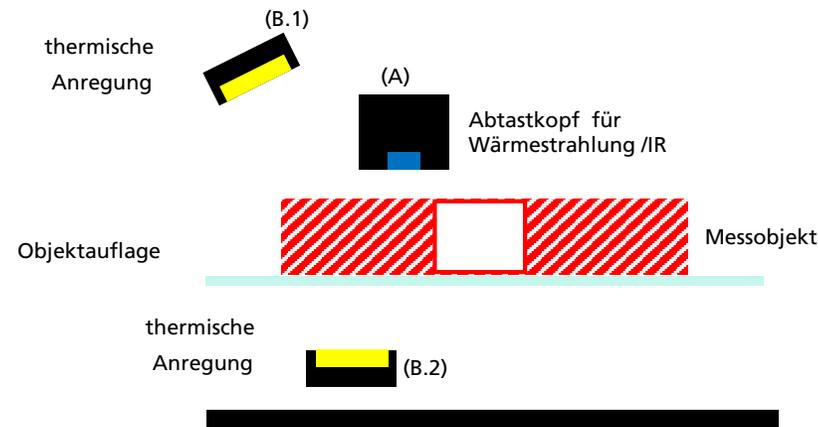
# 2D-Vermessung mit Zeilensensoren und Scannern

- Neben der Art der Beleuchtung kann auch die Art der Relativbewegung zwischen dem Abtastkopf und den Messobjekte(n) verschieden gestaltet werden:
  - Bewegter Abtastkopf und ruhendes Objekt (siehe vorherige Folie). Diese Bewegung kann durch eine beliebige Kinematik, Achse oder einen Riemen erfolgen.
  - Fest montierter Abtastkopf oder festmontierte Abtastköpfe (z.B. mit Unterschiedlichen Eigenschaften und Messprinzipien) und bewegtes Messobjekt (mittels Fließband, Linearachse, Roboter etc.)
  - Die (zeilenweise) Bildaufnahme muss mit der Relativbewegung synchronisiert werden, dazu kann man im einfachsten Fall die Istpositionen aus den Achsmesssystemen auslesen, bei Schrittmotoren die Inkremente zählen und/oder die Istposition aus der Bahnplanung/Interpolator nutzen. Weiterhin ist die Auswertung des Bildflusses (Optical Flow) denkbar.



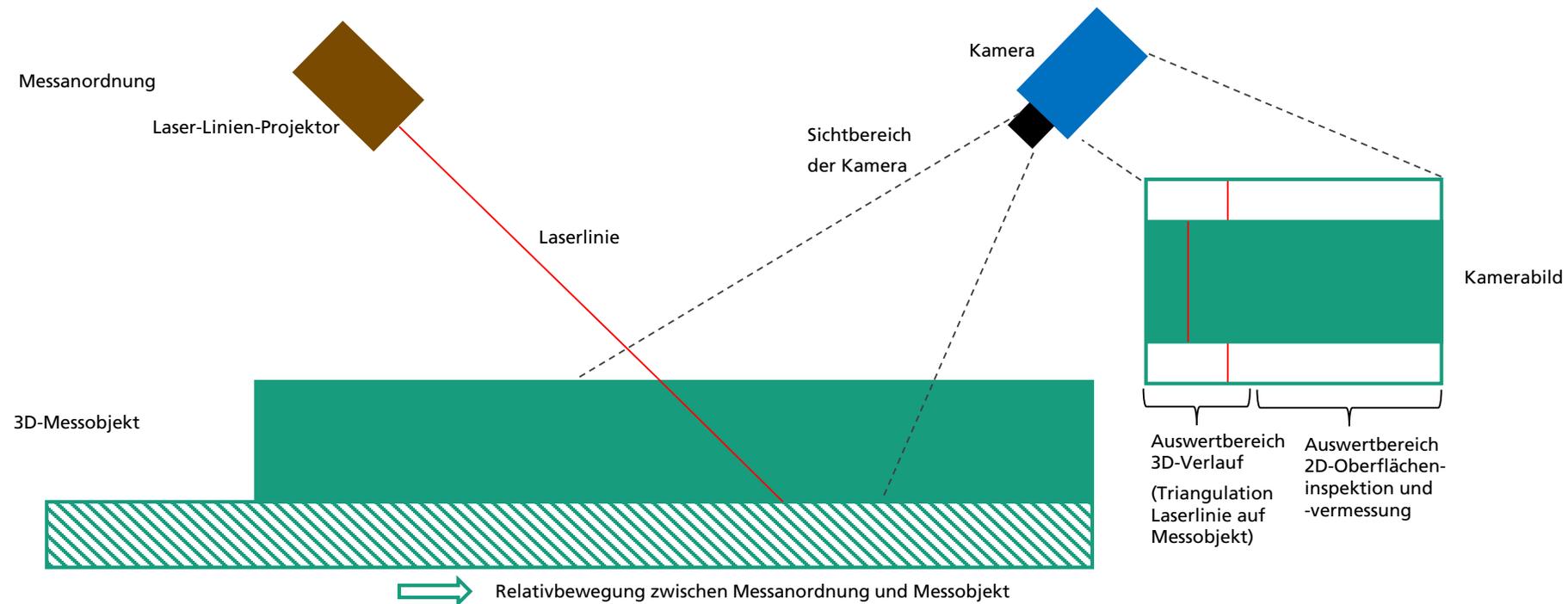
# Prüfung mittels Thermografie

- Durch eine Anregung (B.1, B.2) mittels Wärmestrahlung, z.B. IR, Laser, Halogen können Inhomogenitäten im Wärmefluss innerhalb des Bauteils oder an dessen Oberfläche durch eine zeilenförmigen Thermografie- bzw. IR-Sensor-Array (A) erfasst und zur Fehlerdetektion genutzt werden. Vorteilhaft ist dies insbesondere für die Prüfung von Fugestellen wie z.B. Schweißnähten.
- Die Anregung kann impulsförmig oder periodische (z.B. sinusförmig) erfolgen. Aus der Phasen- bzw. Amplitudenverschiebung der aufgenommenen Wärmebilder. Ebenso ist eine Auswertung einer Bildfolge möglich (Folgebildverfahren)
- Die Anregung (B.1) kann auf der Seite des Abtastkopfes (A) und/oder auf der gegenüberliegenden Seite (B.2) erfolgen. Ggf. müssen die Anregungselement etwas räumlich zum Abtastkopf versetzt angeordnet werden.



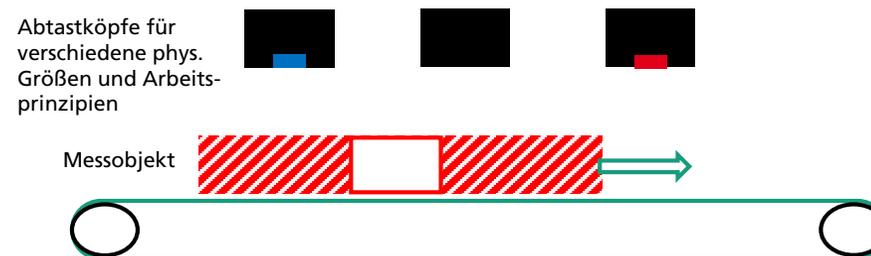
# Kombinierte 2D/3D-Prüfung und -Messung

- Mit der aktiven Triangulation (z.B. Laser-Linien-Projektion) und mindestens einem Bildsensor kann gleichzeitig die 3D-Kontour und die Oberfläche eines Messobjektes inspiziert und vermessen werden.
- Für die Erfassung eines Profils muss die Bildaufnahme mit der Relativbewegung zum Messobjekt synchronisiert werden. Neben der Nutzung von Istwerten aus Messsystemen oder der Steuerung kann die Bewegung auch mittels der Kamera durch Auswertung des Bildflusses, Kreuzkorrelation von Bildfolgen oder Bildregistrierungsverfahren erfolgen.



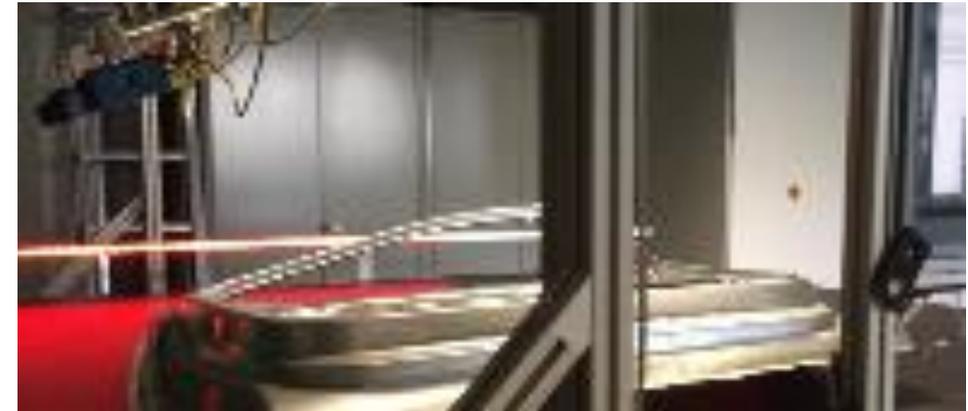
# Datenfusion mit Zeilensensoren und Scannern

- Neben rein im optischen Bereich arbeitenden Sensoren sind auch Zeilensensoren zur Erfassung anderer physikalischer Größen verfügbar, Beispiele sind:
  - Multi- oder Hyperspektrale Sensoren, Optischen Sensoren außerhalb des sichtbaren Bereichs im UV- und IR-Bereich, Röntgenbereich, auch eine Abtastung der Polarisationswinkel (z.B. Ellipsometrie) ist möglich
  - Zeilenweise arbeitende Radar- oder Terahertz-Sensoren oder Ultraschall-Sensoren, z.B. SAR und ISAR-Prinzip teilweise erfolgt eine Erhöhung der geometrischen Auflösung, aufgrund der divergenten Sensorkeulen, durch Überlagerung/Faltung der Signalen aus mehreren Messpositionen
  - 3D-Sensoren mit aktiver und passiver Triangulation und Time-of-Flight-Prinzip
  - Elektrostatisch/kapazitiv oder induktiv arbeitende Sensor-Arrays (DIS - Depth Image Sensor)
  - Sensoren zur elektromagnetischer Eigenschaften (MIS - Magnetic Image Sensor zur Messung der Magnetisierung/Permeabilität)
- Neben der Einzelauswertung solcher Sensoren, können auch aus Sensor-Kombinationen (Daten-Fusion) leistungsfähige Klassifikatoren oder Machine-Learning-Systeme zur automatischen Bauteilinspektion entwickelt werden.

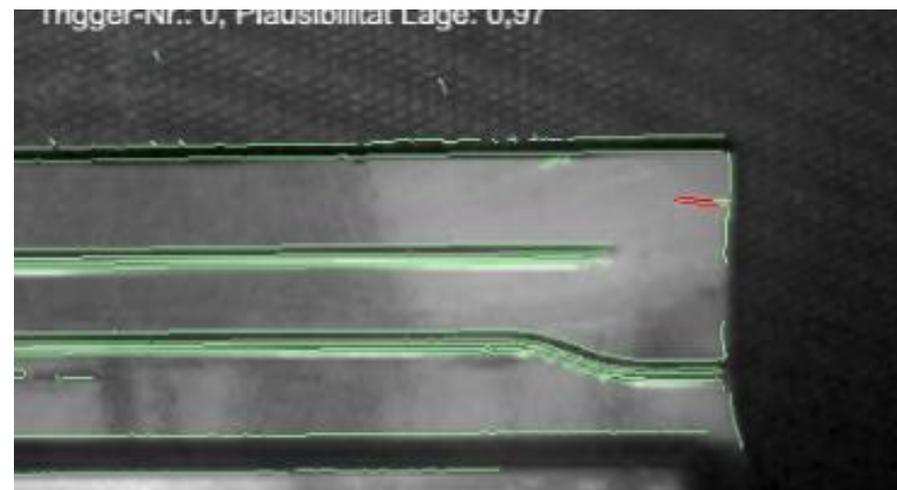


# Anwendungsbeispiele - Flächigen Erkennung von Rissen/Schäden an Karosserieteilen

- Überwachung von bewegten, auf einem Fließband befindlichen Teilen (ca. 1 m/s)
- flächenabdeckende Bildaufnahme auf der Bauteiloberseite durch bis zu 24 Kameras und LED-Beleuchtung zur gleichmäßigen Ausleuchtung
- Modi: Einrichten, automatisches/manuelles Anlernen, automatischer Überwachungsbetrieb
- Risse, Kratzer vollflächig erkennbar; Einschnürungen lokal begrenzt detektierbar
- Ausgleich von Ablagetoleranzen der Bauteile auf dem Fließband
- Visualisierung der Defekte in HMI bzw. durch Signalleuchten / LED-Lauflicht (Bild unten) / Beamer
- Fehlerstatistik und Kopplung an Leitsystem vorhanden



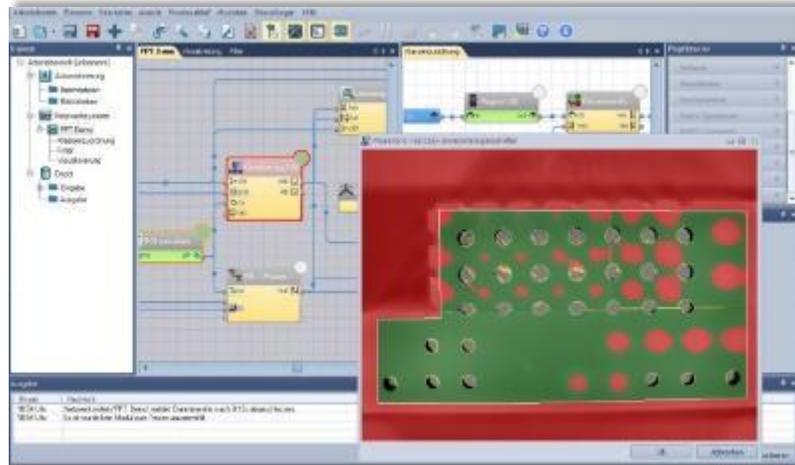
# Anwendungsbeispiele - Flächigen Erkennung von Rissen/Schäden an Karosserieteilen



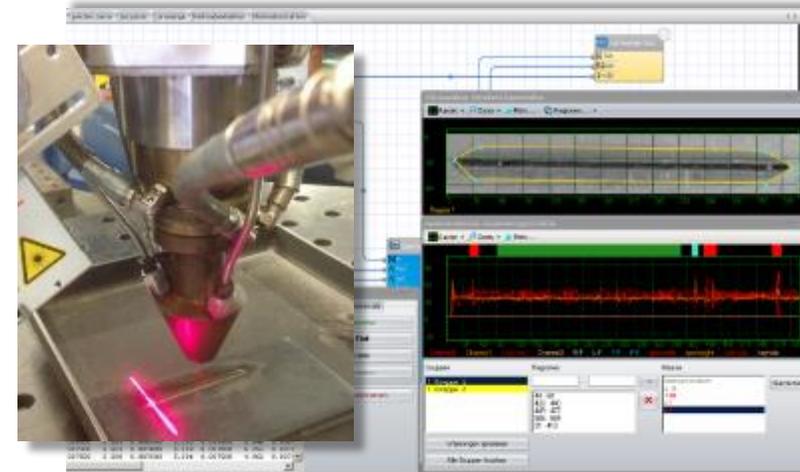


# Weitere Anwendungsfelder

- Detektion innerer Defekte in Aluminium-CFK-Verbundwerkstoffen



- Qualitätskontrolle von Laserschweißungen



- Klassifikation von Oberflächentexturen (z.B. Holz, Leder, Textilien)



- optische Qualitätskontrolle von beschichteten Teilen (Farbabweichung, Einschlüsse, etc.)

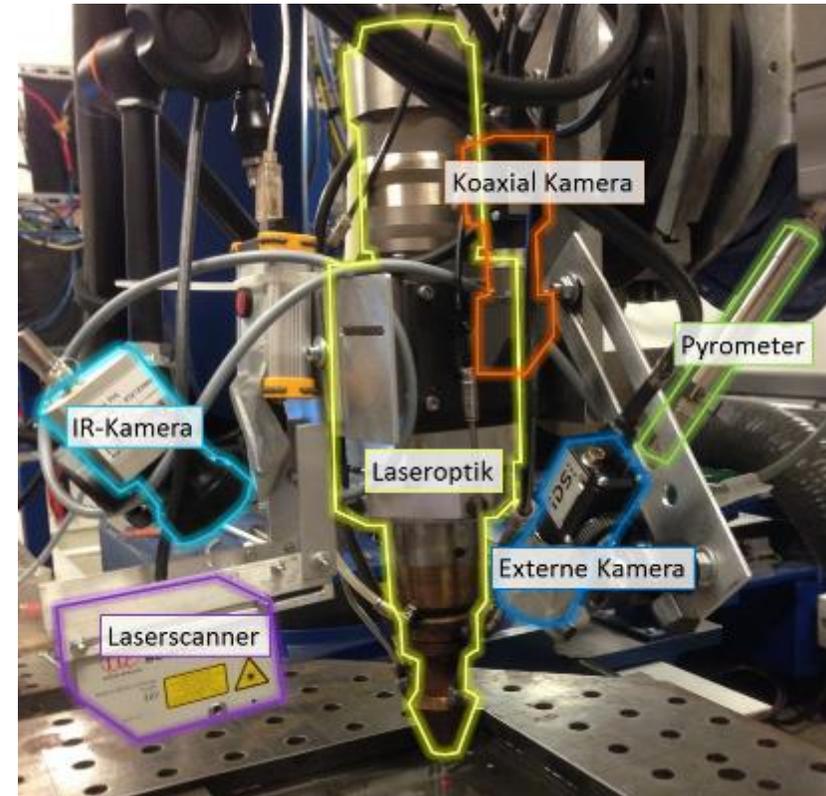


Bsp. Farbtonabweichung von KTL-lackierten Kleinteilen (Falschfarbendarstellung)

# Weitere Anwendungsfelder – Multisensorsystem

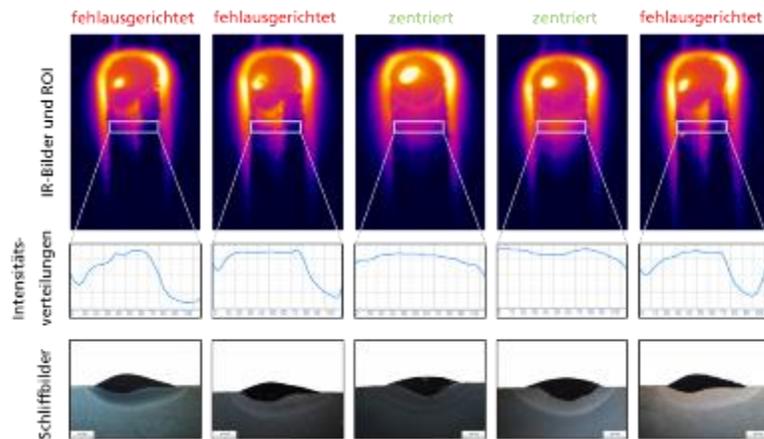
Integration von Sensoren in die LPA-Anlage (Laserpulverauftragschweißen):

|              | Sensor                  | Spezifikation  |
|--------------|-------------------------|--|
| Pre-Prozess  | Pyrometer               | Typ: IGA 320-23<br>Temperaturbereich: 473 – 1773 K   |
| In-Prozess   | Koaxial CMOS Kamera     | Typ: IDS uEye UI522xCP-M<br>Framerate: 350 Hz (ROI)<br>ROI: 172 x 140 Pixel<br>Belichtungszeit: 0,191 ms   |
|              | Externe CMOS Farbkamera | Typ: IDS µEye UI-5220SE-C<br>Framerate: 448 Hz<br>ROI: 500 x 100 Pixel<br>IR-Filter: < 1000 nm<br>Belichtungszeit: 0,054 ms<br>Brennweite: 12,5 mm |
|              | IR-Kamera               | Typ: Optris PI 400 IR-camera<br>Framerate: 27 Hz (ROI)<br>ROI: 382 x 288 Pixel<br>Spektralbereich: 7,5 – 13 µm<br>Temperaturbereich: 1173-1773 K   |
| Post-Prozess | Laser-scanner           | Typ: Micro Epsilon 2800 25<br>Profilrate max.: 400 Hz  |

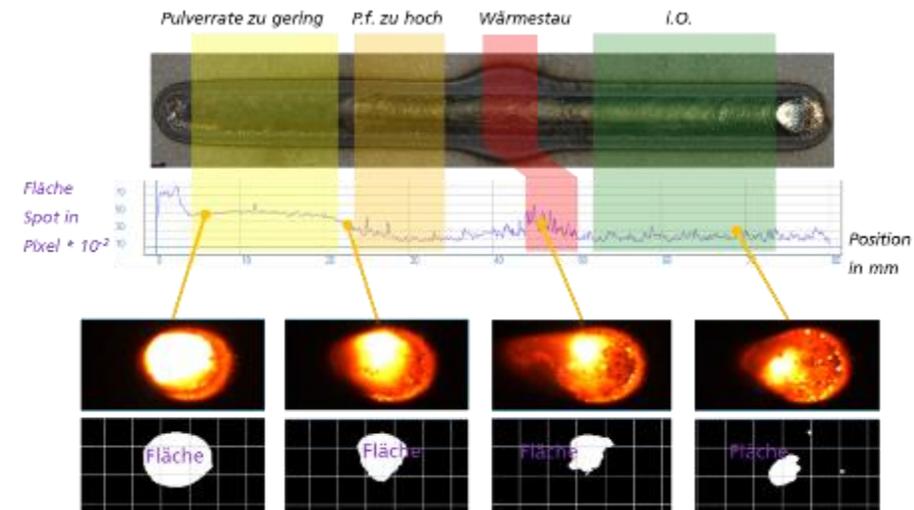


# Weitere Anwendungsfelder – Multisensorsystem

**Beispiel 1:** Inline-Überwachung der Exzentrizität von Auftragschweißungen mittels Thermografiekamera



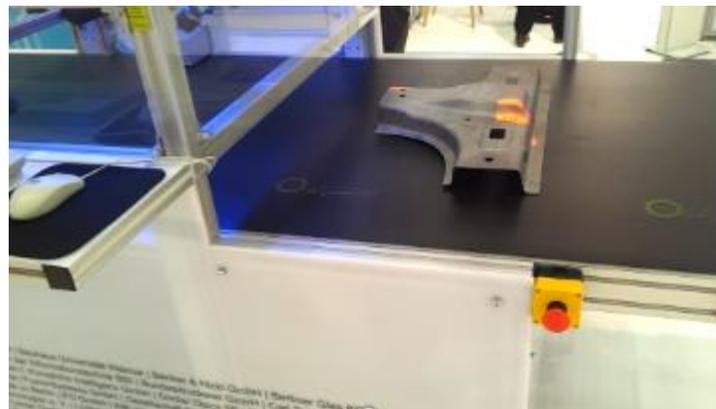
**Beispiel 2:** Inline-Erkennung von potentiellen Fehlern, welche durch Wärmestau und Schwankungen der Pulverförderrate entstehen können



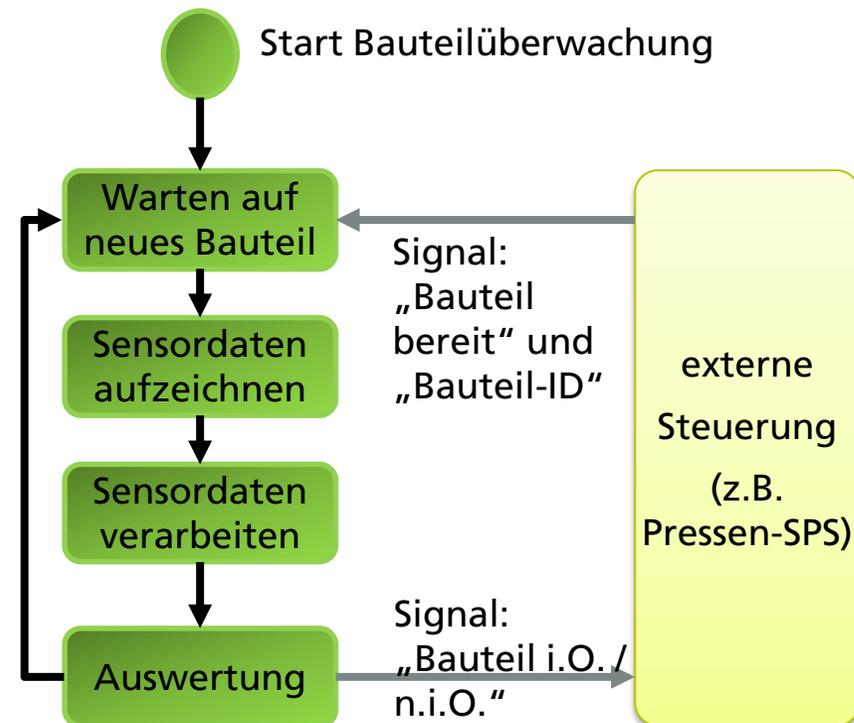
# Übersicht Xeidana<sup>®</sup> - Automatisierung



- Umfangreiche Skriptsprache für die Automatisierung von Prozessen und Einbindung in Steuerungssysteme
- Erstellung angepasster Bedien-/Visualisierungssoftware (HMI)

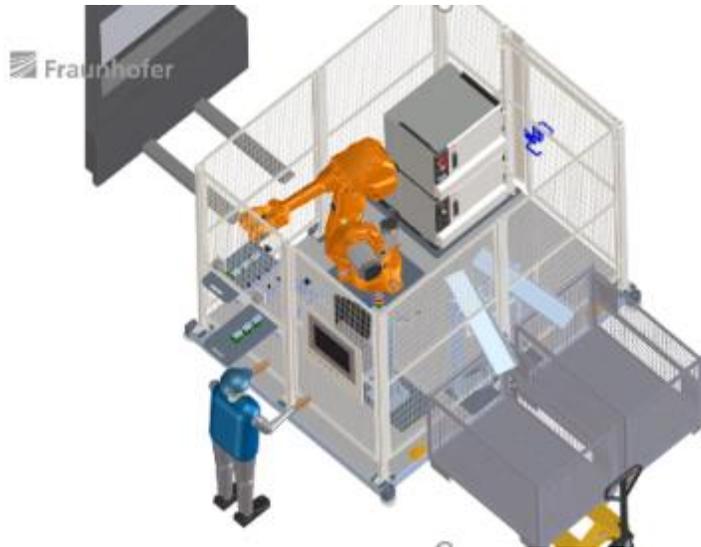


Beispiel einer Rissprüfanlage mit 12 Kameras und optischer Markierung von Anomalien durch Beamer-Projektion



# Roboter-Prüfung von Schweißnähten

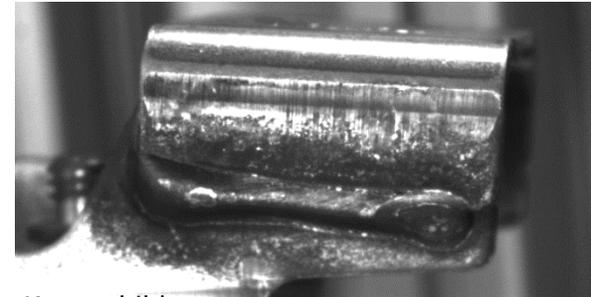
- Roboter-basierte Prüfung von Automobilteilen
- Auswertung Kamerabild (2D) & Laserscanner (3D)
- Prüfung: Schweißnahtlänge, -breite, -3D-Kontur (z.B. Nahteinfall)
- Automatisches Anlernen von Prüfkriterien, Korrektur von Lagetoleranzen



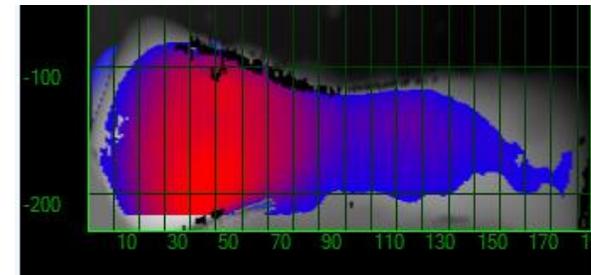
Roboterprüfzelle: Konstruktion Dirk Hoffmann, Automatisierung: Sven Barthel,  
Software: Thomas Wiener  
Fraunhofer IWU



Hauptansicht Bediensoftware



Kamerabild



Scannerbild (blau/rot – schwache/starke Überschreitung)

# Übersicht Xeidana® - Automatisierung

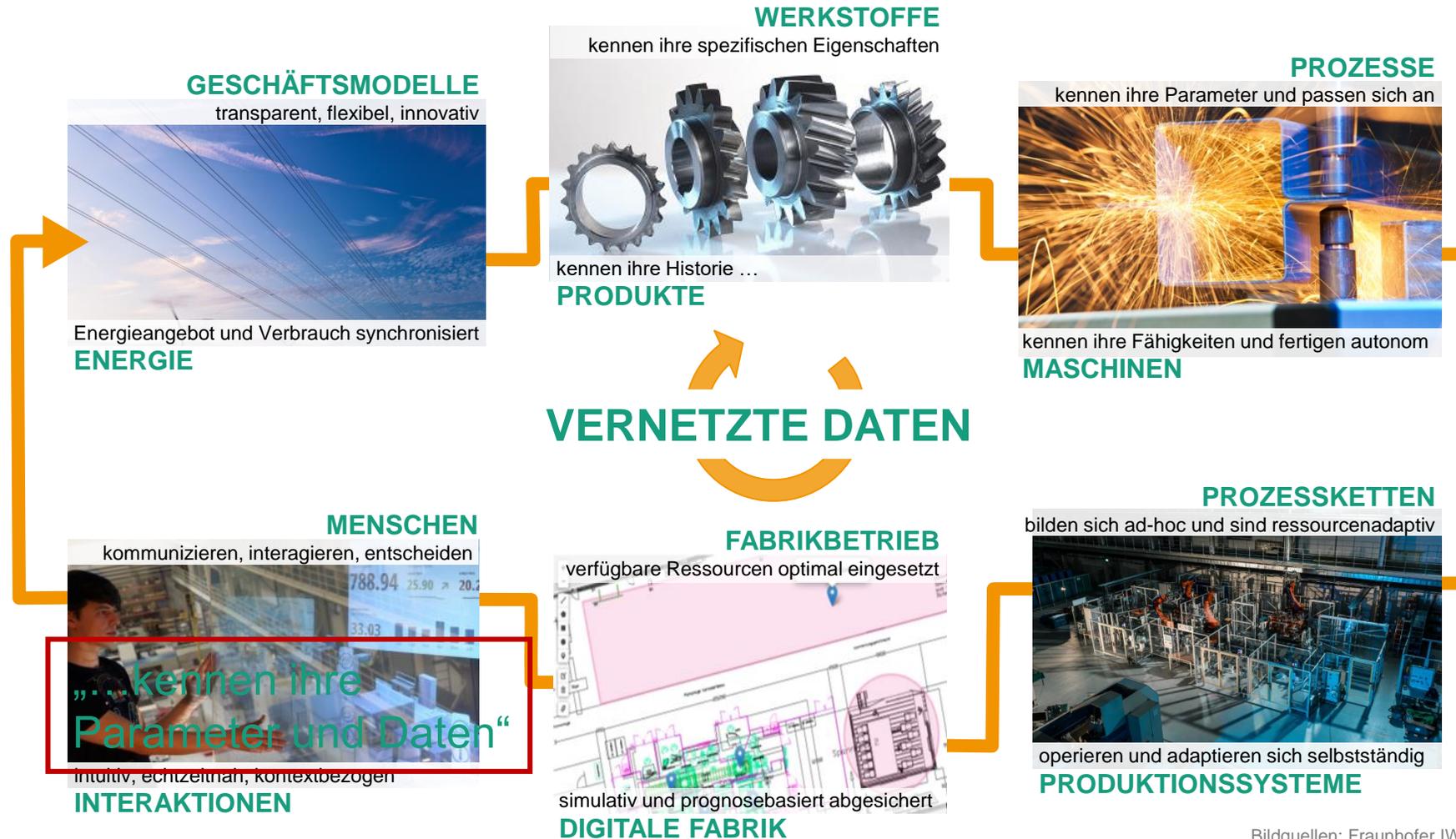
Wir bieten Komplettlösungen für:

- Einbindung in halbautomatische Prüfabläufe (unterstützende Systeme für Kontrolleure / manuelles Aussortieren)
- vollautomatische Prüfsysteme mit Aussortierung



# E<sup>3</sup>-Produktion – wettbewerbsfähig und innovativ

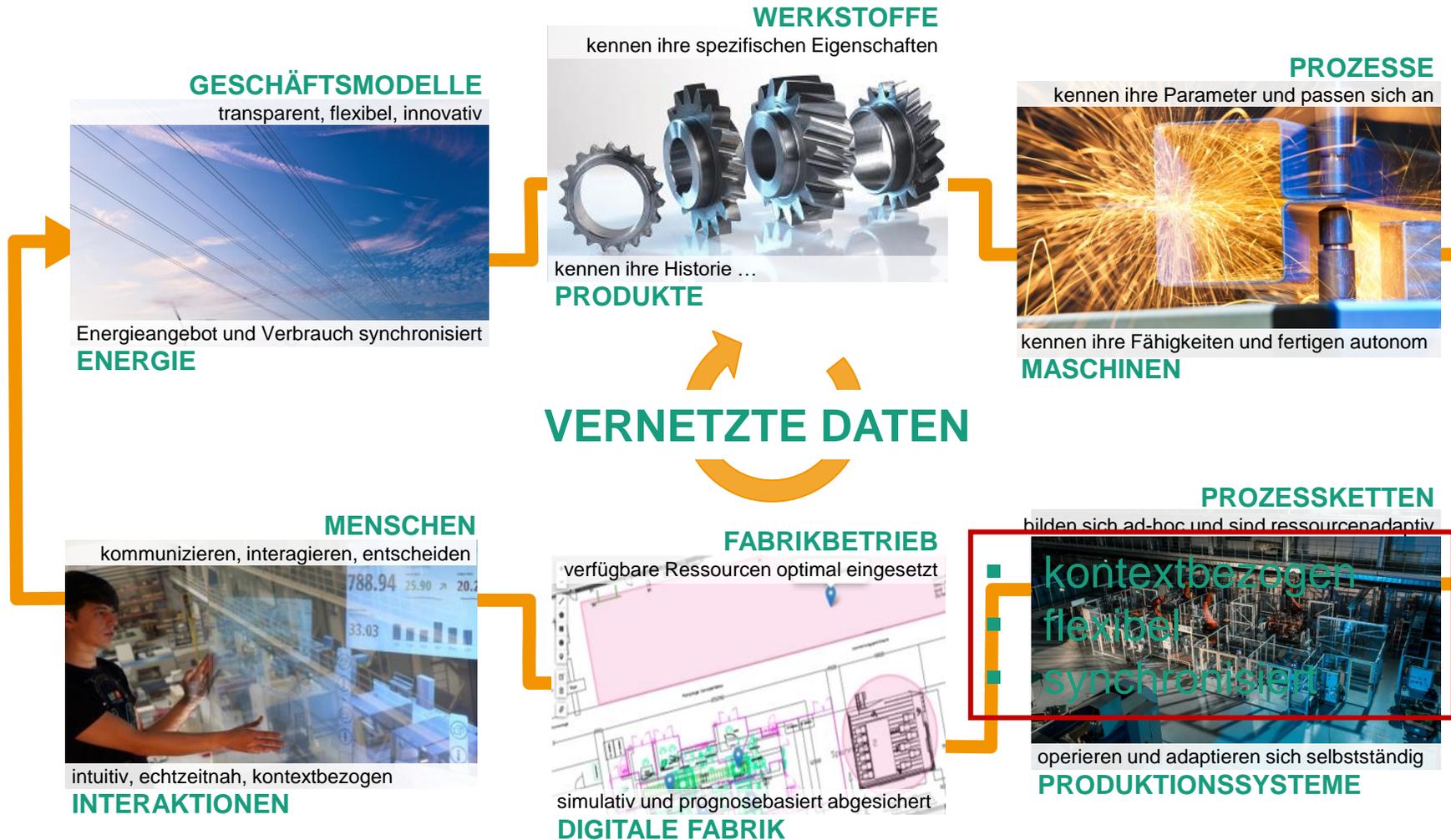
## Daten als „Kern“ und als „Ressource“ intelligenter Produktion



Bildquellen: Fraunhofer IWU

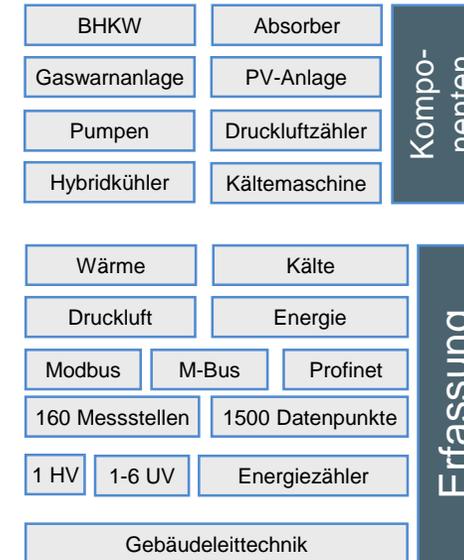
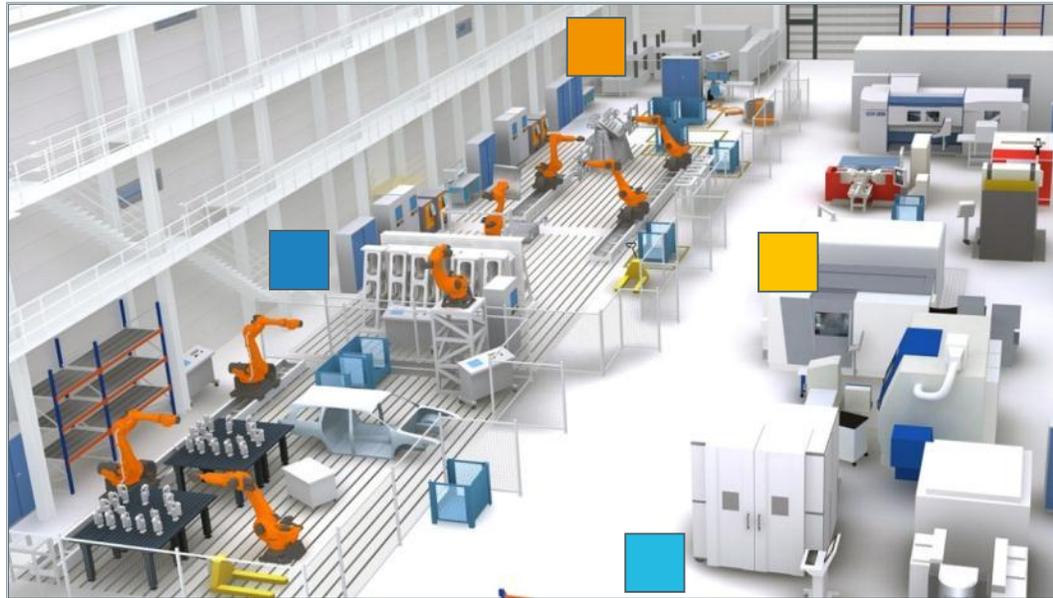
# E<sup>3</sup>-Produktion – wettbewerbsfähig und innovativ

## Daten als „Kern“ und als „Ressource“ intelligenter Produktion



„... kontextbezogen, flexibel, synchronisiert ...“

## Datenmanagement als Teil des Energie- und E<sup>3</sup>-Konzeptes



» „Verknüpfung“ von Daten unterschiedlicher Bereiche«

- Entscheidungsunterstützung durch kompakte und übersichtliche Informationsdarstellung
  - Gesamtüberblick und anlagenspezifische Information
  - **kontextbezogene** Aufbereitung und **mobile** Visualisierung



- Elektromagnetumformung
- Karosseriebau
- Powertrain
- Laser/Mikrostrukturierung/PEM

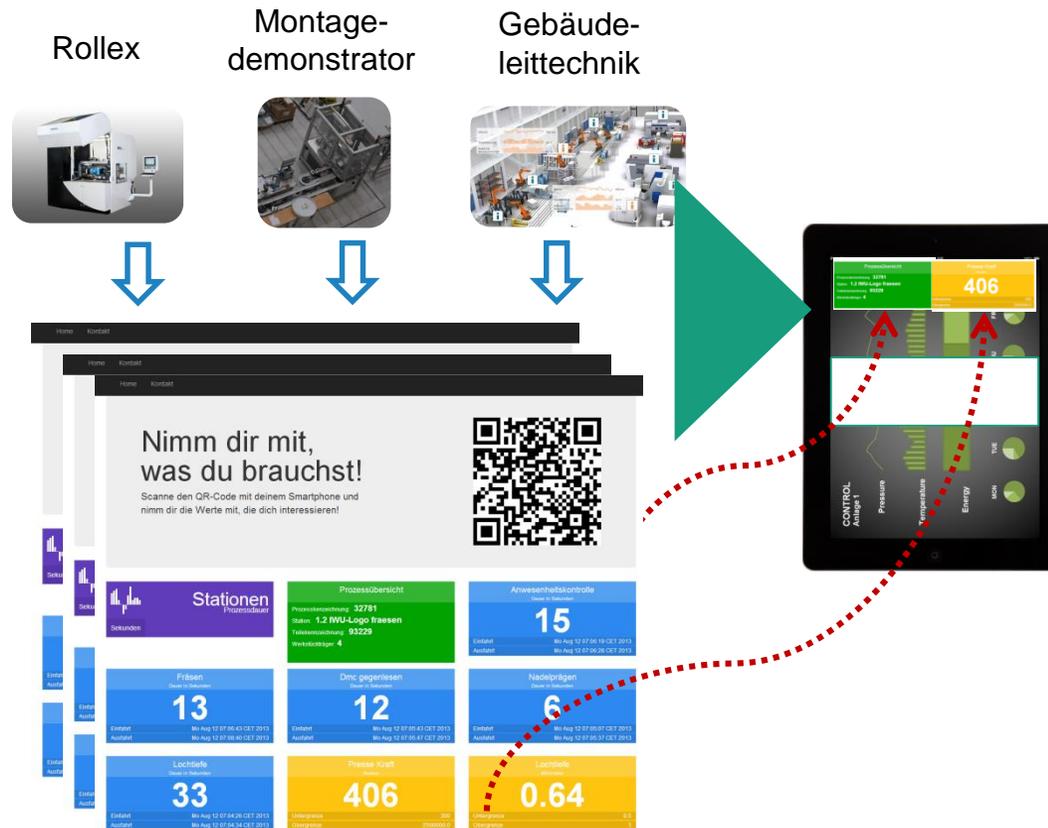
# „... kontextbezogen, flexibel, synchronisiert ...“

## Der Mensch in der Produktion – unterstützt durch mobile-IT

»Die richtigen Informationen, zur richtigen Zeit, am richtigen Ort«

- Anlagenspezifische Informationen und KPIs

### KPI-to-Go : individualisierbare Dashboards



- Ortsbezogene Dashboards
- Integration von Gebäudeleittechnik, Energiemess- und Prozesswerten
- Rollenspezifische Auswahl benötigter Informationen
- Anzeige auf **mobilen Endgeräten** via Web-Anwendung

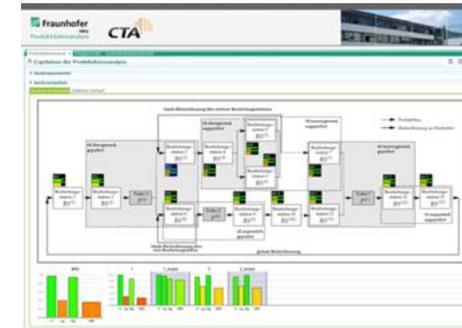
„... **kontextbezogen, flexibel, synchronisiert ...**“

## Multivalente Datennutzung

Trace<sup>4</sup>OEE - Produktivitätsermittlung mittels erweiterter Produktdaten

»Vorhandene Daten nutzen – neue Informationen ableiten«

- Transparenzerhöhung durch **Multivalente Datennutzung**
- Nutzung der **Kennzahl OEE** (Overall Equipment Effectiveness) als Maß für die **Produktivität** verketteter Gesamtsysteme
- Nutzung sogenannter **Traceability-Daten** als wichtigen Teil einer neuen Datenbasis zur Bestimmung der OEE  
→ erweiterte Produktdaten → von **BigData** zu **SmartData**
- Neues Vorgehen zur produktdatenbasierten OEE-Ermittlung, **Taktzeitanalyse** zur Datenaufbereitung
- Integration und Nutzung bereits vorhandener Daten, um **Erfassungsmehraufwand** zu minimieren bzw. zu **vermeiden**



„... **kontextbezogen, flexibel, synchronisiert** ...“

Datendrehscheibe in der Fabrik der Zukunft

LINKED FACTORY – ein Konzept des Fraunhofer IWU



» *Bindeglied zwischen Device/Geräte-Ebene und Auftragsebene schaffen* «

■ Firmeninterne Cloud-Lösungen basierend auf **Linked-Data-Technologien**

→ **Verwaltung**: Daten von SmartDevices, Wearables, Dritt-Systemen

→ **Aufbereitung**: Verlinkung unterschiedlicher Daten zu bedeutungsvollen Informationen

→ **Bereitstellung**: Kontextbasierte Informationen für Wearables/ SmartDevices



# Kontakt

Dipl.-Ing. Alexander Pierer  
E-Mail: Alexander.Pierer(at)iwu.fraunhofer.de

Dipl.-Inf. Thomas Wiener  
E-Mail: Thomas.Wiener(at)iwu.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Michael Hoffmann  
E-Mail: Michael.Hoffmann(at)iwu.fraunhofer.de

Fraunhofer IWU  
Abteilung Prüftechnik und Automation  
Reichenhainer Str. 88  
09126 Chemnitz  
Germany

[www.iwu.fraunhofer.de](http://www.iwu.fraunhofer.de)

# Danksagung

Die The Imaging Source Europe GmbH ist aktives Mitglied des Industriearbeitskreises des Projektes IQZeProd und steht im engen fachlichen Austausch mit den Forschungspartnern. Das IGF-Vorhaben IQZeProd (232 EBG) der Forschungsvereinigung Deutsche Forschungsvereinigung für Mess-, Regelungs- und Systemtechnik e.V. - DFMRs, Linzer Str. 13, 28359 Bremen wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Auf die Verfügbarkeit des Schlussberichtes des IGF-Vorhabens 232 EBG für die interessierte Öffentlichkeit in der Bundesrepublik Deutschland wird hingewiesen. Bezugs-möglichkeiten für den Abschlussbericht sind: Die Deutsche Forschungsvereinigung für Meß-, Regelungs- und Systemtechnik e.V. - DFMRs, Linzer Str. 13, 28359 Bremen und das Fraunhofer IWU, Reichenhainer Straße 88, 09126 Chemnitz. Gefördert durch Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie