



Regelwerk für

Future Engineers 2024



Version: 15. Januar 2024



Offizieller Organisator der
World Robot Olympiad in Deutschland

Inhaltsverzeichnis

Veränderungen & Anpassungen im Regelwerk 2024	2
1. Allgemeine Informationen	3
2. Team- und Altersklassendefinition	4
3. Verantwortlichkeiten und eigene Arbeit des Teams	4
4. Regeln, Aufgaben und FAQ	5
5. Aufgaben bei Future Engineers	5
6. Roboterauto: Material & Vorschriften	6
7. Parcours & Parcourselemente	8
8. Dokumentation	13
9. Der Wettbewerb	14
10. Bewertung Renndurchläufe / Dokumentation + Rangfolge	18
11. Minimaler Umfang an elektromechanischen Komponenten	20

Fragen zu den Regeln? Nutze unseren **Online-FAQ-Bereich** und schaue, ob bereits jemand die gleiche Frage hatte oder stelle uns eine Frage bequem über unser Online-Formular: <https://www.worldrobotolympiad.de/faq>

Veränderungen & Anpassungen im Regelwerk 2024

Aus der Saison 2023 haben wir viele Anregungen für das Regelwerk 2024 mitgenommen. Da dieses Dokument von Grund auf überarbeitet wurde, sollte es vollständig gelesen werden. Besonders hervorzuheben sind Änderungen und Ergänzungen zu folgenden Themen:

- **neue Altersstruktur** in Kapitel 2.4.
- **Dokumentation**: neue Form und Bewertung in Kapitel 5, 8 und 10
- Erläuterung zu **Einschalt- und Start-Komponenten** in Kapitel 6
- **optionale Zusatzaufgabe**: das Parkhindernis in Kapitel 7
- **gegen die Begrenzung fahren** ist KEIN Regelverstoß in Kapitel 7.2
- **Hindernisse** auf 1 pro geradem Abschnitt begrenzt in Kapitel 7.7.
- **Wettbewerbstag** startet mit Probedurchlauf in Kapitel 9

1. Allgemeine Informationen

Einführung

In der Kategorie "Future Engineers" steht der gesamte Entwicklungsprozess eines autonom fahrenden Roboterautos im Mittelpunkt. Die besondere Herausforderung besteht darin, dass ein Roboterauto am Wettbewerbstag einen zufällig zusammengestellten Parcours fehlerfrei absolviert. Die Teams müssen den gesamten Prozessablauf betrachten und dokumentieren. In der Kategorie "WRO Future Engineers" werden bei der Bewertung Punkte für die Renndurchläufe und die Dokumentation des Entwicklungsprozesses verteilt.

Schwerpunkte der Kategorie

Jede WRO-Kategorie hat einen speziellen Fokus auf das Lernen mit Robotern. Durch die Teilnahme an der WRO-Kategorie "Future Engineers" entwickeln Schülerinnen und Schüler ihr Wissen und ihre Fähigkeiten in den folgenden Bereichen:

- Einsatz von Computer Vision in einem Roboterauto
- die Kombination verschiedener Sensoren zur Bestimmung des Parcours und der zu umfahrenden Objekte
- Entwicklung eines funktionsfähigen Roboterautos mit Open-Source-Hardware und den dazugehörigen elektromechanischen Komponenten und Controllern
- Komplexere Steuerung von Robotern mit einem Lenkantrieb
- Entwicklung einer Strategie zur Lösung der Aufgabe sowie deren Reproduzierbarkeit
- Soft Skills: Teamarbeit und Kommunikation, Problemlösung im Team, Projektmanagement und das alles unter Einbeziehung der Kreativität.

Lernen ist am wichtigsten

Die Organisatoren der WRO möchten die Teilnehmenden auf der ganzen Welt für MINT-Fächer begeistern und möchten, dass diese ihre Fähigkeiten durch spielerisches Lernen im WRO-Wettbewerb entwickeln. Aus diesem Grund sind die folgenden Aspekte für alle Wettbewerbsangebote von zentraler Bedeutung:

- Lehrkräfte, Eltern oder andere Erwachsene können dem Team helfen, es anleiten und inspirieren, aber sie dürfen den Roboter oder das Robotermodell nicht bauen oder programmieren.
- Teams, Betreuende und Jurymitglieder akzeptieren unsere WRO-Leitprinzipien und den WRO-Ethikkodex, die alle dazu ermutigen sollen, sich für eine faire und sinnvolle Lernerfahrung einzusetzen.
- Am Wettbewerbstag respektieren die Teams und Coaches die endgültige Entscheidung der Jury und arbeiten mit anderen Teams und der Jury zusammen, um einen fairen Wettbewerb zu gewährleisten.
- Mitmachen und Erfahrung sammeln ist wichtiger als gewinnen. Es zählt, wie viel man lernt!

Mit der Teilnahme an der WRO bestätigen das Team und der Coach, dass sie sich im Sinne eines fairen Wettbewerbs nach dem WRO-Ethikkodex verhalten.

Eine ausführliche Erläuterung des WRO-Ethikkodex befindet sich auf unserer Website: <https://worldrobotolympiad.de/wro-leitprinzipien>

2. Team- und Altersklassendefinition

- 2.1. Ein Team besteht aus 2 oder 3 Teammitgliedern und einem Coach (Mindestalter 18 Jahre). Ein Team mit weniger als 2 Mitgliedern oder fehlender betreuender Person gilt nicht als Team und kann nicht teilnehmen.
- 2.2. Ein Team kann innerhalb einer WRO-Saison nur in einer WRO-Kategorie und ein Teammitglied nur in einem Team teilnehmen.
- 2.3. Ein Coach kann mit mehr als einem Team zusammenarbeiten und mehrere Teams innerhalb einer WRO-Saison betreuen.
- 2.4. In der Kategorie „Future Engineers“ sind Teilnehmende im Alter von 14-22 Jahren (in der Saison 2024: Jahrgänge 2002-2010) zugelassen.
 - 2.4.1. In der Saison 2024 werden Teilnehmende bis zum Alter von 22 Jahren zugelassen. Es können sich jedoch nur diejenigen Teams zum Weltfinale qualifizieren, die in der offiziellen Altersspanne von 14 bis 19 Jahren (Jahrgang 2005 – 2010) liegen.
- 2.5. Das angegebene Höchstalter entspricht dem Alter, das die Teilnehmenden im Kalenderjahr des Wettbewerbs erreichen, nicht dem Alter am Tag des Wettbewerbs.

3. Verantwortlichkeiten und eigene Arbeit des Teams

- 3.1. Die Konstruktion und Programmierung des Roboters dürfen nur vom Team selbst vorgenommen werden. Die Aufgabe des Coaches ist es, das Team zu begleiten, ihm bei organisatorischen und logistischen Angelegenheiten zu helfen und es bei Fragen und Problemen zu unterstützen. Der Coach darf nicht in den Bau und die Programmierung des Roboters involviert sein. Dies gilt sowohl für den Tag des Wettbewerbs als auch für die Vorbereitung.
- 3.2. Wenn eine der in diesem Dokument genannten Regeln gebrochen oder verletzt wird, können die Juroren eine oder mehrere der folgenden Konsequenzen beschließen. Bevor eine Entscheidung getroffen wird, können ein Team oder einzelne Teammitglieder befragt werden, um mehr über den möglichen Regelverstoß herauszufinden. Die Befragung kann auch Fragen zum Roboter oder zum Programm beinhalten.
 - 3.2.1. Ein Team kann für eine oder mehrere Bewertungsrunden eine um bis zu 50% reduzierte Punktzahl erhalten.
 - 3.2.2. Ein Team kann sich nicht für das nationale / internationale Finale qualifizieren.
 - 3.2.3. Ein Team kann mit sofortiger Wirkung vollständig vom Wettbewerb ausgeschlossen werden.

4. Regeln, Aufgaben und FAQ

- 4.1. Für die Teilnahme auf **nationaler** Ebene (deutsche Regionalwettbewerbe, Deutschlandfinale) ist die übersetzte Fassung des Regelwerks die Grundlage. Aufgrund nationaler Anpassungen können einzelne Regelungen, Bewertungsbögen oder FAQ leicht abweichen. Für alle internationalen WRO-Veranstaltungen (z.B. Weltfinale) sind nur die von der internationalen Organisation veröffentlichten Informationen relevant.
- 4.2. Während einer Saison kann die WRO zusätzliche Fragen und Antworten (FAQ) veröffentlichen, die Regeln erklären, erweitern oder neu definieren. Die Teams sollten daher einen regelmäßigen Blick in den FAQ-Bereich auf unserer Homepage werfen. Sollten uns Fragen von einzelnen Teams erreichen, die für alle Teams relevant sind, werden wir diese im FAQ-Bereich veröffentlichen.
- 4.3. Am Wettbewerbstag gilt die folgende Regelhierarchie:
 - 4.3.1. Das allgemeine Regeldokument bildet die Grundlage für die Regeln in dieser Kategorie.
 - 4.3.2. Fragen & Antworten (FAQ) können die Regeln im allgemeinen Regelwerk außer Kraft setzen oder erweitern.
 - 4.3.3. Die Juroren haben am Wettbewerbstag das letzte Wort bei jeder Entscheidung.

5. Aufgaben bei Future Engineers

In der Kategorie Future Engineers steht der gesamte Entwicklungsprozess eines autonom fahrenden Roboterautos im Mittelpunkt. Die Aufgabe der Future Engineers Teams gliedert sich in zwei Teilaufgaben.

Roboterauto bauen und programmieren

Es muss ein Roboterauto gebaut werden, welches den Regelungen in Kapitel 6 entspricht. Das Roboterauto wird so gebaut und programmiert, dass es am Wettbewerbstag einen zufällig zusammengestellten 9 qm großen Parcours befahren kann. Das Roboterauto orientiert sich mit Hilfe einer Kamera. Es gilt, auf dem Parcours fehlerfrei 3 Runden in einer Rennzeit von max. 3 Minuten autonom zu absolvieren.

Am Wettbewerbstag wird mit einem **Probedurchlauf** gestartet. Danach folgen **2 Eröffnungsrennen und 2 Hindernisrenne** (Erläuterungen zu den Rennmodi in Kapitel 7). Vor jedem der Renndurchläufe wird der **Parcours von der Jury zufällig zusammengestellt** (Erläuterungen in Kapitel 7). Die Renndurchläufe werden von der Jury bewertet (Erläuterungen Kapitel 10).

Dokumentation erstellen

Die Teams verfassen eine schriftliche Dokumentation. Dort legen sie ihre Überlegungen zum Bau und zur Entwicklung des Roboters, Informationen zur Motorisierung, zur Energieversorgung & Sensorik, zur Strategie der Hinderniserkennung sowie dem Design des Autos dar. Außerdem fertigen sie 2 kurze Videos von ihrem fahrenden Roboter an (Erläuterungen in Kapitel 8 und 10).

Am Wettbewerbstag findet die Bewertung der Dokumentation statt (Kapitel 10).

6. Roboterauto: Material & Vorschriften

Allgemein

- 6.1. Die Abmessung des Roboterautos darf max. **30 x 20 x 30 cm** (L x B x H) betragen.
- 6.2. Das Gewicht des Roboterautos darf **1,5 kg** nicht überschreiten.
- 6.3. Das Roboterauto fährt auf **vier normalen Rädern** (vergleichbar mit Autoreifen). Eine andere Anzahl an Rädern oder Spezialrädern (z.B. Omniräder, Kugelräder) sind nicht erlaubt.
- 6.4. Der Roboter besitzt 2 Achsen.

Antriebe, Achsen und Lenkung

- 6.5. Für das **Lenken** des Roboters sind 1 oder 2 Lenkachsen erlaubt. Es darf nur **1 Motor** für das Lenken werden.
- 6.6. Es dürfen **maximal 2 Motoren** für den **Antrieb** verwendet werden, d.h. um den Roboter vorwärts oder rückwärts zu bewegen. Bei dem Einsatz von 2 Motoren, müssen diese 2 Motoren mechanisch miteinander verbunden sein. Der Antriebsmotor bzw. die Antriebsmotoren müssen direkt mit der Achse verbunden. Es dürfen keine einzelnen Räder angetrieben werden.
- 6.7. **Erlaubte Antriebsarten** sind: Vorderradantrieb, Hinterradantrieb und Allradantrieb. Bei einem Allradantrieb dürfen die Achsen nicht getrennt angesteuert werden.
- 6.8. **Erlaubt ist der Einbau eines Differentialgetriebe**, bei dem die Achsen untereinander indirekt verbunden sind. Es ist eine mechanische Lösung, um das Rollen der Räder positiv zu beeinflussen. Ein Differentialantrieb, bei dem einzelne Räder angesteuert werden, um eine Richtungsänderung zu erreichen, ist nicht erlaubt.

Nähere Erläuterungen mit Beispielen zu erlaubten und nicht erlaubten Bauformen sind zu finden unter: <https://www.worldrobotolympiad.de/website/docs/wro2023/WRO2023-FE-FAQ-Antrieb-Lenkung.pdf>

Controller und Software

- 6.9. Das für das Roboterauto verwendete Steuergerät kann entweder ein Einplatinencomputer (SBC) oder ein Einplatinen-Mikrocontroller (SBM) sein, wobei es keine Beschränkung hinsichtlich der Marke oder Anzahl gibt.
- 6.10. Die Steuerungssoftware kann in jeder beliebigen Programmiersprache geschrieben werden - es gibt keine Einschränkungen bezüglich einer bestimmten Sprache.
- 6.11. Es ist **nicht** erlaubt, einen Programmcode zu verwenden, der:
 - a. gleich oder zu ähnlich zu Lösungen ist, die online verkauft werden
 - b. gleich oder zu ähnlich zu einer anderen Lösung beim Wettbewerb ist und eindeutig nicht die eigene Arbeit des Teams ist
 - c. von einem Team aus der eigenen Institution stammt

In den genannten Fällen werden Teams vom Wettbewerb disqualifiziert.

Einschalt- und Start-Komponenten

- 6.12. Einschalten per Taste/Schalter:** Zum Einschalten des Roboters ist nur eine Interaktion mit dem Roboter, also z.B. ein Tastendruck erlaubt. Diese Interaktion darf keine andere Funktion als das Einschalten des Roboters haben. Der Roboter befindet sich nach dem Betätigen in einem Wartezustand.
- 6.13. Starten per Taste / Schalter:** Zum Starten des Roboters ist nur eine Interaktion mit dem Roboter, z.B. ein Tastendruck erlaubt. Die Starttaste kann sich auf der Haupt-SBC/SBM oder auf einer separat installierten Drucktaste befinden. Der Roboter fährt nach dem Betätigen los.
- 6.14. Touch-Screen:** Alternativ zu physikalischen Tasten oder Schaltern kann auch ein Touch-Screen verwendet werden. Auch hier gilt, dass jeweils nur eine Interaktion mit dem Touch-Screen erlaubt ist.

Komponenten

- 6.15. Sensoren:** Es gibt keine Beschränkungen in Bezug auf Marke, Funktion oder Anzahl der verwendeten Sensoren. Kameras gelten als Sensoren.
- 6.16. Motoren:** Es können alle Gleichstrom und/oder Servomotoren verbaut werden. Es gibt keine Einschränkung bezüglich der Marke.
- 6.17. Elektronische Komponenten:** Es gibt keine Einschränkungen bezüglich des Typs, der Marke, der Anzahl oder des Zwecks.
- 6.18. Hydraulische und magnetische Komponenten:** hydraulischer Druck oder Magnete sind erlaubt.
- 6.19. Batterien:** Es gibt keine Beschränkungen hinsichtlich der Marke, der Funktion oder der Anzahl der verwendeten Batterien.
- 6.20. Baumaterialien:** Es sind alle Arten von Materialien (z.B. Kunststoff, Holz, Metall), Klebe- & Verbindungsmaterialien (z.B. Sekundenkleber, Isolierbänder, Kabelbinder) sowie 3D-gedruckten Elementen erlaubt. Anzahl oder Verwendung werden nicht vorgeschrieben.
- 6.21.** Jegliches **Hardware-Kit** darf verbaut werden. Es gibt keine Beschränkung auf einen bestimmten Typ oder ein bestimmtes Bausystem.
- 6.22.** Für die Kommunikation zwischen den **elektronischen- bzw. elektromechanischen Komponenten** des Roboterautos sind ausschließlich Drahtverbindungen zulässig. Eine drahtlose Übertragung ist nicht erlaubt.

Am Wettbewerbstag ...

- 6.23.** ...darf das aufgebaute Roboterauto mitgebracht werden.
- 6.24.** ...darf jedes Team **nur mit einem Roboterauto** teilnehmen.
- 6.25.** ...müssen die Teams alle Geräte, Software und tragbaren Computer, die sie während des Wettbewerbs benötigen, vorbereitet haben und mitbringen.
- 6.26.** ...sollten die Teams genügend Ersatzteile mitbringen. Im Falle eines Unfalls oder einer Fehlfunktion der Ausrüstung werden keine Ersatzteile vor Ort gestellt.
- 6.27.** ...ist während der Renndurchläufe **jegliche Art von Funkkommunikation**, Fern-

steuerung und/oder kabelgebundene Steuerung mit Komponenten außerhalb des Roboterautos verboten. Das bedeutet, das Roboterauto muss autonom den Parcours befahren und auch stoppen.

- 6.28.** ... ist **das unbefugte Berühren** oder in jeglicher Form unterstützen (z.B. Stoppen) des Roboters **während der Renndurchläufe verboten**. Dies schließt die Eingabe von Daten in ein Programm durch visuelle, akustische oder andere Signale an das Roboterauto während des Rennens ein.
- 6.29.** ... dürfen die Teams **keine RF-, Bluetooth-, Wi-Fi- oder andere drahtlose Kommunikationskomponenten** in ihren Roboterautos verwenden. Wenn es im Steuergerät eingebaut ist, muss es ausgeschaltet werden.

7. Parcours & Parcourselemente

Spielfeldmatte

Die Größe der Spielfeldmatte beträgt 3,1 x 3,1 m. Der Parcours ist quadratisch und misst innerhalb der äußeren Begrenzung 3 x 3 m.

7.1. Parcourseabschnitte

Der Parcours ist in acht Abschnitte unterteilt: vier Kurvenabschnitte und vier gerade Abschnitte. Die blau gestrichelten Linien markieren die geraden Abschnitte. Die rot gestrichelten Abschnitte sind die Kurvenabschnitte. Die blauen und orangenen Linien in den Kurvenabschnitten können dem Roboterauto zur Orientierung dienen.

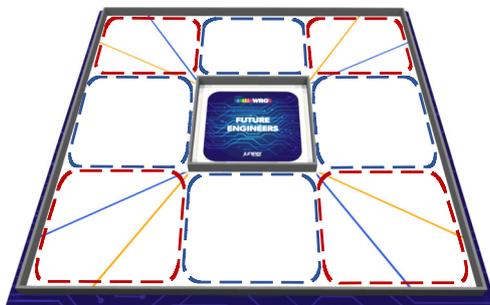


Bild 1: Gerade Abschnitte und Kurvenabschnitte auf dem Parcours

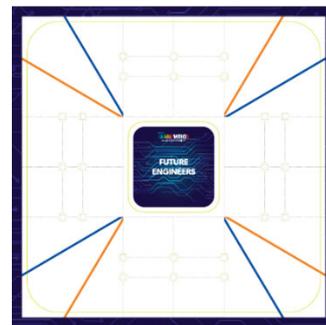


Bild 2: Spielfeldmatte mit Markierungen in den geraden Bereichen

Start-Ziel-Abschnitt und Startzone

Bei allen Renndurchläufen wird aus einem geraden Abschnitt gestartet. Der Startabschnitt ist am Ende der drei gefahrenen Runden ebenfalls der Zielabschnitt. Vor jedem Renndurchlauf wird den Teams der Start-Ziel-Abschnitt mitgeteilt. In der Mitte der geraden Abschnitte befinden sich die beiden, jeweils möglichen Startzonen. Der Roboter kann innerhalb der Startzone frei positioniert werden, solange sich dessen Grundriss innerhalb der gestrichelten Linie befindet. Im Rahmen der Zufallsverteilung wird eine der beiden Zonen festgelegt.

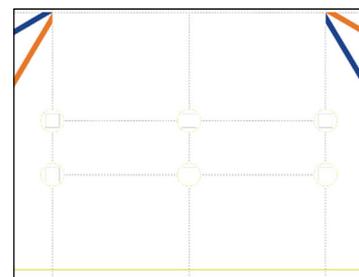


Bild 3: Gerader Abschnitt mit den schmalen Startzonen in der Mitte

Begrenzung

Die Höhe der Begrenzung beträgt 10 cm (s. Bild 5). Die zum Parcours zeigenden Flächen der Begrenzungen sind schwarz. Zu dem Material und der Materialstärke gibt es keine Vorgaben. Hinweise zum Aufbau und eine Empfehlung zum Material sind zu finden unter: <https://www.worldrobotolympiad.de/website/docs/wro2023/WRO2023-FE-Parcours-Aufbauanleitung.pdf>

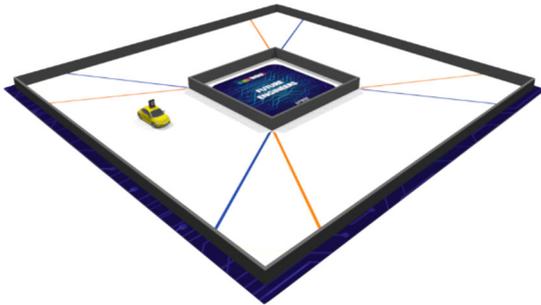


Bild 4: Spielfeldmatte mit innerer und äußerer Begrenzung

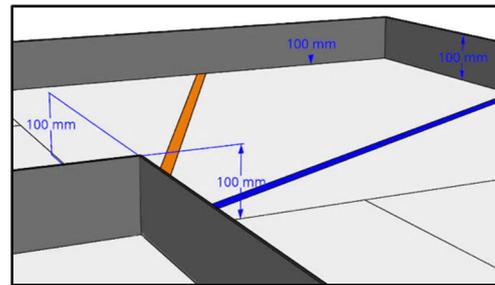


Bild 5: Die Höhe aller Begrenzungen beträgt 10 cm bzw. 100 mm

- 7.2. **Das Berühren der Begrenzung ist erlaubt und kein Grund, das Rennen abubrechen.**
- 7.3. Der **Grundriss der äußeren Begrenzung** (3 x 3 m) wird während der Renndurchläufe nicht verändert.
- 7.4. Der Grundriss der **inneren Begrenzung** wird im **Eröffnungsrennen** variiert. Der maximale **Abstand** zwischen innerer und äußerer Begrenzung beträgt 100 cm, der minimale Abstand beträgt 60 cm. Beispiele für die unterschiedlichen Grundrisse der inneren Begrenzung sind hier zu sehen:

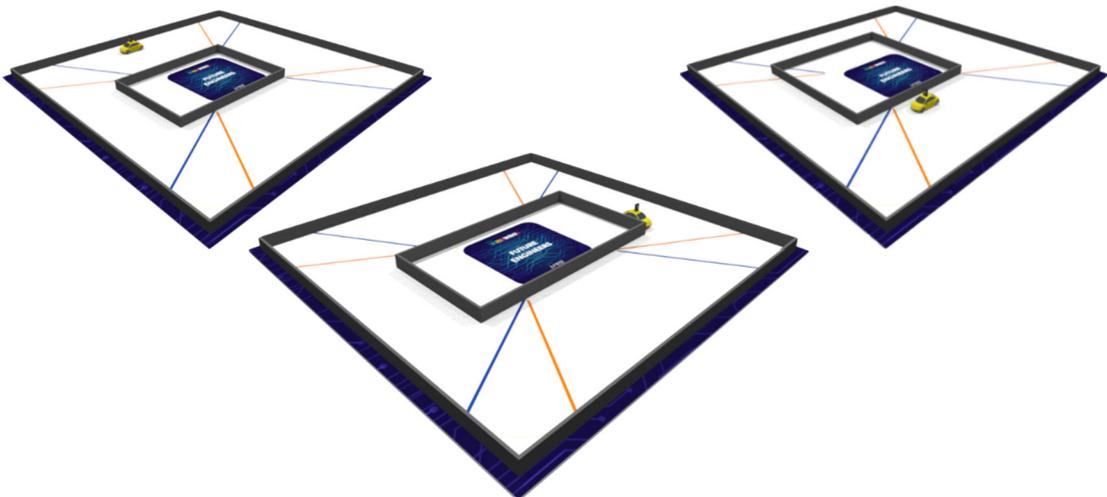


Bild 6: Mögliche Grundrisse der inneren Begrenzung beim Eröffnungsrennen

- 7.5. Im **Hindernisrennen** wird der Grundriss der inneren und äußeren Begrenzung nicht verändert. Der Abstand zwischen den Begrenzungen beträgt konstant 100 cm.

Hindernisse

Jedes der Hindernisse ist **ein Quader** mit den Maßen 45x45x45 mm (BxTxH). Die Farbe der **roten Hindernisse** ist Feuerrot RAL 3000 bzw. sollte diesem Rotton ähnlich sein. Die Farbe der grünen Hindernisse ist Laubgrün RAL 6002 bzw. sollte diesem Grünton ähnlich sein.

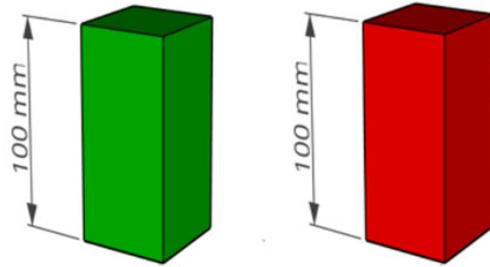


Bild 7: Hindernisse sind 10 cm bzw. 100 mm hoch

7.6. Positionen der Hindernisse

Die Hindernisse werden in die geraden Abschnitte gestellt. Hier gibt es jeweils sechs mögliche Positionen. Die Kreismarkierungen rahmen die hellgraue Quadrate, die Position der Hindernisse, ein.

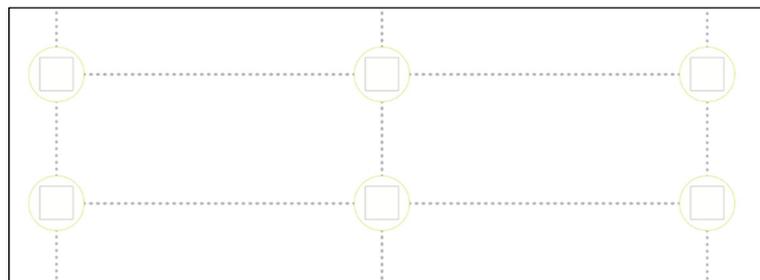


Bild 8: Gerader Abschnitt mit den sechs Hindernismarkierungen

7.7. Verteilung der Hindernisse

Die Hindernisse stehen ausschließlich auf **den geraden Abschnitten**. Dort steht **pro Abschnitt ein Hindernis**. Die Farbe und Anordnung der Hindernisse erfolgt zufällig.

7.8. Regeln zum Umfahren der Hindernisse

Die roten Hindernisse müssen vollständig auf der rechten Seite passiert werden. Die grünen Hindernisse müssen vollständig auf der linken Seite passiert werden.

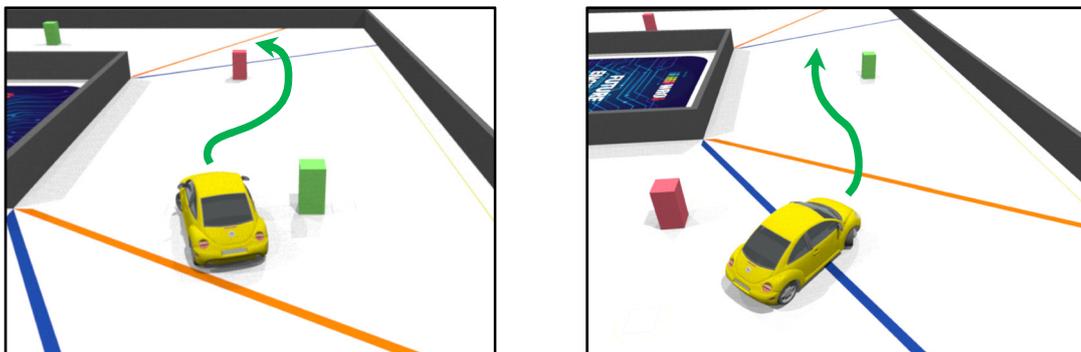


Bild 9 & 10: Regelung zum korrekten Passieren der unterschiedlich, farbigen Hindernisse

7.9. Hindernisse im Start-Ziel-Abschnitt

Im Start-Ziel-Abschnitt wird das Hindernis so platziert, dass es nicht direkt in Fahrtrichtung **vor** dem Roboter steht. Jedoch kann ein Hindernis direkt hinter einem Roboter aufgebaut werden.

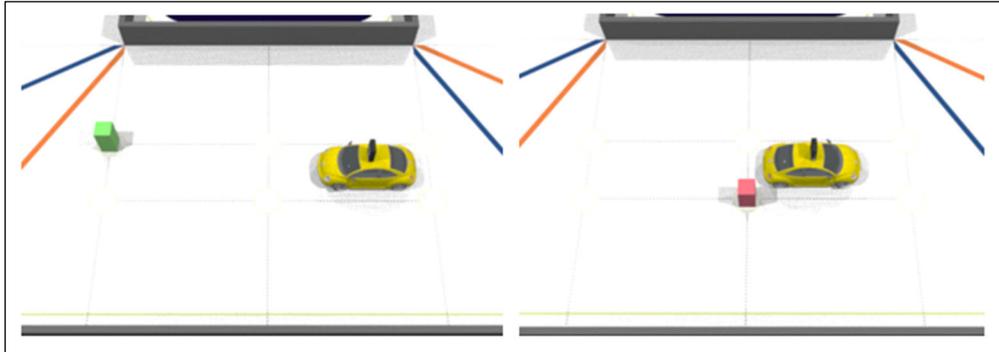


Bild 11: Hindernisse stehen nie direkt vor dem Roboter; direkt dahinter ist jedoch möglich

Zusammenstellung des Parcours

Vor jedem Renndurchlauf wird der Parcours von der Jury umgebaut und zufällig zusammengestellt. Unabhängig vom Rennmodus werden die **folgenden Parameter zufällig** zusammengestellt: Start-Ziel-Abschnitt, Startzone und Fahrtrichtung.

Beim **Eröffnungsrennen** wird der Grundriss der inneren Begrenzung immer wieder neu zusammengestellt.

Beim **Hindernisrennen** werden die Farben und Standorte der Hindernisse mit Farbe neu zusammengestellt.

Alle Teams befahren nacheinander denselben Parcours. Für den nächsten, neuen Renndurchlauf wird der Parcours wieder neu zusammengestellt.

Eröffnungsrennen und Hindernisrennen

Am Wettbewerbstag werden 4 Renndurchläufe gefahren und bewertet: 2 Eröffnungsrennen und 2 Hindernisrennen.

Das **Eröffnungsrennen**: Die Besonderheit bei diesem Rennmodus liegt im Grundriss der inneren Begrenzung. Dieser Grundriss variiert von Eröffnungsrennen zu Eröffnungsrennen. Beispiele für unterschiedliche innere Grundrisse sind in Kapitel 7.3 zu sehen.

Das **Hindernisrennen**: In den Renndurchläufen des Hindernisrennens wird der Grundriss der inneren Begrenzung nicht verändert. Er bildet ein 1 x 1 m großes Quadrat wie auf Bild 4 zu erkennen. Es befinden sich jedoch Hindernisse auf dem Parcours. In jedem der vier geraden Abschnitte befindet sich 1 Hindernis.

Optionale Zusatzaufgabe: das Parkhindernis

Beim **Hindernisrennen** gibt es in dieser Saison eine optionale Zusatzaufgabe. Sie umfasst das **Einparken des Roboters** zwischen zwei Wänden. Das Einparken erfolgt **nach drei gefahrenen Runden** bzw. nach dem Durchfahren des Start-Ziel-Abschnitts.

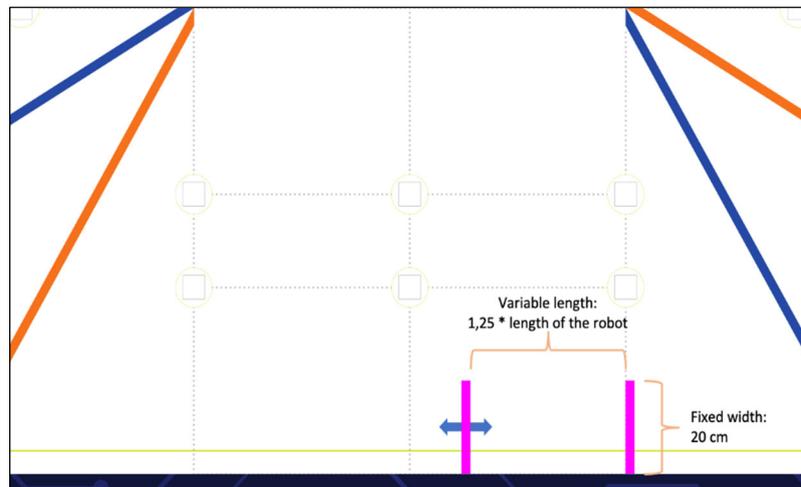


Bild 12: Position der magentafarbenen Wände bei der optionalen Zusatzaufgabe

7.10. Parkplatz

Der Parkplatz befindet sich **in einem geraden Abschnitt** (jedoch nicht im Start-Ziel-Abschnitt) und wird von zwei magentafarbenen Wänden begrenzt.

7.11. Magentafarbene Wände

7.11.1. Die Wände haben **die Maße** 200x100 mm (BreitexHöhe). Sie sind 19 mm (+- 1mm) stark.

7.11.2. **Die Position der rechte Wand** ist rechts neben der gestrichelten Außenlinie des geraden Abschnittes (s. Bild 12). Der **Abstand zwischen den Wänden** wird individuell, entsprechend der Länge des Roboters berechnet: $1,25 \times \text{Roboterlänge} = \text{Abstand der Wände}$.

7.11.3. Die magentafarbenen Wände dürfen vom Roboterauto **NICHT berührt** werden; weder bei der Rundenfahrt noch beim Einparken.

7.12. „komplett eingeparkt“ ...

...hat der Roboter, wenn er nach 3 Runden den Start-Ziel-Abschnitt durchfährt und so zwischen den Wänden einparkt, dass sich sein Grundriss bei der Draufsicht komplett innerhalb des Parkplatzes (s. Bild 13 graues Viereck) befindet. Das Team erhält 15 Punkte zusätzlich.

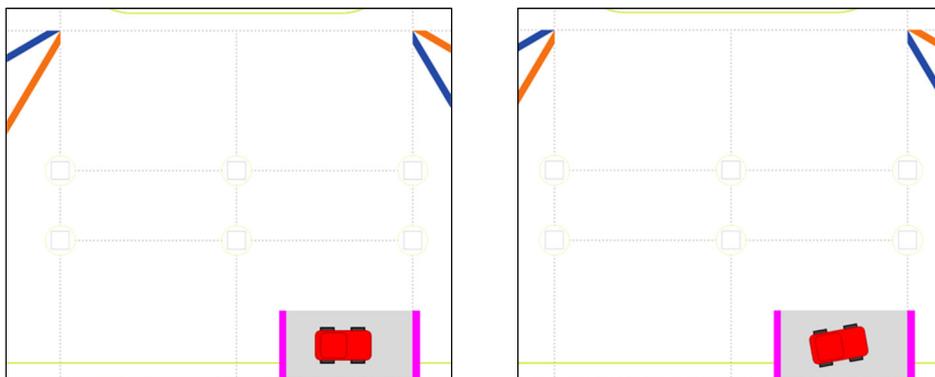


Bild 13: das Roboterauto hat komplett eingeparkt

7.13. „teilweise eingeparkt“ ...

... hat der Roboter, wenn er nach 3 Runden den Start-Ziel-Abschnitt durchfährt und so zwischen den Wänden einparkt, dass sich sein Grundriss bei der Draufsicht teilweise innerhalb des Parkplatzes (graues Viereck) befindet. Das Team erhält 7 Punkte zusätzlich.

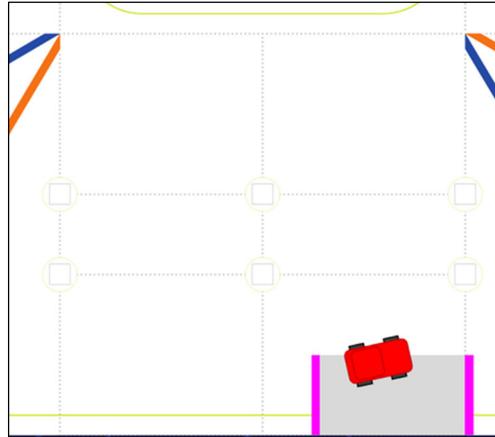


Bild 14: das Roboterauto hat teilweise eingeparkt

Diese Aufgabe kann von den Teams **zusätzlich ausgewählt** werden. Vor dem Einsetzen des Roboters in den Hindernisparcours, informiert das Team die Jury. Die Jury stellt das Parkhindernis auf den Parcours. Bevor das nächste Team den Parcours befährt, wird das Hindernis wieder entfernt. Weitere Erläuterungen zur Bewertung in Kapitel 10.

8. Dokumentation

Wie bei einem echten Entwicklungsprozess, geht es in der Future Engineers Kategorie darum, sich einer Aufgabe zu nähern und eine Lösung zu erarbeiten. Diesen Prozess gilt es zu dokumentieren. Neben dem Entwurf und der Programmierung des Roboterautos müssen die Teams ihre Fortschritte, technischen Daten, die finale Optik der Roboter und den Code festhalten.

Die Dokumentation ist für alle Teams in allen Wettbewerben verpflichtend. Am Wettbewerbstag muss das Team 2 ausgedruckte Dokumentationen mitbringen und diese der Jury übergeben.

Die Dokumentation hat folgende Anforderungen:

Ziel:	Mit der Dokumentation soll das Team die Entwicklung ihres autonom fahrenden Roboterautos und das Ergebnis dokumentieren.
Maximale Seitenanzahl:	<p>insg. max. 20 Seiten einseitig <u>oder</u> insg. max. 10 Seiten beidseitig bedruckt</p> <p>Die angegebene Seitenzahl muss nicht vollständig ausgeschöpft werden. Eine prägnante, kürzere Dokumentation kann ebenfalls zur vollen Punktzahl führen. Dokumentationen mit über 20 Seiten werden nicht bewertet und führen zu einer Punktzahl von Null.</p>

Inhaltliche Gliederung:	<ul style="list-style-type: none"> - Deckblatt – max. 1 Seite - Motorisierung – max. 3 Seiten - Energie & Sensoren – max. 3 Seiten - Hindernisse – max. 3 Seiten - Fotos – max. 3 Seiten - Engineering/Design – max. 3 Seiten - Quellenverzeichnis, Anhänge o.ä. (optional!) – max. 3 Seiten <p>Insgesamt: max. 20 Seiten</p>
Videos:	2 Videos mit ca. 30 Sekunden; Eröffnungsrennen und Hindernisrennen in jeweils einem Video; die Videos werden auf YouTube oder einer anderen öffentlichen Videoplattform hochgeladen und die Links in unserem Onlinesystem hinterlegt.

Inhalt der Dokumentation

Das **Deckblatt** besteht aus maximal 1 Seite und enthält den Teamnamen, 1 Teamfoto, Namen der Teammitglieder und den Namen der Institution.

Zum Thema **Motorisierung** werden max. 3 Seiten gefüllt mit Informationen zu: Für wie viele und welche Motoren habt ihr euch entschieden? Aus welchem Grund? Welche Antriebsform wurde gewählt? Aus welchem Grund und wie funktioniert sie?

Im Kapitel **Energie & Sensoren** wird auf max. 3 Seiten erläutert, welche Sensoren aus welchem Grund ausgewählt und verbaut wurden.

Das Kapitel **Hindernisse** enthält auf max. 3 Seiten Informationen wie der Roboter die Kurven fährt, die Fahrtrichtung und Begrenzungen erkennt, Kollisionen vermeidet, Hindernisse erkennt und sie korrekt passiert. Welche Herausforderungen gab es bei der Programmierung und wie sieht euer Code aus? Bitte den Clean Code bzw. Teile davon abbilden.

Mit 6 **Fotos** auf max. 3 Seiten zeigt ihr euren Roboter aus jeder Blickrichtung. Die Komponenten müssen klar erkennbar sein.

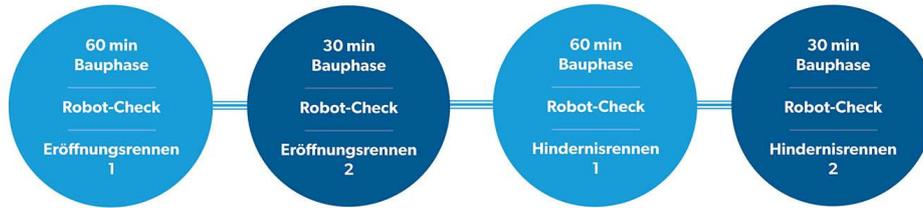
Das Thema **Engineering/Design** darf max. 3 Seiten umfassen. Erläutert, für welches Chassis ihr euch warum entschieden habt. Habt ihr zusätzliche Bauteile verbaut? Warum?

Für **Anhänge** stehen euch max. 4 Seiten zur Verfügung. Hier könnt ihr z.B. Zeichnungen, Quellennachweise o.ä. hinterlegen. Anhänge sind **optional und nicht verpflichtend**.

9. Der Wettbewerb

Bei allen Regionalwettbewerben wird ein identischer Tagesablauf eingehalten. **Nach einem Probedurchlauf** werden über den Tag verteilt vier Wertungsrennen gefahren, zwei sogenannte Eröffnungsrennen und zwei Hindernisrennen. Wie in der Abbildung unten zu sehen, gehören zu jedem dieser Renndurchläufe eine Bauphase, ein Robot-Check sowie der Parcoursbau.

Hinweis: Bei unseren Wettbewerben herrschen unterschiedliche Lichtverhältnisse. Den Einsatz von Infrarotlicht an Kameras oder Blitzlicht durch Besucher können wir nicht ausschließen. Diese Arten der Beeinträchtigung sind kein Grund für eine Wiederholung des Renndurchlaufes.



Bauphasen

Jedem der vier Rennblöcke geht zu Beginn eine Bauphase voraus. In diesen Bauphasen – und nur in diesen – dürfen die Teams an ihren Robotern arbeiten, sie umbauen, programmieren, auf dem Parcours Testfahrten absolvieren und Messungen vornehmen. Am Ende der Bauzeit werden die Roboter auf den sogenannten **Roboterparkplatz** gestellt. Der Roboter **muss ausgeschaltet sein**. Dort verbleiben alle Roboter und dürfen **nicht berührt** werden. Sie werden nur zum Robot-Check und dem kommenden Rennen vom Roboterparkplatz genommen.

Robot-Check

Vor der Teilnahme am Renndurchlauf überprüft die Jury, ob die Roboter regelgerecht gebaut wurden. Das Gewicht darf max. 1,5 kg und die Größe max. 30 x 20 x 30 cm (L x B x H) betragen. Ein **nicht regelgerecht gebauter** Roboter darf innerhalb von 3 Minuten repariert werden. Die Möglichkeit zur Reparatur gibt es nur ein Mal pro Renndurchlauf. Ist die Reparatur nicht erfolgreich, wird das Team für diesen Renndurchlauf ausgeschlossen. Das bedeutet 0 Punkte und eine Rennzeit von 3 Minuten.

Parcoursumbau:

Parallel zum Robot-Check wird der Parcours von der Jury umgebaut. Der Umbau erfolgt gemäß dem **Platzierungsdokument, das einen zufällig zusammengestellte Parcours** abbildet.

Renndurchlauf:

Die Jury holt die Teams zusammen und erklärt laut und verständlich wie der Parcours aussieht, welches der Start-Ziel-Abschnitt, die Startzone und die Fahrtrichtung ist. Offene Fragen werden geklärt. Der Parcours bleibt für alle Teams, die an der kommenden Wertungsrunde teilnehmen, gleich.

9.1. Platzierung des Roboters

Der Roboter wird von einem Teammitglied mit gerade ausgerichteten Achsen innerhalb der Startzone abgestellt. Bei der Draufsicht befindet sich der Umriss des Roboters innerhalb der Begrenzung der Startzone.

9.2. Einschalten und Start des Roboters

Der Roboter wird mit einer Interaktion eingeschaltet (s. Erläuterung Kapitel 6 Einschalt- und Start-Komponenten). Die Jury sagt „3-2-1-Los“. Auf das letzte Kommando „Los“ wird dann der Roboter gestartet. Dies erfolgt ebenfalls mit nur einer Interaktion mit dem Roboter (s. Erläuterung Kapitel 6 Einschalt- und Start-Komponenten).

9.3. Bewertung

Die Jury wertet das Rennen hinsichtlich erreichter Punkte und benötigter Zeit. Sie bespricht die Ergebnisse mit dem Team. Das Team unterschreibt den Bewertungsbogen. Nun folgen die Wertungsläufe der anderen Teams.

9.4. Reparatur

Während der ersten und zweiten Runde eines Renndurchlaufes kann das Team im Fall, dass der Roboter stoppt, einmalig die Möglichkeit für eine sogenannte Reparatur wahrnehmen. Nach Freigabe durch die Jury entnimmt das Team den Roboter, um Probleme mit mechanischen oder elektronischen Bauteilen zu beheben. Eine Dateneingabe ist nicht erlaubt. Der Roboter wird danach in denselben Abschnitt gestellt und gestartet. Die Rennzeit läuft während der gesamten Reparatur weiter. Als Strafe werden bei der Bewertung des Renndurchlaufes die Punkte halbiert.

Regelungen: das Beenden eines Rennens & dessen Bewertung

Das Roboterauto hat pro Renndurchlauf **drei Minuten Zeit**, um den Parcours **drei Runden** fehlerfrei zu befahren. Verstößt das Auto während der Fahrt gegen die unten aufgeführten Fahrregeln, wird das Rennen abgebrochen. Dann wird die gefahrene Zeit notiert. Die gefahrenen Abschnitte und Runden werden gezählt und ergeben die Grundlage für die Punktebewertung. Für das Stoppen im Star-Ziel-Abschnitt sowie das fehlerfreie Passieren von Hindernissen gibt es ebenfalls Punkte.

Die Regeln lauten wie folgt:

9.5. Die Zeit wird gestoppt und die vollständig passierten Abschnitte gezählt, wenn:

9.5.1. das Roboterauto stoppt bzw. nicht weiterfährt

9.5.2. die 3 Minuten Rennzeit abgelaufen sind

9.5.3. ein Hindernis vollständig auf der falschen Seite passiert wurde (s. Bild 15)

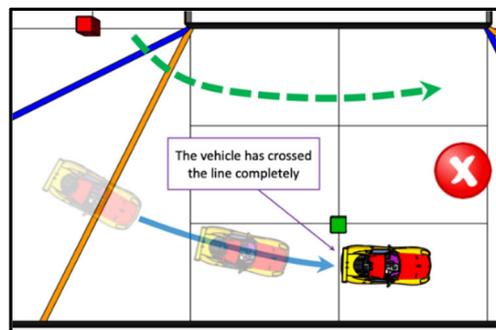


Bild 15: Hindernis wurde auf der falschen Seite vollständig passiert

9.5.4. ein Hindernis vollständig aus seiner Kreismarkierung herausgeschoben wurde (s. Bild 17)

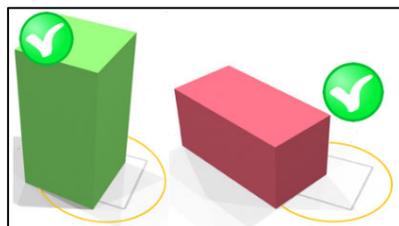


Bild 16: Hindernis **NICHT** vollständig aus der Markierung herausgeschoben

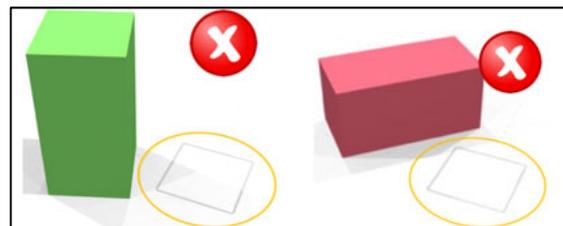


Bild 17: Hindernis **vollständig** aus der Markierung herausgeschoben

- 9.5.5.** das Roboterauto über mehr als zwei Abschnitte **entgegen der Fahrtrichtung** gefahren ist (s. Bild 19)

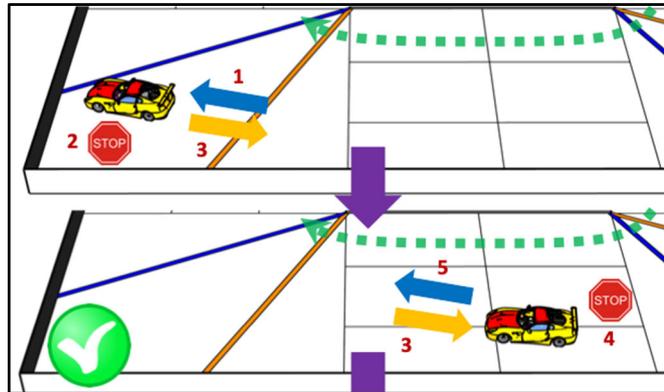


Bild 18: Roboter fährt nur 2 Abschnitte entgegen der Fahrtrichtung (erlaubt)

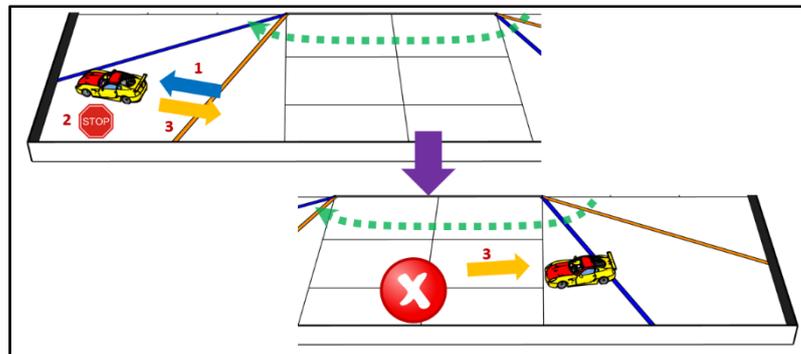


Bild 19: Roboter fährt mehr als 2 Abschnitte entgegen der Fahrtrichtung

- 9.5.6.** das Roboterauto **nach drei Runden** im Start-Ziel-Abschnitt stoppt oder aus diesem komplett herausfährt
- 9.5.7.** der Roboter **eine magentafarbene Wand berührt**.
- 9.6.** Folgende Situationen werden hingegen mit **null Punkten** und einer **Rennzeit von 3 Minuten** (180 Sekunden) gewertet:
- 9.6.1.** Das Roboterauto fährt nach dem Startsignal **gar nicht erst los**.
- 9.6.2.** Das Team wird **disqualifiziert**:
- Nach unerlaubtem Berühren oder Entfernen des (fahrenden) Roboterautos vom Parcours
 - Nach der mutwilligen Beschädigung des Parcours oder eines anderen Roboterautos
 - Wenn das Roboterauto den Robot-Check nicht bestanden hat
 - Das Team den Roboter zu spät zum Roboterparkplatz gebracht hat

10. Bewertung Renndurchläufe / Dokumentation + Rangfolge

Nach **jedem Renndurchlauf** werden die erzielten Punkte addiert und die Rundenzeit notiert. Die Jury lässt sich die Bewertung von einem Teammitglied gegenzeichnen.

Bewertungstabelle und Punktevergabe für die Renndurchläufe

	Renndurchläufe: Gesamtübersicht der Punkte	Punkte	max. Punkte
	... für Eröffnungs- und Hindernisrennen:		
1.1	<u>Anzahl der Abschnitte</u> : jeder Abschnitt, aus dem der Roboter vollständig herausfährt, wird mit 1 Punkt gezählt. Ausgenommen ist nach 3 gefahrenen Runden der Start- & Zielabschnitt.	1	24
1.2	<u>Anzahl der Runden</u> : 1 Runde besteht aus 8 Abschnitten. Zählweise: 7 Abschnitte = 0 Runden; 8 Abschnitte = 1 Runde; 15 Abschnitte = 1 Runde; 16 Abschnitte = 2 Runden	1	3
1.3	<u>Stopp im Start-Ziel-Abschnitt</u> : der Roboter stoppt nach 3 Runden im Start-Ziel-Abschnitt (d.h. der komplette Robotergrundriss befindet sich innerhalb des Start-Ziel-Abschnittes)	3	3
	... nur für Hindernisrennen:		
	... > 1 Runde und < 3 Runden wurden gefahren		
1.4.	1 oder mehrere Hindernisse wurden berührt, aber nicht außerhalb der Markierung verschoben (s. Kapitel 9.5.4)	2	2
1.5.	Keine Hindernisse wurden berührt.	4	4
	... 3 Runden wurden gefahren		
1.6.	1 oder mehrere Hindernisse wurden berührt, aber nicht außerhalb der Markierung verschoben (s. Kapitel 9.5.4)	8	8
1.7.	Keine Hindernisse wurden berührt.	10	10
1.8.	Park-Challenge: komplett eingeparkt (s. Kapitel 7)	15	15
1.9.	Park-Challenge: teilweise eingeparkt (s. Kapitel 7)	7	7
	... für Eröffnungs- und Hindernisrennen:		
2	<u>Reparatur</u> : das Team führt Reparaturarbeiten durch. Es ist unerheblich, ob diese erfolgreich waren oder nicht.	Gesamtpunktzahl des Rennens wird halbiert	

Im **Eröffnungsrennen** können maximal **30 Punkte** gesammelt werden (1.1 + 1.2 + 1.3).

Im **Hindernisrennen** können maximal **55 Punkte** gesammelt werden (1.1 + 1.2 + 1.3 + 1.7. + 1.8).

Am Wettbewerbstag bringen die Teams mindestens 2 ausgedruckte Dokumentationen mit. Diese werden von der Jury gesichtet und bewertet. Die Jury darf neben der Sichtung der Dokumentationsmappe den Teams auch Fragen zu ihrer Ausarbeitung stellen.

Bewertungstabelle und Punktevergabe für die Dokumentation

	ohne Angaben	vorhanden	gut	voll- ständig	sehr gut	max. Punktzahl
Motorisierung	0	1	2	3	4	4
Energie & Sensoren	0	1	2	3	4	4
Hindernisse	0	1	2	3	4	4
Fotos	0	1	2	3	4	4
Videos	0	1	2	3	4	4
Dokumentationsmappe/ Struktur	0	1	2	3	4	4
Engineering/Design	0	1	2	3	4	4
	o.A.		gut		sehr gut	
Gesamteindruck Jury	0		1		2	2
			max. Gesamtpunktzahl			30

Die **Dokumentation** (Dokumentationsmappe + Videos) kann mit maximal 30 Punkten bewertet werden.

Bewertung der Rangfolge

Die höchst mögliche **Gesamtpunktzahl beträgt 115 Punkte**. Sie setzen sich zusammen aus:

- max. 30 Punkten für eines der Eröffnungsrennen
- max. 55 Punkte für eines der Hindernisrennen
- max. 30 Punkte für die Dokumentation

Bei der Erstellung der Rangfolge kann es zu einem Punktegleichstand zwischen Teams kommen. Um die Rangfolge zwischen diesen Teams zu berechnen, werden sie wie folgt bewertet:

Priorität	
1	Punkte bestes Eröffnungsrennen (max. 30 Punkte) + Punkte bestes Hindernisrennen (max. 55 Punkte) + Punkte für die Dokumentation (max. 30 Punkte)
2	Zeit bestes Eröffnungsrennen + Zeit bestes Hindernisrennen
3	höchste Punktzahl des besten Hindernisrennens
4	Zeit des besten Hindernisrennens

11. Minimaler Umfang an elektromechanischen Komponenten

Die nachstehende Liste enthält Ausrüstungsgegenstände, die für elektromechanische Teile des Roboterautos verwendet werden können. Sie dient als Orientierung:

- Einplatinencomputer: er wird für die Videoverarbeitung in Echtzeit, die Analyse von Sensordaten und das Senden/Verwalten von Signalen an die Motorsteuerung verwendet
- ein Einplatinen-Mikrocontroller + ein Motorschild: Diese Gerätekombination empfängt Steuersignale vom Haupt-SBC und steuert die Motoren entsprechend.
- eine Weitwinkelkamera
- zwei Abstandssensoren + zwei Lichtsensoren
- Servomotor: er steuert die Lenkung
- DC-Motor mit Getriebe: er steuert die Geschwindigkeit des Roboterautos
- mindestens ein Encoder: er ermöglicht es dem Roboterauto, die Winkelgeschwindigkeit eines Gleichstrommotors zu messen
- IMU (Inertial Measurement Unit, Trägheitsmesseinheit) - in der Regel eine Kombination aus Gyroskop und Beschleunigungsmesser: Sie kann zur Verbesserung der Roboterautonavigation eingesetzt werden
- Batterien: eine für SBC und SBM, weitere für die Motoren
- ein Spannungsstabilisator: er wird benötigt, um eine angemessene Stromversorgung für die SBC/SBM zu gewährleisten
- zwei Schalter zum Anschluss der Batterien an die Stromverbraucher: SBC/SBM, Motoren
- Startknopf: er kann als Auslöser für den Start des Rennens verwendet werden

Ein Beispiel für eine Roboterautokonfiguration könnte sein:

- Fahrgestell eines ferngesteuerten Autos (RC)
- Hauptcontroller -- Raspberry Pi 3 und eine MicroSD-Karte, um ein Betriebssystem und Programme zu speichern
- Kameramodul (<https://www.raspberrypi.org/products/camera-module-v2/>) mit extra Weitwinkelobjektiv
- Motor- und Sensorsteuerung -- Arduino UNO (<https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>) mit einem Prototyping Shield (<https://store.arduino.cc/proto-shield-rev3-uno-size>)
- DC-Motorsteuerung (<https://www.robotshop.com/en/cytron-13a-5-30v-single-dc-motor-controller.html>)
- Gleichstrommotor zum Antrieb des Roboterautos (könnte Teil des Fahrgestells sein)
- Servomotor für die Lenkung (könnte Teil des Fahrgestells sein)
- IMU-Sensor (<https://www.sparkfun.com/products/13762>)
- 2 Ultraschall-Abstandssensoren (<https://www.sparkfun.com/products/15569>)
 - 2 analoge Zeilensensoren (<https://www.sparkfun.com/products/9453>)
 - Drehgeber (<https://www.sparkfun.com/products/10790>)
- eine externe USB-Batterie mit einem Hub, um den Verbrauch zwischen Raspberry Pi und Arduino aufzuteilen
- eine zusätzliche Batterie für die Stromversorgung des Gleichstrommotors (könnte Teil des Gehäuses sein)