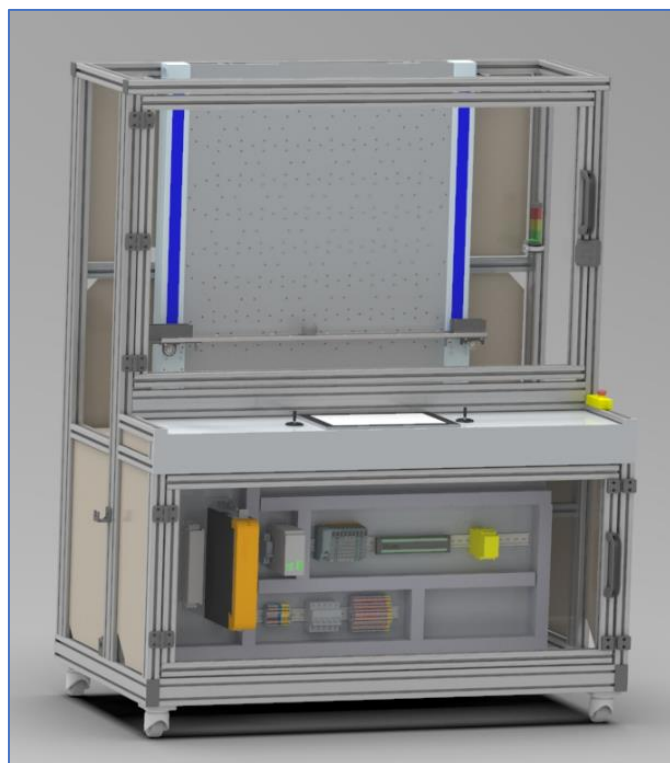


# Bewerbung zum BVT-Award 2024

„Projektierung und Implementierung eines Hindernisparcours mit sensorgestützter Kollisionsüberwachung und dynamischer Prozessregelung mittels B&R-Komponenten“



**Auftraggeber:**

Name Florian Brüning  
Firma bbs|me Hannover  
Anschrift Lavesallee 14  
30169 Hannover

**Auftragnehmer:**

Name Julian Heidelmann  
Ruslan Semagin  
Josef Herzog  
Firma bbs|me Hannover  
Anschrift Lavesallee 14  
30169 Hannover

## Einleitung

Diese Modellanlage veranschaulicht die Einsatzmöglichkeiten von Schlüsseltechnologien in der Automatisierung von Produktionsprozessen und dient der Demonstration moderner Steuerungstechniken und exakter Bewegungen in industriellen Umgebungen. Sie dient als Plattform zur Demonstration und Entwicklung von Achsensynchronisation und sicherer Navigation autonomer Fahrzeuge mittels Kollisionserkennung.

Die Anlage soll ein Geschicklichkeitsspiel darstellen, bei dem das Spiel entweder durch eine Regelung der Linearachsen oder durch einen menschlichen Spieler gemeistert werden kann. Ziel des Spiels ist es, die Kugel durch einen senkrechten Hindernisparcours, dessen Hindernisse durch LED-Gruppen visualisiert werden, zu manövrieren. Der Spieler soll die Linearachsen einzeln per Joystick steuern, um die Kugel auf dem Schienensystem zu balancieren und das Ziel im oberen Bereich erreichen zu können. Im automatischen Betrieb wird die Geschwindigkeit der Kugel für das Anhalten und Ausweichen über eine Regelung bestimmt und so der Kurs autonom absolviert.

## Mechanische Konstruktion

Die Anlage besteht aus einem Gestell, das die Anlagenkomponenten aufnimmt, einem Schaltschrank für die elektronischen Steuerungskomponenten und dem eigentlichen Geschicklichkeitsspiel.

### Geschicklichkeitsspiel

Das Geschicklichkeitsspiel wurde aus dem bekannten Kinderspiel "Wand-Ball-Labyrinth" abgeleitet (siehe Abb. 1).

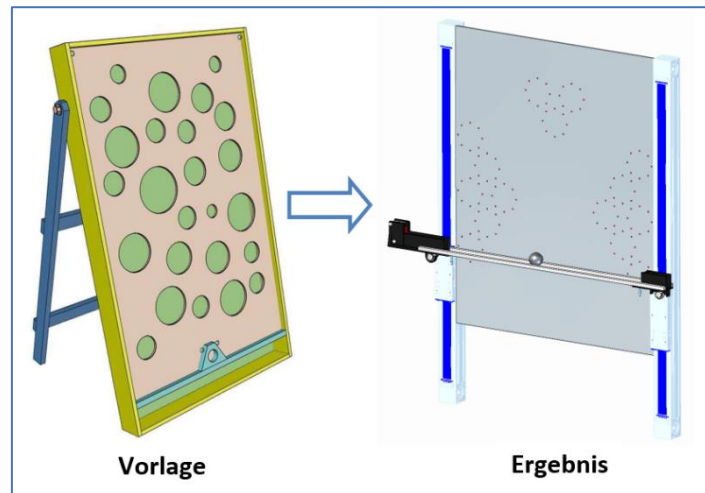


Abbildung 1: Umsetzung des Geschicklichkeitsspiels

Für die Umsetzung des Hindernisparcours wurde eine vertikal montierte Faserplatte mit LED-Gruppen bestückt und auf der Vorderseite mit grauer Folie beklebt, wodurch nur aktive LED-Gruppen sichtbar sind. Als Spielball wurde eine Hartmetall-Kugel gewählt, da der Reibungskoeffizient der Kugel so sehr gering ist.

Zwei vertikal montierte Linearachsen sind an ihren Schlitten über ein Schienensystem miteinander verbunden, ermöglichen das Manövrieren der Kugel. Das Schienensystem ist mittels unterschiedlichen Lagerungsarten (Gelenklager und Gleitlager) verbunden.

Für die Kollisionserkennung wurde eine Montagemöglichkeit für einen Distanzsensoren integriert, damit die Kugelposition auf dem Schienensystem in Echtzeit erfasst werden kann.

### Schaltschrank

Für die Unterbringung der Steuerungskomponenten wurde ein Schaltschranklayout entwickelt. Bei der Erstellung wurde auf die Einhaltung der Vorschriften „Errichtung von Niederspannungsanlagen“ geachtet. Die Anlage wurde außerdem in Last- & Steuerkreis eingeteilt und Leiterüberschneidungen wurden beim Verdrahten vermieden, um mögliche Signalstörungen zu mindern.



Abbildung 2: Schaltschrank nach Fertigung

## Gestell

Um den Parcours und Schaltschrank in einem zentralen System zusammenzufügen, wurde ein Gestell (siehe Abb. 3) mit Verkleidungen und zwei Türen entwickelt. Durch das entwickelte Konzept wird ein Zugriffsschutz gewährleistet. Das Gestell wurde aus Aluminiumprofilen gefertigt und ist durch Faserplatten oder Acrylglas abgedeckt. In das Gestell wurde außerdem die Benutzerschnittstelle integriert.

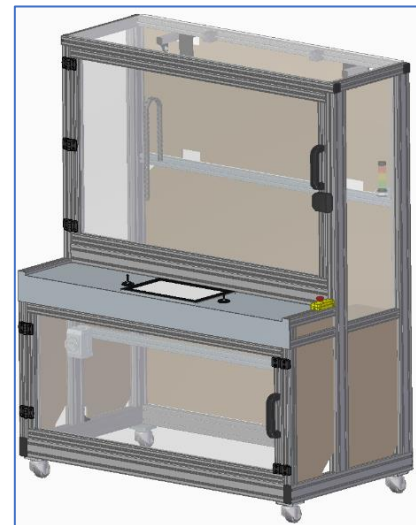


Abbildung 3: Entwickeltes Gestell

## Hardware-Topologie

Die Anbindung der Steuerungskomponenten erfolgt mittels Powerlink.

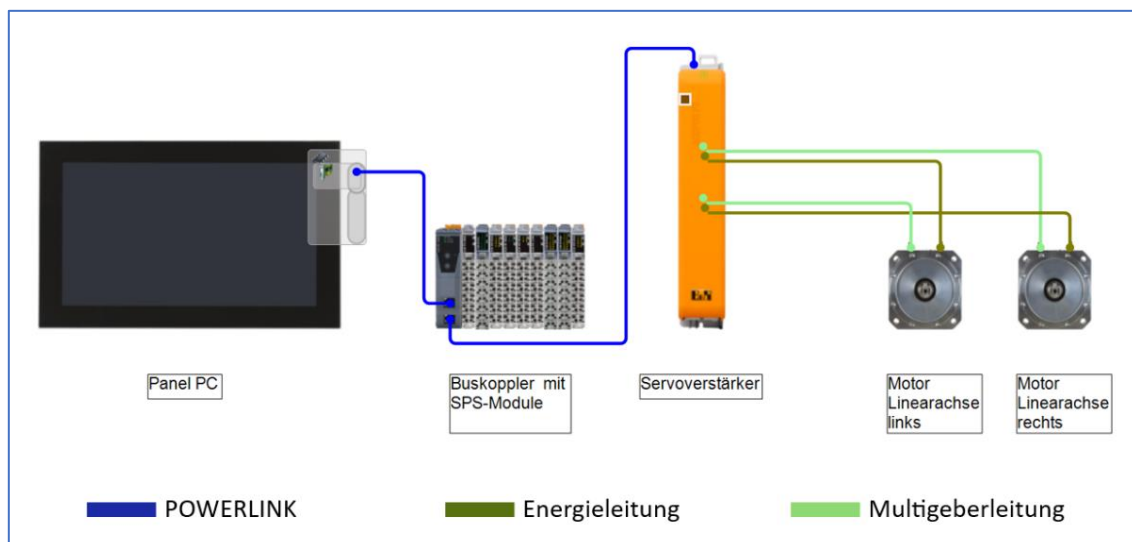


Abbildung 4: Signalfussdiagramm der B&amp;R-Komponenten

## Kollisionssystem

Damit das Spiel durch eine Hinderniskollision beendet und das Ausweichverhalten des Automatikmodus bestimmt werden kann, ist ein digitales Modell des Spielbereiches erforderlich, da die Hindernisse nicht aktiv mit der Kugel und dem Spielablauf interagieren können. Dies wird erreicht in dem der Spielbereich in ein zweidimensionales Array codiert wird. Das Ausweichverhalten wurde durch einen allgemeingültigen Algorithmus gelöst, bei dem für jeden Zustand eines Hindernisses eine Betrachtung der angrenzenden Hindernisse erfolgt. Die drei Parcours sind hier nach ihrem Schreibverhalten für das Array eingefärbt.

Farbe	Beschreibung
●	Schreibverhalten des Hindernisses nach Rechts
●	Schreibverhalten des Hindernisses nach Links
●	Hindernis ist verdeckt
●	Schreibverhalten des Hindernisses Rechts und Links
●	Zielbereich
○	Leeres Feld

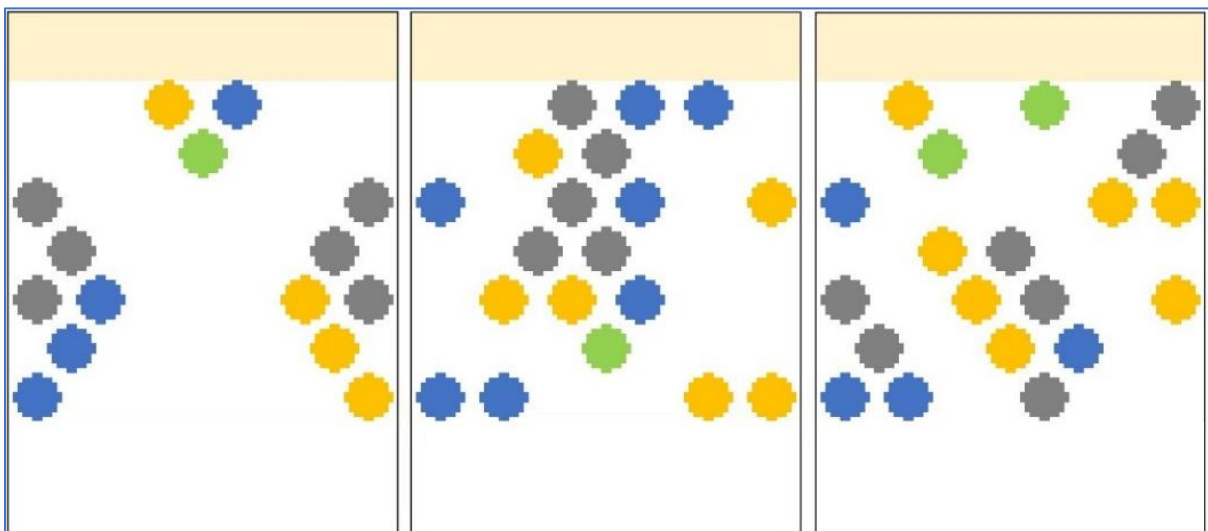


Abbildung 5: Hindernisparcours

## Regelung

Um die Kugel zu stoppen muss ihre kinetische Energie in potenzielle Energie umgewandelt werden. Hier für wurde ein Regelkreis aufgebaut der die Geschwindigkeit der Kugel in Abhängigkeit der Schlittenabstandes erstellt. Desweiteren mussten Messungenauigkeiten durch die Verwendung eines Tiefpassfilter, ausgeglichen werden.

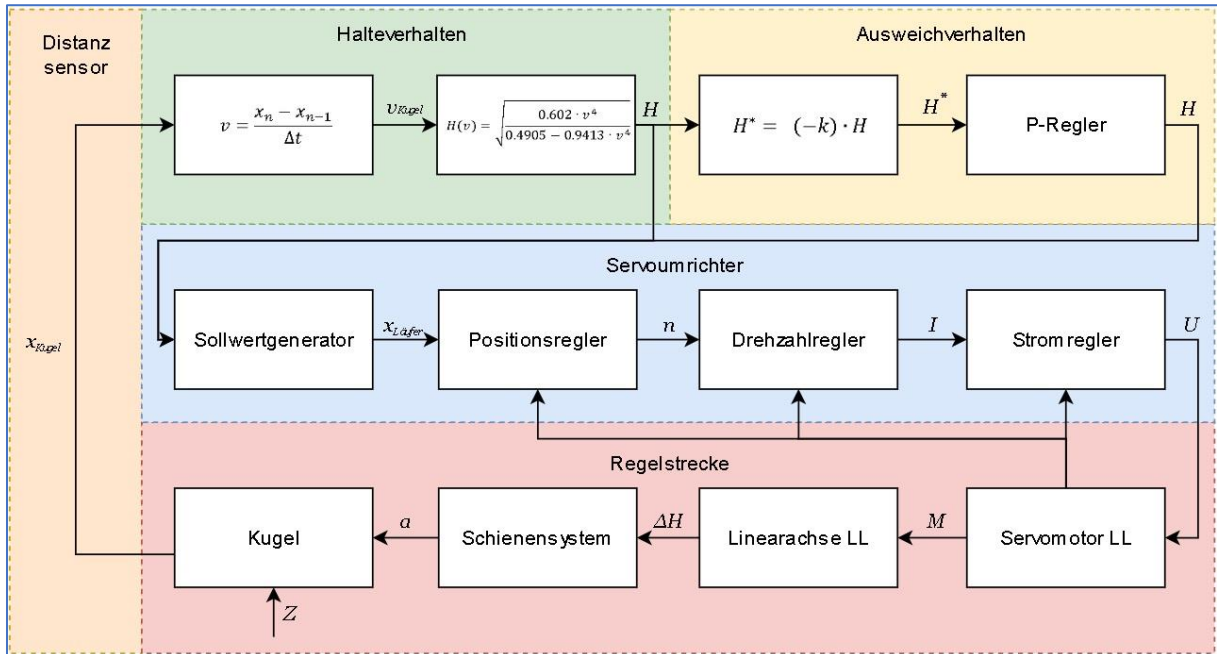


Abbildung 6 Regelkreis

Symbol	Definition	Symbol	Definition
$v$	Kugelgeschwindigkeit	$n$	Drehzahl des Motors
$x_n$	Positionswert der Kugel aktueller Zyklus	$I$	Strom des Servoverstärkers
$x_{n-1}$	Positionswert der Kugel letzten Zyklus	$U$	Wicklungsspannung
$\Delta t$	Zykluszeit der Taskklasse	$M$	Drehmoment des Motors
$H$	benötigte Höhe zum Abbremsen	$\Delta H$	Höhendifferenz der Achsen zu einander
$H^*$	modifizierte Höhe um Regler zu steuern	$a$	Beschleunigung die die Kugel durch die Neigung erfährt
$k$	Vorfaktor um Ist und Sollwert anzugleichen	$Z$	Störgrößen
$x_{Läufer}$	Position des Läufers der Linearachse	$x_{Kugel}$	Position der Kugel

## Benutzerschnittstelle

**BALLance** bbs | me  
Otto-Brenner-Schule

**Bestenliste**

Position	Name	Zeit	Position	Name	Zeit	Position	Name	Zeit
1.	NotUsed	1000.000	1.	NotUsed	1000.000	1.	NotUsed	1000.000
2.	NotUsed	1001.000	2.	NotUsed	1001.000	2.	NotUsed	1001.000
3.	NotUsed	1002.000	3.	NotUsed	1002.000	3.	NotUsed	1002.000

**Status**

Parcours: **Schwer**

**Zeit**

**0.0 s**

**Bereit**

**Referenziert**

**Manuell**

**Aktiv**

**Steuerung**

Unterstützt durch **SICK** Sensor Intelligence. **B&R** ifm electronic **ifm**

Abbildung 7: Hauptansicht der Visualisierung

Zur Steuerung der Anlage wurde mit Visual Components 4 (VC4), Bestandteil des Automation Studio (V4.12) der Firma B&R, eine Visualisierung realisiert. Die Visualisierung wird auf einem Touch-PPC dargestellt. Dafür gibt es nur eine Hauptansicht, mit der alle Eingaben getätigt werden können. Hinweise und Störungen werden durch Meldungen dem Spieler angezeigt. Zum Vergleich der Leistung mit anderen Spielern ist eine Bestenliste mit bis zu hundert Einträgen vorhanden.