

# **Diplomarbeit**

Zum Thema

## **Untersuchungen zum Fahrverhalten von PKW bei Rückwärtsfahrt mit und ohne unvorhergesehen auftretenden Hindernissen**

eingereicht an der

Fakultät Kraftfahrzeugtechnik der

Westsächsischen Hochschule Zwickau

Zur Erlangung des akademischen Grades einer

**Diplomingenieurin (FH)**

Vorgelegt von: cand. ing. **Claudia Schlosser**

geboren am: 05.01.1988

Studiengang Kraftfahrzeugtechnik

Studienschwerpunkt Kraftfahrzeugservice

Ausgegeben von: Prof. Dr. Klaus-Dieter Brösdorf

Erstbetreuer: Prof. Dr. Klaus-Dieter Brösdorf

Zweitbetreuer: Prof. Dr.-Ing Lutz Nagel

## **Autorenreferat**

Im Rahmen dieser Diplomarbeit soll das Fahrverhalten im Zusammenhang mit der Wahrnehmbarkeit bei Rückwärtsfahrt in eine Parklücke zwischen zwei Fahrzeugen mit einem PKW gegen ein unvorhergesehen auftretendes Hindernis untersucht werden. Hierzu werden Versuche mit Probanden durchgeführt. Im Anschluss an diese Versuche füllt jeder Proband einen zuvor erstellten Fragebogen aus. Dann werden die Daten des Fragebogens ausgewertet und es erfolgt eine Darstellung der Ergebnisse.

## **Selbständigkeitserklärung**

Ich versichere, dass ich die Arbeit selbstständig angefertigt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder sinngemäß aus anderen Quellen übernommene Textstellen, Bilder, Tabellen u.a. sind unter Angabe der Herkunft deutlich gemacht. Weiterhin versichere ich, dass diese Arbeit noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt wurde.



Zwickau, 25.09.2023

Claudia Schlosser

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	IV
I Abbildungsverzeichnis.....	VI
Abkürzungsverzeichnis .....	IX
Danksagung .....	X
Einleitung.....	- 1 -
1. Stand der Technik .....	- 2 -
2. Versuchsvorbereitung, Versuchsdurchführung und Auswertung .....	- 12 -
2.1 Konzeption der Versuche.....	- 12 -
2.2 Versuche zur Wahrnehmbarkeit beim Rückwärtseinparken .....	- 12 -
2.3 Versuchsfahrzeug.....	- 13 -
2.4 Fahrsituation .....	- 14 -
2.5 Versuchsreihe .....	- 14 -
2.6 Versuchsablauf .....	- 14 -
2.7 Versuchsdurchführung.....	- 15 -
2.8 Messgeräte .....	- 19 -
KTS 560 Bosch.....	- 19 -
SQuadriga II HEAD Acoustics .....	- 20 -
3. Auswertung .....	- 21 -
3.1 Reaktionen der Probanden bei der dritten Rückwärtsfahrt .....	- 26 -
3.2 Auswertung der Diagramme in ESI-Tronic.....	- 30 -
3.3 Auswertung der maximalen Messwerte der Probanden bei den einzelnen Rückwärtsfahrten.....	- 37 -
4. Fehlerbetrachtung .....	- 39 -
5. Schlussfolgerungen für die Rekonstruktion von Verkehrsunfällen.....	- 40 -
6. Zusammenfassung und Ausblick.....	- 40 -
Literaturverzeichnis .....	- 42 -
Anlagen.....	- 45 -

A1: Fragebogen im Original.....	- 45 -
A2: ausgefüllte Fragebogen der Probanden.....	- 46 -
A3: Technische Daten (Auszug) Porsche 718 Boxster.....	- 59 -
A4: Technische Daten (Auszug) CANON EOS 6D KDOB.....	- 60 -
A5: Technische Daten (Auszug) CANON EOS M50 Mark II.....	- 61 -
A6: Technische Daten (Auszug) PANASONIC LUMIX DMC-LX3 .....	- 62 -
A7: Technische Daten (Auszug) Steuergeräte-Diagnosetester KTS 560 Bosch .....	- 63 -
A8 Technische Daten (Auszug) SQadriga II HEAD Acoustics.....	- 64 -
A9 Diagramme der Probanden aus ESI-Tronic .....	- 65 -

## I Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beidäugiges Gesichtsfeld [2, S.16].....	- 2 -
Abbildung 2: Abhängigkeit der Wahrnehmungswahrscheinlichkeit vom Sehwinkel [5, S. 187] .....	- 7 -
Abbildung 3: Beschleunigung über Anstiegszeit [1, S.30] .....	- 9 -
Abbildung 4: Beschleunigung über Ruck [1, S.31] .....	- 9 -
Abbildung 5: Parkstände in Senkrechtaufstellung [15, S. 40] .....	- 11 -
Abbildung 6: Versuchsfahrzeug Porsche 718 Boxter .....	- 13 -
Abbildung 7: Versuchsanordnung .....	- 15 -
Abbildung 8: Unterlegkeile (Hindernis) .....	- 15 -
Abbildung 9: Versuchsablauf Startposition .....	- 16 -
Abbildung 10: Versuchsablauf Ausparkvorgang.....	- 17 -
Abbildung 11: Versuchsablauf dritte Rückwärtsfahrt .....	- 18 -
Abbildung 12: KTS 560 [20].....	- 19 -
Abbildung 13: SQadriga II [22, S.1] .....	- 20 -
Abbildung 14: Proband 1 .....	- 26 -
Abbildung 15: Proband 2 .....	- 26 -
Abbildung 16: Proband 3 .....	- 27 -
Abbildung 17: Proband 4 .....	- 27 -
Abbildung 18: Proband 5 .....	- 27 -
Abbildung 19: Proband 6 .....	- 28 -
Abbildung 20: Probandin 7 .....	- 28 -
Abbildung 21: Proband 8 .....	- 28 -
Abbildung 22: Probandin 9 .....	- 28 -
Abbildung 23: Probandin 10 .....	- 29 -
Abbildung 24: Proband 11 .....	- 29 -
Abbildung 25: Probandin 12 .....	- 29 -
Abbildung 26: Proband 13 .....	- 29 -
Abbildung 27: Erste Rückwärtsfahrt Proband 3.....	- 30 -
Abbildung 28: Zweite Rückwärtsfahrt Proband 3.....	- 31 -
Abbildung 29: Dritte Rückwärtsfahrt Proband 3.....	- 32 -
Abbildung 30: Alle Rückwärtsfahrten Proband 3 .....	- 32 -
Abbildung 31: Erste Rückwärtsfahrt Proband 6.....	- 33 -
Abbildung 32: Zweite Rückwärtsfahrt Proband 6.....	- 33 -

Abbildung 33: Dritte Rückwärtsfahrt Proband 6.....	- 34 -
Abbildung 34: Alle Rückwärtsfahrten Proband 6 .....	- 34 -
Abbildung 35: Erste Rückwärtsfahrt Probandin 12.....	- 35 -
Abbildung 36: Zweite Rückwärtsfahrt Probandin 12.....	- 35 -
Abbildung 37: Dritte Rückwärtsfahrt Probandin 12.....	- 36 -
Abbildung 38: Alle Rückwärtsfahrten Probandin 12 .....	- 36 -
Abbildung 39: Erste Fahrt Proband 1 .....	- 65 -
Abbildung 40: Zweite Fahrt Proband 1 .....	- 65 -
Abbildung 41: Dritte Fahrt Proband 1 .....	- 66 -
Abbildung 42: Alle Fahrten Proband 1.....	- 66 -
Abbildung 43: Erste Fahrt Proband 2 .....	- 67 -
Abbildung 44: Zweite Fahrt Proband 2 .....	- 67 -
Abbildung 45: Dritte Fahrt Proband 2 .....	- 68 -
Abbildung 46: Alle Fahrten Proband 2.....	- 68 -
Abbildung 47: Erste Fahrt Proband 3 .....	- 69 -
Abbildung 48: Zweite Fahrt Proband 3.....	- 69 -
Abbildung 49: Dritte Fahrt Proband 3 .....	- 70 -
Abbildung 50: Alle Fahrten Proband 3.....	- 70 -
Abbildung 51: Erste Fahrt Proband 4 .....	- 71 -
Abbildung 52: Zweite Fahrt Proband 4.....	- 71 -
Abbildung 53: Dritte Fahrt Proband 4.....	- 72 -
Abbildung 54: Alle Fahrten Proband 4.....	- 72 -
Abbildung 55: Erste Fahrt Proband 5 .....	- 73 -
Abbildung 56: Zweite Fahrt Proband 5 .....	- 73 -
Abbildung 57: Dritte Fahrt Proband 5 .....	- 74 -
Abbildung 58: Alle Fahrten Proband 5.....	- 74 -
Abbildung 59: Erste Fahrt Proband 6 .....	- 75 -
Abbildung 60: Zweite Fahrt Proband 6 .....	- 75 -
Abbildung 61: Dritte Fahrt Proband 6 .....	- 76 -
Abbildung 62: Alle Fahrten Proband 6.....	- 76 -
Abbildung 63: Erste Fahrt Probandin 7 .....	- 77 -
Abbildung 64: Zweite Fahrt Probandin 7 .....	- 77 -
Abbildung 65: Dritte Fahrt Probandin 7 .....	- 78 -
Abbildung 66: Zweite und dritte Fahrt Probandin 7 .....	- 78 -
Abbildung 67: Erste Fahrt Proband 8 .....	- 79 -

Abbildung 68: Zweite Fahrt Proband 8 .....	- 79 -
Abbildung 69: Dritte Fahrt Proband 8 .....	- 80 -
Abbildung 70: Erste Fahrt Probandin 9 .....	- 81 -
Abbildung 71: Zweite Fahrt Probandin 9 .....	- 81 -
Abbildung 72: Dritte Fahrt Probandin 9 .....	- 82 -
Abbildung 73: Alle Fahrten Probandin 9 .....	- 82 -
Abbildung 74: Erste Fahrt Probandin 10 .....	- 83 -
Abbildung 75: Zweite Fahrt Probandin 10 .....	- 83 -
Abbildung 76: Dritte Fahrt Probandin 10 .....	- 84 -
Abbildung 77: Alle Fahrten Probandin 10 .....	- 84 -
Abbildung 78: Erste Fahrt Proband 11 .....	- 85 -
Abbildung 79: Zweite Fahrt Proband 11 .....	- 85 -
Abbildung 80: Dritte Fahrt Proband 11 .....	- 86 -
Abbildung 81: Alle Fahrten Proband 11 .....	- 86 -
Abbildung 82: Erste Fahrt Probandin 12 .....	- 87 -
Abbildung 83: Zweite Fahrt Probandin 12 .....	- 87 -
Abbildung 84: Dritte Fahrt Probandin 12 .....	- 88 -
Abbildung 85: Alle Fahrten Probandin 12 .....	- 88 -
Abbildung 86: Erste Fahrt Proband 13 .....	- 89 -
Abbildung 87: Zweite Fahrt Proband 13 .....	- 89 -
Abbildung 88: Dritte Fahrt Proband 13 .....	- 90 -
Abbildung 89: Alle Fahrten Proband 13 .....	- 90 -

## Abkürzungsverzeichnis

BRK	Beschleunigungs-Ruck-Kriterium
HA	Hinterachse
LKW	Lastkraftwagen
KFZ	Kraftfahrzeug
OBD	On-Board-Diagnose
PKW	Personenkraftwagen
StGB	Strafgesetzbuch
VA	Vorderachse

## **Danksagung**

Diese Diplomarbeit ist im Jahr 2023 an der Westsächsischen Hochschule Zwickau entstanden. Die Aufgabenstellung zu dieser Arbeit erfolgte von Prof. Dr. Klaus-Dieter Brösdorf. Die Betreuung dieser Arbeit seitens der Hochschule wurde von Prof. Dr. Klaus-Dieter Brösdorf und Prof. Dr.-Ing. Lutz Nagel übernommen. Mein besonderer Dank gilt Prof. Dr. Klaus-Dieter Brösdorf für die fachliche Unterstützung und Betreuung bei der Versuchsdurchführung. Bei Prof. Dr.-Ing Lutz Nagel möchte ich mich ebenfalls für die fachliche Unterstützung bedanken. Mein Dank gebührt auch dem Laboringenieur Guido Bau des Instituts der Kraftfahrzeugtechnik der Westsächsischen Hochschule Zwickau, für die Bereitstellung des Versuchsfahrzeugs und der Messtechnik und für die Hilfestellung bei der Versuchsvorbereitung und Versuchsdurchführung. Ich bedanke mich auch bei den Probanden, die bei der Versuchsdurchführung mitgewirkt haben.

## Einleitung

Jeden Tag geschehen tausende von leichten PKW-Kollisionen, die fast jeder schon selbst erlebt oder bei anderen beobachtet hat. Diese Kollisionen entstehen z.B. beim Ein- und Ausparken auf Parkplätzen vor Einkaufszentren, oder beim Wenden im Straßenverkehr in den Innenstädten bei erhöhtem Verkehrsaufkommen. Findet eine Kollision zwischen Fahrzeugen oder zwischen einem Fahrzeug und einem Hindernis statt, kommt es vor, dass der Fahrzeuglenker den Ort des Geschehens verlässt, ohne sich um den angerichteten Schaden zu kümmern. [1, S.6] Das Gericht beauftragt dann einen Sachverständigen, der zu prüfen hat, ob der betreffende Fahrzeuglenker die Kollision wahrgenommen haben könnte, wenn der Verursacher erst später ermittelt wurde. Dabei ist laut § 142 StGB zu überprüfen, ob es sich um „ein unerlaubtes Entfernen von der Unfallstelle“ handelt. Damit es sich um einen Unfall handelt, muss eine Kollision aufgetreten und ein Schaden entstanden sein. Der Unfall muss sich auch im öffentlichen Straßenverkehr ereignet haben. Eine Ausnahme stellen hier private Grundstücksein- und Ausfahrten dar. Ein Unfall liegt nicht vor, wenn die Beteiligten vorsätzlich zusammengewirkt haben. Ein Unfallbeteiligter ist jeder, dessen Verhalten zum Unfall beigetragen hat. Dies kann auch eine Mitursache sein. Ein Unfallbeteiligte muss also nicht die unmittelbar verursachende Person sein. Wenn der Täter den Unfall tatsächlich bemerkt und sich von der Unfallstelle entfernt hat, macht er sich im Sinne § 142 StGB wegen unerlaubten Entfernens von der Unfallstelle schuldig. Hierbei reicht es nicht aus, die Personalien mit Hilfe eines Zettels an der Windschutzscheibe des Fahrzeuges des Geschädigten zu befestigen. Es wird zwischen Fahrlässigkeit und Vorsatz unterschieden. Liegt Fahrlässigkeit vor, hätte der Verursacher den Schaden erkennen müssen. Bei Vorsatz kann der Verursacher den Schadenseintritt bemerkt haben („direkter Vorsatz“) oder er hat diesen zumindest für möglich gehalten („Eventualvorsatz“). [2, S. 1-3]

## 1. Stand der Technik

Die visuelle Wahrnehmung wird durch den Gesichtssinn eingegrenzt. Das Gesichtsfeld machen alle Punkte, die bei fester Kopfhaltung und gegebener Augenstellung überblickt werden, aus.

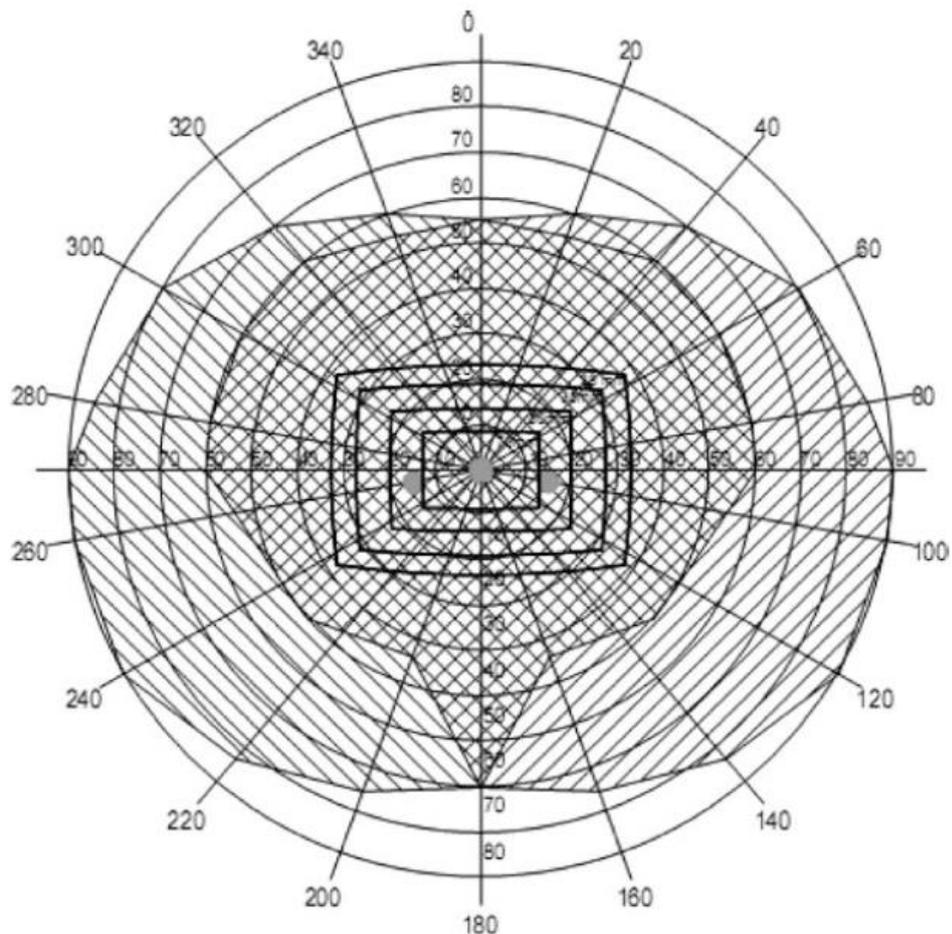


Abbildung 1: Beidäugiges Gesichtsfeld [2, S.16]

Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, hat das Gesichtsfeld eine Breitenausdehnung von etwa 180°. Das „beidäugige“ Gesichtsfeld ist doppelt schraffiert. Das Blickfeld wird durch alle Punkte, die bei fester Kopfhaltung anvisiert werden können, bestimmt. Dieses ist kleiner als das Gesichtsfeld, da für Objekte, die in der Nähe der Gesichtsfeldgrenze liegen, eine Kopfdrehung zu deren Anvisierung erforderlich ist. Eine sogenannte Blickzuwendung wird hier erforderlich. Wenn ein Objekt mit dem Gesichtssinn möglichst scharf wahrgenommen werden möchte, muss es fixiert werden. In der Mitte der Netzhaut im Auge liegt die schärfste Stelle des Sehens und dies sollte also der Ort sein, an dem das Objekt abgebildet wird. Der schärfste Abbildungsbereich ist unter den Bedingungen des Tages-

und Dämmerungssehens etwa  $1^\circ$  groß und stellt somit nur einen geringen Bruchteil des Blickfeldes dar. Bei einem rückwärtigen Ausparkvorgang erfordert dies schlussendlich diverse Blickrichtungswechsel, nämlich in die Seiten- und Innenspiegel sowie den so genannten Schulterblick. Ein stetes Erfassen des Umfeldes im dynamischen Ablauf wird stark erschwert, da neben den Blickbewegungen auch noch Akkommodations- und Adaptionsphasen hinzukommen. Die eigentliche Unfallstelle kann bei realen Leichtkollisionen meist direkt nicht eingesehen werden. Dem Beobachter stehen in der Regel, z.B. bei einem rückwärtigen Ausparkvorgang nur die Rückspiegel seines KFZ zur Verfügung. Diese Spiegel haben nicht die Aufgabe, den in Fahrzeugnähe liegenden Bereich punktgenau bzw. hochauflösend wiederzugeben, sondern sie sollen dem Fahrzeugführer einen weiten Überblick über die hinter ihm liegende Szenerie vermitteln. Außen- und Innenspiegel sind wenig geeignete Hilfsmittel, um beispielsweise die Karosserieecke, die vom Fahrer am weitesten entfernt liegt (hintere rechte PKW-Ecke) in ausreichender Weise abzubilden, da diese die Umgebung nicht unerheblich verzerren.

Die akustische Registrierung von Kollisionen wird als „die nächst höhere Stufe der Wahrnehmung“ bezeichnet und beruht auf einer zielgerichteten, direkten Zuwendung der Aufmerksamkeit zur Anstoßstelle, da für die Aufnahme eines kollisionsbedingten Schallpegels die Ausrichtung des Hörorgans eher von untergeordneter Bedeutung ist. Dies bedeutet, dass eine Schallquelle, die sich hinter einer Person befindet, nicht völlig anders wahrgenommen wird als eine solche, die sich direkt vor ihr befindet. Kollisionsgeräusche sind hierbei aperiodische, unspezifische Frequenzgemische im eher niederfrequenten Bereich. In einem Frequenzband von 1000 bis zu 4000 Hz ist das menschliche Gehör sehr empfindlich. Eine Zunahme der Lautstärke um 10 dB(A) entspricht einer Verdoppelung der menschlichen Schallempfindung, da die Empfindungsstärke der Schallpegel mit dem Logarithmus der Reizstärke zunimmt. Damit ein Kollisionsgeräusch für den Unfallverursacher akustisch wahrnehmbar wird, muss der akustische, mit der Kollision verbundene Reiz mindestens 1 bis 2 dB(A) lauter sein als die Lautstärke eines kollisionsfremden Geräusches. Wird ein Geräusch vom Außenbereich in das Fahrzeug hinein transportiert, entstehen Frequenz- und Lautstärkeänderungen. Die Karosserie eines PKW dämpft etwa 20 bis 30 dB(A) und bei einem LKW werden etwa 15 dB(A) durch die Karosserie absorbiert.

Unter der taktilen Wahrnehmbarkeit versteht man die Fühl- oder Spürbarkeit einer Kollision. Durch die in der Haut liegenden Mechanorezeptoren werden entsprechende Reize registriert und diese umfassen alle Sensoren, die in der Haut des Menschen für eine

Reizwahrnehmung verantwortlich sind. Somit ist eine Abgrenzung zu anderen Sinnesorganen, die sich z.B. im Kopf befinden (Sehen, Hören, Gleichgewichtssinn) gegeben. Auf die verschiedenen Mechanorezeptoren, die sich in der menschlichen Haut befinden, wird hier nicht näher eingegangen. Diese zeichnen sich durch ein unterschiedliches Empfindungsverhalten aus. Um eine Berührung fühlbar zu machen, reichen selbst geringe Hauteindruck- und Verformungstiefen aus. Taktile Reize werden von Personen individuell unterschiedlich empfunden. Schwingungen werden analog zur Übertragung des Körperschalls, so auch solche, die durch ein Unfallgeschehen erzeugt wurden, bis in den Innenraum der Fahrgastzelle übertragen. Über die Kontaktstellen zwischen Fahrer und Fahrzeug werden diese Schwingungen übertragen. Üblicherweise liegen diese im Bereich zwischen folgenden Fahrzeug-Mensch-Konstellationen:

- Pedal-Fuß
- Sitz-Gesäß
- Lenkrad-Handinnenflächen
- Lehne-Rücken

Beim Insassen führen diese unterschiedlichen Konstellationen zu einem mehraxialen Schwingungszustand. Entscheidend ist hier nicht nur die Frequenz, sondern auch die Intensität der KFZ-Schwingung. Ein Kollisionsgeschehen ist z.B. deutlich schlechter wahrnehmbar, wenn der Fahrer einen dicken Wintermantel trägt, als wenn er leicht bekleidet ist. Ähnlich ist dies zwischen den Kontaktstellen Fuß-Pedal sowie zwischen Sitz und Gesäß. Dies ist z.B. der Fall, wenn der Fahrer eine hochgedämpften Joggingschuh trägt oder/und eine wattierte Thermohose trägt und auf einem sitzerhöhenden Sitzkissen sitzt. Nur die Hand bzw. die Innenflächen besitzen einen direkten Kontakt zum Lenkrad, das mehr oder minder mit der Karosserie verbunden ist. Heutzutage sind Lenkräder merklich stärker gepolstert als früher und die Lenksäulen selbst sind schon gedämpft. Bei älteren Fahrzeugen, wie einem VW-Käfer war das Lenkrad aus unnachgiebigem und hartem Material. Bei Rangiermanövern wird das Lenkrad nicht konstant fest in den Händen gehalten. Es werden ständige Umgreifbewegungen vollzogen, die zu einer steten Reizung der Sensoren, die für die taktile Wahrnehmbarkeit verantwortlich sind, führen. Die vestibuläre Wahrnehmung erfolgt über das Vestibularorgan und wird auch als kinästhetische Wahrnehmung bezeichnet. Dies befindet sich im Innenohr des Menschen und registriert Beschleunigungen bzw. Verzögerungen. Diese Wahrnehmungsform wird oft auch als kinästhetische Wahrnehmung bezeichnet, da diese die Aufnahme von entsprechenden Reizen durch den Gleichgewichtssinn bzw. die Bewegungswahrnehmung

beinhaltet. Vereinfacht wird dies auch als Fühl-/Spürbarkeit der Kollisionen bezeichnet. Unter dem Vestibulärapparat bzw. dem Vestibularorgan versteht man das Gleichgewichtsorgan im Innenohr. Die Rezeptoren, die im Innenohr sind, besitzen eine recht niedrige Ansprechschwelle. Unter Laborbedingungen liegen die Werte für die ebene Bewegungsrichtung (vorwärts/rückwärts/seitwärts) bei 0,02 bis 0,2 m/s<sup>2</sup> und in vertikaler Richtung bei 0,04 bis 0,12 m/s<sup>2</sup>. Bei diesen Werten handelt es sich um die Empfindlichkeit des Sinnesorgans, nicht aber um Wahrnehmungsschwellen für den realen Unfall. Die kinästhetische Wahrnehmung setzt sich zusammen aus dem Lage-, Kraft- und Bewegungssinn, also praktisch der Eigenwahrnehmung des Körpers. Diese ist der vestibulären Wahrnehmung ähnlich, die Lageveränderungen und Lagewechsel des Körpers bzw. auch Rotationen registriert. Es wird also eine Veränderung der Körperlage registriert. Einem Reiz muss aber nicht zwingend eine Kollision zugeordnet werden. Der Vestibulärapparat nimmt Nick- und Wankbewegungen des Fahrzeugs, die bei einer Kollision verursacht wurden war. Bei einem KFZ erfolgen dies typischerweise mit 1 Hz [2, S. 16-38]. Laut [3, S. 24-29] werden Kollisionsmerkmale durch die drei Wahrnehmungsarten Sehen, Hören und Fühlen aufgenommen. Sinnesorgane sind Systeme von Reizempfängern (Rezeptoren) für Reize. Reize können aus der Umwelt (Exterozeptoren) oder aus dem Inneren des eigenen Körpers kommen (Interozeptoren). Bei allen Rezeptoren muss die Stärke des Reizes eine bestimmte Schwelle überschreiten und genügend lange Zeit dauern, um aufgenommen zu werden. Das Auge ist das wichtigste Sinnesorgan. Der Mensch erfasst Form, Größe, Oberflächenbeschaffenheit, Farbe und Abstand der Dinge mit Hilfe des Gesichtssinnes. Lautstärke, Frequenz und Zeitstruktur bestimmen den Höreindruck der aufgenommenen Geräusche. Fremdgeräusche können das Stoßgeräusch einer Kollision verdecken. Hohe leise Töne werden durch tiefe laute Töne verdeckt, d.h. die Verdeckung erfolgt im Frequenzbereich des Störschalls und darüberliegender Frequenzen. Ein maskierendes Geräusch überdeckt ein Geräusch, wenn dieses im niederfrequenten Bereich um mehr als 2 dB und im höherfrequenten Bereich um mehr als 4 dB lauter als das zu hörende Geräusch ist. Unter dem Begriff Fühlen wird die Aufnahme mechanischer Informationen verstanden. Das Fühlen beruht auf einer mechanorezeptiven und vestibulären Sinneswahrnehmung. Bei einer Kollision erfährt ein Fahrzeug Geschwindigkeitsänderungen. Diese gelangen über den Sitz auf Rücken und Gesäß des Fahrers und über Brems-, Kupplungs- und Gaspedale auf die Füße. An diesen Kontaktstellen, die von taktilen Rezeptoren in der Haut und im Muskelgewebe erfasst werden. Für die räumliche Lageorientierung von Kopf und Körper sowie für die Wahrnehmung translatorischer und rotatorischer Bewegungen ist der Vestibularapparat zuständig. Es können

Beschleunigungen oder Verzögerungen wahrgenommen werden. In [4, S. 347-348] wird beschrieben, dass der Aufbau des Auges mit dem einer Digitalkamera vergleichbar ist. Hornhaut, vordere Augenkammer, Regenbogenhaut (Iris) und die Linse sind bildentwerfende bzw. brechende Medien. Diese Medien erfüllen die gleiche Aufgabe wie ein Kameraobjektiv. Die Netzhaut des Auges ist ein bildaufnehmendes Organ und entspricht dem fotografischen Film bzw. dem digitalen Bildsensor. Auf der Netzhaut wird ein umgekehrtes und stark verkleinertes Bild der Umwelt entworfen. In der normalen Ausgangssituation (Ruhestellung der Augen) können Gegenstände, die unendlich weit entfernt sind oder mindestens einen Abstand von 10 m gegenüber dem Auge besitzen auf der Netzhaut scharf abgebildet werden. Die fovea centralis (Stelle mit einer Eindellung auf der Netzhaut) ist die Stelle des schärfsten Sehens. Der gebündelte Lichtstrahl trifft auf diese Stelle. Die Stelle des schärfsten Sehens enthält folgende Typen von Fotorezeptoren: etwa sechs Millionen Zäpfchen und etwa 120 Millionen Stäbchen. Es existieren folgende zwei Arten des Sehens: photopisches Sehen (Farbsehen bzw. Sehen bei Tag) und skotopisches Sehen bei Nacht. Die Stäbchen sind beim Dämmerungs- und Nachtsehen in Funktion. Dies sind lichtempfindlicher und farbenunempfindlicher als die Zäpfchen. Die Zäpfchen sind für das Farbsehen (Tagessehen des menschlichen Auges) verantwortlich und in höheren Helligkeitsbereichen wirksam, da diese unterschiedliche Absorptionsbänder (rot, grün, blau) besitzen, die eine unterschiedliche Sensitivität in Abhängigkeit der Wellenlänge des Lichts (kurz, mittel, langwellig) besitzen. Wenn das Tageslicht abnimmt und in die Dämmerung übergeht, verschwinden zuerst die Signale der Zapfen mit den roten Absorptionsbändern aufgrund ihrer geringsten Lichtempfindlichkeit. Das Sehen wird durch wesentlich lichtempfindlichere Stäbchen bei geringer Leuchtstärke ermöglicht. Die Zäpfchen adaptieren schneller bei Dunkelheit und erreichen nach der Abschaltung einer Lichtquelle bei Nacht ihre maximale Empfindlichkeit nach etwa zehn Minuten. Die Stäbchen haben eine wesentlich höhere Empfindlichkeit und benötigen für diesen Vorgang zwischen 15 und 20 Minuten. Das menschliche Auge benötigt Licht, um bei Dämmerung noch sehen zu können. Das Auge nimmt bei Dämmerung Bildeindrücke weniger gut wahr als bei Tageslicht. Die Dämmerungssehschärfe bestimmt die Wahrnehmung dieser Bildeindrücke bei Dämmerung und ist von Mensch zu Mensch unterschiedlich. Es ist möglich, dass ein Mensch, der tagsüber keine Sehhilfe benötigt, beim nächtlichen Sehen Probleme bekommt. Dies liegt daran, dass die Farbempfindlichkeit der Zäpfchen abnimmt, die Farben als Zusatzinformationsquelle wegfallen und das Nachtsehvermögen erheblich reduziert wird. Auch gesunde Augen werden folglich bei Dämmerung und bei Dunkelheit bis an die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit beansprucht. Bei jedem Menschen

verringert sich mit dem Lebensalter das Nacht- und Dämmerungssehen. Dies liegt an der Änderung der Pupillenweite und dem ins Auge fallenden Lichtstrom. Die Pupillenöffnungsweite beträgt bei einem Menschen im Alter von 20 Jahren etwa 8 mm und bei einem 80-Jährigen nur noch 2,5 mm. Aus dieser Tatsache erklärt sich der steigende Lichtbedarf bei älteren Menschen. In [5, S.187-188] wird erwähnt, dass der Fahrer im Straßenverkehr 80 % der Sinneswahrnehmungen über die Augen wahrnimmt. Der Mensch kann nur einen kleinen Ausschnitt, der in seinem direkten Gesichtsfeld innerhalb eines Sehwinkels von  $7^\circ$  liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 100 % bewusst verarbeiten. Dies ist in Abbildung 2 dargestellt. Kollisionen können nur bei direkter Blickzuwendung bemerkt werden.

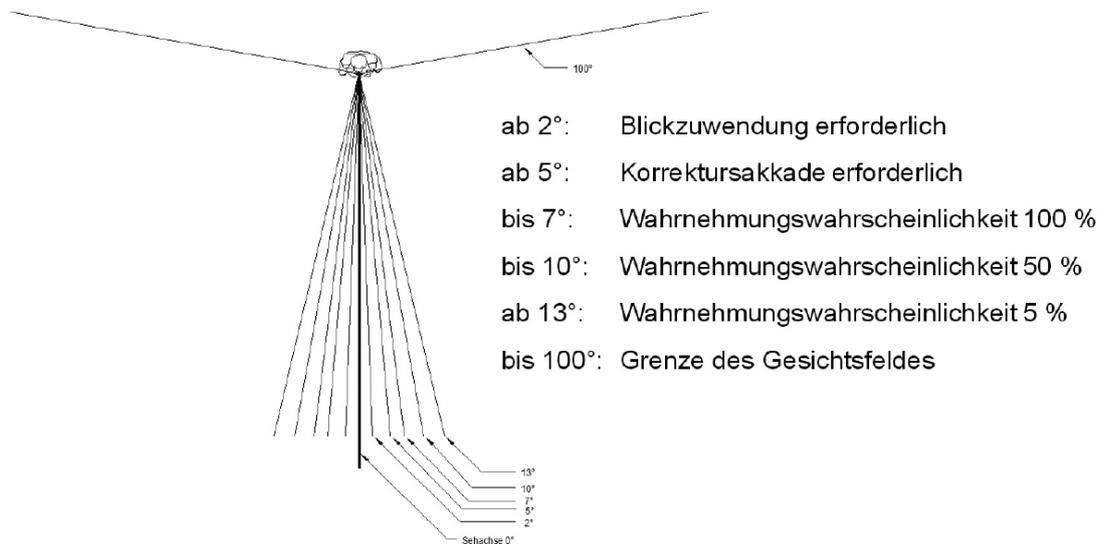


Abbildung 2: Abhängigkeit der Wahrnehmungswahrscheinlichkeit vom Sehwinkel [5, S. 187]

Wie zuvor erwähnt bestimmen Lautstärke, Frequenz und Zeitstruktur der Schallquelle den Höreindruck. Der Schallpegel wird in dB [A] zur Beurteilung von Kollisionen herangezogen. Bei einer Schallpegelerhöhung im Fahrzeuginneren von mehr als 2 dB [A] kann davon ausgegangen werden, dass die Kollision vom Fahrer wahrgenommen wurde. Fahrzeuginnengeräusche sind von der Motordrehzahl und der Innenraumdämmung abhängig und liegen durchschnittlich in einem Bereich zwischen 51 dB [A] und 70 dB [A]. [6, S. 263-264] beschreibt, dass die Bedeutung der Wahrnehmung Aufmerksamkeit und Bewusstwerden eines Reizes ist, der z.B. von einer Fahrzeugkontaktierung ausgeht. Neuronale Meldungen sind der Ursprung für die bewusste Wahrnehmung des Menschen, wenn diesen ein ausreichendes Maß an Aufmerksamkeit geschenkt wird. Der Mensch zeigt nicht nur bei bewussten Wahrnehmungen eine Reaktion. Alltagsabläufe wie z.B. das Aufrechterhalten des Gleichgewichtssinnes finden ohne Beteiligung des Bewusstseins statt. Dies ist teilweise auch beim Fahren eines Fahrzeugs so. Bei einer Fahrpraxis von über einem Jahr ist das gleichzeitige Bedienen von Kupplungs-, Brems- und Gaspedal in unbewusste Handlungen übergegangen und funktioniert mehr oder weniger autark. Der Mensch kann, wenn er sich nicht gerade auf ein spezielles Szenario konzentriert starke Abweichungen von der Normalität bewusst wahrnehmen. Der Mensch ist nicht in der Lage bewusst auf alle Reize seiner Umwelt zu reagieren. Dies stellt eine Schutzfunktion des Körpers dar, weil mit Hilfe der Aufmerksamkeit bedeutsame Signale aus dem Überfluss an Reizen aus dem Alltag herausgefiltert werden. Es ist möglich den Grad der Aufmerksamkeit als Grad der Verarbeitungskapazität des zentralen Nervensystems zu sehen. Reize, die gerade noch die Wahrnehmungsschwelle überschreiten, werden vom Betrachter bewusst wahrgenommen, wenn das auslösende Signal mindestens eine noch wahrzunehmende Intensität besitzt. Wenn die bewusste Wahrnehmung nachgewiesen ist, bedeutet das nicht, dass der Fahrzeugführer diese richtig versteht und deutet. So kann z.B. ein Kollisionsgeräusch nicht einer Kollision zugeordnet werden, wenn weitere Geräusche wie z.B. Lärm einer Baustelle auftreten. Eine Rekonstruktion des Ereignisses liefert nur absolute Werte hinsichtlich der Bemerkbarkeit. Wolff [1] bestimmte kollisionsabhängige und kollisionsunabhängige Fahrzeugverzögerungen und ermittelte eine Wahrnehmbarkeitsschwelle (Beschleunigungs-Ruck-Kriterium (BRK)) für die Letztgenannten. Der Ruck =  $da/dt$ .

Die Beschleunigungswahrnehmung ist zeitabhängig. „t“ beschreibt die lineare Anstiegs-

### Nicht wahrgenommen Beschleunigung - Anstiegszeit

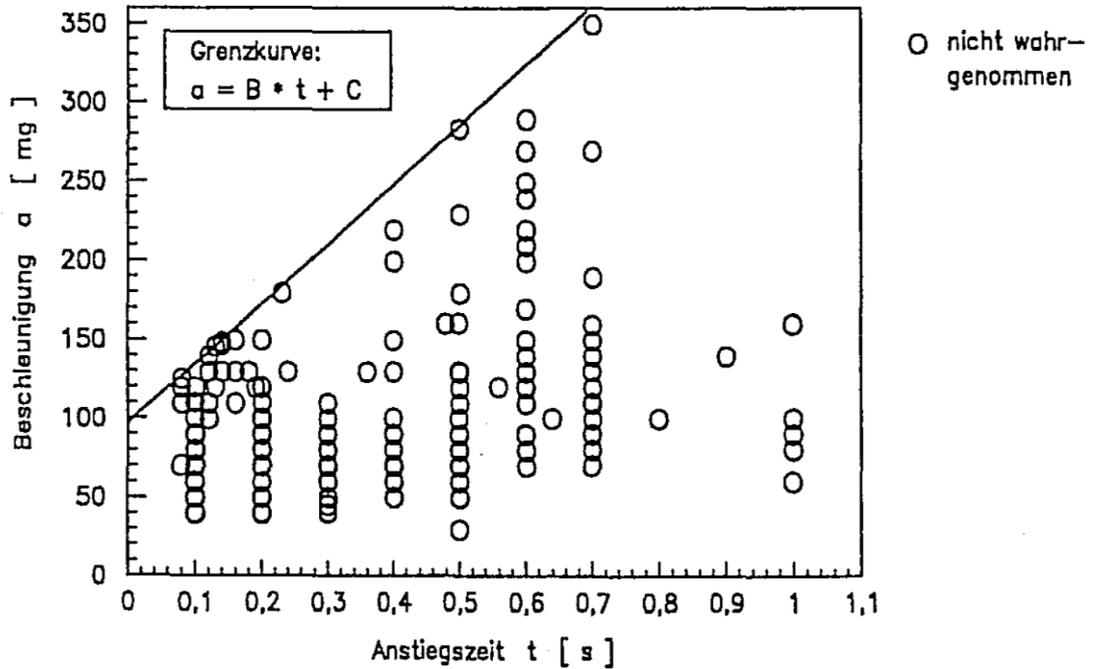


Abbildung 3: Beschleunigung über Anstiegszeit [1, S.30]

zeit der Beschleunigung, wie in Abbildung 3 zu sehen ist.

### Nicht wahrgenommen Beschleunigung - Ruck

Un-  
der

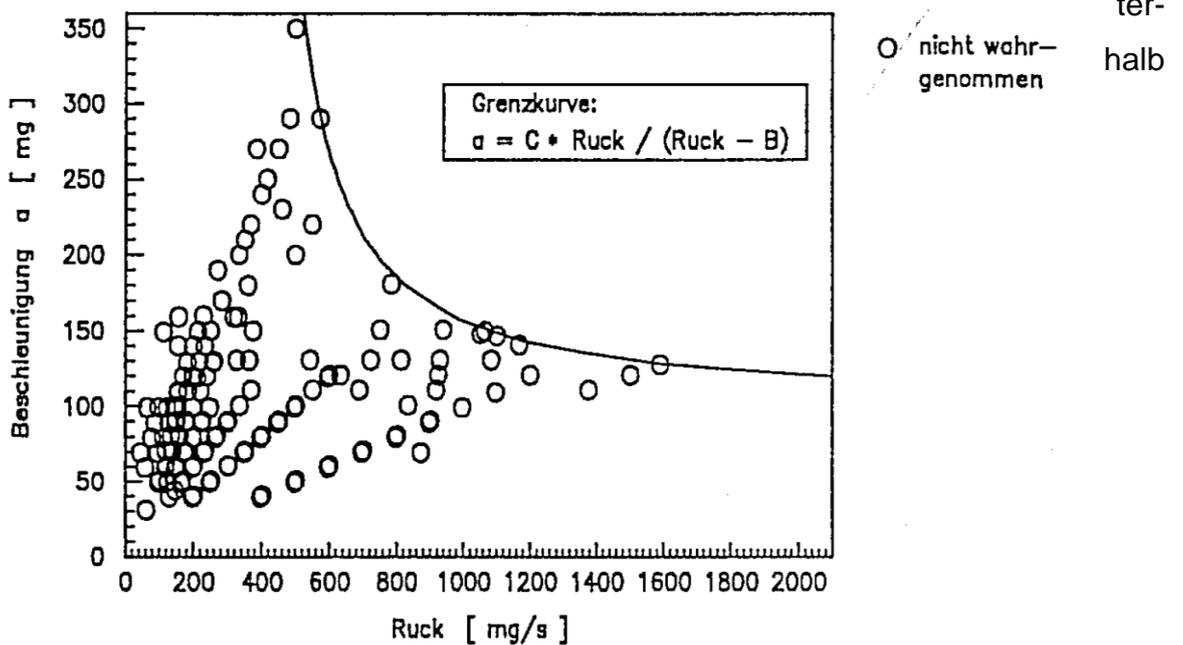


Abbildung 4: Beschleunigung über Ruck [1, S.31]

Grenzkurve in Abbildung 4 sind auch eine große Zahl von wahrgenommenen Versuchen. Dies bedeutet, dass das BRK keine Wahrnehmbarkeitsgrenze beschreibt, sondern eine Obergrenze, oberhalb der keine nicht wahrgenommenen Versuche mehr liegen. Beschleunigungen werden bei langsamen Signalanstieg bis  $3,5 \text{ m/s}^2$  unter Ablenkung und ohne Ablenkung bis  $2,0 \text{ m/s}^2$  nicht wahrgenommen. Harte Stöße werden bis  $1,3 \text{ m/s}^2$  nicht erkannt. [7, S. 64] stellte fest, dass im Verzögerungsbereich von etwa 0,3 bis 0,5 s (Streifkollision) Verzögerungssignale zwischen 3 und  $4 \text{ m/s}^2$  nicht wahrgenommen wurden. Als Ursache hierfür wird der hohe Grad der Ablenkung angegeben. [8, S. 398] kommt zu der Erkenntnis, dass das Beschleunigungs-Ruck-Kriterium (BRK) als Vergleichsgröße sinnvoll ist. [9, S.237-238] beschreibt, dass die Analyse der kollisionsbedingten Verzögerung oder Geschwindigkeitsänderung nicht ausreicht, um festzustellen, ob eine Leichtkollision zwischen Kfz taktil-vestibulär wahrnehmbar ist. Ein aussagekräftiges Entscheidungsinstrument für die Interpretation der taktil-vestibulären Wahrnehmbarkeit einer Kollision ist die Kombination aus maximaler kollisionsbedingter Verzögerung und Anstiegszeit. Der Ruck einer Kollision ist auch eine brauchbare Entscheidungsgröße. Ein Vorteil im Vergleich zur Paarung Verzögerung/Anstiegszeit ist, dass nur ein einzelner Wert zur Entscheidung der taktilen Wahrnehmbarkeit heranzuziehen ist, und ein Nachteil ergibt sich aus der Tatsache, dass der Ruck keinen Absolutwert der kollisionsbedingten Verzögerung beinhaltet. Untergrundveränderungen werden bis auf wenige Ausnahmen wie das Überfahren von Pressholz wahrgenommen und die bisher veröffentlichten Grenzlinien können als grobe Richtschnur gesehen werden. [10, S.404] ist der Auffassung, dass an den genauen Verlauf von Grenzlinien nicht festgehalten werden darf, da es einen sehr eng definierten Bereich zwischen „Spüren“ und „Nichtspüren“ gibt, der von der individuellen Wahrnehmungsfähigkeit des Menschen abhängig ist. Eine Verzögerung wird nicht zwangsläufig einer Kollision zugeordnet, wenn es zu einer Überdeckung mit einem anderen Ereignis wie z.B. einer Bremsung, einer Bodenwelle usw. kommt. [11, S. 313] gibt an, dass der Ruck eines Fahrzeugs ausschließlich in Längsrichtung wirkt und das Ruckkriterium nur angewendet werden kann, wenn es um die taktile Wahrnehmbarkeit geht. Streifende Anstöße, bei denen keine Verhakung zwischen den Fahrzeugen zu Stande kam, liefern lediglich Messwerte der Querbeschleunigung, da die Kontaktzeit lange ist und hier die geringsten Längsverzögerungen auftreten. Es ergeben sich nur geringe Werte für den Ruck, die eingetragen in das Beschleunigungs-Ruck-Diagramm die tatsächliche Wahrnehmung verfälschen würden. Die Wahrnehmbarkeit bei Kreisbo- genfahrten und bei spitzen Anstoßsituationen kann nicht mit Hilfe des Beschleunigungs-Ruck-Diagramms durchgeführt werden. In [12, S. 139-140] wird beschrieben, dass der

Beschleunigungsruck in Laborsituationen verifiziert wird, jedoch durch Wolffs Experimentaldaten nicht untermauert wird. Der Ruck hat auf die Wahrnehmungssicherheit einen geringen Einfluss und ist in der praktischen Anwendung auf Fälle vermuteter Unfallflucht vernachlässigbar. In Wolffs Experimenten werden Beschleunigungen von  $1,5 \text{ m/s}^2$  weitgehend unabhängig vom Anstiegsverhalten der Beschleunigung in 95% der Fälle wahrgenommen.

In [13, S.172] wird das Fahrverhalten als Reaktion des Fahrzeugs auf Fahrerhandlungen und auf das Fahrzeug einwirkende Störungen während der Fahrbewegung beschrieben.

Laut Definition sind Parkplätze Parkflächen, die vom fließenden Verkehr abgegrenzt sind [14, S.101]. Ein Parkstand ist ein abgegrenzter Teil einer öffentlichen Verkehrsfläche zum Parken eines Fahrzeugs. Es gibt Parkstände in Senkrecht-, Längs- und Schrägaufstellung. In Längsaufstellung werden die Fahrzeuge hintereinander abgestellt und in Schrägaufstellung in einem spitzen Winkel zur Fahrbahn. Parkstände in Senkrechtaufstellung sind Parkplätze, die in einem Winkel von  $90^\circ$  zur Fahrbahn verlaufen [14, S.98-102]. So eine Art Parkplatz wird bei Versuchen zu dieser Arbeit verwendet. Ein Parkstand in Senkrechtaufstellung ist in Abbildung 3 dargestellt. Ein Parkstand hat standardmäßig folgende Abmessungen: 2,5 m Breite und 5,0 m Länge.

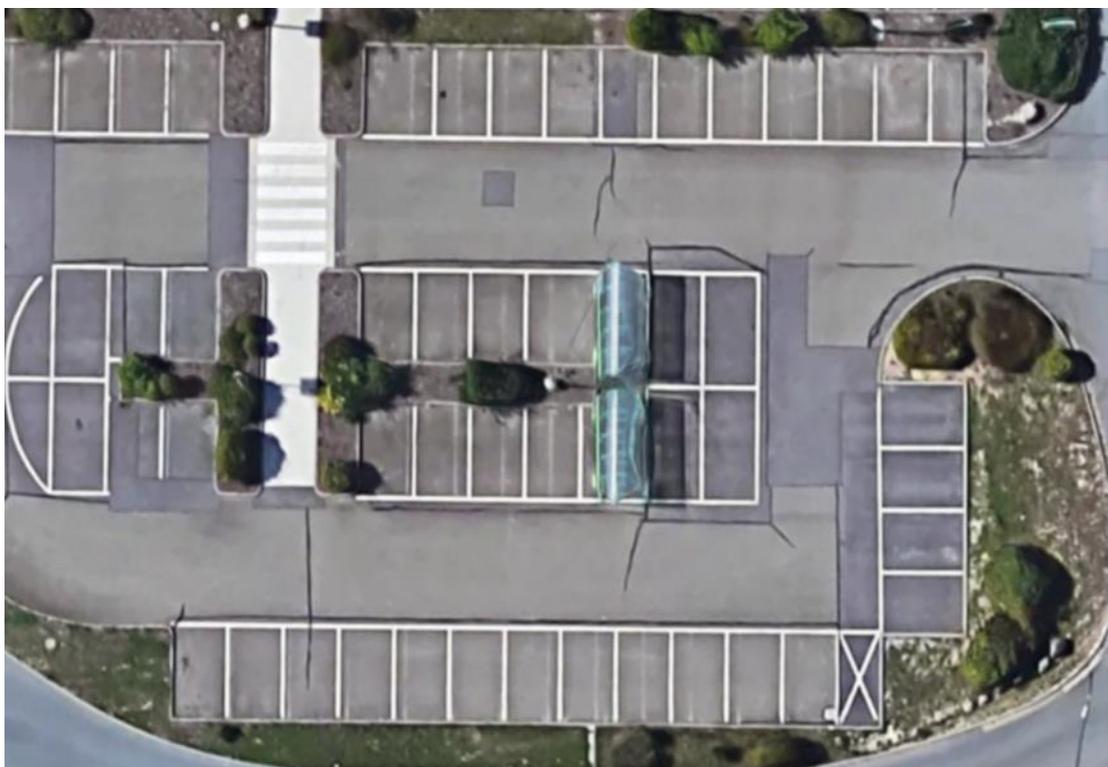


Abbildung 5: Parkstände in Senkrechtaufstellung [15, S. 40]

## **2. Versuchsvorbereitung, Versuchsdurchführung und Auswertung**

### 2.1 Konzeption der Versuche

Versuche mit Streifkollisionen zwischen Fahrzeugen konnten nicht durchgeführt werden, da zu diesem Themengebiet bereits zahlreiche Versuche durchgeführt und veröffentlicht worden sind. Deshalb werden anstelle von einer Streifkollision (streifender Kontakt zwischen zwei Fahrzeugen) Unterlegkeile verwendet, die in einem bestimmten Abstand zum rückwärtseinparkenden Fahrzeug liegen, um eine Kollision beim rückwärtigen Einparken zu simulieren. Wenn das Fahrzeug die Unterlegkeile mit den Rädern der Hinterachse berührt, entsteht ein Fahrwiderstand wie bei einer Streifkollision zwischen zwei Fahrzeugen. Es ist nun zu untersuchen wie sich das Fahrverhalten beim Auffahren auf das Hindernis verändert und ob bei den Probanden/Fahrern des Fahrzeugs eine Wahrnehmung gegeben ist. Diese Wahrnehmung kann akustisch, visuell, taktil und/oder vestibulär/kinästhetisch erfolgen.

### 2.2 Versuche zur Wahrnehmbarkeit beim Rückwärtseinparken

Vorab wird der Rahmen des Versuchsaufbaus festgelegt, um reproduzierbare und aussagekräftige Ergebnisse erzielen zu können. Die Versuche finden auf einem abgesperrten, für Unbeteiligte unzugänglichen Gelände statt, um eine Gefährdung für Verkehrsteilnehmer und Passanten zu vermeiden. Die Fahrversuche werden etwa mit Schrittgeschwindigkeit durchgeführt, welche die Geschwindigkeit bei Ein- und Ausparkvorgängen am besten approximiert.

## 2.3 Versuchsfahrzeug



Abbildung 6: Versuchsfahrzeug Porsche 718 Boxter

Es wird ein Fahrzeug mit Automatikgetriebe verwendet. Als Versuchsfahrzeug wird ein Porsche 718 Boxter (982) der Westsächsischen Hochschule Zwickau eingesetzt. Das Fahrzeug verfügt über einen Benzinmotor und Heckantrieb. In Abbildung 6 ist das Versuchsfahrzeug zu sehen. Ein Auszug der technischen Daten des Fahrzeugs befindet sich in Anhang A3. Das Versuchsfahrzeug war mit Sommerreifen (Pirelli P Zero) mit folgender Reifendimension ausgestattet: 235/35 ZR 20 88 Y an der VA und 265/35 ZR 20 95 Y an der HA.

## 2.4 Fahrsituation

Die Versuche sollen während des Anfahrens aus dem Stand und bei etwa Schrittgeschwindigkeit des Fahrzeugs durchgeführt werden.

## **Versuchsvorbereitung, Versuchsdurchführung und Auswertung**

### 2.5 Versuchsreihe

Die Versuche fanden am 09.02.2023 statt. Es nahmen 13 Probanden an den Versuchen teil.

### 2.6 Versuchsablauf

Zuerst werden die Probanden über die Versuchsaufbauten und den Versuchsablauf informiert. Es wird jedem Probanden eine Probandennummer zugeteilt. Der Fahrersitz wird individuell für den Probanden eingestellt, um eine gewohnte und bestmögliche Sitzposition zu erreichen. Während des gesamten Versuchsablaufs werden die Probanden von der Versuchsleiterin unterstützt. Die Probanden durchlaufen nacheinander die Versuche. Das Fahrzeug wird nach dem Wechsel der Probanden in die Ausgangsposition zurückgebracht. Jeder Versuch wird mit Hilfe von Kameraaufnahmen dokumentiert. Nach dem Durchlauf der Versuche erhält jeder Proband einen Fragebogen, der beantwortet werden soll. Siehe Anhang A1.

Die Versuche werden im Rückwärtsgang absolviert, um das Einparken auf einen Parkplatz zwischen zwei Fahrzeugen zu simulieren. Insgesamt wird dreimal rückwärts gefahren. Die ersten beiden Rückwärtsfahrten erfolgen ohne Hindernis und die letzte Rückwärtsfahrt mit Hindernis.

## 2.7 Versuchsdurchführung



Abbildung 7: Versuchsanordnung



Abbildung 8: Unterlegkeile (Hindernis)

Das Versuchsfahrzeug befindet sich, wie in Abbildung 9 zu sehen ist etwa eine Fahrzeuglänge von der Parklücke zwischen den zwei Fahrzeugen entfernt.

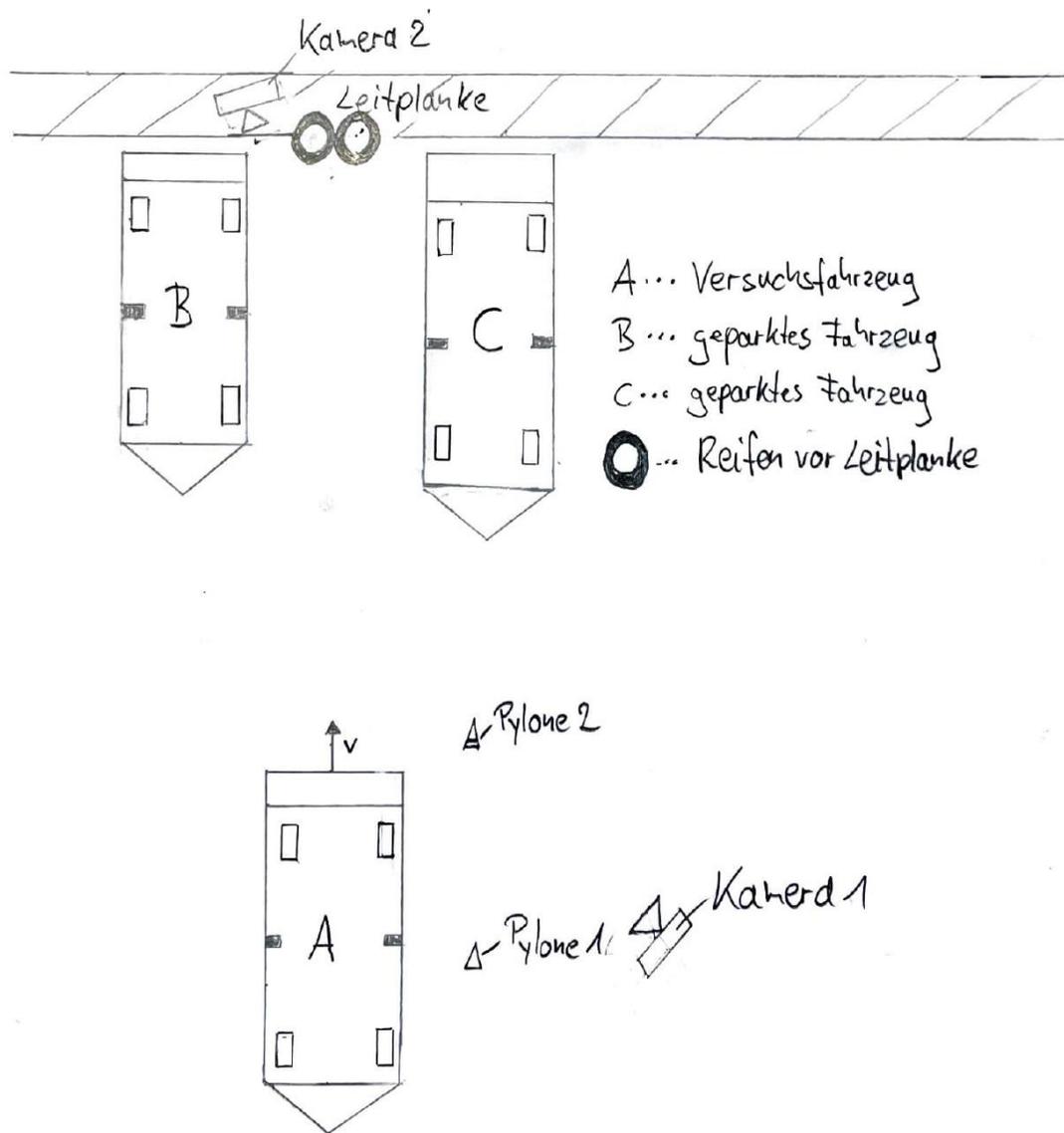


Abbildung 9: Versuchsablauf Startposition

Der vordere Pylone (ohne Markierung) (siehe Abbildung 9) dient als Startposition und ist parallel zum Kopf des Probanden/Fahrers. Auf dem Beifahrersitz sitzt die Versuchsleiterin. Die Probanden tragen während dieses Versuches ein Headset (SQuadriga II), das die akustischen Reaktionen der Probanden aufzeichnet. Die Aufgabe der Probanden ist es rückwärts in die Parklücke zwischen den beiden hinter ihnen befindlichen Fahrzeugen (Fahrzeug B und C) einzuparken (siehe Abbildung 10) und wieder vorwärtszufahren bis der Kopf des Probanden parallel zum vorderen Pylonen ist. (siehe Abbildung 9).

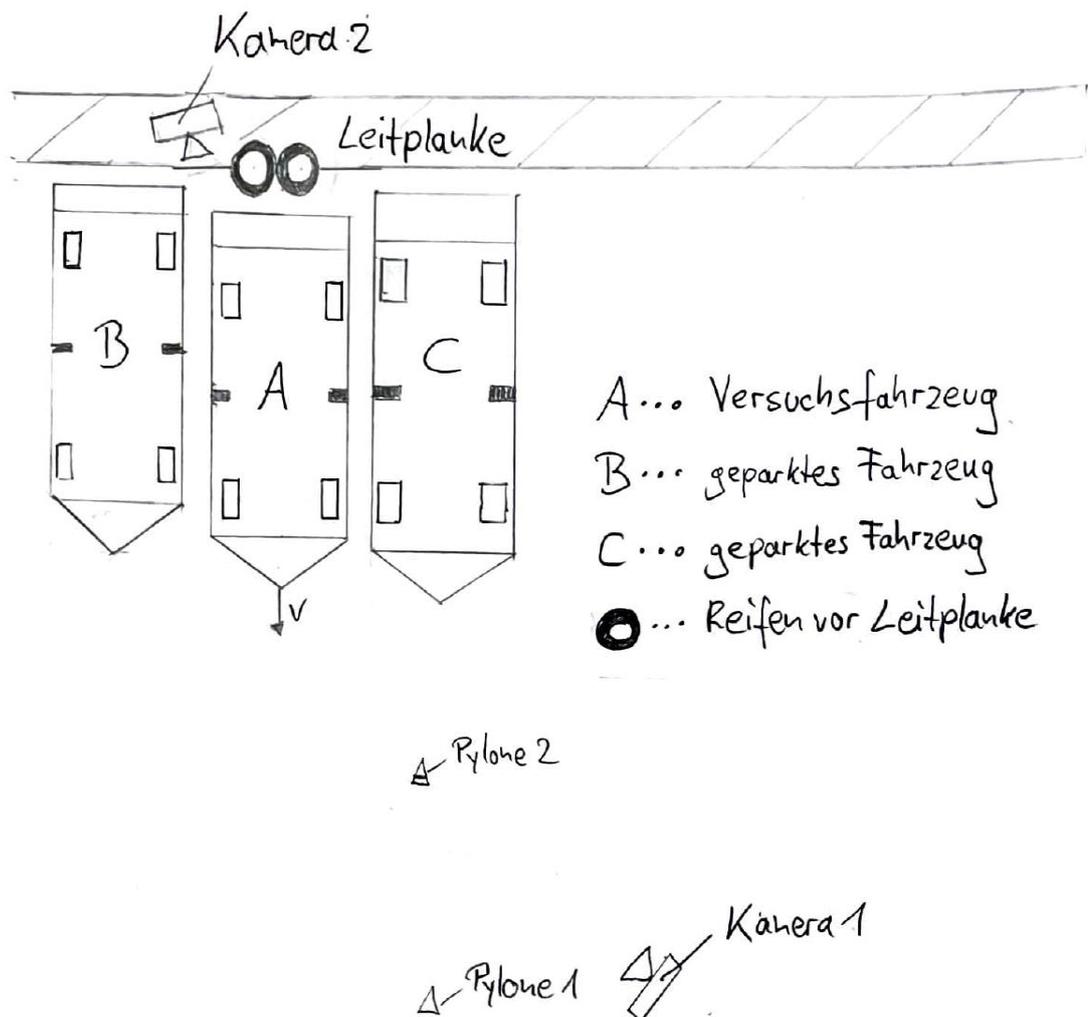


Abbildung 10: Versuchsablauf Ausparkvorgang

Dies soll insgesamt dreimal stattfinden. Vor der dritten Rückwärtsfahrt muss der Proband kurz anhalten. Eine Person nähert sich dem Fahrzeug auf der Fahrerseite und verdeckt den linken Außenspiegel. Der Proband wird abgelenkt und muss die Nummer der akustischen Aufzeichnung notieren. Währenddessen legt eine weitere Person etwa auf Höhe des hinteren Pylonen (mit Markierung) die beiden Unterlegkeile (siehe Abbildung 11) in die Fahrstrecke. Die Entfernung des Hindernisses beträgt etwa 300 – 400 mm zur HA des Versuchsfahrzeugs. Der Versuchsablauf der dritten Rückwärtsfahrt ist in Abbildung 11 dargestellt.

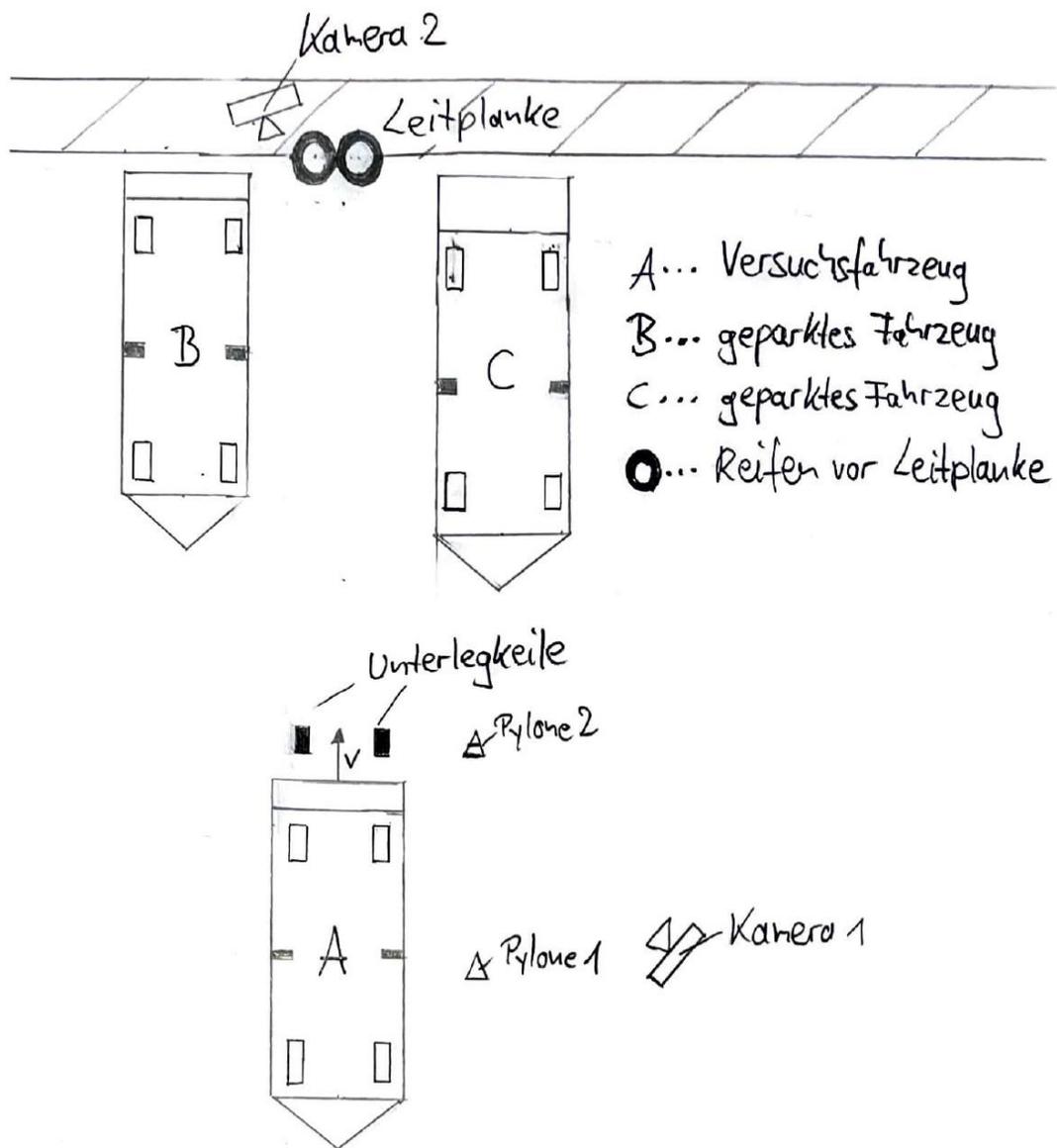


Abbildung 11: Versuchsablauf dritte Rückwärtsfahrt

Wenn der Proband auf die Unterlegkeile fährt, wird der Versuch abgebrochen und dieser fährt das Fahrzeug wieder in die Startposition (siehe Abbildung 9). Beim Versuchsfahrzeug bleibt die Zündung an und es wird in P dort abgestellt, bis der nächste Proband den Versuch durchführt. Nach dem Versuch füllt der Proband einen Fragebogen aus.

## 2.8 Messgeräte

### KTS 560 Bosch



Abbildung 12: KTS 560 [20]

Folgende Messwerte werden von dem Diagnosetester KTS 560 von Bosch, der über OBD mit dem Fahrzeug verbunden ist aufgezeichnet:

- Motordrehzahl  $n$  [1/min]
- Pedalstellung  $D$  [%]
- Absoluter Lastwert [%]

Diese Messwerte des Diagnosetester werden via Bluetooth auf einen Laptop, der sich im rechts neben dem Versuchsfahrzeug geparkten Fahrzeug befindet, übertragen und mit dem Programm ESI-Tronic aufgezeichnet. Das Fahrverhalten lässt sich durch diese drei Messwerte beschreiben. Die Aufzeichnung wird von einer weiteren Person gestartet, bei Versuchsbeginn und nach dem Versuchsende wieder gestoppt. Ziel ist es die Messwerte bei zwei Fahrten ohne Hindernis und bei der letzten Zeit mit Hindernis aufzuzeichnen. Die Abkürzung OBD steht für „On Board Diagnose“ und wird seit den 1980er Jahren verwendet. Es stellt einen Zugang für die Fahrzeugdiagnose dar. Die 16-polige OBD-2-Diagnosebuchse verwendet herstellerübergreifende, abgasrelevante Diagnoseprotokolle und spezifische Diagnoseprotokolle der Hersteller. OBD2 enthält abgasrelevante Daten wie z.B. Geschwindigkeit, Drehzahl und Gaspedalstellung. Diese werden über SCAN Tools aufgezeichnet [21, S.103] Laut der Auskunft des Kundendienstes von Bosch

versteht man unter dem absoluten Lastwert die Motorlast. Die Einheit des absoluten Lastwerts wird in % angegeben. Bei Saugmotoren liegt der absolute Lastwert zwischen 0 und 200 % und bei Turbomotoren zwischen 0 und 400 %. Die Technischen Daten (Auszug) des KTS 560 sind in Anhang A 7 zu finden.

#### SQuadriga II HEAD Acoustics



Abbildung 13: SQuadriga II [22, S.1]

Dieses Messgerät ist ein 24-Bit Aufnahme- und Wiedergabesystem für verschiedene Aufgaben. An dieses Gerät ist ein Headset angeschlossen, das die Probanden während des Versuchs tragen. Mit Hilfe dieses Headsets werden die akustischen Reaktionen der Probanden bei der Fahrt mit dem Versuchsfahrzeug aufgezeichnet. Die Aufnahme wird von der Versuchsleiterin gestartet, wenn die erste Rückwärtsfahrt beginnt und beendet, wenn das Fahrzeug nach der dritten Rückwärtsfahrt wieder in der Startposition ist. Die Technischen Daten (Auszug) sind in Anhang A 8 zu finden.

### 3. Auswertung

Zuerst werden die Fragebogen ausgewertet. Die Auswertung der persönlichen Fragen der Fragebogen hat folgendes ergeben:

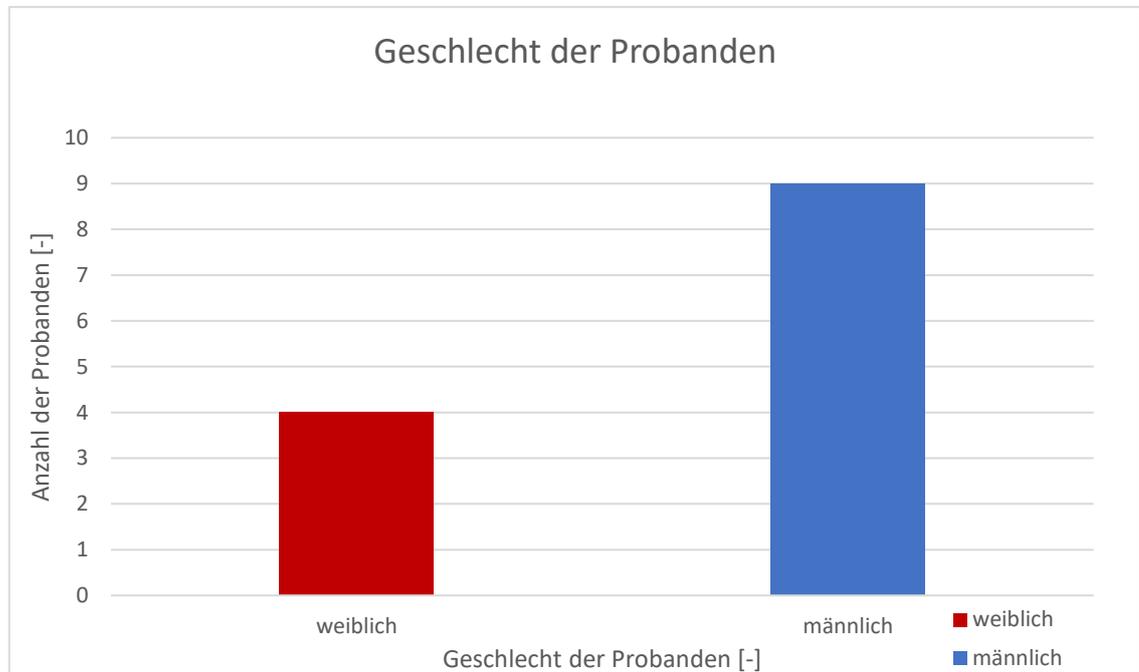


Diagramm 1: Geschlecht der Probanden

Es wurden Versuche mit 13 Probanden durchgeführt. Bei diesem Versuch haben vier Probandinnen und neun Probanden teilgenommen. Der Anteil der Probandinnen beträgt 30,8 % und der Anteil der Probanden 69,2 %.

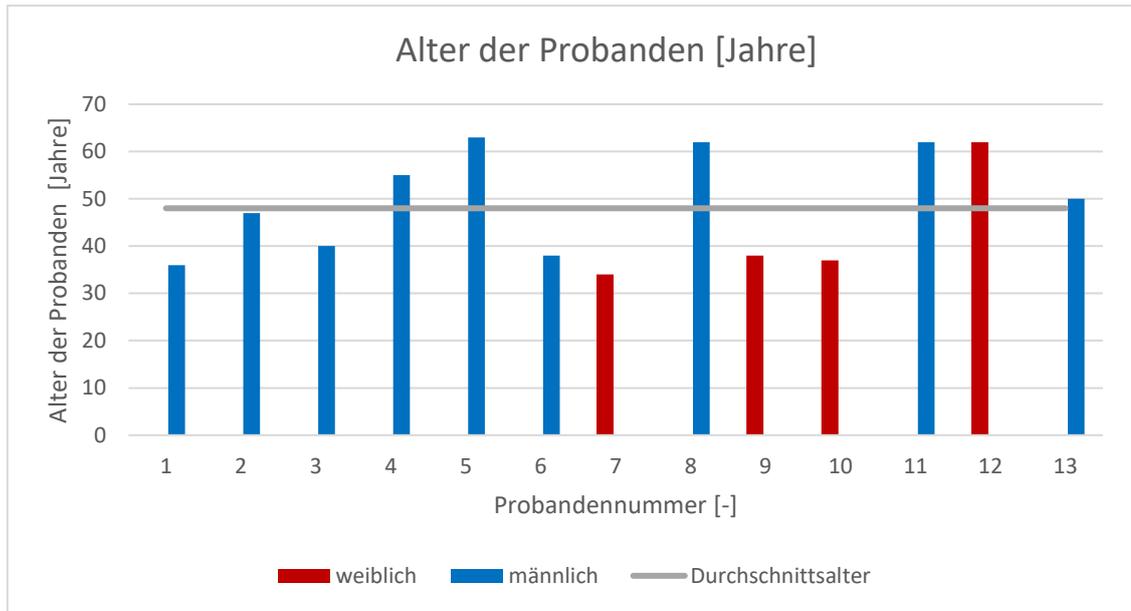


Diagramm 2: Alter der Probanden

In Diagramm 2 ist das Alter der einzelnen Probanden zu sehen. Das Altersspektrum erstreckt sich von 34 bis 63 Jahren. Das Durchschnittsalter liegt bei 48 Jahren.

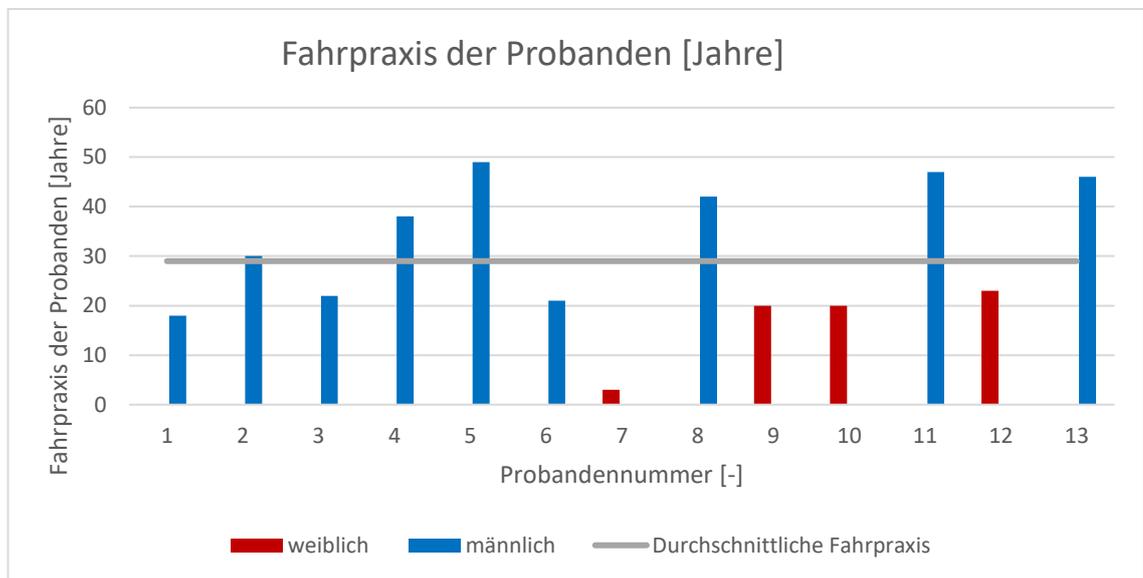


Diagramm 3: Fahrpraxis der Probanden

Die durchschnittliche Fahrpraxis liegt, wie in Diagramm 3 zu sehen ist, bei 29 Jahren. Die minimale Fahrpraxis beträgt drei Jahre und die maximale Fahrpraxis 49 Jahre. Die Probandinnen haben im Schnitt weniger Fahrpraxis als die Probanden.

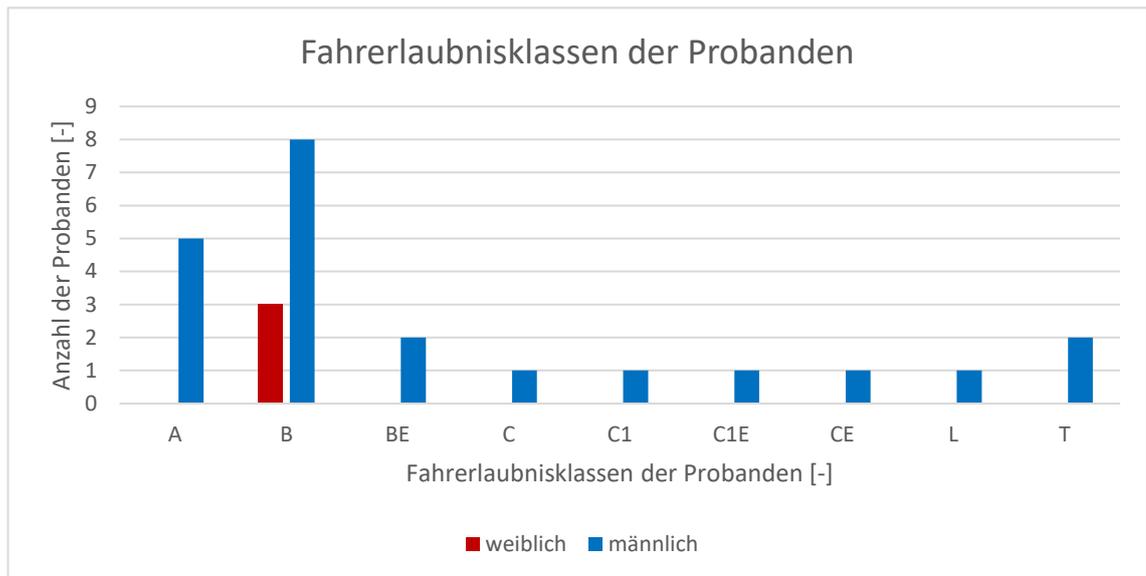


Diagramm 4: Fahrerlaubnisklassen der Probanden

Acht Probanden und drei Probandinnen sind in Besitz der Fahrerlaubnis B. Dieser Führerschein erlaubt das Fahren eines PKW. Bei den Probandinnen besitzen drei von vier eine Fahrerlaubnis B. Probandin 9 hat keine Angaben gemacht, welche Fahrerlaubnis sie besitzt. Die Probandinnen (drei) haben nur die Fahrerlaubnis B. Zwei Probanden besitzen nur die Fahrerlaubnis der Klasse B. Die weiteren Probanden (sechs) besitzen auch weitere Fahrerlaubnisklassen:

- Zwei Probanden besitzen Klasse A und B
- Zwei Probanden besitzen Klasse A und B
- Ein Proband besitzt die Klassen B und L
- Ein Proband besitzt die Klassen A, B, C (inklusive C1) und T
- Ein Proband besitzt die Klassen A, BE (inklusive B), C1E und L
- Ein Proband besitzt die Klassen BE (inklusive B) und CE (inklusive C1E)
- Ein Proband besitzt die Klassen A, B und C1

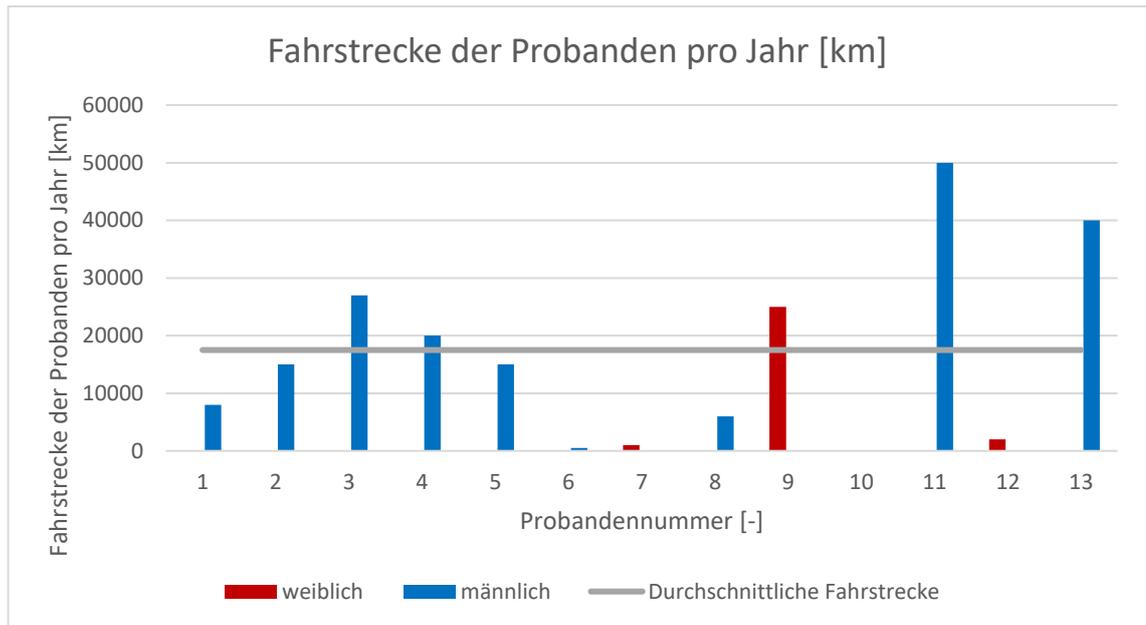


Diagramm 5: Fahrstrecke der Probanden pro Jahr [km]

Die durchschnittliche Fahrstrecke der Probanden pro Jahr beträgt 17458 km. Die minimale Fahrstrecke liegt bei 500 km und die maximale Fahrstrecke bei 50000 km jährlich. Probandin 10 hat keine Angabe gemacht, wie viele km sie jährlich fährt. In Besitz eines privaten PKW sind alle (13) Probanden und somit beträgt der Anteil 100 %.

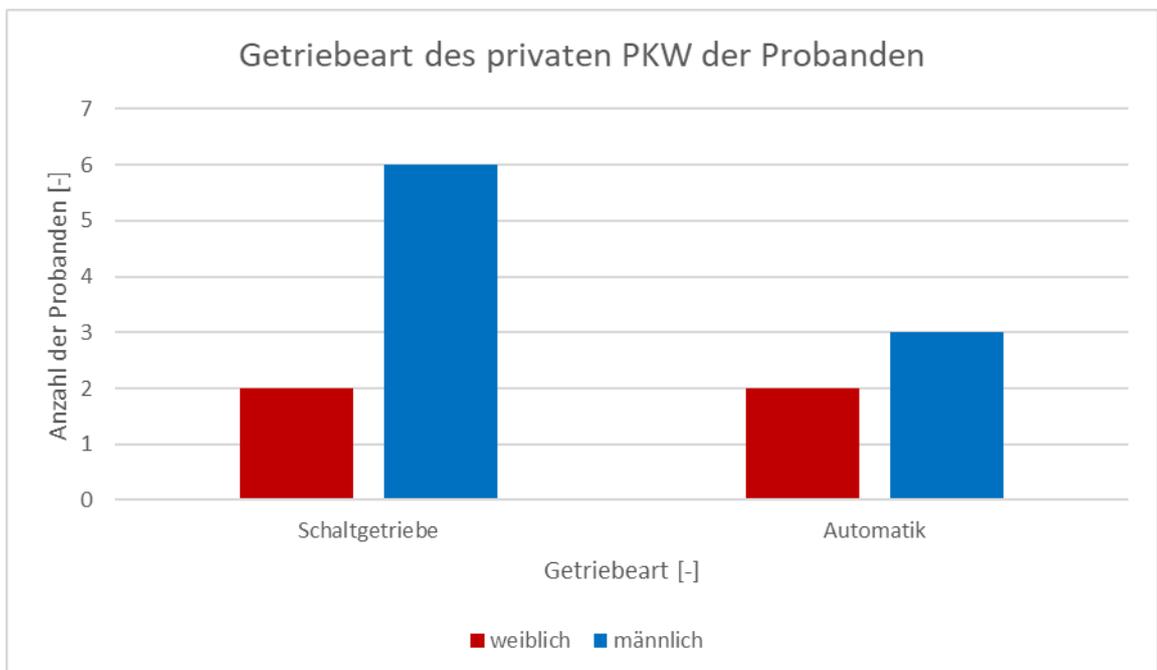


Diagramm 6: Getriebeart des privaten PKW der Probanden

Acht von 13 Probanden haben einen privaten PKW mit Schaltgetriebe und fünf einen PKW mit Automatikgetriebe. Der Anteil der privaten PKW mit Schaltgetriebe beträgt 61,5

% und der Anteil der privaten PKW mit Automatikgetriebe beträgt 38,5 %. Dies bedeutet, dass die meisten Probanden privat einen PKW mit Schaltgetriebe fahren. Zwei von vier Probandinnen fahren einen PKW mit Schaltgetriebe und die anderen beiden einen PKW mit Automatikgetriebe. Hier beträgt der Anteil jeweils 50 %. Bei den Probanden fahren sechs einen PKW mit Schaltgetriebe und drei einen PKW mit Automatikgetriebe. Der Anteil mit Schaltgetriebe beträgt hier 66,7 % und bei Automatikgetriebe 33,3 %.

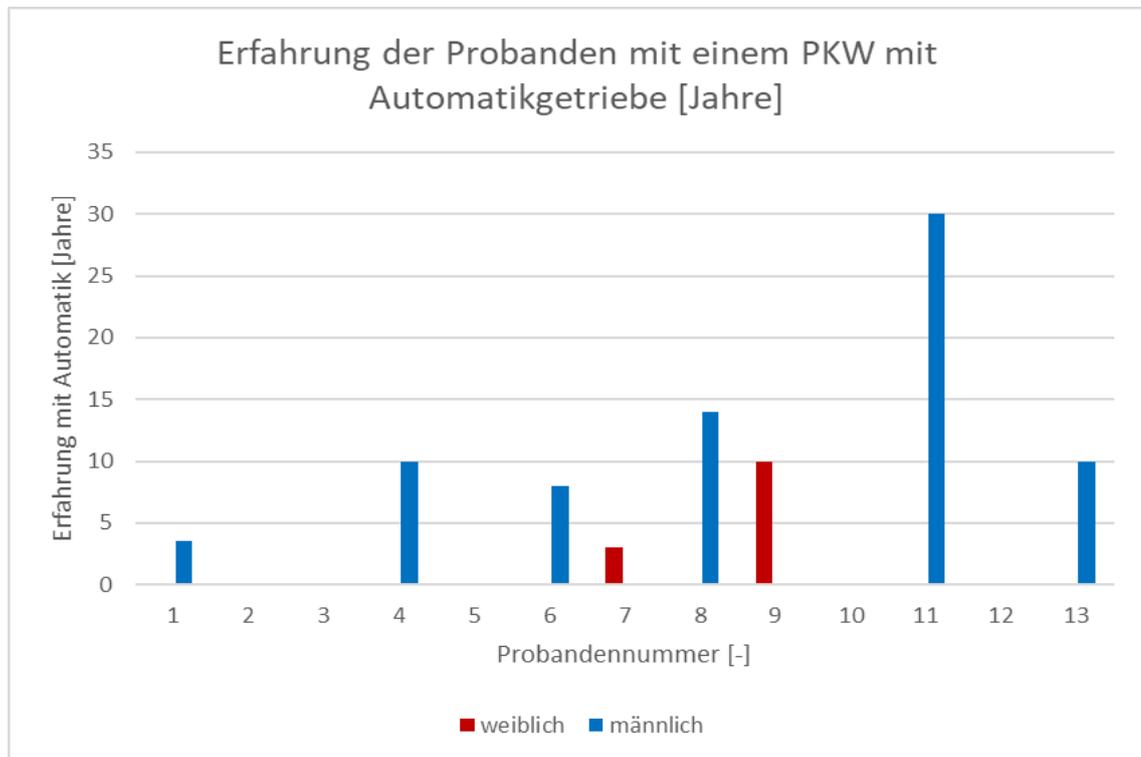


Diagramm 7: Erfahrung mit einem PKW mit Automatikgetriebe [Jahre]

Die Erfahrung der Probanden mit einem PKW mit Automatikgetriebe beträgt durchschnittlich 11 Jahre. Die minimale Erfahrung liegt bei drei Jahren und die maximale Erfahrung bei 30 Jahren. Proband 2, 5 und Probandin 12 haben keine Erfahrung mit einem PKW mit Automatik gemacht. Proband 3 und Probandin 10 haben keine auswertbare Angabe hierzu gemacht.

Die Auswertung der versuchsspezifischen Fragen hat folgendes ergeben:

Allen Probanden haben bei den Rückwärtsfahrten eine Veränderung bemerkt und der Anteil beträgt hier 100 %. 13 Probanden ist bei der dritten Fahrt eine Untergrundveränderung aufgefallen. Proband 1 hat auch eine Veränderung bei der zweiten Fahrt bemerkt (eine Person neben dem Fahrzeug).

### 3.1 Reaktionen der Probanden bei der dritten Rückwärtsfahrt

Die Probanden haben bei der dritten Rückwärtsfahrt folgende Reaktionen gezeigt:

Links ist die Mimik zu sehen und rechts die akustische Äußerung der Probanden.

	Keine akustische Reaktion
	„Eis“, „wars Eis“, „will nicht“, „Eisklumpen“, „war noch auf R“, „keine Kamera“

Abbildung 14: Proband 1

Abbildung 15: Proband 2



Abbildung 16: Proband 3

„muss ich hier drüber“, „was ist denn da hinter mir“, „ich seh nicht“, fahr ma erst wieder vor“



Abbildung 17: Proband 4

„was war das“, „hab doch R“, „Handbremse reingegangen“, „kann nicht rückwärts fahren“



Abbildung 18: Proband 5

„da ist was „

	<p>Keine Reaktion</p>
	<p>„grad ne Störung aufgebaut“, „ich kann nicht“, „ich probiers ja“, „irgendwas hab ich“</p>
	<p>„es machte Tong“</p>
	<p>„Häh“, „was war denn das jetzt“</p>



Abbildung 23: Probandin 10

„Hh“, „was war denn das jetzt“



Abbildung 24: Proband 11

„was war denn das“



Abbildung 25: Probandin 12

„was war denn das letzte“



Abbildung 26: Proband 13

„das war der Test“

### 3.2 Auswertung der Diagramme in ESI-Tronic

Es erfolgt die Auswertung der drei Rückwärtsfahrten von Proband 3 (männlich, 40 Jahre alt, Erwerb der Fahrerlaubnis: 2001, erworbene Führerscheinklassen: A und B, jährliche Fahrstrecke etwa 27000 km, besitzt privaten PKW mit Schaltgetriebe, hat Erfahrung mit PKW mit Automatikgetriebe), Proband 6 (männlich, 38 Jahre alt, Erwerb der Fahrerlaubnis: 2002, erworbene Führerscheinklassen: B und L, jährliche Fahrstrecke etwa 500 km, besitzt privaten PKW mit Automatikgetriebe, hat Erfahrung mit PKW mit Automatikgetriebe) und Probandin 12 (weiblich, 62 Jahre alt, Erwerb der Fahrerlaubnis: 2000, erworbene Führerscheinklassen: B, jährliche Fahrstrecke etwa 2000 km, besitzt privaten PKW mit Schaltgetriebe, hat keine Erfahrung mit PKW mit Automatikgetriebe). Es werden die drei Rückwärtsfahrten einzeln und eine Gesamtübersicht, die alle drei Fahrten beinhaltet, dargestellt. Es sind der Verlauf des Fahrpedals, des absoluten Lastwerts und der Motordrehzahl zu sehen.

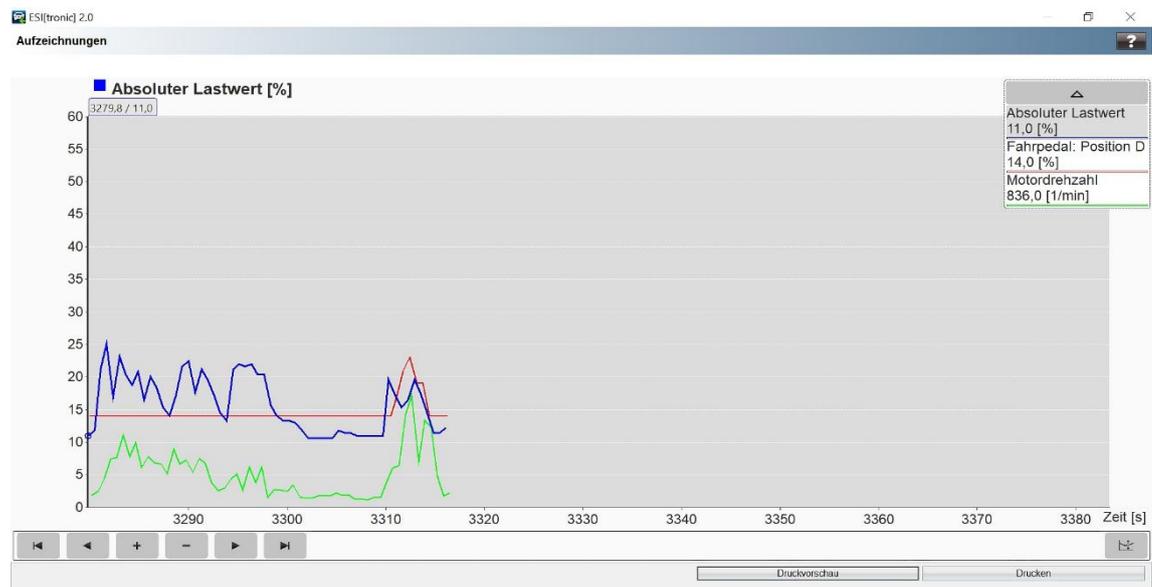


Abbildung 27: Erste Rückwärtsfahrt Proband 3

Die Fahrpedalstellung bleibt zunächst konstant bei 14 %, da das Fahrzeug im Kriechgang rückwärtsfährt. Da es sich um ein Versuchsfahrzeug mit Automatikgetriebe handelt, fährt das Fahrzeug auch ohne Betätigung des Fahrpedals rückwärts, wenn ein Gang eingelegt wird (hier: Rückwärtsgang). Die Motordrehzahl steigt nach dem Starten des Motors und wenn sich das Fahrzeug in Bewegung setzt bzw. sich die Räder drehen. Dies wird als Leerlaufstabilisierung bezeichnet und tritt auf, wenn nach dem Losfahren eine Last am Motor anliegt und somit die Motordrehzahl steigt. Der Wert fällt hier wieder ab, da das

Fahrzeug nicht beschleunigt wird. Wenn die Fahrpedalstellung auf etwa 22 % ansteigt, erhöht sich auch die Drehzahl. Der absolute Lastwert steigt auch an, wenn sich die Fahrpedalstellung erhöht. Es wird dann mehr Leistung vom Motor abgegeben.

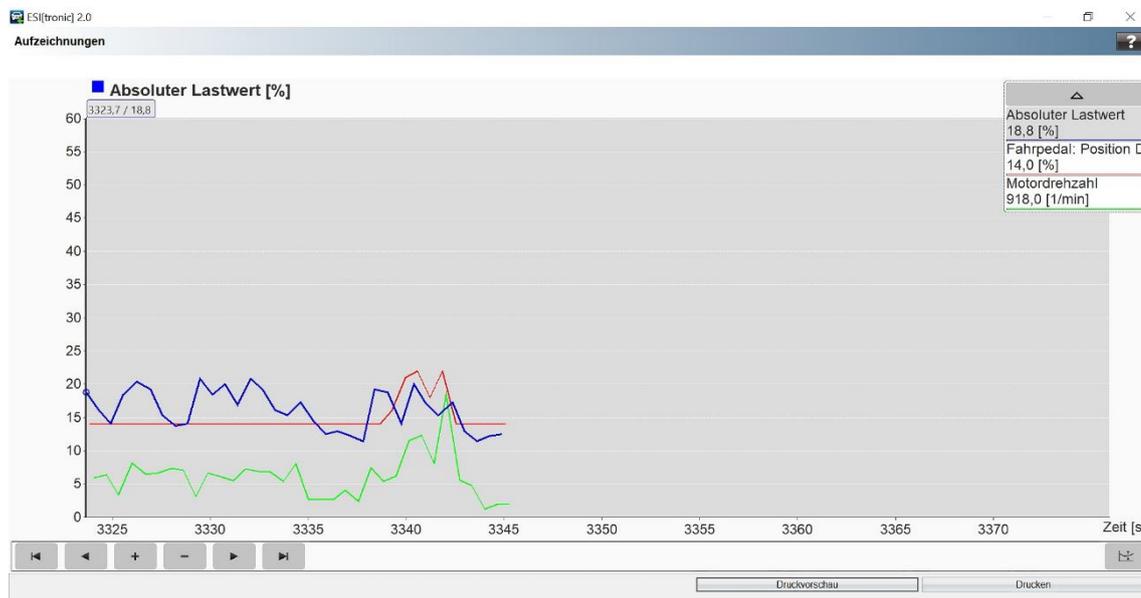


Abbildung 28: Zweite Rückwärtsfahrt Proband 3

Der Verlauf der drei Werte ist ähnlich wie bei der ersten Rückwärtsfahrt. Die Fahrpedalstellung bleibt zunächst konstant und anhand der zwei Peaks (kurz vor und bei 3340 s) ist zu erkennen, dass ab diesem Zeitpunkt das Gaspedal betätigt wurde, da der Wert hier von 14 % auf etwa 22 % ansteigt. Nach dem ersten Peak sinkt die Fahrpedalstellung kurz ab, da das Gaspedal nicht mehr so weit betätigt wird und steigt dann wieder an, da das Pedal wieder mehr Weg zurücklegt.

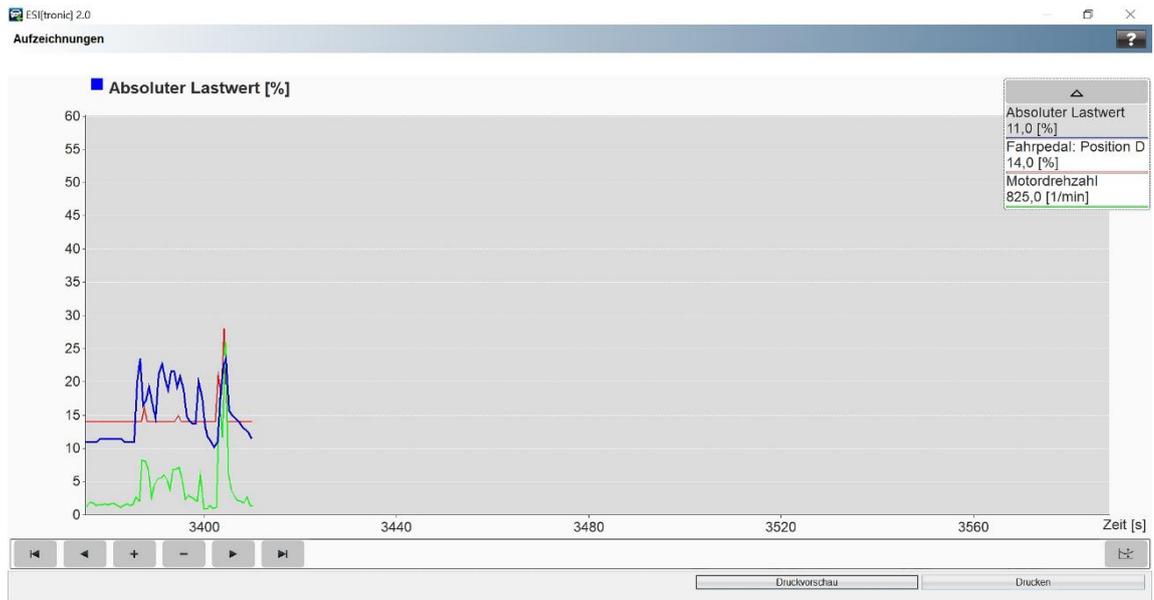


Abbildung 29: Dritte Rückwärtsfahrt Proband 3

In Abbildung 29 ist zu erkennen, dass der absolute Lastwert, die Fahrpedalstellung und die Motordrehzahl sobald die Hindernisauffahrt beginnt ansteigen. Die Kurve des Fahrpedals steigt an, da das Gaspedal betätigt wurde. Die Motordrehzahl erhöht sich ebenfalls aus diesem Grund. Vom Motor wird auch mehr Leistung abgegeben und darum steigt auch der absolute Lastwert. Die Motordrehzahl, der absolute Lastwert und die Fahrpedalstellung D steigen bei der Hindernisauffahrt stärker an, als bei den Fahrten ohne Hindernis, wie in Abbildung 30 zu sehen ist.

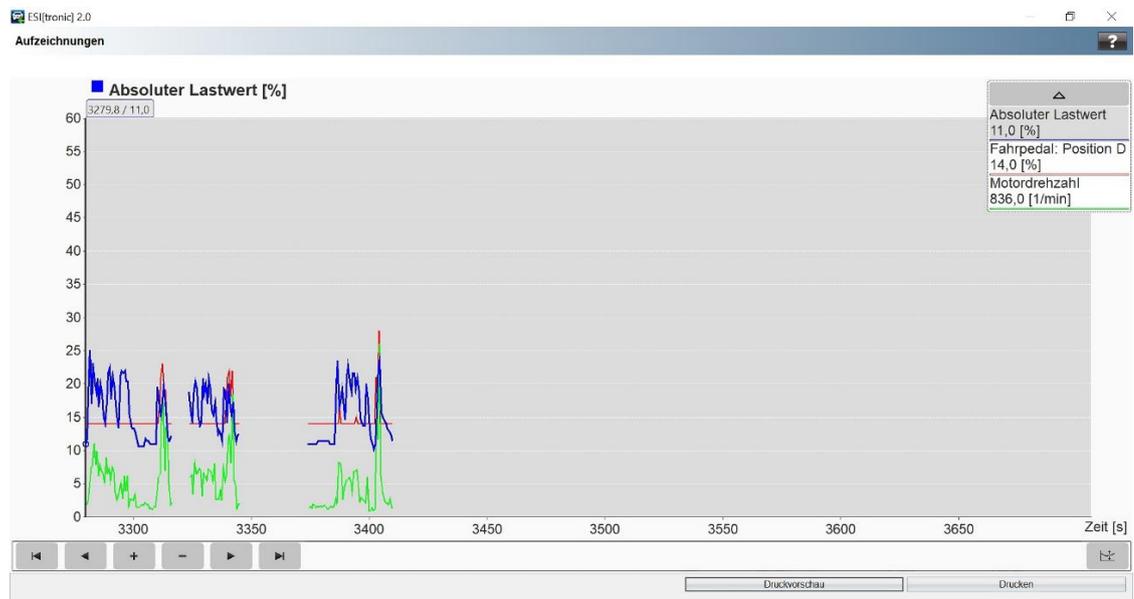


Abbildung 30: Alle Rückwärtsfahrten Proband 3

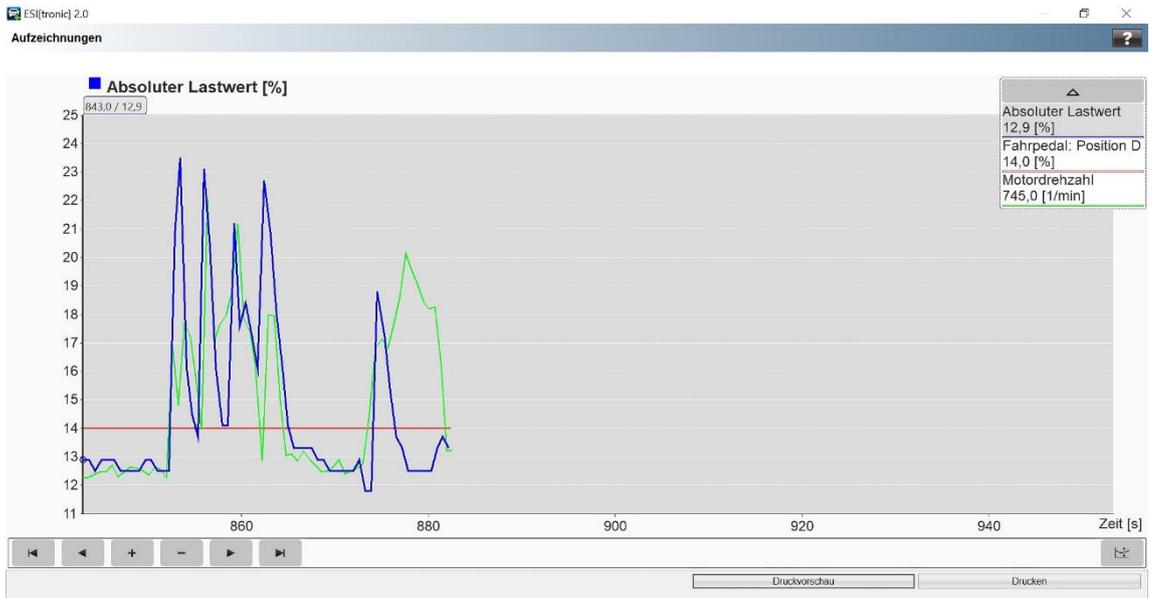


Abbildung 31: Erste Rückwärtsfahrt Proband 6

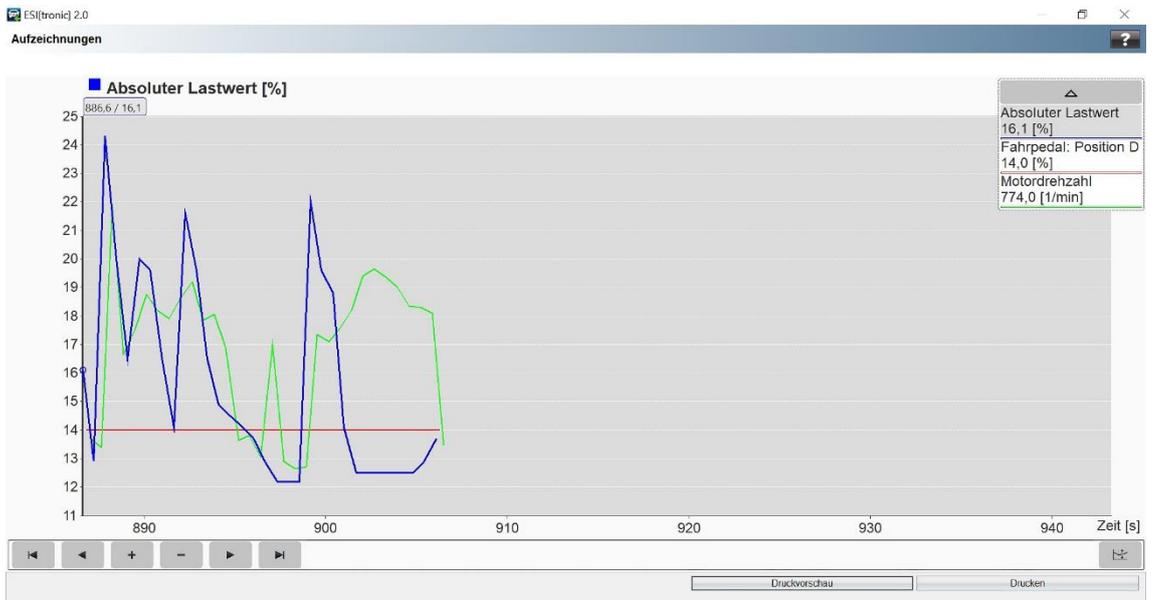


Abbildung 32: Zweite Rückwärtsfahrt Proband 6

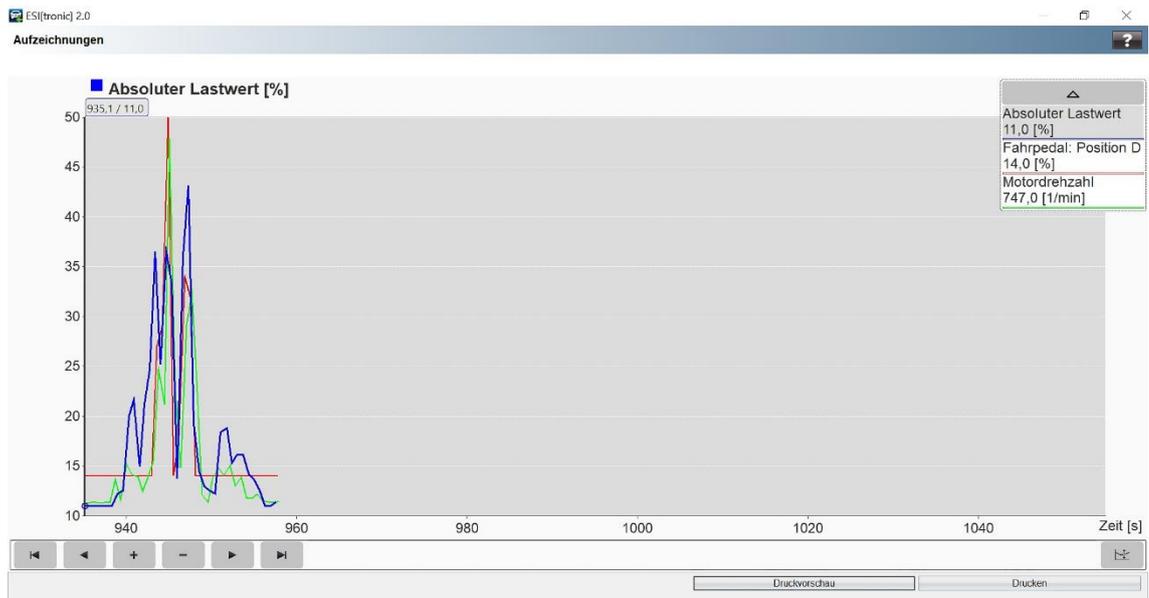


Abbildung 33: Dritte Rückwärtsfahrt Proband 6

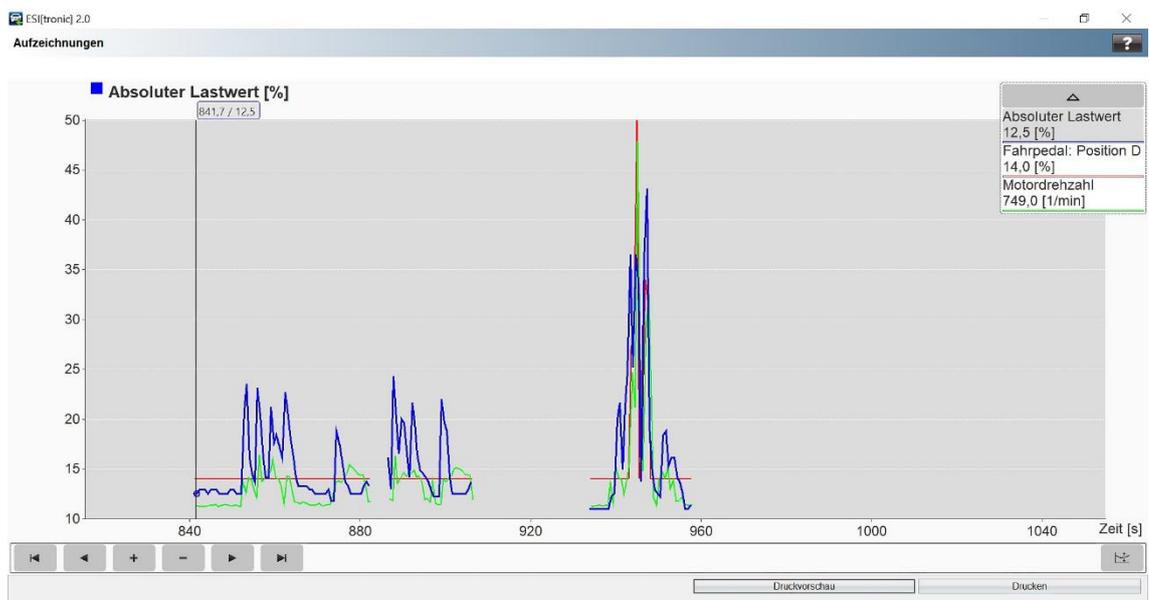


Abbildung 34: Alle Rückwärtsfahrten Proband 6

Bei Proband 6 sind die Verläufe bei allen drei Fahrten ähnlich wie bei Proband 3. Nur der Anstieg der drei Werte bei der dritten Fahrt ist erheblich stärker als bei den ersten beiden Fahrten ohne Hindernis. Hier erreicht das Fahrpedal einen beinahe doppelt so großen Wert wie bei Proband 3. Dies ist darauf zurückzuführen, dass das Gaspedal stärker betätigt wurde als bei Proband 3. Bei stärkerer Betätigung des Gaspedals steigen auch die Werte der Motordrehzahl und des absolute Lastwerts an.

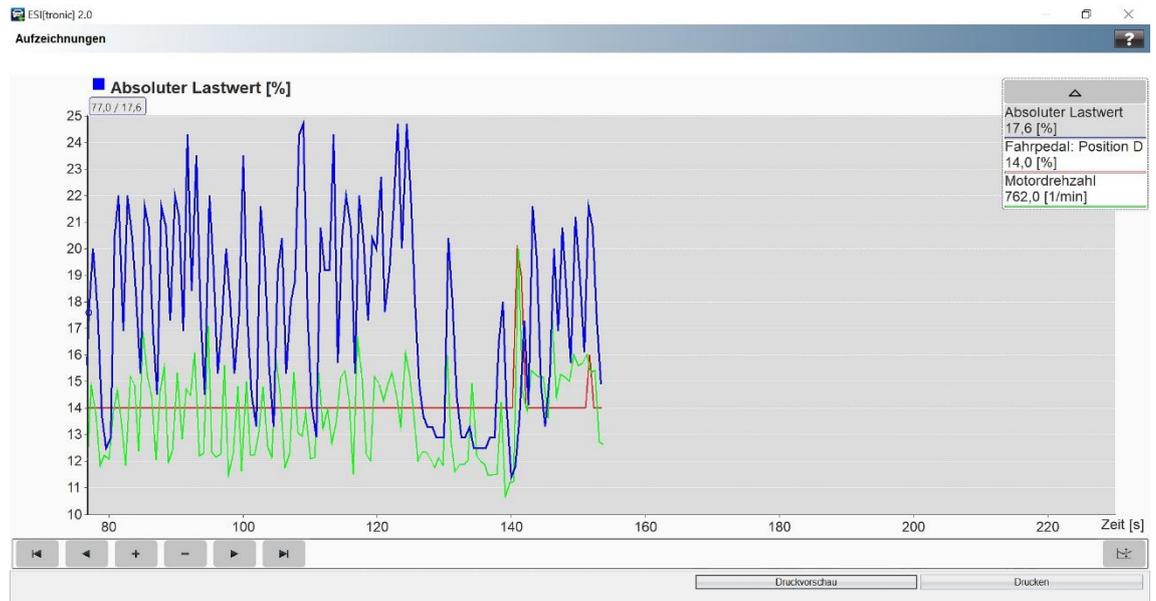


Abbildung 35: Erste Rückwärtsfahrt Probandin 12

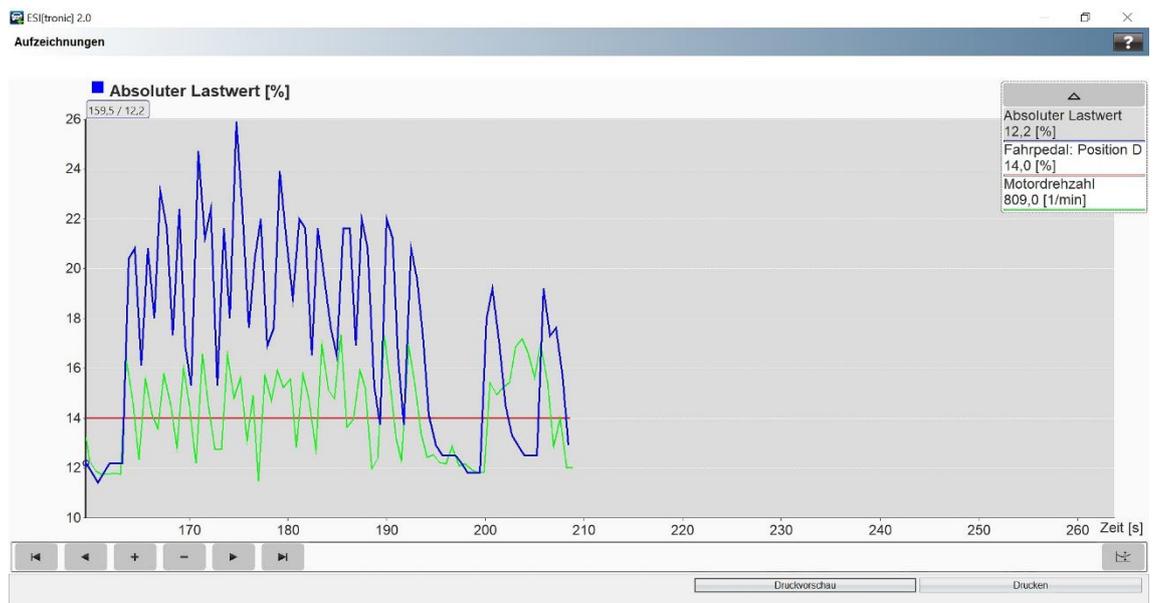


Abbildung 36: Zweite Rückwärtsfahrt Probandin 12

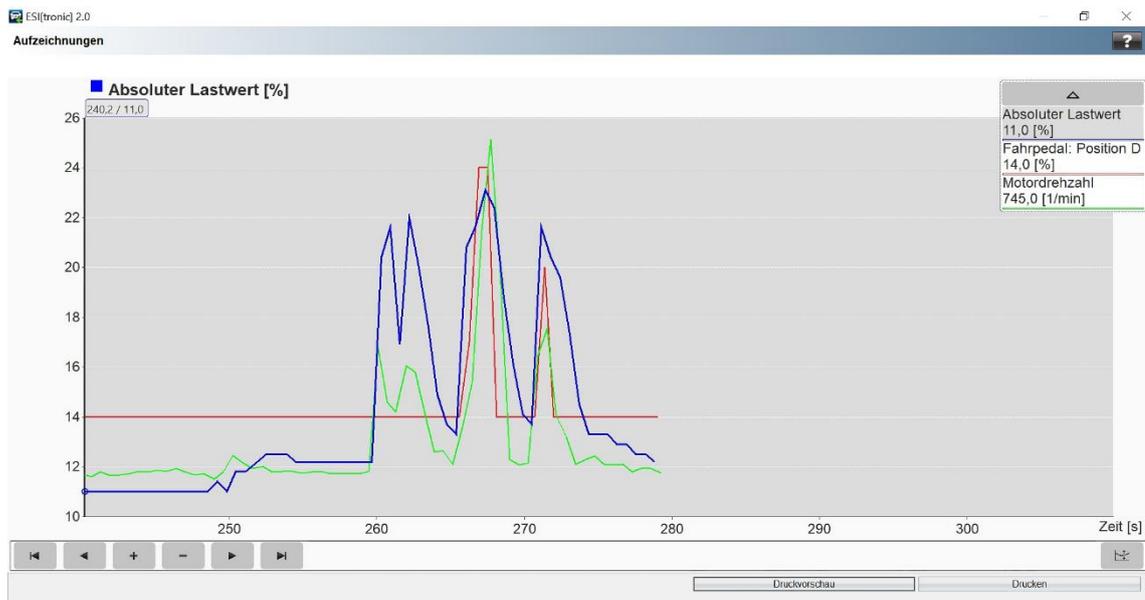


Abbildung 37: Dritte Rückwärtsfahrt Probandin 12

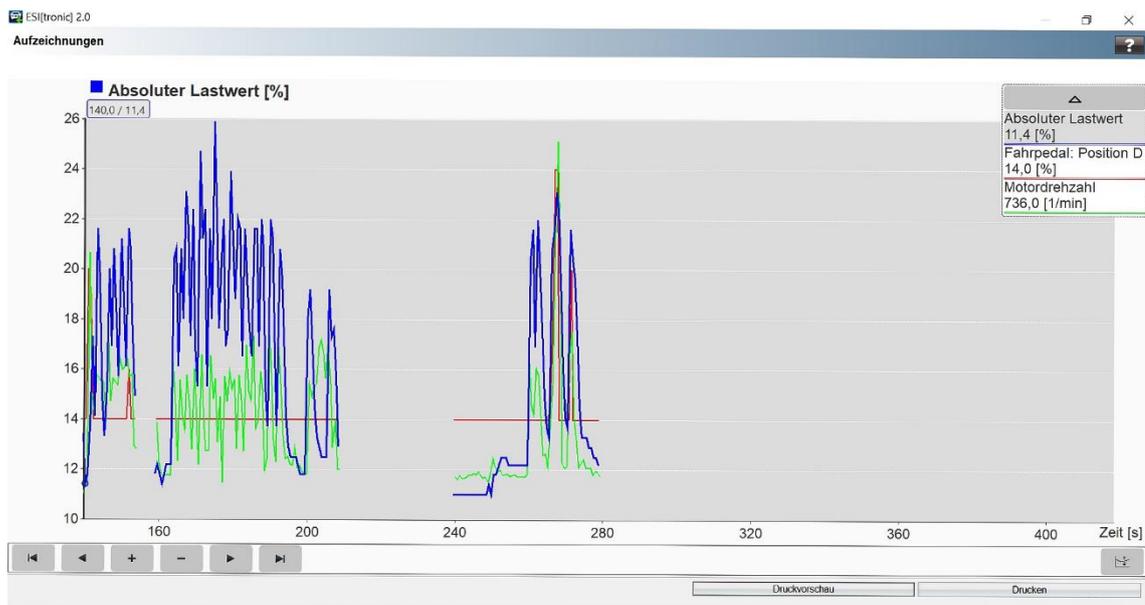


Abbildung 38: Alle Rückwärtsfahrten Probandin 12

Bei Probandin 12 sind die Verläufe ähnlich wie bei den Probanden 3 und 6.

Wie bei Proband 6 hat das Fahrpedal zwei Peaks. Dies ist darauf zurückzuführen, dass das Gaspedal zunächst betätigt wird, bei Hindernisauffahrt dann wieder weniger und wenn dann der Widerstand durch das Hindernis bemerkt wird wieder mehr. Die drei Werte haben bei Hindernisauffahrt einen ähnlichen Verlauf wie das bei den anderen beiden Probanden der Fall ist. In Anhang A9 sind die Verläufe der drei Rückwärtsfahrten von allen Probanden zu sehen.

### 3.3 Auswertung der maximalen Messwerte der Probanden bei den einzelnen Rückwärtsfahrten

In den folgenden drei Diagrammen sind die Maximalwerte der Motordrehzahlen, der Fahrpedale und der absoluten Lastwerte der drei Rückwärtsfahrten der Probanden dargestellt.

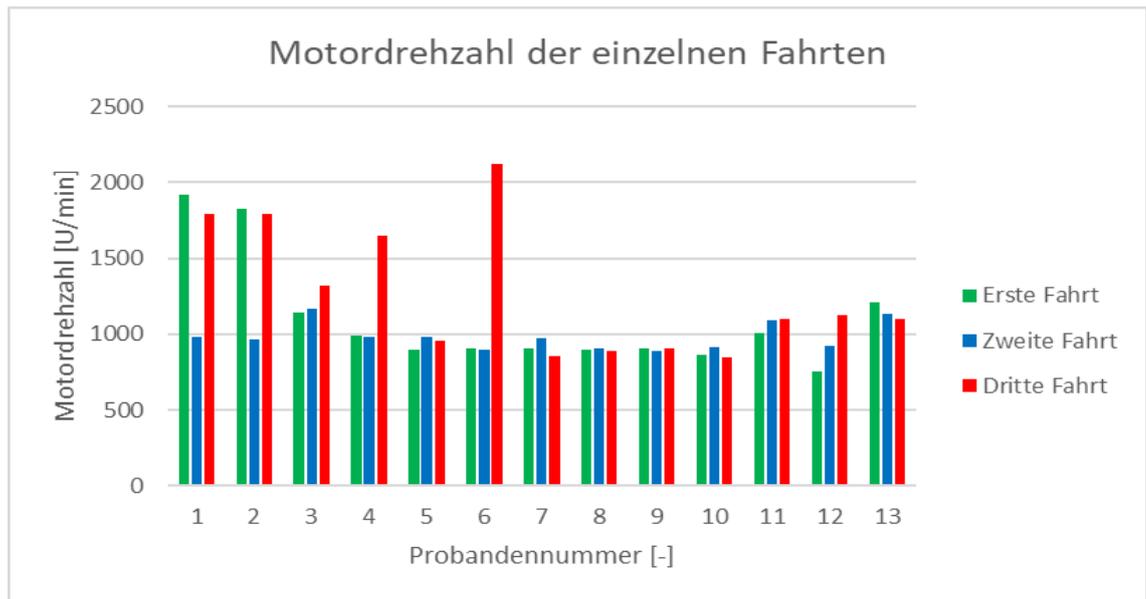


Diagramm 8: Maximalwerte der Motordrehzahlen der drei Rückwärtsfahrten der Probanden

Bei den Probanden drei, vier, sechs und 12 steigt die Motordrehzahl bei der letzten Rückwärtsfahrt (Fahrt auf Hindernis) im Vergleich zu den ersten beiden Fahrten ohne Hindernis an. Die Motordrehzahl bei der dritten Rückwärtsfahrt sinkt bei den Probanden sieben, acht, zehn und 13 im Vergleich zu den ersten beiden Rückwärtsfahrten. Proband 13 hat bei der letzten Rückwärtsfahrt das Hindernis überfahren, deshalb sinkt die Motordrehzahl, da die Räder der HA kurz stehen bleiben bis die Unterlegkeile wieder den Untergrund berühren.

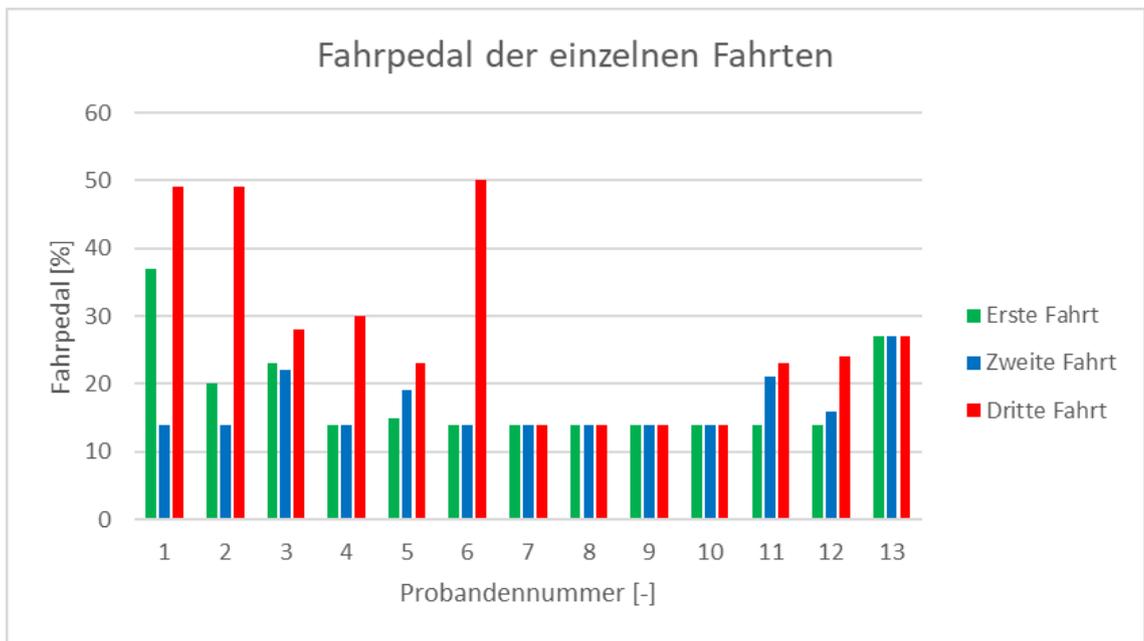


Diagramm 9: Maximalwerte der Fahrpedalstellung der drei Rückwärtsfahrten der Probanden

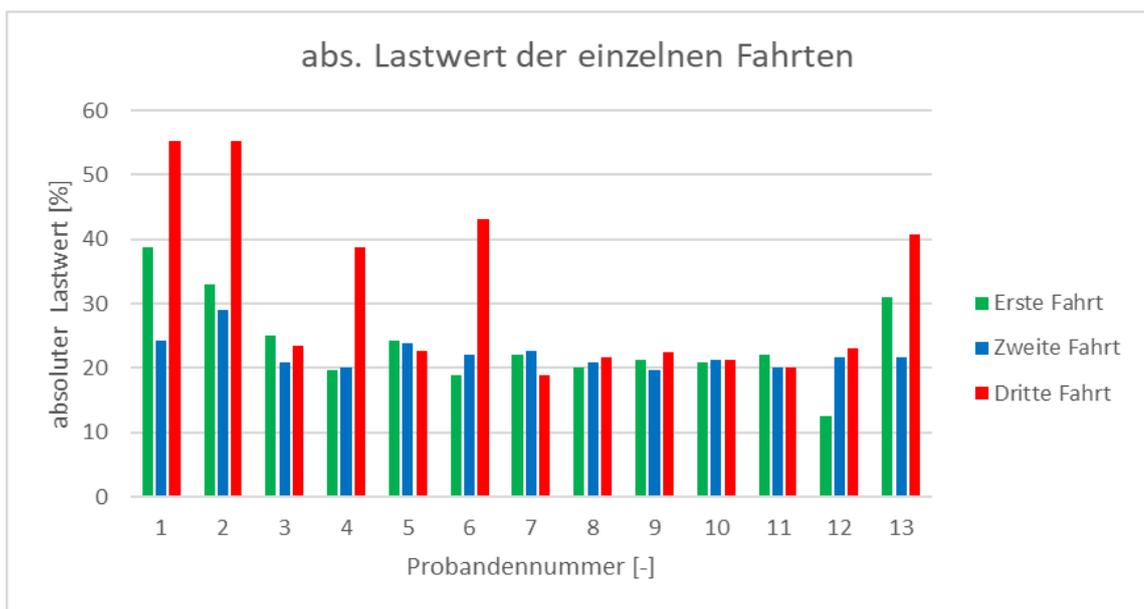


Diagramm 10: Maximalwerte der absoluten Lastwerte der drei Rückwärtsfahrten der Probanden

Das Fahrpedal ist bei der dritten Fahrt im Vergleich zu den ersten beiden Fahrten bei folgenden Probanden stärker betätigt: eins, zwei, drei, vier, fünf, sechs, elf und zwölf.

Dies bedeutet, dass die Probanden bei der dritten Rückwärtsfahrt das Gaspedal stärker betätigt haben und deshalb das Fahrpedal auf einen Wert größer als 14 % (bei Fahrt im Kriechgang) ansteigt. Bei den Probanden sieben, acht, neun und zehn bleibt das Fahrpedal bei allen Rückwärtsfahrten auf 14 %, da im Kriechgang rückwärts gefahren wurde und somit das Fahrpedal nicht betätigt wurde.

Der absolute Lastwert ist höher bei der dritten Fahrt im Vergleich zu den ersten beiden Fahrten bei den Probanden eins, zwei, vier, sechs, acht, neun, 12 und 13. Bei Probandin sieben ist dieser Wert bei der dritten Fahrt niedriger als bei den ersten beiden Fahrten.

#### **4. Fehlerbetrachtung**

Laut [23], [24] können bei einer Messung folgende Fehler auftreten: grobe, zufällige (stochastische), systematische, subjektive und objektive. Grobe Fehler werden verursacht durch Irrtümer, falsche und nachlässige Ablesungen, ungeeignetes Mess- oder Auswerteverfahren oder durch starke äußere Störeinflüsse. Äußere Sorgfalt, Überprüfungen und Kontrollen helfen diese zu vermeiden. Die Ursache für systematische Fehler liegt in der Unvollkommenheit der verwendeten Maße, der eingesetzten Messgeräte, der Messverfahren, der Messgegenstände und Einflüssen der Umgebung. Dieser Fehler kann durch Wiederholung nicht festgestellt werden, sondern nur durch ein anderes (genaueres) Messgerät. Zufällige bzw. stochastische Fehler werden durch messtechnisch nicht erfassbare Änderungen der Messobjekte, der Messgeräte, der Umwelteinflüsse und des Beobachters verursacht. Diese Art von Fehlern ist unvermeidbar. Die Einzelergebnisse der Messreihe streuen um den wahren Wert der zu messenden Größe und können daher nicht beliebig genau angegeben werden. Subjektive Fehler werden beim Informationsgewinnungsprozess der Menschen hervorgerufen. Diese Fehler treten auf bei falschem Ablesen der Messskala, bei falscher oder fehlerhafter Eintragung in Protokolllisten, bei der Eintragung von geschätzten Werten oder Fehlstellen. Objektive Fehler werden im Allgemeinen durch das Messverfahren oder Messgerät verursacht und sind in die Klasse der systematischen Fehler einzuordnen. Diese Fehler entstehen bei ungünstiger Wahl des Messortes und-zeitpunktes, Unzulänglichkeiten der Messsysteme und der Gerätetechnik und durch Rückwirkung des Messsystems auf das Messobjekt. Ein Messergebnis wird durch systematische Fehler unrichtig (falsch, ungenau). Bei zufälligen Fehlern wird das Messergebnis unsicher. Grobe Fehler können bei den Versuchen zu dieser Arbeit ausgeschlossen werden, da mit größter Sorgfalt gearbeitet wurde. Systematische Fehler sind aufgetreten, da das eingesetzte Messgerät (Diagnosetester KTS 560 von Bosch), der Messgegenstand (Versuchsfahrzeug) und die Einflüsse der Umgebung (z.B. Außentemperatur der Versuchsumgebung (Minusgrade)) unvollkommen ist. Vernachlässigbare Fehler ergeben sich bei der numerischen Berechnung der Messwerte (absoluter Lastwert, Motordrehzahl und Pedalstellung D) durch das Programm ESI-Tronic durch vorgenommene Rundungen der Messwerte. Zufällige bzw. stochastische Fehler treten

auf durch messtechnisch nicht erfassbare Änderungen am Messobjekt (Versuchsfahrzeug), am Messgerät (Diagnosetester KTS 560 von Bosch), durch Umwelteinflüsse (Außentemperatur der Versuchsumgebung (Minusgrade)). Subjektive Fehler sind nicht entstanden, da kein Informationsgewinnungsprozess des Menschen vorliegt. Die Messwerte wurden vom Diagnosetester KTS 560 von Bosch auf das Laptop per Bluetooth übertragen. Objektive Fehler sind nicht aufgetreten, da am Messsystem und der Gerätetechnik keine Unzulänglichkeit vorlag, die Wahl des Messortes und-zeitpunktes nicht ungünstig war (keine extremen Minusgrade der Versuchsumgebung) und eine Rückwirkung des Messsystems (Diagnosetester KTS 560 von Bosch) auf das Messobjekt (Versuchsfahrzeug) ausgeschlossen werden kann.

## **5. Schlussfolgerungen für die Rekonstruktion von Verkehrsunfällen**

Das Auffahren auf ein Hindernis kann taktil wahrgenommen werden, wie die Versuche dieser Arbeit gezeigt haben. Die Schwingungen, die beim Auffahren auf das Hindernis entstehen, werden auf die Karosserie übertragen und sind über die Kontaktstellen zwischen Gaspedal und Fußsohle und zwischen Lenkrad und Handinnenflächen durch die Mechanorezeptoren spürbar/bemerkbar. Bei der Hindernisauffahrt steigt die Gaspedalstellung und der absolute Lastwert an im Vergleich zu der Rückwärtsfahrt ohne Hindernis. Die Drehzahl hingegen sinkt vor der Hindernisauffahrt im Vergleich zur Rückwärtsfahrt ohne Hindernis zunächst und erreicht dann einen Anstieg des Werts im Vergleich zu den Fahrten ohne Hindernis. Der Wert der Gaspedalstellung ist auch davon abhängig, ob der Proband/Fahrer das Gaspedal bedient oder das Fahrzeug im Kriechgang rückwärtsfahren lässt. Wird das Gaspedal bei der Rückwärtsfahrt nicht betätigt, bleibt der Wert der Gaspedalstellung konstant.

## **6. Zusammenfassung und Ausblick**

Die Wahrnehmung des Hindernisses bei der dritten Rückwärtsfahrt kann bei allen Probanden taktil wahrgenommen werden. Mit Hilfe der Mechanorezeptoren an den Handinnenflächen und der Fußsohle können die Schwingungen, die durch das Auffahren auf die Unterlegkeile auftreten, wahrgenommen werden. Die Schwingungen werden auf die Karosserie übertragen und sind an den Kontaktstellen zwischen Lenkrad und Handinnenflächen und zwischen Fußsohle und Pedal fühlbar/wahrnehmbar. Eine akustische

Wahrnehmung war nur bei Proband 3 gegeben, da dieser auf dem Fragebogen angegeben hat, dass er ein Geräusch gehört hat. Proband 13 hat auch ein Geräusch beim Auffahren auf die Unterlegkeile wahrgenommen. Hier wurden jedoch die Unterlegkeile überfahren, wodurch ein Geräusch entstand. Dies kann also nicht als akustische Wahrnehmbarkeit der Hindernisauffahrt gewertet werden, da das Geräusch durch die Unterlegkeile, die auf dem Boden umgefallen sind, beim Überfahren dieser Hindernisse entstanden ist. Eine visuelle Wahrnehmung konnte bei keinem Probanden auftreten, da die Rückfahrkamera deaktiviert war und in den Außenspiegeln und im Rückspiegel das Hindernis nicht zu sehen war. Bevor die Probanden die dritte Rückwärtsfahrt durchführten, befand sich eine Person neben dem Fahrzeug auf der Fahrerseite und diese verdeckte die Sicht durch den linken Außenspiegel. Außerdem wurden die Probanden vor der letzten Fahrt abgelenkt und mussten die Aufzeichnungsnummer der akustischen Aufzeichnung notieren. Es kann nicht eindeutig bewiesen werden, ob die Hindernisauffahrt auch vestibulär wahrgenommen werden konnte, da keine Verzögerungen gemessen wurden. Das Fahrverhalten wird durch die Messwerte von Motordrehzahl, Fahrpedal und absolutem Lastwert dargestellt. Hierbei zeigt sich, dass das Fahrpedal und der absolute Lastwert bei der letzten Rückwärtsfahrt (Fahrt auf Hindernis) im Vergleich zu den ersten beiden Fahrten ohne Hindernis ansteigen. Die Motordrehzahl sinkt vor der Hindernisauffahrt und steigt dann meist auf einen höheren Wert als bei den Fahrten ohne Hindernis. Die Versuche dieser Arbeit sollten wiederholt werden, um noch weitere Erkenntnisse zu gewinnen. Das Durchschnittsalter der Probanden liegt bei 48 Jahren. Das bedeutet, dass diese Versuche mit jüngeren Probanden z.B. Fahranfängern, die die zweijährige Probezeit hinter sich haben, wiederholt werden sollten, um herauszufinden, wie die Wahrnehmung des unvorhergesehen auftretenden Hindernisses in dieser Personengruppe ausfällt. Dabei sollte eine Kamera auf dem Armaturenbrett befestigt werden, um die Mimik und die Reaktion der Probanden genauer aufzeichnen zu können. Es sollte auch die Bremspedalstellung mit ausgelesen werden, um festzustellen, ob vor bzw. während der Hindernisauffahrt das Bremspedal betätigt wurde und um zu ermitteln, ob die Bremsung die Wahrnehmbarkeit der Hindernisauffahrt überlagert. Um ermitteln zu können, ob das Motorengeräusch des Fahrzeugs bei der Hindernisauffahrt lauter wird, sollte in Nähe des Fahrzeugs im Außenbereich ein Schallpegelmessgerät eingesetzt werden. Es könnte auch ein Schallpegelmessgerät im Innenbereich des Fahrzeugs verwendet werden, um dieses Geräusch aufzuzeichnen und um herauszufinden um wieviel dB das Motorengeräusch durch die Karosserie gedämpft wird. Bei darauffolgenden Versuchen könnte auch eine Rampe als Hindernis verwendet werden.

## Literaturverzeichnis

- [1] Wolff, Hartmuth: Möglichkeiten und Grenzen der Wahrnehmbarkeit leichter PKW-Kollisionen, Eurotax (International) AG, 1992 Pfäffikon
- [2] Schmedding, Klaus: Leichtkollisionen Wahrnehmbarkeit und Nachweis von Pkw-Kollisionen, 2. Auflage, Springer Vieweg, 2011, 2012 Wiesbaden
- [3] Welther, Ingo: Wahrnehmbarkeit leichter Fahrzeugkollisionen Untersuchung zur Frage der visuellen, akustischen und taktilen Wahrnehmbarkeit leichter Verkehrsunfälle für den Vorsatznachweis im Rahmen des § 142 StGB, J. Schweitzer Verlag, München 1983
- [4] Karl, Michael: Die Erkennbarkeit von Fußgängern im Lichtkegel moderner Fahrzeugscheinwerfer in VKU Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, Oktober 2013
- [5] Kreutner, Melanie Andrea: Typische Konstellationen bei Pkw-Kleinunfällen auf Grundlage einer statistischen Gutachtenauswertung in VKU Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, Mai 2013
- [6] Irmeler, Jane: Wahrnehmbarkeit von Kleinkollisionen moderner Fahrzeuge unter speziellen Winkeleinstellungen, Teil1 in VKU Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, Juli-August 2016
- [7] Schmedding, Klaus; Deeken, Bernd; Austerhoff, Bernd: Fühl-/Spürbarkeit von verzögerten Bewegungsvorgängen in VKU Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, Februar 2008
- [8] Burg, Jürgen: Bemerkbarkeitsversuche im Niedergeschwindigkeitsbereich mit modernen Fahrzeugen in VKU Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, November 2011
- [9] Windisch, Martin: Untersuchungen der taktilen Wahrnehmbarkeit von Kleinkollisionen zwischen Pkw, Transportern und Lkw in VKU Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, Juni 2012
- [10] Hagemann, Dennis; Deeken, Bernd; Schmedding, Klaus; Austerhoff, Bernd: Einfluss der Quereschleunigung auf die Wahrnehmbarkeit von Leichtkollisionen in VKU Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, November 2014

- [11] Irmiler, Jane: Wahrnehmbarkeit von Kleinkollisionen moderner Fahrzeuge unter speziellen Winkeleinstellungen, Teil2 in VKU Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, September 2016
- [12] Hugemann, Wolfgang; Kleinert, Rudolf; Zöller, Henrik: Zur Wahrnehmbarkeit von Bremsverzögerungen in VKU Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, April 2020
- [13] Ersoy Metin; Gies, Stefan (Hrsg.): Fahrwerkhandbuch Grundlagen. Fahrdynamik. Fahrverhalten. Komponenten. Elektronische Systeme. Fahrerassistenz. Autonomes Fahren. Perspektiven, Springer Vieweg, Wiesbaden 2017
- [14] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf e.V.; 2012. Begriffsbestimmungen, Teil: Verkehrsplanung, Straßenentwurf und Straßenbetrieb (Ausgabe 2012). Köln FGSV Verlag GmbH
- [15] Haak, Rene` : Diplomarbeit KFS/05/2016, Erarbeitung einer Bewertungsvorlage zur Beurteilung der Vermeidbarkeit von Kollisionen beim Ausparken auf öffentlichen Parkplätzen, August 2016
- [16] Technisches Datenblatt Porsche 718 Boxter (982). Unter:  
<https://www.mobile.de/auto/porsche/718-boxter/2016/cabriolet/modell/daten-fakten/>, Zugriff: 24.05.2023
- [17] Technisches Datenblatt CANON EOS 6D KDOB. Unter:  
[https://www.digitalkamera.de/Kamera/Canon/EOS\\_M50\\_Mark\\_II.aspx](https://www.digitalkamera.de/Kamera/Canon/EOS_M50_Mark_II.aspx),  
Zugriff: 24.05.2023
- [18] Technisches Datenblatt CANON EOS M50 MarkII. Unter:  
[https://www.digitalkamera.de/Kamera/Canon/EOS\\_6D.aspx](https://www.digitalkamera.de/Kamera/Canon/EOS_6D.aspx),  
Zugriff: 24.05.2023
- [19] Technisches Datenblatt PANASONIC LUMIX DMC-LX3. Unter:  
[https://www.digitalkamera.de/Kamera/Panasonic/Lumix\\_DMC-LX3.aspx](https://www.digitalkamera.de/Kamera/Panasonic/Lumix_DMC-LX3.aspx),  
Zugriff: 24.05.2023
- [20] Technisches Datenblatt KTS 560 Bosch. Unter:  
<https://www.boschaftermarket.com/de/de/werkstattausruestung/steuergeraetedignose/diagnosegeraete/kts-560>,  
Zugriff: 09.06.2023

- [21] Burg, Heinz; Moser, Andreas (Hrsg.): Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion Unfallaufnahme, Fahrdynamik, Simulation, Springer Vieweg, Wiesbaden 2017
- [22] Technisches Datenblatt SQadriga II HEAD Acoustics. Unter: [https://global.head-acoustics.com/downloads/de/squadriga/D3320\\_SQadriga\\_II\\_g.pdf](https://global.head-acoustics.com/downloads/de/squadriga/D3320_SQadriga_II_g.pdf), Zugriff: 09.06.2023
- [23] Gräber, Peter-Wolfgang: Messfehler. Unter: <https://tu-dresden.de/bu/umwelt/hydro/iak/ressourcen/dateien/systemanalyse/studium/folder-2009-01-29-lehre/folder-2009-04-03-at/AT-6.pdf?lang=de>, Zugriff: 17.07.2023
- [24] N.N.: Hinweise zur Durchführung einer Fehlerbetrachtung. Unter: <https://www.tu-chemnitz.de/physik/FPRAK/Grundsatz/Literatur/HinweiseFehlerbetrachtung.pdf>, Zugriff: 17.07.2023

# Anlagen

## A1: Fragebogen im Original

Fragebogen:

Probanden-Nr.:

Geschlecht:	<input type="checkbox"/> weiblich <input type="checkbox"/> männlich
Alter:	
Jahr der Fahrerlaubnis:	
Führerscheinklassen:	
Fahrleistung pro Jahr in km:	
Haben Sie einen eigenen PKW?	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, welche Marke und welches Modell?	
Wenn ja, welches Getriebe?	<input type="checkbox"/> Automatik <input type="checkbox"/> Schaltgetriebe
Haben Sie Erfahrung mit einem PKW mit Automatikgetriebe?	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, wie lange?	
Ist Ihnen bei den einzelnen Rückwärtsfahrten etwas aufgefallen?	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, bei welcher Rückwärtsfahrt?	
Was ist Ihnen aufgefallen?	

## A2: ausgefüllte Fragebogen der Probanden

Fragebogen:

Probanden-Nr.: 1

Geschlecht:	<input type="checkbox"/> weiblich <input checked="" type="checkbox"/> männlich
Alter:	36
Jahr der Fahrerlaubnis:	2005
Führerscheinklassen:	B
Fahrleistung pro Jahr in km:	~ 8000 km
Haben Sie einen eigenen PKW?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, welche Marke und welches Modell?	Toyota Avensis T25 Trabant P601
Wenn ja, welches Getriebe?	<input type="checkbox"/> Automatik <input checked="" type="checkbox"/> Schaltgetriebe
Haben Sie Erfahrung mit einem PKW mit Automatikgetriebe?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, wie lange?	3,5 Jahre, spärlich sporadisch
Ist Ihnen bei den einzelnen Rückwärtsfahrten etwas aufgefallen?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, bei welcher Rückwärtsfahrt?	bei 2. und 3.
Was ist Ihnen aufgefallen?	bei 2. Passen neben linken geparktem Fzg bei 3. Hindernis (wie Bordstein) Ruck

Fragebogen:

Probanden-Nr.: 2

Geschlecht:	<input type="checkbox"/> weiblich <input checked="" type="checkbox"/> männlich
Alter:	47
Jahr der Fahrerlaubnis:	1993
Führerscheinklassen:	B ; A
Fahrleistung pro Jahr in km:	15.000
Haben Sie einen eigenen PKW?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, welche Marke und welches Modell?	VW TS ; 2009
Wenn ja, welches Getriebe?	<input type="checkbox"/> Automatik <input checked="" type="checkbox"/> Schaltgetriebe
Haben Sie Erfahrung mit einem PKW mit Automatikgetriebe?	<input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, wie lange?	/
Ist Ihnen bei den einzelnen Rückwärtsfahrten etwas aufgefallen?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, bei welcher Rückwärtsfahrt?	Hindernis bei letzter Fahrt
Was ist Ihnen aufgefallen?	

Geschlecht:	<input type="checkbox"/> weiblich <input checked="" type="checkbox"/> männlich
Alter:	40
Jahr der Fahrerlaubnis:	2001
Führerscheinklassen:	A, B
Fahrleistung pro Jahr in km:	27'000
Haben Sie einen eigenen PKW?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, welche Marke und welches Modell?	Citroën Berlingo
Wenn ja, welches Getriebe?	<input type="checkbox"/> Automatik <input checked="" type="checkbox"/> Schaltgetriebe
Haben Sie Erfahrung mit einem PKW mit Automatikgetriebe?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, wie lange?	Σ 3'000
Ist Ihnen bei den einzelnen Rückwärtsfahrten etwas aufgefallen?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, bei welcher Rückwärtsfahrt?	3.
Was ist Ihnen aufgefallen?	Auffahren auf einen Gegenstand. (Geräusch + Gefühl)

## Fragebogen:

Probanden-Nr.: 4

Geschlecht:	<input type="checkbox"/> weiblich <input checked="" type="checkbox"/> männlich
Alter:	55
Jahr der Fahrerlaubnis:	39
Führerscheinklassen:	A, B, C, E, M, T
Fahrleistung pro Jahr in km:	20.000 km
Haben Sie einen eigenen PKW?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, welche Marke und welches Modell?	VW Golf Variant
Wenn ja, welches Getriebe?	<input checked="" type="checkbox"/> Automatik <input type="checkbox"/> Schaltgetriebe
Haben Sie Erfahrung mit einem PKW mit Automatikgetriebe?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, wie lange?	10 Jahre
Ist Ihnen bei den einzelnen Rückwärtsfahrten etwas aufgefallen?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, bei welcher Rückwärtsfahrt?	3.
Was ist Ihnen aufgefallen?	PKW blieb stehen, es ging nicht weiter rückwärts

## Fragebogen:

Probanden-Nr.: 5

Geschlecht:	<input type="checkbox"/> weiblich <input checked="" type="checkbox"/> männlich
Alter:	63
Jahr der Fahrerlaubnis:	1974
Führerscheinklassen:	A, BE, C1E, M2L
Fahrleistung pro Jahr in km:	15.000
Haben Sie einen eigenen PKW?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, welche Marke und welches Modell?	Peugeot
Wenn ja, welches Getriebe?	<input type="checkbox"/> Automatik <input checked="" type="checkbox"/> Schaltgetriebe
Haben Sie Erfahrung mit einem PKW mit Automatikgetriebe?	<input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, wie lange?	
Ist Ihnen bei den einzelnen Rückwärtsfahrten etwas aufgefallen?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, bei welcher Rückwärtsfahrt?	3
Was ist Ihnen aufgefallen?	Hinterwärt

Fragebogen:

Probanden-Nr.: 6

Geschlecht:	<input type="checkbox"/> weiblich <input checked="" type="checkbox"/> männlich
Alter:	38
Jahr der Fahrerlaubnis:	2002
Führerscheinklassen:	B ML
Fahrleistung pro Jahr in km:	500
Haben Sie einen eigenen PKW?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, welche Marke und welches Modell?	Citroën Saxo 1.4
Wenn ja, welches Getriebe?	<input checked="" type="checkbox"/> Automatik <input type="checkbox"/> Schaltgetriebe
Haben Sie Erfahrung mit einem PKW mit Automatikgetriebe?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, wie lange?	seit 2015
Ist Ihnen bei den einzelnen Rückwärtsfahrten etwas aufgefallen?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, bei welcher Rückwärtsfahrt?	dritte Umdrehung
Was ist Ihnen aufgefallen?	widerstand beim Rückwärtsfahren

Fragebogen:

Probanden-Nr.: 7

Geschlecht:	<input checked="" type="checkbox"/> weiblich <input type="checkbox"/> männlich
Alter:	34
Jahr der Fahrerlaubnis:	2020
Führerscheinklassen:	B
Fahrleistung pro Jahr in km:	1000 km
Haben Sie einen eigenen PKW?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, welche Marke und welches Modell?	VW Polo
Wenn ja, welches Getriebe?	<input checked="" type="checkbox"/> Automatik <input type="checkbox"/> Schaltgetriebe
Haben Sie Erfahrung mit einem PKW mit Automatikgetriebe?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, wie lange?	3 Jahre
Ist Ihnen bei den einzelnen Rückwärtsfahrten etwas aufgefallen?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, bei welcher Rückwärtsfahrt?	Bei der letzten Fahrt
Was ist Ihnen aufgefallen?	<p>Das ich nicht mehr Rückwärts fahren könnte.          Behälter mit nicht glatte Fahg.          mit sich bewegen.</p>

Fragebogen:

Probanden-Nr.: 8

Geschlecht:	<input type="checkbox"/> weiblich <input checked="" type="checkbox"/> männlich
Alter:	62
Jahr der Fahrerlaubnis:	1981
Führerscheinklassen:	BE, C1E, CE, MSLT
Fahrleistung pro Jahr in km:	6000
Haben Sie einen eigenen PKW?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, welche Marke und welches Modell?	Skoda Yeti Westburg SZ Suzuki Wagon R
Wenn ja, welches Getriebe?	<input type="checkbox"/> Automatik <input checked="" type="checkbox"/> Schaltgetriebe
Haben Sie Erfahrung mit einem PKW mit Automatikgetriebe?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, wie lange?	14 Jahre
Ist Ihnen bei den einzelnen Rückwärtsfahrten etwas aufgefallen?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, bei welcher Rückwärtsfahrt?	3
Was ist Ihnen aufgefallen?	Reck

Fragebogen:

Probanden-Nr.: 9

Geschlecht:	<input checked="" type="checkbox"/> weiblich <input type="checkbox"/> männlich
Alter:	38
Jahr der Fahrerlaubnis:	2003
Führerscheinklassen:	
Fahrleistung pro Jahr in km:	ca. 25.000 km
Haben Sie einen eigenen PKW?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, welche Marke und welches Modell?	VW Arteon
Wenn ja, welches Getriebe?	<input checked="" type="checkbox"/> Automatik <input type="checkbox"/> Schaltgetriebe
Haben Sie Erfahrung mit einem PKW mit Automatikgetriebe?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, wie lange?	seit 2013 Hofaure
Ist Ihnen bei den einzelnen Rückwärtsfahrten etwas aufgefallen?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, bei welcher Rückwärtsfahrt?	bei der 3.
Was ist Ihnen aufgefallen?	<ul style="list-style-type: none"><li>- es war ein Hindernis im Weg</li><li>- ich hatte kurz das Gefühl wogegen gefahren zu sein</li></ul>

## Fragebogen:

Probanden-Nr.: 10

Geschlecht:	<input checked="" type="checkbox"/> weiblich <input type="checkbox"/> männlich
Alter:	37
Jahr der Fahrerlaubnis:	17
Führerscheinklassen:	B
Fahrleistung pro Jahr in km:	
Haben Sie einen eigenen PKW?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, welche Marke und welches Modell?	Ford C-Max
Wenn ja, welches Getriebe?	<input type="checkbox"/> Automatik <input checked="" type="checkbox"/> Schaltgetriebe
Haben Sie Erfahrung mit einem PKW mit Automatikgetriebe?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, wie lange?	nur ab und zu
Ist Ihnen bei den einzelnen Rückwärtsfahrten etwas aufgefallen?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, bei welcher Rückwärtsfahrt?	bei der 2. Rückwärtsfahrt war es „flüssiger“
Was ist Ihnen aufgefallen?	• bei der 3. Rückwärtsfahrt gegen Bestand gefahren ↳ erschröcken → stehen geblieben

## Fragebogen:

Probanden-Nr.: 11

Geschlecht:	<input type="checkbox"/> weiblich <input checked="" type="checkbox"/> männlich
Alter:	62
Jahr der Fahrerlaubnis:	1976
Führerscheinklassen:	PKW
Fahrleistung pro Jahr in km:	50.000
Haben Sie einen eigenen PKW?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, welche Marke und welches Modell?	BMW
Wenn ja, welches Getriebe?	<input checked="" type="checkbox"/> Automatik <input type="checkbox"/> Schaltgetriebe
Haben Sie Erfahrung mit einem PKW mit Automatikgetriebe?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, wie lange?	30 Jahre
Ist Ihnen bei den einzelnen Rückwärtsfahrten etwas aufgefallen?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, bei welcher Rückwärtsfahrt?	3. Fahrt
Was ist Ihnen aufgefallen?	Hindernis aufgefahret

Fragebogen:

Probanden-Nr.: 12

Geschlecht:	<input checked="" type="checkbox"/> weiblich <input type="checkbox"/> männlich
Alter:	62
Jahr der Fahrerlaubnis:	2000
Führerscheinklassen:	B
Fahrleistung pro Jahr in km:	2000
Haben Sie einen eigenen PKW?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, welche Marke und welches Modell?	Opel Corsa
Wenn ja, welches Getriebe?	<input type="checkbox"/> Automatik <input checked="" type="checkbox"/> Schaltgetriebe
Haben Sie Erfahrung mit einem PKW mit Automatikgetriebe?	<input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, wie lange?	
Ist Ihnen bei den einzelnen Rückwärtsfahrten etwas aufgefallen?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, bei welcher Rückwärtsfahrt?	3. Fahrt
Was ist Ihnen aufgefallen?	Blockierung nach ca. 1,5 m

Fragebogen:

Probanden-Nr.: 13

Geschlecht:	<input type="checkbox"/> weiblich <input checked="" type="checkbox"/> männlich
Alter:	50
Jahr der Fahrerlaubnis:	<del>34</del> 1987
Führerscheinklassen:	A, B, C1
Fahrleistung pro Jahr in km:	40 Tsd
Haben Sie einen eigenen PKW?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, welche Marke und welches Modell?	Opel Astra
Wenn ja, welches Getriebe?	<input type="checkbox"/> Automatik <input checked="" type="checkbox"/> Schaltgetriebe
Haben Sie Erfahrung mit einem PKW mit Automatikgetriebe?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, wie lange?	10 Jahre
Ist Ihnen bei den einzelnen Rückwärtsfahrten etwas aufgefallen?	<input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Wenn ja, bei welcher Rückwärtsfahrt?	3
Was ist Ihnen aufgefallen?	Handelnwübefahrt Metallisches Geräusch

### A3: Technische Daten (Auszug) Porsche 718 Boxster

Leistung:	300 PS/ 220 kW
Zylinderform:	Boxermotor
Motor:	4 Zylinder Ottomotor als Mittelmotor
Drehmoment:	280 Nm
Getriebe:	7-Gang Automatikgetriebe, PDK
Länge:	4379 mm
Breite:	1801 mm
Höhe:	1281 mm
Radstand:	2475 mm
Höchstgeschwindigkeit:	275 km/h
Leermasse/ zulässige Gesamtmasse:	1365 kg/ 1685 kg

#### A4: Technische Daten (Auszug) CANON EOS 6D KDOB

Modell:	CANON EOS 6D KDOB
Sensor:	CMOS-Sensor Kleinbild 36,0 x 24,0 mm (Cropfaktor 1,0) 20,6 Megapixel (physikalisch) und 20,2 Megapixel (effektiv)
Videoauflösung:	1920 x 1080 (16:9) 30 p
Maximale Aufnahmedauer:	29 min 59 sek
Autofokus:	Phasenvergleich- Autofokus mit 11 Sensoren einem Kreuzsensor und 10 Linien-sensoren, Autofokus-Arbeitsbereich – 3EV bis 18 EV, Kontrastautofokus
Monitor:	3,0" (7,7 cm) TFT LCD Monitor mit 1.040.000 Bildpunkten, Betrachtungswinkel 170° entspiegelt, Helligkeit einstellbar
Lichtempfindlichkeit:	ISO 100 bis ISO 25.600 (Automatik) ISO 100 bis ISO 25.600 (manuell)
Masse:	770 g (betriebsbereit)
Abmessungen B x H x T:	144 x 110 x 71 mm

## A5: Technische Daten (Auszug) CANON EOS M50 Mark II

Modell:	CANON EOS M50 Mark II
Sensor:	CMOS-Sensor APS- C 22,5 x 15,0 mm (Cropfaktor 1,6) 25,8 Megapixel (physikalisch) und 24,1 Megapixel (effektiv)
Videoauflösung:	3.480 x 2.160 (16:9) 25 p, 120 Mbit/s (max. 30 min)
Max. Aufnahmedauer:	29 min 59 sek
Autofokus:	Phasenvergleich- Autofokus mit 143 Sensoren, Autofokus-Arbeitsbereich von – 4 EV bis 18 EV, Kontrast-Autofokus
Monitor:	3,0“ (7,5 cm) TFT LCD Monitor mit 1.040.000 Bildpunkten, entspiegelt, Helligkeit einstellbar, drehbar, mit Touchscreen
Lichtempfindlichkeit:	ISO 100 bis ISO 25.600 (Automatik) ISO 100 bis ISO 51.200 (manuell)
Masse:	387 g (betriebsbereit)
Abmessungen B x H x T:	116 x 88 x 59 mm

## A6: Technische Daten (Auszug) PANASONIC LUMIX DMC-LX3

Modell:	PANASONIC LUMIX DMC-LX3
Sensor:	CCD-Sensor 1/1,6" 8,1 x 6,0 mm (Cropfaktor 4,3) 11,3 Megapixel (physikalisch), 10,1 Megapixel (effektiv)
Videoauflösung:	1.280 x 720 (16:9) 24 p, 848 x 480 (16:9) 30 p, 640 x 480 (4:3) 30 p
Autofokus:	Einzel-Autofokus, kontinuierlicher Autofokus, Manuell, AF-Hilfslicht
Monitor:	3,0" TFT LCD Monitor mit 460.000 Bildpunkten
Lichtempfindlichkeit:	ISO 80 bis ISO 3.200 (manuell)
Masse:	265 g (betriebsbereit)
Abmessungen:	109 x 60 x 27 mm

## A7: Technische Daten (Auszug) Steuergeräte-Diagnosetester KTS 560 Bosch

KTS 560:	Einkanal-Multimeter
Betriebsspannung:	8 V DC – 28 V DC
Stromverbrauch über Fahrzeugbatterie oder Netzstrom:	< 10 Watt
PC- Verbindungen:	USB 2.0, Bluetooth, Klasse 1
Masse:	Etwa 0,5 kg
Staub- und Wasserschutz:	IP53
Bandbreite des Multimeters:	100 kHz
Fahrzeugprotokolle:	ISO 15031, ISO 22900, SAE J2534-1 and – 2 (PassThru), ISO 9141-2 ( K und L), SAE J1850 VPW und PVM, CAN High Speed ISO 11898, ISO 15765-4 (OBD), CAN Single Wire, CAN Low Speed, ISO 13400 (Diagnostics over (P), und andere fahrzeugspezifische Protokolle
Abmessungen (B x H x T):	125 x 44 x 180 mm
Betriebstemperatur:	5°C bis 40 °C

## A8 Technische Daten (Auszug) SQuadriga II HEAD Acoustics

Auflösung:	24 Bit DS-Audio-A/D- und -D/A-Wandler
Akku:	LiPo-Akku, 3,7V, 5600 mAh
Speicher (SD-Karte):	Dateisystem FAT32
Betriebsdauer: Akku:	Typ. 6h (Stand-alone-Betrieb, 6x ICP, Schreiben auf SD-Karte)
Masse (ohne Batterien mit Touchstift und SD-Karte):	970 g
Temperatur Betrieb:	-20 °C bis 50 °C (0 bis 90% relative Feuchte, nicht kondensierend)
Gehäuse Abmessungen:	148 x 182 x 45 mm

## A9 Diagramme der Probanden aus ESI-Tronic

Es sind die Verläufe des absoluten Lastwerts, der Motordrehzahl und des Fahrpedals der Probanden bei den drei Rückwärtsfahrten einzeln und in der Gesamtübersicht (alle Fahrten) zu sehen.

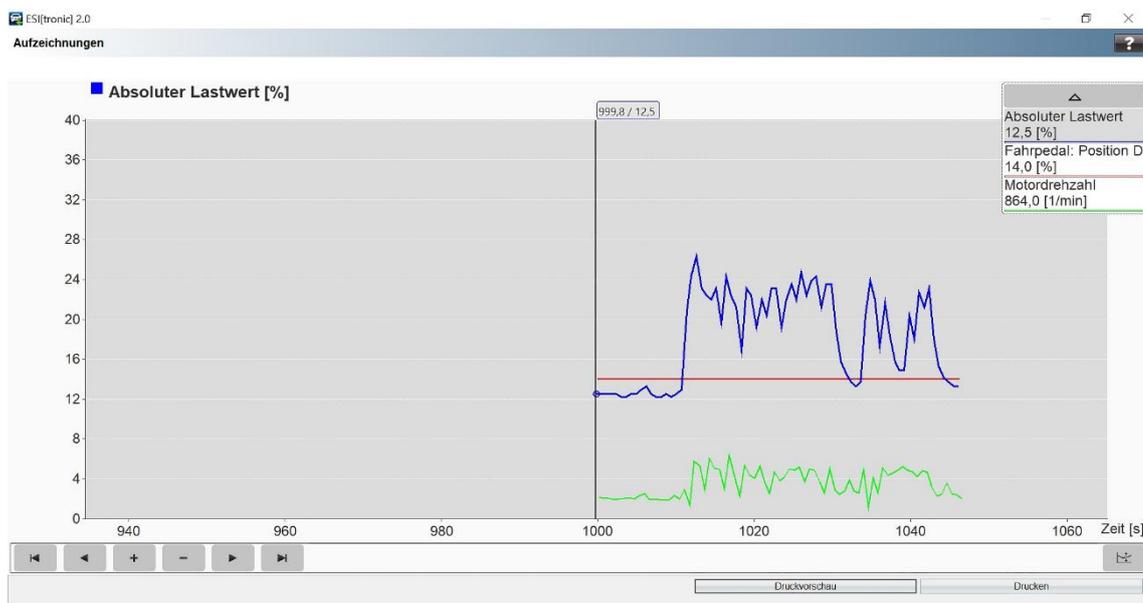


Abbildung 39: Erste Fahrt Proband 1

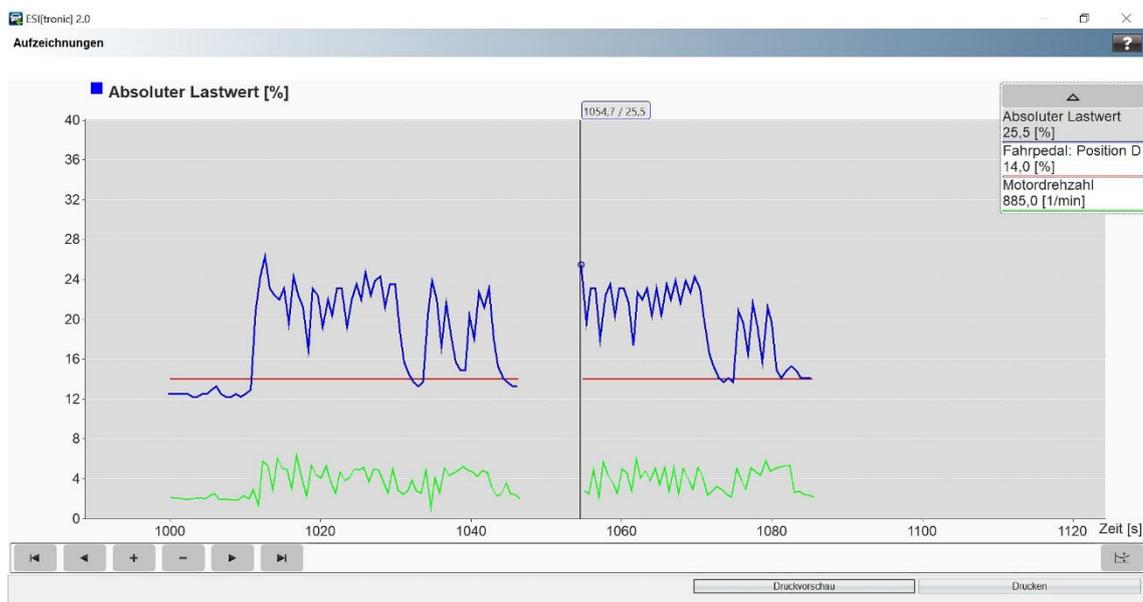


Abbildung 40: Zweite Fahrt Proband 1



Abbildung 41: Dritte Fahrt Proband 1

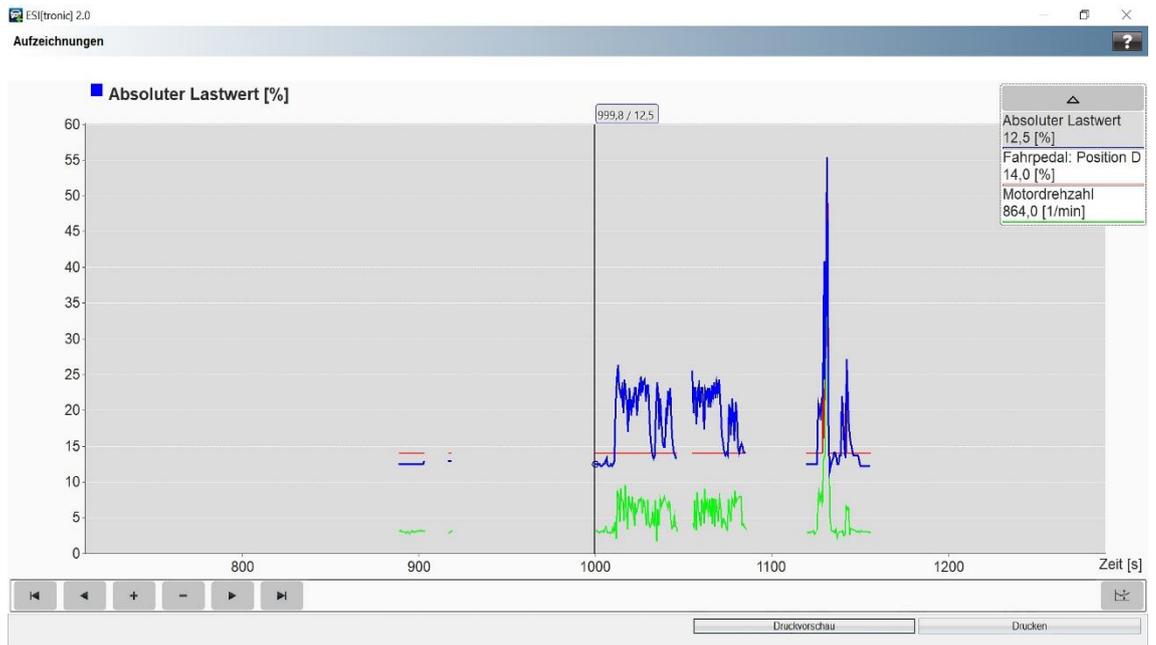


Abbildung 42: Alle Fahrten Proband 1

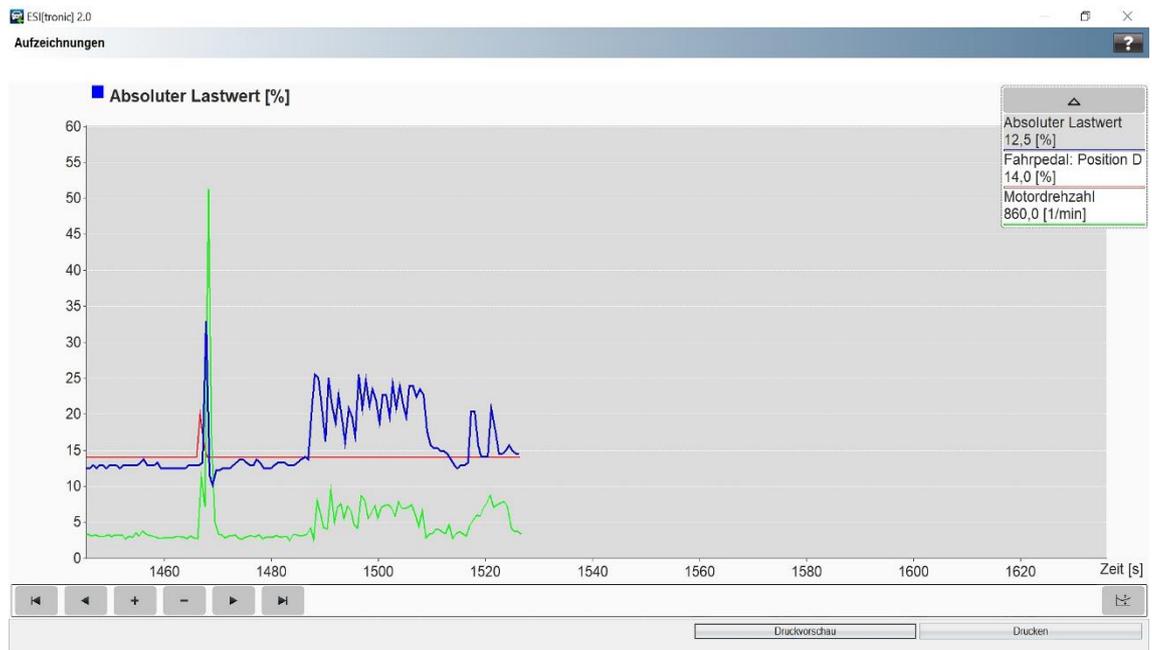


Abbildung 43: Erste Fahrt Proband 2

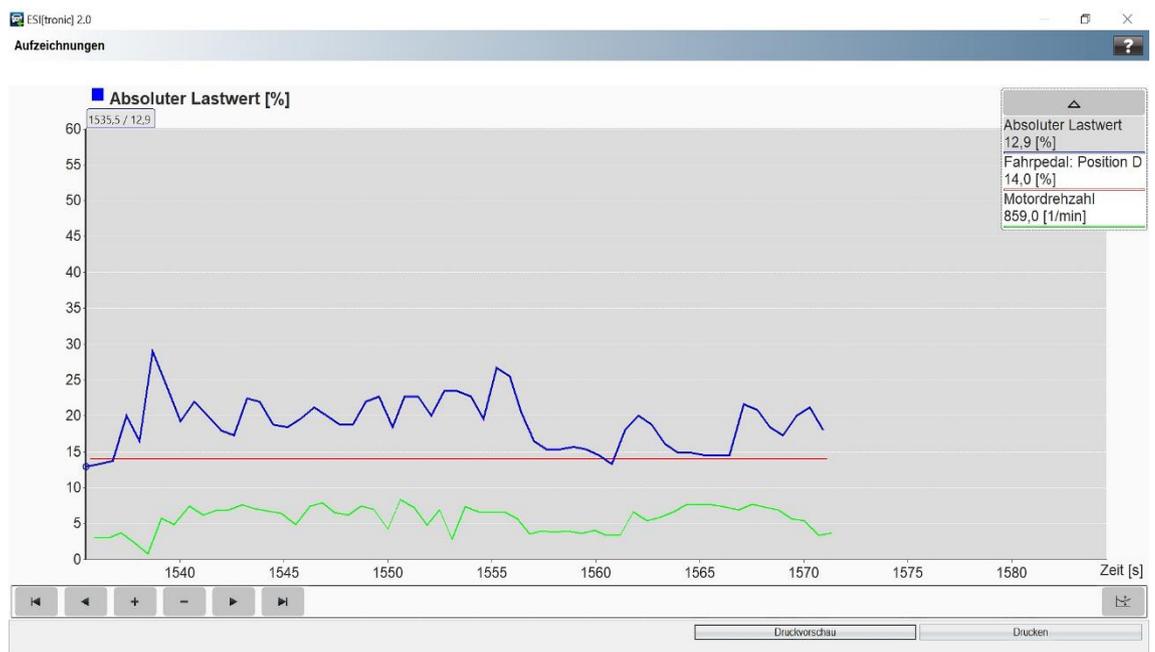


Abbildung 44: Zweite Fahrt Proband 2

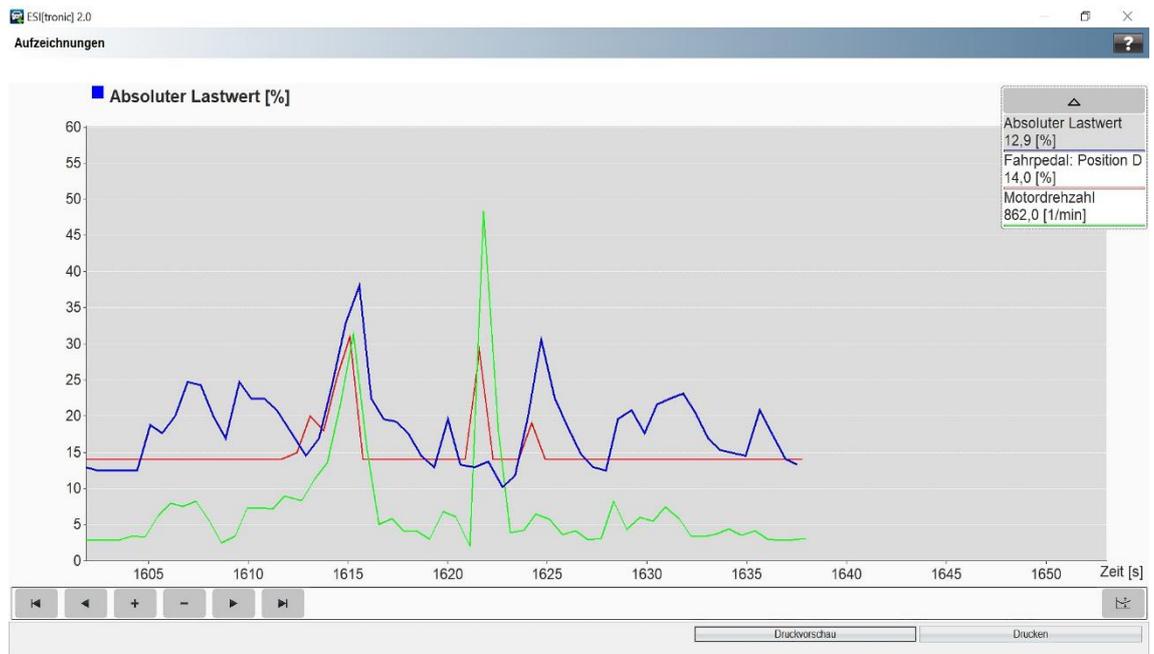


Abbildung 45: Dritte Fahrt Proband 2

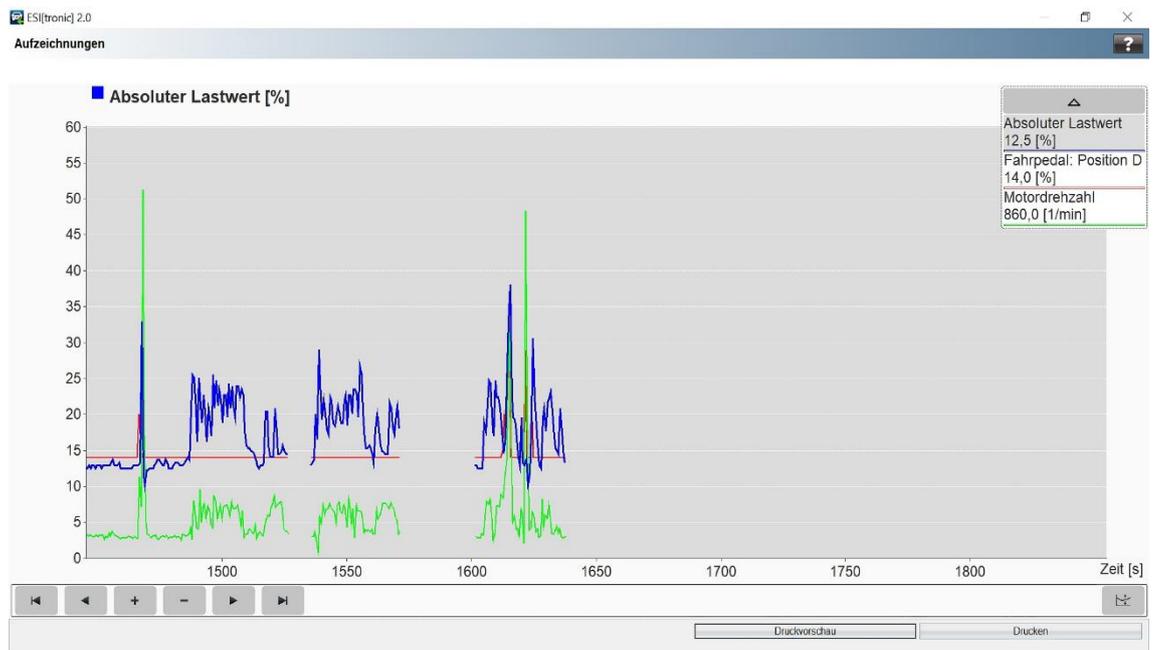


Abbildung 46: Alle Fahrten Proband 2

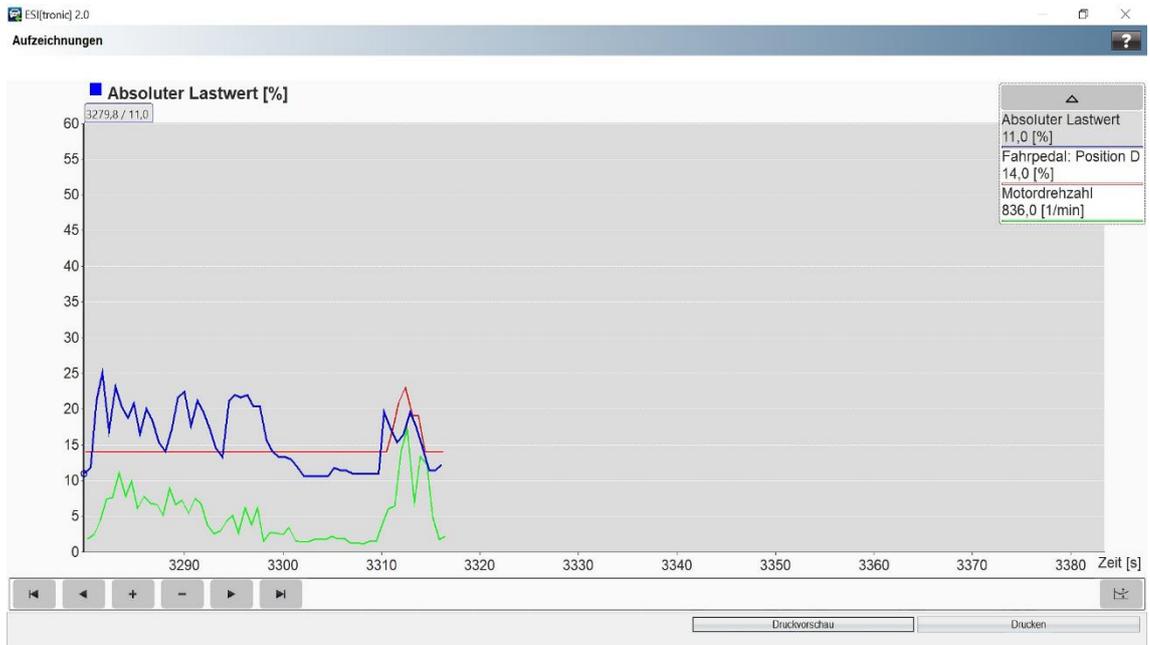


Abbildung 47: Erste Fahrt Proband 3

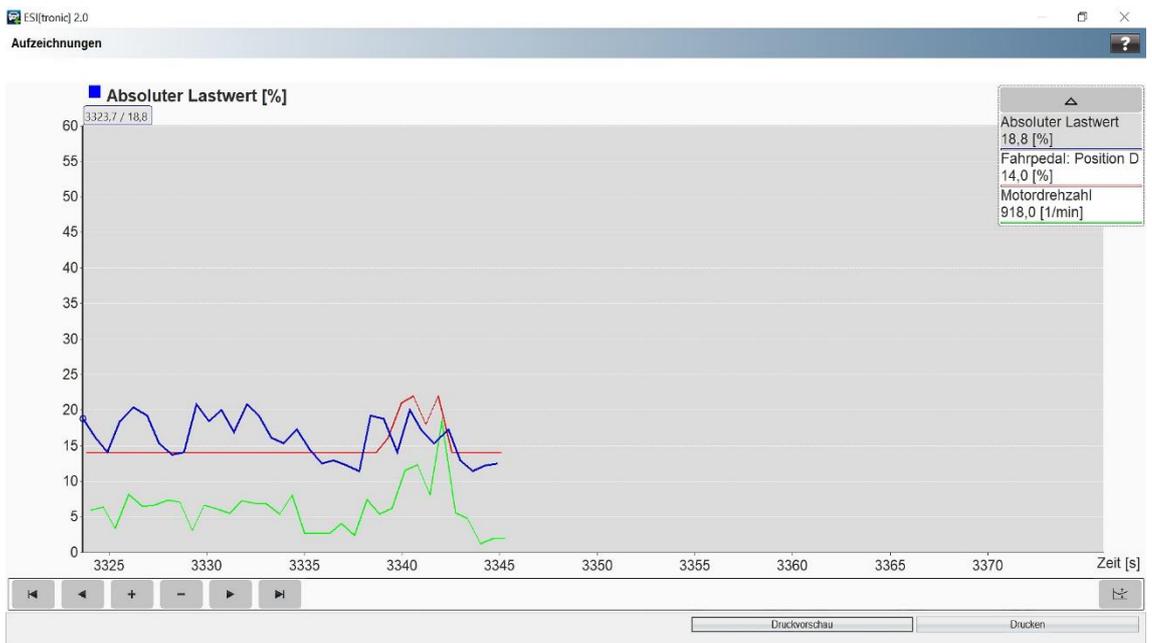


Abbildung 48: Zweite Fahrt Proband 3

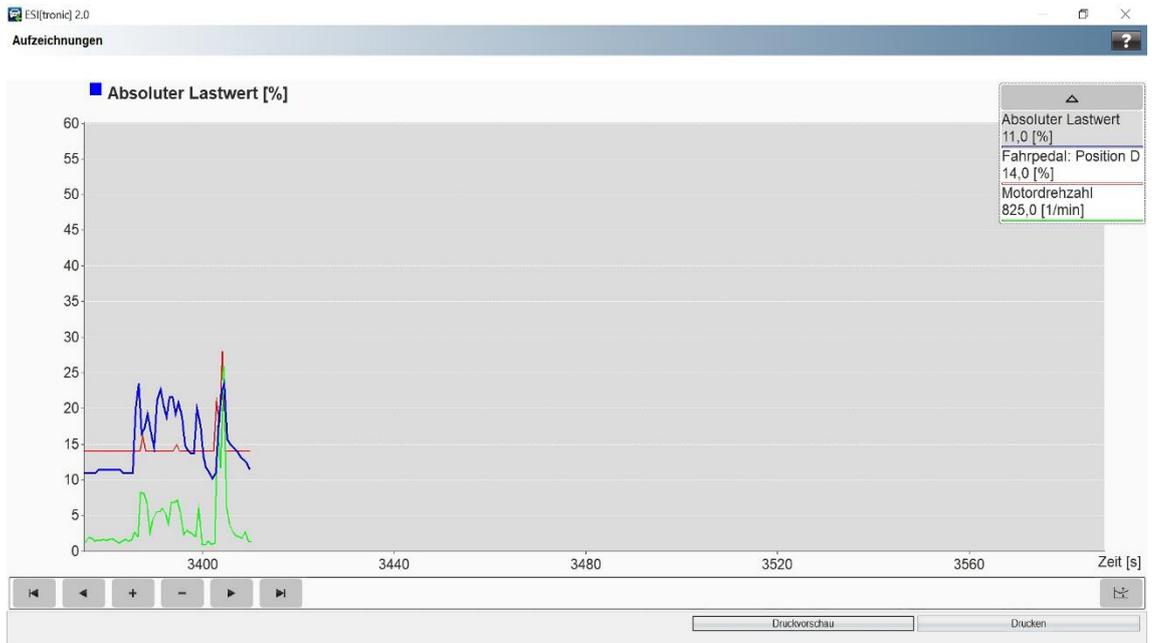


Abbildung 49: Dritte Fahrt Proband 3

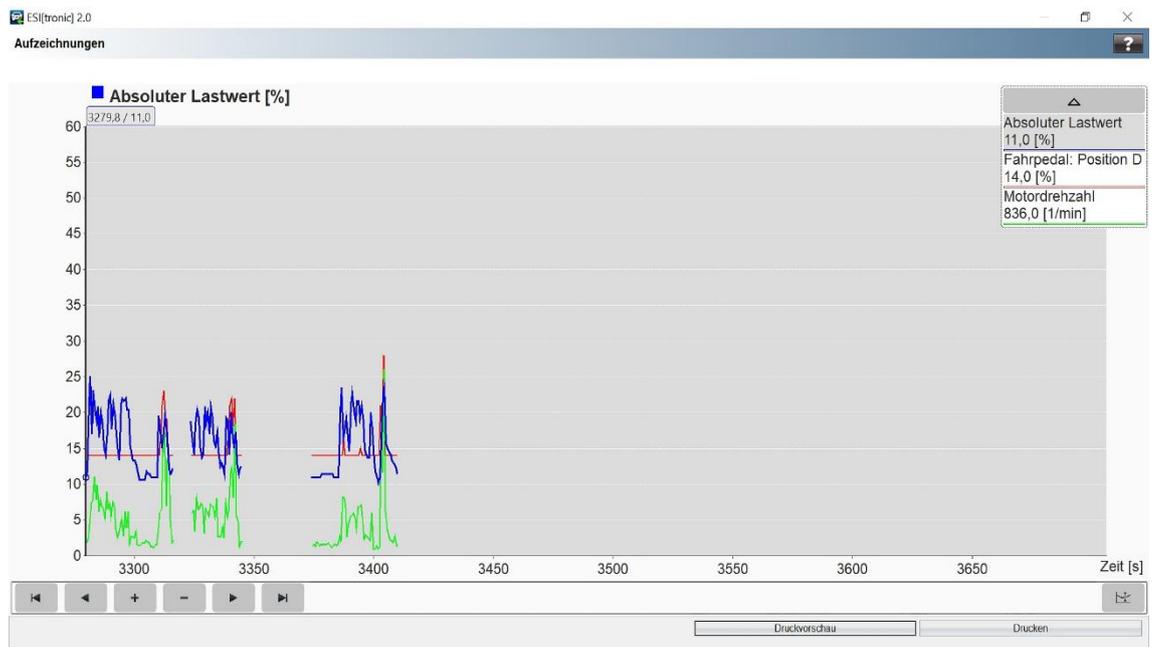


Abbildung 50: Alle Fahrten Proband 3

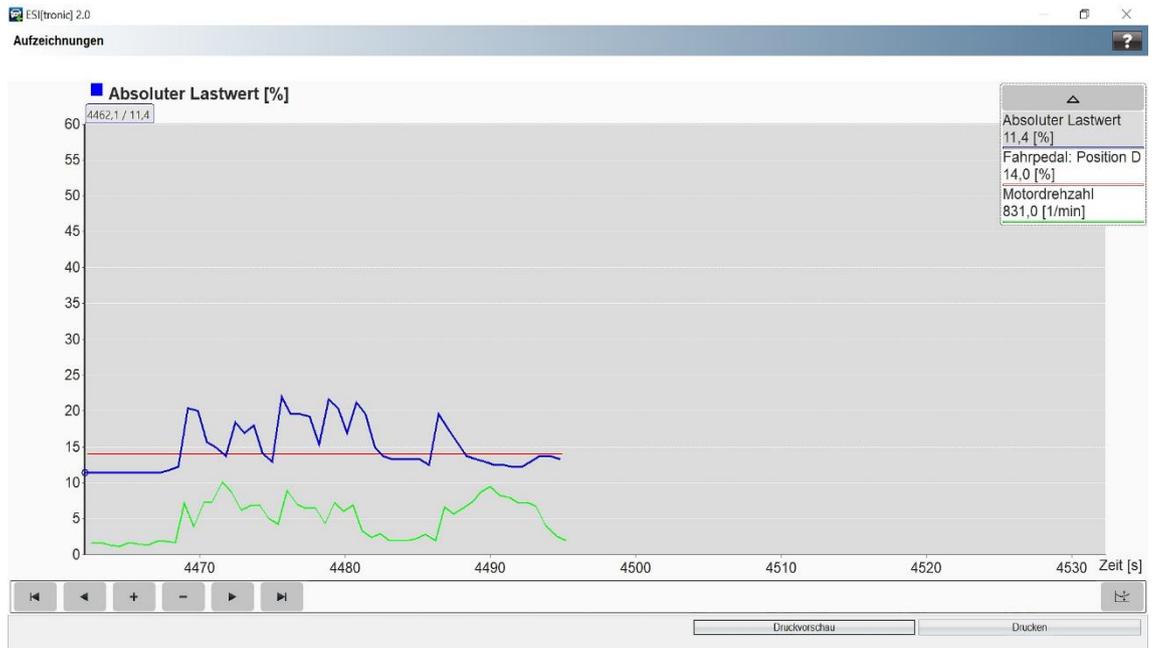


Abbildung 51: Erste Fahrt Proband 4

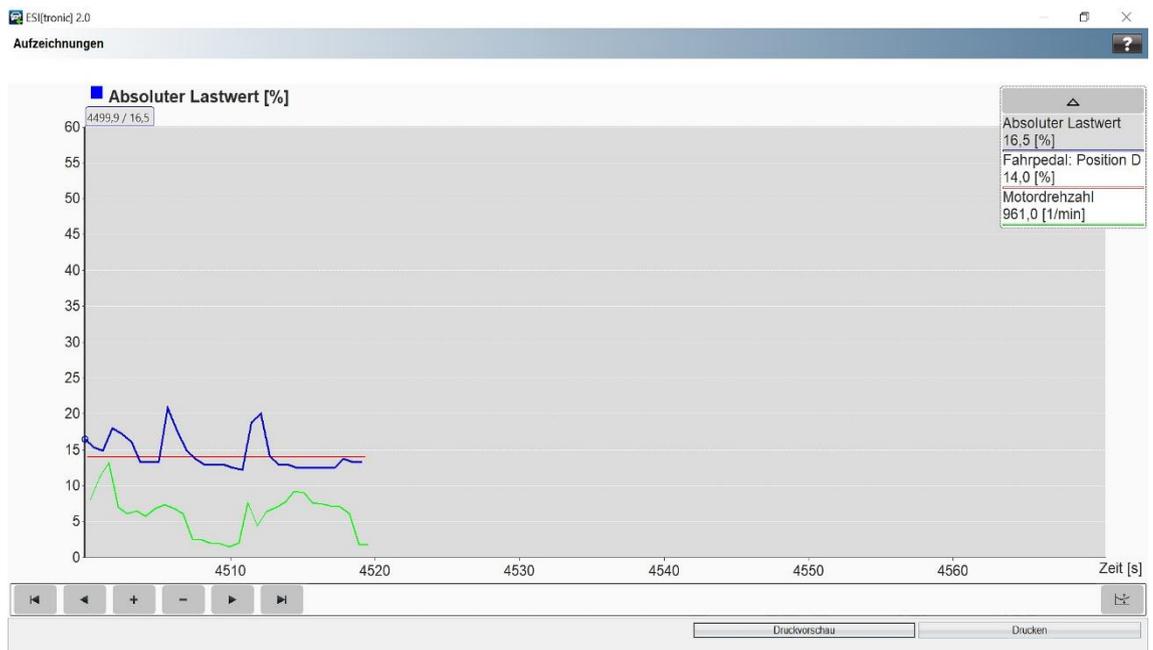


Abbildung 52: Zweite Fahrt Proband 4

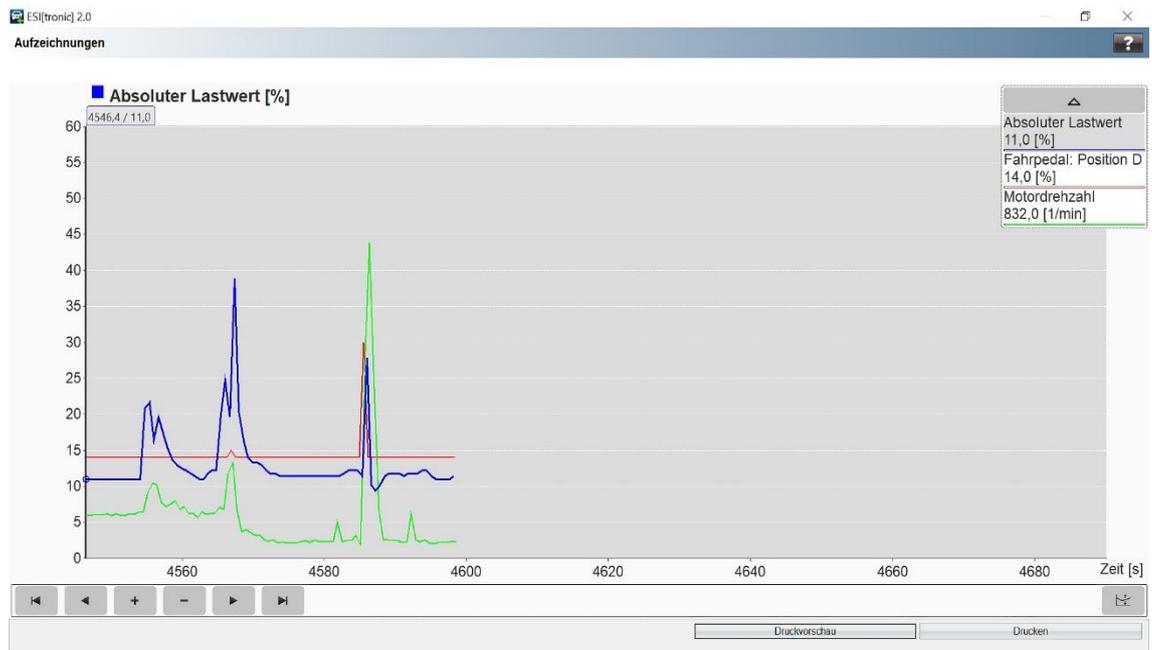


Abbildung 53: Dritte Fahrt Proband 4



Abbildung 54: Alle Fahrten Proband 4

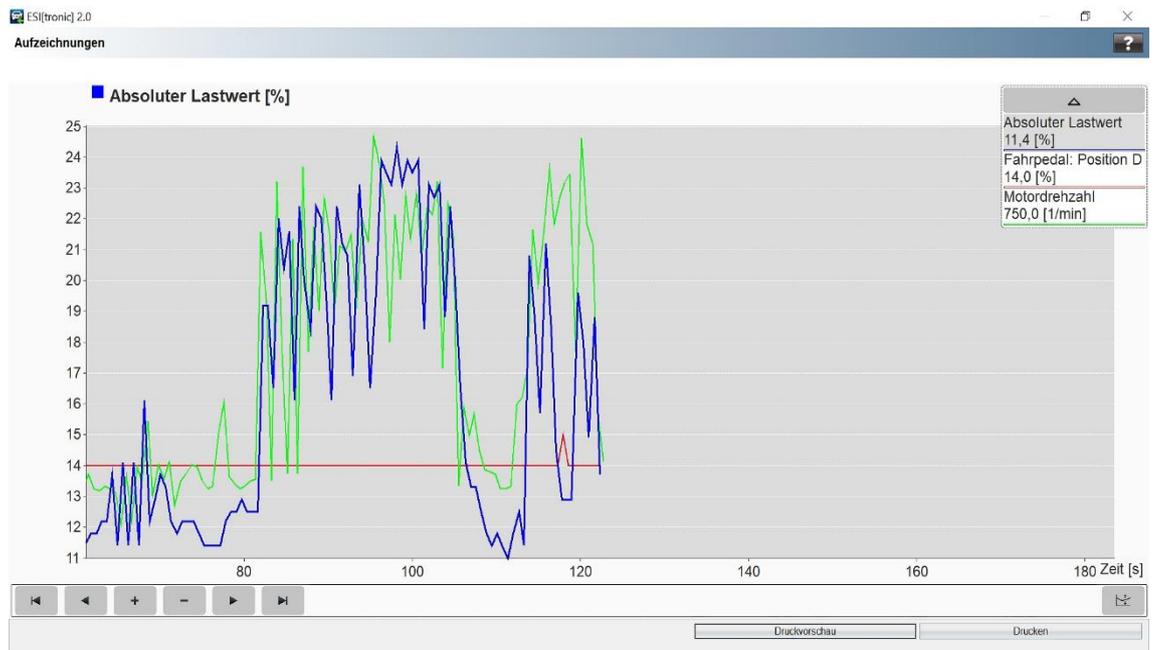


Abbildung 55: Erste Fahrt Proband 5

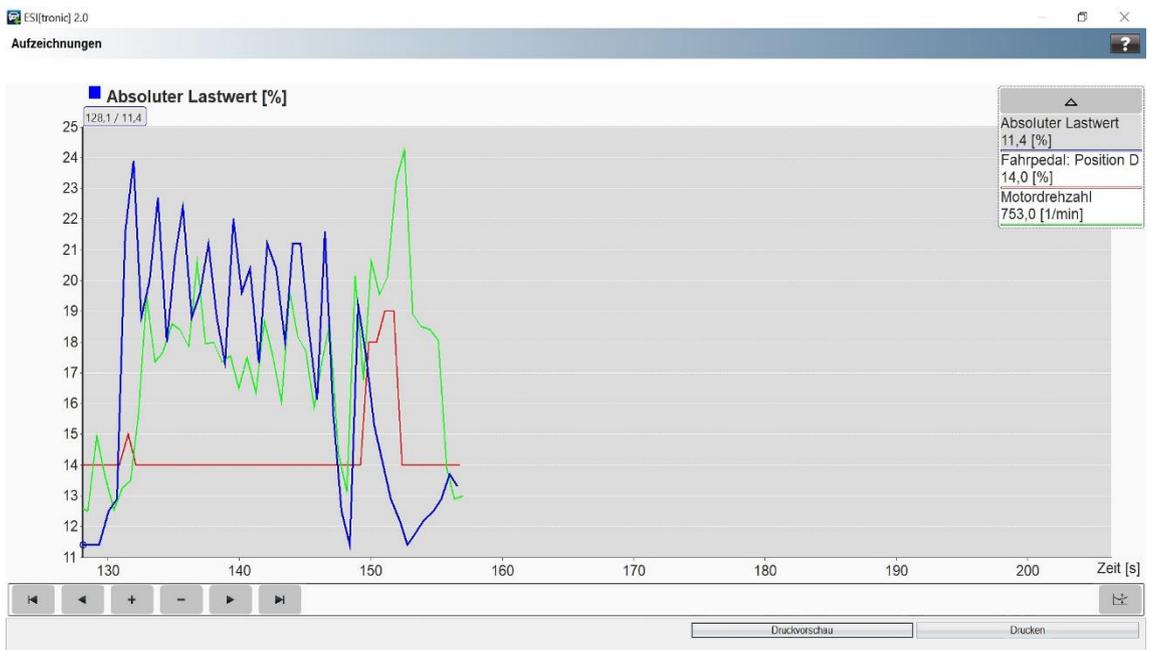


Abbildung 56: Zweite Fahrt Proband 5

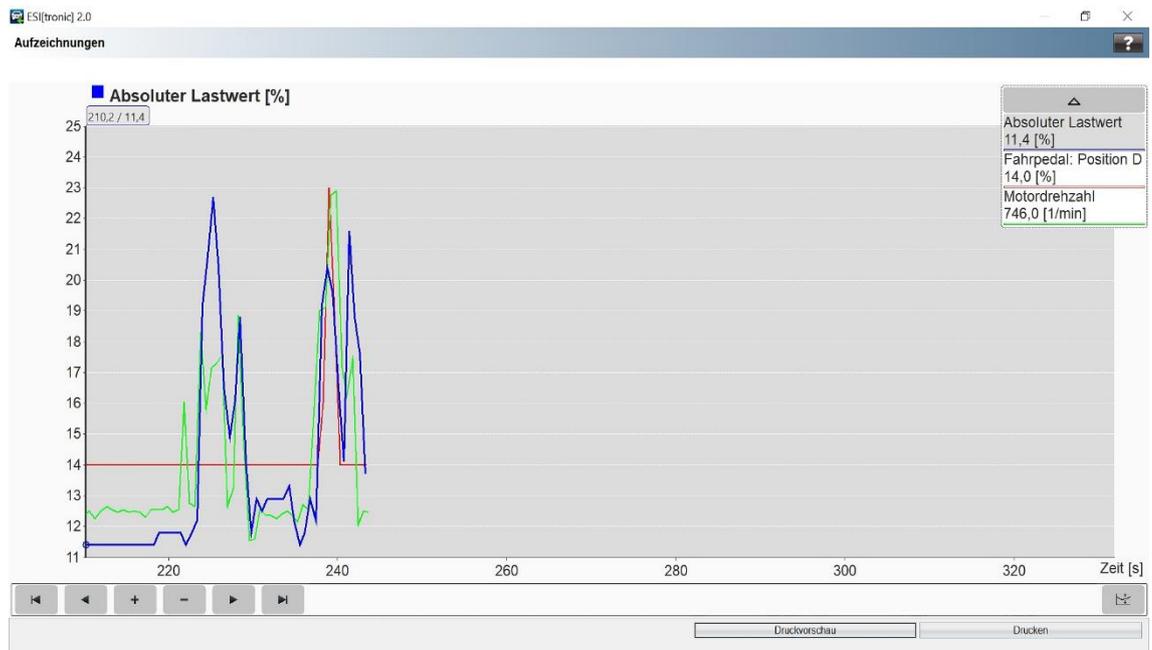


Abbildung 57: Dritte Fahrt Proband 5

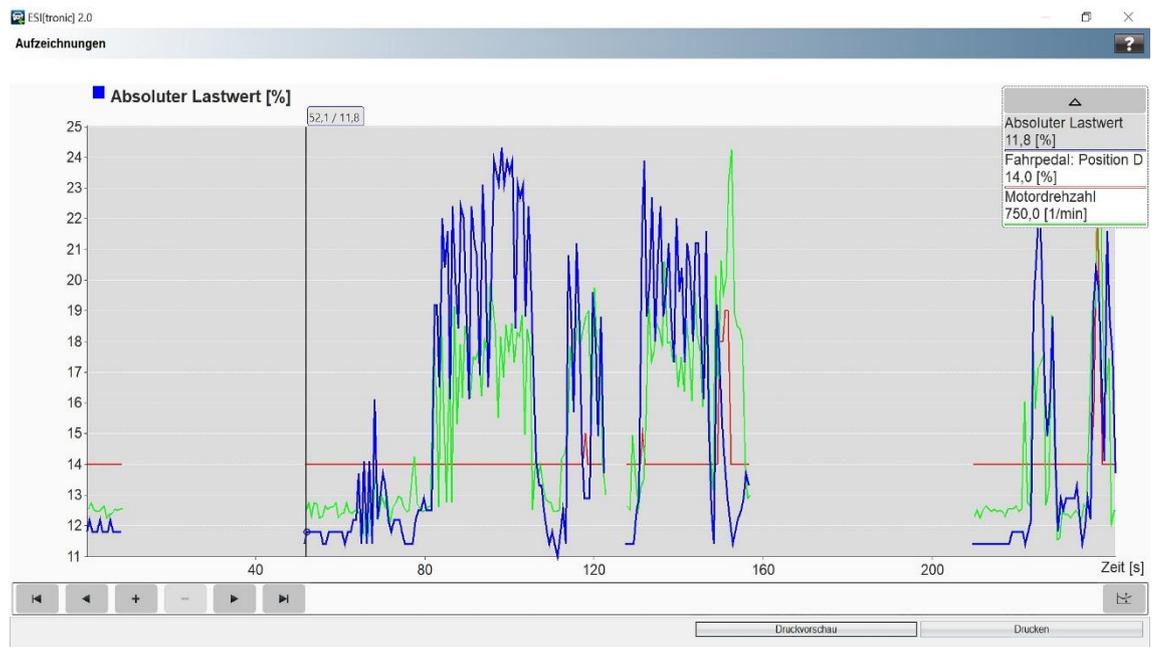


Abbildung 58: Alle Fahrten Proband 5



Abbildung 59: Erste Fahrt Proband 6

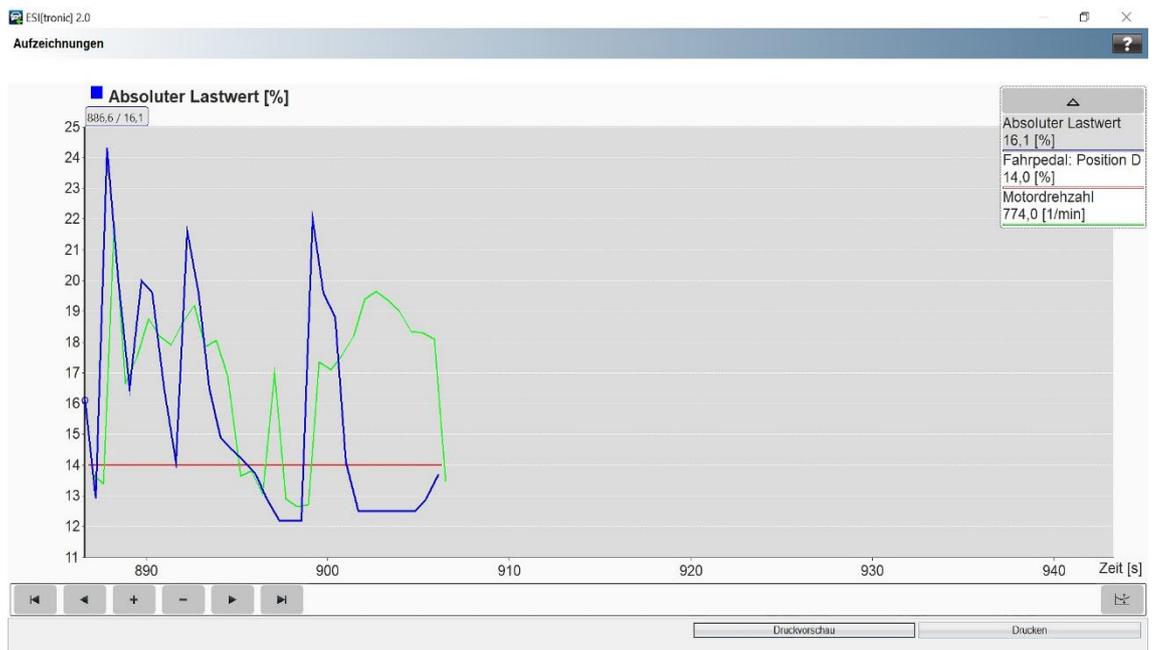


Abbildung 60: Zweite Fahrt Proband 6



Abbildung 61: Dritte Fahrt Proband 6

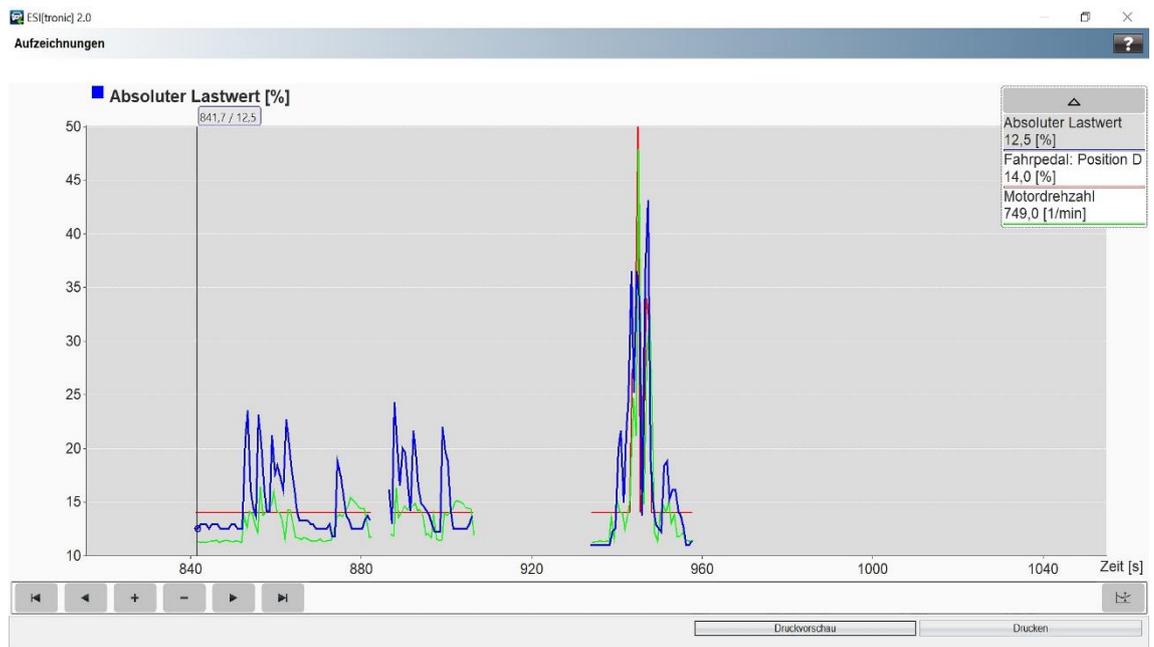


Abbildung 62: Alle Fahrten Proband 6

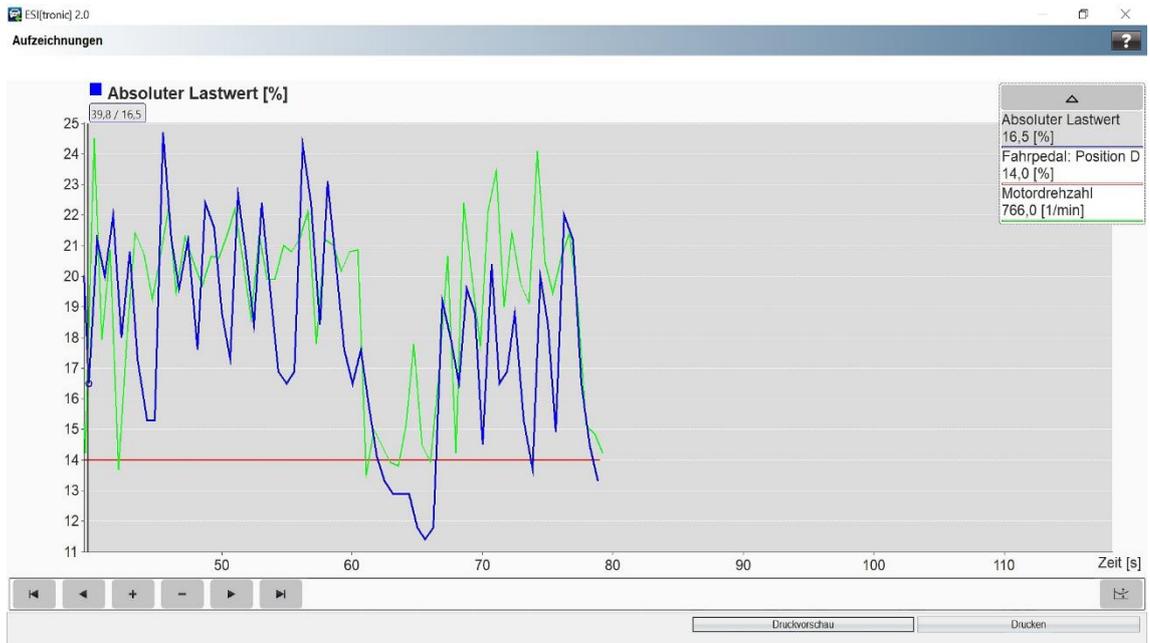


Abbildung 63: Erste Fahrt Probandin 7

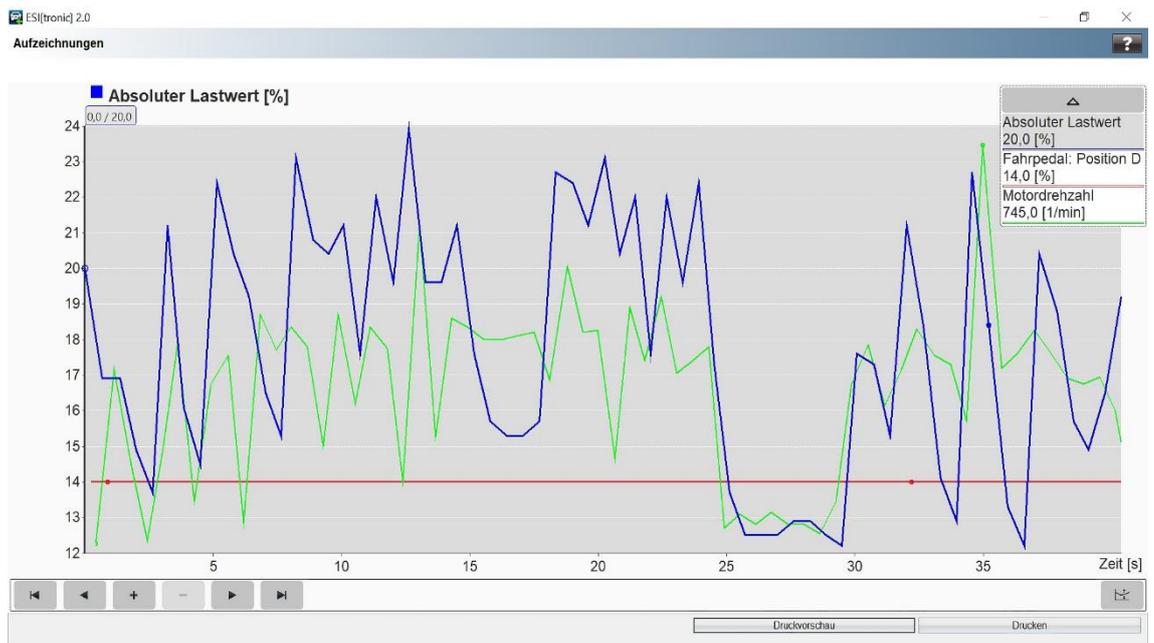


Abbildung 64: Zweite Fahrt Probandin 7

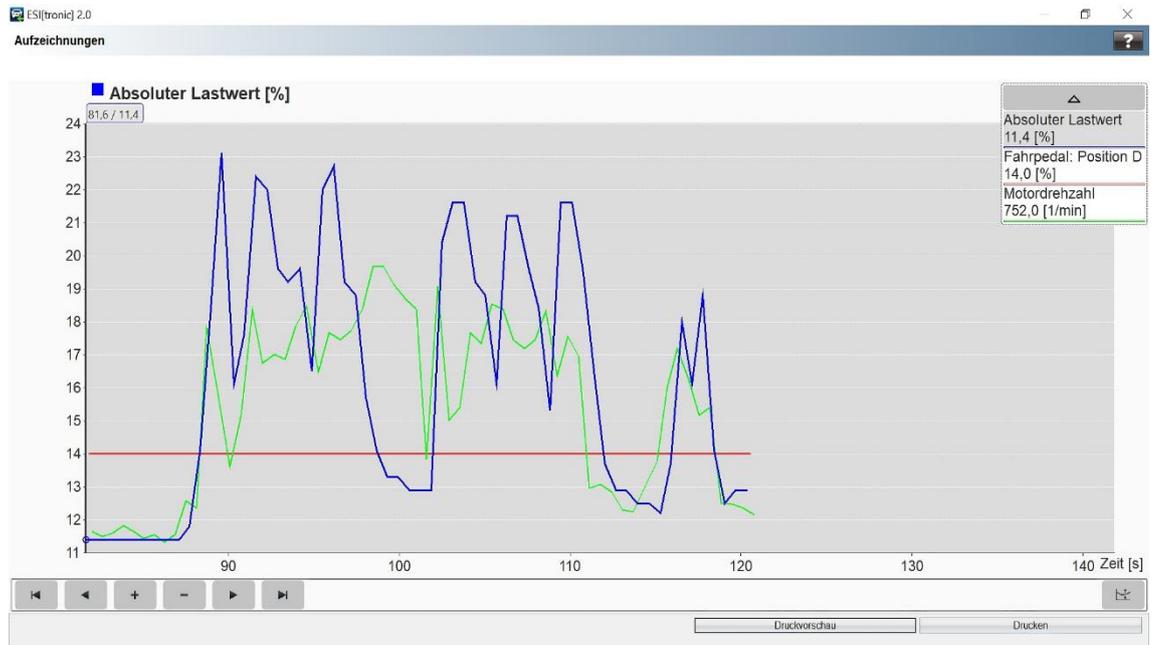


Abbildung 65: Dritte Fahrt Probandin 7

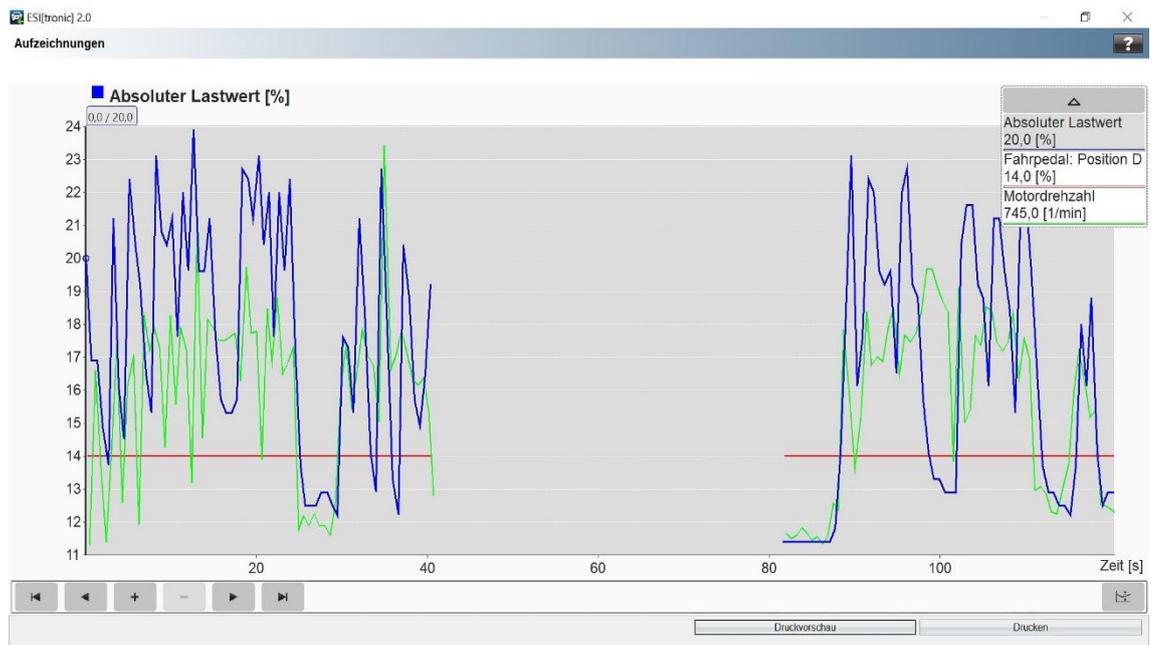


Abbildung 66: Zweite und dritte Fahrt Probandin 7

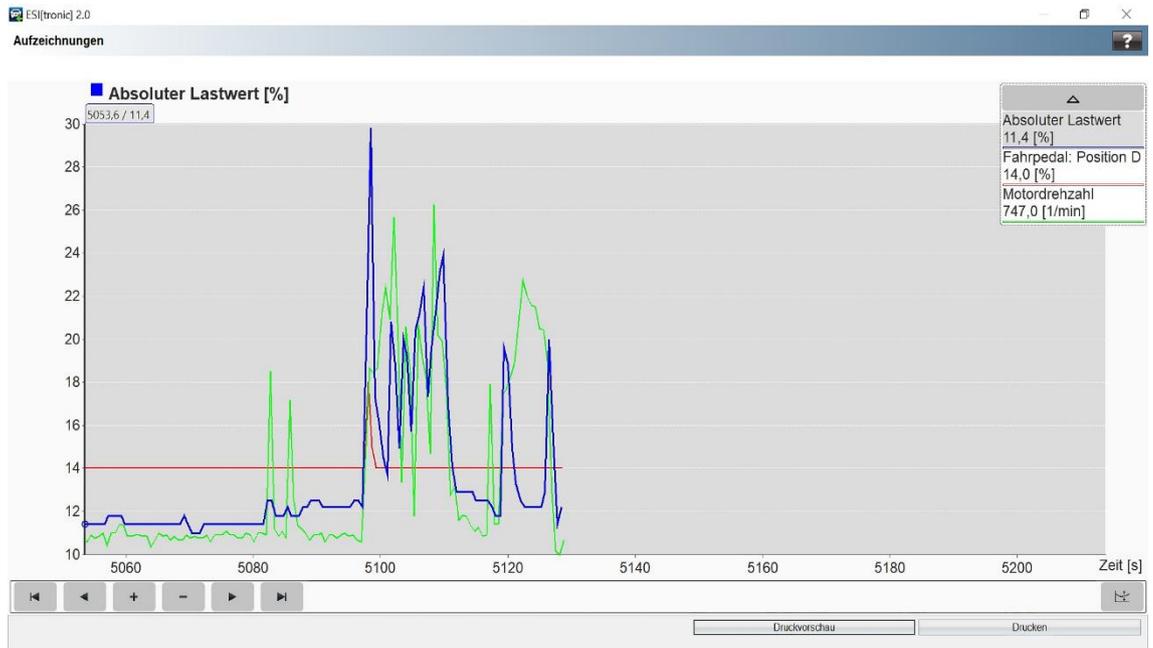


Abbildung 67: Erste Fahrt Proband 8

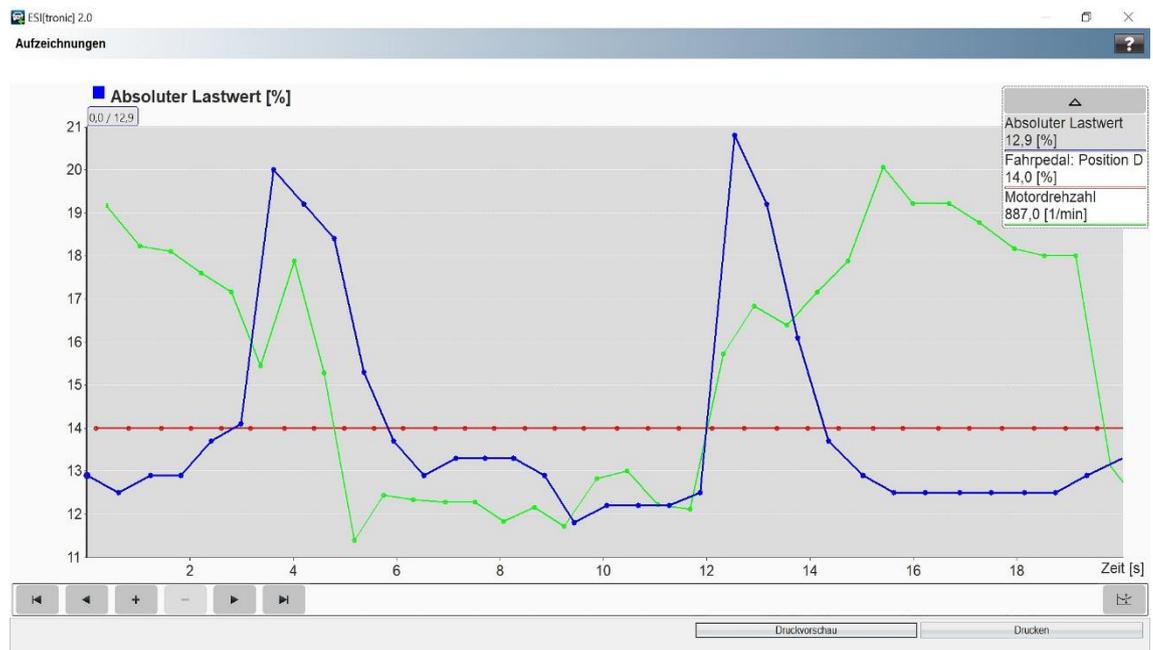


Abbildung 68: Zweite Fahrt Proband 8

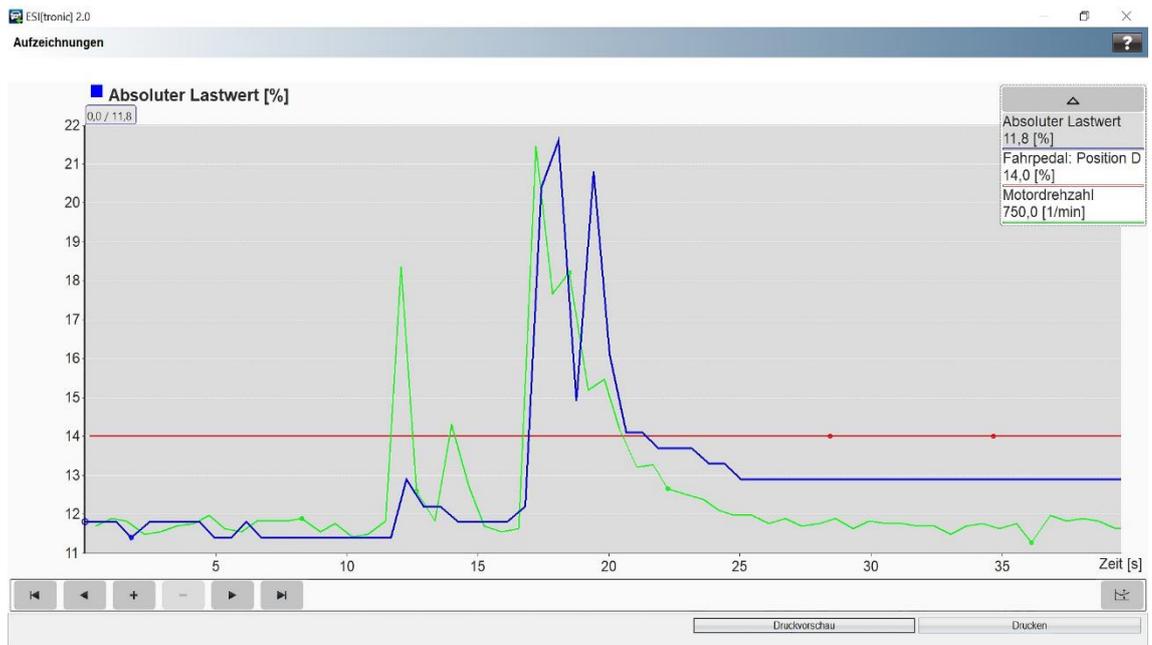


Abbildung 69: Dritte Fahrt Proband 8

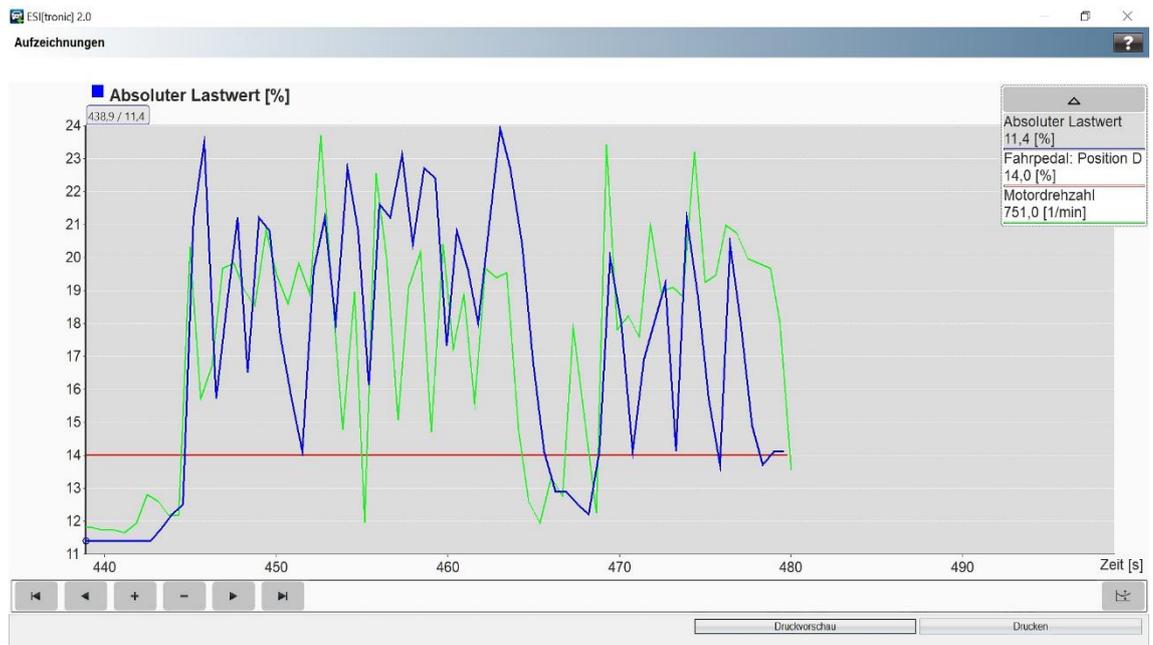


Abbildung 70: Erste Fahrt Probandin 9

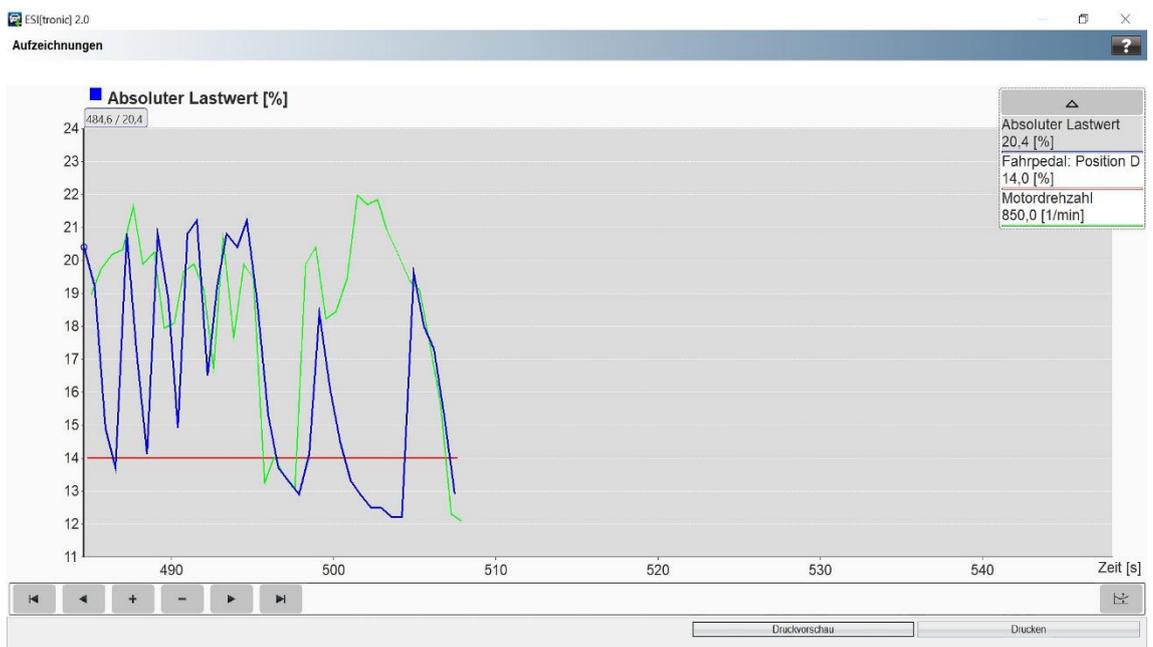


Abbildung 71: Zweite Fahrt Probandin 9

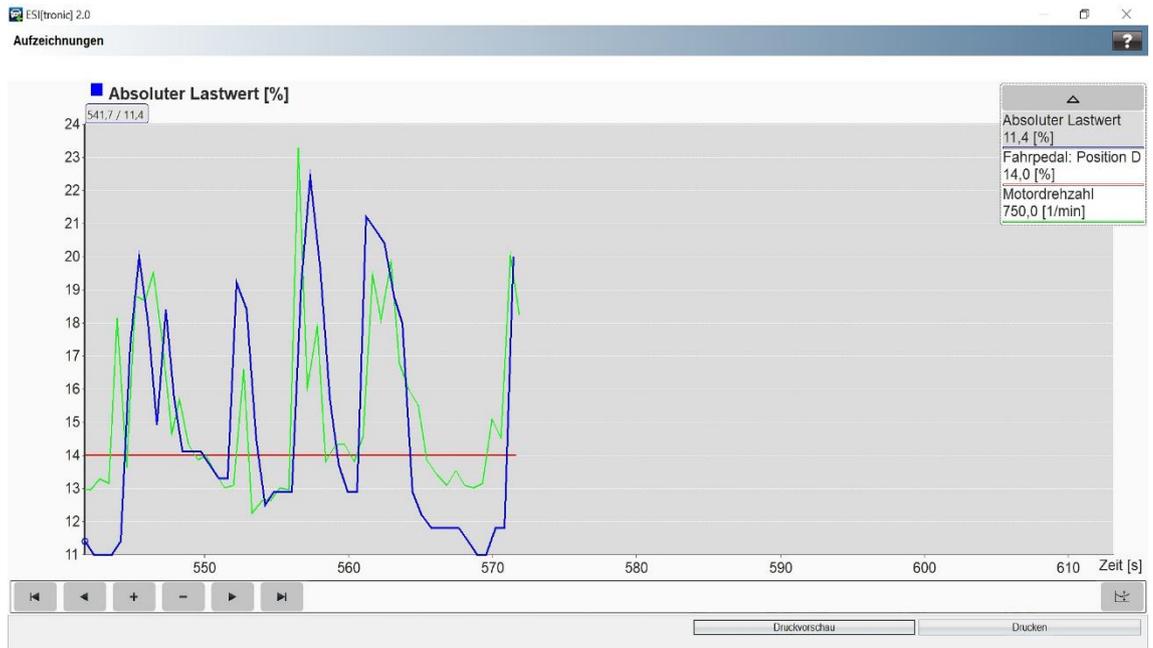


Abbildung 72: Dritte Fahrt Probandin 9

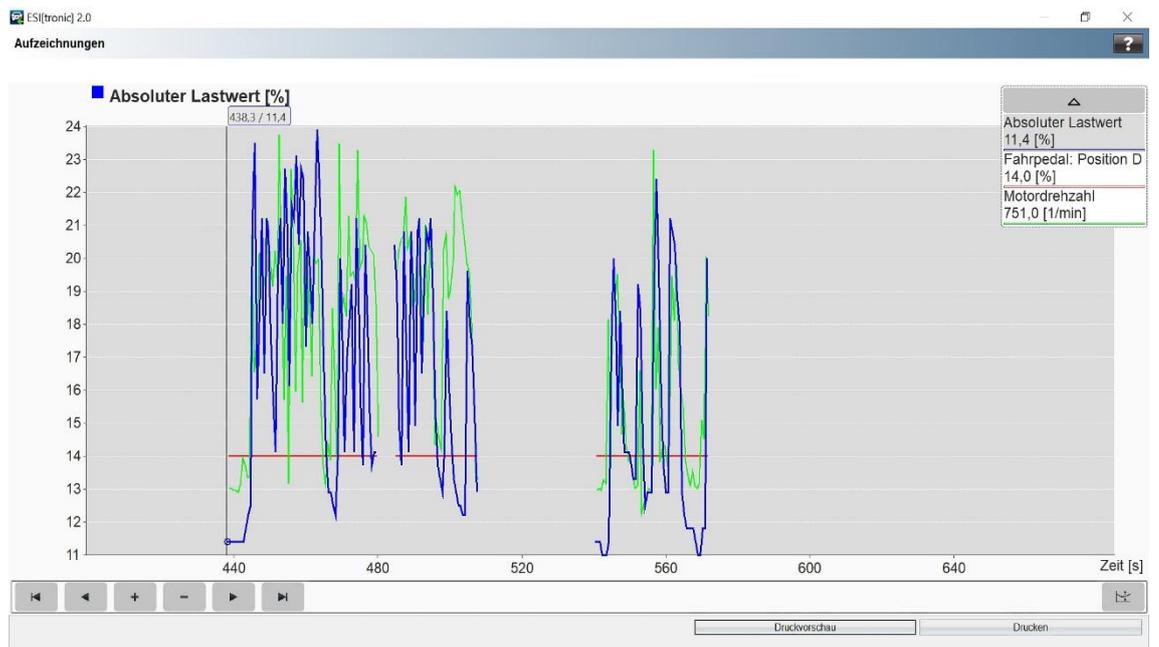


Abbildung 73: Alle Fahrten Probandin 9

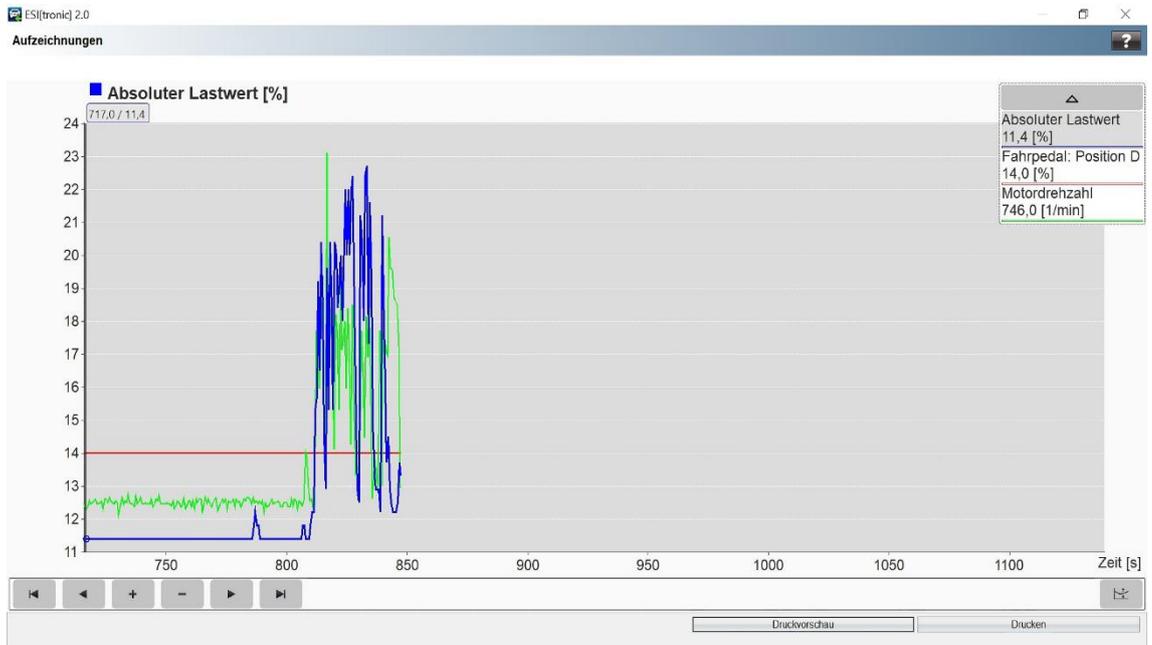


Abbildung 74: Erste Fahrt Probandin 10

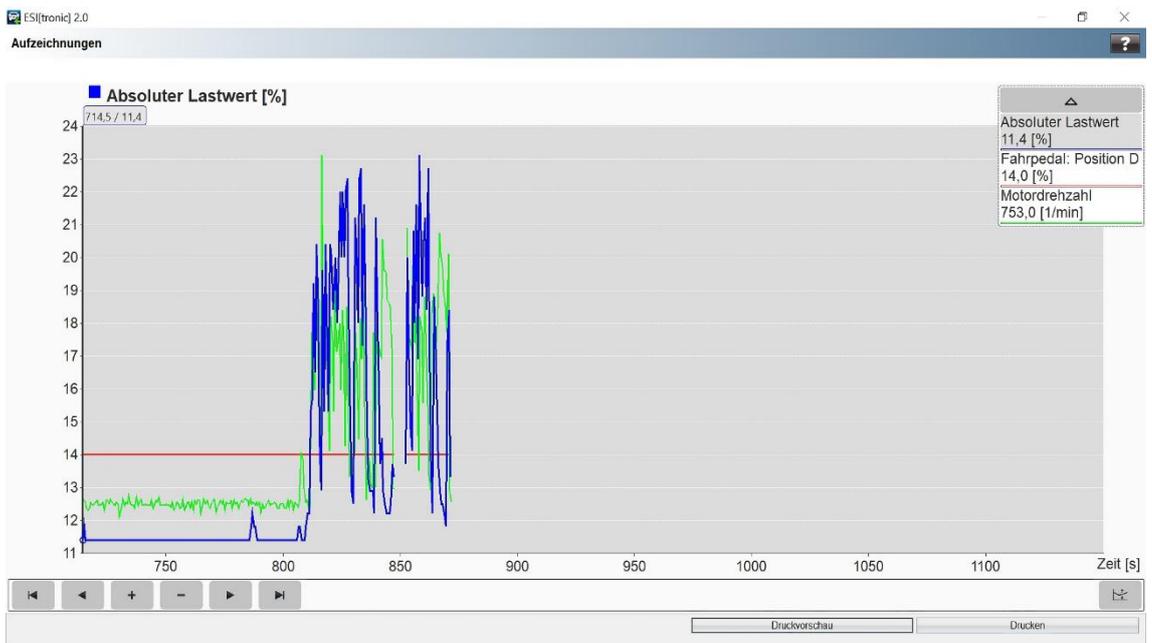


Abbildung 75: Zweite Fahrt Probandin 10

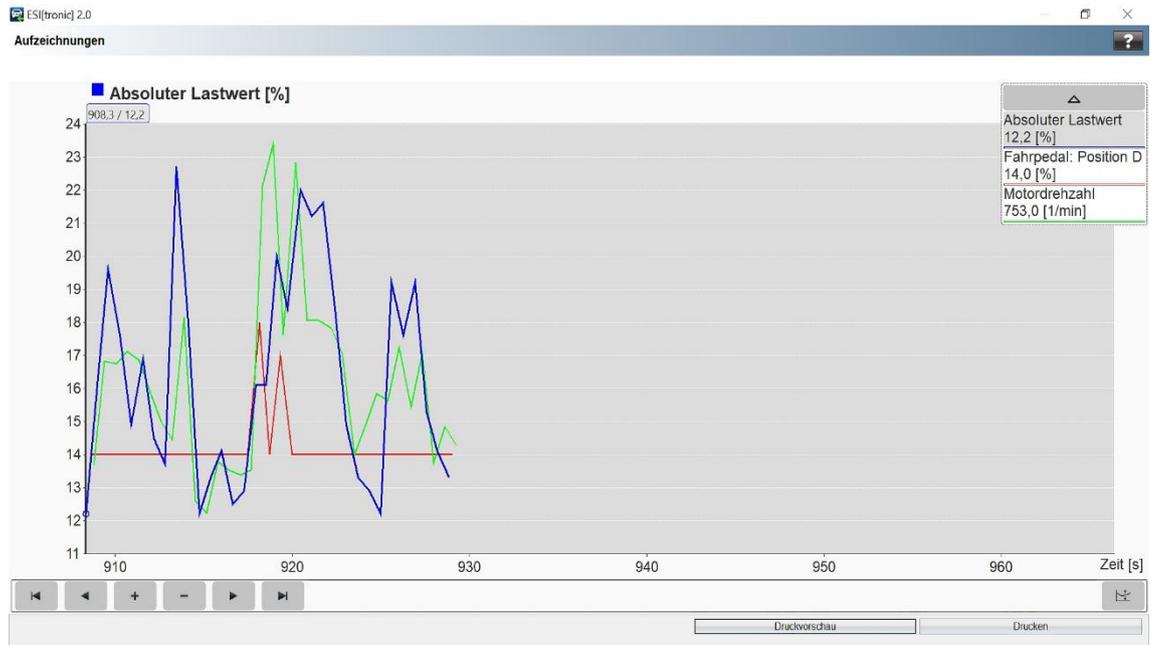


Abbildung 76: Dritte Fahrt Probandin 10

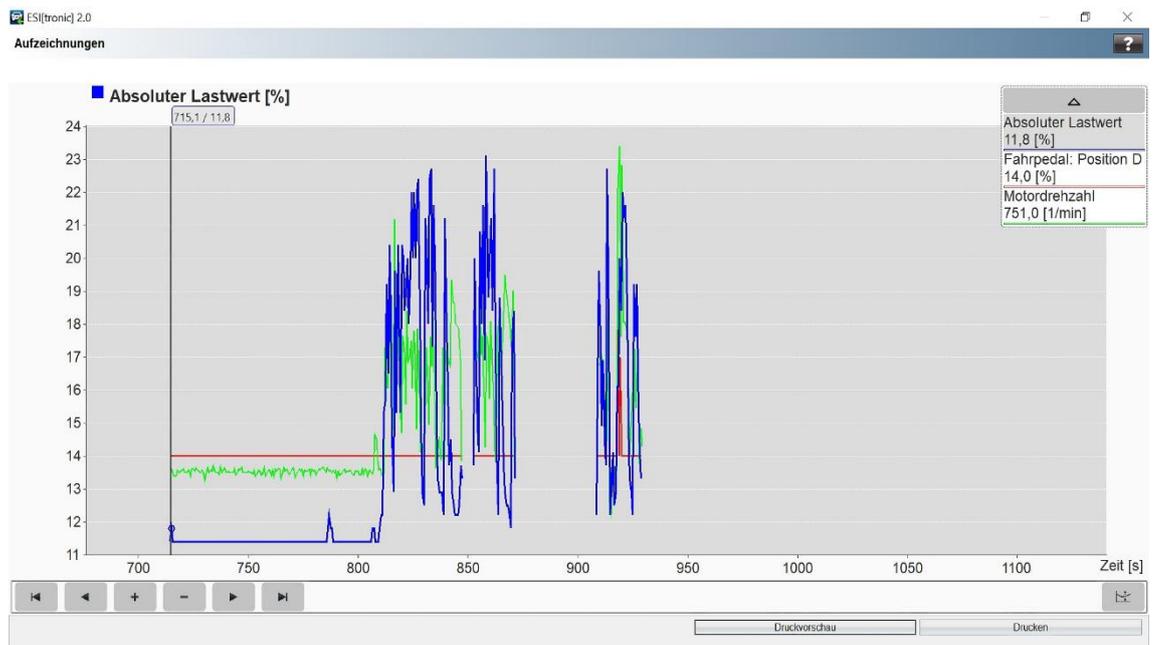


Abbildung 77: Alle Fahrten Probandin 10

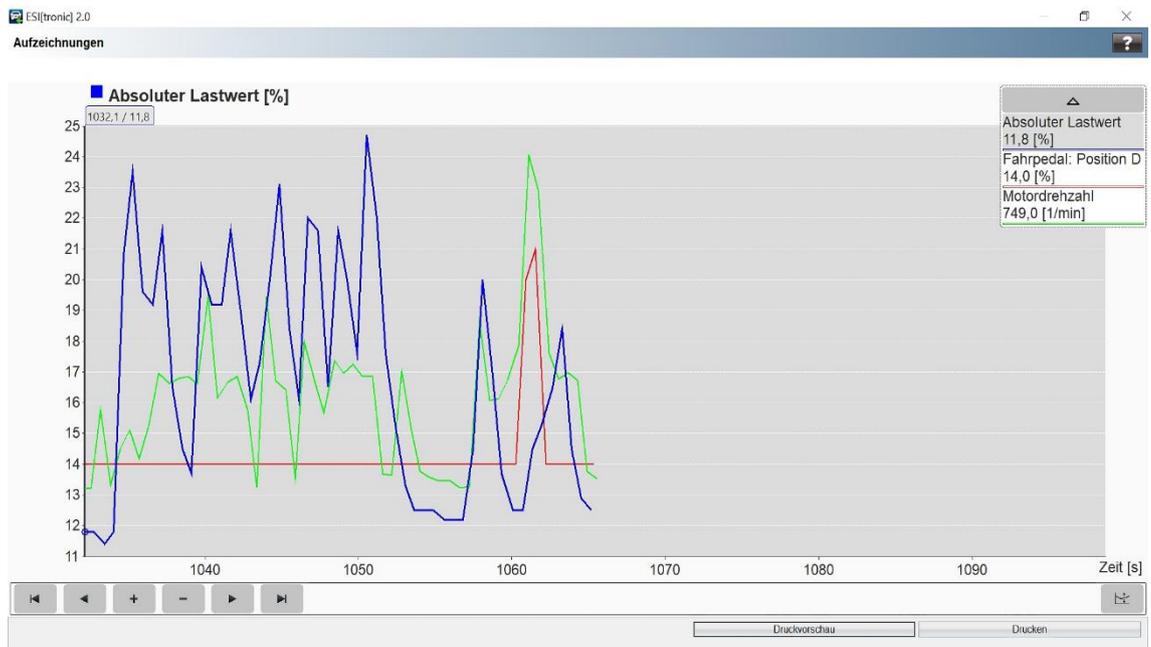


Abbildung 78: Erste Fahrt Proband 11

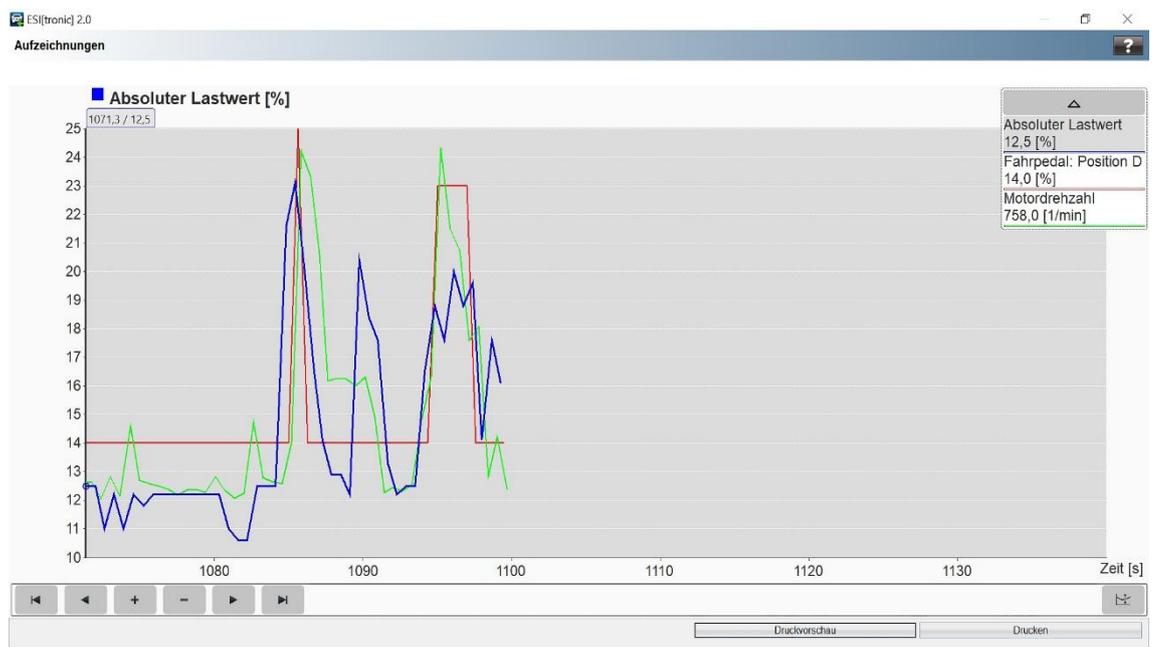


Abbildung 79: Zweite Fahrt Proband 11

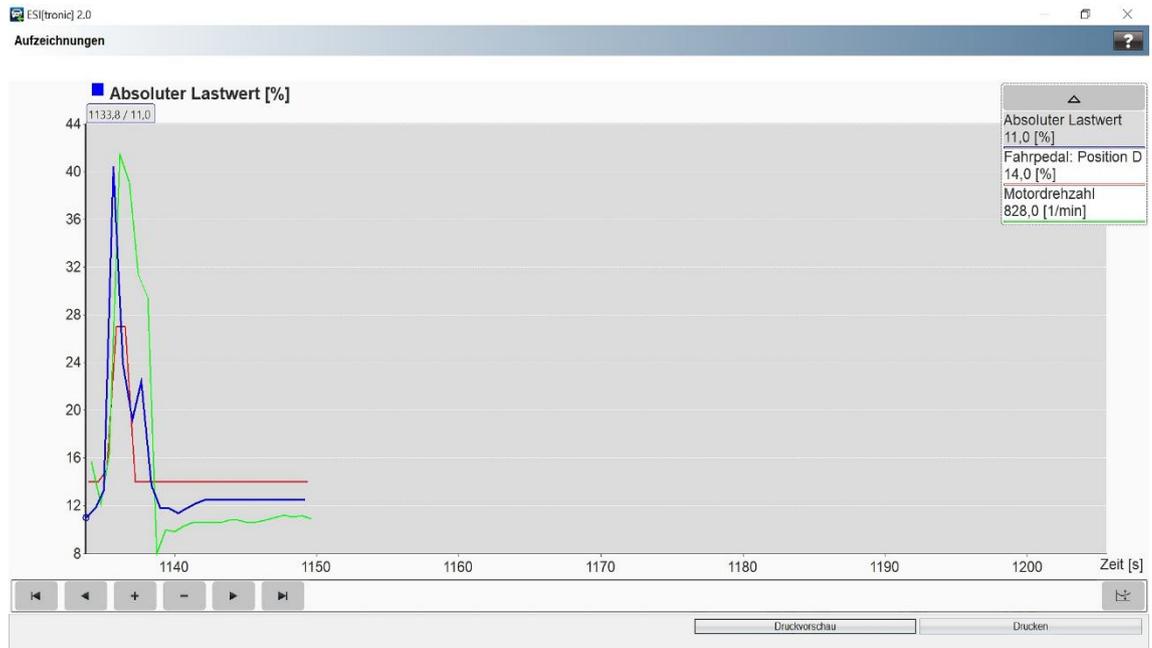


Abbildung 80: Dritte Fahrt Proband 11

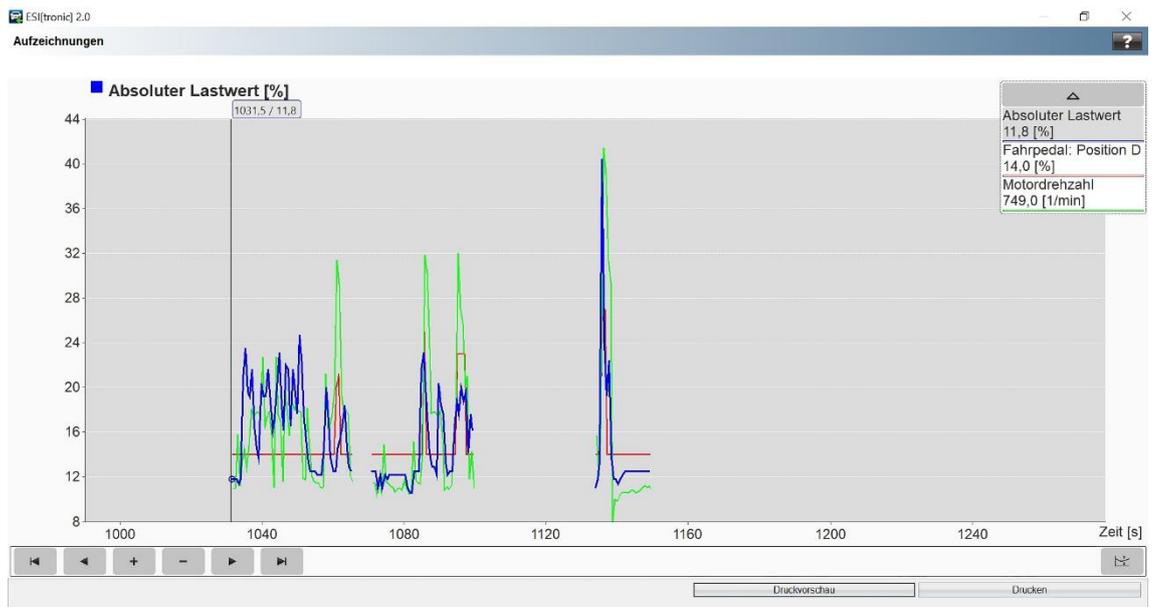


Abbildung 81: Alle Fahrten Proband 11

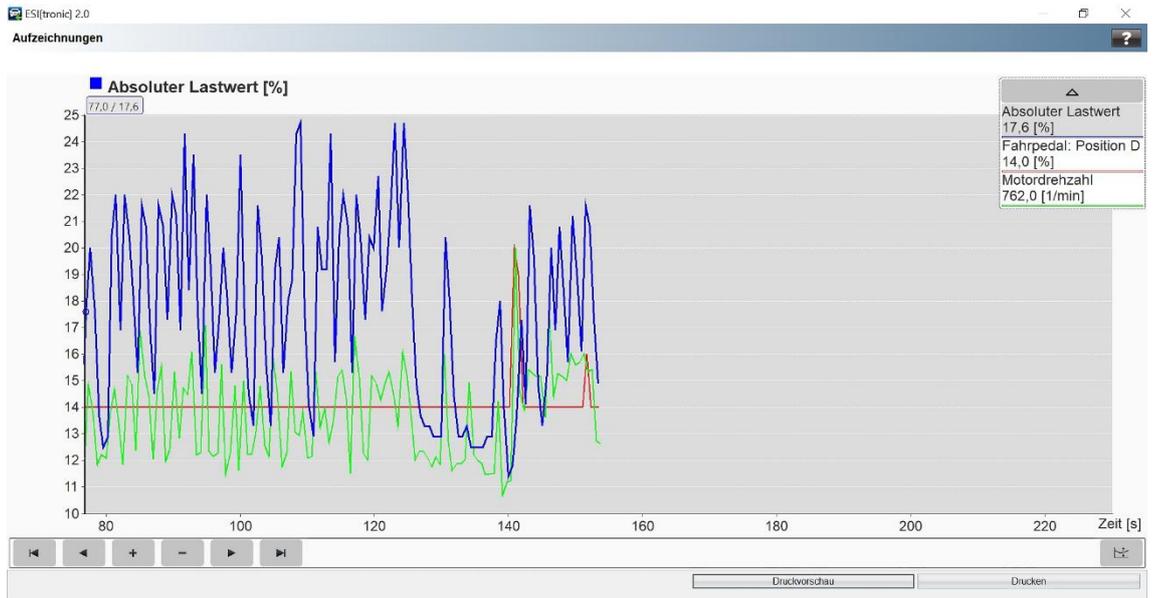


Abbildung 82: Erste Fahrt Probandin 12

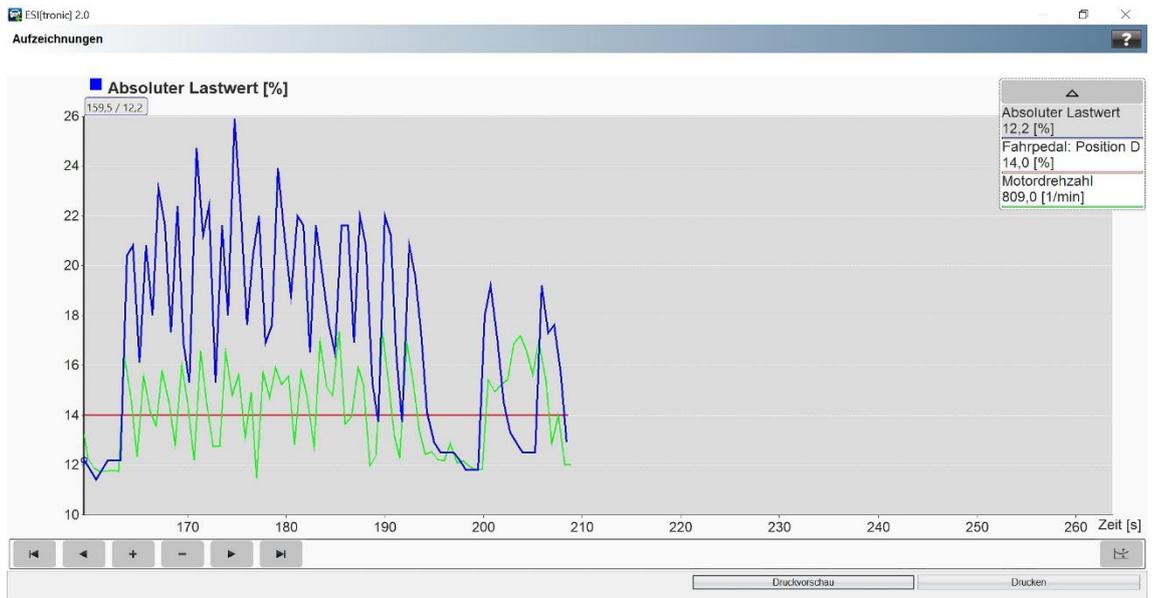


Abbildung 83: Zweite Fahrt Probandin 12

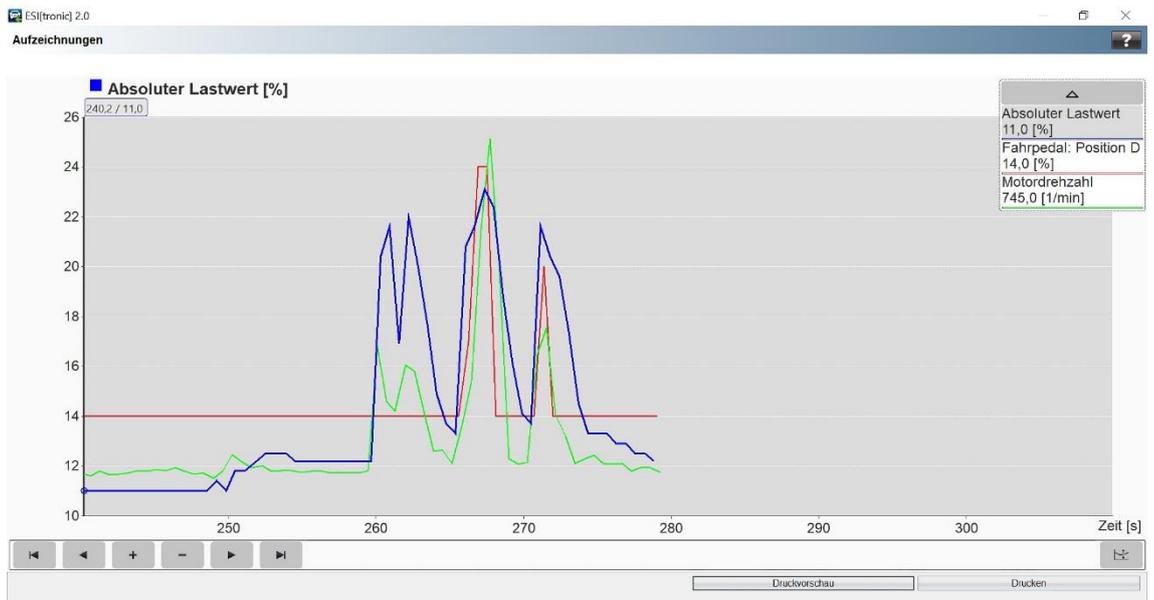


Abbildung 84: Dritte Fahrt Probandin 12

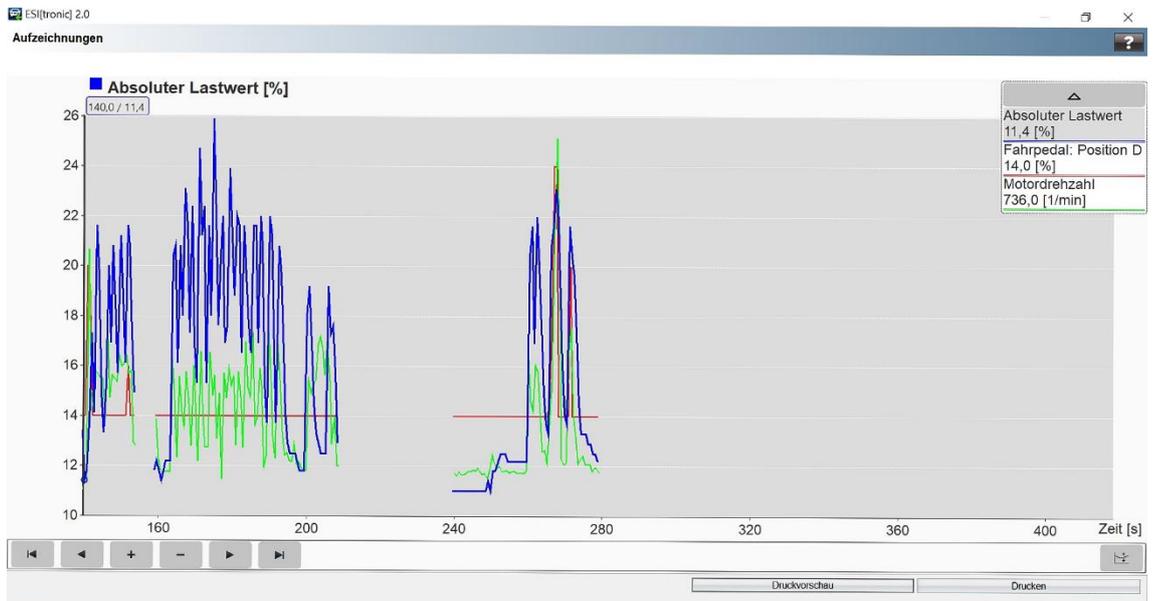


Abbildung 85: Alle Fahrten Probandin 12

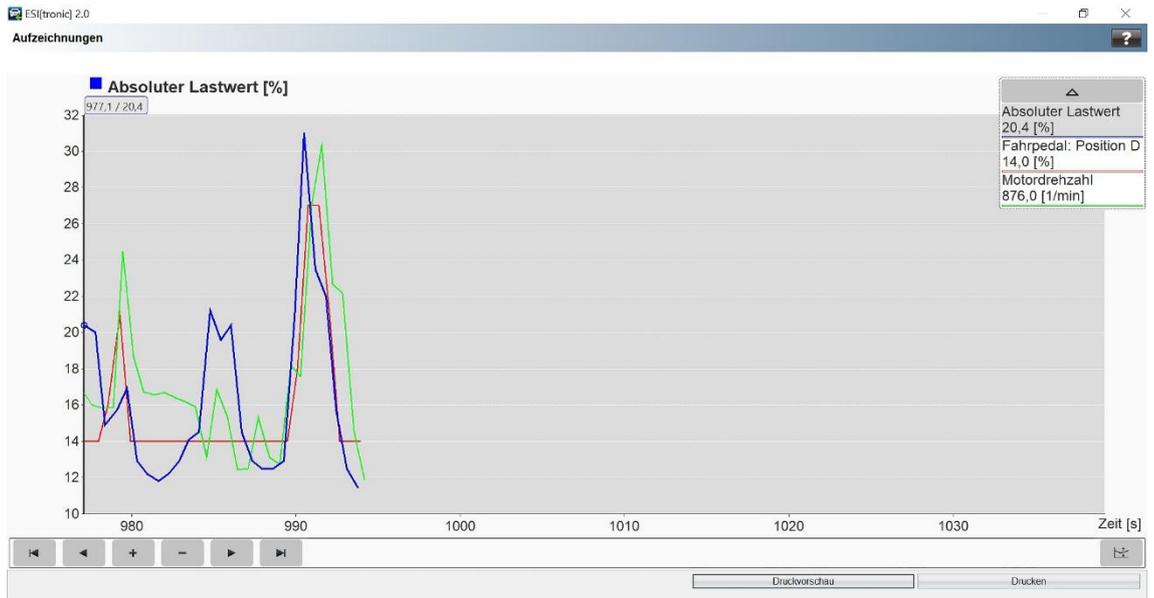


Abbildung 86: Erste Fahrt Proband 13

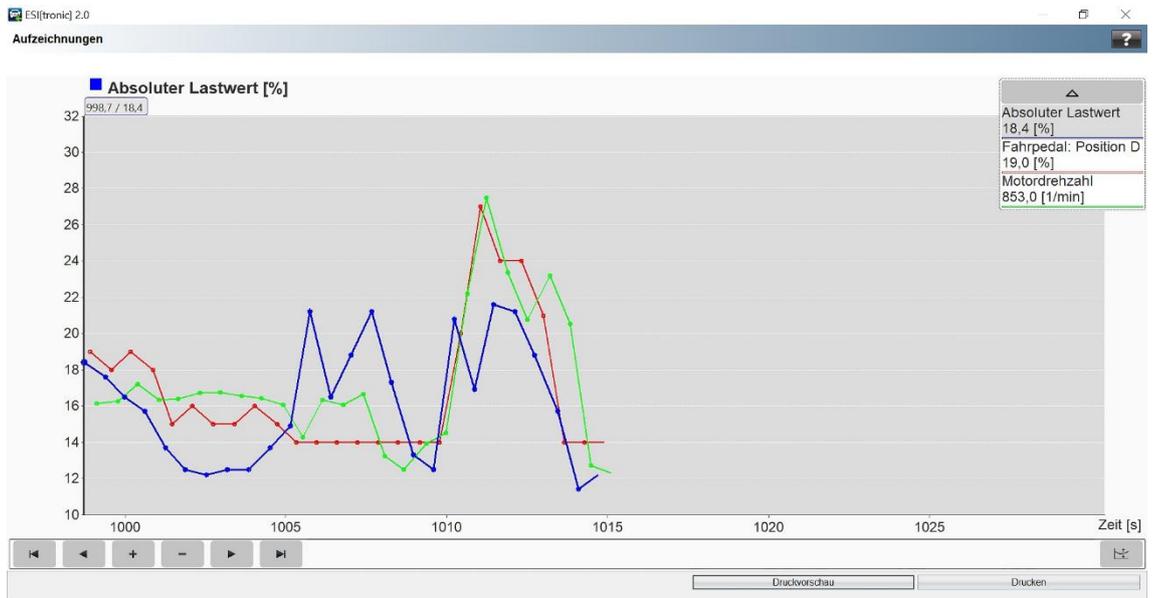


Abbildung 87: Zweite Fahrt Proband 13

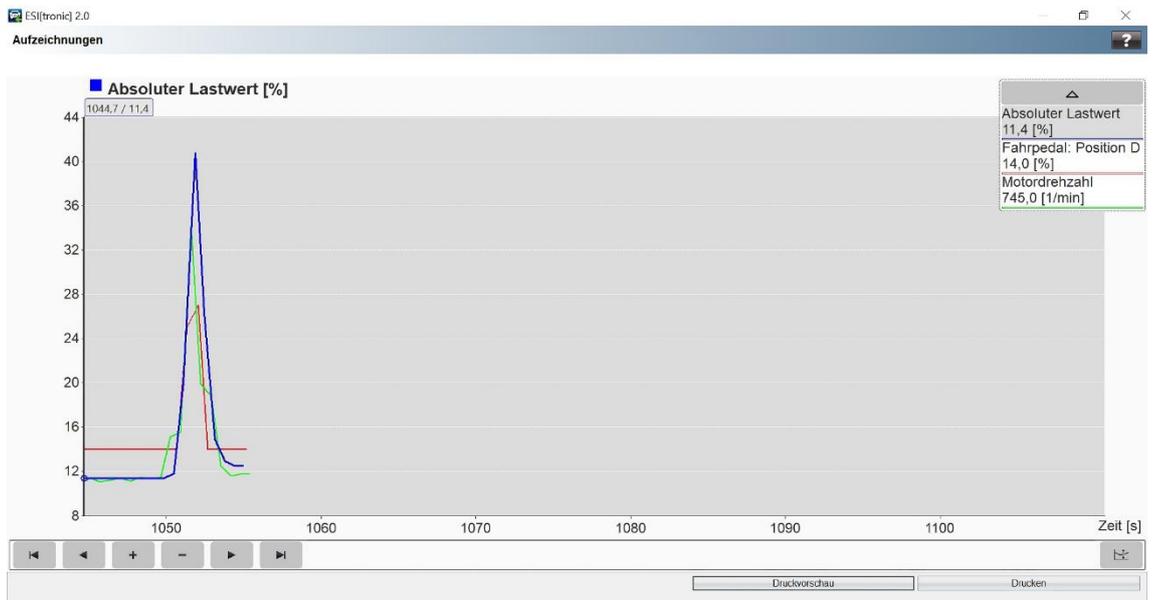


Abbildung 88: Dritte Fahrt Proband 13

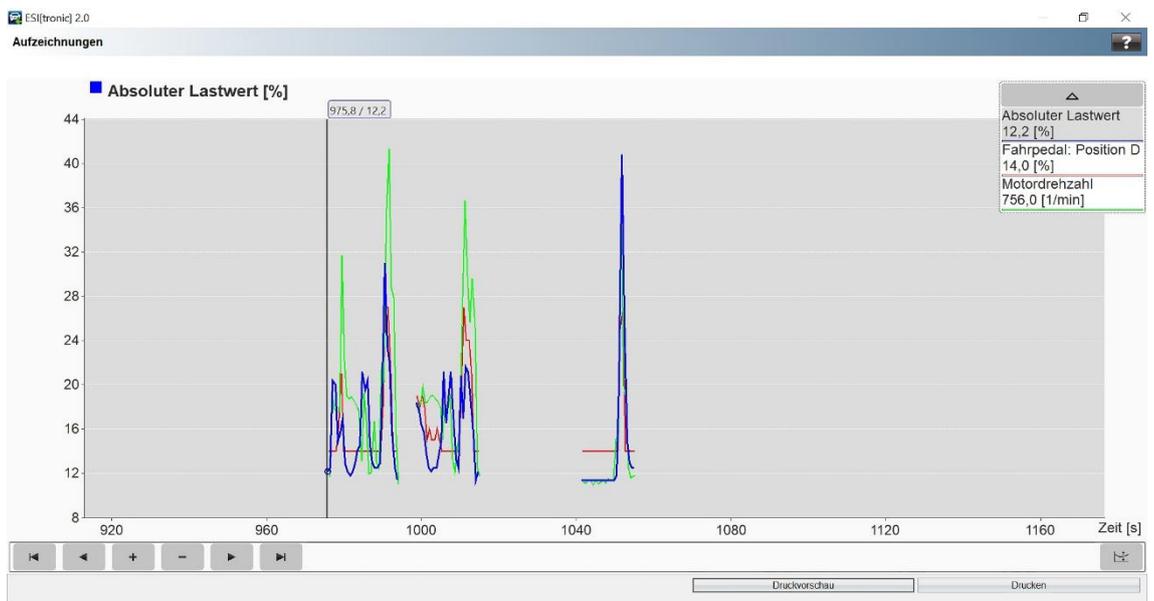


Abbildung 89: Alle Fahrten Proband 13

## Datenstruktur des beiliegenden Datenträgers

