CAD-orientierte Teach-In-Simulation und Bewegungsoptimierung für beliebige Roboterbaureihen

Referent: Dipl.-Ing. M. Riedel

Co-Autor: Prof. Dr.-Ing. M. Berger

Institut für Fertigungstechnik / Schweißtechnik
Professur Montage- und Handhabungstechnik
Technische Universität Chemnitz
09107 Chemnitz

URL: www.tu-chemnitz.de/mb/MHT

CAD-orientierte Teach-In-Simulation und Bewegungsoptimierung für beliebige Roboterbaureihen

1 **Problemstellungen & Lösungsansätze**

2 **Simulationskonzept**

(Beispiel: Simulation der Kantenbearbeitung an einer Freiformfläche)

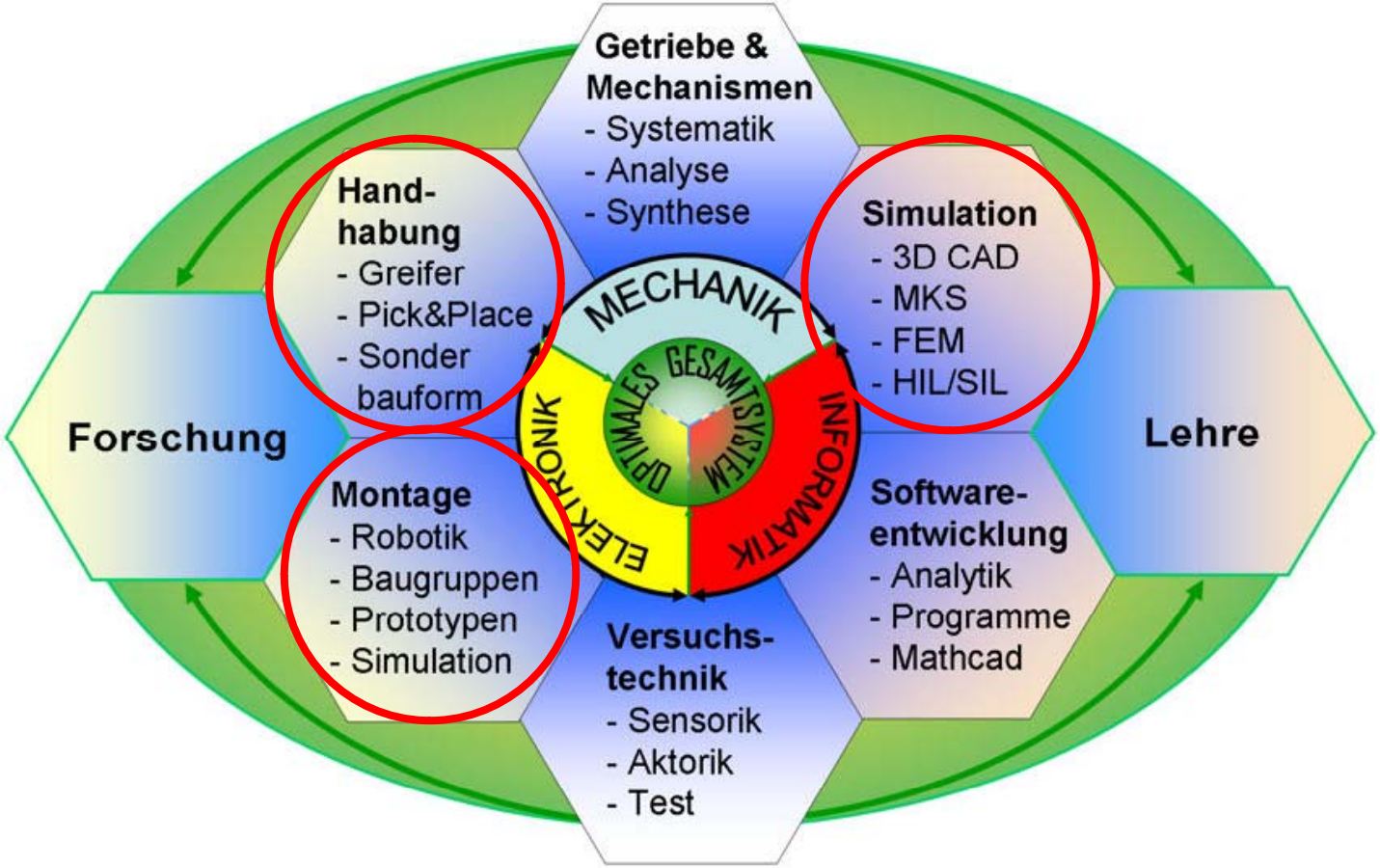
3 **Bewegungsoptimierung**

4 **Synchronisiertes Zusammenspiel mehrerer Roboter**

5 **Zusammenfassung**

CAD-orientierte Teach-In-Simulation für Roboterbaureihen

Professur Montage- und Handhabungstechnik



1 Problemstellungen & Lösungsansätze

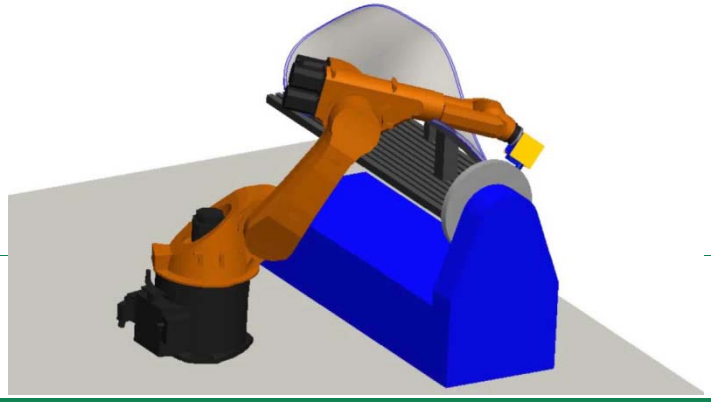
Problemstellungen:

- Entwicklung und Optimierung von Handhabungs- und Antriebskonzepten
- Einsatz von Robotern für Fertigungs-, Handhabungs- oder Montageaufgaben
- Antriebsentwurf und Robotersimulation bereits während der CAD – Modellierung
- Anwendung kommerzieller Simulationssoftware (SIMPACK, ROBCAD, EasyROB usw.)

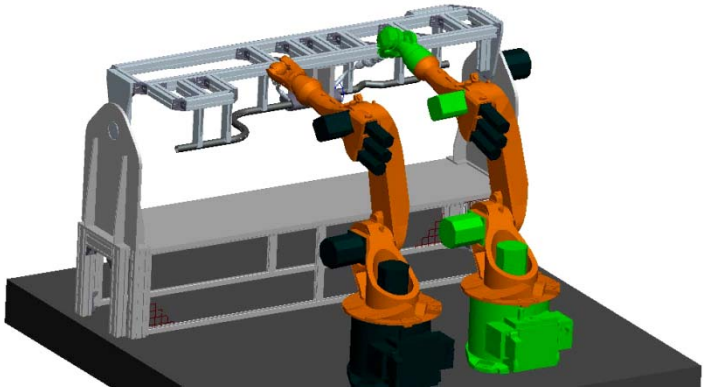
  nicht möglich / nicht angestrebt (Know How und Kostenaspekt)

Beispiele:

Auffinden der optimalen Aufspannlage einer 3D-Freiformfläche im Arbeitsraum



Anordnung von Robotern und Werkzeugträger für die automatisierte Auspuffschweißung



1 Problemstellungen & Lösungsansätze

Lösungsansätze:

- Aufbau der Bewegungssimulation direkt im 3D-CAD – Umfeld

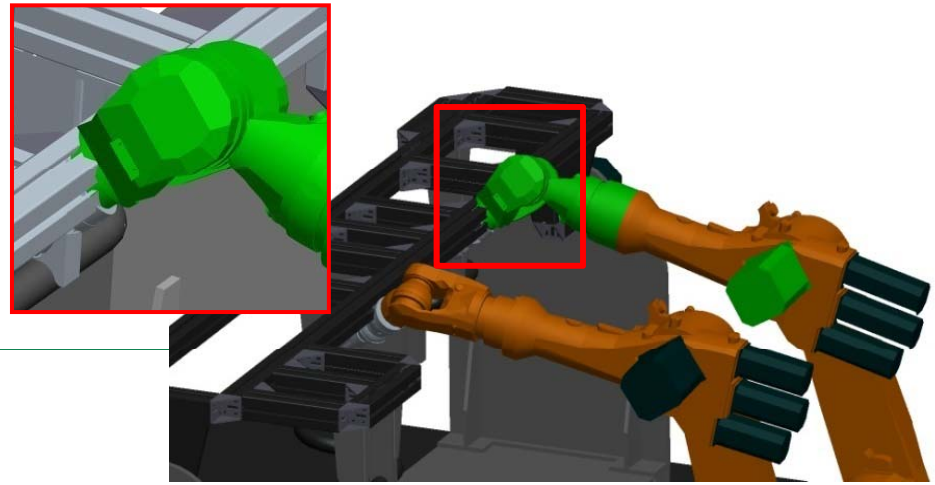
  (z. B. Pro/ENGINEER MDX/MDO)

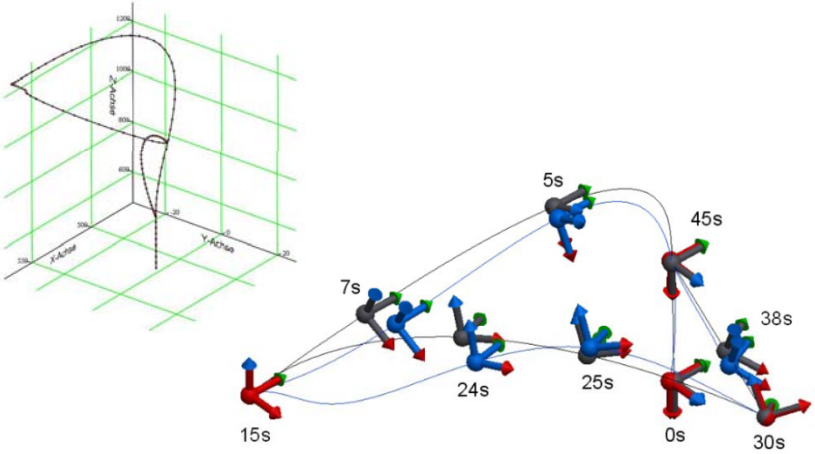
  > Untersuchung von Arbeitsräumen, Kollisionsbetrachtungen, usw.

  > Interaktive Bewertung des Bewegungsverhaltens und Optimierung der Baugruppen

- Download gängiger Robotermodelle in das CAD – Umfeld ist hierzu erforderlich
- Trajektorienplanung mit Hilfe externer mathematischer Software (z. B. Mathcad)

Lage- und Kollisionsuntersuchung ⟷ **Trajektorienplanung / Antriebsoptimierung**



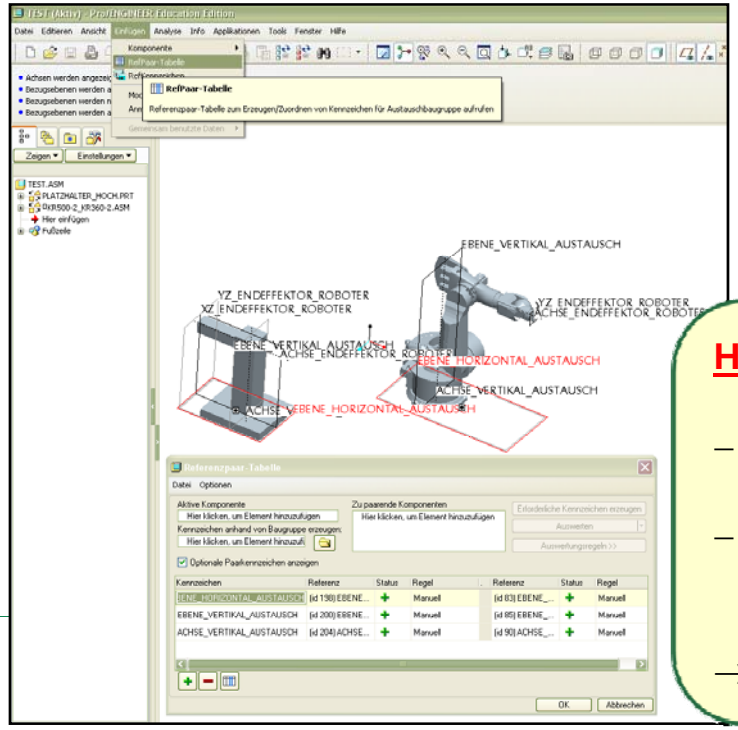


2 Simulationskonzept

Konstruktion aller benötigten Baugruppen und Werkzeuge

CAD-Daten der Industrieroboter für ProENGINEER Nutzung aufbereiten (Gelenkdefinition)

Aufbau einer Austauschbau-gruppe der Roboter / Zusammenbau der Modell-szenerie



Hier ist zu beachten:

- **Platzhalter als erste Komponente einbauen (Referenz für alle nachfolgenden Bauteile)**
- **Definition „RefPaar-Tabelle“ legt fest, welche Elemente der einzelnen Roboter einander entsprechen.**

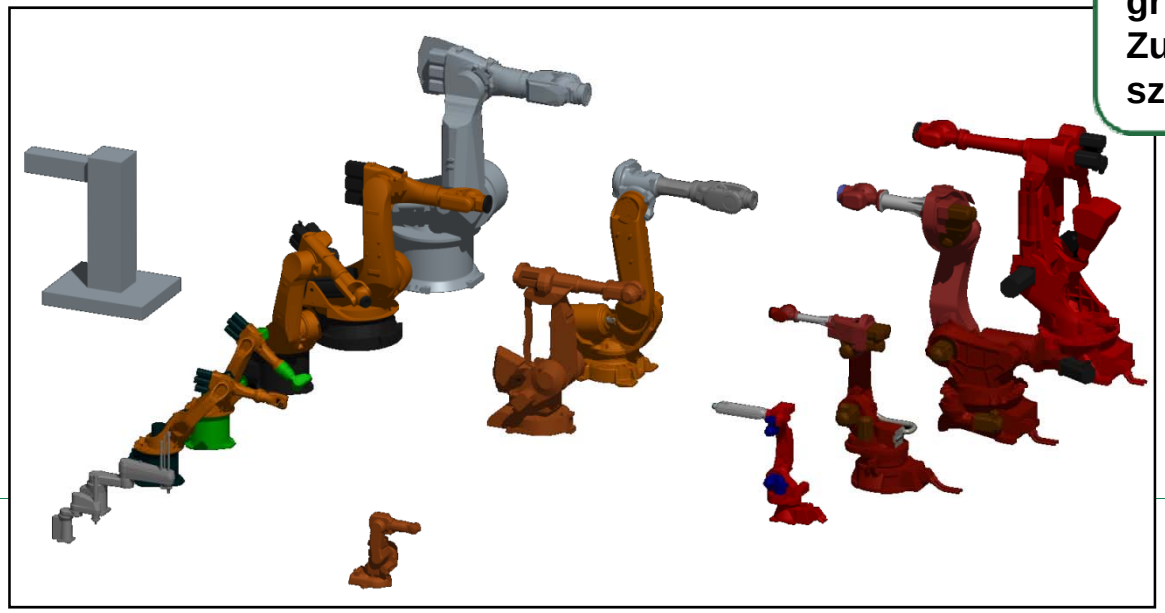
→ Schnelle und einfache Austauschbarkeit gewährleisten!

2 Simulationskonzept

Konstruktion aller benötigten Baugruppen und Werkzeuge

CAD-Daten der Industrieroboter für ProENGINEER Nutzung aufbereiten (Gelenkdefinition)

Aufbau einer Austauschbau-gruppe der Roboter / Zusammenbau der Modell-szenerie



2 Simulationskonzept

Konstruktion aller benötigten Baugruppen und Werkzeuge

CAD-Daten der Industrieroboter für ProENGINEER Nutzung aufbereiten (Gelenkdefinition)

Aufbau einer Austauschbau-gruppe der Roboter / Zusammenbau der Modell-szenerie

Trajektorien des TCP planen / berechnen

Feldpunktanalyse:

- Abta
  in X-
- Rota
  achs
  Feld
  ermit
- > Eins
  Schr

Daten als *.ibl Datei:

- Einle
  Kurv
- Rota
  Koor
  nach
  ermi
- > Eins
  und

Externe Bahnberechnung:

- Nutzung mathematischer Software und Bibliotheken
- Beschreibung der Bewegung des Endeffektors mittels Trajektorien
- Anwendung von Interpolation und Approximation zur Optimierung der Bewegung
- > Einsatz: Montageprozesse und Handhabungsaufgaben

2 Simulationskonzept

Konstruktion aller benötigten Baugruppen und Werkzeuge

CAD-Daten der Industrieroboter für ProENGINEER Nutzung aufbereiten (Gelenkdefinition)

Aufbau einer Austauschbau-gruppe der Roboter / Zusammenbau der Modell-szenerie

Trajektorie des TCP planen / berechnen

Feldpunktanalyse:

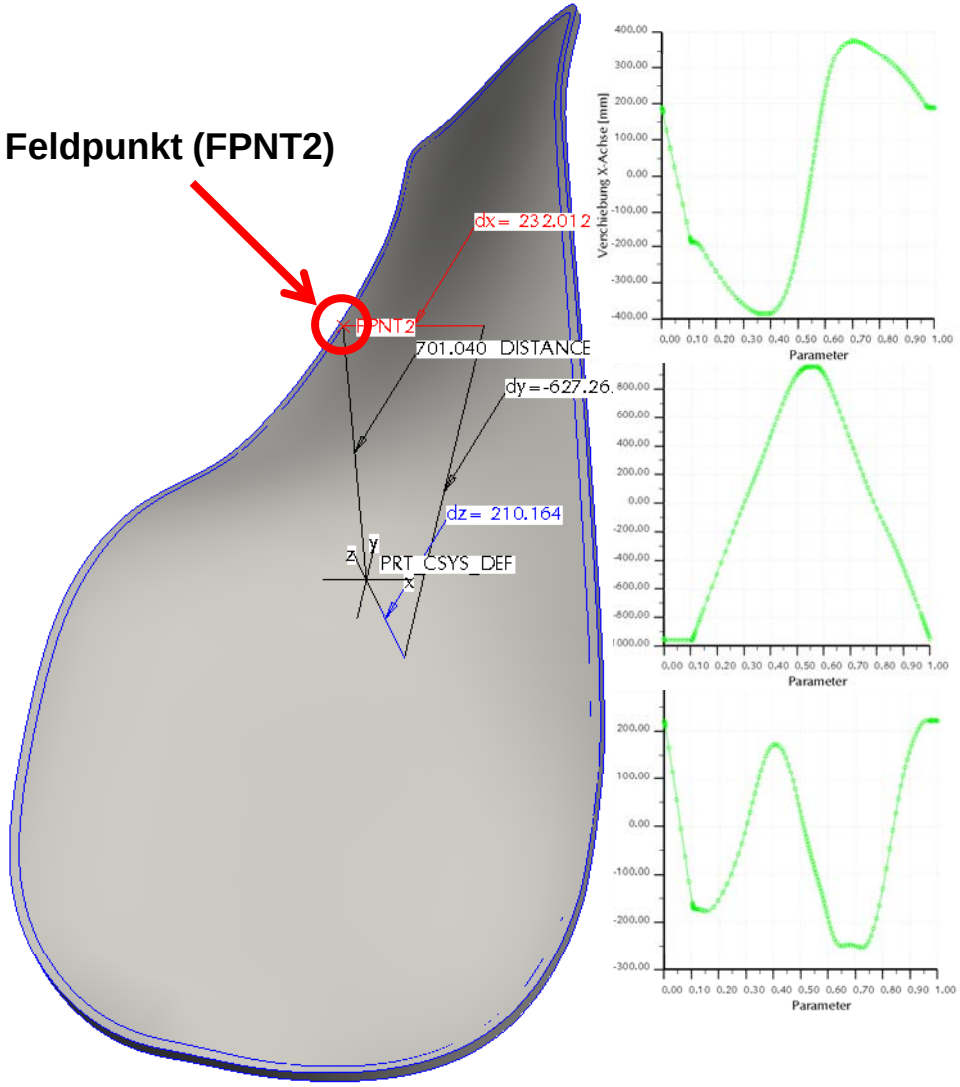
- Abtasten der Bauteilkontur in X-, Y- und Z-Richtung
- Rotationen um Koordinaten-achsen können durch eine Feldpunktanalyse nicht ermittelt werden!

> Einsatz: z. B. Schweiß- , Schneid- und Klebenprozesse

Beispiel: Simulation der Kantenbearbeitung an einer Freiformfläche

2 Simulationskonzept

Beispiel: Simulation der Kantenbearbeitung an einer Freiformfläche



- **Kurve erzeugen über Kopie der Außenkontur**

  > Nur wenn Kurve nicht über Koordinaten aus externer Datei beschrieben werden kann.
  > Kurvenerzeugung durch Laden einer *.ibl-Datei

- **Versatzkurve erstellen**

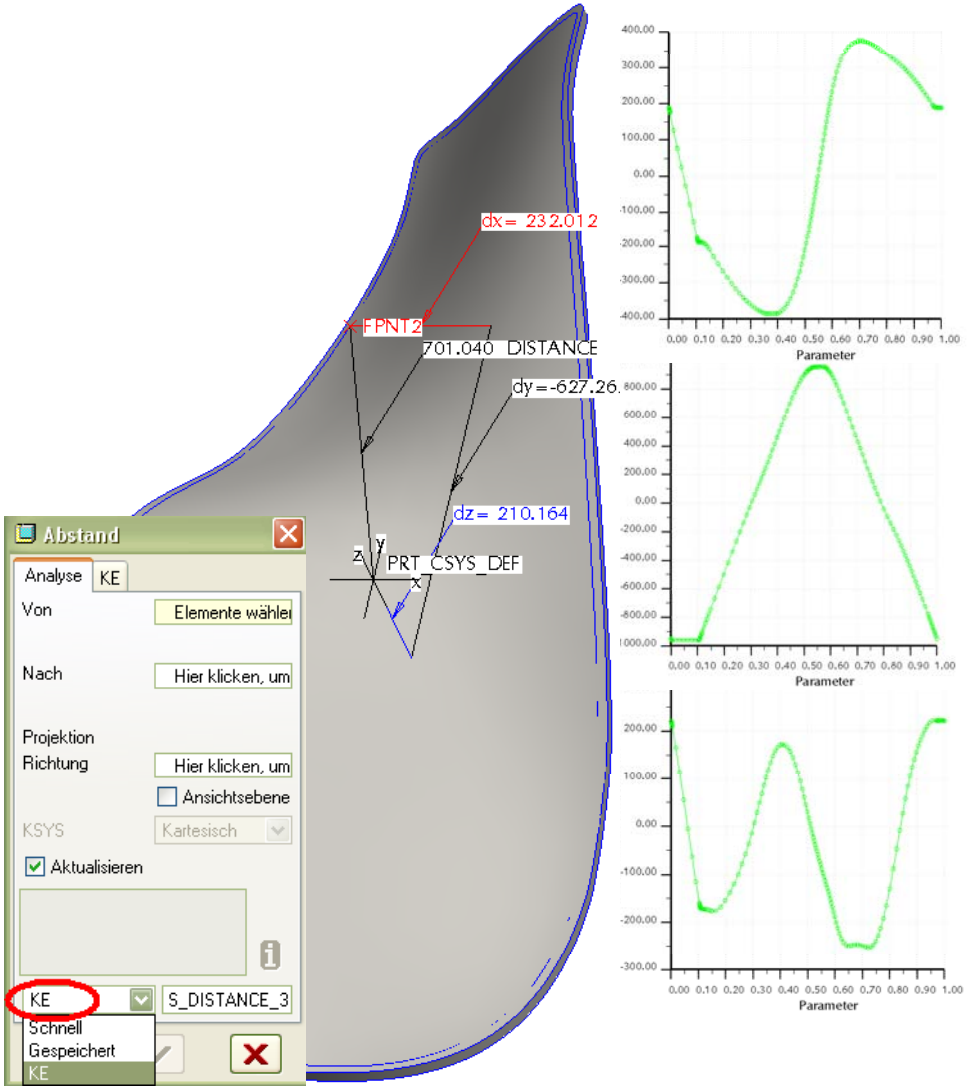
  > Arbeitsaufgabe lautet Kantenbearbeitung (Abbrennen von Material in Richtung der Flächennormalen mit einen Versatz von 15 mm zur Außenkontur
  > Weitere Anwendungsfelder wären das Ausbrennen oder Schweißen einer bestimmten Kontur am Werkstück

- **Feldpunkt auf Versatzkurve definieren**

  > Option Feldpunkt auf Versatzkurve ist nur notwendig, wenn die Kurve nicht mit externen Daten beschrieben werden kann.

2 Simulationskonzept

Beispiel: Simulation der Kantenbearbeitung an einer Freiformfläche



- **Abstandsanalyse ausführen - Abstand Feldpunkt zu Bauteilkoordinatensystem**

> Definition „**Von** Feldpunkt **Nach** Koordinatensystem“ gibt den direkten Abstand der beiden Punkte wieder.

> Für eine Aufsplittung nach X, Y, Z muss das Koordinatensystem zusätzlich als Richtungsoption gewählt werden.

- **Analyse und Feldpunkt zu einer Gruppe zusammenführen**

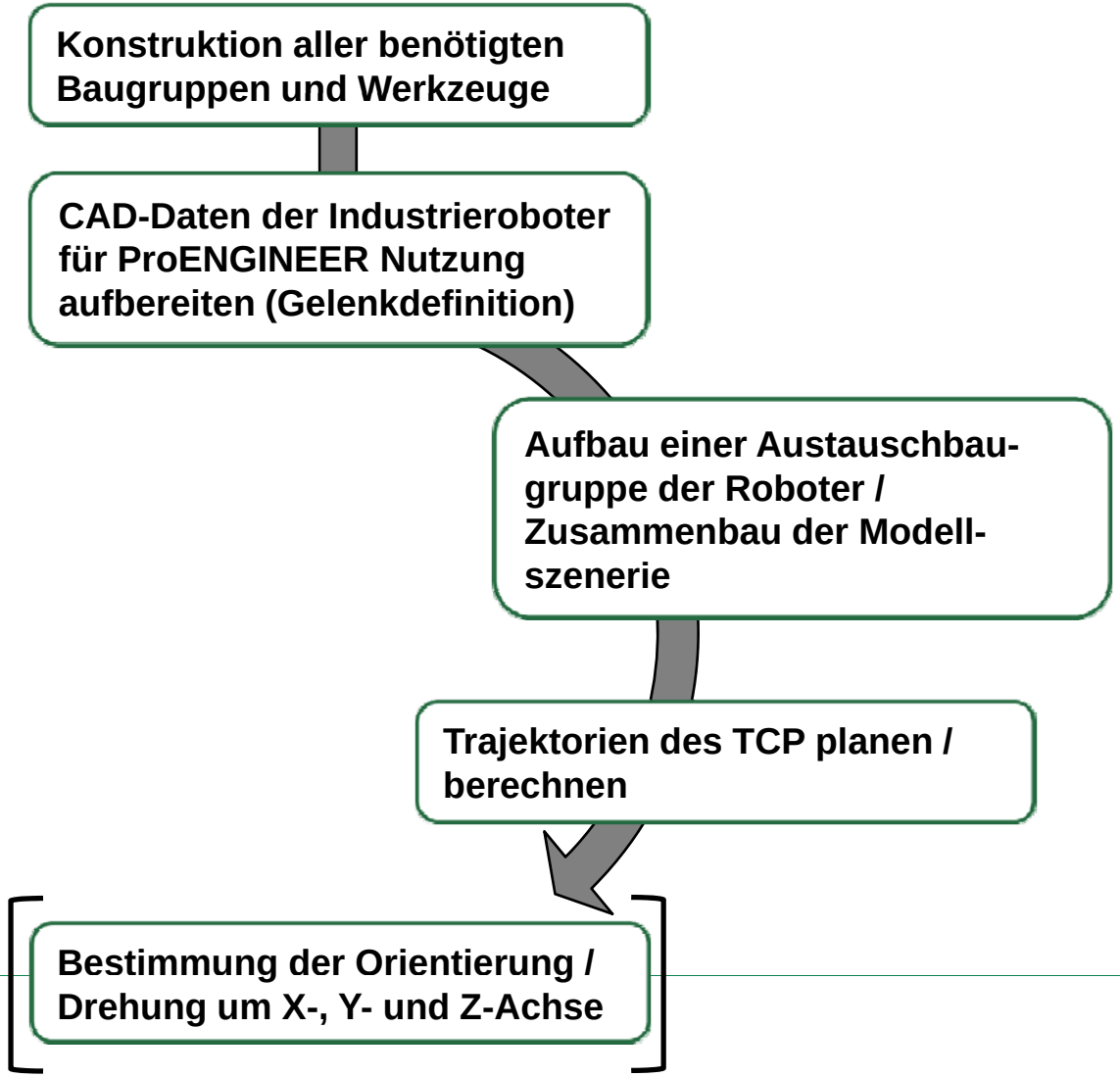
- **Ausführen einer Benutzerdefinierten Analyse**

> Dreimaliges Durchführen der Analyse zur Berechnung der 3 Koordinatenrichtungen.

> Je Berechnungszyklus kann immer nur eine Koordinatenrichtung berechnet werden.

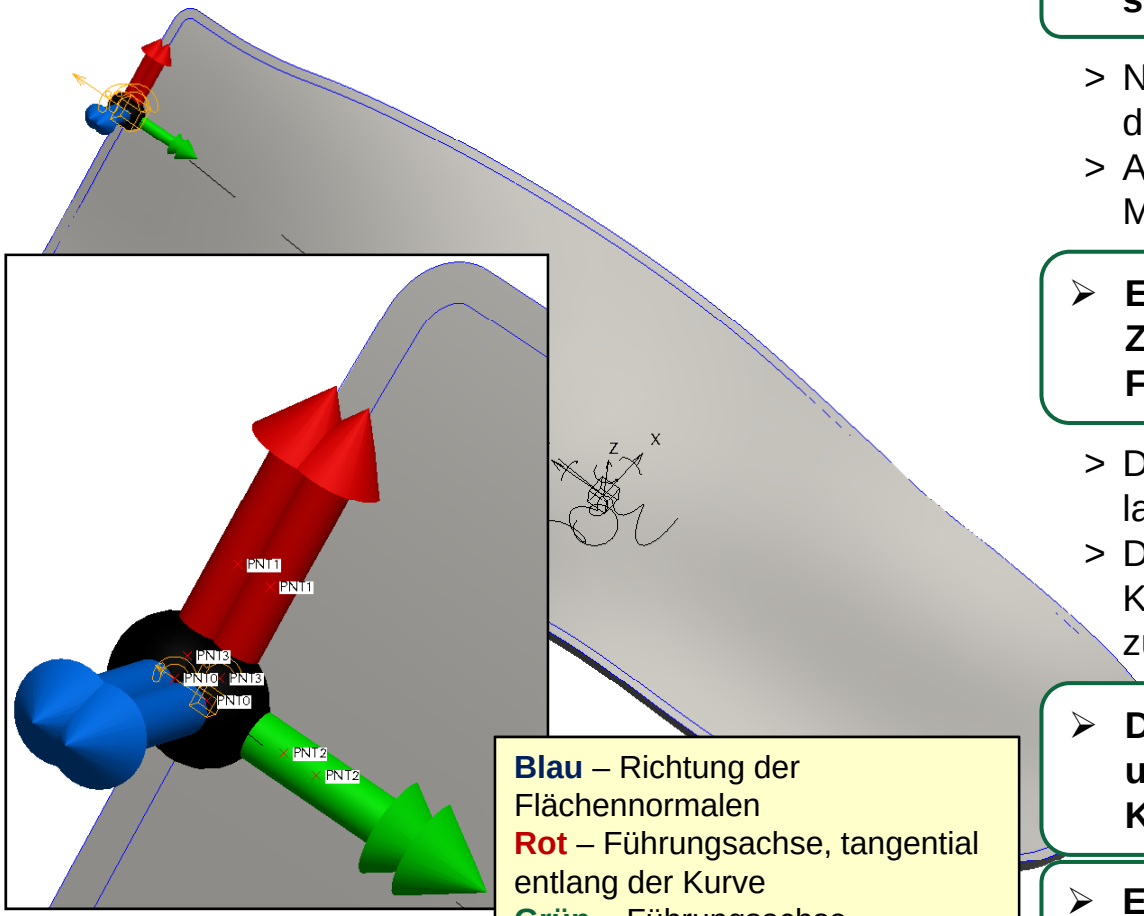
- **Export der Daten für Verschiebung entlang X-, Y-, Z-Richtung**

2 Simulationskonzept



2 Simulationskonzept

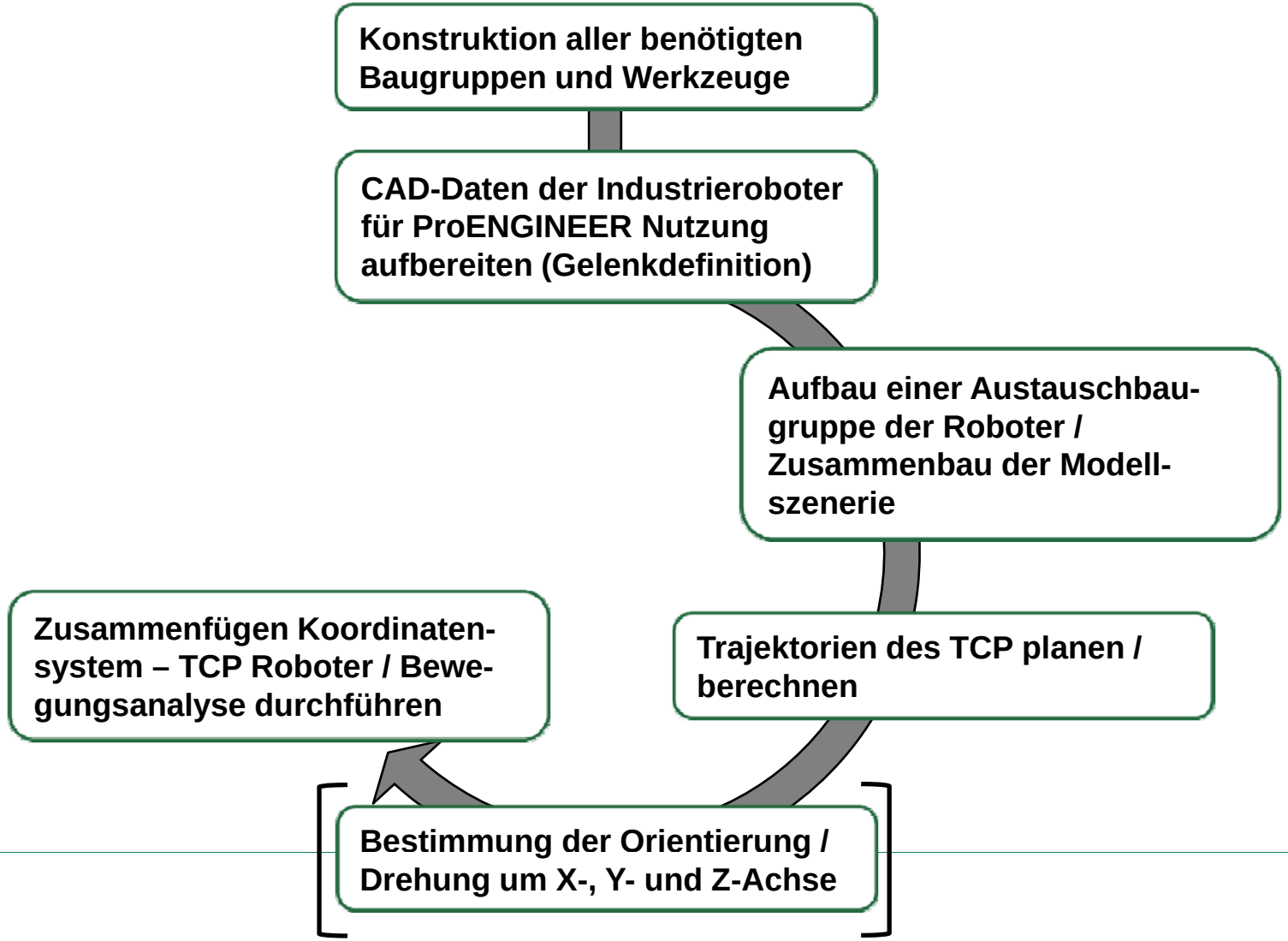
Beispiel: Simulation der Kantenbearbeitung an einer Freiformfläche



Blau – Richtung der Flächennormalen
Rot – Führungsachse, tangential entlang der Kurve
Grün – Führungsachse, tangential zur Fläche

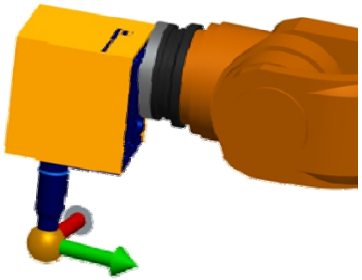
- **Zusammenbau zweier Koordinatensysteme über Definition Schubgelenk**
  - > Notwendig zur Ermittlung der Orientierung des TCP.
  - > Arbeitsaufgabe lautet Abbrennen von Material in Richtung der Flächennormalen
- **Einbau des Koordinatensystems und Zuweisung der Definitionen 6 FG, Führung, Führung**
  - > Definition 6 FG – beinhaltet 3 Translationen und 3 Rotationen
  - > Definition Führung – 2 x um Koordinatensystem in richtige Orientierung zu zwingen
- **Definition von Messgrößen – Drehung um X-, Y-, Z-Achse an Koordinatensystem für 6 FG**
- **Export der Daten / wenn notwendig Aufbereitung der Daten in Mathcad**

2 Simulationskonzept

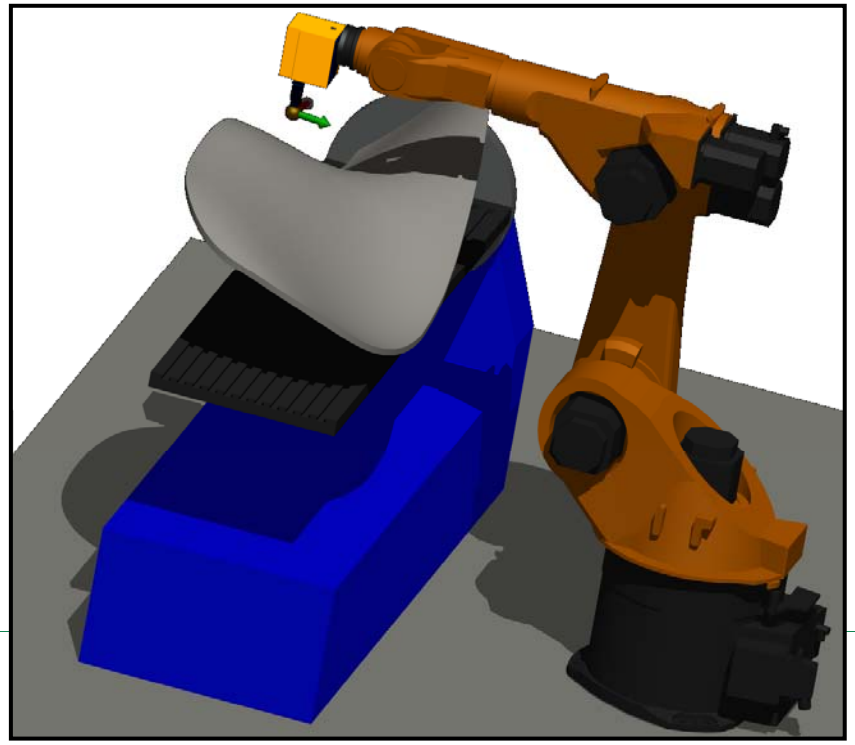


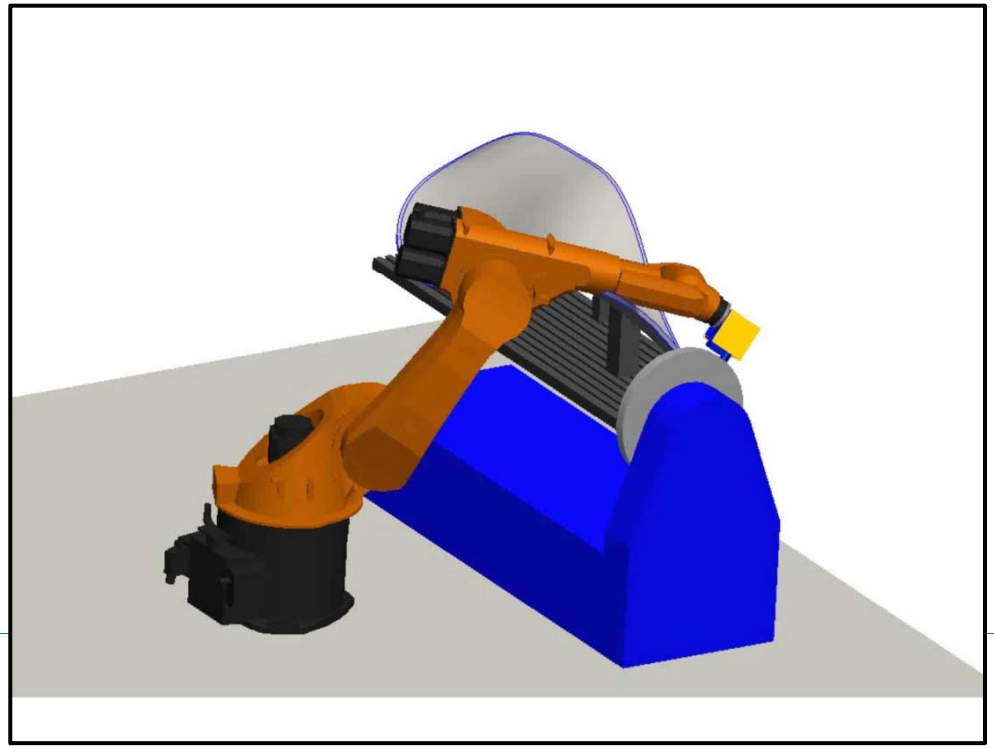
2 Simulationskonzept

Beispiel: Simulation der Kantenbearbeitung an einer Freiformfläche

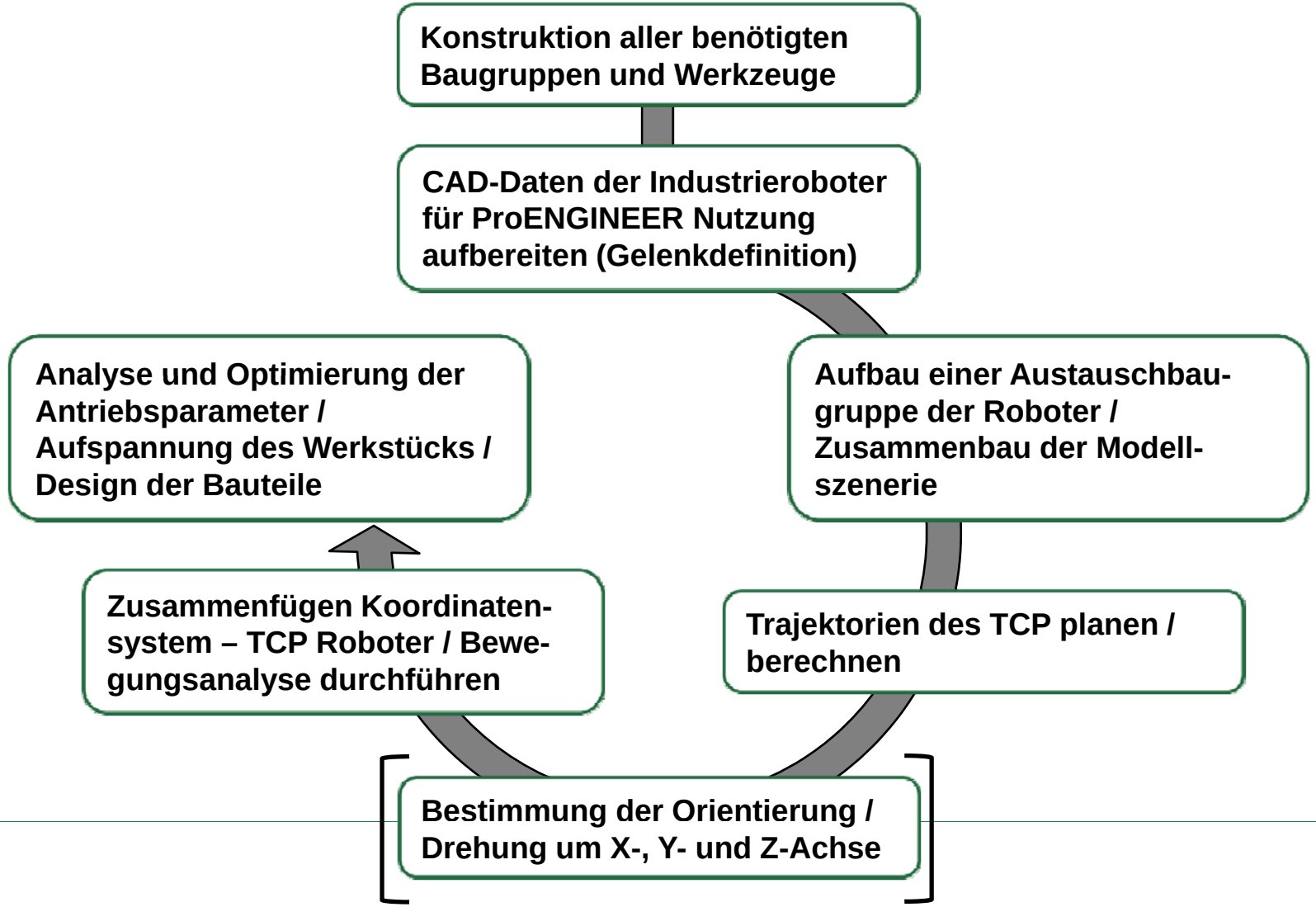


- **Einbau „Bauteil Koordinatensystem“ über Definition 6 FG mit Bezugs-koordinatensystem des Werkstücks**
  - > Einlesen der 3 Translationen und Rotationen
- **Weitere „Allgemeine“ Verbindungsdefinition mit Düse des Schweißbrenners**
  - > Führt Roboter hinter Koordinatensystem her (Teaching)
  - > Die blaue Achse des Koordinatensystems ist drehbar mit der Achse des Schweißbrenners verbunden (kein Einfluss auf Roboterbewegung)





2 Simulationskonzept

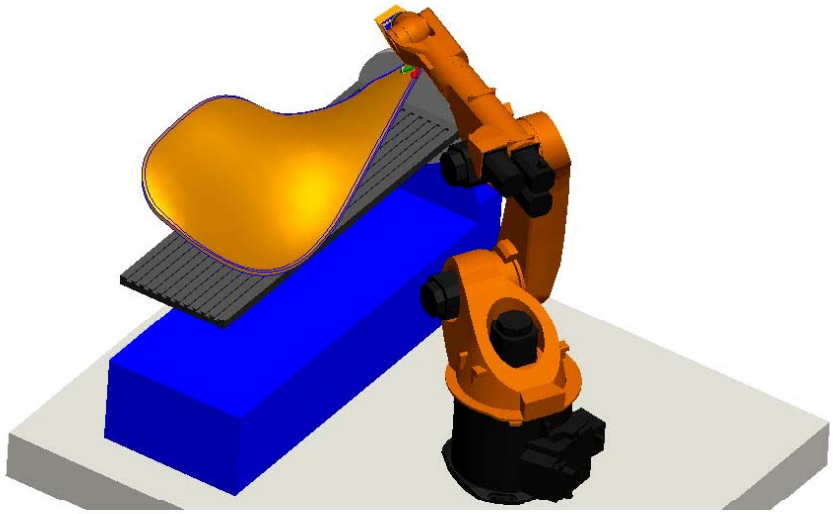


3 Bewegungsoptimierung

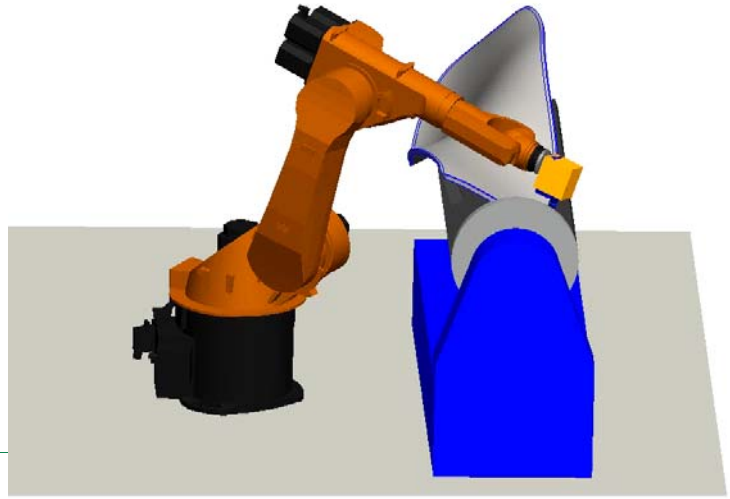
Beispiel: Simulation der Kantenbearbeitung an einer Freiformfläche

Variation der Lage des Werkstücks

Vorgabe der Bewegungsfunktion



Automatische Ermittlung der Bewegungsfunktion



3 Bewegungsoptimierung

Beispiel: Simulation der Kantenbearbeitung an einer Freiformfläche

- **Bewegungsoptimierung – Simulation mit vorgegebener Bewegungsfunktion des Werkstückträger**

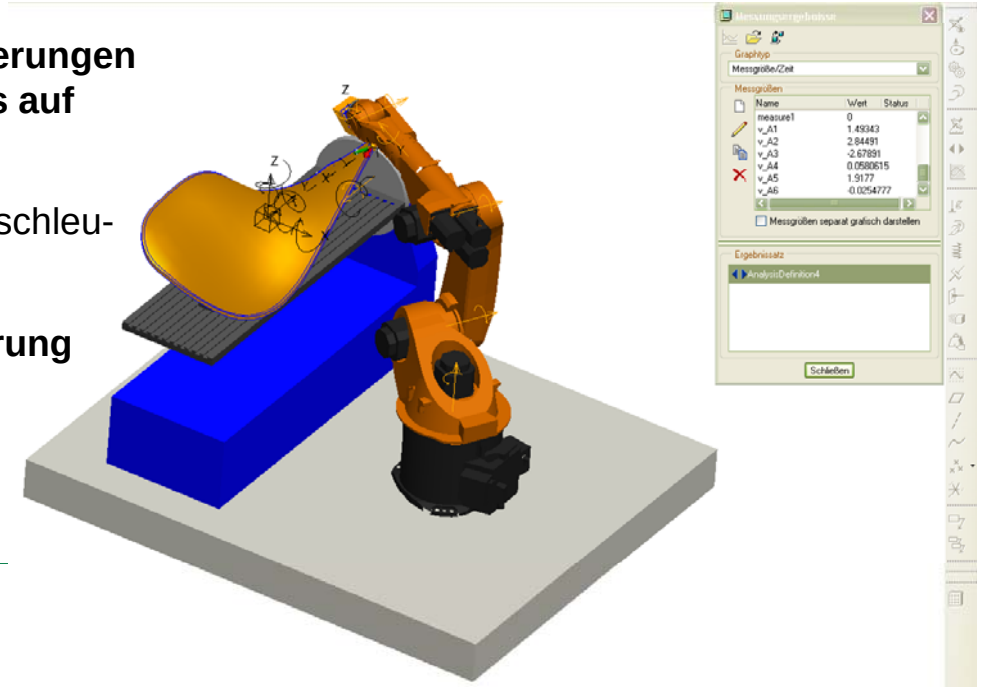
  > Definition von Messgrößen vor dem Simulationsstart
  – Ziel: Messung der Antriebswinkelgeschwindigkeiten

  > Ermitteln der Antriebswinkelgeschwindigkeiten der 6 Antriebe des Roboters

- **Qualität der Kurvenkontur, Abtastraten, Orientierungen und Singularitäten haben wesentlichen Einfluss auf den Bewegungsverlauf der einzelnen Antriebe**

  > Unstetigkeiten in den Geschwindigkeits- und Beschleunigungsverläufen

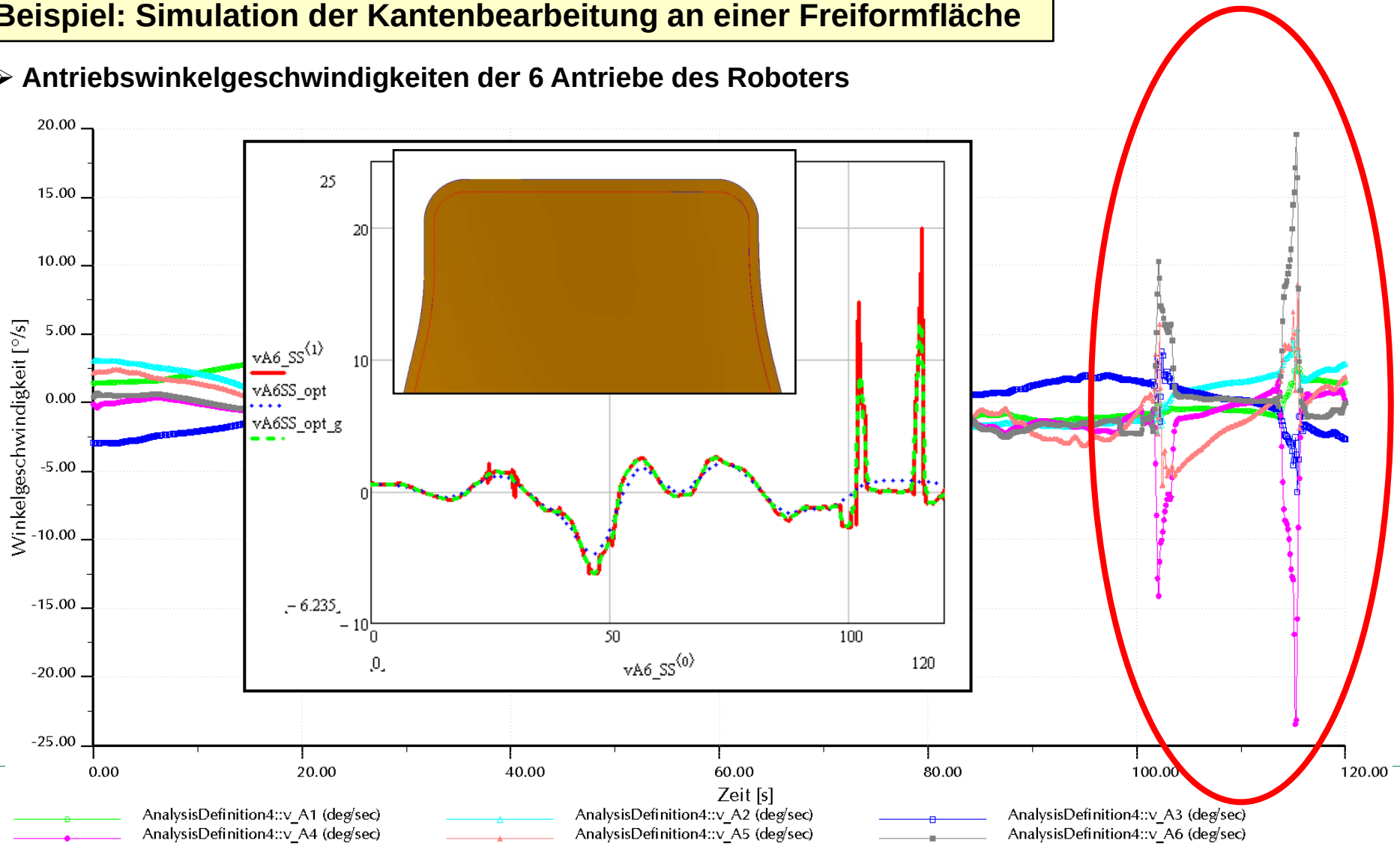
- **Anwendung von Glättungsverfahren zur Minderung bzw. Beseitigung von Unstetigkeiten**



3 Bewegungsoptimierung

Beispiel: Simulation der Kantenbearbeitung an einer Freiformfläche

- Antriebswinkelgeschwindigkeiten der 6 Antriebe des Roboters



3 Bewegungsoptimierung

Beispiel: Simulation der Kantenbearbeitung an einer Freiformfläche

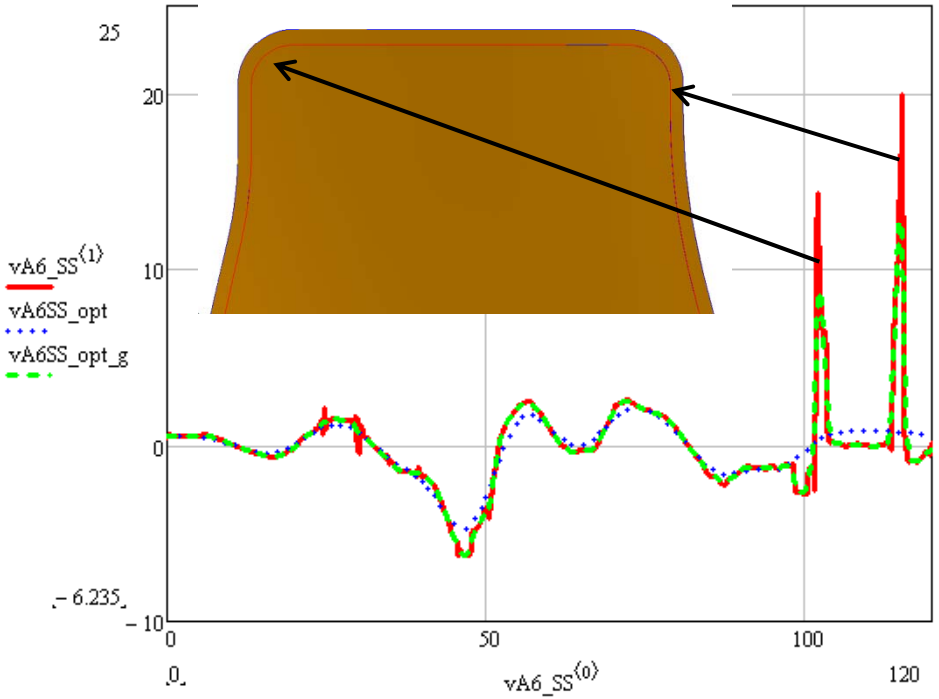
- **Export der Daten nach Mathcad**

MATTOOL

Synthese-Toolbox S-TB	Geometrie-Toolbox G-TB	Analyse-Toolbox A-TB
Bewegungsdesign Toolbox B-TB	Kinetostatik-Toolbox K-TB	Höhere Gliedergruppe Toolbox H-TB

- **Gauß'sches Glättungsverfahren**
  - > Glättung mit Hilfe des Gauß'schen Kerns
  - > Grad der Glättung wird händisch über die Definition einer Bandbreite b eingestellt.
  - > Je größer der Wert für b, umso stärker wird die Kurve geglättet.

- **Glättungsverfahren unter Anwendung der Methode der kleinsten Fehlerquadrate**
  - > Minimierung der Fehlerquadrate zu den nächstliegenden Datenpunkten.
  - > Grad der Glättung kann nicht händisch eingestellt werden.



Beachte:

Glättung führt immer zu einer mehr oder weniger großen Veränderung der ursprünglichen Trajektorie.

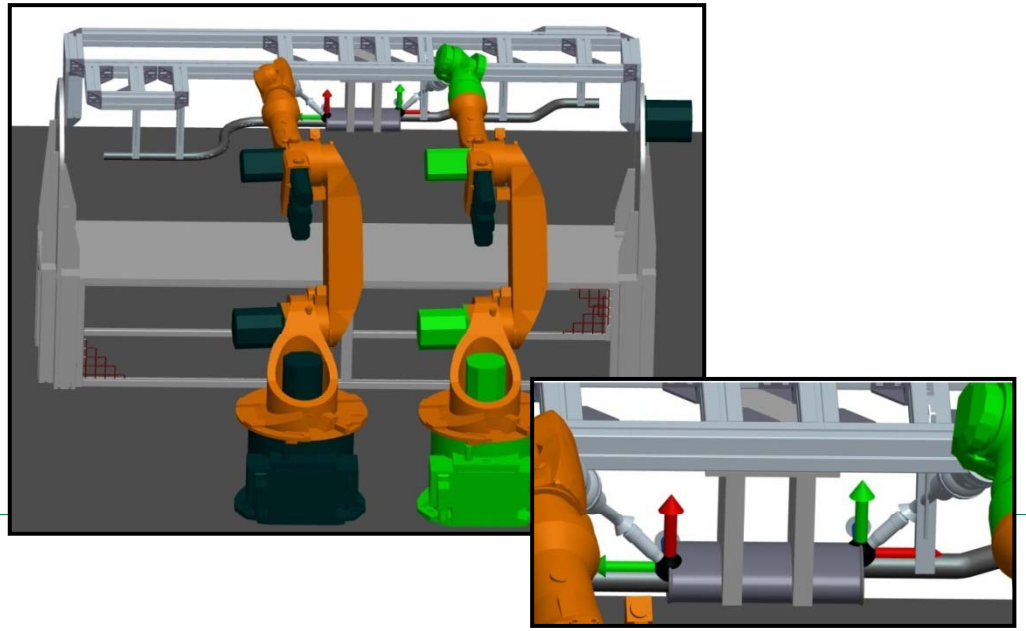
Toleranzbetrachtung und Fehleranalyse

4 Synchronisiertes Zusammenspiel mehrerer Roboter

Beispiel: Anordnung von Robotern und Werkzeugträger für die automatisierte Auspuffschweißung

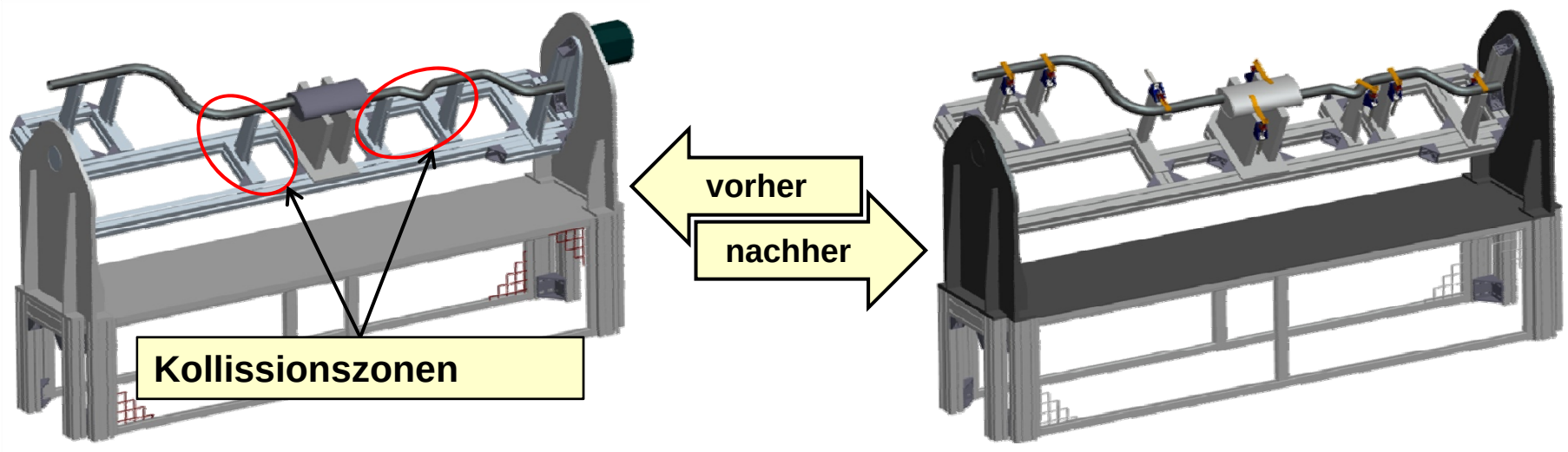
Aufgabenstellung: Minimierung der Anzahl der am Prozess beteiligten Roboter und gleichzeitige Optimierung des erforderlichen Werkstückträgers (Kollisionsbetrachtungen)

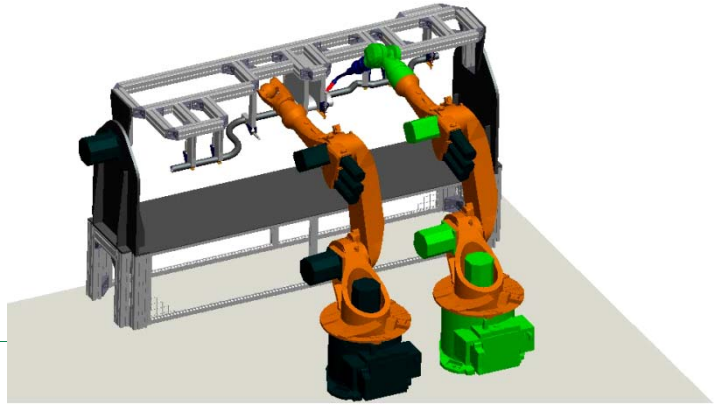
- Simulationsaufbau analog Punkt 2
- Finden eines für diese Aufgabe geeigneten Roboters
- Kollissionsuntersuchung am Werkzeugträger



4 Synchronisiertes Zusammenspiel mehrerer Roboter

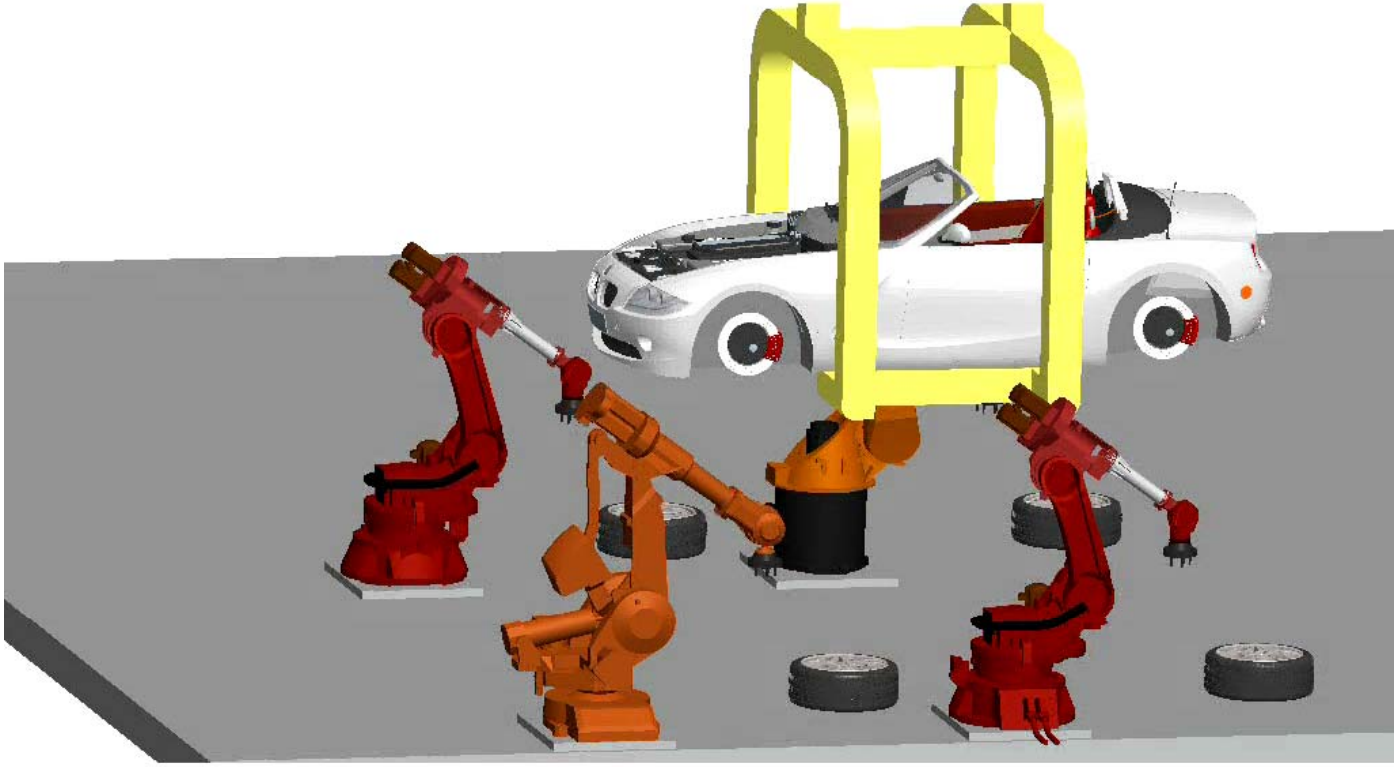
Beispiel: Anordnung von Robotern und Werkzeugträger für die automatisierte Auspuffschweißung





4 Synchronisiertes Zusammenspiel mehrerer Roboter

Beispiel: Automatisierte Felgenmontage



5 Zusammenfassung

- CAD-orientierte Teach-In-Simulationen ermöglichen es, Robotersimulationen in einem frühen Entwurfsstadium ohne anwenderspezifische Soft- und Hardware durchzuführen
- Austauschbaugruppen erlauben den einfachen und schnellen Einbau und Austausch von Robotern unterschiedlicher Anbieter und deren Baureihen
- Virtueller Konzeptentwurf zum Aufbau kompletter Füge-, Handhabe- und Montage-situationen im Arbeitsumfeld des Bearbeiters
- Effiziente Durchführung von Voruntersuchungen und Machbarkeitsstudien, wie z. B.
  > Kollissionsbetrachtungen
  > Bewegungsanalysen
  > Bauteil- und Baugruppenoptimierung
- Analyse, Vergleich und Optimierung kinematischer und kinetostatischer Parameter, wie z. B.
  > Geschwindigkeiten und Beschleunigungen der erforderlichen Antriebe
  > Kraft- und Momentenverläufe