



Generisches Entladesystem GENESYS

Leitinnovation Serviceroboter
17. November 2006



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



- **Agenda**

- Aufgabenstellung und Zielsetzung
- Projektverlauf und Projektfortschritt
- Erste Ergebnisse der Projektgruppen
 - Grenzebach Automation
 - IRP Universität Karlsruhe
 - KUKA Roboter
 - ifm electronic
- Projektstatus/ 1. Meilenstein
- Weiterer Projektverlauf bis Ende 2006 und 2007

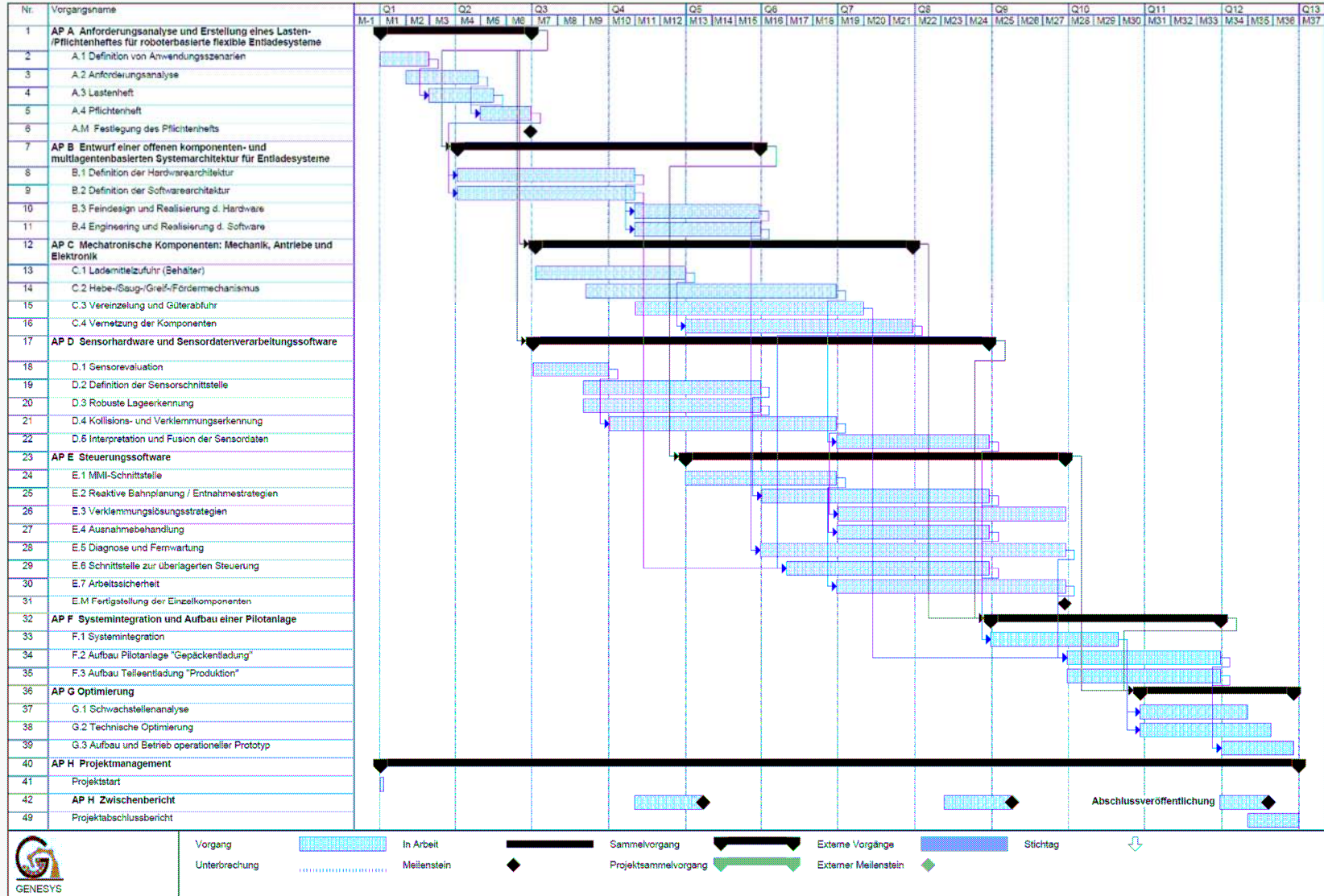


- **Aufgabenstellung und Zielsetzung**
 - Entwicklung einer generischen Entladesystems für zwei spezifische Applikationen
 - Entwicklung einer flexiblen Roboterzelle zur Entladung von Teilen aus Behältern, die in der Lage, Form, Gestalt und Gewicht unbekannt sind und sich auch verklemmen können.
 - GENESYS soll wirtschaftlich und wissenschaftlich verwertbar sein



- **Aufgabenstellung und Zielsetzung**

- Sich draus ergebene Teilaufgaben wie z.B. die Entwicklung
 - eines leistungsfähigen 3D-Sensorsystems
 - von Algorithmen zur Erkennung und Lösung von Verklemmungen
 - neuartiger Greiferkonzepte
 - einer modularen, offenen Hard- und agentenbasierenden Softwarearchitektur
 - eines autonomen Robotersystems mit Standardschnittstellen



AP H: Projektmanagement und Controlling

AP A: Anforderungsanalyse
und Erstellung eines Lasten- und Pflichtenhefts

AP B:
Entwurf einer offenen
komponenten- und
multiagentenbasierten
Systemarchitektur

AP C:
Mechatronische
Komponenten:
Mechanik, Antriebe
und Elektrik

AP D:
Sensorhardware und
Sensordaten-
verarbeitungs-
software

AP E:
Steuerungs-
software

AP F: Systemintegration
und Aufbau einer Pilotanlage

AP G: Optimierung der Soft- und
Hardwarekomponenten



• Projektverlauf und Projektfortschritt

Entwicklung von Anwendungsszenarien 2 Mon.

Anforderungsanalyse

3 Mon.

Lastenheft

3 Mon.

Pflichtenheft

2 Mon.

Fertigstellung des Pflichtenheftes

5.10.06

Definition der Hardwarearchitektur

3 Mon.

Definition der Softwarearchitektur

3 Mon.

AP C/D Mechatronische Komponenten / Sensorik

AP F Pilotanlage

AP H Projektmanagement



Ladebild-Analyse (GA) – Grenzebach Automation

- Rampcart: Abhängig von Gepäckstruktur
 - Erste Lage stehend, Schmalseite nach vorne, dann liegend
 - „chaotisch“, zum Teil einfach aufgeworfen
- Container
 - Meist liegend, zum Teil mit „Press-Passung“ in Lücken gedrückt
 - Durch Rütteln während Flug teilweise Verkantet



Test: Bandgreifer (GA) – Grenzebach Automation

- Förderband-Technik als Entladewerkzeug bei Gepäckcontainern
 - Methode nur in optimalen Situationen erfolgreich
 - Glatter Untergrund
 - Keine oder sehr geringe Behinderung
 - Gute Angriffsfläche für Förderband
 - Abnutzung an Band sehr hoch
- Fazit: ungeeignet für real gepackte Container



Test: Sauggreifer (GA)– Grenzebach Automation

- Unmodifizierter Sauggreifer von Schmalz
- Test nur an Rampcart
- 2 Kompressoren parallel (7,5 KW und 4,0 KW)
- Ergebnisse
 - Wenn Greifer dicht abschließt: guter Erfolg
 - Greifpunkt weit von Schwerpunkt: teilweise instabil
 - Bei geringer „Nebenluft“: Gepäckverlust
- Fazit:
 - Saugglocken in Ausrichtung flexibel
 - Besser mehrere kleine als eine große Glocke
 - Möglichst gute Analyse der Oberflächen



Nächste Schritte (GA) – Grenzebach Automation

- Aufbau der Referenz- und Demonstrationsanlage
- Test mit kleinerem (Standard-)Typ der Saugglocke (Schmalz)
- Entwicklung der Entladestrategie



Systemarchitektur – IPR, Universität Karlsruhe

- Sensorikbereich (Sensorik, Abstraktionsschicht, Umweltmodellgenerator, Echtzeitmodell)
- Applikationsbereich (GUI, Ablaufsteuerung, Strategie-Builder)
- Aktorikbereich (Roboter, Greifer, Bahnplanung, Reaktive Bahnplanung)
- Einzelne Komponenten durch Agenten realisierbar

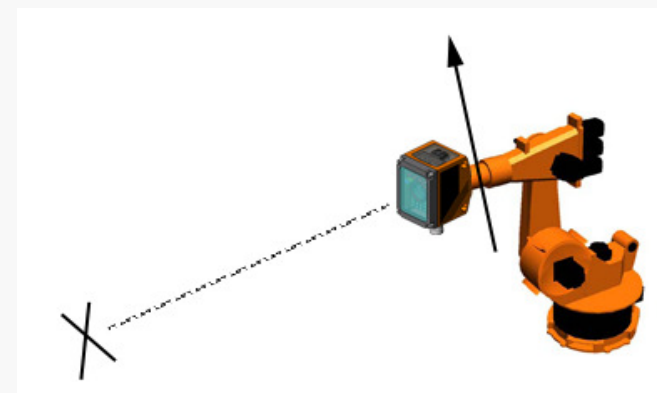
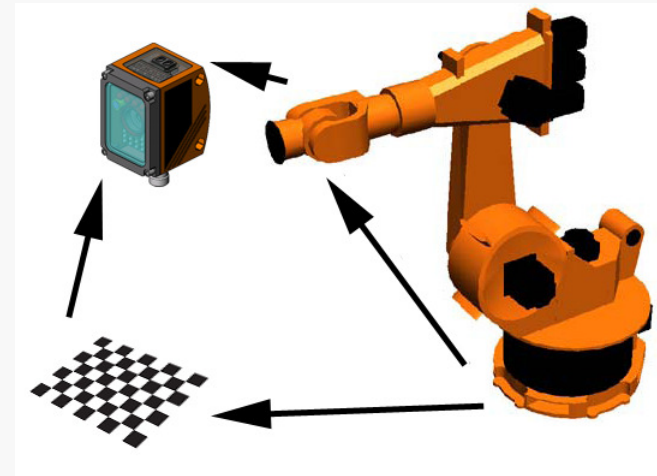


Systemarchitektur – IPR, Universität Karlsruhe

- Evaluierung einer Echtzeitschnittstelle
Robotersteuerung ↔ PC (Kuka Ethernet RSI XML)
- Evaluierung eines Robotersteuerungs- Frameworks
(OROCOS)
 - Agentenähnliches Modularisierungskonzept
 - Echtzeitfähig
- Evaluierung Echtzeitbetriebssystem (RTAI-Linux)

Sensorik – IPR, Universität Karlsruhe

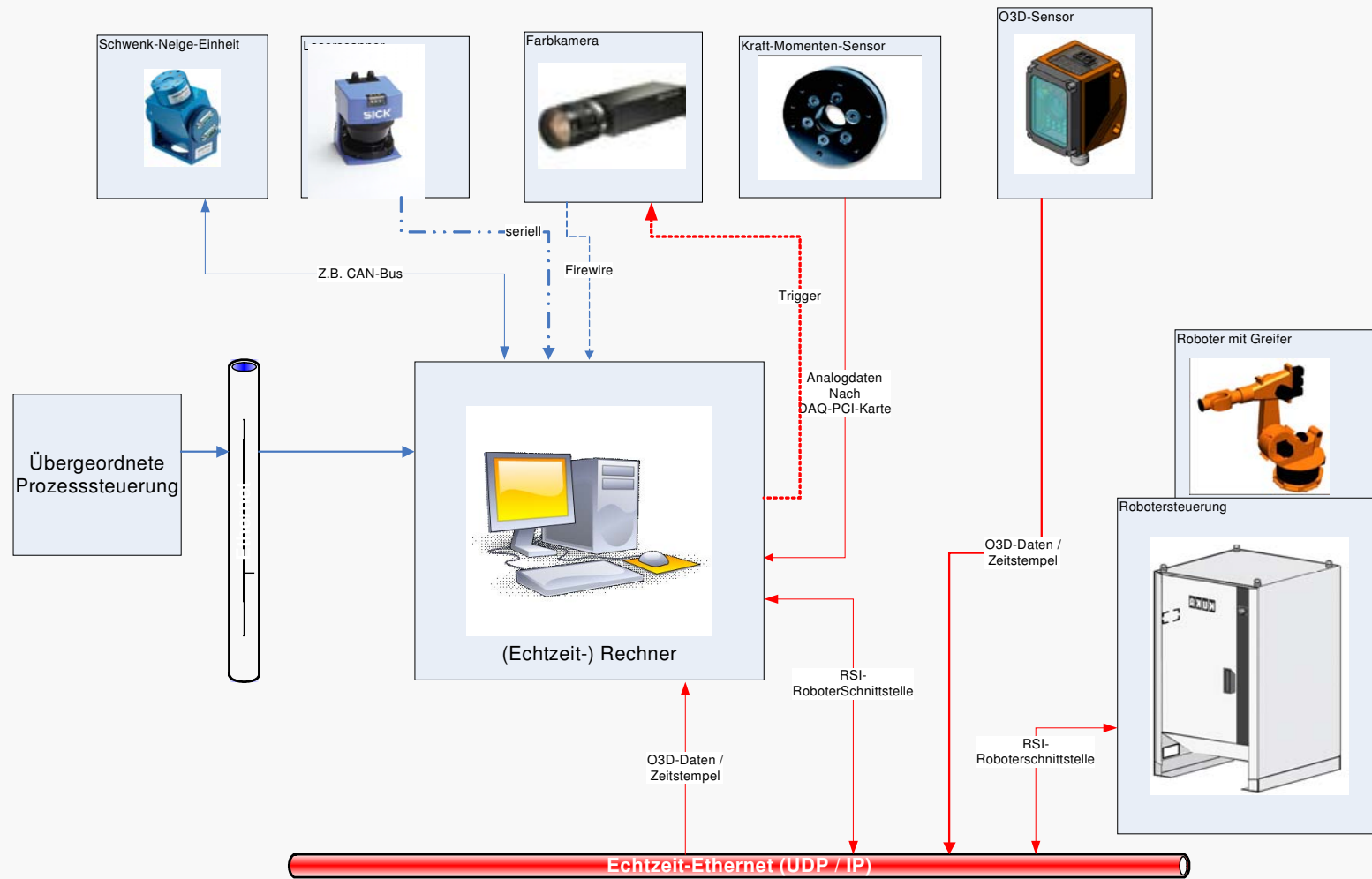
- Kalibrierung Flansch → Kamera-Koordinatensystem
- Zeitliche Kalibrierung (Synchronisation)
- Test PMD Sensor



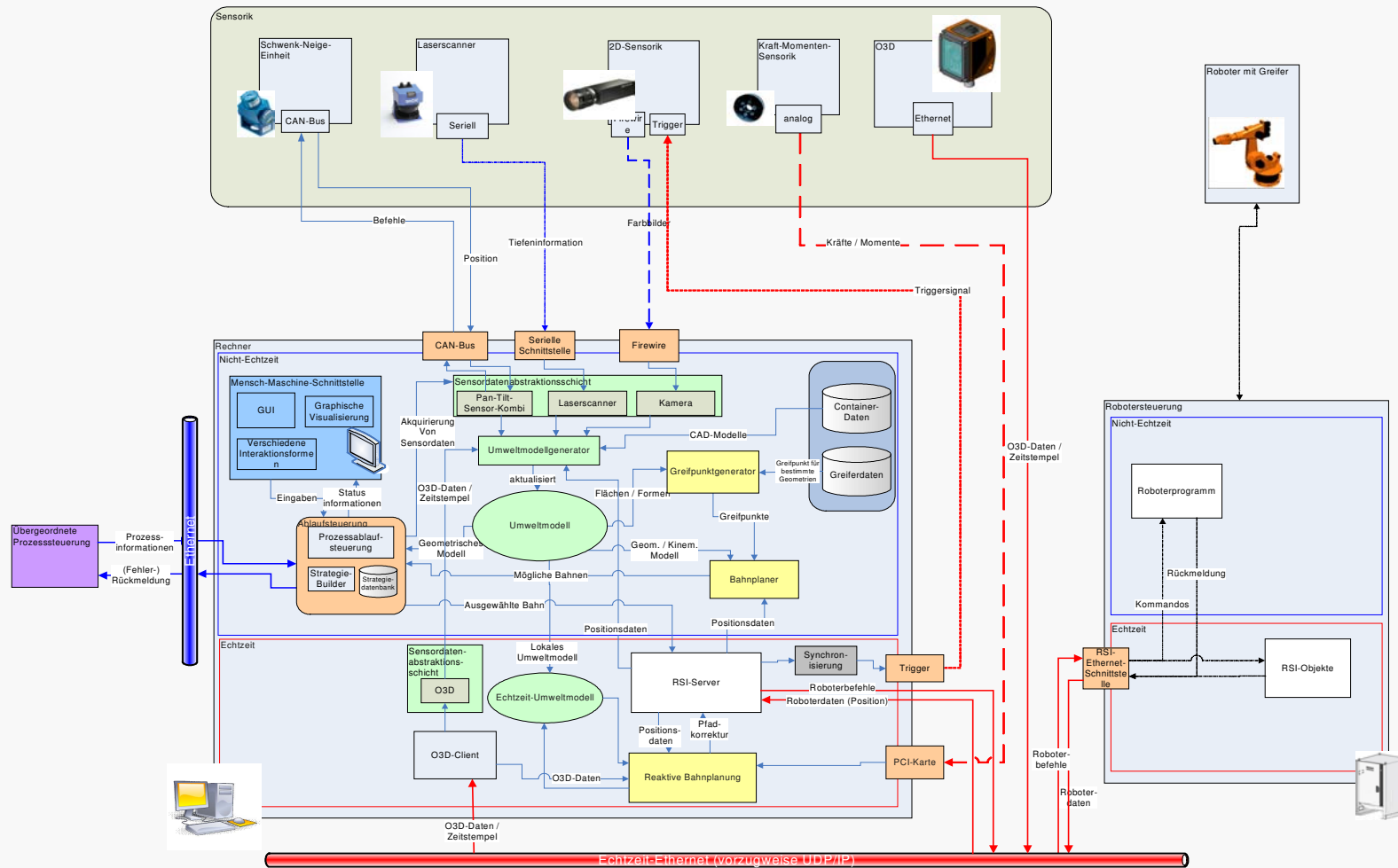
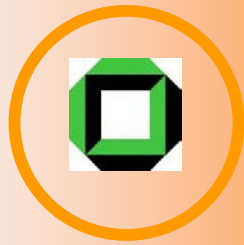


Nächste Schritte (IPR) – IPR, Universität Karlsruhe

- Sensor Fusion, Umweltmodellgenerierung
- Reaktive Bahnplanung
- Demonstratoraufbau für zweite Applikation (z.B. Paketentladung)
- Interaktive Entladung mit Trackingsystem



Hardwarearchitektur



Softwarearchitektur

Versuchsaufbau

Vakuumbelüftung

Hubschlauch



Standard Sackgreifer

Vakuumbelüftung

Sperrguttasche



Versuchsdurchführung

- Greifgut wurde von oben her angesaugt (1)
- Mit Hilfe des Hubschlauches wurde die Last vertikal angehoben (5)
- Mittels der Schnellwechsellvorrichtung des Greifers konnte durch selektives Ausprobieren die optimale Saugplatte ermittelt werden (2, 3)
- Das Arbeitsvakuum erzeugte ein Vakuumgebläse (4)

1



2



3



4



5



Ergebnisse / Fehlerbetrachtung

- Ergebnisse:
- Alle, im weitesten Sinne, sackähnlichen Gegenstände können angesaugt werden
- Der Prozess erfordert keinerlei Positioniergenauigkeit beim Greifen



Fehler:

1. Gegenüber zum eigentlichen Prozess wurde das Gepäckstück senkrecht gegen seine Schwerkraft bewegt → Dieser im Aufbau systematisch gemachte Fehler beeinflusst das Testergebnis negativ. Der tatsächliche Prozess des horizontalen Entladen von Gepäckstücken sollte einfacher sein
2. Das Testgepäckstück wurde aufgrund des Vakuumvolumenstroms evakuiert (1)



Interpretation

Idee:

- Mittels möglichst viel Vakuumeistung (Absaugleistung) sackähnliche Gepäckstücke in horizontaler Richtung aus einem Flugzeugcontainer heraus zu ziehen.

Versuch:

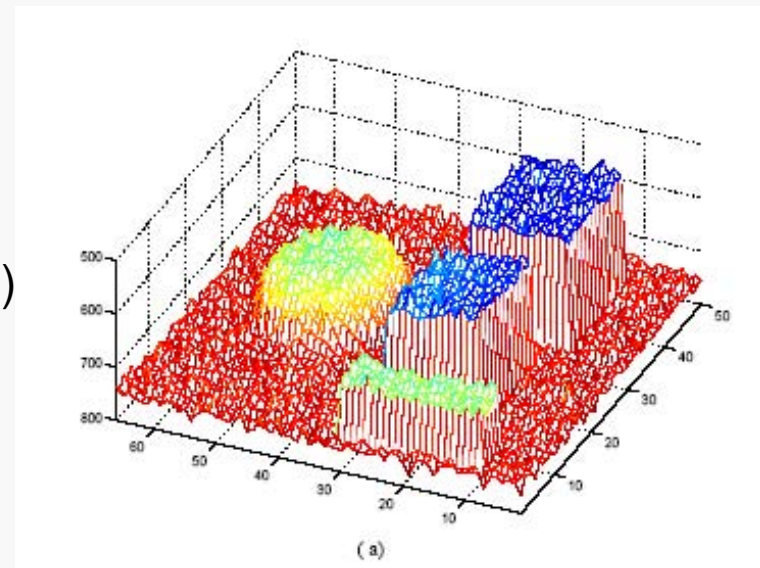
- Der Versuch zeigt, dass dieser Lösungsansatz Erfolg versprechend ist.

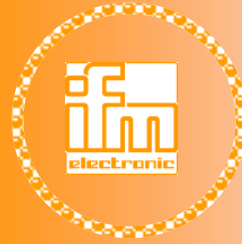
Weiteres Vorgehen:

- Es sollte möglich schnell ein weiterer Versuch mit mehr Gepäckstücken, mehr Vakuumeistung und einem optimierten Greifer im Versuchslabor durchgeführt werden. Sollte das positive Ergebnis weiter unterstrichen werden können, ist der Aufbau eines Demonstrators mit allen Zellenkomponenten in Augsburg geplant.

Segmentierung planarer Flächen aus 3D-Daten

- Bestimmung des Flächenkriteriums
 - LMS-Verfahren (Polynom 1. Grades)
 - linearen Regression (Polynom 2. Grades)
 - Hauptachsentransformation (PCA)
 - Zeilenbasierte Flächenklassifikation
- Segmentierung
 - Kantenbasierend (Sobel-, Canny-Verfahren)
 - Regionenbasierend (DCC - Distance Connected Components)

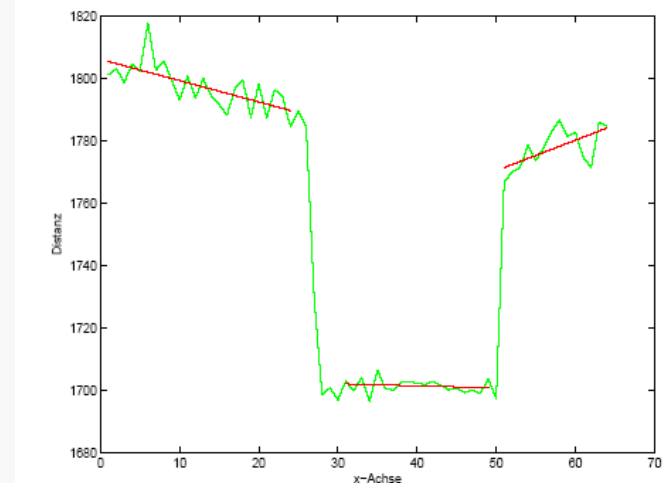
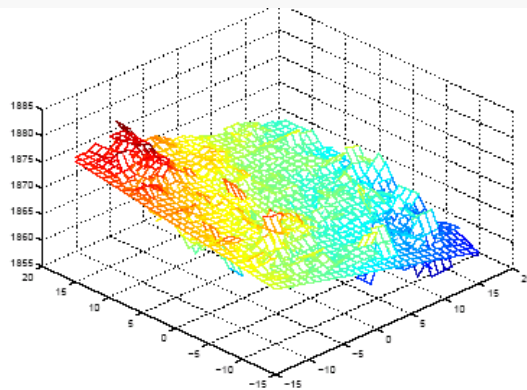
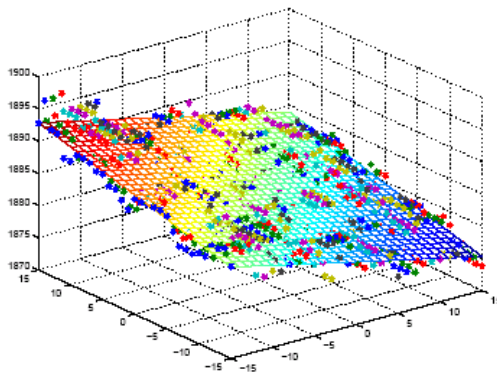




Bestimmung des Flächenkriteriums

Die Klassifikation von Flächen basiert auf den Grundbegriffen der Differentialgeometrie. Flächenmerkmale wie Normalenvektor und Krümmung werden verwendet um die Form der gemessenen 3D-Punktwolken zu charakterisieren.

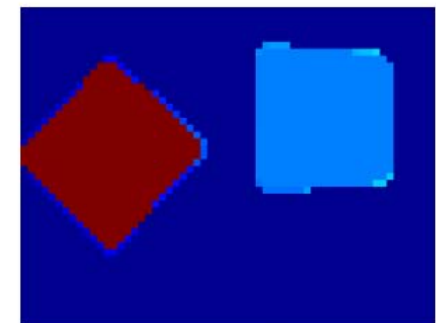
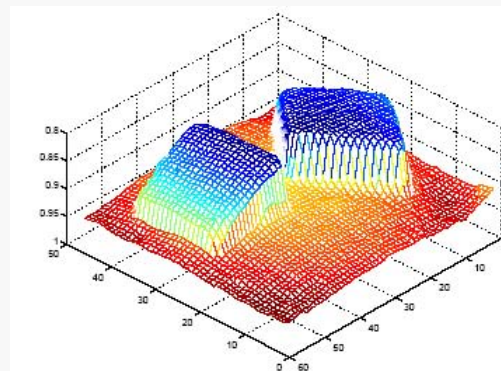
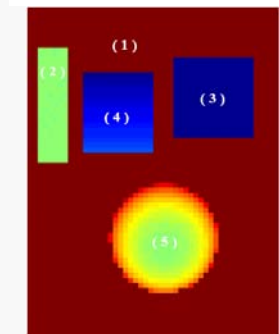
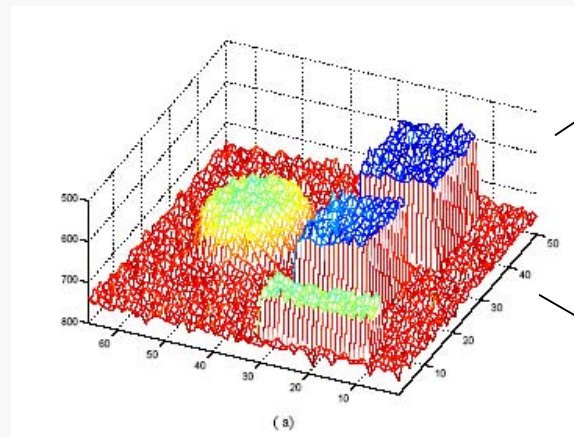
Es wurden klassische Verfahren (LMS, PCA) in Kombination mit verschiedenen Flächenfunktionen (Polynom 1. bzw 2. Grades) untersucht und insbesondere bezüglich ihrer Robustheit unter verrauschten Daten und der Geschwindigkeit evaluiert. Es wurden eigene Ansätze entwickelt und getestet.



Segmentierung

Es wurden kantenbasierende Segmentierungsverfahren wie Sobel- oder Canny-Filter auf den Matrizen des Flächenkriteriums getestet. Es hat sich jedoch gezeigt, dass regionenbasierende Verfahren (DCC - Distance Connected Components) zu bevorzugen sind. Damit kann ein Flächenmodell aus den Messdaten erzeugt werden.

Das Flächenmodell soll in die Greifpunktbestimmung wie auch in die kollisionsfreien Bahnplanung einfließen.





• Projektstatus / 1. Meilenstein

Entwicklung von Anwendungsszenarien



Anforderungsanalyse



Lastenheft



Pflichtenheft



Fertigstellung des Pflichtenheftes



Definition der Hardwarearchitektur



Definition der Softwarearchitektur



AP C/D Mechatronische Komponenten / Sensorik



AP F Pilotanlage



AP H Projektmanagement



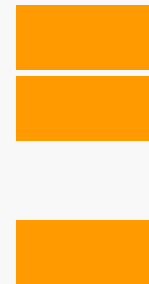


• Weiterer Projektverlauf bis Ende 2006

Aufbau der Referenzanlage bei GA in Karlsruhe

Erste Tests mit der Referenzanlage und dem Sensor der Firma ifm

Weitere Auswahl, Tests und Entwicklung für einen entsprechenden Greifer durch KUKA und Grenzbach



Projektentwicklung für 1. Halbjahr 2007

Auswahl einer zweiten Anwendung für Genesys

Aufbau eines Demonstrators für zweite Genesys-Anwendung



