

MFZ-Anlage: Kooperationsprojekt DLR - KUKA Systems GmbH

Augsburg ZLP 15. Mai 2013

Dr.-Ing. Wolfgang Dudenhausen

Dipl.-Ing. Stefan Bayer

DLR e.V.

Institut für Bauweisen- und
Konstruktionsforschung

KUKA Systems GmbH



Wissen für Morgen



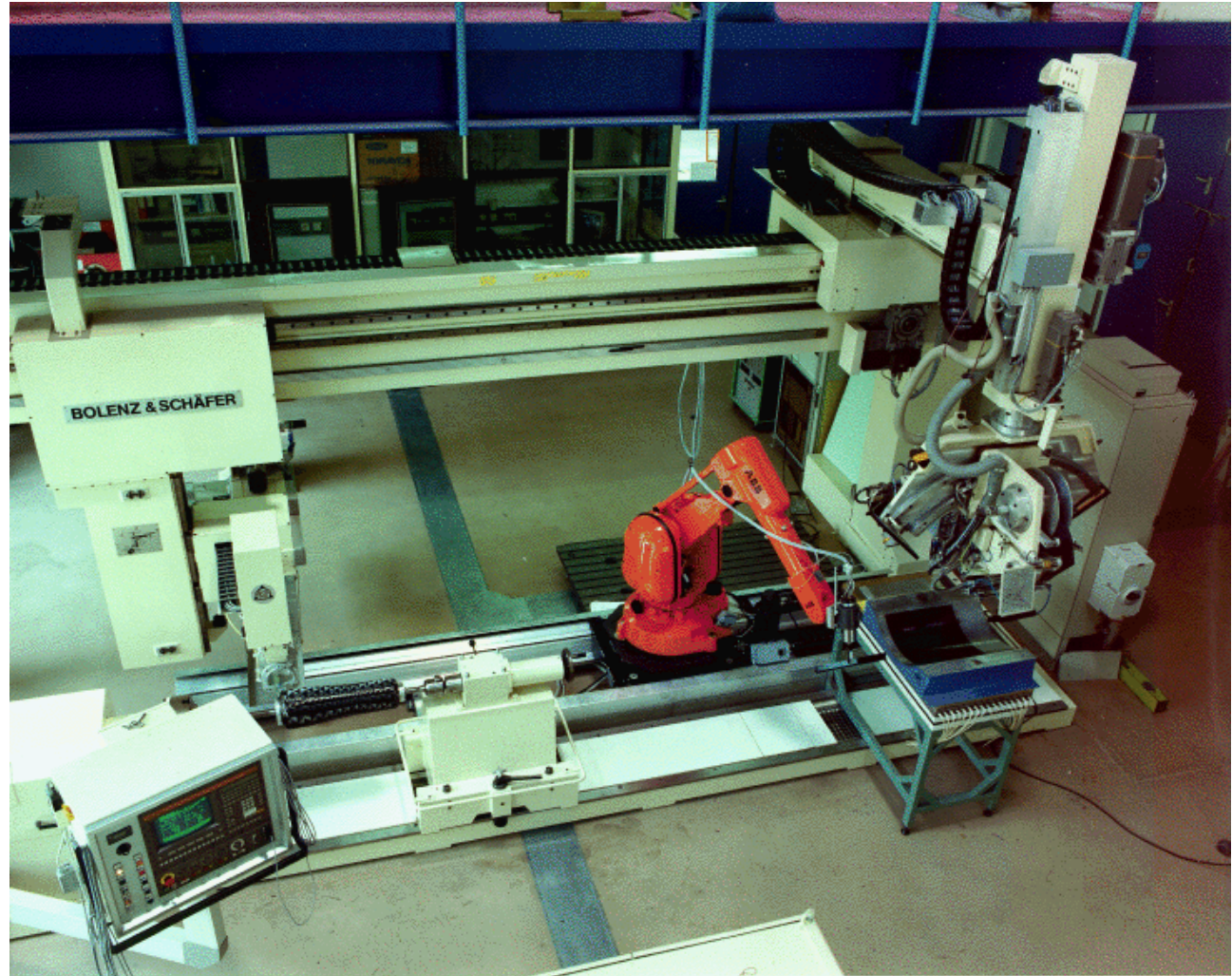
Das DLR-ZLP – Entwicklungsgeschichte der MFZ

Die Anfänge
1988 - 1999

Kauf der **ACIF**-Anlage

Automatisierte
Composite **I**ntegrale
Fertigung

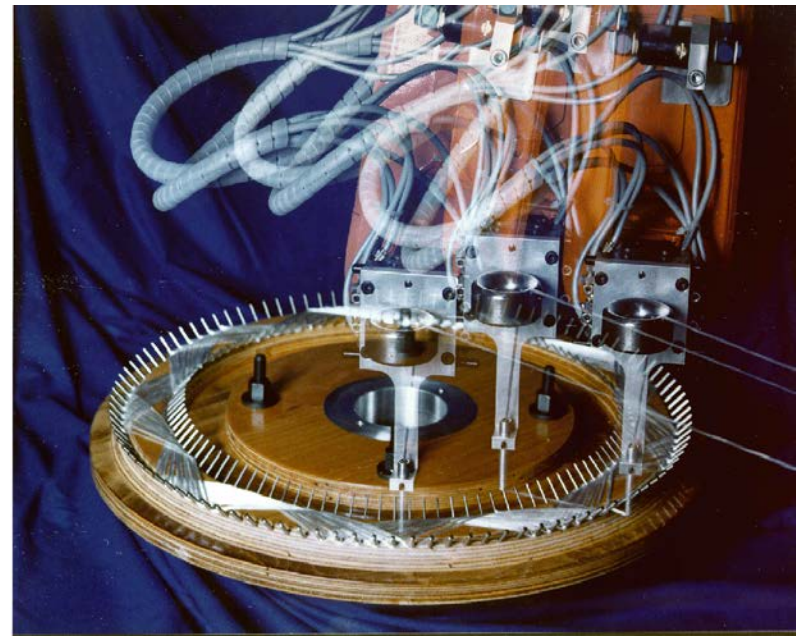
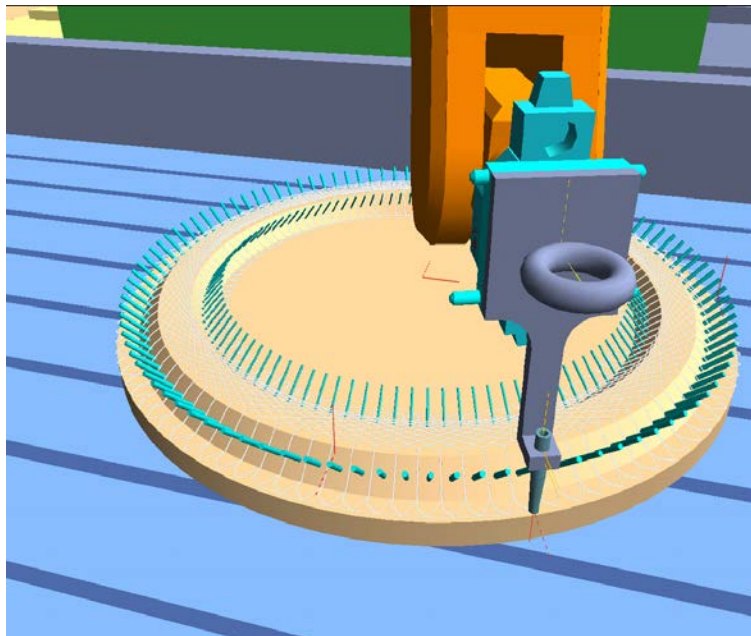
Eine kombinierte
Tapelege und Wickel-
anlage mit Hand-
habungsroboter auf
einer 7. Achse



Das DLR-ZLP – Entwicklungsgeschichte der MFZ

Wickeln ebener Lamine mit einem Industrieroboter

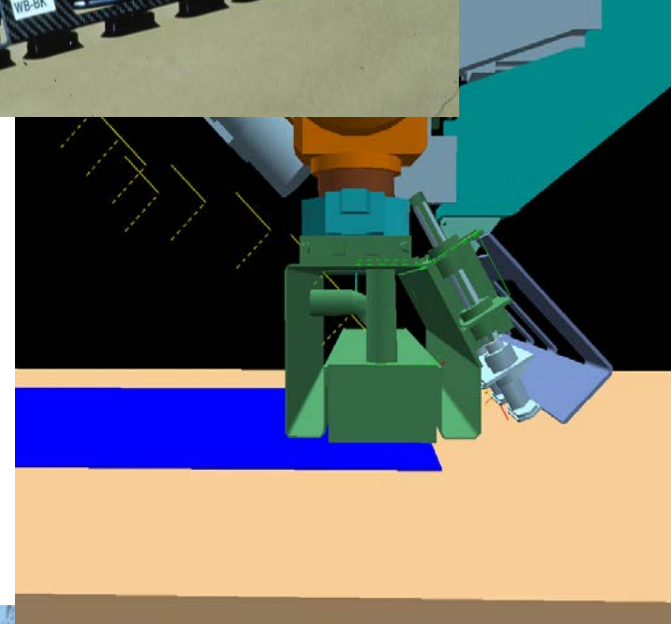
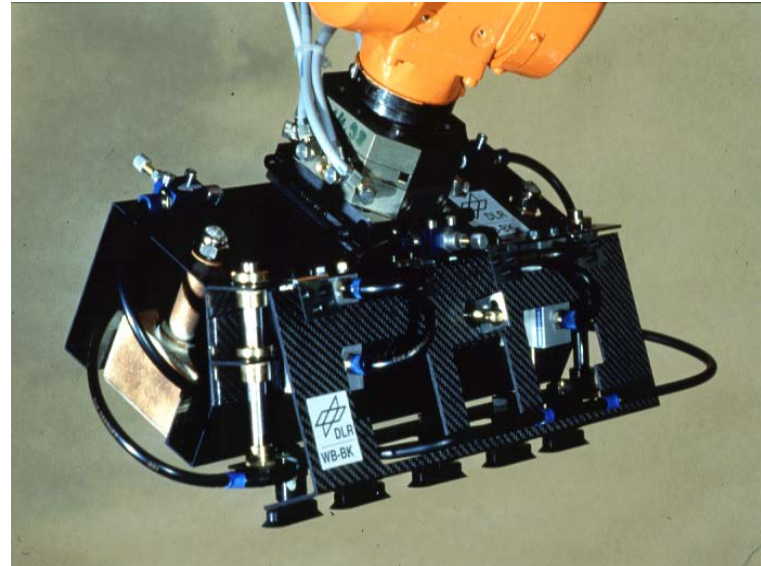
- Simulation des Wickelvorganges mit Kollisionsprüfung und Pfadoptimierung (links)
- Arbeitsvorbereitung und Justierung am Industrieroboter (rechts)
- Wickeln in der Ebene mit einem zyklischen Tow-Placementverfahren



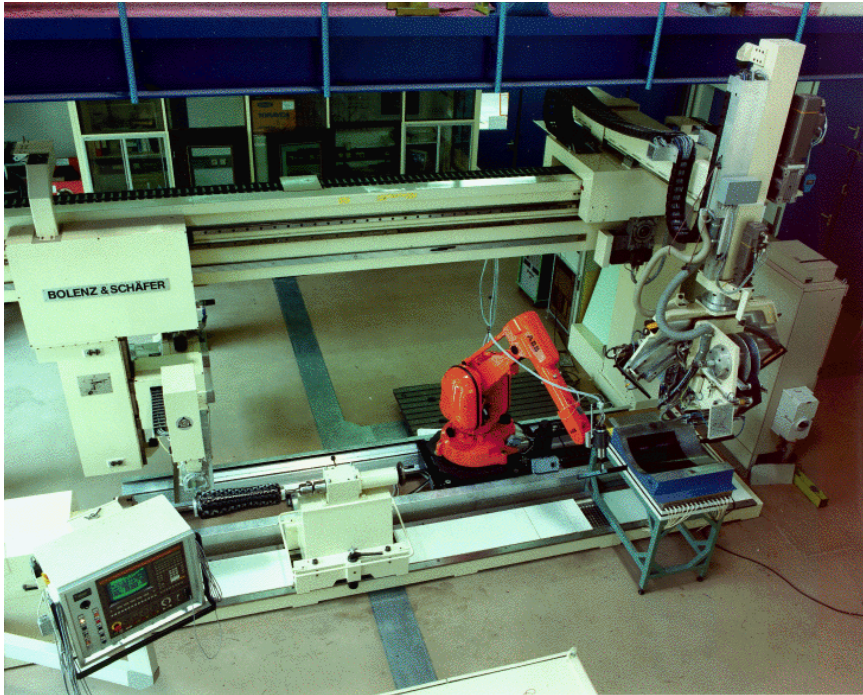
Das DLR-ZLP – Entwicklungsgeschichte der MFZ

Technisches Konzept: Handhabung

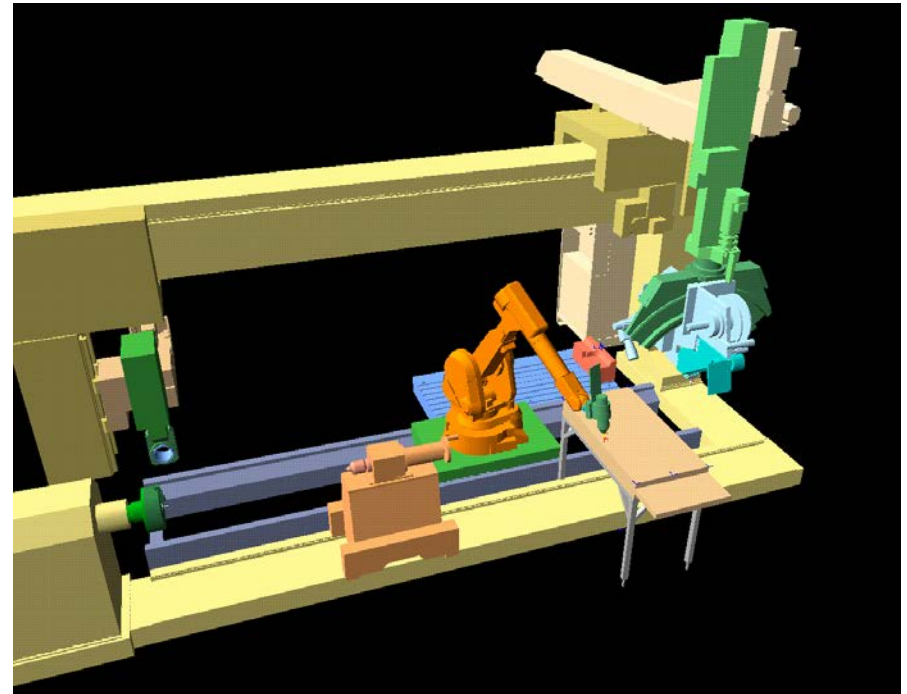
- Belegen von Flächen mit biegeschlaffen Zuschnitten.
- Abziehen von Folien von klebrigen und nichtklebrigen Prepregs.
- Gezieltes Aktivieren und Deaktivieren von Klebrigkeit.
- Einfügen von vorgefertigten Bauelementen und Versteifungen.
- Handhaben von Waben und Paketieren.
- Montagehilfe, Einfügen von vorgefertigten Bauelementen und Versteifungen.



Das DLR-ZLP – Entwicklungsgeschichte der MFZ



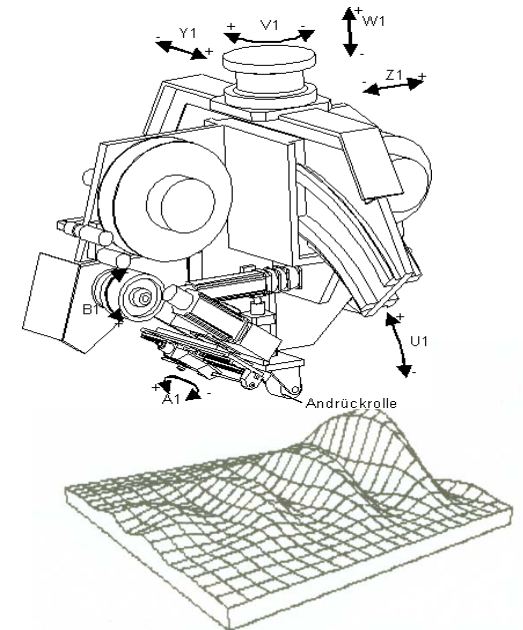
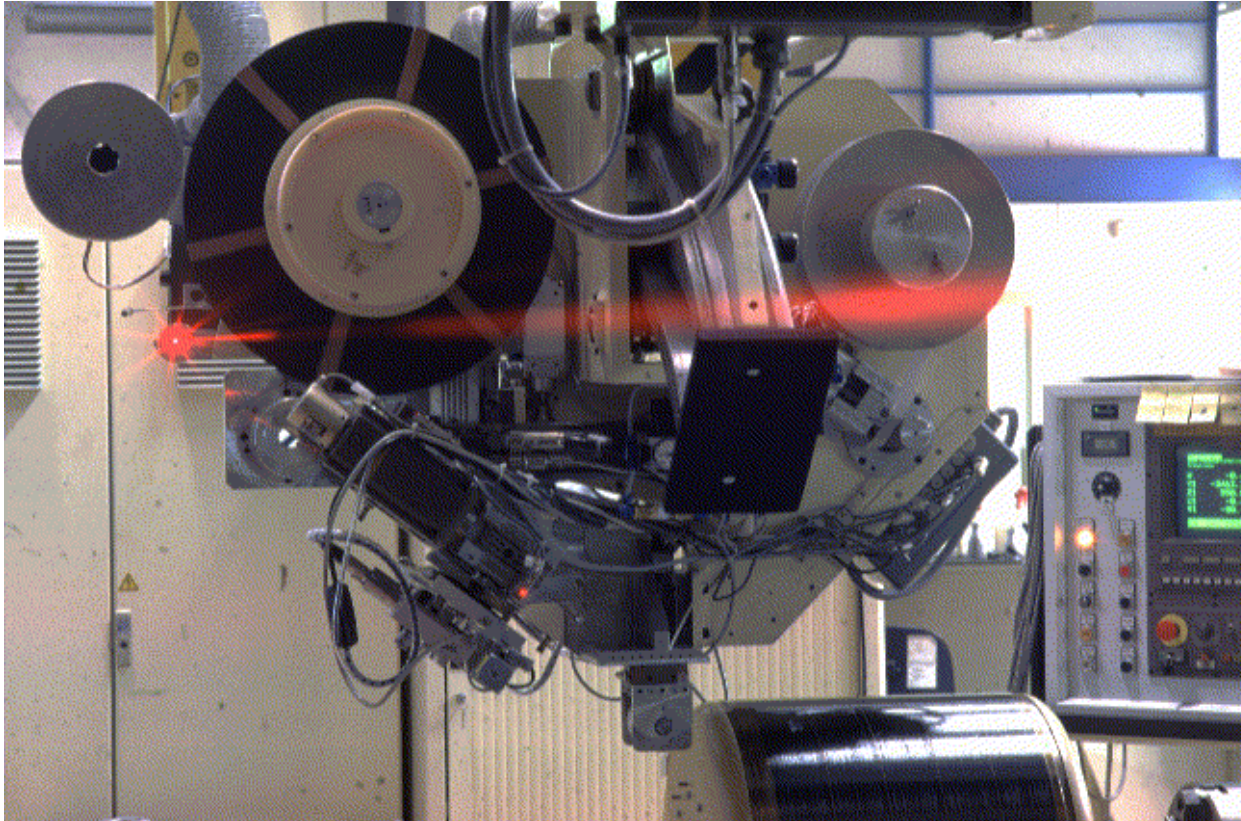
Realumgebung der Fertigungszelle ACIF mit Roboter (1989)



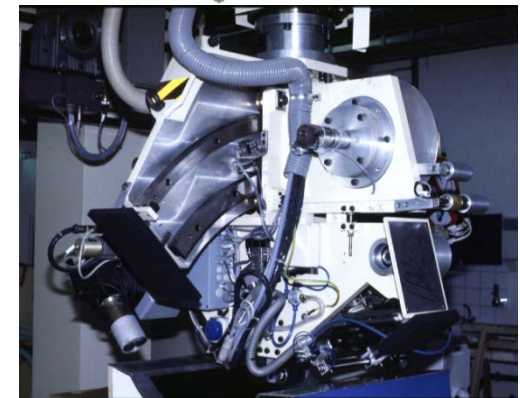
Simulationsumgebung für die Erstellung von Maschinenprogrammen mit Kollisionsbetrachtung (1996) für Siemens-Sinumerik und ABB-S3 mit koordinierter Steuerung auf Basis von Semaphoren



Das DLR-ZLP – Entwicklungsgeschichte der MFZ



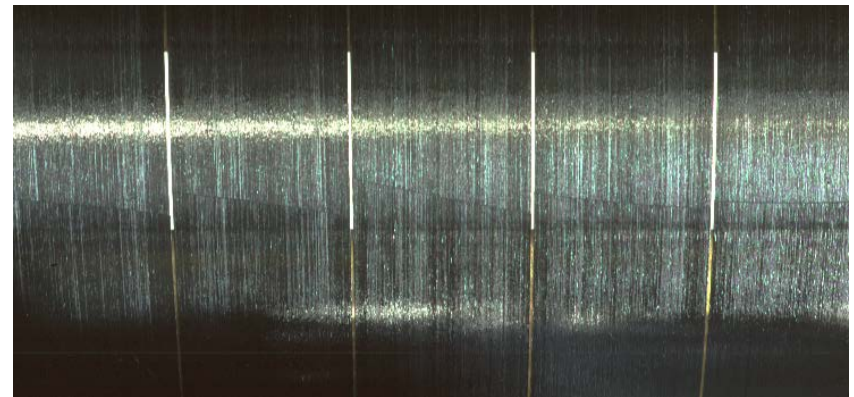
Positionsvermessung des Tapekopfes mit Laser zur Verbesserung der Lagegenauigkeit und Kompensation der Maschinenverwindung als statische „externe Führung“ über Positionskorrekturflächen und einer Genauigkeit von 0,125 mm



Das DLR-ZLP – Entwicklungsgeschichte der MFZ

Bahnverhalten und Belegungsprobleme mit 70 mm Prepreg-Tapes

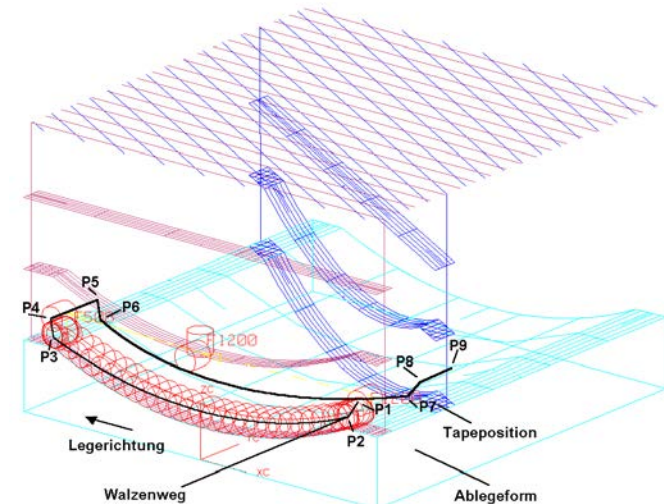
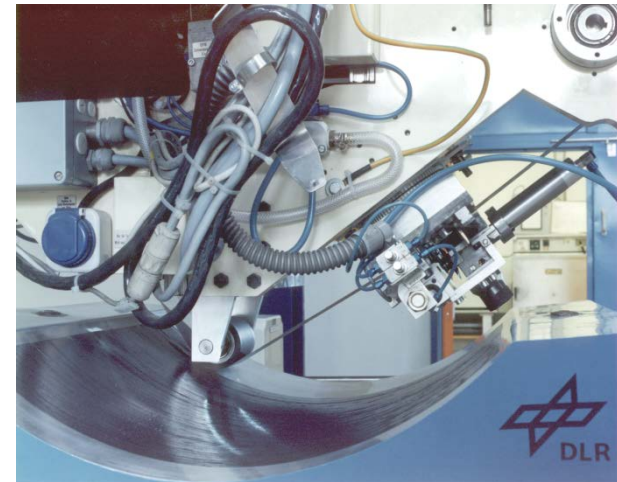
- Versuche zur Berechnung der Tapebahn entlang des natürlichen Pfades und Definition
- Der zulässigen Bahnkrümmungen entlang einer Oberfläche
- Spaltbildung und zulässige Winkelabweichung beim Belegen von Oberflächen bei zwei-dimensionaler Krümmung
- Herstellung einer geschlitzten Rolle zur Verbesserung des Verhaltens bei Unstetigkeiten



Das DLR-ZLP – Entwicklungsgeschichte der MFZ

Bahnverhalten und Belegungsprobleme mit 70 mm Prepreg-Tapes

- Vorarbeiten zur Belegung von gekrümmten Oberflächen
- Pfadplanung für das Projizieren und Formändern bzw. zur Längenberechnung in einer Form
- Überwindung von Unstetigkeiten mit geschlitzten oder weichen Rollen beim Legen unter anderen Winkeln als 0° und 90°
- Berücksichtigung der kollisionsfreien Zu- und Wegfahrbewegungen

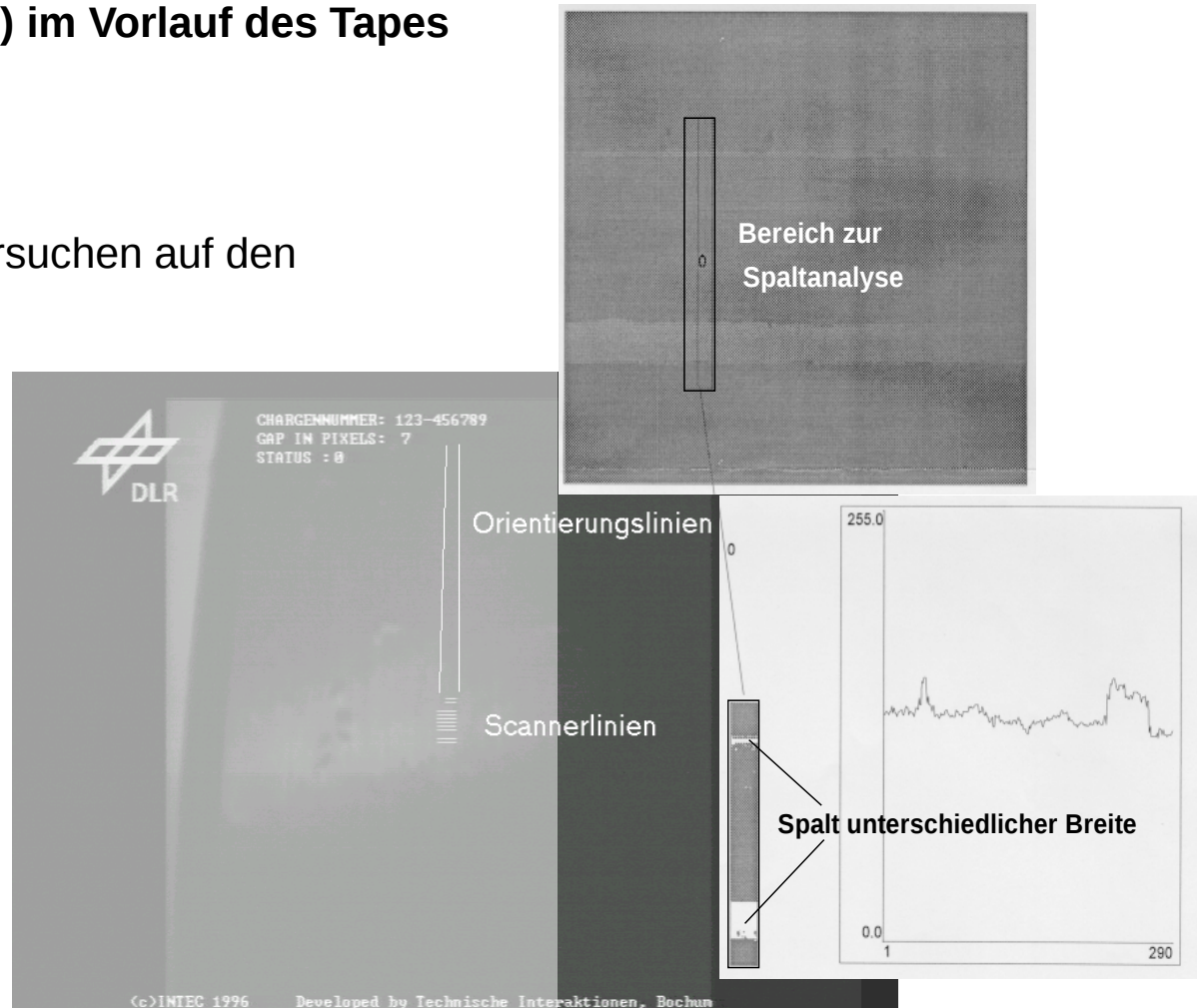


Das DLR-ZLP – Entwicklungsgeschichte der MFZ

Qualitätssicherung (Online) im Vorlauf des Tapes

Spalterkennung

- Übertragung von Laborversuchen auf den Fertigungsablauf.
- Versuch der Integration der numerischen Spalterkennung auf die Positionsbestimmung des Tapeablegekopfes.
- Positionierung durch rechnerstützte Spaltprognose für Verläufe von 0 bis 2 mm.

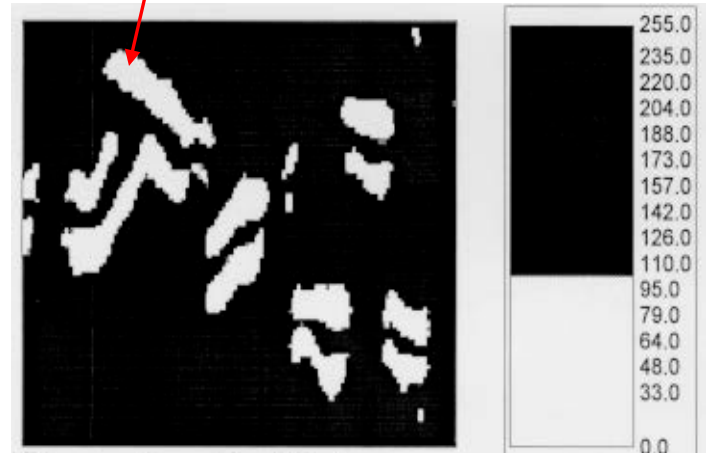
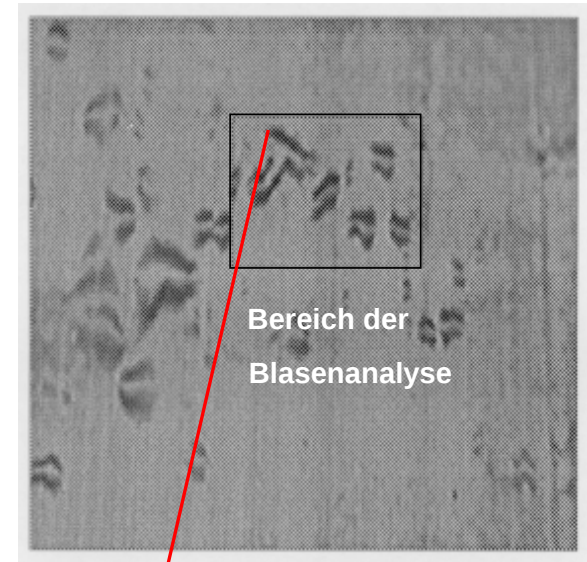


Das DLR-ZLP – Entwicklungsgeschichte der MFZ

Qualitätssicherung (Online) im Rücklauf des Tapes

Fehlererkennung

- Versuch durch Fehlererkennung die Fertigungsqualität des Tapeablegekopfes zu beurteilen.
- Reaktionen für den nächsten Arbeitsschritt ableiten und an die Steuereinheit übertragen.
- Definition des Begriffes „Situationsabhängige Steuerungsreaktion“ durch Implementation von entsprechenden technologischen Mess- und Regelparametern in die Siemens-Steuerung.
- Telegramm RK-512 Prozedur zur Kommunikation mit externen Rechnern.



Das DLR-ZLP – Entwicklungsgeschichte der MFZ

Überlegung zu neuen Ansätzen in der Faserverbundproduktion

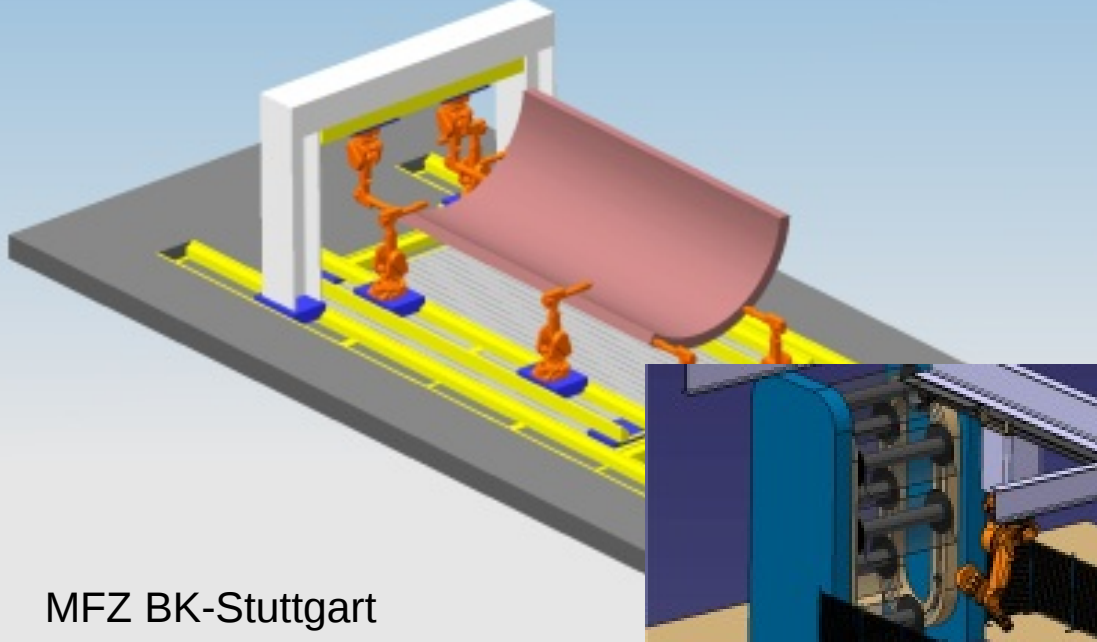
In der Faserverbundtechnik...

- Muss man viele Vorgänge parallel durchführen,
- Man braucht mehrere Arme,
- Muss beweglich sein und benutzt viele Werkzeuge,
- und es ist gut, wenn man Finger hat, wie eine indische Tempeltänzerin.



Das DLR-ZLP – Entwicklungsgeschichte der MFZ

2007-2008: Erste Entwürfe was wäre wenn ...



2009: Fabrikplanung und
Cutterlogistik mit Fa.
Gate GmbH



Das DLR-ZLP – Entwicklungsgeschichte der MFZ

Ausarbeitung eines Kooperationskonzeptes und Suche nach einem Partner

KUKA



Vortragsübersicht

I) Rückblick Aufgaben 2009 & Start Kooperation KUKA Systems & DLR ZLP

II) Aufgabenstellung und Vorgehensweise

III) Vorstellung der TEZ & MFZ

Technologie-Erprobungs-Zelle (TEZ) & Multi-Funktionalen-Zelle (MFZ)

IV) Verwertungsperspektiven auch Technologietransfer

V) Resumee und Ausblick

16.06.2009 – Erster Besuch - DLR für ZLP -- Kooperationspartner gesucht

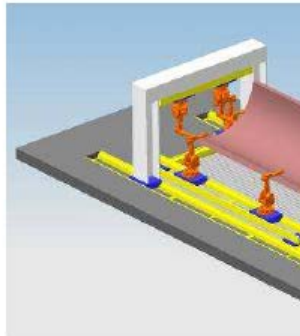
Produktionstechnik: Ziele der CFK-Verarbeitung

Manufaktur



Anforderungen an

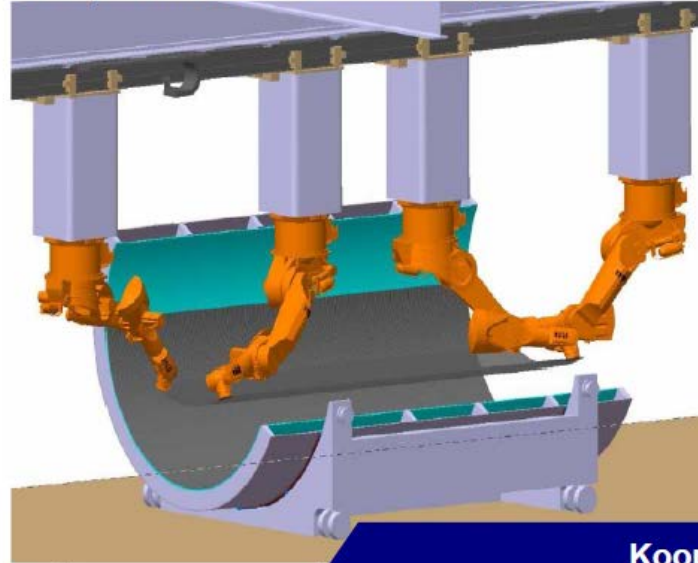
- Fabrikkonzepte
- Minimierung und
- Flexible Track-
- Usw.



Automatisierte CFK-Produktionstechnologie

Textiltechnologie

Kooperierende Robotersysteme



- Kooperative und flexible Robotersysteme
- Bahnoptimierung
- Dynamik und Steuerungs-algorithmen
- Sensortechnik
- Rückkoppelnde Positioniersysteme
- Endeffektoren (Ablageköpfe, etc)

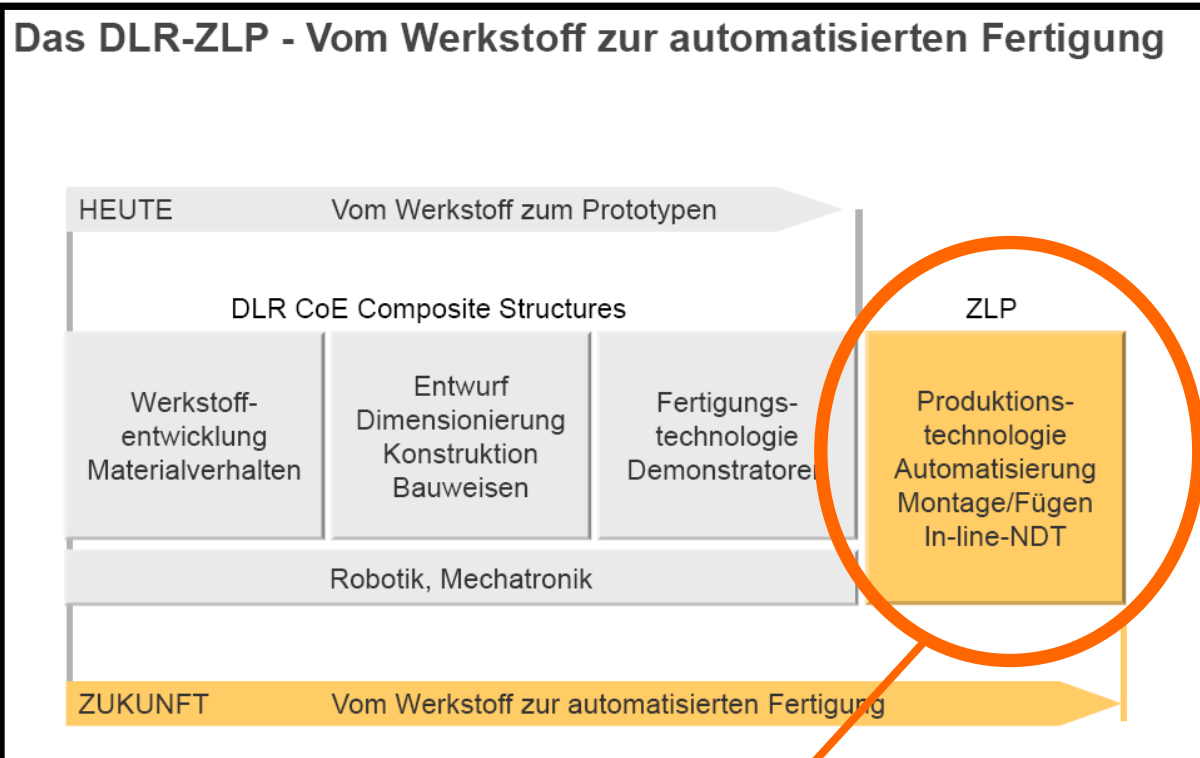


Kooperationspartner: KUKA?

Dr. M. Meyer

Quelle / Auszüge aus DLR Präsentationen 2009

Anspruch des DLR gegenüber Bund und Land → KUKA Intention



Entwicklung Produktionstauglicher Automatisierung

- Ziel einer Kooperation mit KUKA Systems in 2009
- Inhalte mussten weiter detailliert werden

Quelle: 2009, DLR

22.07.2009 – Prämissen für MFZ -- Erstskeizze zum Vorhaben

MFZ – Multi Funktionale Zelle:

Flexibel für automatisierte Prozesse zu VAP (Bau eines Barrels A30X)

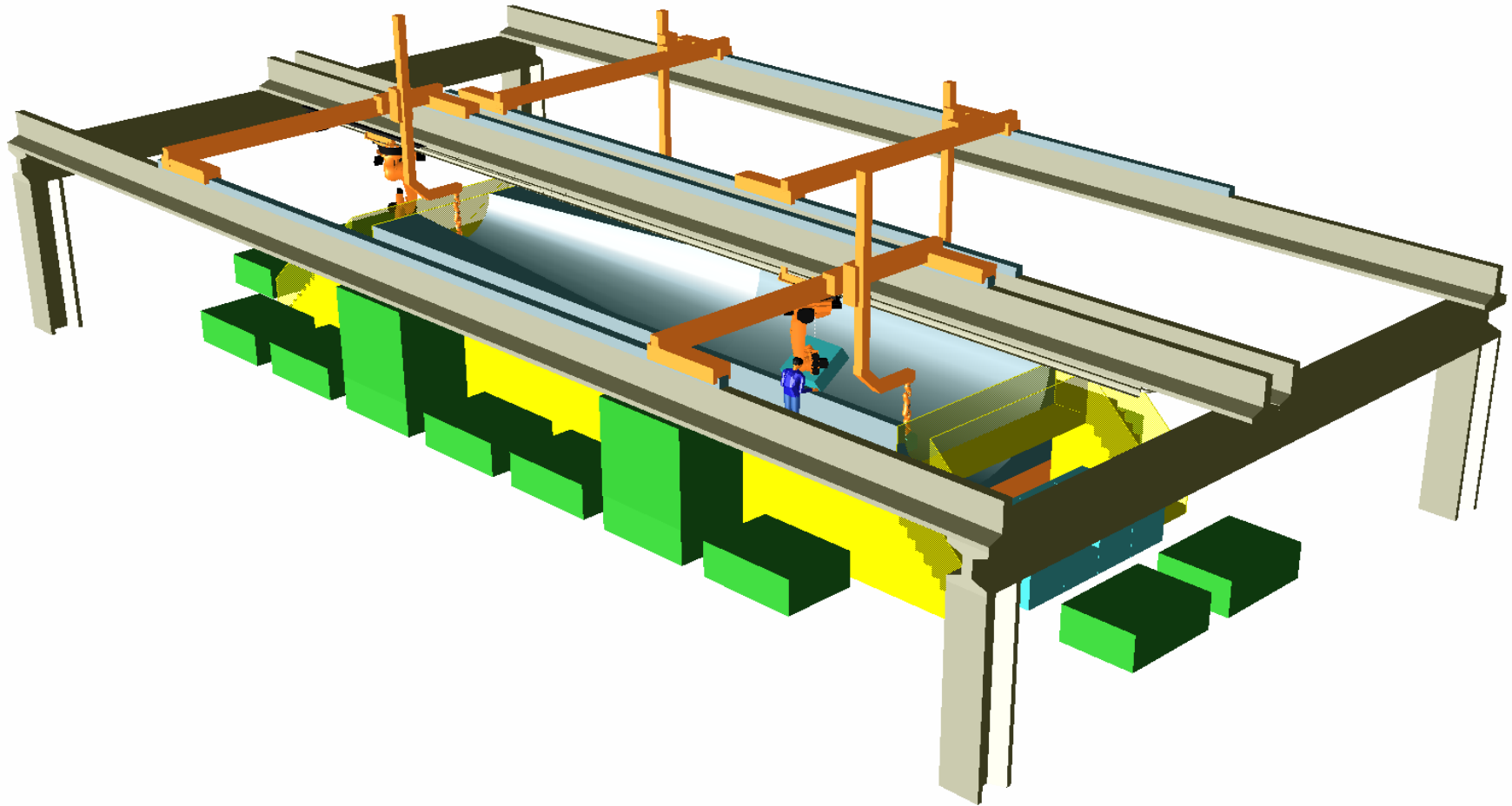
Umstieg von Manufaktur zu Produktion:

- => Manueller Zugriff erforderlich für Zugänglichkeit
- => Wenig störende Strukturen im Formbereich
- => Mensch/ Maschine Interaktion (mit LBR = Leichtbauroboter)

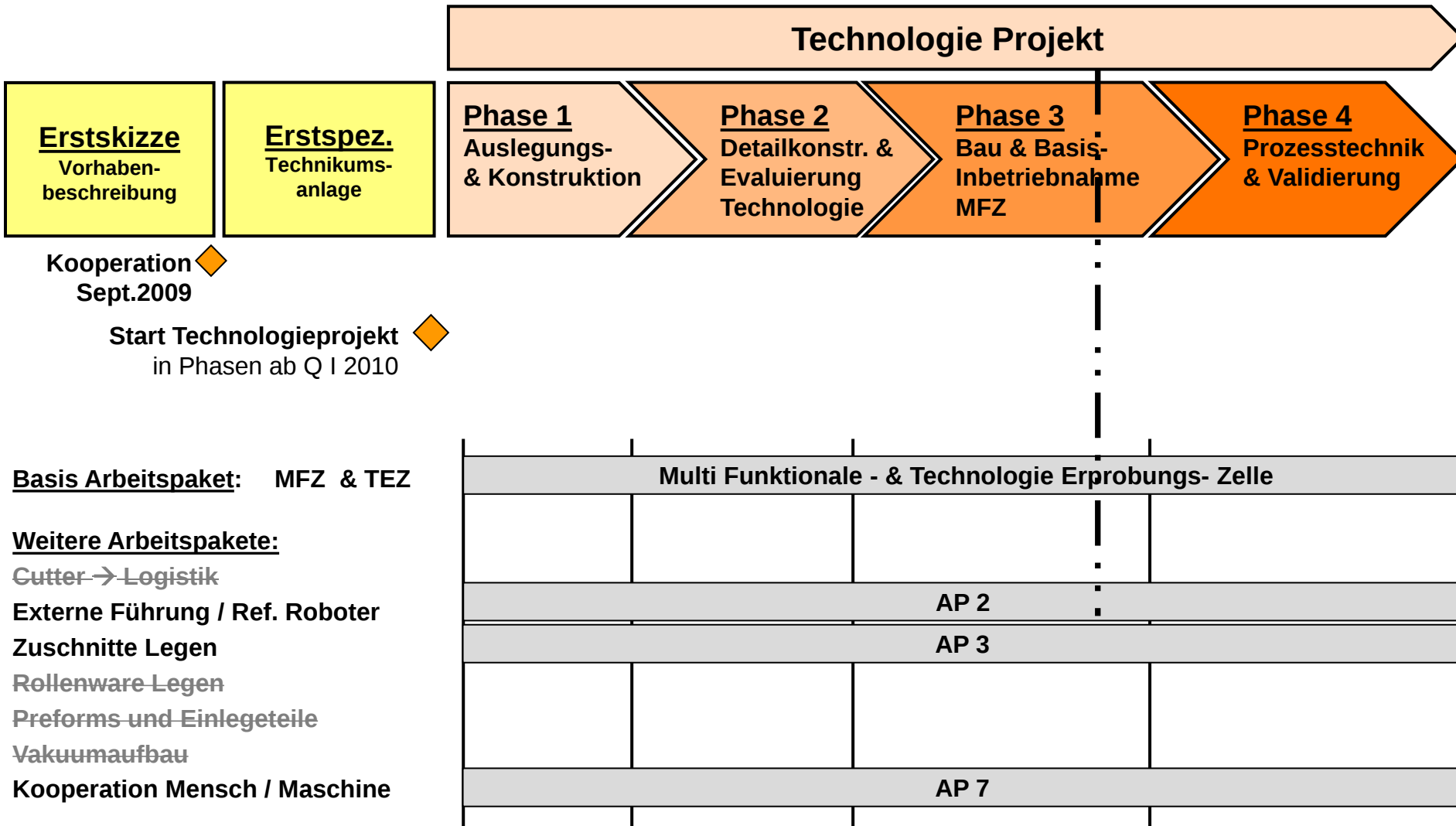
Zielbauteil Erstausrichtung Rumpfschale A30X

- => Form Länge 16/ 8m Radius 2,1m
- => Bereitstellung der Effektoren & Material nahe Werkzeug
- => Großer Arbeitsbereich durch Portalachsen mit LBR
- => Mittlere / hohe Traglast durch Roboter auf Verfahrachse

22.07.2009 – Erste Konzeption der MFZ (3D pdf)



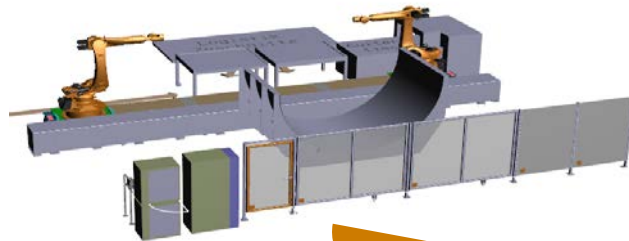
Phasenplan --- Skizzenphase & Umsetzung



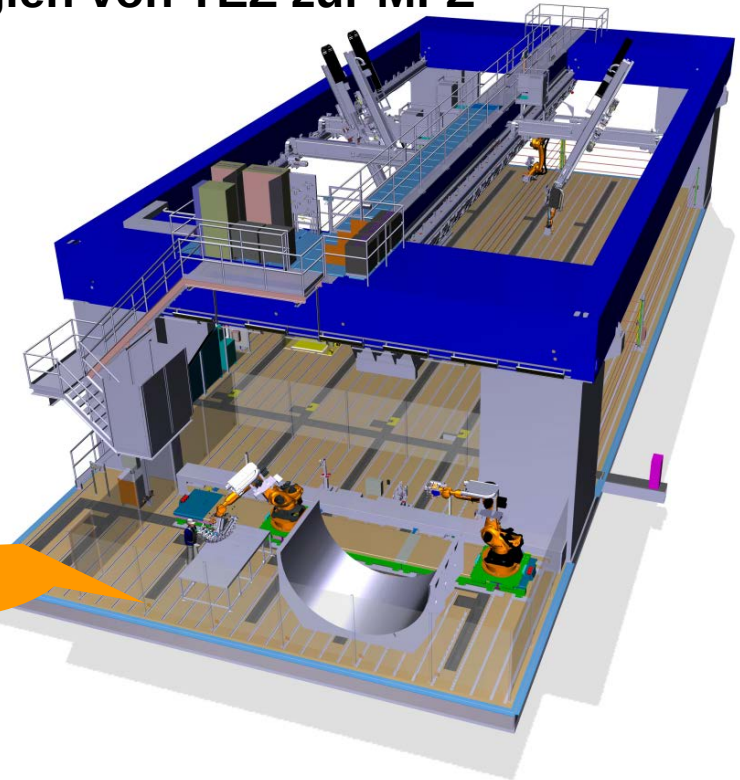
Von Technologie Erprobungs Zelle → Zur Multi Funktionalen Zelle

- Technologie Erprobung => Versuche erforderlich
=> Entscheidung zur TEZ Technologie Erprobungs Zelle in 2010
=> schrittweises Umsetzen von Technologien von TEZ zur MFZ

TEZ
Technologie-
Erprobungs-
Zelle



MFZ
Multi-
Funktionale-
Zelle



Basis AP – TEZ & MFZ
AP2 - Externe Führung
AP3 - Endeffektoren zum Legen Zuschnitte
AP7 - Kooperation Mensch / Maschine

Animation

Multi Funktionale Zelle – Eckdaten& Übersicht

Aussenabmasse Portal :

Länge: ca 32,5 m Breite: ca 16m

Höhe : ca 7m

Seitliche Portale

2x Portale li (KR 240 R2500 Prime Arm)

1x Portal re. (dito)

Mittige Verfahrachse

mit 2x KR270 R2700 Ultra C
mit 1x zus. Tenderwagen

Oberes Maschinengestell

Stahlkonstruktion als
Tragwerk
(ca. 180 to. Stahlbau)

Unteres Maschinengestell

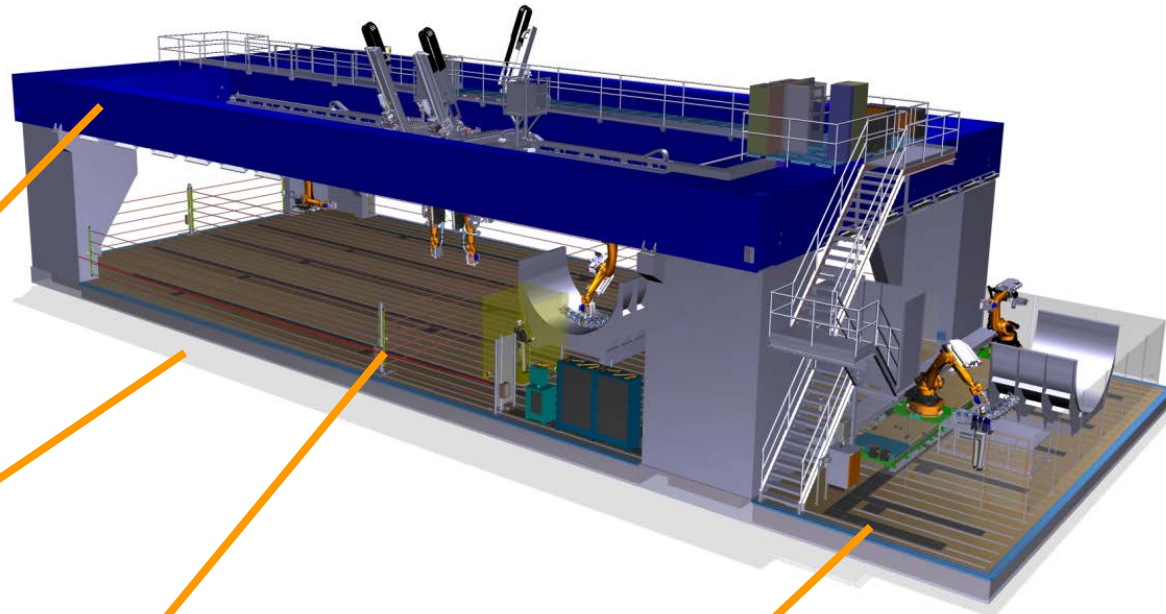
Stahlbeton Ringfundament
mit 4 Säulen
(ca 360 m³ Stahlbeton)

Sicherheitskonzept

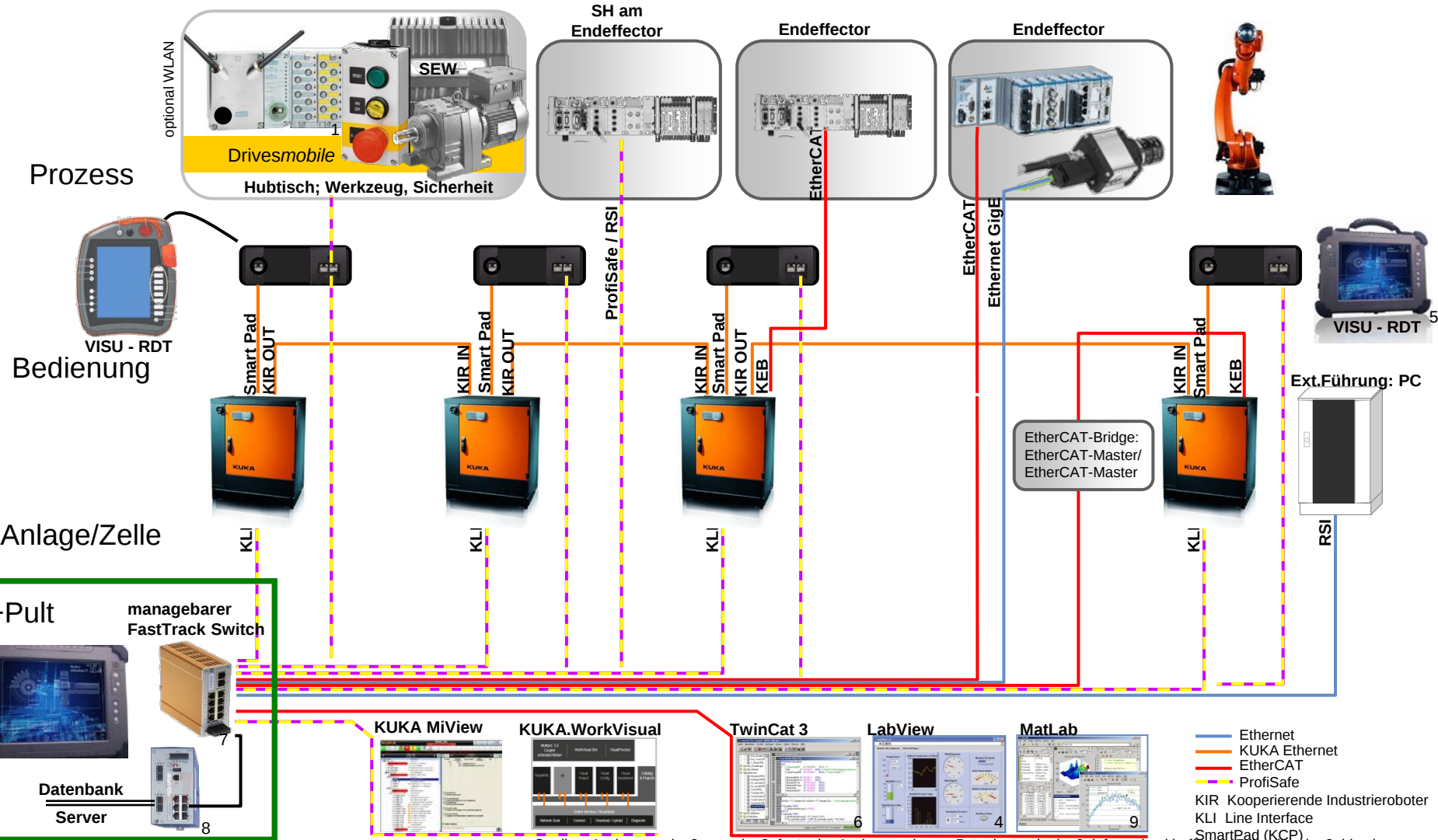
Konfektionierbar für Forschungsbetrieb
ohne trennende Schutzeinrichtungen

Spannfeld (entkoppelt)

Kanäle für Medien mit
Verteilern& Halfenschienen



Steuerungskonzept



Externe Führung

I) Externe Führung über die Bahn & Kalibrierung von Bahnen

Ergebnisse R&D-Phase im DLR Projekt	ohne externe Führung	mit externer Führung
Positioniergenauigkeit ⁽¹⁾	$\pm 0.9 \text{ mm}$	$< \pm 0.2 \text{ mm}$
Bahngenauigkeit ⁽²⁾	$\pm 1.2 \text{ mm}^{(3)}$	$< \pm 0.3 \text{ mm}^{(3)}$
Tracking-Geschwind. ⁽⁴⁾	entfällt	300 mm/s

(0) KR210 R2700 prime/KR210 R3100 ultra, KRC4, KSS 8.1.7, RSI 3.0, Leica AT901 MR/LR, Tracker-Contr. AT900

(1) bei Geschwindigkeitsreduktion 70 mm/s vor Zielpunkt

(2) für Linearbewegungen mit unterschiedlichen Achskonfigurationen (A1-6, A1-7, A7)

(3) für Bahngeschwindigkeiten bis 300 mm/s

(4) erreichbare Trackinggeschwindigkeit definiert durch Einhalten der spez. Positionier- und Bahnfahrngenauigkeiten



- Ziel: **Verbesserung Systemgenauigkeit – nicht nur am Roboter**
 → Vermeiden vielfält. Toleranzen → Kein Zusatzaufwand z. Steig. Komponentengenauigkeit^{*1}

II) Modellbasierte Korrektur (Hartwegscher Modellrechner)

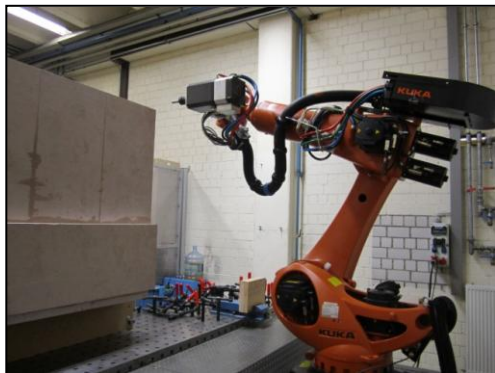
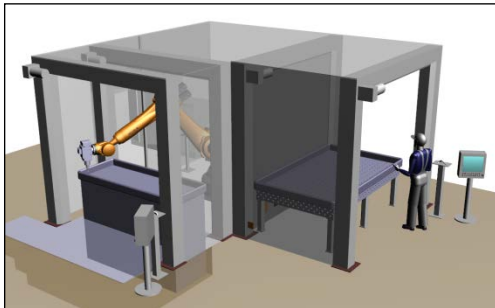
- Korrektur d. statischen Durchbiegung in Abhängigkeit der Kinematikstellung

- Korrektur über Kinematikmodell mit schräggestellten Achsen
 ggf. auch bei Wind- & Großbauteil-Bearbeitung (und/ oder Bautechnik)

Technologien DLR ZLP – Kooperation → Verwertungsperspektiven

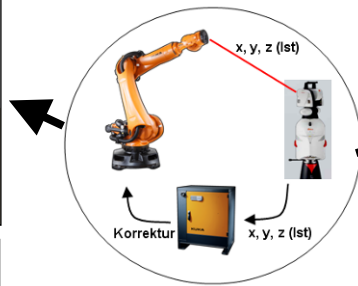
Megatrend Leichtbau

I) Roboter Bearbeitung:
Fräsen, Bohren,
Schleifen



Von der Vision zum Trend

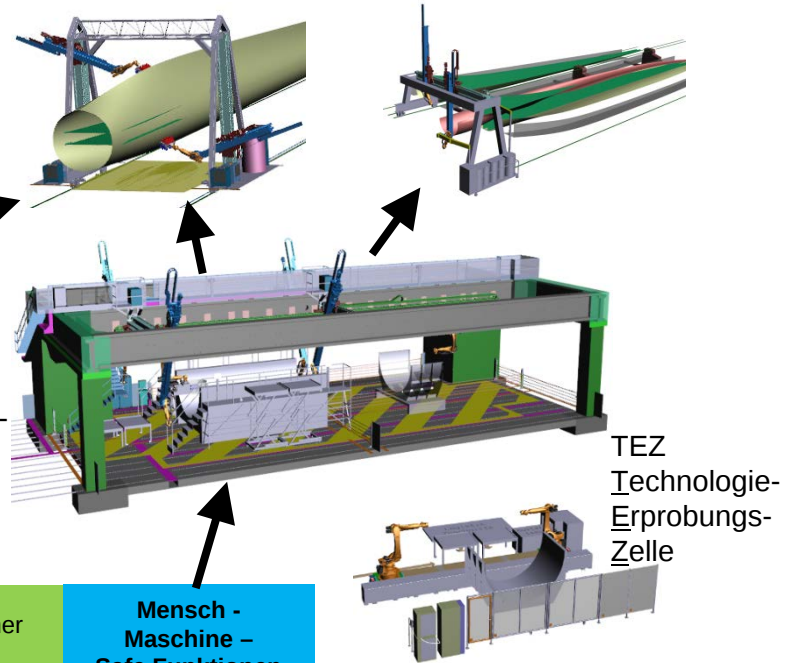
**II) Externe Führung
& Kalibrierung Bahn
& modellbas. Korrektur**



MFZ
Multi-
Funktionale-
Zelle

Großteilmbearbeitung Aerospace & Windenergie

**III) Portale zur Großbauteil
Bearbeitung:**
Windkraft (auch Bautechnik)



Legen trockener
Textilien

**Mensch -
Maschine -
Safe Funktionen**

AP 2

AP 3

AP 7

KUKA Engin.+
Tests TEZ, MFZ

**DLR-
Projekt**

Resumee und Ausblick --- KUKA Systems

Bisher :

- 2009:**
- orientiert an Demonstrator A30X in VAP
 - VAP Prozesskette Arbeitspakete AP 1-7
 - Spezifikation & erste Änderungen durch erste Fragezeichen bzgl. Umsetzung A30X
- 2010- 2013:**
- Umsetzung Phase 1 bis 3 (Ziel Abschluss in 08/2013)
 - Anspruchsvolle Aufgaben bzgl. Einbindung von Experten, Umsetzung und Projektmanagement ...

Resumee Mai 2013 seitens KUKA Systems:

- Kooperation mit Phasenmodell war der richtige Weg
- Umsetzung geprägt durch Offenheit, Miteinander und Findung von Lösungen in kooperativem Stil
- KUKA Projektteam freut sich auf die weiteren Aufgaben

Danke an alle Beteiligten

Das DLR-ZLP – Resumee und Ausblick

- Für die Umsetzung von Großanlagen braucht die Forschung zuverlässige und kompetente Partner in einer Kooperation
- Die Entwicklung solcher Forschungsanlagen ist bereits gemeinsame Forschung
- Gemeinsame Forschung und Vergabeordnungen stehen sich im Wege
- Diese Kooperation steht im Gedanken Vision und Realität vertrauensvoll auf einen Nenner zu bringen
- Danke auch an das KUKA Projektteam für das Miteinander



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

**Mit herzlichem Dank
an das gesamte ZLP-Team Augsburg**

Dr.-Ing. Wolfgang Dudenhausen
Abteilungsleiter **Bauteilgestaltung und
Fertigungstechnologien**
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft
Institut für Bauweisen- und Konstruktionsforschung

Pfaffenwaldring 38-40
70569 Stuttgart (Vaihingen)
Telefon 0711 6862-433
Telefax 0711 6862-227
E-Mail: wolfgang.dudenhausen@dlr.de
Internet <http://www.dlr.de/bk/>



Wissen für Morgen