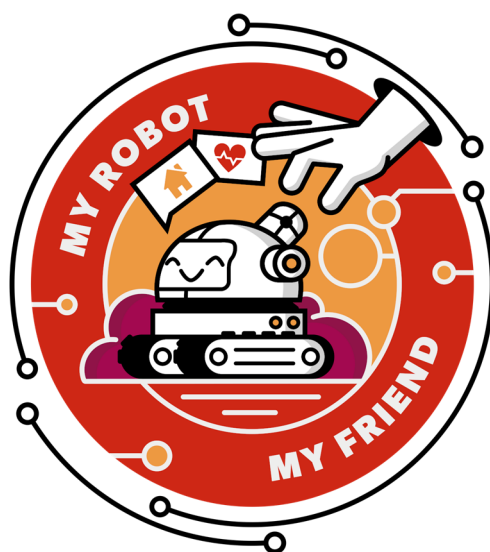


Regelwerk für

## Future Engineers 2022



Version: 11. Februar 2022



Offizieller Organisator der  
World Robot Olympiad in Deutschland

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Allgemeine Informationen .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Team- und Altersklassendefinition.....</b>	<b>5</b>
<b>3. Verantwortlichkeiten und eigene Arbeit des Teams .....</b>	<b>5</b>
<b>4. Regeln, Aufgaben und FAQ.....</b>	<b>6</b>
<b>5. Parcours &amp; Rennablauf.....</b>	<b>6</b>
<b>6. Dokumentation .....</b>	<b>10</b>
<b>7. Roboterauto: Material &amp; Vorschriften .....</b>	<b>11</b>
<b>8. Rennfeld und Zubehör .....</b>	<b>13</b>
<b>9. Wettbewerb, Regeln &amp; Ablaufplan .....</b>	<b>14</b>
<b>10. Bewertung &amp; Hinweise für die Jury .....</b>	<b>20</b>
<b>11. Minimaler Umfang an elektromechanischen Komponenten .....</b>	<b>22</b>

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>

## Versionen

Datum	Hinweis zur Version
<b>15.01.2022</b>	<b>Redaktionelle Änderungen (gelb hinterlegt)</b> <u>Kapitel 5:</u> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Parcoursaufbau im 2. Eröffnungsrennen</li> <li>2. umfangreichere Passagen/ Erläuterungen wurden ergänzt</li> </ol> <u>Kapitel 6:</u> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Änderung der Zeichenanzahl der README.md</li> <li>2. Link zur Vorlage eines GitHub-Repository</li> </ol> <u>Kapitel 7:</u> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Roboterauto: Erläuterung</li> <li>2. Anpassungen an 7.17</li> </ol> <u>Kapitel 8:</u> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rennfeld und Zubehör</li> <li>2. kleinere Anpassungen an 8.2 und 8.2.3</li> </ol> <u>Kapitel 9:</u> kleinere Anpassungen an 9.4.3, 9.12., 9.15.3. und 9.16.2 <u>Kapitel 10:</u> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kleine Anpassungen unter 10.1</li> <li>2. Anpassung unter 10.8</li> <li>3. Änderung der Anzahl der Zeichen in der README.md Datei</li> </ol>

<b>11.02.2022</b>	<b>Redaktionelle Änderungen (türkis hinterlegt)</b> <u>Kapitel 9:</u> Korrektur der Kapitelnummer in 9.5.2., 9.6., 9.12. und 9.14.3. <u>Kapitel 10:</u> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Korrektur der maximal erreichbaren Punktzahl im Eröffnungs- und Hindernisrennen</li><li>2. Erläuterung wie sich die maximale Punktzahl zusammensetzt</li></ol>
-------------------	--

## 1. Allgemeine Informationen

### Einführung

In der Kategorie "Future Engineers" steht der gesamte Entwicklungsprozess eines autonom fahrenden Roboterautos im Mittelpunkt. Die besondere Herausforderung besteht darin, im Wettbewerb mit einem Roboterauto einen sich von Runde zu Runde zufällig wechselnden Parcours fehlerfrei zu absolvieren.

Die Teams müssen den gesamten Prozessablauf betrachten und dokumentieren. In der Kategorie "WRO Future Engineers" werden bei der Bewertung Bonuspunkte für die Dokumentation des Entwicklungsprozesses und das Einrichten eines öffentlichen GitHub-Repositories verteilt.

Die internationale WRO-Organisation hat einen "Getting Started Guide" zur Verfügung gestellt mit weiteren Informationen für den Bau eines Roboterautos, mehr unter: <https://world-robot-olympiad-association.github.io/future-engineers-gs/>

### 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 & 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 (mindestens 18 Jahre). Ein Team mit weniger als 2 Mitgliedern oder fehlender betreuender Person gelten nicht als Team und könnten 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 14-19 Jahren (in der Saison 2022: Jahrgänge 2003-2008) zugelassen.
- 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

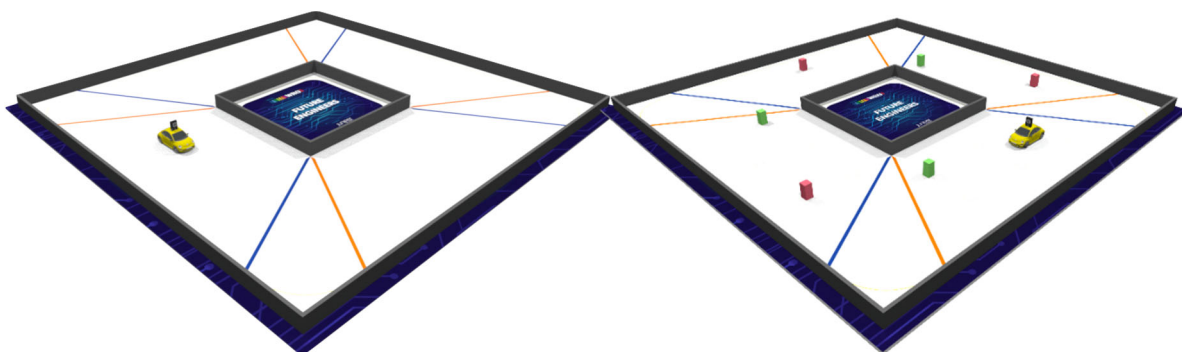
- 3.1. Die Konstruktion und Programmierung des Roboters darf nur vom Team selbst vorgenommen werden. Die Aufgabe des Coaches ist es, das Team zu begleiten, ihm bei organisatorischen und logistischen Angelegenheiten zu helfen und es bei Fragen und Problemen zu unterstützen. Der Coach darf nicht in den 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. Parcours & Rennablauf

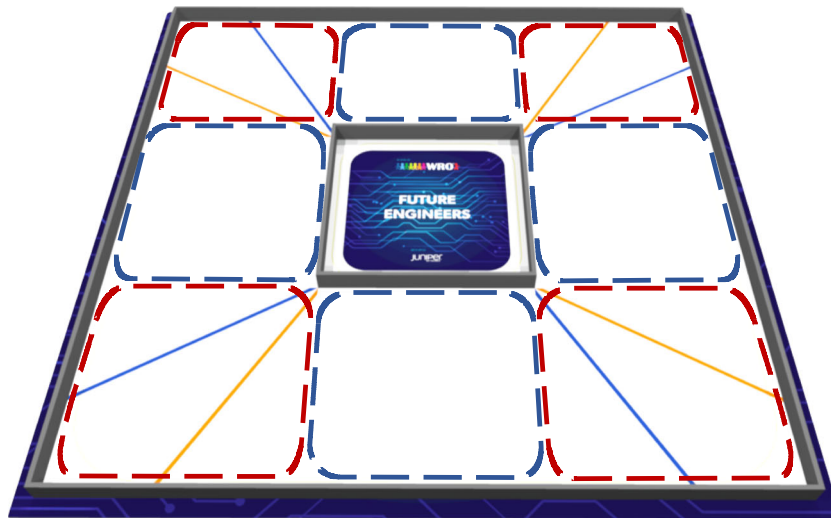
Die Herausforderung der autonom fahrenden Roboterautos besteht darin, fehlerfrei durch einen zufällig zusammengestellten Parcours zu fahren. Die Außenmaße des Parcours betragen 3 x 3 m. Die Matte, auf der der Parcours aufgebaut wird, beträgt 3,1 x 3,1 m. Begrenzt wird der Parcours durch eine äußere und eine innere Begrenzung (s. Bild 1). Ein Pfeil innerhalb der inneren Begrenzung gibt die Fahrtrichtung für die Roboterautos vor.



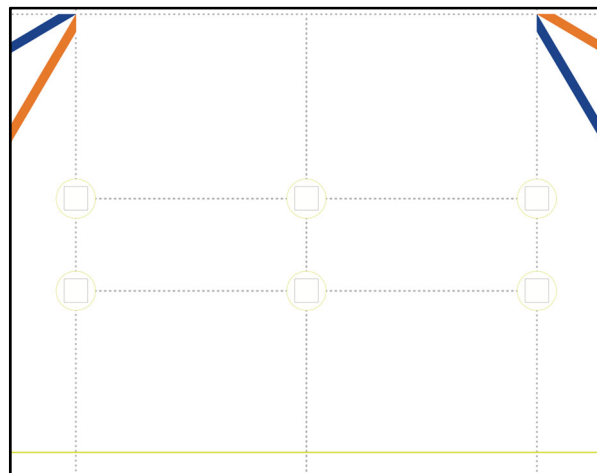
**Bild 1: Rennparcours (links: Eröffnungsrennen; rechts: Hindernisrennen)**

Am Wettbewerbstag werden insgesamt vier Rennen gefahren: 2 Eröffnungsrennen und 2 Hindernisrennen. Der Parcours wird vor jedem Rennen zufällig zusammengestellt und von allen Roboterautos nacheinander befahren. Ein Renndurchlauf dauert maximal 3 Minuten.

Der Parcours wird in 8 Abschnitte unterteilt (s. Bild 2). Die blau gestrichelten Linien stellen die geraden Abschnitte dar, die rot gestrichelten Linien die Kurvenabschnitte. An dieser Einteilung orientiert sich der Parcoursaufbau und der Rennablauf.



**Bild 2:** Die zwei unterschiedlichen **Abschnitte** auf dem Parcours

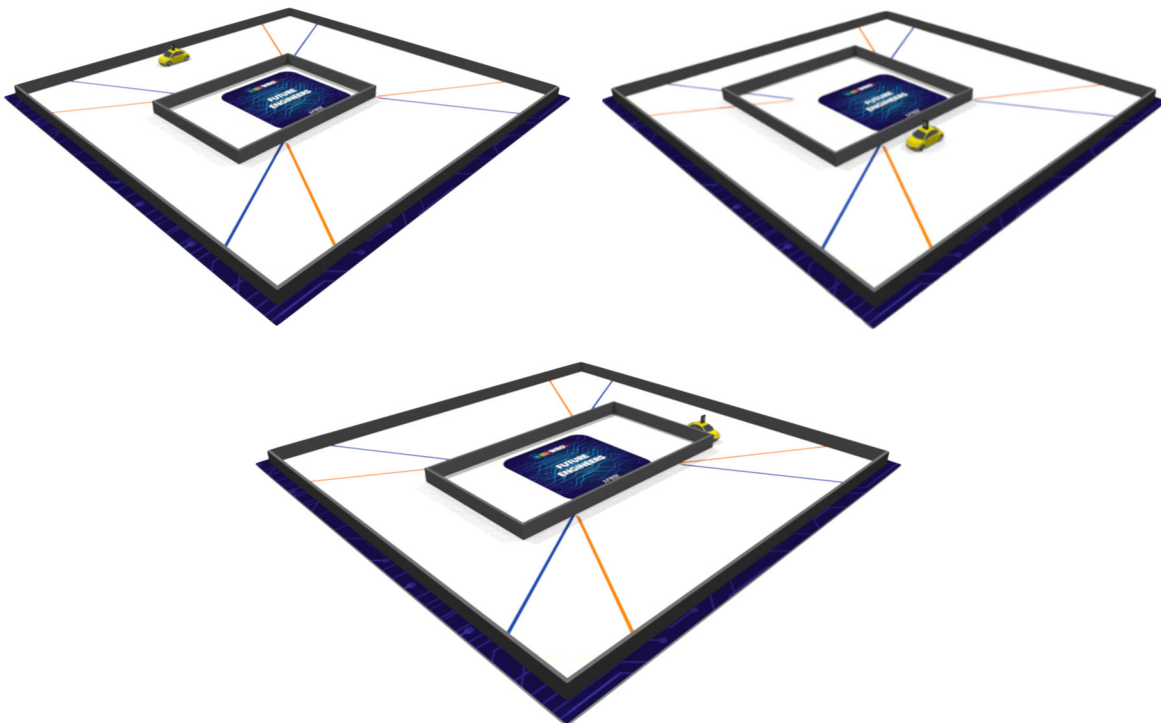


**Bild 3:** Gerader Abschnitt mit 6 Startzonen und 6 Kreismarkierungen für die Hindernisse

Ziel ist es, dass das Roboterauto 3 fehlerfreie Runden auf dem Parcours absolviert. Dafür hat es maximal 3 Minuten Zeit. Ein Jurymitglied gibt das Startsignal und startet die Rennzeit. Wenn das Roboterauto nach drei Runden im Zielabschnitt (= Startabschnitt) stoppt bzw. diesen durchfahren hat, wird die Rennzeit gestoppt.

Ein Renndurchlauf wird vor dem Ablauf von 3 Minuten gestoppt, a) wenn das Roboterauto gemäß den Regeln drei Runden erfolgreich absolviert hat oder es b) zu einem Regelverstoß gekommen ist. In beiden Fällen wird die Rennzeit angehalten und notiert. Anschließend werden die Punkte entsprechend der Bewertungskriterien für diesen Renndurchlauf vergeben und mit den Teams besprochen.

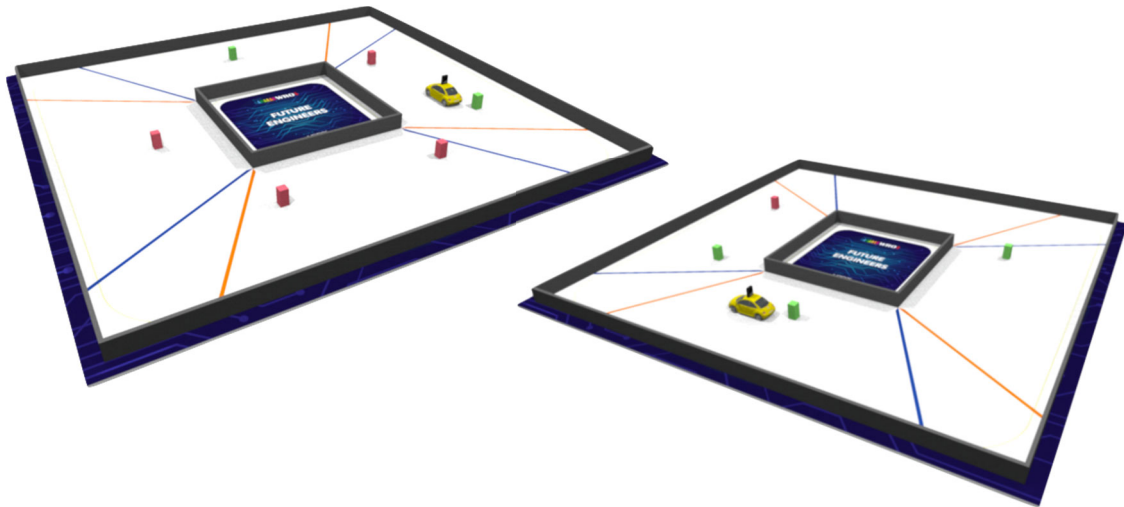
- 5.1. Beim Eröffnungsrennen befinden sich keine Hindernisse auf dem Parcours. Das Roboterauto startet in einem zufällig festgelegten, geraden Abschnitt, der dadurch zum Startabschnitt wird. Ein Startabschnitt wird in sechs mögliche Startzonen unterteilt (s. Bild 3). Die Startzone im Startabschnitt wird zufällig festgelegt. Der Startabschnitt ist, nach drei gefahrenen Runden, ebenfalls der Zielabschnitt. Vor jedem Rennen werden ebenso der Abstand von der inneren zur äußeren Begrenzung (s. Bild 4) sowie die Fahrtrichtung festgelegt. Die innere Begrenzung ist entweder 1000 mm oder 600 mm von der äußeren, starren Begrenzung entfernt. Die Fahrtrichtung wird mit einem Pfeil innerhalb der inneren Begrenzung angezeigt. Im zweiten Eröffnungsrennen werden der Aufbau der inneren Begrenzung, der Startabschnitt, die Startzone und die Fahrtrichtung neu festgelegt.



**Bild 4:** Eröffnungsrennen: die innere Begrenzung in unterschiedlichen Formaten

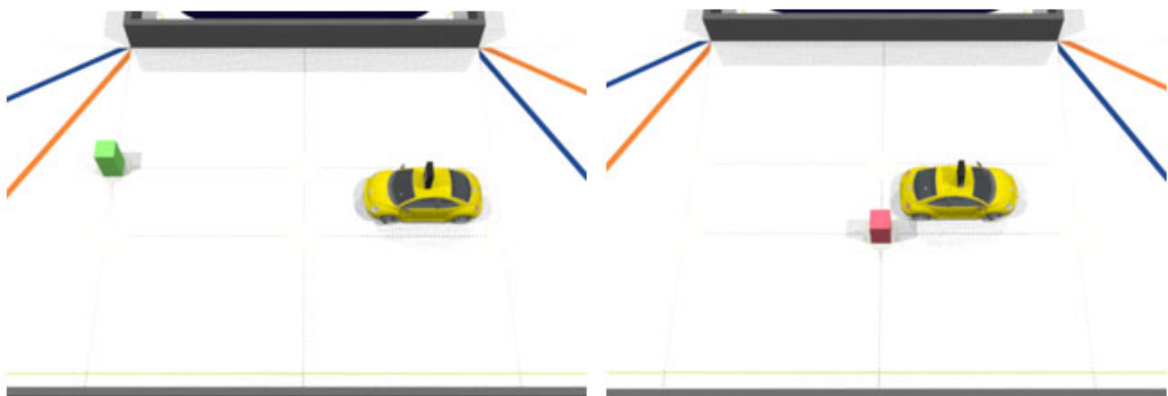
- 5.2. Beim Hindernisrennen bleiben die äußere und innere Begrenzung starr und sind rundherum 100 cm voneinander entfernt. Wie schon im Eröffnungsrennen werden vor dem Renndurchlauf der Startabschnitt, die Startzone (s. Bild 3) und die Fahrtrichtung zufällig bestimmt. Es befinden sich jedoch Hindernisse auf dem Parcours (s. Bild 5). Deren Farbe, Standort und Anzahl wird ebenfalls zufällig festgelegt. Im Hindernisrennen sind ebenfalls drei Runden fehlerfrei zu absolvieren. Wenn das Roboterauto nach drei gefahrenen Runden im Ziel- bzw. Startabschnitt stoppt, erhält das Team dafür Extrapunkte.





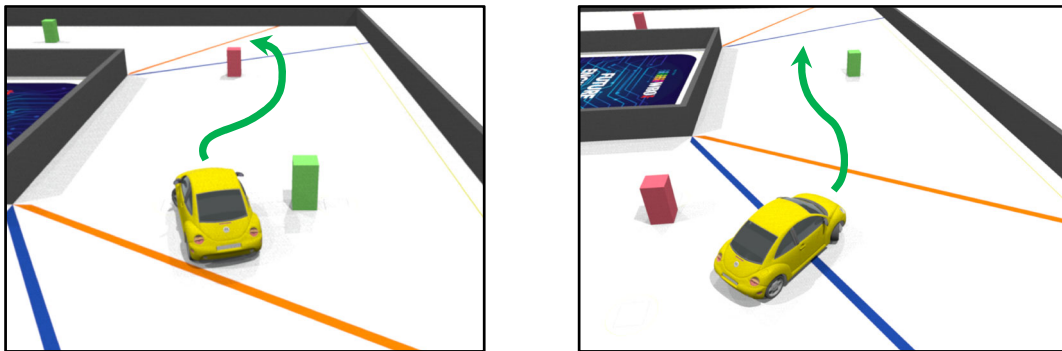
**Bild 5: Parcours während der Hindernisrennen**

Als Startzone im Hindernisrennen wird eine der beiden mittleren, schmalen Zonen festgelegt (s. Bild 6). Befinden sich in dem Startabschnitt ein oder mehrere Hindernisse, so stehen diese nicht direkt in Fahrtrichtung vor einem Roboterauto. Jedoch kann ein Hindernis hinter einem Roboterauto stehen.



**Bild 6: Mögliche Positionen von Hindernissen in der Startzone während der Hindernisrennen**

Es gibt sechs mögliche Standorte für die Hindernisse in jedem geraden Abschnitt, wobei maximal zwei Hindernisse pro Abschnitt stehen dürfen. Hindernisse stehen innerhalb ihrer Markierung. Diese Markierung ist ein Kreis mit einem innen liegenden Quadrat (s. Bild 3). Die Hindernisse sind entweder rot oder grün und haben die Maße 45x45x100 mm (BxTxH). Die roten Hindernisse werden auf der rechten Seite umrundet. Die grünen Hindernisse werden auf der linken Seite passiert (s. Bild 7). Im 2. Hindernisrennen werden der Startabschnitt, die Startzone, die Fahrtrichtung und die Aufstellung der Hindernisse neu festgelegt.



**Bild 7: Regelung zum Passieren der Hindernisse**

In Kapitel 7 folgen weiterführende Hinweise zu den Wettbewerbsregeln, dem Starten und dem Beenden der Renndurchläufe.

## 6. Dokumentation

Wie bei einem echten Entwicklungsprozess geht es darum, sich einer Aufgabe zu nähern und eine Lösung zu erarbeiten. Ebenso gilt es, diesen Prozess zu dokumentieren, um ihn mit der Community zu teilen. Neben dem Entwurf und der Programmierung des Roboterautos werden die Teams gebeten, Material online zur Verfügung zu stellen, welches den technischen Fortschritt und das Endergebnis aufzeigt. Für jeden der unten genannten Punkte der Dokumentation gibt es am Wettbewerbstag Bonuspunkte.

Jedes Team muss den Link zu seinem GitHub-Repository spätestens 1 Monat vor dem Wettbewerb in unserem Online-System eintragen. Auch nach Übergabe des Links dürfen die Teams im GitHub weiterarbeiten. Folgende Inhalte müssen spätestens 1 Woche vor dem Wettbewerb vorhanden sein:

- 6.1. 6 Fotos des Roboterautos: eines von jeder Seite und je eines von oben und von unten
- 6.2. 1 Video mit Link: URL zu YouTube: sollte entweder öffentlich oder über einen Link zugänglich sein; das Video zeigt das autonom fahrende Roboterauto für mindestens 30 Sekunden
- 6.3. technische Zeichnungen der elektronischen Komponenten in Form von JPEG, PNG oder PDF; die Darstellung sollte alle im Roboterauto verwendeten Elemente (elektr. Komponenten und Motoren) und deren Verbindungen untereinander enthalten
- 6.4. der Code für alle Komponenten, die für die Teilnahme am Wettbewerb programmiert wurden

### Was das GitHub-Repository beinhalten muss:

Das Repository kann neben dem Code auch die Dateien für Modelle enthalten, die von Laserschneidemaschinen, 3D-Druckern und CNC-Maschinen zur Herstellung der Roboterauto-

elemente verwendet werden. Außerdem sollte es die Historie der Commits bzw. Änderungs-  
meldungen und eine README.md-Datei enthalten.

Unter folgendem Link ist eine Vorlage für ein entsprechendes GitHub-Repository zu finden  
<https://github.com/technikbegeistertev/wro-fe-beispiel>.

Die Historie der Commits sollte mindestens 3 Commits enthalten:

1. Commit: nicht älter als 2 Monate vor dem Wettbewerb und einen Teil des endgültigen Codes enthalten
2. Commit: nicht älter als 1 Monat vor dem Wettbewerb
3. Commit: nicht älter als 1 Tag vor dem Wettbewerb

Die README.md-Datei sollte eine kurze, schriftliche Erläuterung der entworfenen Lösung (ca.  
3000 Zeichen) enthalten um zu verdeutlichen:

1. aus welchen Modulen der Code besteht,
2. wie die Module mit den elektromechanischen Komponenten des Roboterautos zusammenhängen,
3. wie der Prozess zum Erstellen/Kompilieren/Hochladen des Codes auf die Steuergeräte des Roboterautos aussieht.

## 7. Roboterauto: Material & Vorschriften

- 7.1. Die Abmessung des Roboterautos darf max. 300 x 200 x 300 mm (L x B x H) betragen.
- 7.2. Das Gewicht des Roboterautos darf 1,5 Kilogramm nicht überschreiten.
- 7.3. Das Roboterauto muss ein vierrädriges Roboterauto mit einem Antriebsmotor und einem Lenkungsantrieb beliebiger Art sein. Es muss entweder mit:  
*Vorderradantrieb* ([https://en.wikipedia.org/wiki/Front-wheel\\_drive](https://en.wikipedia.org/wiki/Front-wheel_drive)),  
*Hinterradantrieb* ([https://en.wikipedia.org/wiki/Rear-wheel\\_drive](https://en.wikipedia.org/wiki/Rear-wheel_drive)) oder  
*Allradantrieb* ([https://en.wikipedia.org/wiki/Four-wheel\\_drive](https://en.wikipedia.org/wiki/Four-wheel_drive)) ausgestattet sein.
- 7.4. Das Roboterauto fährt auf vier normalen Rädern (vergleichbar mit einem Autoreifen).
- 7.5. Das Roboterauto muss autonom fahren und das Rennen selbstständig beenden.
- 7.6. Die Steuerungssoftware kann in jeder beliebigen Programmiersprache geschrieben werden - es gibt keine Einschränkungen bezüglich einer bestimmten Sprache.
- 7.7. Die Teilnehmer dürfen das Programm im Voraus erstellen.
- 7.8. Es ist **nicht** erlaubt, ein Roboterautosteuerungsprogramm zu verwenden, das:  
(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 die Teams vom Wettbewerb disqualifiziert.
- 7.9. Für die Kommunikation zwischen den elektromechanischen Komponenten des Roboterautos sind nur Drahtverbindungen zulässig.
- 7.10. Das für das Roboterauto verwendete Steuergerät kann entweder ein Einplatinen-

computer (SBC) oder ein Einplatinen-Mikrocontroller (SBM) sein, wobei es keine Beschränkung hinsichtlich der Marke gibt.

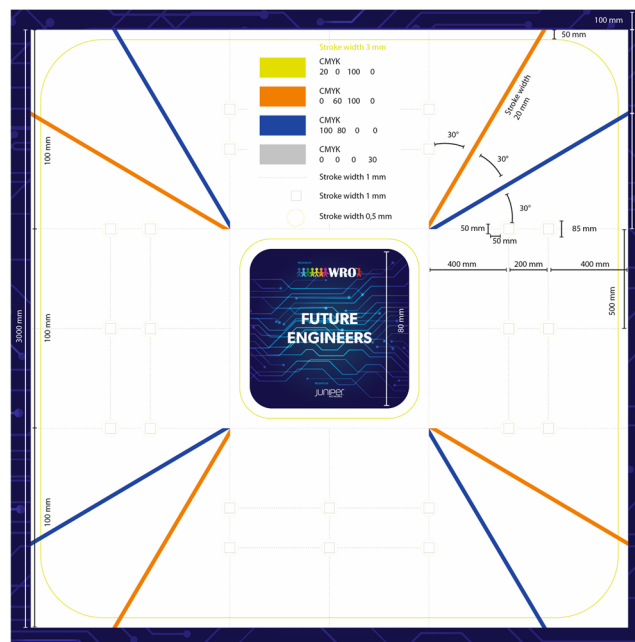
- 7.11. Es kann mehr als ein SBC/SBM im Roboterauto vorhanden sein.
- 7.12. Bei den folgenden Komponenten haben die Teams die freie Wahl:
  - 7.12.1. Sensoren: es gibt keine Beschränkungen in Bezug auf Marke, Funktion oder Anzahl der verwendeten Sensoren. Kameras gelten als Sensoren.
  - 7.12.2. Elektromotoren & Antriebe: es gibt keine Beschränkungen hinsichtlich der Marke oder der Anzahl der verwendeten Motoren und Servos.
  - 7.12.3. elektronische Komponenten: es gibt keine Einschränkungen bezüglich des Typs, der Firma, der Anzahl oder des Zwecks.
  - 7.12.4. Hydraulische und magnetische Komponenten: hydraulischer Druck oder Magneten, Magnetspulen oder Elektromagneten.
  - 7.12.5. Batterien: es gibt keine Beschränkungen hinsichtlich der Marke, der Funktion oder der Anzahl der verwendeten Batterien.
  - 7.12.6. 3D-gedruckte Elemente: mit einer CNC-Maschine vorbereitete Elemente, aus Acryl/Holz/Metall geschnittene Elemente oder beliebige Elemente aus beliebigen Materialien. Anzahl oder Verwendung werden nicht vorgeschrieben.
  - 7.12.7. Jegliches Hardware-Kit darf verbaut werden. Es gibt keine Beschränkung auf einen bestimmten Typ oder ein bestimmtes Bausystem.
  - 7.12.8. Klebendes Material: die Teams können Isolierband, Gummibänder, Kabelbinder usw. verwenden. Jedes klebende Material darf für jeden Zweck verwendet werden.
- 7.13. Die Roboterautos dürfen vor dem Wettbewerb aufgebaut werden.
- 7.14. Das Team darf nur ein Roboterauto für den Wettbewerbstag haben. Es sind keine Ersatz-Roboterautos erlaubt.
- 7.15. Die Teams sollten genügend Ersatzteile mitbringen. Im Falle eines Unfalls oder einer Fehlfunktion der Ausrüstung ist nicht der Veranstalter für deren Wartung oder deren Ersatz verantwortlich.
- 7.16. Die Teams sollten alle Geräte, Software und tragbaren Computer, die sie während des Wettbewerbs benötigen, vorbereiten und mitbringen.
- 7.17. Folgendes ist nicht erlaubt und verstößt gegen die Regeln:
  - 7.17.1. Das Roboterauto fährt mit einem Differentialantrieb (ein Motor je Seite, die mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten zum Lenken verwendet werden) → das Team wird disqualifiziert.
  - 7.17.2. Das Roboterauto fährt auf omnidirektionalen Rädern, Kugellaufrädern o. ä.
  - 7.17.3. Während des Rennens wird jeglicher Art von Funkkommunikation, Fernsteuerung und/oder kabelgebundene Steuerung mit Komponenten außerhalb des Roboterautos genutzt.
  - 7.17.4. Die Teams dürfen das Roboterauto während des Rennens nicht berühren oder in irgendeiner Form unterstützen. Dies schließt die Eingabe von Daten in ein Programm durch visuelle, akustische oder andere Signale an das Roboterauto während des Rennens ein.
  - 7.17.5. Die Teams dürfen während des Wettbewerbes keine RF-, Bluetooth-, Wi-Fi- oder

andere drahtlose Kommunikationskomponenten in ihren Roboterautos verwenden. Wenn es im Steuergerät eingebaut ist, muss es ausgeschaltet werden. → die Jury kann den Code und das Roboterauto inspizieren.

## 8. Rennfeld und Zubehör

8.1. Die Größe der Rennmatte beträgt 3100 x 3100 mm (+/- 5 mm). Das Rennfeld bzw. der Parcours ist quadratisch und misst 3000 x 3000 mm (+/- 5 mm).

8.2. Die blauen und orangenen Linien in den Kurvenabschnitten können dem Roboterauto zur Orientierung dienen.



**Bild 8: Das Rennfeld mit Bemaßung**

8.3. Folgendes gilt für die Begrenzung des Parcours:

8.3.1. Die Begrenzung hat eine Höhe von 100 mm (+- 5mm).

8.3.2. Die zum Parcours zeigenden Flächen der Begrenzungen sind schwarz. Alle anderen Flächen sind nicht definiert.

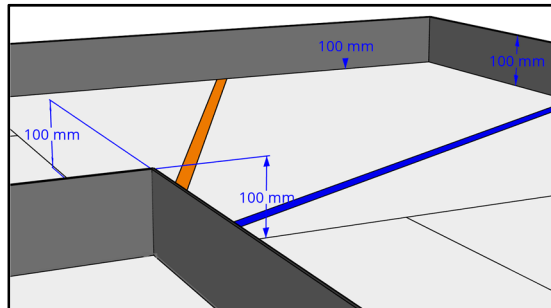
8.3.3. Die Begrenzung hat kein vorgegebenes Material und keine vorgegebene Materialstärke. Hinweise zum Aufbau und Empfehlungen zum Material findet ihr unter folgendem Link:

<https://www.worldrobotolympiad.de/website/docs/wro2022/WRO2022-FE-Parcours-Aufbauanleitung.pdf>

8.3.4. Die Größe und der Standort der äußeren Begrenzung wird während des gesamten Wettbewerbes nicht verändert.

8.3.5. Der Grundriss der inneren Begrenzung wird im Eröffnungsrennen variiert. Der gesamte Parcours wird vor dem Rennen von der Jury aufgebaut und zufällig zusammengestellt. Der maximale Abstand zwischen innerer und äußerer Begrenzung beträgt 1000 mm. Der minimale Abstand beträgt 600 mm (s. Bild 4).

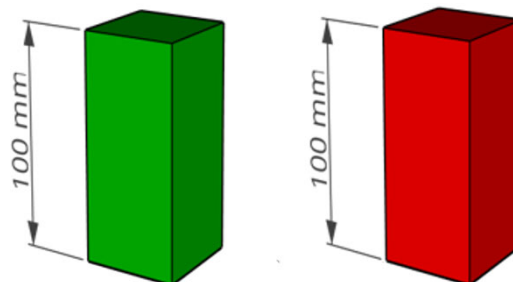
- 8.3.6. Im Hindernisrennen wird der Grundriss der inneren und äußeren Begrenzung nicht verändert. Der Abstand zwischen ihnen beträgt konstant 1000 mm.



**Bild 9: Höhe der inneren und äußeren Begrenzung**

- 8.4. Folgendes gilt für die Hindernisse:

- 8.4.1. Jedes Hindernis ist ein Quader mit den Maßen 45 x 45 x 100 mm (BxTxH).
- 8.4.2. Auf der Rennmatte kennzeichnen Quadrate den Standort der Hindernisse. Sie haben eine Größe von 45 x 45 mm (s. Bild 3). Um diese Quadrate herum befindet sich eine Kreismarkierung.
- 8.4.3. Die Farbe der roten Hindernisse ist Feuerrot RAL 3000, bzw. sollte diesem Rotton ähnlich sein. Die roten Hindernisse müssen auf der rechten Seite passiert werden.
- 8.4.4. Die Farbe der grünen Hindernisse ist Laubgrün RAL 6002, bzw. sollte diesem Grünton ähnlich sein. Die grünen Hindernisse werden auf der linken Seite passiert.
- 8.4.5. Während des Hindernisrennens können bis zu 5 rote und 5 grüne Hindernisse auf dem Parcours stehen. Die Anzahl, Farbe und Anordnung der Hindernisse erfolgt zufällig. Auf einem geraden Abschnitt stehen jedoch maximal 2 Hindernisse.



**Bild 10: Hindernisse mit Bemaßung der Höhe**

## 9. Wettbewerb, Regeln & Ablaufplan

### Wettbewerb, Bauphase & Robot-Check

- 9.1. Der Wettbewerb besteht aus zwei Eröffnungsrennen und zwei Hindernisrennen. Jedes dieser Rennen dauert maximal 3 Minuten.
- 9.2. Bei allen Wettbewerben wird ein identischer Ablauf des Wettbewerbs angewendet. Dieser gliedert sich zeitlich wie folgt:

- Ankunft der Teams, Eröffnung des Wettbewerbs
  - Block 1: - Bau-/Übungsphase: 60 Minuten
    - Robot-Check
    - Eröffnungsrennen 1
  - Block 2: - Bau-/Übungsphase: 30 Minuten
    - Robot-Check
    - Eröffnungsrennen 2
  - Block 3: - Bau-/Übungsphase: 60 Minuten
    - Robot-Check
    - Hindernisrennen 1
  - Block 4: - Bau-/Übungsphase: 30 Minuten
    - Robot-Check
    - Hindernisrennen 2
  - Auswertung und Siegerehrung
- 9.3. Vor dem ersten Rennen und zwischen den darauffolgenden Rennen liegt eine Bau- bzw. Übungsphase (nachfolgend Bauphase genannt). Nach jeder Bauphase erfolgt ein Robot-Check durch die Jury, um zu überprüfen, ob die Roboterautos den Anforderungen entsprechen.
- 9.4. Folgendes gilt für die Bauphasen:
- 9.4.1. Am Wettbewerbstag haben die Teams vor dem ersten Rennen eine 60 Minuten lange Bauphase.
  - 9.4.2. Während der Bauphase können die Teilnehmer an ihren Plätzen arbeiten oder sich mit ihren Roboterautos in eine Schlange einreihen, um einen Testversuch auf dem Parcours durchzuführen. Ihnen ist es erlaubt, auf dem Parcours Messungen vorzunehmen, sofern dies die Testversuche anderer Teams nicht beeinträchtigt. Den Teams ist es erlaubt, Änderungen an der Programmierung vorzunehmen oder das Roboterauto mechanisch anzupassen.
  - 9.4.3. Die Teams dürfen die ausgewiesenen Wettbewerbsflächen vor dem Beginn der **ersten** Bauphase nicht betreten.
- 9.5. Folgendes gilt für den Robot-Check:
- 9.5.1. Nach jeder Bauzeit erfolgt für alle am Rennen teilnehmenden Roboterautos der Robot-Check.
  - 9.5.2. Es wird überprüft, ob das Roboterauto den Anforderungen in **Kapitel 7** entspricht. Ab diesem Zeitpunkt darf weder etwas am Roboterauto noch an der Programmierung verändert werden. Alle Steuergeräte des Roboterautos müssen ausgeschaltet sein.
  - 9.5.3. Die Roboterautos dürfen erst am Rennen teilnehmen, wenn sie den Robot-Check bestanden haben.
  - 9.5.4. Wenn ein Roboterauto den Robot-Check durch die Jury nicht besteht, kann die Jury dem Team bis zu 3 Minuten Zeit geben, um die festgestellten Probleme zu lösen. Pro Robot-Check kann einem Team nur eine 3-minütige Zeitspanne von der Jury gewährt werden.
  - 9.5.5. Wenn ein Roboterauto den Robot-Check durch die Jury nicht besteht, darf das

Roboterauto nicht im Wettbewerb starten.

- 9.6. Nach dem Robot-Check wird der Parcours von der Jury zufällig zusammengestellt (s. **Kapitel 5**). Alle Roboterautos müssen nach dem Robot-Check denselben Parcours durchfahren.
- 9.7. Die Punktevergabe erfolgt nach jedem Renndurchlauf. Die Jury bespricht mit den Teams die Bewertung. Die Teams müssen den Bewertungsbogen nach jeder Runde unterschreiben, wenn kein Einwand gegen die Vergabe vorliegt. Nach dem Unterschreiben ist kein weiterer Einwand möglich. Dem Coach ist es nicht erlaubt, auf die Punktevergabe des Teams, z.B. durch Diskussion mit der Jury oder der Wettbewerbsleitung, einzuwirken.

### **Rennen – der Start**

- 9.8. Das Roboterauto wird mit der Vorderachse in Fahrtrichtung in die zugewiesene Startzone gestellt. Zu beachten ist, dass sich das Roboterauto in der Draufsicht vollständig innerhalb der Startzone befindet.
- 9.9. Das Roboterauto wird jetzt eingeschaltet. Für das Einschalten des Roboterautos sind nur zwei Schalter erlaubt. Das Einschalten kann zum Beispiel so erfolgen, dass zuerst alle Subsystem-Controller (z. B. Motor-Controller) über einen Schalter eingeschaltet werden, dann der Haupt-SBC/SMB über einen zweiten Schalter.
- 9.10. Das Roboterauto sollte sich dann in einem Wartezustand befinden. Es wartet darauf, dass eine Starttaste gedrückt wird. Die Starttaste kann an der Haupt-SBC/SBM oder an einer separat installierten Drucktaste angebracht sein. Es ist nur eine Starttaste zulässig.
- 9.11. Die Jury gibt das Signal zum Starten des Roboterautos. Der Startknopf wird gedrückt und die Zeit für den Versuch gestartet. Das Roboterauto sollte nun losfahren.

### **Das Rennen**

- 9.12. Das Roboterauto muss in die Richtung fahren, die vor dem Start des Renndurchlaufes als Fahrtrichtung festgelegt wurde. Es hat 3 Minuten Zeit, um den Parcours zu befahren. Während der Parcours befahren wird, darf keine Kollision mit der Begrenzung oder im **Hindernisrennen** mit einem Hindernis stattfinden. Die Hindernisse müssen vorschriftsgemäß passiert werden (s. **Kapitel 5**).
- 9.13. Wenn das Roboterauto nach drei gefahrenen Runden im Startabschnitt stoppt, erhält das Team zusätzliche Punkte.
- 9.14. Einmal pro Rennen kann das Team um Erlaubnis für Reparaturmaßnahmen am Roboterauto bitten. Das bedeutet, das Roboterauto wird herausgenommen, das Problem mit mechanischen oder elektronischen Teilen wird behoben und das Roboterauto wird wieder auf die Strecke, in die Mitte des Abschnitts gestellt, aus dem es herausgenommen wurde. Die Fahrzeit wird nicht angehalten. Die Erlaubnis für die Reparatur wird nicht erteilt:
  - 9.14.1. während das Roboterauto fährt
  - 9.14.2. wenn das Roboterauto die dritte Runde bereits begonnen hat bzw. der Kurvenabschnitt vor Beginn der letzten Runde durchfahren ist



9.14.3. um im Rahmen von Reparaturmaßnahmen Programme auf ein Steuergerät des Roboterautos zu laden. Eine Dateneingabe ist nicht erlaubt.

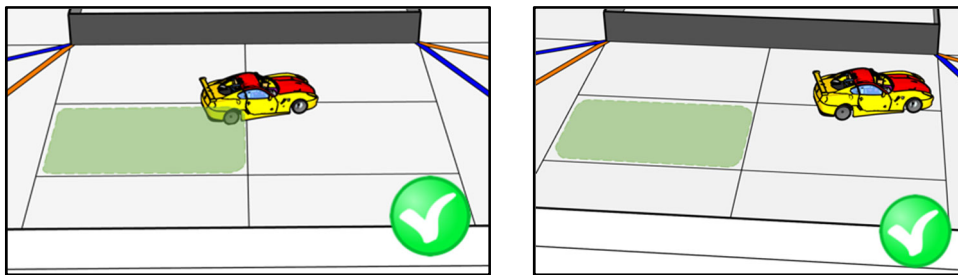
**Wichtig:** Wenn ein Team die Möglichkeit zu Reparaturmaßnahmen in Anspruch nimmt, werden bei der Bewertung dafür Punkte abgezogen. Näheres dazu in **Kapitel 10**. Verstößt das Team gegen die Regeln in 9.14. wird das Rennen mit 3 Minuten und 0 Punkten gewertet.

## Rennen – das Ende

9.15. Das Rennen endet, bzw. die Rennzeit wird gestoppt,

9.15.1. wenn die Rennzeit von 3 Minuten abgelaufen ist,

9.15.2. wenn nach drei fehlerfreien Runden das Roboterauto selbstständig im Zielabschnitt komplett stoppt, d.h. das Roboterauto bleibt im Zielabschnitt (= Startabschnitt) mindestens 15 Sekunden stehen. In der Draufsicht befindet sich das Roboterauto innerhalb des Zielabschnittes. Die Jury stoppt die Zeit in dem Moment, in dem das Roboterauto stoppt und gibt bei der Bewertung zusätzliche Bonuspunkte (s. Bild 11),

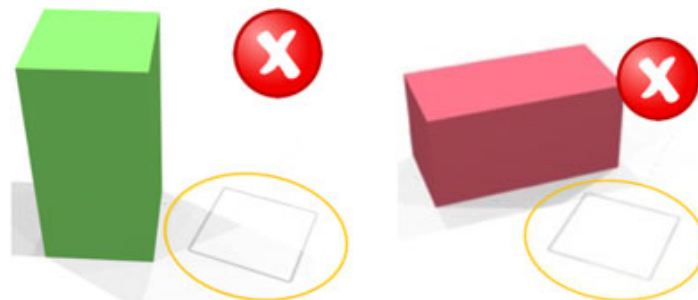


**Bild 11: Das Roboterauto stoppt vollständig innerhalb des Startabschnittes**

9.15.3. wenn nach drei fehlerfreien Runden das Roboterauto den Zielabschnitt durchfahren hat. Die Jury stoppt die Zeit in dem Moment, in dem das Roboterauto die Grenze zwischen dem **Zielabschnitt** und dem darauffolgenden Kurvenabschnitt mit allen vier Rädern überquert.

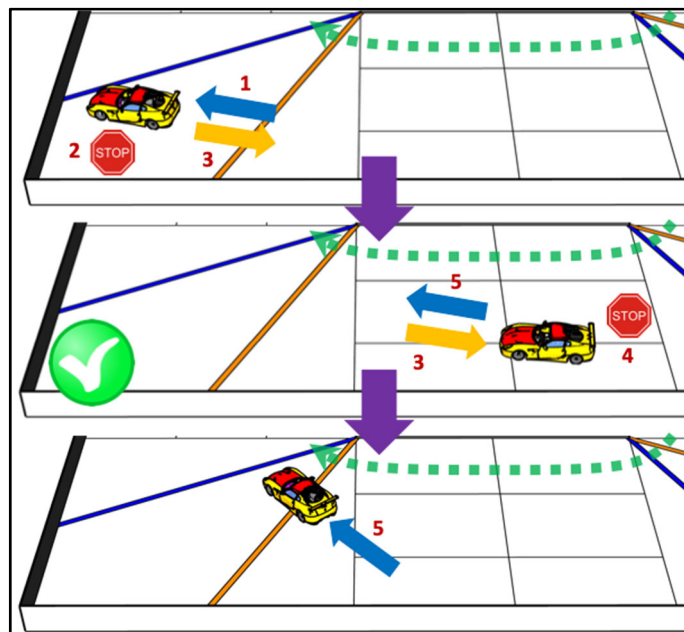
9.16. Das Rennen kann vor dem Ende der 3 Minuten gestoppt werden. Das bedeutet, die Rennzeit wird gestoppt und notiert. Der Renndurchlauf ist beendet und es erfolgt entsprechend der Bewertungsvorgaben die Punktevergabe. Gründe für ein vorzeitiges Stoppen des Rennens können sein:

9.16.1. wenn eines der Hindernisse verschoben bzw. umgefahren wird und sich komplett außerhalb der Kreismarkierung befindet (s. Bild 12).



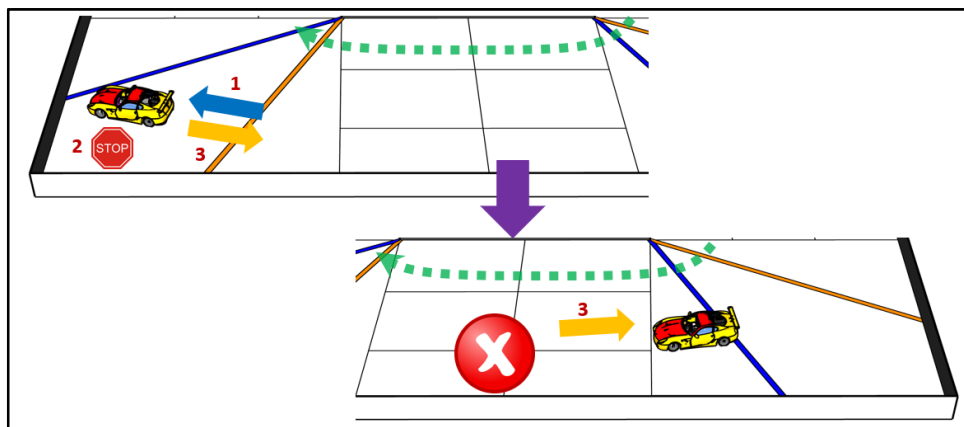
**Bild 12: Hindernisse ausserhalb der Markierung**

9.16.2. wenn das Roboterauto gegen die Fahrtrichtung fährt und dabei die zwei anschließenden Abschnittsgrenzen überquert. Erklärung: Es kann aus unterschiedlichen Gründen dazu kommen, dass ein Roboterauto entgegen der vorgegebenen Fahrtrichtung fährt. Fährt ein Roboterauto zu schnell in die Kurve und stoppt kurz vor der Begrenzung, könnte es, wenn es entsprechend programmiert wurde, kurzfristig rückwärtsfahren, um dann seine Fahrt auf dem Parcours fortzusetzen. Dieses Fahren entgegen der Fahrtrichtung ist nur erlaubt, wenn es innerhalb von zwei angrenzenden Abschnitten erfolgt. Das Roboterauto darf also höchstens bis in den angrenzenden Nachbarabschnitt (entgegen der Fahrtrichtung) zurücksetzen, um dann seine Fahrt fortzusetzen (s. Bild 13; gestrichelter grüner Pfeil = Fahrtrichtung).



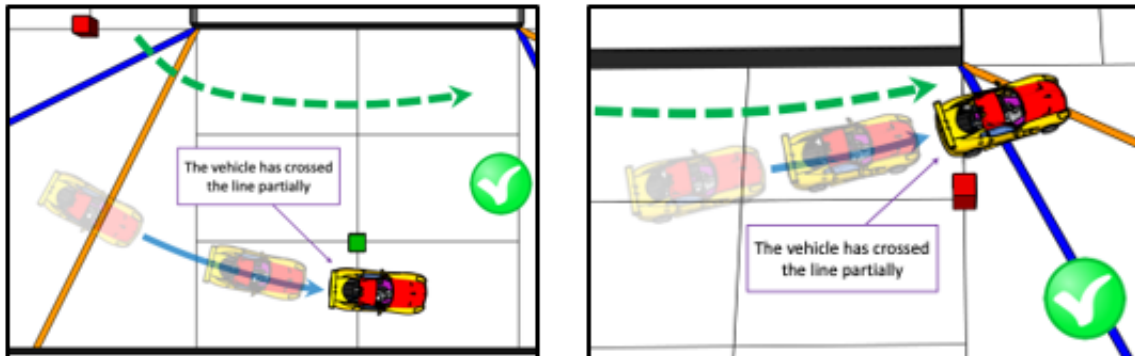
**Bild 13: Erlaubtes Manöver - Fahren entgegen der Fahrtrichtung**

Fährt das Roboterauto entgegen der Fahrtrichtung und überquert es dabei die folgenden zwei Abschnittsgrenzen (s. Bild 14) wird das Rennen abgestoppt und bewertet.



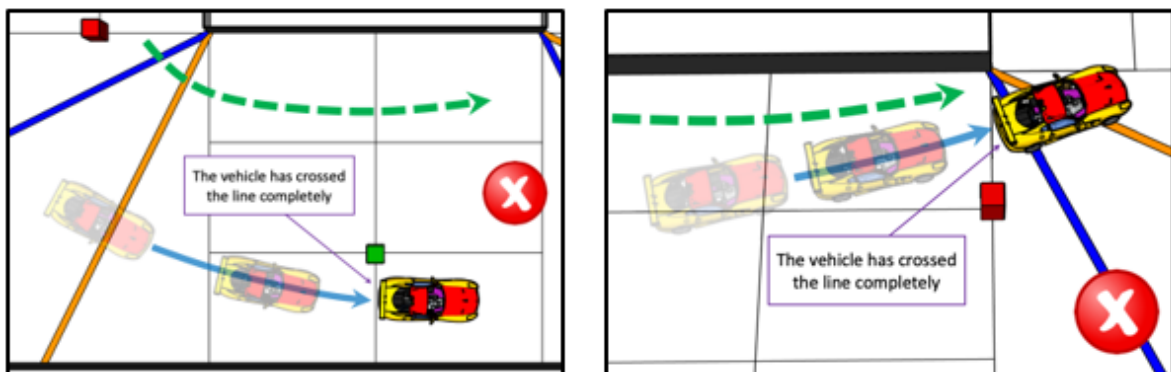
**Bild 14: Nicht erlaubtes Manöver - Fahren entgegen der Fahrtrichtung**

- 9.16.3. wenn ein Hindernis an der falschen Seite passiert wird und das Roboterauto die Radiuslinie zwischen der inneren und äußeren Begrenzung vollständig überquert. Erklärung: Ein Roboterauto ist gerade dabei ein Hindernis auf der falschen Seite zu passieren. Es stoppt. Ob das Rennen nun gestoppt wird, hängt von der Position des Roboterautos ab. Wenn es - wie in Bild 15 zu sehen ist - die Radiuslinie der Kreismarkierung noch nicht komplett überquert hat, wird das Rennen an diesem Punkt nicht gestoppt.



**Bild 15: erlaubtes Manöver**

Wenn das Fahrzeug aber die Radiuslinie komplett überquert hat (s. Bild 16), wird das Rennen gestoppt und bewertet. Wichtig: Nach dem erlaubten Stopp muss das Weiterfahren gemäß den Regeln erfolgen.



**Bild 16: Nicht erlaubt - das Roboterauto überfährt komplett die Radiuslinie**

- 9.16.4. wenn ein Teammitglied das Roboterauto, ohne die Erlaubnis der Jury für Reparaturarbeiten erhalten zu haben, berührt bzw. stoppt
- 9.16.5. wenn ein Teammitglied eines der Parcourselemente berührt oder absichtlich beschädigt
- 9.16.6. wenn ein Roboterauto die Begrenzung durchbricht, den Parcours oder eines der Parcourselemente beschädigt oder den Parcours verlässt, wird das Rennen mit 3 Minuten Rennzeit und 0 Punkten beendet.

## 10. Bewertung & Hinweise für die Jury

10.1. Der offizielle Punktestand wird nach jedem Renndurchlauf berechnet und beträgt maximal:

- 10.1.1. **31** Punkte je Eröffnungsrennen (1.1 + 1.2 + 1.3)
- 10.1.2. **39** Punkte je Hindernisrennen (1.1 + 1.2 + 1.3 und entweder 1.4 oder 1.5)
- 10.1.3. 9 Punkte einmalig für die Dokumentation

	Bedingungen	Punkt- zahl	max. Punktzahl
1.	<b>Rennen</b>		
1.1.	Das Roboterauto startet in die vorgegebene Fahrtrichtung und fährt in den angrenzenden Abschnitt. Dies gilt nicht für den Zielabschnitt und den angrenzenden Kurvenabschnitt. Berechnung: 1 Runde = 8 Abschnitte = 8 Punkte pro Runde. Bei 3 abgeschlossenen Runden können es max. 24 Punkte sein.	1	24
1.2.	Das Roboterauto fährt eine komplette Runde. 8 Abschnitte (inklusive dem Startabschnitt) werden durchfahren. Die Runde gilt als beendet, wenn das Roboterauto vollständig aus dem letzten Kurvenabschnitt herausfährt. Auch wenn das Roboterauto danach die Richtung wechselt, wird die Runde gewertet. 1 Runde = 1 Punkt. Bei 3 Runden können es max. 3 Punkte sein.	1	3
1.3.	Nach drei Runden stoppt das Roboterauto vollständig im Zielbereich.	4	4
1.4.	<b>Entweder - Nur im Hindernisrennen:</b> Das Rennen wird vorzeitig gestoppt, d.h. bevor das Roboterauto drei Runden absolviert hat. Jedoch wurden ALLE Hindernisse gemäß den Regeln korrekt umrundet und nicht aus ihren Markierungen herausgeschoben.	4	4
1.5.	<b>Oder - Nur im Hindernisrennen:</b> Das Rennen wurde erfolgreich nach den drei Runden beendet. ALLE Hindernisse wurden gemäß den Regeln korrekt umrundet und nicht aus ihren Markierungen herausgeschoben.	8	8
1.6.	Das Team führt Reparaturarbeiten durch. Bei der Bewertung kommt es nicht darauf an, ob diese erfolgreich waren oder nicht.	Punktzahl des Renndurchlaufes wird halbiert	
2.	<b>Dokumentation</b>		
2.1.	6 Fotos vom Roboterauto	1	1
2.2.	URL auf YouTube	2	2
2.3.	Schematische Darstellung der elektrischen Komponenten	4	4
2.4.	GitHub Code	2	2

10.2. Pro Rennfeld werden 4 Jurymitglieder benötigt.

10.3. Zwei fachkundige Jurymitglieder sind für die Sichtung und Bewertung der Dokumentation zuständig. Sie könnten kurz vor dem Wettbewerbstag die Dokumente im GitHub bereits sichten. Am Wettbewerbstag bietet es sich an, während der 1. Bauphase zu kontrollieren, ob die eingereichten Fotos und technischen Zeichnungen dem tatsächlichen Roboterauto entsprechen. Ebenfalls können den Teams Fragen zu den verwendeten Bauteilen und der Programmierung gestellt werden. Die zwei Jurymitglieder bewerten gemeinsam die Dokumentation und besprechen die Bewertung kurz in der 3. Bauphase mit den Teams und lassen sie sich unterzeichnen.

10.4. Zwei weitere Jurymitglieder sind verantwortliche für den Parcoursbau zwischen den Rennen sowie für das Stoppen der Rennzeit und die Bewertung der Renndurchläufe. Auch diese Bewertung wird von den Teams gegengezeichnet.

10.5. Den Robot-Check kann die Jury gemeinsam vor den Renndurchläufen durchführen.

10.6. Die Rennzeit wird in jedem Renndurchlauf von einem Jurymitglied gemessen. Die Zeit-

messung startet mit der „Start“-Ansage des Jurymitglieds und endet, wenn das Roboterauto im Zielabschnitt (= Startabschnitt) stoppt oder diesen in Fahrtrichtung verlässt. Die gemessene Zeit wird notiert.

- 10.7. Die Bewertung erfolgt durch die Jury direkt nach einem Renndurchlauf. Im Anschluss wird die Bewertung kurz mit den Teams besprochen. Jedes Team muss den Punktstand überprüfen und, wenn es einverstanden ist, unterschreiben.
- 10.8. Die Bewertung der Dokumentation erfolgt auf der Grundlage folgender Kriterien:

Bewertungsgrund	max. Punkte	Beschreibung der Kriterien
6 Roboterauto-fotos	1	<p><u>0 Punkte</u> – es wurden nicht genügend Fotos zur Verfügung gestellt oder die Fotos wurden aus einer falschen Perspektive aufgenommen oder es handelt sich nicht um Fotos des eigenen Roboterautos oder die Qualität der Fotos erlaubt es nicht, die Position der Roboterautoteile und ihre Struktur zu untersuchen.</p> <p><u>1 Punkt</u> – für jede Perspektive wird ein Foto zur Verfügung gestellt und die Fotos wurden in guter Qualität aufgenommen.</p>
Video bei YouTube	2	<p><u>0 Punkte</u> – es wird kein Video zur Verfügung gestellt oder das Video ist nicht zugänglich oder das Video ist von schlechter Qualität und es ist nicht klar, ob es sich um dasselbe Roboterauto wie auf den Fotos handelt oder die Fahrzeit auf dem Video beträgt weniger als 30 Sekunden</p> <p><u>1 Punkt</u> – das Video ist von guter Qualität und zeigt das Roboterauto nur bei einer der Aufgaben: Fahren ohne Hindernisse oder Fahren mit Hindernissen.</p> <p><u>2 Punkte</u> – das Video bietet einen kurzen Überblick über das Roboterauto, ein originales Rennenfeld (oder ein sehr ähnliches) wird für die Fahrzeit verwendet, die Lösung beider Aufgaben wird in vollem Umfang gezeigt</p>
technische Zeichnung der elektromechanischen Komponenten	4	<p><u>0 Punkte</u> – es wird keine Zeichnung zur Verfügung gestellt oder sie hat nicht das beschriebene Format, so dass keine Möglichkeit besteht, sie zu überprüfen</p> <p><u>1 Punkt</u> – eine Zeichnung ist vorhanden, die die Hauptkomponenten und die Logik ihrer Verbindung(en) darstellt</p> <p><u>2 Punkte</u> – eine oder mehrere Zeichnungen wurden erstellt und decken alle im Roboterauto verwendeten Komponenten ab, die Verbindungslogik des Planes ist klar zu erkennen</p> <p><u>3 Punkte</u> – eine oder mehrere Zeichnungen wurden unter Verwendung der Industrienormen erstellt, aber es gibt offensichtliche Schwachstellen. Höchstwahrscheinlich wird es nicht möglich sein, das reale Gerät mit Hilfe der Zeichnung zu reproduzieren, da es nicht genügend Informationen enthält</p> <p><u>4 Punkte</u> – eine oder mehrere Zeichnungen wurden unter Verwendung von Industriestandards und ohne offensichtliche Schwachstellen erstellt, es scheint einfach zu sein, ein reales Gerät anhand der Zeichnungen zu duplizieren</p>
GitHub Code	2	<p><b>Anforderungen: Die Historie der Commits sollte mindestens 3 Commits enthalten 1. der erste ist nicht älter als 2 Monate vor dem Wettbewerb &amp; er darf nicht weniger als 1/5 der endgültigen Menge des Codes enthalten; 2. der zweite ist nicht älter als 1 Monat vor dem Wettbewerb; 3. der dritte ist nicht älter als 1 Tag vor dem Wettbewerb. Außerdem muss das Repository eine README.md Datei mit einer kurzen Beschreibung (mit ca. 3000 Zeichen) der entworfenen Lösung enthalten.</b></p> <p><u>0 Punkte</u> – der Link zum GitHub-Repository wird nicht angegeben oder ist nicht zugänglich oder der Inhalt des Repos entspricht nicht den genannten Anforderungen.</p> <p><u>1 Punkte</u> – der Code im Github-Repository entspricht den oben beschriebenen Anforderungen. Die README.md-Datei vermittelt ein grundlegendes Verständnis des Inhalts des Repos (die Datei enthält <b>ca. 3000 Zeichen</b>).</p> <p><u>2 Punkte</u> – der Code ist gut strukturiert und dokumentiert; es scheint, dass derselbe Code während des Wettbewerbs auf dem Gerät verwendet wird. Neben der mitgelieferten Beschreibung könnte die Datei README.md als Anleitung zum Erstellen und Hochladen des Programms auf ein beliebiges Steuergerät des Roboterautos verwendet werden.</p>

- 10.9. Die Rangfolge in der Siegerehrung ergibt sich aus der Summe der Punktzahl des besten Eröffnungsrennens, der Punktzahl des besten Hindernisrennens und aus der Punktzahl für die Dokumentation.
- 10.10. Beim Punktegleichstand zweier Teams wird die Rangfolge unter Berücksichtigung der folgenden Kriterien in absteigender Priorität bestimmt:
- Priorität 1:  $\Sigma =$  Punkte bestens Eröffnungsrennen  
+ Punkte bestes Hindernisrennen  
+ Punkte für die Dokumentation
- Priorität 2:  $\Sigma =$  Zeit bestes Eröffnungsrennen  
+ Zeit bestes Hindernisrennen
- Priorität 3: höchste Punktzahl des besten Hindernisrennens
- Priorität 4: Zeit des besten Hindernisrennens

Die Jury trifft ihre Entscheidungen auf Grundlage der durch die WRO festgelegten Regeln und eines fairen Rennverlaufs. Sie haben am Wettbewerbstag das letzte Wort. Wenn eine der in diesem Dokument genannten Regeln verletzt wird und/oder bei Unklarheiten während des Wettbewerbes, kann die Jury Entscheidungen treffen und Mahnungen aussprechen. Um der Jury eine weiterführende Hilfe zu bieten, gibt es hier eine Empfehlung für die Jury: <https://www.worldrobotolympiad.de/website/docs/wro2022/WRO2022-FE-Jury-Empfehlungen.pdf>.

## 11. Minimaler Umfang an elektromechanischen Komponenten

Die nachstehende Liste enthält Ausrüstungsgegenstände, die für elektromechanische Teile des Roboterautos verwendet werden können. Es handelt sich um Vorschläge und nicht um Anforderungen. Den Teams bleibt es überlassen, ob sie diesen Vorschlägen folgen oder nicht:

- 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
- zwei Batterien: eine für SBC und SBM, die andere 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)
- Der Hauptcontroller -- Raspberry Pi 3 (<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>), und eine MicroSD-Karte, um ein Betriebssystem und Programme zu speichern
- Kameramodul (<https://www.raspberrypi.org/products/camera-module-v2/>) mit extra Weitwinkelobjektiv
- Die 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)