

Zentrale Ergebnisse der Evaluationsstudie der World Robot Olympiad 2019-20 „SMART Cities“

1. Einleitung

Die World Robot Olympiad (WRO) ist ein internationaler Roboterwettbewerb, der Kinder und Jugendliche für Naturwissenschaft und Technik begeistern möchte. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer arbeiten in 2er- oder 3er-Teams gemeinsam mit einem Coach an jährlich neuen Aufgaben. Dazu bauen und programmieren sie einen LEGO MINDSTORMS-Roboter (in den Kategorien Regular und Football) oder entwickeln ein Robotersystem (auch) mithilfe anderer Microcontrollersysteme, wie z. B. RaspberryPi oder Arduino (Kategorie Open). Schülerinnen und Schüler im Alter von 6 – 19 Jahre können bei der WRO teilnehmen. Sie werden dabei pro Team von mindestens einem Team-Coach begleitet.¹

Das Ziel der WRO ist es, dazu beitragen, mehr Kinder und Jugendliche für die MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik) zu begeistern. Neben der Förderung des Interesses und der Begeisterung für MINT, sollen die Teilnehmerinnen und Teilnehmer auch ihr Wissen und ihre Fähigkeiten (Kompetenzen) erweitern. Dies betrifft vor allem sog. *21st century skills*. Dieser Begriff soll Kompetenzen beschreiben, die für die von Digitalisierung, Automatisierung und Globalisierung geprägte Arbeitswelt von morgen von großer praktischer Relevanz sind. Dazu zählen beispielweise auch die Kommunikations-, Kollaborations- und Problemlösefähigkeit sowie die sog. *digital literacy*.

Seit der Übernahme der WRO in Deutschland durch den Verein TECHNIK BEGEISTERT e.V. verzeichnet das Programm ein stetiges Wachstum an Teilnehmerzahlen. So ist die Anzahl an teilnehmenden Teams von 32 Teams (in der Regular Category) im Jahr 2012 auf 683 Teams (Regular Category: 573 Teams, Football Category: 43 Teams, Open Category: 67 Teams) im Jahr 2019 gestiegen. Dies entspricht 2298 Mädchen und Jungen, die die WRO 2019 erreicht hat. Durch weitere Umfragen und Erhebungen zeigt sich zudem, dass mit den Angeboten der WRO in etwa doppelt so viele Kinder und Jugendliche (4136) erreicht wurden. Diese nehmen z. B. an Roboter-AGs von Schulen teil, aber gehen noch nicht zu den Wettbewerben der WRO.

Neben der Anzahl an Teilnehmerinnen und Teilnehmer hat sich auch die Anzahl an Regionalwettbewerben seit 2012 gesteigert. Von zwei Regionalwettbewerben im Jahr 2012 erhöhte sich die Anzahl auf 34 Regionalwettbewerbe im Jahr 2019.

Obwohl in den vergangenen Jahren bereits regelmäßig Feedback über die WRO bei den Teilnehmerinnen und Teilnehmern mittels Online-Umfragen eingeholt wurde², fand bisher noch keine wissenschaftliche Programmevaluation statt. Diese ist nötig, um die Wirkung, d.h. positive Auswirkungen auf das Wissen und die Fähigkeiten, die Studien- und Berufswahl, etc. der Teilnehmerinnen und Teilnehmer zu bestimmen.

¹ Weitere Informationen zu den Kategorien der WRO finden sich unter:
<https://www.worldrobotolympiad.de/world-robot-olympiad/>.

² Einige Ergebnisse der Online-Umfragen finden sich in den entsprechenden Jahresberichten von TECHNIK BEGEISTERT e.V. unter:
<https://www.worldrobotolympiad.de/technik-begeistert-ev/transparenz>

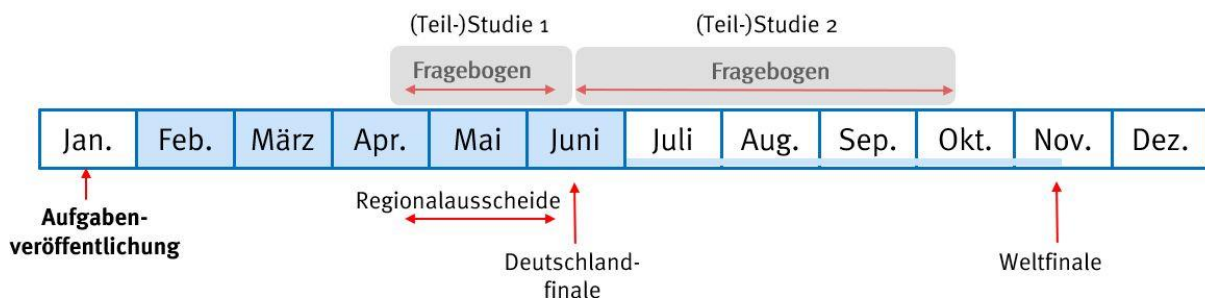
2. Zentrale Fragen

Zentrale Fragen der Programmevaluation waren die folgenden:

1. Welchen Einfluss hat die WRO auf die Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler in den Bereichen
 - a. Bauen eines Roboters
 - b. Programmieren eines Roboters
 - c. Teamwork
 - d. Kommunikationsfähigkeit
 - e. Arbeitsweise und Problemlösefähigkeit?
2. Welchen Einfluss hat die WRO auf das Selbstkonzept und Interesse (als Prädiktoren der zukünftigen Studien- und Berufswahl) der Schülerinnen und Schüler?

3. Ablauf der Evaluationsstudie und methodische Herangehensweise

Um diese Fragen zu beantworten, wurden zwei Teilstudien konzipiert (vgl. Abb. 1):



World Robot Olympiad (WRO) 2019



Abbildung 1: Zeitlicher Ablauf der Evaluationsstudie

In der ersten Teilstudie wurden die Team-Coaches der Teams bei den jeweiligen Regionalwettbewerben mittels eines Paper-Pencil-Fragebogens befragt. Der Zeitraum der Befragung erstreckte sich vom 04.05.2019 (erster Regionalwettbewerb in Leonberg) bis zum 08.06.2019 (letzter Regionalwettbewerb in Menden (Sauerland)). Neben allgemeinen Fragen (z.B. demografische Daten, Fragen zur aktuellen Saison, Fragen zur Vorbereitungsphase, etc.) sollten die Team-Coaches eine sachkundige Fremdeinschätzung über die Kompetenzentwicklung ihres Teams (im vorher-nachher-Vergleich) geben. Für die einzelnen Bereiche, in der die Kompetenzentwicklung gemessen werden sollte, wurden mehrere Fragen zu einer Skala einer Kompetenz (z.B. Arbeitsweise und Problemlösefähigkeit) zusammengefasst. Eine Beispielfrage aus dieser Skala ist in Abb. 2 zu sehen.

Die Schülerinnen und Schüler wenden geeignete Methoden zur Gewinnung von Lösungsideen an (z.B. Brainstorming)

<p>- vor dem Wettbewerb:</p> <p>nicht <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> stark <input type="checkbox"/> weiß ausgeprägt <input type="checkbox"/> ausgeprägt nicht</p>	<p>- nach dem Wettbewerb:</p> <p>nicht <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> stark <input type="checkbox"/> weiß ausgeprägt <input type="checkbox"/> ausgeprägt nicht</p>
--	---

Abbildung 2: Beispielfrage der Skala "Arbeitsweise und Problemlösefähigkeit"

Die Beispielfragen der Skalen Bauen und Programmieren eines Roboters wurden dabei inhaltlich an die jeweiligen Wettbewerbskategorien angepasst.

Durch die Einschätzung der Team-Coaches vor und nach dem Wettbewerb konnte eine Kompetenzentwicklung ermittelt werden.

In der zweiten Teilstudie wurden ehemalige Teilnehmerinnen und Teilnehmer direkt mittels eines Online-Fragebogens befragt. Die Datenerhebung erfolgte auf selbstselektiver Basis. Der Zeitraum erstreckte sich vom 25.06.2019 (erster Tag des Deutschlandfinales) bis Mitte September 2019. Dieser Fragebogen fokussierte auf dem Einfluss der Teilnahme der WRO auf Studien- bzw. Berufswahl der ehemaligen Teilnehmerinnen und Teilnehmern. Diese wurde nicht direkt, sondern über das Selbstkonzept und Interesse der Teilnehmerinnen und Teilnehmer als Prädiktoren für die zukünftige Studien- und Berufswahl ermittelt.

Die Datenauswertung wurde sowohl mithilfe deskriptiver als auch inferenzstatistischer Verfahren durchgeführt.

Um die Ergebnisse der inferenzstatistischen Auswertung verständlich darzustellen, werden Effektstärken benutzt. Im Allgemeinen geben diese an, wie stark der Einfluss eines Merkmals (z.B. eines Förderprogramms wie der WRO) auf eine Zielvariable (z.B. die Kompetenz *Arbeitsweise und Problemlösefähigkeit*) ist. Je höher die Effektstärke, desto bedeutsamer ist der Einfluss des jeweiligen Merkmals. Um die Effektstärke anzugeben, gibt es verschiedene Maße, die teilweise ineinander überführt werden können. Wir verwenden hier das Maß der *Common Language Effect Size (CLES)*. Wie der Name bereits sagt, ist dies ein Maß, das verwendet werden soll, um statistischen Laien verständlich zu erklären, wie stark ein Effekt ist. Die CLES gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der ein zufällig aus der einen Gruppe gezogener Fall einen höheren Wert hat als ein zufällig gezogener Fall aus der anderen Gruppe (z.B. vorher-nachher oder Vergleiche von Untergruppen wie Kategorien, etc.). Die mit diesem Maß gemessenen Effektstärken lassen sich in schwache (ab 53 %), mittlere (ab 58 %) und starke Effekte (ab 62 %) untergliedern.

4. Zentrale Ergebnisse

Im Folgenden sollen nun die zentralen Ergebnisse der Evaluationsstudie berichtet werden.

4.1 Erste Teilstudie

An der ersten Teilstudie nahmen 60 % der an den Regionalwettbewerben teilnehmenden Teams (413 von 683) teil. Dies entspricht 1053 Schülerinnen und Schülern.

Tab. 1 zeigt eine Zusammenfassung der fünf untersuchten Kompetenzen und der jeweiligen Effektstärken (CLES) und deren Bedeutung (schwach, mittel oder stark).

Tabelle 1: Zusammenfassung der Kompetenzentwicklung mit Effektstärken und deren Bedeutung

Kompetenz	Effektstärke (CLES)	Bedeutung
Bauen eines Roboters	0,79	Starker Effekt
Programmieren eines Roboters	0,77	Starker Effekt
Teamwork	0,74	Starker Effekt
Kommunikationsfähigkeit	0,74	Starker Effekt
Arbeitsweise und Problemlösefähigkeit	0,79	Starker Effekt

Diese Ergebnisse zeigen, dass sich beispielsweise in 79% der Fälle eine Verbesserung bei der Kompetenz Arbeitsweise und Problemlösefähigkeit einstellt. Dabei ist es als sehr erfreulich anzusehen, dass neben dem Bauen und Programmieren eines Roboters als „Hardskills“ auch das Teamwork, die Kommunikationsfähigkeit und die Arbeitsweise und Problemlösefähigkeit als „Softskills“ starke Effekte aufweisen.

Neben der Untersuchung, ob sich insgesamt eine positive Kompetenzentwicklung durch die Teilnahme an der WRO einstellt, wurde überprüft, ob es Unterschiede bei der Kompetenzentwicklung bzgl. verschiedener Untergruppen gibt, die hier kurz skizziert werden sollen. Diese sind:

- Kategorie (Regular, Open und Football Category)
- Altersklasse (Starter, Elementary, Junior und Senior)
- Erfahrung (gemessen an der Anzahl bisheriger Teilnahmen an Regionalwettbewerben der WRO)
- Geschlecht (eingeteilt in Jungs- und Mädchen-Teams sowie gemischte Teams)
- Erfolg (gemessen an dem Anteil gelöster Aufgaben beim Regionalwettbewerb)

Beim Vergleich verschiedener Untergruppen werden diese auf Basis ihrer relativen Kompetenzentwicklung verglichen, d.h. es wird die Kompetenzentwicklung unabhängig von den Vorkenntnissen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer berechnet. Zudem wird auch auf die Vorkenntnisse eingegangen.

Hier zeigt sich, dass die Kompetenzen des Bauens und Programmierens eines Roboters in der Regular Category im Vergleich zur Open Category (CLES = 0,55 (Bauen) bzw. 0,59 (Programmieren), d.h. schwache bis mittlere Effekte) und der Football Category (CLES = 0,57 (Bauen) bzw. 0,56 (Programmieren), d.h. schwache Effekte) am meisten gefördert wird. Die Kommunikationsfähigkeit wird in der Open Category am meisten gefördert (CLES = 0,56, d.h. schwacher Effekte). Die Effektstärke CLES drückt hier aus, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein zufällig aus der einen Kategorie gezogener Fall eine höhere Kompetenzentwicklung hat als ein zufällig gezogener Fall aus der anderen Kategorie. Analog ist sie auch für die folgenden Untergruppenvergleiche zu interpretieren.

Beim Vergleich der Altersklassen zeigt sich kein Unterschied in der relativen Kompetenzentwicklungen, jedoch in den Vorkenntnissen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Hier zeigt sich, dass die jüngeren Altersklassen Starter und Elementary

deutlich niedrigere Vorkenntnisse aufweisen als die älteren Altersklassen Junior und Senior (CLES = 0,58-0,62, d.h. mittlere Effekte).

Ähnlich wie beim Vergleich der Altersklassen, zeigt sich auch beim Vergleich unterschiedlich erfahrener Teams, dass lediglich Unterschiede in den Vorkenntnissen vorhanden sind, aber nicht bzgl. der relativen Kompetenzentwicklung. Insgesamt weisen hier weniger erfahrene Teams niedrigere Vorkenntnisse auf als erfahrenere Teams (CLES = 0,54-0,64, d.h. schwache bis starke Effekte).

Hinsichtlich des Geschlechtes wurden die Teams in folgende Gruppen eingeteilt: Teams, die nur aus Jungs bzw. nur aus Mädchen bestehen sowie Teams, die sich sowohl aus Jungs als auch aus Mädchen zusammensetzen. Hier zeigt sich, dass Teams, die einen höheren Anteil an Jungs haben, d.h. entweder teilweise oder ganz aus Jungs bestehen, höhere Vorkenntnisse im Bereich Bauen sowie Programmieren eines Roboters und Arbeitsweise und Problemlösefähigkeit aufweisen (CLES = 0,55-0,59, d.h. schwache bis mittlere Effekte). Beim Teamwork und der Kommunikationsfähigkeit zeigen sich keine Unterschiede bzgl. der Vorkenntnisse. Unterschiede bzgl. der relativen Kompetenzentwicklung zeigen sich in diesem Vergleich ebenfalls nicht.

Unterschiedlich erfolgreiche Teams unterscheiden sich bzgl. ihrer relativen Kompetenzentwicklung in ihrer Kommunikationsfähigkeit, d.h. dass erfolgreichere Teams höhere Werte aufweisen (CLES = 0,57, d.h. schwacher Effekt). In ihren Vorkenntnissen zeigen erfolgreichere Teams höhere Werte bei der Kompetenz Arbeitsweise und Problemlösefähigkeit (CLES = 0,54, d.h. schwacher Effekt).

4.2 Zweite Teilstudie

An der zweiten Teilstudie nahmen insgesamt 62 ehemalige Teilnehmerinnen und Teilnehmer teil.

Bei der Frage nach der Bedeutung der Relevanz der untersuchten Kompetenzen für ihre (zukünftige) Arbeitswelt zeigt sich in der deskriptiven Auswertung, dass die ehemaligen Teilnehmerinnen und Teilnehmer manche für signifikant bedeutsamer halten als andere. Die Kompetenz „Arbeitsweise und Problemlösefähigkeit“ schätzen sie um 15 % relevanter für ihre (zukünftige) Arbeitswelt als den Durchschnitt der Mittelwerte der anderen Kompetenzen. Darauf folgen die Kompetenz „Teamwork“ (+14 %) und „Kommunikationsfähigkeit“ (+12 %). Insgesamt schätzen sie vor allem die „Softskills“ als gewinnbringend ein.

Zudem beurteilen sie den Einfluss der WRO auf ihre allgemeine schulische Motivation als eher schwach bis neutral (Mittelwert 3,4 von 7). Die schulische Motivation bzgl. Informatik und Technik beurteilen sie hingegen als eher stark bis stark (Mittelwert 5,2 von 7).

Das Selbstkonzept, d.h. die eigene Einschätzung über persönliche Eigenschaften, Fähigkeiten, etc. und Interesse bzgl. Informatik und Technik sind wichtige Prädiktoren für die spätere Berufswahl. Die eigenen Interessen werden im Rahmen der durch das Selbstkonzept definierten Grenzen erörtert und so potenzielle Berufe ausgewählt. Die inferenzstatistische Auswertung zeigt dabei, dass die WRO einen starken positiven Einfluss sowohl auf das Selbstkonzept (CLES = 0,81, d.h. starker Effekt) sowie auf das

Interesse (CLES = 0,84, d.h. starker Effekt) der Teilnehmerinnen und Teilnehmer ausübt und somit indirekt Einfluss die Berufswahl der Teilnehmerinnen und Teilnehmer nimmt.

5. Zusammenfassung

Im Allgemeinen kann geschlussfolgert werden, dass die WRO einen starken Einfluss auf die Kompetenzentwicklung hat. Es zeigen sich auch positive Hinweise bzgl. des Einfluss der WRO auf die Studien- und Berufswahl (indirekt gemessen über das Selbstkonzept und Interesse der Teilnehmerinnen und Teilnehmer). Zudem findet sich in der ersten Teilstudie das positive Resultat, dass kein „Decklungseffekt“ eintritt, d.h. dass die Teilnehmerinnen und Teilnehmer unabhängig der Altersklasse, deren Erfahrung, des Geschlechts und des Erfolgs ihre Kompetenzen, die sie für ihre zukünftige Arbeitswelt brauchen, entwickeln können.