



UNIVERSITÄT ZU LÜBECK
INSTITUT FÜR MULTIMEDIALE
UND INTERAKTIVE SYSTEME

Direktor: Prof. Dr. rer. nat. Michael Herczeg

Energieanzeigen für den IMIS- Fahrsimulator

Projektbericht

im Rahmen des Bachelor-Projektes UI- und Mediendesign
am Institut für Multimediale und Interaktive Systeme der Universität zu Lübeck

vorgelegt von:

Christian Zellier, Jakob Claußen, Alexander Danetzky, Maximilian Kayser, Eric Foerster

ausgegeben und geprüft von:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Inform. Nicole Jochems

mit Unterstützung von:

M. Sc. Vivien Moll und Prof. Dr. Thomas Franke

Lübeck, 20. März 2019

Kurzfassung

In diesem Projekt geht es um die Erstellung von Anzeigen für das energieeffiziente Fahren mit Elektroautos. Das energieeffiziente Fahren ist in Bezug auf Elektroautos von besonderer Bedeutung, da dieses sich sehr stark auf die Reichweite der Elektroautos auswirkt. Mithilfe der Anzeigen soll den Fahrern eine energieeffiziente Fahrweise aufgezeigt werden. Diese Anzeigen wurden als UI-Mods entwickelt und dann in die Software BeamNG.research eingebunden. Das Institut für Multimediale und Interaktive Systeme (IMIS) hat einen Fahrsimulator aufgebaut, um schneller Anzeigen auf ihre Effektivität testen zu können. Im Fahrsimulator wurden die entwickelten Anzeigen dann integriert. Um die Anzeigen zu entwickeln wurden im ersten Schritt auf Grundlage von Recherchen Mockups gestaltet. Aus den Mockups wurden die besten ausgewählt und mit Hilfe der Software SimHub prototypisch umgesetzt. Diese erstellten Prototypen wurden in einer Zwischenevaluation evaluiert und davon dann die zwei mit dem größten Potential weiterentwickelt. Auf Basis des Feedbacks wurden Anpassungen gemacht und diese dann als webbasierte UI-Mods implementiert. Abschließend wurden die implementierten Anzeigen im Rahmen des EMI-Awards präsentiert und evaluiert. Nachfolgend wird das genannte Vorgehen in den einzelnen Kapiteln genauer erläutert.

Schlüsselwörter

Mensch-Computer-Interaktion

Fahrsimulator

Eco-Driving

Energieanzeige

Elektroauto

Energieeffizienz

Abstract

This project deals with the creation of displays for energy-efficient driving with electric cars. Energy-efficient driving is particularly important in relation to electric cars, as it has a very strong impact on the range of electric cars. The aim of the displays is to show drivers an energy-efficient driving style. These displays were developed as UI mods and then integrated into the BeamNG.research software. The Institute for Multimedia and Interactive Systems (IMIS) has developed a driving simulator to test the effectiveness of displays faster. The developed displays were then integrated into the driving simulator. In the beginning in order to develop the displays, mockups were created based on research. The best mockups were selected and prototyped with the help of the software SimHub. These prototypes were evaluated in a mid-term evaluation and then the two with the greatest potential were further developed. Based on the feedback, adjustments were made and then implemented as web-based UI mods. Finally, the implemented displays were presented and evaluated at the EMI-Award. In the following, the procedure mentioned is explained in more detail in the individual chapters.

Keywords

Human-Computer Interaction

Driving Simulator

Eco-Driving

Energy Display

Electric Car

Energy efficiency

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	1
Schlüsselwörter	1
Abstract.....	2
Keywords	2
Inhaltsverzeichnis	3
1 Einleitung.....	6
1.1 Ziele des Projekts	6
1.2 Stand der Technik	6
1.3 Vorgehensweise	7
2 Analyse.....	9
2.1 Problem- oder Aufgabenanalyse	9
2.2 Benutzeranalyse	11
2.2.1 Autofahrer	11
2.3 Kontextanalyse.....	11
2.4 Organisationsanalyse	12
3 Konzeption	13
3.1 Systemarchitektur.....	13
3.2 Interface Design und Funktionalitäten.....	13
3.2.1 Mockups.....	13
3.2.2 Prototypen	26
4 Zwischenevaluation	31
4.1 Ziel.....	31

4.2	Vorgehen und Methoden.....	31
4.3	Ergebnisse.....	33
5	Realisierung.....	37
5.1	Überarbeitete Konzepte.....	37
5.1.1	Farbradial-Anzeige.....	37
5.1.2	Batterie-Anzeigen.....	38
5.2	Verwendete Werkzeuge.....	38
5.3	Struktur.....	39
5.4	Umsetzung.....	39
6	Evaluation.....	40
6.1	Ziel.....	40
6.2	Vorgehen und Methoden.....	40
6.3	Ergebnisse.....	41
7	Zusammenfassung und Ausblick.....	46
7.1	Zusammenfassung.....	46
7.2	Offene Punkte.....	47
7.3	Ausblick.....	47
	Abbildungen.....	49
	Quellen.....	51
	Literatur.....	51
	Weblinks.....	51
	Software.....	52
	Abkürzungen.....	53
	Glossar.....	54

Anhänge	55
Anhang A: Programmcode	55
Anhang B: Evaluationsergebnisse Zwischenevaluation	69
Anhang C: Evaluationsergebnisse	73
Erklärung.....	82

1 Einleitung

Das Thema E-Mobilität hat in den letzten Jahren stark an Relevanz gewonnen, nicht zuletzt deshalb, weil Elektroautos in Zeiten des Klimawandels im Gegensatz zu herkömmlichen verbrennungsbetriebenen Autos eine greifbare und umweltschonendere Alternative darstellen. Problematisch ist dabei, dass in der breiten Öffentlichkeit immer noch eine Abneigung gegenüber Elektroautos besteht, welche sich unter anderem auf die geringere Reichweite und die längeren Ladezeiten der Akkus zurückführen lässt. Um die Akzeptanz der Öffentlichkeit zu verbessern, müssen diese Probleme angegangen und beseitigt werden, was die Grundlage für dieses Projekt liefert. Der IMIS-Fahrsimulator soll eine Forschungsgrundlage bieten, auf welcher die Problematiken der E-Mobilität besser erfasst und bearbeitet werden können. Eine energieeffiziente Fahrweise kann die Reichweite eines Elektroautos signifikant erhöhen und ist im Gegensatz zu einer Verbesserung der Hardware bzw. der Akkus wesentlich ressourcensparender. Anzeigen, welche eine energieeffiziente Fahrweise vermitteln, können also langfristig nicht nur die Reichweite, sondern auch die Akzeptanz von Elektroautos allgemein erhöhen.

In den folgenden Kapiteln wird darauf eingegangen, welche konkreten Ziele dieses Projekt hat, wie der aktuelle Stand der Technik aussieht und mit welcher Vorgehensweise gearbeitet wurde, um die festgelegten Ziele zu erreichen.

1.1 Ziele des Projekts

In diesem Projekt werden Anzeigen für den IMIS-Fahrsimulator entworfen und realisiert. Die final entwickelten Anzeigen sollen die Wahrnehmung effizienter Fahrverhaltensweisen erleichtern und somit dazu beitragen, das bei Fahrern von Elektroautos ein größeres Bewusstsein für den Energieverbrauch des Autos geschaffen werden kann und sie durch diverse Methoden zu einer energieeffizienteren Fahrweise bewegt werden. Diese Anzeigen werden entwickelt, damit ihre Auswirkungen auf das Fahrverhalten im Rahmen des IMIS-Fahrsimulators getestet wird und somit eine Basis für zukünftige Projekte am Fahrsimulator geschaffen werden kann.

1.2 Stand der Technik

In diesem Projekt wird das energieeffiziente Fahren in einem Simulator erprobt. Für viele potenzielle Nutzer von Elektroautos steht immer noch die Reichweitenangst im Vordergrund. Aber

durch energieeffizientes Fahren kann die Reichweite maximiert werden, ohne dass die Hardware sich verändern muss. Diese Tatsache bietet die Grundlage für weitere Forschung und die Grundlage für diese Projekt. Am IMIS (Institut für multimediale und interaktive Systeme) wird ein eigener Fahrsimulator aufgebaut, welcher die Software BeamNG.research als Grundlage für die Simulation verwendet. So wurde mit drei 55 Zoll Bildschirmen von Samsung, einem Autositz, einem Lenkrad mit Feedback und der entsprechenden Pedalerie die Grundlage für den Fahrsimulator geschaffen. Für nähere Informationen zu der Hardware, wird auf die Bachelorarbeit von Pascal Stieglitz aus dem Jahr 2018 verwiesen. BeamNG.research wurde durch die BeamNG GmbH um ein Elektroauto für den Einsatz am Institut erweitert. In der Simulation sind bis jetzt noch die Defaultanzeigen eines Verbrenners zu sehen. In diesem Projekt geht es darum neue Anzeigen für das Dashboard des Elektroautos innerhalb des Fahrsimulators zu gestalten. Dafür wurden verschiedene Anzeigen von Autoherstellern betrachtet. Der Renault Zoe ist in diesem Zusammenhang von besonderem Interesse, da der Fahrsimulator in Zukunft immer weiter an diesen angepasst werden soll.

1.3 Vorgehensweise

Die Anzeigen wurden mit Hilfe von UCD (User Centered Design, nach Norman & Draper, 1986) entwickelt, das bedeutet, dass dabei der gesamte Gestaltungsprozess auf die Benutzer zugeschnitten wurde, indem die Benutzer zum Beispiel durch eine Zwischenevaluation mit eingebunden wurden. Außerdem wurden Ansätze des Parallel-Designs (Nielsen, 1993) vor allem bei der Ideenfindung der Anzeigekonzepte angewandt.

Um später die besten Ideen auswählen zu können, hatte jedes Teammitglied die Möglichkeit für sich und unabhängig von den anderen drei verschiedene Designentwürfe von Anzeigen auszuarbeiten. Dieses Vorgehen baut auf dem Parallel-Design auf und soll verhindern, dass zu viele Ideen direkt wieder verworfen werden. Bei einem Brainstorming mit allen Gruppenmitgliedern können einzelne Ideen schnell untergehen und verworfen werden. Bei einem anschließenden Meeting hat jedes Teammitglied jeweils die Designentwürfe eines anderen vorgestellt, um eine Objektivität sicher zu stellen und um die Entwürfe direkt auf eine einfache Verständlichkeit zu prüfen. Der jeweilige Designer hatte dann die Möglichkeit seine Intention hinter der jeweiligen Anzeige zu erklären. Abschließend gab es eine Abstimmung, bei der jeweils 5 der 15 verschiedenen Entwürfe ausgewählt werden konnten. Es konnte auch für einzelne Elemente einer Anzeige gestimmt werden. Die Entwürfe mit den meisten Stimmen wurden genauer betrachtet und weiterentwickelt und der Rest wurde zunächst verworfen.

Der nächste Schritt wird es nun sein diese Entwürfe prototypisch umzusetzen, um diese dann evaluieren zu können. Aufgrund der Ergebnisse werden dann abschließend die endgültigen Anzeigen umgesetzt.

2 Analyse

Das nachfolgende Kapitel beinhaltet verschiedene Analysen, welche im Rahmen des Bachelor Projektes durchgeführt worden sind. Die Analysen dienen einem besseren Verständnis dem gesamten Projekt und den Aufgaben gegenüber und sollen für den weiteren Verlauf des Projektes einen Leitfaden darstellen, an dem sich orientiert werden kann.

Zunächst wird darauf eingegangen was genau die Aufgabe bzw. die Aufgaben sind, die im Verlauf des Projekts bearbeitet wurden und welche möglichen Probleme mit diesen Aufgaben einhergegangen sind. Anschließend wird auf die möglichen Benutzer eingegangen und festgestellt, welches die typischsten Benutzerklassen sind, die mit dem erarbeiteten System umgehen werden. Weiterhin wird auf den Kontext eingegangen, in dem das System erarbeitet wird und erläutert was wichtige äußere Faktoren sind, durch welche die Arbeit beeinflusst wird. Abschließend wird das organisatorische Umfeld erläutert, in welchem das System später zum Einsatz kommen wird.

2.1 Problem- oder Aufgabenanalyse

In Zeiten stetig steigender Benzin- und Strompreise geht der Trend immer stärker zum energieeffizienten Fahren. Es sollen Geld und Ressourcen gespart sowie eine größere Reichweite mit den Fahrzeugen erzielt werden.

Der Straßenverkehr macht 18% der weltweiten CO₂-Emissionen aus. Trotz jahrzehntelanger Effizienzsteigerung in Technologie und Infrastruktur wird erwartet, dass die CO₂-Emissionen des Straßenverkehrs in absoluten Zahlen steigen. (Vgl. Dahlinger et. al 2018, S.375).

Bei Elektrofahrzeugen ist vor allem die Reichweite ein großes Thema, da diese noch deutlich geringer als bei herkömmlichen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor ist, zudem ist die Infrastruktur der Ladestationen weniger ausgebaut und die Ladevorgänge dauern lange. (Vgl. Dahlinger et. al 2018, S.376).

Ziel ist daher die Energieeffizienz von Automobilen zu optimieren. Dies kann auf zwei Wegen geschehen. Zum einen können Verbesserungen an der Technik vorgenommen werden, zum anderen hat der Fahrer selbst einen maßgeblichen Einfluss auf die Energieeffizienz der Fahrweise. Der Energieverbrauch hängt somit stark von der Fahrweise ab, insbesondere sollte versucht werden, starke Beschleunigungen, starkes Bremsen, Fahren mit hohen Umdrehungen pro Minute, Leerlauf und instationäre Geschwindigkeiten zu vermeiden (Vgl. Dahlinger et. al 2018, S.375).

Die Fahrweise bezüglich Energieeffizienz zu verbessern, ist deutlich kostengünstiger als neue Motoren und Akkus zu entwickeln. Dem Fahrer muss hierfür lediglich eine energieeffiziente Fahrweise vermittelt werden. Zudem muss er aktiv motiviert werden, seinen Fahrstil bezüglich Energieeffizienz anzupassen. Die zunehmende Digitalisierung der Armaturen in Automobilen schafft neue Möglichkeiten bezüglich der Bandbreite an Anzeigen und deren Gestaltung. So verfügen zum Beispiel immer mehr Automodelle über Energieanzeigen, welche dem Fahrer ein Feedback bezüglich Energieeffizienz geben. (Vgl. Dahlinger et. al 2018, S.376).

Elektromotoren oder Hybridmotoren unterscheiden sich, was ihr Energieverhalten betrifft, stark von herkömmlichen Verbrennungsmotoren, was zu anderen Schwerpunkten bei den Energieanzeigen führt.

Es gibt verschiedene Ansätze, wie dem Fahrer ein Feedback bezüglich Energieverbrauch und Effizienz gegeben werden kann. Hier kann zwischen einer Verbrauchshistorie und einem Live Feedback unterschieden werden. In diesem Projekt werden Anzeigen für ein Elektroauto entwickelt, welche die Fahrweise live analysieren und dieser in Echtzeit eine Bewertung zuordnen. Auf eine Verbrauchshistorie oder eine Reichweitenanzeige wird bewusst verzichtet, da dies deutlich längere Studien erfordert und dies zeitlich in dem Projekt nicht mit hinreichender Qualität realisierbar ist.

Franke et. al haben 2016 in der Studie „Ecodriving in hybrid electric vehicles - Exploring challenges for user-energy interaction“ herausgefunden, dass sowohl das technische Systemwissen als auch die Motivation des energieeffizienten Fahrens wichtige Prädiktoren für die Effizienz des Eco-Drivings sind.

Die Energieanzeige nimmt eine informierende und zugleich beeinflussende Rolle in Bezug auf das Fahrverhalten ein, indem der Energieverbrauch einerseits numerisch durch eine KW-Anzeige dargestellt wird und andererseits dem Fahrer durch Farben und Symbolik gezeigt werden soll, ob er gerade energieeffizient fährt oder er seinen Fahrstil anpassen sollte.

Bei der Anzeige wird mit einem Energiemodell gearbeitet, welches ausschließlich Beschleunigung und Geschwindigkeit des Fahrzeuges betrachtet, nicht jedoch die Bremsung, welche ebenfalls einen Faktor für eine effiziente Fahrweise darstellen würde. (Vgl. Dahlinger et. al 2018, S.375).

Die Herausforderung ist, dass das System den Nutzer keinesfalls vom Fahren ablenken darf. Trotzdem soll es den Nutzer ansprechen und ihn dazu bewegen, sein Fahrverhalten in seiner Energieeffizienz zu optimieren.

2.2 Benutzeranalyse

Ziel dieses Projektes war es, Eco-Drive-Anzeigen für den BeamNG.research Fahrsimulator am IMIS zu erstellen. Daher konnte eine spezielle Benutzergruppe identifiziert werden. Bei dieser handelt es sich um die Autofahrer, die eine Fahrausbildung abgeschlossen haben und denen gegebenenfalls innerhalb dieser Ausbildung erste Konzepte für das ökonomische Autofahren beigebracht wurden, jedoch sind diese Konzepte nur für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren geeignet und nicht für Elektrofahrzeuge. Da jedoch dabei von verschiedenen ökonomischen Interessen auszugehen ist, muss auf die unterschiedlichen Anforderungen eingegangen werden. Im folgendem Unterabschnitt 2.2.1 wird auf die identifizierte Benutzergruppe eingegangen.

2.2.1 Autofahrer

Die Benutzergruppe der Autofahrer umfasst jeden, der einen B-Führerschein besitzt. Die Autofahrer haben alle eine Fahrausbildung abgeschlossen. Personen in der Gruppe sind mindestens 17 Jahre alt, da dies das jüngste Alter ist, mit dem man eine Führerscheinprüfung in Deutschland ablegen kann. Desweiteren sind aber die tatsächlichen Fahrerfahrungen sehr unterschiedlich, von Fahranfänger bis zu mehreren Jahrzehnten Fahrpraxis. Bei den Fahranfänger ist von Unsicherheiten auszugehen, da sie schnell überfordert sein können beim simultanen achten auf die Fahrstrecke und auslesen der Informationen aus den Anzeigen. Im Gegensatz dazu sind erfahrene Fahrer trainiert im peripheren lesen von Anzeigen während des Fahrens. Dazu gibt es Gelegenheitsfahrer, die nur selten fahren bis zu Alltagsfahrer, die jeden Tag Auto fahren. Die Vorkenntnisse in Bezug auf das energiesparende Autofahren variieren sehr stark. Auf das ökonomische Autofahren bezogen, kann von potenziell unterschiedlichen Interessen und Ambitionen ausgegangen werden. Die Motivation kann intrinsisch in Bezug auf ein umweltfreundliches Verhalten sein. Sie kann aber auch extrinsisch durch den finanziellen Motivator, weniger Geld für die Energie zu benötigen oder um größere Strecken fahren zu können, bevor das Auto wieder geladen werden muss. Trotz der fehlenden intrinsischen und extrinsischen Motivatoren im Simulator wird davon ausgegangen, dass die Fahrer durch Instruktionen im Fahrsimulator energieeffizient fahren werden.

2.3 Kontextanalyse

Die zu gestaltenden Anzeigen werden im Rahmen eines Einsatzes für den IMIS-Fahrsimulator entworfen. Mit den Anzeigen sollen Studien und Evaluationen im weiteren Verlauf dieser Arbeit und auch in zukünftigen Arbeiten durchgeführt werden können. Um ein optimales Arbeiten mit

dem Fahrsimulator zu gewährleisten, ist es unerlässlich, dass die Anzeigen gut erkennbar dargestellt werden. Mit anderen Worten, die Anzeigen sollen in das Dashboard des Elektroautos passen und dürfen dieses nicht überschreiten, damit die Immersion nicht unnötig verringert wird. Weiterhin ist es wichtig darauf zu achten, dass die Anzeigen möglichst auch trotz Störfaktoren, wie zum Beispiel dem Lenkrad, gut erkennbar gestaltet werden. Es ist allerdings wichtig darauf zu achten, dass das Gefühl innerhalb des Fahrsimulators dem eines echten Elektroautos so nah wie möglich kommen soll, um valide Ergebnisse durch Folgestudien erzielen zu können. In diesem Sinne muss darauf geachtet werden, dass eventuelle visuelle Einschränkungen, welche im echten Elektroauto vorhanden sind, auch im Fahrsimulator umgesetzt werden.

2.4 Organisationsanalyse

Die Eco-Drive-Anzeigen sind für den Einsatz im IMIS-Fahrsimulator vorgesehen. Die in BeamNG.research umgesetzten Energieanzeigen dienen der Evaluation des Fahrverhaltens verschiedener Probanden. Diese bekommen im Umfeld des Fahrsimulators zum Beispiel die Aufgabe, möglichst energieeffizient zu beschleunigen. Für diesen Zweck werden für mehrere Durchgänge zufällig ausgewählte Energieanzeigen präsentiert. Die geloggtten Fahrdaten werden dann im Anschluss ausgewertet, um zu schauen, ob und in wie weit diese Anzeigen die Fahrweise beeinflusst haben.

3 Konzeption

Im Folgenden werden die Systemarchitektur und das Interface Design der Anzeigen für den IMIS-Fahrsimulator entworfen. Wie schon in Vorarbeiten zur Konzeption interaktiver Systeme dargestellt wurde (Herczeg, 2009), sind hierbei besondere Kriterien zu beachten. Abschließend wird der geplante Funktionsumfang des Systems zusammengefasst.

3.1 Systemarchitektur

Die UI-Mods sollen für den bestehenden Fahrsimulator im IMIS erstellt werden. Basis des Systems ist die Software BeamNG.research. Die Software wurde um ein fahrbares Elektroauto erweitert, sowie der Energiemodelle für das Elektroauto. Das System hat eine Schnittstelle für UI-Mods. Diese können dann als Overlay oder innerhalb des Armaturenbretts dargestellt werden. Für die Erstellung der UI-Mods wurde das Framework Angular.js verwendet.

3.2 Interface Design und Funktionalitäten

Für den IMIS-Fahrsimulator sind fünf verschiedene Anzeigen zum energieeffizienten Fahren vorgesehen. All diese Anzeigen benutzen den gleichen standardisierten Hintergrund, welcher weitestgehend aus dem Renault Zoe übernommen wurde und variieren lediglich die Darstellung des Momentanverbrauchs. Die Interaktion der Fahrer mit den Anzeigen beschränkt sich dabei auf ein Minimum, da die Anzeigen lediglich passiv sind und dem Fahrer indirekt einen energieeffizienten Fahrstil aufzeigen sollen. Interaktion ist in diesem Fall Wahrnehmung von Systemvariablen im Rahmen einer Handlungsregulation (Franke, 2016). Im Folgenden werden die fünf erarbeiteten Anzeigenkonzepte genauer erläutert.

3.2.1 Mockups

Zu Beginn der Entwurfsphase wurden Papermockups nach dem Ansatz des Parallel-Designs erstellt. Einige der ursprünglichen Ideen, die während dieser Phase entstanden sind, mussten wieder verworfen werden, entweder aufgrund von Zeitmangel oder der technischen Umsetzbarkeit. Durch eine teaminterne Abstimmung, in der jedes Teammitglied aus allen erstellten Papermockups fünf Elemente markieren konnte, wurden die am häufigsten gewählten Anzeigenkonzepte bzw. Elemente einzelner Anzeigen (Abbildung 1, Abbildung 3, Abbildung 4, Abbildung 9,

Abbildung 13) ermittelt und schließlich prototypisch umgesetzt. Nachfolgend werden sämtliche Papermockups (Abbildungen 1 bis 15) aufgelistet.

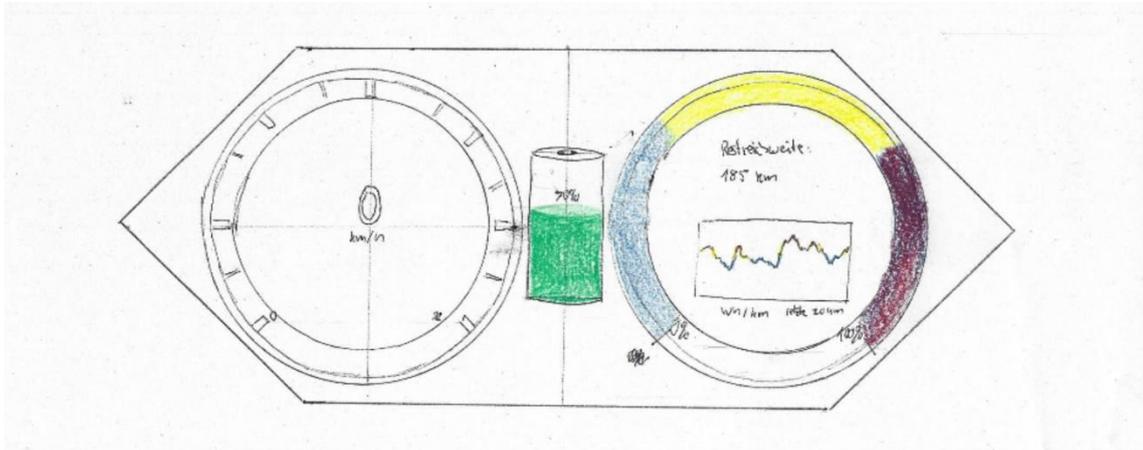


Abbildung 1: Dashboard mit Historyanzeige und Radial

In diesem Papermockup (Abbildung 1) stehen drei verschiedene Anzeigen zum Energieverbrauch im Vordergrund, der klassische Tacho auf der linken Seite dient eher als Platzhalter und wurde aus Designgründen dazu gezeichnet. Die Anzeige auf der rechten zeigt ein Radial, welches sich in drei verschiedene Farbbereiche aufteilt, welche in Echtzeit den Grad der Energieeffizienz anzeigen sollen. In der Mitte der Radialanzeige befindet sich zudem eine Anzeige für die Verbrauchshistorie in Form eines Graphens, welcher auf der x-Achse die gefahrene Strecke in Kilometern aufzeigt und auf der y-Achse den für den jeweiligen Streckenabschnitt resultierenden Energieverbrauch. Außerdem beinhaltet das Mockup in der Mitte des Dashboards eine Batterieanzeige, welche den Ladezustand anzeigt.

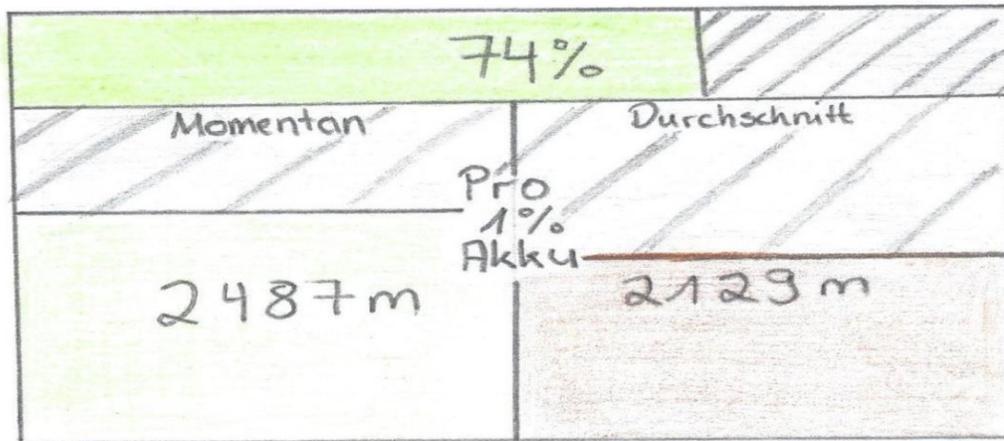


Abbildung 2: Reichweitenanzeige

Im Mockup aus Abbildung 2 ist die Strecke abgetragen, die mit 1 Prozent des Akkus gefahren werden kann. Dies ist sowohl für den momentanen Verbrauch als auch für den Durchschnittsverbrauch angegeben. Die obere grüne Leiste zeigt den momentanen Akkuladestand an. Im Fokus stand hier dem Fahrer zu zeigen, welche direkten Auswirkungen sein Fahrverhalten hat und ihm einen Überblick über die Reichweite seines Elektroautos zu geben.

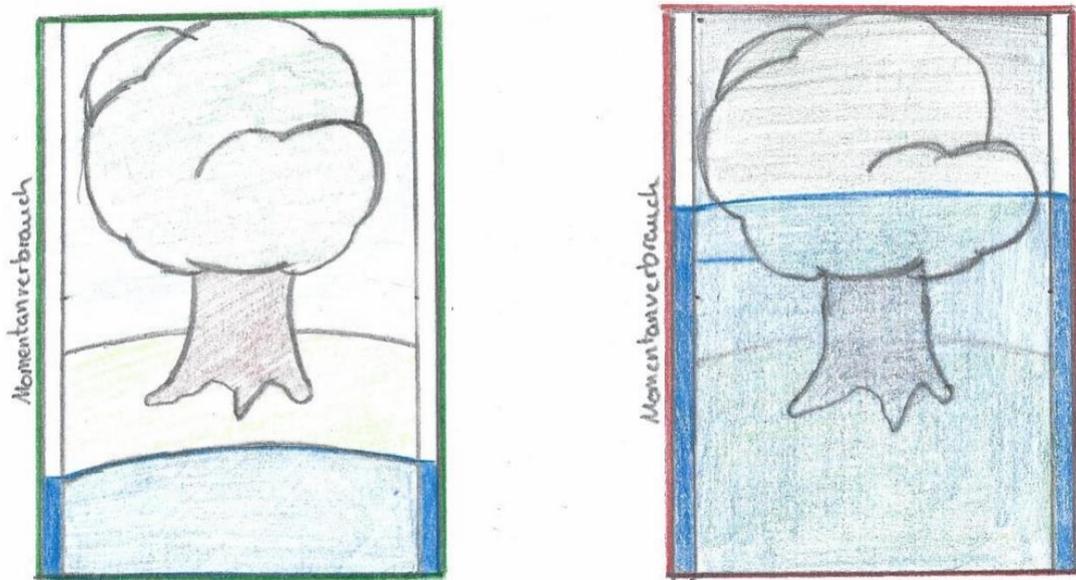


Abbildung 3: Baumanzeige

In Abbildung 3 wurde eine abstraktere Darstellungsweise des Energieverbrauchs gewählt. Hier symbolisiert ein Baum an einem Meer den derzeitigen Energiekonsum des Fahrzeugs. Der

Meeresspiegel steigt und fällt je nach Fahrweise und setzt so den Baum unter Wasser. Der Rahmen der Anzeige verändert auch die Farbe von Grün zu Rot, sollte ein bestimmter Schwellwert überschritten werden. Dieser Ansatz sollte die Folgen einer schlechten Fahrweise für die Umwelt darstellen und auf diese Weise den Fahrer motivieren.

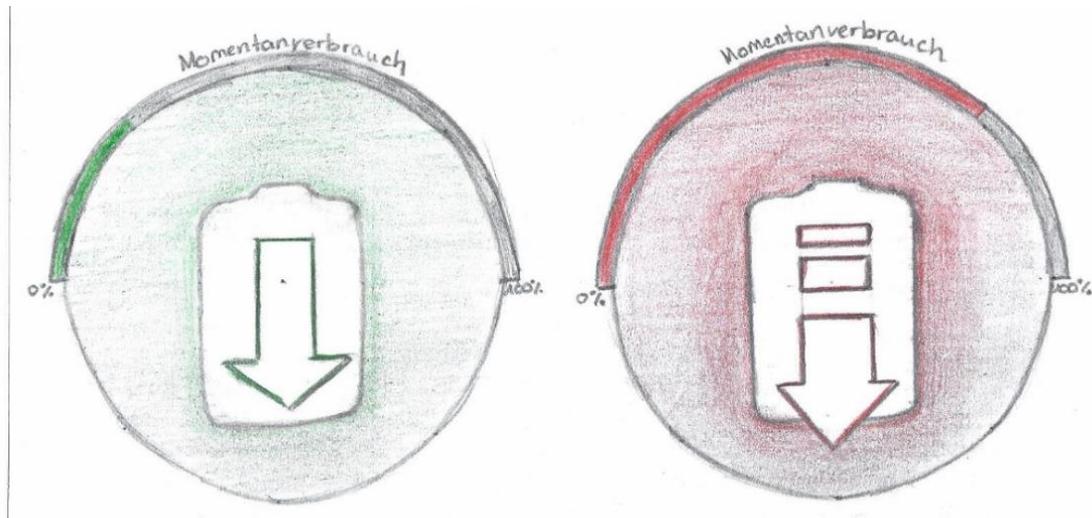


Abbildung 4: Batterieradialanzeige

Die Anzeige in Abbildung 4 stellt eine Batterie vor einer Radialanzeige für den Momentanverbrauch dar. Der Hintergrund der Batterie soll in der entsprechenden Farbe der Radialanzeige leuchten, wobei die Intensität nach außen hin abnimmt, als wäre die Batterie selbst die Lichtquelle. Die Farben der Radialanzeige sind Grün und Rot, für niedrigen bzw. hohen Energieverbrauch. In der Batterie befindet sich ein Pfeil, der sich je nach Verbrauch entweder gar nicht, langsam, oder schnell aus der Batterie bewegt. Durch die Bewegung soll auch auf periphere Weise der Energieverbrauch zugänglich gemacht werden. Es soll außerdem ein Bewusstsein dafür geschaffen werden, dass sich die Fahrweise auf die Geschwindigkeit der Entladung der Batterie auswirkt.

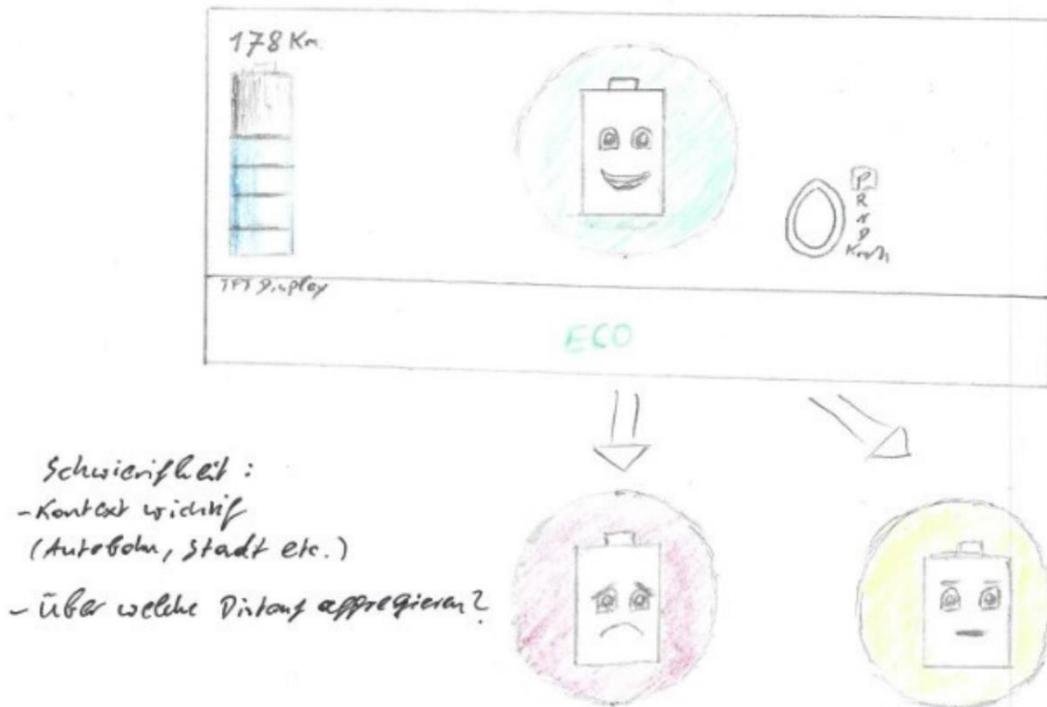


Abbildung 5: Batterieanzeige mit Emotionen

In Abbildung 5 ist ein Anzeigeconcept mit symbolischen Elementen zu sehen, bei dem ebenfalls eine energieeffiziente Fahrweise aufgezeigt werden soll. Das Konzept nutzt genau wie einige vorige Konzepte die Metapher der Batterie, damit dem Fahrer verdeutlicht wird, dass es um den Energieverbrauch des Elektroautos geht. Des Weiteren wird ebenfalls ein Farbverlauf von Grün (optimale Fahrweise) über Gelb (moderate Fahrweise) bis hin zu Rot (hoher Verbrauch, energieineffiziente Fahrweise) verwendet, um dem Fahrer ein möglichst informatives aber auch peripheres Feedback zu geben. Zusätzlich zu anderen Konzepten werden die Batterien je nach Verbrauch mit unterschiedlichen Emotionen versehen, die dem Fahrer einen zusätzlichen Feedbackkanal bieten und die Farben unterstützen sollen. In diesem Fall ist ein emotionaler Verlauf von fröhlich über gleichgültig bis hin zu traurig abgebildet, auch andere Emotionsverläufe sind aber denkbar.

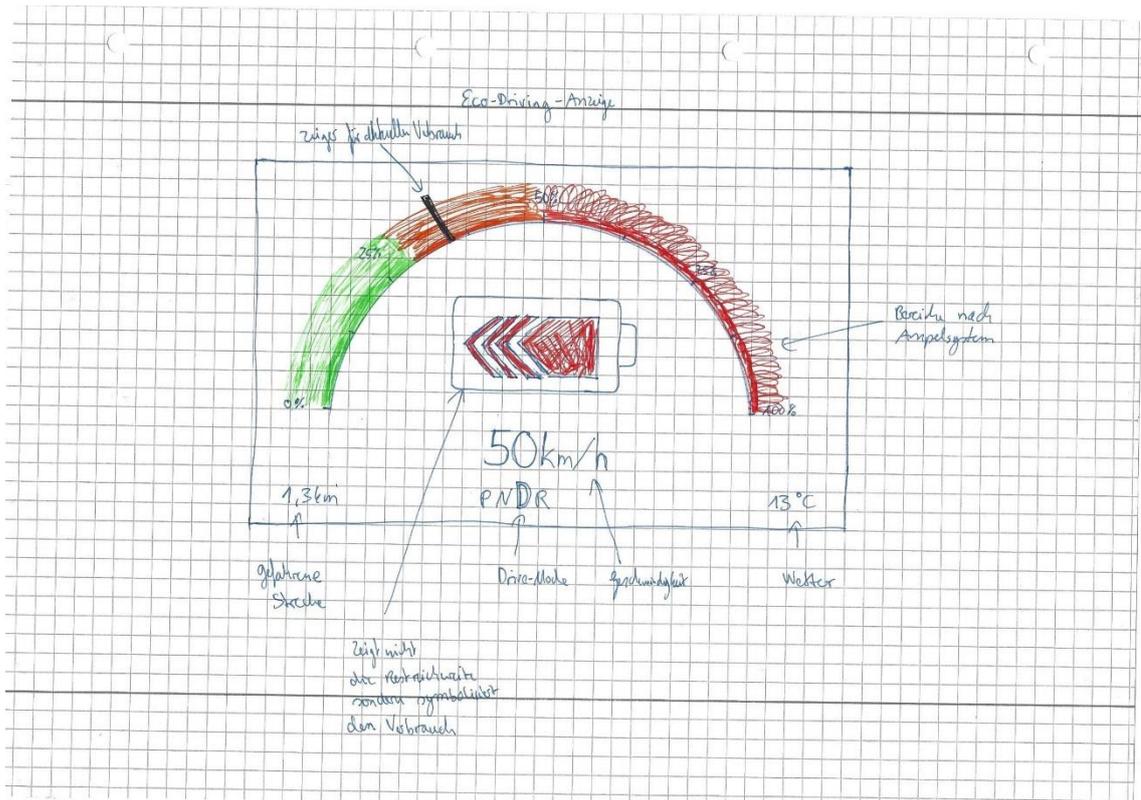


Abbildung 6: Radialanzeige mit Batterie

In dem Papermockup in Abbildung 6 gibt es zwei Bereiche, die bei der energieeffizienten Fahrt unterstützt sollen. Die Batterie in der Mitte soll durch den Pfeil verdeutlichen, dass bei starker Beschleunigung, viel Energie benötigt wird und somit dem Fahrer die Auswirkungen seiner Fahrweise verdeutlicht werden soll. Die Radialanzeige im Hintergrund soll zusätzlich dem Fahrer zeigen, in welchem Bereich die Beschleunigung diese optimal ist oder er gerade zu viel Energie benötigt.

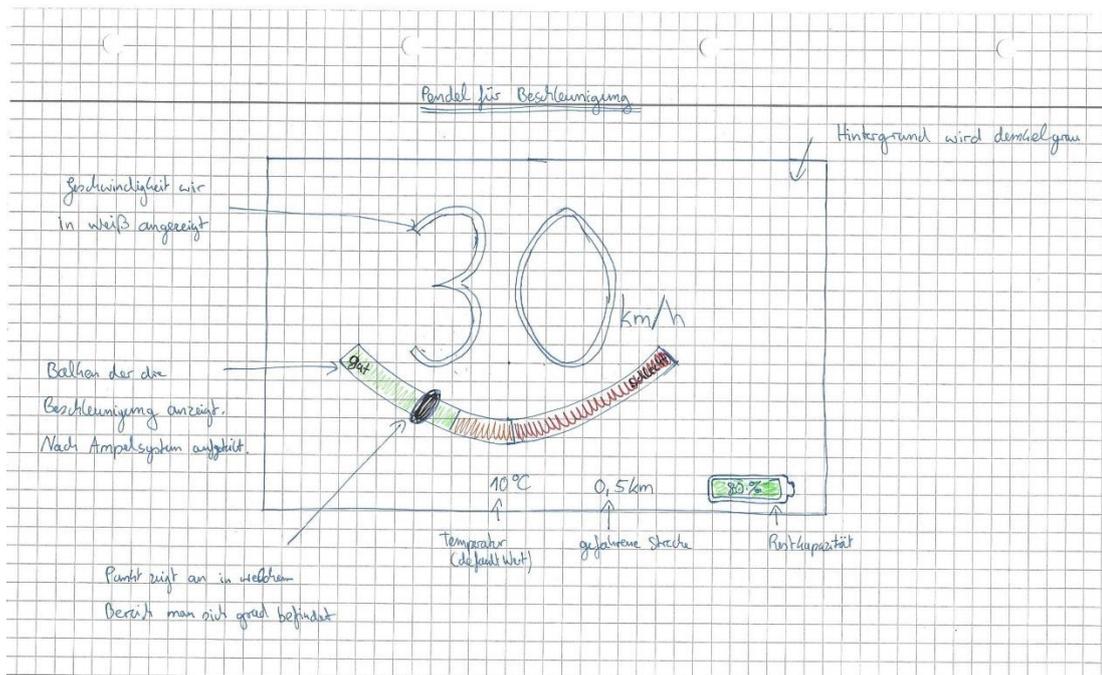


Abbildung 7: Radialanzeige mit Indikator

In dem Papermockup in Abbildung 7 wird das energieeffiziente Fahren durch ein Element unterstützt. Dieses Element ist eine Radialanzeige zentral in der Anzeige. Ein Indikator in der Radialanzeige zeigt den Bereich an, in dem der Fahrer sich momentan befindet. So wird dem Fahrer der optimale Bereich gezeigt. Die Elemente unter der Anzeige dienen nur dem Design und sind Platzhalter.

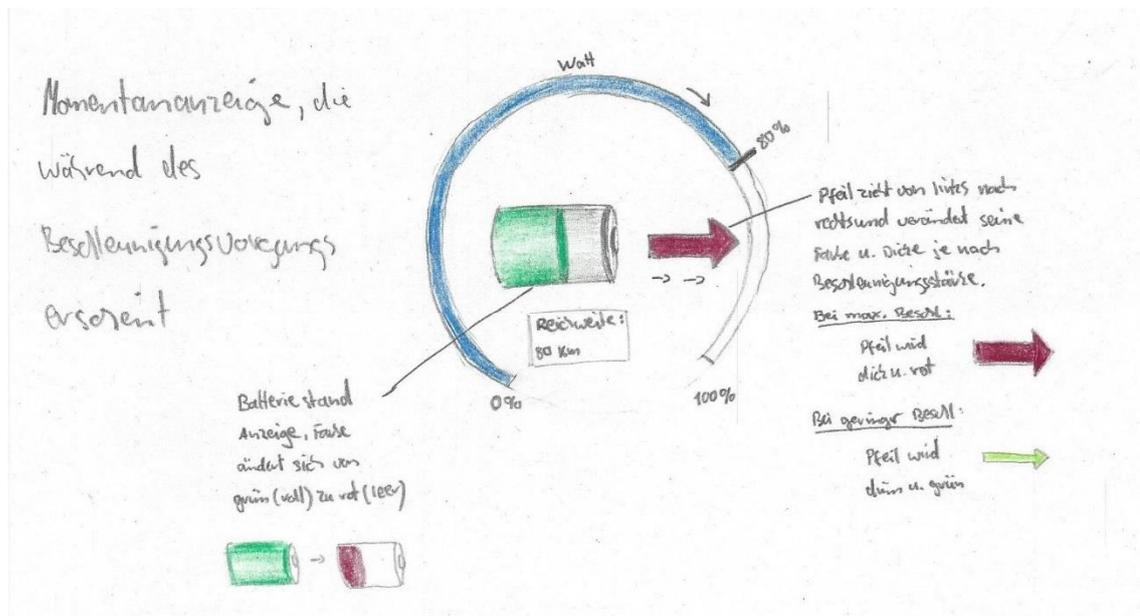


Abbildung 8: Batterie mit Radialanzeige

Das Papermockup in Abbildung 8 zeigt eine Radialanzeige, welche die vom Fahrzeug abgerufene Wattleistung in Echtzeit anzeigt. Hierfür färbt sich der jeweilige Bereich blau, an dessen Ende noch ein Indikator anhaftet. In der Mitte ist zudem noch eine Batterie abgebildet, welche den Ladezustand des Akkus anzeigt. Bei hohem Energieverbrauch, also einer hohen Wattleistung soll sich ein roter Pfeil aus der Batterie heraubbewegen, welcher sich proportional zum Energieverbrauch in seiner Größe, Farbe oder Farbintensität verändern soll. Zudem wird unter der Batterie die Reichweite in Kilometern angezeigt.

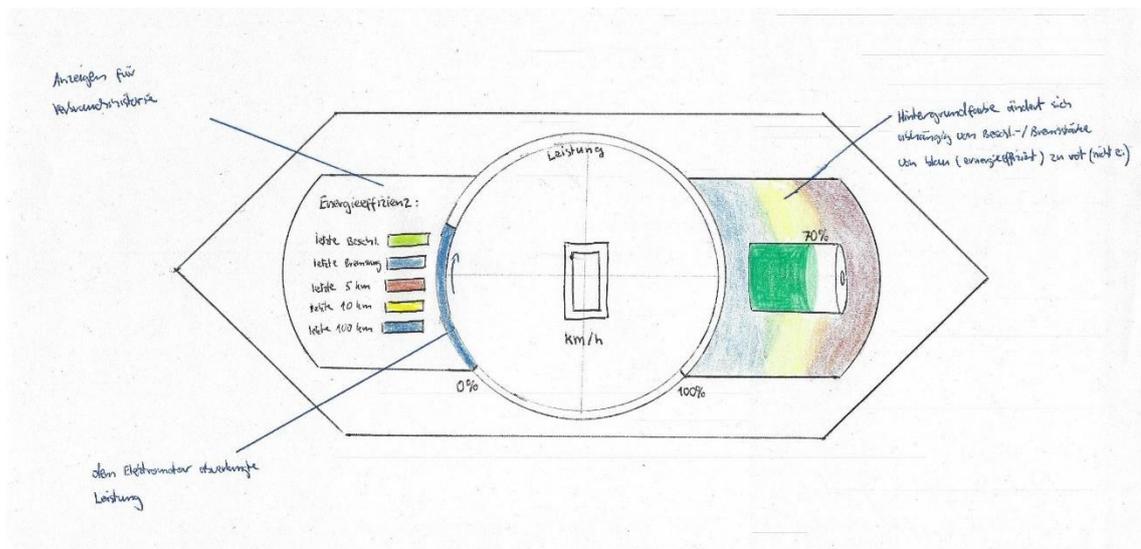


Abbildung 9: Dashboard mit verschiedenen Darstellungen des Verbrauchs

Das Mockup in Abbildung 9 beinhaltet im Zentrum eine Leistungsanzeige, welche die vom Fahrzeug abgerufene Leistung in Prozent anzeigt und in der Mitte die Geschwindigkeit in Km/h abbildet. Links von der Leistungsanzeige wird eine Verbrauchshistorie in Form von verschieden farbigen Balken, welche den Energieverbrauch für die letzten Kilometer aufzeigen, gezeigt. Auf der rechten Seite der Anzeige befindet sich eine Momentanverbrauchsanzeige, wo im Vordergrund eine Batterie abgebildet ist, welche den Ladezustand des Akkus anzeigt und sich der ganze Hintergrund, abhängig vom aktuellen Energieverbrauch, von Blau über Gelb zu Rot färbt.

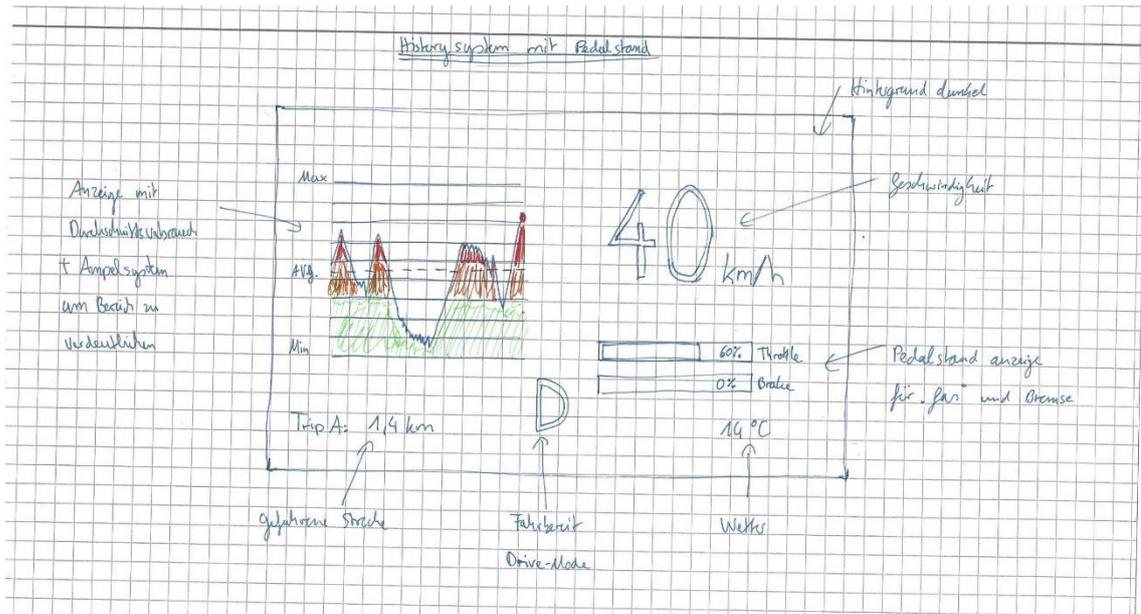
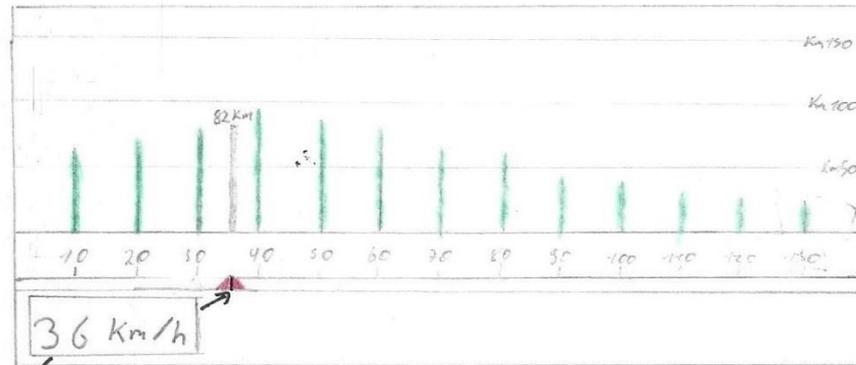


Abbildung 10: Historysystem

Das Papermockup in Abbildung 10 zeigt dem Fahrer durch ein Historysystem den Energieverbrauch über einen bestimmten Zeitraum an. Dabei wandert der Wert von rechts nach links, wobei immer der aktuelle Verbrauch angezeigt wird. Zudem wird unter der Geschwindigkeit noch der Pedalstand angezeigt. Dieser soll dem Fahrer ein besseres Gefühl für den Energieverbrauch vermitteln.

Restreichweitenanzeige



Momentane
Geschwindigkeit

Geschwindigkeitsbereich erweitert sich ($\neq > 130 \dots$)

Abbildung 11: Anzeige für Restreichweite

In Abbildung 11 zu sehen ist ein Energieanzeigenkonzept, welches sich weniger auf den aktuellen Energieverbrauch bezieht und sich mehr mit der Vermittlung der noch zurücklegbaren Reichweite bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten auseinandersetzt. Anders als in vorigen Konzepten soll dem Fahrer also der Einfluss seiner Fahrweise auf die Reichweite verdeutlicht und auf diese Weise eine vorausschauende Fahrweise aufgezeigt werden.

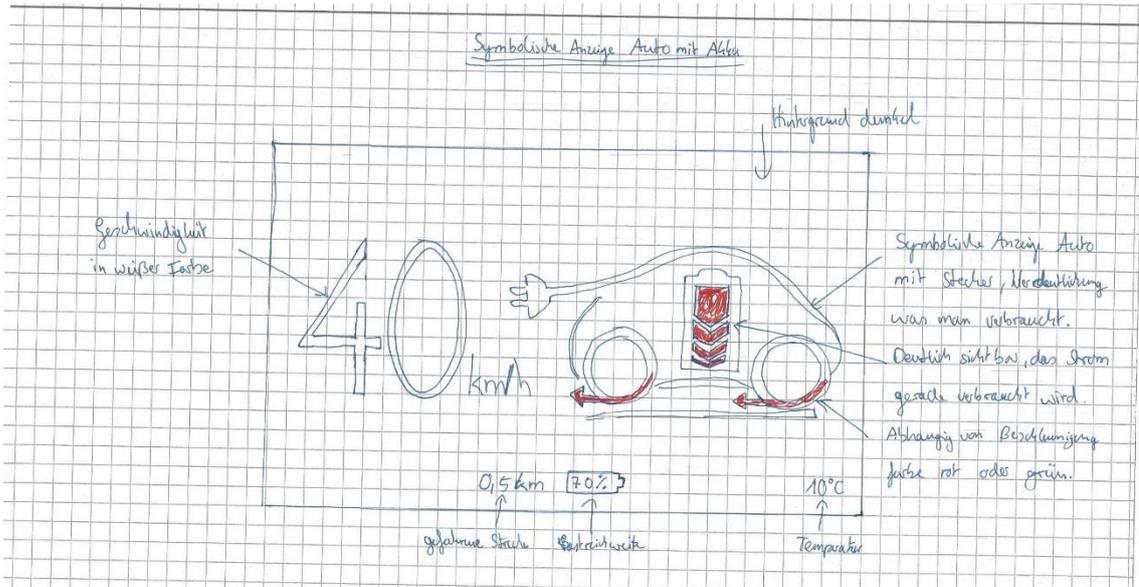


Abbildung 12: E-Auto mit Batterie

In dem Entwurf in Abbildung 12 wird durch ein Auto auf der rechten Seite der Anzeige der Momentanverbrauch verdeutlicht. Einmal ist in dem Auto eine Batterie zu sehen, die einen erhöhten Energieverbrauch zeigt und zudem ist durch die Pfeile an den Reifen zusätzlich der Energiefluss zu erkennen.

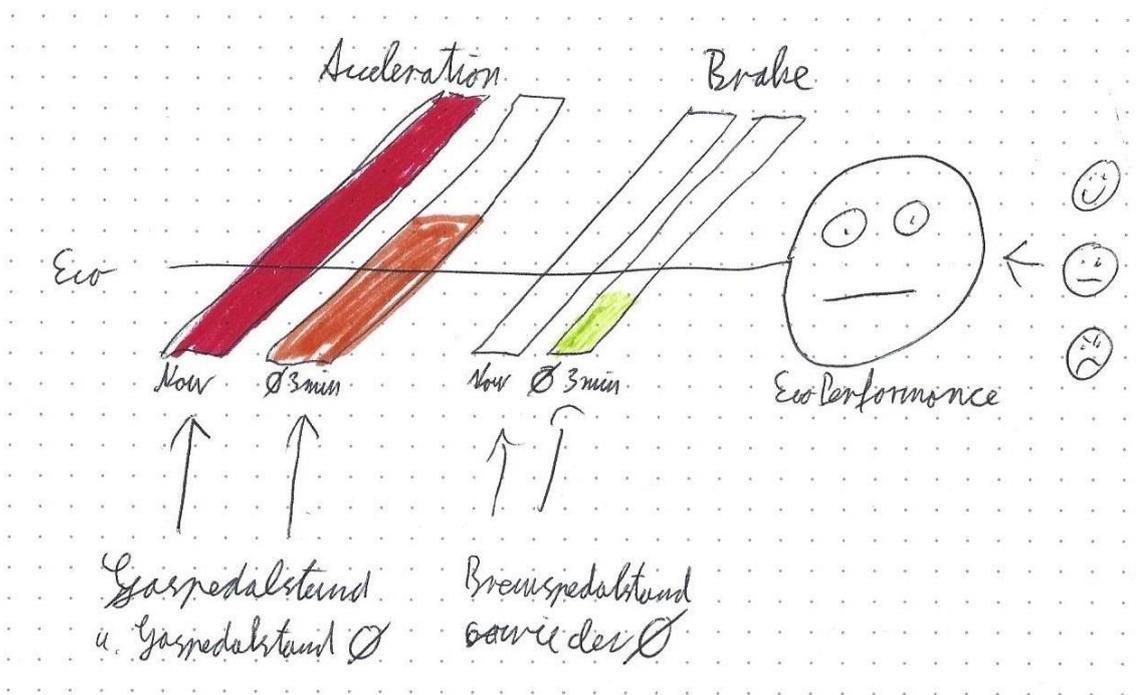


Abbildung 13: Pedaldurchschnittsanzeige

Die Idee hinter dem Papermockups in Abbildung 13 ist es, dass der Benutzer eine Echtzeit- sowie Durchschnittsanzeige hat, welche anzeigt wie sehr dieser das Fahrpedal und Bremspedal drückt. Dazu soll mit Farben der einzelnen Balken vermittelt werden, ob das Fahrverhalten energieschonend ist. Weiterhin wird mit einem Strich der mit "Eco" beschriftet ist, eine Empfehlung für besonders energieschonende Fahrweise dargestellt. Am Ende des Striches ist dazu ein Emoticon platziert, der durch verschieden dargestellte Emotionen ein allgemeines Feedback zu dem Brems- und Beschleunigungsverhalten geben soll.

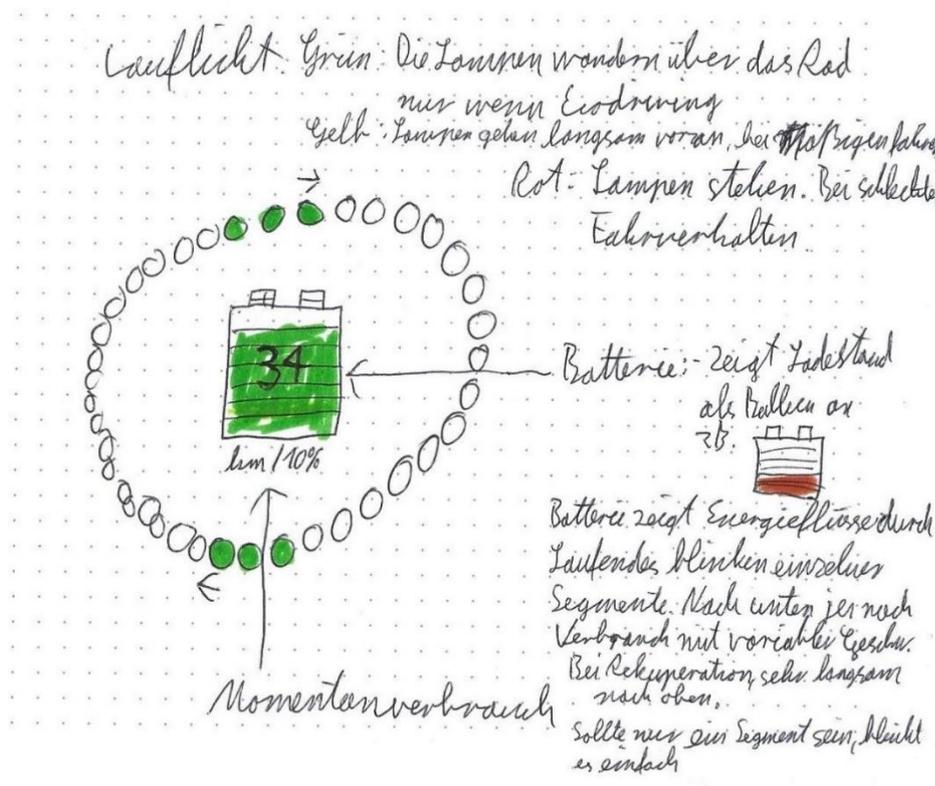


Abbildung 14: Lauflichtanzeige

In Abbildung 14 wird ein Papermockup gezeigt, bei dem im Zentrum eine Batterie ist, welche den Ladezustand des Akkus anzeigt, sowie die fahrbare Reichweite bei dem Momentanverbrauch pro 10% der Akkukapazität. Dazu soll in der Batterie die Rekuperation dargestellt werden indem blaue Segmente auf den aktuellen Ladestand "fallen". Um die Batterie herum ist ein Lauflicht platziert, bei welchem zwei gegenüberstehende Bereiche leuchten. Dazu werden die Bereiche je nach Momentanverbrauch verschoben, dabei bewegen sich die Bereiche schneller je energiesparender gefahren wird. Wenn der Akku zu stark belastet wird, halten die Lichter an und leuchten Rot.

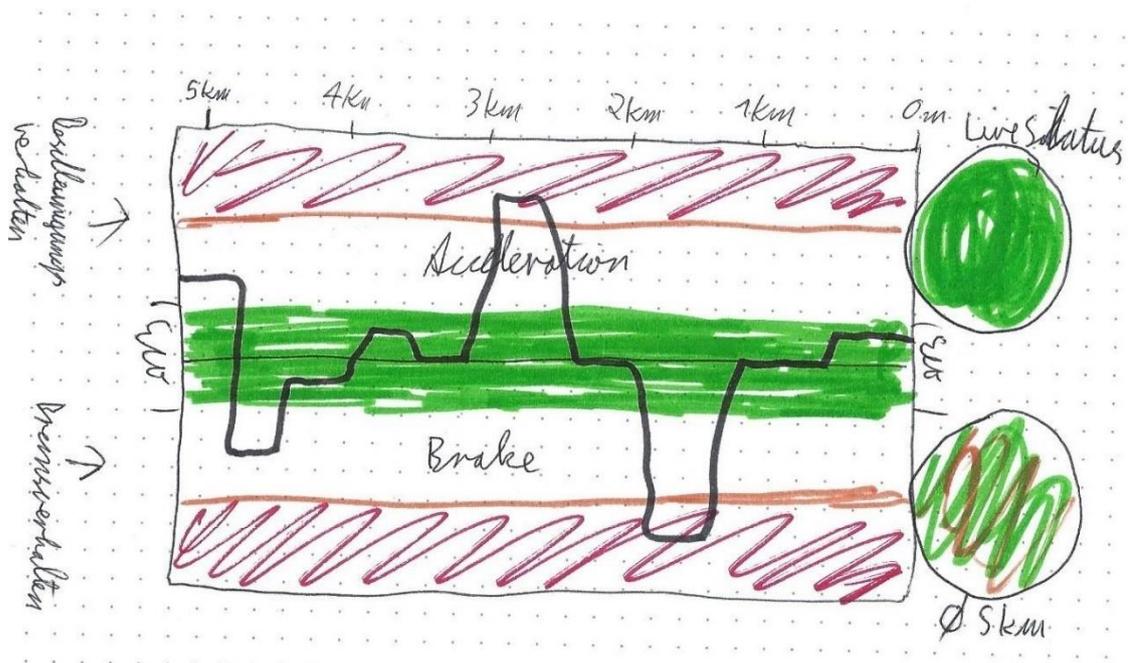


Abbildung 15: Historysystem für Pedalstände

Das Papermockup in Abbildung 15 stellt ein Historysystem dar, bei dem der Brems- und Beschleunigungsverlauf dargestellt werden soll. Dabei soll die Anzeige den Verlauf der letzten fünf gefahrener Kilometer anzeigen. Dazu zeigt das System wann man energieschonend gefahren wurde und wann energieverschwenderisch gefahren wurde. Dazu gibt es rechts zwei Kreise, die einmal den Momentanverbrauch und einmal den Durchschnittsverbrauch mithilfe von Farben signalisieren soll.

3.2.2 Prototypen

In der Abbildung 16 ist die Status Quo Anzeige zu sehen wie sie standardmäßig im Renault Zoe aussieht. Das Foto wurde während einer Probefahrt mit dem Zoe aufgenommen und dient als Vorlage für die Anzeigenkonzepte. Auf Basis dieser Vorlage wurden die für den Fahr Simulator wichtigen Elemente ausgearbeitet und mittels SimHub prototypisch umgesetzt (siehe Abbildung 18). Bei dieser Anzeige wird der Momentanverbrauch radial dargestellt und in drei Bereiche unterteilt. Der blaue Bereich symbolisiert das regenerative Bremsen und wird immer dann erreicht, wenn der Fahrer vom Gaspedal geht oder auf die Bremse drückt. Wird das Gaspedal vom Fahrer nur moderat getreten, steigt die Balkenanzeige in den grünen Bereich, der ein energieeffizientes Fahren symbolisieren soll. Wird das Gaspedal jedoch stark gedrückt so wandert der Balken in den gelben Bereich und soll dem Fahrer symbolisieren, dass er verschwenderisch fährt. Der Renault Zoe bietet eine alternative Darstellung des Energieflusses, welche mit einer Vielzahl von Pfeilen

arbeitet. Diese Variante ist in Abbildung 17 zu sehen und wurde im Rahmen des Fahrsimulators nicht umgesetzt, da eine Status Quo Variante als vollkommen ausreichend erachtet wurde. Außerdem ist die Variante aus Abbildung 16 die voreingestellte Version der Anzeige.



Abbildung 16: Anzeigevariante 1 für Energieeffizienz aus dem Renault Zoe



Abbildung 17: Anzeigevariante 2 für Energieeffizienz aus dem Renault Zoe

Die fünf folgenden Anzeigenkonzepte wurden auf der Basis der vorangegangenen Recherche und Analysen in mehreren Iterationen entwickelt. Zu Beginn wurden auf der Basis von Recherche zu aktuellen Energieanzeigen in Elektroautos und durch den gemeinsamen Input von sowohl Teammitgliedern als auch Betreuern Ideen für Anzeigen entwickelt. Erste Ideen wurden dann zu Papier gebracht und in Paper Mockups umgesetzt wie in den Abbildungen 1 bis 15 zu sehen.

Bei der ersten Anzeige handelt es sich um die Status Quo Anzeige, welche direkt aus dem Zoe übernommen wurde. Die Idee dabei ist, dass diese Anzeige beispielhaft für den derzeitigen industriellen Standard für Eco-Anzeigen sein soll. Sie wurde vor allem deshalb mit aufgenommen, damit im Rahmen des Fahrsimulators die neuen Anzeigenkonzepte mit einem bereits etablierten Anzeigenkonzept verglichen werden können.



Abbildung 18: Prototyp der Vergleichsanzeige aus dem Renault Zoe

Aufgrund technischer Limitationen von SimHub war es nicht möglich die Anzeige noch realitätsnäher umzusetzen. Abstriche wurden vor allem bei der perspektivischen Darstellung des Momentanverbrauchs gemacht.

Im zweiten Anzeigekonzept wurde eine andere Herangehensweise an die Darstellung des Momentanverbrauchs gewählt. Als Basis wurde erneut die der Hintergrund aus dem Zoe verwendet und dann mit einer symbolischen Darstellung des Momentanverbrauchs verbunden, zu sehen in Abbildung 19. Diese Symbolik setzt sich aus einem Baum zusammen, welcher bei steigendem Momentanverbrauch immer weiter im Wasser untergeht. Die Symbolik des steigenden Meeresspiegels soll suggerieren, dass verschwenderisches Fahren der Umwelt schadet. Weiterhin wird auch der Randbereich um den Baum herum seine Farbe von Grün zu Rot verändern, sobald der Verbrauch einen gewissen Threshold überschreitet, der in diesem Fall ein Drittel des Maximalwertes beträgt. Der Maximalwert des Verbrauchs wurde vorher durch mehrfaches Ausprobieren evaluiert.



Abbildung 19: Anzeigekonzept 1 mit Symbolik

Im dritten Anzeigekonzept wird wieder ein eher technischer Ansatz für die Darstellung des Momentanverbrauchs gewählt zu sehen in Abbildung 20. Dies ist eine Anzeige, bei der mit steigendem Verbrauch ein radial ausgerichteter Balken ansteigt und wieder bei einem festgelegten Threshold für einen Farbwechsel sorgt. Im Zentrum dieses Konzepts steht die Darstellung einer Batterie, die den Akku des Zoe symbolisieren soll. Durch einen größeren Pfeil und das Verändern der Farbe des Pfeils von Grün zu Rot, ebenso, wie die Veränderung der Farbe des Hintergrunds

von Grün zu Rot und durch wiederholtes Aufblinken des Pfeils wird der erhöhte Energiefluss bei steigendem Verbrauch angedeutet.



Abbildung 20: Anzeigenkonzept 2

Im vierten Anzeigenkonzept wurde ebenfalls eine radiale Darstellung des Momentanverbrauchs konzipiert, jedoch ohne eine Darstellung des Energieflusses durch Pfeile wie im dritten Konzept. Bei diesem Konzept wird einzig und allein mit Farben gearbeitet, wobei erneut ein radial ausgerichteter Balken symbolisiert wie hoch der Momentanverbrauch ist, zu sehen in Abbildung 21. Der Farbbereich verändert sich dabei von Grün (energieeffiziente Fahrweise), über Gelb (moderate Fahrweise) zu Rot (ineffiziente Fahrweise), wobei jeder Bereich grob einem Drittel des Maximalwertes entspricht.



Abbildung 21: Anzeigenkonzept 3

Im fünften Anzeigenkonzept wurden die Pedalstände von Gas und Bremse visualisiert. Der Druck auf die Pedale wird durch einen steigenden Balken dargestellt zu sehen in Abbildung 22: Anzeigenkonzept 4. Diese Balken verfärbten sich nach einem ähnlichen Farbschema wie bei den vorigen Konzepten und sollen auf diese Weise dem Fahrer verdeutlichen wann sein Beschleunigungsvorgang energiesparend ist. Dieses Konzept stellte sich im Nachhinein als nicht zielführend heraus.



Abbildung 22: Anzeigenkonzept 4

4 Zwischenevaluation

Das Projekt wurde im Sinne des UCD erarbeitet, deswegen wurde beschlossen die Benutzer mit einer Zwischenevaluation der Prototypen früh in das Projekt einzubeziehen. In der Zwischenevaluation ist das Ziel einen ersten Eindruck von den Benutzern zubekommen, in Bezug auf das Design und die Verständlichkeit der Anzeigen. Die gesamte Evaluation wurde an eine Studie im Fahr Simulator angeschlossen und im späteren Verlauf dann noch einmal eigenständig von Studierenden der Medieninformatik durchgeführt.

4.1 Ziel

Ziel ist es aus den Ergebnissen der Evaluation zwei Anzeigen auszuwählen, um diese als UI-Mod umzusetzen. Um diese bestmöglich zu gestalten, galt es offene Fragen durch die Zwischenevaluation zu beantworten. Diese bezogen sich vor allem auf das Verständnis der Anzeigen und ob Anzeigekonzepte von herkömmlichen Autos überhaupt noch zur Anwendung in E-Autos kommen können. Zudem soll getestet werden, ob die erdachten Designs optisch ansprechend sind.

4.2 Vorgehen und Methoden

Um diese Fragen zu beantworten, wurde eine kurze Umfrage mit Hilfe von LimeSurvey umgesetzt. Da die Umfrage an die Evaluation in eine Studie integriert wurde, durfte die Umfrage maximal 30 min dauern. Damit war ein Test im Simulator von fünf Anzeigekonzepten nicht möglich. Es wurde sich für die Methode entschieden kurze Videos zu erstellen, in denen die Konzepte entsprechend präsentiert werden.

Hierfür wurde in BeamNG eine Fahrt gefilmt, welche mit dem entsprechenden jeweiligen Anzeigeverhalten synchronisiert und zusammengeschnitten wurde. Die fünf Anzeigekonzepte haben also alle die gleiche Fahrsituation gezeigt, um den Probanden einen besseren Vergleich des Anzeigeverhaltens zu ermöglichen und die Ergebnisse durch verschiedene Fahrsituationen nicht zu beeinflussen.

Zu jedem Video wurden dann folgende 11 Items abgefragt:

1. Die Anzeige hat mir auf den ersten Blick gefallen.
2. Die Anzeige sagt mir optisch gar nicht zu.
3. Die Anzeige war detailliert genug, um die Energiedynamik eines Elektrofahrzeugs zu verstehen.
4. Die Anzeige war nicht informativ genug, um energiesparendes Fahren zu verstehen.
5. Die Anzeige war leicht verständlich.
6. Die Anzeige hat sich mir nicht erschlossen.
7. Die Anzeige schien hilfreich, um energiesparende Fahrstrategien ausfindig machen zu können.
8. Die Anzeige hat nicht verdeutlicht, wie eine energiesparende Fahrstrategie aussehen könnte.
9. Durch die Anzeige habe ich jetzt ein besseres Verständnis von der Energiedynamik bei Elektrofahrzeugen.
10. Die Anzeige war nicht brauchbar, um besser zu begreifen, unter welchen Bedingungen das Elektrofahrzeug Energie verbraucht.
11. Die Anzeige würde mich während der Fahrt ablenken.

Dabei mussten die Probanden dann ausfolgender Skala auswählen:

1. Stimmt völlig
2. Stimmt weitgehend
3. Stimmt eher
4. Stimmt eher nicht
5. Stimmt weitgehend nicht
6. Stimmt gar nicht

Im weiteren Verlauf wurde dann noch offene Fragen gestellt, welche von den Probanden in einem Textfeld beantwortet werden konnten.

Folgende Fragen wurden den Probanden gestellt:

1. Was hat Ihnen an der Anzeige gut gefallen?
2. Was hat Ihnen an der Anzeige nicht so gut gefallen?
3. Falls Sie Verbesserungsvorschläge haben, können Sie diese hier anmerken.

Nachdem alle Videos beantwortet wurden, wurden noch einmal Bilder von den fünf Konzepten gezeigt, um die gegeneinander antreten zu lassen. Hier sollte durch den Probanden im Schulnotensystem noch einmal jede Anzeige im direkten Vergleich zu den anderen bewertet werden.

4.3 Ergebnisse

An der Evaluation haben im ersten Anlauf nur 8 Teilnehmer teilgenommen, da die Studie an der Evaluation im Simulator angeschlossen war. Der Zeitpunkt der Evaluation war direkt vor Weihnachten, und die Länge der gesamten Evaluation hat dazu geführt, dass nicht viele Personen sich für die Evaluation eingetragen haben. Um weitere Teilnehmer zu gewinnen, wurde die von uns durchgeführte Evaluation noch einmal separat in den E-Mail-Verteiler der Medieninformatik geteilt. Hier wurden dann weitere 30 Teilnehmer gewonnen. Von 40 angefangenen Evaluationen wurden 12 bis zum Ende durchgeführt. Wichtig bei den Teilnehmern ist zu bemerken, dass Sie keine Erfahrung mit vollelektrischen Autos oder Hybridautos besitzen.

Um die Arbeit mit den Ergebnissen zu erleichtern wurden die fünf verschiedenen Anzeigekonzepte für die Evaluation und die Kommunikation in der Gruppe wie folgt benannt:

1. Baseline wie in Abbildung 18
2. Battery wie in Abbildung 20
3. Tree wie in Abbildung 19
4. Radial wie in Abbildung 21
5. Throttle wie in Abbildung 22

In den Auswertungen wird nur noch mit dieser Nummerierung der Konzepte gearbeitet.

Eine weitere Besonderheit bei der Auswertung ist, dass in den Items einige Aspekte positiv und negativ gepolt abgefragt wurden. In der Auswertung wurden diese Items zu einem zusammengefasst, dabei wurden aber dann die negativen Ergebnisse umgedreht. Das ist der Grund, warum in dieser Auswertung nicht alle elf Items aufgeführt werden. Des Weiteren sind die Ergebnisse numerisch, dabei wurde die Umpolung wie in der Skala beschrieben gewählt.

Als erstes wurde der erste Eindruck der Optik abgefragt und dabei kam es zu folgenden Ergebnissen.

	1.	2.	3.	4.	5.
N	22	20	20	18	18
Missing	73	75	75	77	77
Mean	3.36	4.40	3.70	3.00	3.78
Median	4.00	4.00	4.00	3.00	4.00
Minimum	1	2	1	2	2
Maximum	6	6	6	5	6

Abbildung 23: Die Anzeige hat mir auf den ersten Blick gefallen.

Es wird deutlich, dass die Anzeigen alle samt keine zufriedenstellenden Ergebnisse liefern. Besonders schlecht sticht das Konzept mit der Batterie heraus, hier hat es nicht einem Probanden besonders gut gefallen.

In dem nächsten Item, wie in Abbildung 24, geht es um die Detailliertheit der Anzeige. Auch hier sind die erarbeiteten Konzepte nicht gut bewertet worden. Eine Anzeige wurde als akzeptabel bewertet, diese diente allerdings nur als Vergleich zu bestehenden Konzepten der Industrie.

	1.	2.	3.	4.	5.
N	11	10	10	9	9
Missing	84	85	85	86	86
Mean	2.82	4.60	4.10	3.00	3.56
Median	3	5.00	4.00	3	4
Minimum	2	3	1	1	2
Maximum	5	6	6	5	6

Abbildung 24: Die Anzeige war detailliert genug, um die Energiedynamik eines Elektrofahrzeugs zu verstehen.

In dem nächsten Item geht es darum, ob dem Fahrer genügend Information zur Verfügung stehen. Dies ist besonders wichtig, da die Probanden noch keine Erfahrung mit E-Autos besitzen. Hier hat eine Anzeige besonders gut angeschnitten. Die Radialanzeige scheint dem Probanden die besten Informationen bereitzustellen.

	1.	2.	3.	4.	5.
N	11	10	10	9	9
Missing	84	85	85	86	86
Mean	3.18	3.60	3.80	2.78	3.22
Median	4	4.00	4.00	3	3
Minimum	1	2	1	2	2
Maximum	5	5	6	4	5

Abbildung 25: Die Anzeige war nicht informativ genug, um energiesparendes Fahren zu verstehen.

Besonders positiv an den Ergebnissen ist, dass die erarbeiteten Anzeigen ausreichend verständlich waren (Abbildung 26). Nur die Battery-Anzeige sticht negativ heraus, dies kann an den fehlenden Animationen des Prototyps liegen und so wurde der Pfeil in der Mitte der Batterie nicht ausreichend verstanden. In der Gruppe war die Funktion klar, und deswegen war es gut eine neue Perspektive von Unabhängigen zu bekommen.

	1.	2.	3.	4.	5.
N	22	20	20	18	18
Missing	73	75	75	77	77
Mean	2.64	3.65	2.85	2.39	2.50
Median	2.50	3.00	3.00	2.00	2.00
Minimum	1	2	1	1	1
Maximum	6	6	6	5	4

Abbildung 26: Die Anzeige war leicht verständlich.

Der für ein positives Projekt wichtigste Aspekt ist, ob die Anzeigekonzepte dabei helfen eine energiesparende Fahrstrategie zu finden. Auch hier sind die Ergebnisse wie in Abbildung 27 und Abbildung 28 zu sehen, nicht zufriedenstellend für die Konzepte ausgegangen. Hier muss in der Realisierung noch einiges überarbeitet werden, um bessere Ergebnisse für die Abschlussevaluation zu bekommen.

	1.	2.	3.	4.	5.
N	22	20	20	18	18
Missing	73	75	75	77	77
Mean	2.95	3.95	3.70	3.11	3.22
Median	3.00	4.00	4.00	3.00	3.00
Minimum	1	2	1	1	2
Maximum	5	6	6	5	5

Abbildung 27: Die Anzeige schien hilfreich, um energiesparende Fahrstrategien ausfindig machen zu können.

	1.	2.	3.	4.	5.
N	22	20	20	18	18
Missing	73	75	75	77	77
Mean	3.59	4.05	3.65	3.22	3.61
Median	4.00	4.00	4.00	3.00	4.00
Minimum	2	1	1	2	2
Maximum	5	6	6	5	6

Abbildung 28: Durch die Anzeige habe ich jetzt ein besseres Verständnis von der Energiedynamik bei Elektrofahrzeugen.

In dem letzten Item wurde der Ablenkungsgrad der Konzepte abgefragt. Hier ist festzustellen, dass die Tree-Anzeige am schlechtesten abgeschnitten hat, obwohl diese auf die Probanden leicht

verständlich gewirkt hat. Die anderen Anzeigen wurden als nicht ablenkend empfunden. Offen bleibt hier, ob diese dann auch während der Fahrt, den Fahrer peripher zu einer „besseren“ Fahrstrategie verleiten.

	1.	2.	3.	4.	5.
N	11	10	10	9	9
Missing	84	85	85	86	86
Mean	4.27	4.20	2.70	4.11	4.11
Median	4	4.00	3.00	4	4
Minimum	2	1	1	3	2
Maximum	6	6	4	6	6

Abbildung 29: Die Anzeige würde mich während der Fahrt ablenken.

Abschließend zur Zwischenevaluation lässt sich sagen, dass die Ergebnisse für unsere Prototypen eher ernüchternd waren, und vor der Realisierung noch weiter mit den Ergebnissen überarbeitet werden müssen.

5 Realisierung

In folgendem wird auf die Überarbeitung der endgültigen Konzepte eingegangen, die auf Basis der Zwischenevaluation ausgewählt wurden, sowie deren Überarbeitungen. Außerdem wird auf die für die Entwicklung der in den Anzeigen verwendeten Werkzeuge eingegangen sowie die Struktur der UI-Mods. Zuletzt wird die Umsetzung der UI-Mods beschrieben und darüber hinaus gibt es im Anhang eine Anleitung zur Erstellung eigener UI-Mods.

5.1 Überarbeitete Konzepte

Auf Basis der Ergebnisse der Zwischenevaluation wurde eine Designbesprechung durchgeführt, bei der entschieden wurde welche Anzeigen umgesetzt wurden. Die Wahl fiel dabei auf das Farbradial-Anzeige, (Abbildung 21) welche konzeptionell überarbeitet wurde und in der Zwischenevaluation die höchste Zustimmung erhalten hat und auf die Batterie-Anzeige, (Abbildung 5) um ein innovativeres Konzept auszuprobieren, dass durch die Kombination von Emoticons und Batterien bei den Benutzern eine emotionale Reaktion hervorrufen soll.

5.1.1 Farbradial-Anzeige

Hier wurde die Radialanzeige gekürzt und nach hinten rotiert, um so einen dreidimensionalen Effekt zu erzeugen. Zudem gibt es einen Zeiger, der den Momentanverbrauch auf der Radialanzeige weiter verdeutlicht. Dazu wurde die äußere Indikator-Anzeige überarbeitet, sie besteht nun aus sieben Elementen, die um die innere Radialanzeige angeordnet ist. Dabei leuchten die einzelnen Elemente auf, sobald der Verbrauch ein bestimmtes Level erreicht hat. Durch das Aufblinken der einzelnen Elemente wird dem Fahrer indirekt der Verbrauch signalisiert und ein peripheres Feedback gegeben, ohne dass dieser direkt auf die Anzeige schauen muss. Zusätzlich wird im Zentrum der Momentanverbrauch in kW angezeigt.



Abbildung 30: Endgültige Anzeige der Radialanzeige

5.1.2 Batterie-Anzeigen

Hier wurde als zentrales Element eine Batterie mit Gesicht verwendet welche je nach Verbrauch andere Emotionen darstellt. Dazu gibt es eine Radialanzeige, die um die Batterie herum positioniert ist, angefangen unten bis rechts von der Batterie. Dabei ist die Radialanzeige selbst in sechs Unter-elemente eingeteilt, welche den Verbrauch weiter verdeutlichen sollen. Unten rechts von der Batterieanzeige aus, ist der Verbrauch in kW dargestellt. Des Weiteren wurden zwei Emotionsverläufe für die Batterie entwickelt.

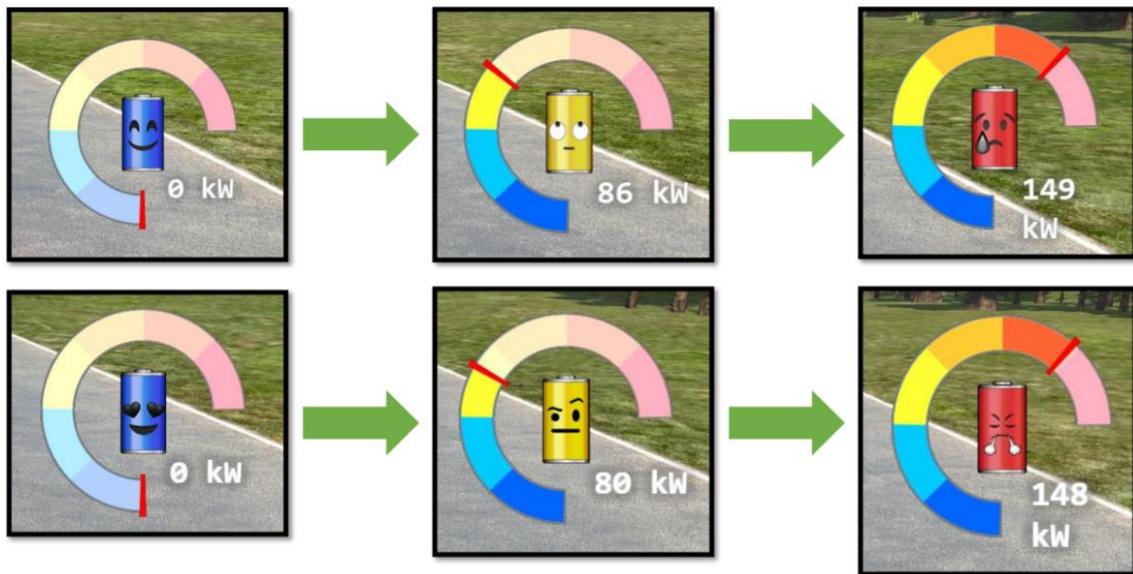


Abbildung 31: Endgültige Anzeigen mit Emotionen

5.2 Verwendete Werkzeuge

Für die Realisierung wurde eine Git-Umgebung auf GitHub erstellt, um das parallele Arbeiten an den Anzeigen zu ermöglichen. Als Beschreibungssprachen wurden HTML, CSS sowie SVG verwendet, wobei HTML für die Struktur der Graphik verwendet wurde, CSS für bestimmte Effekte und SVG für die Darstellung der Radiale, sowie für die Darstellung der Batterien. Die Graphiken der Batterien wurden mit der Software Affinity Designer erstellt und als SVG-Dateien exportiert. Die für die Realisierung der Funktionalität verwendete Programmiersprache war JavaScript. Zusätzlich wurde das Front-End-Webapplikationsframework Angular für die Kommunikation zwischen den Beschreibungssprachen sowie JavaScript verwendet.

5.3 Struktur

User-Interface-Apps haben in BeamNG eine vorgegebene Struktur, dabei wird in der “app.json” die Beschreibung der App deklariert. Die “app.js” enthält die Funktionalität sowie die Beschreibungselemente oder Verweise auf Dateien, die diese enthalten. Die “app.png” enthält eine Vorschau der Anzeige, die in BeamNG angezeigt wird. Optional können dazu HTML-, CSS- sowie SVG-Dateien über die “app.js” eingebunden werden.

5.4 Umsetzung

Bei der Realisierung wurde vor der Umsetzung der Anzeigen zuerst der Fokus auf die Realisierung einer animierten Radialanzeige, sowie die Verwendung des vom IMIS verwendeten Energie-Verbrauchsmodell für das Elektrofahrzeug in BeamNG gelegt. Die Radialanzeige wurde mithilfe von SVG dargestellt und mithilfe Javascript animiert. Die Anbindung gelang mithilfe einer aktualisierten BeamNG.research Version vom IMIS sowie der Mithilfe eines Werkstudenten des IMIS. Nach Realisierung dieser Punkte wurden die beiden Anzeigen auf Basis der Ergebnisse in zwei Teams weiterentwickelt. Infolge der Entwicklung der Anzeigen traten Probleme bei der gleichzeitigen Verwendung des Energiemodells und bestimmten CSS-Befehlen auf, sodass viele Effekte, die sonst mithilfe von CSS umsetzbar gewesen wären, leider nicht funktionierten.

6 Evaluation

Evaluiert wurden in dieser Studie, welche im Rahmen des diesjährigen EMI-Awards stattfand, zwei verschiedene Anzeigen. Die fertig programmierten Anzeigen beinhalten eine Radialanzeige, sowie eine Batterieanzeige, welche nochmal in zwei leicht unterschiedlichen Varianten vorgestellt wird. Die Evaluation ist im Vergleich zur Zwischenevaluation deutlich verkürzt und besteht aus einem einseitigen Fragebogen.

6.1 Ziel

Ziel der Evaluation war es, zu testen, wie potenzielle Benutzer mit den Energieanzeigen interagieren und von den Anzeigen die Beste zu bestimmen. Außerdem war es Ziel, Anregungen für weitere Optimierungen der Anzeige und eventuell Kritik zu erhalten.

6.2 Vorgehen und Methoden

Da der Transport des Fahrsimulators in das Audimax zum EMI-Award nicht möglich war, wurde die Evaluation mithilfe eines Laptops mit angeschlossenem Xbox Controller vollzogen. Bei der Studie hatten die Probanden die Möglichkeit, einige Minuten frei in BeamNG mit einem Elektroauto zu fahren, in dessen Dashboard die zu testenden Anzeigen als Overlay integriert waren.

Anschließend konnten die Studienteilnehmer einen kurzen Fragebogen von der Länge einer Seite ausfüllen. Der Fragebogen diente dazu die Probanden zu befragen, inwieweit sie die Anzeigen unterstützend und verständlich fanden.

Zum Anfang des Fragebogens wurden einige persönliche Fragen gestellt, um die Teilnehmer/innen etwas besser einschätzen zu können. Danach wurden zu der Radialanzeige und der Batterieanzeige jeweils folgende Items abgefragt:

1. Hat Ihnen die Anzeige auf den ersten Blick gefallen?
2. Würde die Anzeige Ihre Fahrweise beeinflussen?
3. Die Anzeige hat verdeutlicht, wie eine energiesparende Fahrstrategie aussehen könnte.

Diese Items wurden gewählt, um das Design, die Wirkung und die Informationsbereitstellung der verschiedenen Anzeigen zu evaluieren. Zudem gab es zu jeder Anzeige ein freies Feld für

Anmerkungen, sollte noch zusätzliches Feedback zu den Anzeigen gegeben werden wollen. Am Ende des Fragebogens wurden die Teilnehmer/innen gefragt, welcher der beiden Emotionsverläufe ihnen besser gefallen hat. Zuletzt gab es die Frage, welche Anzeige ihnen insgesamt besser gefallen hat, Radialanzeige oder Batterieanzeige.

Insgesamt haben 26 Probanden an der Studie teilgenommen, welche wir vor unserem Stand auf dem EMI-Award angesprochen haben.

6.3 Ergebnisse

Zunächst wurden einige persönliche Daten, wie Geschlecht der Probanden, Alter, sowie die Fahrerfahrungen mit vollelektrischen Autos abgefragt. Hier zeigt sich, dass 76.9% der Probanden männlich waren und nur 23.1% weiblich. Mit 84.6% gehörten der Großteil der Probanden der Altersgruppe 18-29 Jahren an. Lediglich jeweils 7.7% waren unter 18 Jahre oder gehörten der mittleren Altersgruppe von 30-45 Jahren an. Bei der Frage nach den Fahrerfahrungen mit Elektroautos zeigte sich, dass mit 84.6% der Großteil der Probanden keine Fahrerfahrungen mit vollelektrischen Autos hatte.

Frequencies of [SQ001]Geschlecht? [männlich/weiblich]

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
männlich	20	76.9 %	76.9 %
weiblich	6	23.1 %	100.0 %

Frequencies of [SQ002]. Wie alt sind Sie? [unter 18 / 18-29 / 30-45 / 46-60 / über 60]

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
18-29	22	84.6 %	84.6 %
30-45	2	7.7 %	92.3 %
unter 18	2	7.7 %	100.0 %

Frequencies of [SQ003]. Besitzen Sie bereits Fahrerfahrung in einem vollelektrischen Auto? [ja/nein]

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
ja	4	15.4 %	15.4 %
nein	22	84.6 %	100.0 %

Abbildung 32: Geschlecht, Alter, Fahrerfahrung

Im Folgenden wurden den Studienteilnehmern jeweils vier Fragen zu den verschiedenen Anzeigen gestellt. Zunächst wurde die Radialanzeige bewertet. In der Auswertung der ersten Frage, zeigt sich, dass die Radialanzeige auf den ersten Blick überwiegend gefallen hat. Lediglich einer Person hat die Anzeige gar nicht gefallen. Fünf Personen hat die Anzeige eher nicht gefallen. Die restlichen Personen haben die Anzeige positiv bewertet.

Frequencies of Radial[SQ001]. Hat ihnen die Radialanzeige auf den ersten Blick gefallen? [1] stimmt völlig / [2] stimmt eher / [3] stimmt eher nicht/ [4] stimmt gar nicht

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
[1] stimmt völlig	8	30.8 %	30.8 %
[2] stimmt eher	12	46.2 %	76.9 %
[3] stimmt eher nicht	5	19.2 %	96.2 %
[4] stimmt gar nicht	1	3.8 %	100.0 %

Abbildung 33: Die Radialanzeige hat auf den ersten Blick gefallen

Als nächstes wurde gefragt, ob die Anzeige die Fahrweise beeinflussen würde. Die Ergebnisse sind vor allem im mittleren Bereich anzusiedeln. Mit 57.7% hat der Großteil der Personen die Frage mit „stimmt eher“ beantwortet. 30.8% mit „stimmt eher nicht“ und immerhin 11.5% haben die bestmögliche Bewertung gegeben. Niemand hat angegeben, dass die Anzeige seine Fahrweise gar nicht beeinflussen würde.

Frequencies of Radial[SQ002]. Würde die Radialanzeige Ihre Fahrweise beeinflussen? [1] stimmt völlig / [2] stimmt eher / [3] stimmt eher nicht/ [4] stimmt gar nicht

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
[1] stimmt völlig	3	11.5 %	11.5 %
[2] stimmt eher	15	57.7 %	69.2 %
[3] stimmt eher nicht	8	30.8 %	100.0 %

Abbildung 34: Die Radialanzeige würde die Fahrweise beeinflussen

Die Frage, ob die Anzeige verdeutlicht hat, wie eine energiesparende Fahrstrategie aussehen könnte, wurde äußerst positiv beantwortet. 92% der Personen fanden, dass die Anzeige dies

verdeutlichen würde, davon haben sogar 44% die bestmögliche Bewertung abgegeben. Lediglich zwei Personen haben die Anzeige im mittleren negativen Bereich bewertet.

Frequencies of Radial[SQ003]. Die Radialanzeige hat verdeutlicht, wie eine energiesparende Fahrstrategie aussehen könnte.[1] stimmt völlig / [2] stimmt eher/ [3] stimmt eher nicht/ [4] stimmt gar nicht

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
[1] stimmt völlig	11	44.0 %	44.0 %
[2] stimmt eher	12	48.0 %	92.0 %
[3] stimmt eher nicht	2	8.0 %	100.0 %

Abbildung 35: Die Radialanzeige hat verdeutlicht, wie eine energiesparende Fahrstrategie aussehen könnte

Als nächstes wurden die Probanden mit exakt den gleichen Items zur Batterieanzeige befragt. Die erste Frage, ob die Anzeige auf den ersten Blick gefallen hat, wurde auch bei der Batterieanzeige überwiegend positiv bewertet. Die Batterieanzeige hat hier sogar etwas besser abgeschnitten, da im Vergleich zu sechs Personen bei der Radialanzeige, nur vier die Frage negativ beantwortet haben.

Frequencies of Batterie[SQ001]. Hat ihnen die Batterieanzeige auf den ersten Blick gefallen? [1] stimmt völlig / [2] stimmt eher/ [3] stimmt eher nicht/ [4] stimmt gar nicht

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
[1] stimmt völlig	10	38.5 %	38.5 %
[2] stimmt eher	12	46.2 %	84.6 %
[3] stimmt eher nicht	2	7.7 %	92.3 %
[4] stimmt gar nicht	2	7.7 %	100.0 %

Abbildung 36: Die Batterieanzeige hat auf den ersten Blick gefallen

Die Frage, ob die Anzeige die Fahrweise beeinflussen würde, ist bei der Batterieanzeige deutlich besser ausgefallen, als bei der Radialanzeige, bei der acht Personen die Frage negativ beantwortet

haben. Bei der Batterieanzeige haben lediglich drei Personen die Anzeige negativ bewertet und die restlichen 23 Personen positiv.

Frequencies of Batterie[SQ002]. Würde die Batterieanzeige Ihre Fahrweise beeinflussen? [1] stimmt völlig / [2] stimmt eher/ [3] stimmt eher nicht/ [4] stimmt gar nicht

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
[1] stimmt völlig	7	26.9 %	26.9 %
[2] stimmt eher	16	61.5 %	88.5 %
[3] stimmt eher nicht	2	7.7 %	96.2 %
[4] stimmt gar nicht	1	3.8 %	100.0 %

Abbildung 37: Die Batterieanzeige würde die Fahrweise beeinflussen

Die Frage, ob die Anzeige verdeutlicht hat, wie eine energiesparende Fahrstrategie aussehen könnte, wurde auch bei dieser Anzeige positiv bewertet. Jedoch hat Radialanzeige hier besser abgeschnitten.

Frequencies of Batterie[SQ003]. Die Batterieanzeige hat verdeutlicht, wie eine energiesparende Fahrstrategie aussehen könnte. [1] stimmt völlig / [2] stimmt eher/ [3] stimmt eher nicht/ [4] stimmt gar nicht

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
[1] stimmt völlig	8	30.8 %	30.8 %
[2] stimmt eher	14	53.8 %	84.6 %
[3] stimmt eher nicht	4	15.4 %	100.0 %

Abbildung 38: Die Batterieanzeige hat verdeutlicht, wie eine energiesparende Fahrstrategie aussehen könnte

Als nächstes wurden die Probanden befragt, welche Version der Batterieanzeige sie bevorzugen würden. Hier wurden zwei verschiedene Emotionsverlauf vorgestellt. Mehr Personen haben sich für den ersten Emotionsverlauf entschieden.

Frequencies of Batterie[SQ004]. Welcher der beiden Emotionszyklen hat ihnen bei dieser Anzeige besser gefallen? [1/2]

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
1	15	57.7 %	57.7 %
2	11	42.3 %	100.0 %

Abbildung 39: Welcher der beiden Emotionsverläufe hat Ihnen bei dieser Anzeige besser gefallen?

Zum Abschluss sollten die Probanden sich zwischen der Radialanzeige und der Batterieanzeige entscheiden. Die Wahl ist hier mit 64% zu 36% überwiegend auf die Batterieanzeige gefallen.

Frequencies of Face-off [SQ005]. Welche Anzeige hat Ihnen insgesamt besser gefallen? [Radialanzeige/ Batterieanzeige]

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
Batterieanzeige	16	64.0 %	64.0 %
Radialanzeige	9	36.0 %	100.0 %

Abbildung 40: Welche Anzeige hat Ihnen insgesamt besser gefallen?

Die Probanden hatten zudem die Möglichkeit, Anmerkungen zu den verschiedenen Anzeigen aufzuschreiben. Diese werden im Folgenden aufgelistet.

Anmerkungen zur Radialanzeige:

1. „Man weiß nicht auf den ersten Blick, dass es um Energiesparen geht, zurückhaltendes Design ist gut“
2. „Es wird nur der Momentanverbrauch beachtet, keine Verbrauchshistorie
3. „Eventuell lässt sich der Sprung von xkw auf okw (Gaspedal loslassen) weniger abrupt darstellen (z.B. durch eine Animation)“

Anmerkungen zur Batterieanzeige:

1. „Umsetzung mit Smileys cool“
2. „Ich finde, dass man eher bei der wütenden Anzeige auf den Fahrstil achtet“
3. „Die beiden Emotionsverläufe würden mich nach einer Zeit nerven. Außerdem bekomme ich einen bösen Smiley, wenn ich überholen muss oder ausweiche“
4. „Die Anzeige lädt dazu ein, sie während der Fahrt zu beobachten, das könnte ablenken und gefährlich sein“
5. „Etwas zu verspielt, geometrisch schwer einschätzbar“
6. „Lenkt ein wenig ab“
7. „Könnte negativ beeinflussen, wenn es nicht gewohnt ist“
8. „Die Emojis waren zu ablenkend, Anzeige sollte zurückhaltender sein“

Betrachtet man die Anmerkungen der Personen, fällt jedoch auf, dass die Batterieanzeige erhebliche Mängel bezüglich des Ablenkungsgrades beinhaltet.

7 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem abschließenden Kapitel wird zuerst in 7.1 eine Übersicht über die Ergebnisse, die in Rahmen dieser Arbeit erzielt wurden. Das Kapitel 7.2 handelt von offenen Punkten und Problemen die für die Entwicklung zukünftiger Anzeigen für den Fahrsimulator von Relevanz sind. Im letzten Kapitel 7.3 werden mögliche Verbesserungen der Anzeigen in Hinblick auf die Evaluation betrachtet.

7.1 Zusammenfassung

Im Rahmen dieses Projektes wurden die grundlegenden Ziele des Projektes erreicht. Zunächst wurden mithilfe des Ansatzes von Parallel Design von allen Gruppenmitgliedern insgesamt, jedoch unabhängig voneinander, 15 Mockups gestaltet. Dabei handelt es sich um Papermockups, durch welche grundlegende Anzeigenkonzepte verdeutlicht und kategorisiert wurden. In einem gruppeninternen Meeting wurden dann die vier besten Mockups bzw. Anzeigenkonzepte durch eine Abstimmung ermittelt und die ausschlaggebenden Designelemente herausgearbeitet.

Nachdem eine Entscheidung für fünf verschiedene Mockups feststand, wurden diese fünf Mockups mithilfe der Software SimHub prototypisch umgesetzt. Als Referenz zu bereits bestehenden Anzeigen wurde nach einer Probefahrt mit dem Renault Zoe und einer ausführlichen Analyse der in diesem Auto verwendeten Anzeige auch diese als Defaultanzeige prototypisch umgesetzt.

Des Weiteren wurden die mit SimHub erstellten Prototypen in den Fahrsimulator integriert und dort in einem festen Szenario aufgenommen. Das Videomaterial wurde dann für eine Zwischenevaluation verwendet und die zwei am besten bewerteten Anzeigen wurden für die Realisierung vorgemerkt.

Aus der Zwischenevaluation gingen sowohl die Batterieanzeige als auch die Radialanzeige als klare Favoriten hervor, woraufhin diese mithilfe von HTML und JavaScript als sogenannte UI-Mods in zwei Teams realisiert wurden. Die umgesetzten Energieanzeigen wurden dann im Fahrsimulator getestet und bei dem EMI-Award erneut evaluiert, woraufhin eine erneute Auswertung der Evaluationsergebnisse stattfand.

Schlussendlich wurden verschiedene Anleitungen verfasst und ein Video erstellt, in denen der Umgang mit der Software SimHub und das Arbeiten mit den UI-Mods erklärt wird. Dabei wurde

insbesondere darauf geachtet, dass Gruppen, welche mit Projekten an den Ergebnissen dieser Arbeit ansetzten, es möglichst leicht haben und nicht nur wissen wie sie ihre eigenen UI-Mods konstruieren, sondern auch wie sie sie in BeamNG integrieren.

7.2 Offene Punkte

Auch in diesem Projekt ist nicht alles ohne Probleme verlaufen. Eine Schwierigkeit, die während der Zwischenevaluation aufgetreten ist, war, dass es schwierig war Teilnehmer zu rekrutieren. Insgesamt haben im ersten Anlauf nur sehr wenige an der Evaluation teilgenommen und wir mussten somit einen zweiten Anlauf starten. Trotzdem war die Evaluation wichtig für die Anzeigen und es könnten wichtige Punkte mitgenommen werden, die dann zur Realisierung angepasst wurden.

Eine weitere Schwierigkeit, die während der Realisierung aufgetreten ist, war, dass es einige Einschränkungen im Umgang von CSS auf Seiten von BeamNG gab. So war es schwierig einige Effekte zu nutzen, die die Anzeigen noch „professioneller“ hätten wirken lassen.

Offene Punkte, die in den gestalteten Anzeigen vorliegen, sind, dass sich in der Erarbeitung rein um die Beschleunigung gekümmert wurde. Die Anzeigen unterstützen nur während der Beschleunigung und können zum Beispiel das Segeln, was der optimalste Bereich des energieeffizienten Fahrens ist, nicht abbilden. Auch die Rekuperation ist in den Anzeigen noch nicht abgebildet.

In diesen genannten Punkten können nun die nächsten Projekte mit Hilfe der erarbeiteten Anleitung anknüpfen und neue Darstellungsvarianten der Anzeigen für den IMIS-Fahrsimulator entwickeln.

7.3 Ausblick

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Batterieanzeige in der Evaluation besser abgeschnitten hat. Jedoch wäre ein zusätzliches Item, welches den Ablenkungsgrad abfragt, sinnvoll gewesen wäre.

Aus den Evaluationsergebnissen kann jedoch keinesfalls geschlossen werden, dass sie für den echten Fahrbetrieb besser geeignet wäre, da die Abschlussevaluation nur von kurzer Dauer war und unter relativ realitätsfernen Bedingungen stattgefunden hat. Für aussagekräftigere Ergebnisse sind deshalb weitere Studien im Fahrsimulator notwendig, welche explizite Fahraufgaben beinhalten und von längerer Dauer sind.

Da vor allem junge Menschen an der Evaluation teilgenommen haben, könnte man in weiteren Studien testen, welchen Einfluss die Emoticons auf ältere Menschen haben könnten und ob es einen Unterschied zu den aktuellen Ergebnissen gibt.

Abbildungen

Abbildung 1: Dashboard mit Historyanzeige und Radial	14
Abbildung 2: Reichweitenanzeige	15
Abbildung 3: Baumanzeige.....	15
Abbildung 4: Batterieradialanzeige.....	16
Abbildung 5: Batterieanzeige mit Emotionen.....	17
Abbildung 6: Radialanzeige mit Batterie	18
Abbildung 7: Radialanzeige mit Indikator	19
Abbildung 8: Batterie mit Radialanzeige	20
Abbildung 9: Dashboard mit verschiedenen Darstellungen des Verbrauchs	21
Abbildung 10: Historysystem	22
Abbildung 11: Anzeige für Restreichweite.....	23
Abbildung 12: E-Auto mit Batterie.....	24
Abbildung 13: Pedaldurchschnittsanzeige	24
Abbildung 14: Lauflichtanzeige.....	25
Abbildung 15: Historysystem für Pedalstände.....	26
Abbildung 16: Anzeigevariante 1 für Energieeffizienz aus dem Renault Zoe.....	27
Abbildung 17: Anzeigevariante 2 für Energieeffizienz aus dem Renault Zoe.....	27
Abbildung 18: Prototyp der Vergleichsanzeige aus dem Renault Zoe	28
Abbildung 19: Anzeigenkonzept 1 mit Symbolik.....	28
Abbildung 20: Anzeigenkonzept 2.....	29
Abbildung 21: Anzeigenkonzept 3.....	29
Abbildung 22: Anzeigenkonzept 4.....	30
Abbildung 23: Die Anzeige hat mir auf den ersten Blick gefallen.	34

Abbildung 24: Die Anzeige war detailliert genug, um die Energiedynamik eines Elektrofahrzeugs zu verstehen.	34
Abbildung 25: Die Anzeige war nicht informativ genug, um energiesparendes Fahren zu verstehen. 34	
Abbildung 26: Die Anzeige war leicht verständlich.	35
Abbildung 27: Die Anzeige schien hilfreich, um energiesparende Fahrstrategien ausfindig machen zu können.....	35
Abbildung 28: Durch die Anzeige habe ich jetzt ein besseres Verständnis von der Energiedynamik bei Elektrofahrzeugen.	35
Abbildung 29: Die Anzeige würde mich während der Fahrt ablenken.....	36
Abbildung 30: Endgültige Anzeige der Radialanzeige	37
Abbildung 31: Endgültige Anzeigen mit Emotionen.....	38
Abbildung 32: Geschlecht, Alter, Fahrerfahrung.....	41
Abbildung 33: Die Radialanzeige hat auf den ersten Blick gefallen	42
Abbildung 34: Die Radialanzeige würde die Fahrweise beeinflussen	42
Abbildung 35: Die Radialanzeige hat verdeutlicht, wie eine energiesparende Fahrstrategie aussehen könnte	43
Abbildung 36: Die Batterieanzeige hat auf den ersten Blick gefallen	43
Abbildung 37: Die Batterieanzeige würde die Fahrweise beeinflussen.....	44
Abbildung 38: Die Batterieanzeige hat verdeutlicht, wie eine energiesparende Fahrstrategie aussehen könnte	44
Abbildung 39: Welcher der beiden Emotionsverläufe hat Ihnen bei dieser Anzeige besser gefallen? 34	
Abbildung 40: Welche Anzeige hat Ihnen insgesamt besser gefallen?.....	45

Quellen

Literatur

- Herczeg, M. (2009). *Software-Ergonomie*. 3. vollständig überarbeitete Auflage. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag.
- Norman, D.A. & Draper, S.W. (1986). *User Centered System Design*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Roenspieß, A. (2009). *Entwicklung einer mobilen Benutzungsschnittstelle für das Terminkoordinationswerkzeug TeaCo*. unveröffentlichte Bachelorarbeit am Institut für Multimediale und Interaktive Systeme der Universität zu Lübeck.
- Franke, T. (2016). Ecodriving in hybrid electric vehicles - Exploring challenges for user-energy interaction
- Dahlinger, A. (2018). *The impact of numerical vs. symbolic eco-driving feedback on fuel consumption—A randomized control field trial*. Transportation Research Part D

Weblinks

- Institut für Multimediale und Interaktive Systeme (2011). *Forschungsschwerpunkte*.
<http://www.imis.uni-luebeck.de/de/forschung/schwerpunkte>. Stand: 20.03.2019
- Anleitung für Integration einer UI-Mod in BeamNG (2019)
<https://youtu.be/75sB8H5oXdI>. Stand: 20.03.2019

Software

Microsoft Corporation (2016). *Word 2016*

Microsoft Corporation (2016). *Excel 2016*

Serif (2014). *Affinity Designer 2018*

Microsoft Corporation (1997). *Visual Studio 2018*

RaceDepartment (2016). *Simhub 2018*

GitHub (2008). *GitHub 2018*

Don Ho (2003). *Notepad++ 2018*

BeamNG GmbH (2015) *BeamNG.research 2018*

GitHub (2018). *Atom 2018*

Hugh Balley (2012). *Open Broadcaster Software (obs) 2018*

ownCloud Community (2010). *ownCloud 2018*

jamovi project (2018). *jamovi 2018*

LimeSurvey GmbH (2003). *LimeSurvey 2018*

Abkürzungen

FDD	Feature Driven Development
IMIS	Institut für Multimediale und Interaktive Systeme
UCD	User Centered Design
HTML	Hypertext Markup Language
CSS	Cascading Style Sheets
SVG	Scalable Vector Graphics

Glossar

Die nachfolgend beschriebenen Fachbegriffe werden hinsichtlich ihrer Bedeutung im Bereich der Medieninformatik erläutert. Die Begriffe können in anderen Bereichen auch andere Bedeutungen besitzen. *Kursiv* gedruckte Begriffe sind selbst wieder im Glossar oder unter den Abkürzungen beschrieben.

Anwendungssystem	Softwaresystem, mit dem Aufgaben bearbeitet werden
Applikation	Anwendungssystem
Parallel Design	Beim Parallel Design werden von verschiedenen UX Designer, unabhängig voneinander, Entwürfe entwickelt.
Eco driving	Energiesparende Fahrweise
Radialanzeige	Kreisförmig geschwungener Balken
Indikator	Indikatoren sind allgemein Hilfsmittel, die gewisse Informationen anzeigen sollen.
UI-Mod	Modifikation der Benutzerschnittstelle in BeamNG
Papermockup	Ideenskizze auf Papier
Front-end-Webapplikationsframework	Programmiergerüst für Webanwendungen im sichtbaren Bereich
EMI-Award	Eine Veranstaltung, die vom IMIS jährlich veranstaltet wird

Anhänge

Anhang A: Programmcode

Radialanzeige:

App.js:

```
angular.module('beamng.apps')
.directive('anzeigeRadial', ['StreamsManager', '$interval', function
(StreamsManager, $interval) {
return {
//calls the html
templateUrl: 'modules/apps/AnzeigeRadial/app.html',
replace: true,
restrict: 'EA',
scope: true,
controller: ['$log', '$scope', 'bngApi', 'StreamsManager', function
($log, $scope, bngApi, StreamsManager) {
//List of used streams
var streamsList = ['energie'];
//The con values hold the last three values of data.energie.en, so the
animation is more fluid
var con1 = 0;
var con2 = 1;
var con3 = 3;
StreamsManager.add(streamsList);
//Initialising of the angular values at their minimum
$scope.indic = "180";
$scope.rad = "0";
$scope.verbrauch = "0";

//Triggers when values in BeamNG get updated
```

```

        $scope.$on('streamsUpdate', function (event, data) {
//used to make sure the value is always updated
            $scope.$evalAsync(function () {
//Update of the con values
con3 = con2;
con2 = con1;
//if-statement to catch bug which caused the display of negative values
if(data.energie.en>0){
con1 = data.energie.en;}
else {con1 = 0;}
//calculation of the average of the data.energie.en value
var mid = (con1+con2+con3)/3;
//if-statement to set the colors of the different light-segments
//the max value of 180000 is divided by seven to get the range of each
segment

//every light-segment is shining
if (mid > 154260) {
$scope.first = "#1A79FF"
$scope.second = "#1A79FF"
$scope.third = "#FFFF1E"
$scope.fourth = "#FFFF1E"
$scope.fifth = "#FFFF1E"
$scope.sixth = "#FF1215"
$scope.seventh = "#FF1215"
}else
//every light-segment except the seventh is shining
if (mid > 128550) {
$scope.first = "#1A79FF"
$scope.second = "#1A79FF"
$scope.third = "#FFFF1E"
$scope.fourth = "#FFFF1E"

```

```

$scope.fifth = "#FFFF1E"
$scope.sixth = "#FF1215"
$scope.seventh = "#800000"
}else
//every light-segment except seven and six is shining
if (mid > 102840) {
$scope.first = "#1A79FF"
$scope.second = "#1A79FF"
$scope.third = "#FFFF1E"
$scope.fourth = "#FFFF1E"
$scope.fifth = "#FFFF1E"
$scope.sixth = "#800000"
$scope.seventh = "#800000"
}else
//...
if (mid > 77130) {
$scope.first = "#1A79FF"
$scope.second = "#1A79FF"
$scope.third = "#FFFF1E"
$scope.fourth = "#FFFF1E"
$scope.fifth = "#7B8000"
$scope.sixth = "#800000"
$scope.seventh = "#800000"
}else
if (mid > 51420) {
$scope.first = "#1A79FF"
$scope.second = "#1A79FF"
$scope.third = "#FFFF1E"
$scope.fourth = "#7B8000"
$scope.fifth = "#7B8000"
$scope.sixth = "#800000"
$scope.seventh = "#800000"

```

```

}else
if (data.energie.en > 25710) {
$scope.first = "#1A79FF"
$scope.second = "#1A79FF"
$scope.third = "#7B8000"
$scope.fourth = "#7B8000"
$scope.fifth = "#7B8000"
$scope.sixth = "#800000"
$scope.seventh = "#800000"
}else
if (data.energie.en > 1) {
$scope.first = "#1A79FF"
$scope.second = "#000066"
$scope.third = "#7B8000"
$scope.fourth = "#7B8000"
$scope.fifth = "#7B8000"
$scope.sixth = "#800000"
$scope.seventh = "#800000"
}else
//non of the light-segments are shining
if (data.energie.en <= 1) {
$scope.first = "#000066"
$scope.second = "#000066"
$scope.third = "#7B8000"
$scope.fourth = "#7B8000"
$scope.fifth = "#7B8000"
$scope.sixth = "#800000"
$scope.seventh = "#800000"
}
//Event-Statement if value of data.energie.en changes
    if (data.energie.en) {
/*If-Statement to catch the >18000 values

```

```

Sets the Values of rad, indic and verbrauch to the wanted max*/
if (data.energie.en>180000){
$scope.rad = 314;
$scope.indic = 351;
$scope.verbrauch = 180;
//If-Statement to use the average(mid) for a better animation
}else if(data.energie.en>=0){
//Calculations for the values depending on the mid value
$scope.rad = mid/180000*314;
$scope.indic = mid/1000+180;
$scope.verbrauch = Math.round(mid/1000);
/*Else-Statement for Values below 0
Sets the Values of rad, indic and verbrauch to the wanted min*/
} else {
        $scope.rad = 0;
$scope.indic = 180;
$scope.verbrauch = 0;
        }
    }
});
    });
    $scope.$on('$destroy', function () {
        StreamsManager.remove(streamsList);
    });
}
};
}]);

```

App.html

```

<!--div-container contains the whole RadialGauge-->
<div style="width:100%; height:100%">
    <!--creating the svg for the gauge-->
    <svg style="width:100%; height:100%">

```

```

<g>
  <!--Rotation of the RadialGauges-->
  <g style="transform:rotateX(60deg)" x="50%" y="50%">

    <!--Background of RadialGauge-->
    <circle id="radBG" r="100" cx="180" cy="180" stroke="grey" stroke-
width="40"
      stroke-dasharray="314 628" fill="none" transform="ro-
tate(180,180,180)"></circle>

    <!--RadialGauge optical Value-->
    <circle id="radVG" r="100" cx="180" cy="180" stroke="white" opa-
city="0.8" stroke-width="40"
      stroke-dasharray="{{ rad }}" 628" fill="none" transform="ro-
tate(180,180,180)" ></circle>

    <!--RadialGauge Indicator-->
    <circle id="indicator" r="100" cx="180" cy="180" stroke="red"
stroke-width="50"
      stroke-dasharray="15 628" fill="none" transform="rotate({{ indic
}},180,180)"></circle>

    <!--the seven light-segments around the radialGauge-->
    <circle id="first" stroke-dasharray="60 911" r="145" cx="180"
cy="180"
      fill="none" transform="rotate(180,180,180)" stroke="{{ first }}"
stroke-width="40"></circle>
    <circle id="second" stroke-dasharray="60 911" r="145" cx="180"
cy="180"
      fill="none" transform="rotate(206.2,180,180)" stroke="{{ second
}}" stroke-width="40"></circle>

```

```

        <circle id="third" stroke-dasharray="60 911" r="145" cx="180"
cy="180"
        fill="none" transform="rotate(232.4,180,180)" stroke="{{ third }}"
stroke-width="40"></circle>
        <circle id="fourth" stroke-dasharray="60 911" r="145" cx="180"
cy="180"
        fill="none" transform="rotate(258.6,180,180)" stroke="{{ fourth
}}" stroke-width="40"></circle>
        <circle id="fifth" stroke-dasharray="60 911" r="145" cx="180"
cy="180"
        fill="none" transform="rotate(284.8,180,180)" stroke="{{ fifth }}"
stroke-width="40"></circle>
        <circle id="sixth" stroke-dasharray="60 911" r="145" cx="180"
cy="180"
        fill="none" transform="rotate(311,180,180)" stroke="{{ sixth }}"
stroke-width="40"></circle>
        <circle id="seventh" stroke-dasharray="60 911" r="145" cx="180"
cy="180"
        fill="none" transform="rotate(337.2,180,180)" stroke="{{ seventh
}}" stroke-width="40"></circle>
    </g>

```

```

<!--Textfields for the energy usage-->
<text style="text-shadow: white 0px 0px 20px" id="energy" x="35%"
y="50%" font-size="45" fill="white" align="right">{{ verbrauch }}</text>
<text style="text-shadow: white 0px 0px 20px" x="58%" y="50%" font-
size="30" fill="white" align="right">kW</text>
</g>
</svg>
<svg style="width:100%; height:100%">

```

```

</svg>
</div>

```

App.json

```
{
  "domElement": "<anzeige-radial></anzeige-radial>",
  "name": "AnzeigeRadial",
  "types": [
    "ui.apps.categories.vehicle_control"
  ],
  "description": "An app to precisely set and control the speed of a vehicle",
  "css": {
    "left": "20px",
    "height": "200px",
    "top": "100px",
    "width": "360px"
  },
  "author": "Alexander Danetzky",
  "version": "0.1",
  "preserveAspectRatio" : true,
  "directive": "anzeigeRadial"
}
```

Batterieanzeige:

App.js

```
angular.module('beamng.apps')
.directive('anzeigeBatterie3', ['StreamsManager', '$interval', function
(StreamsManager, $interval) {
  return {
    templateUrl: 'modules/apps/AnzeigeBatterie3/app.html',
    replace: true,
    restrict: 'EA',
    scope: true,
    controller: ['$log', '$scope', 'bngApi', 'StreamsManager', function
($log, $scope, bngApi, StreamsManager) {
```

```

        var streamsList = ['energie'];
var con1 = 0;
var con2 = 1;
var con3 = 3;
        StreamsManager.add(streamsList);
$scope.indic = "268";
$scope.rad = "468";
$scope.verbrauch = "0";
        $scope.$on('streamsUpdate', function (event, data) {
            $scope.$evalAsync(function () {
con3 = con2;
con2 = con1;
con1 = data.energie.en;
var mid = (con1+con2+con3)/3;
                if (data.energie.en) {
                    var consumption = mid
var energy = ((mid/180000*100)*468)
var n = 468 - (energy/100)
                    //If-Statement to catch the >0 values
                    if (data.energie.en>0) {
$scope.rad = n;
$scope.indic = 268 - (energy*0.576/100);
if(n < 0){
$scope.rad = 0
$scope.indic = 0
}

//Energy smaller zero, mask full
}else if (energy < 0){
                $scope.rad = 468;
$scope.indic = 268;

```

```
}
```

```
//Sends the energyusage in kW to the html
```

```
$scope.energie =Math.round(energy/100);  
if (Math.round(consumption/1000) >= 0) {  
    $scope.verbrauch = Math.round(consumption/1000);  
}else{  
    $scope.verbrauch = 0;  
}
```

```
//CHange battery in View
```

```
if ((energy/100) > 0 && (energy/100)<156 ){  
    $scope.displayR = "none"  
    $scope.displayB = "block"  
    $scope.displayY = "none"  
  
}else if ((energy/100) >= 156 && (energy/100)<=312 ){  
    $scope.displayR = "none"  
    $scope.displayY = "block"  
    $scope.displayB = "none"  
  
}else if ((energy/100) >= 312 && (energy/100)<=600 ){  
    $scope.displayY = "none"  
    $scope.displayR = "block"  
    $scope.displayB = "none"  
  
}else{  
    $scope.displayR = "none"  
    $scope.displayB = "block"  
    $scope.displayY = "none"
```

```

}

        }
    });
});
$scope.$on('$destroy', function () {
    StreamsManager.remove(streamsList);
});
}]
};
}]);

```

App.html

```

<div style="width:100%; height:100%; position:absolute">
    <!--div style="width:200px; height:200px; position: absolute; top: 36%;
left:40%;
border-radius: 50%; background: #0066FF; opacity: 0.7;" >
</div-->
<svg style="width:100%; height:100%; transform:rotateX(180deg); posi-
tion: absolute;">
    <!--Background of RadialGauge-->
    <circle id="outline_curve" r="100" cx="165" cy="165" stroke="grey"
stroke-width="40"
stroke-dasharray="468 628" fill="none"></circle>
    <circle id="low" r="100" cx="165" cy="165" stroke="#0066FF" stroke-
width="35"
stroke-dasharray="468 628" fill="none"></circle>
    <circle id="lowAvg" r="100" cx="165" cy="165" stroke="#00CCFF"
stroke-width="35"
stroke-dasharray="390 628" fill="none"></circle>
    <circle id="avg" r="100" cx="165" cy="165" stroke="#FFFF33" stroke-
width="35"
stroke-dasharray="312 628" fill="none"></circle>

```

```

    <circle id="highAvg" r="100" cx="165" cy="165" stroke="#FFCC33"
stroke-width="35"
    stroke-dasharray="234 628" fill="none"></circle>
    <circle id="high" r="100" cx="165" cy="165" stroke="#FF6633"
stroke-width="35"
    stroke-dasharray="156 628" fill="none"></circle>
    <circle id="tooHigh" r="100" cx="165" cy="165" stroke="#FF0033"
stroke-width="35"
    stroke-dasharray="78 628" fill="none"></circle>

    <!--RadialGauge optical Value-->
    <circle id="mask" r="100" cx="165" cy="165" opacity="0.7"
stroke="white" stroke-width="35"
    stroke-dasharray="{{rad}} 628" fill="none" ></circle>

    <circle id="outlineend" r="100" cx="165" cy="165" stroke="grey"
stroke-width="40"
    stroke-dasharray="2 466" fill="none"></circle>

    <circle id="indicator" r="100" cx="165" cy="165" stroke="red"
stroke-width="50"
    stroke-dasharray="7 628" fill="none" transform="rotate({{indic}},
165, 165)"></circle>
</svg>
<!--picture redBattery-->
<div id="red" cx="50%" cy="50%" style="width:100%; height:100%; posi-
tion: absolute; top: 8%; left:8%; display: {{displayR}};">
    <svg... Hier wurde bewusst ein Teil des Codes ausgelassen, da dies ein
unverständlicher mit Affinity Designer gnerierter Code der Batterien ist.
</svg>
</div>
<!-- kW Value on the view-->

```

```

    <div style="position: absolute; top: 65%; left:55%;
        padding-left: 15px; padding-right: 10px;">
        <b style="font-size: 38px; font-family: Consolas; color: white;
text-shadow: white 0px 0px 20px;" >{{verbrauch}} kW</b>
    </div>
<!--for testing: Value of energy and mask
<div style="position: relative; top: 20px; left:20px;">
    <p>{{energie}}</p>
</div>
<div style="position: relative; top: 300px; left:400px;">
    <p>{{rad}}</p>
</div-->
</div>

```

App.json

```

{
  "domElement": "<anzeige-batterie3></anzeige-batterie3>",
  "name": "AnzeigeBatterie3",
  "types": [
    "ui.apps.categories.vehicle_control"
  ],
  "description": "An app that supports environmentally friendly acceleration.",
  "css": {
    "left": "20px",
    "height": "330px",
    "top": "100px",
    "width": "330px"
  },
  "author": "Christian Zellier und Jakob Claussen",
  "version": "0.1",
  "preserveAspectRatio" : true,

```

```
"directive": "anzeigeBatterie3"
```

Anhang B: Evaluationsergebnisse Zwischenevaluation

Descriptives

Descriptives

	Baseline[SQ001]. Betrachten Sie nun das folgende Video: Ê Bitte geben Sie nun Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die soeben gesehene Anzeige an: [Die Anzeige hat mir auf den ersten Blick gefallen.]	Batterie[SQ001]. Betrachten Sie nun das folgende Video: Ê Ê Geben Sie nun Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die obige Anzeige an: [Die Anzeige hat mir auf den ersten Blick gefallen.]	Tree[SQ001]. Betrachten Sie bitte das folgende Video: Geben Sie nun Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die obige Anzeige an: [Die Anzeige hat mir auf den ersten Blick gefallen.]	Radial[SQ001]. Betrachten Sie nun bitte das folgende Video: Ê Geben Sie nun Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die obige Anzeige an: [Die Anzeige hat mir auf den ersten Blick gefallen.]	Throttle[SQ001]. Betrachten Sie nun bitte das folgende Video: Ê Geben Sie jetzt Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die obige Anzeige an: [Die Anzeige hat mir auf den ersten Blick gefallen.]
N	22	20	20	18	18
Missing	73	75	75	77	77
Mean	3.36	4.40	3.70	3.00	3.78
Median	4.00	4.00	4.00	3.00	4.00
Minimum	1	2	1	2	2
Maximum	6	6	6	5	6

Descriptives

Descriptives

	Baseline[SQ003]. Betrachten Sie nun das folgende Video: Ê Bitte geben Sie nun Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die soeben gesehene Anzeige an: [Die Anzeige war detailliert genug, um die Energiedynamik eines Elektrofahrzeugs zu verstehen.]	Batterie[SQ003]. Betrachten Sie nun das folgende Video: Ê Ê Geben Sie nun Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die obige Anzeige an: [Die Anzeige war detailliert genug, um die Energiedynamik eines Elektrofahrzeugs zu verstehen.]	Tree[SQ003]. Betrachten Sie bitte das folgende Video: Geben Sie nun Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die obige Anzeige an: [Die Anzeige war detailliert genug, um die Energiedynamik eines Elektrofahrzeugs zu verstehen.]	Radial[SQ003]. Betrachten Sie nun bitte das folgende Video: Ê Geben Sie nun Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die obige Anzeige an: [Die Anzeige war detailliert genug, um die Energiedynamik eines Elektrofahrzeugs zu verstehen.]	Throttle[SQ003]. Betrachten Sie nun bitte das folgende Video: Ê Geben Sie jetzt Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die obige Anzeige an: [Die Anzeige war detailliert genug, um die Energiedynamik eines Elektrofahrzeugs zu verstehen.]
N	11	10	10	9	9
Missing	84	85	85	86	86
Mean	2.82	4.60	4.10	3.00	3.56
Median	3	5.00	4.00	3	4
Minimum	2	3	1	1	2
Maximum	5	6	6	5	6

Descriptives

Descriptives

	Baseline[SQ004]. Betrachten Sie nun das folgende Video: Ê Bitte geben Sie nun Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die soeben gesehene Anzeige an: [Die Anzeige war nicht informativ genug, um energiesparendes Fahren zu verstehen.]	Batterie[SQ004]. Betrachten Sie nun das folgende Video: Ê Ê Geben Sie nun Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die obige Anzeige an: [Die Anzeige war nicht informativ genug, um energiesparendes Fahren zu verstehen.]	Tree[SQ004]. Betrachten Sie bitte das folgende Video: Geben Sie nun Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die obige Anzeige an: [Die Anzeige war nicht informativ genug, um energiesparendes Fahren zu verstehen.]	Radial[SQ004]. Betrachten Sie nun bitte das folgende Video: Ê Geben Sie nun Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die obige Anzeige an: [Die Anzeige war nicht informativ genug, um energiesparendes Fahren zu verstehen.]	Throttle[SQ004]. Betrachten Sie nun bitte das folgende Video: Ê Geben Sie jetzt Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die obige Anzeige an: [Die Anzeige war nicht informativ genug, um energiesparendes Fahren zu verstehen.]
N	11	10	10	9	9
Missing	84	85	85	86	86
Mean	3.18	3.60	3.80	2.78	3.22
Median	4	4.00	4.00	3	3
Minimum	1	2	1	2	2
Maximum	5	5	6	4	5

Descriptives

Descriptives

	Baseline[SQ005]. Betrachten Sie nun das folgende Video: Ê Bitte geben Sie nun Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die soeben gesehene Anzeige an: [Die Anzeige war leicht verständlich.]	Batterie[SQ005]. Betrachten Sie nun das folgende Video: Ê Ê Geben Sie nun Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die obige Anzeige an: [Die Anzeige war leicht verständlich.]	Tree[SQ005]. Betrachten Sie bitte das folgende Video: Geben Sie nun Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die obige Anzeige an: [Die Anzeige war leicht verständlich.]	Radial[SQ005]. Betrachten Sie nun bitte das folgende Video: Ê Geben Sie nun Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die obige Anzeige an: [Die Anzeige war leicht verständlich.]	Throttle[SQ005]. Betrachten Sie nun bitte das folgende Video: Ê Geben Sie jetzt Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die obige Anzeige an: [Die Anzeige war leicht verständlich.]
N	22	20	20	18	18
Missing	73	75	75	77	77
Mean	2.64	3.65	2.85	2.39	2.50
Median	2.50	3.00	3.00	2.00	2.00
Minimum	1	2	1	1	1
Maximum	6	6	6	5	4

Descriptives

Descriptives

	Baseline[SQ007]. Betrachten Sie nun das folgende Video: Ê Bitte geben Sie nun Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die soeben gesehene Anzeige an: [Die Anzeige schien hilfreich, um energiesparende Fahrstrategien ausfindig machen zu können.]	Batterie[SQ007]. Betrachten Sie nun das folgende Video: Ê Ê Geben Sie nun Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die obige Anzeige an: [Die Anzeige schien hilfreich, um energiesparende Fahrstrategien ausfindig machen zu können.]	Tree[SQ007]. Betrachten Sie bitte das folgende Video: Geben Sie nun Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die obige Anzeige an: [Die Anzeige schien hilfreich, um energiesparende Fahrstrategien ausfindig machen zu können.]	Radial[SQ007]. Betrachten Sie nun bitte das folgende Video: Ê Geben Sie nun Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die obige Anzeige an: [Die Anzeige schien hilfreich, um energiesparende Fahrstrategien ausfindig machen zu können.]	Throttle[SQ007]. Betrachten Sie nun bitte das folgende Video: Ê Geben Sie jetzt Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die obige Anzeige an: [Die Anzeige schien hilfreich, um energiesparende Fahrstrategien ausfindig machen zu können.]
N	22	20	20	18	18
Missing	73	75	75	77	77
Mean	2.95	3.95	3.70	3.11	3.22
Median	3.00	4.00	4.00	3.00	3.00
Minimum	1	2	1	1	2
Maximum	5	6	6	5	5

Descriptives

Descriptives

	Baseline[SQ009]. Betrachten Sie nun das folgende Video: Ê Bitte geben Sie nun Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die soeben gesehene Anzeige an: [Durch die Anzeige habe ich jetzt ein besseres Verständnis von der Energiedynamik bei Elektrofahrzeugen.]	Batterie[SQ009]. Betrachten Sie nun das folgende Video: Ê Ê Geben Sie nun Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die obige Anzeige an: [Durch die Anzeige habe ich jetzt ein besseres Verständnis von der Energiedynamik bei Elektrofahrzeugen.]	Tree[SQ009]. Betrachten Sie bitte das folgende Video: Geben Sie nun Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die obige Anzeige an: [Durch die Anzeige habe ich jetzt ein besseres Verständnis von der Energiedynamik bei Elektrofahrzeugen.]	Radial[SQ009]. Betrachten Sie nun bitte das folgende Video: Ê Geben Sie nun Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die obige Anzeige an: [Durch die Anzeige habe ich jetzt ein besseres Verständnis von der Energiedynamik bei Elektrofahrzeugen.]	Throttle[SQ009]. Betrachten Sie nun bitte das folgende Video: Ê Geben Sie jetzt Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die obige Anzeige an: [Durch die Anzeige habe ich jetzt ein besseres Verständnis von der Energiedynamik bei Elektrofahrzeugen.]
N	22	20	20	18	18
Missing	73	75	75	77	77
Mean	3.59	4.05	3.65	3.22	3.61
Median	4.00	4.00	4.00	3.00	4.00
Minimum	2	1	1	2	2
Maximum	5	6	6	5	6

Descriptives

Descriptives

	Baseline[SQ011]. Betrachten Sie nun das folgende Video: Ê Bitte geben Sie nun Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die soeben gesehene Anzeige an: [Die Anzeige wÿrde mich wÿhrend der Fahrt ablenken.]	Batterie[SQ011]. Betrachten Sie nun das folgende Video: Ê Ê Geben Sie nun Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die obige Anzeige an: [Die Anzeige wÿrde mich wÿhrend der Fahrt ablenken.]	Tree[SQ011]. Betrachten Sie bitte das folgende Video: Geben Sie nun Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die obige Anzeige an: [Die Anzeige wÿrde mich wÿhrend der Fahrt ablenken.]	Radial[SQ011]. Betrachten Sie nun bitte das folgende Video: Ê Geben Sie nun Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die obige Anzeige an: [Die Anzeige wÿrde mich wÿhrend der Fahrt ablenken.]	Throttle[SQ011]. Betrachten Sie nun bitte das folgende Video: Ê Geben Sie jetzt Ihre Zustimmung zu folgenden Aussagen bezogen auf die obige Anzeige an: [Die Anzeige wÿrde mich wÿhrend der Fahrt ablenken.]
N	11	10	10	9	9
Missing	84	85	85	86	86
Mean	4.27	4.20	2.70	4.11	4.11
Median	4	4.00	3.00	4	4
Minimum	2	1	1	3	2
Maximum	6	6	4	6	6

Anhang C: Evaluationsergebnisse

Descriptives

Frequencies

Frequencies of [SQ001]Geschlecht? [männlich/weiblich]

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
männlich	20	76.9 %	76.9 %
weiblich	6	23.1 %	100.0 %

Frequencies of [SQ002]. Wie alt sind Sie? [unter 18 / 18-29 / 30-45 / 46-60 / über 60]

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
18-29	22	84.6 %	84.6 %
30-45	2	7.7 %	92.3 %
unter 18	2	7.7 %	100.0 %

Frequencies of [SQ003]. Besitzen Sie bereits Fahrerfahrung in einem vollelektrischen Auto? [ja/nein]

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
ja	4	15.4 %	15.4 %
nein	22	84.6 %	100.0 %

Frequencies of Radial[SQ001]. Hat ihnen die Radialanzeige auf den ersten Blick gefallen? [1] stimmt völlig / [2] stimmt eher / [3] stimmt eher nicht / [4] stimmt gar nicht

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
[1] stimmt völlig	8	30.8 %	30.8 %
[2] stimmt eher	12	46.2 %	76.9 %
[3] stimmt eher nicht	5	19.2 %	96.2 %
[4] stimmt gar nicht	1	3.8 %	100.0 %

Frequencies of Radial[SQ002]. Würde die Radialanzeige Ihre Fahrweise beeinflussen? [1] stimmt völlig / [2] stimmt eher / [3] stimmt eher nicht / [4] stimmt gar nicht

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
[1] stimmt völlig	3	11.5 %	11.5 %
[2] stimmt eher	15	57.7 %	69.2 %
[3] stimmt eher nicht	8	30.8 %	100.0 %

Frequencies of Radial[SQ003]. Die Radialanzeige hat verdeutlicht, wie eine energiesparende Fahrstrategie aussehen könnte. [1] stimmt völlig / [2] stimmt eher / [3] stimmt eher nicht/ [4] stimmt gar nicht

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
[1] stimmt völlig	11	44.0 %	44.0 %
[2] stimmt eher	12	48.0 %	92.0 %
[3] stimmt eher nicht	2	8.0 %	100.0 %

Frequencies of Batterie[SQ001]. Hat ihnen die Batterieanzeige auf den ersten Blick gefallen? [1] stimmt völlig / [2] stimmt eher/ [3] stimmt eher nicht/ [4] stimmt gar nicht

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
[1] stimmt völlig	10	38.5 %	38.5 %
[2] stimmt eher	12	46.2 %	84.6 %
[3] stimmt eher nicht	2	7.7 %	92.3 %
[4] stimmt gar nicht	2	7.7 %	100.0 %

Frequencies of Batterie[SQ002]. Würde die Batterieanzeige Ihre Fahrweise beeinflussen? [1] stimmt völlig / [2] stimmt eher/ [3] stimmt eher nicht/ [4] stimmt gar nicht

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
[1] stimmt völlig	7	26.9 %	26.9 %
[2] stimmt eher	16	61.5 %	88.5 %
[3] stimmt eher nicht	2	7.7 %	96.2 %
[4] stimmt gar nicht	1	3.8 %	100.0 %

Frequencies of Batterie[SQ003]. Die Batterieanzeige hat verdeutlicht, wie eine energiesparende Fahrstrategie aussehen könnte. [1] stimmt völlig / [2] stimmt eher/ [3] stimmt eher nicht/ [4] stimmt gar nicht

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
[1] stimmt völlig	8	30.8 %	30.8 %
[2] stimmt eher	14	53.8 %	84.6 %
[3] stimmt eher nicht	4	15.4 %	100.0 %

Frequencies of Batterie[SQ004]. Welcher der beiden Emotionszyklen hat ihnen bei dieser Anzeige besser gefallen? [1/2]

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
1	15	57.7 %	57.7 %
2	11	42.3 %	100.0 %

**Frequencies of Face-off [SQ005]. Welche Anzeige hat Ihnen insgesamt besser gefallen? [Radialanzeige/
Batterieanzeige]**

Levels	Counts	% of Total	Cumulative %
Batterieanzeige	16	64.0 %	64.0 %
Radialanzeige	9	36.0 %	100.0 %

Anhang D: Evaluationsbogen:

Evaluation - Energieanzeigen für den Fahrsimulator

(Bitte ankreuzen!)

Geschlecht?

männlich

weiblich

keine Angabe

Wie alt sind Sie?

unter 18

18-29

30-45

46-60

über 60

Besitzen Sie bereits Fahrerfahrung in einem vollelektrischen Auto?

ja

nein

Sie haben gerade unsere Anzeigen in BeamNG ausprobieren können. Bitte beantworten Sie uns folgende Fragen:

Radialanzeige:

Hat Ihnen die Radialanzeige auf den ersten Blick gefallen?

stimmt völlig

stimmt eher

stimmt eher nicht

stimmt gar nicht

Würde die Radialanzeige Ihre Fahrweise beeinflussen?

stimmt völlig

stimmt eher

stimmt eher nicht

stimmt gar nicht

Die Radialanzeige hat verdeutlicht wie eine energiesparende Fahrstrategie aussehen könnte.

stimmt völlig

stimmt eher

stimmt eher nicht

stimmt gar nicht

Noch weitere Anmerkungen zur Anzeige:

Batterieanzeigen:

Hat Ihnen die Batterieanzeige auf den ersten Blick gefallen?

stimmt völlig

stimmt eher

stimmt eher nicht

stimmt gar nicht

Würde die Batterieanzeige Ihre Fahrweise beeinflussen?

stimmt völlig

stimmt eher

stimmt eher nicht

stimmt gar nicht

Die Batterieanzeige hat verdeutlicht wie eine energiesparende Fahrstrategie aussehen könnte.

stimmt völlig

stimmt eher

stimmt eher nicht

stimmt gar nicht

Welcher der beiden Emotionszyklen hat Ihnen bei dieser Anzeige besser gefallen?



Noch weitere Anmerkungen zur Anzeige:

Face-off:

Welche Anzeige hat Ihnen insgesamt besser gefallen?

Radialanzeige

Batterieanzeige

Vielen Dank für Ihre Teilnahme :)

Anhang E: Anleitung UI-Mod

Implementierung:

Beim Implementieren mit HTML für das Programm BeamNG.research gibt es Abweichungen zum normalen Umgang mit HTML. Zum Beispiel braucht man auf die Unterteilung in Head und Body nicht Rücksicht zu nehmen. Diese Tags können weggelassen werden. Auch auf den HTML-Frame kann verzichtet werden. Es wird komplett auf das HTML-Gerüst verzichtet und einfach mit dem Inhalt des Body angefangen.

Als erstes wurde versucht das Aussehen der Anzeigen zu Implementieren.

Eine hilfreiche Anleitung zur Erstellung einer Radialanzeige gibt es unter folgendem Link: <https://www.hongkiat.com/blog/svg-meter-gauge-tutorial/>. Sie dient zum groben Verständnis der einzelnen Elemente und ihrer Funktionen sowie ihrer Möglichkeiten.

Sämtliche Designelemente wie Kreise, Indikatoren, Segmente, Maske wurden in svg-Tags erstellt. Bilder wie zum Beispiel die Batterien lassen sich in BeamNG nicht so leicht als png implementieren und bearbeiten. Sie müssen stattdessen in SVG-Dateien konvertiert und dann händisch in die HTML eingebunden werden (hierbei können unschöne lange Codesequenzen entstehen, diese sollte man einklappen)

Innerhalb dieser SVG muss auf die Einzigartigkeit der ID sowohl im div-Tag als auch im use-Tag geachtet werden

Da viele CSS Elemente in BeamNG.research nicht funktionsfähig sind, ist hier besondere Achtung gefordert. Es empfiehlt sich nicht den Code erst im Browser zu testen, da dieser nicht das Aussehen in BeamNG.research widerspiegelt. Allerdings ist der Browser hilfreich, um zu verifizieren, ob das CSS-Element falsch implementiert wurde, oder von BeamNG.research nicht unterstützt wird, dass es dann im Browser richtig angezeigt werden würde.

Auch sollte auf eine externe CSS-Datei verzichtet werden, da es hier auch bei richtiger Einbindung zu Komplikationen kommen kann. Es wird stattdessen eher empfohlen eine externe JS-Datei anzulegen und die CSS-Effekte entweder in den Elementen selbst, oder mit Hilfe von Javascript zu setzen.

Als nächstes wurde die Funktionsweise Implementiert

Mittels des Frameworks Angular ist es möglich in einer Javascript Datei berechnete Werte in eine HTML zu übergeben (siehe Rad-Wert bei der Maske in der Batterieanzeige)

Die zu übergebenen Werte werden in der JS mittels eines Scopes übergeben (z.B. \$scope.rad = 0)

Zum Schluss wurde die Applikation noch für BeamNG.research optimiert.

Um eine neue App mit einem Namen zu versehen und sie in BeamNG als UI-Mod anzuzeigen, muss in der JSON bei der directive der gleiche Name angegeben werden wie in der JS als erster Punkt in der .directive.

Bei der templateUrl muss der Pfad zur app.html der UI-Mod angegeben werden ('modules/apps/AnzeigeBatterie/app.html')

UI-Mods müssen also in BeamNG unter dem Verzeichnis apps abgelegt werden

In der JSON wird unter dem Reiter Name außerdem der angezeigte Name in der Übersicht von BeamNG festgelegt

Weiterhin können dort die anfängliche Größe der UI-Mod sowie die Position festgelegt werden

Die app.png ist das in der Vorschau angezeigte Bild und sollte die UI-Mod repräsentieren

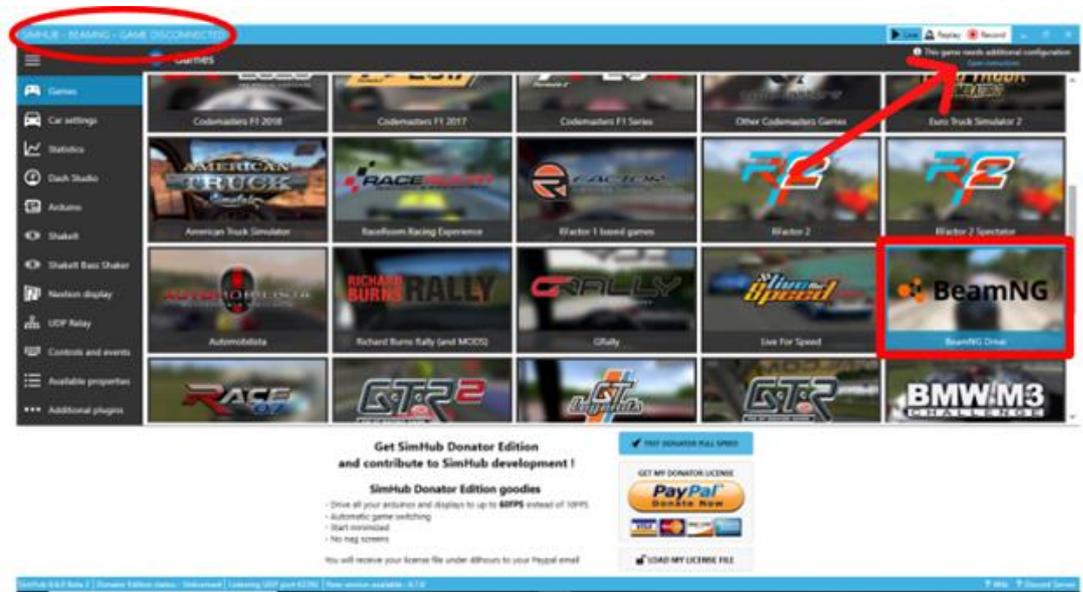
Anhang F: Anleitung SimHub

Die Software „Simhub“ ist eine Software, mit der man modular sein eigenes Dashboard designen kann, oder auf bereits bestehende Dashboards zugreifen kann. Sie ist mit BeamNG kompatibel, was sie besonders für Anzeigentwicklung im IMIS-Fahrsimulator nützlich macht. Im Vorhinein sollte allerdings gesagt werden, wenn auf photorealistische Optik Wert gelegt wird, ist SimHub allerdings nicht das Tool der Wahl.

1. Software downloaden: Die Zip-Datei mit der Software kann direkt unter folgendem Link auf der Website von „Racedepartment“ heruntergeladen werden: <https://www.racedepartment.com/downloads/simhub-diy-sim-racing-dash.10252/>

Hierfür wird allerdings ein Account für diese Website vorausgesetzt, den man aber kostenlos und ohne viel Aufwand erstellen kann.

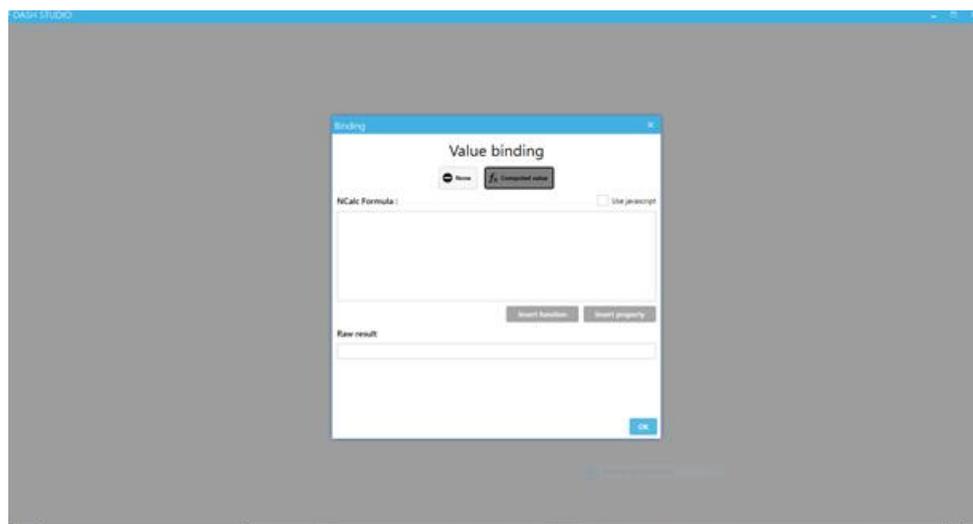
2. Installation: Für die Installation von Simhub einfach den Anweisungen der Installationssoftware aus der Zip-Datei folgen.
3. Symhub mit BeamNG verknüpfen: Wenn Simhub gestartet wird, dann erscheint als erstes ein Bildschirm, auf dem das Spiel zum Verknüpfen ausgewählt werden kann. Wird nun BeamNG ausgewählt, dann steht oben links: "SIMHUB-BEAMNG-GAME DISCONNECTED" und oben rechts erscheint eine Meldung: „This game needs additional configuration“. Darunter befindet sich ein Link mit der Aufschrift: „Open instructions“.



Auf diesen muss geklickt werden. Es öffnet sich dann ein Ordner mit einer Bild-Datei. Die Instruktionen der Bilddatei müssen in BeamNG umgesetzt werden, damit sich SimHub mit BeamNG verbinden kann.

4. Anzeige erstellen: Nun da SimHub installiert ist und mit BeamNG verknüpft ist, kann mit der Erstellung der Anzeige angefangen werden. Hierfür muss im Menü auf der linken Seite der Punkt „Dash Studio“ ausgewählt werden. Das Hauptfenster verändert sich nun und es erscheinen verschiedene schon voreinstellte Anzeigen. Diese können bearbeitet werden, indem auf der rechten Seite der Anzeige der Punkt „more“ und dann „edit“ ausgewählt wird. Eine neue Anzeige kann erstellt werden, indem über der Sidebar der Anzeigen auf den Button „New Dashboard“ geklickt wird.

5. Anzeige gestalten und konfigurieren: Ein guter Ansatz das Programm zu lernen ist der „trial and error“-Ansatz. Einfach mal versuchen selbst eine Anzeige zu gestalten birgt viel Lernerfolg. Trotzdem gibt es einige Dinge, deren Erwähnung den Prozess beschleunigen kann.
- In der Leiste auf der linken Seite des neuen Fensters gibt es die verschiedenen Arten der Anzeigen, wie zum Beispiel die „Dial Gauge“, oder die „Linear Gauge“. Hier können auch Platzhalter Bilder ausgewählt werden, welche auch ein nicht zu unterschätzendes Werkzeug in der Anzeigegestaltung darstellen.
 - Ist nun eine Anzeige ausgewählt worden, kann diese ausgewählt werden und modifiziert werden. Auf der rechten Seite gibt es dafür einen Bereich, in dem verschiedenste konfigurierbare Werte stehen. Auch hier empfiehlt es sich einmal auszuprobieren, welcher Wert wofür steht.
 - Ein wichtiger Punkt ist allerdings noch das fx-Symbol, dass vor einigen Werten steht. Über diesen Punkt kann der jeweilige Wert mit einem Wert aus BeamNG verknüpft werden, was vor allem bei dem „value“ wichtig ist. Wird also auf das fx-Symbol geklickt öffnet sich ein Fenster, dass wie folgt aussieht.



Über den Punkt „Insert property“ kann ein Wert aus BeamNG mit dem jeweiligen Wert der Anzeige verknüpft werden. Es kann zum Beispiel die Geschwindigkeit von BeamNG ausgelesen werden, oder der Pedalstand. WICHTIG! Es sind nicht alle Werte, die es in BeamNG gibt zugänglich, das heißt es kann Werte geben, die nicht gefunden werden können. Gibt es einen Wert, der benötigt wird, der aber nicht in den Property's zu finden ist, kann dieser Wert im Code von BeamNG einer in SimHub gelisteten Property zugewiesen werden. Es sollte nur darauf

geachtet werden, dass dadurch keine Fehler entstehen. Über den anderen Punkt „Insert function“ kann eine mathematische Operation eingefügt werden, wie zum Beispiel das Bestimmen des Minimums zweier Werte, oder die Quadratwurzel eines Wertes.

Alles in Allem ist es möglich, mit SimHub eine Vielzahl an Ideen umzusetzen. Der Kreativität sind dank der Einbindung von Bildern und Grafiken nur wenig Grenzen gesetzt.

Viel Spaß und Erfolg beim Entwerfen deiner Anzeige.

Erklärung

Wir versichern, die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen benutzt zu haben.



Jakob Claussen Alexander Danetzky



Christian Zellier



Eric Foerster



Maximilian Kayser

Lübeck, den 16.03.2019