

EM:POWER

ElektroMobilität: POtenziale durch Wasserstoff ERleben



Deliverable D2.1: Praxistest Wasserstoff - Ergebnisse des Feldtests

Version:	1.0
Vertraulichkeit:	Öffentlich
Projektkoordination	htw saar
Veröffentlichungsdatum	14.12.2021

Gefördert von:



Projektkoordination

Prof. Dr. Horst Wieker

Leiter der Forschungsgruppe Verkehrstelematik (FGVT) bei der
htw saar – Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes,

Kommunikationstechnik

Campus Alt-Saarbrücken

Goebenstr. 40

D-66117 Saarbrücken

Telefon +49 681 5867 195

Fax +49 681 5867 122

E-Mail wieker@htwsaar.de

Web fgvt.htwsaar.de

Autoren

Svenja M. Kany, M. A.

Carsten Adorff, M. Sc.

Zusammenfassung

Nachfolgendes Schriftstück dokumentiert die Ergebnisse des Feldtests im Projekt EM:POWER, welcher mit Erreichen des Meilensteins M3: Abschluss des Feldtests, beendet wurde. In diesem Dokument werden die Ergebnisse und Auswertungen des Feldtests zusammengefasst.

Abstract

The following document reports the findings of the field test in the EM:POWER project, finished with reaching milestone M3: end of field test. This document summarizes according results and evaluations.

I. Inhaltsverzeichnis

I.	Inhaltsverzeichnis	4
II.	Abbildungsverzeichnis	5
III.	Tabellenverzeichnis	6
IV.	Abkürzungsverzeichnis	7
V.	Executive Summary	8
1	Einleitung	9
2	Ablauf des Feldtests	10
3	Analysen	14
3.1	Teilnahmemotivation	14
3.1.1	Stichprobe	14
3.1.2	Vorgehen	14
3.1.3	Ergebnisse im Überblick	15
3.2	Interviews	19
3.2.1	Methodisches Vorgehen	19
3.2.2	Einzelanalysen der Interviews	21
3.2.3	Globale Analyse der Interviews	28
3.3	Zahlungsbereitschaft	32
3.3.1	Häufigkeitsverteilung der Zahlungsbereitschaft	32
3.3.2	Prozentuale Zahlungsbereitschaft	34
3.4	Mobilitäts- und CO ₂ -Daten	36
3.4.1	Mobilitätsdaten	36
3.4.2	CO ₂ Daten	42
4	Fazit	45
VI.	Literaturverzeichnis	47
VII.	Anhang	49
1	Anhang: Probandenhandbuch	49
2	Anhang: Interviewleitfaden	57
3	Anhang: Überarbeiteter Interviewleitfaden	58
4	Anhang: Fragebogen Mobilitätsverhalten	59

II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ursprünglicher und neuer Zeitplan Feldtest.....	10
Abbildung 2: Zusammensetzung der Stichprobe (n=78)	14
Abbildung 3: Meinung zur Brennstoffzellentechnologie (n=25).....	16
Abbildung 4: Persönliche Beweggründe zur Teilnahme (n=46).....	16
Abbildung 5: Erhoffte Erfahrungen durch eine Teilnahme am Feldtest (n=57)	17
Abbildung 6: Abweichende Antworten nach Geschlecht in Prozent (n=78)	18
Abbildung 7: 4 Schritte der Datenaufbereitung.....	20
Abbildung 8: Überblick Feldtest gesamt (n=425).....	28
Abbildung 9: Überblick Allgemeines (n=64)	29
Abbildung 10: Überblick Fahrzeug (n=264).....	29
Abbildung 11: Überblick Tanken (n=97).....	30
Abbildung 12: Frage zur Zahlungsbereitschaft.....	32
Abbildung 13: Frage zur prozentualen Zahlungsbereitschaft	32
Abbildung 14: Zahlungsbereitschaft vor Fahrzeugnutzung (n=33)	33
Abbildung 15: Zahlungsbereitschaft nach Fahrzeugnutzung (n=33).....	33
Abbildung 16: höhere/ niedrigere Zahlungsbereitschaft in Prozent - vor und nach Teilnahme (n=33)	34
Abbildung 17: Screenshot Karte EM:POWER Homepage.....	36
Abbildung 18: geschätzter %-Anteil der Verkehrsmittel pro Woche.....	37
Abbildung 19: MiD Modelsplit dörflicher und städtischer Raum.....	38
Abbildung 20: Fahrleistung je Kategorie	39
Abbildung 21: prozentualer Anteil der Wege nach Zwecke, die durch das Brennstoffzellenfahrzeug bewältigt werden sollen.....	40
Abbildung 22: prozentualer Anteil der Wege nach Zweck im Feldtest.....	40
Abbildung 23: %-Anteil der Gesamtfahrleistung der Probanden je Kategorie.....	41
Abbildung 24: Übersicht CO2 Bilanz des Feldtestes	43

III. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zeitplan des Feldtests	11
Tabelle 2: Zusammensetzung der Stichprobe	12
Tabelle 3: Teilnahmemotivation Übersicht	15
Tabelle 4: Kategorien der Analyse (n=20)	28
Tabelle 5: Kategorien der Fahrten	39
Tabelle 6: CO2 Werte der relevanten Wasserstoffproduktionsverfahren.....	43

IV. Abkürzungsverzeichnis

[CO ₂]	Kohlendioxid
[DSGVO]	Datenschutz-Grundverordnung
[H ₂]	Wasserstoff
[MiD]	Mobilität in Deutschland
[TU/e]	Eindhoven University of Technology

Hinweis zum Text:

Aufgrund der besseren Lesbarkeit wird im Text das generische Maskulinum verwendet. Gemeint sind jedoch immer alle Geschlechter.

V. Executive Summary

Vorliegendes Dokument aggregiert die Ergebnisse des Arbeitspakets AP2 (Feldtest). Ziel ist es die erzielten Ergebnisse transparent dazustellen.

Dieses Deliverable D2.1 liefert deshalb zunächst eine kurze Einführung in die Problemstellung des Feldtests und dessen Umsetzung.

Anschließend werden die Ergebnisse der erhobenen Daten aufgeführt. Diese resultieren zum einen aus Interviews, welche mit Probanden geführt wurden, als auch aus Umfragen.

Neben der Zahlungsbereitschaft der Teilnehmer wird auch das Mobilitätsverhalten während des Feldversuchs und die CO₂-Ersparnis im Rahmen des Feldtests aufgezeigt. Abschließende Handlungsempfehlungen werden im Rahmen des D2.3 „Wasserstoff im Praxistest - Handlungsempfehlungen und Ausblick“ erläutert.

1 Einleitung

Bisherige Studien zur Wahrnehmung und Akzeptanz von Wasserstofffahrzeugen, und der zugehörigen Infrastruktur, wurden zumeist ohne Feldtest durchgeführt (Altmann et al., 2001). Deren Ergebnisse stützen sich vielmehr auf Befragungen, womit primär die Einstellungen der Befragten auf Grundlage ihrer aktuellen Einschätzung von Wasserstoffmobilität, ohne praktische Erfahrung, erfasst wurden.

Auch haben sich Feldtests in Deutschland bisher auf kurze Erprobungen der Wasserstoffinfrastruktur beschränkt¹. Daher sollen Probanden, im Rahmen des Projektes EM:POWER, die Möglichkeit erhalten, ein Wasserstofffahrzeug für einen vergleichsweise längeren Zeitraum im Alltag zu testen. Dieses „Erlebarmachen“ der Technologie im Alltag knüpft so an Handlungsempfehlungen vorangegangener Studien an (Altmann et al., 2001; Canzler & Schmidt, 2012).

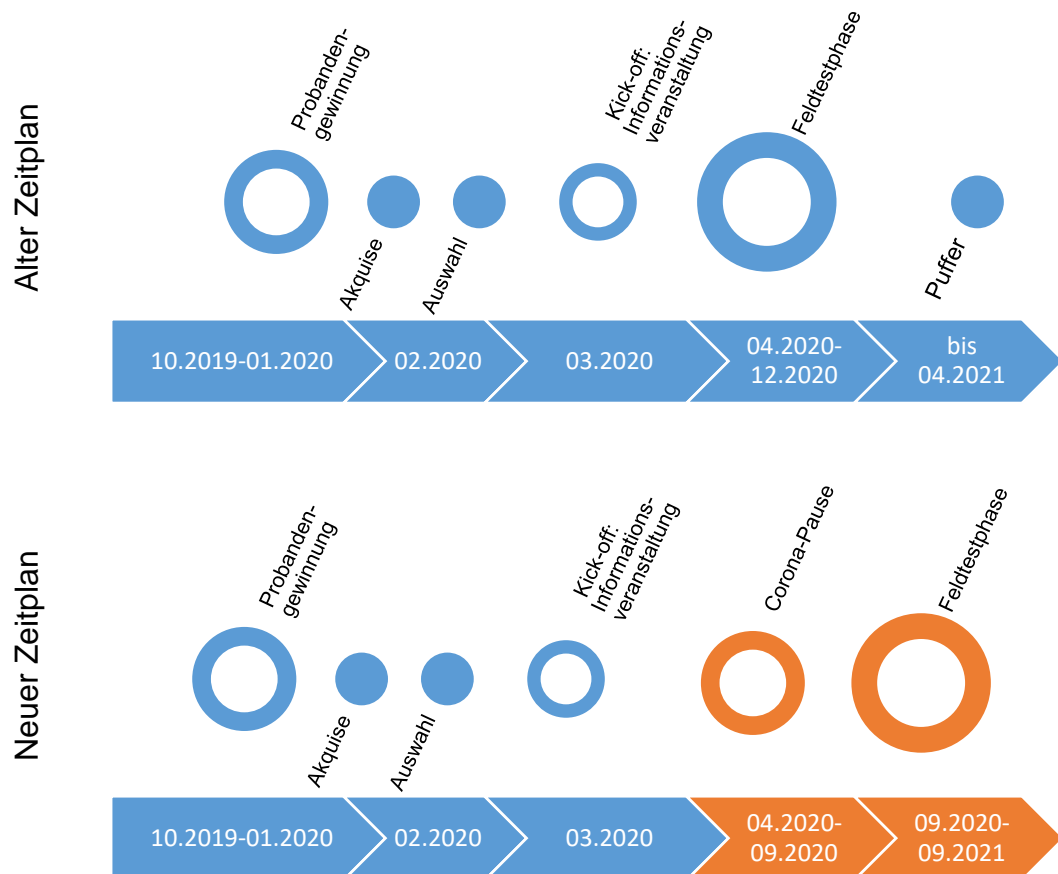
Neben der Akzeptanzstudie (siehe Deliverable 2.2) sollte im Rahmen des Feldversuchs im Projekt EM:POWER die Wahrnehmung von Brennstoffzellenfahrzeugen durch teilnehmende Probanden untersucht werden. Auch wurde der Fragestellung nachgegangen, ob ein mit Wasserstoff betriebener PKW zum aktuellen Zeitpunkt als Substitut für ein Fahrzeug mit Verbrennungsmotor dienen kann. Darüber hinaus wurden die Mehrpreisbereitschaft und CO₂-Ersparnis eines Brennstoffzellenfahrzeugs betrachtet und die Bewegungen des Testfahrzeugs im Rahmen des Feldtests visualisiert.

¹ Das kurze Fahren eines Wasserstoff PKW während einer Messe; Durchführung eines Tankvorgangs; Befragung von Personen, die mit H₂-Bus gefahren sind (Altmann et al., 2001; Canzler & Schmidt, 2012).

2 Ablauf des Feldtests

Ursprünglich sollte der Feldtest von 04.2020 bis 12.2020 durchgeführt werden. Durch Corona wurde der Start jedoch auf September 2020 verschoben (siehe Abbildung 1). Die Verschiebung des Feldtests wurde insbesondere durch die Reisebeschränkungen innerhalb der EU notwendig, wodurch eine Einreise nach Frankreich zum Betanken des Brennstoffzellenfahrzeugs deutlich erschwert oder zeitweise unmöglich wurde.

Abbildung 1: Ursprünglicher und neuer Zeitplan Feldtest



Quelle: Eigene Abbildung

Insgesamt standen während des Feldversuchs zwei Wasserstofftankstellen zur Verfügung. Eine H₂-Tankstelle in Sarreguemines² und ab Ende März 2021 eine H₂-Tankstelle von H2Mobility in Saarbrücken-Gersweiler³. Jedoch zeigte sich die Tankstelle in Sarreguemines als technisch sehr unzuverlässig und für eine alltägliche Nutzung nicht prakti-

² Betankung mit 350bar, daher nur maximal halbe Reichweite realisierbar; Nutzung nur mit Termin innerhalb der Öffnungszeiten der Gemeinde Sarreguemines

³ Betankung mit 700bar, 24h/Tag geöffnet

kabel (siehe Kapitel 3.2.2.3). Daher wurde der Feldversuch bis zur Eröffnung der Tankstelle in Saarbrücken-Gersweiler⁴ verschoben. Der sich daraus ergebende Zeitplan des Feldversuchs kann Tabelle 1 entnommen werden.

Während des Feldversuchs befand sich die H2-Tankstelle in Saarbrücken-Gersweiler im „Optimierungsbetrieb“. Damit einher gingen kurzzeitige Störungen und längere Ausfallzeiten der Tankstelle. Auch diese sind Tabelle 1 zu entnehmen. Daher konnten zu vier Terminen die Wasserstofftankstelle nicht oder nur eingeschränkt genutzt werden. Weitere drei Termine mussten auf Grund langfristiger Störungen entfallen.

Tabelle 1: Zeitplan des Feldtests

	Teilnehmeranzahl	Fahrzeug erhalten	Fahrzeug abgeben	Anmerkungen
Slot 1	1	22.09.2020	29.09.2021	Betankung in Sarreguemines
Slot 2	1	02.10.2020	09.10.2020	Betankung in Sarreguemines
Slot 3	1	19.02.2021	08.03.2021	Betankung in Sarreguemines
	Teilnehmeranzahl	Fahrzeug erhalten	Fahrzeug abgeben	Anmerkungen
Slot 4	2	30.03.2021	05.04.2021	
Slot 5	1	05.04.2021	12.04.2021	
Slot 6	1	13.04.2021	20.04.2021	
Slot 7	1	21.04.2021	28.04.2021	eingeschränktes Tanken, Tankstelle defekt
Slot 8	2	28.04.2021	05.05.2021	
Slot 9	2	05.05.2021	12.05.2021	
Slot 10	2	12.05.2021	19.05.2021	
Slot 11	1	19.05.2021	26.05.2021	
Slot 12	2	26.05.2021	02.06.2021	
Slot 13	2	02.06.2021	09.06.2021	kein Tanken möglich, da Tankstelle defekt
Slot 14	0	09.06.2021	16.06.2021	Entfallen, Tankstelle defekt
Slot 15	1	16.06.2021	23.06.2021	
Slot 16	1	23.06.2021	30.06.2021	eingeschränktes Tanken, Tankstelle defekt
Slot 17	0	30.06.2021	07.07.2021	entfallen wegen Reifenpanne
Slot 18	0	07.07.2021	14.07.2021	entfallen wegen Reifenpanne
Slot 19	2	14.07.2021	21.07.2021	
Slot 20	1	21.07.2021	28.07.2021	
Slot 21	2	28.07.2021	04.08.2021	
Slot 22	1	04.08.2021	11.08.2021	
Slot 23	1	11.08.2021	18.08.2021	
Slot 24	1	18.08.2021	25.08.2021	
Slot 25	1	25.08.2021	01.09.2021	
Slot 26	1	01.09.2021	08.09.2021	eingeschränktes Tanken, Tankstelle defekt
Slot 27	0	08.09.2021	15.09.2021	Entfallen, Tankstelle defekt
Slot 28	1	15.09.2021	22.09.2021	

Quelle: Eigene Abbildung

⁴ Ende März 2021

Insgesamt konnten 33 Personen aus 24 Haushalten am Feldversuch teilnehmen.

Die ursprüngliche Stichprobenplanung sah 30 Teilnehmer⁵ mit einem ausgewogenen Verhältnis von männlichen zu weiblichen Teilnehmern vor. Ebenso sollten 20% der Teilnehmer unter 30 Jahre und je 40% zwischen 30-50 Jahre bzw. über 50 Jahre alt sein.

Durch die starke Verzögerung des Feldtests, inklusive unsteter Betankungssituation, hat sich die Stichprobenzusammensetzung leicht verändert (siehe Tabelle 2). Auch wurden, um zeitliche Ausfälle der Tankstelle zu kompensieren, Lebenspartner von Teilnehmern neu als Teilnehmer in den Feldtest aufgenommen, was auch zur Veränderung der Stichprobe beigetragen hat. So erhöhte sich die Zahl Teilnehmer auf 33 Personen, sowie die Zahl der männlichen Probanden von 15 auf 18 Personen. Die Altersverteilung der Probanden veränderte sich zugunsten der Teilnehmergruppen *30-50 Jahre* und *über 50 Jahre* (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Zusammensetzung der Stichprobe

	Geplante Stichprobe ⁶		Tatsächliche Stichprobe	
	Anzahl (N=30)	Prozent	Anzahl (N=33)	Prozent
Geschlecht				
Männlich	15	50 %	18	54,5 %
Weiblich	15	50 %	15	45,5 %
Alter				
Unter 30 Jahre	6	20 %	5	15,2 %
30-50 Jahre	12	40 %	13	39,4 %
Über 50 Jahre	12	40 %	15	45,5 %

Quelle: Eigene Abbildung

Die organisatorische Umsetzung des Feldtests sah die Übergabe des Testfahrzeugs an die Teilnehmer immer mittwochs am späten Nachmittag/ Abend vor. Während dieses Termins wurden der Leihvertrag und das Übergabeprotokoll unterzeichnet, sowie eine Einweisung in das Fahrzeug und die Tankinfrastruktur vorgenommen. Alle wichtigen Inhalte wurden darüber hinaus in einem Handbuch zusammengefasst, welches den Teilnehmern im Fahrzeug zur Verfügung stand (siehe Anhang 1).

Im Anschluss nutzten die Probanden das Fahrzeug für sieben Tage und gaben das Fahrzeug am darauffolgenden Mittwoch am frühen Nachmittag zurück. Während dieses Ter-

⁵ Aufgrund der besseren Lesbarkeit wird im Text das generische Maskulinum verwendet. Gemeint sind jedoch immer alle Geschlechter.

⁶ Siehe Wasserstoffmobilität im Praxistest - Ziele und Aufbau eines saarländischen Feldexperiments

mins wurde erneut ein Übergabeprotokoll unterzeichnet und von den ersten 20 Teilnehmern ein qualitatives Feedback in Form eines Interviews eingeholt. Anschließend wurde das Fahrzeug durch Projektmitarbeiter für den nächsten Probanden vorbereitet⁷.

⁷ Fahrzeugeinigung, Löschung Nutzerdaten etc.

3 Analysen

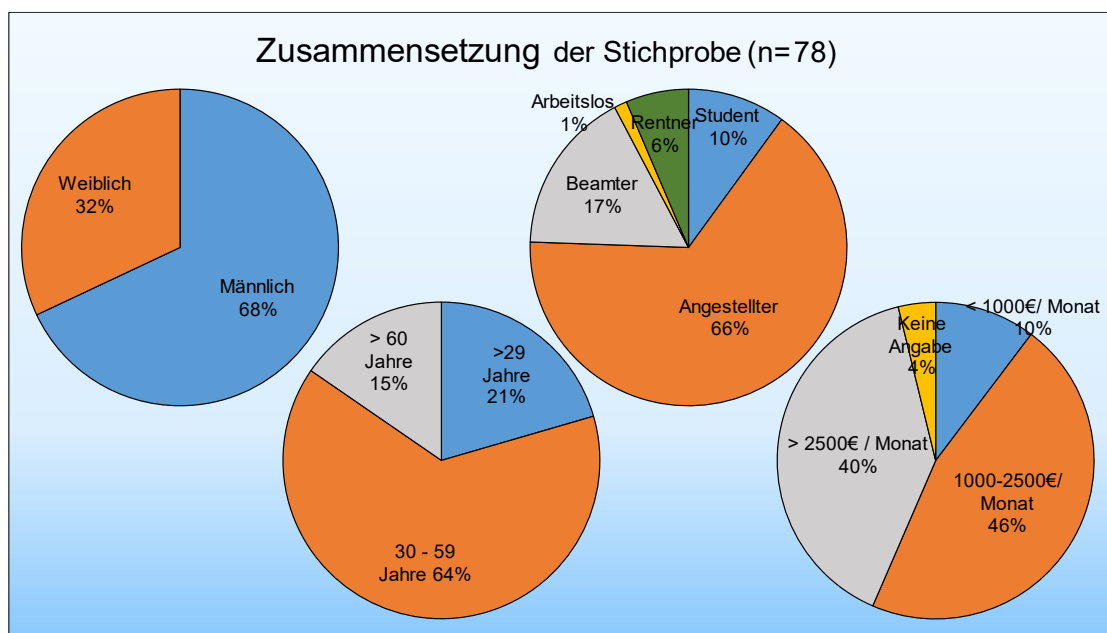
3.1 Teilnahmemotivation

3.1.1 Stichprobe

Die Teilnahmemotivation der Probanden wurde im Rahmen der Umfrage zur Auswahl der finalen Teilnehmer erhoben. Für die Auswertung der Befragung konnten 78 vollständige Datensätze berücksichtigt werden.

Die demographische Zusammenfassung der Stichprobe ist Abbildung 2 zu entnehmen.

Abbildung 2: Zusammensetzung der Stichprobe (n=78)



Quelle: Eigene Abbildung

3.1.2 Vorgehen

Die Teilnahmemotivation der Probanden wurde durch eine Frage mit offener Antwortmöglichkeit untersucht. Zum Zweck der Auswertung wurden sinnliche Antworten zusammengefasst und thematischen Rubriken zugeordnet. Inhaltlich konnten so die folgenden Rubriken identifiziert werden „*Meinung zur Brennstoffzellentechnologie*“, „*persönliche Beweggründe zur Teilnahme*“ sowie „*erhoffte Erfahrungen durch eine Teilnahme am Feldtest*“. Eine Übersicht der Rubriken und der zugehörigen Antworten ist Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3: Teilnahmemotivation Übersicht

Meinung zur Brennstoffzellentechnologie	
Umweltfreundlich	6
Antrieb der Zukunft	19
Alternative Technik	1
Fortschrittliche Technik	2
Besser als Elektro	8
Effizienter als E-Fahrzeug	1
Es muss ausreichend Infrastruktur da sein	1
Leistung von H2-Fahrzeugen	1
Persönliche Beweggründe zur Teilnahme	
Erfahrung mit Hybrid	3
Interesse an Technik	25
Umweltschutz betragen	9
Interesse für Elektromobilität	4
Persönliche Mobilität in Zukunft nicht ändern wollen	2
Neugierde	2
Technologie/ Forschung fördern	14
Fachliches Interesse	7
Spaß am Autofahren/ Autofan	7
Erhoffte Erfahrungen durch eine Teilnahme am Feldtest	
Wasserstoff Kennenlernen	49
Vergleich Hybrid (Komfort und Verbrauch)	1
Fahrverhalten	14
Alltagstauglichkeit	11

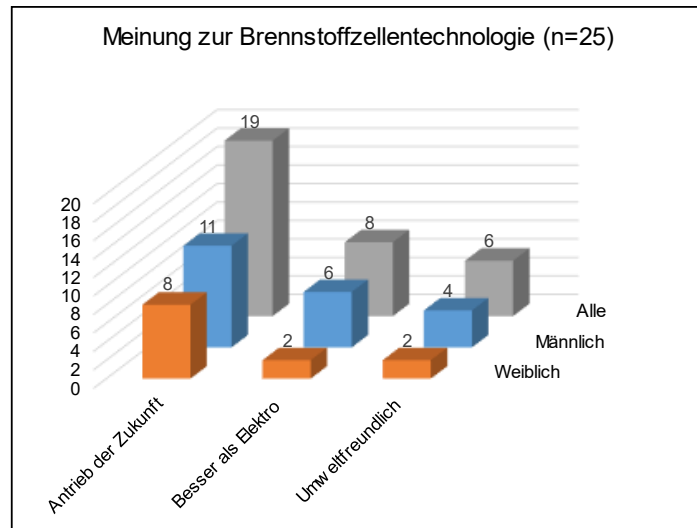
Quelle: Eigene Abbildung

In der folgenden deskriptiven Betrachtung der Ergebnisse, wurden nur solche Antworten berücksichtigt, welche mindestens von drei Probanden als relevant für eine Teilnahme am Projekt EM:POWER genannt wurden (vgl. Tabelle 3).

3.1.3 Ergebnisse im Überblick

25 Probanden äußerten im Rahmen der Befragung ihre Meinung bezüglich der Brennstoffzellentechnologie (siehe Abbildung 3). Von diesen 25 gaben 19 Personen an, dass sie die Technologie als den Antrieb der Zukunft wahrnehmen. Mit ähnlicher Bedeutung, in Hinblick auf den öffentlichen Diskurs hinsichtlich zukünftiger Antriebe und Speichertechnologien, wurde von acht Befragten hervorgehoben, dass ihrer Meinung nach die Brennstoffzellentechnologie im PKW besser sei als rein batterieelektrische Fahrzeuge. Von weiteren sechs Teilnehmern wurde der Aspekt der Umweltfreundlichkeit von Brennstoffzellenfahrzeugen hervorgehoben.

Abbildung 3: Meinung zur Brennstoffzellentechnologie (n=25)

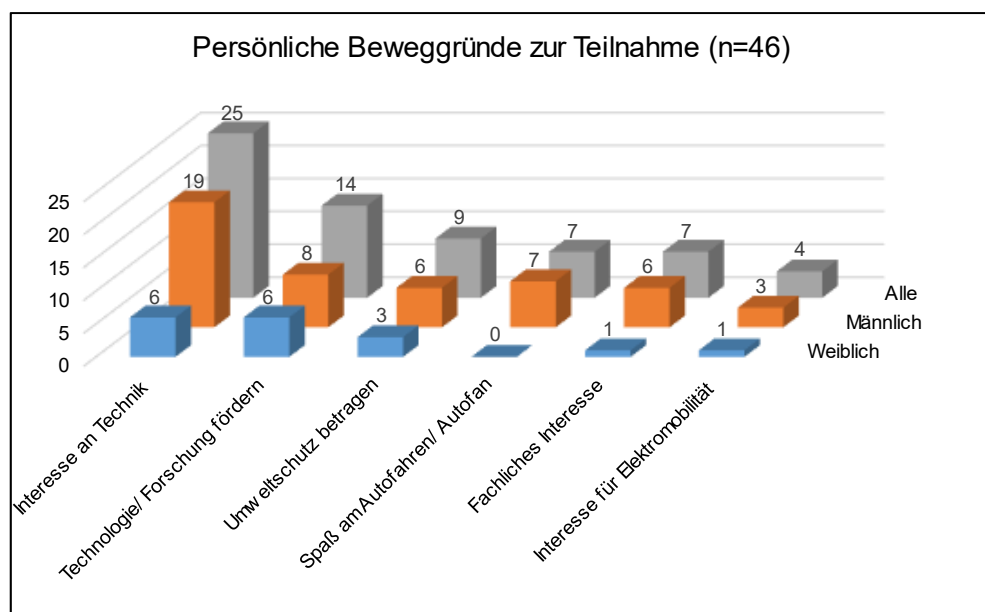


Quelle: Eigene Abbildung

Zu den persönlichen Beweggründen, wegen derer Befragte eine Teilnahme am Feldtest im Rahmen des Projekts EM:POWER erwägen, äußerten sich 46 der 78 Befragten (siehe Abbildung 4).

Am häufigsten wurde als persönliche Motivation das eigene Interesse an Technik genannt, gefolgt von dem Wunsch, sowohl die Technologie als auch die Forschung durch eine Teilnahme zu fördern. Von neun Personen wurde zum Ausdruck gebracht, dass man durch die Teilnahme zum Thema Umweltschutz beitragen wolle, gefolgt von dem Vergnügen am Fahren eines PKW und dem fachlichen Interesse an Brennstoffzellenfahrzeugen. Zuletzt wurde von vier der Befragten das allgemeine Interesse an der Elektromobilität genannt.

Abbildung 4: Persönliche Beweggründe zur Teilnahme (n=46)

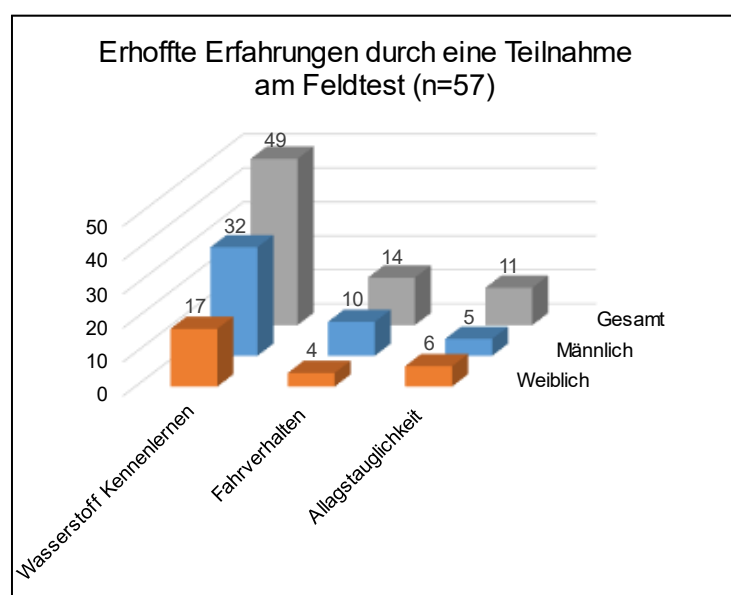


Quelle: Eigene Abbildung

Insbesondere in Bezug auf die drei meistgenannten persönlichen Beweggründe, sollten die Daten kritisch betrachtet werden. In diesen Fällen muss in Betracht gezogen werden, dass es hier unter Umständen zu Verzerrungen durch (bewusste) Antwortmanipulation kam. Es kommt in Betracht, dass es sich hier um eine adressatenspezifische Selbstdarstellung handeln könnte (Döring & Bortz, 2016). So ist es denkbar, dass diese Antworten entweder eine bewusste taktische Antwort darstellen. Dies liegt darin begründet, da die Teilnahmemotivation im Rahmen der Umfrage erhoben wurde, welche als Grundlage zur Auswahl der Probanden diente. Somit ist es möglich, dass hier bewusst das eigene Interesse an Technik und der Wunsch, die selbige und Forschung zu fördern genannt wurden, um als Teilnehmer attraktiver zu wirken. Dieses Verhalten muss jedoch nicht zwingend als Täuschung verstanden werden, da das Antwortverhalten auch durch den Kontext der Befragung geprägt wird und somit die vorliegenden Antworten auch im Zusammenhang mit dem Umfragezweck zu erwarten waren (Döring & Bortz, 2016).

Als letzte Rubrik konnte der Themenbereich „erhoffte Erfahrungen durch eine Teilnahme am Feldtest“ identifiziert werden. In diesem wurden die Aussagen von 57 Befragten gebündelt, welche eine Modifikation der eigenen Meinung auf Grundlage von Erfahrungen im Rahmen des Feldtests implizieren (siehe Abbildung 5). Hier wurde deutlich, dass insbesondere die Neugierde und das Verlangen, erste Erfahrungen mit einem Brennstoffzellenfahrzeug zu sammeln (Wasserstoff Kennenlernen), den Hauptgrund für ein Interesse an der Feldtestteilnahme darstellt. Aber auch das Fahrverhalten und die Alltagstauglichkeit des Fahrzeugs und der Technologie im Allgemeinen wurden mit je elf Nennungen als relevanter Aspekt des Themas „Wasserstoff Erleben“ wahrgenommen.

Abbildung 5: Erhoffte Erfahrungen durch eine Teilnahme am Feldtest (n=57)

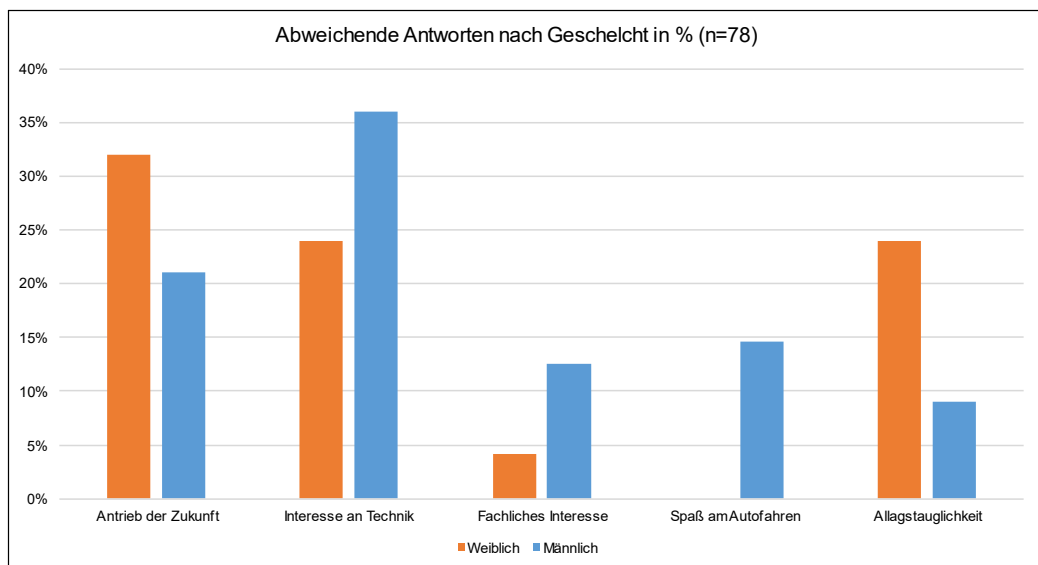


Quelle: Eigene Abbildung

Werden die Antworthäufigkeiten nach Geschlecht verglichen⁸, so kommt es bei fünf Antworten zu Abweichungen (siehe Abbildung 6).

Frauen bewerteten die Brennstoffzellentechnologie häufiger als den Antrieb der Zukunft und legten mehr Wert auf die Alltagstauglichkeit des Fahrzeuges. Dahingegen konnten bei den männlichen Befragten ein höheres fachliches Interesse sowie Interesse an der Technik festgestellt werden. Hinzu kam, dass nur männliche Teilnehmer angaben, dass sie auf Grund der Tatsache, dass sie Spaß am Autofahren haben, am Feldtest teilnehmen möchten.

Abbildung 6: Abweichende Antworten nach Geschlecht in Prozent (n=78)



Quelle: Eigene Abbildung

In den hier nicht genannten Antworten konnten keine Unterschiede im Antwortverhalten zwischen männlichen und weiblichen Teilnehmern der Umfrage beobachtet werden.

⁸ Nennung pro Geschlecht in Prozent der Teilnehmer des entsprechenden Geschlechts, auf Grund der ungleichen Geschlechtsverteilung der Stichprobe.

3.2 Interviews

3.2.1 Methodisches Vorgehen

Im Rahmen des Feldtests wurden qualitative Daten nach den Grundsätzen der Grounded Theory erhoben. Somit werden Datenerhebung und -analyse parallel durchgeführt (vgl. Strübing, 2018).

Im Nachfolgenden wird das Vorgehen bezüglich Datenaufbereitung und -auswertung näher erläutert.

Es wurde mit den ersten 20 der 35 Teilnehmern Interviews durchgeführt. Anschließend wurde auf die Durchführung von Interviews verzichtet, da der Sättigungspunkt erreicht war und zu erwarten war, dass weitere Interviews keine neuen Erkenntnisse generiert würden.

3.2.1.1 Datenerhebung

Für die qualitative Erhebung wurde das Leitfadenterview genutzt. Dieses zeichnet sich dadurch aus, dass ein Interviewleitfaden das Gespräch vorstrukturiert, jedoch eine flexible Anpassung an die Interviewsituation erlaubt (Kruse, 2014; Lamnek, 2010).

Der vorliegende Interviewleitfaden⁹ (siehe Anhang 1), wurde in vier Abschnitte unterteilt. Der erste Abschnitt A war ausschließlich für den Interviewer vorgesehen und diente dazu, die Rahmenbedingungen des Interviews zu notieren.

Abschnitt B beinhaltete eine kurze Zusammenfassung des Interviewhintergrunds. Dieser wurde nur dann benötigt, wenn im Vorfeld keine weiteren Informationen über das Interview mit dem Probanden ausgetauscht wurden. An dieser Stelle wurde auch die Genehmigung des Probanden eingeholt, das Gespräch für den Zweck der Auswertung aufzuzeichnen.

Der dritte Abschnitt stellte den Hauptteil des Interviewleitfadens dar, in welchem die Fragen an den Probanden formuliert wurden. Üblicherweise enthalten Interviewleitfäden drei bis vier Hauptfragen, welche durch Differenzierungsfragen ergänzt werden. Insbesondere bei der Formulierung der Hauptfragen ist darauf zu achten, dass diese offen gestellt werden und dem Befragten Raum zur freien Entfaltung lassen. Abstraktere oder konkrete Fragestellungen sollten hingegen nur für Differenzierungsfragen in Betracht gezogen werden und Verwendung finden, wenn der Befragte den Anschein erweckt, er könne auf diese Frage auch antworten (Froschauer & Lueger, 2003; Keuneke, 2017; Naderer, 2011; Doppler & Steffen, 2019; Steinetz & Weis, 2005).

⁹ Anmerkung: Nach Teilnehmer 114 & 402 wurde der Interviewleitfaden überarbeitet. Dieser wurde in Anhang 2 beigefügt

Da das Interview im Rahmen der Fahrzeugübergabe am Ende der Nutzungsdauer durch die Probanden durchgeführt wurde, sollte die Gesprächsdauer (ca. 20 Minuten) vergleichsweise kurzgehalten werden. Daher beschränkte sich der Leitfaden auf drei Hauptfragen und wenige Differenzierungsfragen.

Die Eröffnungsfrage¹⁰ wurde bewusst offen gewählt, damit Probanden zu Beginn frei assoziieren konnten. Dadurch können die Probanden ihre drängendsten Gedanken und Erfahrungen unbefangen äußern. Dies sollte dem Befragten einen leichten Einstieg in das Interview ermöglichen. Erst in Fragen zwei und drei wurden gezielt Erfahrungen und Nutzbarkeit des Fahrzeugs abgefragt.

Der letzte Abschnitt D bildete den Abschluss des Interviews. Hier erhielt der Proband die Möglichkeit, freie Anmerkungen zu äußern und nochmals zu Wort zu kommen. Auch wurde die Option offeriert, am Ende des Projektes über die Forschungsergebnisse informiert zu werden.

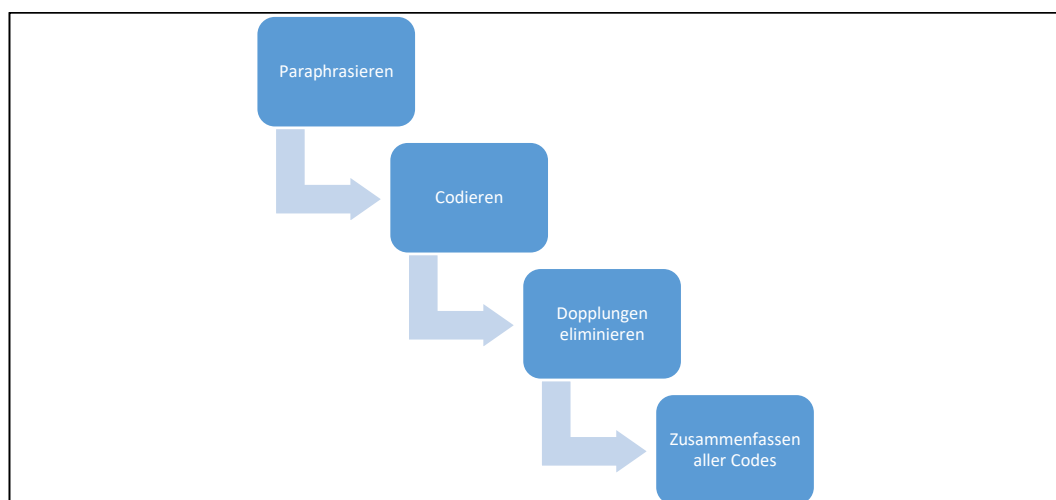
3.2.1.2 Transkription

Zum Zweck der Datenaufbereitung und Auswertung wurden die aufgezeichneten Interviews transkribiert. Es wurde eine kommentierte Transkription durchgeführt, wobei non-verbale Inhalte, zum Beispiel Lachen oder Pausen, notiert wurden. Die Audioaufzeichnungen wurden vollständig in Originalsprache verschriftlicht (Doppler & Steffen, 2019).

3.2.1.3 Datenaufbereitung & Datenauswertung

Der Prozess der Datenaufbereitung gliederte sich weiterhin in vier Schritte (vgl. Abbildung 7).

Abbildung 7: 4 Schritte der Datenaufbereitung



Quelle: Eigene Abbildung

¹⁰ Wie ist es Ihnen während der vergangenen Woche ergangen?

Im ersten Schritt wurden die Transkripte paraphrasiert. Dies umfasste die Identifizierung von auswertungsrelevanten Textpassagen, so dass inhaltstragende und dadurch für die Auswertung relevante, Textpassagen identifiziert wurden. Entsprechend unrelevante Textpassagen wurden gelöscht, wie zum Beispiel die Verabschiedung am Ende des Interviews. Im nachfolgenden Schritt wurden diese Paraphrasen in allgemeine Begriffe umgewandelt, welche den Inhalt der Paraphrase wiedergeben. Dieser Schritt wird Codieren genannt. Da die Codes auf Grundlage der vorliegenden Daten gebildet wurden, handelte es sich in diesem Fall um induktives Codieren.

Im vorletzten Schritt wurden Dopplungen in den generierten Codes (in einem Transkript) gestrichen, da für die Auswertung nur von Interesse ist, ob ein Proband eine entsprechende Aussage getätigt hat, nicht jedoch deren Häufigkeit. Zuletzt wurden die Codes aller Transkripte zusammengefasst, um so die Inhalte aller Interviews darstellen zu können (Doppler & Steffen, 2019).

Zuletzt wurden, im Rahmen der Datenauswertung, die gewonnenen Daten für ausgewählte Probanden separat betrachtet, sowie alle Daten für eine globale Betrachtung gebündelt.

3.2.2 *Einzelanalysen der Interviews*

In der Einzelanalyse wurde eine inhaltliche Transkription der Interviews vorgenommen. Hierbei wurden die wichtigsten Grundaussagen und Einstellungen der einzelnen Interviews festgehalten sowie der allgemeine Eindruck und die Rahmenbedingungen des Gesprächs notiert (Doppler & Steffen, 2019).

Ziel der Einzelanalysen ist es, individuelle Perspektiven der einzelnen Teilnehmer herauszuarbeiten. Zunächst werden die Interviews der drei Teilnehmer vorgestellt, welche die Wasserstofftankstelle in Sarreguemines nutzten (Interview 109, 211 und 401). Anschließend folgen Interviews von Teilnehmern, welche auf die Tankstelle in Saarbrücken-Gersweiler zurückgreifen konnten. Hierfür wurden die folgenden Teilnehmer, wegen unterschiedlicher Rahmenbedingungen, ausgewählt:

- 114 & 402: Paar ausgewählt, welches den Mirai eine Woche gemeinsam nutzte
- 110: Teilnehmer mit weitem Fahrtweg zur Tankstelle und Störung der Tankstelle (Außerbetrieb)
- 112: Teilnehmer, der bereits ein batterieelektrisches Fahrzeug genutzt hat
- 216: Teilnehmer mit kleiner technischer Störung der Tankstelle (Betankung möglich, jedoch keine vollständige Füllung des Tanks)

3.2.2.1 Teilnehmer 109 – Tanken in Sarreguemines

Das Interview mit Teilnehmer 109 wurde per Telefon geführt. Der Teilnehmer hat sich im Vorfeld eingehend mit der Technik und dem Fahrzeug beschäftigt. Daher konnten keine negativen Erfahrungen, im Rahmen der Fahrzeugbedienung, festgestellt werden. Das Fahrzeug wurde durch den Teilnehmer sehr positiv wahrgenommen. Sowohl die Fahreigenschaften als auch die allgemeine Bedienung des Fahrzeugs, wurde sehr positiv bewertet. Generell fahre sich der Toyota Mirai wie ein Elektrofahrzeug und der Fahrzeugwechsel sei, im Vergleich zum eigenen Fahrzeug (konventioneller Verbrenner), mit keinen Umstellungen verbunden.

Kritikpunkte am Fahrzeug waren der geringe Stauraum im Kofferraum und das Fehlen eines fünften Sitzplatzes.

Weiterhin wurde positiv hervorgehoben, dass im persönlichen Umfeld des Teilnehmers ein hohes Interesse am Fahrzeug und der damit verbunden Technik generiert wurde: „Und war natürlich was ich schon mal gesagt habe ein richtiger Hingucker das Auto, also überall ist man wo man stehen geblieben ist, ist geguckt worden und man ist gefragt worden zu dem Auto.“ (Teilnehmer 109, 2020).

Als letzter positiver Aspekt wurde genannt, dass die Wasserstoffmobilität umweltfreundlicher sei, als die Nutzung anderer Antriebe. Somit habe man kein schlechtes Gewissen, auch für kürzere Strecken den eigenen PKW zu nutzen.

Problematisch wurde die aktuell als unzureichend beschriebene Infrastruktur wahrgenommen.¹¹ So sei es für den Teilnehmer in Zukunft wichtig, Echtzeitdaten von Wasserstofftankstellen zu erhalten, ob eine problemlose Betankung möglich sei. Auch müsse die räumliche Verfügbarkeit von Wasserstofftankstellen erhöht werden, damit für den Teilnehmer die Anschaffung eines solchen Fahrzeugs in Zukunft attraktiv würde.

Zusammenfassend ist Teilnehmer 109 dem Thema Wasserstoff in der Mobilität sehr positiv eingestellt. Bei ausreichender Infrastruktur könnte seiner Meinung nach, Wasserstoff der Antrieb der Zukunft werden.

3.2.2.2 Teilnehmer 211 – Tanken in Sarreguemines & Tankstelle defekt

Das Interview mit Teilnehmer 211 wurde persönlich nach der Fahrzeugrücknahme geführt. Der Teilnehmer hatte sich im Vorfeld über die Herstellerwebseite über das Testfahrzeug informiert. Insgesamt äußerte sich der Teilnehmer sehr positiv zu den Fahreigenschaften des Fahrzeugs. „Also hätte ich jetzt nicht gedacht, dass ein Auto das keinen Verbrennungsmotor, so viel Kraft hat“ (Teilnehmer 211, 2020) „[...] ja also schockverliebt bin ich, wenn ich ehrlich bin. Ist schon ein geiles Auto!“ (Teilnehmer 211, 2020). Es

¹¹ Anm.: Teilnehmer 109 konnte nur in Sarreguemines tanken.

konnte eine Einstellungsänderung hin zum positiven festgestellt werden, da dem Brennstoffzellenfahrzeug im Vorhinein schlechtere Fahreigenschaften (insbesondere Leistung des Fahrzeugs) zugesprochen wurden als nach der Nutzung.

Neben der guten Bewertung der Fahrzeugeigenschaften brachte der Teilnehmer Bedenken zum Ausdruck, welche er im Voraus zur Feldtestteilnahme bezüglich des Fahrzeugs hatte. Insbesondere wird hier auf die negative Einstellung zur Marke Toyota verwiesen, in Hinblick auf Design und Image der Marke.

Auch Teilnehmer 211 konnte ein hohes Interesse am Brennstoffzellenfahrzeug, durch das persönliche Umfeld, feststellen. „Ei ja gut, Nachbarschaft war halt präsenter als sonst. Viele Fragen musste man beantworten.“ (Teilnehmer 211, 2020).

Auch wenn der Wasserstoff als teuer bewertet wurde, so war dieser für den Teilnehmer dennoch Auslöser für ein gutes Gewissen. Strecken, die man Früher zu Fuß erledigt habe und nun, mit schlechtem Gewissen, durch den eigenen PKW erledigt würden, wären so keine Umweltbelastung mehr. So könne man auch kurze Strecken bedenkenlos mit dem eigenen (Brennstoffzelle-) Fahrzeug erledigen (Teilnehmer 211, 2020).

Auf Grund der 350-bar Tankstelle und der geringeren Reichweite konnten nicht alle Fahrten durch den Mirai substituiert werden.

Anmerkung: Durch einen Ausfall der Wasserstofftankstelle in Sarreguemines konnte der Teilnehmer das Fahrzeug nur für 3 Tage nutzen.

3.2.2.3 Teilnehmer 401 – Wohnen und Tanken in Sarreguemines

Teilnehmer 401 berichtet, er habe zu Beginn des Feldtests eine große Neugierde verspürt. Von den Fahreigenschaften des Toyota Mirai war der Teilnehmer sehr beeindruckt. Er habe zwar mit einem angenehmen Fahrverhalten gerechnet, jedoch nicht mit einer hohen Leistung und schneller Beschleunigung. Weiterhin habe die einfache Bedienbarkeit und die moderne Ausstattung des Testfahrzeugs überzeugen können. „Ich bin sogar am überlegen, ob ich mir nicht als nächste irgendwie ein Elektroauto anschaffen kann auch mit Automatik.“ (Teilnehmer 401, 2021) äußerte sich Teilnehmer 401.

Auch der Tankvorgang wurde als sehr einfach wahrgenommen, wenn auch die Tankstelle in Sarreguemines, durch ihre Unzuverlässigkeit und lange Betankungsdauer¹², nicht überzeugen konnte. Daher und durch aktuell fehlende Alternativen, wurde die H₂-Tankstelleninfrastruktur als mangelhaft bewertet und es wurde eine Reichweitenangst geäußert.

¹² Die Betankungsdauer von 20-60 Minuten an der Tankstelle in Sarreguemines, wurde als äußerst negativ bewertet.

Damit einher ging, dass es für den Teilnehmer nicht möglich war, alle nötigen Fahrten durch den Mirai zu ersetzen. Ein Ausflug mit mehr als 200km am Wochenende musste mit dem eigenen PKW unternommen werden. Auch Fahrten zum Arbeitsort¹³ wären so nicht möglich, auch wenn diese durch die Corona-Pandemie aktuell auch nicht notwendig seien. Durch das, durch die Pandemie, geänderte Mobilitätsverhalten, konnte die Alltagsmobilität im näheren Umfeld zum Wohnort, gut mit dem H₂-Fahrzeug bewältigt werden. Somit wurde das Fahrzeug primär für kurze Strecken genutzt. Daher sieht der Teilnehmer die zukünftige Anwendung von Brennstoffzellenfahrzeugen nicht für Langstrecken, sondern primär im Bereich des innerstädtischen (Kurzstrecken-)Verkehrs und nannte Carsharing Angebote als ein mögliches Anwendungsgebiet. „Aber [...] für Urlaub oder längere Fahrten von einer größeren Stadt in die andere oder so. Ne, also dazu ist das Netz einfach... Ne, das ist ja eigentlich nicht existent, wenn die nächste Tankstelle 130 Kilometer entfernt ist ja bringt mir das nichts“ (Teilnehmer 401, 2021).

Zu Beginn des Feldtests war der Teilnehmer von der Umweltfreundlichkeit des Antriebs überzeugt und hatte, nach eigenen Angaben, ein gutes Gefühl während des Fahrens. „Woha, toll. Ich [...] verpeste euch mal nicht die Luft!“ (Teilnehmer 401, 2021). Jedoch recherchierte der Teilnehmer selbst zum Thema H₂-Herstellung und erfuhr hierbei Ernüchterung. „Allerdings wenn man sich dann so erkundigt und so nachguckt was es mit dem Wasserstoff da tatsächlich so auf sich hat und wie der gewonnen wird und diese ganzen Vor- und Nachteile dann war ich da doch schon etwas skeptischer, ob das wirklich alles so Sinn macht.“ (Teilnehmer 401, 2021). So sei Wasserstoff dann eine gute Sache, wenn dieser aus grünem Strom gewonnen würde. Jedoch würde in Frankreich¹⁴ aktuell viel über die Elektrolyse mit dem aktuellen Strommix oder durch Atomenergie gesprochen. Daher äußertes sich der Teilnehmer kritisch, ob ein Brennstoffzellenfahrzeug über den gesamten Nutzungszyklus „sauberer“ sei als der eigene Diesel-PKW.

Zuletzt wurde auch durch diesen Teilnehmer angegeben, man stoße in der Öffentlichkeit auf ein höheres Interesse an dem Mirai, als man es durch das eigene Fahrzeug gewohnt sei.

3.2.2.4 Teilnehmer 114 & 402 – gemeinsame Nutzung durch ein Paar

Teilnehmer 114 & 402 nutzten das Testfahrzeug gemeinsam für eine Woche.

114 berichtete, dass sich die Meinung hin zum Positiven verändert habe. Zwar gab es im Vorfeld keine Bedenken bezüglich des Wasserstoffs, jedoch wurde das Automatikgetriebe, auf Grund früherer Erfahrungen, kritisch beäugt. Jedoch konnten diese Zweifel

¹³ ein Weg mit 170km

¹⁴ Anmerkung: der Teilnehmer wohnt in Frankreich und bezog daher seine Informationen durch französische Medien

durch die Nutzung des Mirai beseitigt werden. Teilnehmer 402 gab an, er habe sich im Vorfeld nicht mit dem Thema Wasserstoffantrieb beschäftigt. Daher könne er seine Meinung zu diesem Thema nicht verändert haben.

Beide Teilnehmer waren von den Fahreigenschaften des Fahrzeugs beeindruckt. Nur das Fehlen von Motorgeräuschen sei ungewohnt. „Was mich leicht irritiert hat war, dass ich natürlich, wenn ich das Auto angeschaltet habe, kaum etwas gehört habe. Das heißt ich habe mich das erste Mal als ich selbst gefahren bin (...) ist das Auto jetzt an oder eben nicht an. Das fand schon etwas irritierend.“ (Teilnehmer 114, 2021). 402 bewertete das Fehlen von Motorgeräuschen hingegen als sehr positiv.

Einzig das geringe Kofferraumvolumen wurde von beiden Teilnehmern bemängelt (im Vergleich zum einen Kombi). Somit sei mit einem eingeschränkten Alltagsnutzen zu rechnen. Dennoch konnten alle Fahrten durch den Mirai ersetzt werden.

„Ich sehe das von meinem Empfinden auch als eine der Säulen zukünftig für die Mobilität“ (Teilnehmer 114, 2021) urteilt Teilnehmer 114 abschließend. Insbesondere für den Bereich der Mittel- oder Langstrecken könne sich 114 Brennstoffzellenfahrzeuge vorstellen.

Im Gegensatz zu den Teilnehmern, die in Sarreguemines Tanken mussten, stellte dies für Teilnehmer 114 und 402 kein großes Hindernis dar. „Ja also Tanken funktioniert nach der Anleitung eigentlich narrensicher“ (Teilnehmer 402, 2021) sagte 402. Einzig die mangelnde Erfahrung mit dem Betankungsstutzen habe am Ende des Tankvorgangs zu kleinen Schwierigkeiten geführt¹⁵, die 402 jedoch schnell selbst lösen konnte.

3.2.2.5 Teilnehmer 112 – Erfahrung mit batterieelektrischem PKW

Teilnehmer 112 gab an, die Nutzung des Fahrzeugs sei eine Umstellung, im Vergleich zu einem herkömmlichen Verbrenner. Er habe mit dem Fahrverhalten eines Elektrofahrzeugs gerechnet und sehe seine Erwartungen als erfüllt. Insbesondere die technische Ausstattung und die Assistenzsysteme des Mirai wurden von dem Teilnehmer als positiv wahrgenommen. „[Die Testzeit hat mich dahingehend beeinflusst,] dass es mich eigentlich noch mehr in der Meinung bestärkt, dass das eine zukunftsfähige Technologie ist.“ (Teilnehmer 112, 2021).

Eine vollständige Substitution des eigenen Fahrzeugs (Kombi) sei, durch den zu kleinen Kofferraum, nicht möglich gewesen. Die Reichweite des Mirai empfand der Teilnehmer prinzipiell für den Alltag als ausreichend. Jedoch sei das Tankstellennetz noch zu gering, um die Anschaffung eines Brennstoffzellenfahrzeugs attraktiv zu machen. Zuvor müsse

¹⁵ Es war unklar, wie das Entkoppeln des Tankstutzens vonstattengeht.

dies ausgebaut werden und eine Tankstelle auf einer regelmäßig genutzten Route verfügbar sein¹⁶. Ein Umweg von aktuell ca. 50km pro Betankung, in der Regel zwei Mal pro Woche, sei nicht akzeptabel. Alternativ könne auch die Reichweite des Fahrzeugs deutlich erhöht werden, um die mangelnde Infrastruktur auszugleichen.¹⁷

Auch der Preis für ein Brennstoffzellenfahrzeug müsse in Zukunft noch sinken, damit die Anschaffung eines entsprechenden PKWs attraktiv sei. Auch sei eine zwingende Voraussetzung, dass der Wasserstoff über regenerative Energie gewonnen würde. „Wasserstofffahrzeuge machen ja erst dann im großen Stil Sinn, wenn es mögliche ist Wasserstoff mithilfe von oder überwiegend mit Hilfe von regenerativen Energien zu erzeugen. Ansonsten kann ich auch beim Verbrenner bleiben.“ (Teilnehmer 112,2021). Was die Kosten für Wasserstoff, mit 9,5€ pro Kilogramm, anbelangt, so wurden diese akzeptabel und vergleichbar zu den Kosten für Benzin eingeschätzt.

3.2.2.6 Teilnehmer 216 – kleine Störung der Tankstelle

Teilnehmer 216 empfand die Fahreigenschaften und technischen Ausstattung eines modernen Fahrzeugs als angenehm. Insbesondere der Abstands-Tempomat wurde begeistert hervorgehoben. Generell, berichtet der Teilnehmer, musste er sich nicht Umstellen, um das Fahrzeug zu nutzen.

Angemerkt wurde, dass das Fahrzeug ein Blickfang sei. „[Ich] musste 2, 3-mal eine Probefahrt machen mit Bekannten, die auch unbedingt mal fahren wollten und sehr begeistert waren“ (Teilnehmer 216, 2021).

Bezüglich des Tankvorgangs gestand 216 ein, im Vorfeld habe man sich unsicher gefühlt ob der Tankvorgang bewältigt werden könne. Jedoch habe das Video von H2-Mobility geholfen und das Betanken sei überraschend unkompliziert verlaufen. Jedoch habe die Tankstelle das Fahrzeug nicht vollständig befüllt. Daher wünscht sich Teilnehmer 216 für die Zukunft, dass die App des Tankstellenbetreibers auch Auskunft erteilt, wie lange eine Tankstelle nicht verfügbar sei, bzw. in wieviel Minuten eine neue Betankung möglich ist. Generell wurde eine Reichweitenangst, bezüglich des Erreichens und der Funktion der Tankstelleninfrastruktur, geäußert. Somit zog 216 den Schluss, dass ein Brennstoffzellenfahrzeug für den Kurzstreckenverkehr genutzt werden könne, jedoch für die Langstrecke ein klassischer Benziner besser wäre. „[Ich] würde mich vielleicht mit einem normalen Benziner ein bisschen sicherer fühlen, dass man immer irgendwo tanken kann“ (Teilnehmer 216, 2021).

¹⁶ Am Wohn- oder Arbeitsort oder entlang einer gewöhnlichen Fahrtroute; aktuell sei etwa ein Umweg von 50km pro Betankung notwendig, was nicht akzeptabel sei.

¹⁷ Unter der Annahme, dass der Mirai der ersten Generation etwa 370km Reichweite bei Fahrten auf der Autobahn aufweist.

Während der Nutzung des Fahrzeugs im alltäglichen Gebrauch, wurde das Platzangebot, im Vergleich zum eigenen Kombi, als zu gering bewertet. Auch das Fehlen eines fünften Sitzplatzes wurde, bei der relativen Größe des Mirai, negativ wahrgenommen.

In Zukunft ein eigenes Brennstoffzellenfahrzeug zu besitzen, kommt für 216 durchaus in Betracht. Jedoch müssten diese zuvor kompakter werden und die Anschaffungskosten sinken. Hinzu kommt der weitere Ausbau der Infrastruktur, insbesondere einer Tankstelle in Wohnortnähe. So werde die Anschaffung eines eigenen Brennstoffzellenfahrzeugs in Zukunft attraktiv.

3.2.2.7 Teilnehmer 110 - Lange Anfahrt zur Tankstelle

„Ich bin absolut begeistert“. Diese Äußerung spiegelt die Einstellung von 110 bezüglich des Fahrzeugs wider. Die verschiedenen Assistenzsysteme wurden hierbei hervorgehoben, ebenso wie die durchgehende Beschleunigung des Fahrzeugs. Als Wehmutstropfen wurde das mangelnde Platzangebot¹⁸ im Inneren des Fahrzeugs, bei großen Außenmaßen, angemerkt.

Einen großen Fokus in seinen Schilderungen, legte Teilnehmer 110 auf die Tankinfrastruktur. Während der siebentägigen Feldtestteilnahme war die Tankstelle für mehrere Tage außer Betrieb, wodurch eine geplante Betankung nach einem Ausflug nicht unternommen werden konnte. „[...] weswegen wir dann mal ein bisschen angefangen haben zu rechnen, ob wir dann überhaupt nochmal heimkommen und nochmal zur Tankstelle hin, weil das sind hin und zurück tatsächlich knapp hundert Kilometer. Hat zum Glück sogar noch mit ein bisschen Puffer gereicht aber ja das ist dann doch ein anderes Auto fahren“ (Teilnehmer 110, 2021).

Daher sei es für die Anschaffung eines eigenen Wasserstofffahrzeugs wichtig, dass ein dichteres Tankstellennetz verfügbar sei. Die kurze Betankungsdauer, im Vergleich zu einem rein batterieelektrischen Fahrzeug, wurde als sehr angenehm empfunden. Auch der Gedanke eines H₂-Plugin-Hybrid wurde von Teilnehmer 110 angesprochen. Dies sei für ihn daher interessant, da man so auf die Komponenten eines Verbrenners verzichten könne.

„Ich habe schon länger mit dem Gedanken gespielt und ich glaube der Entschluss steht jetzt fest mein nächstes Auto wird auf jeden Fall auch ein Elektro-Auto“ (Teilnehmer 110, 2021) lautet das Fazit von Teilnehmer 110 am Ende des Feldtests.

¹⁸ Kleiner Kofferraum, mangelnde Beinfreiheit, zu große Mittelkonsole)

3.2.3 Globale Analyse der Interviews

In der globalen Betrachtung wurden in allen Datensätzen zunächst Dopplungen eliminiert. Anschließend wurden alle gewonnenen Aussagen konsolidiert. Zur Abschließenden Auswertung wurden alle Codes zu drei inhaltlichen Kategorien¹⁹ sowie drei wertenden Kategorien²⁰ zugeordnet (siehe Tabelle 4).

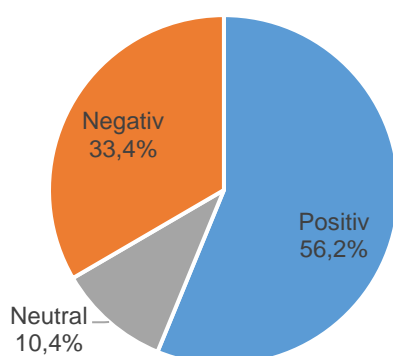
Tabelle 4: Kategorien der Analyse (n=20)

		Inhaltliche Kategorie			
Wertende Kategorie		Fahrzeug	Tanken	Allgemeines	Summe
	Positiv	169	36	34	239
	Neutral	23	6	15	44
	Negativ	72	55	15	142
	Summe	264	97	64	425

Quelle: Eigene Abbildung

Als Vorbereitung der univariaten Datenauswertung (Magerhand, 2016), wurden alle Aussagen der Probanden entsprechend der inhaltlichen und wertenden Aussage ausgezählt und die gewonnenen Häufigkeiten ergänzt (siehe Tabelle 4). Als Ergebnis resultiert eine Matrix, welche das Stimmungsbild der interviewten Probanden widerspiegelt und aufzeigt, wie oft mit dem Fahrzeug, dem Tanken und allgemeinen Themen positive, neutrale oder negative Aussagen verknüpft wurden.

Abbildung 8: Überblick Feldtest gesamt (n=425)



Quelle: Eigene Abbildung

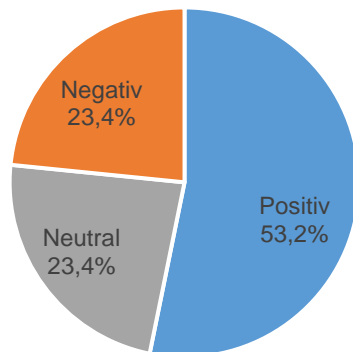
Insgesamt betrachtet, wurde der Feldversuch mit dem Brennstoffzellenfahrzeug durch die befragten Teilnehmer positiv bewertet (siehe Abbildung 8). In Summe überwiegen, mit einem Anteil von 56,2%, positive Äußerungen, gefolgt von negativen (33,4%) und neutralen (10,4%) Äußerungen der interviewten Teilnehmer.

¹⁹ Fahrzeug, Tanken, Allgemeines

²⁰ Positiv, neutral, negativ

3.2.3.1 Allgemeines

Abbildung 9: Überblick Allgemeines (n=64)



Quelle: Eigene Abbildung

Wie Abbildung 9 zu entnehmen ist, überwiegt die Anzahl von positiven Aussagen, mit 53,2%, gegenüber neutralen und negativen Aussagen, auf welche jeweils 23,4% der *allgemeinen Aussagen* entfallen.

Vor allem Aussagen wie etwa, dass die eigenen Erwartungen an ein Brennstoffzellenfahrzeug erfüllt wurden, sich die Meinung zum Positiven verändert oder der Feldtest allgemein gut gefallen habe, wurden hier im positiven Sinne getätigt.

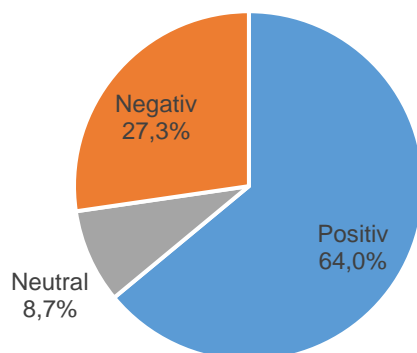
Auch wurde mehrfach angemerkt, man habe keine negativen Erfahrungen im Rahmen des Feldtests gesammelt.²¹ Als neutrale wurden unter anderem Aussagen eingestuft, wie dass sich Teilnehmer im Vorfeld über die Technologie informiert hätten oder man ohne Vorurteile oder Erwartungen an der einwöchigen Testphase teilgenommen habe.²²

Negativ wurden insbesondere allgemeine Verbesserungspotentiale im Bereich der Technik oder anfängliche Schwierigkeiten mit dieser angesprochen.²³

3.2.3.2 Fahrzeug

Auch Aussagen über das *Fahrzeug* wiesen eine überwiegend positive Konnotation auf. Wie Abbildung 10 zu entnehmen ist, waren 64% der Äußerungen hinsichtlich des Fahrzeugs positiv, 8,7% neutral und 27,3% negativ.

Abbildung 10: Überblick Fahrzeug (n=264)



Quelle: Eigene Abbildung

Besonders positiv wurden die Fahreigenschaften des Toyota Mirai hervorgehoben bzw. allgemein eine positive Einstellung zum Brennstoffzellenfahrzeug. Auch wurde sehr häufig berichtet, dass ein Brennstoffzellenfahrzeug wie ein Verbrenner zu nutzen ist und daher keine Umstellung von Nöten sei für dessen Bedienung. Die Hälfte der Interviewteilnehmer kann sich

²¹ 11x Meine Erwartungen wurden erfüllt 5x Änderung der Meinung zum Positiven, 4x keine negativen Erfahrungen gemacht, 4x Feldtest gut gefallen

²² 3x Im Vorfeld über Technologie informiert, 5x keine Vorurteile oder Erwartungen

²³ 5x Verbesserungspotential der Technik im allgemeinen, 2x anfängliche Schwierigkeiten mit Technik

darüber hinaus vorstellen, auch in Zukunft ein Brennstoffzellenfahrzeug zu nutzen.²⁴

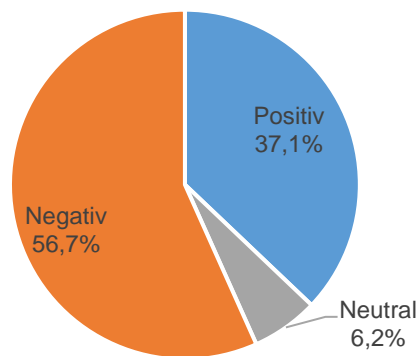
Neutrale Aussagen hinsichtlich des Fahrzeugs waren unter anderen, dass die eigene Fahrweise den Verbrauch des Fahrzeugs beeinflusst oder man im Vorfeld eine andere Vorstellung von dem Fahrzeug gehabt habe²⁵.

Negativ wurde am Toyota Mirai insbesondere der mangelnde Stauraum und der hohe Anschaffungspreis wahrgenommen. Auch wurde vermehrt eine Reichweitenangst geäußert und das Fahrzeug als zu groß wahrgenommen²⁶.

3.2.3.3 Tanken

Im Gegensatz zu den Themen *Allgemein* und *Fahrzeug*, fallen die Bewertungen im Thema *Tanken* mehrheitlich negativ aus. 37,1% der Aussagen sind hierbei positiv, 6,2% neutral und 56,7% negativ (siehe Abbildung 11).

Abbildung 11: Überblick Tanken (n=97)



Quelle: Eigene Abbildung

Positiv wurde angemerkt, dass die Bedienung der Tankstelle einfach sei. Auch sei die Betankung des Fahrzeugs schnell und besser als bei einem batterieelektrischen Fahrzeug.²⁷

Neutral wurde angemerkt, dass die man sich eine zusätzliche Tankstelle in der Nähe zum eigenen Wohnort wünsche, man bereit sei, bei Bedarf auf die Funktionsfähigkeit der Tankstelle (auf dem Gelände der Tankstelle) zu warten und

Live-Daten der Tankstellenverfügbarkeit als wichtig empfunden werden.²⁸

Negativ fielen insbesondere die Funktionstüchtigkeit der Tankstelle und die damit einhergehende Verunsicherung der Teilnehmer ins Gewicht. Die 20 befragten Teilnehmer des Feldtests sehen Verbesserungspotential in der Tankstelleninfrastruktur und empfinden Wasserstoff derzeit als zu teuer.²⁹

Insbesondere im Bereich der Tankinfrastruktur wurden durch die Teilnehmer die größten Defizite wahrgenommen. Dies hängt insbesondere mit der unzureichenden Verfügbarkeit von H₂-Tankstellen im Saarland zusammen. Zu Beginn des Feldversuchs stand nur eine H₂-Tankstelle in Sarreguemines zur Verfügung, welche zuletzt nur mit einem Termin

²⁴ 15x positive Einstellung zu Mirai, 15x gute Fahreigenschaften; 12x keine Umstellung zu Verbrennungsmotor; 10x kann sich vorstellen in Zukunft h2 zu fahren

²⁵ 1x Andere Vorstellung vom Fahrzeug, 1x Fahrweise beeinflusst Verbrauch, 1x Mirai als Statussymbol

²⁶ 14x zu geringer Stauraum, 8x Anschaffungspreis, 8x Auto zu groß, 6x Reichweitenangst

²⁷ 14x einfache Bedienung der Tankstelle, 5x schnelle Betankung, 3x Besser als bei batterieelektrischem Fahrzeug

²⁸ 3x Tankstelle in Reichweite errichten, 1x bereit, auf Funktionsfähigkeit Tankstelle zu warten, 1x Livedaten Tankstelle wichtig

²⁹ 12x Verbesserungspotential der Infrastruktur, 6x Funktionstüchtigkeit der Tankstelle, 6x Unsicherheit durch Probleme mit Tankstelle, 5x Wasserstoff zu Teuer

eine Betankung bis auf 350bar ermöglichte. Diese Tankstelle wurde nur von drei Teilnehmern genutzt, jedoch als sehr unzuverlässig und nicht wünschenswert für die weitere Nutzung bewertet. Während des weiteren Feldversuchs stand ab März 2021 nur eine Tankstelle in Saarbrücken Gersweiler (im Optimierungsbetrieb) zur Verfügung.

Auch hier kam es zu regelmäßigen (Teil-)Ausfällen der Tankstelle. 11 der 20 befragten Teilnehmer konnten ohne technische Einschränkung die H₂-Tankstelle nutzen³⁰.

Durch fehlende Redundanz im saarländischen H₂-Betankungsnetz mussten so die Teilnehmer im Rahmen der Fahrzeugübergabe über die Besonderheiten hinsichtlich der Tankstellenverfügbarkeit informiert werden. Darüber hinaus wurden Termine von zwei Teilnehmern mehrfach auf Grund von Problemen mit der Tankinfrastruktur verschoben. Somit besteht die Möglichkeit, dass es zu einer Verzerrung der Wahrnehmung der H₂-Tankinfrastruktur kam. Jedoch ist davon auszugehen, dass ohne eine entsprechende Information der Teilnehmer die Wahrnehmung der H₂-Tankinfrastruktur noch schlechter ausgefallen wäre, da die Teilnehmer kurzfristig mit unerwarteten Problemen der Betankungsinfrastruktur konfrontiert worden wären.

³⁰ 11x ohne technische Beeinträchtigung tanken; 6x Tankstelle teilweise oder ganz außer Betrieb (davon 3x in Sarreguemines), 3x keine Angabe

3.3 Zahlungsbereitschaft

Im Rahmen der Befragungen vor und nach der Teilnahme am Feldtest, wurde die Zahlungsbereitschaft der Probanden abgefragt. Ziel ist es zu ergründen, ob und wie die Nutzung eines Brennstoffzellenfahrzeugs im Alltag die Zahlungsbereitschaft der Probanden beeinflusst. Dazu wurden die Probanden befragt, welche Kosten sie im Vergleich zu einem PKW mit Verbrennungsmotor bereit sind, für ein Brennstoffzellenfahrzeug zu zahlen (siehe Abbildung 12). Die gleiche Fragestellung wurde in Bezug auf die Betriebskosten eines Brennstoffzellenfahrzeugs gestellt.

Abbildung 12: Frage zur Zahlungsbereitschaft

Für ein Brennstoffzellenfahrzeug...
... möchte ich weniger zahlen müssen, als für ein heutiges Fahrzeug mit Verbrennungsmotor.
... wäre meine Zahlungsbereitschaft genauso hoch, wie für ein Verbrennerfahrzeug.
... könnte ich mir vorstellen, einen Aufpreis zu zahlen.“

Quelle: Eigene Abbildung

Zeitgleich sollten die Probanden angeben, wie viel höher/geringer der Kaufpreis bzw. die Betriebskosten eines Brennstoffzellenfahrzeugs, im Vergleich zu einem PKW mit Verbrennungsmotor, sein sollten (siehe Abbildung 13).

Abbildung 13: Frage zur prozentualen Zahlungsbereitschaft

Ich möchte für ein Brennstoffzellenfahrzeug/ die Betriebskosten eines Brennstoffzellenfahrzeugs... % mehr/weniger bezahlen als für ein gleichwertiges Fahrzeug mit Verbrennungsmotor.

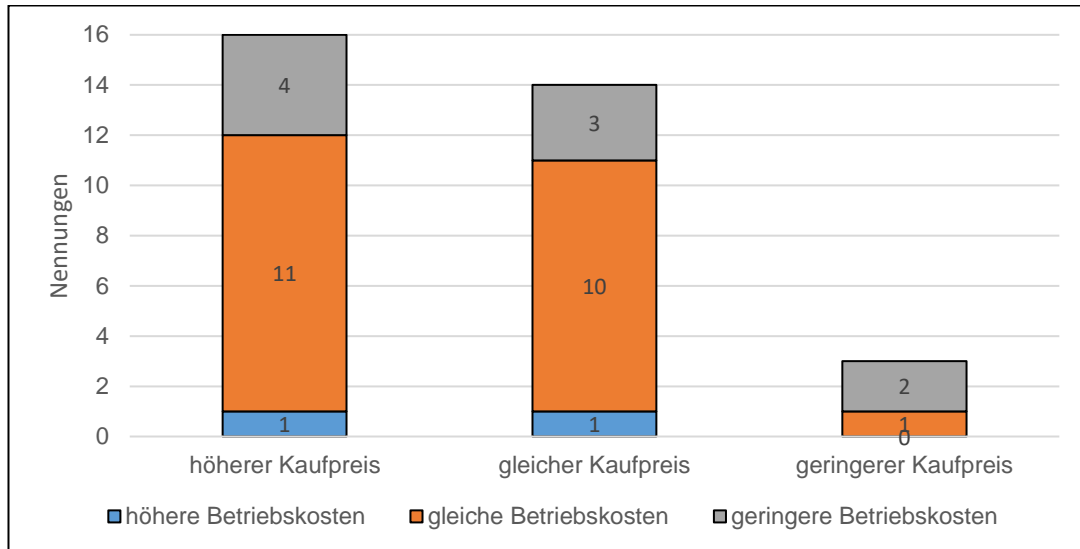
Quelle: Eigene Abbildung

Diese Fragen wurden von den Probanden sowohl vor als auch nach der Nutzung des Brennstoffzellenfahrzeugs beantwortet. Im Folgenden werden die Ergebnisse der obenstehenden Fragestellungen erörtert. Zunächst wird die Häufigkeitsverteilung der Zahlungsbereitschaft bei Kauf eines PKWs (Kaufpreis) in Kombination mit der Zahlungsbereitschaft für Betriebskosten betrachtet. Anschließend erfolgt die Diskussion der prozentualen Mehrzahlungsbereitschaft.

3.3.1 Häufigkeitsverteilung der Zahlungsbereitschaft

Vor der Fahrzeugnutzung gaben drei Personen an, weniger für ein Brennstoffzellenfahrzeug zahlen zu möchten als für einem vergleichbaren Fahrzeug mit Verbrennungsmotor. 16 Personen gaben an, dass sie einen höheren Kaufpreis, zu zahlen bereit seien (siehe Abbildung 14).

Abbildung 14: Zahlungsbereitschaft vor Fahrzeugnutzung (n=33)

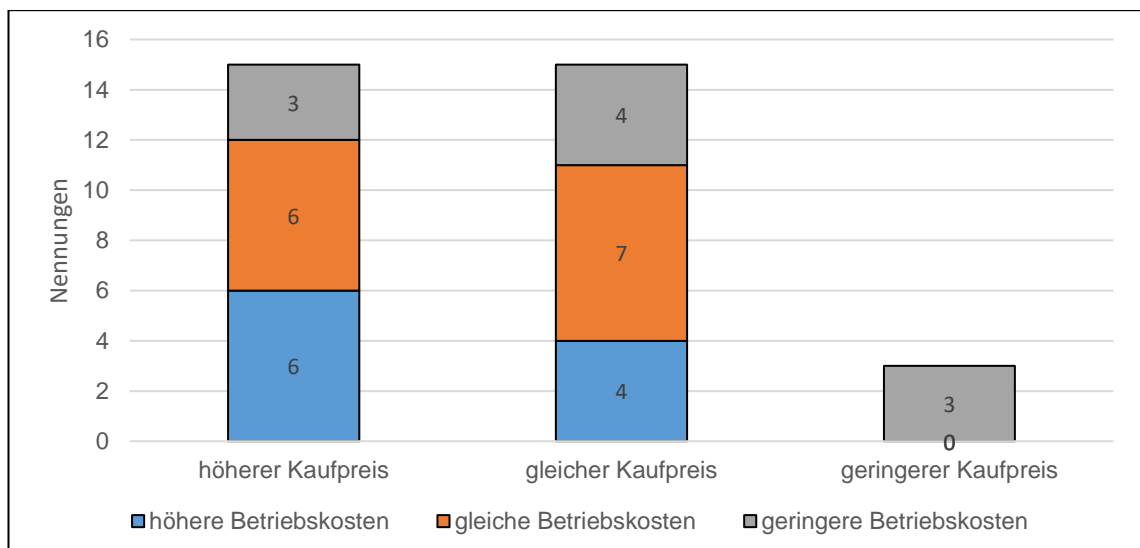


Quelle: Eigene Abbildung

Wird die Zahlungsbereitschaft in Hinblick auf die Betriebskosten eines PKWs betrachtet, so sind nur zwei Probanden bereit, höhere Betriebskosten (im Vergleich zu einem PKW mit Verbrennungsmotor) zu zahlen. Die Mehrzahl von 21 Teilnehmern gab an, die gleiche Summe an Betriebskosten aufwenden zu wollen. Weitere neun Teilnehmer möchten hingegen geringere Betriebskosten zahlen.

Vergleicht man diese Ergebnisse mit denen der Befragung, welche nach der Nutzung des Brennstoffzellenfahrzeugs durchgeführt wurde, ergibt sich keine Änderung der Häufigkeitsverteilung der Zahlungsbereitschaft bei Erwerb eines PKWs (siehe Abbildung 15).

Abbildung 15: Zahlungsbereitschaft nach Fahrzeugnutzung (n=33)



Quelle: Eigene Abbildung

In Hinblick auf die Betriebskosten eines Brennstoffzellenfahrzeugs fand eine deutliche Änderung der Teilnehmereinstellungen statt. So entschieden sich weniger Teilnehmer

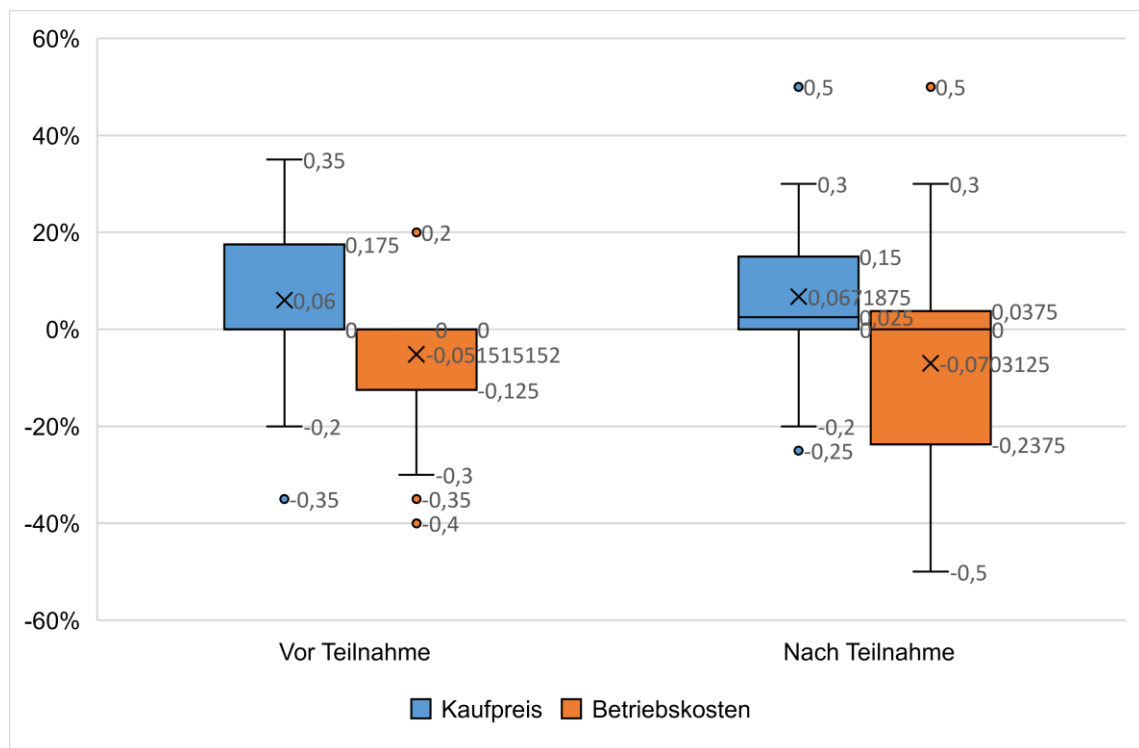
für die Option der gleichen Betriebskosten³¹. Der deutliche Gewinner dieser Verschiebung ist die Antwortoption „höhere Betriebskosten“. Wo vor dem Feldversuch nur zwei Personen dazu bereit waren, höhere Betriebskosten zu zahlen, sind nun zehn Personen dazu bereit. Auch Die Zahl der Teilnehmer, die geringere Betriebskosten wünschen, ist von neun auf zehn Personen angestiegen.

Die Teilnehmer wurden sowohl durch die Alltagsnutzung mit der Bedienung als auch mit einem Überblick der Betriebskosten des Fahrzeugs konfrontiert. Es ist davon auszugehen, dass dadurch die Meinungsbildung, hinsichtlich der Betriebskosten, gefördert wurde. Zusammenfassend ist die Tendenz erkennbar, dass Probanden mit einer Mehrzahlungsbereitschaft bei dem Kauf eines Fahrzeugs eher dazu bereit sind, höhere Betriebskosten in kauf zu nehmen. Die Bereitschaft, höhere Betriebskosten zu tragen, nimmt mit der Mehrpreisbereitschaft des Kaufpreises ab (siehe Abbildung 15).

3.3.2 Prozentuale Zahlungsbereitschaft

Die Fragestellung, wie viel Teilnehmer prozentual mehr oder weniger für ein Brennstoffzellenfahrzeug und dessen Betriebskosten zahlen möchten, beantwortet Abbildung 16.

Abbildung 16: höhere/ niedrigere Zahlungsbereitschaft in Prozent - vor und nach Teilnahme (n=33)



Quelle: Eigene Abbildung (2021)

³¹ Vor der Teilnahme: 21; nach der Teilnahme 13

Sowohl im Bereich der Betriebskosten und des Kaufpreises finden, in Bezug auf den Median und den Durchschnittswert, nur geringe Veränderungen statt.

Im Durchschnitt waren Probanden vor der Teilnahme am Feldtest dazu bereit, +6% mehr für ein Brennstoffzellenfahrzeug zu zahlen. Nach der Teilnahme an der Feldstudie betrug die Mehrpreisbereitschaft durchschnittlich +6,7%. Parallel verschob sich der Median von +/-0% auf +2,5%.

Gleichzeitig erhöhten sich der Minimal- und Maximalwert des Kaufpreises leicht. Vor dem Feldversuch wollten Teilnehmer -35% weniger für ein Brennstoffzellenfahrzeug zahlen bis hin zu +35% mehr. Nach dem Feldversuch waren Teilnehmer bereits mit einer Einsparung von -25% einverstanden oder dazu bereit, bis zu +50% mehr zu zahlen. Diese Änderungen betrafen jedoch primär die Ausreißer. Das untere Quartil blieb unverändert bei +/-0%. Das obere Quartil lag bei 17,5% vor und 15% nach dem Feldversuch. Im Durchschnitt wollten Probanden vor der Teilnahme am Feldtest -5,2% weniger für die Betriebskosten eines Brennstoffzellenfahrzeug zahlen. Nach der Teilnahme an der Feldstudie betrug der Durchschnittswert -7%. Parallel blieb der Median konstant, so dass der Median der Betriebskosten bei +/-0% lag.

Gleichzeitig haben sich der Minimal- und Maximalwert der Betriebskosten verändert. Vor dem Feldversuch wollten Teilnehmer -40% weniger für die Betriebskosten zahlen bis hin zu +20% mehr. Nach dem Feldversuch sollten Einsparung von -50% möglich sein, bis hin zu einem Aufschlag von +50%. Das untere Quartil ist von -12,5% auf -23,8% gesunken, das obere Quartil von +/-0% auf +3,8% gestiegen. Somit ist auch Interquartilsabstand von 12,5 auf 27,6 gestiegen. Die Streuung im Bereich der Betriebskosten ist nach der Teilnahme am Feldversuch größer, als diese es vor der Teilnahme war. Gleichzeitig ist die Spannweite von 60 auf 100 gestiegen.

Abschließend kann festgehalten werden, dass die Teilnahme am Feldversuch einen stärkeren Einfluss auf die Zahlungsbereitschaft der Betriebskosten eines Brennstoffzellenfahrzeugs, denn den Kaufpreis hatte. Durch den Feldtest ist die durchschnittliche Kaufpreisbereitschaft leicht auf 6,7% gestiegen³². Hingegen verschlechterte sich die Zahlungsbereitschaft der Betriebskosten um knapp ein Drittel auf durchschnittlich -7%.

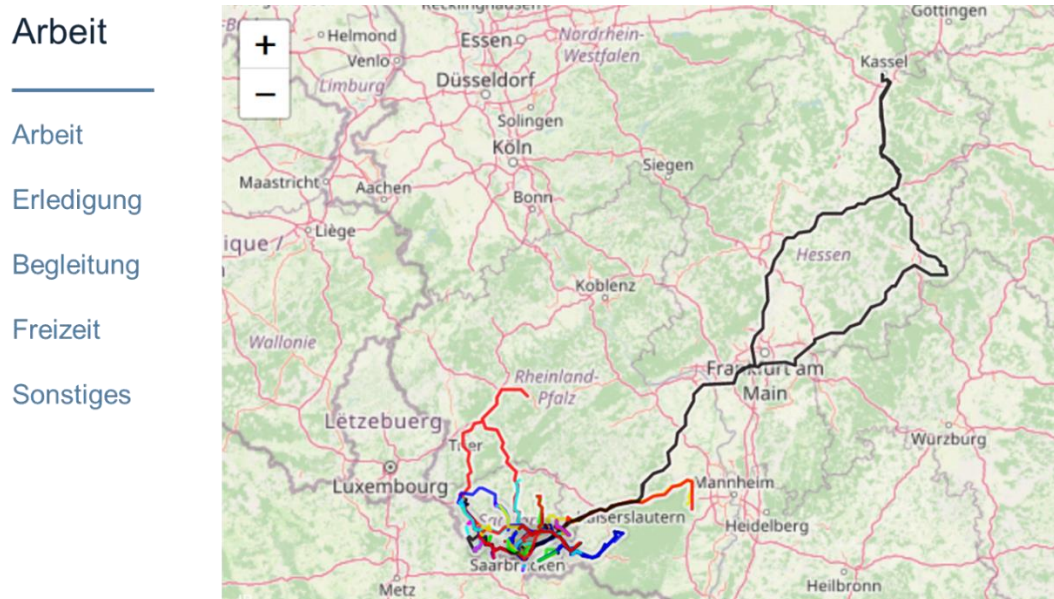
³² Im Verhältnis zu einem vergleichbaren Fahrzeug mit Verbrennungsmotor.

3.4 Mobilitäts- und CO2-Daten

3.4.1 Mobilitätsdaten

Im Rahmen des Projektes wurde das Mobilitätsverhalten der Teilnehmer vor der Teilnahme am Feldtest durch eine Onlineumfrage erhoben und während des Feldtests mittels Fahrtenbuches und GPS-Tracker erfasst. Die Fahrtenerfassung durch den GPS-Tracker erfolgte im Einklang mit der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) und mit dem Einverständnis der Probanden. Dabei wurde jeder Track hinsichtlich Uhrzeit, Datum sowie Start- und Zielpunkt anonymisiert. Uhrzeit und Datum wurden auf den 01.01.2021 13:00 festgelegt und in einem Radius von 500m um Start- und Zielpunkt wurde alle Trackingpunkte entfernt. Nach jedem Teilnehmer wurde der Tracker ausgelesen und die vorhandenen Daten gelöscht. Die Probanden hatten zudem jederzeit die Möglichkeit den Tracker auszuschalten. Die so erfassten Daten wurden genutzt für die Kategorisierung, Auswertung und Visualisierung der Fahrten.

Abbildung 17: Screenshot Karte EM:POWER Homepage



Quelle: Eigene Darstellung (2021)

Abbildung 17 zeigt die beispielhafte Visualisierung der getrackten Fahrten der Kategorie Arbeit unserer Probanden. Zugleich zeigt die Karte auch die längste Fahrt (Saarland-Kassel-Saarland, 834km) im Rahmen des Feldtestes.

Die Auswertung der Trackingdaten und der Fahrtenbücher ergab, dass die gesamte Fahrleistung der Probanden innerhalb des sieben Monate dauernden Feldtestes 9.514km betrug und der längste Weg 843km war. Hochgerechnet auf 12 Monaten würde dies somit eine Jahresfahrleistung von 16.310km ergeben. Dies liegt geringfügig über

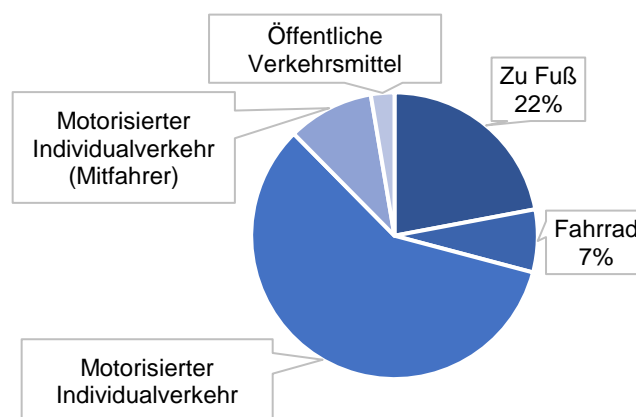
der durchschnittlichen Jahresfahrleistung von 14.700km, welche im Rahmen der MiD ermittelt wurde (infas, 2019).

Im Vorfeld der Teilnahme am Feldtest wurde die 33 Probanden zu Ihrer aktuellen Mobilität online befragt. Um Aussagekräftige Vergleichswerte für die Mobilitätsumfrage im Rahmen des Projektes zu erhalten, orientierte sich die Gestaltung der Fragen an der im Jahr 2017 durchgeführte Studie Mobilität in Deutschland (MiD). Die Studie befragte 156.000 Haushalte mit zusammen 316.000 Personen zu den Themen der individuellen Mobilität und erfasste eine Millionen Wege. Die Wege wurden im MiD kategorisiert in die sieben Schwerpunkte Arbeit, dienstlich, Ausbildung, Einkauf, Erledigung, Freizeit und Begleitung. Als Verkehrsmittel wurde hierbei unterschieden zwischen zu Fuß, Fahrrad, motorisierter Individualverkehr, motorisierter individual Verkehr Mitfahrer und öffentliche Verkehrsmittel (infas, 2019).

Die Onlineumfrage zur Mobilität der Teilnehmer umfasste 5 Fragen. Die Fragen befassten sich mit der persönlichen Einschätzung der Anzahl der Wege und Kilometer, die mit den verschiedenen Verkehrsmitteln pro Woche zurückgelegt werden. Weiterhin wurde erhoben, wieviel Prozent der Wege zu einem bestimmten Zweck zurückgelegt werden³³. Zudem wurden die Probanden befragt wie viele Wege je Reisezweck sie durch den Mirai ersetzen wollen. In Bezug für die spätere Berechnung der CO₂-Bilanz des Feldtestes wurden die Teilnehmer noch um Angaben über den eigenen PKW hinsichtlich Hersteller, Modell, Baujahr, Treibstoff, Verbrauch und CO₂-Austoß gebeten.

Die 33 befragten Probanden gaben an, dass sie geschätzt 199 Wege pro Woche zu Fuß, 64 mit dem Fahrrad, 528 im motorisierten Individualverkehr als Fahrer, 88 als Mitfahrer und 24 Wege mit dem ÖPNV zurücklegen. Die nachfolgende Abbildung 18 zeigt die prozentuale Verteilung der einzelnen Verkehrsmittel.

Abbildung 18: geschätzter %-Anteil der Verkehrsmittel pro Woche

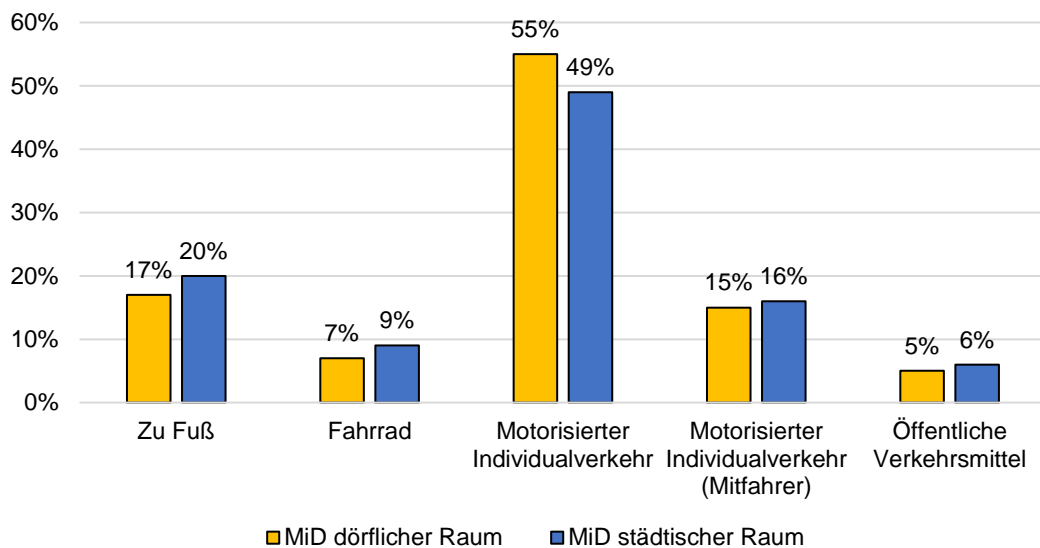


Quelle: Eigene Abbildung (2021)

³³ Arbeit, Erledigung, Begleitung, Freizeit, Sonstiges

Im Vergleich zur Studie MiD zeigt sich, dass die geschätzte prozentuale Verteilung der Nutzung der Verkehrsmittel innerhalb einer Woche zwischen dem Modellsplit des dörflichen und des städtischen Raums liegt. Dies ergibt sich daraus, dass die Probandenauswahl sowohl Personen, die in einem städtischen also auch in einem dörflichen Kontext wohnen und arbeiten umfasste. Die Aufteilung des Modellsplits des städtischen Raums, der geprägt ist durch Mittelstädte und des dörflichen Raums, gemäß MiD, zeigt die folgende Abbildung (infas, 2019).

Abbildung 19: MiD Modellsplit dörflicher und städtischer Raum



Quelle: infas (2019)

Bei der Auswertung der geschätzten Kilometerleistung pro Woche je Reisezweck zeigt sich, dass der motorisierte Individualverkehr mit insgesamt 7.565km und einem Anteil von 82% eine dominierende Rolle im Modellsplit bei den Probanden einnimmt. Die Verkehrsmittel zu Fuß und Fahrrad hatten einen Anteil von jeweils 5%, der motorisierte Individualverkehr als Mitfahren 6% und der ÖPNV 2%. Im Vergleich dazu kommt die Studie Mobilität in Deutschland zu dem Ergebnis, dass 55% im motorisierten Individualverkehr, 20% als Mitfahrer, 19% im ÖPNV und jeweils 3% zu Fuß und mit dem Fahrrad zurückgelegt wurden. Im Vergleich zur MiD wurde vor allem der ÖPNV und der motorisierte Individualverkehr als Mitfahrer durch den motorisierten Individualverkehr substituiert (infas, 2017). Dies könnte einerseits an der Verfügbarkeit des ÖPNVs liegen oder geänderten Nutzungsverhalten aufgrund der Corona-Pandemie.

Im laufenden Feldtest wurden die Probanden gebeten, ihre Fahrten mittels Fahrtenbuches festzuhalten, um im Nachgang das Mobilitätsverhalten auszuwerten und zu visualisieren. Für eine möglichst unkomplizierte Handhabung des Fahrtenbuchs durch die Probanden wurden die Kategorien Arbeit, Dienstlich und Ausbildung zur Kategorie Arbeit

zusammengefasst. Ebenso wurden die Wege zum Einkaufen subsumiert unter der Kategorie Erledigung. Darüber hinaus wurde die Kategorie Sonstiges eingeführt für alle Wege, die nicht in einer der bereits genannten Kategorien fällt. Zudem wurden im Fahrtenbuch eine Legende mit den Kategorien und entsprechenden Beispielen, hinterlegt.

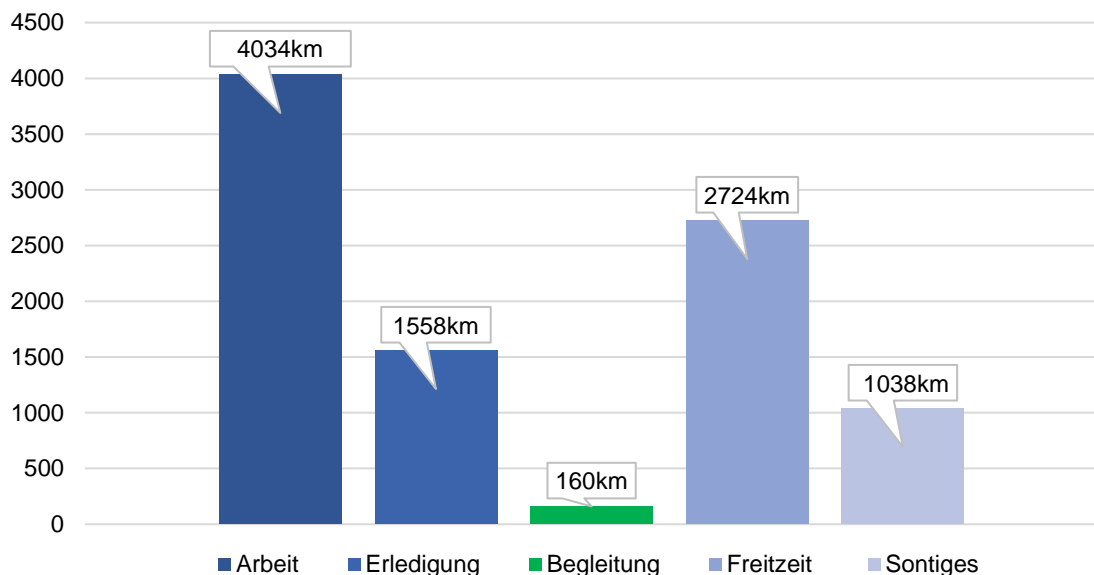
Tabelle 5: Kategorien der Fahrten

Kategorie	Beispiel
Arbeit	z.B. An- und Abreise zur Arbeit, Wege im Rahmen Ihrer dienstlichen Tätigkeit, Wege zur schulischen Ausbildung, Studium etc.
Erledigung	z. B. Einkaufen, Behördengänge und Arztbesuche
Begleitung	z. B. wenn Kinder oder pflegebedürftige Menschen befördert werden
Freizeit	z. B. Sport, Shopping etc.
Sonstiges	Alle Fahrten, die nicht in eine der obigen Kategorien einsortiert werden kann

Quelle: Eigene Darstellung (2021)

Abbildung 20 schlüsselt die Fahrleistung aller Probanden gemäß den definierten Kategorien auf. Es zeigte sich, dass die Kategorie Arbeit, mit einer Fahrleistung von 4.043km, die mit Abstand größte Kategorie ist. Die Kategorie Freizeit mit 2.724km folgt als zweitgrößte Kategorie. Die geringste Fahrleistung umfasst die Kategorie der Begleitung. Dies

Abbildung 20: Fahrleistung je Kategorie

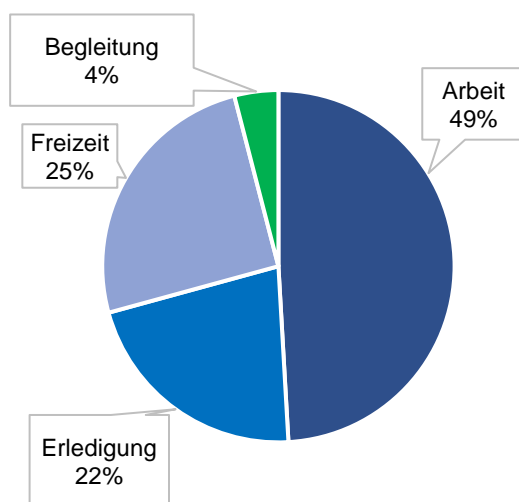


Quelle: Eigene Darstellung (2021)

spiegelt sich auch im Vergleich der Onlineabfrage der prozentuale Anteil der Wege nach Kategorie, die die Probanden beabsichtigen mit dem Brennstoffzellenfahrzeuge zu bewältigen und des im Feldtest erfassten prozentualen Anteil. Die nachfolgenden Kreisdi-

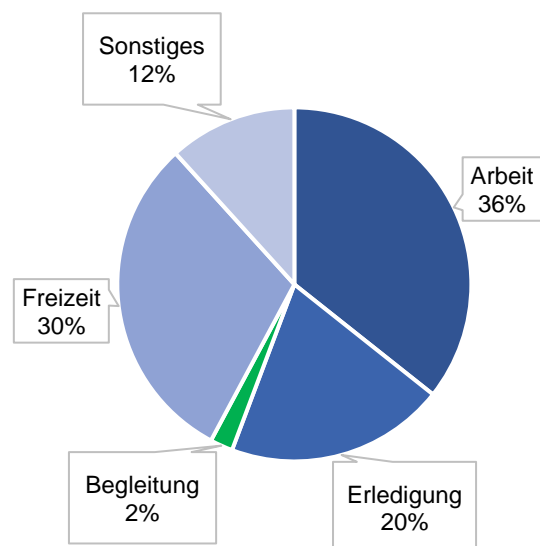
agramme (Abbildung 21 und Abbildung 22) zeigen zu einem, die im Vorfeld des Feldtestes abgefragten beabsichtigen prozentuale Anteil je Kategorie und zum anderen die im Feldtest tatsächliche Verteilung. Grundsätzlich ist festzustellen, dass die Verteilung, in Bezug auf die Größenreihenfolge der einzelnen Kategorien, gleichgeblieben ist. Die dominierende Kategorie ist Arbeit gefolgt von Erledigung, Freizeit, Sonstiges und Begleitung. Einen deutlichen Unterschied gibt es bei den prozentualen Anteilen. Die Kategorie Arbeit fällt im Feldtest um 13% geringer aus wie im Vorfeld durch die Probanden geschätzt. Ebenso fällt die Kategorie Erledigung und Begleitung im Feldtest 2% geringer aus. Dafür steigt die Kategorie Freizeit um 5%. Die restlichen Fahrten verlagern sich zur Kategorie Sonstiges. Gerade die Abnahme im Bereich Arbeit kann im Zusammenhang mit dem Auftreten von Covid-19 und dem deutlichen Anstieg von Homeoffice im Arbeitsalltag stehen (infas, 2019).

Abbildung 231: prozentualer Anteil der Wege nach Zwecke, die durch das Brennstoffzellenfahrzeug bewältigt werden sollen



Quelle. Eigene Darstellung (2021)

Abbildung 222: prozentualer Anteil der Wege nach Zweck im Feldtest

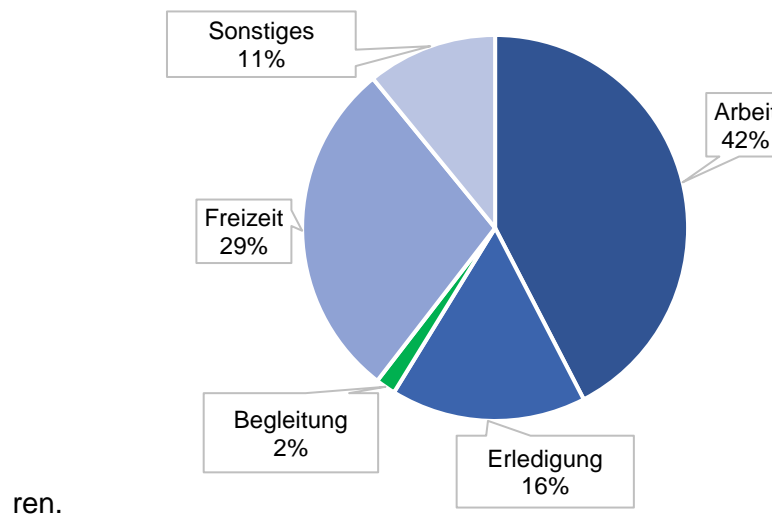


Quelle. Eigene Darstellung (2021)

Die Auswertung der Fahrdaten der Probanden ergab die in Abbildung 243 gezeigte prozentuale Anteile der jeweiligen Kategorien an der Gesamtfahrleistung. Im Vergleich zu den Daten der Studie MiD zeigt sich, dass der prozentuale Anteil der Kategorie Arbeit an der Gesamtfahrleistung identisch zu der des MiD ist. Des Weiteren traten geringe Abweichung in den Kategorien Erledigungen (Feldtest: 16%; MiD: 19%) und Frei-

zeit (Feldtest: 29%, MiD: 34%) auf. Die Reduktion der Fahrleistung in diesen Katego-

Abbildung 243: %-Anteil der Gesamtfahrleistung der Probanden je Kategorie
rien lässt sich auch hier durch die Einschränkung durch die Corona-Pandemie erklä-



ren.

Quelle: Eigene Darstellung (2021)

Der prozentuale Anteil der Fahrleistung je Kategorie ist identisch mit den Daten des MiD, wobei vorhandene Abweichungen im Vorangegangenen erklärt wurden. Weiterhin liegt die auf ein Jahr hochgerechnete Fahrleistung des Brennstoffzellenfahrzeugs über der durchschnittlichen Fahrleistung gemäß MiD. Aufgrund dieser Tatsachen lässt sich feststellen, dass die Probanden das Brennstoffzellenfahrzeug in gleichem Modesplit nutzten wie das private Fahrzeug mit Verbrennungsmotor bzw. Hybridantrieb. Ein Brennstoffzellenfahrzeug stellt somit ein Substitut zu den bereits am Markt befindlichen Antriebstechnologien dar (infas, 2019).

3.4.2 CO₂ Daten

Das Projekt EM:POWER umfasst neben der Akzeptanzanalyse und Auswertung des Mobilitätsverhalten auch die Betrachtung der CO₂-Bilanz des Feldtestes.

Die Berechnung des CO₂-Ausstoßes durch die Nutzung des Toyota Mirai und der Fahrzeuge der Probanden basiert auf Literaturrecherche. Hierfür wurden die folgenden Veröffentlichungen genutzt:

- Lebenslanger Treibhausgasemissionen von Fahrzeugen mit Benzin- oder Dieselmotoren der Eindhoven University of Technology (TU/e)
- Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs von INFRAS Bern,
- JEC Well-To-Wheel Report des Joint Research Center der Europäische Kommission
- Klimabilanz, Kosten und Potenziale verschiedener Kraftstoffarten und Antriebssystem für PKW und LKW des Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

Für die Berechnung der CO₂ Bilanz wurde die Well-To-Wheel Betrachtung gewählt. Diese beinhaltet neben den CO₂ Emission während des Betriebs des Fahrzeuges auch die CO₂ Emission, die während der Produktion und Distribution des Kraftstoffes entsteht. Somit lässt sich ein holistisches Abbild der Umweltbilanz darstellen. Die TU/e hat in ihrer Studie festgestellt, dass ein Fahrzeug mit einem Dieselmotor 3.310g CO₂/l und ein Fahrzeug mit einem Benzinmotor 3.140gCO₂/l ausstößt. Darin sind enthalten die Emission, die für die Produktion, Distribution und den Verbrauch angefallen sind. Das entspricht bei einem Verbrauch von 6l/100km bei einem Dieselfahrzeug 198,6gCO₂/km und bei einem Benzinfahrzeug 188,4gCO₂/km (Hoekstra/Steinbuch, 2020).

Das Handbuch der Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs kommt auf Werte von 185,7g/km für eine Dieselmotor und 180,4g/km bei einem Benzinmotor (INFRAS, 2019). Die Berechnung des CO₂ Ausstoßes durch die Fahrzeuge der Probanden, welcher als Referenzwert für die Berechnung der CO₂ Bilanz genutzt wurde, erfolgt mit den Werten der Studie der TU/e, da diese aktueller sind und auch einen globaleren Fokus in Bezug auf die Wertschöpfungskette der Treibstoffproduktion legt.

Die Festlegung für die CO₂ Emissionen des Toyota Mirai basiert auf den Erkenntnissen aus dem JEC Well-To-Wheel Report des Joint Reseach Center der Europäischen Kommission. Der Report beinhaltet eine dezidierte Aufschlüsselung der CO₂ Emission für die Wertschöpfungskette und Nutzung zukünftiger Treibstoffe und alternative Antriebe. Bei der Berechnung der CO₂-Bilanz des Brennstoffzellenfahrzeuges musste der Produkti-

onsmix des an den Tankstellen in Deutschland angebotenen Wasserstoff beachtet werden. Der Wasserstoff stammte zu 50% aus der Erdgasdampfreformation, zu 20% aus der Elektrolyse mit Erneuerbaren Energien und zu 30% aus Abfallwasserstoff. Tabelle 6: CO₂ Werte der relevanten Wasserstoffproduktionsverfahren. Tabelle 6 zeigt die CO₂ Werte, die die relevanten Produktionsverfahren gemäß des JEC Well-To-Wheel Report aufweisen. Für den 30% Anteil des Abfallwasserstoffes wurde ein Hilfswert angenommen. Die genaue Feststellung der CO₂ Emission des Abfallwasserstoffes ist äußerst schwierig, da dieser aus sehr vielen unterschiedliche chemischen und petrochemischen Prozessen stammen kann. Als Hilfswert wurde der Wert der Produktion mittels europäischen Strommix angenommen (Joint Research Center, 2020).

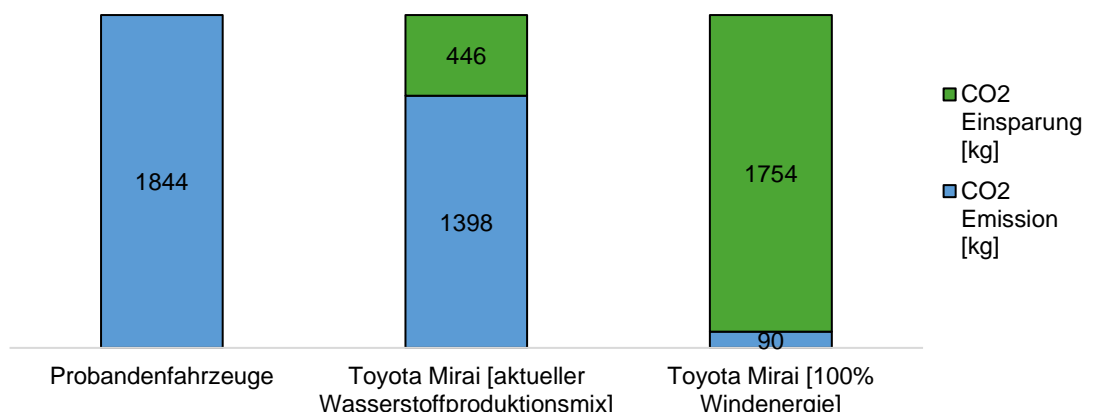
Tabelle 6: CO₂ Werte der relevanten Wasserstoffproduktionsverfahren

Verfahren	gCO ₂ eq/MJfuel
Erdgasdampfreformation	113
Windenergie	9,5
EU-Strommix	175,2

Quelle: Eigene Darstellung (2021)

Die Berechnung der CO₂ Bilanz des Feldtestes erfolgte auf Basis der oben festgestellten CO₂ Emissionen und der Fahrleistung unserer Probanden. Hierbei wurde zusätzlich die CO₂ Emissionen des Brennstoffzellenfahrzeuges berechnet für die ausschließliche Verwendung von Wasserstoff, der mittels Windenergie produziert wurde. Die zeigt die Abbildung 25 Ergebnisse der CO₂ Bilanz.

Abbildung 254: Übersicht CO₂ Bilanz des Feldtestes



Quelle: Eigene Darstellung (2021)

Die Einsparung gegenüber dem Einsatz der Fahrzeuge der Probanden betrug 446kg. Bei der Betrachtung der Einsparung von CO₂ bei der Verwendung von Wasserstoff, der aus 100% Windenergie gewonnen wurde, wird deutlich, dass die Wasserstoffmobilität

ein immenses Einsparpotential aufweist. Umso wichtiger ist es dieses Potential zukünftig zu nutzen durch eine konsequente Umstellung der Wasserstoffproduktionsverfahren auf ausschließlich regenerative Energiequellen. Damit könnte fast die vierfache Menge an CO₂ eingespart werden.

4 Fazit

Neben der Akzeptanzuntersuchung, deren Ergebnisse in Deliverable D2.2 „Wasserstoff im Praxistest – Ergebnisse der Akzeptanzstudie“ zu finden sind, sollten die folgenden Fragen durch den Feldversuch beantwortet werden:

Frage 4: Inwieweit decken sich Erwartungen, die an ein Brennstoffzellenfahrzeug gestellt werden, mit gemachten Erfahrungen?

Frage 5: Inwieweit stellt ein Brennstoffzellenfahrzeug derzeit ein Substitut für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor im Individualverkehr dar?

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der überwiegende Teil der Erfahrungen, welche durch den Feldversuch bei den Teilnehmern generiert wurden, positiver Natur waren. Jedoch war es im Rahmen der Interviews nicht möglich, Frage 4 konkret zu beantworten.

Dies ist dadurch zu begründen, dass viele Teilnehmer ohne eine konkrete Vorstellung eines Brennstoffzellenfahrzeugs am Feldversuch teilgenommen hatten. Legt man die durchschnittliche Mehrpreisbereitschaft als Indikator für die Erfahrungen zu Grunde, so spiegeln die Ergebnisse die Aussagen der Interviews wider. So wurde das Fahrzeug als überwiegend positiv wahrgenommen. Gleichzeitig erhöhte sich die Preisbereitschaft für ein Brennstoffzellenfahrzeug im Durchschnitt leicht von 6% auf 6,7%. Somit scheint es, dass die Erwartungen, hinsichtlich des Fahrzeugs erfüllt oder übertroffen wurden.

Im Gegensatz hierzu wurde die Betankungsinfrastruktur überwiegend schlecht bewertet. Dies zeigt sich auch in einer um ein Drittel verringerten Zahlungsbereitschaft für Betriebskosten. So wollten Teilnehmer nach dem Feldversuch im Durchschnitt 7% weniger für die Betriebskosten eines Brennstoffzellenfahrzeugs zahlen.

Es wurden insgesamt hohe Anforderungen an Brennstoffzellenfahrzeuge als klimaneutrale Fahrzeuge gestellt, welche aktuell noch nicht erfüllt werden. Insbesondere die Infrastruktur bedarf im Saarland eines weiteren Ausbaus, damit PKW mit Brennstoffzelle auch für den privaten Gebrauch als Erstwagen nutzbar werden. Von 16 Teilnehmern konnten nur sieben das Fahrzeug uneingeschränkt nutzen. Bei fünf Teilnehmern mussten Fahrten mit anderen Fahrzeugen zurückgelegt werden, da die Wasserstofftankstelle kurzfristig außerbetrieb war, fünf Teilnehmer konnten die Tankstelle wegen eines längeren Defektes nicht nutzen. Hinzu kommen eine zu geringe Produktpalette an Fahrzeugen sowie hohe Anschaffungskosten, im Vergleich mit anderen PKW. Daher wird ein PKW mit Brennstoffzelle zum aktuellen Zeitpunkt und aufgrund der aktuellen Tankstelleninfrastruktur, noch nicht als vollwertiges Substitut für ein Fahrzeug mit Verbrennungsmotor wahrgenommen, sondern eher als ergänzender Zweitwagen für Kurzstrecken.

Bei der Auswertung der Fahrdaten der Probanden zeigte sich, dass die Probanden das Fahrzeug in Bezug auf den prozentualen Anteil der einzelnen Kategorien und der Gesamtfahrleistung in einem vergleichbaren Umfang genutzt haben, wie ein Fahrzeug mit Verbrennungsmotor. Durch das Nutzungsverhalten und die zurückgelegte Fahrleistung aller Probanden zeigte sich, dass eine Substituierung eines Verbrennungsfahrzeuges durch das Brennstoffzellenfahrzeug möglich ist.

Die CO₂ Bilanz des Feldtestes weist eine Einsparung von 446kg CO₂ gegenüber der Nutzung der Probandenfahrzeuge (1.844 kg CO₂) für die gleiche Fahrleistung auf. Insgesamt hat die Produktion und Distribution des genutzten Wasserstoffes 1.398kg CO₂ emittiert. Der CO₂ Ausstoß entsteht durch den Produktionsmix des an deutschen Tankstellen eingesetzten Wasserstoffes. Bei der Nutzung von Wasserstoff, der mittels Windenergie erzeugt wurde, wäre eine Einsparung von 1.754kg CO₂ möglich gewesen. Dies zeigt die Bedeutung einer schnellen Umstellung der Wasserstoffproduktion auf Erneuerbare Energien und das große Potential für die CO₂ Einsparung im Bereich Wasserstoffmobilität.

VI. Literaturverzeichnis

- Altmann, M. & Schmidt, P. & Mourato, S. & O'Garra, T. (2001): ANALYSIS AND COMPARISONS OF EXISTING STUDIES.
- Canzler, W. and Schmidt, A. (2012): Arbeitsbericht Nr. 6 im Rahmen des Projektes HyTrust – Auf dem Weg in die Wasserstoffgesellschaft, InnoZ GmbH, Berlin.
- Doppler S. & Steffen A. (2019): Einführung in die Qualitative Marktforschung, Design – Datengewinnung - Datenauswertung, Springer Fachmedien, Wiesbaden.
- Döring, N. & Bortz, J. (2016): Forschungsmethoden und Evaluation – in den Sozial- und Humanwissenschaften, 5. Auflage, Springer Verlag, Berlin & Heidelberg.
- Froschauer, U. & Lueger, M. (2003): Das qualitative Interview – Zur Praxis interpretativer Analyse sozialer Systeme, WUV-Universitätsverlag, Wien.
- Hoekstra, A. & Steinbuch, M. (2020): Vergleich der lebenslangen Treibhausgasemissionen von Elektroautos mit den Emissionen von Fahrzeugen mit Benzin- oder Dieselmotoren, Eindhoven University of Technology, Eindhoven.
- Infas. (2019): Mobilität in Deutschland – MiD – Ergebnisbericht. Bonn
- INFRAS (2019): Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Abrufbar unter: <https://www.hbefa.net/d/index.html>. Abruf am 02.12.2020.
- Joint Research Center (2020). JEC Well-To-Wheels report v5 - Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. Publications Office of the European Union, Luxemburg.
- Keuneke, S. (2017): Qualitatives Interview, in Mikos, L & Wegener, C, Qualitative Medienforschung - Ein Handbuch, 2. völlig überarbeitete und erweiterte Auflage, UVK Verlagsgesellschaft mbH, Konstanz und München, S. 302-312.
- Kruse, J. (2014): Qualitative Interviewforschung – Ein integrativer Ansatz, 2. Auflage, Beltz Juventa, Weinheim & Basel.
- Lamnek, S. (2010): Qualitative Sozialforschung, 5. überarbeitete Auflage, Beltz Verlag, Basel.
- Magerhand A. (2016): Marktforschung – eine praxisorientierte Einführung, Springer Fachmedien, Wiesbaden.
- Naderer, G. (2011): Auswertung und Analyse qualitativer Daten, in Balzer, E. & Naderer, G., Qualitative Marktforschung in Theorie und Praxis - Grundlagen - Methoden - Anwendungen, 2. überarbeitete Auflage, Gabler, Wiesbaden, S. 406-434.
- Steinetz, P. & Weis, C. (2005): Marktforschung, 6. Überarbeitete und aktualisierte Auflage, Friedrich Kiehl Verlag, Ludwigshafen am Rhein.

- Wietschel, M. et al. (2019). Klimabilanz, Kosten und Potenziale verschiedener Kraftstoffarten und Antriebssysteme für Pkw und Lkw- Endbericht. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe.

VII. Anhang

1 Anhang: Probandenhandbuch

 EM:POWER Probandenhandbuch  htw saar Forschungsguppe Verkehrstelematik	<p>Projektkoordination Prof. Dr. Horst Wieker Leiter der Forschungsgruppe Verkehrstelematik (FGVT) bei der htw saar – Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes, Kommunikationstechnik Campus All-Saarbrücken Goebenstr. 40 D-66117 Saarbrücken Telefon +49 681 5867 195 Fax +49 681 5867 122 E-Mail wieker@htw Saar.de Web fgvt.htw Saar.de</p> <p>Projektleitung: Leander Kauschke Dipl.-Wirt.-Ing. E-Mail leander.kauschke@htw Saar.de</p> <p>Ansprechpartner für Probanden (Mo-Fr 8-16 Uhr): Svenja Kany M.A. Telefon +49 681 5867 668 E-Mail empower@htw Saar.de Web fgvt.htw Saar.de</p> <p>Autor Svenja M. Kany, M. A.</p> <p>© Copyright 2020 EM:POWER(Koordinator: htw saar). Dieses Dokument ist urheberrechtlich geschützt und darf nur für Zwecke des Vorhabens EM:POWER genutzt werden.</p>
 EM:POWER Probandenhandbuch  htw saar Forschungsguppe Verkehrstelematik	<p>Geördert von:</p>  

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung.....	4
2	Fahrtenbuch.....	5
3	Tanken.....	9
	3.1 Tankstelle Saargemünd/Sarrequemines.....	9
	3.2 H2mobility Tankstelle Saarbrücken Gersweiler .	12
4	Notfall.....	13
	4.1 Rettungskarte Toyota Mirai.....	13
	4.2 Ablauf im Fall eines Unfalls.....	13
	4.3 Ablauf im Fall einer Panne.....	14
5	Wichtige Hinweise.....	15

3

1 Einführung

Sehr geehrte Teilnehmerinnen und Teilnehmer,

vielen Dank, dass Sie an unserem Feldtest teilnehmen. Diese Broschüre enthält folgende Informationen für Sie:

- Anleitungen zum Ausfüllen des Fahrtenbuchs
- Anleitungen zum Betanken des Fahrzeugs
- Verhaltenshinweise bei Pannen und im Notfall

Wir wünschen Ihnen eine sichere Fahrt und viel Freude bei der Nutzung des Toyota Mirai.

Ihr Projektteam von EM:POWER

4

4. Gefahrene Kilometer

Die zurückgelegten Kilometer sind für jede Fahrt in dem dafür vorgesehenen Bereich einzutragen. Eine Einordnung in „dienstlich“, „privat“ oder „Wohnung“ ist nicht zwingend notwendig, da dies bereits im Reisezweck (siehe S. 8) angegeben wird.

5. Datum

Das Datum einer durchgeführten Fahrt innerhalb der vereinbarten Testzeit ist mit dem entsprechenden Wochentag anzugeben.

6. Fahrdauer/ Uhrzeit

Die Uhrzeiten des Fahrtbeginns und -endes sollen hier eingetragen werden.

7. Verbrauch/ Kosten

Dieses Feld dient dazu den Treibstoffverbrauch nachzuverfolgen. Notieren Sie bitte bei jedem Tankvorgang die aufgenommene Menge. Beachten Sie bitte, dass die Menge des Treibstoffes in Kilogramm [Kg] und nicht in Litern erfasst wird.

8. Reisezweck

In diesem Feld soll kurz der Zweck der Fahrzeugnutzung pro Fahrt angegeben werden. Dabei sollte eine eindeutige Benennung beibehalten werden. Beispiele wären „Arbeitsweg“, „Freizeit“, „Einkaufen“, „Sport“, „Urlaub“, „Schule“, „Ausbildung“, „Tanken“, „Rückweg“, „Sonstiges“.

9. Fahrziel mit Reiseroute

Pro Fahrt muss der jeweilige Start- und Zielort notiert werden. Sofern eine Fahrt den direkten Rückweg der vorigen Fahrt beschreibt, ist es nicht nötig den gesamten Weg zu notieren, stattdessen reicht die Markierung „|“ aus (siehe S. 7). Bei aufeinanderfolgenden Fahrten zu verschiedenen Zielen sind diese Teilwege einzeln bis zum letzten (Ziel-)Ort anzugeben.

6

2. Fahrtenbuch

Im Folgenden haben wir für Sie zusammengefasst, welche Informationen in das Ihnen vorliegende Fahrtenbuch einzutragen sind. Auf der folgenden Seite finden Sie eine bereits ausgefüllte Seite als Beispiel.

**1. Bemerkung/ Name des Fahrers**

Jeder Teilnehmer und jedem Teilnehmer wird eine eindeutige Identifikationsnummer, hier XXXXXXXX, zugewiesen, unter der er im Verzeichnis geführt wird. Über diese angegebene ID können die einzelnen Fahrten einem Probanden zugeordnet werden.

2. Kilometerstand bei Fahrtbeginn

Zur besseren Erkennung der Fahrzeugnutzung ist jeder Proband angehalten, den Kilometerstand bei Ersterhalt des Fahrzeuges in diesem Feld zu notieren. Anschließend soll der Kilometerstand bei jeder neuen Fahrt erfasst und eingetragen werden.

3. Kilometerstand bei Fahrtende

Nach jeder Fahrt ist der erreichte Kilometerstand in diesem Feld festzuhalten. Damit soll ein besserer Überblick der Fahrzeugnutzung gewährleistet werden. Der Kilometer-Endstand der letzten Fahrt wird als neuer Startwert für den nächsten Probanden genommen

5

Name Fahrer/-in	Verbrauch/Kosten für: = Kraftstoff = Öl = Sonstiges €	SOxK Ltr.	km-Stand bei Fahrende	Wohnung/ Betrieb	gefahrte km privat	km-Stand bei Fahrbeginn				dienstl.	privat	
						1	2	3	4			
XXXXXXXXXX			1 2 3 4 5 0		15	1 2 3 4 5 0						
XXXXXXXXXX			1 2 3 4 7 0		15	1 2 3 4 7 0						
XXXXXXXXXX			1 2 3 5 0 0		30	1 2 3 4 7 0						
XXXXXXXXXX			1 2 3 5 3 0		30	1 2 3 5 0 0						
XXXXXXXXXX			1 2 3 5 6 0		30	1 2 3 5 3 0						
XXXXXXXXXX	30,50	3,5	1 2 3 6 0 0		40	1 2 3 5 6 0						
XXXXXXXXXX			1 2 3 6 4 0		40	1 2 3 6 0 0						

Reisezweck und Gesprächspartner	Fahrziel mit Reiseroute	Fahrtdauer/ Uhrzeit		Datum
		von	bis	
Einkaufen	Saarbrücken – Völklingen	10:30	11:00	01.04.2020
Freizeit	Völklingen – Saarlouis	13:30	14:00	01.04.2020
Rückweg	Saarlouis – Saarbrücken	16:30	17:00	01.04.2020
Hinweg Arbeit	Saarbrücken – Saarlouis	08:30	09:00	02.04.2020
Rückweg Arbeit		16:30	17:00	02.04.2020
Tanken	Saarbrücken – Sarreguemines (F)	12:00	13:00	03.04.2020
Tanken		13:30	14:00	03.04.2020

3 Tanken

3.1 Tankstelle Saargemünd/Sarreguemines

Die einzige Tankstelle in der näheren Umgebung von Saarbrücken befindet sich momentan in **Saargemünd/Sarreguemines (F)**:

„Hydrogene Refueling Station of FaHyence“

2, Rue Jean-Baptiste Dumaire, F-57200 Sarreguemines (F)

Schritt 1:

Auf der rechten Seite an die Tanksäule anfahren. Die Tanköffnung des Toyota Mirai befindet sich auf der linken Seite des Fahrzeugs.

Schritt 2:

An der Ladesäule befindet sich ein Touchdisplay. Drücken Sie auf das Feld für die Codeeingabe und geben Sie den Code „XXXX“ ein. Ggf. ist es nötig, mehrfach oder länger auf das Feld zu tippen.

Schritt 3:

Folgen Sie den Anweisungen auf dem Display. Im Folgenden finden Sie eine entsprechende Übersetzung:

Schritt A:

Schließen Sie die Erdungsklemme am Schließbügel der hinteren Befahrtür an.

Schritt B:

Drücken Sie den Tankstützen auf das Betankungsventil am Fahrzeug. Hierfür sind der richtige Winkel und ein angemessener Druck erforderlich.

Schritt C:

Versichern Sie sich, dass der Tankstützen fest auf dem Ventil sitzt.

9

Schritt 4:

Gehen Sie zurück zum Touchdisplay und bestätigen Sie mit „OK“, dass Sie die oben beschriebenen Schritte durchgeführt haben.

Schritt 5:

Sie werden auf dem Bildschirm dazu aufgefordert, den Startknopf auf der Tanksäule zu drücken. Betätigen Sie den Startknopf.

Die Tanksäule führt nun eine Druckprüfung durch. Dieser Vorgang kann einige Augenblicke dauern und zischende Geräusche verursachen. Anschließend zeigt die Tanksäule auf dem Bildschirm den aktuellen Status des Tankvorgangs an, inklusive der abgegebenen Wassermenge. Bitte behalten Sie die Belankungsmenge auf dem Bildschirm im Auge und notieren die getankte Menge H₂ anschließend im Fahrtenbuch/Tankbericht. Nach Abschluss des Tankvorgangs verschwindet diese Anzeige!

Schritt 6:

Nach Abschluss des Tankvorgangs befolgen Sie wieder die Anweisungen auf dem Bildschirm:

Schritt A:

Entfernen Sie den Tankstützen vom Fahrzeug. Hierfür den Stützen mit beiden Händen greifen und den vorderen Teil nach hinten ziehen.

Schritt B:

Hängen Sie den Tankstützen zurück in die dafür vorgesehene Halterung an der Tanksäule.

Schritt C:

Entfernen Sie die Erdungsklemme vom Fahrzeug und befestigen diese wieder an der Tanksäule.

10

Sollte der Tankvorgang trotz mehrmaliger korrekter Durchführung der obigen Schritte nicht starten oder blockieren, kann dies auch an einem technischen Defekt der Tankstelle liegen! Kontaktieren Sie in diesem Fall den technischen Support.

Sollte die Tanksäule eine Fehlermeldung anzeigen oder außer Funktion sein, wenden Sie sich an die folgende Telefonnummer der Gemeinde Sarreguimines: **+33 XXXXXX (Büro) oder +33 XXXXXX (mobil)**. Schildern Sie **Frau XXXXXX** das Problem. Sie ist die entsprechende Ansprechpartnerin und wird Ihnen weiterhelfen. Sie spricht allerdings nur wenig Deutsch. Alternativ können Sie die allgemeine Telefonnummer der Gemeinde Sarreguimines versuchen: **+33 XXXXXX**.

Sollten Sie nicht ausreichend Wasserstoff im Tank haben, um erneut eine Tankfahrt zu unternehmen (und die Mitarbeiter der Gemeinde Sarreguimines können Ihnen nicht weiterhelfen), melden Sie sich bitte umgehend telefonisch beim **TOYOTA-EUROCARE service**, um die **Mobilitätsgarantie von Toyota** in Anspruch zu nehmen. Die Mitarbeiter von Eurocare werden Ihnen weiterhelfen.

24h-Hotline von Eurocare:

Deutschland: 0800-082 2901

Ausland: 0049 89-55 98 72 73

Sollte man Ihnen wiederwarten nicht (oder nicht zufriedenstellend) helfen können, kontaktieren Sie bitte das Projektteam. Wir werden mit Ihnen zusammen eine Lösung finden.

3.2 H2mobility Tankstelle Saarbrücken Gersweiler

Den Tankvorgang an Tankstellen von H2mobility kann dem folgenden Video von H2mobility entnommen werden:

<https://www.youtube.com/watch?v=GwGqUPUjEIE>

Sollten Sie sich an einer Tankstelle von H2Mobility über den Tankvorgang unsicher sein, finden Sie auf den folgenden Seiten eine bebilderte Anleitung. Diese finden Sie auch auf den Zapfsäulen.

Die Wasserstofftankstelle in Saarbrücken-Gersweiler finden Sie unter der folgenden Anschrift:

Burbacher Str. 50

66117 Saarbrücken

Über den aktuellen Status der Tankstelle können Sie sich auf <https://h2.live/> oder über die App H2.Live – Für Emissionstreifahrer erkundigen.

Kartennummer: Pkw/XXXXXXXXXXXXXXXXXX

Pin: XXXX

Bei Problemen steht Ihnen dort die Rufnummer **0800 400 20 23** von H2-Mobility zur Verfügung. Sollte man Ihnen wiederwarten nicht helfen können, kontaktieren Sie bitte das Projektteam. Wir werden mit Ihnen zusammen eine Lösung finden.

4 Notfall

4.1 Rettungskarte Toyota Mirai

(finden Sie hinter der Sonnenblende des Fahrers)

4.2 Ablauf im Fall eines Unfalls

Sollten Sie einen Unfall mit dem Toyota Mirai haben, wenden Sie sich bitte umgehend an Ihren Kontakt in der Forschungsgruppe Verkehrstelematik (FGVT) und kontaktieren Sie die KFZ-Versicherungshotline 'Aioi Nissay Dowa Europe' unter:

- Europaweit +49 89 24 44 74-196

Dieser bietet Ihnen einen 24h-Service um Sie bei Unfällen aller Art zu unterstützen.

Nennen Sie dem Versicherungs-Service folgende Informationen:

- Ihren Namen
- Ihre Telefon-/FAX-Nummer
- Schildern Sie Ihr Problem.

Fahrzeugstandort
Unfall beschreiben

Hinweis: Ziehen Sie im Falle eines Unfalls die Polizei hinzu!

- Fahrzeugdaten:
 - Fahrgestellnummer: XXXXXX
 - Fahrzeugmarke & -modell: TOYOTA - Mirai Fuel
 - Kennzeichen: SB-XX XXE
 - Fahrzeugfarbe: Schwarz
- Versicherungsdaten:
 - Versicherungsnummer: XXXXXX
 - Unfallbogen: (Befindet sich im Handschuhfach)

13

4.3 Ablauf im Fall einer Panne

Bei Pannen mit dem Fahrzeug im Rahmen des Feldversuchs wenden Sie sich bitte ebenfalls an den TOYOTA-EUROCARE-Service. Dieser hilft Ihnen bei Folgenden Pannen:

- Entladene Batterie
- Reifenpanne
- Schlüsselverlust
- Pannen aller weiteren Art
- Kraftstoffmangel oder -verlust

Zur besseren Übersicht melden Sie bitte sämtliche Pannen auch der Kontaktperson der FGVT.

24h-Hotline von Eurocare:

Deutschland: 0800-082 2901

Ausland: 0049 89-55 98 72 73

14

5 Wichtige Hinweise

- Legen Sie bitte **KEINE** Karten auf das **Induktionsladefeld** in der Mittelkonsole. Magnetisch kodierte Karten könnten beschädigt werden!
- Die Tankkarte von H2mobility befindet sich in der Fahrer-Sonnenblende
- Das Pedal im unteren linken Fahrer-Fußraum ist **KEINE Kupplung**, sondern übernimmt die Funktion der **Handbremse**. Der Toyota Mirai besitzt eine reine **Automatikschaltung!**
- Melden Sie **JEDEN Unfall** oder **Panne** der Kontaktperson der FGV! Ziehen Sie bei Unfällen in Deutschland (in Frankreich mit Personenschäden) unbedingt die Polizei hinzu!
- Sie dürfen nur als **aktuell eingetragener Proband** das Fahrzeug führen. Es ist einer dritten Person nicht gestattet das Fahrzeug zu benutzen. Dies ist im Probandenvertrag klar geregelt. Ein Zuwiderhandeln ist entspricht einem **Vertragsbruch**.
- Beachten Sie bitte, dass Sie das Fahrzeug an der Wasserstofftankstelle in **Saargemünd/Sarreguemines** nur halbvoll tanken können und deshalb vermutlich mehrere Tankfahrten während der Probezeit unternehmen müssen.
- Eine ausführliche Auskunft über Fahrzeug und Funktionen finden Sie in der **Betriebsanweisung** des Toyota Mirai. Diese finden Sie im **Handschuhfach**.
- Notieren Sie bitte alle Fahrten gemäß dem beiliegenden Fahrtenbuch, ebenso wie die Tankfahrten.
- Sobald Sie sich mit dem Schlüssel dem Auto nähern und den Türgriff betätigen, öffnet sich die Verriegelung des Autos.

15

16

2 Anhang: Interviewleitfaden

Projekt EMPOWER

Interviewleitfaden für Nutzer von Brennstoffzellenfahrzeugen

A Daten zum Interview

Datum: _____ Uhrzeit (von-bis): _____

Probanden ID: _____ Ort: _____

Interviewer: _____

B Einleitung

Im Folgenden möchte ich noch ein kurzes Interview mit Ihnen führen, in dem Sie ihre Erfahrungen und Eindrücke aus der vergangenen Woche offen schildern können.

Einverständnis zur Aufzeichnung (Löschung der Aufnahme nach Transkription: Nur ID, keine Namen).

C Fragen

Feldtest allgemein

1. Wie ist es Ihnen während der vergangenen Woche ergangen?
 - 1.1 Wie kamen Sie in der Woche mit dem Toyota Mirai zurecht?
 - 1.2 Was war für Sie die größte Umstellung
 - 1.3 vorher nachher denken?

Erfahrungen Brennstoffzellenfahrzeug & Substitution

2. Welche Erfahrungen haben Sie mit der Nutzung des Brennstoffzellenfahrzeug gemacht?
 - 2.1 Warum war etwas gut/schlecht?
 - 2.2 Haben sie mit diesen Erfahrungen gerechnet?
 - 2.3 Was hat Ihnen am Fahrzeug missfallen?

3. Konnten Sie alle ihre Fahrten durch den Toyota Mirai ersetzen?
 - 3.1 Warum nicht?
 - 3.2 Ist Ihnen dies schwergefallen?
 - 3.3 Wann ist Ihnen dies besonders schwergefallen?

D Abschluss

4. Möchten Sie uns noch etwas mitteilen, was bisher nicht zur Sprache kam?
5. Weitere Informationen am Ende des Projektes gewünscht?

3 Anhang: Überarbeiteter Interviewleitfaden

Projekt EMPOWER

Interviewleitfaden für Nutzer von Brennstoffzellenfahrzeugen

A Daten zum Interview

Datum: _____ Uhrzeit (von-bis): _____

Probanden ID: _____ Ort: _____

Interviewer: _____

B Einleitung

Im Folgenden möchte ich noch ein kurzes Interview mit Ihnen führen, in dem Sie ihre Erfahrungen und Eindrücke aus der vergangenen Woche offen schildern können.

Einverständnis zur Aufzeichnung (Löschung der Aufnahme nach Transkription: Nur ID, keine Namen).

Feldtest allgemein

C Fragen

1.a Wie hat Ihnen die vergangene Woche mit dem Toyota Mirai gefallen?

1.1 Wie kamen Sie in der Woche mit dem Toyota Mirai zurecht?

1.2 Was war für Sie die größte Umstellung

Erfahrungen Brennstoffzellenfahrzeug & Substitution

2. Welche Erfahrungen haben Sie mit der Nutzung des Brennstoffzellenfahrzeug gemacht?

2.1 Warum war etwas gut/schlecht?

2.2 Haben Sie mit diesen Erfahrungen gerechnet?

2.3 Was hat Ihnen am Fahrzeug missfallen?

2.4 Gab es Überraschungen oder Probleme?

2.5 Wie sind Sie mit dem Tanken zurechtgekommen?

3. Konnten Sie alle Ihre Fahrten durch den Toyota Mirai ersetzen?

3.1 Warum nicht?

3.2 Ist Ihnen dies schmerzlich?

1.4 Wie hat sich Ihre Einstellung zu Brennstoffzellenfahrzeugen verändert?

4. a Können Sie sich vorstellen, in Zukunft ein Wasserstofffahrzeug zu fahren?

4.1 Was spricht für ein H₂-Fahrzeug, was dagegen?

4.2 Was müsste sich ändern, damit Sie ein Brennstoffzellenfahrzeug nutzen würden?

D Abschluss

4. Möchten Sie uns noch etwas mitteilen, was bisher nicht zur Sprache kam?

5. Weitere Informationen am Ende des Projektes gewünscht?

4 Anhang: Fragebogen Mobilitätsverhalten

Umfrage zum eigenen Mobilitätsverhalten

A. Mobilitätsverhalten

Im Folgenden werden Ihnen Fragen zu Ihrem aktuellen Mobilitätsverhalten gestellt werden.

1. Schätzen Sie, wie viele Wege Sie durchschnittlich pro Woche mit den folgenden Verkehrsmitteln zurücklegen.

Zu Fuß	
Fahrrad	
Motorisierter Individualverkehr als Fahrer (z.B. PKW)	
Motorisierter Individualverkehr als Mitfahrer (z.B. PKW)	
Öffentliche Verkehrsmittel (z.B. Bus)	

Unter **einem Weg** wird dabei die Strecke vom Ausgangspunkt zum Ziel für einen bestimmten Zweck verstanden. Bei Umstiegen oder Verkehrsmittelwechseln bleibt es ein Weg. Bei **Unterbrechungen oder längeren Zwischenstopps** werden es **zwei Wege** (etwa von der Arbeit nach Hause mit einem Einkaufszwischenstopp).

Sollten mehrere Verkehrsmittel für einen Weg genutzt werden, geben Sie die Wege bitte entsprechend anteilig an.

2. Bitte schätzen Sie, wie viel Prozent Ihrer Wege Sie für die folgenden Zwecke zurücklegen.

Arbeit	
Dienstlich	
Ausbildung	
Einkaufen	
Erlедigung	
Freizeit	
Begleitung	

Arbeit: Diese Kategorie beinhaltet Wege, welche zur Arbeitsstätte unternommen werden (in der Regel An- und Abreise zum Arbeitsort).

Dienstlich: Hierbei handelt es sich um Wege, welche Sie im Rahmen Ihrer dienstlichen Tätigkeit während der Arbeitszeit unternehmen.

Ausbildung: Diese Kategorie umfasst sowohl die schulische Ausbildung, Berufsausbildung, ein Studium und Weiterbildungen.

Erlедigung: z.B. Behördengänge oder Arztbesuche.

Begleitung: In dieser Kategorie sind sowohl Wege enthalten, bei denen zum Beispiel Eltern ihr Kind zur Schule oder eine pflegebedürftige Person zum Arzt bringen.

3. Bitte geben Sie an, wie viele Wege Sie zu folgendem Zweck als Fahrer mit dem PKW zurücklegen, welchen Sie im Rahmen des Feldtests durch den Toyota Mirai ersetzen werden.

Arbeit	
Dienstlich	
Ausbildung	
Einkaufen	
Erledigung	
Freizeit	
Begleitung	

4. Schätzen Sie wie viele Kilometer Sie durchschnittlich pro Woche mit den folgenden Verkehrsmitteln zurücklegen.

Zu Fuß	
Fahrrad	
Motorisierter Individualverkehr als Fahrer (z.B. PKW)	
Motorisierter Individualverkehr als Mitfahrer (z.B. PKW)	
Öffentliche Verkehrsmittel (z.B. Bus)	

B. Angaben zum eigenen PKW

Im Folgenden bitten wir Sie darum, uns Daten zu Ihrem aktuellen Fahrzeug zur Verfügung zu stellen. Diese benötigen wir um die CO₂-Ersparnis durch die Nutzung des Wasserstofffahrzeugs berechnen zu können.

5. Bitte geben Sie Hersteller, Modell und Baujahr Ihres PKW an.

Hersteller	
Modell	
Baujahr	

6. Bitte geben Sie den genutzten Treibstoff und Verbrauch an.

Treibstoff(e)	
Verbrauch	

7. Falls Sie Ihren Fahrzeugbrief zur Hand haben:

Geben Sie bitte ihren CO₂-Ausstoß in Gramm pro gefahrenem Kilometer an (Angabe V7 in der Zulassung).

CO ₂ -Ausstoß (g/km)	
---------------------------------	--