

# Sachbericht zum Projektabschluss 2021-2023

## WIR! – Blockchain – Blockchain-basiertes eSports-Profil



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

Dieses Vorhaben wird aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 03WIR1313 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor\_innen.

## Sachbericht zum Projektabschluss

---

Zuwendungsempfänger:  
**Hochschule Mittweida**

Förderkennzeichen:  
**03WIR1313**

---

Vorhabensbezeichnung:  
**„WIR! – Blockchain – Blockchain-basiertes eSports-Profil“**

---

Laufzeit des Vorhabens:  
**01.01.2021 bis 31.03.2023**

---

Berichtszeitraum:  
**01.01.2021 bis 31.03.2023**

---

### Kontakte:

Prof. Dr. rer. nat. Marc Ritter

Prof. Dr.-Ing. Christian Roschke

Hochschule Mittweida  
University of Applied Sciences  
Fakultät Angewandte Computer- und  
Biowissenschaften  
Professur Medieninformatik

Hochschule Mittweida  
University of Applied Sciences  
Fakultät Angewandte Computer- und  
Biowissenschaften  
Professur Digitale Transformation und  
Angewandte Medieninformatik

Technikumplatz 17  
09648 Mittweida  
Telefon: +49 (0)3727 58-1035  
E-Mail: ritter@hs-mittweida.de

Technikumplatz 17  
09648 Mittweida  
Telefon: +49 (0)3727 58-1146  
E-Mail: roschke@hs-mittweida.de

# Inhalt

<b>Inhalt .....</b>	<b>3</b>
<b>1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse .....</b>	<b>4</b>
1.1    AP1 Blockchain-Technologieentwicklung für eSports .....	4
1.2    AP2 Motion Profile Creation & Analysis .....	7
1.3    AP3 Plattformentwicklung.....	13
1.4    AP4 Projektmanagement & Requirements Engineering.....	17
1.5    AP5 Demonstratoraufbau.....	21
1.6    AP6 Begleitende Maßnahmen.....	26
<b>2    Vergleich des Stands mit der ursprünglichen Arbeits-, Zeit- und Kostenplanung .....</b>	<b>27</b>
2.1    Arbeits- und Zeitplanung.....	27
2.2    Kostenplanung .....	33
<b>3    Änderung der Zielerreichung.....</b>	<b>34</b>
<b>4    Relevante FuE-Ergebnisse von dritter Seite .....</b>	<b>34</b>
<b>5    Änderungen in der Zielsetzung.....</b>	<b>35</b>
<b>6    Fortschreibung des Verwertungsplans.....</b>	<b>35</b>

# 1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Die im Projekt erzielten wissenschaftliche-technischen Ergebnisse werden nachfolgend differenziert nach den einzelnen Arbeitspakten (AP) dargestellt. Der Fortschritt der einzelnen AP ist in Kapitel 2 schriftlich nach Personenmonaten aufgeführt.

## 1.1 AP1 Blockchain-Technologieentwicklung für eSports

### a. Ergebnisse AP1

Diese Arbeitsposition zielt auf die Realisierung der Blockchain-/Datenhaltungskonzepte innerhalb des Projektes. Alle im Projekt geplanten Meilensteine und Deliverables wurden erreicht: Die Anforderungen an das System wurden (zusammen mit AP3.1/4.1) definiert und eine entsprechende Systemarchitektur konzipiert (M1.1). Die Recherche, Evaluation und Instanziierung einer ersten prototypischen Plattform (Trägertechnologie) ist abgeschlossen und lauffähig. Es existiert ein gemeinsames Anforderungsdokument, eine Architekturübersicht Blockchain-/Datenhaltungssystem sowie eine prototypische Blockchaininstanz (D1.1). Die in der Blockchain-Infrastruktur zu speichernden Daten wurden ermittelt. Ebenso erfolgte die Planung und Realisierung der Absicherung von Hardwareprofilen in die Blockchain-Plattform. Schnittstellen und Anwendungslogik zur Persistierung von Fahrerdaten (D1.2) und von Hardwaredaten (D1.3) wurden in einer Blockchain implementiert und dokumentiert. Abfrageschnittstellen zur Abfrage analyserelevanter Metriken ließen sich implementieren und die Plattform hinsichtlich Speicherplatzbedarf und Leistungsdurchsatz optimieren.

### b. Detaillierter Überblick der Teil-APs

#### AP1.1 Anforderungsanalyse für allgemeinen sowie Use Case Motorsport

Zunächst wurden Plattform-Nutzungsszenarien skizziert und Use-Cases für den Motorsport erstellt. Die erstellten Use-Cases wurden in ein Prozessmodell überführt und entsprechend ihrer Bedeutung für den Fortschritt des Projektes priorisiert. Basierend auf den Nutzungsszenarien und den Use-Cases ließen sich funktionale und nicht-funktionale Anforderungen an die beteiligten Systeme erfassen. Daraus resultierten wiederum multiple Anforderungen an das System und die Prozesse, die in die Auswahl der Trägertechnologie einfllossen. Die Tauglichkeit ausgewählter Frameworks (u.a. Corda, Hyperledger Besu, Hyperledger Fabric 2, Quorum, Substrate/Polkadot) wurde anhand verschiedener Parameter wie Leistung, Verbreitung, Skalierbarkeit und Datenschutz untersucht und die Ergebnisse entsprechend dokumentiert.

#### AP1.2 Evaluation Trägertechnologie & Konzeption Systemarchitektur

Als Blockchain-Framework wurde Ethereum gewählt, da dieses Framework neben den reinen Leistungsparametern auch sehr weit verbreitet (zweitgrößte öffentliche Blockchain) ist und unter stetiger Weiterentwicklung steht. Überdies verwenden auch andere Wir!-Projekte Ethereum. In diesem Kontext ließen sich auch etwaige Kollaborationen mit anderen Wir!-Projekten mit Fokus auf eine gemeinsame Plattform- und Infrastrukturentwicklung sondieren. Insbesondere betraf dies die BCID (Blockchain Self-Sovereign ID), sowie das *Wir! In der Region*-Projekt, wobei hier ebenso der Fokus auf einer permissioned Variante der Ethereum-Chain lag.

### AP1.3 Erstellung Proof-of-Concept Blockchain

Basierend auf den Evaluationsergebnissen der Trägertechnologie wurde die Blockchain instanziert. Die Blockchain-Technologie ist somit als Proof-of-Concept verfügbar. In diesem Kontext ließ sich ein verteiltes Multi-Node-Setup auf Basis des `geth`-Quorum-Clienten auf einem verteilten System instanziieren. Hier wurden erfolgreich mehrere Knoten verknüpft, welche in der Lage waren, miteinander zu kommunizieren, was die funktionelle Tauglichkeit aufzeigte. Weiterhin wurde eine lokale Single-Node-Instanz auf Basis von Ganache erstellt, um funktionelle Tests auf Smart-Contract-Ebene durchführen zu können. Die dabei erfolgreich erstellte Truffle-basierte Umgebung ermöglicht einfache Testzyklen (Rollout, Aktualisierung, Funktionstests) für Smart Contracts. Smart Contracts legen fest, wie Daten in der Blockchain gespeichert und wie mit diesen umzugehen ist. Zudem lassen sich darin öffentliche Funktionen definieren, um solche Daten anlegen oder modifizieren zu können. Sowohl die Truffle-Umgebung als auch ein erster prototypischer Smart Contract ließ sich erfolgreich evaluieren.

### AP1.4 Planung & Umsetzung Datenhaltungsmodell

In diesem Arbeitspaket wurde die grundlegende Datenhaltungs- und Systemarchitektur konzipiert sowie entsprechend verschriftlicht. Neben Datenhaltungsdiagrammen, welche die Zusammenhänge und Verknüpfungen von Entitäten darlegen, ließen sich Systemübersichten zur Visualisierung logischer Bausteine (Services, Datenquellen -und senken) erstellen. Abbildung 1 stellt die einzelnen Komponenten und deren Relationen innerhalb der Systemarchitektur (V2) dar.

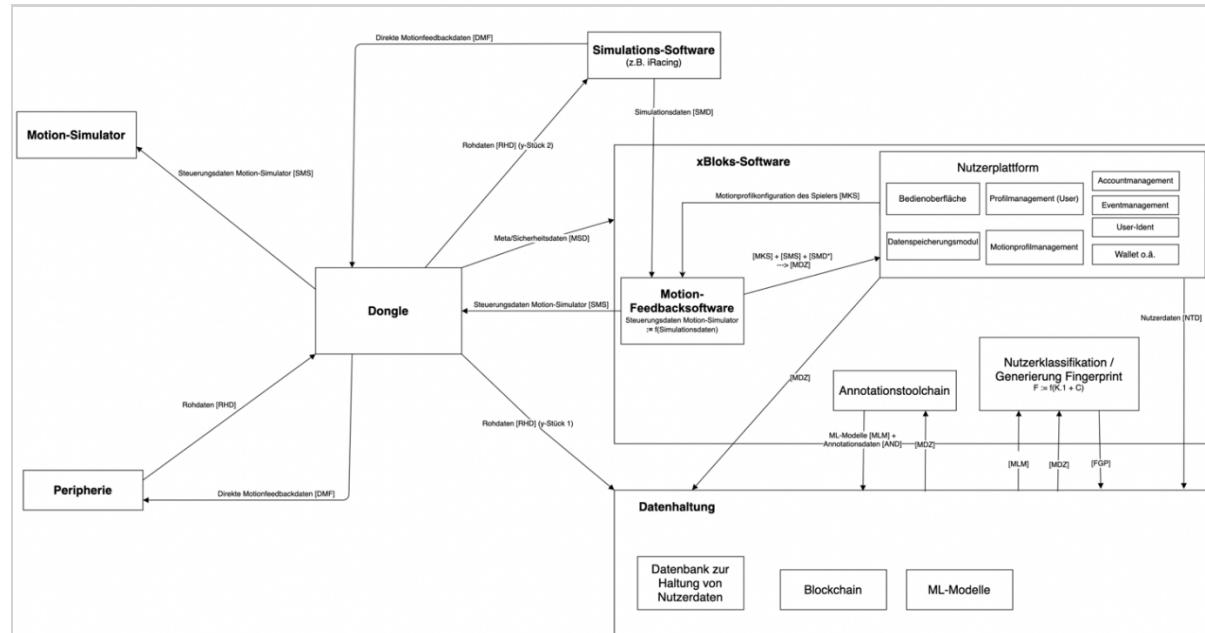


Abbildung 1: Komponentenübersicht (V2)

Die Datenmodelle wurden über ein leicht anpassbaren Django-basierten ORM realisiert. Weiterhin wurden auf Basis von Docker und Docker-compose verteilbare Umgebungen geschaffen, welche die Basis-Komponenten beinhalten und sowohl eine leichte Adaption als auch das Rollout der Komponenten auf externe Systeme ermöglichen. Speziell für die Blockchain-Kommunikation wurden prototypische Software-Module generiert, welche den Kommunikationskanal zur Blockchain etablieren und eine funktionale Abbildung von Smart-Contract-Modulen auf Python-Module realisieren. In diesem Kontext können benötigtes kryptographisches Schlüsselmaterial generiert und organisiert werden. Darüber hinaus ließen sich drei Smart Contracts für Accounts, Fingerprints und

Hardware (für letzteren siehe den anschließenden Abschnitt AP1.5) implementieren. Smart Contracts legen fest, wie Daten in der Blockchain gespeichert und wie mit diesen umgegangen werden kann. Um die Sicherheit der Daten zu gewährleisten, wurde zudem ein Rollensystem eingebaut, um den Zugriff auf bestimmte Funktionen zu limitieren. Beispielsweise lassen sich accountspezifische Daten nur angelegen oder modifizieren, wenn der Account dem Nutzer gehört, oder der xBloks-Administrator diese Funktion aufruft. Es soll jedoch nicht möglich sein, die Accounts anderer Personen zu verändern. Für die Umsetzung wurde die Ethereum Bibliothek „Open-Zeppelin“ genutzt. Die Rolle xBloks-Administrator-Account lädt Smart Contracts auf die Blockchain und hat systemübergreifend allumfassende Rechte. Die Rolle Account-Smart Contract verwaltet alle Spieleraccounts, wobei jeder Spieler-Account eine in der Blockchain gespeicherte ID besitzt. Die Implementierung öffentlicher Funktionen ermöglicht darüber hinaus das Anlegen und Modifizieren dieser Accounts. Der Fingerprint-Contract speichert alle erstellten Fingerprints der Spieler. Jeder Spieleraccount besitzt dabei einen Eintrag für jedes Event, an dem dieser teilgenommen hat und einen dazugehörigen Fingerprint-Hash. Es wird somit nicht der Fingerprint selbst, sondern die Fingerprintdaten mit den Umgebungsvariablen, z.B. Modellnummer des Machine-Learning-Modells oder die verwendeten Daten genutzt, um einen in der Blockchain abgelegten Hash zu generieren. Sollte sich eine der Umgebungsvariablen oder der Fingerprint selbst ändern, verändert sich damit auch der komplette Hash. Der Fingerprint-Contract beinhaltet Funktionen, um einen Fingerprint zu schreiben oder zu modifizieren. Darüber hinaus ließen sich Zugriffsmechanismen integrieren, die Accounts für neue Nutzer in der Blockchain anlegen, Daten in der Blockchain eintragen und auslesen. Dies bedingte die Erweiterung der Software- und Smart-Contracts-Module und deren Anbindung an die Blockchain.

#### *AP1.5 Absicherung der Hardwareprofile durch Blockchain*

Parallel zu den Entwicklungen in AP1.4 wurden Datenhaltungskonzepte für Hardware-Setup konzipiert und entsprechende Schnittstellen für das Persistieren und Abrufen der Daten erstellt sowie dokumentiert. Hierfür ließen sich die vorhandenen Datenhaltungsmethoden um Felder für die Hardwareprofile erweitern, welche nun anteilig in die in der Blockchain zu speichernden Daten einfließen und sich bei Bedarf auslesen sowie vergleichen lassen. Die Daten der Hardware werden während des Fahrens über eine lokale Applikation erfasst, regelmäßig synchronisiert und zusammen mit Telemetriedaten vorgehalten.

#### *AP1.6 Integration der Metriken für semantische Blockchain-Analysen für Fahrimulator-Setup und Fahrerbewertungen*

Grundsätzlich lassen sich nur unter „ähnlichen“ Bedingungen erhobene Daten miteinander vergleichen, weshalb Parameter für die Vergleichbarkeit generiert werden mussten. Um Faktoren zu berücksichtigen, welche die generierten Daten wesentlich beeinflussen, wird zwischen harten und weichen Randbedingungen unterschieden. Für den Fall „Rennsimulation“ lassen sich die (Renn-)Strecke und das Fahrzeugmodell als harte Randbedingungen betrachten. Weiche Randbedingungen sind Eigenschaften, die durch den Fahrimulator und externe Faktoren definiert werden, wie z.B. das spezifische Lenkrad und andere einstellbare Komponenten (z.B. Bremsen, Fahrwerk, etc.), die in den Simulator eingebaut sind, oder externe Faktoren wie Wetterverhältnisse, Temperatur, etc. Die Runden eines bestimmten Spielers unter harten Randbedingungen werden als Subset bezeichnet, wobei die Gesamtheit der Runden für einen bestimmten Spieler persistent gespeichert werden. Dies umfasst alle verfügbaren Runden unter beliebigen Bedingungen, wobei sich mittels

weicher Randbedingungen auch Teilmengen von Runden heranziehen ließen. Um den Abstand zwischen zwei gefahrenen Runden abschätzen zu können, mussten geeignete Maße in Form von Distanzfunktionen entwickelt werden. Für eine Runde wurde zusätzlich ein Vektor gespeichert, der den Fingerprint darstellt und den Fahrstil des jeweiligen Spielers kodiert. Auf diese Weise ließen sich Distanzmetriken für eine Auswahl definierter Randbedingungen ableiten. Die entwickelten Metriken zur Analyse von Spielerprofilen (AP2.5) / Hardware wurden in das entworfene System integriert.

#### *AP1.7 Weiterführende Optimierungen*

Im Rahmen von AP 1.7 konnten Unzulänglichkeiten und Fragestellungen identifiziert und adressiert werden. Dies ermöglichte die Optimierung der Infrastruktur. Blockchains verfügen nur über geringe Speicherkapazitäten pro Block, weshalb sich die zu speichernde Datenmenge optimieren lässt. Zu diesem Zweck wurde eine Routine implementiert, mit der die für die Validierung benötigten Daten eines Fingerprints in einen Hash umzuwandeln sind. Dieser benötigt nur eine geringe Menge Speicherplatz, erfüllt aber die gleiche Funktion. Fingerprints sind somit validierbar, wobei sich alle zuvor verwendeten Daten erneut zur Berechnung des Fingerprints heranziehen lassen. Dieser wird dann nach dem gleichen Verfahren gehasht. Sind beide Hash-Werte identisch, ist der Fingerprint valide. Mittels Routinen zur Aktualisierung der Fingerprints ist es darüber hinaus möglich Machine-Learning-Verfahren über längere Zeiträume nachzutrainieren.

## **1.2 AP2 Motion Profile Creation & Analysis**

### *a. Ergebnisse AP2*

Das Arbeitspaket erfasst und verifiziert die eingesetzte Hardware-/Software-Peripherie sowie die Leistungsparameter der Spieler, um eine zuverlässige Erkennung der Spieler und die Aufzeichnung ihrer Leistungsentwicklung zu gewährleisten. Folgende zu realisierende Meilensteine und Deliverables wurden erreicht: Der Demonstrator ist aufgebaut, konfiguriert und vernetzungsfähig und erste Datensätze wurden erhoben und exploriert (M2.1, D2.1). Überdies kann der Demonstrator Daten von gruppenbasierten Events in einem lokalen Netzwerk aufnehmen und sicher für nachfolgende Analysen speichern. Weiterhin wurden die Hauptkomponenten telemetrischer Fingerabdrücke exploriert. (M2.2, D2.2). Die Klassifizierung von Nutzern nach wesentlichen Parametern ist funktionstüchtig und beim Fahrsetup lassen sich Aussagen mit signifikanter Verzögerung in weicher Echtzeit treffen, falls der aktuelle Fahrer nicht dem zugehörigen Account entspricht (M2.3, D2.3). Zudem sind mögliche Manipulationsversuche durch nicht-autorisierte Personen durch das entwickelte System mit Verzögerungen identifizierbar.

### *b. Detaillierter Überblick der Teil-APs*

#### *AP2.1 Leistungsausschreibung Demonstrator Motion Profiling*

Zur Umsetzung der Konzepte und Möglichkeiten blockchain-basierter Spielerprofile wurde ein Technologeträger im Bereich der Fahrsimulatoren konstruiert, kalibriert und mit Schnittstellen versehen. Die Expertise zur Konstruktion des Demonstrators und zur Kalibrierung und Optimierung von simulatorspezifischen Motion-Profilen wurde zusammen mit den technischen Komponenten des Simulators von externen Auftragnehmern beschafft. Die Kalibrierung wurde unentgeltlich von der Fachgruppe Informatik der Hochschule Mittweida durchgeführt. Freigewordene Mittel

wurden kostenneutral durch das BMBF in 02/2022 umgewidmet. Der zweisitzige Demonstrator ist vorhanden und aufgebaut und wurde mit einer Fremdsoftware kalibriert. Das Modul zur Anbindung an die im Vorhaben verwendete Rennsimulation Assetto Corsa ist für die aktuelle Firmware implementiert. Zur Ansteuerung der Aktuatoren des Fahrsimulators wurde eine Software entwickelt, die eine beliebige Anzahl von Aktuatoren über ein gemeinsames Geometriemodell ansteuern kann, um eine gemeinsam abgestimmte Position einzunehmen, z.B. die vier Füße des zweisitzigen Demonstrators. Darüber hinaus können beliebig viele freie Aktuatoren einzeln angesprochen werden, z.B. die Gurtstraffer und die Aktuatoren für die Rotation der Sitze beim Ausbrechen des Fahrzeugs. Hierzu werden die mitgeloggten Telemetriedaten auf das Geometriemodell und auf die Positionen der freien Aktuatoren gemapped.

#### *AP2.2 Erstellung singuläres Karriere-Test-Set*

Für die Verbindung von Merkmalen zur Nachweisführung von Fahreridentitäten und Entwicklungen der Fahrer über die Zeit wurden Test-Sets mit unterschiedlichen Kombinationen aus Fahrern und Hardware erstellt. Der organisatorische Ablauf und die technische Funktionsfähigkeit des Test-Settings wurden dabei zunächst teamintern durchgeführt. Hierdurch ließen sich Verbesserungsbedarfe identifizieren, die in den Test-Sets angepasst wurden. Das Experimentalsetting wurde entsprechend dokumentiert.

#### *AP2.3 Erstellung Analysetoolchain & Exploration Profildomäne*

Zur Nutzung der Telemetriedaten wurde eine grundlegende Konzeptionierung und Entwicklung der Datenerfassung unterschiedlicher Hardwarekombinationen und Verfahren zur Generierung der digitalen Fingerprints für Hardware und Spielerverhalten aus den Monitoring-Daten durchgeführt. Basierend auf den konzeptionellen Überlegungen zur Datenerhebung und -speicherung wurden für die Anbindung des Motionsimulators zur Datenerhebung zwei Software-Prototypen entwickelt und jeweils das Modell zur Nutzung der Telemetriedaten, das Geometriemodell zur Ansteuerung des Motionsimulators sowie die Ansteuerung des Motionsimulators untersucht. Prototyp 1 wurde in C# entwickelt, Prototyp 2 in Python. Aufgrund vieler Vorteile wurde Prototyp 2 weiterentwickelt. In diesem Kontext wurde ein eigener Telemetrieprovider mit Zugriff auf alle Daten, die von der Rennsimulation Assetto Corsa bereitgestellt werden, in einer einzelnen Python-QT-Anwendung implementiert. Die Entwicklung ist modular erweiterbar, d.h. es lassen sich künftig auch andere Rennsimulationen wie iRacing mit Python anbinden. Neben dem Telemetrieprovider wurde im Prototyp 2 ein Motioncontrol-Modul entwickelt, welches die Berechnung der Position aller Aktuatoren aus den Telemetriedaten der aktuellen Session live steuert/aktiviert. Weiterhin wurde ein Interface-Modul entwickelt, welches alle neu berechneten Positionen für physische Aktuatoren über die definierten Schnittstellen überträgt. Die Motionsimulatorkonfiguration enthält die einzelnen Konfigurationen für die Aktuatoren, das Geometriemodell und den Telemetrie-Mapper. Zudem ließ sich ein Datenlogger entwickeln, welcher pro Session jeweils ausgewählte Telemetrie- sowie statistische Daten protokolliert. In diesem Kontext wurde zudem ein Dienst zur Konvertierung der bisher angefallenen Telemetriedaten in das xBLOKS-Format konzeptioniert. Eine QT-Oberfläche ermöglicht die Bündelung und Steuerung aller Module und die Konfigurationen für die Ansteuerung des Motionsimulators. Diese wird dynamisch anhand der aktuellen Konfigurationsdaten angepasst. Zudem dient sie der Visualisierung ausgewählter Telemetriewerte und Aktuatorpositionen. Die so entstehende Analysetoolchain ermöglicht die explorative Analyse der anfallenden Daten der Profildomäne und die Zusammenstellung von Werkzeugen zur Datenanalyse

speziell für diese Domäne. Abbildung 2 zeigt die Visualisierung ausgewählter Telemetriewerte aus der Simulation und Aktuatorpositionen des Simulators und der virtuellen Ebene in der entwickelten App.

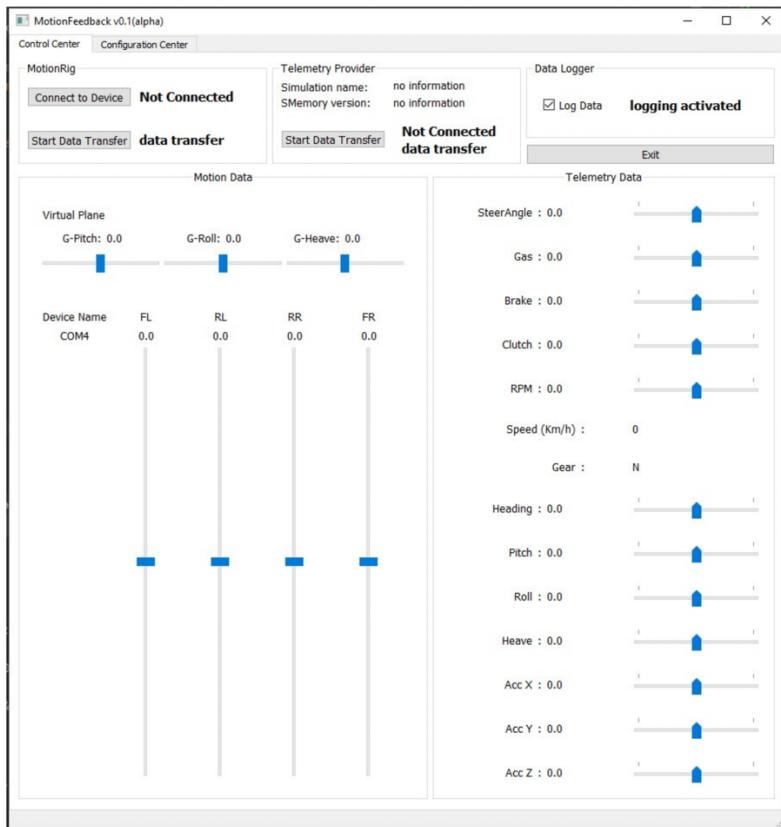


Abbildung 2: Motion-Feedback v0.1

#### AP2.4 Anforderungsanalyse & Konzeption Systemarchitektur zur Profilanalyse

Aufbauend auf den in AP2.2 aufgezeichneten Daten und der in AP2.3 erstellten Analysetoolchain wurden die Anforderungen an das System zur Profilanalyse identifiziert und die darauf aufbauende Systemarchitektur konzipiert. Aufgrund des großen Datendurchsatzes wurden in diesem Kontext multi-modale Datenreduktionsmodelle implementiert, welche die Ableitung von typischen Merkmalen und deren sinnerhaltenden Speicherung in der Blockchain zu gewährleisten und eine abgeleitete Datenrepräsentation signifikanter Muster sowie eine zeitnahe (semi-)automatische Erkennung von Manipulationen ermöglichen.

#### AP2.5 Implementierung & Evaluation maschineller Analyseverfahren

Aufbauend auf AP 2.4 wurde eine modulare Architektur zur Datenaufbereitung, -reduktion und -analyse implementiert. Während einer Datenaufnahme eines Fahrers werden sowohl statische Daten über die genutzte Hardware-Konfiguration und die Session-Einstellung als auch die anfallenden Telemetriedaten erfasst. Aus den einmalig anfallenden statischen Daten einer aktuellen Session wird ein Merkmalsvektor berechnet, der mit den Merkmalsvektoren früherer Sessions sowohl dieses Fahrers als auch anderer Fahrer verglichen wird. Hierzu sind die Merkmalsvektoren früherer Sessions der Fahrer durch Clustering-Methoden zu einem Clustermodell zusammenzufassen. Mit diesem Clustermodell wird der Merkmalsvektor der aktuellen Session einem der registrierten Fahrer zugeordnet. Diese Zuordnung muss mit der aktuellen Anmeldung des Fahrers am System

übereinstimmen, um diesen zu bestätigen. Anhand der Telemetriedaten wird der Fahrer anhand seines Fahrverhaltens identifiziert. Hierzu werden die Telemetriedaten, bestehend aus den 242 Features, die jeweils mit 60Hz von der Rennsimulation bereitgestellt werden, im implementierten Datenaufbereitungsmodul rundenweise verarbeitet und gefiltert. Im implementierten Datenreduktionsmodul werden im Anschluss für jede Runde und für jeden Sektor der Runde höherwertige Features berechnet und jeweils als ein Merkmalsvektor pro Runde gespeichert. Dadurch lässt sich die Datenmenge einer Session und die Datendimensionalität erheblich reduzieren. Anhand der reduzierten Merkmalsvektoren pro Session kann das nachgelagerte Analysemodul anhand von ML-Modellen entscheiden, ob das aktuelle Fahrverhalten dem bisherigen Fahrverhalten dieses Fahrers entspricht. Im Analysemodul wurden für diese Entscheidungsfindung einzelne Machine-Learning-Verfahren prototypisch implementiert, u.a. ein Clustering-System und ein Siamese Neural Network (ein Deep-Learning-Verfahren, CNN) und ein Ensemble-basiertes Verfahren LOE (League Of Experts). Die ML-Modelle werden mit den Daten vorheriger Sessions iterativ trainiert. Das gelernte, bisherige Fahrverhalten wird codiert als Fingerprint aus den trainierten Modellen ausgeleitet.

#### *AP2.6 Generierung gruppenbasierter Karriere- & Event-Test-Sets*

Für die Durchführung der gruppenbasierten Karriere-Test-&-Event-Sets wurden für jeden Fahrer die in AP 2.2 erstellten singulären Karriere-Test-Sets übernommen. Des Weiteren erfolgte die Organisation von Events über die entwickelte Web-Applikation, über die die einzelnen Fahrer registriert und für jede Session angemeldet sein mussten. Die Fahrer konnten sich hier auch zu einzelnen Events anmelden. Für gruppenbasierte Event-Sets wurde den jeweiligen Fahrern dieses Event mitgeteilt. Sowohl die Karriere-Sets für einen als auch zu Gruppen angemeldeten Fahrern konnten aus den erhobenen Daten abgeleitet werden, die dafür notwendige Funktionalitäten wurden umgesetzt. Mit den so geschaffenen technischen Grundlagen und basierend auf den erstellten Test-Sets erfolgten systematische Datenaufnahmen mit den in AP4.2 rekrutierten Probanden. Wie in Tabelle 1 dargestellt, ließen sich verteilt über 22 Tage bei 5.860 gefahrenen Runden ca. 33,5 GB Fahrdaten generieren. Bei der Umsetzung gruppenbasierter Events konnte die bestehende Kooperation mit dem Living Lab der Hochschule Mittweida nutzbar gemacht und gruppenbasierte Event-Test-Sets zur Erstellung eines Datensatz umgesetzt und aufgezeichnet werden. Das methodische Vorgehen beim Erstellen des Datensatzes wurde der wissenschaftlichen Community auf der zweiten International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET) präsentiert und ist in der Veröffentlichung „Data set for long term driving recording using immersive motion simulation in virtual racing – IMSRace“ ausführlich beschrieben. Der Datensatz ist zudem unter der internationalen Lizenz Attribution-ShareAlike 4.0 nutzbar. Ein Teil des erstellen Datensatzes konnte überdies im Masterstudiengang „Medieninformatik und Interaktives Entertainment“ für ein adaptiertes forschungsbasiertes Lehr-Lernformat nutzbar gemacht werden. Das Lehr-Lernformat wurde auf der zweiten International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering (ICECCME) unter dem Titel „Adaptation of a Research-based Teaching-Learning Format with Approaches of Online Learning in the STEM Field“ präsentiert. Dieses dient dazu den Datenkorpus stetig zu erweitern, entsprechende ML-Verfahren kontinuierlich zu optimieren und Experten im Kontext der Schnittstelle zwischen Blockchain und eSports auszubilden.

Datum	Gefahrene Runden	Erhobene Datenmenge	Datum	Gefahrene Runden	Menge Daten
28.07.2021	260	1,5 GB	25.04.2022	200	1,1 MB
31.01.2022	280	3,0 GB	02.05.2022	440	2,4 GB
07.02.2022	280	2,0 GB	16.05.2022	480	2,6 GB
14.02.2022	240	1,3 GB	23.05.2022	480	2,6 GB
21.02.2022	240	1,3 GB	30.05.2022	360	1,9 GB
28.02.2022	200	1,1 GB	13.06.2022	320	1,7 GB
07.03.2022	160	0,8 GB	20.06.2022	160	0,8 GB
21.03.2022	240	1,3 GB	27.06.2022	240	1,3 GB
28.03.2022	280	1,5 GB	04.07.2022	240	1,3 GB
04.04.2022	200	1,1 GB	11.07.2022	160	0,8 GB
11.04.2022	240	1,3 GB	18.07.2022	160	0,8 GB
<b>Gesamt</b>		<b>5.860</b>	<b>33,5</b>		

Tabelle 1: Datenerhebungen mit Probanden im Projektzeitraum

#### *AP2.7 Synthetische Anreicherung mit manipulierten Datenbeständen*

Um die Robustheit der Manipulationserkennung maschineller Lernverfahren zu erhöhen, erfolgte eine synthetische Anreicherung des erstellten Datensatzes mit manipulierten Datenbeständen. Hierfür wurde ein Skript entwickelt, um die nachträgliche Manipulation vorhandener Datensätze automatisiert zu ermöglichen. Es konnten Daten von mehreren Probanden in verschiedene Kombinationen aus Strecke und Fahrzeug ausgewählt und 50% der Datensätze pro Fahrer durch Daten eines anderen Fahrers ersetzt werden. Dabei entstanden ca. 16 GB augmentierte und manipulierte Daten. Diese Augmentierungen lassen sich nach der Erhebung zusätzlicher Daten parametrisiert wiederholen.

#### *AP2.8 Analytische Untersuchung vorhandener Testsets*

Die aufgezeichneten Test-Sets wurden mit Blick auf die Identifizierung charakteristischer Merkmale von Spielerprofilen analysiert und aufbauend auf AP2.5 relevante Merkmale für den telemetrischen Fingerabdruck abgeleitet. Hierfür galt es die Datensätze aus der Datenerhebung zunächst zu bereinigen und zu untersuchen. Die Untersuchung erfolgte anschließend auf Grundlage von 2.200 gefahrenen Runden und damit auf einem Teil des generierten Datensatzes. Zur Berechnung des telemetrischen Fingerprints wurden verschiedene Features extrahiert, hinsichtlich ihres Einflusses analysiert und anschließend finale Features für die Erstellung des Fingerprints definiert. Für die Fingerprinterstellung wurde zwischen Features pro Runde – den sogenannten globalen Features – und Features pro Sektion differenziert. Die Hardware- und Motion-Konfigurationen sowie die verwendeten Telemetriedaten ließen sich anschließend hashen. Der finale Fingerprint besteht aus dem Hash aller dieser Bestandteile. Ändert sich eines der Bestandteile, so ändert sich der gesamte Hash und eine Manipulation kann erkannt werden. Auszüge aus diesen Analysen wurden der wissenschaftlichen Community auf der zweiten International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET) vorgestellt und können in der Veröffentlichung „*Data set for long term driving recording using immersive motion simulation in virtual racing - IMSRace*“ nachvollzogen werden.

### AP2.9 Maschinelle Komitee basierte Lernverfahren (inkl. CNN) zur Profilklassifikation

Basierend auf den Vergleichen von verschiedenen Modellen in AP2.5 wurde die Implementierung der Siamese Neural Networks (SNNs) vorgenommen. SNNs werden zur Identifikation von Ähnlichkeiten verwendet und bestehen intern aus mehreren Subnetzwerken, welche in Parametern und Gewichten identisch sind. Die finale Architektur der Profilklassifikation ist in Abbildung 3 zu sehen.

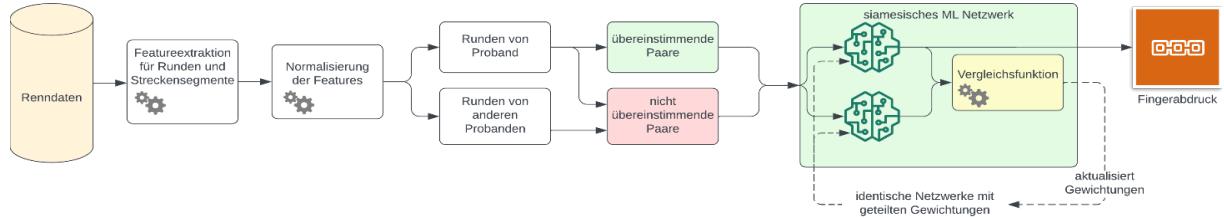


Abbildung 3: Architektur der Profilklassifikation mit Siamese Neural Networks

Für die Datenanalyse lassen sich die Rohdaten durch einen Pre-Processor vorverarbeiten. Dieser bereinigt die Daten von unvollständigen Runden und extrahiert signifikante Merkmale. Diese sind für jede Runde sowie abschnittsweise (Unterteilung der Gesamtstrecke in 10 gleich große Abschnitte) berechenbar. Um diese Daten für die Verarbeitung durch das SNN zu optimieren, können alle Merkmale auf einen Wertebereich zwischen Null und Eins normalisiert werden. Diese Daten sind anschließend in verschiedene Paare aufzuteilen. Damit das Machine-Learning-Verfahren Unterschiede zwischen verschiedenen Probanden erkennen kann, wird es sowohl mit Paaren, bei denen die Daten vom gleichen Fahrer stammen, als auch mit Paaren von verschiedenen Fahrern trainiert. Nach Abschluss des Trainings ist das neuronale Netz in der Lage, Fingerprints für die Daten zu berechnen und vergleichbar zu machen. Anhand des Ergebnisses dieser Funktion wird überprüft, ob der berechnete Fingerprint mit den bisherigen Fingerprints des Benutzers übereinstimmt. Dieser Vorgang ist in Abbildung 4 schematisch dargestellt. Nach einem Training ist dieses System in der Lage, Aussagen zu Validität von Spielerdaten mit einiger Verzögerung zu treffen. Folglich ließen sich Komitee-basierte Lernverfahren zur automatisierten Klassifizierung der Spieler implementieren, trainieren und optimieren. Die Klassifizierung von Nutzern nach wesentlichen Parametern ist funktionstüchtig und nach Erhebung der Fahrdaten werden automatisiert Aussagen mit Verzögerung getroffen, ob der aktuelle Fahrer nicht dem zugehörigen Account entspricht.

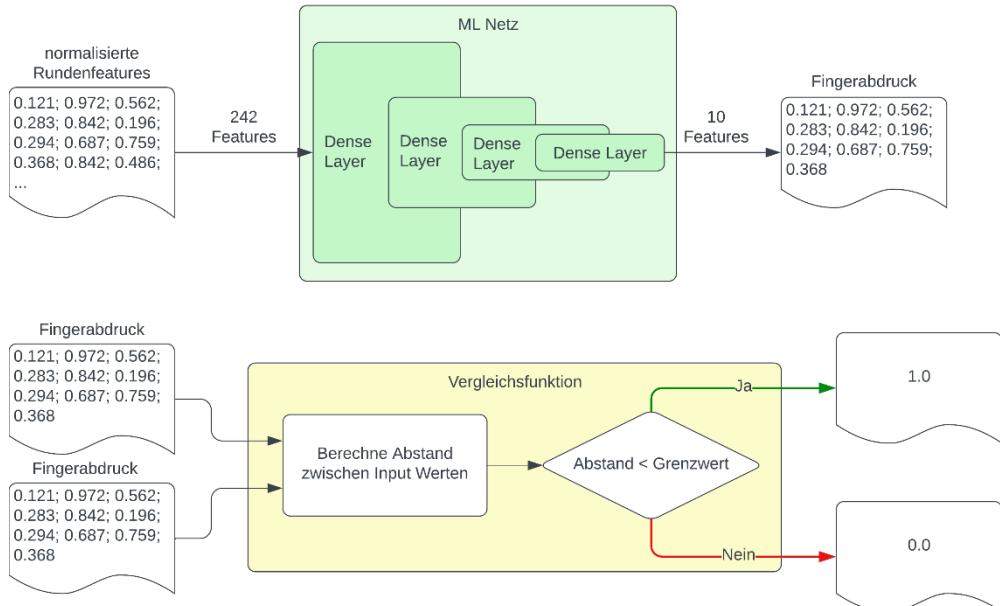


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Fingerprintberechnung und des anschließenden Vergleiches

#### AP2.10 Evaluation und Optimierung für Echtzeitklassifikation

Um das in AP2.9 entwickelte System weiterzuentwickeln, wurden mehrere Testreihen mit Daten aus der Datenerhebung durchgeführt. Anhand dieser Testreihen konnten zunächst die Trainings- und Strukturparameter des SNN angepasst werden, wodurch sich die Genauigkeit des Machine-Learning-Verfahrens steigern ließ. Um eine Klassifikation von Daten in weicher Echtzeit im laufenden Betrieb zu bewerkstelligen, wurde für das in AP3 eingeführte *File Storage System* ein Eventsystem eingegliedert. Dieses System stellt eine Warteschlange zur Verfügung, in welche Events seitens des *File Storage* gesendet werden können. Diese Events sind generierbar, sobald Nutzer neue Daten hochladen. Damit das Machine-Learning-Verfahren Zugriff auf diese Events erhält, ist dieses in einen dafür entwickelten Machine-Learning-Service eingebettet. Dieser Service liest die Informationen der Events aus der Warteschlange aus und kann anhand dieser auf die im *File Storage* gespeicherten Daten zugreifen. Auf diesem Weg werden die für das Training und zur Berechnung von Fingerprints benötigten Daten eingelesen und anschließend von der in AP2.9 implementierten Profilklassifikation verarbeitet. Zusätzlich implementiert dieser Service Funktionalitäten, um das Machine-Learning-Verfahren mit neuen Daten weiter zu trainieren und sich so an die steigenden Erfahrungen und fortlaufenden Entwicklungen der Fahrer innerhalb ihres Karriereverlaufs anzupassen. Das so entstandene System ist in der Lage, Daten kurz nach dem Hochladen durch einen Nutzer einzulesen und mit einiger Verzögerung eine Aussage zur Validität dieser Daten zu treffen. Im Lauf dieser Entwicklung wurden dabei noch einige weitere Optimierungsmöglichkeiten identifiziert und dokumentiert.

### 1.3 AP3 Plattformentwicklung

#### a. Ergebnisse AP3

Das Arbeitspaket befasst sich mit der Sicherung und Optimierung der Datenaufnahme und Datenhaltung sowie der verteilten Nutzung des Systems. Die zu erzielenden Meilensteine und Deliverables wurden erreicht: Interne Datenbankmodelle zur systematischen Abspeicherung großer

Datenmengen wurden entwickelt (M3.1). Zudem ist der Demonstrator in der Lage, Daten von gruppenbasierten Events in einem lokalen Netzwerk aufzunehmen und sicher für nachfolgende Analysen abzuspeichern (M3.2). Die Annotationstoolchain wurde für gruppenbasierte Events und Multiplayer-Karrieren erweitert. Ein Hardwaredongle zur Vermittlung zw. HW/SW & Blockchain-Technologie & Fingerprintberechnung ist entwickelt (M3.3/D.3.3). Zudem steht eine Multi-User- und Concurrent-Access-Plattform zur Verfügung (D3.4).

### b. Detaillierter Überblick der Teil-APs

#### AP3.1 Anforderungsanalyse Datenhaltung und -sicherung: Datenverkehr

Die funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen für die experimentelle Forschungsdatenhaltung/-sicherung sowie für Netzwerke und Datenverkehr wurden erfasst und dokumentiert. In diesem Kontext konnten neben wesentlichen technischen Parametern wie Durchsatzgeschwindigkeit und Datengröße auch mit dem Vorhaben einhergehende datenschutzrechtlich relevante Bestimmungen eruiert werden. Basierend darauf ließ sich ein geeignetes Datenhaltungsmodell konzipieren. Dieses arbeitet mit verschiedenen Speichermethoden und berücksichtigt die DSGVO für persönliche Angaben. Für die von Nutzern aufgezeichneten großen Mengen an Fahrdaten wird ein File Storage System (FSS) zur Sicherung verwendet.

#### AP3.2 Implementierung Datensicherungs- und Zugriffsmechanismen

Damit das System und alle zugehörigen Daten nachhaltig und von verschiedenen Endanwendern genutzt werden können, wurden erweiterbare und verteilte Datensicherungs- und Zugriffsmechanismen implementiert sowie Backup- und Recoverykonzept erstellt. Zudem wurden Kommunikationsroutinen zwischen Backend und FFS etabliert. Das Backend stellt eine REST-basierte Schnittstelle zur Verfügung und bildet die Datenmodelle ab. Damit stellt dieses die zentrale Kommunikationsschnittstelle für sonstige Software-/Hardware-Komponenten des Systems dar. Weiterhin wurde das in Abbildung 5 exemplarisch dargestellte Frontend konzipiert, welches dem Nutzer neben Upload von aufgezeichneten Fahrdaten auch das Anlegen eines eigenen Profils ermöglicht.

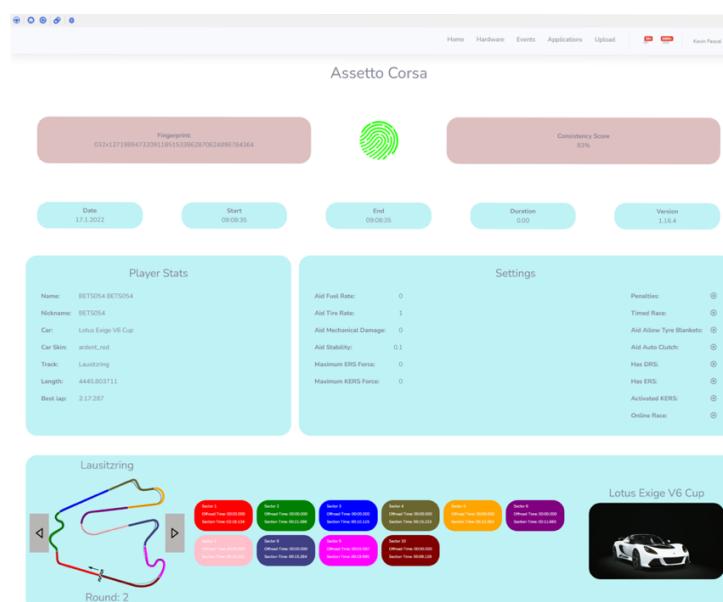


Abbildung 5: Frontend

### *AP3.3 Hardwarekalibrierung & Optimierung*

Erste Kalibrierungen des Simulators, sowie aller zugehörigen Hardwarekomponenten, ergänzender Sensorik inkl. Hardwaredongle (vgl. AP3.4) wurden durchgeführt. Darauf aufbauend ließ sich die Hardware optimieren. Ziel der Optimierung war es, ein möglichst realistisches Fahrgefühl beim Nutzer bei Verwendung des Demonstrators zu erzeugen. Hierfür wurden verschiedene Parameter, wie etwa die Geschwindigkeit der Aktuatoren angepasst. Dadurch konnten verschiedene Eigenschaften, wie etwa das Verhalten der Federung eines Fahrzeugs, nachgebildet werden. Weiterhin wurde das Lenkrad und die Pedalerie angepasst, um eine möglichst akkurate Nachbildung der originalen Fahrzeugkomponenten zu erhalten. Besonderer Fokus lag hierbei auf dem benötigten Bremsdrucks des Bremspedals, sowie dem Lenkwiderstand.

### *AP3.4 Entwicklung eines Hardwaredongles*

Dieses Teil-AP zielt auf die Entwicklung eines manipulationssicheren Dongles an der Schnittstelle zwischen Demonstrator-Hardware und Distributed-Ledger-Technologie ab, um Zustände und Parameter sämtlicher Peripheriekomponenten zu überwachen, zu protokollieren und die Berechnung relevanter Fingerabdrücke lokal oder verteilt im Netzwerk zu ermöglichen. Zunächst wurden dafür vertrauenswürdige Ausführungsumgebungen eruiert, die sich speziell mit Datenintegrität betreffs des Dongles befassen. Zudem wurde ein Dongle-Konzept erstellt und Dongle-Informationen in der Datenhaltung berücksichtigt. Zur Absicherung des xBloks-Systems wurde eine Software entwickelt, mit welcher der Nutzer nur interagieren kann, wenn er über valide xBloks-Schlüssel verfügt. Diese Schlüssel werden dem Nutzer auf dem Dongle zur Verfügung gestellt. Dies inkludiert einen Nutzerschlüssel bestehend aus einem öffentlichen und privaten Schlüssel. Eine Registrierung des Nutzers erfolgt nur mit angeschlossenem Dongle. Mit Abschluss des Registrierungsprozess wird der gespeicherte Schlüssel mit dem Nutzerkonto verknüpft. Diese Verknüpfung wird sowohl im Backend als auch in der Blockchain gespeichert. Will der Nutzer nun die xBloks-Software und ihre Funktionalitäten nutzen, muss er sich mit angeschlossenem Dongle in seinem Konto anmelden. Wird der Dongle während des Betriebs entfernt, wird der Nutzer automatisch von seinem Konto abgemeldet und hat keinen Zugriff mehr auf die Funktionen der Software. Neben dieser primären Sicherheitsfunktion als Zwei-Faktor-Authentifizierung und Absicherung während des Betriebs kann das gespeicherte Schlüsselmaterial verwendet werden, um die Identität des Nutzers eindeutig zu bestätigen. Zusätzlich erlaubt es dem Nutzer, signierte Anfragen an das System zu senden sowie eigene Daten zu signieren, wodurch diese Daten dem Nutzer eindeutig zugeordnet werden können. Die Schlüssel für den Nutzer werden mithilfe eines xBloks-internen Schlüssels generiert, welcher im xBloks-Administrations-Account der Blockchain hinterlegt wird. Sollte der Nutzer seinen Dongle verlieren oder das darauf gespeicherte Schlüsselmaterial beschädigt oder zerstört werden, ist dieser Schlüssel unwiederbringlich verloren und der betroffene Nutzer muss einen neuen Schlüssel und damit einen neuen Dongle beantragen. Dieser Dongle wird dem Nutzer ausgeliefert, während es intern mit dem Nutzer verknüpft wird. Dazu wird der entsprechende Datenbankeintrag aktualisiert, sowie der Account des Nutzers in der Blockchain. Über den Eintrag in der Blockchain kann rückwirkend diese Änderung nachvollzogen werden. Durch den Verlust des Schlüssels lassen sich zuvor signierte Daten nicht mehr validieren, was der Einzigartigkeit jedes Schlüssels geschuldet ist. Waren Schlüssel reproduzierbar, könnten Unbefugte eine Kopie eines Schlüssels generieren und so Zugriff auf das Konto des Nutzers erhalten oder sich als dieser ausgeben.

### AP3.5 Erweiterung Annotationstoolchain für gruppenbasierte Events & Multiplayer-Karrieren

Um ein erfolgreiches Training der Machine-Learning-Verfahren zu ermöglichen, galt es zunächst die aufgezeichneten Daten den einzelnen Profilen zuzuordnen. Aus diesem Grund wurden die Telemetrie-Daten zusammen mit weiteren Metadaten zum Nutzer, dem gefahrenem Event und dem verwendeten Setup gebündelt gespeichert. Da hierfür bisher kein adäquates Datenformat existiert, wurde ein neues Format entwickelt, welches die aufzuzeichnenden Telemetrie- und Hardwaredaten verwaltet. Dabei lassen sich die aus der Simulation gesammelten Fahrdaten zusammen mit Informationen zum Nutzer, dessen Hardware-Setup und dem Rennen, an dem der Nutzer teilgenommen hat, speichern. Darüber hinaus werden in diesem Datenformat relevante Kenngrößen, welche von dem Machine-Learning-Service extrahiert werden, zur späteren Weiterverarbeitung und Einsicht abgelegt. Anhand dieser können Aufzeichnungen anhand von Nutzern oder Events gruppiert und ausgewertet werden. Die Annotationstoolchain wurde für die Nutzung mehrerer Anwender weiterentwickelt. Um eine schnelle und unkomplizierte Einsicht dieser Daten zu ermöglichen, ließ sich eine zusätzliche Ansicht in die Nutzer-Applikation integrieren, wobei diese für Administratoren der Plattform zugänglich ist. Andere Nutzer der Plattform können eine limitierte Einsicht in ihre Aufzeichnungen über spezifische Event-Ansichten über die Startseite der Plattform erhalten.

### AP3.6 Plattformentwicklung für multiple Nutzer und Endanwender

Es wurde eine Plattform konzipiert und implementiert, die multiplen Nutzern und Endanwendern zugänglich ist und unter anderem die Verwaltung des eigenen Profils ermöglicht. Über diese Plattform werden Nutzer zudem befähigt, Events zu organisieren oder sich bei bestehenden Events anzumelden. Eventorganisatoren können diese Anmeldungen bestätigen oder ablehnen und so steuern, welche Fahrer an dem Event teilnehmen dürfen. Hierfür wurden multiple Ansichten konzipiert und weiterentwickelt und mithilfe eines JavaScript-Frameworks umgesetzt. Zusätzlich ließen sich Schnittstellen und Kommunikationskanäle mit dem darunterliegenden Backend schaffen, um Informationen grafisch aufzuarbeiten und Eingaben zu verarbeiten. Die Plattform setzt sich aus drei Bestandteilen zusammen: der nativen Applikation, welche der Nutzer auf seinem Rechner installiert, dem Frontend, mit dem er primär interagiert, und dem Backend, welches Daten für das Frontend bereitstellt. Abbildung 6 stellt das Gesamtsystem dar.

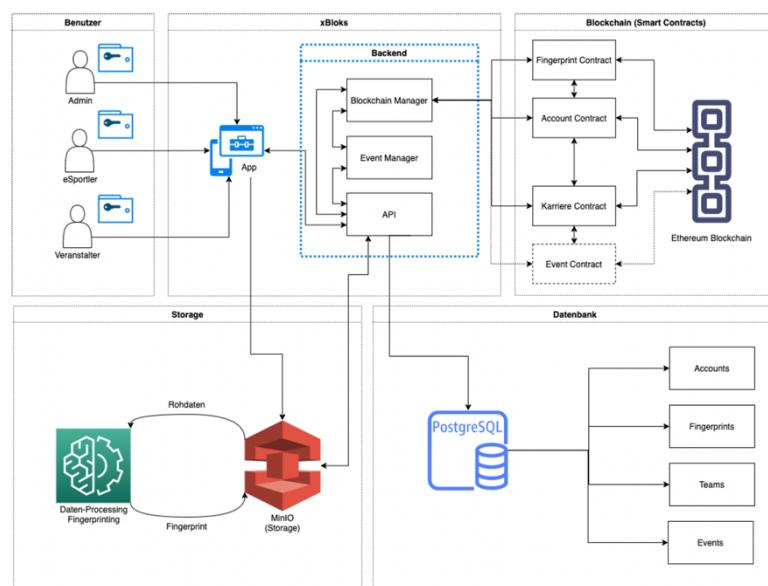


Abbildung 6: Darstellung des Gesamtsystems

Das Backend ist die zentrale Komponente des gesamten xBloks-Systems und übernimmt neben der Verwaltung der Datenbank auch die Verarbeitung von Daten, das Berechtigungsmanagement und dient als Schnittstelle zu dem *File Storage* und der Blockchain. Das Backend ist dadurch beim Informationsaustausch innerhalb des Systems beteiligt. Zusätzlich dient das Backend auch der Bereitstellung des Frontends. Beim Frontend handelt es sich um eine auf dem JavaScript-Framework „Vue“ basierende Single-Page-Application. Das Frontend wird in einer nativen Python-Applikation eingebettet. Diese Applikation dient der Überwachung der angeschlossenen Hardware am Computer des Nutzers und warnt diesen bei möglichen Manipulationsversuchen. Auch der Verbindungsstatus des Dongles wird von dieser überwacht und Telemetriedaten lassen sich aufzeichnen. Das Gesamtsystem konnte abschließend mittels Testcases auf Validität hinsichtlich der Funktionalität und Nutzbarkeit geprüft und optimiert werden.

## 1.4 AP4 Projektmanagement & Requirements Engineering

### a. Ergebnisse AP4

Das Arbeitspaket umfasst das Requirements Engineering für das Gesamtprojekt, die Probandenrekrutierung sowie Projekt- und Eventmanagement. Die zu erzielenden Meilensteine und Deliverables wurden erreicht. Die integrierende Anforderungsanalyse über alle Arbeitspakte wurde abgeschlossen (M4.1). Es existiert ein konsolidierendes Anforderungsdokument für das Gesamtprojekt (D4.1). Die Planung der Rekrutierung geeigneter Probanden für Karriere- und Testfahrten sowie für Live-Events ist abgeschlossen (M4.2). Es liegt ein Rekrutierungsfragebogen zur Auswahl geeigneter Probanden mit unterschiedlichen Fähigkeiten vor (D4.2). Die Schaufenster-Events mit dem Demonstrator wurden durchgeführt und dokumentiert (D4.3). Zudem existiert eine Übersicht mit Interessenten und potenziellen Kunden für die Ausgründung (D4.4).

### b. Detaillierter Überblick der Teil-APs

#### AP4.1 Begleitende Anforderungsanalyse über alle APs

Die internen und externen funktionalen sowie nicht-funktionalen Anforderungen wurden begleitend über alle anderen Arbeitspakte mit Hilfe verschiedener Techniken zur Anforderungsermittlung unter besonderer Berücksichtigung der Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Arbeitspakte erfasst. In diesem Kontext wurden auch Maßnahmen zur Strukturierung und Verwaltung der Anforderungen implementiert. Die finalen funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen an das Gesamtprojekt wurden in ein konsolidierendes Anforderungsdokument überführt. Dieses konsolidierende Dokument bildete die Basis für das kontinuierliche Monitoring und die Abstimmung bezüglich der geforderten Qualitätskriterien.

#### AP4.2 Rekrutierung von Probanden für Karriere- und Testfahrten

Um iterierende Optimierungen der Verfahren zur Profilerstellung und -separierung durchzuführen, wurden für die erste Erhebungswelle (Karriere- und Testfahrten) geeignete ProbandInnen mit unterschiedlichen Fähigkeiten rekrutiert. Die Eignung der Testfahrer wurde dabei basierend auf den in AP2 definierten Anforderungen spezifiziert und in geeignete Kriterien überführt, wobei in diesem Kontext auch Ein- und Ausschlusskriterien für ProbandInnen festgelegt wurden. Die definierten Kriterien bildeten die Grundlage für die Erstellung eines Rekrutierungsfragebogens, welcher das zentrale Instrument zur Identifikation geeigneter ProbandInnen bildete. Für die

Rekrutierung der ProbandInnen wurden im Berichtszeitraum verschiedene Kanäle nutzbar gemacht. So konnte der Erstkontakt zu potenziell Interessierten unter anderem über das Living Lab der Hochschule Mittweida sowie über das Technikum Mittweida Motorsport (TMM) hergestellt werden. Basierend auf dem Rekrutierungsfragebogen ließen sich über verschiedene Rekrutierungskanäle 34 geeignete ProbandInnen für die erste Erhebungswelle rekrutieren. In der zweiten Datenerhebungswelle 2022 ließen sich zwölf weitere Probanden rekrutieren, die für eine kontinuierliche Teilnahme an Karriere- und Testfahrten über einen Zeitraum von vier Monaten zur Verfügung standen. Von den zwölf rekrutierten Probanden verfügten fünf über einschlägige Rennsporterfahrungen. An den Fahrdatenaufnahmen der zweiten Datenerhebungswelle nahmen elf Männer und eine Frau teil. Da bei der Profilerstellung verschiedene personenbezogene Daten erfasst und verarbeitet werden müssen, wurde eine Datenschutzfolgenabschätzung für das Vorhaben durchgeführt und potenzielle datenschutzrechtliche Risiken entsprechend bewertet. Basierend auf den Ergebnissen der Datenschutzfolgenabschätzung wurde ein geeignetes Datenschutzkonzept erstellt. Die Datenschutzfolgenabschätzung und das Datenschutzkonzept wurden von der Datenschutzbeauftragten der Hochschule Mittweida bestätigt. Weiterhin wurden in diesem Teil-AP verschiedene Dokumente erstellt, die den ProbandInnen im Vorfeld der Fahrdatenaufnahme zugestellt wurden. Zu den erstellten Dokumenten zählen u.a. Informationsdokumente, die Hinweise zum Ablauf der Datenaufnahme, zu gesundheitlichen und datenschutzrechtlichen Aspekten enthalten. Weiterhin wurde eine Einwilligungserklärung zur Erhebung und Verarbeitung personenbezogener Daten in wissenschaftlichen Projekten erstellt.

#### *AP4.3 Organisation der Schaufenster-Events*

Im Berichtszeitraum wurde das Projekt auf weiteren Events vorgestellt (siehe hierzu auch AP4.6). Bei dem im Rahmen des WIR!-Projektverbundes gemeinsam durchgeführten Schaufensterevents („Demonstratortag“) ließ sich das Projektvorhaben einer breiten Öffentlichkeit vorstellen. Da der Fokus der Events auf dem Ausprobieren und Erleben der Technologie im konkreten Anwendungskontext lag, wurden basierend auf der entwickelten Eventkonzeption und -strategie verschiedene Multimedia-Assets erstellt, die diese Zielstellung zusätzlich unterstützten. Die Erstellung eines Erklärvideos in diesem Kontext ermöglichte die Visualisierung des Konzepts der Blockchain-basierten Analyse von Fahreridentitäten für eine technologieferne Zielgruppe. Zudem wurde eine Simulation erstellt, welche die Abläufe bei der Erstellung digitaler Fingerprints greifbar macht. Die Erstellung eines Roll-up-Banners sorgte bei verschiedenen Events für weitere Aufmerksamkeit. Überdies wurde eine interaktive Projektpräsentation (siehe hierzu: [https://www.staff.hs-mittweida.de/~hosesel/Pano\\_V4/index\\_1.html](https://www.staff.hs-mittweida.de/~hosesel/Pano_V4/index_1.html)) erstellt, welche die zentralen Ergebnisse der Arbeitspakete einschließlich der verwendeten Technologien erlebbar und verständlich präsentierte. Abbildung 7 stellt einige Screenshots der interaktiven Präsentation dar. Über die Beteiligung an den Schaufensterevents wurde öffentlichkeitswirksam u.a. in Presseartikeln berichtet. Eine Übersicht der erschienenen Artikel ist in Tabelle 2 zu sehen.

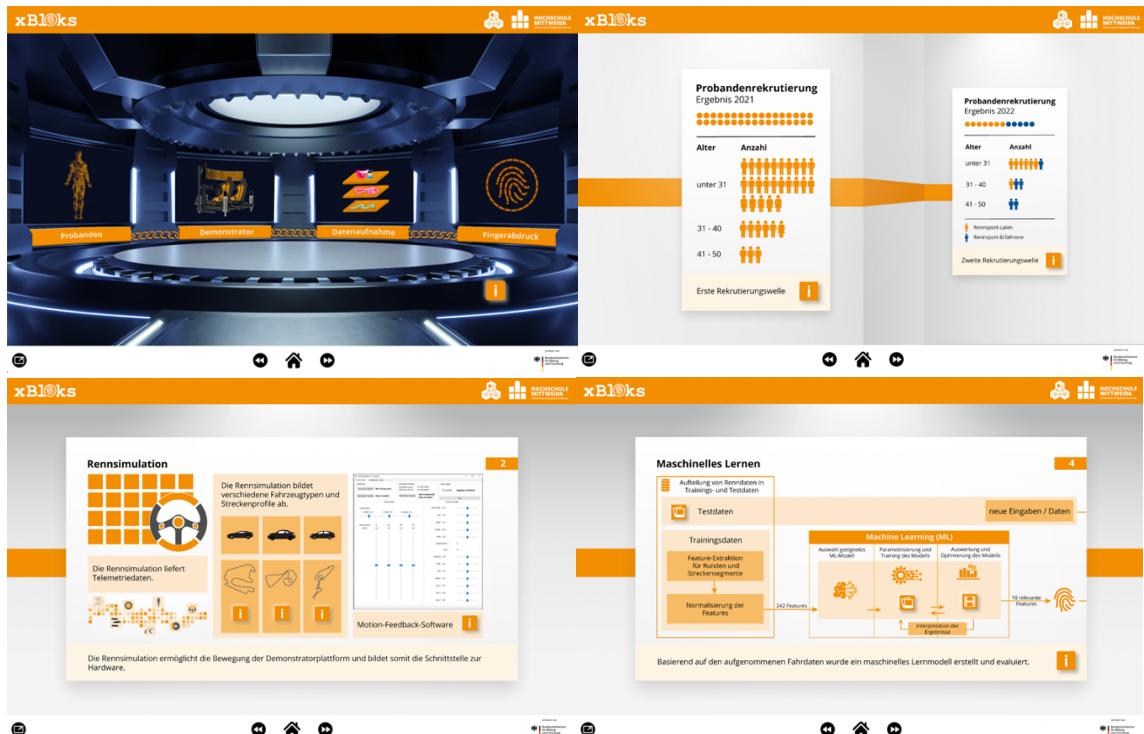


Abbildung 7: Screenshots der interaktiven Projektpräsentation

Tabelle 2: Übersicht der erschienenen Newsartikel

Datum	Titel	Erschienen auf
01.01.2021	Projektstart: „xBloks – Blockchain-basiertes eSports-Profiling“	csmrt.hs-mittweida.de
03.06.2021	Ritter-Schlag: Sächsischer Lehrpreis 2020 geht nach Mittweida	hs-mittweida.de
23.06.2021	Forschendes Lernen: Masterstudierende schnuppern Forschungsluft	csmrt.hs-mittweida.de
22.09.2021	Blockchain wird anfassbar	HSMWintern Newsletter der HSMW
24.09.2021	xBloks – Demonstratortag und Lionsclub	csmrt.hs-mittweida.de
13.04.2022	Das Ziel fest im Blick: Erfolgreicher Transfer von Forschung und Praxis in Kooperation mit dem KSAC	csmrt.hs-mittweida.de
04.05.2022	Erlebnis Rennsportsimulation als Wissenschafts-Praxis-Transfer	hs-mittweida.de
16.05.2022	xBloks: Blockchain-Technologie zum Anfassen	csmrt.hs-mittweida.de
13.06.2022	Gemeinsam durchs Ziel beim Teamevent: ABUS Pfaffenhain im Living Lab	csmrt.hs-mittweida.de
27.06.2022	Junge Informatiker auf virtuellen Pisten unterwegs: Die Hochschule Mittweida bei der Preisverleihung des Sächsischen Informatikwettbewerbs 2022	csmrt.hs-mittweida.de
05.07.2022	Ausprobieren und Erleben bei der Nacht der Wissenschaften	csmrt.hs-mittweida.de
08.07.2022	Der Campus lebt und leuchtet	hs-mittweida.de
25.07.2022	CSMRT-Team präsentiert aktuelle Forschungsergebnisse in Prag	csmrt.hs-mittweida.de
21.09.2022	Zwei Events, ein Ziel: Gemeinsam Gutes erreichen. Demonstratortag und Lions Club-Event 2022	csmrt.hs-mittweida.de
22.09.2022	Blockchain-Anwendungen hautnah erleben	hs-mittweida.de
07.02.2023	Notiert: Hohe Besuche, ChatGPT	HSMWintern Newsletter der HSMW

#### AP4.4 Bereitstellung Softwareinfrastruktur & Toolchain-Monitoring der Ergebnisse der Projekterzeugnisse

Es wurde eine geeignete Softwareinfrastruktur erstellt und geeignete Maßnahmen implementiert, die eine kontinuierliche Überwachung des Projektfortschritts gewährleisten. Überdies wurde eine Struktur etabliert, die das im Projekt erzeugte Wissen systematisch dokumentiert und somit auch nachhaltig nutzbar macht. Insgesamt wurden 31 Interim-Meetings, an denen neben den Projektmitarbeitern auch die Projektleitung teilgenommen hat, durchgeführt und entsprechend protokolliert. Fokus dieser Interim-Meetings bildete die termingerechte Erbringung der Projektergebnisse. Darüber hinaus wurden von den Projektmitarbeitern diverse Arbeitsmeetings zu spezifischen Fragestellungen abgehalten und entsprechend dokumentiert. Weiterhin wurden in diesem Arbeitspaket die für das Monitoring des Projektfortschritts erforderlichen Dokumente erstellt und verwaltet.

#### AP4.5 Stakeholderakquise für bundesweite Test-Events & Competitions

In diesem Teil-AP fand eine Sondierung des eSports-Marktes statt, auf dessen Grundlage sich die zentralen Akteure des Marktes identifizieren ließen. Die gewonnenen Erkenntnissen wurden auf das Vorhaben adaptiert. Hierdurch konnten die primären und sekundären Stakeholder(gruppen) des Projektes identifiziert sowie deren Bedeutung für das Projekt ermittelt werden. Die Ergebnisse wurden in einer Stakeholderliste dokumentiert. Die Stakeholder wurden hinsichtlich ihrer Betroffenheit und Ihres Einflusses auf das Projekt analysiert und die Ergebnisse in eine Stakeholdermatrix überführt. Die Ergebnisse der Stakeholderanalyse bildeten die Grundlage für die Entwicklung einer Kommunikationsstrategie. Basierend auf der Stakeholderanalyse ließen sich zudem potenzielle Nutzergruppen identifizieren, deren Eigenschaften und Nutzungsverhalten mit der Erstellung entsprechender Persona visualisiert wurden. Abbildung 8 stellt die erstellten Persona-Karten dar. Für die einzelnen Nutzergruppen wurden anschließend differenzierte Akquise-Strategien abgeleitet.

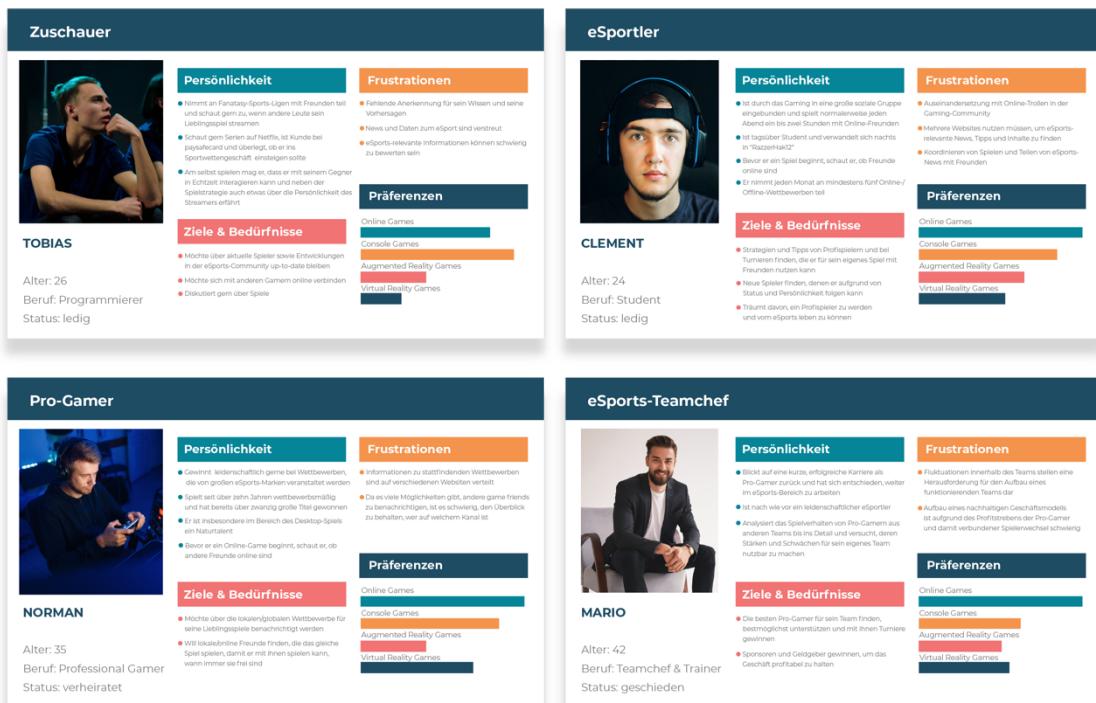


Abbildung 8: Persona-Karten

Diese Akquise-Strategien wurden entsprechend umgesetzt, wobei sich Stakeholderkontakte insbesondere über Events realisieren ließen. In diesem Kontext konnte auch die bestehende Partnerschaft mit dem Living Lab der Hochschule Mittweida weiter vertieft werden. Die Vorstellung des Komplexdemonstrators erfolgte auf insgesamt zehn Events. Tabelle 3 stellt die durchgeführten Events mit den jeweiligen Zielgruppen dar.

Tabelle 3: Übersicht der Stakeholderevents

Datum	Event	Zielgruppe
16.09.2021	Demonstratortag Blockchainschaufensterregion	Firmenvertreter aus lokaler Industrie und Finanzwesen
17.– 18.09.2021	LIONS Club - Vereinsevent	Firmenvertreter, Rennsportinteressierte
08.04.2022	KSAC - Vereinsevent	Firmenvertreter, Rennsportinteressierte, Hobbyrennsporler
03.06.2022	Absolvententreffen HSMW – Vorstellung Demonstratoren	Absolventen der Hochschule Mittweida
09.06.2022	SimRacing Abus Pfaffenhain - Firmenevent	Firmenvertreter, Rennsportinteressierte
25.06.2022	Preisverleihung des sächsischen Informatikwettbewerbs (Landtag Dresden)	Schüler der Grund- und weiterführenden Schulen, Familien
01.07.2022	Nacht der Wissenschaften HSMW	Familien und Interessierte
16.09.2022	Demonstratortag Blockchainschaufensterregion	Firmenvertreter aus lokaler Industrie und Finanzwesen
16.– 17.09.2022	LIONS Club - Vereinsevent	Firmenvertreter, Rennsportinteressierte
12.01.2023	Studieninformationstag HSMW	Studieninteressierte und deren Familien

#### *AP4.6 Kundenakquise für zukünftige Events in der Projektendphase und darüber hinaus*

Das potenzielle Kundenumfeld konnte unter Berücksichtigung der Ergebnisse von AP 4.5 sondiert und Zielgruppen für die spätere Ausgründung identifiziert sowie entsprechende Zugangsmöglichkeiten und Kontaktsituationen eruiert werden. Darüber hinaus ließ sich der Demonstrator durch die Partnerschaft mit dem Living Lab ausgewählten Firmenvertretern vorstellen. Überdies wurden verschiedene Events (siehe AP 4.3) genutzt, um das Projektvorhaben einer breiten Öffentlichkeit bekannt zu machen und darüber potenzielle Investoren und Kompetenzträger zu erreichen.

## 1.5 AP5 Demonstratoraufbau

### a. Ergebnisse AP5

Das Arbeitspaket umfasst die Entwicklung des zweisitzigen Komplexdemonstrators unter Berücksichtigung entsprechender Integrationsschnittstellen zur Anbindung der Blockchain-Technologie (aus AP1), der Motion-Feedback-Software (aus AP2) sowie dem Hardware-Dongle und der xBloks-Plattform (aus AP3). Die zu erzielende Meilensteine und Deliverables wurden erreicht: Es existiert ein funktionsfähiger, synchronisierter und kalibrierter zweisitziger Komplexdemonstrator (M5.1, D5.1), der für die Integration der Arbeitsergebnisse aus den AP1, 2 und 3 vorbereitet worden ist (M5.2, D5.2). Der zweisitzige Komplexdemonstrator ist an die Blockchain-Technologie angebunden und verfügt über ein multi-modales Datenreduktionsmodell zur Erkennung von Fahrerparametern und deren Historie zur Verhinderung von Manipulationen (M5.3). Weiterhin wurden die Ergebnisse aus AP2 integriert (D5.3). Die Demonstrator-Plattform ist fähig, Manipulationen in weicher Echtzeit zu erkennen und verfügt über ein manipulationssicheres Hardware-Dongle zur Überwachung von Peripheriekomponenten (aus AP3). Digitale Fingerabdrücke können protokolliert und berechnet werden und mehrere Nutzer sind mittels der Annotationstoolchain integrierbar (D5.4).

## b. *Detaillierter Überblick der Teil-AP*

### AP5.1 Hardwareplanung und -konstruktion

Dieses Teil-AP umfasst die Erstellung eines detaillierten Plans für die Hardwarezusammensetzung in Form eines 3D-CAD-Models, was zugleich als dreidimensionale Visualisierung der benötigten Baukomponenten dient und die theoretische Konstruktion des zweisitzigen Komplexdemonstrators abschließt. Es erfolgte der Aufbau des zweisitzigen Komplexdemonstrators unter Berücksichtigung der Kompatibilität der Integrationspunkte aus den Arbeitspaketen 5.3 bis 5.5. Es existiert ein kalibrierter und synchronisierter sowie einsatzfähiger Komplexdemonstrator als Grundlage für die Anbindung der Technologien aus den Arbeitspaketen 1, 2 und 3. Abbildung 9 stellt den konstruierten zweisitzigen Komplexdemonstrator dar. Basierend auf den entworfenen Konzepten wurden darüber hinaus die in Abbildung 10 dargestellten Explosionszeichnungen sowie Einzelteilzeichnung für alle Flächenelemente erstellt. Für die Profilkomponenten ließen sich überdies Stücklisten mit 286 Einzelkomponenten anfertigen. Für ausgewählte Baukomponenten ließen sich Maßzeichnungen anfertigen, wie Abbildung 11 exemplarisch zeigt. Weiterhin entstanden ein Bauteilkomponenten-Aufbauvideo sowie eine virtuelle Kamerafahrt.



Abbildung 9: Zweisitziger Komplexdemonstrator

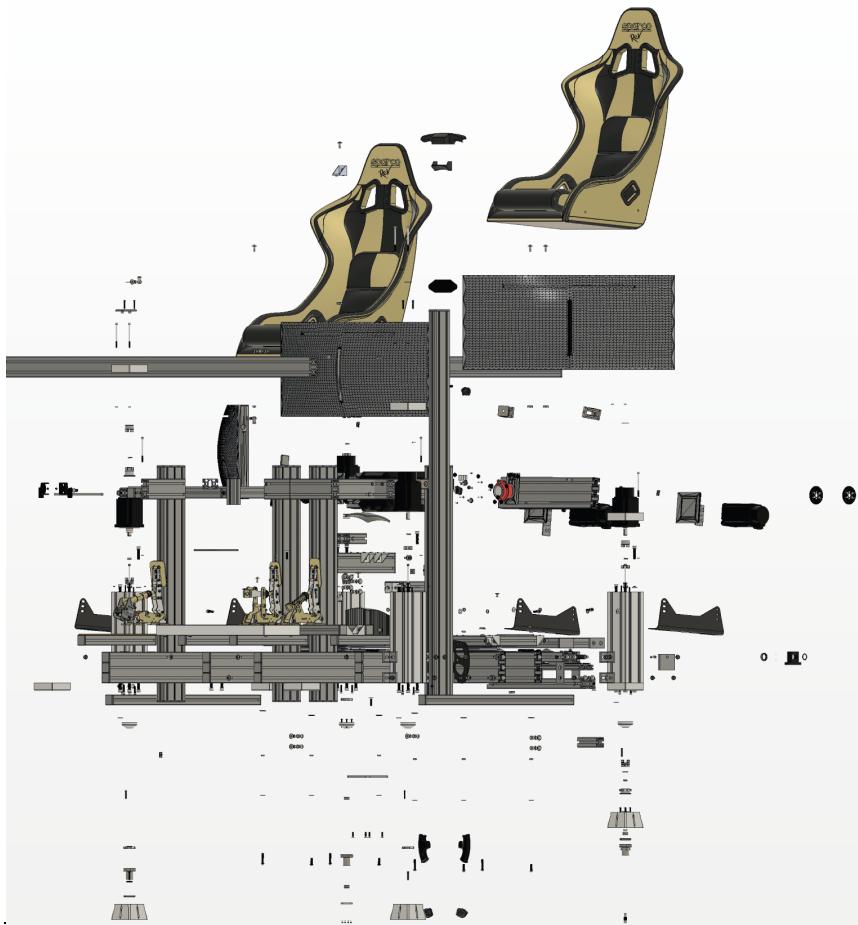


Abbildung 10: Explosionszeichnungen des erstellten Fahrsimulators

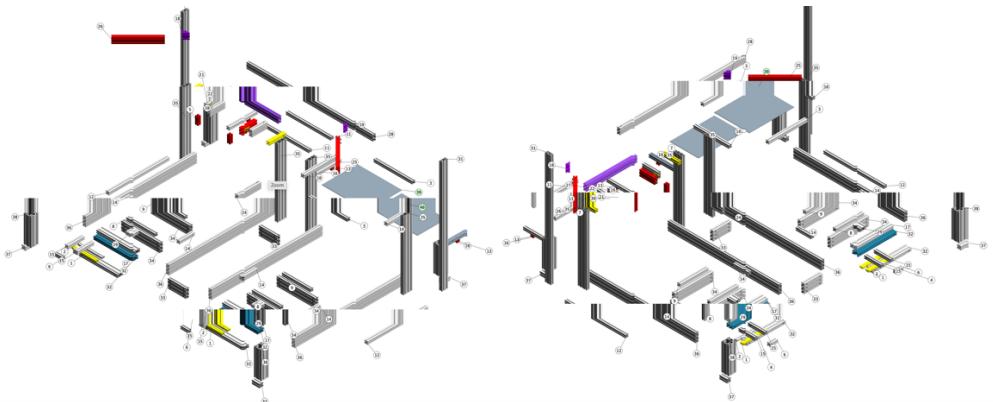


Abbildung 11: Ausgewählte Beispielabbildungen der erstellten Maßzeichnungen

#### *AP5.2 Motion Profiling inkl. Datenanalyse, Blockchain, Persona-Klassen*

Dieses Teil-AP fokussiert die Sicherstellung der Integrationsfähigkeit für das multi-modalen Datenreduktionsmodell aus AP2.4 zur Extraktion von Fahrerdaten anhand typischer Merkmale, mit dem Ziel durch die Integration der Blockchain-Technologie (aus AP1) die Speicherung dieser Fahrerdaten sinnerhaltend zu gestalten und eine zeitnahe Erkennung von Manipulationen zu gewährleisten. Mit Abschluss der Arbeiten am multi-modalen Datenreduktionssystem (AP2.4) sowie den Kernbestandteilen der Blockchain-Infrastruktur (AP1) wurden diese Technologien erfolgreich an den Komplexdemonstrator angebunden. Die Anbindung der benannten Systemkomponenten wurde im

durch Funktionstests überprüft. Die Datenaufnahme und -analyse der Motion-Feedbacksoftware ist somit gewährleistet.

#### *AP5.3 Integration von AP1 (Blockchain-Technologie)*

Dieses Teil-AP fokussierte die Integration der in AP1 erstellten Schnittstellen und Anwendungslogik zur Persistierung von Fahrer- und Hardwaredaten an den Demonstrator. Die Blockchain-Technologie wurde an den Komplexdemonstrator angebunden, sodass eine Manipulationserkennung durch Verfahren der Blockchain möglich ist.

#### *AP5.4 Integration von AP2 (Logging & Profiles)*

Die Anbindung der Ergebnisse von AP2 an den Komplexdemonstrator wurde vorgenommen, wobei ein vollumfänglicher Systemtest erfolgreich durchgeführt werden konnte. Das Aufzeichnen von Daten mithilfe der Motion-Feedback-Software wurde umgesetzt und im Projektverlauf optimiert. Weiterhin wurden die Ergebnisse von AP2 an den Komplexdemonstrator angebunden, sodass nun mithilfe der Motion-Feedback-Software Daten von Events aufgezeichnet werden können. Diese Daten können nun über eine Schnittstelle, welche im Rahmen der Arbeiten von AP3 implementiert wurden, in das *File Storage System* hochgeladen werden, wo diese dann von dem automatisierten Datenverarbeitungssystem aufgegriffen und verarbeitet werden. Die Integration und Funktionalität dieser Systeme wurde entsprechend getestet und erfolgreich abgeschlossen.

#### *AP5.5 Integration von AP3 (Plattform)*

Mit Beginn der Arbeit an diesem AP wurden Schnittstellen für die Integration eines Hardware-Dongles initial erstellt, sodass sich im Resultat ein Hardware-Dongle zur Überwachung von Peripheriekomponenten prototypisch anbinden ließ. Die Entwicklung der Schnittstellen für das Hardware-Dongle wurden daraufhin abgeschlossen und erfolgreich auf ihre Funktionalität geprüft. Zusätzlich ließ sich die Nutzeroberfläche über eine lokale Applikation mit dem Komplexdemonstrator verbinden. Somit ist der Demonstrator an die xBloks-WebApp (Ergebnis aus AP3) angebunden und kann durch die Berechnung, Erstellung und Protokollierung digitale Fingerprints erzeugen, die einen Rückschluss auf mögliche Manipulationen zulassen. Die erweiterte Annotationstoolchain wurde integriert und zusammen mit den anderen Ergebnissen aus AP3 erfolgreich getestet. Darüber hinaus kann ein Nutzer nun im Komplexdemonstrator auf die Funktionalitäten der Nutzerplattform zugreifen und sein Profil sowie Events verwalten, sofern das Hardware-Dongle mit dem Computer des Komplexdemonstrators verbunden ist und er sich mit einem gültigen Account angemeldet hat.

#### *AP5.6 Bereitstellung für Events*

Der zweisitzige Komplexdemonstrator konnte im Rahmen verschiedener Simracing-Events im Living Lab der Hochschule Mittweida ausgewählten Firmenvertretern präsentiert werden. Um den Demonstrator einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen und zugleich die damals geltenden Corona-Bestimmungen einzuhalten, wurde überdies Präsentationsmaterial in Form von Bild- und Videoaufnahmen erstellt, dass sich bei den Events nutzen ließ, um den konstruierten Demonstrator einer breiten Interessentengruppe vorzustellen. Die grundlegende technische Funktionsweise des Demonstrators ließ sich dabei mit einer eigens hierfür erstellten Konstruktion, welche über vier Aktuatoren verfügt und an ein Geometriemodell angebunden ist, veranschaulichen. Überdies wurde ein 3D-Modell, eine 3D-Miniatur sowie Bild- und Videoaufnahmen des

Demonstrators erstellt. Die Abbildungen 12 bis 15 zeigen dabei auszugsweise Beispiele der erzeugten Produkte.

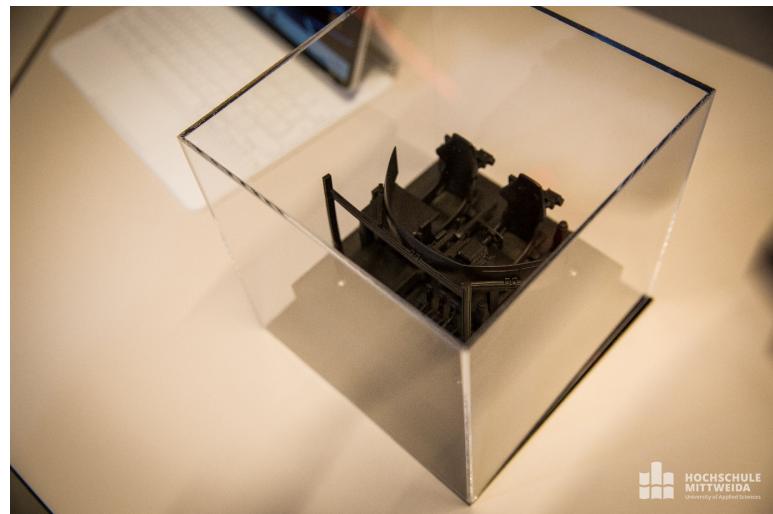


Abbildung 12: Aufnahme des 3D-gedruckten Demonstrator-Modells anlässlich des Schaufensterevent 2022

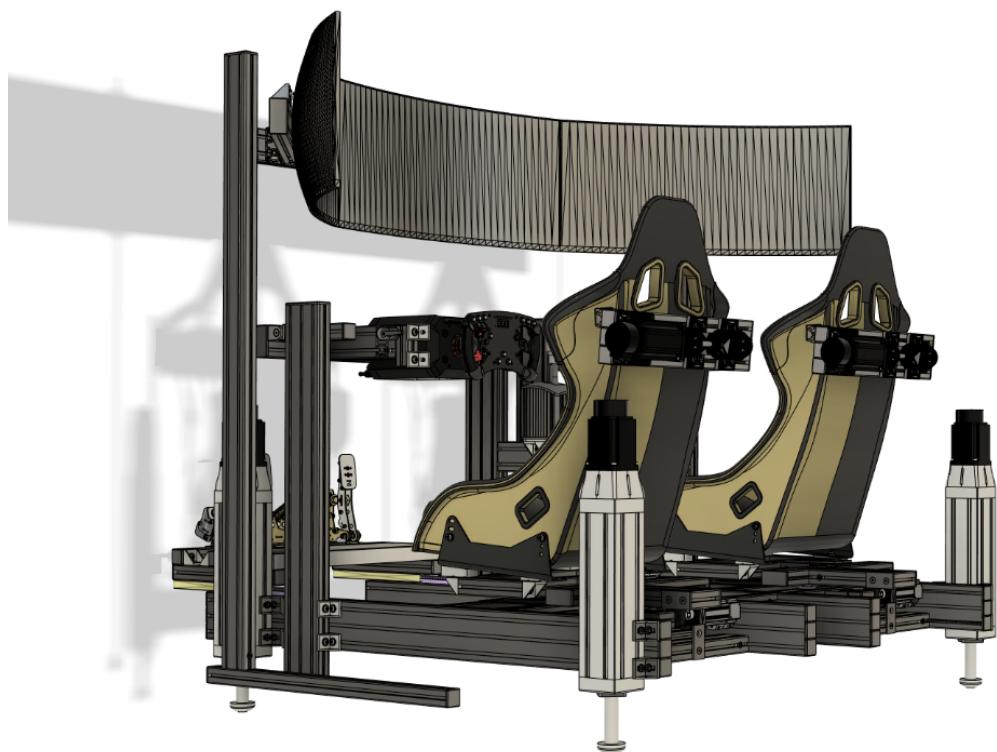


Abbildung 13: Gerenderte Ansicht des digitalen Komplexdemonstrators

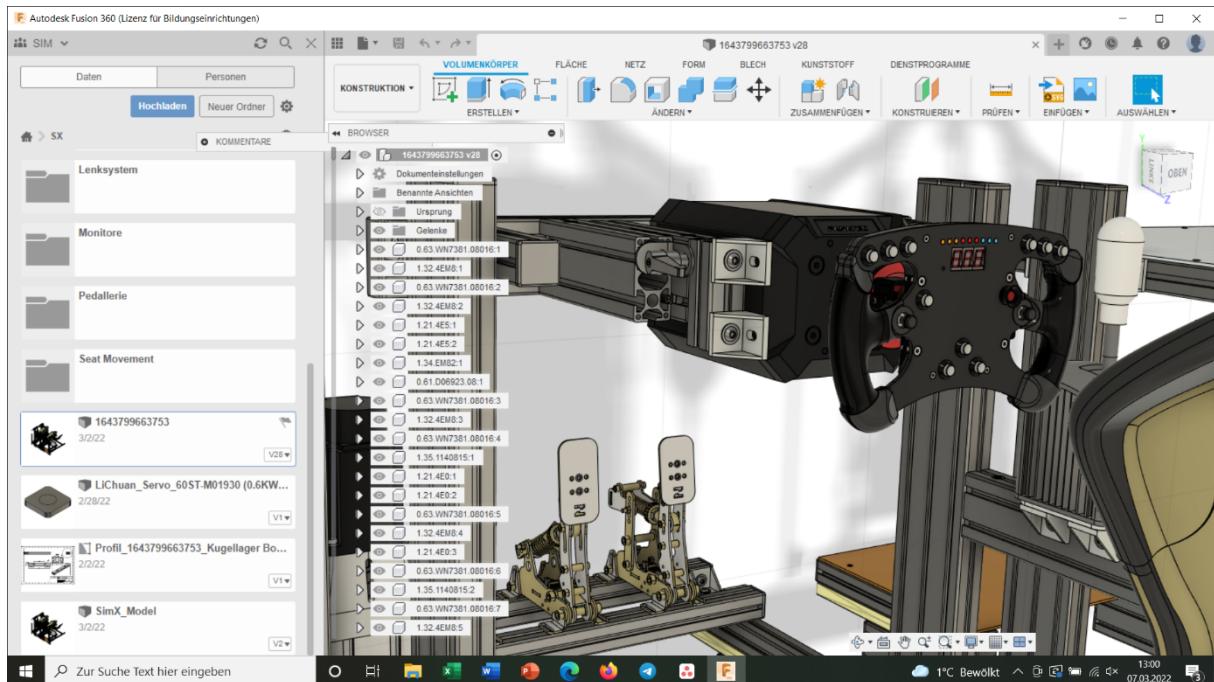


Abbildung 14: Digitaler Komplexdemonstrator in der Produktentwicklungs-umgebung Autodesk Fusion 360

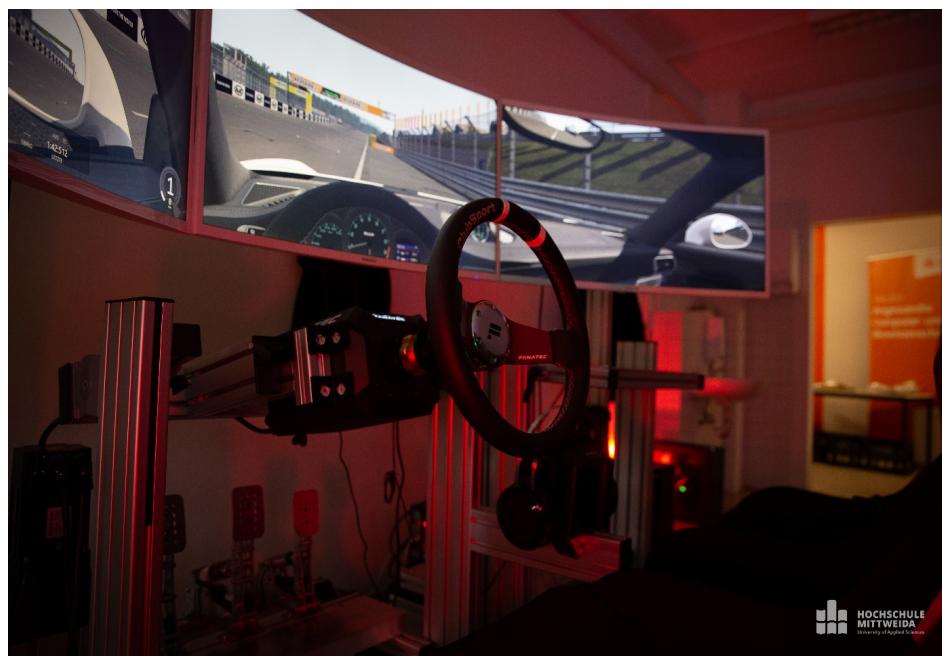


Abbildung 15: Demonstrator

## 1.6 AP6 Begleitende Maßnahmen

Das Arbeitspaket deckt alle um die Kerntätigkeiten der Forschung und Entwicklung anfallenden Aufgaben ab, die nicht direkt der Weiterentwicklung des Produktes dienen, für die nach Projektende anvisierte Ausgründung jedoch elementar sind. Die definierten Meilensteine und Deliverables wurden erreicht. Für die Ausgründung notwendige Verfahrensschritte und Anforderungen an das Projekt wurden strukturiert zusammengetragen. Es existiert ein einheitliches Dokumentations- system und -Workflow zur gebündelten Erfassung der Projektaktivitäten (D6.1). Die bisher erzielten Projektfortschritte wurden hinsichtlich der Kriterien auf ihre Tauglichkeit für die Ausgründung evaluiert. Das erste Live-Event wurde am 17.09. und 18.09.2021 durchgeführt und reflektiert (D6.2).

Weiterhin wurden eine Wettbewerbsanalyse und eine SWOT-Analyse durchgeführt und die Ergebnisse entsprechend dokumentiert. Weitere Live-Events wurden durchgeführt und reflektiert (D6.3). Es existiert eine nachnutzbare, schriftliche Dokumentation der technischen Gegebenheiten des Systems sowie der erreichten wissenschaftlichen Errungenschaften (D6.4). Zusätzlich zu den genannten Dokumenten wurde ein Businessplan erstellt. Die Ausgründung zur Vermarktung der entwickelten Technologien wurde damit vorbereitet.

## 2 Vergleich des Stands mit der ursprünglichen Arbeits-, Zeit- und Kostenplanung

### 2.1 Arbeits- und Zeitplanung

Das Projekt begann planmäßig zum 01.01.2021 und endete zum 31.03.2023. Zellen die grün hinterlegt sind, zeigen je Arbeitspaket an, dass die realisierten Personenmonaten den geplanten Personenmonaten entsprechen. Gelb hinterlegte Zellen hingegen stellen Abweichungen dar. Wie Tabelle 4 zu entnehmen ist, wurden die Arbeitspakete 1 und 4 planmäßig zum ursprünglichen Projektende am 31.12.2022 abgeschlossen. Unvollständige Arbeiten aus den Arbeitspaketen 2, 3 und 5 ließen sich im Rahmen der kostenneutralen Verlängerung vervollständigen, sodass auch die Arbeitspakete 2, 3 und 5 mit Projektende am 31.03.2023 abgeschlossen sind. Eine detaillierte Beschreibung der Zeitplanung, aufgeteilt nach Berichtsperioden, ist in den folgenden Abschnitten zu finden. Die Arbeitspakete 1.1 bis AP1.7, AP 2.1 bis AP 2.5, AP2.7 bis AP2.9, AP 3.1 bis AP 3.2, AP 3.4 bis AP 3.5, AP 4.1, AP 4.3 bis AP 4.4, AP 4.6, AP 5.1, AP 5.3 und AP 5.6 konnten wie beantragt in den einzelnen Jahresscheiben bearbeitet und abgeschlossen werden. Die Arbeitspakete 2.6, 3.3, 4.2 sowie 4.5 ließen sich im Projektzeitraum bis 12/2022 gesamtheitlich wie in der Planung vorgesehen abschließen, wobei die Verteilung der Personenmonate auf die Jahre abweichen. Die Arbeitspakete 2.10, 3.6, 5.2, 5.4 und 5.5 konnten im Rahmen der Projektverlängerung bis 03/2023 erfolgreich abgeschlossen werden. Die Verteilung der Personenmonate auf die Jahresscheiben weichen von der ursprünglichen Planung ab. Ursächlich für die Abweichungen sind Verzögerungen bei den Stellenbesetzungen.

Tabelle 2: Übersicht der im Projektzeitraum geplanten und realisierten PM je Arbeitspaket

Arbeitspaket	Projektaufzeit			PM Gesamt
	2021	2022	2023	
<b>AP1 Blockchain-Technologieentwicklung für eSports: 12,0 / 12,0 PM</b>				
AP1.1 Anforderungsanalyse Use Case Motorsport	1,5 / 1,5 PM			1,5 / 1,5 PM
AP1.2 Evaluation Trägertechnologie & Konzeption Systemarchitektur	2,0 / 2,0 PM			2,0 / 2,0 PM
AP1.3 Erstellung Proof-of-Concept-Blockchain	1,0 / 1,0 PM			1,0 / 1,0 PM
AP1.4 Planung & Umsetzung Datenhaltungsmodell	1,5 / 1,5 PM	0,5 / 0,5 PM		2,0 / 2,0 PM
AP1.5 Absicherung der Hardwareprofile durch Blockchain		2,5 / 2,5 PM		2,5 / 2,5 PM

AP1.6 Integration der Metriken für semantische Blockchain-Analysen		1,5 / 1,5 PM		1,5 / 1,5 PM
AP1.7 Weiterführende Optimierungen		1,5 / 1,5 PM		1,5 / 1,5 PM
<b>AP 2 Motion Profile Creation &amp; Analysis: 11,825 / 12 PM</b>				
AP2.1 Ausschreibung / Kalibrierung	0,5 / 0,5 PM			0,5 / 0,5 PM
AP2.2 Singuläres Karriere-Test-Set	0,5 / 0,5 PM			0,5 / 0,5 PM
AP2.3 Erstellung Analyse-toolchain	1,5 / 1,5 PM			1,5 / 1,5 PM
AP2.4 Anforderungsanalyse & Systemarchitektur	1,25 / 1,25 PM			1,25 / 1,25 PM
AP2.5 Implementierung & Evaluation maschinelle Analyseverf.	1,5 / 1,5 PM			1,5 / 1,5 PM
AP2.6 Generierung gruppenbasierter Karriere-Test-Sets	0,5 / 0,75 PM	1,25 / 1,0 PM		1,75 / 1,75 PM
AP2.7 Synthetische Anreicherung mit manipulierten Daten		1,5 / 1,5 PM		1,5 / 1,5 PM
AP2.8 Analytische Untersuchung vorhandener Testsets		1,0 / 1,0 PM		1,0 / 1,0 PM
AP2.9 Maschinelle Lernverfahren zur Profilklassifikation		1,25 / 1,25 PM		1,25 / 1,25 PM
AP2.10 Evaluation und Optimierung für Echtzeitklassifikation		0,25 / 1,25 PM	1,0 / 0,0 PM	1,25 / 1,25 PM
<b>AP3 Plattformentwicklung: 12,0 / 12,0 PM</b>				
AP3.1 Anforderungsanalyse Forschungsdatenhaltung	1,5 / 1,5 PM			1,5 / 1,5 PM
AP3.2 Implementierung Datensicherungs-/Zugriffsmechanismen	2,0 / 2,0 PM			2,0 / 2,0 PM
AP3.3 Hardwarekalibrierung	0,75 / 1,5 PM	1,75 / 1,0 PM		2,5 / 2,5 PM
AP3.4 Hardwaredongle	1,0 / 1,0 PM	2,0 / 2,0 PM		3,0 / 3,0 PM
AP3.5 Erweiterung Annotations-toolchain (Multiplayer)		1,0 / 1,0 PM		1,0 / 1,0 PM
AP3.6 Plattformentwicklung für multiple Nutzer		0,5 / 2,0 PM	1,5 / 0,0 PM	2,0 / 2,0 PM
<b>AP4 Projektmanagement &amp; Requirements Engineering: 18,0 / 18,0 PM</b>				
AP4.1 Integrierende Anforderungsanalyse	3,25 / 3,25 PM			3,25 / 3,25 PM
AP4.2 Rekrutierung von ausgewählten Probanden	2,0 / 2,5 PM	1,75 / 1,25 PM		3,75 / 3,75 PM
AP4.3 Organisation der Schau-fenster-Events		1,0 / 1,0 PM		1,0 / 1,0 PM
AP4.4 Softwareinfrastruktur & Toolchain Monitoring	1,0 / 1,0 PM	1,0 / 1,0 PM		2,0 / 2,0 PM
AP4.5 Stakeholderakquise	1,25 / 2,25 PM	3,75 / 2,75 PM		5,0 / 5,0 PM
AP4.6 Kundenakquise		3,0 / 3,0 PM		3,0 / 3,0 PM
<b>AP5 Demonstratoraufbau: 6,0 / 6,0 PM</b>				
AP5.1 Hardwareplanung & -konstruktion	0,75 / 0,75 PM	0,25 / 0,25 PM		1,0 / 1,0 PM
AP5.2 Motion-Profilierung inkl. Datenanalyse, Blockchain, Personaint.	0,5 / 1,0 PM	0,75 / 0,75 PM	0,5 / 0,0 PM	1,75 / 1,75 PM
AP5.3 Integration von AP1	0,25 / 0,25 PM	0,25 / 0,25 PM		0,5 / 0,5 PM
AP5.4 Integration von AP2	0,5 / 0,5 PM	0,0 / 0,25 PM	0,25 / 0,0 PM	0,75 / 0,75 PM

AP5.5 Integration von AP3	0,25 / 0,25 PM	0,25 / 1,0 PM	0,75 / 0,0 PM	1,25 / 1,25 PM
AP5.6 Bereitstellung für Events	0,25 / 0,25 PM	0,5 / 0,5 PM		0,75 / 0,75 PM
<b>Personenmonate insgesamt:</b>				<b>60,00 / 60,00 PM</b>

### **Detaillierte Ausführungen je Jahresscheibe**

Nachfolgend werden die Details jahresscheibenspezifisch dargelegt. Grüne Hervorhebung in den Tabellen markieren dabei jene Arbeitspakete, die sich in der Jahresscheibe vollständig abschließen ließen (planmäßige Bearbeitung oder erfolgter Ausgleich). Arbeitspakete die gelb markiert sind, wurden in der Jahresscheibe anteilig bearbeitet.

Das Projekt wurde in der **Jahresscheibe 2021** wie in Tabelle 5 aufgeführt mit 27 PM bearbeitet und damit mit 3 PM weniger als beantragt. Ursächlich hierfür waren unbesetzte Personalstellen zu Beginn des Projekts. In Q1/2021 wurde das Projekt mit 5,75 PM von 7,5 PM bearbeitet. Während die Arbeitspakete 1, 2 und 4 wie beantragt besetzt wurden, konnte AP5 erst zum 01.02.2021 besetzt werden. AP3 blieb im ersten Quartal des Berichtszeitraums unbesetzt. Die zu bearbeitenden Aufgaben in AP3 wurden anteilig durch andere Projektmitarbeiter übernommen. In Q2/2021 standen im Projekt 6,75 PM von 7,5 PM zur Projektbearbeitung bereit. AP3 konnte zum 15.05.2021 mit 0,25 VzÄ besetzt werden. AP5 wurde ab 15.05.2021 mit 0,5 PM besetzt. In Q3/2021 konnte AP3 zum 01.09.2021 mit den beantragten 0,5 VzÄ bearbeitet werden. Zugleich wurde in AP4 die Arbeitszeit um 0,25 VzÄ reduziert, sodass in Q3/2021 insgesamt 7 PM von 7,5 PM zur Projektbearbeitung zur Verfügung standen. In Q4/2021 konnte das Projekt mit 7,5 PM von 7,5 PM bearbeitet werden.

*Arbeitspaket 1* wurde 2021 planmäßig mit 6 PM bearbeitet, wobei sich die Arbeitspakete 1.1, 1.2 und 1.3 vollständig abschließen ließen. Mit der Umsetzung von AP1.4 wurde in der Jahresscheibe 2021 ebenfalls planmäßig begonnen und die 1,5 PM entsprechend erbracht. *Arbeitspaket 2* wurde 2021 mit 5,75 PM von 6 PM bearbeitet. Die Arbeitspakete 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 und AP2.5 ließen sich 2021 dabei vollständig abschließen. Bei Arbeitspaket 2.6 wurde im ersten Projektjahr mit der Umsetzung anteilig mit 0,5 PM von 0,75 PM begonnen. *Arbeitspaket 3* konnte 2021 mit 5,25 PM von 6 PM bearbeitet werden, wobei sich die Arbeitspakete 3.1 und 3. planmäßig abschließen ließen. Ebenso konnte in der Jahresscheibe 2021 mit der Bearbeitung von Arbeitspaket 3.4 mit 1,0 PM begonnen werden; die Bearbeitung dieses APs wurde in der nächsten Jahresscheibe fortgesetzt. Mit der Umsetzung von Arbeitspaket 3.3 wurde in 2021 anteilig mit 0,75 PM von 1,5 PM begonnen. *Arbeitspaket 4* wurde in 2021 mit 7,5 PM von 9 PM bearbeitet. Die Arbeitspakete 4.1 und 4.4 wurden jeweils planmäßig bearbeitet. Das Arbeitspaket 4.2 wurde in der Jahresscheibe 2021 anteilig mit 2,0 PM von 2,5 PM und Arbeitspaket 4.5 anteilig mit 1,25 PM von 2,5 PM bearbeitet. *Arbeitspaket 5* wurde mit 2,5 PM von 3 PM bearbeitet. Arbeitspaket 5.1 wurde planmäßig mit 0,75 PM bearbeitet. Ebenso konnte in 2021 mit der Bearbeitung der Arbeitspakete 5.3, 5.5 und 5.6 wie beantragt mit jeweils 0,25 PM sowie mit der Bearbeitung von Arbeitspaket 5.4 mit 0,5 PM begonnen werden. Mit der Bearbeitung von Arbeitspaket 5.2 wurde 2021 anteilig mit 0,5 PM von 1.0 PM begonnen.

Tabelle 5: Gantt-Diagramm der Arbeitspakete und Personalaufwände in der Jahresscheibe 2021 (in PM)

Arbeitspaket	2021												Summe PM Ist	
	Q1			Q2			Q3			Q4				
	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez		
1.1 Anforderungsanalyse Use Case Motorsport	1,5 / 1,5 PM												1,50	
1.2 Evaluation Trägertechnologie & Konzeption Systemarchitektur				2,0 / 2,0 PM									2,00	
1.3 Erstellung Proof-of-Concept-Blockchain							1,0 / 1,0 PM						1,00	
1.4 Planung & Umsetzung Datenhaltungsmodell										1,5 / 1,5 PM			1,50	
2.1 Ausschreibung / Kalibrierung	0,5 / 0,5 PM												0,50	
2.2 Singuläres Karriere-Test-Set	0,5 / 0,5 PM												0,50	
2.3 Erstellung Analysetoolchain				1,5 / 1,5 PM									1,50	
2.4 Anforderungsanalyse & Systemarchitektur	1,25 / 1,25 PM												1,25	
2.5 Implementierung & Evaluation maschinelle Analyseverf.							1,5 / 1,5 PM						1,5	
2.6 Generierung gruppenbasierter Karriere-Test-Sets										0,5 / 0,75 PM			0,5	
3.1 Anforderungsanalyse Forschungsdatenhaltung	1,5 / 1,5 PM												1,50	
3.2 Implementierung Datensicherungs-/Zugriffsmechanismen				2,0 / 2,0 PM									2,0	
3.3 Hardwarekalibrierung							0,75 / 1,5 PM						0,75	
3.4 Hardwaredongle										1,0 PM / 1,0 PM			1,0	
4.1 Integrierende Anforderungsanalyse	3,25 / 3,25 PM												3,25	
4.2 Rekrutierung von ausgewählten Probanden							2,0 / 2,5 PM						2,00	
4.4 Softwareinfrastruktur & Toolchain Monitoring										1,0 / 1,0 PM			1,00	
4.5 Stakeholderakquise	1,25 / 2,25 PM												1,25	
5.1 Hardwareplanung & -konstruktion	0,5 / 0,5 PM									0,25 / 0,25 PM			0,75	
5.2 Motion-Profilng inkl. Datenanalyse, Blockchain, Personaint.				0,5 / 1,0 PM									0,50	
5.3 Integration von AP1							0,25 / 0,25 PM						0,25	
5.4 Integration von AP2	0,25 / 0,25 PM									0,25 / 0,25 PM			0,50	
5.5 Integration von AP3				0,25 / 0,25 PM									0,25	
5.6 Bereitstellung für Events										0,25 / 0,25 PM			0,25	
													Summe: 27,00	

In der **Jahresscheibe 2022** konnte das Projekt wie in Tabelle 6 mit 29 PM bearbeitet werden. Grund hierfür u.a. ist das Ausscheiden der Mitarbeiterin für Arbeitspaket 5 zum 31.10.2022, sowie weitere Verzögerungen in der Projektbearbeitung, welche im Folgenden beschrieben werden. Aufgrund der ausbleibenden Arbeiten wurde eine kostenneutrale Verlängerung des Projekts bis zum 31.03.2023 beantragt und bewilligt.

*Arbeitspaket 1* wurde im Berichtszeitraum wie geplant mit 6 PM bearbeitet. Die Arbeiten an Arbeitspaket 1.4, die 2021 begannen, wurden im Jahr 2022 fortgesetzt und konnten erfolgreich abgeschlossen werden. Die Arbeitspakte 1.5, 1.6 sowie 1.7 wurden planmäßig bearbeitet und ließen sich ebenfalls vollständig abschließen. *Arbeitspaket 2* wurde in der Jahresscheibe 2022 mit 5,25 PM von geplanten 6 PM bearbeitet. In Arbeitspaket 2.6 erfolgte dabei zunächst ein Ausgleich aus 2021 mit 0,25 PM, bevor das AP wie geplant mit 1,25 PM bearbeitet und erfolgreich abgeschlossen werden konnte. Ebenso ließen sich die Arbeitspakte 2.7, 2.8 und 2.9 in der Jahresscheibe 2022 mit den geplanten Personenmonaten bearbeiteten, allerdings mitunter zeitversetzt gegenüber der ursprünglichen Planung, und ließen sich somit auch vollständig abschließen. Arbeitspaket 2.10 (Optimierung der Echtzeitklassifikation) wurde 2022 mit 0,25 PM bearbeitet und damit 1 PM weniger als ursprünglich geplant. Das *Arbeitspaket 3* wurde in Jahr 2022 mit 5,25 PM von 6 PM bearbeitet. Der Ausgleich für Arbeitspaket 3.3 aus dem Jahr 2021 wurde mit 0,75 PM durchgeführt, wodurch es im Jahr 2022 mit insgesamt 1,75 PM bearbeitet und letztlich abgeschlossen wurde. Die Arbeitspakte 3.4 bis 3.5 ließen sich 2022 ebenfalls vollständig abschließen. Mit der Plattformentwicklung für multiple Nutzer in Arbeitspaket 3.6 wurde 2022 mit 0,5 PM begonnen und dieses AP damit anteilig bearbeitet. *Arbeitspaket 4* wurde im Berichtszeitraum 2022 mit 10,5 PM von 9 PM bearbeitet, um die in 2021 lediglich anteilig bearbeiteten Arbeitspakte 4.2 und 4.5 erfolgreich abschließen zu können. Die Arbeitspakte 4.3, 4.4 und 4.6 wurden 2022 wie geplant bearbeitet und vollständig abgeschlossen. *Arbeitspaket 5* wurde 2022 aufgrund Ausscheidens einer Mitarbeiterin zum 31.10.2022 mit nur 2 PM von beantragten 3 PM bearbeitet. Die Arbeitspakte 5.1, 5.3 und 5.6 ließen sich vollständig abschließen, wohingegen sich Arbeitspaket 5.2 nicht vollständig abschließen ließ. Auch die Arbeitspakte 5.4 und 5.5 ließen sich nur anteilig bearbeiten.

Tabelle 6: Gantt-Diagramm der Arbeitspakte und Personalaufwände im 2022 (in PM)

Arbeitspaket	2022												Summe PM Ist	
	Q1			Q2			Q3			Q4				
	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez		
1.4 Planung & Umsetzung Datenhaltungsmodell	0,5 / 0,5 PM												0,50	
1.5 Absicherung der Hardwareprofile durch Blockchain	2,5 / 2,5 PM												2,50	
1.6 Integration der Metriken für semantische Blockchain-Analysen				1,5 / 1,5 PM									1,50	
1.7 Weiterführende Optimierungen										1,5 / 1,5 PM			1,50	
2.6 Generierung gruppenbasierter Karriere-Test-Sets	0,75 / 0,5 PM								0,5 / 0,5 PM				1,25	
2.7 Synthetische Anreicherung mit manipulierten Daten	0,5 / 0,75 PM			0,25 / 0 PM		0,5 / 0,75 PM		0,25 / 0,0 PM					1,50	
2.8 Analytische Untersuchung vorhandener Testsets				0,5 / 0,5 PM						0,5 / 0,5 PM			1,00	

2.9 Maschinelle Lernverfahren zur Profilklassifikation	0,75 / 1,25 PM									0,5 / 0,0 PM			1,25				
2.10 Evaluation und Optimierung für Echtzeitklassifikation							0,25 / 0,75 PM			0,0 / 0,5 PM			0,25				
3.3 Hardwarekalibrierung				1,25 / 0,5 PM						0,5 / 0,5 PM			1,75				
3.4 Hardwaredongle	1,0 / 1,0 PM						1,0 / 1,0 PM						2,00				
3.5 Erweiterung Annotations-toolchain (Multiplayer)	0,5 / 0,5 PM			0,00 / 0,5 PM						0,5 / 0,0 PM			1,00				
3.6 Plattformentwicklung für multiple Nutzer				0,5 / 0,5 PM			0,0 / 0,5 PM			0,0 / 1,0 PM			0,5				
4.2 Rekrutierung von ausgewählten Probanden	1,75 / 1,25 PM													1,75			
4.3 Organisation der Schaufenster-Events				0,5 / 0,5 PM						0,5 / 0,5 PM			1,00				
4.4 Softwareinfrastruktur & Toolchain Monitoring				0,5 / 0,5 PM						0,5 / 0,5 PM			1,00				
4.5 Stakeholderakquise	3,75 / 2,75 PM													3,75			
4.6 Kundenakquise	3,0 / 3,0 PM													3,00			
5.1 Hardwareplanung & -konstruktion	0,25 / 0,25 PM													0,25			
5.2 Motion-Profiling inkl. Datenanalyse, Blockchain, Personaint.				0,25 / 0,75 PM			0,00 / 0,5 PM			0,5 / 0,0 PM			0,75				
5.3 Integration von AP1				0,00 / 0,25 PM						0,25 / 0,00 PM			0,25				
5.4 Integration von AP2							0,00 / 0,25 PM							0,00			
5.5 Integration von AP3	0,25 / 0,5 PM									0,0 / 0,5 PM			0,25				
5.6 Bereitstellung für Events				0,25 / 0,25 PM						0,25 / 0,25 PM			0,50				
													Summe: 29,00				

In der **Jahresscheibe 2023** wurde der vollständige Abschluss der in 2022 anteilig bearbeiteten Arbeitspakte 2.10, 3.6, 5.2, 5.4 sowie 5.5 fokussiert, wobei alle APs, wie in Tabelle 7 ersichtlich, erfolgreich abgeschlossen werden konnten.

Tabelle 7: Gantt-Diagramm der Arbeitspakte und Personalaufwände im 2023 (in PM)

Arbeitspaket	2023			Summe PM ist	
	Q1				
	Jan	Feb	Mär		
2.10 Evaluation und Optimierung für Echtzeitklassifikation	0,5 PM	0,5 PM		1,0	
3.6 Plattformentwicklung für multiple Nutzer	0,165 PM	0,65 PM	0,685 PM	1,5	
5.2 Motion-Profiling inkl. Datenanalyse, Blockchain, Personaint.	0,5 PM			0,5	
5.4 Integration von AP2		0,25 PM		0,25	
5.5 Integration von AP3			0,75 PM	0,75	
				Summe: 4,0 PM	

## 2.2 Kostenplanung

Im Berichtszeitraum von 2021 bis 2023 wurden, wie in Tabelle 8 dargestellt, 547.112,28 EUR verausgabt und damit 21.876,12 EUR weniger als beantragt. In Position 0812 Beschäftigte E12-E15 wurden 375.936,06 EUR verausgabt und damit insgesamt 7.224,04 EUR mehr als beantragt. Ursächlich hierfür sind insbesondere die einmaligen Corona-Sonderzahlungen sowie Tarifsteigerungen ab dem 01.12.2022 um 2,8 %. Die Mehrausgaben in Position 0812 ließen sich durch Einsparungen in Position 0822 Beschäftigungsentgelte kompensieren, sodass sich durch Ausgleich lediglich ein Mehrbedarf in Höhe von 512,08 EUR ergibt. In Position 0846 Dienstreisen wurden im Projektzeitraum von den veranschlagten 8.000 EUR 8.750,26 EUR benötigt, was sich auf die extremen Preissteigerungen in der Reisebranche zurückführen lässt. In Position 0850 Gegenstände und andere Investitionen >800/410/ 400€ mussten mit 128.511,54 EUR aufgrund des unerwarteten Verschleißes der Demonstrator-Hardware 242,54 EUR mehr verausgabt werden als beantragt. Die eingesparten Mittel in Position 0831 in Höhe von 1.000,00 EUR kompensieren anteilig die Defizite in Position 0812, 0846 sowie 0850.

Tabelle 8: Gegenüberstellung der beantragten und verausgabten Mittel im Projektzeitraum

Position	Bezeichnung	Ausgaben (lt. Änderungsbescheid vom 10.10.2022)	Ausgaben (Gesamt)	Ausgaben 2021	Ausgaben 2022	Ausgaben 2023
0812	Beschäftigte E12-E15	368.712,02	375.936,06	165.320,65	189.256,11	21.359,30
0822	Beschäftigungsentgelte	40.626,38	33.914,42	12.810,27	19.421,18	1.682,97
0831	Gegenstände bis 800/410/400 €	1.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0835	Vergabe von Aufträgen	22.381,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0846	Dienstreisen	8.000,00	8.750,26	353,65	7.165,12	1.231,49
0850	Gegenstände und andere Investitionen >800/410/ 400€	128.269,00	128.511,54	71.924,46	56.587,08	0,00
<b>0861</b>	<b>Gesamtausgaben</b>	<b>568.988,40</b>	<b>547.112,28</b>	<b>250.409,03</b>	<b>272.429,49</b>	<b>24.273,76</b>

### Detaillierte Ausführungen je Jahresscheibe:

In der *Jahresscheibe* 2021 wurde die Aufhebung der für Position 0835 Aufträge geltenden Zweckbindung beantragt, um eine Austauschbarkeit der in dieser Position zur Verfügung stehenden Ausgaben zu ermöglichen. Im Rahmen der ersten Projektphase wurde der Demonstrator, konzipiert, dimensioniert und bereitgestellt. Im Rahmen der Inbetriebnahme und erster Nutzerstudien wurde durch die Mitarbeiter Expertise im Bereich der Kalibrierung und Konfiguration aufgebaut. Dies Expertise war hinreichend für die Anforderung der Projekterfüllung. Entsprechend konnten vorgesehene externe Kalibrierungsleistungen intern kompensiert werden. Überdies wurde 2021 eine Umwidmung der in Position 0835 enthaltenen Mittel in Höhe von 40.000 EUR in die Position 0850 beantragt. Im Rahmen der ersten Nutzungsphase zeigte sich, dass die mechanischen Belastungen

und der Verschleiß deutlich unterschätzt wurde. Aus der mechanischen Mehrbelastung der Sonderkonstruktion und Peripheriekomponenten ergab sich ein finanzieller Mehrbedarf, welcher im ersten Projektjahr anteilig aus Haushaltssmitteln finanziert wurde. Insgesamt ergaben sich durch die mechanische Mehrbelastung Ausgaben in Höhe von 34.600 EUR für Peripheriekomponenten, die nicht durch die anderen Ausgabenpositionen kompensiert werden konnten. Überdies wurde 2021 eine Umwidmung von 11.559,70 EUR aus Position 0812 Beschäftigte E12-E15 in Position 0822 beantragt. Die in Arbeitspaket 4 tätige Mitarbeiterin reduzierte den Stundenumfang im Juli 2021 von 0,75 VzÄ auf 0,5 VzÄ. Zum Erreichen der Vorhabensziele wurde im Jahr 2022 eine entsprechende Kompensation notwendig. Die Position 0812 Beschäftigte E12-E15 wies im Berichtszeitraum verbleibende Ausgaben in Höhe von 11.559,70 EUR auf, welche im Berichtszeitraum 2022 in die Position 0822 Beschäftigungsentgelte umgewidmet wurden. Ursächlich für den Mehraufwand in Position 0822 waren die mit der Corona-Pandemie verbundenen Hygieneauflagen bei der Durchführung von Karriere- und Testfahrten mit realen Proband:innen, die einen zeitlichen und personellen Mehraufwand erforderten. So musste der Demonstrator nach jeder Testfahrt desinfiziert werden, die eingesetzten Fokusgruppen für Vor- und Nachgespräche waren Corona-konform in reduzierter Personenstärke durchzuführen. Dieser erhöhte Zeit- und Personalaufwand konnte mit zusätzlichen Hilfskräften abgedeckt werden.

In der *Jahresscheibe* 2022 wurde eine Verlängerung der Projektlaufzeit um drei Monate beantragt, da die in Kostenposition 0812 Beschäftigte zur Verfügung stehenden Mittel in der Jahresscheibe 2022 aufgrund der Rückstände im Jahr 2021 und des vorzeitigen Ausscheidens einer Mitarbeiterin zum 31.10.2022 nicht vollständig verausgabt und entsprechende Arbeitspakte nicht vollständig abgeschlossen werden konnten.

### **3 Änderung der Zielerreichung**

Für die Ausgründung wurde konzeptionelle Überlegungen in Form einer Wettbewerbsumfeldanalyse, einer Wettbewerbsanalyse sowie einer SWOT-Analyse durchgeführt. Darüber hinaus ließen sich für eine Ausgründung geeignete Rechtsformen identifizieren. Weiterhin existiert eine Übersicht mit potenziellen Kunden. Entgegen der ursprünglichen Planung konnte die Ausgründung nicht realisiert werden. Ursachen hierfür liegen einerseits in dem Ausscheiden der für die Ausgründung vorgesehenen Mitarbeiterin und in der Folge nicht erfolgreichen Rekrutierungsversuchen. Die anderen Projektmitarbeiter konnten diesen Ausscheiden aufgrund mangelnder unternehmerischer Erfahrung nicht kompensieren.

### **4 Relevante FuE-Ergebnisse von dritter Seite**

In der Jahresscheibe 2021 sind Forschungsergebnisse (vgl. Mohammadnazar et al., 2021)<sup>1</sup> bekannt geworden, die sich mit der Fahreridentifikation befassen. Allerdings lassen sich diese Ergebnisse aufgrund des verwendeten Fahrdatenkorpus nicht für das Vorhabens nutzbar machen, weshalb der Aufbau eines eigenen Fahrdatenkorpus notwendig wurde. Im Projektjahr 2022 wurden Forschungsergebnisse veröffentlicht, welche sich mit der Identifikation von Fahrern in Fahrzeugflotten mit nur wenigen bekannten Fahrdaten befasst (vgl. Lu & Xiong, 2022)<sup>2</sup>. Diese fokussieren jedoch die Anwendung im alltäglichen Straßenverkehr und sind damit für das Projekt nur bedingt nutzbar. Weiterhin sind Forschungsergebnisse zur Analyse und Identifikation von aggressivem

---

<sup>1</sup> <https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.102917>

<sup>2</sup> <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.117299>

Fahrverhalten bekannt geworden, die sowohl Realdaten als auch mit Fahrsimulatoren aufgenommen Daten nutzen (vgl. Camlica et.al., 2022).<sup>3</sup> Auch wurde ein Verfahren zur automatischen Analyse und Evaluation von Fahrverhalten von Rennsportlern in Kurven (vgl. von Schleinitz et. al., 2022) veröffentlicht.<sup>4</sup> Die genannten Verfahren fokussieren jedoch die Analyse und Erkennung bzw. Bewertung von Verhaltensweisen und nicht die Fahreridentifikation. In 2023 sind bis zum Projektabschluss keine relevanten FuE-Ergebnisse von dritter Seite bekannt geworden.

## 5 Änderungen in der Zielsetzung

Änderungen in der Zielsetzung lassen sich für die Projektjahre 2021, 2022 sowie 2023 wie folgt beschrieben: Die im Projektzeitraum erzielten Ergebnisse hinsichtlich ihrer Tauglichkeit für die Ausgründung evaluiert, lassen sich aufgrund mangelnder Personalkapazitäten nicht umsetzen.

## 6 Fortschreibung des Verwertungsplans

Es fanden entsprechend der Vorhabensbeschreibung und der in der Verwertungsplanung getroffene Aussagen mehrere Events mit potenziellen Stakeholdern für das Projekt statt. Dafür präsentierte sich das Projekt auf dem vom WIR!-Projektverbund initiierten Schaufenster-Events einem regionalem Publikum. Außerdem konnten ausgewählte Firmenvertreter den gebauten Komplexdemonstrator im Rahmen eines SimRacing-Vereinsevents erproben. Kooperationen für gemeinsame technologische Entwicklungen mit anderen Blockchain-Projekten des WIR!-Verbunds wurden eruiert und eine Partnerschaft mit dem Living Lab „Motion Simulation & Softwareentwicklung“ der Hochschule Mittweida geschlossen. Darüber hinaus entstanden unter anderem mit einem Erklärvideo, 3D-Modellen und einer interaktiven Präsentation multimediale Inhalte, die die Blockchain-Technologie auch für die regionale Bevölkerung verständlich macht.

Durch die Probandenrekrutierung, welche initial an der Hochschule Mittweida erfolgte, ließen sich überdies Studierende gewinnen, die das Projekt innerhalb ihrer Peer-Group bekannt machten, wodurch ein grundlegendes Interesse an den im Projekt umgesetzten innovativen Technologien bei den Fachkräften von morgen geweckt wurde. Durch die Ausweitung der Probandenrekrutierung ließen sich weitere Probanden mit realen Rennsporterfahrungen gewinnen, was einerseits die Qualität des Fahrdatenkorpus erhöhte, wobei sich eine Heterogenität der Fahrdaten hinsichtlich der Fahrerfahrung realisieren ließ. Andererseits fungierten diese externen Probanden als Multiplikatoren für das Projekt in ein kommerzielles Umfeld hinein. Durch die Realisierung von diversen Sim-Racing-Events in Kooperation mit dem Living Lab der Hochschule Mittweida ließen sich diese Kontakte weiter vertiefen. So konnten die Projektergebnisse unter anderem dem Königlich Sächsischen Automobilclubs (KSAC) vorgestellt werden. Die durchgeführten Events dienten überdies dazu, die entwickelte Hardware in realen Anwendungsszenarien zu erproben und entsprechend zu optimieren. Die im Projekt entwickelte Hardware wurde hinsichtlich des Verschleißes und der Sicherheit optimiert und kann nunmehr auch außerhalb des Projektes sicher genutzt werden. Der im Projekt entwickelte generische Arbeitsablauf zur Differenzierung verschiedener Fahrer unter Berücksichtigung des individuellen Fahrstils sowie der verwendeten Hardware wurde unter dem Titel „You can't drive my car – a method to fingerprint individual driving styles in a simracing setting“ auf der zweiten International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET 2022) in Prag veröffentlicht und damit einem internationalen Publikum zugänglich

---

<sup>3</sup> <https://doi.org/10.1109/IOTSMS58070.2022.10061930>

<sup>4</sup> <https://doi.org/10.48550/arXiv.2201.12939>

gemacht. Ebenso wurde der eigens hierfür generierte Datenkorpus auf der ICECET 2022 vorgestellt. Die Erstellung des Fahrdatenkorpus wurde im Beitrag „Data set for long term driving recording using immersive motion simulation in virtual racing – IMSRace“ ausführlich beschrieben. Teile des erstellten Datensatzes konnten ebenfalls für ein adaptiertes forschungsbasiertes Lehr-Lernformat im MINT-Bereich genutzt werden. Das innovative Lehre-Lernformat wurde 2022 einem internationalen Publikum auf der zweiten International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering (ICECCME) vorgestellt. Dies ermöglicht die Ausbildung von Experten an der Schnittstelle zwischen Blockchain-Technologien und eSports sowie die stete Verbesserung des Korpus über die Zeit in der Lehre im Kontext der ML-Modelle bezüglich der Fahreridentifikation und Manipulationserkennung.

Die im Projekt entstandenen Produkte können nach Projektende für folgende Aspekte weiter verwertet werden:

- 1) Die in diesem Projekt entwickelte Kombination von Blockchain-Technologien mit elaborierter Hardware, Datenhaltungsinfrastruktur, Fingerprints und Fahrverhaltensanalysen zur Detektion von wechselnden Spielern lassen sich für weitere Anwendungsdomänen nutzbar machen. Denkbar wäre zum Beispiel die Adaption der entwickelten Ansätze auf die Versicherungsbranche.
- 2) Die entwickelte Hardware kann im Forschungskontext nachgenutzt werden. Dabei ermöglichen die Listen der Bestandteile der Hardwarekomponenten den Bau weiterer potenzieller Demonstratoren. Überdies lässt sich der erstellte Fahrdatenkorpus deskriptiv, prädiktiv und präskriptiv für weitere Forschungsansätze analysieren.
- 3) Die erstellten multimedialen Inhalte können eingesetzt werden, um die Blockchain Technologie auch in anderen Anwendungsfeldern zu erläutern.
- 4) Aus den konzeptionellen Vorarbeiten der Ausgründung wäre perspektivisch eine kommerzielle Verwertung denkbar.

## **Teil I – Kurzbericht**

### **a. ursprüngliche Aufgabenstellung sowie den wissenschaftlichen und technischen Stand, an den angeknüpft wurde**

Das Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines Verbundprodukts, das Motion-Simulator, Fahreridentifikationsverfahren und Blockchain-Technologien kombiniert, um Manipulationen bei digitalen Rennsportveranstaltungen zu verhindern. Nutzer profitieren von einem immersiven Erlebnis durch den Motion-Simulator, während gleichzeitig Informationen zu Nutzereingaben, dem Zustand des digitalen Fahrzeugs und den Einstellungen der Hardware erfasst und zu einem digitalen Fingerabdruck zusammengeführt werden. Diese Fingerabdrücke ermöglichen die Erfassung individuellen Fahrverhaltens über einen längeren Zeitraum. Abweichungen im Fahrverhalten können durch den Vergleich mit früheren Fingerabdrücken erkannt und Manipulationsversuche verhindert werden. Die Blockchain-Infrastruktur schützt die Integrität der Fingerabdrücke selbst. Zur Sicherung von Hard- und Softwarekomponenten wird ein Hardware-Dongle implementiert, der die Überwachung von Motion-Simulator-Hardware, Eingabegeräten und Software übernimmt.

### **b. Ablauf des Vorhabens**

Das Vorhaben begann planmäßig am 01.01.2021. Es umfasste eine allgemeine Anforderungsanalyse, individuelle Analysen von Blockchain- und Motion-Simulator-Technologien sowie die Konzeption und den Bau eines zweisitzigen Motion-Simulators. Eine eigene Steuersoftware wurde entwickelt, um die Aktuatoren des Simulators anzusteuern. Ein Komplexdemonstrator (Produkt-ID: 01) wurde erstellt, um Experimentalsetups zu entwickeln und Telemetrie-Daten zu generieren. Für die automatisierte Datenerfassung und -auswertung wurde die Motion-Control-Applikation (Produkt-ID: 02) entwickelt, die Telemetrie-Daten aus der Rennsimulation aufnimmt und sie der Steuersoftware und dem Datenlogger zur Verfügung stellt. Ein entwickeltes Datenreduktionsverfahren (Produkt-ID: 04) filtert und extrahiert wichtige Parameter für den digitalen Fingerabdruck aus den Telemetrie-Daten. Die Datenhaltung erfolgt in einer relationalen Datenbank für Nutzerprofile, einem File Storage System für xBloks-Dateien und einer Ethereum-basierten Blockchain für die digitalen Fingerabdrücke. Für die Entwicklung ließ sich das Web-Framework Django nutzen und ein Web-basiertes Frontend und Backend umsetzen (Produkt-ID: 05). Ein Blockchain-Testnetzwerk (Produkt-ID: 06) wurde erstellt und es erfolgte eine Rekrutierung von Probanden für die Datenerhebungen. Darüber hinaus entstanden eine wissenschaftliche Publikation (Produkt-ID: 08) und ein Lehrkonzept (Produkt-ID: 09) basierend auf den gesammelten Daten. Um Informationen in der Blockchain zu speichern und abzurufen konnten Smart Contracts (Produkt-ID: 10) genutzt werden. Ein Siamese-Neural-Network (SNN) dient überdies zur Erstellung des digitalen Fingerabdrucks und zur Erkennung von Manipulationen (Produkt-ID: 13). Ein Hardware-Dongle (Produkt-ID: 14) wurde entwickelt und in das System integriert, um die Sicherheit auf Hardware- und Softwareebene zu gewährleisten. Mittels einer Nutzerplattform (Produkt-ID: 15) lassen sich weiterhin Informationen aus dem Backend abrufen sowie grundlegende Funktionen abbilden. Öffentliche Vorstellungen des Projekts fanden statt und wurden begleitet von medialen Produkten (Produkt-ID: 16).

Eine Verlängerung des Projekts bis Ende März 2023 diente dazu Tests des Fahreridentifikationsverfahrens durchzuführen, Optimierungsmöglichkeiten zu identifizieren und neue grafische Ansichten in der Nutzerplattform einzuführen. Dabei entstand eine native Anwendung (Produkt-ID: 18), die die Oberflächen der Motion-Control-Applikation integriert.

### **c. Wesentliche Ergebnisse sowie ggf. die Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen**

Im Verlauf des Projekts wurde ein zweisitziger Komplexdemonstrator (Produkt-ID: 01) entwickelt, der den Nutzern ein immersiveres Erlebnis bei digitalen Rennsport-Events bietet. Die Aktuatoren dieses Demonstrators werden über eine Motion-Control-Applikation (Produkt-ID: 02) gesteuert. Diese Applikation zeichnet auch Telemetriedaten während der Rennsport-Events auf, die in einem speziellen xBloks-Datenformat (Produkt-ID: 03) gespeichert werden. Die Motion-Control-Applikation ist in eine eigenständige Anwendung (Produkt-ID: 18) integriert, über die Nutzer auch auf die webbasierte Nutzerplattform (Produkt-ID: 15) zugreifen können, um Profile zu verwalten und Events zu organisieren. Um die Fahrer zu identifizieren, verwendet das System zunächst ein Datenreduktionsverfahren (Produkt-ID: 04), um unvollständige Runden aus den aufgezeichneten Daten zu entfernen und wichtigere Informationen für bestimmte Streckenabschnitte zu berechnen. Diese Daten werden im File Storage System, das Teil der Datenverwaltungsstruktur ist, gespeichert. Der ML-Service (Produkt-ID: 17) verarbeitet die Daten automatisch durch das Fahreridentifikationsverfahren (Produkt-ID: 11) und erstellt einen digitalen Fingerabdruck. Dieser Fingerabdruck kann mit früheren Fingerabdrücken des Nutzers verglichen werden, um Abweichungen und mögliche Manipulationsversuche zu erkennen. Die berechneten Fingerabdrücke werden über Smart Contracts (Produkt-ID: 10) in die Blockchain-Plattform (Produkt-ID: 06) übertragen, wo sie sicher und transparent zusammen mit Nutzerinformationen und Hardware-Konfigurationen gespeichert werden. Ein webbasiertes Backend (Produkt-ID: 05) ermöglicht die Kommunikation zwischen der Blockchain-Plattform, dem File Storage System und einer relationalen Datenbank, die Informationen über registrierte Nutzer und erstellte Events speichert. Das Backend bietet auch die Funktionalitäten der Nutzerplattform und ermöglicht den Nutzern Einblicke in die Prozesse und Parameter der Fingerabdruckberechnung. Um die maschinellen Lernverfahren für das Fahreridentifikationsverfahren zu trainieren, wurde ein 33,5 GB großer Datensatz mit Fahrdaten (Produkt-ID: 07) von 46 Probanden erstellt. Manipulierte Datensätze, die ebenfalls für das Training benötigt wurden, können mithilfe eines Skripts (Produkt-ID: 12) erzeugt werden. Ein Hardware-Dongle (Produkt-ID: 14) sichert die Integrität der Hardware- und Softwarekomponenten des xBloks-Systems und dient als Zugangsschlüssel für die Nutzerfunktionalitäten des Systems. Die Ergebnisse und Technologien des Projekts wurden auf verschiedenen Schaufenster-Events im Rahmen des WIR!-Projektverbunds präsentiert und flossen in mehrere wissenschaftliche Publikationen ein (Produkt-ID: 08, 09 und 13). Der Komplexdemonstrator wurde auch bei verschiedenen Veranstaltungen für ausgewählte Unternehmensvertreter im Rahmen der Partnerschaft mit dem Living Lab der Hochschule Mittweida vorgestellt.