

SimRacing als Serious Game für die Fahrausbildung

Potenziale, Herausforderungen und Trainingseffekte

Masterarbeit im Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik von Jonas Rohde

Tag der Einreichung: Dezember 06, 2024

Gutachter: Dr.-Ing. (habil.) Stefan Göbel

Betreuer: Supervisor

Darmstadt



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Fachbereich Elektrotechnik
und Informationstechnik
Serious Games

Erklärung zur Abschlussarbeit gemäß § 22 Abs. 7 APB TU Darmstadt

Hiermit erkläre ich, Jonas Rohde, dass ich die vorliegende Arbeit gemäß § 22 Abs. 7 APB der TU Darmstadt selbstständig, ohne Hilfe Dritter und nur mit den angegebenen Quellen und Hilfsmitteln angefertigt habe. Ich habe mit Ausnahme der zitierten Literatur und anderer in der Arbeit genannter Quellen keine fremden Hilfsmittel benutzt. Die von mir bei der Anfertigung dieser wissenschaftlichen Arbeit wörtlich oder inhaltlich benutzte Literatur und alle anderen Quellen habe ich im Text deutlich gekennzeichnet und gesondert aufgeführt. Dies gilt auch für Quellen oder Hilfsmittel aus dem Internet.

Diese Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

Mir ist bekannt, dass im Falle eines Plagiats (§ 38 Abs. 2 APB) ein Täuschungsversuch vorliegt, der dazu führt, dass die Arbeit mit 5,0 bewertet und damit ein Prüfungsversuch verbraucht wird. Abschlussarbeiten dürfen nur einmal wiederholt werden.

Bei einer Thesis des Fachbereichs Architektur entspricht die eingereichte elektronische Fassung dem vorgestellten Modell und den vorgelegten Plänen.

Darmstadt, Dezember 06, 2024



J. Rohde

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	8
1.1. Thematisches Umfeld	8
1.2. Potenzielle Effekte von SimRacing im Fahrtraining	8
1.3. Motivation	9
1.4. Forschungsfragen	9
1.5. Gliederung der Arbeit	10
2. Stand der Technik	11
2.1. Einleitung	11
2.2. Serious Games	11
2.2.1. Definition und Charakteristika	11
2.2.2. Anwendungsbereiche	12
2.2.3. Serious Games in der Verkehrsausbildung	12
2.2.4. Qualitätskriterien für Serious Games	12
2.2.5. Zusammenfassung und Relevanz für die Arbeit	13
2.3. SimRacing	13
2.3.1. Geschichte des SimRacing	13
2.3.2. Technologie hinter SimRacing	14
2.3.3. Aktuelle SimRacing-Titel	14
2.3.4. SimRacing als Trainingswerkzeug	15
2.3.5. Zusammenfassung und Relevanz für die Arbeit	15
2.4. Virtual Reality (VR)	16
2.4.1. Definition und Grundlagen	16
2.4.2. VR im Gaming	16
2.4.3. Einfluss von VR auf das Lernen	16
2.4.4. VR im SimRacing	16
2.4.5. Zusammenfassung und Relevanz für die Arbeit	17
2.5. Eye-Tracking	17
2.5.1. Definition und Grundlagen	17
2.5.2. Anwendungen von Eye-Tracking	17
2.5.3. Eye-Tracking im SimRacing	17
2.5.4. Bedeutung des Blickverhaltens im Fahrtraining	18
2.5.5. Zusammenfassung und Relevanz für die Arbeit	18

2.6. Fahrtraining und Fahrsicherheit	18
2.6.1. Bedeutung von Fahrtraining	18
2.6.2. Fahrsicherheitstraining	18
2.6.3. Rennlizenzen und professionelles Training	19
2.6.4. SimRacing als Ergänzung zum Fahrtraining	19
2.6.5. Effektivität von Simulationen im Fahrtraining	19
2.6.6. Zusammenfassung und Relevanz für die Arbeit	20
2.7. Forschungslücken und Zielsetzung	20
2.7.1. Identifizierte Forschungslücken	20
2.7.2. Zielsetzung der Arbeit	21
2.7.3. Relevanz der Arbeit	21
2.8. Zusammenfassung	21
3. Konzept	22
3.1. Simracing als Serious Game	22
3.1.1. SimRacing als Serious Game: Ein Überblick	22
3.1.2. Vom Spiel zur Trainingsplattform	22
3.1.3. Szenarien und Zielsetzungen	23
3.1.4. Gütekriterien im Fokus	23
3.2. Trainingssession	24
3.2.1. Struktur und Ablauf der Trainingssession	24
3.2.2. Zusammenfassung: Methodik der Trainingssession	24
3.3. Szenarien	25
3.3.1. Gestaltungselemente der Szenarien	25
3.3.2. Beschreibung der Szenarien	26
3.3.3. Zusammenfassung: Szenarien als Grundlage für das Training	28
3.4. Methodischer Ansatz	28
3.4.1. Trainingsmethodik	28
3.4.2. Anpassung an die Teilnehmer	29
3.4.3. Quantitative und qualitative Analyse	29
3.4.4. Bildung und Analyse von Vergleichsgruppen	30
3.4.5. Zusammenfassung: Methodischer Ansatz als Grundlage der Evaluation	30
3.5. Zusammenfassung des Konzepts	30
4. Prototypische Realisierung	32
4.1. Software	32
4.1.1. Simulationssoftware	32
4.1.2. Zusammenfassung der Entscheidung	34
4.1.3. Analysesoftware	36
4.2. Hardware	38
4.2.1. Die Hardware im Training	38
4.2.2. Aufbau und Installation der Hardware	39
4.2.3. Zusammenfassung: Die Rolle der Hardware im Training	39

4.3.	Durchführung der Trainingssessions	40
4.3.1.	Ablauf der Trainingssessions	40
4.3.2.	Datenaufzeichnung	42
4.3.3.	Zusammenfassung: Durchführung der Trainingssessions	43
4.4.	Simulationsbedingungen	44
4.4.1.	Konstruktion der Szenarien	44
4.4.2.	Gestaltungselemente der Szenarien	44
4.4.3.	Beschreibung der Szenarien	45
4.4.4.	Zusammenfassung: Simulationsbedingungen	48
5.	Evaluation - Datenerhebung	49
5.1.	Ziel der Evaluation	49
5.2.	Teilnehmergruppen	50
5.3.	Subjektive Evaluation	51
5.4.	Tests zur Fahrfähigkeitsbewertung	52
5.4.1.	City Car Driving	52
5.4.2.	Nordschleifen-Herausforderung	53
5.4.3.	Zusammenfassung der Testziele	53
5.5.	Experiment / Training	53
5.6.	Quantitative Datenerhebung	56
5.6.1.	Erfassung der Rundenzeiten	56
5.6.2.	Eyetracking-Daten	56
5.6.3.	Fehleranalyse	56
5.6.4.	Zusammenführung der Datenquellen	57
6.	Ergebnisse - Datenauswertung	58
6.1.	Einleitung	58
6.2.	Teilnehmer	60
6.3.	Items und Kategorien	65
6.4.	Forschungsfrage 1	67
6.5.	Forschungsfrage 2	70
6.6.	Forschungsfrage 3	71
6.7.	Forschungsfrage 4	77
6.8.	Forschungsfrage 5	79
6.9.	Forschungsfrage 6	80
7.	Gesamtzusammenfassung	86
7.1.	Zusammenfassung der Ergebnisse	86
8.	Ausblick und zukünftige Arbeiten	87
8.1.	Erkenntnisse	87
8.2.	Weiterführende Arbeiten	87
8.3.	Fazit	88

A. Appendix	93
A.1. KI-Tabellen Rundenzeiten	93
A.2. Fahrzeuge	98
A.2.1. Sprint Race	98
A.2.2. Caterham Academy	99
A.2.3. Chevrolet Camaro SS	99
A.2.4. Lancer RS	100
A.2.5. McLaren Senna	100
A.2.6. Mini Cooper JCW	101
A.3. Strecke	102
A.3.1. Ascurra	102
A.3.2. Buenos Aires No 12	103
A.3.3. Daytona Oval	103
A.3.4. Jacarepagua	104
A.3.5. Kansai Ost	105
A.3.6. Silverstone International	106
A.3.7. Velopark 2010	107
A.4. Einstellungen Automobilista 2	107
A.5. Fragebögen	109
A.5.1. Teilnehmer vor der Teilnahme	109
A.5.2. Teilnehmer nach der Session 1	116
A.5.3. Teilnehmer nach Session 2	123
A.5.4. Kontrollbogen Pre/Post Test	130

Zusammenfassung

Diese Arbeit untersucht das Potenzial von SimRacing als Serious Game für die Fahrausbildung und analysiert dessen Effektivität anhand spezifischer Fahrfähigkeiten, subjektiver Wahrnehmungen sowie objektiver Leistungsdaten. SimRacing kombiniert realitätsnahe Simulationen mit didaktisch gestalteten Trainingsszenarien und modernen Technologien wie Virtual Reality (VR) und Eye-Tracking, um fahrerische Kompetenzen zu fördern.

Auf Basis einer Studie mit 19 Teilnehmern wurden die Auswirkungen des Trainings auf allgemeine und spezifische Fahrfähigkeiten, das Sicherheitsgefühl und die Übertragbarkeit auf reale Verkehrssituationen untersucht. Die Ergebnisse zeigen signifikante Verbesserungen in den Bereichen Fahrzeugkontrolle, Bremsen, Kurvenfahren und Stressmanagement, mit besonders hohen Effektstärken bei der subjektiv wahrgenommenen Sicherheit (Cohen's $d=2.81$). VR erhöhte die Immersion, zeigte jedoch keine überlegene Effektivität gegenüber Monitor-basiertem Training. Eye-Tracking erwies sich als besonders wirksam zur Verbesserung von Fahrfähigkeiten und Wahrnehmung.

Die Arbeit stellt fest, dass SimRacing die Gütekriterien für Serious Games – darunter Immersion, Feedback und Didaktik – weitgehend erfüllt. Gleichzeitig wurden Herausforderungen identifiziert, etwa eine differenzierte Balance zwischen Immersion und kognitiver Belastung. Die Teilnehmer bewerteten das Training überwiegend positiv hinsichtlich Nützlichkeit und Relevanz, wobei die Übertragbarkeit auf reale Fahrsituationen als moderat eingeschätzt wurde.

Die Ergebnisse unterstreichen das Potenzial von SimRacing, nicht nur fahrtechnische Fähigkeiten, sondern auch das Selbstvertrauen und Sicherheitsgefühl im Straßenverkehr zu stärken. Die Arbeit leistet damit einen Beitrag zur Forschung im Bereich Serious Games und zeigt praxisnahe Ansätze für den Einsatz von SimRacing als innovatives Trainingsinstrument für Fahrer jeden Erfahrungsstands.

1. Einleitung

1.1. Thematisches Umfeld

Diese Arbeit untersucht das Potenzial von SimRacing als Serious Game für die Fahrausbildung. Serious Games verfolgen über die Unterhaltung hinausgehende Ziele wie Bildung oder Training und haben sich in verschiedenen Bereichen als effektive Lernmethoden etabliert. Durch die realistische Simulation von Fahrzeugdynamik und Streckenbedingungen bietet SimRacing eine sichere und immersive Umgebung, um Fahrkompetenzen spielerisch zu fördern. Dies umfasst unter anderem das Verständnis für Fahrzeugkontrolle, Reaktionsvermögen und die Anpassung an verschiedene Wetterbedingungen.

SimRacing als Serious Game unterscheidet sich von traditionellen Fahrsimulatoren durch seinen spielerischen Ansatz, der Motivation und Engagement fördern kann. Spielbasierte Simulation zeigen signifikante Lernfortschritte in sicherheitsrelevanten Fahrverhaltensvariablen wie Geschwindigkeit und Spurwechselverhalten bewirken kann. Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass SimRacing als Trainingsmethode nicht nur Fahrfähigkeiten verbessern, sondern auch ein gesteigertes Sicherheitsgefühl vermitteln kann.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie SimRacing nicht nur als unterhaltsames Spiel, sondern als ernstzunehmendes Trainingswerkzeug eingesetzt werden kann, um Fahranfänger und erfahrene Fahrer gezielt zu fördern. Ziel ist es, nicht nur die individuelle Verkehrssicherheit zu erhöhen, sondern auch einen Beitrag zur allgemeinen Unfallprävention zu leisten. (Backlund et al., 2010)

1.2. Potenzielle Effekte von SimRacing im Fahrtraining

Die Integration von SimRacing in die Fahrausbildung könnte mehrere Vorteile bieten. Unabhängig vom Erfahrungsstand der Teilnehmenden lassen sich Fahrtechniken in einer sicheren, kontrollierten Umgebung erproben. Kritische Fahrsituationen wie Aquaplaning oder plötzliche Hindernisse können realitätsnah simuliert werden, ohne dass ein Risiko für die Teilnehmer besteht (Allen et al., 2007; Backlund et al., 2006).

Allen (2007) zeigt, dass die Unfallrate von Fahrerfängern, die auf einem Simulator mit hoher visueller Realitätsnähe trainiert wurden, signifikant niedriger ist als die der allgemeinen Fahrerfängerpopulation. Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass die technische Ausgestaltung des Simulationssystems einen großen Einfluss auf den Trainingserfolg hat. Für SimRacing als Serious Game bedeutet dies, dass Aspekte wie Immersion, Feedback und die Qualität der Simulation entscheidend für die Effektivität des Trainings sind.

Zudem zeigen erste Untersuchungen, dass auch Gaming-Erfahrung einen Einfluss auf die Fahrleistung haben kann. Backlund (2006) fand heraus, dass Fahrschüler mit hoher Spielerfahrung von Fahrlehrern als kompetentere Fahrer bewertet wurden. Dies legt nahe, dass die Mechaniken und Herausforderungen in Computerspielen tatsächlich Fahrfähigkeiten fördern können.

1.3. Motivation

Die stetig steigenden Anforderungen an Verkehrsteilnehmer, kombiniert mit der Notwendigkeit, Verkehrssicherheit zu verbessern, machen innovative Ansätze in der Fahrausbildung notwendig. SimRacing bietet eine einzigartige Möglichkeit, moderne Technologie mit der Praxis des Fahrtrainings zu verbinden. Die Fähigkeit, realitätsnahe Szenarien flexibel zu simulieren, macht es zu einem wertvollen Werkzeug, um Fahrfähigkeiten zu verbessern, das Sicherheitsgefühl zu stärken und die Unfallprävention zu fördern.

Die Faszination für die Technologie hinter SimRacing sowie die Überzeugung, dass diese Methode Menschen mit unterschiedlichem Erfahrungsstand positiv beeinflussen kann, waren die Motivation, dieses Thema für diese Arbeit zu wählen.

1.4. Forschungsfragen

Die folgenden Forschungsfragen leiten sich aus den beschriebenen Potenzialen, Herausforderungen und offenen Fragen in der bestehenden Literatur ab:

1. Wie beeinflusst SimRacing als Serious Game die Entwicklung allgemeiner und spezifischer Fahrfähigkeiten?:
 - Hypothese 1.1: Teilnehmer, die SimRacing-Trainings absolvieren, zeigen eine signifikante Verbesserung der Fahrzeugkontrolle im Vergleich zur Ausgangsmessung.
 - Hypothese 1.2: Teilnehmer verbessern spezielle Fähigkeiten, wie Reaktionsfähigkeit oder die Fähigkeit, Fahrsituationen bei unterschiedlichen Wetterbedingungen zu meistern.
2. Wie beeinflusst SimRacing als Serious Game das subjektive Sicherheitsgefühl und das Selbstvertrauen der Teilnehmer in Fahrsituationen?

- Hypothese 2.1: Teilnehmer fühlen sich nach dem SimRacing-Training sicherer im Straßenverkehr als vor dem Training.
 - Hypothese 2.2: SimRacing verbessert das Selbstvertrauen der Teilnehmer in Bezug auf ihre Fähigkeit, unerwartete oder anspruchsvolle Fahrsituationen zu bewältigen.
3. Welche Rolle spielen Eye-Tracking, das Präsentationsmedium (VR vs. Monitor) und Feedback bei der Effektivität von SimRacing-Trainings?:
- Hypothese 3.1: Teilnehmer, die in einer VR-Umgebung trainieren, zeigen eine höhere Immersion und eine signifikant bessere Fahrleistung als Teilnehmer, die auf einem Monitor trainieren.
 - Hypothese 3.2: Teilnehmer, die Eye-Tracking-basiertes Feedback erhalten haben, zeigen eine signifikant bessere Fahrleistung im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ohne Eye-Tracking.
 - Hypothese 3.3: Alleine das Fahren von SimRacing-Trainings führt zu einer signifikant besseren Fahrleistung als Trainings mit Feedback und Analysen
4. Wie wird SimRacing als Trainingsmethode von Teilnehmern hinsichtlich Akzeptanz, wahrgenommener Nützlichkeit und Relevanz für reales Fahren bewertet?:
- Hypothese 4.1: Teilnehmer akzeptieren SimRacing-Trainings als sinnvolle Methode, um die reale Fahrleistung steigern zu können.
5. In welchem Umfang sind Fortschritte aus SimRacing-Trainings auf reale Fahrsituationen übertragbar?:
- Hypothese 5.1: Fortschritte, die Teilnehmer während des SimRacing-Trainings erzielen, sind auf das reale Fahren übertragbar.
6. Inwiefern erfüllt SimRacing als Serious Game die Gütekriterien für Serious Games, und wie beeinflusst deren Erfüllung die Effektivität des Trainings?

1.5. Gliederung der Arbeit

Diese Arbeit gliedert sich wie folgt: Kapitel 2 gibt einen Überblick über den Stand der Forschung und stellt relevante Publikationen zu Serious Games, Fahrsimulationen und SimRacing vor. Kapitel 3 beschreibt das Konzept des SimRacing-Trainings sowie die Entwicklung der Szenarien. Kapitel 4 widmet sich der Ausgestaltung des Konzeptes. Kapitel 5 erklärt die Durchführung und Evaluation des Trainings. Kapitel 6 sind die Ergebnisse der Evaluation inklusive von Analysen und Interpretationen dieser. Abschließend fasst Kapitel 7 die Ergebnisse zusammen, diskutiert die Limitationen der Arbeit. Kapitel 8 gibt einen Ausblick auf zukünftige Forschung.

2. Stand der Technik

2.1. Einleitung

Im Kontext dieser Arbeit wird untersucht, inwieweit SimRacing als Serious Game zur Verbesserung von Fahrfähigkeiten beitragen kann. Dieses Kapitel beleuchtet den aktuellen Stand der Technik in den Bereichen Serious Games, SimRacing, VR und Eye-Tracking und verknüpft relevante Erkenntnisse direkt mit den Forschungsfragen aus Kapitel 1. Es bildet die Grundlage für die Entwicklung des SimRacing-Trainingskonzepts, das in den folgenden Kapiteln detailliert beschrieben wird.

2.2. Serious Games

Serious Games sind digitale Spiele, die neben der Unterhaltung ein oder mehrere charakteristische Ziele verfolgen, wie z. B. Bildung, Gesundheit oder Training (Dörner et al., 2016). Sie kombinieren spielerische Elemente mit pädagogischen Inhalten, um das Engagement der Nutzer zu erhöhen und den Lernprozess zu unterstützen.

2.2.1. Definition und Charakteristika

Ein Serious Game wird definiert als ein Spiel, das entwickelt wurde, um sowohl zu unterhalten als auch mindestens ein zusätzliches Ziel zu erreichen (Dörner et al., 2016). Diese zusätzlichen Ziele werden als „characterizing goals“ bezeichnet. Wesentliche Merkmale von Serious Games sind:

- **Interaktivität und Engagement:** Spieler werden aktiv in das Geschehen eingebunden, was die Motivation und das Lernen fördert.
- **Integration von Lerninhalten:** Pädagogische Ziele sind nahtlos in das Spiel integriert, ohne den Spielspaß zu beeinträchtigen.
- **Feedback-Mechanismen:** Spieler erhalten kontinuierlich Rückmeldungen zu ihren Aktionen, was den Lernprozess unterstützt.

2.2.2. Anwendungsbereiche

Serious Games finden in zahlreichen Bereichen Anwendung, darunter Bildung, Medizin, Militär, Unternehmensschulungen und Verkehrserziehung (Dörner et al., 2016). Im Bildungsbereich werden sie eingesetzt, um komplexe Sachverhalte verständlich zu vermitteln und Lernmotivation zu steigern. In der Medizin dienen sie beispielsweise der Rehabilitation oder der Therapie von Patienten. Im Bereich der Verkehrsausbildung bieten Serious Games die Möglichkeit, Fahrkompetenzen in einer sicheren Umgebung zu trainieren.

2.2.3. Serious Games in der Verkehrsausbildung

Die Anwendung von Serious Games in der Verkehrsausbildung ermöglicht es, Fahrsituationen zu simulieren, die in der realen Welt schwer oder riskant zu trainieren sind (Backlund et al., 2006). Durch die Simulation können Fahrer in einer kontrollierten Umgebung Erfahrungen sammeln und auf verschiedene Verkehrssituationen vorbereitet werden. Eine weitere Studie zeigt, dass die Nutzung von spielbasierten Simulationen zu einer signifikanten Verbesserung der Geschwindigkeits- und Spurkontrolle führen kann (Backlund et al., 2010). Spielerische Elemente erhöhen das Engagement der Teilnehmer und fördern das Verständnis sicherheitsrelevanter Verhaltensweisen.

Im SimRacing könnte diese Erkenntnis genutzt werden, um Szenarien zu entwickeln, die gezielt auf sicherheitskritische Aspekte abzielen. Dies wird im Konzept des SimRacing-Trainings in Kapitel 3 näher erläutert.

2.2.4. Qualitätskriterien für Serious Games

Für die Effektivität von Serious Games sind Gütekriterien entscheidend, die sicherstellen, dass die Lernziele nahtlos in das Spielerlebnis integriert werden. Zu den zentralen Kriterien gehören:

- **Immersion und Realitätsnähe:** Studien wie Schuemie et al. (2001) zeigen, dass eine hohe Immersion nicht nur die Motivation steigert, sondern auch die Verinnerlichung von Lerninhalten unterstützt. Dies ist besonders relevant, wenn komplexe oder risikoreiche Verkehrssituationen trainiert werden.
- **Feedback-Mechanismen:** Laut Freina und Ott (2015) ist effektives Feedback ein wesentlicher Bestandteil von Serious Games. In der Fahrausbildung können solche Mechanismen genutzt werden, um auf Fehlverhalten hinzuweisen und diese gezielt zu korrigieren.
- **Passung zwischen Serious-Part und Game-Part:** Die Kombination von Lerninhalten und spielerischen Elementen muss so gestaltet sein, dass beide Aspekte harmonisch zusammenwirken. Dies ist entscheidend, um die Motivation der Teilnehmer zu erhalten und gleichzeitig die Lernziele zu erreichen (Bruder et al., 2021).

2.2.5. Zusammenfassung und Relevanz für die Arbeit

Die genannten Qualitätskriterien bilden die Grundlage für die Entwicklung des SimRacing-Trainings. Durch die gezielte Anwendung dieser Kriterien soll sichergestellt werden, dass das Training effektiv und motivierend ist. Immersion und Feedback werden durch den Einsatz von VR und Eye-Tracking besonders adressiert, um ein möglichst realistisches und effektives Trainingserlebnis zu schaffen. Dies steht im direkten Bezug zu den Hypothesen 3.1 und 3.2, verbunden mit Forschungsfrage 6 (Kapitel 1).

2.3. SimRacing

SimRacing, kurz für „Simulated Racing“, bezeichnet die Simulation von Motorsport-Rennen in einer virtuellen Umgebung. Es geht dabei um die möglichst realistische Nachbildung von Fahrzeugen, Strecken und Fahrphysik. SimRacing hat sich in den letzten Jahrzehnten von einfachen Arcade-Rennspielen zu komplexen Simulationen entwickelt, die von Hobbyfahrern bis hin zu professionellen Rennfahrern genutzt werden.

2.3.1. Geschichte des SimRacing

Die Anfänge

Die Geschichte des SimRacing begann in den 1980er Jahren mit Spielen wie („Pole Position“, 1982), das eine damals revolutionäre Cockpitperspektive bot. Obwohl die Fahrphysik noch rudimentär war, legte es den Grundstein für die zukünftige Entwicklung von Rennsimulationen. Der Fokus lag zunächst auf Unterhaltung, doch die Nachfrage nach realistischeren Fahrerlebnissen führte zu einer rasanten technologischen Weiterentwicklung.

Entwicklung realistischer Simulationen

Mit Titeln wie („Grand Prix Legends“, 1998) und später („GTR“, 2004) und („GTR 2“, 2006) wurde die Simulation von Fahrzeugdynamik und Streckeneigenschaften immer realistischer. Diese Spiele setzten neue Maßstäbe in der Genauigkeit der Fahrphysik und der Streckenreplikation, wodurch sie sowohl von Hobbyfahrern als auch von professionellen Rennfahrern genutzt wurden.

Moderne Entwicklungen

Mit der Einführung von Plattformen wie („iRacing“, 2008) wurde SimRacing um einen kompetitiven Online-Aspekt erweitert. Die enge Zusammenarbeit mit Herstellern und Rennserien führte zu einer nie dagewesenen Realitätsnähe. Dies macht SimRacing nicht nur für Hobbyfahrer interessant, sondern auch für die Forschung und die Entwicklung im professionellen Motorsport (Tudor, 2020).

2.3.2. Technologie hinter SimRacing

Fahrzeugphysik und Streckensimulation

Moderne SimRacing-Titel zeichnen sich durch detaillierte Simulationen von Fahrzeugdynamik, Reifenverhalten und Streckenbedingungen aus. Faktoren wie Reifenverschleiß, Aerodynamik und variable Wetterbedingungen werden berücksichtigt (de Frutos & Castro, 2021). Diese technischen Fortschritte ermöglichen es, Szenarien zu simulieren, die in der Realität oft nur unter hohen Kosten oder Risiken durchführbar wären.

ISImotor-Engine und Madness Engine

Technologische Innovationen wie die ISImotor-Engine („rFactor“, 2005) und die Madness Engine („Automobilista 2“, 2020) bilden das Fundament vieler SimRacing-Titel. Die ISImotor-Engine ist für ihre Modding-Fähigkeiten bekannt, während die Madness Engine durch ihre dynamischen Wetterbedingungen und präzise Fahrphysik hervorsticht.

2.3.3. Aktuelle SimRacing-Titel

Automobilista 2 (AMS2)

Automobilista 2, basierend auf der Madness Engine, vereint fortschrittliche Fahrphysik mit beeindruckender Grafik und dynamischen Umgebungsbedingungen („Automobilista 2“, 2020). Mit einer Vielzahl an Fahrzeugen und Strecken sowie der Unterstützung für VR bietet es eine immersive Plattform für SimRacing-Experimente. Diese Eigenschaften machen AMS2 zur bevorzugten Simulation für die Evaluation in dieser Arbeit.

Relevanz für diese Arbeit: Die fortschrittlichen Technologien in AMS2 ermöglichen es, realistische Trainingsszenarien zu gestalten, die für die Überprüfung der Hypothesen relevant sind.

iRacing

Als eine der führenden Plattformen für kompetitives SimRacing zeichnet sich *iRacing* durch strenge Lizenzsysteme, realistische Fahrzeugmodelle und eine enge Integration mit realen Rennserien aus („*iRacing*“, 2008). Es wird sowohl von Hobbyfahrern als auch professionellen Rennfahrern für Trainingszwecke genutzt.

rFactor 2

rFactor 2 bietet fortschrittliche Physik-Engines und dynamische Streckenbedingungen, die es ideal für Forschung und Simulation machen (de Frutos & Castro, 2021). Seine Flexibilität bei der Anpassung von Szenarien macht es auch in der wissenschaftlichen Forschung populär.

2.3.4. SimRacing als Trainingswerkzeug

Nutzung im professionellen Rennsport

Professionelle Rennfahrer nutzen SimRacing, um Strecken zu lernen, Fahrzeugsetups zu optimieren und Rennstrategien zu entwickeln. Simulationen bieten eine kostengünstige Möglichkeit, ohne die Risiken und Kosten von realen Testfahrten umfangreiche Daten zu sammeln (Tudor, 2020).

Vorteile für die Fahrausbildung

SimRacing bietet die Möglichkeit, kritische Fahrsituationen wie Aquaplaning oder das Ausweichen vor plötzlichen Hindernissen in einer sicheren Umgebung zu trainieren. Dies ist besonders wertvoll für Anfänger, da sie wiederholt unter kontrollierten Bedingungen üben können (Hojaji et al., 2023).

2.3.5. Zusammenfassung und Relevanz für die Arbeit

SimRacing erfüllt viele der Qualitätskriterien von Serious Games und bietet ein hohes Potenzial für die Fahrausbildung. Die Kombination von realitätsnaher Simulation, Immersion und Feedback-Mechanismen macht es zu einem geeigneten Werkzeug, um Fahrfähigkeiten zu trainieren.

2.4. Virtual Reality (VR)

2.4.1. Definition und Grundlagen

Virtual Reality (VR) beschreibt eine Technologie, die Nutzern ermöglicht, in eine computergenerierte, dreidimensionale Umgebung einzutauchen. Mithilfe von VR-Headsets können visuelle, akustische und manchmal auch haptische Reize erzeugt werden, die ein Gefühl der Präsenz in der virtuellen Welt vermitteln (Schuemie et al., 2001).

2.4.2. VR im Gaming

Die Integration von Virtual Reality in den Gaming-Bereich hat sich in den letzten Jahren stark weiterentwickelt. Untersuchungen zeigen, dass VR-Spiele nicht nur die Immersion steigern, sondern auch das Engagement der Spieler erheblich erhöhen (Kari & Kosa, 2023). Dies ist besonders für Simulationsspiele wie SimRacing relevant, da hier die Realitätsnähe der Erfahrung eine zentrale Rolle spielt.

VR ermöglicht es Spielern, direkt in das Cockpit eines virtuellen Fahrzeugs einzutauchen, was die Wahrnehmung von Entfernung, Geschwindigkeiten und Umgebungsdetails verbessert. In Kombination mit anderen Technologien wie Eye-Tracking eröffnet VR neue Möglichkeiten für Training und Unterhaltung (Buehler & Kohne, 2019).

2.4.3. Einfluss von VR auf das Lernen

Die Anwendung von VR in Lernprozessen hat nachweislich positive Effekte. Laut Buehler und Kohne (2019) fördert VR die Aufnahme und das Verstehen komplexer Inhalte durch immersive Darstellungen und interaktive Lernumgebungen. Die Möglichkeit, Szenarien wiederholt zu trainieren, stärkt zudem die Nachhaltigkeit des Gelernten.

Im Kontext des Fahrtrainings können VR-Anwendungen realitätsnahe Fahrsituationen simulieren, die in der realen Welt mit hohen Risiken verbunden wären, wie etwa Notbremsmanöver oder das Fahren bei schlechten Sichtverhältnissen. Diese Eigenschaften machen VR zu einem vielversprechenden Werkzeug für die Entwicklung innovativer Trainingsmethoden.

2.4.4. VR im SimRacing

Die Verwendung von VR im SimRacing hat das Fahrerlebnis sehr weiterentwickelt. Spieler können sich frei im virtuellen Cockpit umsehen, wodurch das räumliche Bewusstsein und die Antizipation von Fahrsituationen verbessert werden. Studien zeigen, dass VR die Leistung von Fahrern steigern kann, da die immersive Umgebung ein intensiveres Training ermöglicht (Freina & Ott, 2015).

Ein entscheidender Vorteil von VR ist die Möglichkeit, in einer sicheren Umgebung Szenarien zu trainieren, die in der Realität risikoreich oder nur schwer umzusetzen wären. So können beispielsweise rutschige Straßen, plötzliche Hindernisse oder wechselnde Wetterbedingungen simuliert werden, um die Reaktionsfähigkeit und Fahrzeugkontrolle der Fahrer zu verbessern (Bozkir et al., 2019).

2.4.5. Zusammenfassung und Relevanz für die Arbeit

Die Integration von VR in SimRacing bietet nicht nur eine immersive Lernumgebung, sondern auch eine Plattform, die speziell für sicherheitskritische Fahrsituationen geeignet ist. Diese Arbeit untersucht, wie VR im SimRacing dazu beiträgt, Fahrfähigkeiten zu verbessern und das Trainingserlebnis zu optimieren, mit einem besonderen Fokus auf die Hypothese 3.1 (Kapitel 1).

2.5. Eye-Tracking

2.5.1. Definition und Grundlagen

Eye-Tracking beschreibt die Technologie, die es ermöglicht, Augenbewegungen präzise zu erfassen und zu analysieren. Mithilfe von speziellen Sensoren werden Daten zu Fixationen, Sakkaden und Blickrichtungen gesammelt, die wertvolle Einblicke in die Aufmerksamkeit und Wahrnehmung einer Person geben (Hojaji et al., 2023).

2.5.2. Anwendungen von Eye-Tracking

Eye-Tracking findet Anwendung in einer Vielzahl von Bereichen:

- **Marktforschung:** Analyse von Kundenverhalten und Kaufentscheidungen.
- **Medizin:** Diagnose und Therapie von Seh- und neurologischen Störungen.
- **Gaming:** Verbesserung der Benutzerinteraktion und Spielerfahrung.
- **Forschung:** Untersuchung kognitiver Prozesse und Entscheidungsverhalten.

2.5.3. Eye-Tracking im SimRacing

Im SimRacing wird Eye-Tracking genutzt, um das Blickverhalten von Fahrern zu analysieren und zu verbessern. Studien zeigen, dass ein gezieltes Training des Blickverhaltens die Fahrsicherheit signifikant erhöhen kann (Imbsweiler et al., 2017). So können beispielsweise kritische Blickfehler wie das Fixieren auf ein Hindernis oder das Übersehen von Verkehrszeichen identifiziert und korrigiert werden.

Adaptive Feedback-Systeme

Eine interessante Entwicklung im Bereich Eye-Tracking ist die Implementierung adaptiver Feedback-Systeme, die auf den Blickdaten der Fahrer basieren. Diese Systeme können Warnungen oder Hinweise geben, wenn der Fahrer seinen Blick nicht auf relevante Bereiche wie Kurveneingänge oder Hindernisse richtet (Bozkir et al., 2019). Dies ermöglicht ein gezieltes und individualisiertes Training.

2.5.4. Bedeutung des Blickverhaltens im Fahrtraining

Das Blickverhalten ist ein zentraler Faktor für sicheres und effektives Fahren. Studien zeigen, dass vorausschauendes Sehen und die Fähigkeit, relevante Informationen schnell zu erfassen, entscheidend für die Fahrzeugkontrolle und die Unfallvermeidung sind (Imbsweiler et al., 2017).

2.5.5. Zusammenfassung und Relevanz für die Arbeit

Die Integration von Eye-Tracking in das SimRacing-Training bietet eine einzigartige Möglichkeit, das Blickverhalten zu analysieren und gezielt zu optimieren. Diese Arbeit untersucht, wie Eye-Tracking die Fahrfähigkeiten von Teilnehmern verbessern kann.

2.6. Fahrtraining und Fahrsicherheit

2.6.1. Bedeutung von Fahrtraining

Fahrtraining spielt eine entscheidende Rolle, um Verkehrsteilnehmer auf die Herausforderungen des Straßenverkehrs vorzubereiten. Ziel ist es, grundlegende Fahrfähigkeiten zu vermitteln, risikoreiches Verhalten zu minimieren und die Sicherheit im Verkehr zu erhöhen. Dabei liegt der Fokus auf der Entwicklung von Fahrzeugkontrolle, Reaktionsfähigkeit und einem vorausschauenden Fahrstil (Allen et al., 2007).

2.6.2. Fahrsicherheitstraining

Klassische Fahrsicherheitstrainings, wie sie beispielsweise vom ADAC angeboten werden, ermöglichen es Teilnehmern, in kontrollierten Umgebungen gefährliche Fahrsituationen zu simulieren und zu üben. Übungen wie Notbremsungen, das Ausweichen vor Hindernissen oder das Verhalten auf rutschigen Straßen fördern das Verständnis für die Fahrzeugdynamik und erhöhen das Sicherheitsbewusstsein (Grosse-Berndt & Niesen, 1983).

Der ADAC hebt hervor, dass solche Trainings nicht nur die technischen Fähigkeiten verbessern, sondern auch das Selbstvertrauen der Fahrer stärken. In Kombination mit modernen Technologien wie Simulationen könnten Fahrsicherheitstrainings weiter optimiert werden, um ein noch breiteres Spektrum an Szenarien und Bedingungen abzudecken (ADAC, 2023).

2.6.3. Rennlizenzen und professionelles Training

Im professionellen Motorsport sind Rennlizenzen erforderlich, die durch spezifische Trainings und Prüfungen erworben werden. Diese Trainings legen einen starken Fokus auf präzises Fahren, strategisches Denken und das Beherrschung von Fahrzeugen in Extremsituationen. SimRacing wird zunehmend als Ergänzung in solchen Trainings eingesetzt, da es eine kostengünstige und sichere Möglichkeit bietet, Strecken zu lernen und Fahrtechniken zu perfektionieren (Tudor, 2020).

2.6.4. SimRacing als Ergänzung zum Fahrtraining

SimRacing bietet eine realitätsnahe Alternative zu traditionellen Fahrsicherheitstrainings. Die fortschrittlichen Simulationsmodelle ermöglichen es, Fahrdynamiken, Wetterbedingungen und andere realistische Szenarien präzise nachzubilden. Dadurch können Fahrer in einer sicheren Umgebung Erfahrungen sammeln, die in der realen Welt mit hohen Risiken verbunden wären.

Studien zeigen, dass Spielerfahrung in Rennsimulationen positive Effekte auf die Fahrfähigkeiten haben kann. So konnten Teilnehmer, die regelmäßig mit Simulationsspielen trainierten, ein besseres Verständnis für Fahrzeugkontrolle und sicherheitsorientiertes Verhalten entwickeln (Backlund et al., 2006).

2.6.5. Effektivität von Simulationen im Fahrtraining

Die Effektivität von Simulationen im Fahrtraining hängt stark von der Realitätsnähe und den didaktischen Elementen der Simulation ab. Allen et al. (2007) fanden heraus, dass eine hohe Simulator-Fidelity die Unfallrate von Fahranfängern signifikant reduzieren kann. Darüber hinaus zeigen Studien, dass der Einsatz von Simulationsspielen das Engagement und die Motivation der Teilnehmer erhöht, was sich positiv auf den Lernerfolg auswirkt (Backlund et al., 2010).

Durch den Einsatz von Technologien wie VR und Eye-Tracking kann die Effektivität von Simulationen weiter gesteigert werden. Adaptive Feedback-Mechanismen und immersive Umgebungen fördern nicht nur die Fahrzeugkontrolle, sondern auch das vorausschauende Fahren und die Reaktionsfähigkeit in kritischen Situationen.

2.6.6. Zusammenfassung und Relevanz für die Arbeit

Die Kombination aus klassischem Fahrtraining und modernen Simulationsmethoden bietet ein großes Potenzial, die Verkehrssicherheit zu erhöhen. SimRacing, unterstützt durch Technologien wie VR und Eye-Tracking, ermöglicht eine sichere und kosteneffiziente Trainingsumgebung, die sowohl Fahranfängern als auch erfahrenen Fahrern zugutekommt. Diese Arbeit untersucht, wie diese Methoden gezielt eingesetzt werden können, um die Effektivität des Fahrtrainings zu maximieren und die Übertragbarkeit der erlernten Fähigkeiten auf reale Fahrsituationen zu gewährleisten.

2.7. Forschungslücken und Zielsetzung

2.7.1. Identifizierte Forschungslücken

Trotz der Fortschritte in den Bereichen SimRacing, VR und Eye-Tracking bestehen weiterhin relevante Forschungslücken, die durch diese Arbeit adressiert werden sollen. Diese Lücken betreffen vor allem die Kombination der Technologien, ihre spezifische Wirkung auf das Fahrtraining und die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die reale Welt:

- **Kombination von VR und Eye-Tracking im Fahrtraining:** Während VR und Eye-Tracking separat in verschiedenen Anwendungen erprobt wurden, fehlt es an Studien, die beide Technologien gezielt kombinieren, um ihre synergistischen Effekte auf das Fahrtraining zu untersuchen.
- **Übertragbarkeit auf reale Fahrsituationen:** Bisherige Studien haben zwar gezeigt, dass Simulationsspiele das Fahrverhalten verbessern können, jedoch bleibt unklar, inwieweit die erlernten Fähigkeiten auf reale Fahrsituationen übertragen werden können. Es fehlt an systematischen Untersuchungen, die diesen Transfer quantifizieren und die Bedingungen für eine erfolgreiche Übertragbarkeit definieren.
- **Effektivität von SimRacing als Serious Game:** Die spezifischen Lern- und Trainingseffekte von SimRacing im Vergleich zu traditionellen Methoden sind noch nicht ausreichend erforscht. Insbesondere die Einhaltung von Qualitätskriterien wie Immersion, Feedback und Realitätsnähe sowie deren Einfluss auf den Lernerfolg sind bisher nur unzureichend untersucht.
- **Steigerung des Sicherheitsgefühls im Straßenverkehr durch SimRacing:** Bisher fehlen systematische Studien zur Frage, wie SimRacing das subjektive Sicherheitsgefühl im Straßenverkehr steigern kann. Unklar bleibt, welche Faktoren wie Immersion, Feedback oder Realitätsnähe entscheidend dazu beitragen, das Selbstvertrauen aus dem virtuellen Training in reale Fahrsituationen zu übertragen. Diese Arbeit adressiert diese Lücke durch die gezielte Analyse der Wahrnehmung der Teilnehmer vor, während und nach den Trainingsphasen.

2.7.2. Zielsetzung der Arbeit

Auf Basis der identifizierten Forschungslücken verfolgt diese Arbeit das Ziel, das Potenzial von SimRacing als Serious Game für das Fahrtraining systematisch zu untersuchen. Dabei werden die Technologien Virtual Reality und Eye-Tracking als Elemente integriert, um ein immersives und adaptives Trainingskonzept zu entwickeln.

Die Zielsetzung wird durch die Forschungsfragen und Hypothesen der Arbeit konkretisiert, die in Kapitel 1 detailliert beschrieben wurden. Die Untersuchung dieser Fragen soll nicht nur neue Erkenntnisse im Bereich des Fahrtrainings liefern, sondern auch praktische Implikationen für die Gestaltung von SimRacing-Trainingsprogrammen aufzeigen.

2.7.3. Relevanz der Arbeit

Diese Arbeit leistet einen Beitrag zur Forschung im Bereich Serious Games, insbesondere im Kontext von SimRacing und Fahrausbildung. Sie liefert nicht nur theoretische Erkenntnisse über die Wirkung von VR und Eye-Tracking auf das Fahrtraining, sondern bietet auch praktische Ansätze zur Entwicklung effektiver und realistischer Trainingskonzepte. Durch die Kombination moderner Technologien mit didaktischen Prinzipien wird ein neuer Weg aufgezeigt, wie Fahrsicherheit und Lernfortschritt in einer kontrollierten, risikofreien Umgebung gefördert werden können.

2.8. Zusammenfassung

Dieses Kapitel hat den aktuellen Stand der Technik in den Bereichen Serious Games, SimRacing, Fahrtrainings, Virtual Reality und Eye-Tracking dargestellt und die identifizierten Forschungslücken sowie die Zielsetzung der Arbeit definiert. Es wurde aufgezeigt, dass die Kombination dieser Technologien ein hohes Potenzial für das Fahrtraining bietet. Die Ergebnisse der in dieser Arbeit durchgeföhrten Untersuchungen sollen dazu beitragen, die Effektivität und Übertragbarkeit von SimRacing-Trainingsmethoden weiter zu verbessern und eine Grundlage für zukünftige Forschung in diesem Bereich zu schaffen.

3. Konzept

3.1. Simracing als Serious Game

3.1.1. SimRacing als Serious Game: Ein Überblick

Der Ansatz, SimRacing als Serious Game zu nutzen, geht weit über den bloßen Spaß am virtuellen Rennfahren hinaus. Der Begriff Serious Game beschreibt Spiele, die neben der Unterhaltung auch dazu dienen, Wissen zu vermitteln oder Fähigkeiten zu verbessern (Dörner et al., 2016). SimRacing wird in diesem Kontext eingesetzt, um Fahrfähigkeiten gezielt zu trainieren, sei es für Fahranfänger oder erfahrene Autofahrer, die ihr Können weiterentwickeln möchten.

Das Konzept des SimRacing-Trainings basiert auf der Kombination von realitätsnaher Simulation, gezieltem Feedback und didaktisch strukturierten Szenarien. Diese Aspekte tragen dazu bei, die Effektivität des Trainings zu maximieren und die Übertragbarkeit der erlernten Fähigkeiten auf reale Fahrsituationen zu fördern (Allen et al., 2007; Backlund et al., 2010)

3.1.2. Vom Spiel zur Trainingsplattform

Ein zentraler Unterschied zwischen dem klassischen SimRacing als Freizeitaktivität und seiner Nutzung als Serious Game liegt in der systematischen Konzeption der Trainingsinhalte. Während herkömmliches SimRacing oft kompetitiven oder unterhaltenden Charakter hat, zielt SimRacing als Serious Game darauf ab, spezifische Lernziele zu erreichen. Diese Zielsetzung wird durch die Gestaltung von Szenarien realisiert, die reale Fahrsituationen simulieren und dabei klare pädagogische Intentionen verfolgen.

In der Gestaltung der Szenarien werden die Gütekriterien von Serious Games berücksichtigt, insbesondere die Ziel-Inhalt-Methoden-Relation, die Integration von Lerninhalten in die Simulation (Serious-Part und Game-Part) sowie die Bereitstellung von unmittelbarem und differenziertem Feedback (Bruder et al., 2021; Freina & Ott, 2015). Diese didaktische Strukturierung unterscheidet das Training von reinem „Freizeit-SimRacing“

3.1.3. Szenarien und Zielsetzungen

Die Szenarien im SimRacing-Training sind das Kernstück des Konzepts. Sie basieren auf einer sorgfältigen Analyse der Anforderungen im realen Straßenverkehr und wurden so gestaltet, dass sie eine möglichst umfassende Abdeckung relevanter Fahrsituationen ermöglichen. Die Szenarien zielen darauf ab, Fahrtechniken wie Kurvenverhalten, Beschleunigen, Bremsen und Fahrzeugbeherrschung unter verschiedenen Bedingungen zu schulen. Zusätzlich fördern sie das Selbstvertrauen der Teilnehmer und schulen ihre Stressresistenz.

Die einzelnen Szenarien widmen sich jeweils spezifischen Forschungsfragen, die im Rahmen dieser Arbeit behandelt werden. Dadurch wird eine klare Ziel-Inhalt-Methoden-Relation aufgezeigt:

- Hypothese 1.1: Die Szenarien trainieren grundlegende Fahrfähigkeiten wie Kurvenfahren, Bremsen und Beschleunigen.
- Hypothese 1.2: Szenarien mit schwierigen Wetterbedingungen (z. B. Regen, Nebel) oder leistungsstarken Fahrzeugen trainieren die Fahrzeugkontrolle und Anpassungsfähigkeit.
- Hypothese 2.1: Szenarien, die in VR durchgeführt werden, steigern die Immersion und tragen zur Überprüfung der Effektivität verschiedener Präsentationsmedien bei.
- Hypothese 5.1: Die realitätsnahe Gestaltung der Szenarien unterstützt die Übertragbarkeit der erlernten Fähigkeiten auf reale Fahrsituationen.

Durch die Einbindung dieser Lernziele in die Simulation wird SimRacing zu einer effektiven Trainingsplattform, die über die reine Unterhaltung hinausgeht. Die Szenarien stellen sicher, dass das Training methodisch sinnvoll strukturiert ist und die Teilnehmer schrittweise an komplexere Herausforderungen herangeführt werden.

3.1.4. Gütekriterien im Fokus

Das SimRacing-Training ist konsequent auf die Einhaltung der Gütekriterien von Serious Games ausgerichtet (Bruder et al., 2021; Caserman et al., 2020). Dazu gehören:

- **Immersion und Realitätsnähe:** Die immersive Darstellung von Fahrsituationen in einer virtuellen Umgebung ermöglicht es den Teilnehmern, in die Simulation einzutauchen und sich realitätsnahen Herausforderungen zu stellen.
- **Feedback-Mechanismen:** Telemetry (Telemetrie)- und Eye-Tracking-Daten liefern unmittelbare Rückmeldungen zur Fahrleistung, wodurch die Teilnehmer gezielt an Schwächen arbeiten können.
- **Zielgerichtete Szenarien:** Die Struktur der Szenarien sorgt dafür, dass sie den spezifischen Lernzielen entsprechen und den Trainingsprozess methodisch unterstützen.
- **Integration von Serious-Part und Game-Part:** Die Lerninhalte sind nahtlos in die spielerischen Elemente der Simulation eingebettet, um Motivation und Lernfortschritt zu fördern.

3.2. Trainingssession

Die Trainingssessions in dieser Untersuchung verfolgen das Ziel, spezifische Fahrsituationen durch SimRacing realitätsnah zu simulieren. Der methodische Aufbau der Sessions ermöglicht es den Teilnehmern, in einer sicheren Umgebung fahrerische Kompetenzen zu entwickeln, die später auf reale Fahrsituationen übertragbar sind.

3.2.1. Struktur und Ablauf der Trainingssession

Jede Trainingssession folgt einem klar strukturierten Ablauf, der auf die schrittweise Entwicklung der Fahrfähigkeiten ausgerichtet ist. Die Sessions beginnen mit einer kurzen Einführung, in der den Teilnehmern die Ziele und Schwerpunkte des Szenarios erläutert werden. Diese Vorbereitung stellt sicher, dass die Teilnehmer wissen, welche Aspekte ihrer Fahrweise sie während der Session fokussieren sollen.

Während der Session erhalten die Teilnehmer unmittelbares Feedback, die ihre Leistung analysieren und Verbesserungspotenziale aufzeigen. Dieses Feedback ist ein zentraler Bestandteil der Methode, da es den Lernprozess aktiv unterstützt und es den Teilnehmern ermöglicht, ihre Techniken in Echtzeit anzupassen. Zusätzlich erhalten die Teilnehmer am Ende der Session eine Zusammenfassung ihrer Leistung, die es ihnen erlaubt, ihre Fortschritte nachzuvollziehen und Schwachstellen gezielt anzugehen.

Ein besonderes Merkmal der Sessions ist die Kombination aus zwei zentralen Elementen:

- TimeTrial-Sessions: Diese ermöglichen es den Teilnehmern, ohne äußere Ablenkungen ihre Fahrtechniken zu verfeinern. Sie dienen außerdem der Anpassung der KI-Stärke für nachfolgende Rennen, sodass die Herausforderungen individuell auf das Können der Teilnehmer abgestimmt sind.
- KI-Rennen: Diese simulieren den Druck und die Dynamik von Mehrteilnehmer-Situationen, wie sie im realen Straßenverkehr auftreten können. Die Teilnehmer lernen, vorausschauend zu fahren und ihr Verhalten an das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer anzupassen.

Durch diese Kombination wird sichergestellt, dass sowohl individuelle Fähigkeiten als auch die Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern trainiert werden.

3.2.2. Zusammenfassung: Methodik der Trainingssession

Die strukturierte Gestaltung der Trainingssessions gewährleistet eine gezielte Schulung der Fahrfähigkeiten. Durch die Kombination aus TimeTrial-Sessions, KI-Rennen und differenzierterem Feedback wird den Teilnehmern ein umfassendes Trainingserlebnis geboten. Diese Methodik stellt sicher, dass die Trainingssessions nicht nur die individuellen Fähigkeiten der Teilnehmer verbessern, sondern auch zur Beantwortung der Forschungsfragen dieser Arbeit beitragen.

3.3. Szenarien

Die Szenarien des SimRacing-Trainings sind so konzipiert, dass sie verschiedene realitätsnahe Fahrsituationen simulieren, die sowohl grundlegende als auch fortgeschrittene fahrerische Kompetenzen adressieren. Ziel ist es, die Teilnehmer durch spezifische Herausforderungen in ihrer Fahrzeugkontrolle, Reaktionsfähigkeit und Anpassungsfähigkeit zu schulen. Dabei wird ein progressiver Schwierigkeitsgrad implementiert, um den individuellen Lernfortschritt zu fördern.

3.3.1. Gestaltungselemente der Szenarien

Autoauswahl

Die Fahrzeugauswahl umfasst eine Bandbreite von straßenähnlichen Pkw-Modellen bis hin zu leistungsstarken Rennwagen. Straßenfahrzeuge werden eingesetzt, um eine direkte Verbindung zum alltäglichen Fahren herzustellen, während Rennfahrzeuge anspruchsvollere fahrtechnische Herausforderungen bieten. Diese Vielfalt fördert die Anpassungsfähigkeit der Teilnehmer und bietet eine umfassende Schulung unterschiedlicher Fahrzeugdynamiken.

Verknüpfung mit den Forschungsfragen: Die Kombination aus Alltags- und Rennfahrzeugen ermöglicht es, sowohl grundlegende als auch spezialisierte Fähigkeiten zu trainieren. Dies unterstützt insbesondere die Hypothesen 1.1 und 5.1.

Streckenauswahl

Die Streckenauswahl deckt verschiedene Fahrsituationen ab, darunter:

- Rundstrecken: Fokus auf präzise Linienwahl und Kurvenfahren.
- Ovale: Training von Reaktionsfähigkeit und vorausschauendem Fahren.
- Stadtkurse: Förderung der Präzision in engen Bereichen.
- Offroad-Strecken: Schulung der Fahrzeugkontrolle auf wechselnden Untergründen.

Verknüpfung mit den Forschungsfragen: Die Vielfalt der Strecken ermöglicht es, spezifische Lernziele wie Fahrzeugkontrolle (Hypothese 1.1) und Anpassungsfähigkeit an wechselnde Bedingungen (Hypothese 1.2) zu adressieren.

Wetterauswahl

Die Variation der Wetterbedingungen ist ein zentrales Element der Szenarien. Von sonnigem Wetter über Regen bis hin zu Nebel werden unterschiedliche Herausforderungen simuliert. Wetterwechsel innerhalb eines Szenarios stellen zusätzliche Anforderungen an die Flexibilität der Teilnehmer.

Verknüpfung mit den Forschungsfragen: Die Wettervariationen fördern die Anpassungsfähigkeit der Teilnehmer (Hypothese 1.2) und bieten realistische Bedingungen für die Übertragung auf die Realität (Hypothese 5.1).

3.3.2. Beschreibung der Szenarien

Die einzelnen Szenarien wurden so gestaltet, dass sie unterschiedliche Aspekte des Fahrens adressieren und aufeinander aufbauen:

Szenario 1: Grundlagen des Fahrens

- Ziel: Präzises Fahren und Linienwahl.
- Bedingungen: Trockene Strecke, stabiles Wetter, Einsteigerfahrzeug mit Frontantrieb.
- Schwerpunkte: Einführung in die Fahrphysik und grundlegende Fahrzeugkontrolle.

Relevanz: Dieses Szenario dient der Kalibrierung der KI-Stärke und legt den Grundstein für fortgeschrittene Szenarien (Hypothese 1.1).

Szenario 2: Fahren unter Regenbedingungen

- Ziel: Fahrzeugkontrolle auf nasser Fahrbahn.
- Bedingungen: Regen, Heckantrieb-Fahrzeug mit hoher Leistung.
- Schwerpunkte: Anpassung der Fahrweise an rutschige Bedingungen und präzises Bremsen.

Relevanz: Die Teilnehmer trainieren ihre Anpassungsfähigkeit an schwierige Bedingungen (Hypothese 1.2).

Szenario 3: Wechselhafte Bedingungen

- Ziel: Reaktionsfähigkeit und vorausschauendes Fahren.
- Bedingungen: Wechselndes Wetter (Sonnenschein, Regen), Tageszeitwechsel.
- Schwerpunkte: Flexibilität und Konzentration bei wechselnden Umweltbedingungen.

Relevanz: Die Anpassung an dynamische Bedingungen fördert die Stressresistenz der Teilnehmer (Hypothese 2.2).

Szenario 4: Offroad-Fahren bei wechselnden Bedingungen

- Ziel: Anpassung an wechselnde Fahrbahnverhältnisse.
- Bedingungen: Dirt-Track, trocken zu nass, Allradfahrzeug.
- Schwerpunkte: Fahrzeugbeherrschung auf losem Untergrund und unter Wetterwechseln.

Relevanz: Die Simulation von Offroad-Bedingungen trägt zur Übertragbarkeit auf reale Fahrsituationen bei (Hypothese 5.1).

Szenario 5: Fahren auf nasser Strecke mit leichtem Fahrzeug

- Ziel: Präzise Fahrzeugkontrolle und Linienwahl.
- Bedingungen: Nasse Strecke, leichtes Hinterradantriebsfahrzeug.
- Schwerpunkte: Kontrolle bei eingeschränktem Grip.

Relevanz: Das Szenario stärkt die technische Fahrzeugbeherrschung (Hypothese 1.1).

Szenario 6: Autobahnsimulation im Oval

- Ziel: Reaktionsfähigkeit bei hohen Geschwindigkeiten.
- Bedingungen: Ovalstrecke, dichter Verkehr, leistungsstarkes Straßenfahrzeug.
- Schwerpunkte: Anpassung an hohe Geschwindigkeiten und Verkehrsfluss.

Relevanz: Dieses Szenario simuliert typische Autobahnsituationen und fördert die Reaktionsfähigkeit (Hypothese 2.2).

3.3.3. Zusammenfassung: Szenarien als Grundlage für das Training

Die Szenarien sind so gestaltet, dass sie eine breite Palette von Fahrfähigkeiten trainieren und gleichzeitig die Forschungsfragen dieser Arbeit adressieren. Durch die Kombination aus spezifischen Lernzielen, progressiver Schwierigkeit und realistischer Simulation wird sichergestellt, dass die Teilnehmer optimal auf verschiedene Herausforderungen vorbereitet werden. Diese Szenarien bieten eine strukturierte Grundlage für die Analyse der Trainingswirkungen und tragen maßgeblich zur Evaluation der Effektivität von SimRacing als Serious Game bei.

3.4. Methodischer Ansatz

Der methodische Ansatz dieser Studie basiert auf einer strukturierten und systematischen Herangehensweise, die die Wirkung des SimRacing-Trainings auf verschiedene Aspekte des Fahrverhaltens und der Fahrsicherheit untersucht. Der Ansatz umfasst die Entwicklung der Szenarien, die Trainingsmethodik, die Anpassung an die Teilnehmer, die Datenerhebung und -auswertung sowie die Analyse von Vergleichsgruppen. Analog zur Methodik von Allen et al. (2007) werden unterschiedliche Fidelity-Setups genutzt, um die Effektivität der Simulation zu bewerten.

3.4.1. Trainingsmethodik

Die Trainingsmethodik verfolgt einen klar strukturierten Ablauf, der die Teilnehmer durch eine progressive Lernkurve führt:

- Einführung: Zu Beginn jeder Session erhalten die Teilnehmer eine Erklärung des Szenarios, der spezifischen Lernziele und der relevanten Anforderungen. Diese Vorbereitung schafft ein klares Verständnis für die Zielsetzung des Trainings und erhöht die Fokussierung der Teilnehmer.
- Durchführung: Die Teilnehmer absolvieren die Szenarien mit kontinuierlichem Feedback. Dieses Feedback ist direkt auf die Performance abgestimmt und hebt spezifische Verbesserungsmöglichkeiten hervor. In ausgewählten Fällen wird auf Feedback verzichtet, um die Auswirkungen auf die Lernfortschritte zu untersuchen (Hypothese 5.1).
- Analyse: Nach jeder Session werden die Performance-Daten zusammen mit den Teilnehmern analysiert, um Schwachstellen und Verbesserungsmöglichkeiten zu identifizieren.
- Reflexion: Die Teilnehmer haben die Möglichkeit, ihre Fahrdaten zu reflektieren und gezielt neue Strategien für die nächste Session zu entwickeln.

Verknüpfung mit den Forschungsfragen: Die strukturierte Methodik ermöglicht es, die Wirkung von Feedback (Hypothese 3.3) und die Lernfortschritte in den verschiedenen Szenarien (Hypothese 1.1) detailliert zu analysieren.

3.4.2. Anpassung an die Teilnehmer

Ein zentraler Aspekt des Trainings ist die individuelle Anpassung der Szenarien an die Fähigkeiten der Teilnehmer. Die Anpassung erfolgt auf Basis der TimeTrial-Sessions, bei denen die Teilnehmer ihre Rundenzeiten verbessern und die KI-Stärke entsprechend kalibriert (A.1) wird. Diese Methodik gewährleistet, dass die KI-Rennen eine angemessene Herausforderung darstellen, ohne die Teilnehmer zu überfordern.

Besondere Merkmale der Anpassung:

- KI-Kalibrierung: Die KI-Stärke wird dynamisch an die TimeTrial-Ergebnisse angepasst, um eine ideale Balance zwischen Herausforderung und Lernfortschritt zu gewährleisten.
- Progressive Szenarien: Die Reihenfolge der Szenarien folgt einem progressiven Schwierigkeitsgrad, beginnend mit grundlegenden Fähigkeiten und endend mit komplexeren Szenarien.
- Individualisierung: Die Teilnehmer durchlaufen individuell angepasste Szenarien, die ihre spezifischen Lernbedarfe und Fähigkeiten berücksichtigen.

Verknüpfung mit den Forschungsfragen: Die individuelle Anpassung unterstützt die Hypothesen 1.1 und 2.2, indem sie die Lernfortschritte auf verschiedenen Fähigkeitsniveaus ermöglicht.

3.4.3. Quantitative und qualitative Analyse

Die Auswertung der gesammelten Daten erfolgt in zwei Dimensionen:

- Quantitative Analyse: Fokus auf messbare Leistungsindikatoren wie Rundenzeiten, Bremsverhalten und Fehlerhäufigkeit. Diese Daten liefern objektive Hinweise auf die Fortschritte der Teilnehmer und die Effektivität der Szenarien.
- Qualitative Analyse: Analyse des Blickverhaltens und der subjektiven Wahrnehmungen der Teilnehmer. Die qualitative Ebene bietet Einblicke in die kognitiven und emotionalen Prozesse während der Fahrten.

Die Kombination aus beiden Analysearten ermöglicht eine umfassende Bewertung der Trainingswirkung und deckt sowohl objektive Fortschritte als auch subjektive Erfahrungen ab.

Verknüpfung mit den Forschungsfragen: Die quantitative Analyse adressiert Hypothese 1.1, während die qualitative Analyse Hypothese 3.2 und 4.1 unterstützt.

3.4.4. Bildung und Analyse von Vergleichsgruppen

Um die Effektivität des Trainings zu evaluieren, werden die Teilnehmer in Vergleichsgruppen eingeteilt:

- Feedback/Analyse:
 - Training mit kontinuierlichem Feedback.
 - Training ohne Feedback.
- Präsentationsmedium und Eye-Tracking
 - Training mit VR
 - Training mit konventionellem Monitor-Setup ohne Eye-Tracking.
 - Training mit Monitor-Setup mit Eye-Tracking.

Die Gruppenunterschiede werden analysiert, um die Auswirkungen von Feedback, Präsentationsmedium und Eye-Tracking auf die Lernfortschritte zu evaluieren.

Verknüpfung mit den Forschungsfragen: Die Gruppeneinteilung ermöglicht die gezielte Untersuchung der Hypothesen 3.1, 3.2 und 3.3.

3.4.5. Zusammenfassung: Methodischer Ansatz als Grundlage der Evaluation

Der methodische Ansatz dieser Studie kombiniert strukturierte Trainingsmethoden mit individueller Anpassung, detaillierter Analyse und gezielten Vergleichsgruppen. Durch die Integration quantitativer und qualitativer Analysen wird eine umfassende Evaluation der Trainingswirkung ermöglicht. Diese Methodik bildet die Grundlage, um die Forschungsfragen dieser Arbeit zu beantworten und die Effektivität von SimRacing als Serious Game systematisch zu untersuchen.

3.5. Zusammenfassung des Konzepts

Das vorgestellte Konzept demonstriert, wie SimRacing als Serious Game genutzt werden kann, um Fahrfähigkeiten systematisch zu schulen und dabei didaktische sowie technologische Ansätze zu vereinen. Durch die sorgfältige Gestaltung der Szenarien, die klare Struktur der Trainingssessions und die methodisch fundierte Analyse der Ergebnisse entsteht ein praxisnahes und gleichzeitig wissenschaftlich fundiertes Trainingsprogramm.

Kernelemente des Konzepts

1. SimRacing als Serious Game: Fokus auf die Verbindung von Spiel und Lernen, unterstützt durch realitätsnahe Simulation und gezieltes Feedback. Einsatz von Gütekriterien wie Immersion, Feedback-Mechanismen und der Integration von Serious-Part und Game-Part.

-
-
2. Trainingssessions mit Struktur: Progressives Training, das Teilnehmer schrittweise an komplexe Herausforderungen heranführt. Differenzierte Szenarien, die realistische Fahrsituationen simulieren und spezifische Lernziele adressieren.
 3. Individuelle Anpassung: Dynamische Kalibrierung der KI-Stärke basierend auf TimeTrial-Ergebnissen. (A.1) Flexibilität der Szenarien, um sowohl Anfänger als auch fortgeschrittene Teilnehmer einzubinden.
 4. Quantitative und qualitative Analyse: Integration von Telemetry (Telemetrie)- und Eye-Tracking-Daten zur umfassenden Bewertung der Fahrleistung. Subjektive Perspektiven der Teilnehmer als wichtiger Bestandteil der Reflexion und Analyse.
 5. Vergleichsgruppen zur Evaluation: Fokus auf die Untersuchung von Feedback (Hypothese 3.3), Präsentationsmedien (Hypothese 3.1) und Eye-Tracking-Technologien (Hypothese 3.2).

4. Prototypische Realisierung

Einleitung

Die prototypische Realisierung der Trainingssessions bildet die Grundlage für die praktische Umsetzung der in Kapitel 3 entwickelten Szenarien und Methoden. Ziel ist es, eine möglichst realistische Simulationsumgebung zu schaffen, die sowohl die wissenschaftlichen Forschungsfragen adressiert als auch den Teilnehmern ein praxisnahes und effektives Fahrtraining bietet. Dabei wird konsequent auf die Einhaltung der Gütekriterien von Serious Games geachtet, insbesondere in den Bereichen Immersion, Feedback-Mechanismen, Realitätsnähe und der Integration von Zielsetzung und Methodik (Forschungsfrage 6).

Die Auswahl und Integration von Software, Hardware und spezifischen Simulationsbedingungen folgt einer klar definierten Methodik: Jede Komponente wurde sorgfältig evaluiert, um sicherzustellen, dass sie den Anforderungen der Studie gerecht wird. Die Trainingssessions kombinieren fortschrittliche Simulationssoftware, detaillierte Analysesoftware und hochwertige Hardware, um ein immersives Fahrerlebnis zu ermöglichen und fundierte Daten für die Evaluation zu liefern. Die schrittweise Durchführung der Szenarien gewährleistet, dass die Teilnehmer nicht nur ihre Fahrfähigkeiten verbessern, sondern auch einen nachhaltigen Lerneffekt erzielen. Dies unterstreicht die Ziel-Inhalt-Methoden-Relation, die in Kapitel 3 als ein zentrales Gütekriterium für die Wirksamkeit der Simulation hervorgehoben wurde.

4.1. Software

4.1.1. Simulationssoftware

Bedeutung der Simulationssoftware

Die Wahl der Simulationssoftware ist ein zentraler Bestandteil dieser Arbeit, da sie maßgeblich die Qualität und den Realitätsgrad der Fahrsimulation beeinflusst. Ziel der Studie ist es, SimRacing als ein Werkzeug zu untersuchen, das sowohl für das Fahrtraining von Anfängern als auch für erfahrene Fahrer eingesetzt werden kann. Dabei ist es entscheidend, eine Simulationssoftware zu wählen, die eine hohe visuelle Qualität, eine möglichst realistische Fahrphysik sowie umfassende

Anpassungsmöglichkeiten bietet. Diese Kriterien stehen im Einklang mit den Gütekriterien von Serious Games, insbesondere der Immersion und Realitätsnähe (Allen et al., 2007).

Durch die Möglichkeit, komplexe Szenarien zu simulieren, wird sichergestellt, dass die Teilnehmer in einer sicheren und kontrollierten Umgebung verschiedene Fahrsituationen erleben und bewältigen können. Zusätzlich spielen technische Aspekte wie die Unterstützung von Virtual Reality (VR) und ein dynamisches Wettersystem eine wesentliche Rolle, da sie den didaktischen Ansatz des Projekts erheblich unterstützen.

Bedeutung der Simulationssoftware

Zu Beginn der Evaluierung wurden mehrere Simulationsplattformen analysiert, darunter bekannte Titel wie Assetto Corsa, iRacing, rFactor 2 und Automobilista 2 (AMS2). Jede dieser Plattformen bietet spezifische Stärken und Schwächen, die im Kontext der Studie bewertet wurden.

- Assetto Corsa: Überzeugt durch eine sehr realistische Fahrphysik und eine große Modding-Community, jedoch mit Einschränkungen im Bereich dynamischer Wetterbedingungen.
- iRacing: Hervorragend für kompetitives Online-Racing geeignet, allerdings aufgrund des Abonnementmodells und der hohen Kosten weniger praktikabel für den geplanten Einsatz.
- rFactor 2: Bietet eine sehr präzise Simulation der Fahrphysik, weist jedoch Schwächen in der Benutzerfreundlichkeit und im Streckenangebot auf.
- Automobilista 2: Die Wahl fiel letztlich auf AMS2, da es eine einzigartige Kombination aus realitätsnaher Fahrphysik, einer breiten Fahrzeug- und Streckenauswahl sowie einer erstklassigen VR-Integration bietet. Zudem überzeugt das dynamische Wettersystem durch seine Vielseitigkeit.

Entscheidung für Automobilista 2

Die Entscheidung für Automobilista 2 wurde auf Grundlage mehrerer zentraler Kriterien getroffen, die im Folgenden detailliert erläutert werden:

Realistische Fahrphysik

AMS2 ermöglicht eine äußerst präzise Simulation von Fahrzeugdynamik, die das Verhalten realer Fahrzeuge in unterschiedlichen Situationen nachbildet. Dieses Detail ist entscheidend für die Übertragbarkeit der in der Simulation erlernten Fähigkeiten auf das reale Fahren. Zwar bieten auch andere Plattformen wie Assetto Corsa und rFactor 2 hervorragende Physik-Engines, jedoch kombiniert AMS2 diese Präzision mit einer intuitiveren Steuerung, die auch für Anfänger geeignet ist.

Fahrzeug- und Streckenauswahl

Die Vielfalt der in AMS2 verfügbaren Fahrzeuge und Strecken ist ein weiterer entscheidender Faktor. Von alltäglichen Straßenfahrzeugen bis hin zu leistungsstarken Rennwagen bietet die Plattform eine breite Palette an Möglichkeiten, um unterschiedliche Trainingsszenarien zu gestalten. Diese Vielfalt ermöglicht es, spezifische Fahrsituationen zu simulieren, die sowohl Anfänger als auch erfahrene Fahrer fordern. Insbesondere die breite Auswahl an Strecken – von engen Stadtkursen bis hin zu Highspeed-Rennstrecken – stellt sicher, dass die Teilnehmer auf eine Vielzahl von Situationen vorbereitet werden.

Dynamisches Wettersystem

Ein herausragendes Merkmal von AMS2 ist das dynamische Wettersystem. Es erlaubt die Simulation realistischer Wetterbedingungen wie Regen, Nebel und plötzliche Wechsel zwischen trockenen und nassen Straßenverhältnissen. Diese Funktion ist essenziell für die Studie, da sie den Teilnehmern hilft, ihre Fahrtechnik an wechselnde Umweltbedingungen anzupassen. Das Training unter verschiedenen Wetterbedingungen erhöht die Flexibilität und Realitätsnähe der Simulation.

Virtual Reality (VR) Integration

Die Unterstützung von Virtual Reality ist ein wesentlicher Bestandteil des Trainingskonzepts. AMS2 bietet eine immersive VR-Erfahrung mit hoher Auflösung und flüssigem Tracking, die es den Teilnehmern ermöglicht, ein starkes Realitätsempfinden zu entwickeln. Im Vergleich zu anderen Plattformen bietet AMS2 eine besonders nahtlose Integration von VR, die nicht nur die räumliche Orientierung, sondern auch das Situationsbewusstsein der Teilnehmer erheblich verbessert.

Preis-Leistungs-Verhältnis

Obwohl die Kosten in dieser Studie keine primäre Rolle spielen, bietet AMS2 im Vergleich zu Alternativen wie iRacing ein hervorragendes Preis-Leistungs-Verhältnis. Die einmaligen Anschaffungskosten sind im Verhältnis zu den gebotenen Funktionen sehr gering, was die Plattform auch für zukünftige Projekte attraktiv macht.

4.1.2. Zusammenfassung der Entscheidung

Nach eingehender Evaluierung wurde Automobilista 2 als Hauptsimulationssoftware für diese Studie ausgewählt. Die Plattform erfüllt alle wesentlichen Anforderungen des Projekts: Sie bietet eine realistische Fahrphysik, eine breite Auswahl an Fahrzeugen und Strecken, ein dynamisches Wettersystem und erstklassige VR-Unterstützung. Diese Merkmale machen AMS2 zur idealen Wahl, um die in dieser Studie angestrebten Trainingsziele zu erreichen.

Szenarien

Die in der Studie verwendeten Szenarien sind speziell darauf ausgelegt, die Teilnehmer auf unterschiedliche Fahrsituationen vorzubereiten und ihre Fähigkeiten zu testen. Eines der grundlegenden Szenarien ist das Time Trial, bei dem die Teilnehmer allein auf der Strecke fahren und versuchen, ihre Rundenzeiten zu verbessern. Dieses Szenario eignet sich besonders gut, um die Grundfertigkeiten der Teilnehmer zu trainieren, ohne dass sie durch andere Fahrzeuge abgelenkt werden. Es erlaubt eine präzise Analyse der individuellen Fahrtechnik, da Faktoren wie die Wahl der Ideallinie, der Bremspunkte und das Kurvenverhalten detailliert erfasst und ausgewertet werden können.

In einem anderen Szenario treten die Teilnehmer in einem Rennen gegen KI-gesteuerte Gegner an. Dieses Szenario simuliert realistische Rennbedingungen, bei denen die Teilnehmer unter Wettbewerbsdruck stehen und schnelle Entscheidungen treffen müssen. Die computergesteuerten Gegner können auf die Fahrleistung der Teilnehmer angepasst werden, um das Rennen sowohl herausfordernd als auch lehrreich zu gestalten. Diese Rennen ermöglichen es den Teilnehmern, ihre Reaktionsfähigkeit und ihr strategisches Denken zu trainieren, insbesondere wenn es darum geht, sich im Wettbewerb gegen andere Fahrer durchzusetzen oder Überholmanöver zu planen.

Eine besondere Herausforderung für die Teilnehmer stellt die Simulation von wechselnden Wetterbedingungen dar. In diesen Szenarien können die Wetterbedingungen während des Rennens von trocken zu nass oder umgekehrt wechseln, was die Anpassungsfähigkeit der Teilnehmer testet. Bei nassen Bedingungen verändert sich das Fahrverhalten des Fahrzeugs erheblich, insbesondere in Bezug auf die Bodenhaftung und das Bremsverhalten. Die Teilnehmer müssen in der Lage sein, ihre Fahrweise schnell an die veränderten Bedingungen anzupassen, um sicher weiterzufahren. Diese Szenarien sind besonders wertvoll, um zu testen, wie gut die Teilnehmer unter Druck und in unvorhersehbaren Situationen reagieren.

Ein weiterer Aspekt der Szenarien ist die Auswahl der Fahrzeuge und Strecken. Die in der Studie verwendeten Fahrzeuge decken eine breite Palette von Klassen ab, darunter alltägliche Straßenfahrzeuge wie der Volkswagen Polo, die ideal für den Einstieg in das Fahrtraining sind. Diese Fahrzeuge bieten eine einfache Handhabung und sind besonders gut geeignet, um Fahrschüler die Grundlagen des Fahrens beizubringen. Auf der anderen Seite werden auch leistungsstarke Rennfahrzeuge wie der Mercedes-Benz 190E Evo II eingesetzt, die eine größere Herausforderung darstellen und von den Teilnehmern eine fortgeschrittene Fahrtechnik erfordern. Diese Fahrzeuge helfen den Teilnehmern, ihre Fähigkeiten in Hochgeschwindigkeitsszenarien zu testen und zu verbessern.

Die Streckenwahl ist ebenfalls sorgfältig an die Lernziele der Studie angepasst. Es werden sowohl kurvige Stadtkurse wie Monaco als auch schnelle Rennstrecken wie die Nordschleife genutzt. Auf Stadtkursen müssen die Teilnehmer enge Kurven und knappe Überholmöglichkeiten meistern, während schnelle Strecken ein präzises Handling bei hohen Geschwindigkeiten erfordern. Die verschiedenen Strecken ermöglichen es, eine Vielzahl von Fahrsituationen zu simulieren, die sowohl im Rennsport als auch im Straßenverkehr relevant sind.

4.1.3. Analysesoftware

Überblick über die Analysesoftware

Die Auswertung der während der Trainingssessions gesammelten Daten ist ein zentraler Bestandteil dieser Studie. Die Kombination aus Telemetriedaten, Blickbewegungen und Videomaterial ermöglicht eine umfassende Analyse der Fahrleistung und des Lernfortschritts der Teilnehmer. Drei zentrale Tools werden dabei verwendet:

- SimRacing Telemetry zur Erfassung und Analyse von Fahrleistungsdaten.
- Tobii Ghost zur Visualisierung des Blickverhaltens mittels Eye-Tracking.
- OBS Studio zur Videoaufzeichnung der Fahrten.

Durch die Integration dieser Tools wird sichergestellt, dass die Forschungsfragen systematisch und datenbasiert untersucht werden können.

SimRacing Telemetry

SimRacing Telemetry wird genutzt, um detaillierte Telemetriedaten aus den Simulationsszenarien zu extrahieren und zu analysieren. Diese Daten umfassen Parameter wie Geschwindigkeit, Bremskraft, Gaspedalstellung, Lenkbewegungen und den Reifenzustand.

Relevanz für die Forschungsfragen:

- Hypothese 1.1: Die Analyse der Telemetriedaten ermöglicht es, den Einfluss des Trainings auf die Fahrzeugkontrolle zu bewerten. Beispielsweise wird untersucht, wie präzise die Teilnehmer Bremspunkte setzen und ihre Geschwindigkeit an die Streckenbedingungen anpassen.
- Hypothese 5.1: Durch den Vergleich der Daten aus verschiedenen Szenarien wird ermittelt, inwieweit die erlernten Fähigkeiten auf reale Fahrsituationen übertragbar sind. SimRacing Telemetry bietet außerdem umfangreiche Visualisierungsoptionen, darunter Kurvendiagramme und Heatmaps, die es den Teilnehmern erleichtern, ihre Leistung zu verstehen und gezielt zu verbessern. Besonders hilfreich ist die Möglichkeit, Fahrten über mehrere Sessions hinweg zu vergleichen, um den Fortschritt der Teilnehmer zu dokumentieren.

Tobii Ghost

Das Tool Tobii Ghost, kombiniert mit der entsprechenden Eye-Tracking-Hardware, wird eingesetzt, um das Blickverhalten der Teilnehmer zu analysieren. Dabei werden Blickbewegungen in Echtzeit aufgezeichnet und als visuelle Overlays auf das Fahrgeschehen projiziert.

Relevanz für die Forschungsfragen:

- Hypothese 3.2: Die Analyse des Blickverhaltens untersucht, wie sich die visuelle Aufmerksamkeit der Teilnehmer während des Trainings verändert, insbesondere in stressigen Situationen oder bei wechselnden Bedingungen.
- Hypothese 4.1: Durch die Kombination von Blickdaten und Telemetriedaten wird ermittelt, wie das Blickverhalten die Fahrzeugkontrolle beeinflusst, z. B. ob die Teilnehmer vorausschauend fahren und kritische Fahrsituationen frühzeitig erkennen. Tobii Ghost ermöglicht die Erstellung von Heatmaps, die zeigen, welche Bereiche der Strecke die Teilnehmer am häufigsten fokussieren. Diese Daten helfen, ineffiziente Blickmuster zu identifizieren, wie z. B. das Fixieren auf den Vorderreifen, und geben konkrete Hinweise zur Verbesserung der visuellen Strategie.

OBS Studio

Zur Videoaufzeichnung der Trainingssessions wird die Open-Source-Software OBS Studio verwendet. Die Videos dienen sowohl der qualitativen Analyse des Fahrverhaltens als auch der anschaulichen Rückmeldung an die Teilnehmer.

Relevanz für die Forschungsfragen:

- Hypothese 3.3: Die Kombination von Videoaufzeichnungen mit Telemetry (Telemetrie)- und Eye-Tracking-Daten ermöglicht eine präzise Analyse der Wirkung von Feedback auf die Lernfortschritte.
- Hypothese 2.1: Die Reflexion über das eigene Fahrverhalten mithilfe von Videomaterial fördert das Selbstbewusstsein und die Belastbarkeit der Teilnehmer in Fahrsituationen. Die Videos enthalten das komplette Fahrgeschehen, ergänzt durch Overlays der Blickbewegungen, und ermöglichen eine detaillierte Nachbesprechung. Kritische Situationen, wie Kurveneingänge oder Überholmanöver, können isoliert und gezielt analysiert werden.

Integration der Tools

Die Synchronisation von Telemetry (Telemetrie)-, Blick- und Videodaten gewährleistet eine ganzheitliche Analyse der Fahrsituationen. Dies unterstützt die Kohärenz, da die gewonnenen Erkenntnisse direkt in die Gestaltung der Szenarien und die Rückmeldung an die Teilnehmer*innen einfließen.

Methodische Bedeutung:

Die Synchronisation von Telemetry (Telemetrie)-, Blick- und Videodaten ermöglicht es, komplexe Fahrsituationen ganzheitlich zu analysieren. So kann beispielsweise untersucht werden, wie ineffiziente Blickbewegungen zu suboptimalen Bremsmanövern führen. Durch die Kombination der Daten entsteht ein vollständiges Bild des Fahrverhaltens, das sowohl objektive Parameter (z. B. Geschwindigkeit, Lenkbewegungen) als auch subjektive Aspekte (z. B. Blickmuster, Reaktionszeiten) berücksichtigt. Diese integrative Analyse liefert fundierte Erkenntnisse darüber, wie effektiv das Training ist und in welchen Bereichen die Teilnehmer Verbesserungspotenzial haben.

4.2. Hardware

4.2.1. Die Hardware im Training

Die Auswahl der Hardware ist ein entscheidender Faktor für die Qualität des SimRacing-Trainings und die Validität der erhobenen Daten. Um ein möglichst realistisches Fahrerlebnis zu gewährleisten und die Übertragbarkeit der erlernten Fähigkeiten auf reale Fahrsituationen zu maximieren, wird hochwertige Simulationshardware eingesetzt. Diese unterstützt die Forschungsziele, indem sie Immersion, Präzision und konsistente Trainingsbedingungen sicherstellt.

Lenkrad und Pedale: Logitech G920

Das Logitech G920 bildet das Herzstück des Simulationssystems und bietet präzises Force Feedback, das die auf das Fahrzeug wirkenden Kräfte realistisch auf das Lenkrad überträgt. Diese Rückmeldung ermöglicht es den Teilnehmern, das Verhalten des Fahrzeugs in Echtzeit zu spüren, z. B. bei Kurvenfahrten oder Traktionsverlust.

Relevanz für die Forschungsfragen:

- Hypothese 1.1: Das Force Feedback hilft den Teilnehmern, ein besseres Gefühl für die Fahrzeugkontrolle zu entwickeln, indem sie die Auswirkungen von Lenk-, Brems- und Beschleunigungsmanövern direkt spüren.
- Hypothese 5.1: Die realistische Rückmeldung des Lenkrads unterstützt die Übertragbarkeit der in der Simulation erlernten Fähigkeiten auf reale Fahrsituationen, insbesondere in stressigen oder anspruchsvollen Umgebungen.

Zusätzlich zum Lenkrad werden Pedale eingesetzt, die das Fahrgefühl weiter verbessern. Diese ermöglichen eine differenzierte Kontrolle von Gas, Bremse und Kupplung, wodurch die Teilnehmer präzise lernen, ihr Fahrzeug zu steuern.

Virtual-Reality-Brille: HTC Vive Pro Eye

Die HTC Vive Pro Eye wird als primäres Visualisierungstool für die VR-Szenarien eingesetzt. Sie bietet eine hohe Auflösung und flüssiges Tracking, das die Immersion unterstützt.

Relevanz für die Forschungsfragen:

- Hypothese 3.1: Die immersive Darstellung von Fahrsituationen in VR ermöglicht es, die Wirkung verschiedener Präsentationsmedien auf die Trainingseffektivität zu untersuchen.

Die VR-Brille wird vor jeder Session kalibriert, um sicherzustellen, dass die virtuelle Umgebung genau auf die Kopfbewegungen der Teilnehmer abgestimmt ist. Dies verbessert die räumliche Wahrnehmung und das Situationsbewusstsein, wodurch die Teilnehmer realitätsnähere Entscheidungen treffen können.

Alternative Anzeige: 16:9 Monitor

Für Teilnehmer, die nicht mit der VR-Brille trainieren, steht ein 16:9 Monitor als alternative Anzeige zur Verfügung. Dieser Monitor bietet eine klare Darstellung der Fahrsituationen und ermöglicht die Erfassung von Eye-Tracking-Daten, die in der VR-Umgebung nicht verfügbar sind.

Relevanz für die Forschungsfragen:

- Hypothese 3.1: Der Vergleich zwischen Monitor- und VR-Setups untersucht, wie das Präsentationsmedium die Immersion und den Trainingserfolg beeinflusst.
- Hypothese 3.3: Die Erfassung von Eye-Tracking-Daten auf dem Monitor ermöglicht detaillierte Analysen des Blickverhaltens und dessen Auswirkungen auf die Fahrsicherheit.

Die Verwendung eines Monitors gewährleistet zudem, dass alle Teilnehmer unabhängig von ihrer Präferenz oder Eignung für VR trainieren können.

4.2.2. Aufbau und Installation der Hardware

Der Aufbau der Hardware ist darauf ausgelegt, konsistente Trainingsbedingungen für alle Teilnehmer zu gewährleisten. Die Geräte werden an einem festen Standort installiert, um technische Schwankungen zu minimieren und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse sicherzustellen.

Kalibrierung und Anpassung:

Das Lenkrad und die Pedale werden vor jeder Session kalibriert, um sicherzustellen, dass die Steuerung präzise auf die Eingaben der Teilnehmer reagiert. Die VR-Brille wird individuell auf die Kopfform und den Augenabstand der Teilnehmer eingestellt, um die Immersion zu maximieren. Diese Maßnahmen gewährleisten und verbessern die Nutzererfahrung, was entscheidend für die Validität der Studie ist.

4.2.3. Zusammenfassung: Die Rolle der Hardware im Training

Die eingesetzte Hardware erfüllt zentrale methodische Anforderungen, um ein realistisches und immersives Trainingserlebnis zu bieten.

Das Logitech G920 ermöglicht eine präzise Fahrzeugkontrolle und unterstützt die Übertragbarkeit der Fähigkeiten auf reale Fahrsituationen. Die HTC Vive Pro Eye verbessert durch ihre Immersion und das situative Bewusstsein. Der 16:9 Monitor bietet eine flexible Alternative für nicht-VR-Teilnehmer.

und ermöglicht dennoch eine präzise Analyse des Blickverhaltens. Durch den methodischen Einsatz der Hardware werden die Forschungsfragen gezielt adressiert, während die Konsistenz der Trainingsbedingungen eine hohe Validität der Ergebnisse sicherstellt.

4.3. Durchführung der Trainingssessions

Die Durchführung der Trainingssessions folgt einem strukturierten Ansatz, der die Teilnehmer gezielt durch verschiedene Lernphasen führt. Dieser Ansatz integriert die in Kapitel 3 beschriebenen Gütekriterien, insbesondere Feedback-Mechanismen, Immersion und Realitätsnähe.

4.3.1. Ablauf der Trainingssessions

Die Trainingssessions folgen einem klar definierten Ablauf, der auf die schrittweise Entwicklung der Fahrfähigkeiten der Teilnehmer abzielt.

Phase 1: Einführung und Vorbereitung

Jede Session beginnt mit einer ausführlichen Einführungsphase, in der die Teilnehmer mit der Simulationsumgebung vertraut gemacht werden. Dazu gehören:

Eine Erklärung der Steuerung (Lenkrad, Pedale) und der technischen Einstellungen (z. B. ABS, Traktionskontrolle). Eine Übersicht über die zu durchlaufenden Szenarien und deren Lernziele.

Ziel: Den Teilnehmern Sicherheit und ein klares Verständnis für die Anforderungen der Fahrsituationen zu vermitteln, damit sie sich auf die Aufgaben konzentrieren können.

Relevanz für die Forschungsfragen:

- Hypothese 1.1: Die Einführung legt den Grundstein für eine gezielte Verbesserung der Fahrzeugbeherrschung und Linienwahl.
- Hypothese 2.1: Sie trägt dazu bei, das Selbstvertrauen der Teilnehmer zu stärken, indem Unsicherheiten im Umgang mit der Simulationsumgebung abgebaut werden.

Phase 2: Time Trial – Grundlagen und Selbstreflexion

Im ersten Szenario fahren die Teilnehmer allein auf der Strecke, um ihre Rundenzeiten zu verbessern. Der Fokus liegt auf:

- Präzisem Fahren (Linienwahl, Bremspunkte).
- Selbstreflexion ohne Ablenkung durch andere Fahrzeuge.

Ziel: Die Teilnehmer sollen ein Gefühl für das Fahrzeug und die Strecke entwickeln und sich auf die grundlegenden Fahrtechniken konzentrieren.

Relevanz für die Forschungsfragen:

- Hypothese 1.1: Die isolierte Umgebung erlaubt es, die grundlegenden Fahrfähigkeiten gezielt zu trainieren.
- Hypothese 5.1: Die Daten aus dieser Phase dienen als Basis für die Übertragbarkeit auf reale Fahrsituationen.

Phase 3: Feedback-Runde

Nach Abschluss des Time Trials folgt eine Feedback-Runde, in der die gesammelten Daten analysiert und besprochen werden. **Elemente der Feedback-Runde:**

- Analyse der Telemetriedaten: Fahrverhalten (z. B. Brems- und Beschleunigungspunkte, Linienwahl).
- Analyse der Blickverläufe: Nutzung der Eye-Tracking-Daten, um Blickmuster und vorausschauendes Fahren zu bewerten.
- Präsentation der Daten in anschaulichen Visualisierungen (z. B. Heatmaps, Diagramme).

Ziel: Den Teilnehmern gezielte Rückmeldungen zu geben, die sie in den folgenden Szenarien umsetzen können.

Relevanz für die Forschungsfragen:

- Hypothese 3.2: Die Analyse des Blickverhaltens zeigt, wie visuelle Strategien die Fahrzeugkontrolle beeinflussen.
- Hypothese 3.3: Die Feedback-Mechanismen werden mit dem Fortschritt der Teilnehmer in Zusammenhang gesetzt, um deren Effektivität zu bewerten.

Phase 4: KI-Rennen – Stress und Anpassungsfähigkeit

Im zweiten Szenario treten die Teilnehmer gegen KI-gesteuerte Gegner an. Ziel ist es, realistische Rennsituationen zu simulieren, in denen die Teilnehmer:

- Unter Wettbewerbsdruck agieren.
- Strategische Entscheidungen treffen (z. B. Überholmanöver, Anpassung an Verkehr).
- Sich auf wechselnde Bedingungen einstellen (z. B. Wetterwechsel).

Ziel: Die Teilnehmer sollen ihre Fahrzeugbeherrschung und Anpassungsfähigkeit unter komplexeren Bedingungen verbessern.

Relevanz für die Forschungsfragen:

- Hypothese 1.2: Die Simulation von wechselnden Bedingungen schult die Anpassungsfähigkeit der Teilnehmer.
- Hypothese 2.1: Stresssituationen fördern die Selbstsicherheit und Belastbarkeit der Teilnehmer.

Phase 5: Abschlussfeedback und Reflexion

Nach Abschluss des Rennszenarios folgt eine abschließende Feedback-Runde, in der die Leistungen der Teilnehmer umfassend analysiert werden.

Elemente der Abschlussfeedback-Runde:

- Reflexion über die eigene Performance.
- Diskussion der Lernfortschritte basierend auf den Telemetry (Telemetrie)- und Eye-Tracking-Daten.
- Konkrete Verbesserungsvorschläge für zukünftige Trainingssessions.

Ziel: Den Teilnehmern zu ermöglichen, ihre Fortschritte nachzuvollziehen und ihre Fahrtechniken weiter zu optimieren.

Relevanz für die Forschungsfragen:

- Hypothese 3.3: Die Effektivität der Feedback-Mechanismen wird durch die Analyse der Fortschritte der Teilnehmer bewertet.

4.3.2. Datenaufzeichnung

Während der gesamten Trainingssessions werden umfangreiche Daten aufgezeichnet, die sowohl für die sofortige Rückmeldung als auch für die nachträgliche Analyse genutzt werden.

Telemetriedaten

Erfasst werden Parameter wie:

- Geschwindigkeit, Beschleunigung, Bremskraft.
- Lenkbewegungen, Gaspedalstellung, Reifenzustand.

Relevanz: Die Telemetriedaten liefern objektive Hinweise auf das Fahrverhalten und die Lernfortschritte der Teilnehmer (Hypothese 1.1, 5.1).

Eye-Tracking-Daten

Die Blickbewegungen der Teilnehmer werden in Echtzeit aufgezeichnet und analysiert.

Relevanz:

- Hypothese 3.2: Die Daten geben Einblicke in das visuelle Verhalten und dessen Einfluss auf die Fahrzeugkontrolle.

Videodaten

Die gesamten Fahrten werden mit OBS Studio aufgezeichnet, inklusive Overlays der Eye-Tracking-Daten.

Relevanz:

Die Videoaufzeichnungen ermöglichen eine qualitative Analyse spezifischer Situationen, z. B. problematischer Kurven oder Bremsmanöver.

4.3.3. Zusammenfassung: Durchführung der Trainingssessions

Die strukturierte Durchführung der Trainingssessions stellt sicher, dass die Teilnehmer systematisch an unterschiedliche Fahrsituationen herangeführt werden. Durch die Kombination von Time Trials, KI-Rennen und detaillierten Feedback-Runden werden sowohl individuelle Fahrfähigkeiten als auch die Anpassungsfähigkeit der Teilnehmer gezielt geschult. Die umfassende Datenaufzeichnung ermöglicht eine fundierte Analyse der Lernfortschritte und unterstützt die Beantwortung der Forschungsfragen dieser Arbeit.

4.4. Simulationsbedingungen

Die Simulationsbedingungen in den SimRacing-Sessions sind zentral für die Erreichung der Lernziele dieser Studie. Sie sind so gestaltet, dass sie eine Vielzahl von realistischen Fahrsituationen abdecken und die Teilnehmer schrittweise an komplexere Herausforderungen heranführen. Durch die Kombination unterschiedlicher Strecken, Fahrzeuge und Wetterbedingungen wird sichergestellt, dass die Szenarien sowohl grundlegende als auch fortgeschrittene Fahrfähigkeiten fördern.

4.4.1. Konstruktion der Szenarien

Die Szenarien wurden nach einem strukturierten Ansatz entwickelt, der auf den didaktischen Prinzipien von Serious Games basiert. Jedes Szenario zielt darauf ab, spezifische fahrerische Kompetenzen zu trainieren, wie Fahrzeugbeherrschung, Anpassungsfähigkeit, vorausschauendes Fahren und Reaktionsfähigkeit.

Technische Umsetzung: Die Szenarien werden mithilfe von Automobilista 2 (AMS2) erstellt, das durch sein dynamisches Wettersystem und seine realistische Fahrphysik ideale Bedingungen für die Simulation bietet. Alle Szenarien sind skriptbasiert konfiguriert, um:

- Wetteränderungen während des Rennens zu simulieren.
- Progressive Grip-Entwicklung (LiveTrack) zu berücksichtigen.
- Zeitbeschleunigungen einzusetzen, um Tageszeitwechsel zu simulieren.

Relevanz für die Forschungsfragen:

Hypothese 1.2: Die Szenarien trainieren die Anpassungsfähigkeit der Teilnehmer an wechselnde Bedingungen. Hypothese 5.1: Die realistische Gestaltung der Szenarien unterstützt die Übertragbarkeit der erlernten Fähigkeiten auf reale Fahrsituationen.

4.4.2. Gestaltungselemente der Szenarien

Fahrzeugauswahl

Die verwendeten Fahrzeuge reichen von straßenähnlichen Pkw-Modellen bis zu Hochleistungsrennwagen.

Straßenfahrzeuge wie der Mini Cooper JCW bieten einfache Handhabung und eignen sich für den Einstieg. Leistungsstarke Fahrzeuge wie der BMW M3 Sport EVO Gruppe A oder der McLaren Senna fordern fortgeschrittene Fahrtechniken.

Relevanz für die Forschungsfragen: Hypothese 1.1: Unterschiedliche Fahrzeugtypen trainieren spezifische Fahrfähigkeiten wie Beschleunigen, Bremsen und Kurvenverhalten. Hypothese 5.1: Die Vielfalt der Fahrzeuge ermöglicht die Übertragung der Lerninhalte auf verschiedene Fahrsituationen.

Streckenauswahl

Die Auswahl der Strecken umfasst:

- Rundstrecken (z. B. Silverstone International): Fördern präzise Linienwahl und Fahrzeugkontrolle.
- Ovale (z. B. Daytona Oval): Trainieren Reaktionsfähigkeit bei hohen Geschwindigkeiten.
- Offroad-Strecken (z. B. Ascurra Dirt): Schärfen die Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Untergründe.

Relevanz für die Forschungsfragen: Hypothese 1.1: Die Streckenwahl ermöglicht gezielte Übungen zu grundlegenden Fahrfähigkeiten. Hypothese 2.2: Spezifische Streckenbedingungen simulieren Stresssituationen und fördern die Belastbarkeit der Teilnehmer.

Wetterauswahl

Das dynamische Wettersystem von AMS2 ermöglicht realistische Wetterwechsel, wie:

- Regen: Reduzierter Grip, erhöhte Anforderungen an die Fahrzeugkontrolle.
- Nebel: Eingeschränkte Sicht, trainiert vorausschauendes Fahren.
- Wechselhaftes Wetter: Testet die Anpassungsfähigkeit der Teilnehmer.

Relevanz für die Forschungsfragen: Hypothese 1.2: Die Simulation wechselnder Wetterbedingungen fördert die Fähigkeit, Fahrtechniken flexibel anzupassen.

4.4.3. Beschreibung der Szenarien

Die Szenarien wurden entwickelt, um die Lernziele dieser Studie zu adressieren. Sie sind so gestaltet, dass sie aufeinander aufbauen und die Teilnehmer schrittweise an komplexere Fahrsituationen heranführen.

Szenario 1: Silverstone International – Mini Cooper JCW

- Modus: TimeTrial
- Wetter: Klar
- Fahrzeug: Mini Cooper JCW (A.2.6)
- Strecke: Silverstone International (A.3.6)

Ziel: Einführung in grundlegende Fahrtechniken wie Linienwahl und präzises Fahren unter stabilen Bedingungen.

Relevanz: Hypothese 1.1: Einstiegsszenario für die Schulung grundlegender Fahrtechniken.

Szenario 2: Kansai Ost – Sprint Race

- Modus: TimeTrial
- Wetter: Regen
- Fahrzeug: Sprint Race (A.2.1)
- Strecke: Kansai Ost (A.3.5)

Ziel: Verbesserung der Fahrzeugkontrolle unter nassen Bedingungen.

Relevanz: Hypothese 1.2: Test der Anpassungsfähigkeit an schwierige Wetterbedingungen.

Szenario 3: Buenos Aires No12 – Chevrolet Camaro SS

- Modus: KI-Rennen
- Wetter: Wechselhaft (Nebel, Heiter, Regen)
- Fahrzeug: Chevrolet Camaro SS (A.2.3)
- Strecke: Buenos Aires No12 (A.3.2)

Ziel: Förderung von Anpassungsfähigkeit und strategischem Fahren unter wechselnden Bedingungen.

Relevanz: Hypothese 2.1: Stresssituationen durch wechselnde Bedingungen und KI-Verkehr.

Szenario 4: Ascurra Dirt – Mitsubishi Lancer RS (AWD)

- Modus: TimeTrial
- Wetter: Wechselhaft
- Fahrzeug: Mitsubishi Lancer RS (AWD) (A.2.4)
- Strecke: Ascurra Dirt (A.3.1)

Ziel: Training der Fahrzeugbeherrschung auf unebenen und rutschigen Untergründen.

Relevanz: Hypothese 5.1: Simulation komplexer Fahrbahnverhältnisse fördert Übertragbarkeit auf reale Situationen.

Szenario 5: Velopark 2010 – Caterham Academy (RWD)

- Modus: KI-Rennen
- Wetter: Nass
- Fahrzeug: Caterham Academy (RWD) (A.2.2)
- Strecke: Velopark 2010 (A.3.7)

Ziel: Schulung präziser Fahrzeugkontrolle bei reduzierter Traktion.

Relevanz: Hypothese 1.1: Spezialisierte Schulung der Fahrzeugkontrolle.

Szenario 6: Daytona Oval – McLaren Senna

- Modus: KI-Rennen
- Wetter: Heiter
- Fahrzeug: McLaren Senna (A.2.5)
- Strecke: Daytona Oval (A.3.3)

Ziel: Förderung der Reaktionsfähigkeit und strategischen Linienwahl bei hohen Geschwindigkeiten.

Relevanz: Hypothese 2.1: Simulation von Autobahnsituationen mit hohen Anforderungen an die Reaktionsfähigkeit.

4.4.4. Zusammenfassung: Simulationsbedingungen

Die Simulationsbedingungen der Trainingssessions sind so konzipiert, dass sie eine Vielzahl von Fahrsituationen abdecken und die Teilnehmer auf realistische Herausforderungen vorbereiten. Durch die Kombination von progressiven Schwierigkeitsgraden, dynamischen Bedingungen und spezifischen Lernzielen wird sichergestellt, dass die Szenarien sowohl die individuellen Fahrfähigkeiten der Teilnehmer verbessern als auch die Forschungsfragen dieser Studie adressieren.

5. Evaluation - Datenerhebung

Die Evaluation des SimRacing-Trainings ist ein zentraler Bestandteil dieser Untersuchung und ermöglicht die Beurteilung der Wirksamkeit von SimRacing als Serious Game für das Fahrtraining. Der Schwerpunkt liegt darauf, die Auswirkungen des SimRacing-Trainings sowohl auf die objektiv messbare Fahrleistung als auch auf das subjektive Empfinden von Sicherheit und Selbstvertrauen der Teilnehmer zu erfassen. Es werden verschiedene Technologien wie Virtual Reality (VR) und Eye-Tracking integriert, um deren Einfluss auf das Lernverhalten und die Fahrleistung zu untersuchen. Die erhobenen Daten umfassen sowohl objektive Parameter wie Telemetriedaten und Blickverhalten als auch subjektive Einschätzungen, die mittels standardisierter Fragebögen erfasst werden. Ein zentrales Ziel ist es, zu analysieren, wie sich das Training unter verschiedenen Bedingungen – darunter Wetterverhältnisse und Streckentypen sowie unterschiedliche Präsentationsmedien wie VR und Monitor – auf die Lernfortschritte der Teilnehmer auswirkt.

5.1. Ziel der Evaluation

Das Ziel der Evaluation besteht darin, zu beurteilen, ob und in welchem Umfang SimRacing-Training als Serious Game zur Förderung fahrerischer Fähigkeiten und zur Steigerung des Sicherheitsgefühls der Teilnehmer beitragen kann. Dabei steht die Frage im Vordergrund, inwieweit die Teilnehmer nach dem Training in der Lage sind, bessere Fahrentscheidungen zu treffen, ihre Reaktionszeiten zu verkürzen und spezifische Fähigkeiten wie das Kurvenfahren, das vorausschauende Fahren und das Verhalten unter schwierigen Bedingungen zu verbessern.

Ein zentraler Fokus liegt auf der objektiven Bewertung der Fahrtechnik. Durch die Analyse von Telemetriedaten und Fahrleistungsstatistiken wird untersucht, wie gut die Teilnehmer ihre Geschwindigkeit, Linienwahl und Bremspunkte optimieren konnten. Gleichzeitig wird die subjektive Wahrnehmung erfasst, um zu verstehen, wie das Training das Sicherheitsgefühl und das Selbstvertrauen der Teilnehmer beeinflusst. Diese Perspektive ermöglicht es, die psychologischen Auswirkungen des Trainings ebenso zu berücksichtigen wie die messbaren Fortschritte in der Fahrtechnik.

Von besonderem Interesse ist der Einsatz moderner Technologien wie VR und Eye-Tracking. Diese Evaluation untersucht, ob VR die Immersion und das Lernpotenzial steigern kann, indem sie den Teilnehmern ein realistisches Gefühl für Geschwindigkeit und Raum vermittelt. Ebenso wird analysiert, ob Eye-Tracking-Daten dazu beitragen, spezifische Schwächen im Blickverhalten zu identifizieren und gezielt zu adressieren. Der Vergleich zwischen unterschiedlichen Szenarien und

Präsentationsmedien bietet wertvolle Einblicke in die Bedingungen, die den Lernerfolg am stärksten beeinflussen.

Darüber hinaus wird evaluiert, wie realistische Simulationsbedingungen, wie etwa wechselnde Wetterverhältnisse oder anspruchsvolle Streckendesigns, die Übertragbarkeit der in der Simulation erlernten Fähigkeiten auf den realen Straßenverkehr fördern können. Ziel ist es, die spezifischen Faktoren zu identifizieren, die den größten Einfluss auf den Lernerfolg und die nachhaltige Verbesserung der Fahrfähigkeiten haben.

5.2. Teilnehmergruppen

Für die Evaluation des SimRacing-Trainings wurde eine heterogene Gruppe von Teilnehmern ausgewählt, um die Effekte des Trainings auf verschiedene Erfahrungsstufen und Hintergründe zu untersuchen. Die Teilnehmer wurden anhand ihrer Vorerfahrungen im realen Straßenverkehr und im SimRacing in drei Gruppen eingeteilt, die unterschiedliche Perspektiven auf die Wirksamkeit des Trainings bieten. Diese Aufteilung ermöglicht es, die Trainingseffekte gezielt zu analysieren und die Ergebnisse auf verschiedene Zielgruppen zu übertragen.

Die erste Gruppe bestand aus Fahranfängern, die nur über geringe oder gar keine praktische Fahrerfahrung verfügten. Für diese Teilnehmer stellt das SimRacing-Training eine erste Gelegenheit dar, grundlegende Fahrtechniken zu erlernen und ein Gefühl für Fahrzeugkontrolle und Verkehrssituatiosn zu entwickeln. Fahranfänger wurden hauptsächlich über Fahrschulen und persönliche Netzwerke rekrutiert, wobei der Fokus auf Personen lag, die kurz vor dem Erwerb ihrer Fahrerlaubnis standen. Diese Gruppe ermöglicht es, den Nutzen des SimRacing-Trainings als ergänzendes Werkzeug zur Fahrausbildung zu bewerten.

Die zweite Gruppe umfasste erfahrene Fahrer, die über mehrere Jahre praktischer Fahrerfahrung verfügten. Diese Teilnehmer nutzten das Training, um ihre Fähigkeiten zu vertiefen, spezifische Techniken zu verbessern oder sich neuen Herausforderungen zu stellen. Ziel war es, herauszufinden, ob und in welchem Maße das SimRacing-Training auch für erfahrene Fahrer einen Mehrwert bieten kann, beispielsweise durch die Simulation extremer Bedingungen oder die Analyse ihres Blickverhaltens. Diese Gruppe wurde über persönliche Netzwerke und soziale Plattformen rekrutiert, um eine möglichst breite Vielfalt an Fahrprofilen zu gewährleisten.

Die dritte Gruppe setzte sich aus SimRacern zusammen, die bereits umfangreiche Erfahrungen im virtuellen Rennsport hatten, jedoch wenig bis keine Praxis im realen Straßenverkehr besaßen. Diese Gruppe bietet eine interessante Perspektive auf die Frage, inwieweit SimRacing-Training dazu beitragen kann, den Übergang von virtuellen zu realen Fahrsituationen zu erleichtern. Der Fokus lag darauf, die Übertragbarkeit der im SimRacing erlernten Fähigkeiten auf reale Fahrumgebungen zu analysieren und potenzielle Lücken in der Anwendung zu identifizieren.

Gruppeneinteilung

Um die spezifischen Effekte der verschiedenen Technologien und Trainingsmethoden zu untersuchen, werden die Teilnehmer in drei Gruppen aufgeteilt. Jede Gruppe durchläuft das größtenteils gleiche Trainingsprotokoll, wobei einzelne Faktoren verändert werden:

- Gruppe 1 - Monitor ohne Eyetracking: Diese Gruppe trainiert auf einem normalen Monitor-Setup, ohne dass Eyetracking-Technologie zum Einsatz kommt. Diese Gruppe dient als Kontrollgruppe, um die Basisleistungen im Vergleich zu den anderen Technologien zu evaluieren.
- Gruppe 2 - Monitor mit Eyetracking: Diese Gruppe trainiert ebenfalls mit einem Monitor-Setup, jedoch kommt Eyetracking zum Einsatz. Ziel dieser Gruppe ist es zu bewerten, inwieweit die Analyse des Blickverhaltens und das entsprechende Feedback zu einer Verbesserung der Fahrsicherheit und der Leistung führt.
- Gruppe 3 - VR ohne Eyetracking: Die Teilnehmer dieser Gruppe trainieren in einer VR-Umgebung, jedoch ohne Eyetracking. Hier wird der Einfluss der Immersion auf das Fahrerlebnis und den Lernfortschritt der Teilnehmer untersucht. Speziell soll ermittelt werden, ob VR dazu beiträgt, eine realistischere Wahrnehmung der Geschwindigkeit und Umgebung zu entwickeln.

Diese Gruppeneinteilung ermöglicht eine differenzierte Analyse der Trainingseffekte. Durch die zufällige Zuweisung der Teilnehmer zu den experimentellen Gruppen wurde sichergestellt, dass mögliche Verzerrungen minimiert und die Ergebnisse repräsentativ sind. Die breite Vielfalt an Teilnehmerprofilen und Trainingsbedingungen bildet eine solide Grundlage, um die Wirksamkeit des SimRacing-Trainings als Serious Game umfassend zu evaluieren.

5.3. Subjektive Evaluation

Ein zentraler Bestandteil der Evaluation war die Erhebung der subjektiven Wahrnehmung der Teilnehmer durch standardisierte Fragebögen. Dabei ist zu unterscheiden, dass sich nicht alle Fragen auf das Training selbst beziehen. Ein Großteil der Befragung zielte darauf ab, die Auswirkungen des SimRacing-Trainings auf fahrerische Fähigkeiten und das Selbstvertrauen der Teilnehmer in realen Fahrsituationen zu bewerten. Diese Fragen wurden so formuliert, dass sie explizit den Bezug zur Realität herstellen, wie beispielsweise das Vertrauen in die eigene Fahrzeugkontrolle oder die Anpassungsfähigkeit an schwierige Fahrsituationen.

Neben diesen realitätsbezogenen Fragen wurden auch Aspekte des Trainings selbst untersucht. Hier lag der Fokus auf der Bewertung didaktischer Elemente oder der immersiven Qualität des Trainings. Die Teilnehmer sollten reflektieren, wie gut sie durch das Training angeleitet wurden und ob die virtuelle Umgebung, insbesondere in der VR-Gruppe, das Lernen erleichtert hat. Aspekte wie die Klarheit der Szenarien, die Verständlichkeit des Feedbacks und der wahrgenommene Realitätsgrad der Simulation spielten hierbei eine zentrale Rolle. Diese Fragen zielten darauf ab, die Akzeptanz und Qualität des SimRacing-Trainings als Serious Game zu bewerten.

Die Beurteilung der fahrerischen Leistung während des Trainings selbst wurde hingegen nicht direkt von den Teilnehmern vorgenommen. Dieser Aspekt wurde durch den Versuchsleiter mittels eines separaten Bewertungsbogens (A.5.4) in Kombination mit objektiven Daten analysiert. Dies gewährleistet eine unabhängige und datenbasierte Bewertung der im Training gezeigten Leistung.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die subjektive Evaluation durch die Fragebögen ein umfassendes Bild der Wahrnehmung der Teilnehmer liefert. Sie umfasst sowohl die Selbsteinschätzung der realen Fahrfähigkeiten als auch die Bewertung spezifischer Trainingselemente wie Immersion und Didaktik. Diese Differenzierung ermöglicht es, sowohl die Auswirkungen des Trainings auf die Realität als auch die Qualität des Trainings selbst präzise zu analysieren.

5.4. Tests zur Fahrfähigkeitsbewertung

Die Tests zur Fahrfähigkeitsbewertung spielen eine zentrale Rolle bei der Evaluation des SimRacing-Trainings. Ihr Ziel ist es, sowohl die realitätsnahen Fahrfähigkeiten der Teilnehmer als auch die spezifischen Lernfortschritte in der Simulation zu erfassen. Zwei unterschiedliche Testszenarien – die städtische Fahrschulsimulation in *City Car Driving* und die anspruchsvolle Rennstrecke der Nordschleife – bilden die Grundlage für diese Bewertung.

5.4.1. City Car Driving

*City Car Driving*¹ wird als realitätsnahe Fahrschulsimulation eingesetzt, um die grundlegenden Fahrfähigkeiten der Teilnehmer in einem kontrollierten, städtischen Umfeld zu testen. Vor Beginn und nach Abschluss des Trainings absolvieren die Teilnehmer eine standardisierte Testfahrt, die typische Verkehrssituationen wie das Navigieren in städtischen Verkehrsumgebungen, Spurwechsel auf der Autobahn oder umgehen mit ungewöhnlichen Begebenheiten, wie dem Ausfallen einer Ampel. Der Fokus dieses Tests liegt darauf, die Anwendung grundlegender Fahrtechniken sowie die Anpassungsfähigkeit an unvorhergesehene Verkehrssituationen zu bewerten.

Besondere Aufmerksamkeit gilt der Fähigkeit der Teilnehmer, in herausfordernden Szenarien sicher zu agieren. Hierfür werden die Einstellungen der Simulation gezielt verschärft, indem unerwartete Verkehrssituationen wie plötzliche Spurwechsel anderer Fahrzeuge oder unerwartete Notbremsungen erzeugt werden. Diese Extremsituationen ermöglichen es, die Fähigkeit der Teilnehmer zur Gefahrenvermeidung und zum vorausschauenden Fahren zu analysieren. In den 15 Minuten, die durch diesen Verkehr gefahren werden, soll die Anzahl an gefährlichen Situationen in kürzester Zeit durchlebt werden, die sonst in der gesamten Zeit des Autofahrens auftreten.

Es sei darauf verwiesen, dass es sich hierbei explizit nicht um ein SimRacing-Spiel handelt, sondern um eine Art Fahrschulsimulation, in der sich die Probanden im regulären Straßenverkehr bewegen, in dem sie sich auch im normalen Fall aufhalten werden.

¹ „*City Car Driving*“, 2016.

Die Ergebnisse der Testfahrten in *City Car Driving* dienen als Indikator dafür, ob und in welchem Maße die durch das SimRacing-Training entwickelten Fähigkeiten auf reale Fahrsituationen übertragbar sind. Dabei wird insbesondere geprüft, ob Verbesserungen im Bereich der Fahrzeugkontrolle und der Entscheidungsfindung erkennbar sind.

5.4.2. Nordschleifen-Herausforderung

Die Nordschleife, eine der anspruchsvollsten Rennstrecken weltweit, wird verwendet, um die Fahrfähigkeiten der Teilnehmer unter extremen Bedingungen zu testen. Im Rahmen einer speziell gestalteten Runde müssen die Teilnehmer eine Vielzahl von Herausforderungen bewältigen, darunter schnelle Kurven, unebene Streckenabschnitte und wechselnde Wetterbedingungen.

Der Test ist so konzipiert, dass die Teilnehmer innerhalb einer vorgegebenen Zeit eine möglichst gute Leistung auf der Strecke zeigen sollen. Dabei wird besonderer Wert auf Aspekte wie Kurvenverhalten, Linienwahl, Bremsverhalten und die Fähigkeit, unter Druck sicher zu fahren, gelegt. Die Runde beginnt bei idealen Bedingungen mit klarem Wetter und hoher Sichtbarkeit. Im Verlauf der Runde ändern sich jedoch die Bedingungen drastisch: Starker Regen, dichter Nebel und schließlich Dunkelheit fordern die Teilnehmer sowohl in ihrer technischen Fahrzeugbeherrschung als auch in ihrem Risikomanagement.

Dieser Test wird sowohl vor dem ersten Training als auch nach Abschluss des Trainings durchgeführt, um die Fortschritte der Teilnehmer zu dokumentieren. Der Fokus liegt darauf, wie gut die Teilnehmer in der Lage sind, das Gelernte aus den Trainingssessions anzuwenden und sich an komplexe Streckenverhältnisse anzupassen.

5.4.3. Zusammenfassung der Testziele

Die Kombination aus *City Car Driving* und der Nordschleifen-Herausforderung bietet ein umfassendes Bild der Fähigkeiten der Teilnehmer. Während *City Car Driving* die Übertragung der Trainingsinhalte auf reale Verkehrssituationen prüft, dient die Nordschleife dazu, fahrtechnische Fertigkeiten in einem kontrollierten, aber extrem anspruchsvollen Umfeld zu testen. Diese duale Herangehensweise gewährleistet, dass sowohl die praktische Relevanz als auch die spezifischen Lernergebnisse des SimRacing-Trainings differenziert bewertet werden können.

5.5. Experiment / Training

Das Training innerhalb des Experiments wurde so konzipiert, dass die Teilnehmer systematisch an verschiedene fahrerische Herausforderungen herangeführt werden. Ziel ist es, eine Balance zwischen der Schulung spezifischer Fähigkeiten und der Untersuchung der Wirkung von SimRacing als Serious Game zu schaffen. Dabei werden sowohl die Trainingsinhalte als auch die Evaluationsmethoden auf die Hypothesen der Arbeit abgestimmt.

Vorab-Fragebogen

Bevor die Teilnehmer mit dem Training beginnen, wird ein Vorab-Fragebogen (A.5.1) ausgefüllt, der sowohl allgemeine Informationen als auch spezifische Vorerfahrungen abfragt. Hierbei wird zwischen realen Fahrkenntnissen und Erfahrungen im SimRacing unterschieden. Der Fragebogen dient als Grundlage, um eine Baseline für die Evaluation der Fortschritte zu schaffen. Besonders relevante Aspekte umfassen:

- Realistische Einschätzung der Fahrfähigkeiten im Straßenverkehr.
- Erfahrungen in Fahrsimulationen und virtuellen Rennumgebungen.
- Selbstbewusstsein und Sicherheitsempfinden beim Fahren.

Der Vorab-Fragebogen stellt sicher, dass individuelle Unterschiede der Teilnehmer bei der Auswertung der Trainingsdaten berücksichtigt werden können.

Initiale Testfahrten

Zu Beginn des Experiments absolvieren die Teilnehmer zwei initiale Testfahrten, die in Abschnitt 5 detailliert beschrieben wurden:

- City Car Driving: Prüfung grundlegender Fahrfähigkeiten in einer realitätsnahen Umgebung.
- Nordschleifen-Herausforderung: Bewertung spezifischer fahrtechnischer Fertigkeiten und Stressbewältigung unter extremen Bedingungen.

Diese Tests dienen der Ermittlung einer Ausgangsbasis für die späteren Fortschritte der Teilnehmer.

Trainingssessions

Das SimRacing-Training ist in mehrere Sessions unterteilt, die jeweils auf unterschiedlichen Szenarien basieren. Jede Session besteht aus zwei Hauptmodi:

- TimeTrial: Hierbei fahren die Teilnehmer allein auf der Strecke, mit dem Ziel, ihre Rundenzeiten zu optimieren. Dieser Modus erlaubt es, die individuelle Fahrtechnik in einer störungsfreien Umgebung zu analysieren.
- Rennen gegen KI: In diesem Modus treten die Teilnehmer gegen KI-gesteuerte Gegner an, was den Druck und die Dynamik realer Fahrsituationen simuliert. Besondere Herausforderungen wie wechselnde Wetterbedingungen und aggressive Gegner fördern die Anpassungsfähigkeit und strategisches Denken.

Die Szenarien sind so gestaltet, dass sie verschiedene Aspekte des Fahrens adressieren, darunter Fahrzeugkontrolle, Anpassung an wechselnde Bedingungen und Stressbewältigung. Zwischen den Sessions erhalten die Teilnehmer differenziertes Feedback, das auf Telemetriedaten, Videoaufzeichnungen und gegebenenfalls Eye-Tracking-Daten basiert. Dieses Feedback wird individuell angepasst, um gezielte Verbesserungen zu ermöglichen.

Feedback- und Reflexionsphase

Nach jeder Session erhalten die Teilnehmer Feedback zu ihrer Leistung. Diese Rückmeldungen werden durch die Visualisierung von Telemetriedaten, Blickverläufen (falls Eye-Tracking genutzt wurde) und Videomaterial unterstützt. Die Reflexionsphase dient dazu, die Teilnehmer aktiv in ihren Lernprozess einzubeziehen. Wichtige Fragen in dieser Phase sind:

- Welche spezifischen Herausforderungen traten während der Session auf?
- Wie gut konnten die Teilnehmer ihre Technik an die Bedingungen anpassen?
- Welche Aspekte der Fahrleistung wurden im Vergleich zur vorherigen Session verbessert?

Nachgangsbefragung und Abschluss-Session

Nach Abschluss der Trainingsphase füllen die Teilnehmer einen weiteren Fragebogen (A.5.3) aus, der sich auf die folgenden Aspekte konzentriert:

- Wahrnehmung der eigenen Fortschritte in der Simulation und ihre Übertragbarkeit auf reale Fahrsituationen.
- Bewertung der Immersion und der didaktischen Struktur der Trainingsinhalte.
- Einschätzung der Nützlichkeit des Feedbacks für den eigenen Lernprozess.

Anschließend absolvieren die Teilnehmer abschließende Testfahrten in *City Car Driving* und auf der Nordschleife, die unter denselben Bedingungen wie die initialen Testfahrten stattfinden. Der Vergleich dieser Testfahrten mit den Ausgangswerten ermöglicht eine objektive Bewertung der Lernfortschritte.

Integration von subjektiven und objektiven Daten

Die abschließende Evaluation kombiniert die subjektiven Einschätzungen der Teilnehmer mit den objektiven Messdaten aus den Trainingssessions. Dies erlaubt es, sowohl die Wirkung des SimRacing-Trainings auf die realitätsnahen Fahrfähigkeiten als auch die Akzeptanz und Effektivität der Trainingsmethodik differenziert zu analysieren.

5.6. Quantitative Datenerhebung

Die quantitative Datenerhebung ist ein zentraler Bestandteil der Evaluation und umfasst die systematische Analyse objektiv messbarer Parameter während der Trainingssessions. Ziel ist es, die Effektivität des SimRacing-Trainings auf der Grundlage valider, reproduzierbarer Daten zu bewerten und mit den subjektiven Einschätzungen der Teilnehmer abzugleichen.

5.6.1. Erfassung der Rundenzeiten

Die Rundenzeiten sind ein wesentlicher Indikator für die Fahrleistung der Teilnehmer. Sie bieten eine einfache, aber effektive Möglichkeit, Fortschritte in der Fahrtechnik zu messen. Verbesserungen in den Rundenzeiten deuten darauf hin, dass die Teilnehmer effizientere Linien und Brems-/Beschleunigungspunkte gewählt haben.

Analyseansätze:

- Einfluss von Szenario-Variablen: Es wird untersucht, wie sich unterschiedliche Szenarien (z. B. Wetterbedingungen, Streckentypen) auf die Rundenzeiten auswirken.
- Korrelation mit subjektiven Einschätzungen: Die Rundenzeiten werden mit den Einschätzungen der Teilnehmer zur Schwierigkeit der Szenarien und ihrer eigenen Leistung verglichen.

5.6.2. Eyetracking-Daten

In Gruppen, die mit Eyetracking-Technologie ausgestattet sind, wird das Blickverhalten der Teilnehmer während der Sessions analysiert. Diese Daten bieten einzigartige Einblicke in die visuelle Aufmerksamkeit und deren Auswirkungen auf die Fahrleistung.

5.6.3. Fehleranalyse

Eine weitere zentrale Komponente der quantitativen Evaluation ist die Analyse von Fehlern, die während der Trainingssessions auftreten. Diese umfasst:

- Kollisionen: Anzahl und Art der Kollisionen mit KI-Fahrzeugen, Streckenbegrenzungen oder anderen Hindernissen.
- Abweichungen von der Ideallinie: Wie oft und wie stark weichen die Teilnehmer von der vorgegebenen Ideallinie ab?
- Fahrfehler unter Stress: Wie verändert sich das Fehlerverhalten in Szenarien mit erhöhtem Druck, z. B. durch Wetterwechsel oder aggressive KI-Gegner?

5.6.4. Zusammenführung der Datenquellen

Die verschiedenen Datenquellen – Rundenzeiten, Telemetriedaten, Eyetracking-Daten und Fehleranalysen – werden integriert und in Bezug auf die Szenarien und Teilnehmergruppen ausgewertet. Die Kombination dieser Daten ermöglicht es, sowohl die individuellen Lernfortschritte als auch gruppenspezifische Muster zu identifizieren. Zudem erlaubt die Synchronisation der Daten eine präzise Analyse von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen, z. B. zwischen Blickverhalten, Bremsmanövern und Rundenzeiten.

Die quantitative Datenerhebung bildet somit die Grundlage für eine fundierte Bewertung der Trainingseffekte und liefert wertvolle Einblicke in die Wirkung von SimRacing als Serious Game im Fahrtraining.

6. Ergebnisse - Datenauswertung

6.1. Einleitung

Die Ergebnisse der Datenauswertung sind zentral für die Beantwortung der in Kapitel 1 formulierten Forschungsfragen. Die Datengrundlage umfasst quantitative und qualitative Erhebungen, die eine umfassende Analyse der Effektivität von SimRacing als Serious Game ermöglichen. Ziel dieser Auswertung ist es, aufzuzeigen, wie SimRacing-Training Fahrfähigkeiten, Selbstvertrauen und Straßenverkehrsleistung verbessert, welche Variablen das Training beeinflussen und inwieweit die Ergebnisse auf reale Fahrsituationen übertragbar sind.

Die Ergebnisse werden entsprechend der Forschungsfragen strukturiert präsentiert, um einen klaren Bezug zur Zielsetzung der Arbeit herzustellen. Die Analyse erfolgt sowohl durch statistische Auswertung als auch durch eine qualitative Einordnung der Ergebnisse. Dabei werden die bisherigen Erkenntnisse aus der Literatur berücksichtigt, um die Ergebnisse in einen theoretischen Kontext einzuordnen.

Zielsetzung der Datenauswertung

Die Datenauswertung verfolgt das primäre Ziel, die Effektivität des SimRacing-Trainings zu bewerten. Dabei stehen folgende Aspekte im Vordergrund:

1. Fahrfähigkeiten und Lernfortschritte: Wie entwickelt sich die Fahrleistung der Teilnehmer durch das Training?
2. Selbstvertrauen und Sicherheitsgefühl: Fördert das Training ein gesteigertes Sicherheitsgefühl?
3. Übertragbarkeit auf reale Fahrsituationen: Lassen sich die Trainingseffekte auf das reale Fahren anwenden?
4. Akzeptanz des Trainings: Wie bewerten die Teilnehmer die Nützlichkeit und Relevanz des Trainings?
5. Technologische Variablen: Welche Rolle spielen Technologien wie VR und Eye-Tracking?

Die Ergebnisse der Analyse liefern wichtige Hinweise darauf, inwiefern SimRacing als Serious Game in der Fahrausbildung eingesetzt werden kann und welche Elemente des Trainings besonders effektiv sind.

Methodisches Vorgehen

- Deskriptive Statistik: Diese Methode wird verwendet, um grundlegende Kennzahlen wie Mittelwerte, Standardabweichungen und Häufigkeitsverteilungen der gesammelten Daten darzustellen.
- t-Tests:
 - Paired t-Test: Zur Analyse der Vorher-Nachher-Differenzen innerhalb derselben Gruppe.
 - Unpaired t-Test: Zum Vergleich der Mittelwerte zwischen zwei unabhängigen Gruppen (z. B. VR vs. Monitor).
- Varianzanalysen (ANOVA):
 - Einfaktorielle ANOVA: Untersucht Unterschiede zwischen mehreren Gruppen (z. B. verschiedene Medien: VR, Monitor mit und ohne Eye-Tracking).
 - Mehrfaktorielle ANOVA: Prüft Interaktionseffekte zwischen verschiedenen Faktoren (z. B. Medium x Feedback).
 - Repeated Measures ANOVA: Dieses Verfahren wurde verwendet, um zeitliche Veränderungen innerhalb derselben Gruppe zu analysieren und Unterschiede zwischen Messzeitpunkten oder Bedingungen zu prüfen.
- Korrelationen: Pearson- und Spearman-Korrelationen wurden verwendet, um Beziehungen zwischen Variablen wie Immersion und Fahrleistung zu untersuchen.
- Regressionsanalysen: Lineare Regressionsmodelle identifizierten die prädiktiven Variablen für die Verbesserung der Fahrleistung. Beispielsweise wurde analysiert, wie stark die Immersion in VR die Leistung beeinflusst.
- Reliabilitätsanalyse: Cronbachs Alpha zur Überprüfung der internen Konsistenz der Kategorien, die hauptsächlich analysiert werden.

Struktur der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Datenauswertung werden entsprechend der Forschungsfragen präsentiert. Dabei werden die Ergebnisse nicht nur statistisch dargestellt, sondern auch in den Kontext der Forschungsziele eingeordnet. Jede Forschungsfrage wird in einem separaten Abschnitt behandelt, wobei zunächst die angewandte Analysemethode und anschließend die zentralen Ergebnisse dargestellt werden.

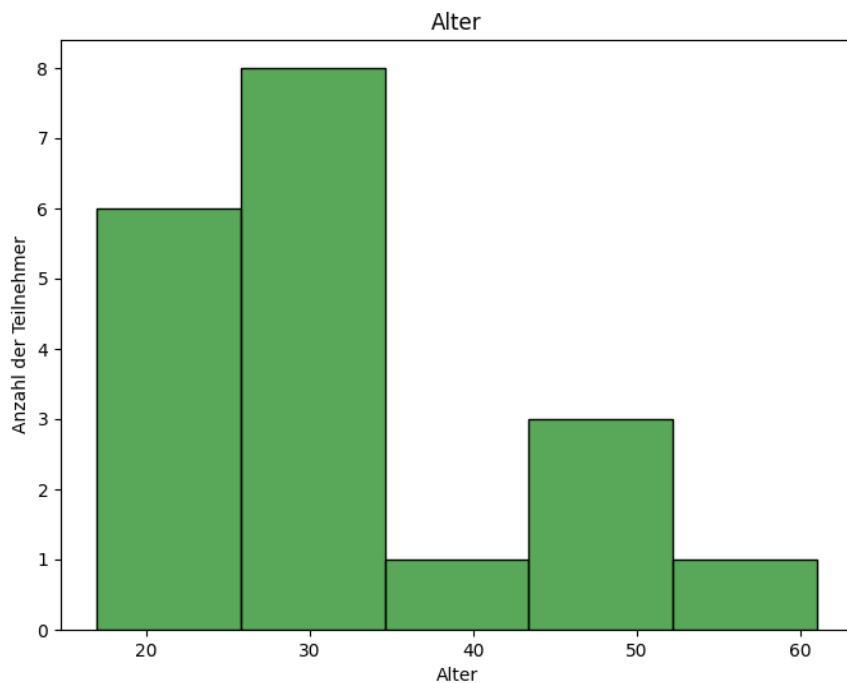
6.2. Teilnehmer

Die experimentelle Studie umfasst **19 Teilnehmer**, die hinsichtlich ihrer demografischen Merkmale und Erfahrungen ein breites Spektrum abdecken. Dies ermöglicht es, die Effekte des Sim-Racing-Trainings auf unterschiedliche Gruppen zu untersuchen und gezielte Rückschlüsse auf die Forschungsfragen zu ziehen. Die folgenden Abschnitte bieten eine detaillierte Beschreibung der Teilnehmermerkmale, um eine Basis für die Analyse der Ergebnisse zu schaffen.

Alter

Die Teilnehmer waren zwischen **17** und **61 Jahren** alt, mit einem Durchschnittsalter (Median) von **31,5 Jahren** und einer Standardabweichung von **12,1 Jahren**. Die breite Altersspanne erlaubt eine Untersuchung der Trainingseffekte über verschiedene Altersgruppen hinweg.

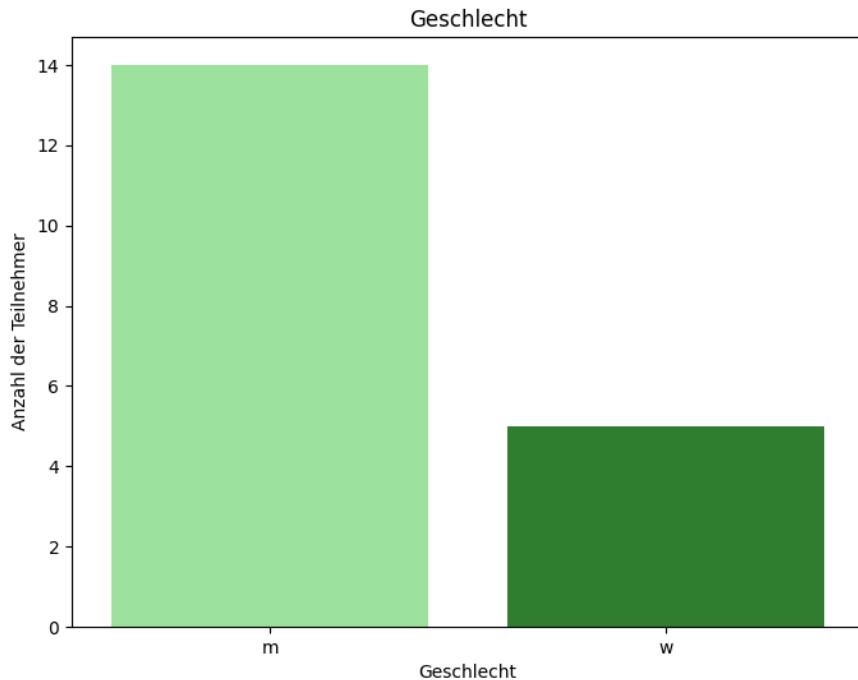
Abbildung 6.1.: Verteilung des Alters der Teilnehmenden



Geschlecht

Von den **19 Teilnehmern** waren **14 männlich** und **5 weiblich**. Der Anteil männlicher Teilnehmer war somit deutlich höher.

Abbildung 6.2.: Verteilung des Geschlechts der Teilnehmenden



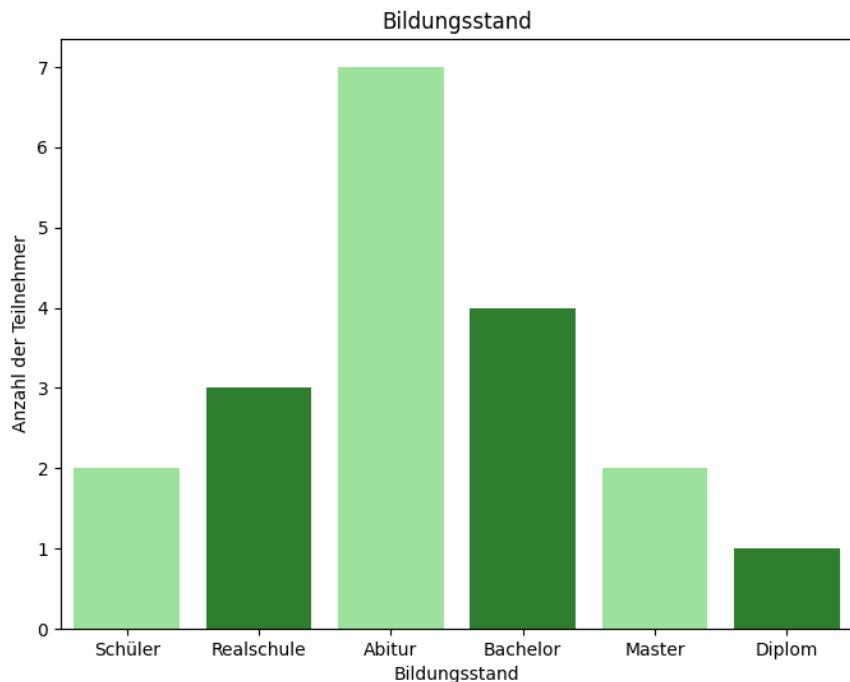
Bildungsstand

Der Bildungsstand der Teilnehmer variierte stark:

- **7 Teilnehmer:** Abitur,
- **4 Teilnehmer:** Schüler
- **3 Teilnehmer:** Masterabschluss,
- **2 Teilnehmer:** Bachelorabschluss,
- **1 Teilnehmer:** Diplom.

Diese Vielfalt stellt sicher, dass die Ergebnisse nicht durch ein homogenes Bildungsprofil verzerrt werden.

Abbildung 6.3.: Verteilung des höchsten Bildungsabschlusses der Teilnehmenden



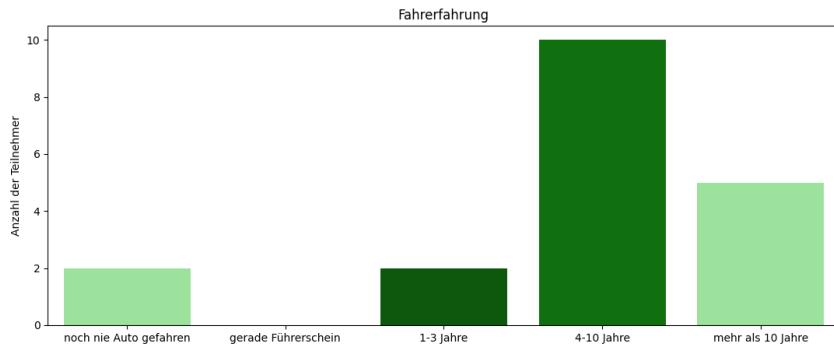
Fahrerfahrung

Die Teilnehmer verfügten über verschiedene Niveaus an Fahrerfahrung:

- **2 Teilnehmer:** keine praktische Fahrerfahrung,
- **2 Teilnehmer:** kürzlich erworberner Führerschein,
- **5 Teilnehmer:** 1–3 Jahre Fahrerfahrung,
- **10 Teilnehmer:** 4–10 Jahre Fahrerfahrung,
- **5 Teilnehmer:** mehr als 10 Jahre Fahrerfahrung.

Die Mehrheit der Teilnehmer hatte bereits signifikante Fahrerfahrung, was die Untersuchung der Trainingseffekte auf erfahrene Fahrer ermöglicht.

Abbildung 6.4.: Verteilung der Autofahrerfahrung der Teilnehmenden



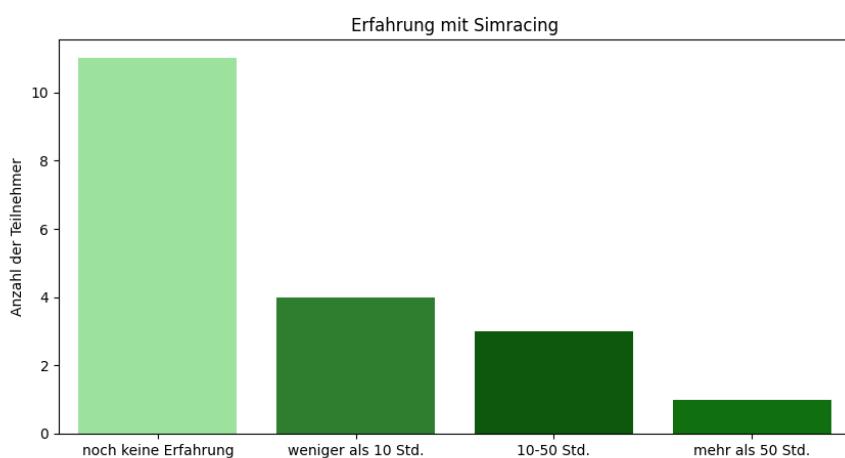
Erfahrung mit SimRacing

Hinsichtlich der Erfahrung mit SimRacing zeigte sich folgende Verteilung:

- **11 Teilnehmer:** keine Erfahrung,
- **4 Teilnehmer:** weniger als 10 Stunden,
- **3 Teilnehmer:** 10–50 Stunden,
- **1 Teilnehmer:** mehr als 50 Stunden.

Diese Verteilung gewährleistet, dass sowohl Anfänger als auch erfahrene SimRacer in die Analyse einbezogen werden können.

Abbildung 6.5.: Verteilung der SimRacing Erfahrung der Teilnehmenden



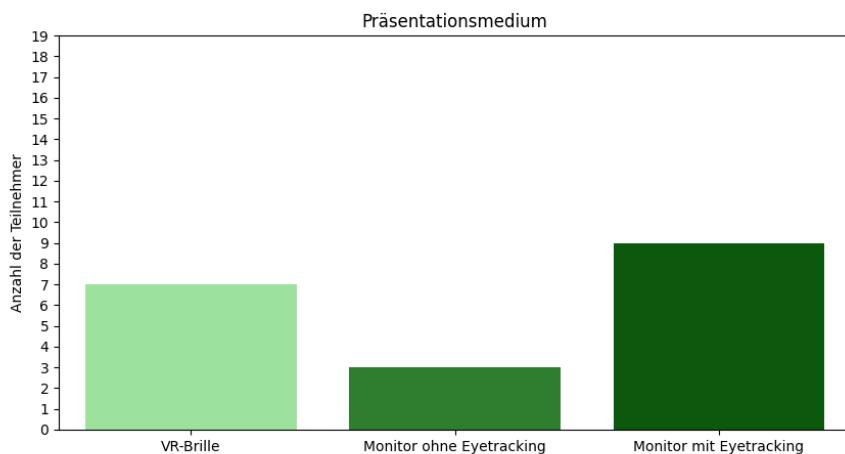
Präsentationsmedium

Die Teilnehmer wurden auf unterschiedliche Präsentationsmedien aufgeteilt:

- **7 Teilnehmer:** VR-Brille,
- **4 Teilnehmer:** Monitor ohne Eye-Tracking,
- **8 Teilnehmer:** Monitor mit Eye-Tracking.

Diese Einteilung ermöglicht es, die Effekte der verschiedenen Präsentationsmedien auf die Trainingseffektivität zu untersuchen.

Abbildung 6.6.: Verteilung des genutzten Präsentationsmediums der Teilnehmenden



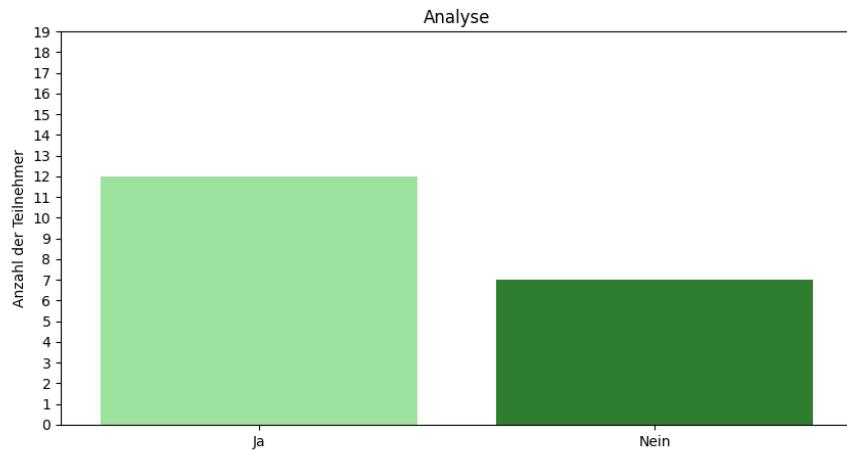
Analyse und Feedback

Die Teilnehmer wurden zusätzlich in Bezug auf die Nutzung von Analyse- und Feedbackmechanismen unterschieden:

- **12 Teilnehmer** erhielten Feedback und es wurden Analysen vorgenommen,
- **7 Teilnehmer** absolvierten das Training ohne zusätzliches Feedback.

Diese Unterscheidung erlaubt es, den Einfluss gezielter Rückmeldungen auf den Trainingserfolg zu bewerten.

Abbildung 6.7.: Verteilung von erhaltendem Feedback und Analyse der Teilnehmenden



6.3. Items und Kategorien

Die Erhebung und Auswertung der Daten basiert auf einer systematischen Einteilung in Kategorien, die sich an den zentralen Aspekten der Forschungsfragen orientieren. Diese Kategorien wurden aus den erhobenen Fragebogen- und Leistungsdaten gebildet, um sowohl subjektive Einschätzungen als auch objektive Messgrößen abzubilden. Jede Kategorie umfasst spezifische Items, die im Verlauf der Datenauswertung zur Beantwortung der Forschungsfragen herangezogen wurden. Nachfolgend werden die Kategorien und ihre Rolle in der Analyse beschrieben.

Fahrfähigkeiten

Die Kategorie „Fahrfähigkeiten“ fokussiert sich auf die Fähigkeit der Teilnehmer, das Fahrzeug sicher und effizient zu bedienen. Diese Fähigkeiten wurden in zwei Subkategorien unterteilt:

- Fahrfähigkeiten (Skalen): Subjektive Einschätzungen der Teilnehmer zu verschiedenen Aspekten ihrer Fahrfähigkeiten, wie etwa Kurvenverhalten, Reaktionszeiten, Fahrzeugkontrolle oder die Anpassung an Wetterbedingungen. Diese Items erfassten sowohl die allgemeine Wahrnehmung als auch die spezifischen Fähigkeiten in simulierten Szenarien.
- Fahrfähigkeiten (Quoten): Objektive Metriken, die auf Erfolgsquoten basieren, beispielsweise die Anzahl der unfallfreien Kilometer oder der erfolgreichen Manöver in Bezug auf die Gesamtzahl.

Nordschleife-Zeiten

Die Nordschleife-Daten umfassen die gemessene Fahrzeit der Teilnehmer einer Runde auf der Strecke, welche als objektive Metrik verwendet wurde, um speziell Fortschritte in der Fahrleistung zu analysieren.

Selbstvertrauen

Die Kategorie „Selbstvertrauen“ zielt darauf ab, die subjektive Sicherheit und Souveränität der Teilnehmer in unterschiedlichen Fahrsituationen zu bewerten. Diese Skalen basieren ausschließlich auf subjektiven Einschätzungen der Teilnehmer zu ihrer Fähigkeit, mit schwierigen Fahrsituationen, Wetterbedingungen oder hohen Geschwindigkeiten umzugehen.

Straßenverkehrs-Performance

Die Kategorie „Straßenverkehrs-Performance“ erfasst die allgemeine Leistung der Teilnehmer in Verkehrssituationen. Diese Kategorie teilt sich ebenfalls in:

- Straßenverkehrs-Performance (Skalen): Subjektive Bewertungen zu Aspekten wie Stressbewältigung, vorausschauendem Fahren, Anpassung an Verkehrsbedingungen und Reaktionszeiten.
- Straßenverkehrs-Performance (Quoten): Objektive Quoten, die spezifische Situationen wie Notbremsungen, Spurwechsel oder das Vermeiden von Kollisionen quantifizieren.

Nutzung der Kategorien in der Analyse

Die genannten Kategorien und Subkategorien bildeten die Grundlage für die gesamte Analyse. Zunächst wurden sie unabhängig voneinander untersucht, um eine grundlegende Einschätzung der Veränderungen in den Fahrfähigkeiten, dem Selbstvertrauen, der Straßenverkehrs-Performance und den Nordschleifen-Zeiten zu erhalten.

Darüber hinaus dienten die Ergebnisse dieser Basiskategorien als Ausgangspunkt für die spezifischen Untersuchungen der unterschiedlichen Settings (z. B. mit oder ohne Analyse-Feedback, Eye-Tracking oder unterschiedliche Präsentationsmedien). Die Kategorien wurden dabei verwendet, um die Effekte dieser Variablen zu bewerten und Unterschiede zwischen Gruppen aufzuzeigen.

6.4. Forschungsfrage 1

Einleitung

Um die erste Forschungsfrage zu beantworten, wurden sowohl allgemeine als auch spezielle Fahrfähigkeiten der Teilnehmer vor und nach dem SimRacing-Training gemessen. Hierbei stützt sich die Analyse auf Skalen (subjektive Wahrnehmung), Quoten (objektive Daten) und spezifische Leistungsmetriken, wie z. B. die Rundenzeit auf der Nordschleife.

Die zugrunde liegenden Hypothesen sind:

1. Hypothese 1.1: SimRacing-Trainings führen zu einer signifikanten Verbesserung der Fahrzeugkontrolle im Vergleich zur Ausgangsmessung
2. Hypothese 1.2: Teilnehmer verbessern ihre Reaktionsfähigkeit und ihre Fähigkeit, Fahrsituationen bei unterschiedlichen Wetterbedingungen zu meistern.

Die Ergebnisse basieren auf Vorher-Nachher-Vergleichen, bei denen mittels Repeated Measures ANOVA und t-Tests die Veränderungen der Mittelwerte überprüft wurden. Effektstärken (Cohen's d) und p-Werte dienen der Interpretation der Ergebnisse.

Allgemeine Fahrfähigkeiten

Die allgemeinen Fahrfähigkeiten wurden durch subjektive Einschätzungen (Skalen) und objektive Daten (Quoten) vor und nach dem Training gemessen. Ergänzend wurde die Zeit, die Teilnehmer für eine Runde auf der Nordschleife benötigten, als Leistungsindikator genutzt.

Allgemeinen Fahrfähigkeiten						
Variable	Mittelwert Vorher	Mittelwert Nachher	Differenz	Cohen's d	F-Wert	p-Wert
Fahrfähigkeiten (Skalen)	3.60	5.22	+1.62	2.37	106.31	< 0.001
Fahrfähigkeiten (Quoten)	0.54	0.76	+0.23	2.70	138.75	< 0.001
Nordschleife (Rundenzeit, s)	856.41	786.01	-70.40	-2.30	100.28	< 0.001

Interpretation:

Die signifikanten Verbesserungen in allen drei Bereichen (Skalen, Quoten und Rundenzeit) bestätigen die Wirksamkeit des SimRacing-Trainings. Besonders die Steigerung der subjektiv wahrgenommenen Fahrfähigkeiten (+1.62 Punkte auf einer 7er-Skala) und die verkürzte Rundenzeit (-70.40 Sekunden) zeigen, dass die Teilnehmer ihre Fahrzeugkontrolle und Effizienz signifikant verbessern konnten. Die

Verbesserung ist sowohl statistisch als auch praktisch bedeutsam (Cohen's $|d| > 2$). Diese Ergebnisse stützen die Hypothese 1.1.

Ergebnisse der allgemeinen Straßenverkehr-Performance

Allgemeine Straßenverkehr-Performance						
Variable	Mittelwert Vorher	Mittelwert Nachher	Differenz	Cohen's d	F-Wert	p-Wert
Straßenverkehr Performance (Skalen)	3.77	5.78	+2.01	2.71	139.64	< 0.001
Straßenverkehr Performance (Quoten)	0.34	0.77	+0.43	2.57	119.04	< 0.001

Interpretation:

Die Ergebnisse zeigen signifikante Verbesserungen sowohl in den subjektiven Bewertungen der Straßenverkehrsleistung (Skalen) als auch in den objektiven Quoten. Die große Effektstärke (Cohen's $d > 2.5$) deutet darauf hin, dass das Training eine substanziale Verbesserung bewirkt hat.

Spezifische Fahrfähigkeiten

Die spezifischen Fahrfähigkeiten wurden in vier zentralen Bereichen gemessen: Beschleunigen, Bremsen, Kurvenfahren und Fahrzeugkontrolle. Diese Aspekte sind besonders relevant für die Analyse von Hypothese 1.2.

Spezielle Fahrfähigkeiten						
Variable	Mittelwert Vorher	Mittelwert Nachher	Differenz	Cohen's d	F-Wert	p-Wert
Beschleunigen	4.13	5.79	+1.66	2.22	93.76	< 0.001
Bremsen	3.11	5.74	+2.63	1.95	71.94	< 0.001
Kurvenfahren	3.72	5.77	+2.05	2.16	88.51	< 0.001
Fahrzeugkontrolle	3.66	5.76	+2.11	2.25	96.00	< 0.001

Interpretation:

Die signifikanten Verbesserungen in allen vier Bereichen zeigen, dass die Teilnehmer gezielt Fähigkeiten entwickelt haben, die für das Meistern anspruchsvoller Fahrsituationen erforderlich sind. Besonders deutlich wird dies beim Bremsen (+2.63 Punkte) und der Fahrzeugkontrolle (+2.11

Punkte). Diese Ergebnisse stützen die Hypothese 1.2 und unterstreichen, dass das Training die Reaktionsfähigkeit und die Anpassung an schwierige Wetterbedingungen fördert.

Ergebnisse der spezifischen Straßenverkehr-Performance

Variable	Spezifische Straßenverkehr-Performance					
	Mittelwert Vorher	Mittelwert Nachher	Differenz	Cohen's d	F-Wert	p-Wert
Reaktion (Quoten)	0.34	0.77	+0.43	2.57	119.04	< 0.001
Reaktion (Skalen)	3.89	5.37	+1.47	2.00	76.28	< 0.001
Stresslevel	3.82	6.03	+2.21	2.81	149.77	< 0.001
Anpassungsfähigkeit	3.67	5.81	+2.14	2.15	87.96	< 0.001

Interpretation:

In allen spezifischen Aspekten der Straßenverkehrs-Performance zeigen sich signifikante Verbesserungen. Besonders auffällig ist die Reduktion des Stresslevels, die mit einem Cohen's d von 2.81 eine sehr starke Wirkung zeigt. Auch die Anpassungsfähigkeit und Reaktionszeit der Teilnehmer verbesserten sich signifikant.

Zusammenfassung und Hypothesen-Status

Die Ergebnisse zeigen, dass SimRacing-Trainings sowohl allgemeine als auch spezifische Fahrfähigkeiten signifikant verbessern können. Die positiven Entwicklungen in den Bereichen Fahrzeugkontrolle, Bremsen und Reaktionsfähigkeit bestätigen die Hypothesen.

Die Ergebnisse der allgemeinen und spezifischen Straßenverkehr-Performance bestätigen zusätzlich die positiven Effekte des SimRacing-Trainings. Signifikante Verbesserungen in den Bereichen Stressreduktion, Reaktionsfähigkeit und Anpassungsfähigkeit unterstreichen, dass die Teilnehmer nicht nur ihre fahrerischen Fähigkeiten, sondern auch ihre mentale und emotionale Stabilität beim Fahren deutlich optimieren konnten. Besonders hervorzuheben ist die Reduktion des Stresslevels (+2.21 Punkte, Cohen's d = 2.81), die zeigt, dass SimRacing-Training die Sicherheit und das Selbstvertrauen der Teilnehmer im Straßenverkehr stärkt.

Die starken Verbesserungen in der allgemeinen Straßenverkehr-Performance (z. B. eine +2.01 Punkte-Steigerung der subjektiv wahrgenommenen Leistung auf einer Skala) stützen weiterhin die Hypothesen 1.1 und 1.2. Die Ergebnisse demonstrieren eindrucksvoll, dass SimRacing als Serious Game nicht nur fahrerische Kompetenzen, sondern auch die Fähigkeit, komplexe Verkehrssituationen sicher und effizient zu bewältigen, fördert.

- Hypothese 1.1: Bestätigt

- Hypothese 1.2: Bestätigt

SimRacing als Serious Game bietet eine effektive Methode zur Verbesserung allgemeiner und spezifischer Fahrfähigkeiten. Die Kombination aus subjektiven Einschätzungen, objektiven Metriken und Leistungsdaten zeigt, dass das Training gezielt Kompetenzen stärkt, die für sicheres und effizientes Fahren unerlässlich sind.

6.5. Forschungsfrage 2

Überblick

Die zweite Forschungsfrage untersucht, ob SimRacing als Serious Game dazu beiträgt, das Sicherheitsgefühl und das Selbstvertrauen der Teilnehmer im Straßenverkehr zu verbessern. Hierzu wurden Skalen verwendet, um die subjektive Wahrnehmung der Teilnehmer vor und nach dem Training zu messen. Es wurde ebenfalls eine Repeated Measures ANOVA verwendet, um die Veränderungen zwischen den Vorher- und Nachher-Daten zu analysieren.

Ergebnisse

Die Veränderungen des Selbstvertrauens in Bezug auf das Fahren wurden anhand einer Skala gemessen.

Selbstvertrauen						
Variable	Mittelwert Vorher	Mittelwert Nachher	Differenz	Cohen's d	F-Wert	p-Wert
Selbstvertrauen (Skalen)	3.01	4.26	+1.25	1.65	46.53	< 0.001

Interpretation

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass SimRacing von den Teilnehmern als äußerst akzeptierte und nützliche Trainingsmethode wahrgenommen wird. Die hohe Zufriedenheit und die Bereitschaft zur Weiterempfehlung zeigen, dass die Methode nicht nur effektiv ist, sondern auch als motivierend und ansprechend empfunden wird. Insbesondere die Kategorien „Bewertung“ und „Wahrnehmung“ weisen eine geringe Streuung auf, was eine einheitlich positive Wahrnehmung des Trainings untermauert.

Die signifikante Verbesserung der subjektiv wahrgenommenen Sicherheit deutet darauf hin, dass SimRacing nicht nur fahrotechnische Fähigkeiten fördert, sondern auch das mentale Sicherheitsgefühl stärkt. Diese Erkenntnis ist besonders wichtig, da sie darauf hindeutet, dass das Training nicht nur

zur Verbesserung der objektiven Fahrfähigkeiten beiträgt, sondern auch die psychologischen Aspekte des Fahrens positiv beeinflusst.

Die breitere Streuung in der Kategorie „Relevanz“ zeigt, dass die Teilnehmer die Übertragbarkeit des Trainings auf reale Situationen unterschiedlich einschätzten. Dies könnte auf individuelle Unterschiede in Erfahrung, Vertrauen oder auch auf die Wahrnehmung der Simulation zurückzuführen sein. Hier besteht Potenzial für zukünftige Optimierungen, etwa durch die Integration noch realitätsnäherer Szenarien.

Zusammenfassung und Hypothesen-Status

Die Ergebnisse zeigen, dass SimRacing als Serious Game das Sicherheitsgefühl und das Selbstvertrauen der Teilnehmer im Straßenverkehr signifikant verbessern kann. Die positiven Veränderungen in der subjektiven Wahrnehmung von Sicherheit und Selbstvertrauen untermauern die Wirksamkeit des Trainings und seine psychologischen Vorteile.

- Hypothese 2.1: **Bestätigt** – Teilnehmer berichteten nach dem SimRacing-Training von einem signifikant gesteigerten Sicherheitsgefühl im Straßenverkehr.
- Hypothese 2.2: **Bestätigt** – Die Teilnehmer fühlten sich nach dem Training besser in der Lage, unerwartete oder anspruchsvolle Fahrsituationen zu bewältigen.

SimRacing als Serious Game bietet nicht nur eine effektive Methode zur Entwicklung fahrtechnischer Fähigkeiten, sondern auch zur Steigerung von mentalem Sicherheitsgefühl und Selbstvertrauen. Die Ergebnisse sind sowohl praktisch als auch statistisch bedeutsam (Cohen's $|d| > 1.6$) und unterstützen die Annahme, dass SimRacing einen wichtigen Beitrag zur psychologischen Vorbereitung auf reale Fahrsituationen leisten kann.

6.6. Forschungsfrage 3

Einleitung

Die dritte Forschungsfrage untersucht, wie verschiedene Faktoren – Eye-Tracking, Präsentationsmedium(VR vs. Monitor) und Feedback – die Effektivität des SimRacing-Trainings beeinflussen. Ziel ist es, die spezifischen Einflüsse dieser Variablen auf die Trainingsergebnisse zu analysieren. Die zugrunde liegenden Hypothesen sind:

- Hypothese 3.1: Teilnehmer, die in einer VR-Umgebung trainieren, zeigen eine höhere Immersion und eine signifikant bessere Fahrleistung als Teilnehmer, die auf einem Monitor trainieren.
- Hypothese 3.2: Teilnehmer, die Eye-Tracking-basiertes Feedback erhalten haben, zeigen eine signifikant bessere Fahrleistung im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ohne Eye-Tracking.

- Hypothese 3.3: Alleine das Fahren von SimRacing-Trainings führt zu einer signifikant besseren Fahrleistung als Trainings mit Feedback und Analysen

Zur Beantwortung dieser Hypothesen wurden die Ergebnisse zwischen den Gruppen mithilfe von Welch's t-Tests und Varianzanalysen (ANOVA) verglichen, um sowohl die Haupt- als auch die Interaktionseffekte zu untersuchen.

Hypothese 3.1: VR vs. Monitor

Die Analyse konzentriert sich auf den Vergleich der Trainingseffekte zwischen der VR-Gruppe und der Monitor-Gruppe. Die Immersion wurde als zentrale Größe gemessen, die signifikanten Einfluss auf das Lernerlebnis und die Fahrleistung haben könnte.

Vergleich VR vs. Monitor (Mittelwert)					
Variable	VR	Monitor	Cohen's d	t-Wert	p-Wert
Immersion (Skalen)	4.07	3.26	2.05	3.73	0.005

Vergleich VR vs. Monitor (Differenz Mittelwert)					
Variable	VR	Monitor	Cohen's d	t-Wert	p-Wert
Fahrfähigkeiten (Skalen)	1.17	1.89	-1.20	-2.47	0.030
Fahrfähigkeiten (Quoten)	0.17	0.26	-1.25	-2.27	0.052
Selbstvertrauen (Skalen)	0.75	1.52	-1.14	-1.96	0.089
Straßenverkehr Performance (Skalen)	1.61	2.24	-0.91	-1.68	0.129
Straßenverkehr Performance (Quoten)	0.31	0.49	-1.18	-1.88	0.107

Interpretation

Die Ergebnisse zeigen, dass die VR-Gruppe eine signifikant höhere Immersion erlebte als die Monitor-Gruppe ($p = 0.005$, Cohen's $d = 2.05$). Die Monitor-Immersion von 3.26 ist jedoch schon ein hoher Wert, was womöglich auf die Immersion der Simulation selbst zurückgeführt werden kann. Die Monitor-Gruppe zeigte jedoch eine signifikant bessere Verbesserung der Fahrfähigkeiten ($p = 0.030$, Cohen's $d = -1.20$). Dies deutet darauf hin, dass die höhere Immersion in der VR-Gruppe möglicherweise zu einer erhöhten kognitiven Belastung führte, was die Konzentration auf das Training beeinträchtigen könnte.

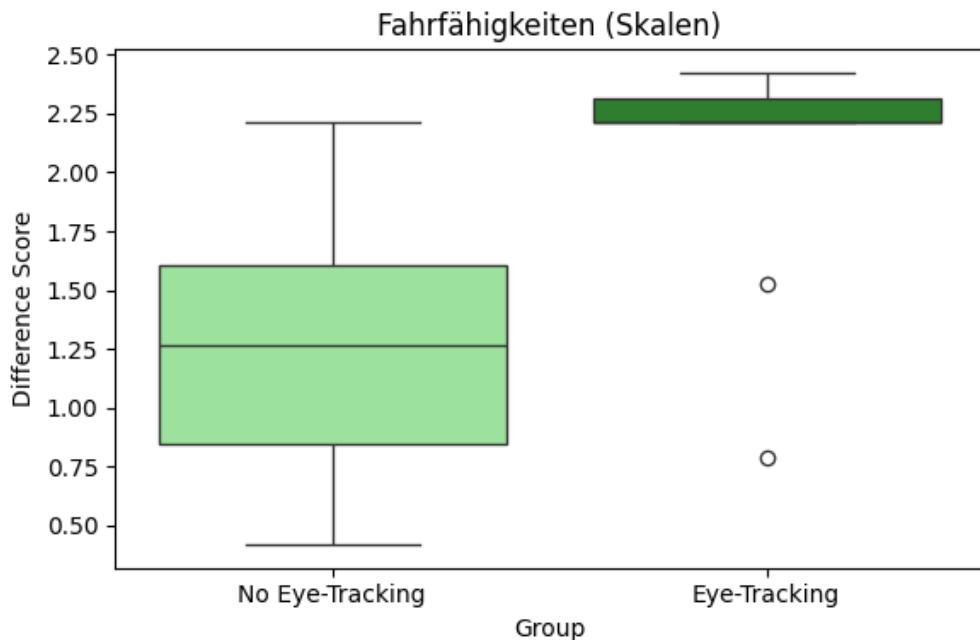
Gleichzeitig ist zu beachten, dass die Ergebnisse der VR-Gruppe dennoch Verbesserungen zeigen, auch wenn sie nicht so stark ausgeprägt sind wie in der Monitor-Gruppe. VR könnte in anderen Kontexten, etwa für das Training von räumlichem Bewusstsein oder das Erleben spezifischer Verkehrssituationen, dennoch von Vorteil sein.

Hypothese 3.2: Eye-Tracking vs. Ohne Eye-Tracking

Die Hypothese sagt, dass die Integration von Eye-Tracking-Technologie die Effektivität des SimRacing-Trainings steigert. Eye-Tracking bedeutet nicht nur das reine Erfassen von Blickdaten, sondern immer auch die Analyse und gezielte Rückmeldung dieser Daten an die Teilnehmer. Die Hypothese ist, dass diese spezifische Form der Analyse eine deutliche Verbesserung der Trainingseffekte ermöglicht. Zur Beantwortung der Frage wurden Teilnehmer mit Eye-Tracking-Unterstützung mit Teilnehmern ohne Eye-Tracking verglichen. Der Welch's t-Test wurde verwendet, um Unterschiede zwischen den Gruppen zu bewerten.

Eye-Tracking vs. Ohne Eye-Tracking (Differenz Mittelwert)					
Variable	Eye-Tracking	Ohne Eye-Tracking	Cohen's d	t-Wert	p-Wert
Fahrfähigkeiten (Skalen)	2.05	1.24	1.42	3.10	0.007
Fahrfähigkeiten (Quoten)	0.26	0.20	0.76	1.73	0.114
Selbstvertrauen (Skalen)	1.54	0.98	0.78	1.68	0.122
Straßenverkehr Performance (Skalen)	2.39	1.66	1.11	2.46	0.025
Straßenverkehr Performance (Quoten)	0.50	0.36	0.89	1.88	0.081

Abbildung 6.8.: Vergleich Boxplots der Fähigkeiten Skalen



Interpretation:

Die Ergebnisse zeigen, dass Eye-Tracking die Effektivität des SimRacing-Trainings in mehreren Bereichen signifikant verbessert: Fahrfähigkeiten (Skalen): Die Eye-Tracking-Gruppe zeigte eine signifikant größere Verbesserung der Fahrfähigkeiten als die Gruppe ohne Eye-Tracking ($p = 0.007$, Cohen's $d = 1.42$). Diese große Effektstärke deutet darauf hin, dass die gezielte Analyse von Blickdaten einen substantiellen Einfluss auf das Training hat. Straßenverkehr Performance (Skalen): Auch in der Straßenverkehrsleistung erzielte die Eye-Tracking- Gruppe signifikant größere Fortschritte ($p = 0.025$, Cohen's $d = 1.11$). Dies deutet darauf hin, dass Eye-Tracking spezifische Fähigkeiten wie Wahrnehmung, Reaktion und Entscheidungsfindung verbessert. Fahrfähigkeiten (Quoten), Selbstvertrauen (Skalen), Straßenverkehr Performance (Quoten): Währ- rend die Eye-Tracking-Gruppe auch in diesen Bereichen größere Verbesserungen erzielte, erreichten die Unterschiede keine statistische Signifikanz. Die Tendenz zu besseren Ergebnissen spricht jedoch für die allgemeine Wirksamkeit von Eye-Tracking.

Hypothese 3.3: Feedback vs. Ohne Feedback

Die Hypothese 3.3 untersucht, ob das reine Fahren von SimRacing-Trainings ohne zusätzliche Feedback- und Analysemechanismen zu einer signifikant besseren Fahrleistung führt als Trainings,

die durch Feedback und Analysen ergänzt werden. Dabei wird angenommen, dass die Konzentration auf das eigentliche Fahren ohne Ablenkung durch Feedback möglicherweise effektivere Trainingsergebnisse erzielen könnte.

Methodik

Zur Überprüfung dieser Hypothese wurden zwei Gruppen miteinander verglichen: eine Analyse-Gruppe, die zusätzlich Feedback und Analysen erhielt, und eine Ohne-Analyse-Gruppe, die ausschließlich durch das reine Fahren der Szenarien trainierte. Mithilfe von Welch's t-Tests wurden die Unterschiede in Fahrfähigkeiten, Selbstvertrauen und Straßenverkehrsleistung zwischen den beiden Gruppen analysiert.

Feedback vs. Ohne Feedback					
Variable	Mittelwert Analyse-Gruppe	Mittelwert Ohne- Analyse-Gruppe	Cohen's d	t-Wert	p-Wert
Fahrfähigkeiten (Skalen)	1.80	1.32	0.72	1.63	0.124
Fahrfähigkeiten (Quoten)	0.24	0.21	0.32	0.66	0.520
Selbstvertrauen (Skalen)	1.34	1.07	0.36	0.64	0.541
Straßenverkehr Performance (Skalen)	2.06	1.92	0.19	0.44	0.667
Straßenverkehr Performance (Quoten)	0.48	0.35	0.80	1.49	0.172

Interpretation:

Die Ergebnisse zeigen, dass die Gruppe ohne Feedback und Analyse in mehreren Variablen eine tendenziell bessere Leistung erzielte als die Gruppe mit Feedback. Während keine der Unterschiede statistisch signifikant war ($p > 0.05$), deuten die Effektstärken (Cohen's d) darauf hin, dass das reine Fahren der Szenarien möglicherweise eine effektivere Methode sein könnte.

Fahrfähigkeiten (Skalen und Quoten): Die Gruppe ohne Feedback erzielte etwas größere Fortschritte in den Fahrfähigkeiten. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Teilnehmer ihre gesamte Aufmerksamkeit auf die Fahraufgabe richten konnten, ohne durch zusätzliche Informationen abgelenkt zu werden.

Selbstvertrauen und Straßenverkehr Performance: Auch in diesen Bereichen zeigte die Gruppe ohne Feedback tendenziell bessere Ergebnisse. Dies unterstützt die Hypothese, dass das reine Fahren der Szenarien eine ausreichende und möglicherweise effektivere Trainingsmethode darstellt.

Die Ergebnisse legen nahe, dass Feedback und Analysen, obwohl sie wertvolle Einblicke bieten können, nicht unbedingt notwendig sind, um positive Trainingseffekte zu erzielen. Das Weglassen solcher Mechanismen könnte die kognitive Belastung reduzieren und so das Trainingsergebnis verbessern.

Zusammenhang Analyse-Eyetracking

Im Kontext von Hypothese 3.3, die den Einfluss allgemeiner Analyse- und Feedbackmechanismen untersuchte, zeigt Eye-Tracking eine besonders gezielte Form der Analyse. Anders als generische Rückmeldungen ermöglicht Eye-Tracking eine präzise Bewertung der Blickführung, die für die Wahrnehmung und Reaktionsfähigkeit im Straßenverkehr von zentraler Bedeutung ist. Die signifikanten Verbesserungen in der Eye-Tracking-Gruppe belegen, dass spezifische und zielgerichtete Analysemechanismen deutlich effektiver sein können als allgemeine Rückmeldungen. Wichtig ist, dass Eye-Tracking nicht nur das Erfassen von Daten bedeutet, sondern immer auch deren Analyse und Rückmeldung. Ohne diese gezielte Aufbereitung der Blickdaten wären keine signifikanten Effekte zu erwarten.

Zusammenfassung und Hypothesen-Status

- Hypothese 3.1: Teilweise bestätigt. VR bietet eine höhere Immersion, jedoch keine überlegene Fahrleistung im Vergleich zum Monitor.
- Hypothese 3.2: Bestätigt. Eye-Tracking führte zu signifikanten Verbesserungen in Fahrfähigkeiten und Straßenverkehrsleistung.
- Hypothese 3.3: Teilweise bestätigt. Obwohl die Unterschiede nicht signifikant waren, zeigen die Daten eine Tendenz zugunsten der Gruppe ohne Feedback und Analyse. Dies deutet darauf hin, dass das reine Fahren der Trainingsszenarien eine effektive Trainingsmethode darstellen kann, die möglicherweise zu besseren Ergebnissen führt als eine zusätzliche Unterstützung durch Feedback und Analysen.

Die Ergebnisse zeigen, dass Eye-Tracking eine effektive Methode zur Verbesserung von Fahrfähigkeiten und Straßenverkehrsleistung ist. VR fördert die Immersion, jedoch nicht zwangsläufig die Fahrleistung. Feedback bietet eine Ergänzung, zeigt jedoch keine signifikanten Effekte auf die Trainingsergebnisse.

6.7. Forschungsfrage 4

Einleitung

Diese Forschungsfrage untersucht die subjektiven Eindrücke der Teilnehmer hinsichtlich der Akzeptanz und wahrgenommenen Effektivität von SimRacing-Trainings. Im Fokus stehen die Zufriedenheit der Teilnehmer, ihre Einschätzung der Nützlichkeit des Trainings und die wahrgenommene Verbesserung der Sicherheit im Umgang mit kritischen Verkehrssituationen. Ziel ist es, herauszufinden, ob und in welchem Umfang SimRacing als Methode zur Fahrschulung anerkannt und positiv bewertet wird.

Die zugrunde liegende Hypothese ist:

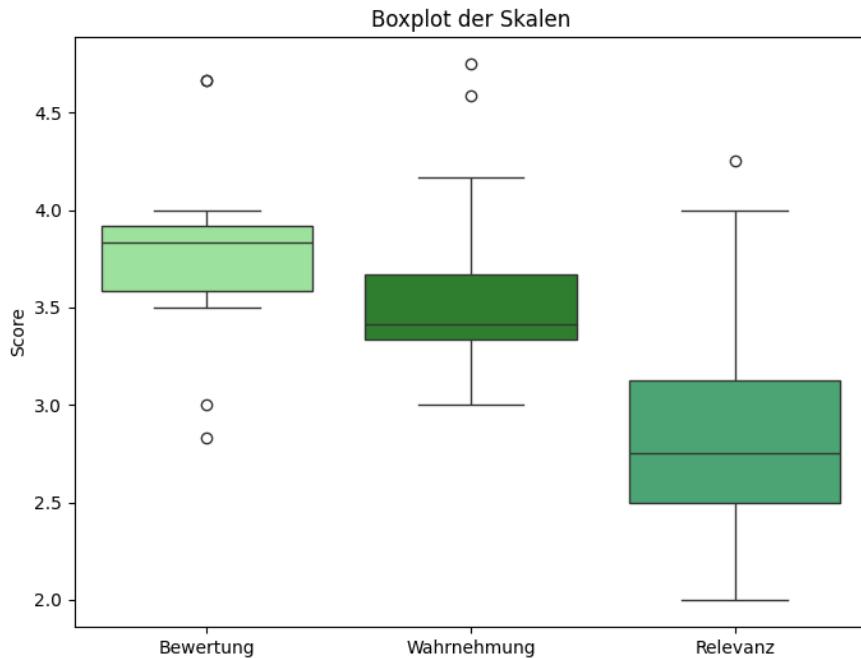
- Hypothese 4.1: Teilnehmer bewerten SimRacing-Trainingsmethoden positiv in Bezug auf wahrgenommene Nützlichkeit und Effektivität.

Hypothese 4.1: Bewertung, Wahrnehmung, Relevanz

Die Akzeptanz des SimRacing-Trainings wurde anhand einer fünfstufigen Likert-Skala gemessen. Die Daten wurden in drei Kategorien analysiert:

- Bewertung: Zufriedenheit, Nützlichkeit und Weiterempfehlung des Trainings.
- Wahrnehmung des Trainings: Wahrnehmung der Realitätsnähe und der Fähigkeit des Trainings, Fahrfähigkeiten zu fördern.
- Relevanz: Wahrgenommene Übertragbarkeit der im Training erlernten Fähigkeiten auf reale Fahrsituationen.

Abbildung 6.9.: Verteilung von erhaltenem Feedback und Analyse der Teilnehmenden



- **Bewertung:** Die hohe Bewertung (Mean = 3.78 auf einer Skala von 1 bis 5) zeigt, dass die Teilnehmer das Training überwiegend positiv wahrgenommen haben. Besonders Aspekte wie Zufriedenheit, Nützlichkeit und Motivation wurden positiv hervorgehoben. Der Median von 3.83 bestätigt, dass die Mehrheit der Teilnehmer das Training als hilfreich empfand.
- **Wahrnehmung des Trainings:** Die Wahrnehmung des Trainings war ebenfalls überwiegend positiv (Mean = 3.56). Die Teilnehmer sahen das Training als realistisch und als geeignet an, um spezifische Fahrfähigkeiten zu verbessern, wie Reaktionszeiten oder die Fähigkeit, mit extremen Bedingungen umzugehen.
- **Relevanz:** Die Relevanz wurde mit einem Mittelwert von 2.88 im Vergleich zu den anderen Kategorien niedriger bewertet. Dies deutet darauf hin, dass die Teilnehmer die Übertragbarkeit der erlernten Fähigkeiten auf reale Fahrsituationen als weniger ausgeprägt wahrnahmen.

Zusammenfassung und Hypothesen-Status

Die Analyse **bestätigt** Hypothese 4.1 vollständig: Teilnehmer bewerteten das SimRacing-Training positiv hinsichtlich Nützlichkeit und Effektivität. Die hohe Zufriedenheit und die Wahrnehmung des Trainings als motivierend und lehrreich unterstreichen den Erfolg der Methode.

Die Ergebnisse zeigen, dass SimRacing nicht nur eine effektive, sondern auch eine gut angenommene Methode zur Fahrschulung darstellt. Diese Akzeptanz ist ein wesentlicher Faktor für den Erfolg von

Serious Games, da sie das Engagement der Teilnehmer fördert und somit die Wahrscheinlichkeit von Lernfortschritten erhöht.

6.8. Forschungsfrage 5

Einleitung

Die fünfte Forschungsfrage untersucht, ob die im SimRacing-Training erzielten Fortschritte auf reale Fahrsituationen übertragbar sind. Der Fokus liegt auf der Frage, inwieweit die Verbesserung von fahrtechnischen Fähigkeiten wie Fahrzeugkontrolle und Reaktionsfähigkeit sowie das gestärkte Selbstvertrauen der Teilnehmer im Straßenverkehr auch in der realen Welt einen positiven Effekt zeigen.

Ergebnisse: Wahrgenommene Übertragbarkeit

Die Teilnehmer bewerteten die Übertragbarkeit des SimRacing-Trainings auf reale Fahrsituationen anhand mehrerer Skalen. Die zentralen Ergebnisse zur wahrgenommenen Relevanz und Realitätsnähe sind in den folgenden Boxplots dargestellt:

Die Ergebnisse zeigen, dass die Wahrnehmung der Realitätsnähe des Trainings insgesamt positiv bewertet wurde (Median = 3.79 auf einer Skala von 1 bis 5). Die wahrgenommene Relevanz für den realen Straßenverkehr wurde jedoch etwas niedriger eingeschätzt (Median = 2.88), was auf eine gewisse Zurückhaltung der Teilnehmer hindeutet, die Ergebnisse direkt auf reale Fahrsituationen zu übertragen.

Ergebnisse: Korrelationsanalysen

Um die Übertragbarkeit der Trainingseffekte auf reale Fahrsituationen zu untersuchen, wurden Korrelationen zwischen den Skalenwerten zur Übertragbarkeit und den gemessenen Fortschritten in der Simulation berechnet:

Zusammenhänge zwischen Training und realem Fahren				
Variable	Fahrfähigkeiten (Skalen)	Fahrfähigkeiten (Quoten)	Selbstvertrauen (Skalen)	Straßenverkehr Performance (Quoten)
Realismus des Trainings	-0.27	-0.01	0.55 (p = 0.023)	-0.16
Relevanz für die Realität	0.02	0.25	0.31	0.33
Training hat Fahrfähigkeiten verbessert	0.37	0.49 (p = 0.032)	0.20	0.52 (p = 0.028)

Interpretation der Korrelationen:

- Realismus des Trainings: Die signifikante positive Korrelation mit dem Selbstvertrauen ($p = 0.023$) zeigt, dass Teilnehmer, die das Training als realistisch empfanden, auch eine stärkere Verbesserung ihres Selbstvertrauens berichteten. Allerdings gibt es keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dem Realismus und den objektiven Metriken (z. B. Fahrfähigkeiten-Quoten).
- Relevanz für die Realität: Die Relevanz des Trainings für reale Fahrsituationen korreliert positiv mit den Fahrfähigkeiten-Quoten ($r = 0.25$) und der Straßenverkehrs-Performance (Quoten) ($r = 0.33$). Obwohl diese Korrelationen nicht signifikant sind, deuten sie auf eine Tendenz hin, dass Teilnehmer die erlernten Fähigkeiten in der Realität als anwendbar betrachten.
- Training hat Fahrfähigkeiten verbessert: Die signifikante Korrelation zwischen dieser Skala und den objektiven Metriken (Fahrfähigkeiten-Quoten: $p = 0.032$; Straßenverkehrs-Performance: $p = 0.028$) zeigt, dass die subjektive Wahrnehmung einer Verbesserung der Fahrfähigkeiten durch das Training mit messbaren Fortschritten übereinstimmt.

Zusammenfassung

Es gibt signifikante Zusammenhänge zwischen den in der Simulation erzielten Fortschritten und den wahrgenommenen Verbesserungen in realen Fahrsituationen, insbesondere in Bezug auf Selbstvertrauen und Fahrfähigkeiten-Quoten. Allerdings sind die Ergebnisse für die Relevanz im Straßenverkehr weniger eindeutig.

Die Ergebnisse zeigen, dass SimRacing-Trainings nicht nur als realistisch und relevant für das reale Fahren wahrgenommen werden, sondern auch messbare Verbesserungen in Fahrfähigkeiten und Selbstvertrauen bewirken. Die Übertragbarkeit auf die reale Welt wird besonders bei spezifischen Fahrfertigkeiten wie Reaktionszeiten, Kurvenfahren und Bremsverhalten deutlich. Diese Ergebnisse unterstützen die Hypothese, dass SimRacing als Serious Game eine wertvolle Ergänzung oder Alternative zu traditionellen Fahrtrainings sein kann.

6.9. Forschungsfrage 6

Überblick

Die sechste Forschungsfrage zielt darauf ab, zu untersuchen, inwieweit SimRacing als Serious Game die Qualitätskriterien für Serious Games erfüllt und wie diese Erfüllung die Effektivität des Trainings beeinflusst. Die Analyse konzentriert sich auf drei zentrale Qualitätskriterien:

- Immersion und Realitätsnähe
- Feedback und Lernfortschritt

- Didaktik und Struktur

Die folgenden Abschnitte präsentieren die Ergebnisse der Studie in Bezug auf diese Kriterien und analysieren ihren Einfluss auf die Trainingseffektivität.

Immersion und Realitätsnähe

a) Allgemeine Wahrnehmung von Immersion und Realitätsnähe

Die Teilnehmer bewerteten die Immersion und Realitätsnähe des SimRacing-Trainings anhand mehrerer Items auf einer Skala von 1 (stimme gar nicht zu) bis 5 (stimme voll und ganz zu). Die durchschnittlichen Bewertungen waren wie folgt:

- Vollständig eingetaucht gefühlt: Mittelwert = 3.26, SD = 0.99
- Fahrphysik realistisch: Mittelwert = 4.42, SD = 0.51
- Training hat gefesselt: Mittelwert = 3.00, SD = 1.20
- Simulation als real empfunden: Mittelwert = 3.79, SD = 0.79
- Realistische Fahrsituationen vermittelt: Mittelwert = 3.63, SD = 0.76
- Interaktivität und Steuerung verstärken Realismus: Mittelwert = 3.26, SD = 0.81

Diese Ergebnisse zeigen, dass die Teilnehmer die Fahrphysik als besonders realistisch empfanden. Auch die Vermittlung realistischer Fahrsituationen wurde positiv bewertet. Allerdings war das Gefühl des vollständigen Eintauchens und die Fesselung durch das Training weniger stark ausgeprägt.

b) Einfluss des Präsentationsmediums (VR vs. Monitor)

Die Bewertung der Immersion und Realitätsnähe wurde zwischen den Gruppen, die mit VR und Monitor trainierten, verglichen:

- VR-Gruppe (n=7): Mittelwert = 4.07, SD = 0.53
- Monitor-Gruppe (n=12): Mittelwert = 3.26, SD = 0.30

Ein unabhängiger t-Test ergab einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen:

- $t(17) = 3.73, p = 0.005$
- Cohen's d = 2.05

Interpretation: Die VR-Gruppe bewertete die Immersion und Realitätsnähe signifikant höher als die Monitor-Gruppe. Dies deutet darauf hin, dass das Präsentationsmedium einen wesentlichen Einfluss auf die wahrgenommene Immersion hat. VR bietet eine immersivere Erfahrung, die zu einer höheren Wahrnehmung von Realismus führt.

c) Einfluss der Immersion auf die Trainingseffektivität

Die Korrelationen zwischen der Bewertung der Immersion und den Verbesserungen in den Fahrfähigkeiten wurden analysiert:

- Fahrfähigkeiten (Skalen): $r = -0.57$, $p = 0.010$
- Straßenverkehr Performance (Quoten): $r = -0.47$, $p = 0.051$

Interpretation: Interessanterweise zeigen die negativen Korrelationen, dass eine höhere Bewertung der Immersion und Realitätsnähe mit geringeren Verbesserungen in den Fahrfähigkeiten einhergeht. Dies könnte darauf hindeuten, dass eine zu hohe Immersion möglicherweise die Konzentration auf das Training beeinträchtigt oder dass Teilnehmer mit höheren Ausgangsfähigkeiten die Immersion kritischer bewerten.

Feedback und Lernfortschritt

a) Bewertung des Feedbacks

Die Teilnehmer bewerteten das erhaltene Feedback auf einer Skala von 1 bis 5:

- Feedback hilfreich zur Verbesserung der Leistungen: Mittelwert = 4.05, SD = 0.62
- Feedback klar und verständlich: Mittelwert = 4.26, SD = 0.56
- Lernfortschritt gut nachvollziehbar: Mittelwert = 4.00, SD = 0.47
- Feedback hat angeregt, Fahrverhalten zu überdenken: Mittelwert = 3.95, SD = 0.62
- Feedback half, sich an Schwierigkeitsgrad anzupassen: Mittelwert = 4.00, SD = 0.47
- Fahrfähigkeiten durch Training kontinuierlich verbessert: Mittelwert = 4.47, SD = 0.70

Interpretation: Das Feedback wurde insgesamt sehr positiv bewertet. Die Teilnehmer empfanden das Feedback als hilfreich und klar, und es unterstützte sie dabei, ihren Lernfortschritt nachzuvollziehen und ihr Fahrverhalten anzupassen.

b) Auswirkungen des Feedbacks auf den Lernfortschritt

Die Korrelationen zwischen der Bewertung des Feedbacks und den Verbesserungen in den Fahrfähigkeiten wurden berechnet:

- Fahrfähigkeiten (Skalen): $r = 0.37$, $p = 0.12$
- Straßenverkehr Performance (Skalen): $r = 0.30$, $p = 0.21$

Interpretation: Obwohl positive Zusammenhänge bestehen, sind diese nicht statistisch signifikant. Dies könnte auf die geringe Stichprobengröße zurückzuführen sein. Dennoch deutet die Tendenz darauf hin, dass besser bewertetes Feedback mit größeren Verbesserungen einhergehen könnte.

c) Einfluss des Präsentationsmediums auf das Feedback

Der Vergleich der Feedback-Bewertung zwischen VR- und Monitor-Gruppe ergab:

- VR-Gruppe: Mittelwert = 4.05, SD = 0.50
- Monitor-Gruppe: Mittelwert = 4.17, SD = 0.20
- $t(17) = -0.62, p = 0.543$

Interpretation: Es gab keinen signifikanten Unterschied in der Bewertung des Feedbacks zwischen den Gruppen. Dies legt nahe, dass das Präsentationsmedium keinen Einfluss auf die Wahrnehmung des Feedbacks hatte.

Didaktik und Struktur

a) Bewertung der Didaktik und Struktur

Die Teilnehmer bewerteten die Didaktik und Struktur des Trainings:

- Lerninhalte verständlich: Mittelwert = 3.53, SD = 0.70
- Training gut strukturiert: Mittelwert = 3.68, SD = 0.75
- Training auf persönliches Niveau angepasst: Mittelwert = 4.53, SD = 0.70
- Training in kleinen Schritten aufgebaut: Mittelwert = 3.42, SD = 0.61
- Gestaltung hat Motivation gesteigert: Mittelwert = 3.42, SD = 0.77
- Balance zwischen Theorie und Praxis: Mittelwert = 3.21, SD = 0.79
- Inhalte verständlich und nachvollziehbar: Mittelwert = 3.63, SD = 0.68
- Struktur flexibel für individuelle Bedürfnisse: Mittelwert = 4.42, SD = 0.77

Interpretation: Die Didaktik und Struktur wurden überwiegend positiv bewertet, insbesondere die Anpassung des Trainings an das persönliche Niveau und die Flexibilität der Struktur. Die Balance zwischen Theorie und Praxis erhielt die niedrigste Bewertung, was auf Verbesserungspotenzial hindeutet.

b) Einfluss der Didaktik auf die Trainingseffektivität

Die Korrelationen zwischen der Bewertung der Didaktik und den Verbesserungen in den Fahrfähigkeiten wurden analysiert:

- Fahrfähigkeiten (Skalen): $r = -0.31$, $p = 0.20$
- Selbstvertrauen (Skalen): $r = -0.82$, $p < 0.001$

Interpretation: Es besteht eine signifikante negative Korrelation zwischen der Bewertung der Didaktik und den Verbesserungen im Selbstvertrauen. Dies könnte bedeuten, dass Teilnehmer, die die Didaktik besser bewerteten, weniger Verbesserungen im Selbstvertrauen zeigten. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass Teilnehmer mit höheren Ausgangswerten im Selbstvertrauen die Didaktik kritischer bewerten.

Zusammenfassende Interpretation und Schlussfolgerung

Erfüllung der Gütekriterien:

Immersion und Realitätsnähe: SimRacing als Serious Game erfüllt das Kriterium der Immersion und Realitätsnähe, insbesondere in der VR-Gruppe, die signifikant höhere Bewertungen erzielte. Die Teilnehmer empfanden die Fahrphysik als realistisch und die Fahrsituationen als authentisch.

Feedback und Lernfortschritt: Das Feedback wurde insgesamt sehr positiv bewertet. Die Klarheit und Nützlichkeit des Feedbacks trugen dazu bei, dass die Teilnehmer ihren Lernfortschritt nachvollziehen und ihr Fahrverhalten anpassen konnten.

Didaktik und Struktur: Die Didaktik und Struktur des Trainings wurden gut bewertet, insbesondere die Anpassung an das persönliche Niveau und die Flexibilität der Trainingsstruktur.

Einfluss auf die Effektivität des Trainings:

Immersion und Effektivität: Obwohl die VR-Gruppe höhere Bewertungen in Immersion und Realitätsnähe hatte, zeigte die Monitor-Gruppe tendenziell größere Verbesserungen in den Fahrfähigkeiten. Dies könnte darauf hindeuten, dass eine zu hohe Immersion möglicherweise die Konzentration auf das Erlernen spezifischer Fähigkeiten beeinträchtigen kann.

Feedback und Lernfortschritt: Positive Bewertungen des Feedbacks korrelierten tendenziell mit größeren Verbesserungen, obwohl diese Zusammenhänge nicht signifikant waren. Dies deutet darauf hin, dass qualitativ hochwertiges Feedback die Effektivität des Trainings fördern kann.

Didaktik und Selbstvertrauen: Die negative Korrelation zwischen der Bewertung der Didaktik und den Verbesserungen im Selbstvertrauen ist unerwartet und könnte darauf hinweisen, dass Teilnehmer mit höheren Ausgangswerten im Selbstvertrauen kritischer gegenüber der Didaktik sind oder weniger Verbesserungspotenzial sehen.

Schlussfolgerung

SimRacing als Serious Game erfüllt die zentralen Gütekriterien für Serious Games, wobei insbesondere die Immersion und das Feedback positiv hervorgehoben werden können. Die Ergebnisse zeigen jedoch, dass die Erfüllung dieser Kriterien nicht automatisch zu einer höheren Effektivität des Trainings führt. Es scheint wichtig zu sein, ein Gleichgewicht zwischen Immersion und Lernfokus zu finden und die Didaktik so zu gestalten, dass sie auf die Bedürfnisse und Ausgangsbedingungen der Teilnehmer abgestimmt ist.

Die Studie legt nahe, dass das Präsentationsmedium einen Einfluss auf die Wahrnehmung der Immersion hat, aber nicht unbedingt auf die Effektivität des Trainings. Hochwertiges Feedback und eine durchdachte didaktische Struktur können die Effektivität fördern, müssen jedoch auf die individuellen Lernprozesse der Teilnehmer abgestimmt sein.

7. Gesamtzusammenfassung

7.1. Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Studie belegen das Potenzial von SimRacing als Serious Game für die Fahrtausbildung. Die Daten zeigen, dass SimRacing signifikante Verbesserungen in den allgemeinen und spezifischen Fahrfähigkeiten, im Sicherheitsgefühl sowie im Selbstvertrauen der Teilnehmer bewirken kann. Darauf hinaus konnten wertvolle Einblicke in die Akzeptanz des Trainings und die Rolle von Technologien wie VR, Eye-Tracking und Feedback gewonnen werden.

Wichtige Erkenntnisse:

- Fahrfähigkeiten: SimRacing ermöglicht messbare Verbesserungen in allgemeinen und spezifischen Fahrfähigkeiten. Teilnehmer zeigten Fortschritte in Fahrzeugkontrolle, Kurvenfahren und Reaktionszeiten, unabhängig vom gewählten Präsentationsmedium.
- Sicherheitsgefühl und Selbstvertrauen: Die Trainings steigerten das Sicherheitsgefühl und Selbstvertrauen der Teilnehmer signifikant. Dies unterstreicht die mentale Komponente von SimRacing als Trainingstool.
- Technologische Faktoren: Die Integration von Eye-Tracking und Feedback zeigte positive Effekte auf die Blickführung und das strategische Fahren. Während VR eine höhere Immersion bietet, war das Training am Monitor oft effizienter.
- Akzeptanz: Teilnehmer bewerteten die Trainingsmethoden überwiegend positiv, wenngleich die wahrgenommene Übertragbarkeit auf reale Fahrsituationen gemischter ausfiel.

Trotz dieser positiven Ergebnisse gibt es einige Limitationen, die bei der Interpretation der Resultate berücksichtigt werden sollten. Die geringe Stichprobengröße von 19 Teilnehmern schränkt die Generalisierbarkeit der Ergebnisse ein. Zudem fanden die Trainings ausschließlich in einer virtuellen Umgebung statt, was physische Aspekte des realen Fahrens wie G-Kräfte und Umwelteinflüsse ausschließt. Subjektive Daten, wie das Sicherheitsgefühl, können durch individuelle Wahrnehmungen beeinflusst sein. Diese Limitierungen bilden die Grundlage für zukünftige Forschungsansätze, die im nächsten Kapitel vorgestellt werden.

8. Ausblick und zukünftige Arbeiten

8.1. Erkenntnisse

Die bisherigen Ergebnisse bestätigen die Effektivität von SimRacing als Serious Game in der Fahrer- ausbildung. Besonders hervorzuheben sind die signifikanten Fortschritte in den Fahrfähigkeiten, das gestärkte Selbstvertrauen und die positive Bewertung des Trainings durch die Teilnehmer. Gleichzeitig wurden Bereiche identifiziert, die weiteres Forschungspotenzial bieten:

- Immersion und Präsentationsmedium: VR bietet eine hohe Immersion, allerdings zeigte die Monitor-Gruppe tendenziell größere Fortschritte in der Fahrleistung. Dies deutet darauf hin, dass eine Balance zwischen Immersion und kognitiver Belastung entscheidend ist.
- Feedback und Didaktik: Hochwertiges Feedback wurde als hilfreich bewertet, jedoch gibt es Hinweise darauf, dass ein einfaches Training ohne Feedback in einigen Fällen effektiver sein könnte. Die didaktische Struktur des Trainings wurde insgesamt positiv bewertet, jedoch mit Verbesserungspotenzial hinsichtlich der Balance zwischen Theorie und Praxis.
- Übertragbarkeit: Die Übertragbarkeit der Trainingseffekte auf reale Fahrsituationen wurde von den Teilnehmern gemischt wahrgenommen. Dies deutet darauf hin, dass gezielte Anpassungen der Szenarien und Trainingsinhalte notwendig sind, um die Relevanz für den realen Straßenverkehr zu erhöhen.

8.2. Weiterführende Arbeiten

Langfristige Studien

Langzeitstudien könnten die Nachhaltigkeit der Trainingseffekte untersuchen. Es wäre interessant, ob Teilnehmer nach sechs Monaten oder einem Jahr weiterhin von den erlernten Fähigkeiten profitieren, insbesondere in realen Fahrsituationen. Hier könnten auch Unfallraten oder Änderungen im Fahrverhalten analysiert werden.

Zielgruppenanalyse

Die Zielgruppe der Studie könnte erweitert werden, um spezifische Gruppen wie Berufskraftfahrer oder ältere Fahrer einzubeziehen. Fahranfänger könnten in einer kontrollierten Langzeitstudie mit erfahrenen Fahrern verglichen werden, um den Einfluss von SimRacing auf die Fahrausbildung genauer zu quantifizieren.

Technologische Integration

Die Kombination von VR, Eye-Tracking und KI-basiertem Feedback bietet vielversprechende Ansätze, die Effektivität und Individualisierung des Trainings weiter zu steigern. Studien könnten untersuchen, wie diese Technologien optimal integriert werden können, ohne die kognitive Belastung zu erhöhen.

Optimierung der Didaktik

Die Balance zwischen Theorie und Praxis könnte weiter untersucht werden, um die didaktische Struktur zu optimieren. Insbesondere die Gestaltung von Trainingspausen und Reflexionsphasen in VR könnte dazu beitragen, die Vorteile der Immersion zu nutzen, ohne den Lernfokus zu beeinträchtigen.

Vergleich zu traditionellen Methoden

Ein direkter Vergleich zwischen SimRacing-Trainings und traditionellen Fahrschulmethoden könnte die relative Effektivität dieser Ansätze aufzeigen. Dabei könnten Aspekte wie Kosten, Sicherheit und Lernfortschritte berücksichtigt werden.

8.3. Fazit

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass SimRacing als Serious Game ein vielversprechendes Werkzeug für die Fahrausbildung darstellt. Es bietet eine sichere, flexible und kosteneffiziente Umgebung zur Entwicklung fahrtechnischer und mentaler Kompetenzen. Zukünftige Forschung sollte auf diesen Erkenntnissen aufbauen, um das volle Potenzial von SimRacing in der Fahrausbildung und darüber hinaus auszuschöpfen.

Literatur

- ADAC. (2023). ADAC Unfallforschung: Untersuchen, fordern, Leben retten. <https://www.adac.de/der-adac/unsere-verantwortung/unfallforschung/>
- Allen, R. W., Park, G. D., Cook, M. L., & Fiorentino, D. (2007). The Effect of Driving Simulator Fidelity on Training Effectiveness. *DSC 2007 North America – Iowa City – September 2007*.
- Automobilista 2. (2020, März).
- Backlund, P., Engström, H., & Johannesson, M. (2006). Computer gaming and driving education. *Proceedings of the workshop Pedagogical Design of Educational Games affiliated to ICCE, 2006*.
- Backlund, P., Engström, H., Johannesson, M., & Lebram, M. (2010). Games for traffic education: An experimental study of a game-base driving simulator. *Simulation & Gaming, 41*(2), 145–169. <https://doi.org/10.1177/1046878107311455>
- Bozkir, E., Geisler, D., & Kasneci, E. (2019). Assessment of driver attention during a safety critical situation in VR to generate VR-based training. *ACM Symposium on Applied Perception 2019*, 1–5.
- Bruder, R., Eckert, T., Conradt, J., Caserman, P., Schaub, M., Hofmann, K., Wiemeyer, J., Straßburg, K., Müller, P., & Göbel, S. (2021). Gütekriterien Serious Games-Langfassung 30.03. 2021.
- Buehler, K., & Kohne, A. (2019). Lernen mit Virtual Reality: Chancen und Möglichkeiten der digitalen Aus-und Fortbildung. *Zukunftsfähige Unternehmensführung: Ideen, Konzepte und Praxisbeispiele*, 209–224.
- Caserman, P., Hoffmann, K., Müller, P., Schaub, M., Straßburg, K., Wiemeyer, J., Bruder, R., & Göbel, S. (2020). Quality Criteria for Serious Games: Serious Part, Game Part, and Balance. *JMIR Serious Games, 8*(3). <https://doi.org/10.2196/19037>
- City Car Driving. (2016, November).
- de Frutos, S. H., & Castro, M. (2021). Assessing sim racing software for low-cost driving simulator to road geometric research. *Transportation Research Procedia, 58*, 575–582. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.11.076>
- Dörner, R., Göbel, S., Effelsberg, W., & Wiemeyer, J. (2016). *Serious games*. Springer.
- Freina, L., & Ott, M. (2015). A literature review on immersive virtual reality in education: state of the art and perspectives. *The international scientific conference elearning and software for education, 1*(133), 10–1007.
- Grand Prix Legends. (1998).
- Grosse-Berndt, G., & Niesen, K. (1983). Wirksamkeitsuntersuchung zum ADAC-Motorrad-Sicherheitstraining.
- GTR. (2004).
- GTR 2. (2006).

- Hojaji, F., Toth, A. J., Joyce, J. M., & Campbell, M. J. (2023). An AI Approach for Analyzing Driving Behaviour in Simulated Racing Using Telemetry Data. *International Conference on Games and Learning Alliance*, 194–203.
- Imbsweiler, J., Linstedt, K., Palyafári, R., Weinreuter, H., Puente León, F., & Deml, B. (2017). Quasi-experimentelle Untersuchung des Blickverhaltens und der Fahrparameter von Autofahrern in Engstellen. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 71(4), 242–251.
- iRacing. (2008, August).
- Kari, T., & Kosa, M. (2023). Acceptance and use of virtual reality games: an extension of HMSAM. *Virtual Reality*, 27(3), 1585–1605.
- Pole Position. (1982).
- rFactor. (2005, August).
- Schuemie, M. J., Van Der Straaten, P., Krijn, M., & Van Der Mast, C. A. (2001). Research on presence in virtual reality: A survey. *Cyberpsychology & behavior*, 4(2), 183–201.
- Tudor, E. S. (2020). The emergence of eSport during Covid-19: how sim racing replaced live motorsport in 2020. *Journal of Motorsport Culture & History*, 1(1), 8.

Glossar

Cohen's d Ein statistisches Maß zur Bestimmung der Effektstärke, das die Mittelwertsdifferenz zwischen zwei Gruppen standardisiert. 67, 68, 69, 70, 72, 73, 75, 81

Didaktik Die Theorie und Praxis der Lehr- und Lernmethoden mit Fokus auf der Gestaltung und Strukturierung von Bildungsprozessen. 52

Immersion Das Gefühl, vollständig in eine virtuelle Umgebung einzutauchen, typischerweise durch Technologien wie Virtual Reality gefördert. 9, 10, 12, 13, 15, 16, 20, 23, 30, 32, 33, 38, 39, 40, 49, 51, 52, 55, 59, 71, 72, 76, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 88

Likert-Skala Eine Bewertungsskala, die oft in Umfragen verwendet wird, um Zustimmung oder Ablehnung in abgestuften Kategorien auszudrücken (z. B. von 1 = stimme gar nicht zu bis 5 = stimme voll zu). 77

LiveTrack Eine Technologie, die dynamische Änderungen der Streckenbedingungen in Simulationsrennen wie Temperatur, Grip oder Feuchtigkeit ermöglicht. 44

Nordschleife Ein Abschnitt des Nürburgrings in Deutschland, bekannt als eine der anspruchsvollsten und längsten Rennstrecken der Welt. 35, 52, 53, 55, 66, 67

p-Wert Ein statistisches Maß, das die Wahrscheinlichkeit angibt, dass ein beobachtetes Ergebnis unter der Annahme der Nullhypothese zufällig ist. 67, 68, 69, 70, 72, 73, 75

Präsentationsmedium Das Mittel, über das Inhalte präsentiert werden, z. B. Monitor, Virtual Reality oder Augmented Reality. 10, 30, 39, 71, 81, 83, 85

SimRacing Simulation von Motorsport mithilfe von virtuellen Rennspielen, die oft realistische Fahrphysik und Rennstrecken bieten. 3, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 28, 30, 32, 36, 38, 44, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 63, 67, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 77, 78, 79, 80, 81, 84, 85, 86, 87, 88, 92

Telemetry (Telemetrie) Die automatische Erfassung und Übertragung von Daten zu Fahrzeugverhalten, wie Geschwindigkeit, Bremskraft oder Reifenzustand, zur Analyse und Optimierung. 23, 31, 37, 42

Abbildungsverzeichnis

6.1. Verteilung des Alters der Teilnehmenden	60
6.2. Verteilung des Geschlechts der Teilnehmenden	61
6.3. Verteilung des höchsten Bildungsabschlusses der Teilnehmenden	62
6.4. Verteilung der Autofahrerfahrung der Teilnehmenden	63
6.5. Verteilung der SimRacing Erfahrung der Teilnehmenden	63
6.6. Verteilung des genutzten Präsentationsmediums der Teilnehmenden	64
6.7. Verteilung von erhaltendem Feedback und Analyse der Teilnehmenden	65
6.8. Vergleich Boxplots der Fähigkeiten Skalen	74
6.9. Verteilung von erhaltendem Feedback und Analyse der Teilnehmenden	78

A. Appendix

A.1. KI-Tabellen Rundenzeiten

Code

```
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Original data from the image for KI levels and positions
data = {
    "KI": [120, 110, 100, 90, 80, 70],
    "P1": [69.099, 70.763, 72.673, 74.682, 77.293, 81.629],
    "P5": [69.444, 71.264, 73.002, 75.038, 78.521, 82.458],
    "P10": [69.568, 71.575, 73.405, 75.975, 79.499, 83.525],
    "P20": [70.618, 72.483, 74.235, 77.234, 80.936, 85.501]
}

# Create a DataFrame from the data
df_original = pd.DataFrame(data)

# Set KI as the index for easier interpolation
df_original.set_index("KI", inplace=True)

# Create a new index for all KI levels from 70 to 120
ki_levels_full = np.arange(70, 121)

# Use linear interpolation to fill in the values for all KI levels
df_full = df_original.reindex(ki_levels_full).interpolate(method='linear')

# Round the interpolated lap times to three decimal places
df_full_rounded = df_full.round(3)
```

```

# Display the rounded interpolated data for the rain track
print(df_full_rounded)

# Plotting the interpolated lap times for all KI levels
plt.figure(figsize=(12, 8))

# Plot each position's lap times across all KI levels
for position in df_full_rounded.columns:
    plt.plot(df_full_rounded.index, df_full[position], label=f'{position}', marker='o')

plt.xlabel('KI Level')
plt.ylabel('Lap Time (seconds)')
plt.title('Lap Times for Different KI Levels in AMS2')
plt.legend(title='Position')
plt.grid(True)
plt.show()

# New data for a different track and with rain
data_rain = {
    "KI": [120, 110, 100, 90, 80, 70],
    "P1": [54.144, 55.607, 57.006, 58.981, 61.719, 64.78],
    "P5": [54.455, 55.861, 57.374, 59.341, 62.148, 65.216],
    "P10": [54.88, 56.166, 57.83, 59.864, 62.79, 66.294],
    "P20": [55.568, 57.577, 58.906, 61.396, 64.688, 68.428]
}

# Create a DataFrame from the new data
df_rain = pd.DataFrame(data_rain)

# Set KI as the index for easier interpolation
df_rain.set_index("KI", inplace=True)

# Create a new index for all KI levels from 70 to 120
ki_levels_full_rain = np.arange(70, 121)

# Use linear interpolation to fill in the values for all KI levels
df_full_rain = df_rain.reindex(ki_levels_full_rain).interpolate(method='linear')

# Round the interpolated lap times to three decimal places
df_full_rain_rounded = df_full_rain.round(3)

# Display the rounded interpolated data for the rain track
print(df_full_rain_rounded)

```

```

# Plotting the interpolated lap times for the rain track
plt.figure(figsize=(12, 8))

# Plot each position's lap times across all KI levels for the rain track
for position in df_full_rain_rounded.columns:
    plt.plot(df_full_rain_rounded.index, df_full_rain_rounded[position], label=f'Position {position}')

plt.xlabel('KI Level')
plt.ylabel('Lap Time (seconds)')
plt.title('Lap Times for Different KI Levels in AMS2 (Rain Track)')
plt.legend(title='Position')
plt.grid(True)
plt.show()

```

Mini Cooper JCW | Silverstone Inter | Klar

KI	P1	P5	P10	P20
70	81.629	82.458	83.525	85.501
71	81.195	82.064	83.122	85.044
72	80.762	81.671	82.720	84.588
73	80.328	81.277	82.317	84.132
74	79.895	80.883	81.915	83.675
75	79.461	80.489	81.512	83.218
76	79.027	80.096	81.109	82.762
77	78.594	79.702	80.707	82.306
78	78.160	79.308	80.304	81.849
79	77.727	78.915	79.902	81.393
80	77.293	78.521	79.499	80.936
81	77.032	78.173	79.147	80.566
82	76.771	77.824	78.794	80.196
83	76.510	77.476	78.442	79.825
84	76.249	77.128	78.089	79.455
85	75.988	76.780	77.737	79.085
86	75.726	76.431	77.385	78.715
87	75.465	76.083	77.032	78.345
88	75.204	75.735	76.680	77.974
89	74.943	75.386	76.327	77.604
90	74.682	75.038	75.975	77.234
91	74.481	74.834	75.718	76.934
92	74.280	74.631	75.461	76.634
93	74.079	74.427	75.204	76.334
94	73.878	74.224	74.947	76.034

95	73.678	74.020	74.690	75.734
96	73.477	73.816	74.433	75.435
97	73.276	73.613	74.176	75.135
98	73.075	73.409	73.919	74.835
99	72.874	73.206	73.662	74.535
100	72.673	73.002	73.405	74.235
101	72.482	72.828	73.222	74.060
102	72.291	72.654	73.039	73.885
103	72.100	72.481	72.856	73.709
104	71.909	72.307	72.673	73.534
105	71.718	72.133	72.490	73.359
106	71.527	71.959	72.307	73.184
107	71.336	71.785	72.124	73.009
108	71.145	71.612	71.941	72.833
109	70.954	71.438	71.758	72.658
110	70.763	71.264	71.575	72.483
111	70.597	71.082	71.374	72.297
112	70.430	70.900	71.174	72.110
113	70.264	70.718	70.973	71.924
114	70.097	70.536	70.772	71.737
115	69.931	70.354	70.572	71.550
116	69.765	70.172	70.371	71.364
117	69.598	69.990	70.170	71.178
118	69.432	69.808	69.969	70.991
119	69.265	69.626	69.769	70.804
120	69.099	69.444	69.568	70.618

Tabelle A.1.: Interpolated Rundenzeiten für alle KI Levels - Mini Cooper JCW | Silverstone Inter | Klar

Gruppe A | Kansai Ost | Regen

KI	P1	P5	P10	P20
70	64.780	65.216	66.294	68.428
71	64.474	64.909	65.944	68.054
72	64.168	64.602	65.593	67.680
73	63.862	64.296	65.243	67.306
74	63.556	63.989	64.892	66.932
75	63.250	63.682	64.542	66.558
76	62.943	63.375	64.192	66.184
77	62.637	63.068	63.841	65.810
78	62.331	62.762	63.491	65.436
79	62.025	62.455	63.140	65.062

80	61.719	62.148	62.790	64.688
81	61.445	61.867	62.497	64.359
82	61.171	61.587	62.205	64.030
83	60.898	61.306	61.912	63.700
84	60.624	61.025	61.620	63.371
85	60.350	60.744	61.327	63.042
86	60.076	60.464	61.034	62.713
87	59.802	60.183	60.742	62.384
88	59.529	59.902	60.449	62.054
89	59.255	59.622	60.157	61.725
90	58.981	59.341	59.864	61.396
91	58.784	59.144	59.661	61.147
92	58.586	58.948	59.457	60.898
93	58.388	58.751	59.254	60.649
94	58.191	58.554	59.050	60.400
95	57.994	58.358	58.847	60.151
96	57.796	58.161	58.644	59.902
97	57.598	57.964	58.440	59.653
98	57.401	57.767	58.237	59.404
99	57.204	57.571	58.033	59.155
100	57.006	57.374	57.830	58.906
101	56.866	57.223	57.664	58.773
102	56.726	57.071	57.497	58.640
103	56.586	56.920	57.331	58.507
104	56.446	56.769	57.164	58.374
105	56.306	56.618	56.998	58.242
106	56.167	56.466	56.832	58.109
107	56.027	56.315	56.665	57.976
108	55.887	56.164	56.499	57.843
109	55.747	56.012	56.332	57.710
110	55.607	55.861	56.166	57.577
111	55.461	55.720	56.037	57.376
112	55.314	55.580	55.909	57.175
113	55.168	55.439	55.780	56.974
114	55.022	55.299	55.652	56.773
115	54.876	55.158	55.523	56.572
116	54.729	55.017	55.394	56.372
117	54.583	54.877	55.266	56.171
118	54.437	54.736	55.137	55.970
119	54.290	54.596	55.009	55.769
120	54.144	54.455	54.880	55.568

Tabelle A.2.: Interpolated Rundenzeiten für alle KI Levels - Gruppe A | Kansai Ost | Regen

A.2. Fahrzeuge

A.2.1. Sprint Race

Sprint Race					
Hubraum	3.00L	Max. Geschw.	225 km/h	Elektronik	Kein
Leistung	265 PS	Reifenmischung	Weich	Regulierbarer Turbo	Nein
Drehmoment	303 Nm		Regenreifen	Boost Knopf	Nein
Motor	V6			DRS	Nein
Motorposition	Mid-Rear			Onboard Bremsbalance	Ja
Antriebsstrang	RWD	Gewicht	940 kg	Onboard Stabilisatoren	Ja
Getriebe	6 Gang Sequenziell	Gewichtsverteilung	41.6 / 58.4	Scheinwerfer	Nein
Differential	NA	Radstand	2.62m	Boxen-Tempolimiter	Ja

A.2.2. Caterham Academy

Caterham Academy



CATERHAM ACADEMY

ANTRIEBSKONZEPT
RWD
4-Zylinder Reihe

REIFENMISCHUNG
Allwetter

HUBRAUM 1.60L	LEISTUNG 121 PS	DREHMOMENT 158 Nm	GETRIEBE 5 Gang H-Schaltung
ELEKTRONIK NEIN	BOOST KNOPF NEIN	DRS NEIN	GEWICHT 620 kg
ONBOARD STABILISATOREN NEIN	ONBOARD BREMSSBALANCE NEIN	BOXEN-TEMPOLIMITER JA	GEWICHTSVERTEILUNG 47.8 / 52.2
REGULIERBARER TURBO NEIN	SCHEINWERFER JA	RADSTAND 2.22m	

SHOWROOM

LACKIERUNGSWAHL

A.2.3. Chevrolet Camaro SS

Chevrolet Camaro SS



CHEVROLET STREET CARS

ANTRIEBSKONZEPT
RWD
V8

REIFENMISCHUNG
Allwetter

HUBRAUM 6.20L	LEISTUNG 446 PS	DREHMOMENT 596 Nm	GETRIEBE 6 Gang H-Schaltung
ELEKTRONIK ABS TK	BOOST KNOPF NEIN	DRS NEIN	GEWICHT 1.751 kg
ONBOARD STABILISATOREN NEIN	ONBOARD BREMSSBALANCE NEIN	BOXEN-TEMPOLIMITER JA	GEWICHTSVERTEILUNG 56.5 / 43.5
REGULIERBARER TURBO NEIN	SCHEINWERFER JA	RADSTAND 2.81m	

SHOWROOM

LACKIERUNGSWAHL

A.2.4. Lancer RS

Mitsubishi Lancer RS

ANTRIEBSKONZEPT
4WD
4-Zylinder Reihe

REIFENMISCHUNG
Weich
Regenreifen

HUBRAUM 2.00L	LEISTUNG 301 PS	DREHMOMENT 369 Nm	GETRIEBE 6 Gang Sequenziell
ELEKTRONIK ABS TK	BOOST KNOPF NEIN	DRS NEIN	GEWICHT 1,490 kg
ONBOARD STABILISATOREN NEIN	ONBOARD BREMΣBALANCE NEIN	BOXEN-TEMPOLIMITER JA	GEWICHTSVERTEILUNG 59.0 / 41.0
REGULIERBARER TURBO JA	SCHEINWERFER NEIN	RADSTAND 2.65m	

SHOWROOM

LACKIERUNGSWAHL

A.2.5. McLaren Senna

McLaren Senna

ANTRIEBSKONZEPT
RWD
V8

REIFENMISCHUNG
Allwetter

HUBRAUM 4.00L	LEISTUNG 815 PS	DREHMOMENT 825 Nm	GETRIEBE 7 Gang Sequenziell
ELEKTRONIK ABS TK	BOOST KNOPF NEIN	DRS NEIN	GEWICHT 1,380 kg
ONBOARD STABILISATOREN NEIN	ONBOARD BREMΣBALANCE JA	BOXEN-TEMPOLIMITER JA	GEWICHTSVERTEILUNG 42.0 / 58.0
REGULIERBARER TURBO JA	SCHEINWERFER JA	RADSTAND 2.67m	

SHOWROOM

LACKIERUNGSWAHL

A.2.6. Mini Cooper JCW

MINI Cooper JCW

ANTRIEBSKONZEPT
FWD
4-Zylinder Reihe

REIFENMISCHUNG
Weich
Regenreifen

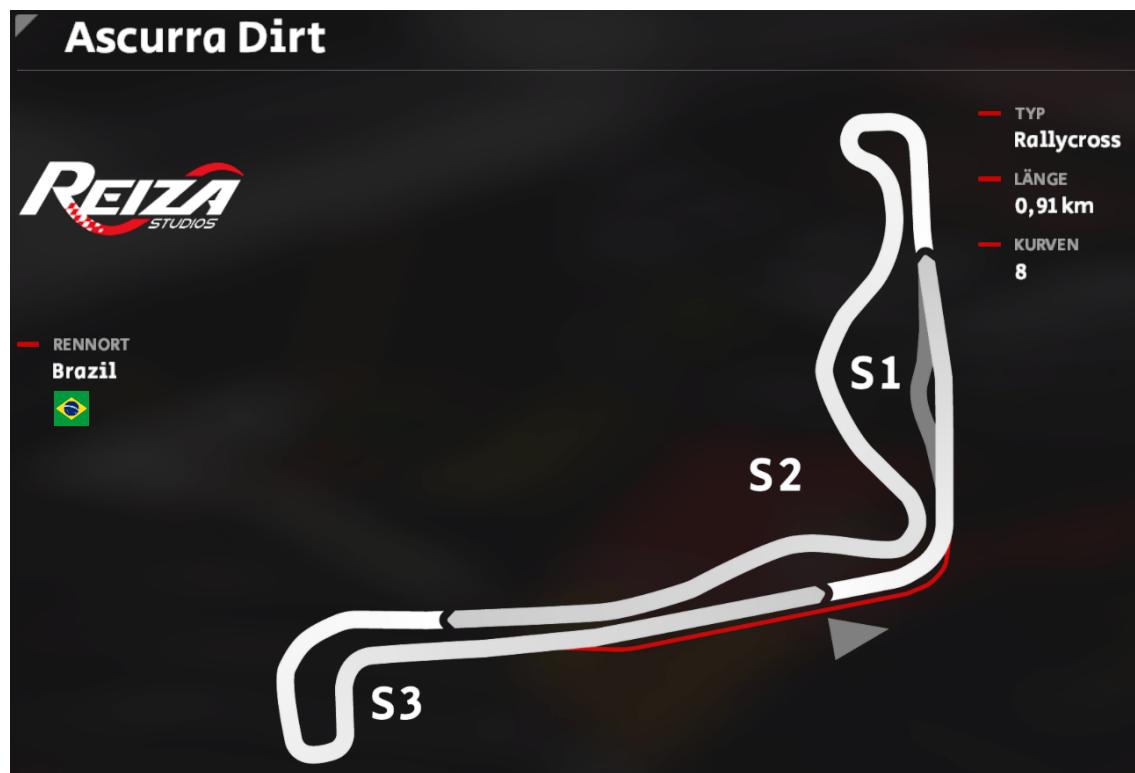
HUBRAUM 2.00L	LEISTUNG 278 PS	DREHMOMENT 351 Nm	GETRIEBE 6 Gang Sequenziell
ELEKTRONIK ABS	BOOST KNOPF NEIN	DRS NEIN	GEWICHT 1,160 kg
ONBOARD STABILISATOREN NEIN	ONBOARD BREMSEBALANCE NEIN	BOXEN-TEMPOLIMITER JA	GEWICHTSVERTEILUNG 61.0 / 39.0
REGULIERBARER TURBO JA	SCHEINWERFER NEIN	RADSTAND 2.49m	

SHOWROOM

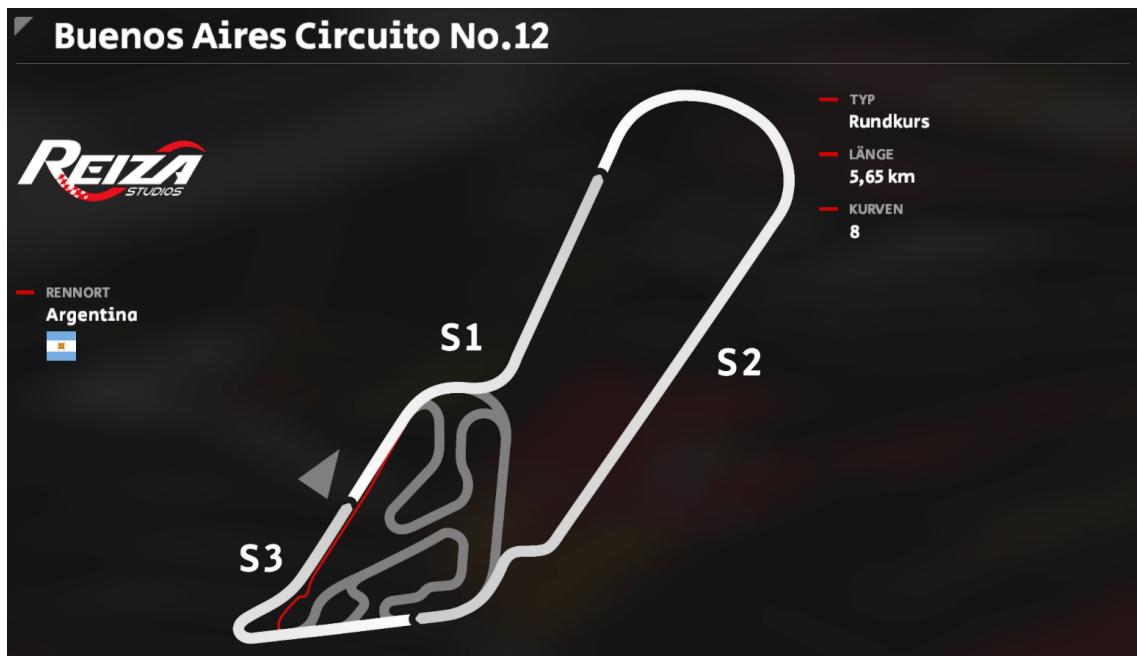
LACKIERUNGSWAHL

A.3. Strecke

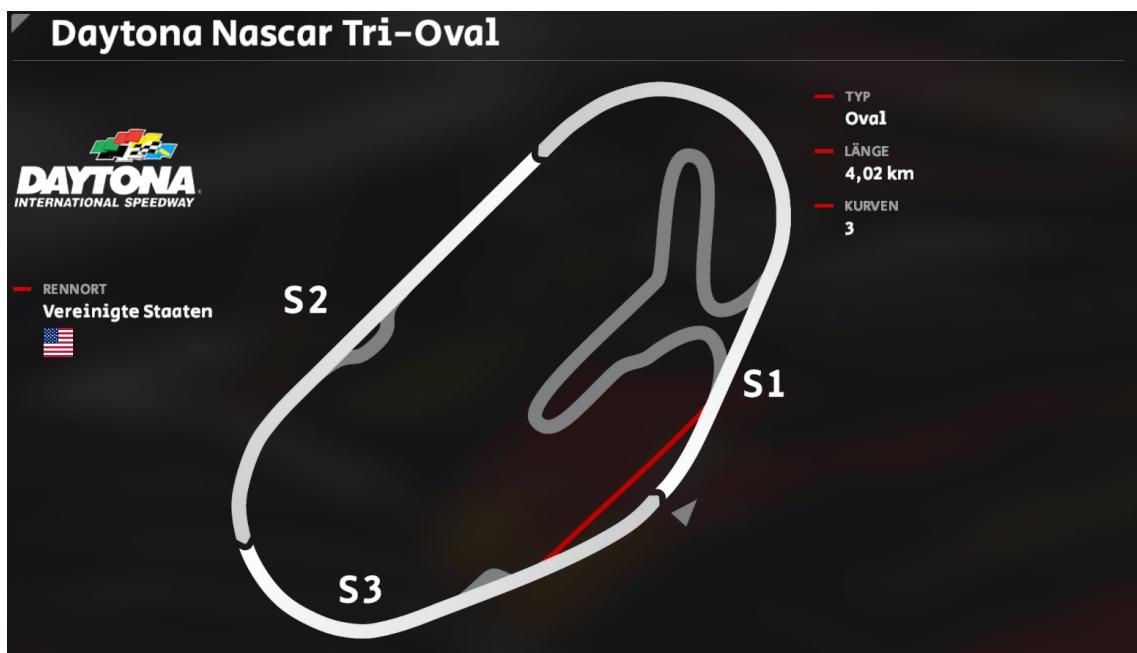
A.3.1. Ascurra



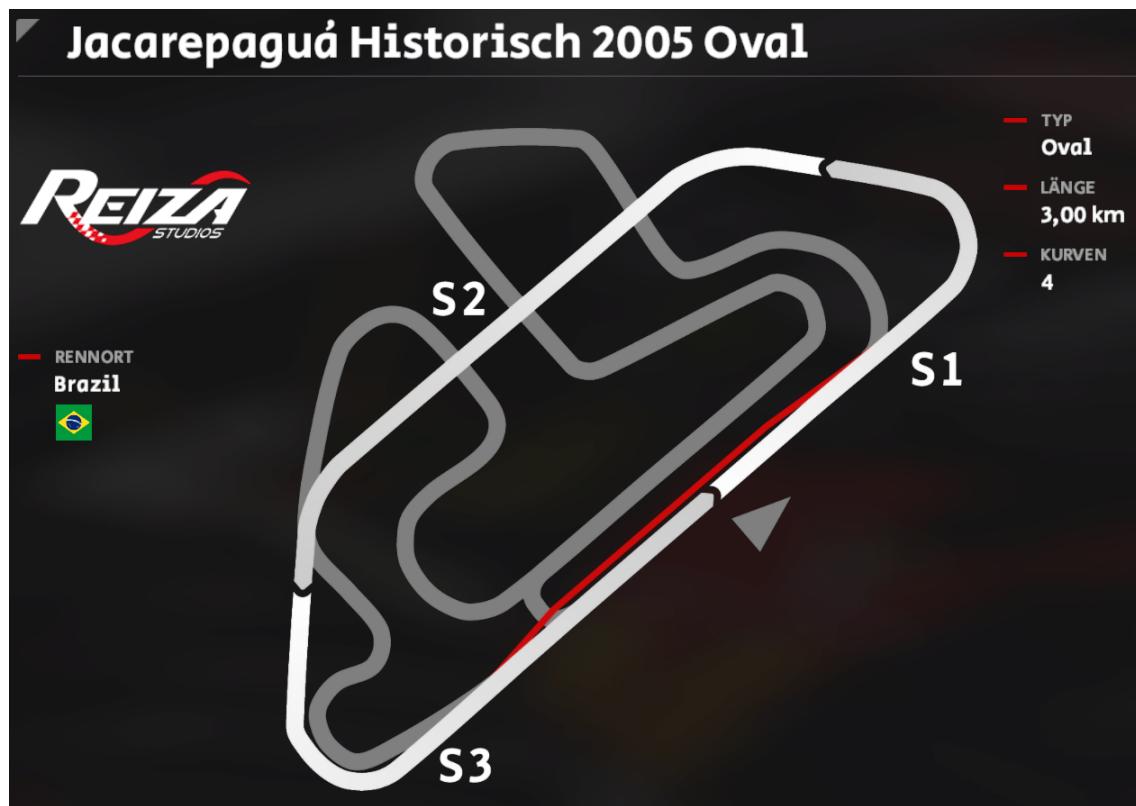
A.3.2. Buenos Aires No 12



A.3.3. Daytona Oval



A.3.4. Jacarepagua



A.3.5. Kansai Ost



A.3.6. Silverstone International



A.3.7. Velopark 2010



A.4. Einstellungen Automobilista 2

- Spieleinstellungen
 - Lenkhilfe: Aus
 - Bremshilfe: Aus
 - Automatische Kupplung: An
 - Getriebe: Automatisch
 - Fahrhilfen: Realistisch
 - * ABS
 - * Stabilitätskontrolle
 - * Traktionskontrolle
 - Gegenlenkhilfe: Aus
 - Schaden: Nur optisch

- * Schadenstyp
- * Schadensskalierung
- Mechanisches Versagen: Aus
- Zufällige Ausfälle: Aus
- Reifenabnutzung: Szenario
- Benzinverbrauch: Realistisch
- Flaggen und Strafen: An
- Ideallinie: Aus
- Annäherungsanzeige: An
- Session Einstellungen
 - Kontrahenteneinstellung
 - Kontrahentenfeld Typ: Gleiche Klasse
 - Kontrahentenanzahl: 20
 - Kontrahenten Stärke (KI-Stärke): Szenario
 - Kontrahenten Aggressivität: Hoch
 - Spieler Startposition: Mitte
- Regeln und Vorschriften
 - Strafen für Verlassen der Strecke: Aus
 - Verwarnungen für das Verlassen der Strecke bevor Strafe: Aus
 - Durchfahrtstrafen: Aus
 - Boxenausfahrtstrafe: Aus
 - Full-Course-Yellow: Aus
 - Pit Speed Limit: 80
- Renneinstellungen
 - Dauertyp: Zeit
 - Dauer: Szenario
 - Datum: Szenario
 - Startzeit: Szenario
 - Zeitverlauf: Szenario

- Wetterslots: Szenario
- Wettervorhersage: Szenario
- Wetterverlauf: Szenario
- Starttyp: Fliegend
- Einführungsrunde: Aus
- Verpflichtender Boxenstopp: Aus
- Geplante Full Course Yellow Phase: Aus
- Livetrack Voreinstellungen: Szenario
- Sitzungseinstellungen
 - Training: Aus
 - Qualifikation: Aus
- Strecke: Szenario
- Fahrzeug: Szenario

A.5. Fragebögen

A.5.1. Teilnehmer vor der Teilnahme

PC05

Erstellen eines anonymen Codes

Um nachvollziehen zu können, inwieweit sich bei Ihnen bestimmte Merkmale und Einstellungen im Laufe der Zeit veränderten, werden wir Sie nach Abschluss des Kurses noch einmal befragen. Um die Daten der beiden Erhebungszeitpunkte personenbezogen zuordnen zu können und dabei dennoch ihre Anonymität zu wahren, verwenden wir statt ihres Namens einen anonymen persönlichen Code.

Dieser persönliche Code besteht aus einer Kombination von Buchstaben und Zahlen, die außer Ihnen niemandem an der Hochschule bekannt ist, den Sie sich selbst jedoch immer wieder herleiten können.

PC04

Der persönliche Code setzt sich aus folgenden acht Buchstaben und Zahlen zusammen:

1. Bitte geben Sie die ersten zwei Buchstaben des Vornamens Ihrer Mutter ein: PC01 □

2. Bitte geben Sie die ersten zwei Ziffern des Geburtstages Ihrer Mutter ein: PC02 □
Bitte zweistellig eingeben!

3. Bitte geben Sie die ersten zwei Ziffern Ihres Geburtstages ein: PC03 □
Bitte zweistellig eingeben!

4. Wie viel Erfahrung habe Sie mit Autofahren**SF07** [Bitte auswählen] **5 aktive(r) Filter****Filter SF07/F1**Wenn eine der folgenden Antwortoption(en) ausgewählt wurde: **1**Dann Frage/Text **SF01** später im Fragebogen ausblenden**Filter SF07/F2**Wenn eine der folgenden Antwortoption(en) ausgewählt wurde: **1**Dann Frage/Text **SF02** später im Fragebogen ausblenden**Filter SF07/F3**Wenn eine der folgenden Antwortoption(en) ausgewählt wurde: **1**Dann Frage/Text **SF04** später im Fragebogen ausblenden**Filter SF07/F4**Wenn eine der folgenden Antwortoption(en) ausgewählt wurde: **1**Dann Frage/Text **SF05** später im Fragebogen ausblenden**Filter SF07/F5**Wenn eine der folgenden Antwortoption(en) ausgewählt wurde: **1**Dann Frage/Text **SF06** später im Fragebogen ausblenden

5. Bitte bewerten Sie auf einer Skala von „stimme gar nicht zu“ bis „stimme voll und ganz zu“:

SF01

Selbstvertrauen beim Fahren

stimme gar nicht zu	stimme voll und ganz zu
---------------------------	-------------------------------

Ich fühle mich beim Fahren sicher und souverän.

Ich kann unterschiedliche Fahrsituationen sicher bewältigen.

Ich behalte den Überblick in komplexen Verkehrssituationen.

Ich kann mögliche Gefahrensituationen frühzeitig erkennen.

Ich beherrsche mein Fahrzeug auch in unerwarteten Situationen.

Ich kann die richtige Geschwindigkeit und Lenkbewegung in Kurven gut einschätzen.

Ich kann meine Fahrweise an unterschiedliche Witterungsverhältnisse (z.B. Regen, Nebel) anpassen.

Ich kann schnell auf plötzlich auftretende Hindernisse reagieren.

Ich fühle mich bei unterschiedlichen Witterungsverhältnissen sicher und souverän.

Ich kenne die Besonderheiten im Fahrverhalten von unterschiedlichen Antriebsarten (Front-/Heck-/Allrad)

SF02

6. Bitte bewerten Sie auf einer Skala von „sehr unsicher“ bis „sehr sicher“, wie sicher Sie sich in den folgenden Fahrsituationen fühlen:

	sehr unsicher	sehr sicher
Fahren bei Nässe	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	
Überholen mit hoher Geschwindigkeit	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	
Fahren in dichtem Verkehr	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	
Fahren in engen Kurven	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	
Manövrieren bei schlechten Sichtverhältnissen (z. B. Nebel)	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	

7. Erfahrung im/mit Simracing und Fahrsimulatoren

SS01

- Ich bin weniger als 10 Std. gefahren
- Ich bin 10-50 Stunden gefahren
- Ich bin mehr als 50 Stunden gefahren
- Ich habe noch nie Simracing gespielt oder in einem Fahrimulator gesessen

1 aktive(r) Filter

Filter SS01/F1

Wenn eine der folgenden Antwortoption(en) ausgewählt wurde: 1
Dann Frage/Text **SS02** später im Fragebogen ausblenden

SS03

8. Bitte bewerten Sie auf einer Skala von „stimme gar nicht zu“ bis „stimme voll und ganz zu“:

	stimme gar nicht zu	(stimme voll und ganz zu
Ich glaube, dass SimRacing mir helfen kann, meine Fahrfähigkeiten zu verbessern.	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	
SimRacing bietet eine realistische Simulation der Fahrbedingungen.	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	
Ich halte SimRacing für ein wertvolles Werkzeug, um meine Reaktionszeit beim Fahren zu verbessern.	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	
Ich glaube, dass SimRacing mir helfen kann, meine Lenktechnik zu verbessern.	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	
Ich kann mir vorstellen, mit SimRacing bei hohen Geschwindigkeiten besser zurechtzukommen.	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	
Ich glaube, dass SimRacing mir helfen kann, mit extremen Wetterbedingungen umzugehen	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	

Seite 05

9. Wie schätzen Sie Ihre Fähigkeiten im virtuellen Fahren ein (z.B. in Rennsimulationen)?

ss02

<input type="radio"/>				
Sehr schlecht	Schlecht	Durchschnittlich	Gut	Sehr gut

A.5.2. Teilnehmer nach der Session 1

PC05

Erstellen eines anonymen Codes

Um nachvollziehen zu können, inwieweit sich bei Ihnen bestimmte Merkmale und Einstellungen im Laufe der Zeit veränderten, werden wir Sie nach Abschluss des Kurses noch einmal befragen. Um die Daten der beiden Erhebungszeitpunkte personenbezogen zuordnen zu können und dabei dennoch ihre Anonymität zu wahren, verwenden wir statt ihres Namens einen anonymen persönlichen Code.

Dieser persönliche Code besteht aus einer Kombination von Buchstaben und Zahlen, die außer Ihnen niemandem an der Hochschule bekannt ist, den Sie sich selbst jedoch immer wieder herleiten können.

PC04

Der persönliche Code setzt sich aus folgenden acht Buchstaben und Zahlen zusammen:

1. Bitte geben Sie die ersten zwei Buchstaben des Vornamens Ihrer Mutter ein: PC01 □

2. Bitte geben Sie die ersten zwei Ziffern Ihres Geburtstages ein: PC03 □

Bitte zweistellig eingeben!

3. Bitte geben Sie die ersten zwei Ziffern des Geburtstages Ihrer Mutter ein: PC02 □

Bitte zweistellig eingeben!

4. Bitte geben Sie an mit welchem Präsentationsmedium die Studie durchgeführt wurde

ST01

[Bitte auswählen] ▾

1 aktive(r) Filter

Filter ST01/F1

Wenn eine der folgenden Antwortoption(en) ausgewählt wurde: **1**
Dann Frage/Text **ST02** später im Fragebogen ausblenden

5. Bitte geben Sie an, ob Eyetracking beim Training zum Einsatz kam.

ST02

[Bitte auswählen] ▾

6. Bitte geben Sie an, ob es Analyse und Feedback Phasen im Training gab

ST03

[Bitte auswählen] ▾

7. Wie viel Erfahrung habe Sie mit Autofahren

SF07 □

[Bitte auswählen] ▾

5 aktive(r) Filter

Filter SF07/F1

Wenn eine der folgenden Antwortoption(en) ausgewählt wurde: **1**
Dann Frage/Text **SF01** später im Fragebogen ausblenden

Filter SF07/F2

Wenn eine der folgenden Antwortoption(en) ausgewählt wurde: **1**
Dann Frage/Text **SF02** später im Fragebogen ausblenden

Filter SF07/F3

Wenn eine der folgenden Antwortoption(en) ausgewählt wurde: **1**
Dann Frage/Text **SF04** später im Fragebogen ausblenden

Filter SF07/F4

Wenn eine der folgenden Antwortoption(en) ausgewählt wurde: **1**
Dann Frage/Text **SF05** später im Fragebogen ausblenden

Filter SF07/F5

Wenn eine der folgenden Antwortoption(en) ausgewählt wurde: **1**
Dann Frage/Text **SF06** später im Fragebogen ausblenden

8. Bitte bewerten Sie auf einer Skala von „stimme gar nicht zu“ bis „stimme voll und ganz zu“:

Selbstvertrauen beim Fahren

	stimme gar nicht zu	stimme voll und ganz zu			
Ich fühle mich beim Fahren sicher und souverän.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich kann unterschiedliche Fahrsituationen sicher bewältigen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich behalte den Überblick in komplexen Verkehrssituationen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich kann mögliche Gefahrensituationen frühzeitig erkennen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich beherrsche mein Fahrzeug auch in unerwarteten Situationen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich kann die richtige Geschwindigkeit und Lenkbewegung in Kurven gut einschätzen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich kann meine Fahrweise an unterschiedliche Witterungsverhältnisse (z.B. Regen, Nebel) anpassen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich kann schnell auf plötzlich auftretende Hindernisse reagieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich fühle mich bei unterschiedlichen Witterungsverhältnissen sicher und souverän.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich kenne die Besonderheiten im Fahrverhalten von unterschiedlichen Antriebsarten (Front- / Heck-/Allrad)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9. Bitte bewerten Sie auf einer Skala von „sehr unsicher“ bis „sehr sicher“, wie sicher Sie sich in den folgenden Fahrsituationen fühlen:

	sehr unsicher		sehr sicher
Fahren bei Nässe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Überholen mit hoher Geschwindigkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fahren in dichtem Verkehr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fahren in engen Kurven	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manövrieren bei schlechten Sichtverhältnissen (z. B. Nebel)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10. Wie hat sich Ihr Selbstvertrauen beim Fahren nach dem Training verändert?

SF04

Weniger Selbstvertrauen Keine Veränderung Stärkeres Selbstvertrauen

11. Haben Sie nach dem Training eine Verbesserung Ihrer Fahrtechniken bemerkt (z. B. Kurvenfahren, Überholen, Umgang mit Wetterbedingungen)?

SF05

Nein Unsicher Ja

12. Fühlen Sie sich sicherer im Umgang mit verschiedenen Wetterbedingungen?

SF06

Nein, ich fühle mich unsicherer Keine Veränderung Ja, ich habe mich verbessert

13. Bitte bewerten Sie auf einer Skala von „stimme gar nicht zu“ bis „stimme voll und ganz zu“:

ss03

	stimme gar nicht zu	stimme voll und ganz zu			
Ich glaube, dass SimRacing mir helfen kann, meine Fahrfähigkeiten zu verbessern.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
SimRacing bietet eine realistische Simulation der Fahrbedingungen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich halte SimRacing für ein wertvolles Werkzeug, um meine Reaktionszeit beim Fahren zu verbessern.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich glaube, dass SimRacing mir helfen kann, meine Lenktechnik zu verbessern.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich kann mir vorstellen, mit SimRacing bei hohen Geschwindigkeiten besser zurechtzukommen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich glaube, dass SimRacing mir helfen kann, mit extremen Wetterbedingungen umzugehen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

14. Wie schätzen Sie Ihre Fähigkeiten im virtuellen Fahren ein (z.B. in Rennsimulationen)?

ss02

<input type="radio"/>				
Sehr schlecht	Schlecht	Durchschnittlich	Gut	Sehr gut

A.5.3. Teilnehmer nach Session 2

PC05

Erstellen eines anonymen Codes

Um nachvollziehen zu können, inwieweit sich bei Ihnen bestimmte Merkmale und Einstellungen im Laufe der Zeit veränderten, werden wir Sie nach Abschluss des Kurses noch einmal befragen. Um die Daten der beiden Erhebungszeitpunkte personenbezogen zuordnen zu können und dabei dennoch ihre Anonymität zu wahren, verwenden wir statt ihres Namens einen anonymen persönlichen Code.

Dieser persönliche Code besteht aus einer Kombination von Buchstaben und Zahlen, die außer Ihnen niemandem an der Hochschule bekannt ist, den Sie sich selbst jedoch immer wieder herleiten können.

PC04

Der persönliche Code setzt sich aus folgenden acht Buchstaben und Zahlen zusammen:

1. Bitte geben Sie die ersten zwei Buchstaben des Vornamens Ihrer Mutter ein:

PC01

2. Bitte geben Sie die ersten zwei Ziffern Ihres Geburtstages ein:

PC03

Bitte zweistellig eingeben!

3. Bitte geben Sie die ersten zwei Ziffern des Geburtstages Ihrer Mutter ein:

PC02

Bitte zweistellig eingeben!

4. Bitte geben Sie an mit welchem Präsentationsmedium die Studie durchgeführt wurde

ST01

[Bitte auswählen] ▾

1 aktive(r) Filter

Filter ST01/F1

Wenn eine der folgenden Antwortoption(en) ausgewählt wurde: **1**
Dann Frage/Text **ST02** später im Fragebogen ausblenden

5. Bitte geben Sie an, ob Eyetracking beim Training zum Einsatz kam.

ST02

[Bitte auswählen] ▾

6. Bitte geben Sie an, ob es Analyse und Feedback Phasen im Training gab

ST03

[Bitte auswählen] ▾

7. Wie viel Erfahrung habe Sie mit Autofahren

SF07 □

[Bitte auswählen] ▾

5 aktive(r) Filter

Filter SF07/F1

Wenn eine der folgenden Antwortoption(en) ausgewählt wurde: **1**
Dann Frage/Text **SF01** später im Fragebogen ausblenden

Filter SF07/F2

Wenn eine der folgenden Antwortoption(en) ausgewählt wurde: **1**
Dann Frage/Text **SF02** später im Fragebogen ausblenden

Filter SF07/F3

Wenn eine der folgenden Antwortoption(en) ausgewählt wurde: **1**
Dann Frage/Text **SF04** später im Fragebogen ausblenden

Filter SF07/F4

Wenn eine der folgenden Antwortoption(en) ausgewählt wurde: **1**
Dann Frage/Text **SF05** später im Fragebogen ausblenden

Filter SF07/F5

Wenn eine der folgenden Antwortoption(en) ausgewählt wurde: **1**
Dann Frage/Text **SF06** später im Fragebogen ausblenden

8. Bitte bewerten Sie auf einer Skala von „stimme gar nicht zu“ bis „stimme voll und ganz zu“:

Selbstvertrauen beim Fahren

	stimme gar nicht zu	stimme voll und ganz zu			
Ich fühle mich beim Fahren sicher und souverän.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich kann unterschiedliche Fahrsituationen sicher bewältigen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich behalte den Überblick in komplexen Verkehrssituationen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich kann mögliche Gefahrensituationen frühzeitig erkennen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich beherrsche mein Fahrzeug auch in unerwarteten Situationen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich kann die richtige Geschwindigkeit und Lenkbewegung in Kurven gut einschätzen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich kann meine Fahrweise an unterschiedliche Witterungsverhältnisse (z.B. Regen, Nebel) anpassen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich kann schnell auf plötzlich auftretende Hindernisse reagieren.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich fühle mich bei unterschiedlichen Witterungsverhältnissen sicher und souverän.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich kenne die Besonderheiten im Fahrverhalten von unterschiedlichen Antriebsarten (Front- / Heck-/Allrad)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9. Bitte bewerten Sie auf einer Skala von „sehr unsicher“ bis „sehr sicher“, wie sicher Sie sich in den folgenden Fahrsituationen fühlen:

	sehr unsicher		sehr sicher
Fahren bei Nässe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Überholen mit hoher Geschwindigkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fahren in dichtem Verkehr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fahren in engen Kurven	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manövrieren bei schlechten Sichtverhältnissen (z. B. Nebel)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10. Wie hat sich Ihr Selbstvertrauen beim Fahren nach dem Training verändert?

SF04

Weniger Selbstvertrauen Keine Veränderung Stärkeres Selbstvertrauen

11. Haben Sie nach dem Training eine Verbesserung Ihrer Fahrtechniken bemerkt (z. B. Kurvenfahren, Überholen, Umgang mit Wetterbedingungen)?

SF05

Nein Unsicher Ja

12. Fühlen Sie sich sicherer im Umgang mit verschiedenen Wetterbedingungen?

SF06

Nein, ich fühle mich unsicherer Keine Veränderung Ja, ich habe mich verbessert

13. Bitte bewerten Sie auf einer Skala von „stimme gar nicht zu“ bis „stimme voll und ganz zu“:

ss03

	stimme gar nicht zu	stimme voll und ganz zu			
Ich glaube, dass SimRacing mir helfen kann, meine Fahrfähigkeiten zu verbessern.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
SimRacing bietet eine realistische Simulation der Fahrbedingungen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich halte SimRacing für ein wertvolles Werkzeug, um meine Reaktionszeit beim Fahren zu verbessern.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich glaube, dass SimRacing mir helfen kann, meine Lenktechnik zu verbessern.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich kann mir vorstellen, mit SimRacing bei hohen Geschwindigkeiten besser zurechtzukommen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich glaube, dass SimRacing mir helfen kann, mit extremen Wetterbedingungen umzugehen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

14. Wie schätzen Sie Ihre Fähigkeiten im virtuellen Fahren ein (z.B. in Rennsimulationen)?

ss02

<input type="radio"/>				
Sehr schlecht	Schlecht	Durchschnittlich	Gut	Sehr gut

A.5.4. Kontrollbogen Pre/Post Test

PC05

Erstellen eines anonymen Codes

Um nachvollziehen zu können, inwieweit sich bei Ihnen bestimmte Merkmale und Einstellungen im Laufe der Zeit veränderten, werden wir Sie nach Abschluss des Kurses noch einmal befragen. Um die Daten der beiden Erhebungszeitpunkte personenbezogen zuordnen zu können und dabei dennoch ihre Anonymität zu wahren, verwenden wir statt ihres Namens einen anonymen persönlichen Code.

Dieser persönliche Code besteht aus einer Kombination von Buchstaben und Zahlen, die außer Ihnen niemandem an der Hochschule bekannt ist, den Sie sich selbst jedoch immer wieder herleiten können.

PC04

Der persönliche Code setzt sich aus folgenden acht Buchstaben und Zahlen zusammen:

1. Bitte geben Sie die ersten zwei Buchstaben des Vornamens Ihrer Mutter ein: PC01 □

2. Bitte geben Sie die ersten zwei Ziffern des Geburtstages Ihrer Mutter ein: PC02 □
Bitte zweistellig eingeben!

3. Bitte geben Sie die ersten zwei Ziffern Ihres Geburtstages ein: PC03 □
Bitte zweistellig eingeben!

4. Zahlen während Versuch**CD01**

Fahrzeit	
Fußgänger Anzahl	
Fußgänger erfolgreich	
Gegenverkehr Anzahl	
Gegenverkehr erfolgreich	
Spurwechsel Anzahl	
Spurwechsel erfolgreich	
Notbremsung Anzahl	
Notbremsung erfolgreich	
Unfall Anzahl	
Unfall erfolgreich	
Kontrollverlust Anzahl	
Kontrollverlust erfolgreich	

CD02

5. Einschufungen

Kurvenverhalten

sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	wechselhaft	eher gut	gut	sehr gut
---------------	----------	---------------	-------------	----------	-----	----------

ist nicht vorgekommen

Stresslevel

sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	wechselhaft	eher gut	gut	sehr gut
---------------	----------	---------------	-------------	----------	-----	----------

ist nicht vorgekommen

Anpassung an verschiedene Verkehrsbedingungen

sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	wechselhaft	eher gut	gut	sehr gut
---------------	----------	---------------	-------------	----------	-----	----------

ist nicht vorgekommen

Vorausschauendes Fahren

sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	wechselhaft	eher gut	gut	sehr gut
---------------	----------	---------------	-------------	----------	-----	----------

ist nicht vorgekommen

Reaktionszeiten

sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	wechselhaft	eher gut	gut	sehr gut
---------------	----------	---------------	-------------	----------	-----	----------

ist nicht vorgekommen

Spurhaltung

sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	wechselhaft	eher gut	gut	sehr gut
---------------	----------	---------------	-------------	----------	-----	----------

ist nicht vorgekommen

Spurwechselmanöver

sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	wechselhaft	eher gut	gut	sehr gut
---------------	----------	---------------	-------------	----------	-----	----------

ist nicht vorgekommen

Stressbewältigung

sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	wechselhaft	eher gut	gut	sehr gut
---------------	----------	---------------	-------------	----------	-----	----------

ist nicht vorgekommen

NS01

6. Einschufungen

Kurvenverhalten – allgemein

sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	wechselhaft	eher gut	gut	sehr gut
---------------	----------	---------------	-------------	----------	-----	----------

ist nicht vorgekommen

Kurvenverhalten – eng

sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	wechselhaft	eher gut	gut	sehr gut
---------------	----------	---------------	-------------	----------	-----	----------

ist nicht vorgekommen

Kurvenverhalten – schnell

sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	wechselhaft	eher gut	gut	sehr gut
---------------	----------	---------------	-------------	----------	-----	----------

ist nicht vorgekommen

Fahrzeugkontrolle – trocken

sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	wechselhaft	eher gut	gut	sehr gut
---------------	----------	---------------	-------------	----------	-----	----------

ist nicht vorgekommen

Fahrzeugkontrolle – nass

sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	wechselhaft	eher gut	gut	sehr gut
---------------	----------	---------------	-------------	----------	-----	----------

ist nicht vorgekommen

Beschleunigen – trocken

sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	wechselhaft	eher gut	gut	sehr gut
---------------	----------	---------------	-------------	----------	-----	----------

ist nicht vorgekommen

Beschleunigen – nass

sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	wechselhaft	eher gut	gut	sehr gut
---------------	----------	---------------	-------------	----------	-----	----------

ist nicht vorgekommen

Bremsen – trocken

sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	wechselhaft	eher gut	gut	sehr gut
---------------	----------	---------------	-------------	----------	-----	----------

ist nicht vorgekommen

Bremsen – nass

sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	wechselhaft	eher gut	gut	sehr gut
---------------	----------	---------------	-------------	----------	-----	----------

ist nicht vorgekommen

Stresslevel

sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	wechselhaft	eher gut	gut	sehr gut
---------------	----------	---------------	-------------	----------	-----	----------

ist nicht vorgekommen

Anpassung an Wetterbedingungen

sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	wechselhaft	eher gut	gut	sehr gut
---------------	----------	---------------	-------------	----------	-----	----------

ist nicht vorgekommen

Vorausschauendes Fahren

sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	wechselhaft	eher gut	gut	sehr gut
---------------	----------	---------------	-------------	----------	-----	----------

ist nicht vorgekommen

Reaktionszeiten

sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	wechselhaft	eher gut	gut	sehr gut
---------------	----------	---------------	-------------	----------	-----	----------

ist nicht vorgekommen

Risikoverhalten

sehr schlecht	schlecht	eher schlecht	wechselhaft	eher gut	gut	sehr gut
---------------	----------	---------------	-------------	----------	-----	----------

ist nicht vorgekommen

7. Zahlen während Versuch

NS02

Fahrzeit

Kilometer
gekommen

Unfälle

Abgefangen

Kontrollverluste

Bremsfehler

Beschleunigungsfehler