

Vorstellung *iwb* Anwenderzentrum und Forschungsprojekt CFK-TEX

Augsburg, 25.03.2011

M. Sc., Dipl.-Ing.(FH) Claudia Ehinger

Agenda

1. **Vorstellung *iwb* Anwenderzentrum Augsburg**
2. Aktueller Status im Projekt CFK-TeX
3. Vorstellung Diplomarbeitsthemen
4. Diskussion

Standorte des *iwb*



Campus in Garching



Hauptaufgaben

- Erarbeitung von produktionstechnischem Wissen durch anwendernahe Forschung
- Technologietransfer für Unternehmen in Bayern



Seit 1991 unterstützt durch:



Bezug des Standorts: 1994

Personalstruktur 2010

17

Wissenschaftliche Mitarbeiter

8

Servicecenter

35

Studentische Hilfskräfte

40

Studienarbeiten

3

Promotionen pro Jahr



Kompetenz in den Geschäftsfeldern

Betriebsorganisation

- Effizienzsteigerung durch schlanke Produktionsstrukturen



Fertigungstechnik

- Technologieführerschaft durch innovative Fertigung



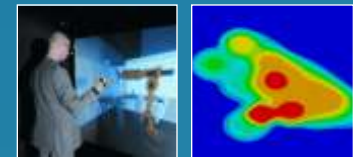
Montagetechnik

- Wirtschaftliche Automatisierung durch Mechatronik



Digitale Fabrik

- Intelligente Lösungen durch digitale Modelle



iwb Forschung
iwb Beratung
iwb Umsetzung
iwb Training

Kompetenz in den Geschäftsfeldern

Betriebsorganisation

- Effizienzsteigerung durch schlanke Produktionsstrukturen



Fertigungstechnik

- Technologieführerschaft durch innovative Fertigung



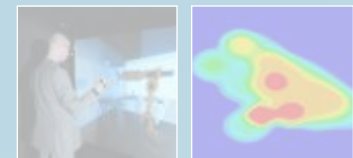
Montagetechnik

- Wirtschaftliche Automatisierung durch Mechatronik



Digitale Fabrik

- Intelligente Lösungen durch digitale Modelle



iwb Forschung
iwb Beratung
iwb Umsetzung
iwb Training

Betriebsorganisation

Effizienzsteigerung durch schlanke Produktionsstrukturen

- Gestaltung ganzheitlicher Produktionssysteme
- Optimierung von Fertigungs- und Montageabläufen
- Planung und Steuerung der internen und externen Auftragsabwicklung



Kompetenz in den Geschäftsfeldern

Betriebsorganisation

- Effizienzsteigerung durch schlanke Produktionsstrukturen



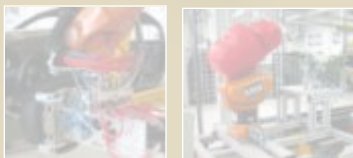
Fertigungstechnik

- Technologieführerschaft durch innovative Fertigung



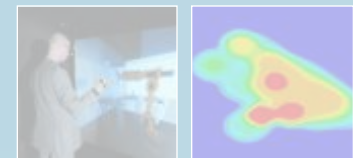
Montagetechnik

- Wirtschaftliche Automatisierung durch Mechatronik



Digitale Fabrik

- Intelligente Lösungen durch digitale Modelle

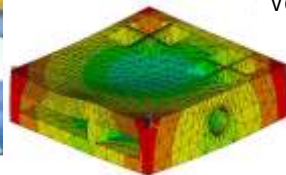


iwb Forschung
iwb Beratung
iwb Umsetzung
iwb Training

Fertigungstechnik

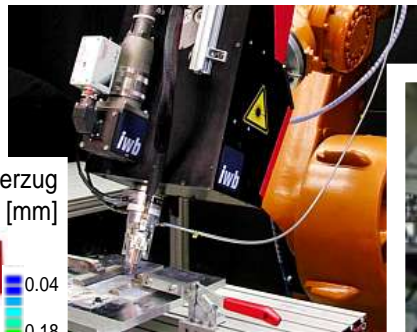
Technologieführerschaft durch innovative Fertigung

- Innovative Prozesskettengestaltung und Verfahrensentwicklung
- Prozesswissen und Optimierungsansätze in der Fertigung
- Strahlbasierte Fertigungstechnologien
- wärmearme Fügeverfahren
- Strukturverhalten von Fertigungsanlagen



Verzug
[mm]

0.04
0.18
0.41



Kompetenz in den Geschäftsfeldern

Betriebsorganisation

- Effizienzsteigerung durch schlanke Produktionsstrukturen



Fertigungstechnik

- Technologieführerschaft durch innovative Fertigung



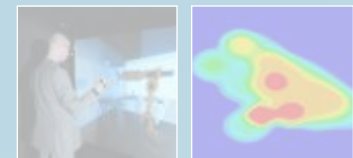
Montagetechnik

- Wirtschaftliche Automatisierung durch Mechatronik



Digitale Fabrik

- Intelligente Lösungen durch digitale Modelle



iwb Forschung
iwb Beratung
iwb Umsetzung
iwb Training

Montagetechnik

Wirtschaftliche Automatisierung durch Mechatronik

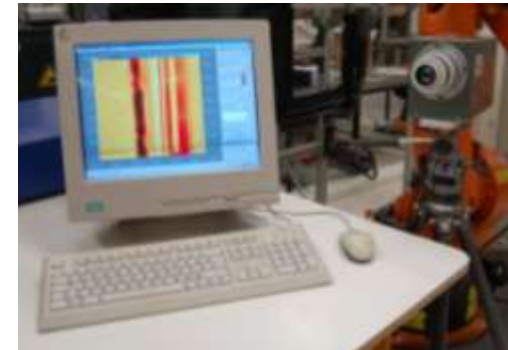
- Analyse und Konzeption von Montagesystemen und -anlagen
- Optimierung von Füge- und Handhabungsprozessen
- Entwicklung mechatronischer Systeme
- Zerstörungsfreie Prüfung durch Thermografie
- Robotik und Roboterassistenz
- Realisierung von Prototypen
- Technologieberatung und Quick-Check



Montagetechnik

Ausstattung

- Roboter (Kuka KR 16, KR 180, KR 270, KR 500; Reis RV60)
- Fließmontagelinie
- Industriecutter
- Thermografie-System
- Messtechnische Ausstattung
- Mechatronik-Labor
- Mechanische Werkstatt
- Generative Fertigungsverfahren



Entwicklung mechatronischer Systeme

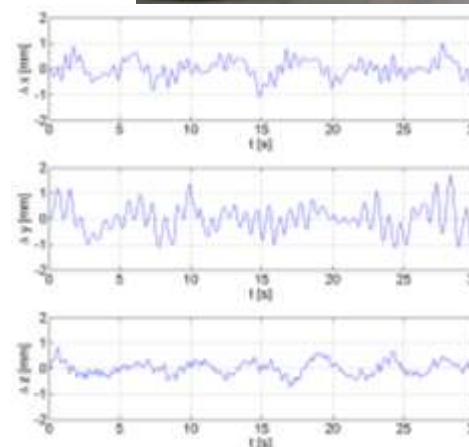
Förderbandsynchrone Montage

Ausgangssituation:

- Manuelle Fließmontage in der automobilen Endmontage
- Geringe Ergonomie bei schweren Bauteilen
- Taktgebundene Montage bei Automatisierung
- Schwingen der Fördersysteme

Ergebnisse:

- Entwicklung eines geregelten Synchronisationsprinzips
- Ausgleich von Posedifferenzen in 6 DoF
- Realisierung der Radmontage als Anwendungsbeispiel



Entwicklung mechatronischer Systeme

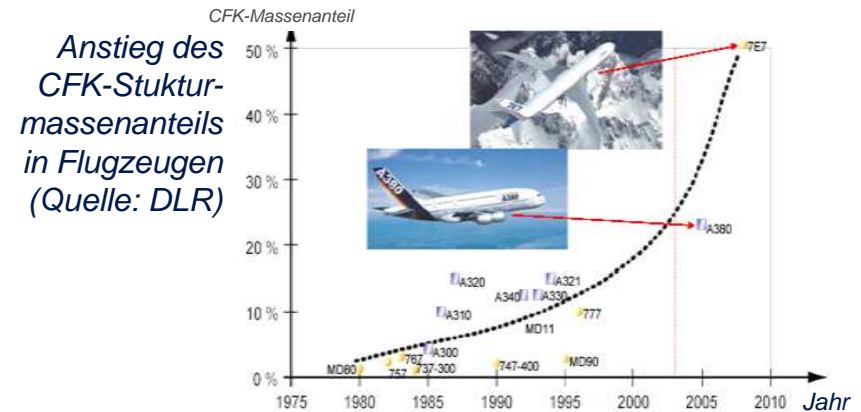
Automatisierte Herstellung von Faserverbundbauteilen

Ausgangssituation:

- Steigende Relevanz von CFK-Strukturen
- Klimawandel und Ressourcenverknappung erfordern angepasste Materialien
- Trend zum Einsatz trockener CF-Textilien
- Kostenintensive Herstellung aufgrund fehlender Automatisierungslösungen

Ergebnisse:

- Entwicklung roboterbasierter Werkzeuge zum automatisierten Absortieren und Einlegen von Zuschnitten
- Entwicklung von Logistikkonzepten



Industrieller Fertigungsprozess von CFK-Strukturen

Zerstörungsfreie Prüfung

Automatisierte zerstörungsfreie Prüfung durch Thermografie

Ausgangssituation:

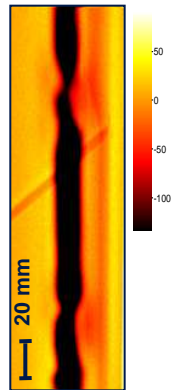
- Steigende Bedeutung der Klebtechnik
- Hohe Kosten durch zerstörende Prüfverfahren
- Unzureichende zerstörungsfreie Prüfverfahren für Klebungen

Ergebnisse:

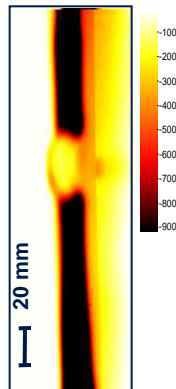
- Zuverlässige Identifizierung von Klebfehlern durch Thermografie
- Entwicklung von Automatisierungskonzepten für große Bauteile
- Prüfung während der Bauteilbewegung



*Beispielapplikation: zerstörungsfreie Prüfung
einer Fahrzeugscheibeneinklebung*



Einschnürung



Delamination

Mensch-Roboter-Kooperation (MRK)

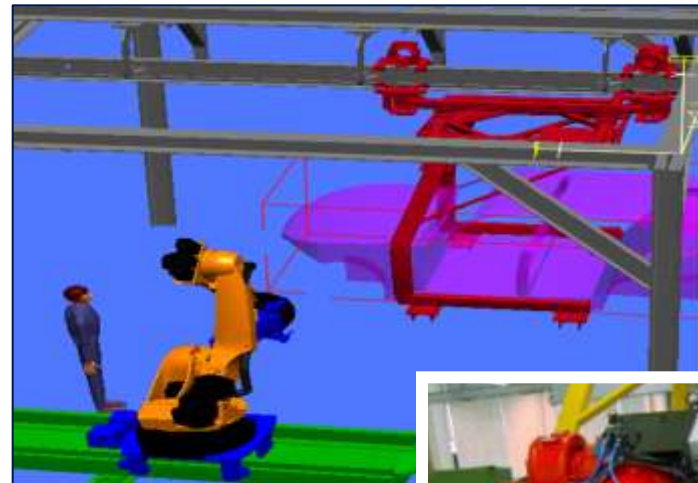
Flexible Automatisierung und wirtschaftliche Assistenzsysteme

Ausgangssituation:

- Alterung der Belegschaften
- Präventive und integrative Entlastung der Mitarbeiter erforderlich
- Zunehmend volatiler Markt bedarf flexibel einsetzbarer Betriebsmittel

Ergebnisse:

- Einsatz der MRK zur Entlastung leistungsgewandelter Mitarbeiter
- Verkürzung der Programmierungszeiten durch automatische Bahnplanung
- Entwicklung neuartiger Sicherheitskonzepte für die MRK in der Fließmontage



*Sicherheitskonzepte
in der MRK*



*Roboterassistenz an
Montagearbeitsplätzen*

Analyse von Füge- und Handhabungsprozessen

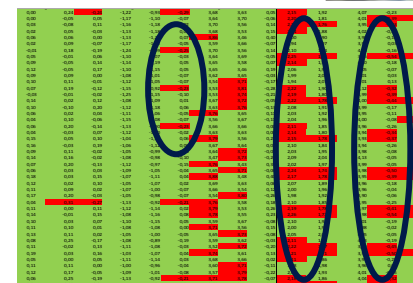
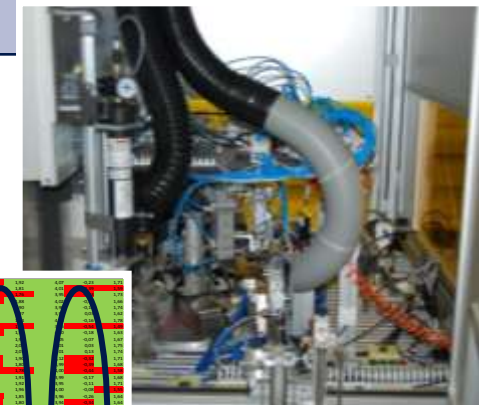
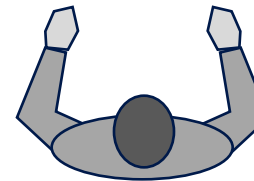
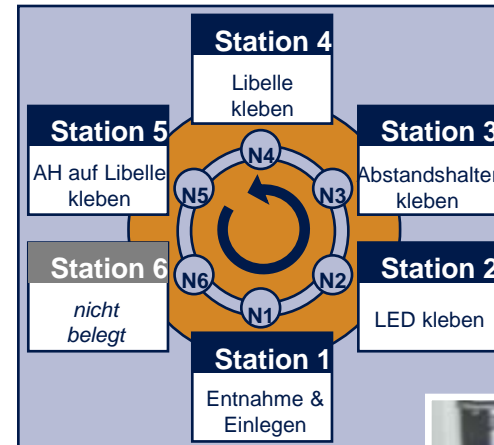
Optimierung einer automatisierten Montagezelle

Ausgangssituation:

- Automatisierte Montage von optischen Baugruppen an einem Rundtakttisch mit 6 Stationen
- Hohe Ausschussraten in der Produktionsanlaufphase
- Fehlende Kenntnis über Produktionsfehler und deren Ursachen

Ergebnisse:

- Untersuchung der Prozessfähigkeit mit statistischen Methoden
- Analyse von Fehlern und Fehlerursachen
- Durchführung einer Prozess-FMEA
- Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen



Quick-Check Montage

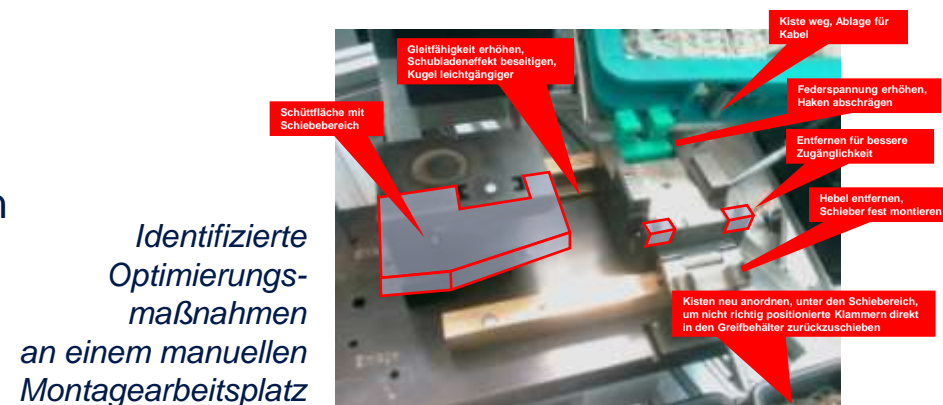
Analyse eines manuellen Montagesystems für Magnetventile

Ausgangssituation:

- Manuelle Montage eines neuen Magnetventiltyps in Produktanlaufstufe
- Funktionsfähige Betriebsmittel
- Optimierung der Montagezelle für steigende Stückzahlen notwendig

Ergebnisse:

- Analyse von Arbeitsplatzergonomie, Montageabläufen und Betriebsmittel
- Identifizierung von kurz- und mittelfristigen Optimierungsmaßnahmen



Kompetenz in den Geschäftsfeldern

Betriebsorganisation

- Effizienzsteigerung durch schlanke Produktionsstrukturen



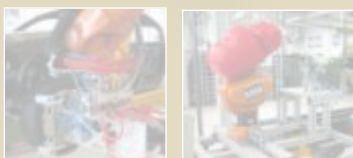
Fertigungstechnik

- Technologieführerschaft durch innovative Fertigung



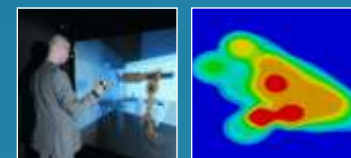
Montagetechnik

- Wirtschaftliche Automatisierung durch Mechatronik



Digitale Fabrik

- Intelligente Lösungen durch digitale Modelle

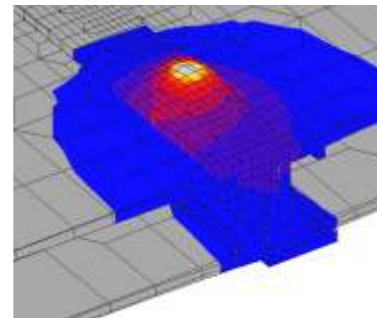


iwb Forschung
iwb Beratung
iwb Umsetzung
iwb Training

Digitale Fabrik

Intelligente Lösungen durch digitale Modelle

- Konzipierung und Bewertung von Konzepten für die spezifische Digitale Fabrik
- Individuelle Auswahl von digitalen Werkzeugen für Produktionsplanung und -betrieb
- rechnergestützte Optimierung von Produktionsprozessen



Kooperationsformen mit Partnern

Bilaterale Industrieprojekte

- „Kurz- bis mittelfristig angelegte Auftragsforschung für Industriekunden bei individueller Aufgabenstellung“

Industrielle Arbeitsgemeinschaften

- „Langfristig angelegte Projekte zur gemeinsamen Lösungsfindung in einem konkurrenzarmen Wirkungsfeld“

Öffentlich geförderte Projekte

- „Mittel- und langfristig angelegte Forschungsprojekte in einem Verbund aus Forschungs- und Industriepartnern“



Unsere Projektpartner (Auswahl)



Kooperationen

- Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik



- Verein der Freunde und Förderer des iwb



- College International pour la Recherche en Productique (CIRP)



- Wissenschaftliche Gesellschaft Lasertechnik e.V.



- acatech



- Berliner Kreis



- Cluster Mechatronik & Automation e.V.



- TEA: Netzwerk der Hochschul-Transfer-Einrichtungen Augsburg



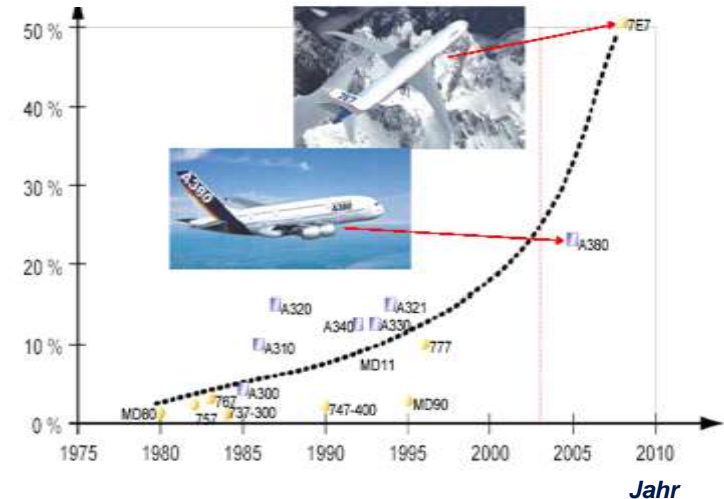
Agenda

1. Vorstellung *iwb* Anwenderzentrum Augsburg
2. **Aktueller Status im Projekt CFK-TeX**
3. Vorstellung Diplomarbeitsthema

Aktuelle Entwicklungen

- Fortschreitender Klimawandel, sowie zunehmende Ressourcenverknappung, und –verteuerung → effizienter Einsatz von angepassten Materialien, v. a. im Transportsektor notwendig (EHRENSTEIN 2006)
- Steigende Relevanz und Einsatz von CFK-Strukturen
 - Hohes Leichtbaupotential (EHRENSTEIN 2006)
 - Erhöhung des Strukturmassenanteils im Flugzeugbau (DRECHSLER 2008)
 - Branchenübergreifender Einsatz (NEITZEL ET AL. 2004)
- Trend hin zum Einsatz von trockenen CF-Textilien → Einsatz von intelligenten Infiltrationsmethoden anstatt Autoklavtechnik (SCHEITL 2008; CHOKRI 2008) aufgrund von Kostenvorteilen bis zu 21 % (OSTHUS 1996)

CFK-Strukturmassenanteil



Anstieg des CFK-Strukturmassenanteils im Flugzeug



CFK-Strukturen im Flugzeug

Aktueller Fertigungsprozess



Nachteile

- Hohe Kosten aufgrund manueller Arbeitsschritte
- Fehlende Prozessverkettung
- Derzeit keine Systeme zum automatisierten Handhaben und Einlegen (*SZIMMAT 2007*)

Herausforderungen

- Variantenvielfalt und geringe Stückzahl erfordern flexible Handhabungssysteme
- Komplexe Materialeigenschaften und Prozessanforderungen
- Hohe Qualitätsanforderungen

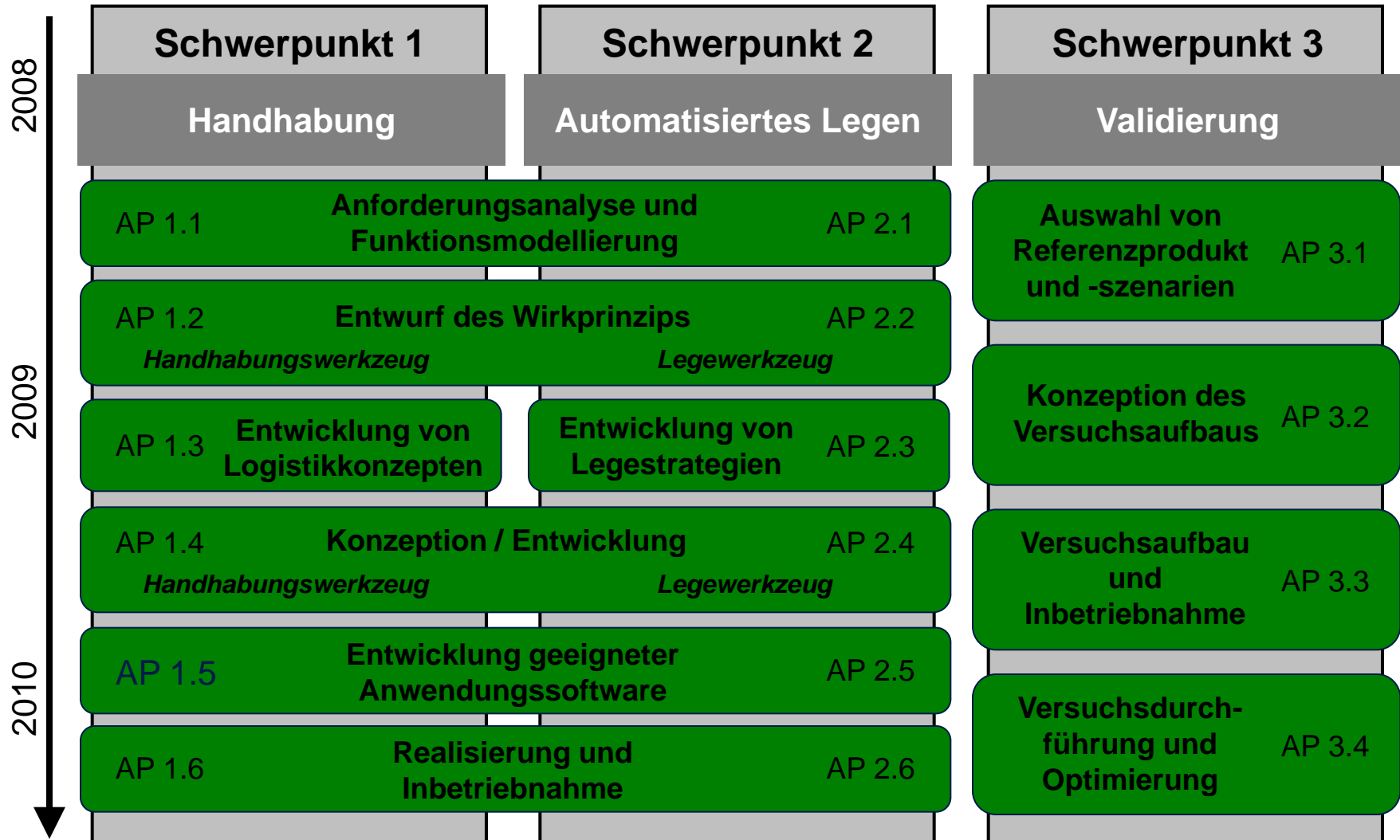
Aufgabenstellung

Entwicklung von automatisierten, hoch flexiblen Systemen für das Abräumen des Cutters und das Einlegen der trockenen CF-Zuschnitte in das Formteil (Preformen)



In Zusammenarbeit mit:

Zielsetzung nach 18 Monaten



Komplexe Systemanforderungen



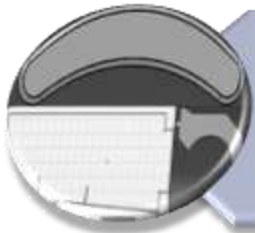
PROZESS

- Auswahl unterschiedlicher Referenzbauteile
- Qualitätsanforderungen



MATERIAL

- Schlaffe, permeable, anisotropische Eigenschaften
- Strukturinstabilität



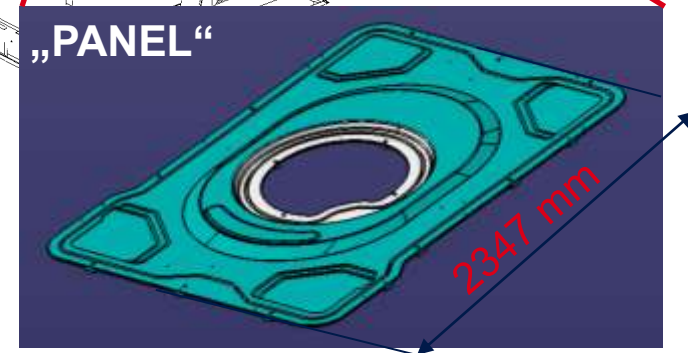
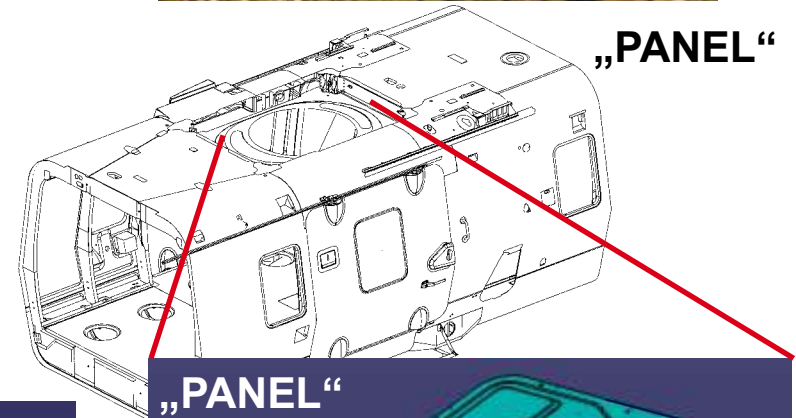
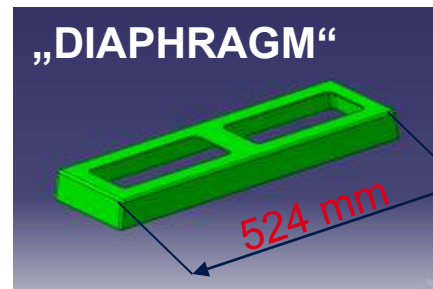
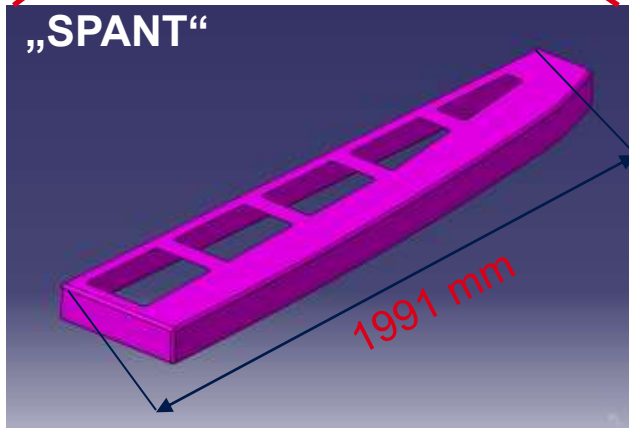
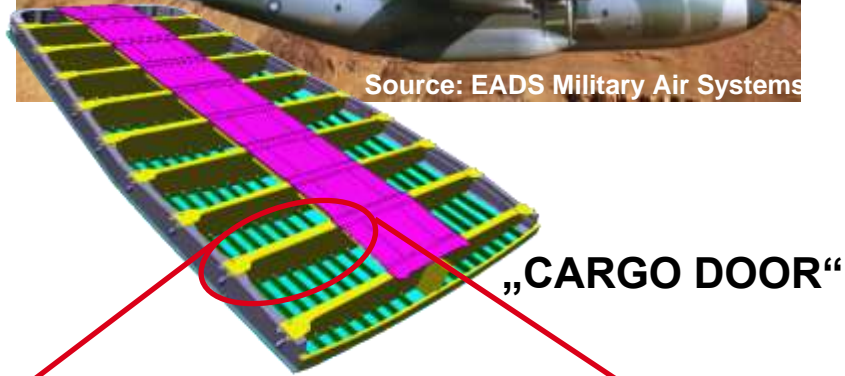
GEOMETRIE

- Großflächige Zuschnitte und kleine Verstärkungsflächen
- Unterschiedliche 3-D-Formen

Geforderte Systemeigenschaften

- ✓ Funktionen:
 - Greifen
 - Verformen
 - Drapieren
 - Fixieren
- ✓ Hohe Flexibilität
- ✓ Hohe Auflösung
- ✓ Prozesssicherheit & Reproduzierbarkeit

Referenzbauteile



Experimentelle Untersuchung



Haftsauger

- Max. Haltekraft 3,2 N
- Starke Oberflächenschäden

Beschädigter Bereich

Niederdruckflächensauger

- Max. Haltekraft 5,4 N
- Keine Oberflächenschäden

Exemplarischer Vergleich zweier Greifprinzipien

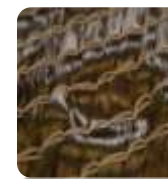
3 Fehlerbilder



Faser-
verzug



Faser-
aufweitung



Beulen-
bildung



Struktur-
veränderung

Optimales Wirkprinzip

Niederdruckflächensauger

Funktionsprinzip:

geringer Differenzdruck, großer Volumenstrom

Vorteile:

- Prozesssicheres Halten
- Rückstandsloses Greifen
- Zerstörungsfreies Greifen
- Flächige Formgebung
- Hohes Potential für flächige Gestaltung
- Hohe Greif- und Positioniergenauigkeit
- Hohe Wirtschaftlichkeit

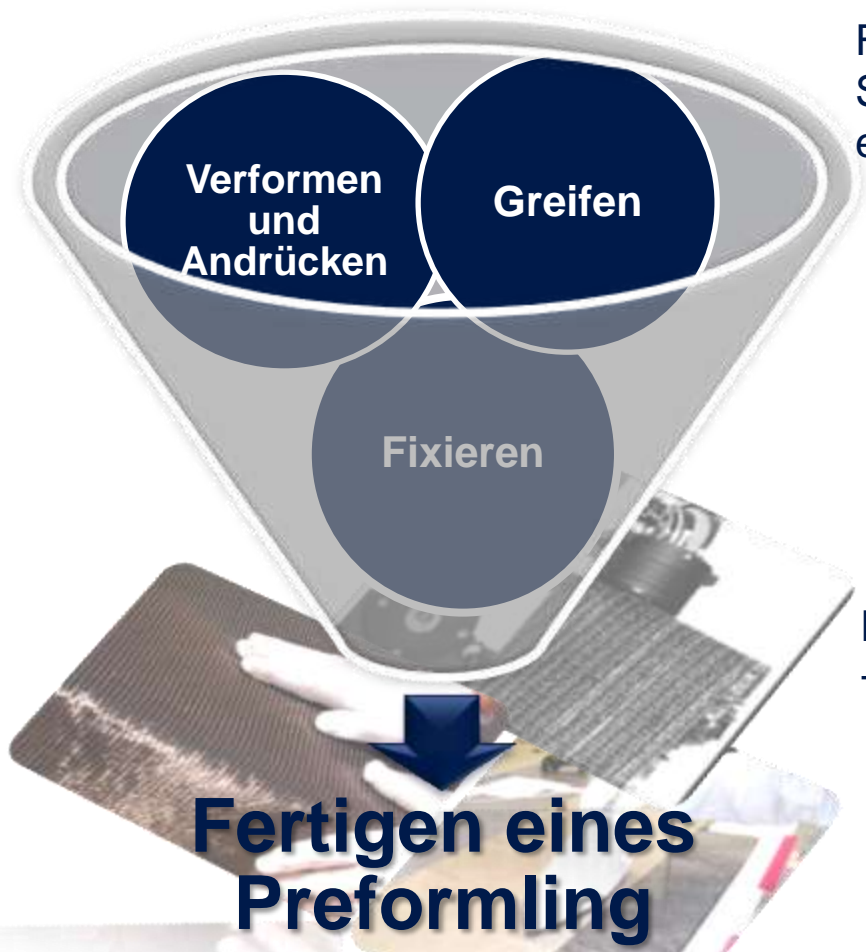


Saugöffnungen des Greifers



Innerer Aufbau des Niederdruckflächensaugers

Teilfunktionen und Realisierungsmöglichkeiten



Flexibles
Schaumstoff-
element



Mini-Robot

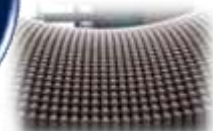
Drapierrolle



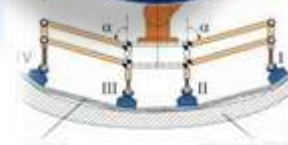
Heißluft



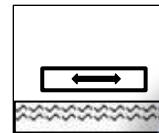
Multi-Point Tooling
*(AEROSPACE
MANUFACTURING 2009)*



Flexibler Rahmen
(HENNING et al. 2008)

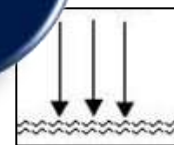
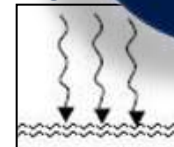


Reibung
-Ultraschall



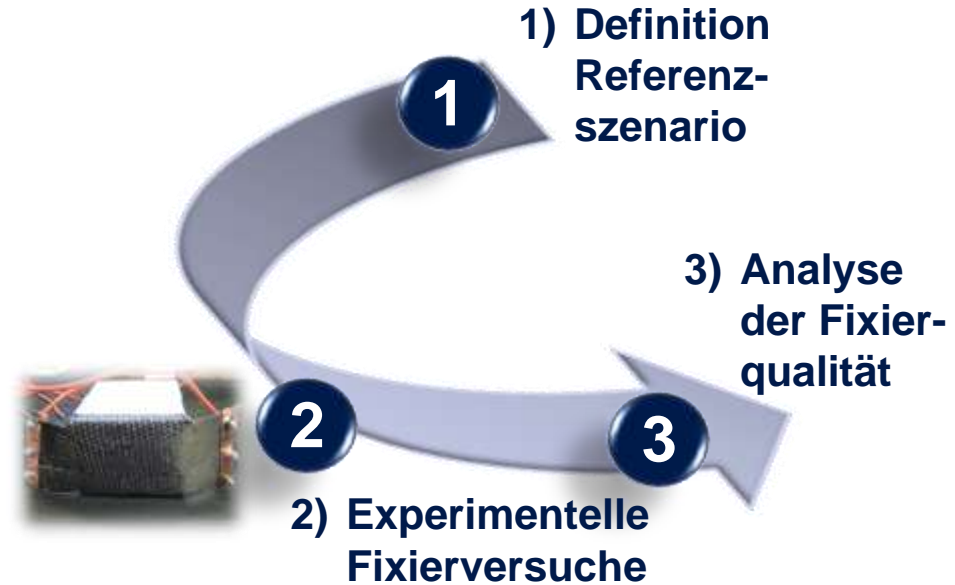
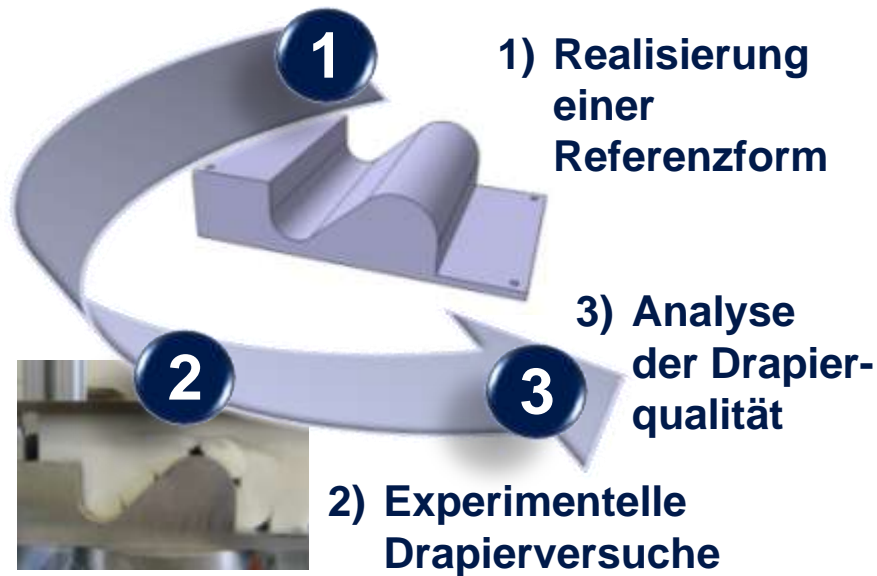
Konduktion
-Widerstand
-Induktion

Wärmestrahlung
-Infrarotlicht
-Laser



Konvektion
-Heißluft

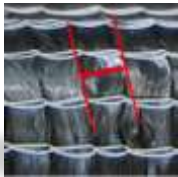
Experimentelle Untersuchungen: Drapieren und Fixieren



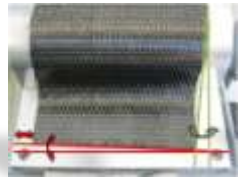
3) Bewertung der Drapierqualität:



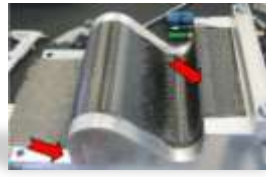
Faser-
verzug



Faserauf-
weitung



Winkelver-
änderung



Radien-
qualität

3) Bewertung der Fixierqualität:



Fläche



Leistungs-
aufnahme



Haltekraft

Ausgewählte Prinzipien



Greifen

Niederdruck-
flächensauger



Verformen
und
Andrücken

(Segmentiertes) Flexibles
Schaumstoffelement

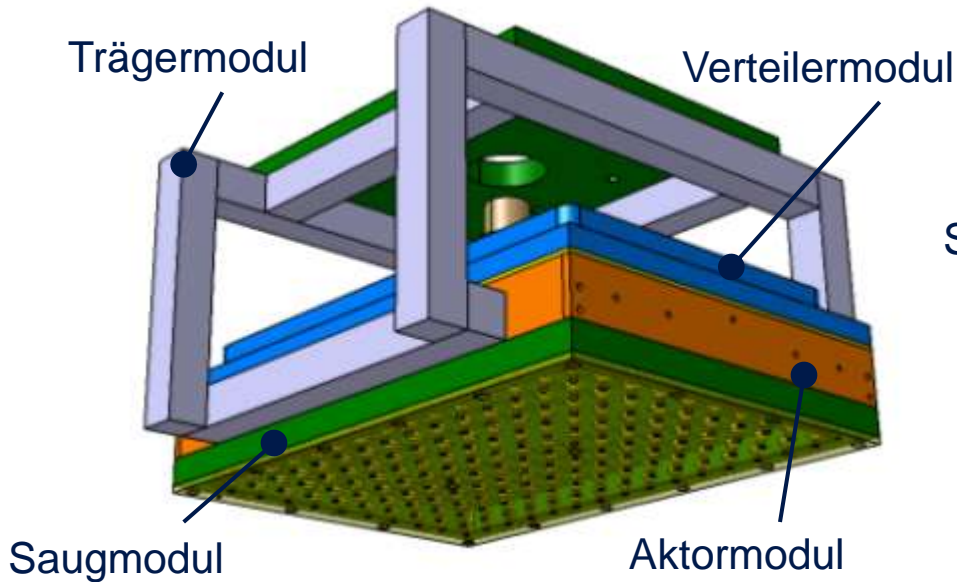


Fixieren

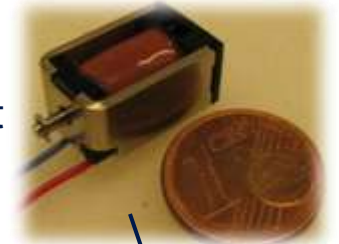
Konduktion:
Widerstandsheizdraht



Modularer Aufbau

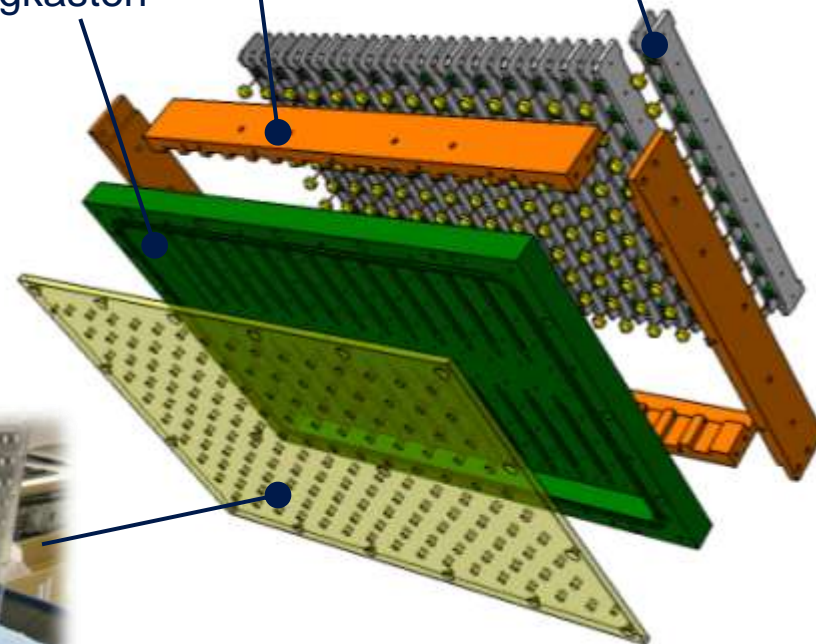


Bistabiler
Miniaturhubmagnet



Steckleisten-
halterung

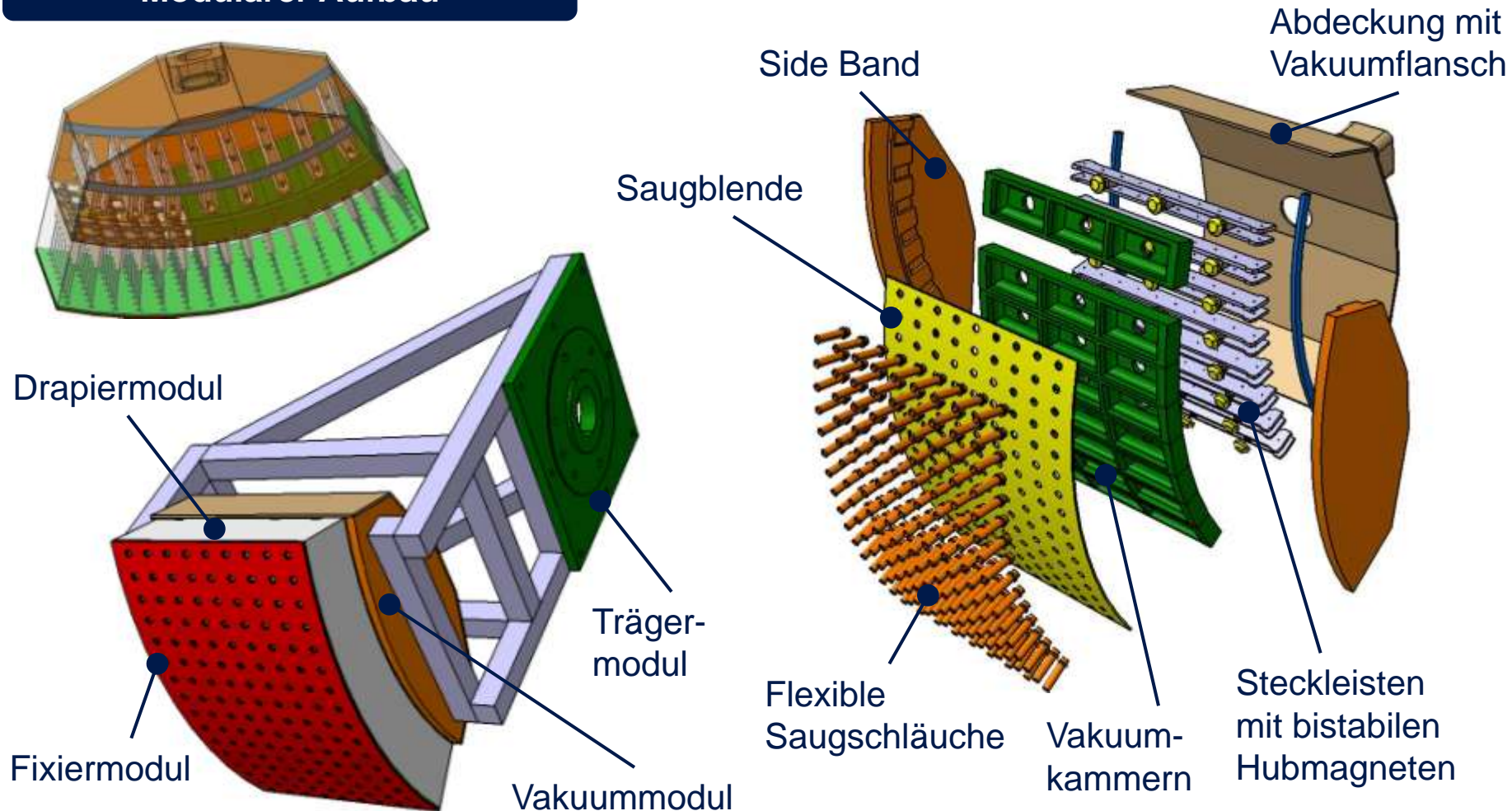
Saugkasten



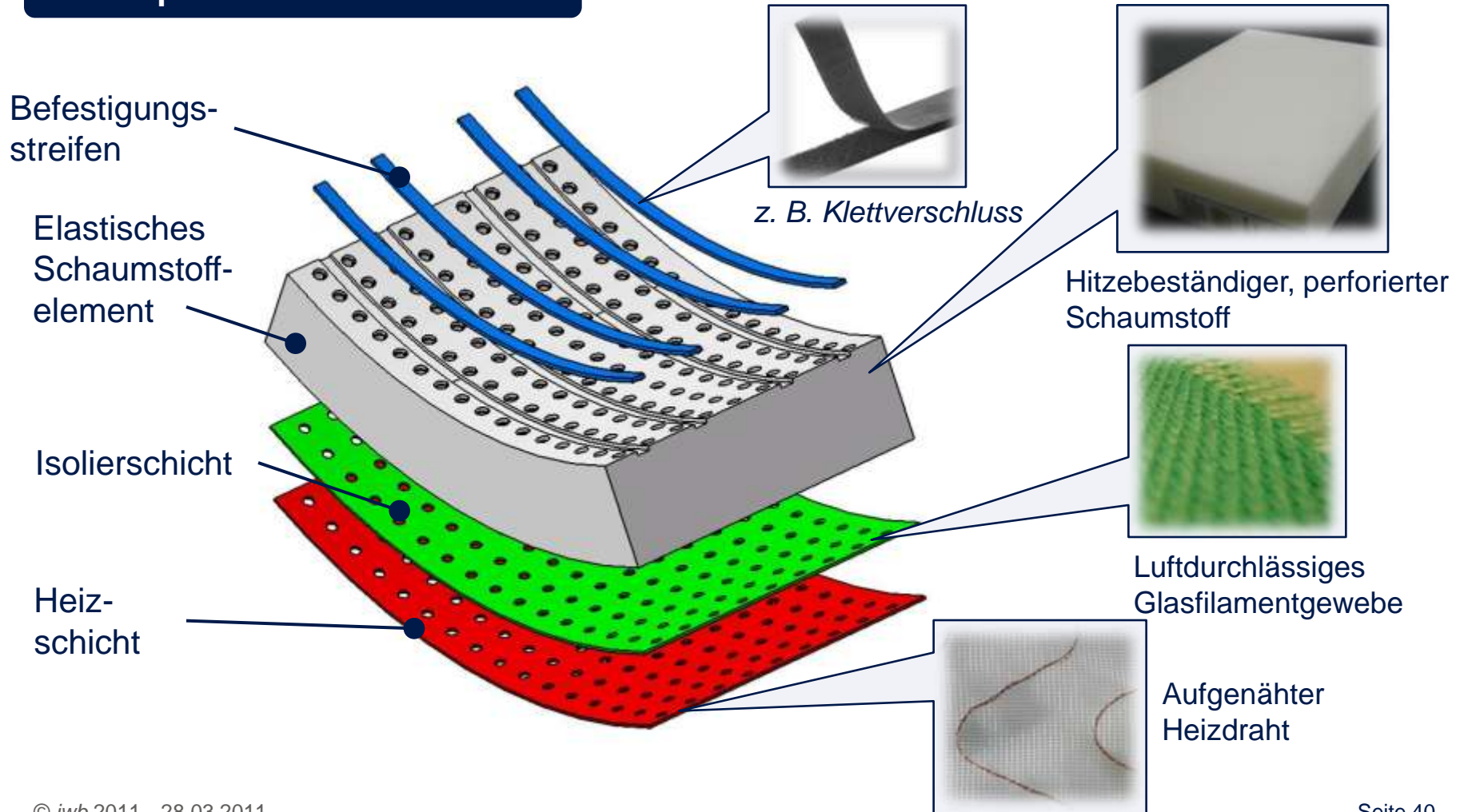
Perforierte
Saugplatte



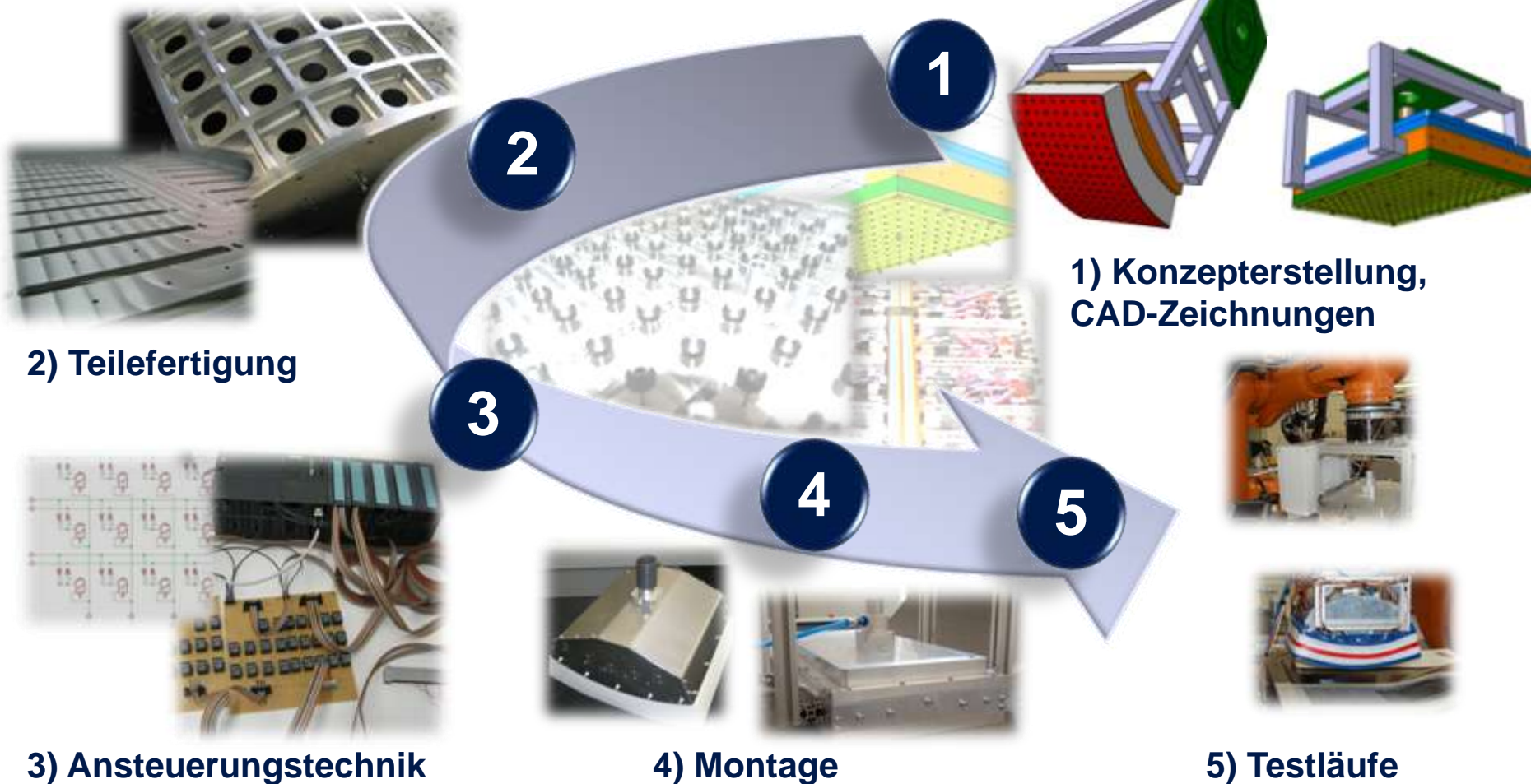
Modularer Aufbau

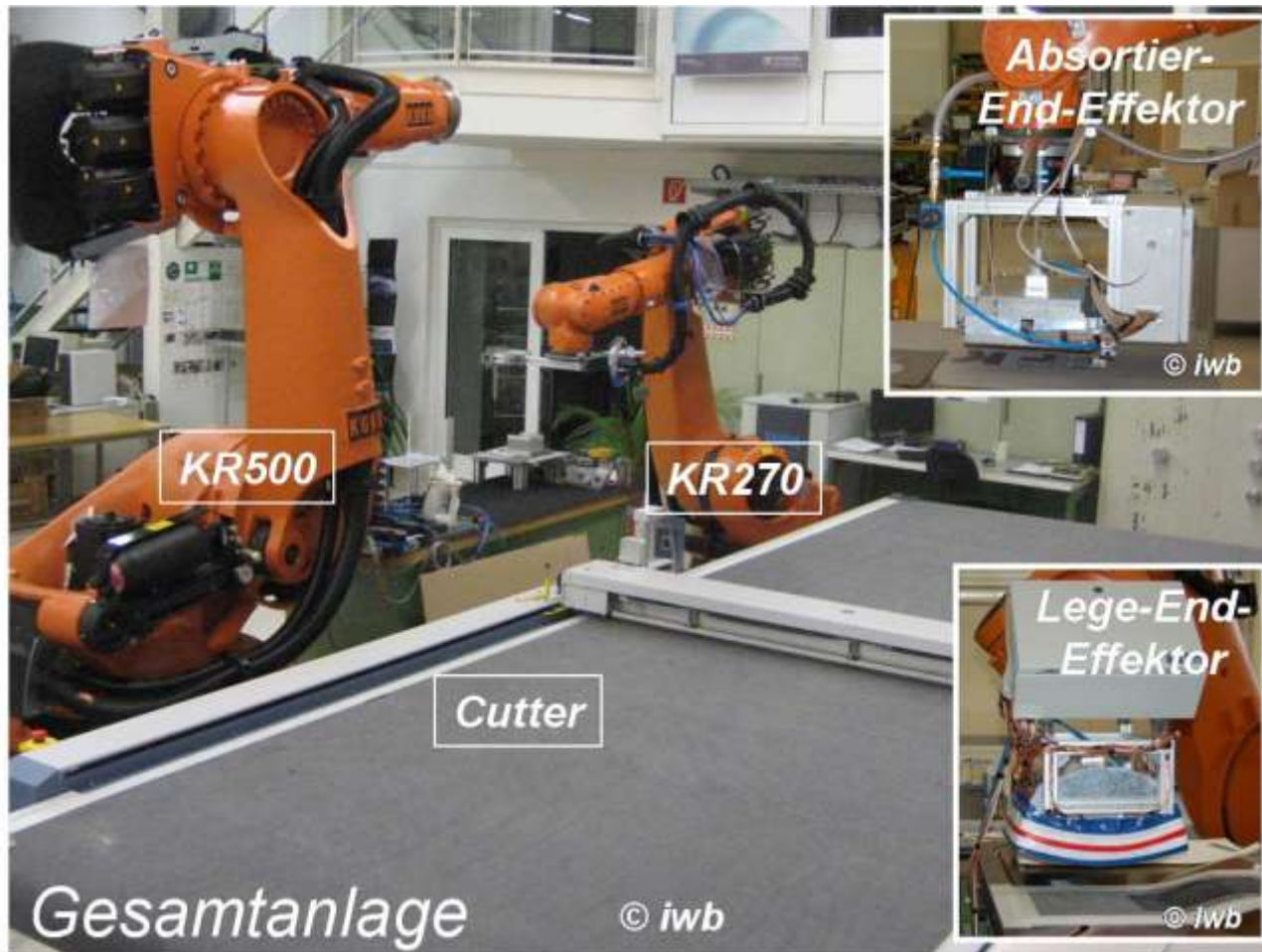


Drapier- und Fixiermodul



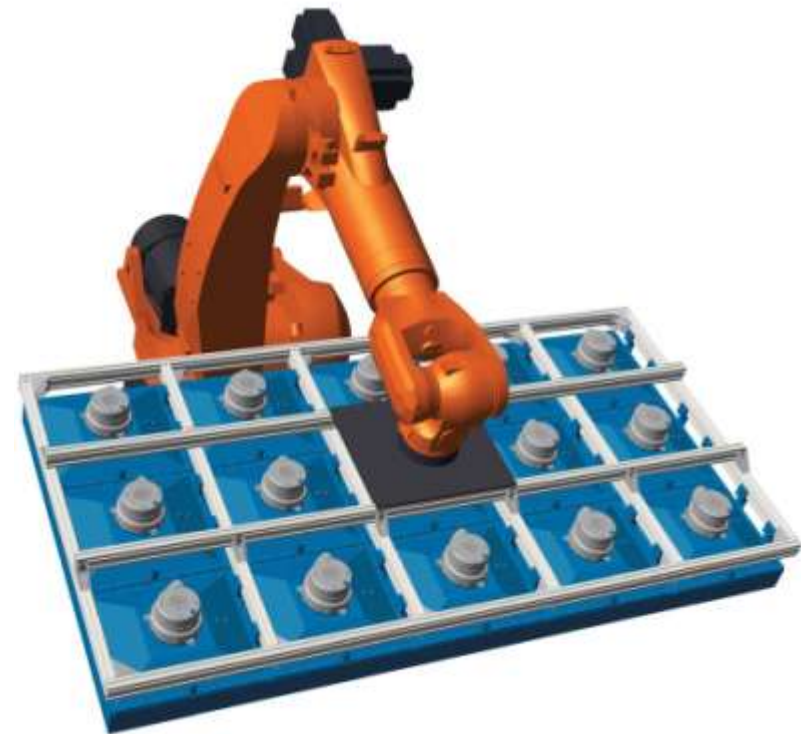
Praktische Umsetzung



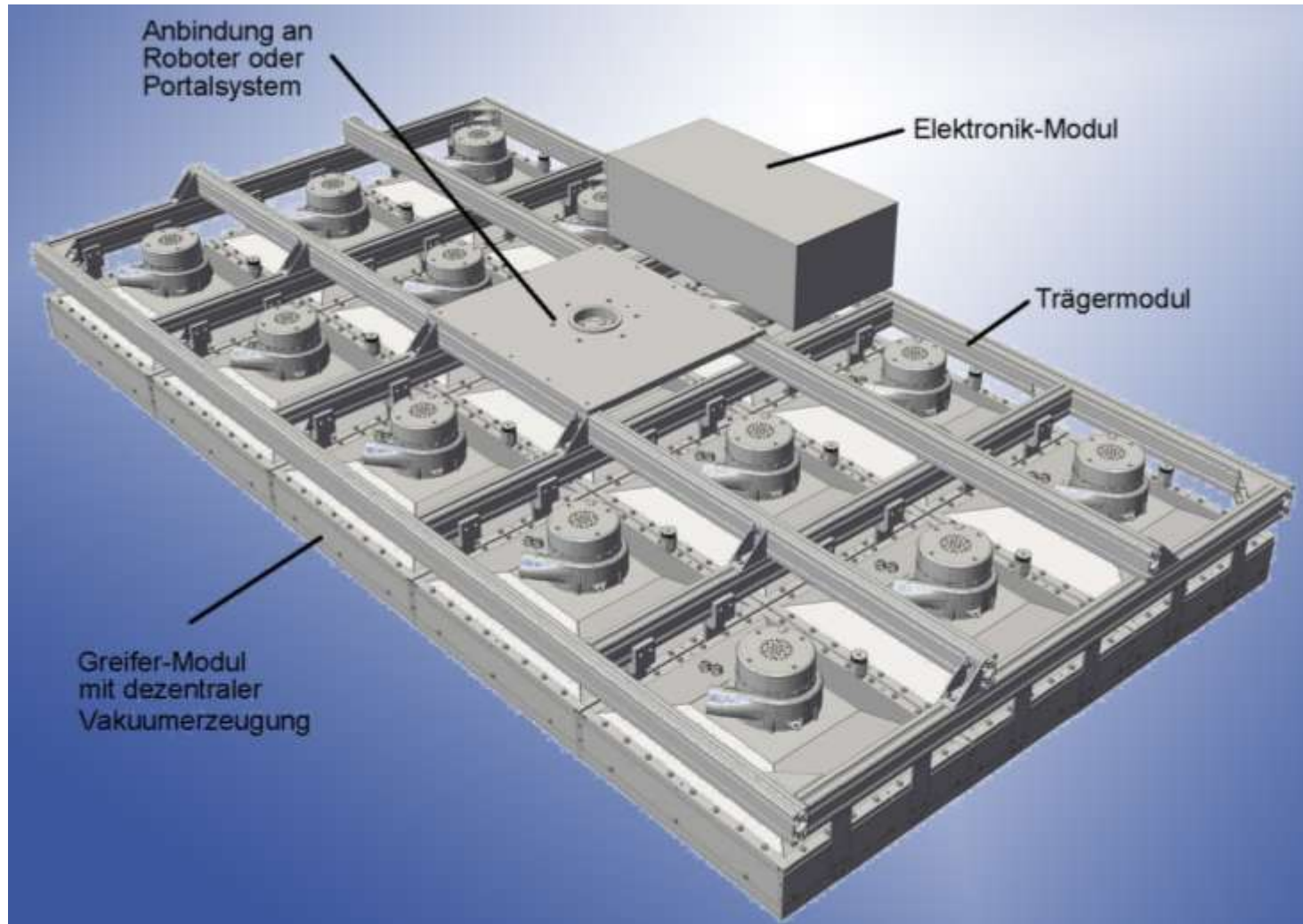


Aufbau der Demonstratoranlage am iwb Anwenderzentrum Augsburg

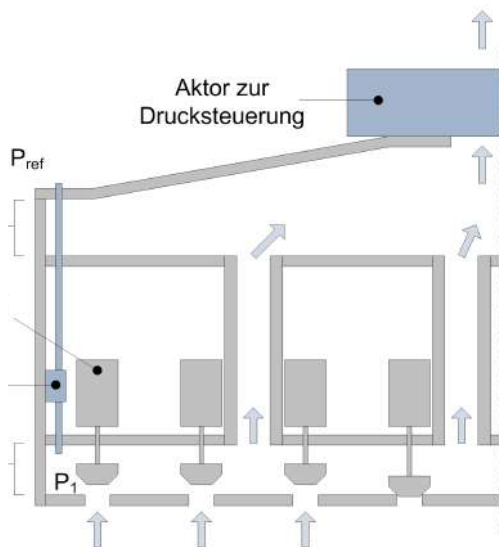
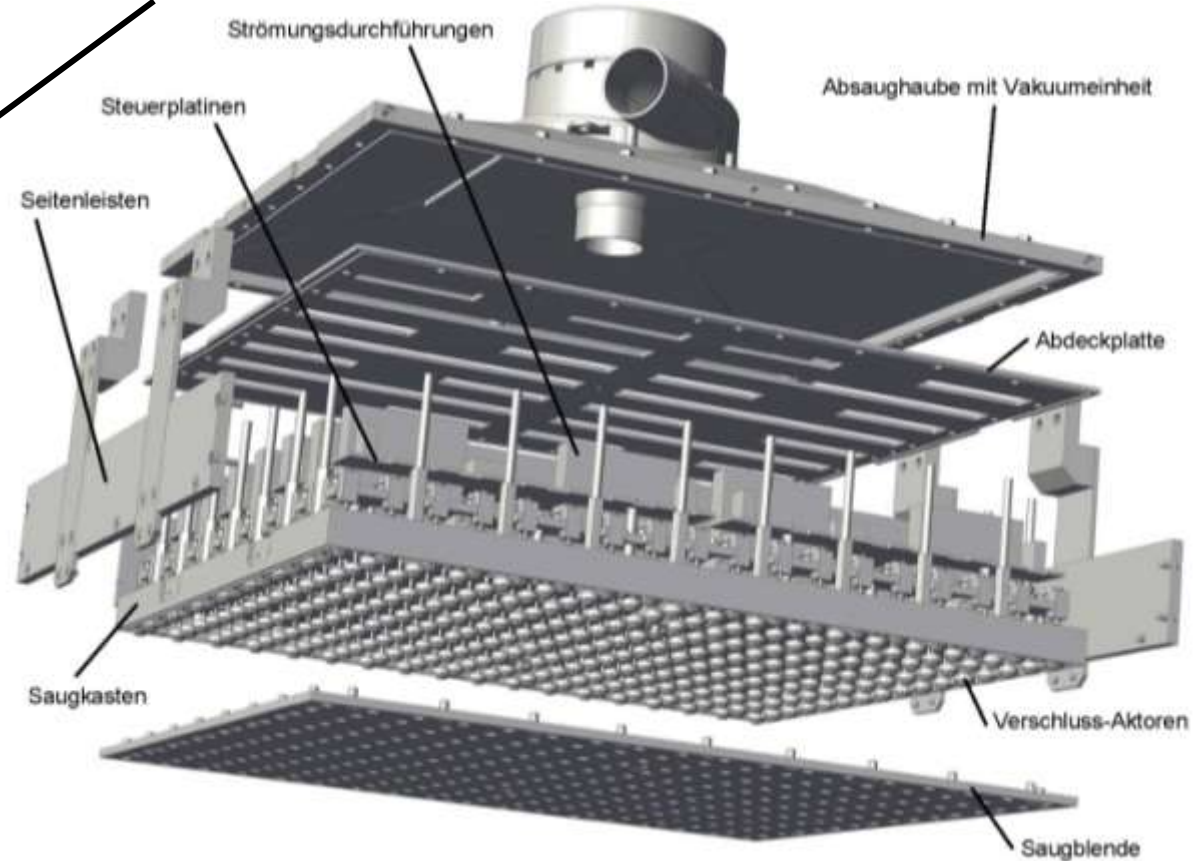
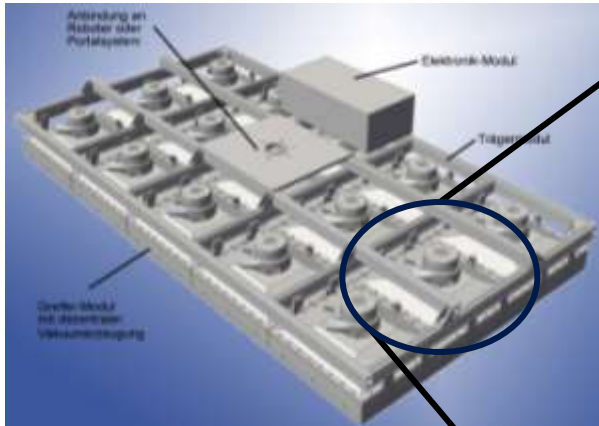
Handhabungswerkzeug zum Absortieren der Zuschnitte



Handhabungswerkzeug zum Absortieren der Zuschnitte



Handhabungswerkzeug zum Absortieren der Zuschnitte

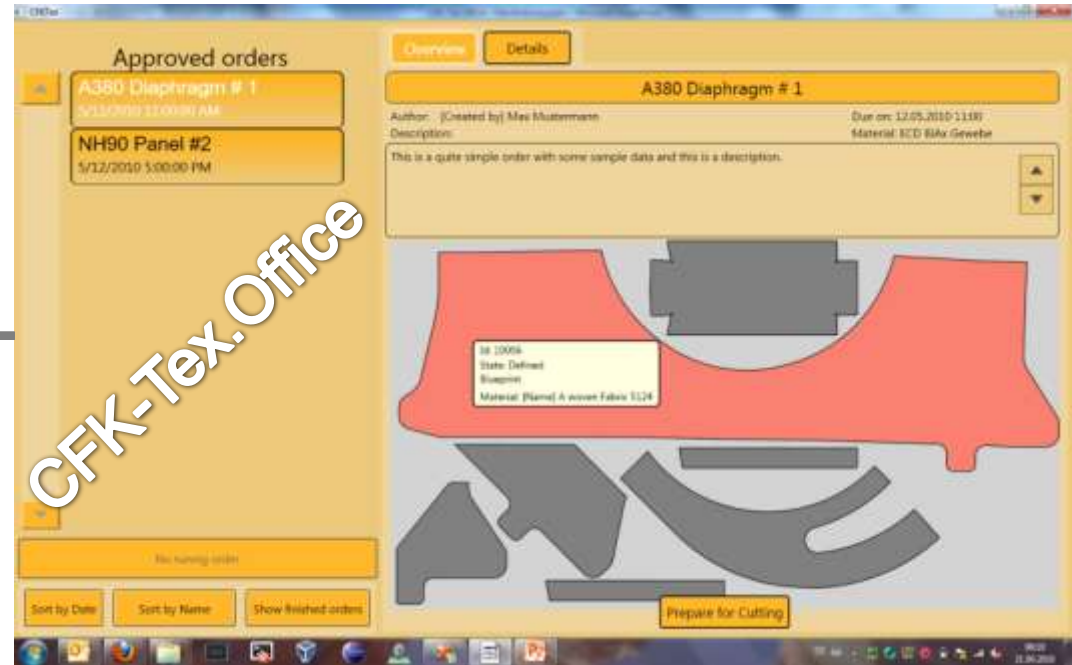


Anwendungssoftware zur Vernetzung der Subsysteme

Systemvernetzung



Lagerungssysteme



End-Effektoren

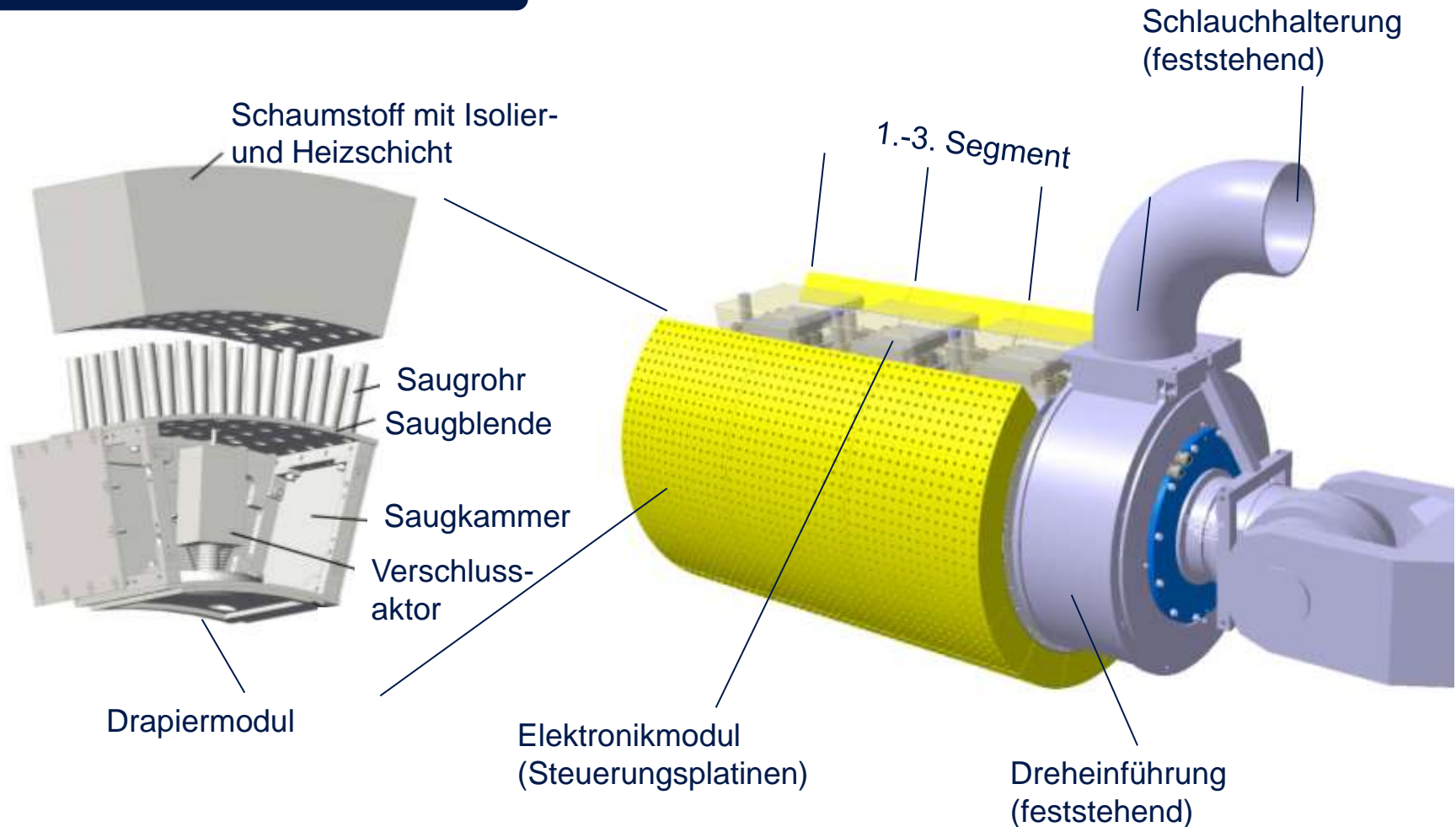


Schneidsystem



Roboterkinematik

Konstruktive Ausführung



Prototypische Umsetzung

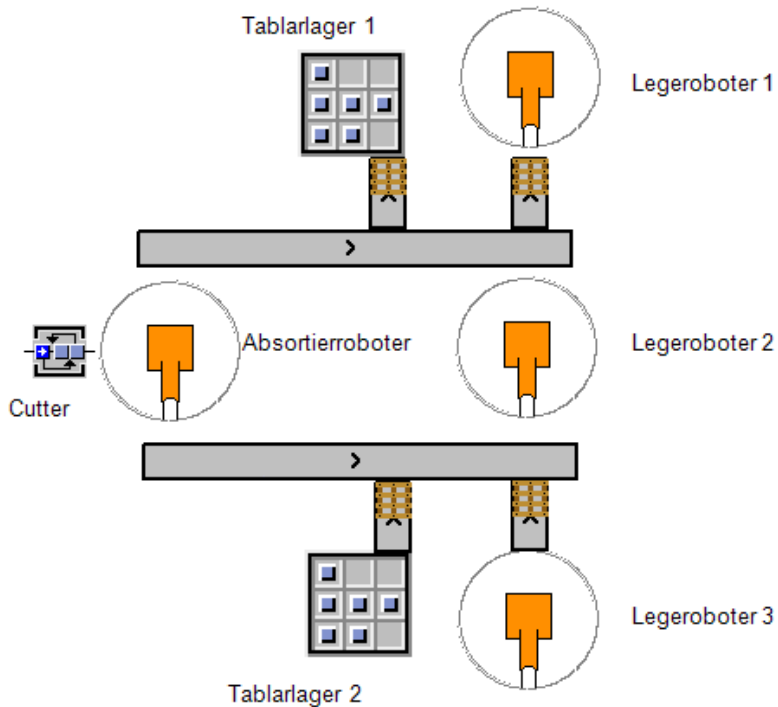
Daten des prototypischen Systems:

- Zylindrischer Aufbau
- Fläche 2,25 m x 1,2m
- 108 Drapier-, Saug- und Heizmodule
- Temperaturregelte Heizung

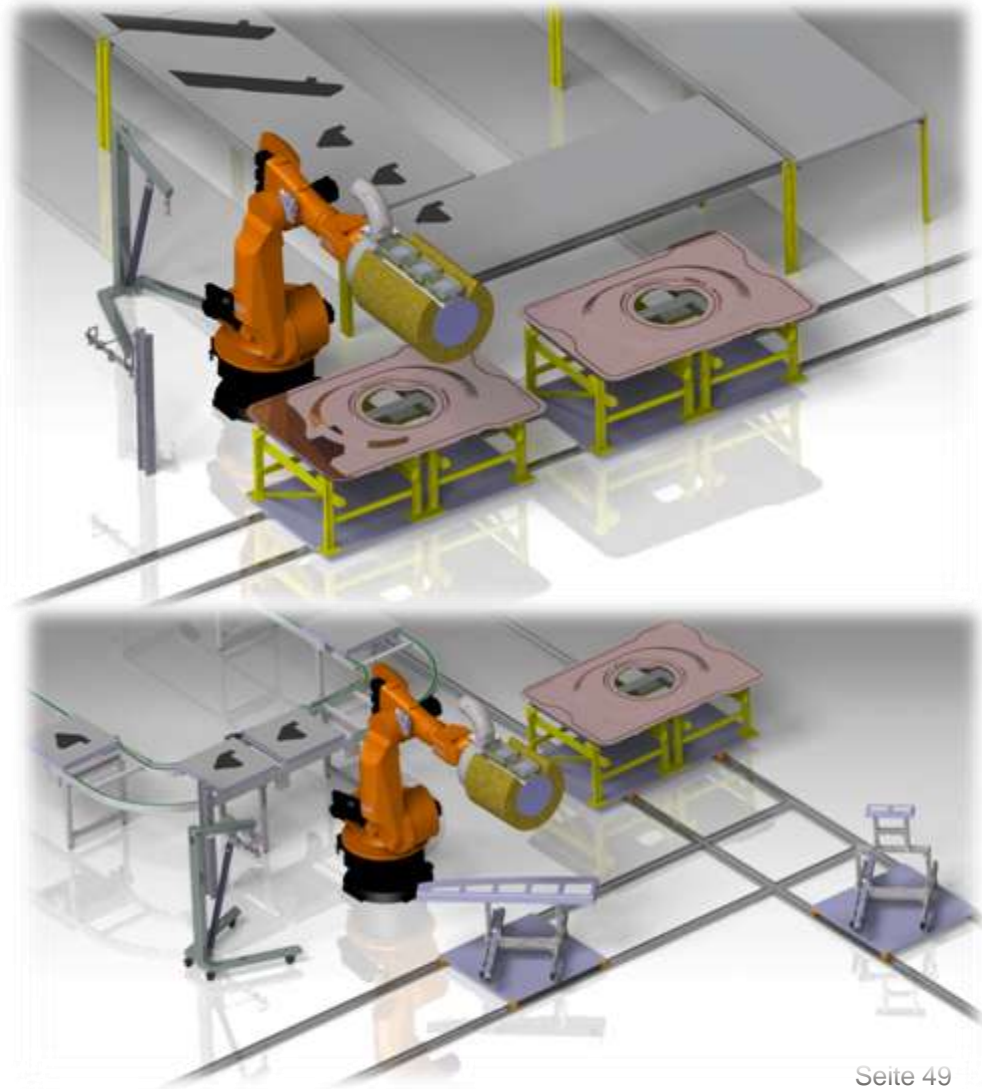


**Prototyp am iwb Anwenderzentrum:
Roboterendeffektor zum automatisierten Einzellagen-
Preforming (Drapieren und Fixieren)**

Integrationskonzepte



Systemtechnische Ausprägungen zur Analyse unterschiedlicher Integrationskonzepte (Ausbringung, Investitionen, Kapazitätsausgleich)



Umsetzungsbeispiel: Integrierter Handling- und Preforming-End-Effektor

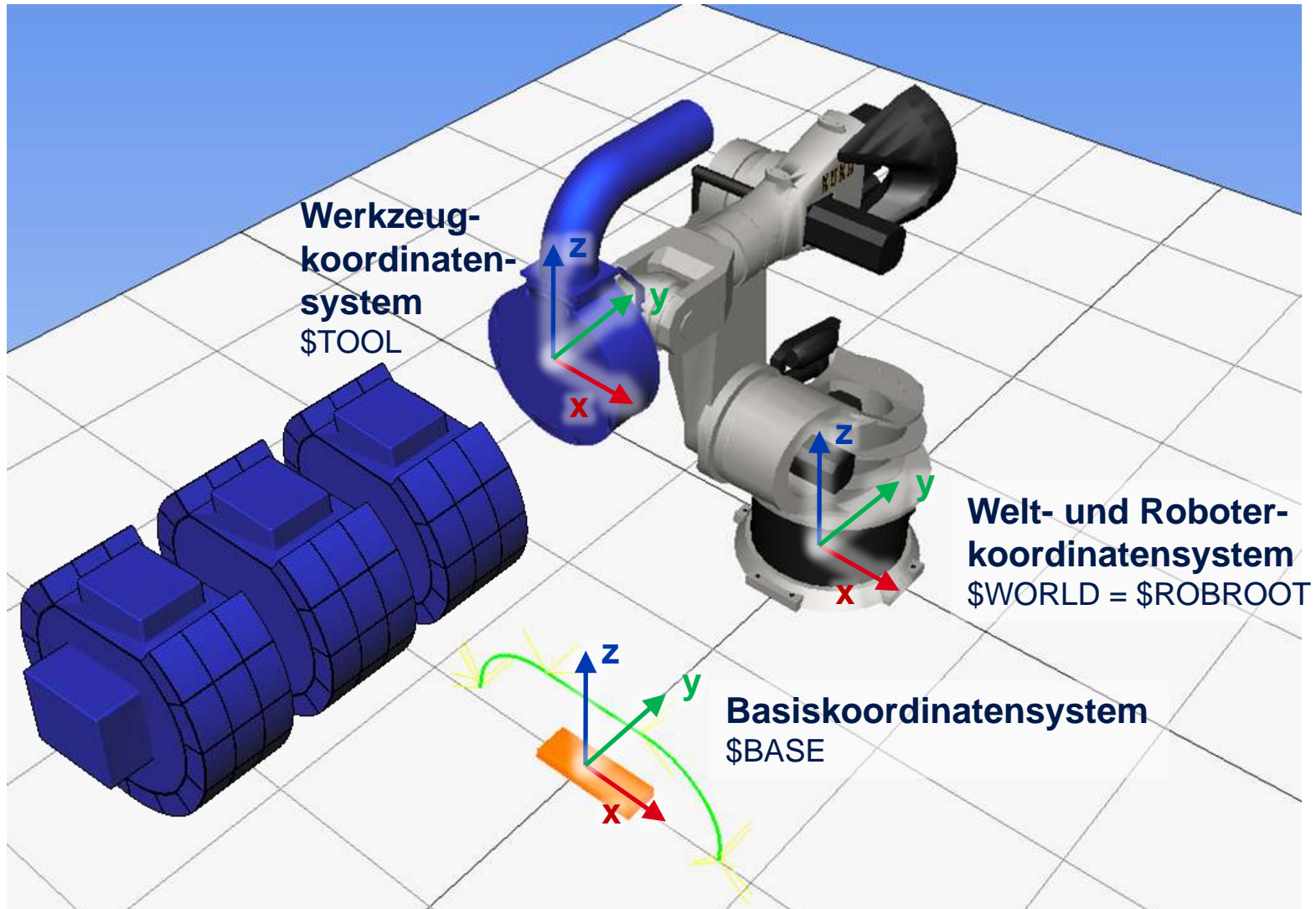
Industrielle Applikationsvariante

- Doppel-End-Effektor zum Handhaben und Preformen
- KUKA KR-60
- Roboterinitiierte Programmierung ohne übergeordnete Software
- Realisiert aus Teilmodulen bzw. Funktionsmustern der tatsächlichen Prototypen
- Erfolgreiche Präsentation auf der AUTOMATICA 2010

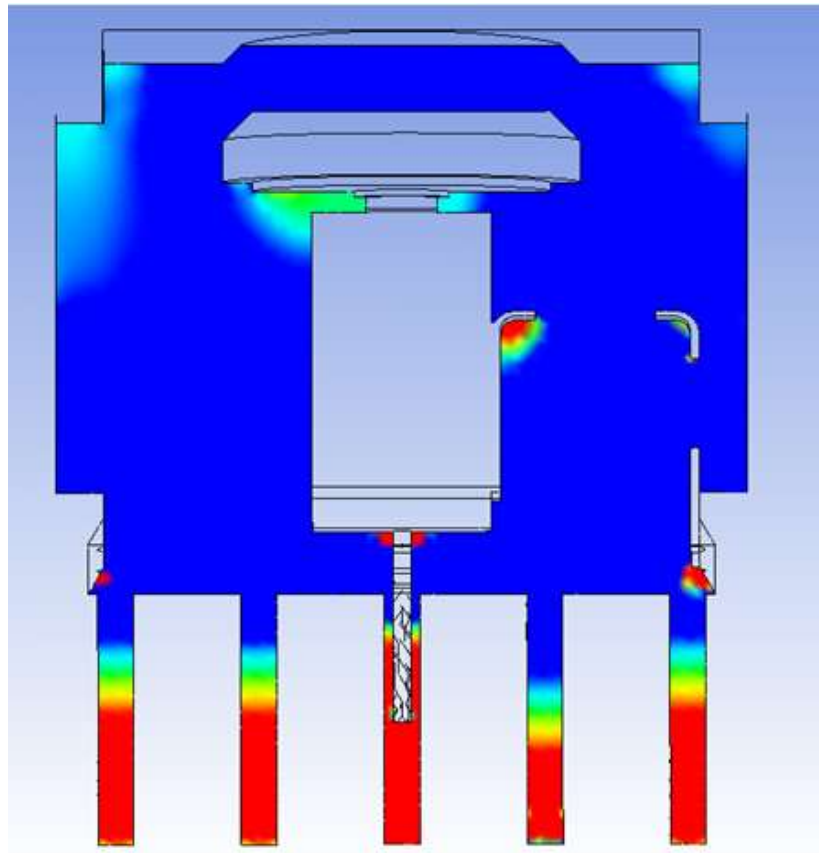


Doppel-End-Effektor zum Handhaben und Preformen : Präsentation AUTOMATICA 2010

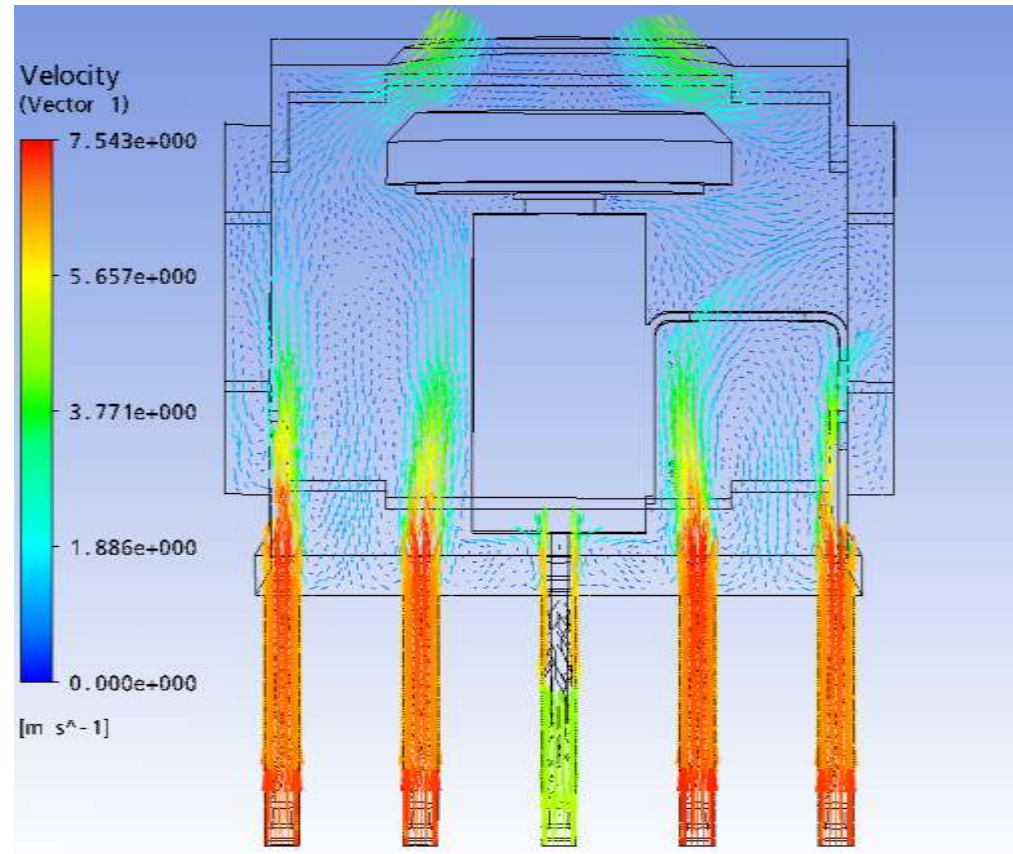
Erstellen der Versuchsumgebung



Prototypenkammer



Druckplot

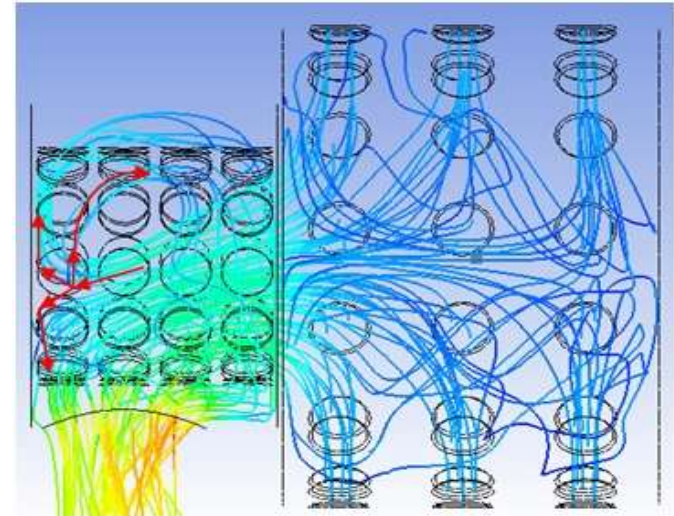


Vektorplot

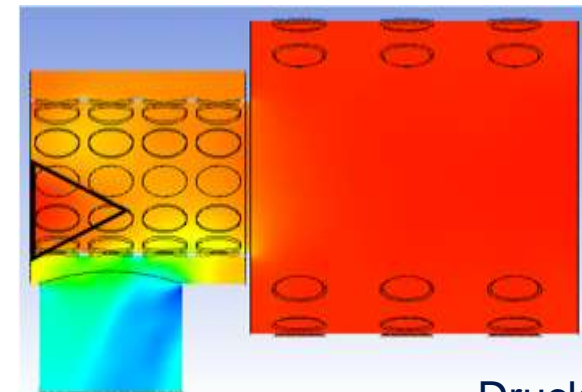
Trägermodul alt

Ausgangssituation

- Rückströmungen in der Dreheinführung
- Unterschiedliche Druckbedingungen im Trägermodul
- Strömungsverluste an Querschnittsübergängen
- Staupunkte im vorderen Bereich des Legewerkzeugs



Strömungslinien



Druckplot

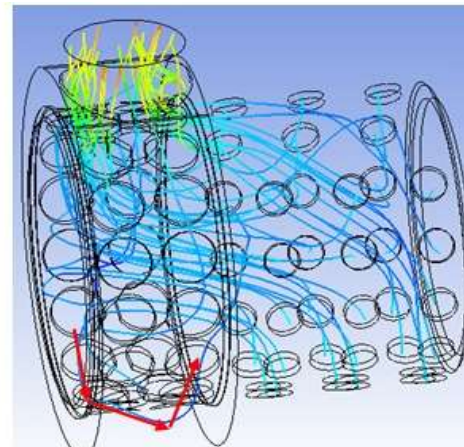
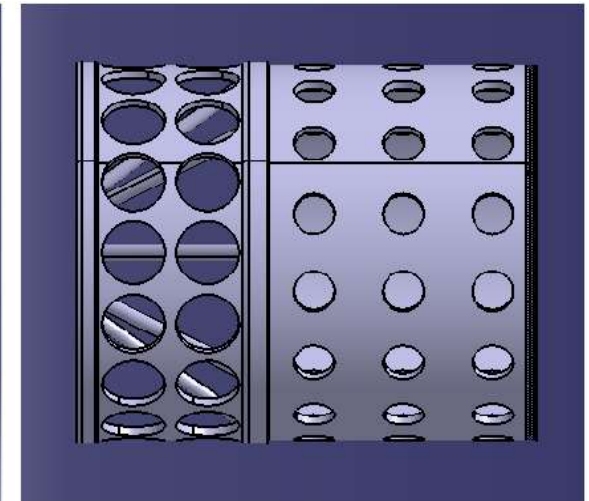
Trägermodul neu

Überarbeitete Konstruktion

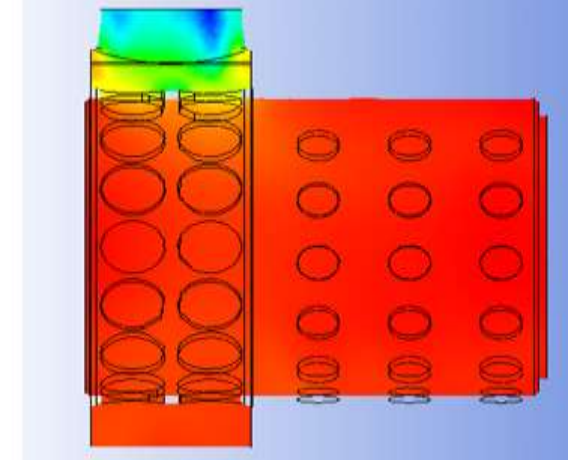
- gleichbleibender Durchmesser
- Integrierter Absaugtrichter

Verbesserungen

- Reduktion der Rückströmung von ca. 15% auf ca. 4% (bei einem gest. Volumenstrom von 9600[l/min])
- Gleichbleibende Druckbedingungen im Trägerrohr
- Weniger Strömungsverluste, da kein Querschnittsübergang
- Reduzierung von Staupunkten im vorderen Bereich



Strömungslinien

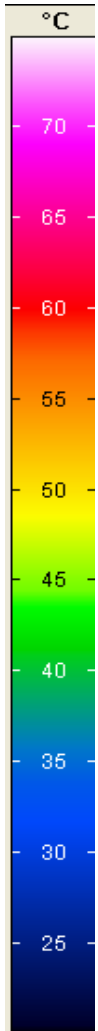
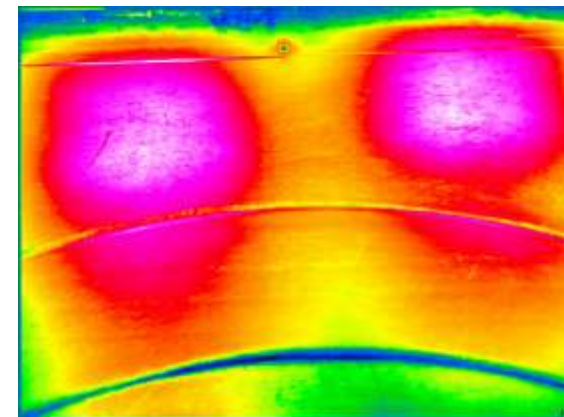


Druckplot

Integration einer Formheizung

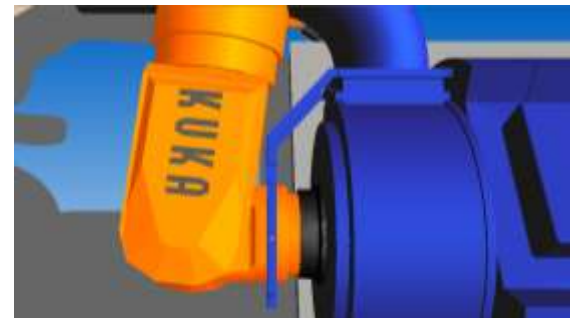
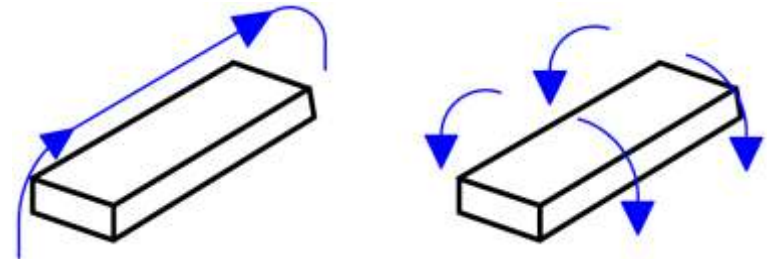
Verbesserungen:

1. Die Werkzeugform kann auf konstante 55 – 60 °C gehalten werden
2. Verbesserte Haftqualität des aufgeschmolzenen Bindervlieses aufgrund der verbesserten Wärmeeinbringung
3. Die ersten CF-Lagen können nun auch mit ausreichender Haftung gelegt werden
4. Heiztemperatur am Funktionsmuster kann reduziert werden aufgrund der zusätzlichen Wärmeeinbringung durch die Formheizung
5. **Kürzere Prozesszeit**

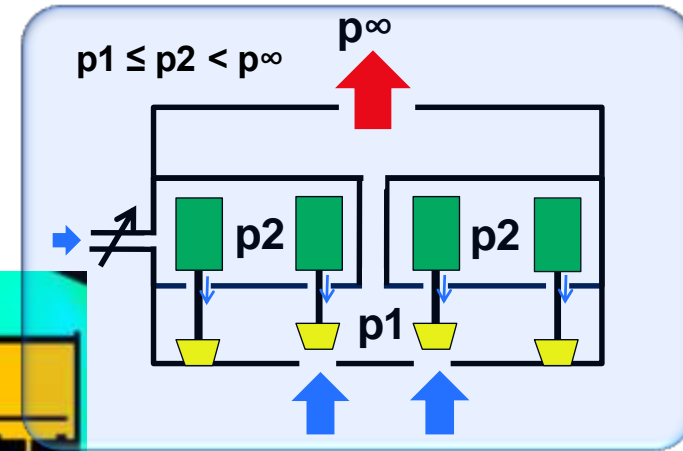
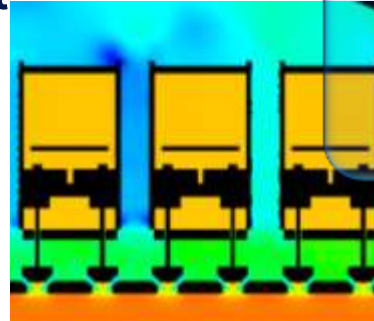


Zielsetzung:

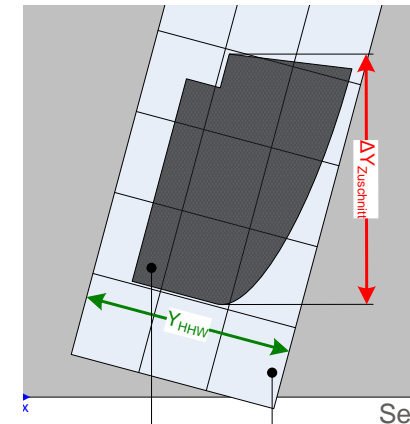
- Finden der besten Legestrategie
- Drapiervorgang ohne Fehlstellungen und Kollisionen des Roboters gewährleisten
- Prozesszeiten der Referenzbauteile einschätzen



- Numerisches Simulationsmodell zur Optimierung und Auslegung des End-Effektors erarbeitet und erfolgreich eingesetzt



- Ansteuerung und automatisierter Prozessablauf
 - Positionierung des Greifers bzgl. einer Zuschnittkontur mit Hilfe Optimierungsalgorithmus etabliert
 - Druckregelung erarbeitet und am Funktionsmuster erfolgreich getestet



Erreichte Ergebnisse

- Eine Automatisierung des Fertigungsprozesses von CFK-Bauteilen ist dringend erforderlich!
Jedoch: Komplexe Systemanforderungen bzgl. Material, Geometrie und Prozess
- Experimentelle Validierung und Bewertung von Wirkprinzipien für Greifen, Verformen & Andrücken und Fixieren
- Erfolgreiche Umsetzung und Validierung innerhalb eines Prototyps
- Systemvernetzung über Anwendungssoftware
- Verschiedenste Integrationsszenarien möglich

Projektkonsortium:



CFK  Tex

Projekträger:

VDI/VDE-IT

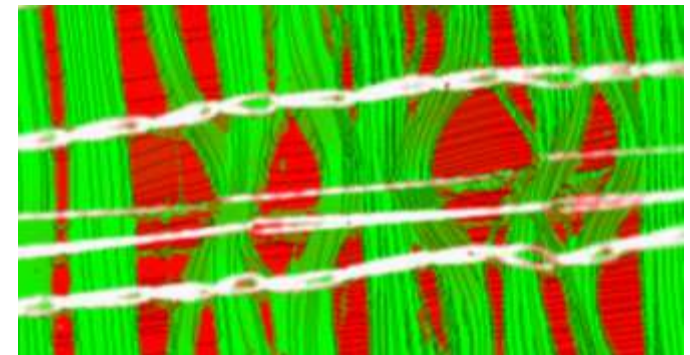


Förderer:



Weiterführende Forschungsideen

- Erforschung der Zusammenhänge zwischen Materialparametern, Anwendungsszenario Schneidsystemen bzw. Greifsystemen (Wirkprinzip, Konzept, Prozessparameter)
- Begleitende und integrierte Qualitätssicherung auf Basis von Sensorik (Bildverarbeitung)
- Ausweitung und Übertragung der Ergebnisse auf andere Materialsysteme (z. B. prepreg)
- Ausweitung und Flexibilisierung der Software-Infrastruktur und –Algorithmen auf unterschiedlichste Anwendungsgebiete und Werkstoffe
- Automatisierte Prüfung des Schnittergebnisses (Voraussetzung für automatisiertes Absortieren)



Analyse der Faserstruktur

Quelle: profactor GmbH

Agenda

1. Vorstellung *iwb* Anwenderzentrum Augsburg
2. Aktueller Status im Projekt CFK-TeX
3. **Vorstellung Diplomarbeitsthema**

Kontakt:

M. Sc., Dipl.-Ing.(FH) Claudia Ehinger

Telefon +49 (0) 821 / 5 68 83 - 36

Telefax +49 (0) 821 / 5 68 83 - 50

E-Mail: claudia.ehinger@iwb.tum.de

Adresse

iwb Anwenderzentrum Augsburg

Beim Glaspalast 5

86153 Augsburg

www.iwb-augsburg.de