

**Fachschule für Technik**  
Fachrichtung Mechatronik  
Schwerpunkt Fertigungsautomatisierung und Robotik

Projektbeschreibung:  
**Erstellen eines automatisierten Testszenarios  
für den kollaborativen Roboter Omron TM12  
mit entsprechenden Arbeitsstationen**



**Projektteilnehmer:**

Kevin Anacker  
Kevin Döring  
Dennis Drexler  
Klaus Grewe  
Benedikt Imhof  
Johanna Klewitz

**Projektbetreuer der Schule:**

Matthias Clausius

**Projektbetreuer der Firma AEM:**

Dr. Alexander Gaul

**Schule:**

Berufliche Schulen Bad Hersfeld  
Am Obersberg  
36251 Bad Hersfeld

**Projektpräsentation:**

07.06.2025

## Motivation und Ziel der Arbeit

In den von der Firma AEM August Elektrotechnik GmbH aus Hohenroda realisierten Anlagen werden zunehmend kollaborative Roboter eingesetzt. Diese Art von Roboter ist auf die direkte Zusammenarbeit mit dem Menschen ausgelegt, ohne dass eine physische Schutz Einrichtung, wie ein Sicherheitszaun, erforderlich ist.

Zur Gewährleistung der Sicherheit, sowie zur Minimierung von Fehlern und Ausfällen müssen die Roboter mit konsistenter Qualität an den Kunden ausgeliefert werden.

Um sicherstellen zu können, dass die Roboter zuverlässig arbeiten, bestand das Ziel der Projektarbeit darin, ein weitgehend automatisiertes Testszenario zu realisieren und die im Prüfprozess gesammelten Ergebnisse in einem Prüfprotokoll zu dokumentieren.

## Roboter

Die Beruflichen Schulen Obersberg in Bad Hersfeld sind mit dem kollaborativen Roboter OMRON TM12 ausgestattet. Die integrierte Kamera kann Farben, Formen, Muster, QR-Codes, DataMatrix-Codes sowie spezielle Landmarks erkennen und auf diesen basierend ein Koordinatensystem definieren (Abb. 1). Für das Handhaben von Objekten ist am Roboter ein Hand-E-Greifer von Robotiq mit 3D-gedruckten Greiferbacken verbaut.



Abb. 1: Landmark

## Arbeitsablauf

Zum Beginn des Projektes wurden von der Firma AEM die folgenden Funktionen des Roboters als zu prüfend festgelegt:

- Positions- und Wiederholgenauigkeit
- Kamerafunktion
- Sicherheits-Kraftabschaltung

Somit mussten für die Realisierung des Testszenarios drei Arbeitsstationen konstruiert, gefertigt und in Betrieb genommen werden. Hierbei wurden Bauteile im 3D-Druck, aber auch mit konventionellen Fertigungsverfahren, wie das Fräsen, hergestellt. Zudem wurden Laser-Distanzsensoren, eine Wägezelle und ein Messumformer ausgewählt und in Betrieb genommen. Die Datenerfassung wurde über eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) realisiert und die Kommunikation der Komponenten (Roboter und SPS mit Laptop) über Modus TCP hergestellt. Zur Datenauswertung und Erstellung des Prüfprotokolls war es erforderlich, sich in die Programmiersprache Python einzuarbeiten und für die Programmierung des Roboters in die Software TMflow.

## Testszenario

In der nachfolgenden Abbildung ist der Aufbau des Testszenarios dargestellt.

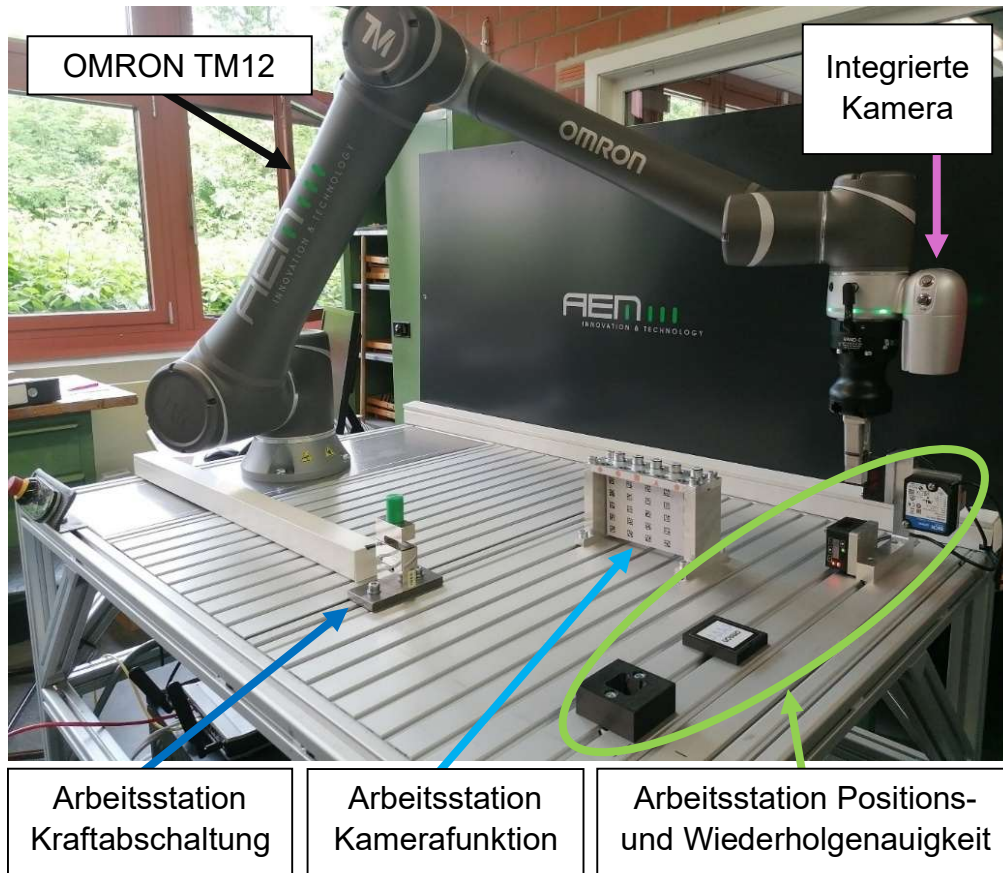


Abb. 2: Testszenario

Unterhalb des Arbeitsbereichs befindet sich die Technik für die Erfassung und Übertragung der Daten.

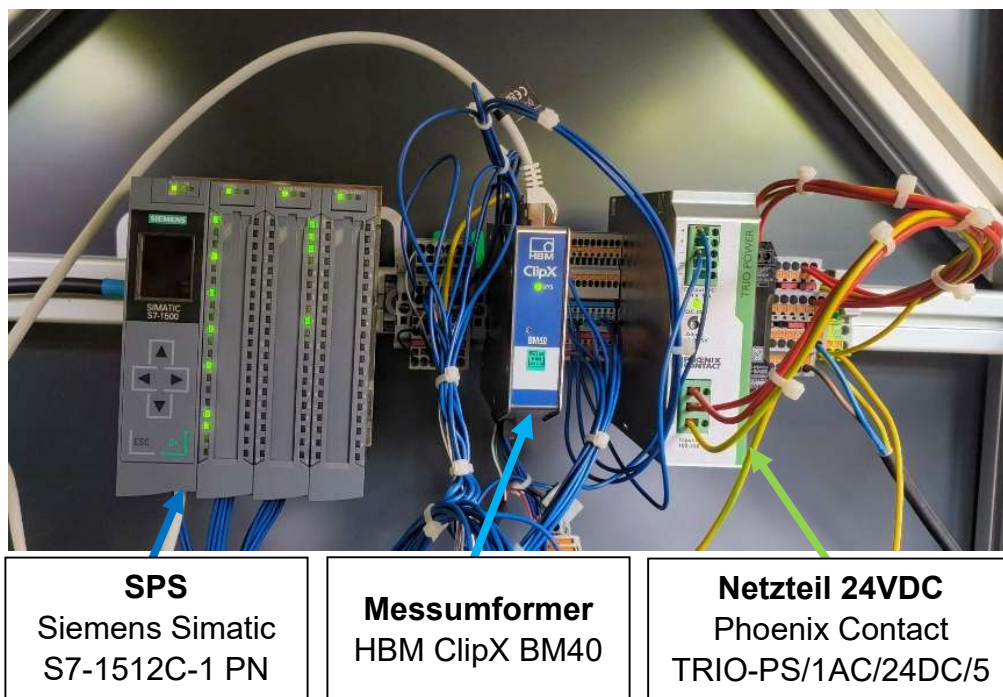


Abb. 3: Aufbau der Steuerung

## Arbeitsstation Positions- und Wiederholgenauigkeit

Die Überprüfung der Genauigkeit des Roboters erfolgt durch das mehrfache Anfahren einer Position mit gegriffenem Messwürfel (Abb. 4). Die Position des Würfels wird jeweils von Laser-Distanzsensoren in X-, Y- und Z-Richtung gemessen (Abb. 5) und die Werte an die SPS übergeben.

- Zur Bestimmung der Positionsgenauigkeit wird die Position aus fünf unterschiedlichen Startpositionen angefahren.
- Zur Bestimmung der Wiederholgenauigkeit wird die Position fünfmal mit derselben räumlichen Bewegung angefahren.

Die Abweichungen zur programmierten Position werden sowohl zur Roboterbasis als auch im Koordinatensystem der benachbarten Landmark ermittelt.

Für ein reproduzierbares Greifen befindet sich der Messwürfel in einer selbstzentrierenden Ablage.



Abb. 4: Messwürfel

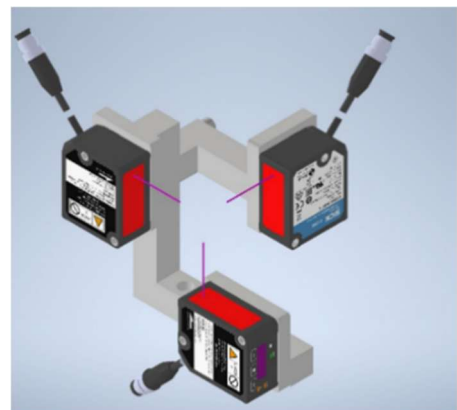


Abb. 5: Laser-Distanzsensoren mit Halter

## Arbeitsstation Kamerafunktion

Die Arbeitsstation zur Überprüfung der Kamerafunktion setzt sich aus einem Regal mit fünf Prüfkörpern (Abb. 6) zusammen. Die Prüfkörper bestehen aus Schrauben unterschiedlicher Länge mit jeweils einer farbigen Geometrie am Kopf.

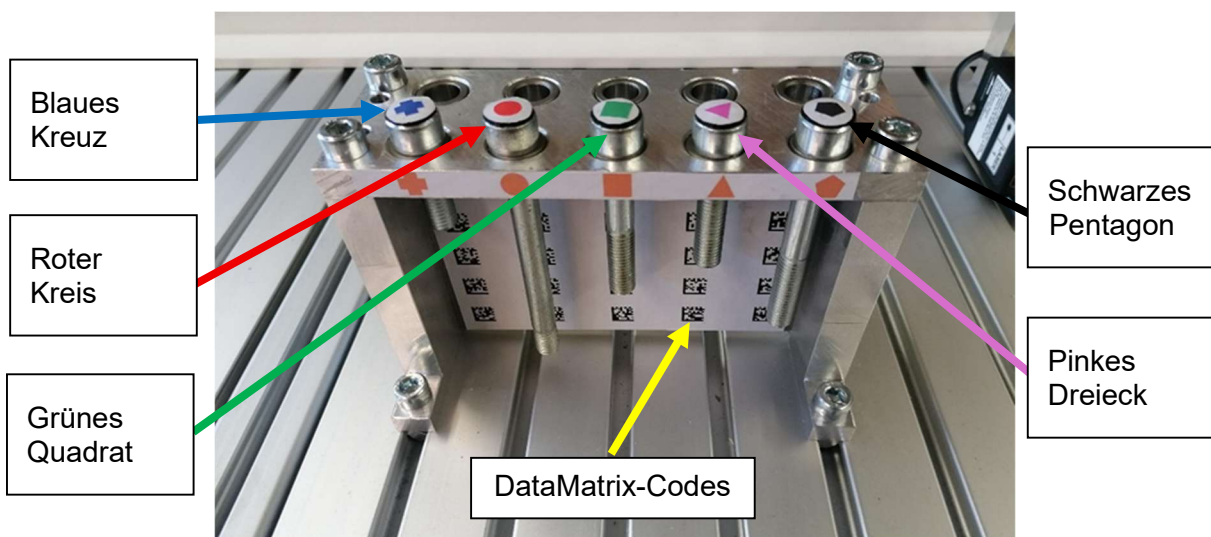


Abb. 6: Regal mit Prüfkörpern

Nacheinander werden die Köpfe der Prüfkörper von der Kamera gescannt und mit der in der Formerkennung des Roboters hinterlegten Geometrie verglichen. Stimmen diese überein, wird der Prüfkörper auf die entsprechende Position auf der gegenüberliegenden Seite des Regals gesetzt. Anschließend muss die nächste Geometrie erkannt werden. Nachdem alle Prüfkörper zugeordnet sind, scannt die Kamera die DataMatrix-Codes auf der Seite des Regals (Abb. 6). Je nach Prüfkörperlänge ist eine unterschiedliche Anzahl an Codes pro Prüfkörperposition lesbar. Dies ermöglicht die automatisierte Kontrolle der korrekten Zuordnung.

Anschließend werden die Prüfkörper nach den im Roboter hinterlegten Farben auf die Ursprungsseite des Regals gesetzt und die Zuordnung über die auch dort angebrachten DataMatrix-Codes geprüft.

## Arbeitsstation Kraftabschaltung

Zur Durchführung des Tests zur Kraftabschaltung des Roboters wird eine Wägezelle eingesetzt. Diese ermöglicht den Abgleich zwischen der gemessenen Kraft und der vom Roboter erfassten. Aufgrund der geringen Messspannung der Wägezelle wird deren Ausgangssignal zunächst mit dem Messumformer in ein Einheitssprungsignal umgewandelt und dann an die SPS übertragen.

Der Roboter fährt zweimal hintereinander mit der programmierten Geschwindigkeit auf die Wägezelle und soll beim Erreichen einer definierten Kraft die Bewegung stoppen. Die Prüfung erfolgt sowohl im Automatikmodus als auch mit reduzierter Kraft im manuell aktivierten kollaborativen Modus.

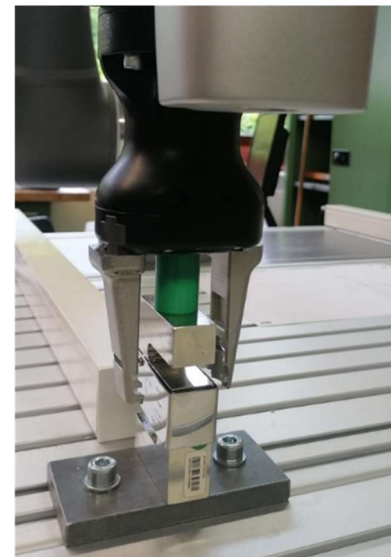


Abb. 7: Kraftmessung

Abschließend fährt der Roboter im kollaborativen Modus bis zum Erreichen der hinterlegten Abschaltbedingung auf die Wägezelle und muss anschließend von Hand zurückgefahren werden.

## Abnahmeprotokoll

Alle gemessenen Werte und die in Python berechneten Abweichungen bei der Positions- und Wiederholgenauigkeit werden automatisiert in eine Excel-Tabelle geschrieben. Nach Beendigung des Roboterprogramms wird geprüft und dokumentiert, ob die Einzeltests und der Gesamttest bestanden wurden. Auszüge aus dem Abnahmeprotokoll sind in den Abbildungen 8 und 9 dargestellt.

5. Visuelle Erfassung:				
Farberkennung:				
Grün	Pink	Blau	Schwarz	Rot
i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.
Einzeltest Bestanden?: <input checked="" type="checkbox"/> Ja				
Formerkennung:				
Kreuz	Kreis	Quadrat	Dreieck	Pentagon
i.O.	i.O.	i.O.	i.O.	i.O.
Einzeltest Bestanden?: <input checked="" type="checkbox"/> Ja				

Abb. 8: Abnahmeprotokoll Kamerafunktion

3. Genauigkeit Landmark			
Sollposition:			
	Referenzwerte Roboter:	Referenzwerte Sensoren:	
X:	957,17993	54,97355	
Y:	240,44442	53,54039	
Z:	157,28063	52,59641	
Fahrt 1:			
	Achswerte Roboter:	Messwerte Sensoren:	Errechnete Abweichung:
X:	960,4354248	50,85040011	-0,076857001
Y:	239,9805756	54,06392694	-0,076857001
Z:	158,3291168	53,66065374	-0,0036168
Fahrt 2:			
	Achswerte Roboter:	Messwerte Sensoren:	Errechnete Abweichung:
X:	960,4307861	50,86396311	-0,090420001
Y:	239,9872437	54,04313034	-0,090420001
Z:	158,3253937	53,65522854	0,0018084
Fahrt 3:			
	Achswerte Roboter:	Messwerte Sensoren:	Errechnete Abweichung:
X:	960,4337769	50,86215471	-0,088611601
Y:	239,9885254	54,06302274	-0,088611601
Z:	158,3291168	53,65974954	-0,0027126
Fahrt 4:			
	Achswerte Roboter:	Messwerte Sensoren:	Errechnete Abweichung:
X:	960,4354248	50,84768751	-0,074144401
Y:	239,9805756	54,06483114	-0,074144401
Z:	158,3291168	53,63624034	0,0207966
Fahrt 5:			
	Achswerte Roboter:	Messwerte Sensoren:	Errechnete Abweichung:
X:	960,4337769	50,86577151	-0,092228401
Y:	239,9885254	54,07839414	-0,092228401
Z:	158,3291168	53,68506714	-0,0280302

Durchschnittliche Abweichung : -0,05708516

Einzeltest Bestanden?: **Ja**

Abb. 9: Abnahmeprotokoll Genauigkeit Landmark

## Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass das entwickelte Testszenario wie geplant funktioniert und eine weitgehende Automatisierung aller Prüfschritte erlaubt. Zudem besteht die Möglichkeit, einzelne Tests gezielt zu wiederholen, etwa zur vertieften Validierung eines bestimmten Aspekts. Damit bietet das System eine solide Grundlage zur Qualitätssicherung beim Einsatz des OMRON TM12 und lässt sich durch gezielte Erweiterungen an zukünftige Anforderungen, wie das Lesen von QR-Codes, anpassen. Um die Tests mit einem anderen Roboter durchführen zu können, wäre es notwendig, das Bohrbild des Roboterfußes auf die Teststation zu übertragen und die exakte Ausrichtung durch die Verwendung von Passstiften sicherzustellen.