

Regelwerk für

## Future Engineers 2023



Version: 15. Januar 2023



Offizieller Organisator der  
World Robot Olympiad in Deutschland

## Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeine Informationen .....	3
2. Team- und Altersklassendefinition .....	4
3. Verantwortlichkeiten und eigene Arbeit des Teams .....	4
4. Regeln, Aufgaben und FAQ.....	5
5. Aufgabe bei Future Engineers .....	5
6. Parcours & Parcourselemente .....	6
7. Rennmodi – Eröffnungsrennen & Hindernisrennen .....	8
8. Dokumentation .....	10
9. Wettbewerb - Ablauf .....	10
10. Bewertung, Rangfolge & Hinweise für die Jury .....	15
11. Roboterauto: Material & Vorschriften .....	20
12. Rennfeld und Zubehör .....	22
13. Minimaler Umfang an elektromechanischen Komponenten.....	23

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 2023

Aus der Saison 2022 haben wir viele Anregungen für das Regelwerk 2023 mitgenommen. Es war die erste Saison, in der Future Engineers in Deutschland angeboten wurde. Hinzu kommt, dass sich auch im internationalen Regelwerk einiges verändert hat. Da dieses Dokument von Grund auf überarbeitet wurde, sollte es vollständig gelesen werden. Besonders hervorzuheben sind Änderungen und Ergänzungen zum Thema Bewertung, die das gesamte Kapitel 11 betreffen. Hier wurden unter anderem die Punktevergabe für die Dokumentation verändert und die Punktzahlen angehoben.

## 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 2023: Jahrgänge 2004-2009) 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 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 Bewertungsrounden 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.

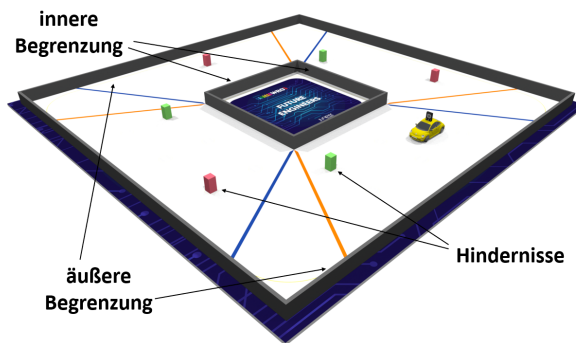
## 5. Aufgabe bei Future Engineers

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.

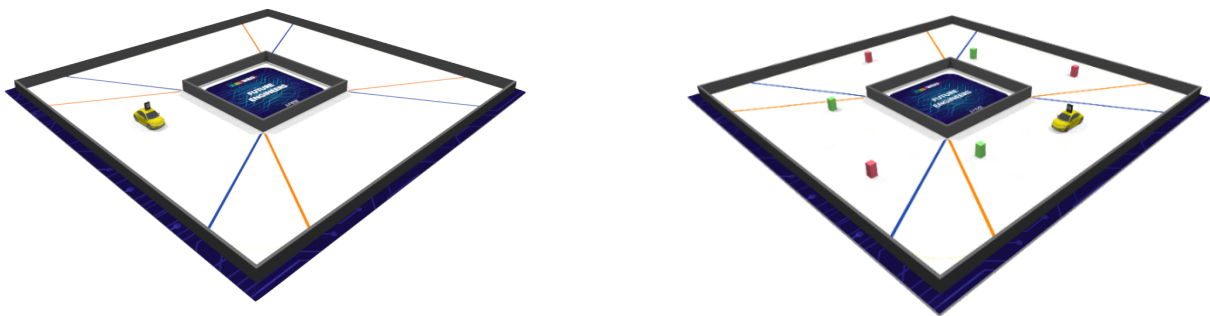
- Die Hauptaufgabe besteht darin, ein Roboterauto so zu bauen und zu programmieren, dass es fehlerfrei einen zufällig zusammengestellten 9 qm großen Parcours befahren kann. In den Renndurchläufen ändert sich entweder der Grundriss des Parcours oder es befinden sich Hindernisse auf der Strecke. Das Roboterauto orientiert sich mit Hilfe einer Kamera. Es gilt, den Parcours fehlerfrei in einer Rennzeit von max. 3 Minuten autonom zu absolvieren. Am Wettbewerbstag finden insgesamt vier Renndurchläufe statt: 2 Eröffnungsrennen und 2 Hindernisrennen (Erläuterungen der zwei Rennmodi in Kapitel 7). Der Parcours wird vor jedem Renndurchlauf von der Jury zufällig zusammengestellt (Erläuterungen in Kapitel 6.7 und 9.3).
- Die zweite Aufgabe in dieser Kategorie besteht darin, den Entwicklungsprozess des Roboterautos auf GitHub zu dokumentieren. Neben dem Entwurf und der Programmierung des Roboterautos müssen die Teams ihre Fortschritte, Videos, technischen Daten, die finale Optik des Roboters und den Code auf GitHub hochladen. Nähere Erläuterungen gibt es dazu in Kapitel 11.

## 6. Parcours & Parcouselemente

Die Spielfeldmatte liegt auf dem Boden. Der Parcours wird zu allen Seiten von einer 10 cm hohen Begrenzung eingerahmt. Sie unterteilt sich in die innere und die äußere Begrenzung. Während der Hindernisrennen stehen rote und grüne Hindernisse auf dem Parcours. Die Hindernisse sind 10 cm hohe Quader mit einer Grundfläche von 45 x 45 mm.

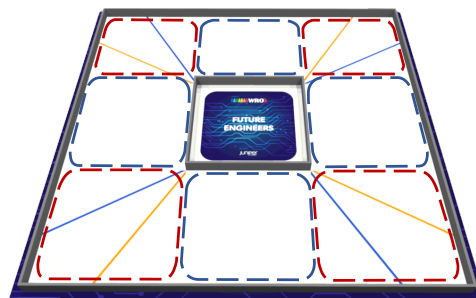


**Bild 1: Parcours und Parcouselemente**



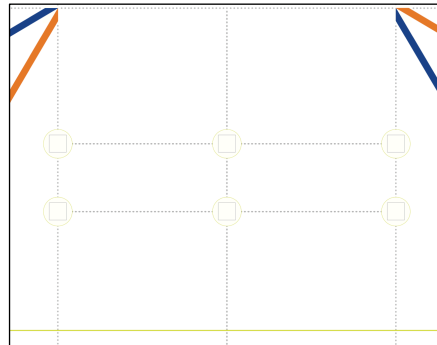
**Bild 2: links: Eröffnungsrennen; rechts: Hindernisrennen**

Der Parcours wird in 8 Abschnitte unterteilt, 4 Kurvenabschnitte und vier gerade Abschnitte (s. Bild 3). Die blau gestrichelten Linien markieren die geraden Abschnitte. Bei allen Renndurchläufen wird aus einem der geraden Abschnitte gestartet. Dieser Startabschnitt ist am Ende der drei gefahrenen Runden dann auch der Zielabschnitt. Ab hier nennen wir ihn Start- & Zielabschnitt. In den Hindernisrennen werden die Hindernisse in 4 geraden Abschnitten gestellt. Die rot gestrichelten Abschnitte sind die Kurvenabschnitte. Sie haben keine zusätzliche Funktion.



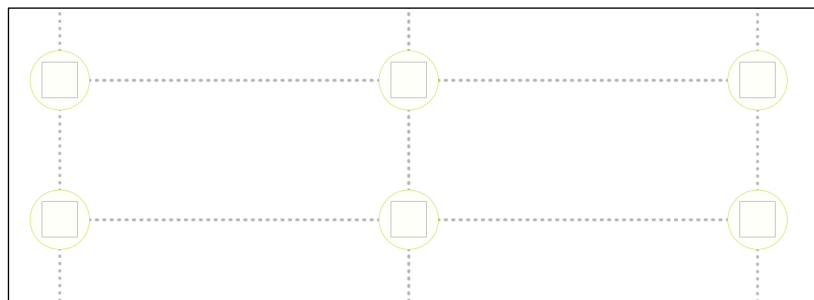
**Bild 3: Gerade und Kurvenabschnitte auf dem Parcours**

Nur ein gerader Abschnitt kann ein Start- & Zielabschnitt sein. Vor jedem Renndurchlauf werden den Teams ein Start- & Zielabschnitt und eine Startzone mitgeteilt. Der Roboter kann innerhalb dieser Startzone frei positioniert werden, solange dessen Grundriss sich innerhalb der gestrichelten Linie befindet.



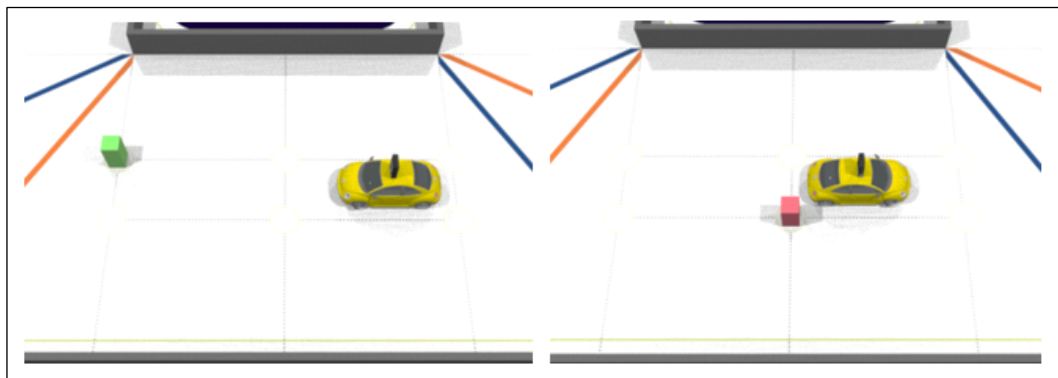
**Bild 4: Gerader Abschnitt - 2 Startzonen mittig**

In den geraden Abschnitten stehen im Hindernisrennen die Hindernisse auf 6 möglichen Positionen. In Bild 4 und Bild 5 sind die grünen Kreismarkierungen mit den hellgrauen Quadraten zu erkennen. Auf die hellgrauen Quadrate werden die Hindernisse gestellt.



**Bild 5: Gerader Abschnitt - 6 Hindernismarkierungen (Kreis + Quadrat)**

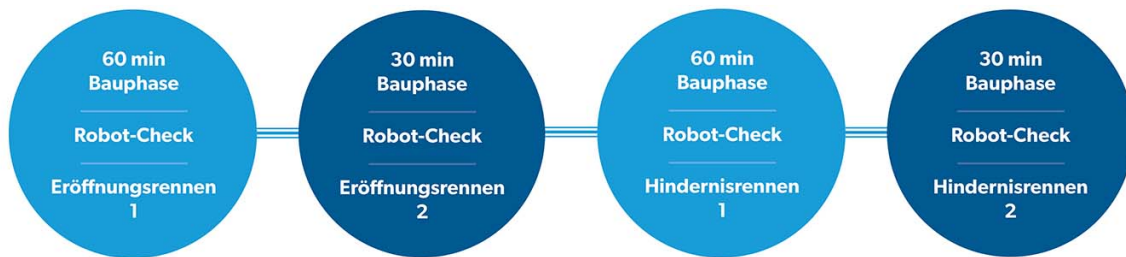
Als Startzone wird beim Eröffnungs- und Hindernisrennen eine der beiden mittleren, schmalen Zonen festgelegt (s. Bild 6). Befinden sich im Start- & Zielabschnitt ein oder mehrere Hindernisse, so stehen diese nicht direkt in Fahrtrichtung vor einem Roboterauto. Jedoch kann ein Hindernis direkt hinter einem Roboterauto aufgestellt sein.



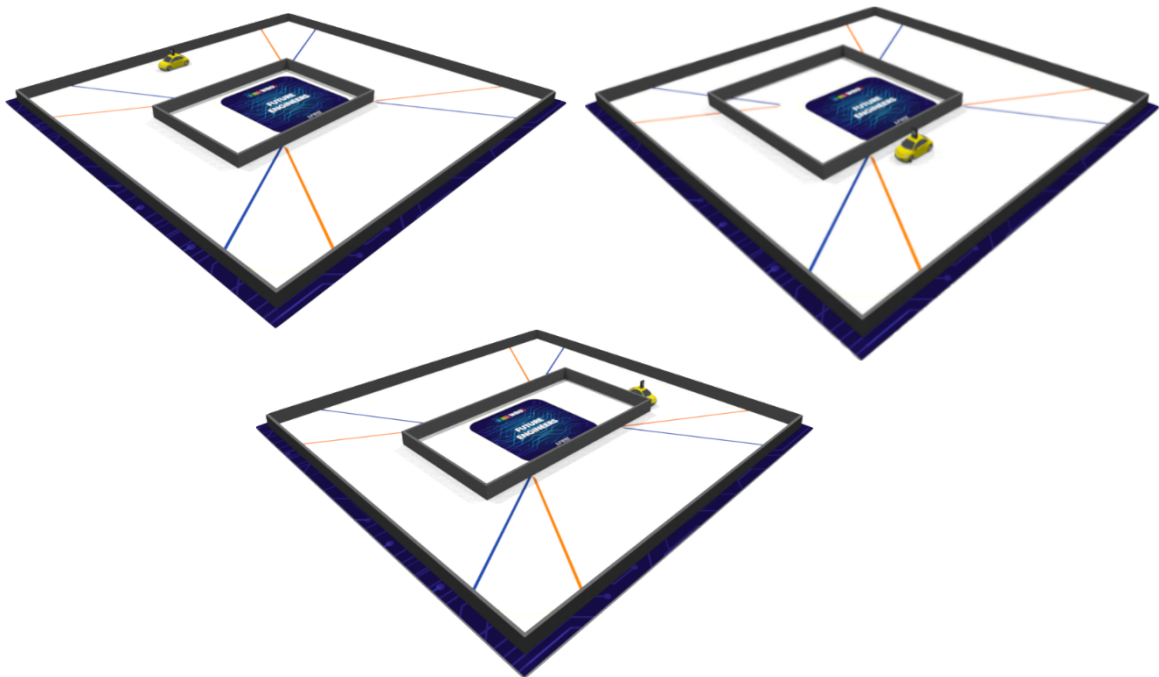
**Bild 6: Roboter in der mittleren Startzone**

## 7. Rennmodi – Eröffnungsrennen & Hindernisrennen

Am Wettbewerbstag werden insgesamt vier Rennen gefahren: 2 Eröffnungsrennen und 2 Hindernisrennen. In jedem Renndurchlauf muss der Roboter den zufällig zusammengestellten Parcours autonom und fehlerfrei absolvieren. Es müssen drei Runden innerhalb einer Rennzeit von 3 Minuten gefahren werden. Die Reihenfolge der Renndurchläufe sieht wie folgt aus:



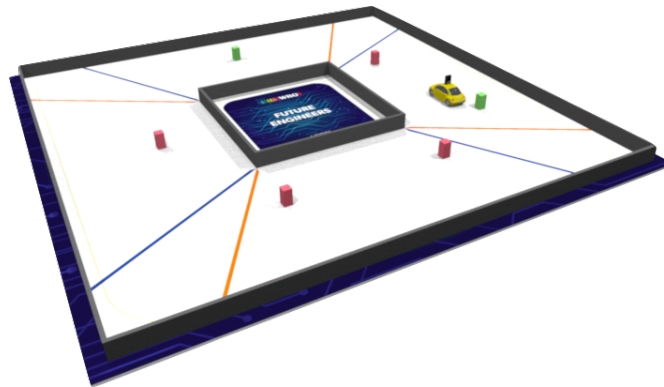
**7.1. Das Eröffnungsrennen:** Die Besonderheit bei diesem Rennmodus liegt im Grundriss der inneren Begrenzung. Dieser Grundriss variiert von Eröffnungsrennen zu Eröffnungsrennen. Verschiedene Beispiele dafür sind auf Bild 7 zu sehen. Weitere Erläuterungen stehen in Regel 13.3.4.



**Bild 7: Eröffnungsrennen: mögliche Grundrisse der inneren Begrenzung**

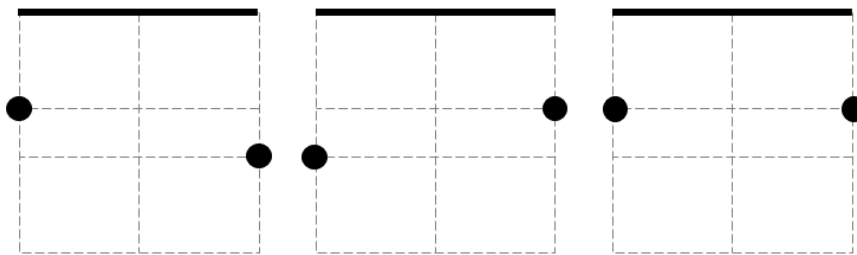
**7.2. Das Hindernisrennen:** In den Renndurchläufen des Hindernisrennens wird der Grundriss der inneren Begrenzung nicht verändert. Er bildet ein 1 x 1 m großes Quadrat wie auf Bild 8 zu erkennen. Es befinden sich jedoch Hindernisse auf dem Parcours.





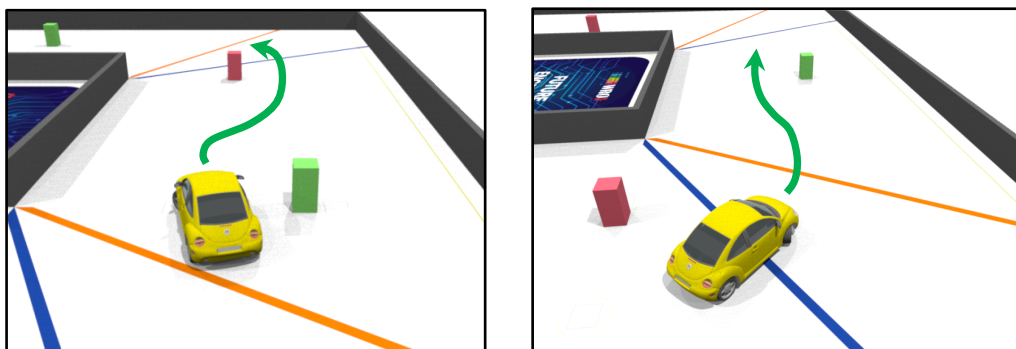
**Bild 8: Parcours während der Hindernisrennen**

Anzahl & Standort der Hindernisse: Die Hindernisse stehen nur in geraden Abschnitten. Die Anzahl pro Abschnitt variiert von 0 bis 2. Auf dem gesamten Parcours stehen maximal 8 Hindernisse. Die Hindernisse stehen in einer quadratischen, hellgrauen Markierung (s. Bild 5). Befinden sich zwei Hindernisse in einem Abschnitt, so befinden sie sich nicht direkt nebeneinander, sondern in einer der äußeren Markierungen (s. Bild 9).



**Bild 9: mögliche Position von 2 Hindernissen in einem geraden Abschnitt**

Farben & Regeln zum Passieren der Hindernisse: Die Hindernisse sind entweder rot oder grün. Die roten Hindernisse müssen auf der rechten Seite passiert werden. Die grünen Hindernisse müssen auf der linken Seite passiert werden (s. Bild 10).



**Bild 10: Regelung zum Passieren der Hindernisse**

## 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 und diese mit anderen zu teilen. Diesen Prozess gilt es zu dokumentieren. Neben dem Entwurf und der Programmierung des Roboterautos müssen die Teams technischen Fortschritte, technischen Daten, die finale Optik der Roboter und den Code auf GitHub hochladen. Unter folgendem Link ist eine Vorlage für ein entsprechendes GitHub-Repository zu finden <https://github.com/technikbegeistertev/wro-fe-beispiel>.

Jedes Team stellt die eigene Dokumentation in einem öffentlichen GitHub-Repository zur Verfügung. Der Link muss bis 14 Tage vor dem Wettbewerb vom Coach im Online-System hinterlegt werden. Danach darf das Team weiter an den Inhalten arbeiten. Die letzten Änderungen dürfen jedoch bis spätestens 23:59 Uhr am Tag vor dem Wettbewerb vorgenommen werden.

Weiter Erläuterungen zur Bewertung der Dokumentation stehen in Kapitel 11.

## 9. Wettbewerb - Ablauf

### Wettbewerb - Programmpunkte

Bei allen Wettbewerben wird ein identischer Tagesablauf eingehalten. Insgesamt werden 4 Rennen (2 Eröffnungsrennen + 2 Hindernisrennen) gefahren. Wie in der unten abgebildeten Tabelle zu erkennen, gehören zu jedem dieser Renndurchläufe eine Bauphase, ein Robot-Check und der Parcoursbau.

Programmpunkt	Dauer
Bauphase	60 min
Robot Check + Parcoursbau	30 min
<b>Eröffnungsrennen 1</b>	30 min
Bauphase	30 min
Robot Check + Parcoursbau	30 min
<b>Eröffnungsrennen 2</b>	30 min
Bauphase	60 min
Robot Check + Parcoursbau	30 min
<b>Hindernisrennen 1</b>	30 min
Bauphase	30 min
Robot Check + Parcoursbau	30 min
<b>Hindernisrennen 2</b>	30 min
Auswertung / Pause	15 min
Siegerehrung	

Hinweis: Es gehört zur Aufgabe eines selbstfahrendes Autos, sich an sich verändernde Bedingungen anpassen zu können. Bei unseren Wettbewerben herrschen unterschiedliche Lichtverhältnisse. Den Einsatz von Infrarotlicht an Kameras oder Blitzlicht können wir nicht ausschließen. Daher gilt: Beeinträchtigungen durch unterschiedliche Lichtverhältnisse und/oder Blitz- bzw. Infrarotlicht führen nicht zu einer Wiederholung eines Renndurchlaufes.

Vor der ersten Bauphase dürfen die Teams die ausgewiesene Wettbewerbsfläche nicht betreten. Es ist auch nicht erlaubt, mit dem Bauen oder dem Programmieren zu beginnen.

### **9.1. Bauphasen:**

Während der Übungszeit können die Teilnehmer auf ihren Plätzen arbeiten oder sich mit ihren Fahrzeugen in eine Schlange einreihen, um einen Testversuch auf dem Spielfeld durchzuführen, oder sie können auf dem Spielfeld Messungen vornehmen, sofern diese die Testversuche anderer Teams nicht beeinträchtigen. Die maximale Zeit für einen Übungsversuch pro Team beträgt 4 Minuten. Nach 4 Minuten darf sich eine Team für einen weiteren Übungsversuch hinten anstellen. Den Teams ist es erlaubt, Änderungen am Programm oder mechanische Anpassungen am Fahrzeug vorzunehmen.

Am Ende der Bauzeit werden die Roboter auf den Roboterparkplatz gestellt. Jedes Team hat einen fest zugewiesenen Roboter-Parkplatz. Von diesem Moment an darf, bis zur nächsten Bauzeit, weder etwas am Roboterauto noch an der Programmierung verändert werden. Alle Steuergeräte des Fahrzeugs müssen ausgeschaltet sein. Nach diesem Zeitpunkt dürfen keine Mechanismen oder Programme mehr verändert werden.

### **9.2. Robot-Check:**

Nach jeder Bauzeit erfolgt für alle Roboterautos der Robot-Check. Von der Jury wird überprüft, ob der Roboter ein max. Gewicht von 1,5 kg und eine max. Größe von 30 x 20 x 30 cm (L x B x H) hat. Die Teams dürfen ihre eigenen Roboter auf die Waage und die Messplatte stellen. So kann es nicht zu unbeabsichtigten Beschädigungen kommen. Außerdem wird geprüft, ob die Roboter den Anforderungen in Kapitel 12 entsprechen. Die Roboterautos dürfen erst am Rennen teilnehmen, wenn sie den Robot-Check bestanden haben.

Sollte ein Roboter den Check nicht bestehen, so erhält das Team von der Jury 3 Minuten Zeit zur Nachbesserung. Diese zusätzliche Zeit kann nur ein Mal pro Team und pro Renndurchlauf gegeben werden. Sollte der Roboter nach diesen 3 Minuten nicht den Anforderungen entsprechen, wird das Team für diesen Renndurchlauf disqualifiziert. Das bedeutet 0 Punkte und eine Rennzeit von 3 Minuten.

### **9.3. Parcoursumbau:**

Nach dem Robot-Check (oder auch während des Robot-Checks) wird der Parcours von der Jury umgebaut bzw. zufällig zusammengestellt. Unabhängig vom Rennmodus werden die folgenden Parameter zufällig zusammengestellt: Start- & Zielabschnitt, Startzone und Fahrtrichtung. Beim Eröffnungsrennen wird der Grundriss der inneren Begrenzung angezeigt. Beim Hindernisrennen werden die Hindernisse mit Farbe und Standort angezeigt. Alle Teams befahren nacheinander denselben Parcours. Für den nächsten, neuen Renndurchlauf wird der Parcours wieder neu zusammengestellt.

### **9.4. Renndurchlauf:**

Die Jury holt die Teams zusammen und erklärt laut und verständlich, welches der Start- & Zielabschnitt, die Startzone und die Fahrtrichtung sind. Fragen können dann in der großen Runde geklärt werden.

Ein Team wird aufgerufen. Es holt das eigene Roboterauto und stellt es im ausgeschalteten Zustand mit der Vorderachse in Fahrtrichtung in die zugewiesene Startzone, sodass sich der Umriss (bei der Draufsicht) vollständig innerhalb der Markierung befindet. Das Roboterauto wird jetzt eingeschaltet. Zum Einschalten ist nur

ein Schalter erlaubt. Nun befindet sich der Roboter in einem Wartezustand.

#### **9.4.1. Start:**

Die Jury versichert sich, dass das Team bereit ist. Ein Jurymitglied gibt das Startsignal mit „3-2-1-Los“. Auf das Kommando „Los“ wird dann der Startknopf betätigt. Die Starttaste kann sich auf dem Controller befinden oder separat installiert werden. Es ist nur eine Starttaste zulässig. Das Roboterauto sollte nun in die vorgegebene Fahrtrichtung losfahren. Es hat 3 Minuten Zeit, um den Parcours autonom und fehlerfrei zu befahren. Während der Parcours befahren wird, darf keine Kollision mit der Begrenzung und im Hindernisrennen mit einem der Hindernisse erfolgen (s. 9.4.3.).

#### **9.4.2. Reparatur:**

Einmal pro Rennen kann das Team um Erlaubnis für Reparaturmaßnahmen am Roboterauto bitten. Die Punkte, die das Team in diesem Renndurchläuft erfährt, werden dann jedoch halbiert.

Die Jury muss erst ihre Erlaubnis dafür erteilen. Die Erlaubnis wird nicht erteilt, wenn die dritte Runde bereits begonnen wurde oder der Roboter in diesem Moment noch fährt. Er müsste dann von Hand gestoppt werden, und das ist nicht erlaubt.

Während der Reparatur läuft die Rennzeit weiter. Das Team kann sein Roboterauto ausschalten, vom Parcours nehmen und Probleme mit mechanischen oder elektronischen Bauteilen beheben. Eine Dateneingabe ist nicht erlaubt. Der Roboter kann nun wieder eingeschaltet und die Mitte des Abschnittes gestellt werden, aus dem es herausgenommen wurde. Dann kann die Starttaste gedrückt werden. Sollte die Rennzeit während der Reparatur enden, wird die Rennzeit mit 3 Minuten notiert und die bisher gefahrenen Punkte gezählt.

Die Reparatur wird von der Jury vermerkt und die erfahrenen Punkte werden halbiert.

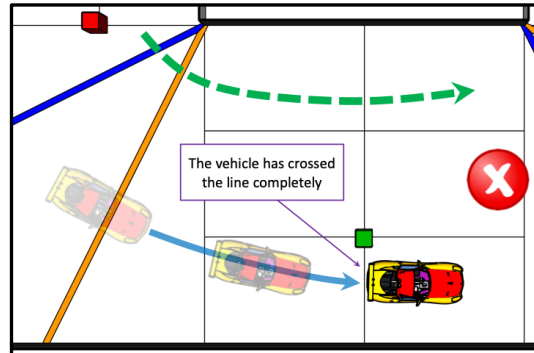
#### **9.4.3. Das Stoppen/ Beenden der Rennzeit:**

Ein Rennen kann aus folgenden Gründen gestoppt bzw. beendet werden:

- die Rennzeit von 3 Minuten läuft ab und der Roboter hat bis zu diesem Zeitpunkt den Parcours fehlerfrei befahren → die Rennzeit beträgt 3 Minuten und die Punkte, die bis zum Stoppen der Zeit erfahren wurden, werden gezählt;
- der Roboter stoppt nach 3 fehlerfreien Runden im Start- & Zielabschnitt → die Rennzeit wird gestoppt und die Punkte werden gezählt; für das Stoppen im Start- & Zielabschnitt erhält das Team zusätzliche Punkte;
- der Roboter verlässt nach 3 fehlerfreien Runden den Start- & Zielabschnitt → die Rennzeit wird gestoppt, sobald der Roboter den Start- & Zielabschnitt verlässt; die Rennzeit wird notiert und die Punkte werden gezählt;
- die Rennzeit wird ebenfalls gestoppt, wenn der Roboter auf dem Parcours stoppt und nicht weiter fährt → die Zeit wird gestoppt und die Punkte gezählt;
- der Roboter fährt nach dem Start nicht los → die Rennzeit wird auf 3 Minuten gesetzt und 0 Punkte notiert;

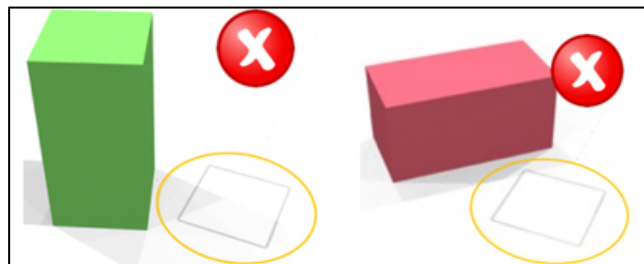
Auch aufgrund eines **Regelverstoßes** wird die Rennzeit gestoppt. Folgend aufgeführt sind mögliche Regelverstöße:

1. das Berühren bzw. Fahren gegen die Begrenzung → die Rennzeit wird gestoppt und die bis dahin gefahrenen Punkte gezählt;
2. das Passieren von Hindernissen auf der falschen Seite; sobald der Roboter ein Hindernis auf der falschen Seite vollständig passiert hat (s. Bild 12) → die Rennzeit wird gestoppt und notiert und die Punkte werden gezählt;

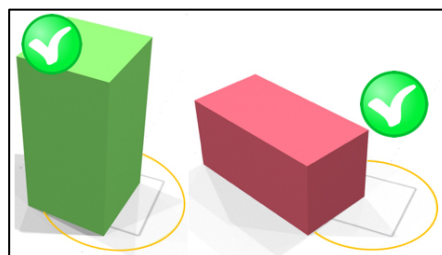


**Bild 12: Das Hindernis wurde auf der falschen Seite vollständig passiert**

3. das Verschieben von Hindernissen vollständig aus ihrer Kreismarkierung heraus (s. Bilder 13 & 14) → die Rennzeit wird gestoppt und die Punkte gezählt;



**Bild 13: Regelverstoß da Hindernisse vollständig außerhalb der Kreismarkierung → Zeit wird gestoppt und Punkte gezählt**

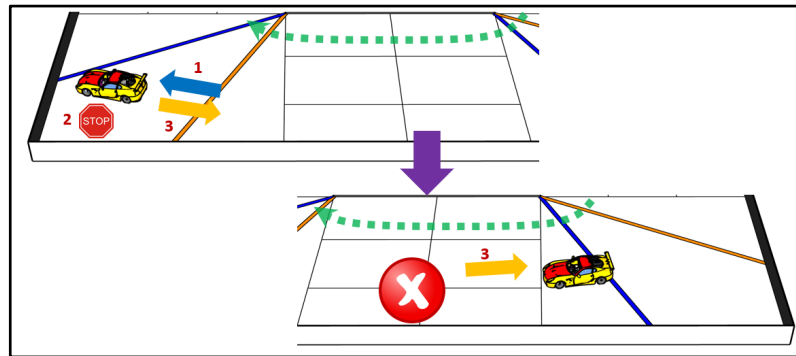


**Bild 14: KEIN Regelverstoß, da Hindernis teilweise innerhalb der Kreismarkierung → die Zeit wird NICHT gestoppt**

4. der Roboter fährt mehr als 2 Abschnitte entgegen der Fahrtrichtung → die Rennzeit wird gestoppt, sobald der Roboter den Nachbarabschnitt entgegen der Fahrtrichtung verlassen hat; die Punkte werden bis zu dem Abschnitt gezählt, in dem der Roboter mit dem Rückwärtsfahren gestartet ist;

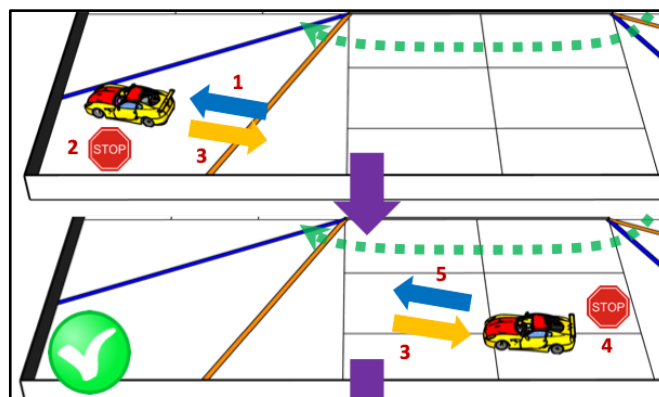
**Erläuterung zu Punkt 4:** Der Roboter stoppt, fährt entgegen der Fahrtrichtung in den angrenzenden Nachbarabschnitt und verlässt diesen

angrenzenden Nachbarabschnitt vollständig (s. Bild 15).



**Bild 15: Nicht erlaubtes Manöver – Fahren entgegen der Fahrtrichtung aus dem Nachbarsabschnitt hinaus**

**Hinweis zu Punkt 4:** Erlaubt ist das Fahren gegen die Fahrtrichtung, wenn der Roboter im angrenzenden Nachbarabschnitt stoppt und er wieder in Fahrtrichtung startet (s. Bild 16).



**Bild 16: Erlaubtes Manöver – Fahren entgegen der Fahrtrichtung und Stopp im Nachbarabschnitt**

5. wenn es zu einer Disqualifizierung des Teams kommt → die Rennzeit beträgt 3 Minuten und es werden 0 Punkte notiert; die Disqualifizierung erfolgt bei erheblichen Regelverstößen, wie beispielsweise dem unerlaubten Berühren oder Entfernen des (fahrenden) Roboters vom Parcours oder der mutwilligen Beschädigung des Parcours.

## 10. Bewertung, Rangfolge & Hinweise für die Jury

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

### 10.1. Bewertung und Punktevergabe der Renndurchläufe

Der offizielle Punktestand wird nach jedem Renndurchlauf berechnet, mit den Teams besprochen und von einem Teammitglied unterzeichnet. Die höchst mögliche Gesamtpunktzahl beträgt 100 Punkte. Sie setzt sich zusammen aus:

- 30 Punkte je Eröffnungsrennen (Nr. 1.1 + 1.2 + 1.3)
- 40 Punkte je Hindernisrennen (Nr. 1.1 + 1.2 + 1.3 und entweder (1.4 oder 1.5) oder (1.6. oder 1.7))
- 30 Punkte einmalig für die Dokumentation (s. Tabelle S. 19)

Die folgende Tabelle erläutert die Punktevergabe bei den Renndurchläufen:

	<b>Renndurchläufe: Gesamtübersicht der Punkte</b>	<b>Punkte</b>	<b>max. Punkte</b>
	<b>... für Eröffnungs- und Hindernisrennen:</b>		
1.1	<u>Anzahl der Abschnitte</u> : jeder Abschnitt aus dem der Roboter vollständig heraus fährt 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- &amp; Zielabschnitt</u> : der Roboter stoppt nach 3 fehlerfreien Runden im Start- & Zielabschnitt	3	3
	<b>... nur für Hindernisrennen:</b>		
	<b>... entweder</b>		
1.4.	Es wurde mindestens 1 Runde, aber weniger als 3 Runden absolviert <b>UND mind. 1 Hindernis</b> berührt und/oder innerhalb ihrer Markierung verschoben (kein Regelverstoß gem. Regel 7.2. und 9.4.3)	2	2
1.5.	Es wurde mindestens 1 Runde, aber weniger als 3 Runden absolviert <b>UND kein Hindernis</b> berührt und/oder innerhalb ihrer Markierung verschoben	4	4
	<b>...oder</b>		
1.6.	Es wurden 3 Runden absolviert <b>UND mind. 1 Hindernis</b> berührt und/oder innerhalb ihrer Markierung verschoben (kein Regelverstoß gem. Regel 7.2. und 9.4.3)	8	8
1.7.	Es wurden 3 Runden absolviert <b>UND kein Hindernis</b> berührt und/oder innerhalb ihrer Markierung verschoben	10	10
	<b>... für Eröffnungs- und Hindernisrennen:</b>		
2	<u>Reparatur</u> : das Team führt Reparaturarbeiten durch. Es ist unerheblich, ob diese erfolgreich waren oder nicht.	Gesamtpunktzahl des Rennens wird halbiert	

## 10.2. Bewertung und Punktevergabe bei der Dokumentation

Die Bewertung der Dokumentation wird im Folgenden erläutert. Es können in acht Teilaspekten insgesamt 30 Punkte vergeben werden. Die acht Teilaspekte lauten: Motorisierung, Energie & Sensoren, Hindernisse, Fotos, Videos, Nutzung von GitHub, Engineering/Design und Gesamteindruck der Jury.

1	Motorisierung	
	Es wird betrachtet, wie die Fahrzeugbewegung gesteuert wird, welche Motoren ausgewählt und eingesetzt wurden. In einem kurzen Gespräch wird über die Konstruktion/Auswahl des Fahrzeugchassis sowie die Montage aller Komponenten am Fahrzeugchassis/-aufbau gesprochen. Inhalt können auch allgemeine Fragen nach technischen Themen wie Geschwindigkeit, Drehmoment, Leistung usw. sein. Bau- oder Montageanleitungen können zusammen mit 3D-CAD-Dateien für den 3D-Druck von Teilen bereitgestellt werden.	
	kein Material und keine Erläuterungen im Gespräch	0
	unzureichend	1
	ausbaufähig	2
	erfüllt die Erwartungen (Material und sprachliche Rückmeldung)	3
	übertrifft die Erwartungen	4

2	Energie & Sensoren	
	Der Einsatz von Energiequelle(n) und Sensoren, um den Roboter mit Strom und den Informationen zur Bewältigung des Parcours zu versorgen, wird betrachtet. Ein kurzes Gespräch können die Auswahl verschiedener Sensoren und deren Verwendung im Fahrzeug sowie den Stromverbrauch umfassen. Ebenfalls kann ein Schaltplan mit Stückliste für das Fahrzeug bereitgestellt werden.	
	kein Material und keine Erläuterungen im Gespräch	0
	unzureichend	1
	ausbaufähig	2
	erfüllt die Erwartungen (Material und sprachliche Rückmeldung)	3
	übertrifft die Erwartungen	4

### Hilfreiche Informationen zum Thema Schaltpläne:

1. <https://www.youtube.com/watch?v=H5XzR8lj2rk>
2. <https://www.edrawsoft.com/wiring-diagram.html>

3	Hindernisse	
	Es wird betrachtet, welche Strategie der Roboter nutzt, um die Hindernisse korrekt zu passieren. Neben mündlichen Erläuterungen können Flussdiagramme, Pseudocode und Quellcode mit Kommentaren zur Erläuterung genutzt werden.	
	kein Material und keine Erläuterungen im Gespräch	0
	unzureichend	1
	ausbaufähig	2
	erfüllt die Erwartungen (Material und sprachliche Rückmeldung)	3
	übertrifft die Erwartungen	4



4	Fotos	
	Bilder des Roboters müssen bereitgestellt werden. Die Bilder des Roboters müssen alle Seiten des Roboters abdecken und klar zu erkennen sein. Sie können die einzelnen Bauteile der Motorisierung, Energiequelle(n), Sensoren und ähnlicher Aspekte zeigen. Diese Bilder können im Gespräch über die oben genannten Teilaspekte 1 bis 3 genutzt werden bzw. diese veranschaulichen.	
	kein Material und keine Erläuterungen im Gespräch	0
	unzureichend	1
	ausbaufähig	2
	erfüllt die Erwartungen (Material und sprachliche Rückmeldung)	3
	übertrifft die Erwartungen	4

5	Videos	
	Das Video sollte den fahrenden Roboter mindestens 30 Sekunden während der autonomen Fahrt auf dem Parcours zeigen. Beide Rennmodi sollten in einem eigenen Video gezeigt werden. Die Videos können mit eingeblendeten oder eingesprochenen Texten oder Animationen ergänzt werden. Die Videos können ebenfalls Inhalte passend zu den Teilaspekten 1 bis 3 enthalten. Die Videos werden auf YouTube hochgeladen und sind öffentlich zugänglich.	
	kein Material und keine Erläuterungen im Gespräch	0
	unzureichend	1
	ausbaufähig	2
	erfüllt die Erwartungen (Material und sprachliche Rückmeldung)	3
	übertrifft die Erwartungen	4

6	Nutzung von GitHub	
	GitHub dient dem Open-Source-Projektmanagement und der Dateiversionskontrolle. Als Teil des Engineeringprozesses müssen Teams ein öffentliches GitHub-Repository anlegen, um ihre Fortschritte und die Entwicklung des Programmcodes zu dokumentieren. Die Bewertung umfasst die Vollständigkeit der Informationen, wie gut sie strukturiert sind und wie oft Commits durchgeführt wurden. Teams können diese Plattform auch nutzen, um zusätzliche Informationen zu ihrem technischen Design und der Codierung ihres Fahrzeugs bereitzustellen.	
	kein Material und keine Erläuterungen im Gespräch	0
	unzureichend	1
	ausbaufähig	2
	erfüllt die Erwartungen (Material und sprachliche Rückmeldung)	3
	übertrifft die Erwartungen	4

#### Hilfreiche Informationen zum Thema GitHub:

1. <https://de.wikipedia.org/wiki/GitHub>
2. <https://lernprogrammieren.de/git/>

7	Engineering/Design	
	Kein Material oder keine Beschreibung zum Entwicklungsprozess des Designs.	0
	Nutzung eines Standard-Bausatzes oder eines RC-Autos ohne Designänderungen.	1
	Nutzung eines Standard-Bausatzes oder eines RC-Autos mit moderaten Designänderungen	2
	Nutzung eines Standard-Bausatzes oder eines RC-Autos mit moderaten Designänderungen, beispielsweise mit selbst entworfenen Komponenten wie Sensorenhalterungen o.ä.	3
	Eigenes Design / Herstellung des Roboters und der Einzelteile, mit handelsüblichen elektrischen Komponenten wie Motoren und Sensoren	4

8	Gesamteindruck der Jury	
	Die Informationen auf GitHub sind nur im geringen Maß vorhanden und die Aufbereitung des Entwicklungsprozesses, des Fahrzeugdesigns und der Programmierung sind unzureichend. Anhand der zur Verfügung gestellten Informationen ist es nicht möglich, ein vergleichbares Roboterauto nachzubauen.	0
	Die Informationen zum Entwicklungsprozesses, des Fahrzeugdesigns und der Programmierung auf GitHub sind durchschnittlich. Es werden grundlegende Informationen zur Verfügung gestellt. Sie ermöglichen einen groben Überblick und ein grundlegendes Verständnis des Roboters.	1
	Die Informationen zum Entwicklungsprozesses, des Fahrzeugdesigns und der Programmierung auf GitHub sind gut. Sie sind verständlich und übersichtlich und könnten so als Vorlage dienen, um ein vergleichbares Robotermodell nachzubauen.	2

Die folgende Tabelle erläutert die Punktevergabe für die Dokumentation:

	Dokumentation: Gesamtübersicht der Punkte	max. Punkte
1.	Motorisierung	4
2.	Energie und Sensoren	4
3.	Hindernisse	4
4.	Fotos	4
5.	Videos	4
6.	GitHub	4
7.	Engineering/Design	4
8.	Gesamteindruck der Jury	2
	<b>maximale Gesamtpunktzahl</b>	<b>30</b>

**WICHTIG:** Jedes Team muss den Link zu seinem GitHub-Repository spätestens 2 Wochen vor dem Wettbewerb in unserem Online-System hinterlegen. Änderungen am Inhalt des GitHub-Repositories dürfen spätestens bis 23:59 Uhr am Vortags des Wettbewerbs erfolgen. Spätere Änderungen können bei der Bewertung nicht berücksichtigt werden.



## 11. Roboterauto: Material & Vorschriften

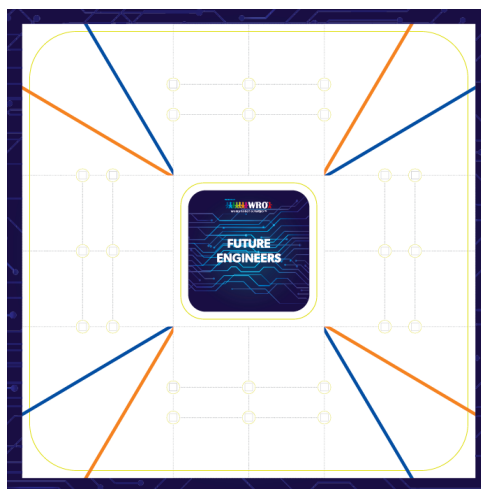
- 11.1.** Die Abmessung des Roboterautos darf max. 30 x 20 x 30 cm (L x B x H) betragen.
- 11.2.** Das Gewicht des Roboterautos darf 1,5 Kilogramm nicht überschreiten.
- 11.3.** Das Roboterauto ist ein vierrädriges Roboterauto mit einer Antriebsachse und einem Lenkungsantrieb beliebiger Art.
- 11.3.1.** Das Roboterauto fährt auf vier normalen Rädern (vergleichbar mit Autoreifen). Eine andere Anzahl an Rädern oder Spezialräder (z.B. Omniräder, Kugelräder) sind nicht erlaubt.
- 11.3.2.** Folgende Antriebsarten sind erlaubt: Vorderradantrieb, Hinterradantrieb und Allradantrieb. Teams, deren Roboter einen Differentialantrieb eingebaut haben, werden disqualifiziert.
- Erläuterung zum Differentialantrieb: Ein Differentialantrieb setzt zwei Motoren ein. Jeder Motor steuert eine Seite bzw. ein Rad an (links und rechts). Die Lenkung/Drehung des Roboters erfolgt dabei durch unterschiedliche Geschwindigkeiten der beiden Motoren und nicht durch eine Lenkachse. Das ist nicht erlaubt.
- 11.3.3.** Es dürfen maximal 2 Motoren verwendet werden, um das Fahrzeug vorwärts oder rückwärts zu bewegen, d.h. den Roboter anzutreiben. Dies ist der Antriebsmotor bzw. sind die Antriebsmotoren. Die Antriebsmotoren müssen alle direkt mit der Achse verbunden sein, die die Räder antreibt. Oder die Achsen sind untereinander indirekt verbunden, wie bei einem Allradgetriebe. Die beiden Antriebsmotoren dürfen nicht unabhängig voneinander mit den Antriebsrädern verbunden sein.
- 11.3.4.** Der Einbau eines Differentialgetriebes ist erlaubt. Es ist eine mechanische Lösung, um das Rollen der Räder positiv zu beeinflussen.
- 11.4.** 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.
- 11.4.1.** Die Steuerungssoftware kann in jeder beliebigen Programmiersprache geschrieben werden - es gibt keine Einschränkungen bezüglich einer bestimmten Sprache.
- 11.4.2.** 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 unter Punkt 6.4.2. genannten Fällen werden die Teams vom Wettbewerb disqualifiziert.
- 11.5.** Bei den folgenden Komponenten gelten folgende Regeln:
- 11.5.1.** Sensoren: es gibt keine Beschränkungen in Bezug auf Marke, Funktion oder Anzahl der verwendeten Sensoren. Kameras gelten als Sensoren.
- 11.5.2.** Motoren: es können alle Gleichstrom und/oder Servomotoren verbaut werden. Es gibt keine Einschränkung bezüglich der Marke.
- 11.5.3.** elektronische Komponenten: es gibt keine Einschränkungen bezüglich des Typs,

der Marke, der Anzahl oder des Zwecks.

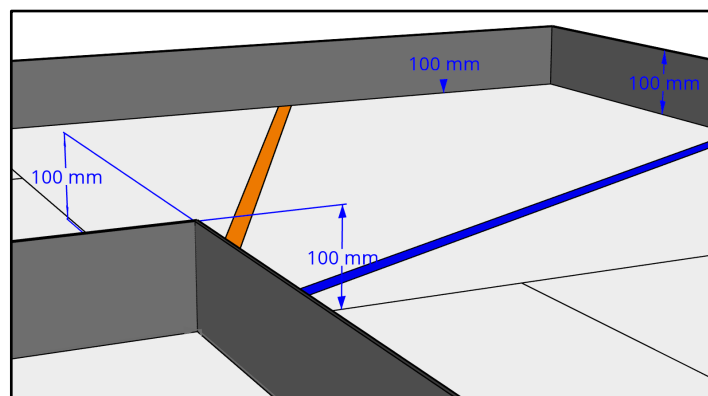
- 11.5.4. Hydraulische und magnetische Komponenten:** hydraulischer Druck oder Magnete sind erlaubt.
- 11.5.5. Batterien:** es gibt keine Beschränkungen hinsichtlich der Marke, der Funktion oder der Anzahl der verwendeten Batterien.
- 11.5.6. Baumaterialien:** es sind alle Arten von Materialien (z.B. Kunststoff, Holz, Metall), Klebe- & Verbindungsmaterialien (z.B. Sekundenkleber, Isolierbänder, Kabelbinder) sowie 3D-gedruckten Elementen erlaubt. Anzahl oder Verwendung werden nicht vorgeschrieben.
- 11.5.7. Jegliches Hardware-Kit** darf verbaut werden. Es gibt keine Beschränkung auf einen bestimmten Typ oder ein bestimmtes Bausystem.
- 11.5.8. Für die Kommunikation zwischen den elektronischen- bzw. elektromechanischen Komponenten** des Roboterautos sind ausschließlich Drahtverbindungen zulässig.
- 11.6. Am Wettbewerbstag ...**
  - 11.6.1. ... darf das aufgebaute Roboterauto** mitgebracht werden.
  - 11.6.2. ...darf jedes Team nur mit einem Roboterauto** teilnehmen.
  - 11.6.3. ... müssen die Teams alle Geräte, Software und tragbaren Computer**, die sie während des Wettbewerbs benötigen, vorbereitet haben und mitbringen.
  - 11.6.4. ... sollten die Teams genügend Ersatzteile mitbringen.** Im Falle eines Unfalls oder einer Fehlfunktion der Ausrüstung werden keine Ersatzteile vor Ort gestellt.
  - 11.6.5. ... ist während der Renndurchläufe jegliche Art von Funkkommunikation, Fernsteuerung und/oder kabelgebundene Steuerung mit Komponenten außerhalb des Roboterautos verboten.** Das bedeutet, das Roboterauto muss autonom den Parcours befahren und auch stoppen.
  - 11.6.6. ... ist während der Renndurchläufe das unbefugte Berühren oder in irgendeiner Form unterstützen (z.B. Stoppen) des Roboters verboten.** Dies schließt die Eingabe von Daten in ein Programm durch visuelle, akustische oder andere Signale an das Roboterauto während des Rennens ein.
  - 11.6.7. ... 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.

## 12. Rennfeld und Zubehör

- 12.1.** Die Größe der Spielfeldmatte beträgt ca. 3,1 x 3,1 m. Der Parcours ist quadratisch und misst innerhalb der inneren Begrenzung 3 x 3 m.
- 12.2.** Die blauen und orangenen Linien in den Kurvenabschnitten können dem Roboterauto zur Orientierung dienen.



**Bild 17: Die Spielfeldmatte**



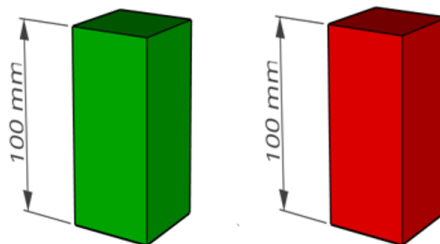
**Bild 18: Höhe der inneren und äußeren Begrenzung**

- 12.3.** Folgendes gilt für die Begrenzung des Parcours:

- 12.3.1.** Die Begrenzung hat eine Höhe von 10 cm (+/- 5 mm) (s. Bild 18). Die zum Parcours zeigenden Flächen der Begrenzungen sind schwarz. Alle anderen Flächen sind nicht definiert.
- 12.3.2.** 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/wro2023/WRO2023-FE-Parcours-Aufbauanleitung.pdf>

- 12.3.3.** Der Grundriss der äußeren Begrenzung (3 x 3 m) wird während der Renndurchläufe nicht verändert.
- 12.3.4.** Der Grundriss der inneren Begrenzung wird im Eröffnungsrennen variiert. Beispiele für die unterschiedlichen Grundrisse der inneren Begrenzung sind zu sehen auf Seite 6 Bild 7. Der maximale Abstand zwischen innerer und äußerer Begrenzung beträgt 100 cm. Der minimale Abstand beträgt 60 cm. Die innere Begrenzung wird von der Jury vor jedem Eröffnungsrennen zufällig zusammengestellt.
- 12.3.5.** Im Hindernisrennen wird der Grundriss der inneren und äußeren Begrenzung nicht verändert. Der Abstand zwischen den Begrenzungen beträgt konstant 100 cm.
- 12.4.** Folgendes gilt für die Hindernisse:
- 12.4.1.** Jedes Hindernis ist ein Quader mit den Maßen 45x45x100 mm (BxTxH) (s. Bild 19).
- 12.4.2.** Auf der Rennmatte kennzeichnen hellgraue Quadrate den Standort der Hindernisse (s. S. 7 Bilder 4 & 5). Sie haben eine Größe von 45 x 45 mm. Um diese Markierung herum befindet sich zusätzlich eine hellgrüne Kreismarkierung. Verschiebt ein Roboter ein Hindernis vollständig außerhalb dieser Kreismarkierung, so wird das Rennen gestoppt (s. Regeln 7.2. und 9.4.3.).
- 12.4.3.** 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.
- 12.4.4.** Die Farbe der grünen Hindernisse ist Laubgrün RAL 6002, bzw. sollte diesem Grünton ähnlich sein. Die grünen Hindernisse werden auf der linken Seite passiert.
- 12.4.5.** Die Hindernisse stehen ausschließlich auf den geraden Abschnitten. Auf einem geraden Abschnitt stehen maximal 2 Hindernisse. Es befinden sich auf dem gesamten Parcours maximal 8 Hindernisse. Die Farbverteilung erfolgt so, dass max. 5 Hindernisse einer Farbe auf dem Parcours stehen. Die Anzahl, Farbe und Anordnung der Hindernisse erfolgt zufällig.



**Bild 19: Hindernisse mit Bemaßung der Höhe**

## 13. Minimaler Umfang an elektromechanischen Komponenten

Die nachstehende Liste enthält Ausrüstungsgegenstände, die für elektromechanische Teile des Roboterautos verwendet werden können. Es handelt sich lediglich um ein Beispiel und 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)
- Der Hauptcontroller -- Raspberry Pi 3 (<https://www.raspberrypi.org/products/raspberrypi-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)