

ONLINE GESTEUERTE LEHRPLATTFORM FÜR BILDERKENNUNG UND ROBOTERSTEUERUNG

StudentIn: KATZENSCHWANZ, Julian **PK:** 1610330034

FH-BetreuerIn: SCHREMSER, Dominik, BSc

Kurzfassung: Bilderkennung und Roboterkontrolle werden in der Automatisierung häufig gemeinsam eingesetzt - beispielsweise beim Verpacken von Pralinen mit Hilfe eines Kamerasystems und eines Delta-Roboters. In der Ausbildung erfolgt die Bilderkennung jedoch oft nur virtuell, ohne praktische Probleme zu lösen. Es sollte ein Demonstrator bereitgestellt werden, um durch praktische Übungen das virtuell Gelernte zu vertiefen. Dieser muss kompakt und zuverlässig sein, um ihn als geeignetes Lerninstrument für akademische Fakultäten rechtfertigen zu können. Ebenso sollte eine hohe Auslastung angestrebt werden, damit die Anlage durchgehen relevant ist. Diese Arbeit bildet die Grundlage für einen Online-Demonstrator, um mehr Nutzer zu erreichen. Ein kartesischer Roboter in Portalbauweise wird entwickelt und mit einer Kamera und einem Elektromagneten als Endeffektor ausgerüstet. Der Roboter wird online über eine numerische Steuerung betrieben. Nach der Lokalisierung der Puzzleteile in einer Bilderkennungsübung kann der Roboter zum Testen der angewendeten Methoden und als praktisches Beispiel zum Lösen der Puzzles verwendet werden. Der konstruierte Portalroboter ist in der Lage, Puzzleteile mithilfe standardisierter numerischer Steuerungssprachen zu manipulieren. Ein Konzept für die Online-Implementierung der Kamera und der Steuerungsschnittstelle wurde entwickelt, aber im Rahmen dieser Arbeit nicht umgesetzt. Der Portalroboter ist in der Lage seine vorgesehene Aufgabe zu erfüllen, der Gesamtprozess muss aber noch verbessert werden, um eine funktionelle Lehrplattform zu erhalten. Zukünftig könnte an der Implementierung des Kamerasystems und der Onlineverbindung, der Entwicklung unterschiedlicher Puzzle und dem Erstellen von Bedienungs- und Übungsanleitungen gearbeitet werden.

Schlüsselwörter: Bilderkennung, Robotersteuerung, G-Code, Online Lehrplattform, Demonstrator, ferngesteuerte Laboratorien.

1. EINLEITUNG

Bilderkennung und Roboterkontrolle sind zwei Problemstellungen, die häufig gemeinsam in der Automatisierungstechnik auftreten – zum Beispiel um Bauteile auf einem Förderband zu erkennen und per Pick-and-Place-Anwendung korrekt einzusortieren.

In der Lehre wird Bilderkennung oft nur virtuell abgehandelt, ohne Bezug zu praxisnahen Problemstellungen [1]. Für Roboterkontrolle wird dagegen meist auf Simulationssoftware zurückgegriffen oder auf simple Einführungsübungen an teuren Industrierobotern, falls diese im Lehrinstitut überhaupt vorhanden sind.

Ein vereinen dieser zwei Lehrbereiche in einer praktischen, praxisnahen Übung würde helfen gelerntes zu verfestigen, ein reales Gefühl für Industrieanwendungen schaffen und Interesse an Automatisierungstechnik wecken [2].

Dazu wird ein Demonstrator benötigt, anhand dessen Übungen vollzogen werden können.

2. PROBLEM- UND AUFGABENSTELLUNG

Ziel dieser Bachelorarbeit ist das Entwickeln und Fertigen eines Demonstrators für die Lehre. Dieser soll Online steuerbar sein, um Studenten überall auf der Welt zur Verfügung zu stehen. Das Hauptaugenmerk der Lehrapplikation ist die praktische Umsetzung von Bilderkennungsmethoden an einem Roboter.

Der Fokus der Arbeit liegt somit im Entwickeln und Fertigen einer soliden Roboterplattform, die als Grundlage des Demonstrators dienen soll. Nach robuster Erfüllung dieser Ziele wird die Vervollständigung der Lehrplattform angestrebt, besonders die Kamera- und Onlineimplementierung, da diese wesentliche Bestandteile der Lehrplattform sind.

3. MATERIALIEN UND METHODEN

Die Entwicklungsarbeit hält sich an das Drei-Ebenen-Vorgehensmodell nach Bender. Dabei werden besonders auf die Unterteilung in System-, Subsystem- und Komponentenebene, als auch auf den Mechanik-, Hardware- und Softwarestränge Wert gelegt [3]. Kombiniert wird das Vorgehensmodell mit einer Vereinfachung des agilen Rahmenwerks von Scrum, was die angewendete Organisations- und Kommunikationsart maßgeblich formt [4]. Dies wird mithilfe des Projektmanagementtools Trello umgesetzt und in Form von Karten und Checklisten festgehalten.

4. PRAKTISCHE DURCHFÜHRUNG

Für die Entwicklung und Fertigung des Portalroboters wurde ein vollständiges, maßgetreues CAD-Modell (Computer-Aided Design) erstellt. Dies beinhaltet die Positionen und Maße aller relevanten Bauteile des echten Roboters.

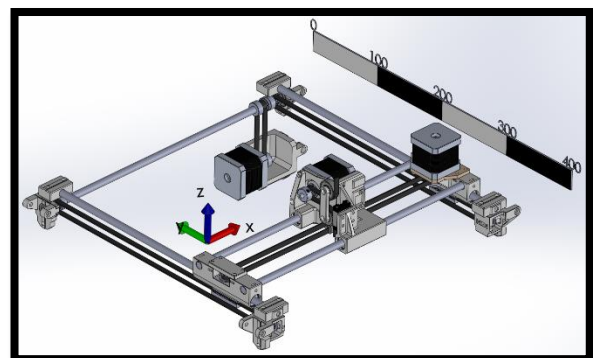


Abb. 1: Einzelbetrachtung X- und Y-Achse

Die Abb. 1 zeigt den Aufbau der X- und Y-Achsen. Die zwei Rundführungen der Y-Achse sind am Rahmen aufgehängt. Beide haben je einen angetriebenen Schlitten, auf dem die zwei Rundführungen, Umlenkrolle und der Motor mit Zahnriemenscheibe der X-Achse befestigt sind. Die Bewegung der beiden Y-Schlitten wird über eine Welle synchronisiert, welche von einem der Schrittmotoren angetrieben wird.

Ein weiterer Schrittmotor bewegt die Profilschiene der Z-Achse, in dem er einen Zahnriemen antreibt, der über zwei Kugellager umgelenkt wird. Der Motor sowie der Schlitten der Profilschiene sind dabei am Schlitten der X-Achse montiert.

Der Endeffektor (Abb. 2) besteht aus einem Elektromagneten, einer Federung mit 5,5mm Federweg, einem Hohlwellenschrittmotor und einem Schleifring. Der Verlauf der Kabel des Elektromagneten ist in Blau dargestellt. Der Schleifring erlaubt kontinuierliche Rotation des Elektromagneten, da somit keine Kabel verdreht werden.

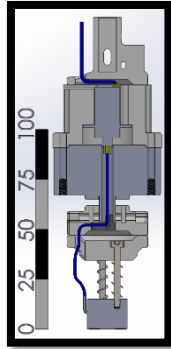


Abb. 2:
Endeffektor

5. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Der in Abb. 3 zu sehende Portalroboter ist das Ergebnis dieser Arbeit. Er ist instande über das Anfahren von drei Endschalter einen Homing-Zyklus durchzuführen, bei dem er seine X-, Y- und Z-Koordinaten Nullsetzen kann. Die rotatorische A-Achse des Endeffektors kann kontinuierlich gedreht werden und benötigt dadurch keine Limitierung. Die maximalen Verfahrswege von X=215mm, Y=225mm und Z=200mm werden Softwareseitig überwacht.

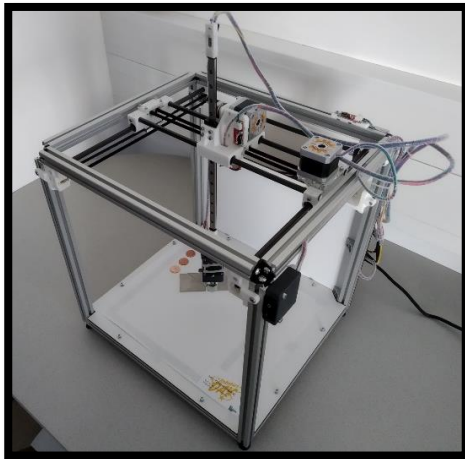


Abb. 3: Puzzleroboter isometrische Gesamtansicht

Der Endeffektor verfügt über einen Federweg von 5,5mm, was zusätzliche Sicherheit und Flexibilität in der Z-Achse sicherstellt. Damit können Anwenderfehler in der Wahl der Z-Koordinaten, wie z. B. nichtbeachten der Puzzleteilstärke oder mehrere übereinanderliegende Puzzleteile, ausgeglichen werden.

Die Endeffektorhalterung, wahlweise mit oder ohne Rotationsachse, ist modular aufgebaut. Die verwendeten Flanschmaße entsprechen den von NEMA 17 Schrittmotoren, mit einem Lochabstand von je 31mm für M3 Schrauben. Der Schleifring bietet eine Kabeldurchführung von 12 Polen. Dies ermöglicht Flexibilität beim Wechseln der Endeffektoren, sollten zukünftige Änderungen dies verlangen.

Der Roboter verfügt über einen Kippschalter, der die 12V Generation des Netzgeräts steuert. Dadurch können die Aktuatoren des Roboters einfach stromlos geschaltet werden, um beispielsweise den Roboter händisch zu bewegen, ohne die Steuerung ebenso deaktivieren zu müssen.

Der Endeffektor weist ein hohes Spiel in Nähe der Puzzelfläche auf, verstärkt durch die Länge der ausgelenkten Z-Achse. Dies ist hauptsächlich bedingt durch ein Spiel zwischen den Gleitlagern und dem Schlitten der X-Achse – aber auch durch die Flexibilität der verwendeten Polyamid SLS-Strukturbauteile, sowie die der Aluminium-Rundführungen.

Während das Spiel mit $\pm 2\text{mm}$ in X-Richtung und $\pm 4\text{mm}$ in Y-Richtung beträchtlich ist, fällt es im praktischen

Puzzlebetrieb nur wenig ins Gewicht. Der Großteil dieses Spiels tritt nur auf, wenn der gesamte X-Schlitten angehoben wird. Im Puzzlebetrieb treten solche Querkräfte bei dem Aufnehmen und Ablegen der Puzzleteile in der Regel nicht auf, da in solchen Pick and Place Anwendungen zu diesen Zeitpunkten keine Beschleunigungen in X-Y-Ebene stattfinden dürfen, lediglich in Z-Richtung.

Unter Beachtung der Regel, dass genaues Aufnehmen und Ablegen nur unter Verwendung der Z-Achse auszuführen sind, ist eine Wiederholgenauigkeit $< 1\text{mm}$ zu erreichen.

Der Roboter wurde mit Maximalgeschwindigkeiten von 250mm/s und Beschleunigungen von 800mm/s² betrieben, was gute Ergebnisse erzielte.

Für die Ansteuerung des Roboters kann im Netzwerk über den Online G-Code Sender ChiliPeppr eine Verbindung mit einem Raspberry Pi aufgebaut werden, wodurch drahtloses Konfigurieren und Steuern des Roboters mittels G-Code Programmen und Befehlen möglich wird. Dies ist ideal zum Testen und Vorführen des Roboters, erlaubt in dieser Konfiguration aber keinen Zugriff von Computern außerhalb des Netzwerks.

6. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

In dieser Arbeit wurde ein Demonstrator konzipiert und entwickelt, der in fertiger Ausführung als Online Lehrplattform dienen soll, um Nutzern eine praktische Anwendung von Bilderkennung und Roboterkontrolle zu bieten. Die systematische Vorgehensweise trug maßgeblich zum Erfolg dieser Arbeit bei.

Alle notwendigen Subsysteme wurden analysiert und konzeptioniert, unter Beachtung der gegebenen Rahmenbedingungen. Anschließend wurde auf Komponentenebene der Puzzlebot näher ausgearbeitet. Vorhandene Komponenten wurden evaluiert, fehlende Fertigteile bestellt und restliche Bauteile in CAD konstruiert und gefertigt. Das Ergebnis ist ein fertiger Portalroboter mit kontinuierlich rotierbarem Elektromagnet als Endeffektor, zur Manipulation von ferromagnetischen Puzzleteilen. Die Ansteuerung erfolgt nach Industriestandard über G-Code, einer numerischen Programmiersprache für CNC-Maschinen.

Während diese Arbeit einen soliden Grundstein für eine einsatzfähige online Lehrplattform legt, fehlt Softwareseitig die Implementierung der Kamera und einer nutzbaren, sicheren Onlineanbindung. Im Falle der Kamera kann ein Raspberry Pi dazu genutzt werden diese per MJPEG Stream online zu stellen. Die Onlineanbindung kann über einen OPC-UA Server (Open Platform Communications, Unified Architecture) am Raspberry Pi vorgenommen werden. Dabei können Daten, z. B. X-, Y- und Z Koordinaten in G-Code umgewandelt und an die serielle Schnittstelle des G-Code Interpreters weitergeleitet werden. Eine konstruktive Änderung an den Schlitten der X- und Y-Achsen ist ratsam, um das Spiel zwischen Schlitten und den Gleitlagern zu eliminieren.

Für die Fertigstellung der Lehrplattform könnte weiters auch an zusätzlichen Puzzles, sowie dem Erstellen einer Bedienungs- und Übungsanleitung gearbeitet werden.

7. LITERATURVERZEICHNIS

- [1] S. Jorda, „Viel Forschung, wenig Praxis“, *Phys. J.*, Bd. 13, Nr. 5, S. 8, 2014.
- [2] T. Roth, R. Kirsch, C. Greß, A. Schwingel, U. Hein, und J. Appel, „Authentische Anwendungsbeispiele für eine praxisorientierte Lehre in MINT-Fächern“, 2014.
- [3] K. Bender, *Embedded Systems - qualitätsorientierte Entwicklung*. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005.
- [4] K. Schwaber und J. Sutherland, „The Scrum Guide: The Definitive The Rules of the Game“, *Scrum.Org and ScrumInc*, Nr. November, S. 19, 2017.