

Die Aufgabenstellung

Durch Industrie 4.0, individuell gefertigte Produkte und zunehmendes Onlineshopping steigt die Zahl der zu verteilenden Güter stark an. Während Industrie 4.0 und Produktion on-demand vielversprechende Möglichkeiten sind, Ressourcen effizient zu nutzen, stellen diese Entwicklungen neue Herausforderungen an die Logistik. Um diesen Herausforderungen zu begegnen und gleichzeitig umweltfreundliche Lieferketten aufzubauen, arbeiten Paketlieferdienste an autonomen Lieferfahrzeugen. Solch ein Fahrzeug soll im diesjährigen Roborace-Wettbewerb konstruiert werden. Die Aufgabe des Roboters ist es, mehrere Häuser anzufahren und dort Pakete abzuliefern.

Die Strecke

Die Strecke besteht aus verschiedenen Häusern, welche auf weißem Untergrund stehen. Der Roboter muss einen Teil der Häuser anfahren und Pakete ausliefern. Ein möglicher Streckenaufbau ist in Abbildung 1 dargestellt.

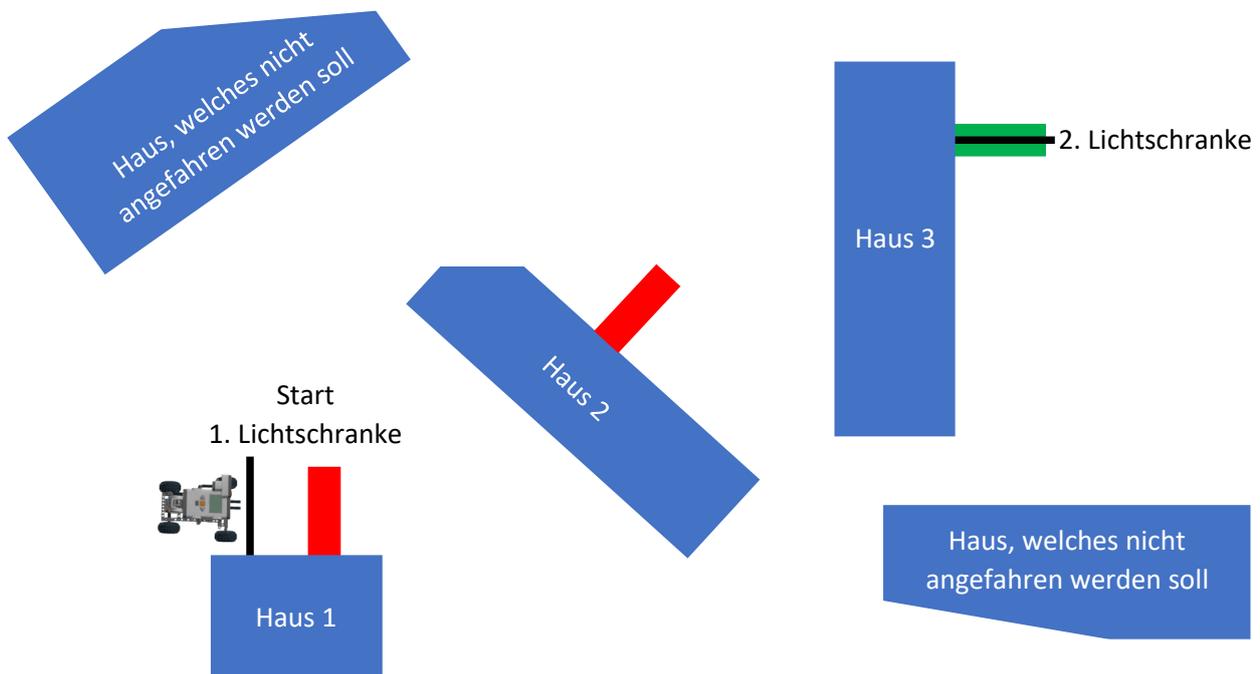


Abb. 1: Übersicht über eine mögliche Strecke.

Die Reihenfolge, in welcher die Häuser angefahren werden sollen, wird weiter unten erläutert. Es gilt die Verkehrsregel, dass die Häuser im Uhrzeigersinn umrundet werden müssen. Der Aufbau der Strecke erfordert von dem Roboter, dass dieser maximal drei Häuser anfahren muss, d.h. der Roboter muss maximal drei Mal das Haus wechseln, dessen Hauswand er entlangfährt.



Studiengang Technische Kybernetik

ROBORACE 2024

Die Grundflächen der Häuser sind Vielecke mit Außenwinkel zwischen 130° und 270° (siehe Abbildung 2). Eine Hauswand ist immer mindestens 30 cm lang und mindestens 30 cm hoch. **Der kleinste Abstand zwischen zwei Häusern beträgt an der engsten Stelle 60-150 cm. Der Abstand zwischen zwei Häusern beträgt an der engsten Stelle mindestens 60 cm.**

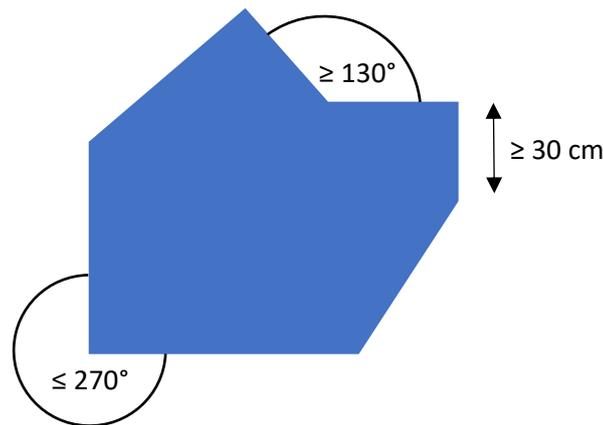


Abb. 2: Beispiel für eine mögliche Haus-Grundfläche.

Der Roboter startet neben einer Hauswand des ersten Hauses der Strecke, an dem ein Paket abgeliefert werden soll. Er kann dort vom Team selbst, hinter einer Startlinie, platziert werden. An der Startlinie befindet sich auf einer Höhe von circa 5 cm eine Lichtschranke.

An jedem anzufahrenden Haus und dem Haus, bei welchem der Roboter startet, gibt es, an einer unbekannt Stelle, auf dem Boden eine rote Linie von circa 38 mm x 30 cm Größe. Die Linie stößt mit der kleineren Seite rechtwinklig an die Hauswand an. An dieser Stelle muss der Roboter ein beliebiges Legoteil („Paket“) abliefern. Die „Abliefermethode“ kann frei gewählt werden. Damit das Paket gültig abgeliefert worden ist, darf das abgelieferte Teil maximal 10 cm von den Grenzen der roten Linie entfernt liegen. Für die Wertung ist der geometrische Mittelpunkt des abgeworfenen Teils relevant. Auf der gesamten Strecke muss der Roboter maximal drei Pakete abliefern.

Es kann sein, dass der Roboter das Haus umrunden muss, bevor er zu der roten Linie gelangt. Eventuelle andersfarbigen Markierungen auf dem Boden, abgesehen von grünen Linien, sollen von dem Roboter nicht beachtet werden.



Studiengang Technische Kybernetik

ROBORACE 2024

Die rote Linie zeigt neben dem Ort für die Ablage der Pakete auch an, in welcher Richtung sich das Haus befindet, welches als nächstes angefahren werden soll. Es kann sich, ausgehend von der Seite mit der roten Linie, in einem 150° großen Blickfeld mit Radius zwischen 60 - 150 cm befinden. Die Winkelhalbierende des Blickfeldes liegt mittig auf der roten Linie. Sollten mehrere Häuser in diesem Bereich vorhanden sein, so soll das Haus angefahren werden, welches den geringsten Abstand zur roten Linie aufweist. Es ist sichergestellt, dass diese Gegebenheit auch in einem 180° großen Blickfeld zutrifft. Das nächste Haus ist derart ausgerichtet, sodass eine Wand rechtwinklig zum direkten Anfahrtsweg steht. **Diese Wand kann eindeutig auf der roten Linie mit den obigen Regeln detektiert werden und die Detektion ist unabhängig von der Position des Roboters auf der roten Linie.** Zwischen dem Schnittpunkt des direkten Anfahrtswegs mit dem Haus und der linken Hausecke liegt eine Strecke von mindestens 40 cm. **Zusätzlich ist sichergestellt, dass auf den ersten 40 cm dieser Strecke (beginnend mit dem Schnittpunkt des direkten Anfahrtswegs und dem Haus) keine roten oder grünen Linien auftreten.**

Der beschriebene Sachverhalt ist in Abbildung 3 dargestellt.

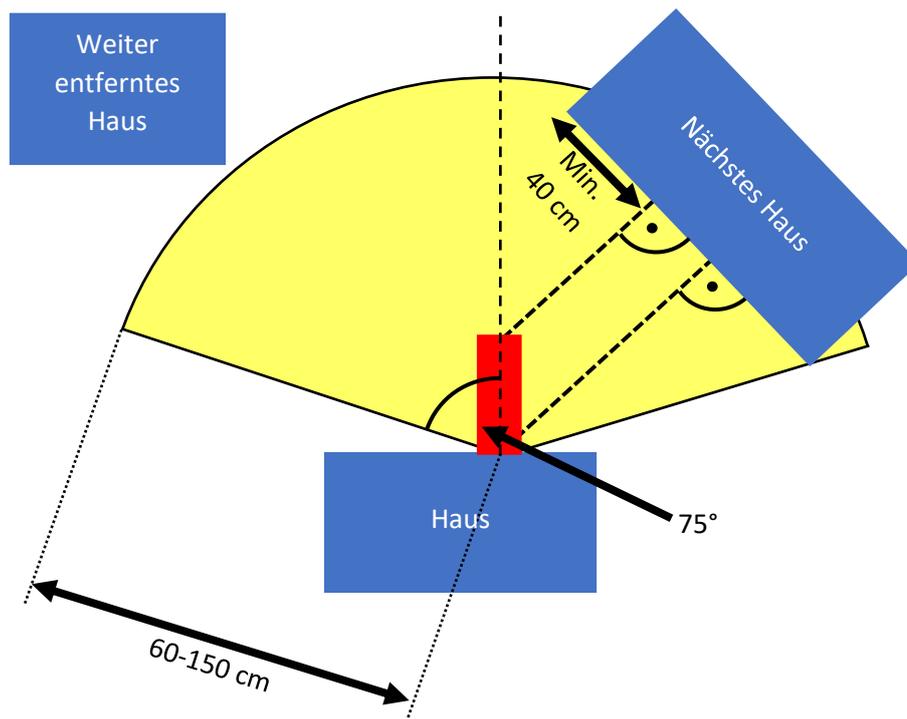


Abb. 3: Darstellung der geometrischen Situation beim Häuserwechsel. Im gelb markierten Bereich kann sich das nächste Haus befinden. Sollten mehrere Häuser in dem genannten Bereich liegen, so ist das näher liegende Haus anzufahren.



Studiengang Technische Kybernetik

ROBORACE 2024

Am **letzten** Haus ist die Linie auf dem Boden grün anstatt rot. An dieser Linie muss kein Paket ausgeliefert werden und es muss auch kein Hauswechsel durchgeführt werden.

Bei der grünen Linie befindet sich in Höhe von circa 5 cm eine zweite Lichtschranke. Sobald diese durchbrochen wird, wird die Fahrzeit gestoppt. Eine Komponente der Lichtschranke befindet sich direkt am Haus und die andere Komponente circa 50 cm von der anderen entfernt.

Der Roboter

Das ausgeteilte LEGO-Material umfasst ein LEGO Mindstorms EV3 Basisset und ein LEGO Mindstorms EV3 Ergänzungsset, woraus der Teamroboter gebaut werden muss. Diese Sets beinhalten drei Motoren, zwei Berührungssensoren, einen Licht- und Farbsensor, einen Ultraschallsensor und einen Gyrosensor. Zusätzlich erhält jedes Team ein Netzteil, einen Akku, ein USB-Kabel, eine Micro-SD-Karte mit SD-Adapter, Gummibänder, sowie einen zusätzlichen vierten Motor und ein dazugehöriges Kabel. Für die Konstruktion des Roboters und für die abzuliefernde Pakete dürfen nur LEGO-Teile aus den bereitgestellten Baukästen verwendet werden.

Der Roboter wird von einem LEGO EV3-Computer-Baustein gesteuert. Die Programmierung ist mit beliebigen Programmiersprachen (z.B. LEGO Mindstorms EV3 Software, NXC, LeJOS, Python) und Betriebssystemen erlaubt. Zur Installation von LeJOS und zu den grundlegenden LEGO EV3 spezifischen Befehlen, sind weitere Informationen auf der Webseite <https://www.ist.uni-stuttgart.de/de/lehre/roborace/informationen/> verfügbar. Der EV3-Roboter darf nur mit den dafür vorgesehenen Batterien, Akkus oder Netzteilen betrieben werden. Während der Wettbewerbsfahrt darf der Roboter nicht von außen – z.B. durch Berühren oder Steuern über die Bluetooth-Verbindung – beeinflusst werden. Der Roboter kann händisch gestartet werden.

Wertung

Die Wertung erfolgt anhand der erreichten Punkte und der Zeit, welche zwischen dem Durchbrechen der beiden Lichtschranken vergeht.

Punkte können für das korrekte Ausliefern von Paketen und durch eine Nicht-Verwendung des vierten Motors erzielt werden. Es gilt folgende Aufteilung:

- Für jedes erfolgreich ausgelieferte Paket erhält das Team zwei Punkte.
- Falls der vierte (zusätzliche) Motor nicht verwendet wird und mindestens ein Paket erfolgreich ausgeliefert wurde, erhält das Team einen Punkt.

Für das Wertungskriterium „Zeit“ wird die Zeit berücksichtigt, welche zwischen dem Durchbrechen der beiden Lichtschranken vergeht. Diese wird mit den folgenden Zeitstrafen korrigiert:

- +5 Sekunden bei jeder Kollision mit einem Haus.
- +5 Sekunden für jedes falsch ausgelieferte Paket (ein Paket gilt als falsch ausgeliefert, falls es mindestens 20 cm von der nächsten roten Linie entfernt ist).



Studiengang Technische Kybernetik

ROBORACE 2024

In der Wertung zählt jedes Bauteil, welches auf der Strecke liegt, als Paket. Pakete, welche mehr als 10 cm, jedoch weniger als 20 cm, entfernt von einer roten Linie liegen, werden in der Wertung nicht berücksichtigt.

Die Reihung der Teams erfolgt anhand der lexikographischen Ordnung, wobei der Punktezahln die höhere Bedeutung zugewiesen wird (Die Durchläufe werden zuerst nach Punkten und dann nach Zeit sortiert, wobei jede Punktzahl seine eigene Klasse erhält). Das bedeutet, dass ein Team dessen Roboter 4 Punkte erzielte, eine bessere Platzierung erhält als ein Team, dessen Roboter nur 3 Punkten erzielte, jedoch eine schnellere Fahrzeit gehabt hat.

Der Wettbewerb

Qualifikationsrunde: Für die Qualifikation, welche am 8.11.2024 an der Universität Stuttgart stattfindet, muss der Roboter an einer geraden Hauswand entlangfahren bis er zu einer roten Linie gelangt. Von dieser aus muss der Roboter zu einem zweiten Haus fahren, welches sich im Abstand von circa 80 cm zu der Linie befindet. Der Wand des zweiten Hauses muss der Roboter so lange folgen, bis er zu einer grünen Linie gelangt. Diese ist 38 mm breit und 50 cm lang. Zwischen dem Schnittpunkt des direkten Anfahrtswegs mit dem Haus und der grünen Linie liegt eine Strecke von mindestens 40 cm. Die Qualifizierungsaufgabe ist erfolgreich absolviert, sobald der Roboter die grüne Linie überschreitet. Ein möglicher Aufbau der Strecke ist in Abbildung 4 dargestellt. Jedes Team hat zwei Versuche. Ein Versuch darf maximal 4 Minuten dauern.

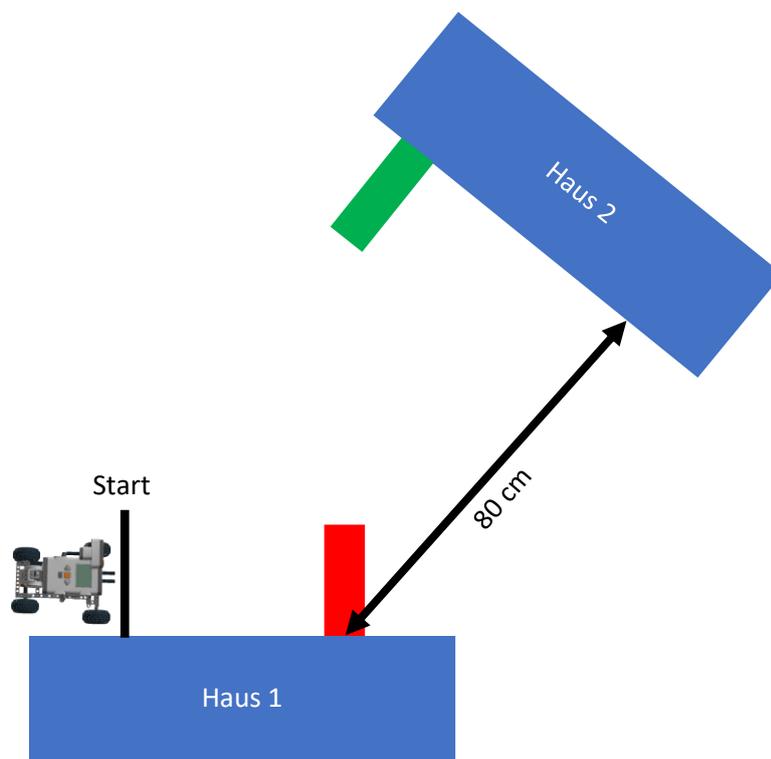


Abb. 4: Aufbau der Strecke bei der Qualifikationsrunde.



Studiengang Technische Kybernetik

ROBORACE 2024

Vorrunde: In der Vorrunde am 29.11.2024 hat jedes Team zwei Versuche, um eine möglichst gute Platzierung zu erzielen. Zu Beginn der Vorrunde haben alle Teams 25 Minuten Zeit, um ihre Roboter auf einer Teststrecke zu testen. Die Strecke in der Vorrunde kann von der Teststrecke abweichen, bleibt jedoch über die gesamte Vorrunde unverändert. Es ist nicht erlaubt an der Wettbewerbsstrecke Abmessungen vorzunehmen. Zwischen den beiden Durchläufen haben die Teams 15 Minuten Zeit, ihre Roboter anzupassen. Ein Durchlauf darf maximal 4 Minuten dauern. Außerdem haben die Teams maximal 2 Minuten vor jedem Durchlauf Zeit, den Roboter auf den Durchgang vorzubereiten. Die Teams treten in zwei Gruppen an, von denen jeweils die 13 besten Teams in das Finale einziehen.

In der Vorrunde gibt es folgende Vereinfachung gegenüber der allgemeinen Aufgabenstellung:

- Alle Häuser besitzen Außenwinkel von 270°

Am Wettbewerbstag werden grüne und rote Linien zur Kalibrierung des Roboters zur Verfügung gestellt.

Finale: Das Finale findet am 06.12.2024 statt. Im Wettbewerb hat jedes Team zwei Versuche, die beste Platzierung zu erreichen. Anschließend treten die acht besten Teams in einem K.o.-System an. Hierbei treten zwei Teams gegeneinander an (auf separaten, aber identischen Strecken), wobei das bessere Team eine Runde weiterkommt. Falls beide Teams die gleiche Punktzahl und Zeit haben, so entscheidet das Los. Im Fall, dass beide Teams keine Punkte erzielen und keine gültige Streckenzeit haben, wird der Lauf wiederholt. Zwischen den beiden Wertungsläufen und vor der K.o.-Runde haben die Teams 15 Minuten Zeit, ihre Roboter anzupassen. Ein Durchlauf darf maximal 4 Minuten dauern. Außerdem haben die Teams maximal 2 Minuten vor jedem Durchlauf Zeit, den Roboter auf den Durchgang vorzubereiten. Am Wettbewerbstag werden grüne und rote Linien zur Kalibrierung des Roboters zur Verfügung gestellt. Es ist nicht erlaubt an der Wettbewerbsstrecke Abmessungen vorzunehmen.

Am Ende des Wettbewerbs

Das zur Verfügung gestellte Material muss nach Ende des Wettbewerbs bis spätestens 16.12.2024 wieder komplett an das Institut für Systemtheorie und Regelungstechnik zurückgegeben werden. Die Kästen können am 12. und 16. Dezember zwischen 15 und 17 Uhr im Raum 2.246A (12.12) / 2.253 (16.12) im Pfaffenwaldring 9 zurückgegeben werden.

Bitte sortieren Sie die Bauteile, zählen Sie die Teile durch und notieren Sie eventuell fehlende oder beschädigte Teile auf den beigelegten Prüflisten. Ladegerät, USB-Kabel, Brick, SD-Adapter und SD-Karte, sowie den zusätzlichen vierten Motor bitte gut sichtbar in die LEGO-Kästen legen.



Studiengang Technische Kybernetik

ROBORACE 2024

Die Betreuer

Nutzen Sie die Chance, unsere studentischen Betreuer bei Fragen zu kontaktieren. Diese sind: Angel Rafa Calvo Hernández, Christian Dosch, David Jiménez und Volker Wanzke Alanis. Sie können unsere studentischen Betreuer unter der E-Mail-Adresse hiwi.roboration@ist.uni-stuttgart.de erreichen.

Nutzen Sie außerdem die Möglichkeit nach einer virtuellen Sprechstunde zu fragen, um Probleme direkt mit unseren studentischen Betreuern zu lösen. Schreiben Sie dazu einen Terminvorschlag an hiwi.roboration@ist.uni-stuttgart.de.

Bei organisatorischen Fragen wenden Sie sich bitte an Simon Lang (simon.lang@ist.uni-stuttgart.de)

Hinweise für Studierende

Kriterien, um das Modul zu bestehen:

- Erfolgreiche Teilnahme an der Qualifikation
- Teilnahme an der Vorrunde
- Qualifikation für das Finale und Teilnahme am Finale **oder** Bericht (Aufgabenbeschreibung, Vorgehensweise, aufgetretene Probleme, Lösungsansätze) bis 17.01.2025 an Simon Lang (per E-Mail)
- LEGO-Kästen **SORTIERT** zurückgeben

Simon Lang, M.Sc.
Stand 18.10.2024



Institut für Systemtheorie und Regelungstechnik
Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 9, 70569 Stuttgart