

# **Erweiterung eines gestengesteuerten, projektorbasierten AR-Interfaces zur benutzerfreundlichen Programmierung von Industrierobotern**

**Wei-Chieh Hsu**  
**Christoph Rüger**  
**Ulrike Schäfer**  
**Rajmund Stankiewicz**

0. Einleitung
1. Kontext des Projektes
2. Problem- und Zielstellung
3. Anwendungsbeschreibung
4. Softwareentwicklung
5. Usabilitykonzepte, -testung und -auswertung
6. Anwendungsempfehlungen
7. Fazit
- 8. Diskussion**
9. Quellen

# **1. Kontext des Projektes**

# Kontext des Projektes - Stand der Technik

Kuss, Alexander et al. (2017).  
„Manufacturing task description for robotic welding and automatic feature recognition on product CAD models“.  
In: *Procedia CIRP* 60, S. 122–127.

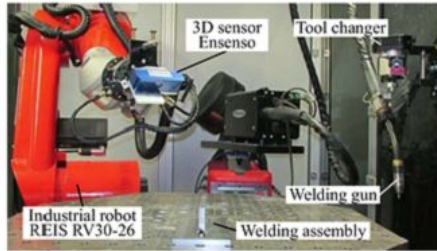
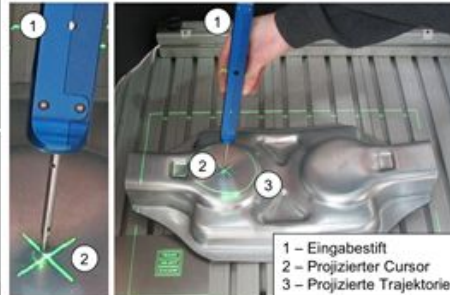
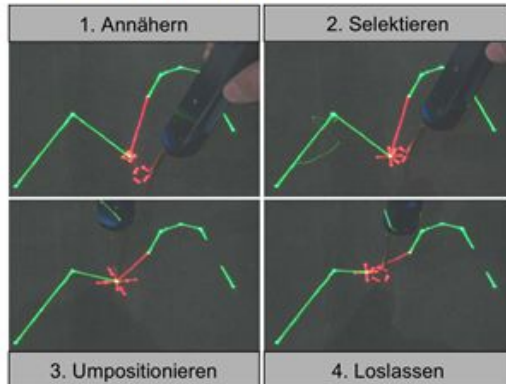


Fig. 1: Setup of robotic welding system at Fraunhofer IPA.

Vogl, Wolfgang (2009).  
Eine interaktive räumliche Benutzerschnittstelle für die Programmierung von Industrierobotern.  
Bd. 228. Herbert Utz Verlag.



1 – Eingabestift  
2 – Projizierter Cursor  
3 – Projizierte Trajektorie

Rossano, Gregory F. et al. (2013).  
„Easy robot programming concepts: An industrial perspective“.  
In: *2013 IEEE international conference on automation science and engineering (CASE)*. IEEE, S. 1119– 1126.



- High-Level vs. Low-Level Programming: editing, tuning, debugging



- Offline vs. Online Programming



- Graphical Programming Approaches vs. Code



- Providing Guidance to the Programmer

Vogl, Wolfgang (2009).  
Eine interaktive räumliche Benutzerschnittstelle für die Programmierung von Industrierobotern.  
Bd. 228. Herbert Utz Verlag.



## **2. Problem- und Zielstellung**

# Problem- und Zielstellung - Problemraum

---



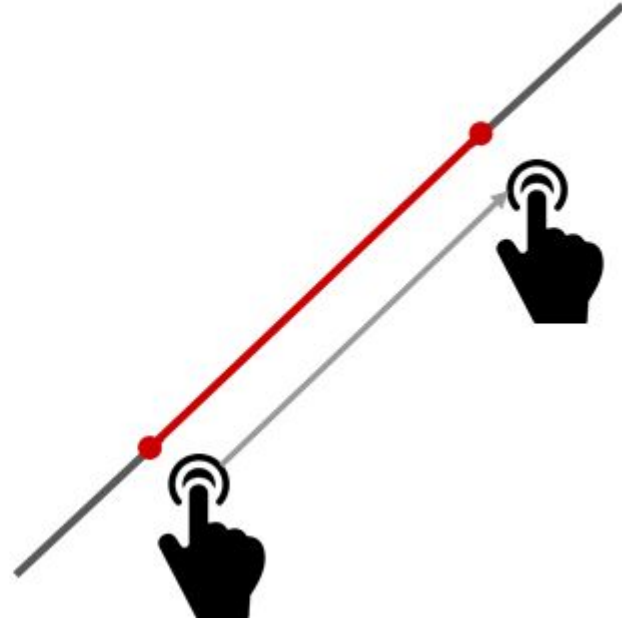
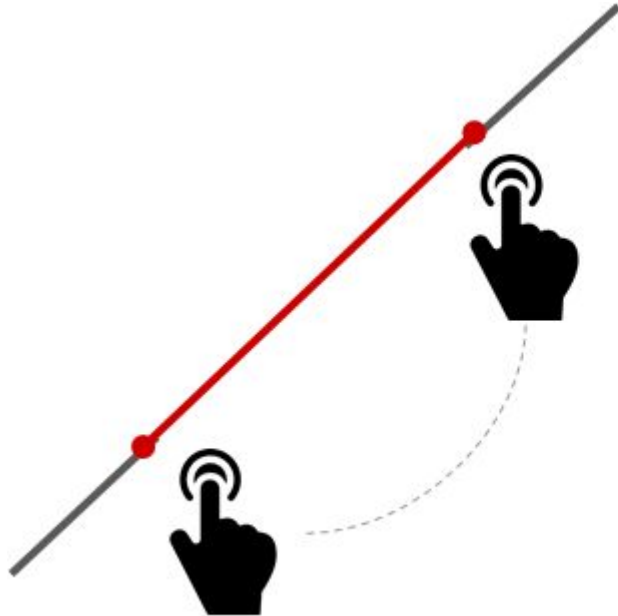
# Problem- und Zielstellung - Problemraum

---



# Problem- und Zielstellung - Lösungsraum

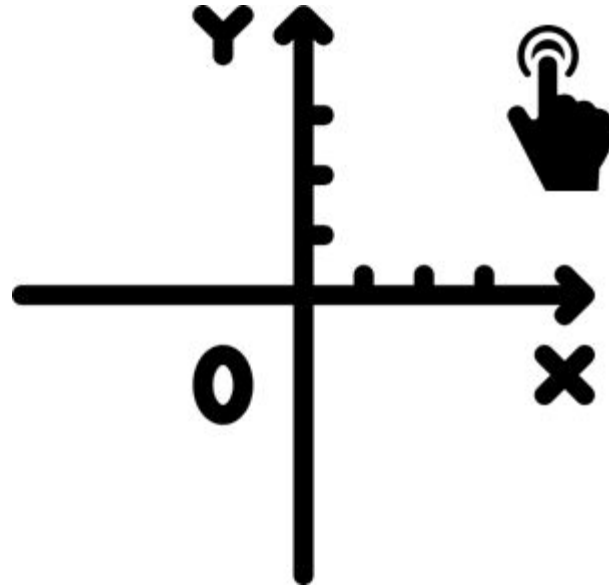
---





# Problem- und Zielstellung - Lösungsraum

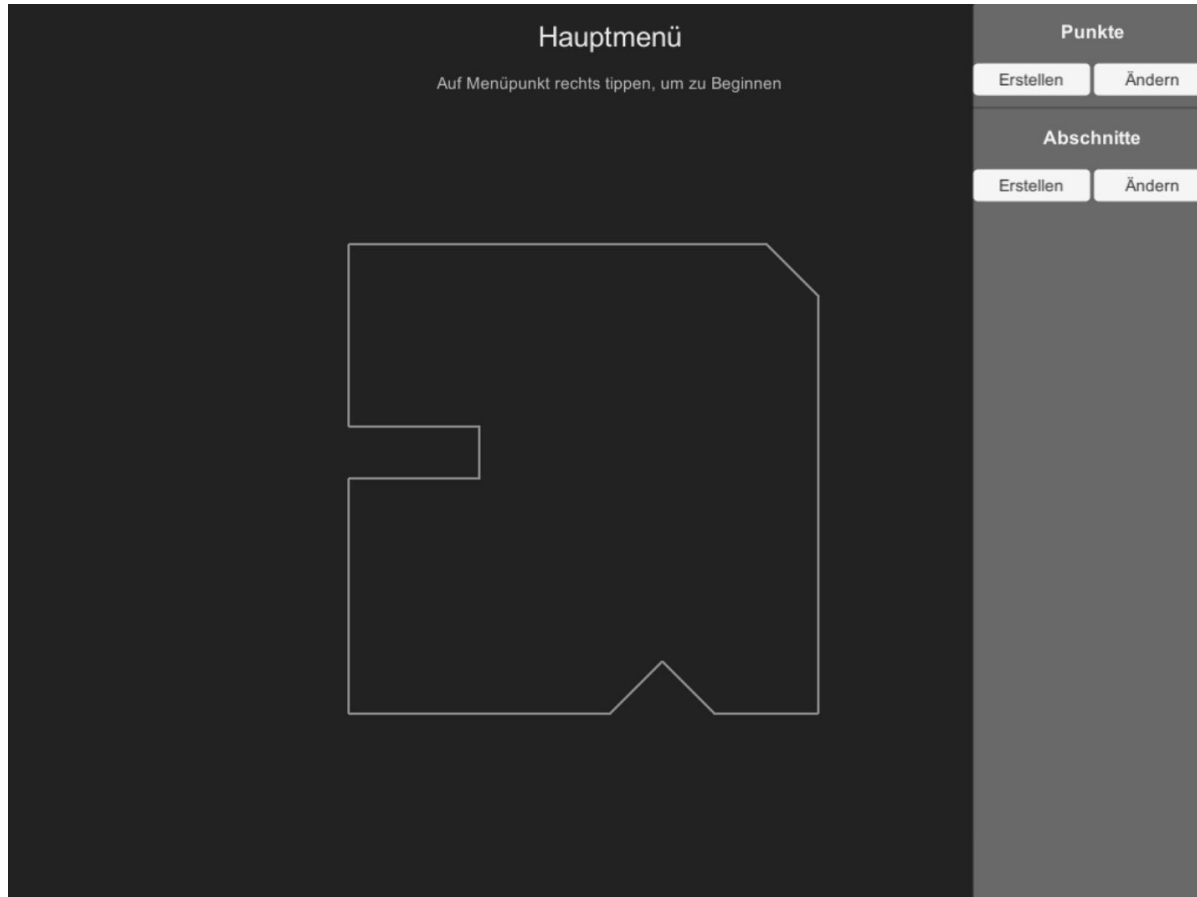
---



### **3. Anwendungsbeschreibung**

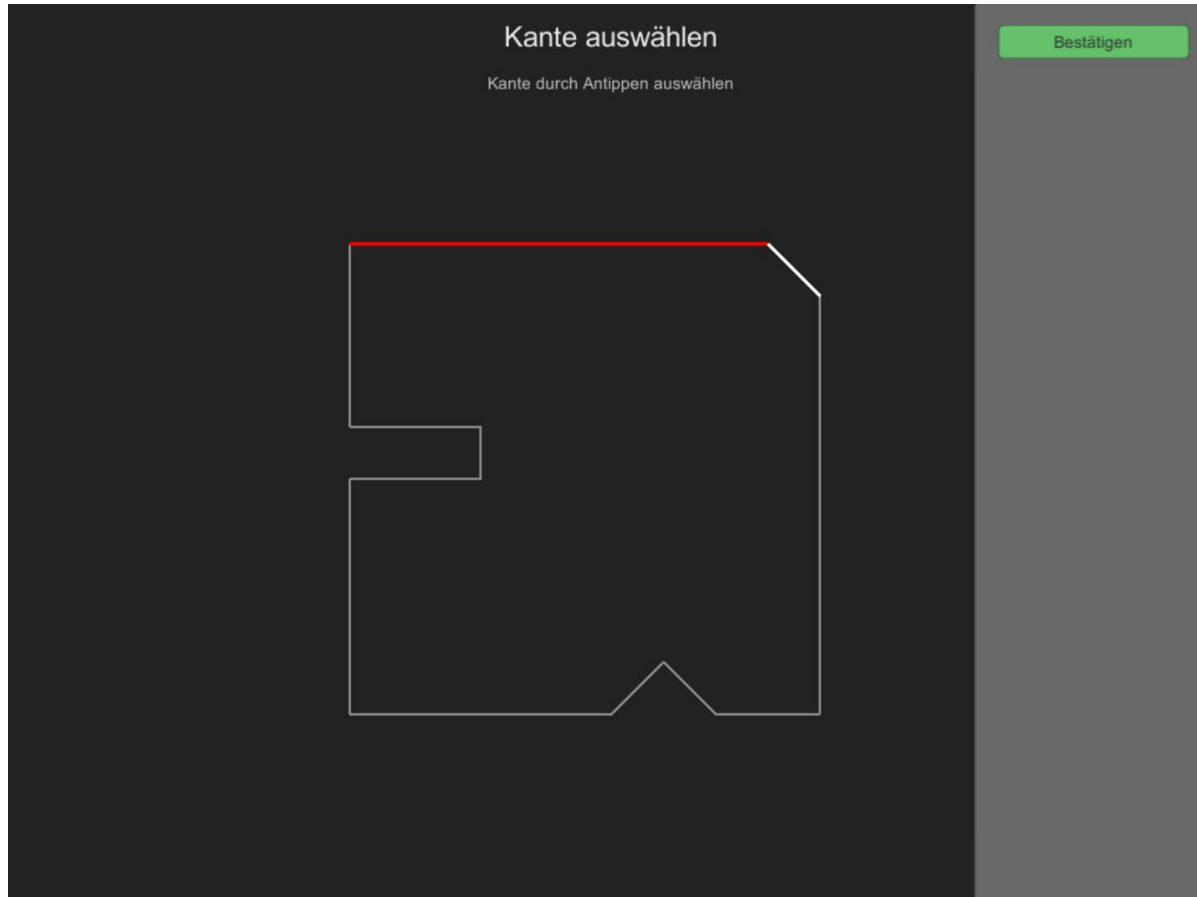
# Anwendungsbeschreibung - Hauptmenü

---

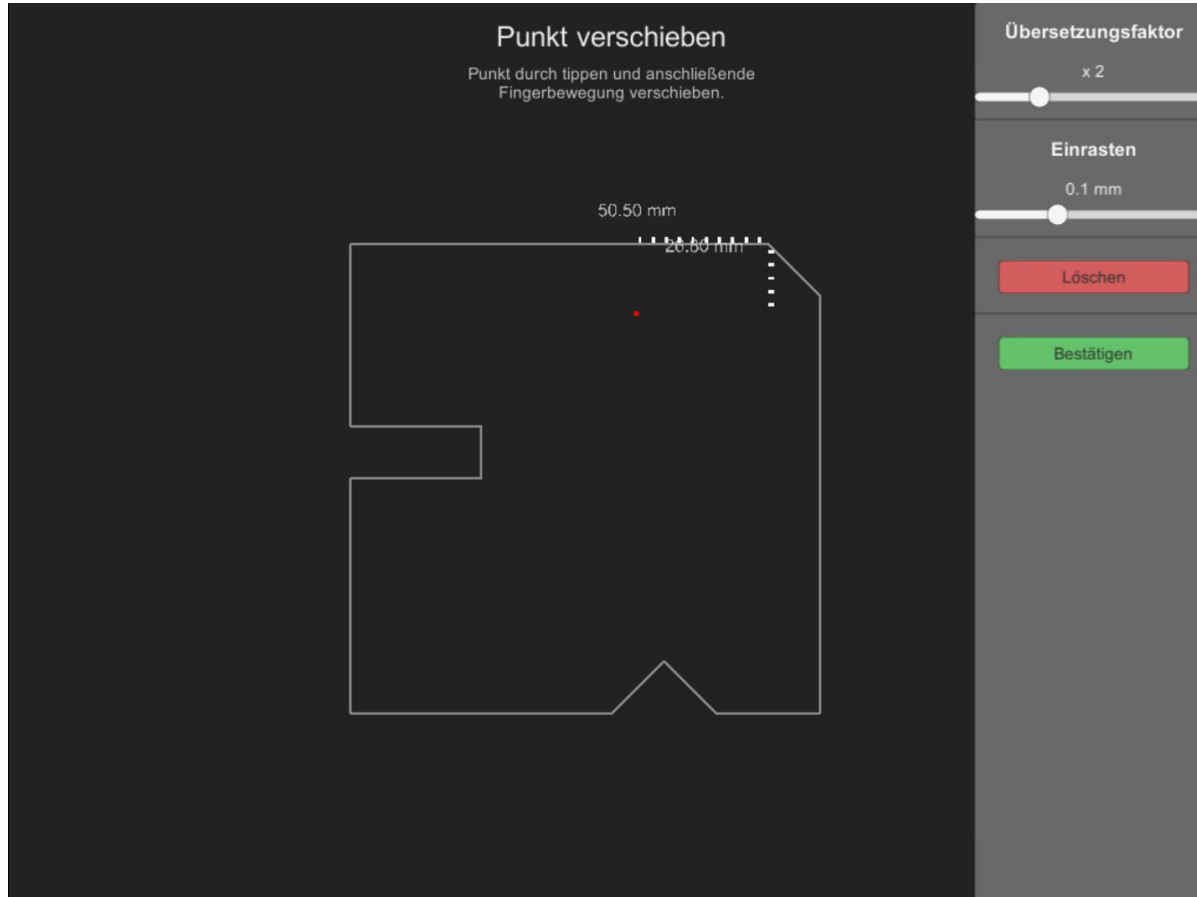


# Anwendungsbeschreibung - Punktsetzung

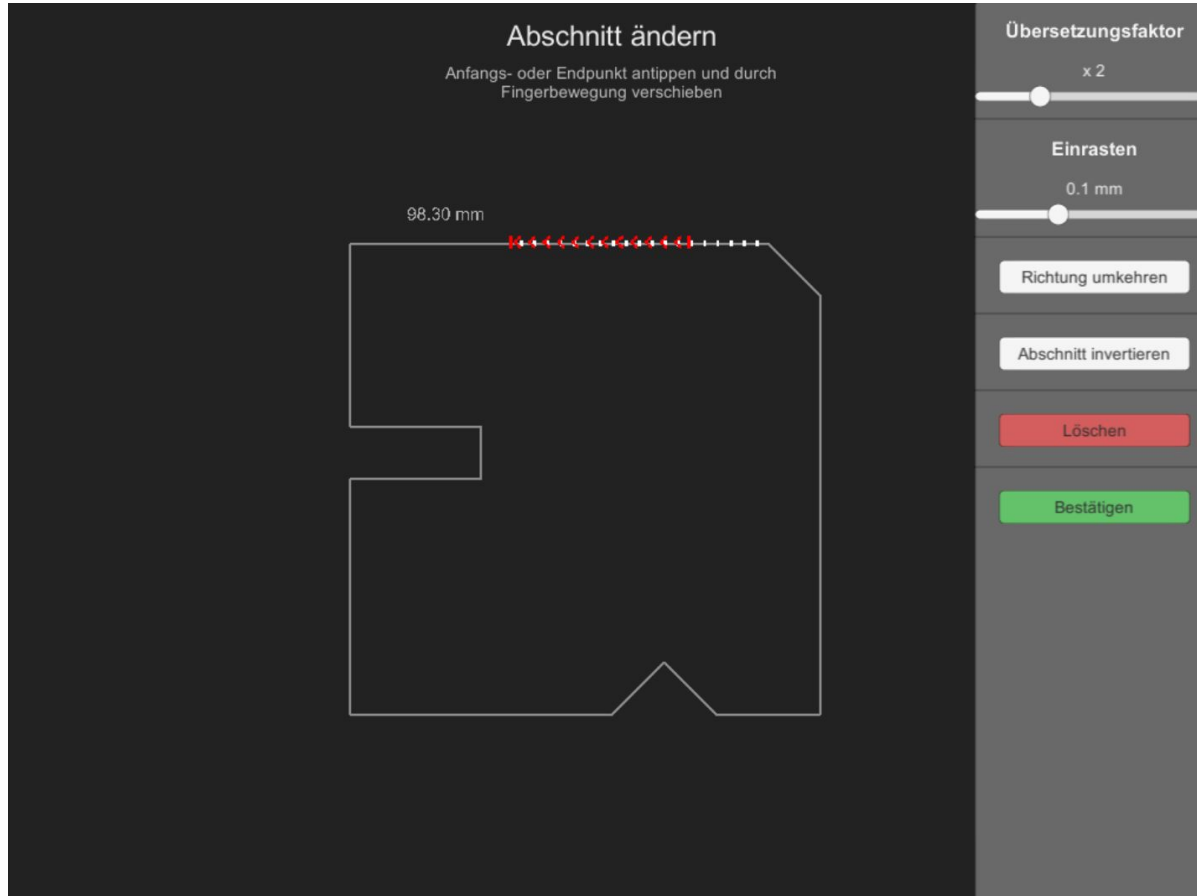
---



# Anwendungsbeschreibung - Punktsetzung



# Anwendungsbeschreibung - Streckensetzung



## **4. Softwareentwicklung**

# Softwareentwicklung - Ziele

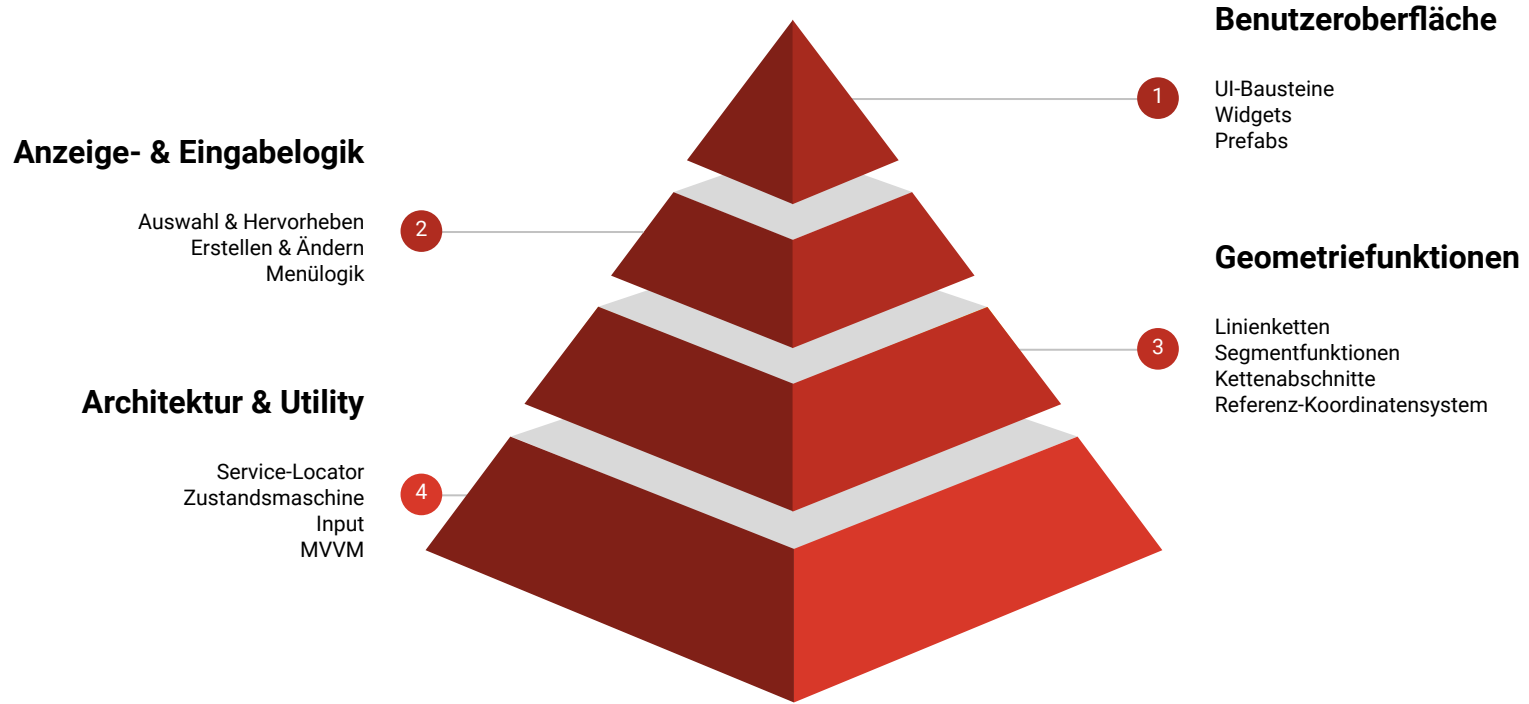
---





# Softwareentwicklung - Features

---



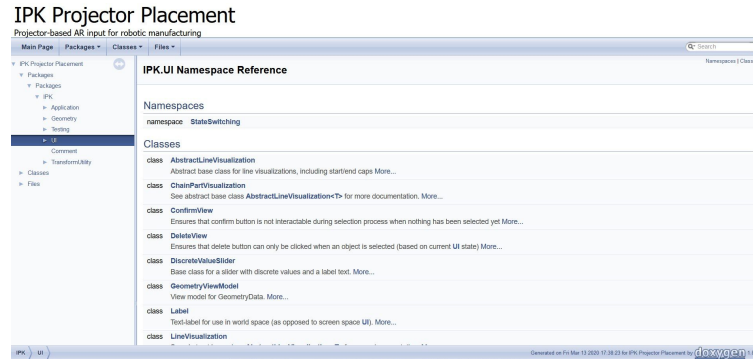
# Softwareentwicklung - Limitationen

---

- Keine Integration
- Keine Pfadfunktionen
- Nur ein Werkstück, nur gerade Segmente
- Kein Speichern

# Softwareentwicklung - Dokumentation

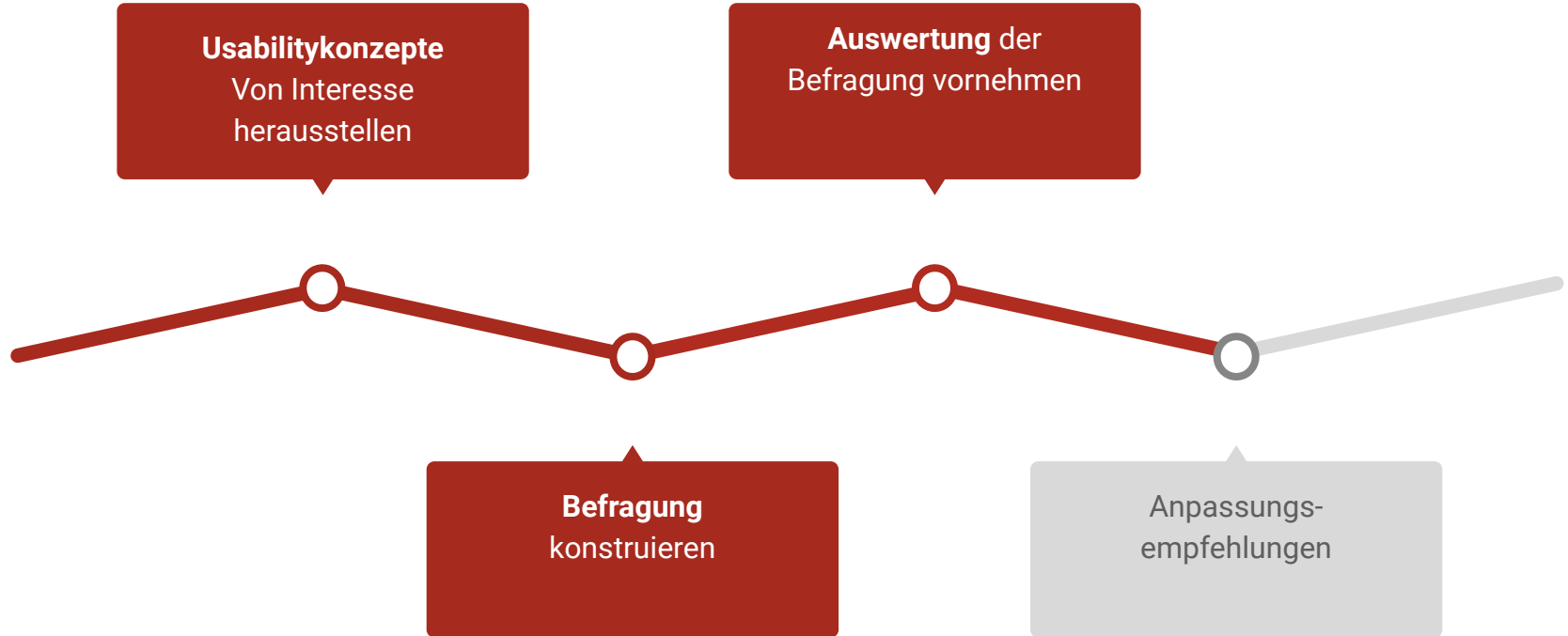
- XML-Dokumentation im Code
- Textanleitungen in Bericht und Markdown
- HTML-Codedokumentation



## **5. Usabilitytestung und Auswertung**

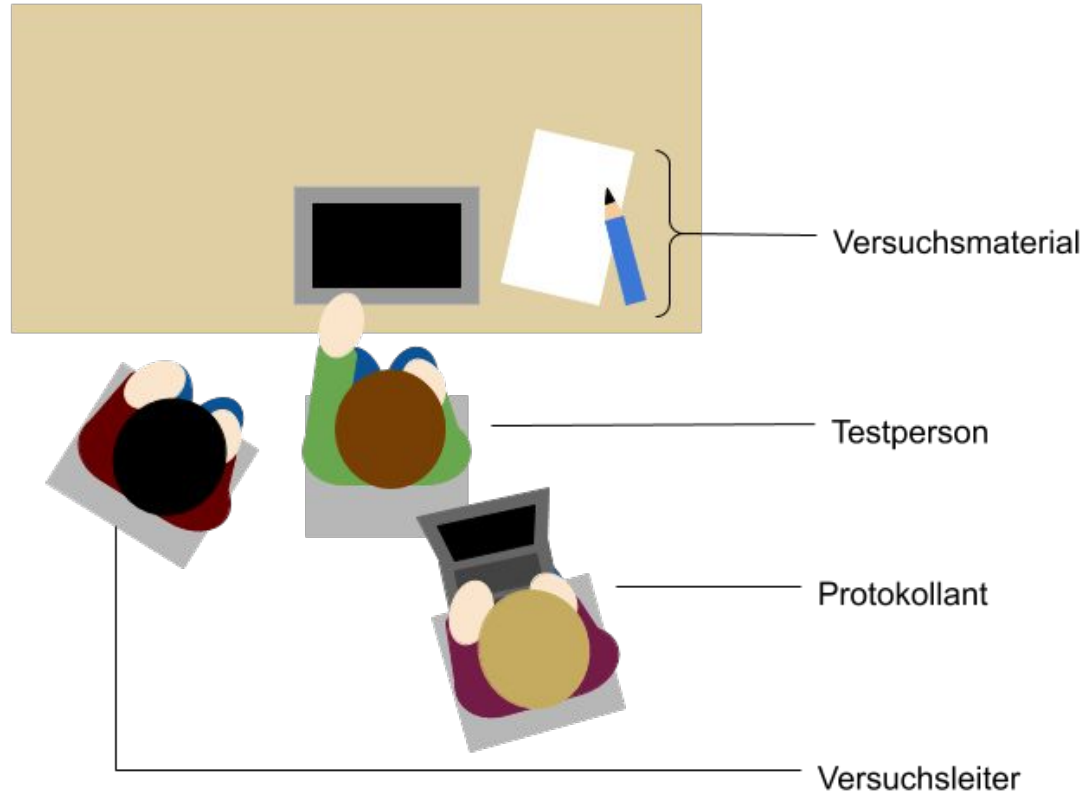
# Ziele der Testung

---



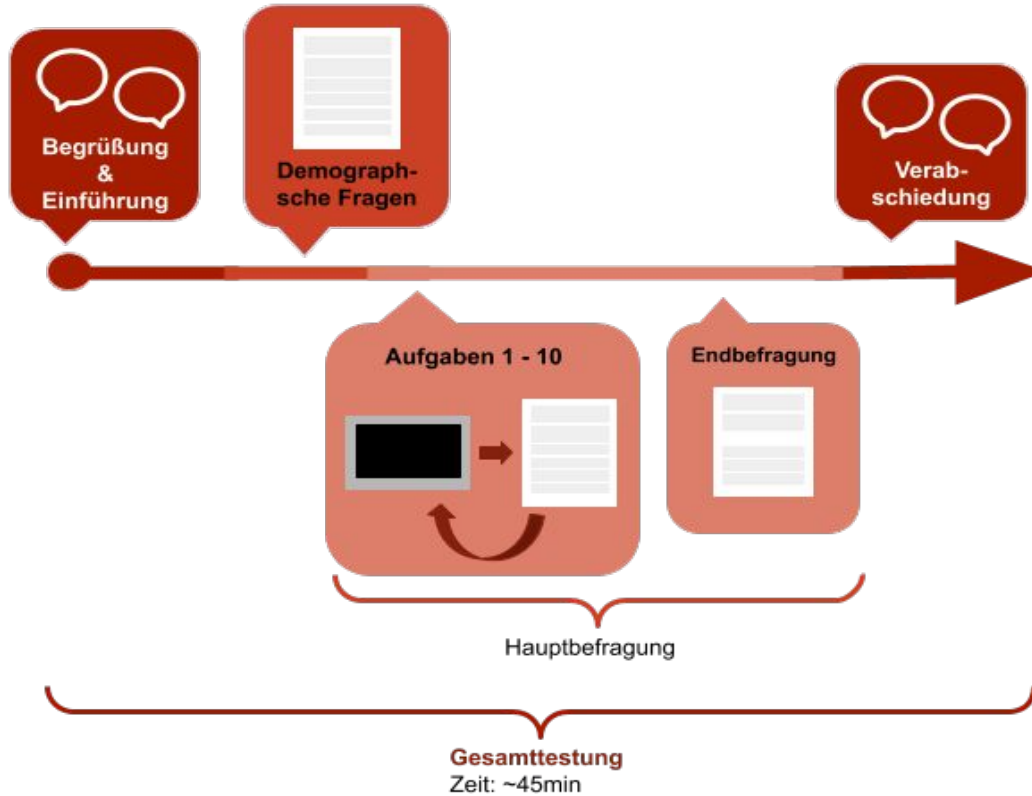
# Usabilitytestung - Aufbau

---

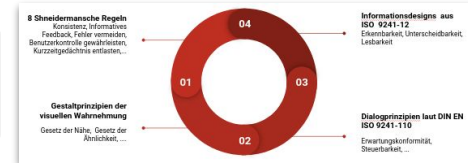
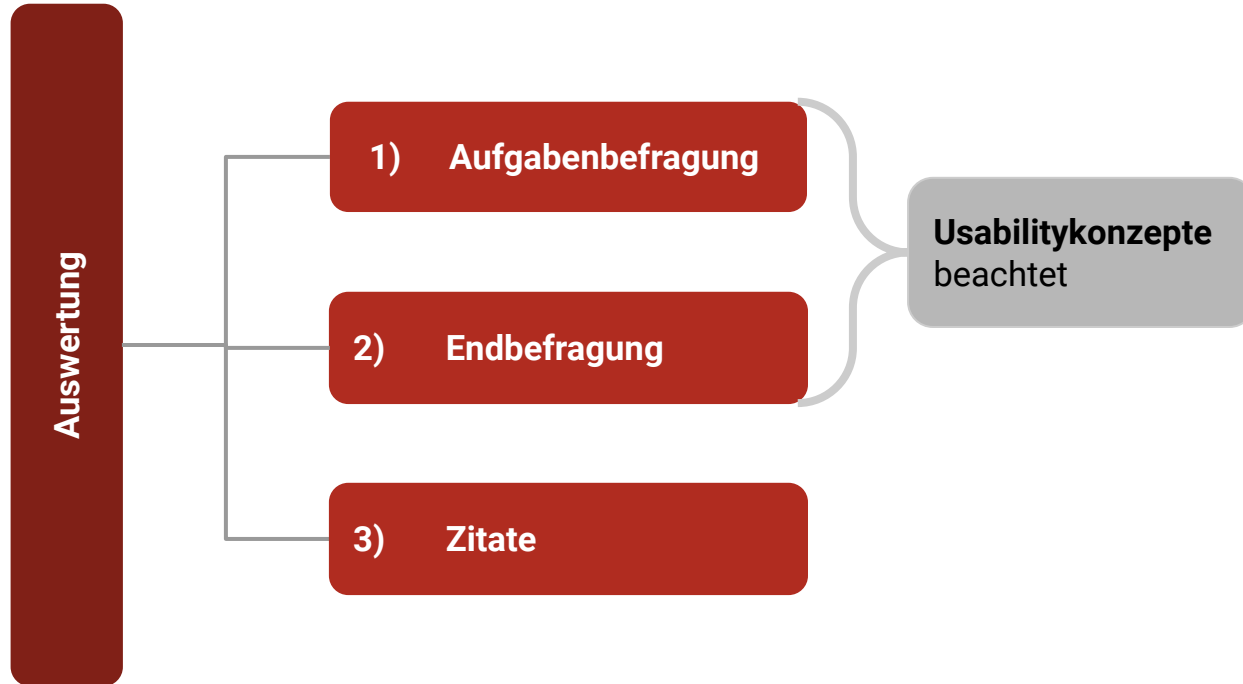


# Usabilitytestung - Ablauf

---

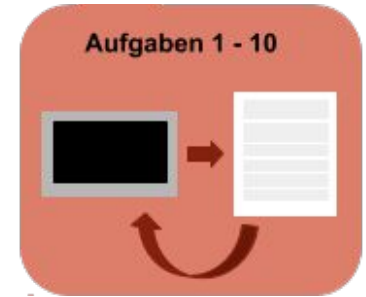


# Usabilitytestung - Auswertung





# Usabilitytestung - Befragung



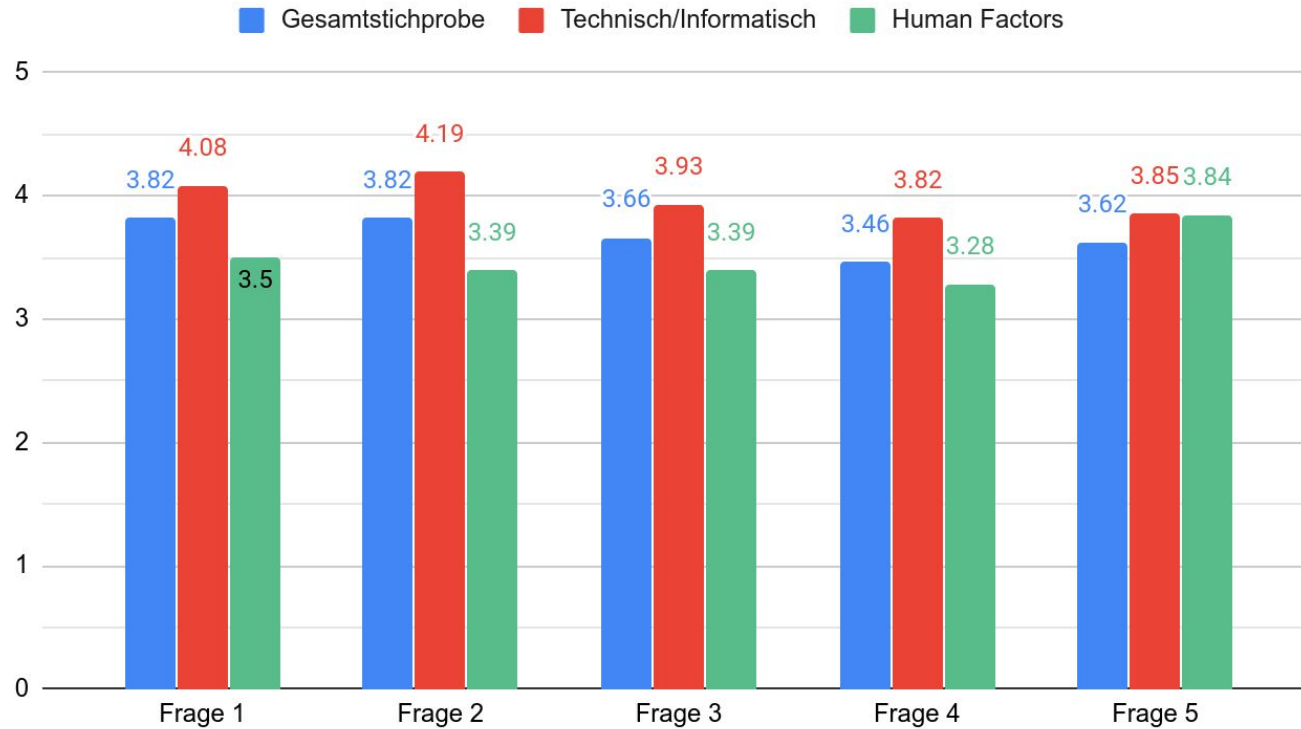
## 1. Aufgabe

Deine erste Aufgabe ist es, einen Punkt ca. in der Mitte des Objektes zu erstellen. Verwende dafür die verfügbaren Funktionen im Menü.  
Bei Fragen kannst du dich an deinen Versuchsleiter wenden.

Fragen	
Frage 1	Hast Du die Interaktion als konsistent empfunden?
Frage 2	Hat das System Dir genügend informatives Feedback über deine Eingaben geliefert?
Frage 3	Hat das System Dir ausreichend Informationen über seinen Status geliefert?
Frage 4	Hast du das Gefühl gehabt, die Kontrolle über das System gehabt zu haben?
Frage 5	Hat die genutzte Funktion so funktioniert wie Du es erwartet hast?

- 1 - "Nein, stimme gar nicht zu"
- 2 - "nein, stimme nicht zu"
- 3 - "ich weiß es nicht/neutral"
- 4 - "ja, stimme zu"
- 5 - "ja, stimme sehr zu"

		Usability	Gesamtstichprobe		
Fragen			Mean	Min	Max
Frage 1	Hast Du die Interaktion als konsistent empfunden?	Konsistenz	3.82	3.3	4.7
Frage 2	Hat das System Dir genügend informatives Feedback über deine Eingaben geliefert?	Informatives Feedback, Steuerbarkeit	3.82	2.8	5
Frage 3	Hat das System Dir ausreichend Informationen über seinen Status geliefert?	Informatives Feedback, Benutzerkontrolle, Kurzzeitgedächtnis entlasten, Steuerbarkeit	3.66	2.8	4.7
Frage 4	Hast du das Gefühl gehabt, die Kontrolle über das System gehabt zu haben?	Benutzerkontrolle gewährleisten, Steuerbarkeit, Lesbarkeit, Unterscheidbarkeit, Erkennbarkeit	3.46	2.6	4.6
Frage 5	Hat die genutzte Funktion so funktioniert wie Du es erwartet hast?	Erwartungskonformität	3.62	2.8	4.3



# Usabilitytestung - Auswertung

## 1) Aufgabenbefragung

Aufgaben Art		Mittelwert über alle Fragen
1	Punkt setzen	2.36
2	Punkt löschen	3.36
3	Genauen Punkt setzen	2.8
	Einrastenfunktion	
4	Punkt löschen	3.76
5	Strecke auswählen	3.36
6	Streckenrichtung ändern	4.44
7	Strecke erweitern	3.72
8	Übersetzungsfaktor	4.24
9	Nicht-Strecke und Strecke umwandeln	4.04
10	Strecke löschen	4.68
Gesamt		3.68

Lerneffekt



Endbefragung (Skala: 1 sehr schlecht - 5 sehr gut)		Usability	Mittelwerte	Min	Max
1. Frage	Was hältst du von der Lage des Menüs?	Erkennbarkeit, Lesbarkeit	4	3	5
2. Frage	Wie verständlich waren für dich die Überschriften der Teilfunktionen?	Lesbarkeit	3.4	3	4
3. Frage	Wie verständlich waren für dich die Buttonbezeichnungen?	Lesbarkeit	4.6	4	5
4. Frage	Wie verständlich waren für dich die Anweisungen (oben mitte)?	Lesbarkeit	3.4	3	4
5. Frage	Wie gut fandest du die Menüführung?	allgemeine Funktionalitäten	4.2	3	5
6. Frage	Hast du die Implementierung der Funktionen zum Bearbeiten der Punkte und Abschnitte als konsistent empfunden?	Konsistenz	3.8	3	5

- Unintuitive Kantenauswahl vor der Punktsetzung
- Abbrechbutton gewünscht
- Weiß ist bei der Kantenauswahl nicht stark genug als Hervorhebungsfarbe
- Einrasten als Funktionsbeschreibung zuerst verwirrend, aber durch Testen verständlich
- Schweißnaht nicht eindeutig genug als solche dargestellt
- Gewählte Kante nicht gut erkennbar bei Streckenauswahl
- Endpunkte der Segmente schwer zu verschieben
- Linkshänder sollten Menülage tauschen können

## **6. Anwendungsempfehlungen**

# Anwendungsempfehlungen - UI

---

- Nutzerspezifische Unterschiede zulassen (Zielgruppen analysieren)
  - Links- und Rechtshändigkeit, Ergonomie
- Mehr Flexibilität bei der Aufgabenausführung ermöglichen
  - “Zurück”
  - “Abbrechen”
  - Spart nicht nur Zeit und beugt Fehlern vor, sondern ermutigt die Nutzer auch Funktionen auszuprobieren
- Funktionen (für die Nutzer) verständlicher gestalten und besser erklären
  - Abfragen von spezifischem Vorwissen der Endnutzer
    - Bekannte Begriffe und Funktionalitäten in den Zielgruppen identifizieren
  - Zusätzliche Hilfestellung bereitstellen
- Manipulation der gesetzten Punkte und Strecken erfordert zusätzliche Werkzeuge
  - Einfaches Auswählen und Verschieben hat sich am getesteten System als problematisch herausgestellt



# Anwendungsempfehlungen - Entwicklung

---

- Formative Nutzertests
  - Unsere Arbeit kann hierbei als Beispiel für ein methodisches Vorgehen dienen
- Anforderungen und Nutzungsszenarien möglichst eng eingrenzen
- Tradeoffs bei der Vereinfachung bewusst eingehen

# Diskussion



# Quellen

# Quellen

---

## Literatur - Usability Konzepte

Akkreditierungsstelle, Deutsche (2010). „Leitfaden Usability“. In: Gestaltungsrahmen für den Usability Engineering-Prozess. Hg. v. Deutsche Akkreditierungsstelle.

Dix, Alan et al. (2003). Human-computer interaction. Pearson Education

Hornbogen (2018). Wie die 7 Dialogprinzipien Usability Engineers beim Design helfen. URL: <https://blogs.itemis.com/de/wie-die-7-dialogprinzipien-usability-engineersbeim-design-helfen> (besucht am 20. 03. 2020).

Mazumder, Fourcan Karim und Utpal Kanti Das (2014). „Usability guidelines for usable user interface“. In: International Journal of Research in Engineering and Technology 3.9, S. 79–82

## Bilder:

- Questionmark-Icon: Selbst erstellt

# Quellen

---

## Literatur:

Kuss, Alexander et al. (2017).

**„Manufacturing task description for robotic welding and automatic feature recognition on product CAD models“.**

In: *Procedia CIRP* 60, S. 122–127.

Rossano, Gregory F et al. (2013).

**„Easy robot programming concepts: An industrial perspective“.**

In: *2013 IEEE international conference on automation science and engineering (CASE)*. IEEE, S. 1119– 1126.

Vogl, Wolfgang (2009).

**Eine interaktive räumliche Benutzerschnittstelle für die Programmierung von Industrierobotern.**

Bd. 228. Herbert Utz Verlag.

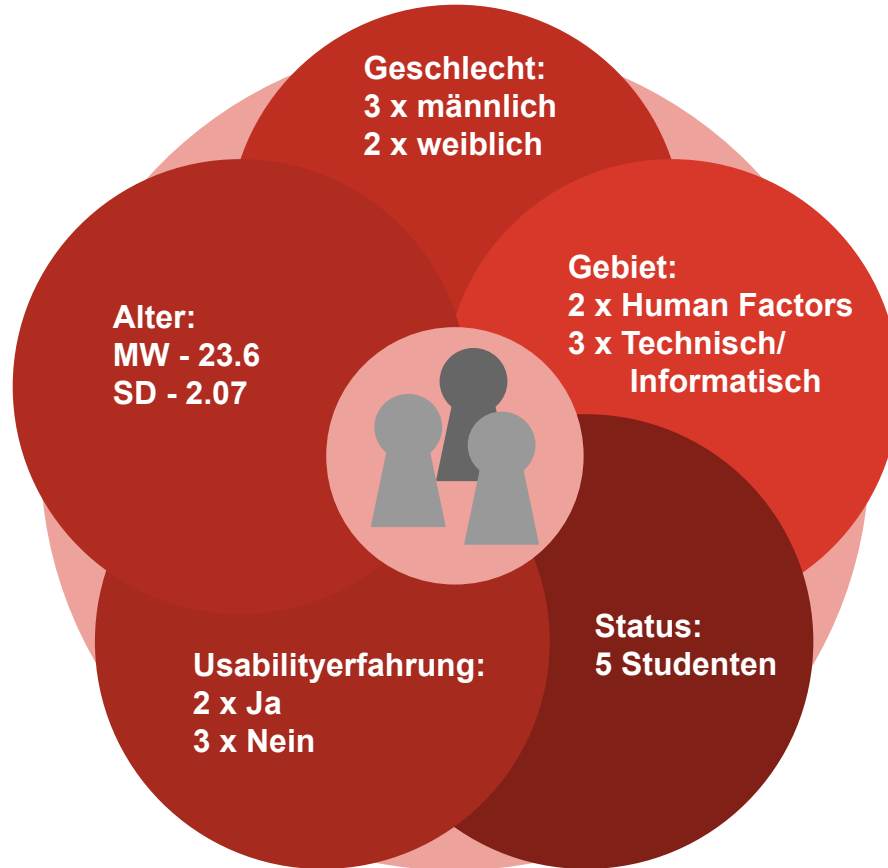
## Bilder:

- Hand: <https://pixabay.com/vectors/index-finger-pointing-pointer-hand-309826/>
- Question: Icons made by "https://www.flaticon.com/authors/freepik" [www.flaticon.com](http://www.flaticon.com)

# Anhang

# Usabilitytestung - Stichprobe

---







## Begrüßung

Im Folgenden werde ich Dir eine Touchapplikation vorstellen zu welcher Dir Aufgaben gestellt werden. Vorerst möchte ich allerdings erklären, welchen Zweck diese zu erfüllen hat. Es handelt sich dabei um beispielsweise Schweißvorgänge. In der App, die du geich testen wirst,

⋮

## Einführung

Auf diesem Tablett siehst du die erstellte Applikation. In der Mitte siehst du eine Form. Diese stellt das Bauteil dar. (Kanten mit Finger zeigen). Rechts befindet sich das Menü. Nutze dieses, um die folgenden Aufgaben zu lösen.

⋮

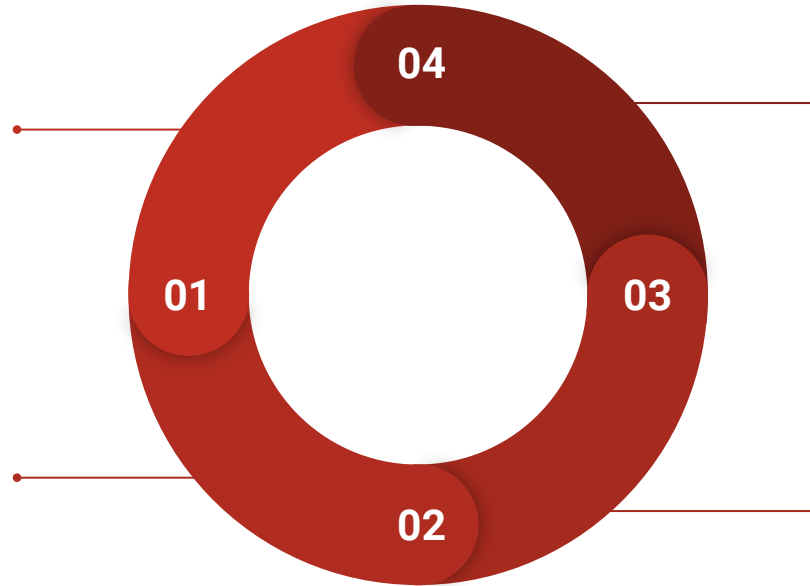


## 8 Shneidermansche Regeln

Konsistenz, Informatives  
Feedback, Fehler vermeiden,  
Benutzerkontrolle gewährleisten,  
Kurzzeitgedächtnis entlasten,...

## Gestaltprinzipien der visuellen Wahrnehmung

Gesetz der Nähe, Gesetz der  
Ähnlichkeit, ....



## Informationsdesigns aus ISO 9241-12

Erkennbarkeit, Unterscheidbarkeit,  
Lesbarkeit

## Dialogprinzipien laut DIN EN ISO 9241-110

Erwartungskonformität,  
Steuerbarkeit, ...

Kuss, Alexander et al. (2017).

„Manufacturing task description for robotic welding and automatic feature recognition on product CAD models“.

In: *Procedia CIRP* 60, S. 122–127.

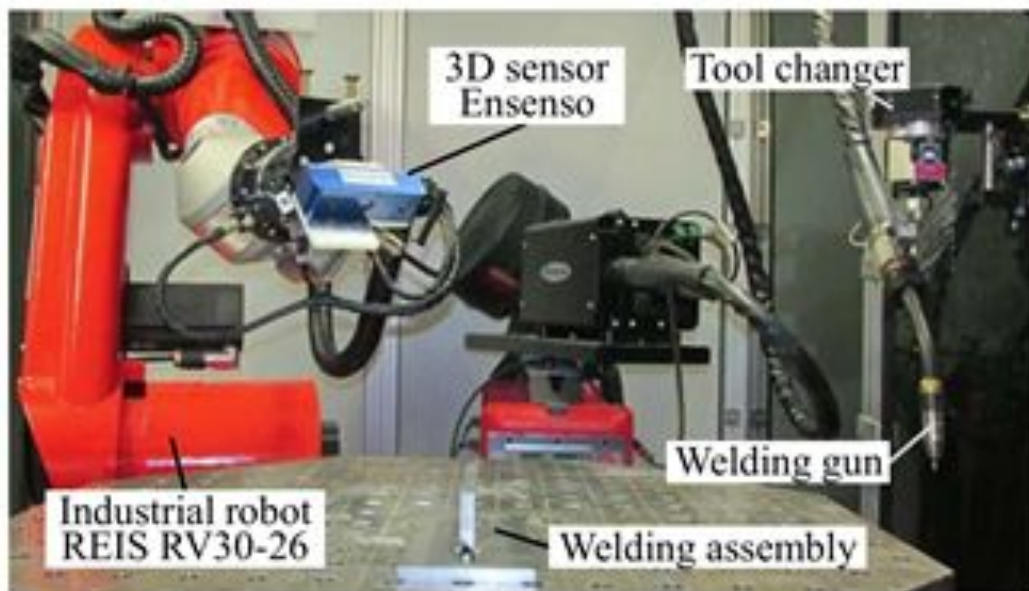


Fig. 1: Setup of robotic welding system at Fraunhofer IPA.



Rossano, Gregory F. et al. (2013).

„Easy robot programming concepts: An industrial perspective“.

In: 2013 IEEE international conference on automation science and engineering (CASE). IEEE, S. 1119– 1126.



- *High-Level vs. Low-Level Programming: editing, tuning, debugging*



- *Offline vs. Online Programming*



- *Graphical Programming Approaches vs. Code*



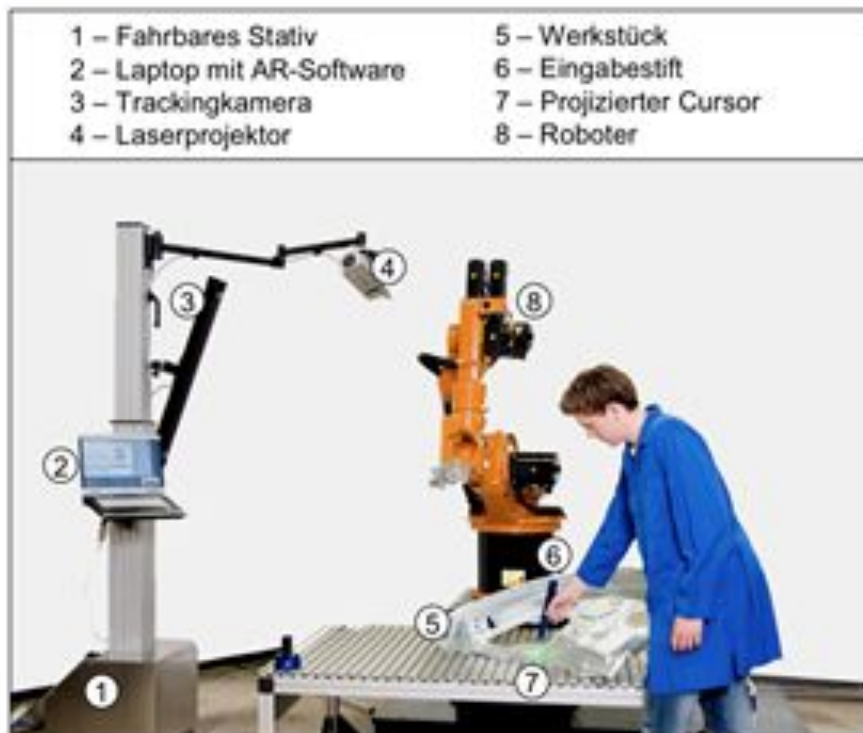
- *Providing Guidance to the Programmer*

# Stand der Technik

---

Vogl, Wolfgang (2009).

Eine interaktive räumliche Benutzerschnittstelle für die Programmierung von Industrierobotern.  
Bd. 228. Herbert Utz Verlag.



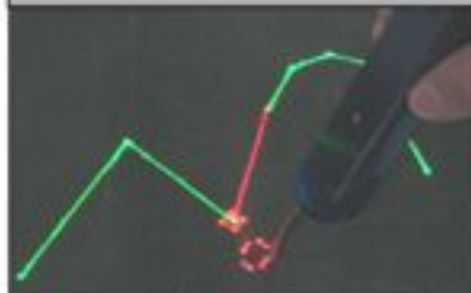
# Stand der Technik

Vogl, Wolfgang (2009).

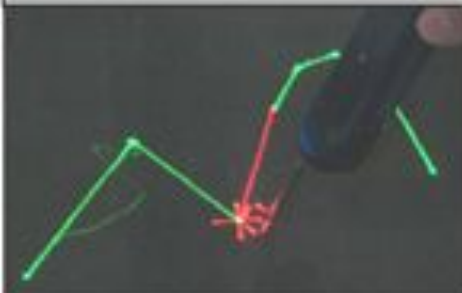
Eine interaktive räumliche Benutzerschnittstelle für die Programmierung von Industrierobotern.

Bd. 228. Herbert Utz Verlag.

1. Annähern



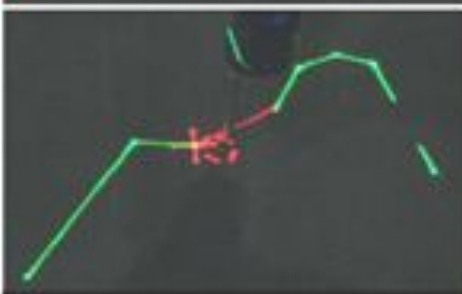
2. Selektieren



3. Umpositionieren



4. Loslassen



- 1 – Eingabestift
- 2 – Projizierter Cursor
- 3 – Projizierte Trajektorie