

Digitale Kfz-Forensik 4.1

Dipl.-Ing. Thomas Käfer, M.Sc.



Forensikbericht Auswertung Unfall Uber-Volvo vom 18.03.2018 Update August 2018 (Extrakt aus Forschungsarbeit Car-Forensics)



www.car-forensics.de

Forschungsarbeit Car-Forensics

Digitale Forensik im Kontext von Fahrzeugvernetzung,
eCall, KFZ-Unfalldatenschreibern und Smartphone-Kopplung

DigiFor Inside Ausgabe 04.1-2018

Forensikbericht Auswertung Unfall Uber-Volvo vom 18.03.2018 in Tempe, Arizona (USA) Update August 2018

Impressum

Herausgeber: Dipl.-Ing. Thomas Käfer, M.Sc

Autor: Dipl.-Ing. Thomas Käfer, M.Sc.
Öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger
für Systeme und Anwendungen der Informationsverarbeitung

Elchenrather Weide 20
52146 Würselen
Tel. 02405/47949-0

Website: <https://www.KaeferLive.de>

E-Mail: service@KaeferLive.de

© 2018 – Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Vervielfältigung (auch auf elektronischem Weg) und Nachdruck sind ohne ausdrückliche Genehmigung des Autors untersagt. Bildnachweis: Eigene Aufnahmen, Fotolia, Google Earth oder siehe Bildunterschrift sowie Screenshots verschiedener Applikationen.

Bezug und weitere Informationen und Artikel siehe:
<https://www.KaeferLive.de/> und <https://www.car-forensics.de>

49 Seiten DIN A4 – 42 meist farbige Abbildungen

Erscheinungsdatum des Originalberichts: 02. April 2018

Aktualisierte Version vom 06.08.2018: Abgleich mit den Erkenntnissen aus dem am 22.06.2018 von der Polizei in Tempe Arizona zur Verfügung gestellten Abschlussberichtes. Die Ergänzungen zum Originalbericht 4.0 sind farbig hervorgehoben bzw. als neue Kapitel gekennzeichnet.

1 Summary

Der Kfz-Forensik Spezialist Dipl.-Ing. Thomas Käfer, M.Sc. hat das Original-Video der Unfalls mit Todesfolge des Uber-Volvo in Tempe, Arizona (USA) vom 18.03.2018 aus dem Unfallfahrzeug bei der dortigen Polizei angefragt und es im Rahmen seiner Forschungsarbeit Car-Forensics ausgewertet. Er kommt hierbei teilweise zu vollkommen anderen Aussagen als die Meldungen der Polizei und die der Medienberichterstattung. Tatsächlich konnte er belegen, dass die getötete Fußgängerin nicht plötzlich aus einem Schatten herausgetreten ist und der Unfall alles andere als für Mensch oder Maschine unvermeidbar war. Faktisch war die Situation am Unfallort bei weitem nicht so dunkel und unübersichtlich, wie das auffällig dunkle Video Glauben machen soll. Das Video ist mindestens einmal verlustbehaftet kopiert und fahrlässiger Weise oder sogar mit Vorsatz dunkler wiedergegeben worden. Das Fahrzeug hat sich innerhalb des zulässigen Geschwindigkeitslimits von 45 mph bewegt und somit nicht – wie ebenfalls falsch berichtet – einen Geschwindigkeitsverstoß begangen. Allerdings war es zum Zeitpunkt des Aufpralls 45 mph und nicht wie behauptet 40 mph schnell und hat unmittelbar nach dem Unfall selbstständig wieder beschleunigt. Die zur Überwachung des voll-automatisiert fahrenden Fahrzeugs an Bord befindliche menschliche FahrerIn hat mindestens sechs Sekunden vor dem Aufprall nicht auf die Fahrbahn geschaut und war offenbar abgelenkt. Sie hätte den Unfall durch ein frühes Eingreifen (Bremsen und/oder Ausweichen) problemlos vermeiden können. Offenbar haben aber auch die Sensorsysteme des Fahrzeugs versagt, da auch für diese die Fußgängerin spätestens 4,5 Sekunden und mindestens 80 Meter vor dem Unfall als Hindernis auf Kollisionskurs erkennbar gewesen sein muss (Anhalteweg max. 54 m).

NEU: Die Erkenntnisse aus diesem Bericht wurden mit denen aus dem am 22.06.2018 von der Polizei in Tempe Arizona zur Verfügung gestellten Abschlussberichts abgeglichen. Die Ergänzungen zum Originalbericht 4.0 sind farbig hervorgehoben bzw. als neues Kapitel 4 gekennzeichnet. Es stellt sich heraus, dass der Autor allein mit der Auswertung des Video-Materials die wesentlichen Ermittlungsergebnisse der Polizei und deren Forensiker vorweggenommen hat und seine Kritik hinsichtlich der ersten Aussagen und Presseberichterstattung vollumfänglich richtig war.

2 Inhalt

1	Summary	3
2	Inhalt.....	4
2.1	DigiFor Inside	5
2.2	About Car-Forensics.....	5
2.3	Über diesen Fachartikel.....	6
2.4	Der Autor	6
2.5	Danksagung	6
3	Forensik-Bericht des Unfalls vom 18.03.2018	7
3.1	Behauptungen und Pressemeldungen	7
3.2	Eigene Untersuchungen und Auswertungen	9
3.3	Bewertung des Videomaterials	29
3.4	Zwischen-Fazit	30
3.5	Bewertung der Thesen aus den bisherigen Veröffentlichungen	31
4	Erkenntnisse nach Auswertung des Polizei-Berichts.....	33
4.1	Auswertung der Dash-Cam	33
4.1.1	Typ und Funktionen der installierten Dash-Cam	33
4.1.2	Auswertungsergebnisse der Polizei in Tempe	36
4.2	Forensische Auswertung der Smartphones.....	36
4.3	Untersuchung des EDR des Airbag-Moduls	36
4.4	Untersuchungen am Unfallort.....	38
4.4.1	Befragung der Fahrerin	38
4.4.2	Berechnung der Geschwindigkeit anhand der Unfallspuren	38
4.4.3	Sichtbedingungen und Bremsweg	39
4.5	Positive Ergebnisse der Polizei	40
4.6	Negative bzw. fehlende Ergebnisse der Polizei.....	41
4.7	Vergleich der Erkenntnisse der Polizei und des Autors	41
4.7.1	Geschwindigkeit des Fahrzeugs vor und während des Unfalls	41
4.7.2	Geschwindelt und Laufweg des Opfers	41
4.7.3	Aufmerksamkeit der Fahrerin	41
4.7.4	Sichtbarkeit des Unfallopfers	42
4.7.5	Vermeidbarkeit des Unfalls	42
4.8	Stellungnahme von Uber	42
5	Zusammenfassung	43
5.1	Weiterführende Literatur	44
6	Anhang.....	45
6.1	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	45
6.2	Stichwortverzeichnis	46
6.3	Literatur- und Quellenverzeichnis	47
6.4	Zusatzangebote	48
6.4.1	Weiterführende Informationen und Aktualisierungen	48
6.4.2	Vorträge und Medienberichterstattung	48
6.4.3	Workshops und Schulungen	49

2.1 DigiFor Inside

Was ist DigiFor Inside? DigiFor ist die Kurzform für den Begriff „Digitale Forensik“, einem Spezialgebiet der IT, welches sich mit der Analyse und Aufdeckung von Sicherheitsvorfällen (sogenannten Incidents) und missbräuchlicher Nutzung von Computern im Rahmen von Straftaten und zivilrechtlichen Auseinandersetzungen beschäftigt. DigiFor Inside ist eine Reihe von Fachaufsätzen und Veröffentlichungen, bei denen der Autor Thomas Käfer aus dem IT-Nähkästchen plaudert und Angriffskonzepte und Maßnahmen zu deren Erkennung bzw. Abwehr offen legt.

Weitere Artikel siehe: <https://www.KaeferLive.de>

2.2 About Car-Forensics

Die zunehmende Vernetzung von Fahrzeugen untereinander (Car2Car), mit Smartphones (Car2Phone) und zentralen Infrastrukturen (Car2Infrastructure) sowie optional bzw. zukünftig verpflichtend in Kfz zu implementierende Erweiterungen – wie Unfalldatenschreiber und z.B. das System „eCall“ – sind unter IT-Sicherheitsaspekten und Datenschutzbetrachtungen bisher weitestgehend unerforscht. Die Speicherung und der Austausch von Fahrzeug- und Bewegungsdaten wecken Begehrlichkeiten bei Polizei und Justiz (z.B. im Rahmen von Verkehrsüberwachung und -delikten, Strafverfolgung sowie Unfallrekonstruktion), Versicherungen und Dienstleistern, aber auch bei Kriminellen.

Die Forschungsarbeit Car-Forensics soll einen ersten Überblick liefern, was technisch im Bereich der digitalen forensischen Auswertung der in den Kfz verbauten bzw. extern mit den Fahrzeugen gekoppelten IT-Systemen derzeit bereits möglich und zukünftig denkbar ist. In diesem Kontext wird beleuchtet, welche Rechtsgrundlagen zurzeit vorhanden und anwendbar sind und wo für die nahe Zukunft Regelungsbedarf seitens des Gesetzgebers besteht. Hierzu wurden im theoretischen Teil der Arbeit u.a. die geltenden Normen, Verordnungen und Standards sowohl unter rechtlichen als auch unter technischen Aspekten mit den Anforderungen an Datenschutz und Datensicherheit abgeglichen.

Im praktischen Teil der Forschungsarbeit wurde recherchiert und exemplarisch geprüft, welche Schnittstellen die verschiedenen Systeme besitzen, die forensisch angesprochen bzw. ausgewertet werden können. Hierbei wurde sowohl auf offen kommunizierte Standards und Zugänge zugegriffen als auch z.B. mittels Hacking- und Analyserwerkzeugen mit Hilfe von Reverse-Engineering-Methoden eine Datenauswertung bzw. -manipulation versucht. Mittels Vorgehensweisen der digitalen Forensik und typischer Angreifer wurde an Beispielen geprüft, inwieweit technische und organisatorische Sicherungsmaßnahmen umgangen werden können, um Zugangssicherungen auszuhebeln bzw. welche Daten tatsächlich übertragen und gespeichert werden.

Zielsetzungen der Forschungsarbeit sind somit u.a., Aussagen über den Datenschutz und die Datensicherheit aus Sicht der Verwender (Benutzer) zu treffen, die forensischen Möglichkeiten und Rechte für Sachverständige und Ermittler zu beleuchten und einen Code of Conduct für Car2Car-, Car2Infrastructure- und Car2Person-Kommunikation zu definieren.

2.3 Über diesen Fachartikel

Der vorliegende Fachartikel beschäftigt sich mit der forensischen Auswertung des Unfalls vom 18.03.2018, bei dem ein voll-automatisiert fahrender Volvo des Fahrdienst-anbieters Uber in Tempe, Arizona mit einer Fußgängerin kollidiert ist, die anschließend an ihren Verletzungen verstarb.

Es ist nach Ansicht des Autors bemerkenswert, wie viel man aus den öffentlich zugänglichen Quellen und dem von der Polizei in Tempe veröffentlichten Video mit weiteren Meta-Daten des Fahrzeugs bereits herauslesen und somit bei sorgfältiger und richtiger Interpretation des Materials die bisher weitestgehend oberflächliche bis falsche Berichterstattung in den Medien widerlegen kann. Für eine weitere Ursachenforschung, was innerhalb des Fahrzeugsystems passiert ist, muss man selbstverständlich Zugang zu selbigem und den darin gespeicherten Informationen haben. Dies hatte der Autor (bisher) aus naheliegenden Gründen nicht.

NEU: Mit Vorliegen des Abschlussberichts der Polizei in Tempe wird klar, dass sich die Vermutungen und Thesen des Autos als korrekt erwiesen. Der Fachartikel ist als Ergänzung zu den bisherigen Auflagen des Forschungsberichts Car-Forensics zu sehen und Bestandteil der aktuellen 4. Auflage von April 2018.

2.4 Der Autor

Dipl.-Ing. Thomas Käfer, M.Sc. ist mit seinem IT-Systemhaus seit 1990 selbstständig in der IT tätig. Das Tätigkeitsfeld der Firma Käfer umfasst Consulting-Leistungen im Bereich der IT-Sicherheit incl. Penetration-Testing u.a. im Automotive-Umfeld. Thomas Käfer arbeitet seit 2002 als Sachverständiger für Systeme und Anwendungen der Informationsverarbeitung (seit 2006 öffentlich bestellt), als IT-Consultant, Fachautor und beschäftigt sich vor allem mit Fragen der IT-Sicherheit, dem Datenschutz und dem Gebiet der Digitalen Forensik. Ehrenämter als Handelsrichter am Landgericht Aachen sowie als Mitglied der Vollversammlung der IHK Aachen (Ausschüsse Industrie und Technologie, Außenhandel sowie Berufsbildung) komplettieren seine Tätigkeiten. Er hat 2015 erfolgreich den berufsbegleitenden Masterstudiengang „Digitale Forensik“ an der Hochschule Albstadt-Sigmaringen in Kooperation mit der LMU München und der FAU Erlangen abgeschlossen und in diesem Rahmen eine umfangreiche Forschungsarbeit zum Thema Digitale Kfz-Forensik erstellt. Thomas Käfer beschäftigt sich regelmäßig mit Fragestellungen der IT-Sicherheit und der forensischen Auswertung von modernen Fahrzeugen und IT-Systemen, die mit diesen gekoppelt sind. Er ist Speaker auf Veranstaltungen zum Thema IT-Sicherheit und Datenschutz und hält Schulungen und Workshops für Automobilindustrie, Zulieferer, Behörden und Verbände.



2.5 Danksagung

Besonderer Dank gilt Michaela Käfer für die Korrektur des Fachartikels. Ein großer Dank gilt Dr. Folke Charlotte Nörtemann und Dr. Michael Rietz für den fachlichen Austausch und den einen oder anderen inhaltlichen und technischen Verbesserungsvorschlag.

3 Forensik-Bericht des Unfalls vom 18.03.2018

Am 18.03.2018 verunfallte ein voll-automatisiert fahrendes Fahrzeug der Marke Volvo Typ XC90 SUV bei Testfahrten des Fahrdienstanbieters Uber in Tempe, Arizona (USA). Hierbei wurde eine 49-jährige Fußgängerin beim Überqueren der mehrspurigen Straße vom Fahrzeug erfasst und getötet.

Die Polizei von Tempe hat kurz nach dem Unfall ein Video veröffentlicht, welches die Sicht sowohl nach vorn aus dem Fahrzeug als auch auf die Fahrerin vor und zum Zeitpunkt des Unfalls zeigt. Auf Basis dieses Videos, welches von einer Vielzahl von Nachrichtensendern aufgegriffen und verbreitet wurde, und den ersten Informationen der Polizei wurde eine Reihe von Behauptungen und Vermutungen hinsichtlich des Ablaufs des Unfalls und der Schuldfrage aufgestellt, die sich bei näherer Betrachtung und Auswertung des original Videomaterials als oberflächlich, irreführend und teilweise falsch herausstellen.

Mit Blick auf die Akzeptanz von voll automatisiert oder autonom fahrenden Fahrzeugen ist der erste Unfall eines solchen Fahrzeugs mit Todesfolge für einen unbeteiligten Fußgänger für das gesamte Projekt Vision Zero¹ ein schwerer Rückschlag. Gerade in Bezug auf die vollmundige und nach wie vor gültige Werbeaussage von Volvo aus dem Jahr 2010, dass ab 2020 niemand mehr in einem dann neuen Volvo-Fahrzeug ernsthaft verletzt oder gar getötet wird, zeigt der Unfall, dass man von diesem Ziel offenbar noch weit entfernt ist. Daher gilt es, diesen Vorfall sorgfältig zu analysieren und aufzuklären.

Des Weiteren eignet sich der Fall ungeachtet der menschlichen Tragödie gut, um die Möglichkeiten und Grenzen der Aufklärung eines solchen Unfalls aufzuzeigen und wie auf Basis unvollständiger bzw. falscher Informationen vorschnell vollkommen falsche Schlüsse gezogen werden.

3.1 Behauptungen und Pressemeldungen

Folgende Aussagen wurden offenbar zunächst auf Basis der ersten Aussagen der lokalen Polizei in den USA und dem Videomaterial verbreitet:

1. Die verunfallte Fußgängerin (die ihr Fahrrad schiebend über die Fahrbahn gegangen ist) soll plötzlich aus dem Schatten hervorgetreten sein².
2. Das Fahrzeug soll im voll-automatisierten Modus mit umgerechnet 64 km/h (40 mph) anstatt der am Unfallort erlaubten 56,3 km/h (35 mph) unterwegs gewesen sein³.
3. Das Fahrzeug soll weder nennenswert verzögert noch eine Ausweichbewegung vorgenommen haben⁴.
4. Der/die zur Überwachung an Bord des Fahrzeugs befindliche Fahrer(in) soll nicht eingegriffen haben⁵.

¹ Reduzierung der Verkehrstoten auf Null

² diverse Quellen, beispielhaft (Forbes, n.d.)

³ diverse Quellen, beispielhaft (WDR, 2018)

⁴ diverse Quellen, beispielhaft (Newsweek, 2018)

⁵ diverse Quellen, beispielhaft (Newsweek, 2018)

5. Der Unfall wäre auch von einem menschlichen Fahrer nicht vermeidbar gewesen⁶.
6. Die Polizei von Tempe, Arizona (Sylvia Moir) sagte aus, dass es danach aussehe, dass Uber keine Schuld an dem Unfall trage und eine Anklage gegen den Fahrer nicht ausgeschlossen werde⁷.
7. Das Fahrzeug war mit RADAR-Sensoren, Kameras und einem LIDAR-System ausgestattet.⁸
8. Am 27.03.2018 wurde Uber die Erlaubnis für weitere Testfahrten mit autonom fahrenden Fahrzeugen bis auf weiteres entzogen⁹.
9. Uber hat das Fahrzeug mit eigener Hardware bzw. Software ausgestattet und das serienmäßige Kollisionssystem von Volvo abgeschaltet¹⁰.



Quelle: National Transportation Safety Board

Abbildung 1: Unfallfahrzeug bei der Untersuchung durch Polizei und Spezialisten

⁶ diverse Quellen, beispielhaft (Autobild, 2018)

⁷ diverse Quellen, beispielhaft (Network, 2018)

⁸ diverse Quellen, beispielhaft (Bloomberg, 2018)

⁹ diverse Quellen, beispielhaft (Spiegel, 2018)

¹⁰ diverse Quellen, beispielhaft (Coppola & King, 2018)

3.2 Eigene Untersuchungen und Auswertungen

Erwartungsgemäß hat die teils reißerische und widersprüchliche Berichterstattung der Medien über den Unfall das Interesse des Autors Thomas Käfer geweckt und ihn veranlasst, eigene Auswertungen der öffentlich zugänglichen Quellen vorzunehmen.

Besonders auffällig ist nach einer ersten Sichtung des im Internet frei verfügbaren Videomaterials zu dem Crash, dass gerade das Bild der Frontkamera sehr dunkel ist und die Fußgängerin tatsächlich erst unmittelbar vor dem Zusammenprall aus dem Schatten herauszutreten scheint. Das nährt zunächst die These, dass der Unfall auch für einen menschlichen Fahrer unvermeidbar gewesen wäre:



Abbildung 2: Ausschnitt Dash-Cam-Video (Quelle YouTube - Auflösung 636 x 360 px)

Versuche, das Video durch Nachbearbeitungsfilter aufzuhellen, scheitern aufgrund des qualitativ schlechten Ausgangsmaterials. In allen im Internet zugänglichen Quellen sind die Zusatzinformationen am Bildrand zudem verpixelt.

Der Autor hat daher die Polizei in Tempe, Arizona angeschrieben und um Zusendung des originalen Bildmaterials aus der Pressemitteilung gebeten. Tatsächlich erhielt er einen Tag nach seiner Anfrage eine qualitativ bessere Version mit einer Auflösung von 848 x 480 und 25 fps¹¹, die zudem die Zusatzinformationen im Klartext unverpixelt enthielt (Frontkamera):

Die zu diesem forensischen Bericht zugehörigen Videos in Deutsch und Englisch sind unter www.car-forensics.de abzurufen.

Link: <https://www.kaeferlive.de/index.php/medien-forensik/videos-und-webcasts>

Direkter Link zum Video (Deutsche Version): <https://youtu.be/wTJAHhNrDtM>

¹¹ fps: frames per second – Eine Sekunde Filmmaterial besteht hier aus 25 Einzelbildern.



Abbildung 3: Ausschnitt Dash-Cam-Video (Quelle Polizei Tempe - Auflösung 848 x 480 px)

Im Gegensatz zu dem verkürzten Video auf YouTube beginnt das Video früher (unmittelbar vor dem Unterfahren der Brücke) und es werden daher wichtige Details für die weitere Analyse sichtbar.

Zunächst fällt auf, dass beim Schnitt zwischen der Außen- und Innenansicht und am Ende des Videos kurz das Hintergrundbild des Windows Mediaplayers sichtbar wird:

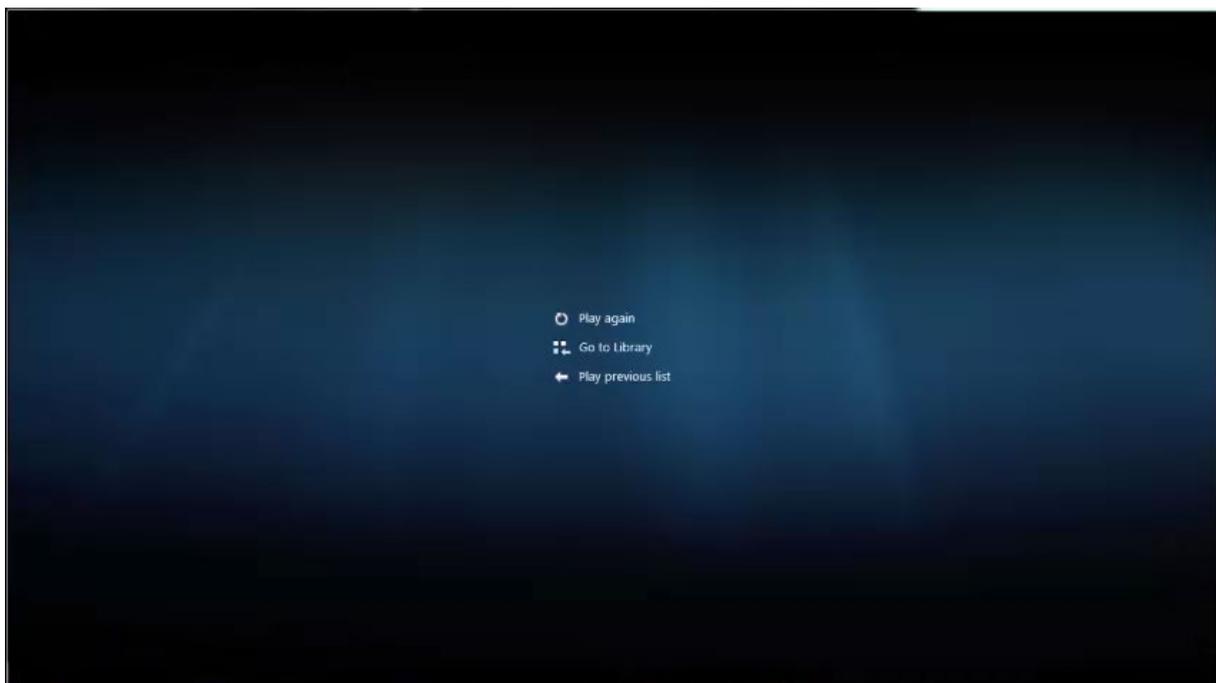


Abbildung 4: Mediaplayer Screen am Ende der Video, die die Polizei verbreitet hat

Vergleicht man dessen Qualität (und Helligkeit) mit der eines Screenshots auf dem Auswertungs-PC des Autors nach Abspielen des Original-Videos, so erkennt man, dass letzteres qualitativ klarer und etwas heller ist. Das führt zu dem Schluss, dass die Polizei nicht das Original-Video aus dem Fahrzeug ausgewertet bzw. verbreitet hat, sondern dieses von einem PC vermutlich mittels Screen-Recorder aufgenommen und geschnitten wurde. Dabei und dem dann nachfolgend erfolgten Export des geschnittenen Videomaterials ist es offenbar zu einem Qualitätsverlust gekommen. Denkbar ist sogar, dass das Original-Video mit einer Video-Kamera oder einem Smartphone abgefilmt wurde. Das wäre dann in Bezug auf die Auswertung ein äußerst fahrlässiges und unprofessionelles Verfahren.

Äußerst fraglich ist also, warum nicht die digitale Ausgangsdatei in der höchstmöglichen Auflösung verwendet wurde. Man könnte unterstellen, dass das Video bewusst auf einem PC abgespielt wurde und hierbei bereits Helligkeits- und Qualitätsreduzierungen absichtlich oder mindestens fahrlässig in Kauf genommen wurden.

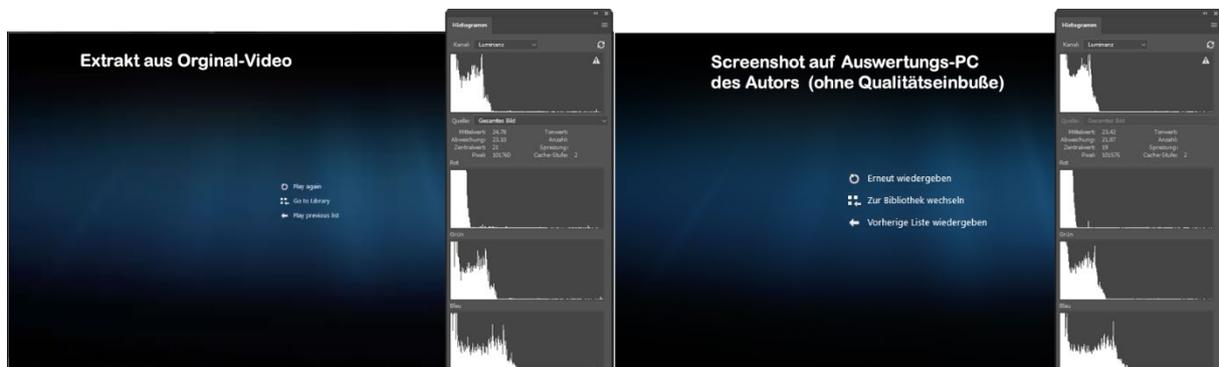


Abbildung 5: Vergleich reduzierte Qualität Polizei-Video zu möglicher Auflösung/Helligkeit

Anhand der Histogramme erkennt man die etwas höhere Dynamik des Screenshots (rechts) mit weniger Rauschen gegenüber dem von der Polizei zur Verfügung gestellten Video (links)¹².

Sollte das Video dennoch tatsächlich die realen Lichtverhältnisse 1:1 abbilden, so würde dies wiederum bedeuten, dass die Sichtweite nur bis zur Grenze des Fahrlichts (hier offenbar Abblendlicht) gereicht hat. Da man nur so schnell fahren darf, dass man das Fahrzeug jederzeit innerhalb der Sichtweite anhalten kann, würde dies bedeuten, dass man bei diesen Lichtverhältnissen hätte deutlich langsamer fahren müssen. Die Sichtweite lässt sich anhand der Mittelstreifen im Video und dem Vergleich mit Google Earth auf rund 25 m vermessen. Das wiederum führt bei konventionellen Annahmen (1 s Reaktionszeit, 6 m/s² Verzögerung auf trockenem Asphalt) zu einer maximal zulässigen Geschwindigkeit von höchstens 45 km/h (entspricht knapp 28 mph¹³).

¹² Anmerkung: Die Auswertung der Bilder wurde mit Photoshop im Einzelbildmodus ohne jegliche weitere Veränderung des Ausgangsmaterials vorgenommen. Die Unterschiede sind in einem gedruckten Bericht nicht so deutlich sichtbar wie am Bildschirm.

¹³ Umrechnung 1 mph = 1,60934 km/h

Geschwindigkeit:	44	km/h
Reaktionszeit:	1	s
Bremsverzögerung:	6	m/s ²
Reaktionsweg:	12.22	m
Bremsweg:	12.45	m
Anhalteweg:	24.67	m
Anhaltezeit:	3.04	s
Hindernisentfernung:	25	m
Aufprallgeschwindigkeit:	0	km/h
Dauer bis zum Aufprall:	-----	s
Äquivalente Fallhöhe:	0	m

Abbildung 6: Berechnung Anhalteweg bei Sichtweite 25m¹⁴

Aus den am Bildrand enthaltenen Metadaten kann man weitere Informationen ablesen und diese zur Auswertung weiterverarbeiten. So zeigt der Zeitstempel, dass der Unfall am 19.03.2018 um 04:58:50 UTC (entspricht 00:58:58 Ortszeit) im Bereich der Geo-Koordinaten LAT 3326.1456 LON 11156.5195 mit einer Geschwindigkeit von 40 mph erfolgte (Wie sich später herausstellte, ist das Datum und die angezeigte Uhrzeit falsch. Der Unfall ereignete sich lt. Polizeibericht am 18.03.2018 um 22:00 Uhr):



Abbildung 7: Bild aus dem Polizeivideo unmittelbar beim Aufprall

Die Werte X, Y und Z geben mutmaßlich die Beschleunigung in der Längs- und Querachse bzw. senkrecht nach unten (Erdbeschleunigung) an und mit dem Wert „sum“ wird daraus eine Vektorsumme (mathematisch Betrag) für die resultierende Beschleunigung ermittelt. Mit 8,25 m/s² ist dieser Wert gegenüber den Normalwerten bei einer Fahrt deutlich erhöht und zeigt auf den Aufprall hin.

¹⁴ Quelle: <http://www.kfz-handwerk.de/bremsweg.php>

Bei der Interpretation der Geo-Koordinaten, die offenbar von einem internen GPS-Empfänger im Fahrzeug stammen, muss man sehr aufpassen, nicht versehentlich das falsche Maßsystem anzuwenden, da hier keine Einheiten-Notation angegeben ist.

Aus den ungefähren Ortsangaben der Presseberichterstattung weiß man, dass der Unfall in Tempe, Arizona in der Nähe des Marquee-Theatres passiert ist.

Interpretiert man die Werte als Grad, Minuten, Sekunden und hierbei die Sekunden als Dezimalwert, so führt das zu $33^{\circ} 26' 14.56''$ N $111^{\circ} 56' 51.95''$ W. Diese Werte liegen rund 500 m abseits des tatsächlichen Unfallorts. Das ist deutlich mehr als der übliche Fehler des GPS-Signals von unter 15 m.

Deutet man die Werte jedoch als Grad und Minuten und hierbei die Minuten als Dezimalwert mit Nachkommastellen, so führt das zu $33^{\circ} 26.1456'$ N $111^{\circ} 56.5195'$ W. Dieser Wert ist plausibel, da er auf dem Fahrweg des Fahrzeugs liegt. Jedoch beträgt der Abstand zum tatsächlichen Unfallpunkt zu diesem Zeitpunkt rd. 108 m (Strecke 2 in Abbildung 8).

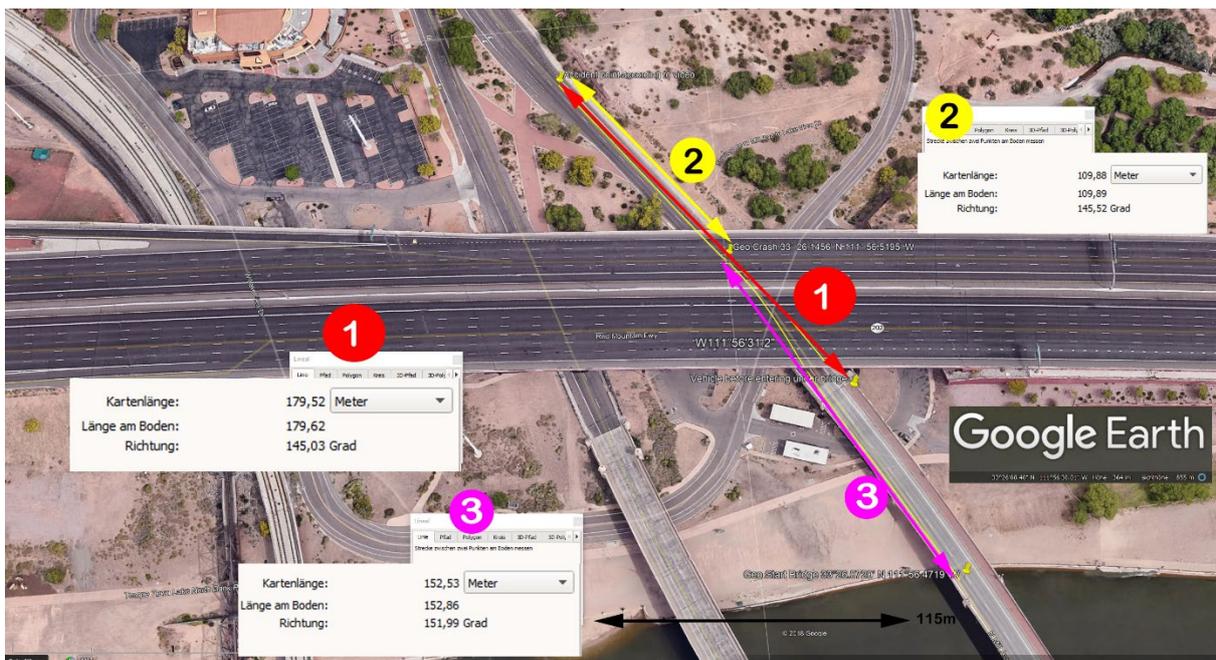


Abbildung 8: Abweichung angeblische Geo-Position zu tatsächlicher Position

Ein weiterer Prüfpunkt wurde zu Beginn des Videos unmittelbar vor dem Unterfahren der Brücke untersucht. Laut Video befindet sich das Fahrzeug zu diesem Zeitpunkt bei $33^{\circ}26.0720'$ N $111^{\circ}56.4719'$ W und tatsächlich rund 76 m vom tatsächlichen Standpunkt entfernt.

Berechnet man nun anhand dieser beiden Geo-Koordinaten-Paare die Geschwindigkeit zwischen dem Zeitpunkt Brücke bis Unfall, so erhält man von den im Video eingeblendeten Speed-Werten deutlich abweichende Durchschnittsgeschwindigkeiten.

Das Pärchen der angegebenen Geo-Koordinaten ergibt gem. mit Google Earth eine Strecke von rd. $s_{Geo} = 152 \text{ m}$ ¹⁵ (Strecke 3 in Abbildung 8). Das Pärchen der gem. Video ermittelten Geopositionen ergibt rund $s_{Video} = 179 \text{ m}$ (Strecke 1 in Abbildung 8). Laut Timecode im Video dauert die Fahrt zwischen diesen beiden Punkte exakt $t = 10 \text{ Sekunden}$. Somit ergeben sich folgende Geschwindigkeiten:

$$v_{Geo} = s_{Geo}/t = 152 \text{ m} / 10 \text{ s} = 15,2 \text{ m/s} = 54,72 \text{ km/h} = 34 \text{ mph}^{16}$$
$$v_{Video} = s_{Video}/t = 179 \text{ m} / 10 \text{ s} = 17,9 \text{ m/s} = 64,44 \text{ km/h} = 40,04 \text{ mph}$$

Die im Video enthaltenen Metadaten sind also mit größter Vorsicht zu behandeln – auch was die daraus mutmaßlich errechnete Geschwindigkeit angeht. Diese bezieht sich offenbar auf den Bereich vor dem Unterfahren der Brücke.

In diesem Bereich gilt bis zur Brücke ein Tempolimit von 35 mph, was den rechnerisch ermittelten Wert v_{Geo} von 34 mph plausibel erscheinen lässt. Die Abweichung bzw. der Versatz um rd. 76 m bzw. 108 m auf dem Fahrstrahl ist durch eine verzögerte Berechnung der Geschwindigkeit auf Basis von um wenige Sekunden veralteten GPS-Daten zurückzuführen. Die Geschwindigkeit per GPS gemessen berechnet sich immer aus zwei zurückliegenden Geo-Positionen und der dafür benötigten Zeit. Bei langsamer Aktualisierung der Werte entspricht die so ermittelte Geschwindigkeit damit immer der vor x Sekunden. Anhand des Videos kann man die Koordinaten des Aufpralls sehr exakt durch Vergleich der Fahrbahnmarkierung mit den Bildern aus Google Earth ermitteln:



Abbildung 9: Kartierung des Unfalls mittels Google Earth

¹⁵ Bei der Ermittlung von Distanzen auf der Erdkugel anhand von Geo-Daten und natürlich bei der Verwendung von Google Earth mit dem Lineal-Werkzeug sollte man immer eine gewisse Ungenauigkeit von einigen wenigen Metern berücksichtigen. Da dieser Fehler jedoch systematisch bei allen Messungen vorhanden ist und die Messungen zeitlich und örtlich nahe beieinanderliegen, kann er hier weitestgehend ignoriert werden.

¹⁶ Umrechnung m/s in km/h: $\times 3,6$; Umrechnung 1 mph = 1,60934 km/h

Misst man im Video die Zeit, die das Fahrzeug kurz vor dem Unfall für das Abfahren der Strecke von 6 Mittelspurmarkierungen benötigt hat, so führt das zu einer höheren Geschwindigkeit:

Strecke gemessen mit Google Earth 71,59 m (Abweichung zugunsten des Fahrzeugs 70 m):

$$v_1 = s_1/t = 71,59 \text{ m} / 3,52 \text{ s} = 20,34 \text{ m/s} = 73,21 \text{ km/h} = 45,49 \text{ mph}$$
$$v_2 = s_2/t = 70 \text{ m} / 3,52 \text{ s} = 19,87 \text{ km/h} = 71,59 \text{ km/h} = 44,48 \text{ mph}$$

D.h., das Fahrzeug hat in den letzten 70 m vor dem Aufprall eine Geschwindigkeit von etwa 45 mph gehabt. Laut Anzeige im Video (Metadaten) beschleunigte das Fahrzeug in diesem Bereich von 34 mph auf ca. 40 mph unmittelbar beim Aufprall und erhöhte die Geschwindigkeit dann noch auf 42 mph nach dem Unfall. Letzteres ist vollkommen unplausibel, da das bedeuten würde, dass das Auto beim Überfahren des Opfers noch mal Gas gegeben hätte. Tatsächlich wird es allein durch den Aufprall abgebremst worden sein.

Durch die Erkenntnisse auf der vorherigen Seite erklärt sich aber auch dieser scheinbare Widerspruch. Die im Video eingeblendeten Geschwindigkeitswerte sind im Gegensatz zu den zeitnah erfassten Beschleunigungswerten X, Y und Z um mehrere Sekunden veraltet und beziehen sich auf den Fahrweg rund 76 m bis 108 m weiter vor dem Unfall. Dass das Fahrzeug dort beschleunigt hat, ist auch plausibel, da ab dem Unterfahren der Brücke das Speed-Limit von 35 mph auf 45 mph angehoben wurde, wie gleich gezeigt wird.



Abbildung 10: Frontkamerabild ca. 120 m vor dem Unfallort



Abbildung 11: Frontkamerabild unmittelbar beim Aufprall



Abbildung 12: Frontkamerabild unmittelbar nach dem Aufprall

Damit kann mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass das Fahrzeug zum Zeitpunkt des Unfalls zwischen 42 und 45 mph schnell war. Nun wurde auch seitens der Polizei zunächst behauptet, dass an dieser Stelle ein Tempolimit von 35 mph besteht. Damit wäre das Fahrzeug automatisiert zu schnell gewesen.

Es gibt drei Gegenbeweise, die alle zeigen, dass an dieser Stelle 45 mph das zulässige Limit ist und damit das Fahrzeug nicht zu schnell unterwegs war:

Zum einen liefert Google Earth in der Streetview-Ansicht ein vollkommen klares Bild der Beschilderung vor der Brücke (also ca. 200 m vor dem Unfallpunkt). Das Bild stammt von Juli 2017 (also deutlich vor dem Unfallzeitpunkt). Aber auch auf dem Unfallvideo ist das 45 mph-Schild gut erkennbar:



Abbildung 13: Google-Streetview Aufnahme des 45 mph-Schildes bei Tag



Abbildung 14: Aufnahme des 45 mph Schildes aus dem Unfallauto

Und auch auf einem weiteren im Internet aufgetauchten Video der Situation bei Nacht (aufgenommen am 21.03.2018 von Brian Kaufman¹⁷ erkennt man die 45 mph-Limitierung¹⁸.

¹⁷ Quelle: <https://www.youtube.com/watch?v=CRW0q8i3u6E>

¹⁸ Anmerkung: Sichtbarkeit im Ausdruck stark eingeschränkt, am Bildschirm besser sichtbar



Abbildung 15: Aufnahme des 45 mph-Schildes aus einem Vergleichsfahrzeug bei Nacht.

Aus demselben Video kann man zudem zu Beginn der Fahrt erkennen, dass mehrere hundert Meter vor der Brückenunterquerung ein 35 mph-Limit besteht:



Abbildung 16: Aufnahme des vorherigen 35 mph-Schildes aus Vergleichsfahrzeug bei Nacht

Da dieses Video auch den Bereich hinter dem Unfall zeigt, wird deutlich, dass nach dem 45 mph-Limit bis zum Unfallpunkt keine neue abweichende Geschwindigkeitsbeschränkung besteht. Damit ist bewiesen, dass am Unfallort eine Limitierung von 45 mph und nicht, wie vielfach fälschlich behauptet, 35 mph bestand.

Das Video von Brian Kaufmann liefert aber noch eine wesentlich wichtigere Erkenntnis. Die optische Situation in der Nacht ist bei weitem nicht so dunkel, wie es das von der Polizei verbreitete Video scheinen lässt:



Abbildung 17: Tatsächliche Lichtsituation am Unfallort bei Nacht ca. 120 m vor dem Unfallort



Abbildung 18: Tatsächliche Lichtsituation am Unfallort bei Nacht ca. 40 m vor dem Unfallort

Durch Auszählen der Mittelmarkierungen und dem Abmessen der Markierungen mittels Google Earth kann man in Verbindung mit der benötigten Zeit für das Abfahren der Strecke auch hier die Durchschnittsgeschwindigkeit des Vergleichsfahrzeugs bestimmen. Diese liegt bei etwa 40 bis 42 mph und somit also in etwa im gleichen Geschwindigkeitsbereich wie das Unfallfahrzeug. Daher kann man die Videos gut nebeneinander legen und die Positionen annähernd exakt (bis auf wenige Meter) bestimmen.



Abbildung 19: Tatsächliche Lichtsituation am Unfallort

Man erkennt deutlich, dass die gesamte Straße sehr gut ausgeleuchtet ist und ein Hindernis, wie z.B. eine querende Person, die ein Fahrrad schiebt, sehr leicht erkennbar wäre. Google Earth liefert in der Streetview-Ansicht auch hier wertvolle Hinweise zur Situation am Unfallort (hier selbstverständlich bei Tag):



Abbildung 20: Unfallort bei Tag (Google Streetview)

Im von der Polizei zur Verfügung gestellten Video sieht es so aus, als ob die Frau mit dem Fahrrad erst ca. 1,5 s vor dem Aufprall sichtbar gewesen wäre (Zeitpunkt im Analysevideo des Autors von Timecode 00:00:12:19 bis 00:00:14:05). Auf dem Video erkennt man, dass sie in dieser Zeit drei Schritte von links nach rechts auf der rechten Fahrspur (Spur 1) macht. Das entspricht in etwa einer Strecke von 2,1 m (0,7 m pro Schritt). Damit bewegt sich das Unfallopfer mit $v = 2,1 \text{ m} / 1,5 \text{ s} = 1,4 \text{ m/s}$. Extrapoliert man diese Geschwindigkeit auf den Zeitraum vor dem Sichtbarwerden in die Richtung nach links (von wo sie mutmaßlich hergekommen ist), so hat sie sich 3 s früher etwa 2,8 m (Spur 2) und 6 s früher etwa 5,6 m (Spur 3) weiter links befunden.

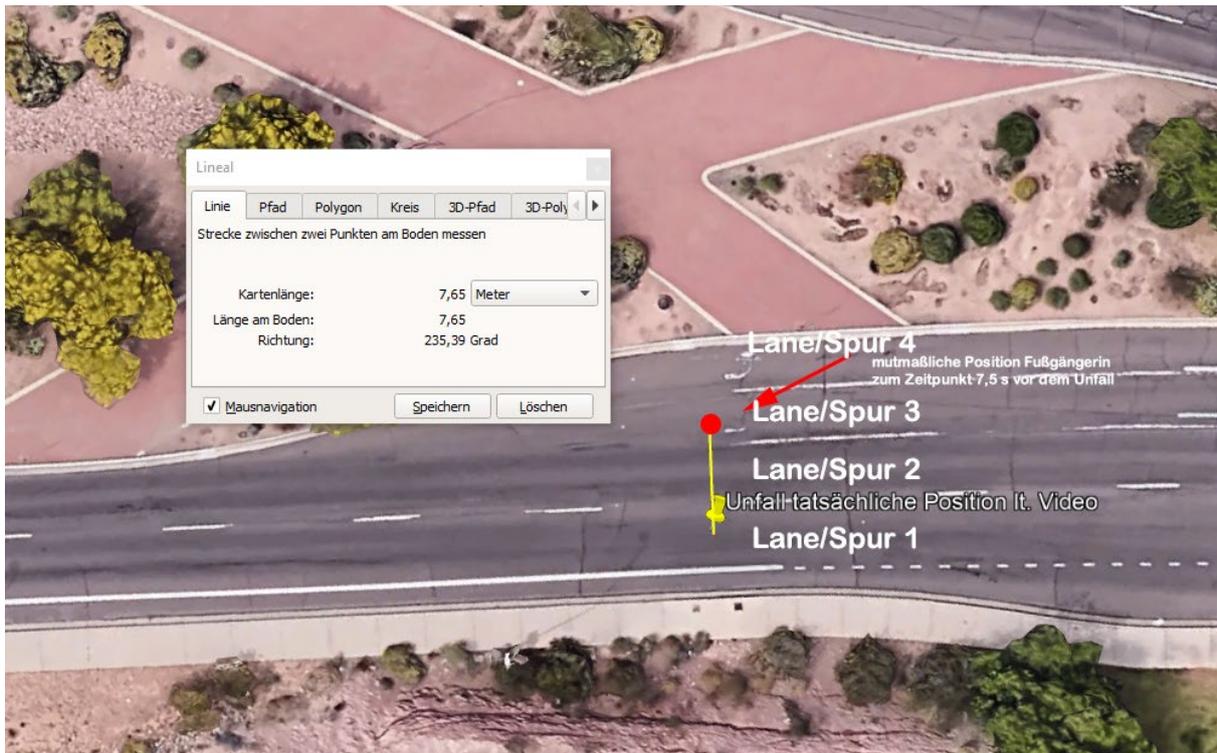


Abbildung 21: Berechnete Bewegung der Fußgängerin über die Fahrspuren hinweg

Die Frau war also mindestens 7,5 s vor dem Aufprall bereits auf der Fahrbahn unterwegs. Das Fahrzeug war zum Zeitpunkt des Unfalls im ungünstigsten Fall 45 mph = 72,42 km/h = 20,12 m/s schnell. Damit hat es sich 7,5 s vor dem Aufprall rund 150 m vom Unfallort entfernt befunden. Dieser Punkt liegt unter der Brücke:



Abbildung 22: Übersicht des Unfallortes via Google Earth

Nun kann man noch den notwendigen Sichtwinkel ermitteln, ab dem das Unfallopfer in den Sichtbereich des Fahrzeugs getreten ist, das auf der rechten Spur 1 unterwegs war. Man stellt fest, dass die Fußgängerin spätestens mehr als 80 m vor dem Aufprallort in einem Sichtwinkel von $< 4^\circ$ (von der Normalen in der Mitte aus gesehen) erkennbar und nicht durch feststehende Hindernisse verdeckt war. Bei einem Sichtwinkel von 6° wäre sie auch dann noch sichtbar gewesen, wenn sie sich zu diesem Zeitpunkt noch auf Spur 4 befunden hätte. Um dann aber den Aufprallpunkt auf Spur 1 zu erreichen, hätten sie über die Straße rennen müssen, was das Video klar wiederlegt. Die Sichtwinkel von 4° bzw. 6° deutlich unter der tatsächlichen Objektivöffnung der Dash-Cam.



Abbildung 23: Ermittlung des Sichtwinkels

Zur weiteren Visualisierung hat der Autor die Videos / Ansichten auf einem Bildschirm zusammengesetzt, synchronisiert und mit einem Timecode versehen.

Aus der zusammengesetzten Animation der Videos erkennt man, dass die Fahrerin des Uber-Fahrzeugs vor dem Unfall genau an dieser Stelle (Timecode 00:00:06:13) letztmalig auf die Fahrbahn geschaut und dann bis kurz vor dem Aufprall nicht mehr hochgeschaut hat.

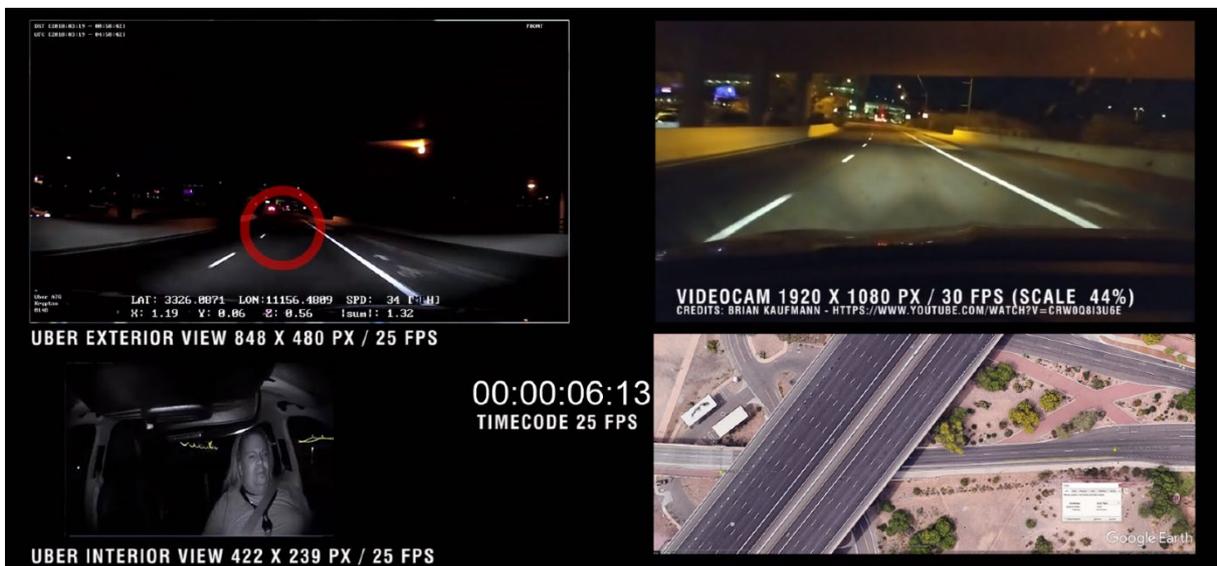


Abbildung 24: Zusammengesetzte und synchronisierte Videodarstellung

Das hellere Vergleichsvideo zeigt, dass zu diesem Zeitpunkt der Bereich der Abbiegespuren links von den Hauptspuren weder für Sensoren wie einem LIDAR noch für einen menschlichen Fahrer einsehbar waren. Die Frau befand sich zu diesem Zeitpunkt also tatsächlich noch im Sichtschatten.

Vier Sekunden später (Timecode 00:00:10:13) und damit noch etwa vier Sekunden vor dem Zusammenprall (Timecode 00:00:14:05) befand sich das Fahrzeug somit noch mindestens 80 m vom Unfallpunkt entfernt.

Der Anhalteweg errechnet sich unter ungünstigen Bedingungen (1 s Reaktionszeit, 6 m/s² für den Mindestwert einer Verzögerung bei trockenem Asphalt) zu 53,84 m. D.h., dass das Fahrzeug, wenn es zu einem Zeitpunkt, zu dem das Unfallopfer definitiv spätestens sichtbar gewesen sein muss, eine Gefahrenbremsung vorgenommen hätte, rund 24 m vor der Frau zum Stehen gekommen wäre. Somit gilt auch, dass eine Reaktion des Fahrzeugs bzw. der menschlichen Fahrerin spätestens 4,35 s vor dem tatsächlichen Aufprall ausgereicht hätte, einen Unfall zu verhindern. Geht man in der Praxis von noch höheren möglichen Verzögerungswerten von 9 m/s² oder darüber hinaus aus, so reduziert sich der Anhalteweg sogar auf 42,6 m.

Geschwindigkeit in km/h	<input type="text" value="72.42"/>	km/h
Reaktionszeit in Sekunden	<input type="text" value="1"/> s	0.67 s Kuratorium für Verkehrssicherheit 0.8 s MA 46, Wien (Verkehrssicherheitsreferat) 1 s Deutscher Verkehrssicherheitsrat
Bremsverzögerung	<input type="text" value="6"/> ² m/s	m/s ² Eigenschaft 6.0 - 9.0 Asphalt, Beton trocken 5.0 - 7.0 Asphalt naß 4.0 - 6.0 alter Beton naß 6.0 - 8.0 neuer Beton naß 4.0 - 8.0 Pflasterstein naß/trocken 4.0 - 6.0 festgefahrener Kies/Sand 3.0 - 6.0 Wiese fester Untergrund 2.0 - 3.0 fester Erdboden naß 2.0 - 3.0 Schneefahrbahn 0.5 - 3.0 Eis (je nach Temperatur)
Hindernisentfernung in Meter	<input type="text" value="80"/> m	? Das Fragezeichen (?) berechnet das Hindernis dort, wo das Fahrzeug zum Stillstand kommt.

Geschwindigkeit:	<input type="text" value="72.42"/>	km/h
Reaktionszeit:	<input type="text" value="1"/>	s
Bremsverzögerung:	<input type="text" value="6"/>	m/s ²
Reaktionsweg:	<input type="text" value="20.12"/>	m
Bremsweg:	<input type="text" value="33.72"/>	m
Anhalteweg:	<input type="text" value="53.84"/>	m
Anhaltezeit:	<input type="text" value="4.35"/>	s
Hindernisentfernung:	<input type="text" value="80"/>	m
Aufprallgeschwindigkeit:	<input type="text" value="0"/>	km/h
Dauer bis zum Aufprall:	<input type="text" value="-----"/>	s
Äquivalente Fallhöhe:	<input type="text" value="0"/>	m

Abbildung 25: Berechnung von Anhalteweg und Bremsweg¹⁹

Tatsächlich hat die menschliche Fahrerin erst gut eine Sekunde vor dem Aufprall wieder auf die Fahrbahn geschaut und damit die gesamte einem menschlichen Fahrer zugebilligte Reaktionszeit von einer Sekunde verbraucht, bis eine Reaktion erfolgen konnte / erfolgt ist.

¹⁹ Quelle: <http://www.kfz-handwerk.de/bremsweg.php>

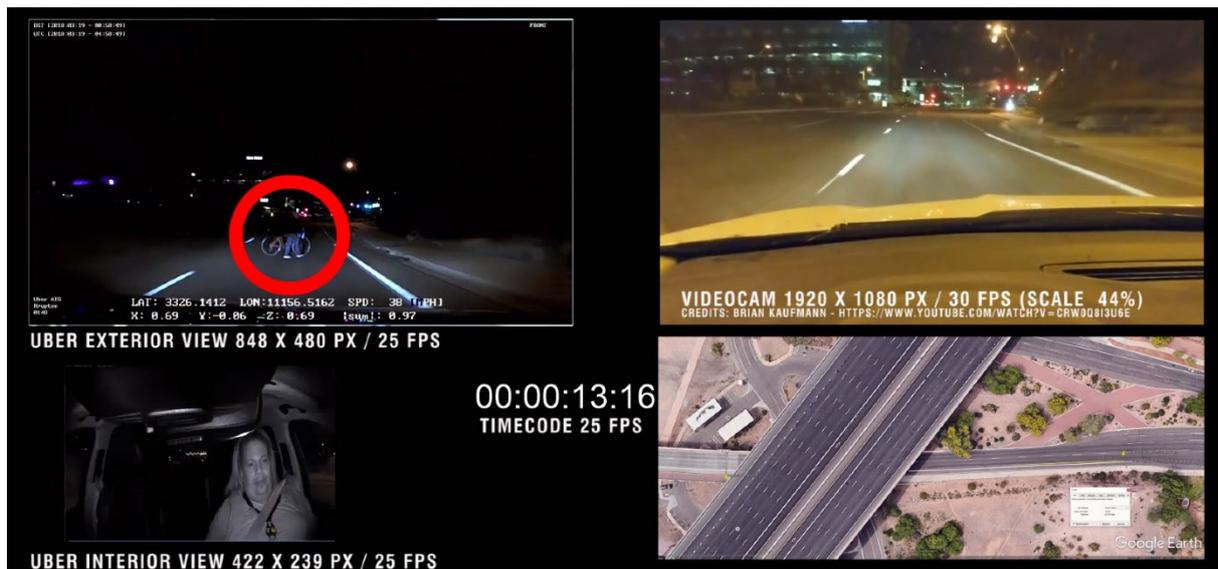


Abbildung 26: Synchronisierte Videodarstellung zum Zeitpunkt kurz vor dem Unfall

Der Aufprall ist etwa 1 Sekunde später mit Timecode 00:00:14:04 dokumentiert.

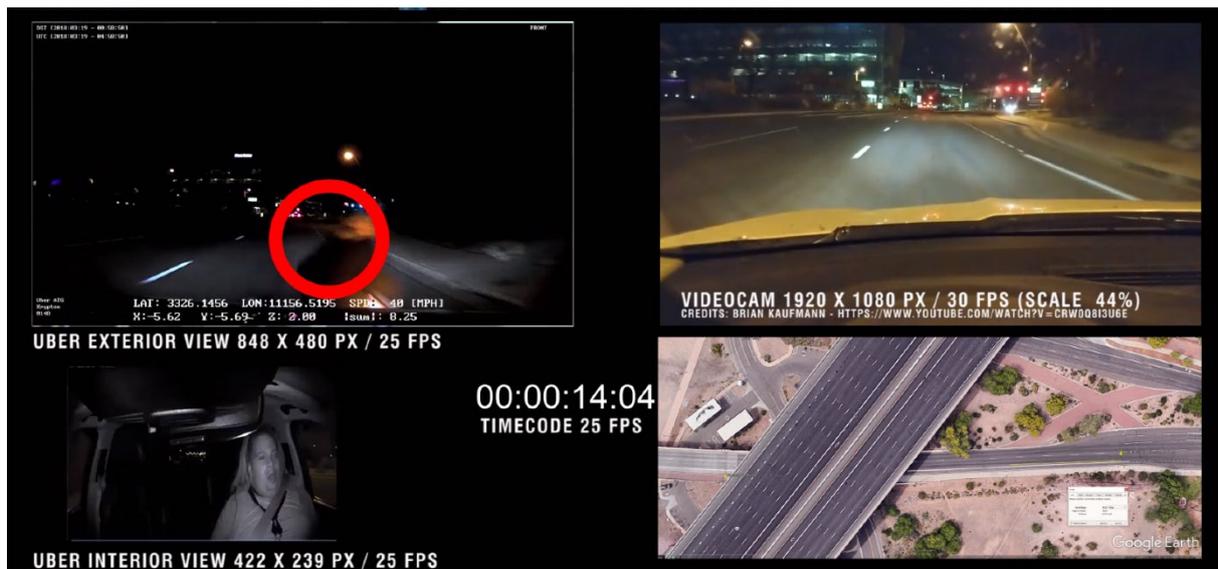


Abbildung 27: Synchronisierte Videodarstellung zum Zeitpunkt des Aufpralls

Allerspätestens bei Timecode 00:00:12:20 und damit 1,4 Sekunden vor dem Aufprall ist das Unfallopfer auch in dem dunklen Video des Uber-Fahrzeugs sichtbar und definitiv im Erfassungsbereich der Sensoren selbst eines heutzutage in modernen Fahrzeugen üblichen Frontkollisionswarners auf Radar- und/oder Kamerabasis.



Abbildung 28: Spätester Zeitpunkt Sichtbarwerden im Polizeivideo

1,4 Sekunden vor dem Aufprall hatte das Fahrzeug noch einen Abstand von mindestens 28 m zum Unfallopfer. Dies hätte für ein Ausweichmanöver entgegen der Laufrichtung der Frau und bei einem gleichzeitigen Bremsvorgang zu einem reinen Bremsweg von rund 33,7 m geführt. Die Restgeschwindigkeit bei einem Aufprall nach 28 m hätte hierbei nur noch knapp 30 km/h anstatt 72 km/h betragen, was zu weniger als einem Viertel der kinetischen Energie beim Aufprall geführt hätte. Möglicherweise hätte das allein verhindert, dass die Fußgängerin tödlich verletzt worden wäre.

Geschwindigkeit:	72.42	km/h
Reaktionszeit:	0	s
Bremsverzögerung:	6	m/s ²
Reaktionsweg:	0	m
Bremsweg:	33.72	m
Anhalteweg:	33.72	m
Anhaltezeit:	3.35	s
Hindernisentfernung:	28	m
Aufprallgeschwindigkeit:	29.83	km/h
Dauer bis zum Aufprall:	1.97	s
Äquivalente Fallhöhe:	3.5	m

Abbildung 29: Berechnung des reinen Bremswegs und der Aufprallgeschwindigkeit

Ein erfolgreicher Ausweichvorgang selbst 1,4 Sekunden vor dem Aufprall hätte den Unfall vollständig verhindert.

Analysiert man nun noch die Beschleunigungswerte, die im Video des Unfallfahrzeugs in der Fußzeile eingeblendet sind, so stellt man folgendes fest:

Zunächst werden die Beschleunigungswerte deutlich zeitnäher und schneller aktualisiert, als die GPS-Geschwindigkeitswerte. Das kann man am Video ablesen, bei dem beim optisch erkennbaren Aufprall die Beschleunigungswerte signifikant nach oben schnellen. Dass die Beschleunigungswerte schneller aktualisiert werden, erklärt sich dadurch, dass Beschleunigungssensoren eine viel geringere Latenz haben und nicht die zurückgelegte Strecke über ein nennenswertes Zeitintervall gemessen werden müssen. Damit nämlich überhaupt zwei räumlich voneinander getrennt liegende Geo-Positionen zur Geschwindigkeitsmessung heran gezogen werden können, muss bei Messung mittels GPS der systemimmanente Fehler durch ein zeitlich und räumlich ausreichend großes Delta kompensiert werden (mehrere Sekunden und mehr als die Systemungenauigkeit von ca. 15 m).

Die Beschleunigungswerte hinken der tatsächlichen Position im Video also deutlich weniger stark hinterher, als die GPS-Speed-Werte.

Während der gesamten Fahrt vor dem Unfall liegt der Wert für die Beschleunigung in X-Richtung im positiven Bereich (meist unter 1.00). Damit wird der X-Wert mutmaßlich die Beschleunigung des Fahrzeugs in Fahrtrichtung repräsentieren. Y wird die Beschleunigung zur Seite und Z nach unten darstellen.



Abbildung 30: Positive Beschleunigungswerte vor dem Unfall

Genau beim Aufprall steigt X auf ein Maximum von -5.62 (Y auf -5,9 und Z auf -2.0). D.h. das Fahrzeug wird deutlich verzögert (negative Beschleunigung) und bekommt einen Drehimpuls nach recht (-Y) und nach unten (-Z):



Abbildung 31: Negative Beschleunigungswerte beim Aufprall

Unmittelbar nach dem Aufprall verändern sich die Werte wieder positiv und erreichen in etwa die Beträge vor dem Unfall:



Abbildung 32: Positive Beschleunigungswerte nach dem Aufprall

Ermittelt man dann noch anhand der Fernsehberichterstattung und einem Vergleich mit Google Earth den Punkt, an dem das Fahrzeug offenbar aufgefunden wurde, kommt man unweigerlich zu dem Schluss, dass das Fahrzeug direkt nach dem Unfall die vorher gewählte Geschwindigkeit wieder aufzunehmen versucht und Gas gegeben hat.



Abbildung 33: Bild der mutmaßlichen Auffindestelle des Fahrzeuges (Quelle: newsy)

Dieser Punkt liegt (abgeschätzt mit Google Earth) mehr als 50 m hinter dem Unfallpunkt. Diese Distanz entspricht in etwa dem Anhalteweg aus 72 km/h = 45 mph (Reaktions- und Bremsweg).

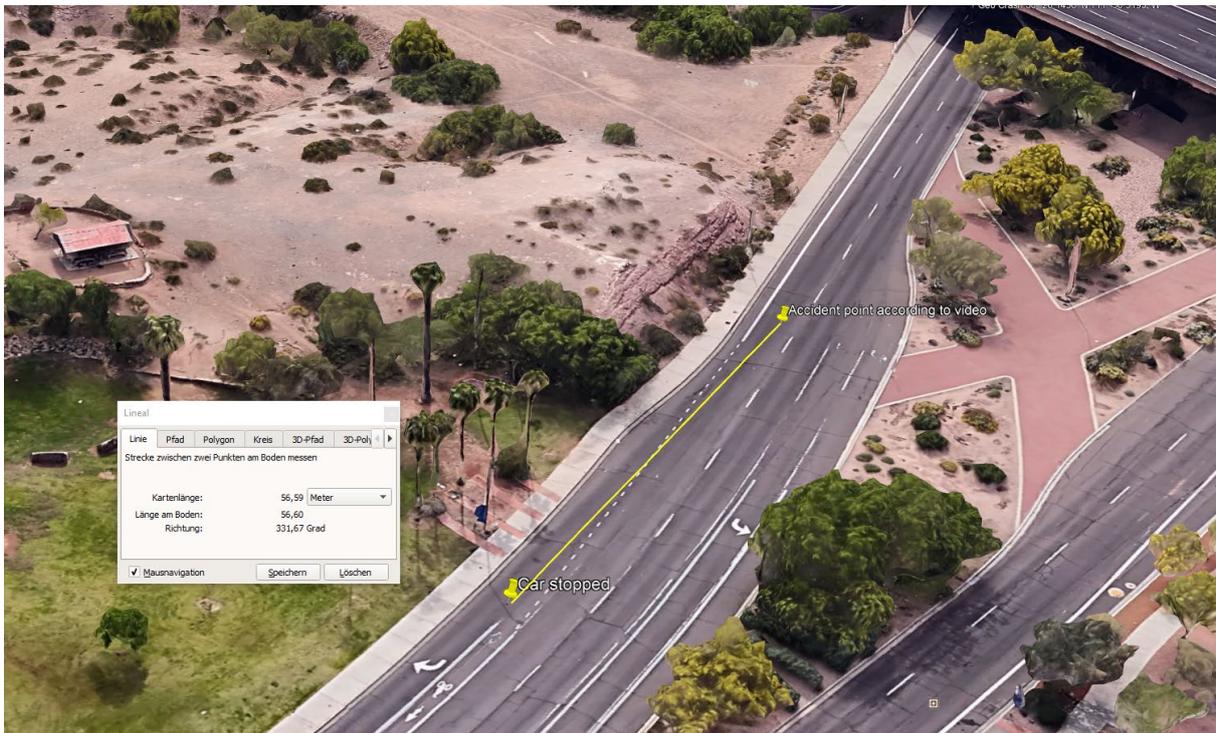


Abbildung 34: Ausmessen der Distanz zwischen Aufprall- und Auffindestelle

Zu vermuten ist, dass die menschliche Fahrerin erst ab dem Moment des Aufpralls wirklich reagiert und dann mit einer Verzögerung von etwa einer Sekunde manuell eine Notbremsung eingeleitet hat.

Das führt wiederum zu einem weiteren Indiz, dass das Fahrzeug das Unfallopfer überhaupt nicht detektiert hat und unbeirrt seinen Weg fortsetzen wollte bzw. hat.

3.3 Bewertung des Videomaterials

Beim Studium des Videomaterials und dem Vergleich des Videos des YouTube-Users Brian Kaufmann stellt man sich unweigerlich die Frage, warum die Aufnahmen aus dem Unfallfahrzeug so dunkel sind und ob das Material bewusst oder unbewusst manipuliert oder einfach schlicht ungeeignete Hardware für Videoaufnahmen in der Nacht benutzt wurde. Man könnte auch zu dem Schluss kommen, dass das Vergleichsvideo von Brian Kaufmann deutlich zu hell aufgenommen wurde (große Blende) und die Lichtverhältnisse für das menschliche Auge tatsächlich so schlecht waren, wie aus dem von der Polizei verbreiteten Video hervorgeht.

Der Autor Thomas Käfer hat daher versucht, in seinem Heimatort eine in etwa vergleichbare ausgeleuchtete Strasse bei Nacht abzufahren und die subjektive Wahrnehmung der Sichtweite und der Lichtverhältnisse mit zwei Kameras synchron aufgenommen²⁰. Das Ergebnis ist in folgender Darstellung visualisiert:

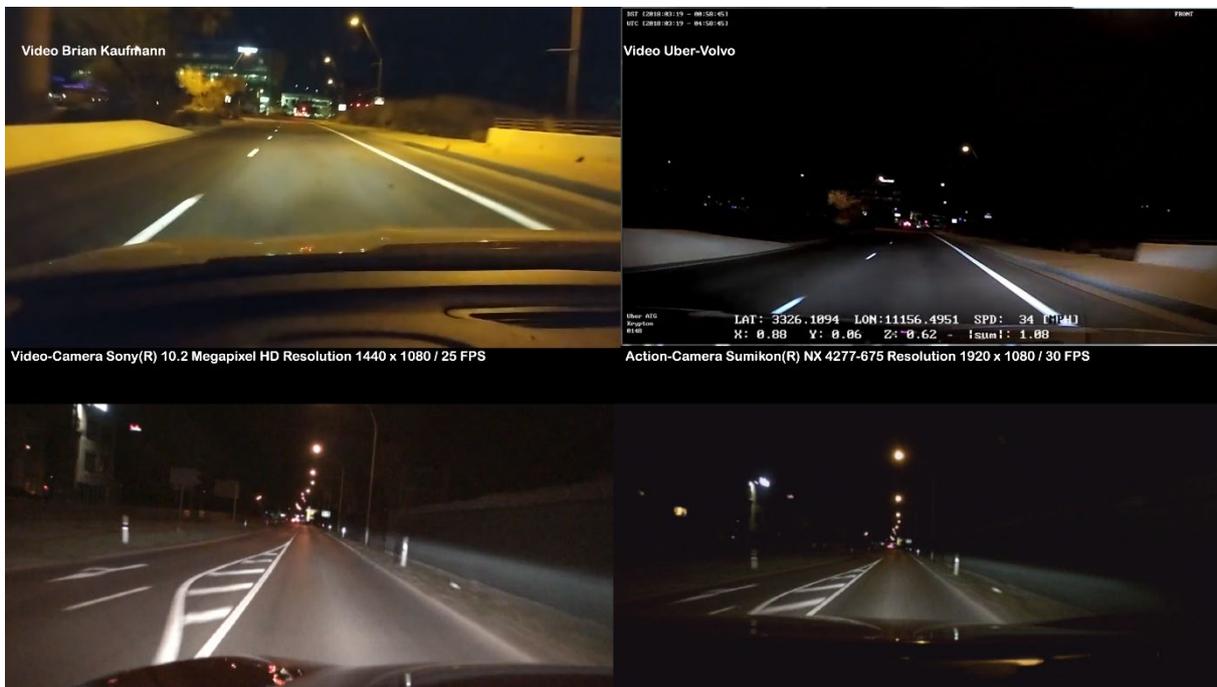


Abbildung 35: Kameravergleich

Links oben sieht man das Video von Brian Kaufmann und rechts daneben, dieselbe Stelle im Video aus dem Unfallfahrzeug. Darunter sieht man eine beleuchtete Landstraße in Würselen (Deutschland), die links mit einer Sony Videokamera und rechts mit einer einfachen ca. 30 € teuren Action-Cam aufgenommen wurde. Man erkennt beim Vergleich der unteren Bilder auch hier den qualitativen Unterschied vor allem in Bezug auf die Helligkeit. Das Bild der einfachen Action-Cam ist dunkler, mit einer geringeren Auflösung und qualitativ schlechter, hat jedoch ein größeres Weitwinkelobjektiv (ähnlich einer Dash-Cam). Tatsächlich kann man aber bei beiden Vergleichskameras deutlich über die Reichweite des Abblendlichtes hinaus bis mindestens 100 m weit nach vorn schauen. In der Realität ist die Sichtweite für den menschlichen Fahrer sogar noch weiter und die Szenerie deutlich heller und kontrastreicher.

²⁰ Verwendetes Fahrzeug: Alfa Romeo Stelvio SUV mit Xenon-Scheinwerfern und Abblendlicht

Das zeigt, dass das Vergleichsvideo von Brian Kaufmann nach Ansicht des Autors nicht unnatürlich oder übertrieben hell ist und der Bereich um den Unfallpunkt ausreichend gut ausgeleuchtet war, um das Unfallopfer früh genug für ein Brems- und/oder Ausweichmanöver zu erkennen. Dies gilt umso mehr für RADAR- und LIDAR-Sensoren, die unabhängig von den Lichtverhältnissen arbeiten und bei Dunkelheit eine noch bessere Sensorik besitzen, als ein menschliches Auge. Das Unfallopfer war also für einen aufmerksamen menschlichen Fahrer genauso rechtzeitig erkennbar, wie von den Sensorsystemen des Fahrzeugs und der Unfall damit definitiv vermeidbar.

3.4 Zwischen-Fazit

Die Berichterstattung wenige Tage nach dem Ereignis ist tatsächlich nicht nur oberflächlich gewesen, sondern kam tatsächlich in vielen Fällen zu den vollkommen falschen Schlüssen. Zu befürchten ist, dass auch die Polizei zu den falschen Schlüssen kommen wird, wenn sie das Material nicht ebenso sorgfältig und aufwändig auswertet wie der Autor. Ihr ist in jedem Fall zu empfehlen, die Auswertung anhand binär-identischer Kopien der originalen Videos aus dem Fahrzeug vorzunehmen bzw. sich diese unter Aufsicht von unabhängigen Fachleuten herausgeben zu lassen. Der Grund für die deutlich zu dunkle Darstellung ist in jedem Fall aufzuklären, da sie entscheidend für die Beurteilung des Unfalles und dessen Vermeidbarkeit ist.

Als gesichert gelten folgende Erkenntnisse:

1. Das Unfallfahrzeug ist unmittelbar vor dem Unfall mindestens 42 mph und maximal 45 mph schnell gewesen und lag damit innerhalb des an dieser Stelle zulässigen Limits von 45 mph.
2. Das von der Polizei veröffentlichte Video ist mindestens einmal verlustbehaftet kopiert worden und insgesamt wesentlich dunkler, als es die Lichtverhältnisse zum Unfallzeitpunkt hergegeben haben. Tatsächlich ist die Unfallstelle mehr als ausreichend gut durch Straßenlaternen ausgeleuchtet und über einen Weg von mindestens 80 m vor dem Unfallort über alle Fahrspuren bis zu den Fahrbahnrändern einsehbar.
3. Dieser Sichtbereich von mindestens 80 m hätte sowohl für ein automatisiert fahrendes Fahrzeug als auch für ein von einem durchschnittlichem Autofahrer gesteuertes Fahrzeug bei der Geschwindigkeit von max. 45 mph vollkommen ausgereicht, um die Fußgängerin auf der Fahrbahn wahrzunehmen und rechtzeitig vor ihr zum Stehen zu kommen oder ihr auszuweichen.
4. Die menschliche Fahrerin des Unfallfahrzeugs, deren Aufgabe es offensichtlich war, die korrekte Funktion des voll-automatisiert fahrenden Fahrzeugs zu überwachen, war vor dem Unfall für mindestens sechs Sekunden abgelenkt und hat möglicherweise auf ein Smartphone oder Tablet geschaut. Das lässt sich bereits aus dem Gesichtsausdruck ablesen. In diesen sechs Sekunden hat das Fahrzeug rund 120 m zurückgelegt, ohne dass eine Kontrolle der Fahraufgabe erfolgt ist.
5. Das Sensorsystem des voll-automatisiert fahrenden Fahrzeugs hat offenbar keinerlei Reaktion auf die den Fahrweg kreuzende Fußgängerin gezeigt und zu keinem Zeitpunkt abgebremst oder rechtzeitig eine Warnung zum Eingreifen für die menschliche Fahrerin ausgegeben.

Da die Fußgängerin sogar ein Fahrrad geschoben hat, ist davon auszugehen, dass sie ein mehr als ausreichendes Signal sowohl für optisch als auch auf LASER-, RADAR- oder Ultraschallbasis arbeitende Systeme abgegeben hat.

6. Es ist keine Verzögerung vor dem Unfall bzw. durch ein Bremsmanöver im Video erkennbar. Die Verzögerungswerte in den Metadaten stammen offenbar vom Aufprall des menschlichen Körpers. Aufgrund der nacheilenden Geschwindigkeitsanzeige im Video ist davon auszugehen, dass der PKW beim Aufprall nicht 40 oder 42 mph, sondern 45 mph schnell war. Offenbar hat das Fahrzeug unmittelbar nach dem Aufprall wieder versucht, die zuvor eingestellte Geschwindigkeit von 45 mph zu erreichen und kam erst über 50 m nach dem Aufprall mutmaßlich durch eine verspätete Notbremsung der menschlichen Fahrerin zum Stehen.

Diese Erkenntnisse wiederum münden in drei Aussagen:

1. Die Bereitstellung bzw. Veröffentlichung des offenbar unnatürlich dunklen Videos der Frontkamera führt zu Fehldeutungen, dass der Unfall auch für einen menschlichen Fahrer unvermeidbar gewesen wäre und das Unfallopfer unvermindert und plötzlich in den Fahrweg getreten ist. Das ist falsch und widerlegt.

2. Die Sensorik bzw. die Steuerung des mutmaßlich voll-automatisierten Fahrzeugs hat komplett versagt oder war gar nicht eingeschaltet. Dann stellt sich die Frage, wer das Fahrzeug überhaupt auf dem Fahrweg gehalten hat. Für eine weitere Ursachenforschung, was genau im Fahrzeug versagt hat, ist eine aufwändige forensische Untersuchung des Fahrzeugs nötig, die der Autor allein auf Basis der Videoaufnahmen und allgemein zugänglichen Quellen nicht leisten kann.

3. Die menschliche Fahrerin hat ihre Kontrollaufgabe nachweislich nicht wahrgenommen und durch ihre Fahrlässigkeit den Ausfall der Sensorik nicht erkannt und somit den drohenden Unfall nicht verhindert.

3.5 Bewertung der Thesen aus den bisherigen Veröffentlichungen

1. Die verunfallte Fußgängerin (die ihr Fahrrad schiebend über die Fahrbahn gegangen ist) soll plötzlich aus dem Schatten hervorgetreten sein.

Diese Aussage ist insofern falsch und widerlegt, da die Fußgängerin bei den tatsächlichen Licht- und Straßenverhältnissen deutlich sichtbar die Fahrbahn überquert hat und bereits mindestens 80 m vor dem Unfallort für Mensch und Maschine erkennbar gewesen sein muss.

2. Das Fahrzeug soll im voll-automatisierten Modus mit umgerechnet 64 km/h (40 mph) anstatt der am Unfallort erlaubten 56,3 km/h (35 mph) unterwegs gewesen sein.

Diese These ist falsch. Am Unfallort waren 45 mph erlaubt und das Fahrzeug fuhr zum Zeitpunkt des Unfalls zwischen mindestens 42 und maximal 45 mph.

3. Das Fahrzeug soll weder nennenswert verzögert noch eine Ausweichbewegung vorgenommen haben.

Das ist korrekt. Es ist keine Verzögerung oder Ausweichbewegung erkennbar. Stattdessen ist anhand der im Video eingeblendeten Beschleunigungswerte sogar noch eine leichte Geschwindigkeitserhöhung unmittelbar nach dem Aufprall feststellbar.

4. Der/die zur Überwachung an Bord des Fahrzeugs befindliche Fahrer(in) soll nicht eingegriffen haben.

Diese These ist korrekt.

5. Der Unfall wäre auch von einem menschlichen Fahrer nicht vermeidbar gewesen.

Diese These ist definitiv falsch. Ein aufmerksamer durchschnittlicher Fahrer hätte den Unfall problemlos durch Bremsen und/oder Ausweichen frühzeitig verhindern können. Das gleiche gilt auch für ein voll-automatisiert fahrendes Fahrzeug, wenn dessen Sensoren und Steuerung richtig funktioniert hätten.

6. Die Polizei von Tempe, Arizona (Sylvia Moir) sagte aus, dass es danach aussehe, dass Uber keine Schuld an dem Unfall trage und eine Anklage gegen den Fahrer nicht ausgeschlossen werde.

Diese These ist nicht haltbar. Zweifellos hat die Fahrerin ihre Kontrollpflicht drastisch verletzt, da sie vor dem Unfall für mindestens 6 Sekunden und rund 120 m Fahrweg nicht auf die Fahrbahn geschaut hat. Faktisch hätte aber das Fahrzeug die Fußgängerin erkennen und darauf reagieren müssen. Da dies offenbar nicht passierte, ist nun zu klären, wer diesen Fehler zu verantworten hat (Uber, Volvo, Zulieferer).

7. Das Fahrzeug war mit RADAR-Sensoren, Kameras und einem LIDAR-System ausgestattet.

Die Aussage wird korrekt sein, lässt sich aber vom Autor nicht objektiv überprüfen.

8. Am 27.03.2018 wurde Uber die Erlaubnis für weitere Testfahrten mit autonom fahrenden Fahrzeugen bis auf weiteres entzogen.

Die Aussage wird korrekt sein, lässt sich aber vom Autor nicht objektiv überprüfen.

9. Uber hat das Fahrzeug mit eigener Hardware bzw. Software ausgestattet und das serienmäßige Kollisionssystem von Volvo abgeschaltet.

Die Überprüfung dieser These wird elementar für die weitere Ursachenforschung und Schuldermittlung sein.

4 Erkenntnisse nach Auswertung des Polizei-Berichts

Neues Kapitel: Am 22.06.2018 erhielt der Autor einen 318 starken Abschlussbericht, der weitestgehend ungeschwärzt die Ermittlungsergebnisse der Polizei und der beauftragten Forensiker im Detail wiedergibt. Des Weiteren waren Aufnahmen der Bodycams der am Unfallort tätigen Polizeibeamten, die Notrufe und einige weitere Fotos vom Unfallort und des Unfallfahrzeugs beigelegt. Dieses Material wurde vom Autor ausgewertet und mit den eigenen Erkenntnissen abgeglichen.

Hierbei stellte sich zunächst heraus, dass sowohl das in der Dash-Cam angegebene Datum 19.03.2018 als auch die Uhrzeit offenbar falsch waren. Laut Polizeibericht ereignete sich der Unfall am 18.03.2018 gegen 22.00 Uhr Ortszeit. Dieser Fehler wurde am 06.08.2018 bereits im Originalbericht des Autors korrigiert.

4.1 Auswertung der Dash-Cam

4.1.1 Typ und Funktionen der installierten Dash-Cam

Laut Polizeibericht war im Unfallfahrzeug eine kommerzielle Dash-Cam Janus V3 installiert. Diese verfügt über eine Kamera, die nach vorne und eine, die nach hinten in den Innenraum gerichtet ist, sowie GPS und Beschleunigungssensoren. Offenbar war noch eine weitere Rückfahrkamera extern angeschlossen, deren Bilder aber nicht veröffentlicht wurden und nach Aussage der Beamten offenbar auch keine verwertbaren Informationen zeigten.



Abbildung 36: Originalbild Polizei Tempe - Visualisierung Thomas Käfer

Die Spezifikationen können dem Datenblatt des Herstellers entnommen werden.



SPECIFICATIONS

JANUS V3

Features

- ▶ *Optimal Audio and Day/Night time recording*
- ▶ *Tamper Proof: Lens and all wires secured with security bracket*
- ▶ *Supports up to 128GB Memory Storage*
- ▶ *Google Maps GPS*
- ▶ *Adjustable Camera Angles*
- ▶ *Optional Third Lens*



Category	Descriptions	Remarks	
CPU	Coretex-A8 (300MHz) Processor	Linux ARM	
Camera	1st-Front 1.3 MEGA Pixels HD CMOS Sensor	1280 x 720p (HD)	
	2nd-In-Cabin 1.3 MEGA Pixels HD CMOS Sensor	1280 x 720p (HD)	
	3rd-Rear Camera NTSC Analog D1 Composite	(D1 720 x 480p), Optional	
Camera Angle	114.39(H), 61.98(V), 134.4(D)		
DDR1 RAM	256 MB	Samsung	
Nand Flash Memory	128 MB	Samsung	
G-Force Sensor	3-Axial Acceleration Sensor	up to 18G	
Speaker / MIC	Mono Speaker / Internal MIC		
Super Capacitor	DC 5V / over 5F	-49°C to +85°C Industrial Level	
GPS Module Ant.	GNSS / External GPS Antenna Support		
Removable Storage	microSDHC(MLC) x 2 slots	64GB support / Total 128GB use	
Video Output	NTSC/PAL	Ear phone jack to RCA	
External Interface	GPS Signal	2.50 4PIN ear phone jack	
	USB	USB Type-A	USB2.0 support
	Rear Camera	2.50 4PIN ear phone jack	Vehicle back gear signal support
	Micro USB	Micro-USB Type B	USB2.0 support
	DC Input	3.50 DC input jack	
	AV-Out	2.50 4PIN ear phone jack	Y type cable use for foot slw
Video Encode	Format	mp4 / H.264	
	Mode	2 Channel use	3 Channel use
	Front	4Mbps / @30fps	4Mbps / @30fps
	In-Cabin	2Mbps / @30fps	2Mbps / Max. @15fps
Rear	-	512kps / Max. @15fps	

Category	Descriptions	Remarks
Audio Encode	PCM	Monaural, 22.05KHz, 16bits
Recording	All time Recording	One file / min(60s±1s)
	Button_Event Recording	Before 15 sec.±0.25s after 15 sec.±0.25s (total 30 sec.)
	Paric_Event Recording	
	G-sensor_Event Recording	
Devices in DR	Battery for RTC Backup	3V/over 600mAh primary battery -40°C to +125°C Military spec.
	Push button for manual event recording	IR LEDs are turned on and off automatically depends on surrounding illuminance
Operating Power Voltage	DC 8V - 32V	DC 12V / DC 24V support
	Operating Temperature	-20°C to +85°C
Storage Temperature	-30°C to +95°C	
Dimension (mm)	109(W) x 82(H) x 19(D)	Main body except projection of camera
	121.9(W) x 104.2(H) x 46.1(D)	Main body including GPS cradle and cover case except projection of camera
Weight	Main device: 136g / GPS Cradle : 42g	Assembled all the part: 190g
Warranty Period	1 year after purchase	
Market Defect Rate	Under 0.25%	
UL Standard	UL94-V0	
Certificate	RoHS, CE, FCC	
Product Origin	South Korea	

Janus Cam | 31 Airport Blvd., Suite G2 | South San Francisco, CA 94080 Tel: 650-871-8696 | Fax: 650-871-5914
 www.januscam.com | Email Address: info@januscam.com

Abbildung 37: Datenblatt Janus V3 Dash-Cam

Demnach verfügen beide eingebauten Kameras über eine Auflösung von 1,3 Megapixel bei 1200x720p bei 4 Mbps/@30 fps für die externe und 2 Mbps/@30 fps für die interne Kamera. Des Weiteren sind IR-Dioden verbaut, die sich je nach Lichtbedingungen bei der Innenkamera hinzuschalten.

Die Dash-Cam zeichnet nicht nur Unfalldaten sondern kontinuierlich alle Fahrbewegungen incl. Geopositionen, Beschleunigungen und Geschwindigkeit für eine spätere Auswertung auf und ist u.a. für den kommerziellen Einsatz in Fahrzeugflotten gedacht. Die gesammelten Bewegungsdaten (Videos, Audio, Geopositionen etc.) werden in einem Dateiformat „KDS“ auf einer Speicherkarte abgelegt und können mit einem Viewer-Programm des Herstellers angezeigt, ausgewertet und exportiert werden. Durch Integration der Sensorwerte für Geschwindigkeit und Beschleunigung in die Videodarstellung kann ein Event im Detail nachvollzogen werden.



Abbildung 38: Auszug aus einem Beispielvideo des Herstellers
(Auflösung des Gesamtbildschirms 1200x720p im Video)

Ein ebenfalls von der Herstellerseite heruntergeladenes Video zeigt die Nachtansicht, leider in noch geringerer Auflösung als die Tagesansicht als Demo:

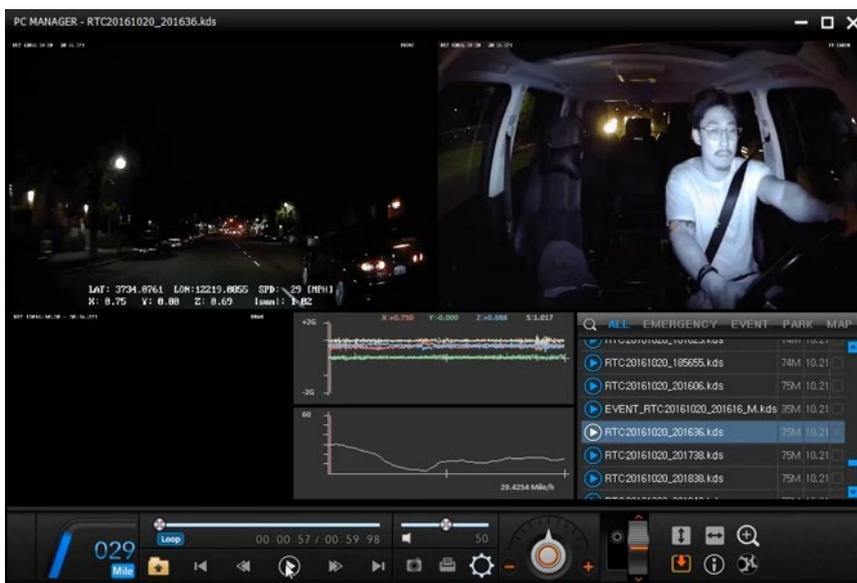


Abbildung 39: Auszug aus einem Beispielvideo des Herstellers
(Auflösung des Gesamtbildschirms ca. 668 x 454 px im Video)

Der Autor hat eine originale KDS-Datei incl. der Viewer-Software beim Hersteller angefordert, um sich ein eigenes Bild über die Videoqualität beim Export der einzelnen Videos machen zu können. Eine Antwort steht bisher aus.

4.1.2 Auswertungsergebnisse der Polizei in Tempe

Die Forensiker der Polizei in Tempe haben die SC-Card der im Fahrzeug verbauten Janus V3 Dash-Cam sichergestellt und ausgewertet. Hierbei haben sie die Viewer-Software des Herstellers benutzt (PCManagerInstall-1.6.2.27.exe). Sie ermittelten, dass auf der SC-Card praktisch die gesamten Fahrbewegungen des Fahrzeugs der Nacht aufgezeichnet waren und sich die Fahrerin eindeutig identifizieren ließ.

Sie stellten fest, dass die drei Videos (Front, In-Cabin, Rear) nicht 100% sauber synchronisiert zueinander und dass die eingeblendeten Geschwindigkeitsdaten offenbar nicht vertrauenswürdig waren, da diese weder offensichtlich plausibel waren noch zu den ebenfalls ausgewerteten Daten des Event-Data-Recorders des Airbag-Moduls passten (EDR, siehe weiteres Kapitel im Folgenden).

Den Beamten fiel des Weiteren auf, dass die Fahrerin auffallend oft auf etwas im Bereich unterhalb des Armaturenbrett schaute, teilweise mit einem Lächeln reagierte und werteten die Häufigkeit, wie oft der Blick von der Fahrbahn auf diesen Bereich gesenkt und wie oft und wie lange sie auf die Fahrbahn oder das Armaturenbrett geschaut hat, statistisch aus.

Sie kamen zum Ergebnis, dass die Fahrerin für 31% der rund 21 Minuten und 48 Sekunden dauernden Fahrt vor der Kollision und vor allem mindestens 5,2 Sekunden der 5,7 Sekunden vor dem Zusammenprall nicht auf die Straße geschaut hat. Die Ermittler vermuten, dass die Fahrerin eines der beiden sichergestellten Smartphones während der Fahrt benutzt und sich dieses in ihrer Hand unterhalb des Armaturenbretts befunden hat.

4.2 Forensische Auswertung der Smartphones

Die Polizeibeamten stellten vor Ort zwei Smartphones bei der Fahrerin sicher und werteten diese im Nachgang forensisch aus. Hierbei stellten sie fest, dass es auf einem Smartphone Hinweise für die Nutzung der Streaming-Dienste YouTube, Netflix und Hulu gab. Daraufhin extrahierten sie die Nutzungshistorie und glichen diese mit den bei den Providern zum Benutzer-Account der Fahrerin gespeicherten Zugriffen ab.

Letztlich stellte sich heraus, dass die Fahrerin mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit unmittelbar vor dem Unfall eine Folge der Talentshow „The Voice“ auf Hulu angeschaut hat.

4.3 Untersuchung des EDR des Airbag-Moduls

Im Unfallfahrzeug war im Airbag Modul ein Unfalldatenschreiber des Zulieferers Bosch verbaut, der sich forensisch auslesen ließ.

Hiernach fuhr das Fahrzeug 5 Sekunden vor dem Zusammenstoß 44,1 mph (also knapp unterhalb des dort erlaubten Limits). Man erkennt, dass die Geschwindigkeit etwa 3,5 Sekunden vor dem Impact leicht zu sinken beginnt, um 0,5 Sekunden vor dem Aufprall immer noch 37,3 mph aufzuweisen.

2 Sekunden vor dem Aufprall gab es einen 1% Lenkeinschlag nach links, 1 Sekunde vorher einen Wert von 2% nach links und 0,5 Sekunden vor dem Aufprall einen Input von 4% Lenkwinkel nach rechts. Zum Zeitpunkt des Aufpralls gab es dann wieder einen Lenkimpuls von 2% nach links. Erst unmittelbar zum Zeitpunkt des Aufpralls wurde der Aufzeichnung des EDRs zufolge die Bremse betätigt.



TEMPE POLICE DEPARTMENT

General Offense Report

GO# TE 2018-32694
Operational Status: ADMINISTRATIVE

18-32694




Ignition Cycle, Crash	1-250
Safety Belt Status, Driver	On, Belted
Safety Belt Status, Passenger	Off, Unbelted
Frontal Airbag Warning Lamp	Off
Frontal Airbag Suppression Switch, Status, Front Passenger	Not Equipped
Seat Track Position Switch, Foremost, Status, Driver	No
Seat Track Position Switch, Foremost, Status, Front Passenger	No
Occupant Side Right, Front Passenger, Child	No

Time (sec)	Speed, Vehicle Indicated (MPH (km/h))	Accelerator Pedal, % Full (%)	Service Brake (On, Off)	Steering Input (%)	ABS Activity	Stability Control Status
-5.0	44.1 (71.6)	0.0	Off	0.0	Off	On
-4.5	44.1 (71.6)	0.0	Off	0.0	Off	On
-4.0	44.1 (71.6)	0.0	Off	0.0	Off	On
-3.5	43.6 (70.0)	0.0	Off	0.0	Off	On
-3.0	43.5 (70.0)	0.0	Off	0.0	Off	On
-2.5	42.9 (69.9)	0.0	Off	0.5	Off	On
-2.0	41.6 (67.0)	0.0	Off	-1.0	Off	On
-1.5	40.4 (65.0)	0.0	Off	-1.0	Off	On
-1.0	37.9 (61.0)	0.0	Off	-2.0	Off	On
-0.5	37.3 (60.0)	0.0	Off	4.0	Off	On
0.0	35.6 (56.8)	0.0	On	-2.0	Off	On

VV4B02PLSH1149667
Page 1 of 15
Printed on: Tuesday, March 20 2018 at 12:21:30

Abbildung 40: Auszug aus EDR-Auswertung (Quelle Polizei, Tempe)

Anmerkung des Autors: Auch wenn ein Report eines validierten EDRs grundsätzlich eine verlässliche Datenquelle darstellt, stehen die Daten in gewissem Widerspruch zu dem, was man aus dem Video ablesen kann. Dort ist weder eine nennenswerte Seitwärtsbewegung noch die Verringerung der Geschwindigkeit ablesbar. Zu einer weiteren Bewertung müsste ein längerer Videoausschnitt bis zum vollständigen Stillstand des Fahrzeugs bereitgestellt werden.

4.4 Untersuchungen am Unfallort

4.4.1 Befragung der Fahrerin

Der Auswertung der Bodycams bei der Befragung der Fahrerin und den Berichten der den Unfall aufnehmenden Polizeibeamten kann man entnehmen, dass die Fahrerin grundsätzlich körperlich in der Lage war, das Fahrzeug zu steuern bzw. zu beaufsichtigen.

Sie befand sich nach eigener Aussage auf der dritten Runde einer Testfahrt für Uber und hatte beim Systemstart keine Auffälligkeiten am Fahrzeug bzw. Computer für die automatische Fahrfunktion festgestellt.

Die Fahrerin gab an, dass das Unfallopfer „aus dem Nichts“ vor ihr aufgetaucht wäre und sie konnte auch nicht angeben, woher die Person gekommen war. Unmittelbar beim oder nach dem Aufprall hätte sie manuell gebremst und wäre daraufhin zum Stehen gekommen. Dann hat sie die Notrufnummer gewählt, jedoch keine weitere Notfallmaßnahme am Unfallort eingeleitet.

Bei näherer Befragung, wo ihre Hände zum Zeitpunkt gewesen wären, gab sie an, dass diese „über das Lenkrad gehovert“ wären. Wie sich später bei Inaugenscheinnahme der Arbeitsanweisungen von Uber für Testfahrten herausstellte, wird dort die Anweisung gegeben, dass der Fahrer die Fahraufgabe des automatisch fahrenden Fahrzeugs durch ständiges „Hovern“ mit den Händen über das Lenkrad und mit den Füßen über die Pedale „begleiten“ soll, um im Fehlerfall schnell eingreifen zu können.

4.4.2 Berechnung der Geschwindigkeit anhand der Unfallspuren

Die Polizei kommt nach Auswertung rein der physikalischen Spuren zu dem Ergebnis, dass der Aufprall zwischen Fahrzeug und Fußgängerin/Fahrrad mit einer Geschwindigkeit von 39 mph erfolgte.

Dieser Wert liegt etwas unter dem Wert, der sich auf Basis der Auswertung des Videomaterials und der Aufzeichnungen der Dash-Cam-Sensoren sowie des EDR's ergeben. Sie sind aber von der Größenordnung vollkommen plausibel und mit einer höheren Ungenauigkeit zu bewerten, da die Berechnung rein auf der Auswertung von Effekten (Auffindestellen, Spurenlage) basiert und nicht zum Zeitpunkt des Events explizit gemessen wurde.

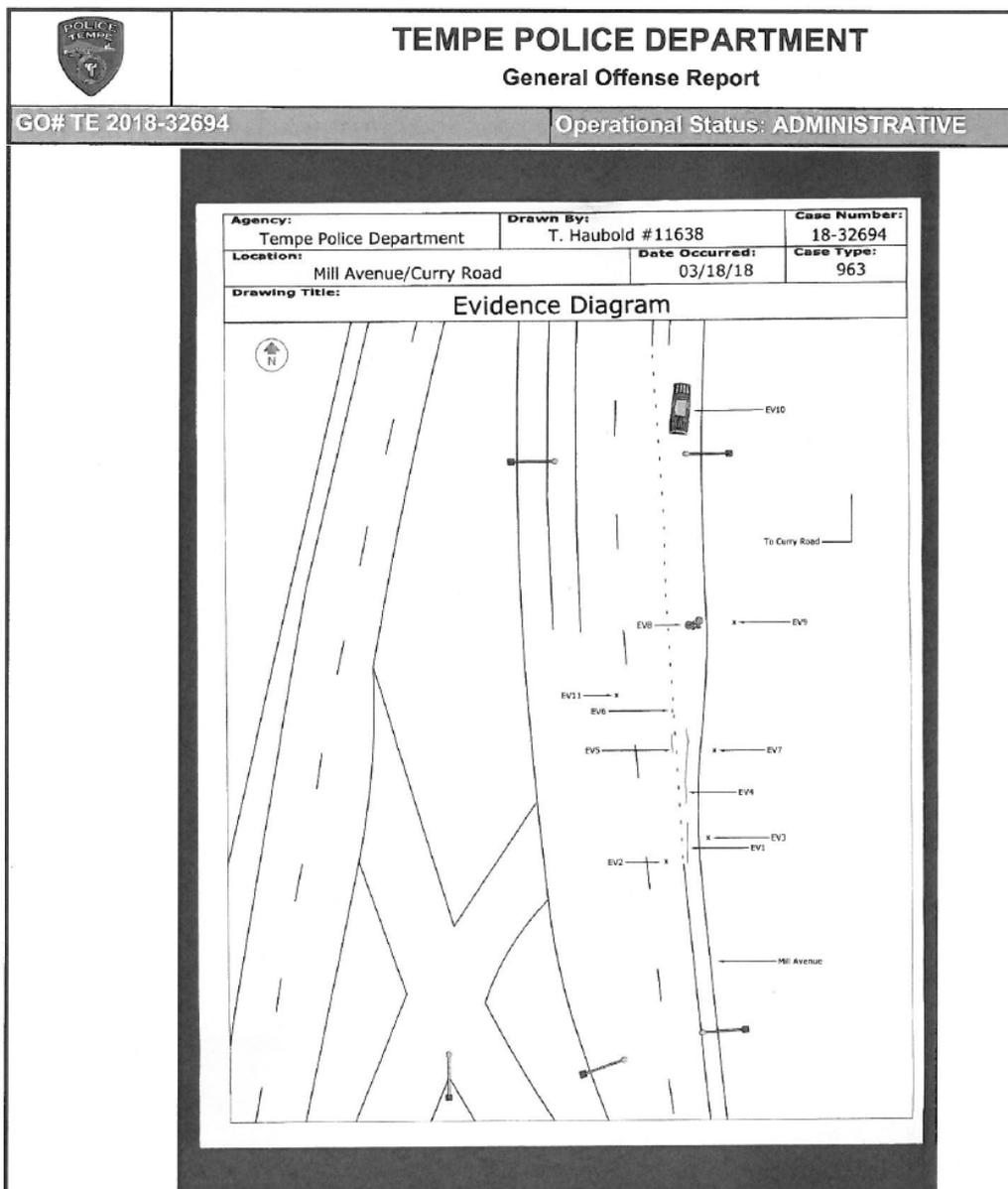


Abbildung 41: Skizze des Unfallortes (Quelle: Polizei, Tempe)

4.4.3 Sichtbedingungen und Bremsweg

Die Polizei hat am 22.03.2018 wenige Tage nach dem Unfall die Unfallszene vor Ort nachgestellt und hierbei sowohl die Sichtweite als auch den Fahrbahnzustand hinsichtlich möglicher Bremsverzögerung untersucht.

In Bezug auf die Sichtbedingungen und damit die Frage, ob und wann die Fußgängerin für Mensch und Fahrzeug erkennbar war, stellten die Ermittler fest, dass die generelle Sichtweite 637.3 ft (= 194,25 m) beträgt. Unter Abzug typischer Faktoren und Berücksichtigung der konkreten Situation jeweils zu Ungunsten einer früheren Detektierung kamen die Ermittler dann zu dem Ergebnis, dass das Opfer mindestens 143,4 ft (43,68 m) vor dem Aufprall zu sehen gewesen sein muss. Das Fahrzeug hat zu diesem Zeitpunkt laut EDR des Airbag-Moduls eine Geschwindigkeit von 43,5 mph gehabt.

Auf Basis des vor Ort durchschnittlich gemessenen Verzögerungswertes von 0,92 g und einer Reaktionszeit von 1,25 Sekunden kam man zu dem Ergebnis, dass das Fahrzeug bei einer so ausgelösten Vollbremsung am Punkt des theoretischen Aufpralls eine Restgeschwindigkeit von 12 mph gehabt hätte.

Da sich die Fußgängerin jedoch von links nach rechts mit 3.18 mph (= 5,12 km/h) gehend während des Vorgangs bewegt hat und das Fahrzeug durch den hypothetisch eingeleiteten Bremsvorgang erst 0,57 s später am gedachten Impact-Punkt angekommen wäre, wäre die Fußgängerin zu diesem Zeitpunkt schon außerhalb der Fahrlinie gewesen und nicht getroffen worden.

4.5 Positive Ergebnisse der Polizei

Die Polizei kommt in ihrem Abschlussbericht zu folgenden Ergebnissen:

Der Unfall war definitiv vermeidbar.

1. Das Unfallopfer hat die Straße an einer nicht dafür zugelassenen Stelle überquert und nicht den markierten Überweg benutzt.
2. Die Fahrerin des Unfallfahrzeugs war unaufmerksam, während sie das Fahrzeug geführt hat (im rechtlichen Sinn Fahrzeugführerin).
3. Die Fahrerin war für 31% der 21 Minuten und 48 Sekunden dauernden Fahrt vor dem Unfall abgelenkt und hat nach unten geschaut.
4. Die Fahrerin war 5,2 der 5,7 Sekunden vor dem Unfall abgelenkt und hat nach unten geschaut.
5. Der Fehler lag bei der Fahrerin darin, dass sie die Kontrolle hätte übernehmen müssen, um den Unfall zu verhindern.
6. Die Fahrerin ignorierte die zugewiesenen Jobfunktionen, um in einer gefährlichen Situation einzugreifen.

Der Fall wurde an das zuständige Gericht zur Anklage gegen die Fahrerin weitergeleitet.

Based on this investigation, the following factors lead to the crash that resulted in the death of Elaine Herzberg:

1. Herzberg unlawfully crossing the road at a location other than a marked crosswalk.
2. Vasquez's inattention to the roadway conditions while operating the vehicle.
3. Vasquez was distracted and looking down for 31% of the 21 minutes and 48 seconds prior to the collision.
4. Vasquez was distracted and looking down for 5.2 seconds of the 5.7 seconds prior to impact.
5. Failure on the part of Vasquez to take control of the vehicle and avoid the crash.
6. Vasquez's disregard for assigned job function to intervene in a hazardous situation.

	TEMPE POLICE DEPARTMENT General Offense Report
GO# TE 2018-32694	Operational Status: ADMINISTRATIVE
This case is being submitted to the Maricopa County Attorney's Office for review for charges against Rafael Vasquez	

Abbildung 42: Ergebnisse des Polizeiberichtes

4.6 Negative bzw. fehlende Ergebnisse der Polizei

Der mit 318 Seiten sehr umfangreiche Abschlussbericht der Polizei in Tempe, Arizona lässt einige wesentliche Dinge vollkommen unberücksichtigt.

Zum einen wird mit keinem Wort darauf eingegangen, warum die Sensoren bzw. die Steuerungssoftware des voll-automatisch fahrenden Fahrzeugs nicht auf die querende Fußgängerin reagiert haben. Es wird lediglich festgestellt, dass laut Aussage von Uber die Sensorik des Basisfahrzeugs (Volvo) abgeschaltet und durch Uber-eigene Systeme ersetzt worden war. Ob für die Fehlfunktion nun ein Ausfall eines Sensorsystems, widersprüchliche Sensorinformationen oder eine Fehler in der Auswertungs- und Steuerungs-Software die Ursache für die nicht detektierte Kollisionssituation waren, wurde von der Polizei nicht untersucht oder hinterfragt.

Überhaupt verwundert den Leser des Berichtes die auffallende Zahl von Schwärzungen in selbigem, u.a. dann, wenn es hierbei um die Rolle der Firma Uber geht (z.B. im Rahmen einer Mitarbeit bei der Auswertung).

Auf die schlechte Video-Qualität der veröffentlichten Videos geht der Bericht genauso wenig ein, wie auf die konkrete Methode, wie diese Videos tatsächlich generiert wurden. Es ist hierbei nur die Rede davon, dass drei zusammengesetzte Videos in einem Viewer-Programm nicht sauber synchronisiert sind und dann (ebenfalls als eine zusammengesetzte Ansicht) in ein AVI-File exportiert wurden. Wie daraus die veröffentlichten Einzelvideos entstanden und warum diese deutlich schlechter aufgelöst und ausgeleuchtet sind, als es das Ursprungsmaterial hergibt (immerhin nur 848 x 480 statt der möglichen 1200 x 720 Pixel pro Video), bleibt unklar.

4.7 Vergleich der Erkenntnisse der Polizei und des Autors

Nicht nur für den Forensiker ist interessant, in wieweit die Thesen und Erkenntnisse des Forensikers Thomas Käfer allein auf Basis der Auswertung des Videomaterials und Abgleich mit Daten z.B. aus Google Earth aus der entfernten Betrachtung mit den Berichten der Ermittler vor Ort übereinstimmen und wo sie differieren.

4.7.1 Geschwindigkeit des Fahrzeugs vor und während des Unfalls

Die Polizei geht von einer Geschwindigkeit von 44,1 mph vor und ca. 37,9 bis 43,5 mph unmittelbar zum Zeitpunkt des Unfalls aus. Der Autor ermittelte mindestens 42 und maximal 45 mph.

4.7.2 Geschwindigkeit und Laufweg des Opfers

Die Polizei ermittelte, dass das Unfallopfer mit einer Geschwindigkeit von 5,12 km/h die Strasse von links nach rechts querte. Der Autor berechnete 1,4 m/s = 5,04 km/h.

4.7.3 Aufmerksamkeit der Fahrerin

Die Polizei ermittelte als Zeitspanne 5,2 Sekunden von 5,7 Sekunden vor dem Unfall, in der die Fahrerin nicht auf die Straße geschaut hat. Der Autor kommt auf 6 Sekunden. Beide stellen übereinstimmend fest, dass die Fahrerin regelmäßig für längere Zeit nach unten geschaut und vermutlich ein Smartphone genutzt hat. Die Polizei findet ergänzend heraus, dass sie eine Folge der Talentshow „The Voice“ geschaut hat.

4.7.4 Sichtbarkeit des Unfallopfers

Die Polizei ermittelte eine grundsätzliche Sichtweite von 194,25 m, in der die Person bei den an der Unfallstelle vorherrschenden Bedingungen sichtbar war. Im ungünstigsten Fall hätte sie spätestens 43,68 m vor dem Aufprall erkennbar sein müssen, was diesen bei einer dann eingeleiteten Vollbremsung komplett verhindert hätte. Der Autor kommt auf eine Sichtbarkeit von mindestens 80 m.

4.7.5 Vermeidbarkeit des Unfalls

Der Unfallbericht der Polizei kommt genauso wie der Autor aber abweichend zur Presseberichterstattung auf Basis der ersten Pressemitteilungen der Polizei zu dem Schluss, dass der Unfall für Mensch und Maschine vermeidbar war.

4.8 Stellungnahme von Uber

Uber hat sich zu dem Unfall bisher nicht im Detail geäußert und auch keine Details darüber veröffentlicht, warum das System die Fußgängerin nicht als Hindernis erkannt und darauf reagiert hat.

Die Firma hatte zunächst ihre Testfahrten generell eingestellt. In Arizona waren diese Testfahrten von der Administration nach dem Unfall ohnehin vorerst verboten worden.

Am 26.07.2018 hat Uber angekündigt²¹, die Tests wieder aufzunehmen. Diesmal sollen aber Fachleute am Steuer sitzen, die jederzeit eingreifen können. Hier stellt sich die Frage, welche Qualifikation die bisherigen Test-Fahrer hatten.

²¹ Quelle: <https://www.businessinsider.de/uber-resumes-testing-self-driving-cars-pittsburgh-2018-7?r=US&IR=T>

5 Zusammenfassung

Aus diesem Unfall kann man somit zwei Lehren ziehen:

1. Tests von voll-automatisiert fahrenden Fahrzeugen im regulären Verkehr sind nur unter durchgängiger und andauernder Überprüfung durch einen aufmerksamen menschlichen Fahrer zulässig, der während der Fahrt keine anderen Aufgaben oder Sidetasks wahrnehmen darf.
2. Die Inbetriebnahme von voll-automatisiert bzw. autonom fahrenden Fahrzeugen hat zu unterbleiben, wenn aus „Sicherheitsgründen“ noch ein Mensch zur Beobachtung mitfahren soll. Entweder kann das Fahrzeug jede Situation vollständig eigenständig meistern oder nicht. Ein Fallback auf einen menschlichen Fahrer kann es bei einem autonom fahrenden Fahrzeug ja schon per Definition nicht geben. Und das Beispiel des Uber-Crash hat auf traurige Weise gezeigt, dass ein mit einem Sidetask beschäftigter Backup-Fahrer nicht schnell genug einschreiten kann, wenn das Fahrzeug in eine für es selber nicht lösbare Situation oder in eine nicht detektierte Gefahrensituation gerät.

Die gesellschaftliche Akzeptanz eines von einer Maschine verursachten tödlichen Unfalls, den ein Mensch problemlos hätte vermeiden können, liegt nahe Null und gefährdet damit das gesamte Projekt zum automatisierten und autonomen Fahren.

Neue Erkenntnisse auf Basis des Polizeiberichtes:

Der Polizeibericht lieferte weitere Belege für ein nach Ansicht des Autors angebrachte kritische Bewertung von Tests bzw. den Betrieb von voll-automatisiert fahrenden Fahrzeugen auf öffentlichen Straßen. Der Unfall und das Verhalten der menschlichen Fahrerinnen zeigen deutlich, dass es unseriös ist, anzunehmen, dass eine Person, die eine offensichtlich und leider im wahrsten Sinne des Wortes „tod-langweilige“ Kontrollaufgabe zu erfüllen hat, diese nicht ermüdungsfrei und ohne Ablenkung wahrnehmen wird. Wenn das Fahrzeug in 99,99% der Fälle jede Situation fehlerfrei meistert, dann bedeutet das „nur“ noch einen manuellen Eingriff für 100 m auf 1.000 gefahrene Kilometer. Wann dieser statistische Wert jedoch in umgerechnet vielleicht 20-30 Stunden Fahrtzeit auftritt, ist ungewiss und völlig überraschend. Und mit steigender Zuverlässigkeit tritt ein Problem vielleicht erst nach Wochen ansonsten zuverlässiger automatisierter Fahrt auf. Welcher Mensch wird dann auf den Punkt und ohne regelmäßige eigene Fahrpraxis besser und vor allem noch rechtzeitig reagieren als die Maschine? Die Anweisung der Firma Uber an ihre Testfahrer, dass sie mit Händen und Füßen über Lenkrad und Pedale „hovern“ sollen, um rechtzeitig eingreifen zu können, mag rechtlich begründet sein, ist aber vollkommen praxisfern.

Des Weiteren ist es eine nach Ansicht des Autors logische Konsequenz, auf Basis des bisher vorliegenden Materials eine Anklage gegen die Fahrerinnen des Uber-Fahrzeugs zu erheben. Sie hat nach der Beweislage ihre Kontrollpflicht der Fahraufgabe in nicht ausreichender Weise nicht durchgängig wahrgenommen und hätte den Unfall bei aufmerksamer Beobachtung des Umfeldes durch einen manuellen Eingriff problemlos vermeiden können.

Sie als Alleinschuldige hinzustellen und die Firma Uber aus dieser Betrachtung herauszunehmen, greift jedoch viel zu kurz. Es ist aufgrund der offiziellen Berichte nach wie vor vollkommen unklar, warum das Fahrzeug nicht auf die offensichtlich auf Kollisionskurs befindliche Fußgängerin mit Fahrrad reagiert hat. Das Unfallopfer war deutlich sichtbar (sowohl für optisch als auch mit RADAR oder Ultraschall arbeitende Systeme) und die Situation hätte in jedem Fall zu einer Bremsung und/oder Ausweichbewegung führen müssen.

So bleiben nur Mutmaßungen darüber, warum dies nicht erfolgte und gerüchteweise steht die Aussage im Raum, dass Uber die Software wegen zu vieler vorheriger „False Positives“, also Fehlalarmen, die fälschlicherweise eine Bremsung ausgelöst hatten, zu unsensibel eingestellt hat.

Diese Fehlalarme sind ein durchaus jetzt schon bei mit Assistenzsystemen ausgerüsteten teil-automatisiert fahrenden Fahrzeugen auch deutscher Hersteller zu beobachten. Regelmäßig im Abstand von etwa 800 bis 1.000 km konnte der Autor an eigenen Fahrzeugen feststellen, dass die Front-Kollisions-Warner fälschlicherweise Hindernisse anzeigten oder gar eigenständig Teil- und Aufmerksamkeitsbremsungen einleiteten oder aufgrund von harmlosen Witterungsbedingungen ausfielen. Die falsche Einstellung der Sensorik hinsichtlich „False Positives“ führt dann zum Abschalten der Systeme oder dazu, dass diese als unsicher bzw. unkomfortabel generell abgelehnt werden.

5.1 Weiterführende Literatur

Dem interessierten Leser sei der gesamte Forschungsbericht Car-Forensics empfohlen, der sich intensiv mit IT-Security und Functional Safety im Kontext des modernen Automobils auseinandersetzt.

Der Forschungsbericht ist in der aktualisierten 4. Auflage zum Preis von 280,00 € als Hardcover und 259,99 € als eBook bei Books on Demand oder www.car-forensics.de zu beziehen.

Mit dem Kaufpreis unterstützen Sie die Forschungsarbeit Car-Forensics, die komplett aus privaten Mitteln ohne öffentliche Förderung oder Unterstützung von Automobilherstellern finanziert wurde.

6 Anhang

6.1 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Unfallfahrzeug bei der Untersuchung durch Polizei und Spezialisten	8
Abbildung 2: Ausschnitt Dash-Cam-Video (Quelle YouTube - Auflösung 636 x 360 px)	9
Abbildung 3: Ausschnitt Dash-Cam-Video (Quelle Polizei Tempe - Auflösung 848 x 480 px)	10
Abbildung 4: Mediaplayer Screen am Ende der Video, die die Polizei verbreitet hat	10
Abbildung 5: Vergleich reduzierte Qualität Polizei-Video zu möglicher Auflösung/Helligkeit	11
Abbildung 6: Berechnung Anhalteweg bei Sichtweite 25m	12
Abbildung 7: Bild aus dem Polizeivideo unmittelbar beim Aufprall	12
Abbildung 8: Abweichung angebliche Geo-Position zu tatsächlicher Position	13
Abbildung 9: Kartierung des Unfalls mittels Google Earth	14
Abbildung 10: Frontkamerabild ca. 120 m vor dem Unfallort	15
Abbildung 11: Frontkamerabild unmittelbar beim Aufprall	16
Abbildung 12: Frontkamerabild unmittelbar nach dem Aufprall	16
Abbildung 13: Google-Streetview Aufnahme des 45 mph-Schildes bei Tag	17
Abbildung 14: Aufnahme des 45 mph Schildes aus dem Unfallauto	17
Abbildung 15: Aufnahme des 45 mph-Schildes aus einem Vergleichsfahrzeug bei Nacht.	18
Abbildung 16: Aufnahme des vorherigen 35 mph-Schildes aus Vergleichsfahrzeug bei Nacht	18
Abbildung 17: Tatsächliche Lichtsituation am Unfallort bei Nacht ca. 120 m vor dem Unfallort	19
Abbildung 18: Tatsächliche Lichtsituation am Unfallort bei Nacht ca. 40 m vor dem Unfallort	19
Abbildung 19: Tatsächliche Lichtsituation am Unfallort	20
Abbildung 20: Unfallort bei Tag (Google Streetview)	20
Abbildung 21: Berechnete Bewegung der Fußgängerin über die Fahrspuren hinweg	21
Abbildung 22: Übersicht des Unfallortes via Google Earth	21
Abbildung 23: Ermittlung des Sichtwinkels	22
Abbildung 24: Zusammengesetzte und synchronisierte Videodarstellung	22
Abbildung 25: Berechnung von Anhalteweg und Bremsweg	23
Abbildung 26: Synchronisierte Videodarstellung zum Zeitpunkt kurz vor dem Unfall	24
Abbildung 27: Synchronisierte Videodarstellung zum Zeitpunkt des Aufpralls	24
Abbildung 28: Spätester Zeitpunkt Sichtbarwerden im Polizeivideo	25
Abbildung 29: Berechnung des reinen Bremswegs und der Aufprallgeschwindigkeit	25
Abbildung 30: Positive Beschleunigungswerte vor dem Unfall	26
Abbildung 31: Negative Beschleunigungswerte beim Aufprall	27
Abbildung 32: Positive Beschleunigungswerte nach dem Aufprall	27
Abbildung 33: Bild der mutmaßlichen Auffindestelle des Fahrzeuges (Quelle: newsy)	28
Abbildung 34: Ausmessen der Distanz zwischen Aufprall- und Auffindestelle	28
Abbildung 35: Kameravergleich	29
Abbildung 36: Originalbild Polizei Tempe - Visualisierung Thomas Käfer	33
Abbildung 37: Datenblatt Janus V3 Dash-Cam	34
Abbildung 38: Auszug aus einem Beispielvideo des Herstellers (Auflösung des Gesamtbildschirms 1200x720p im Video)	35
Abbildung 39: Auszug aus einem Beispielvideo des Herstellers (Auflösung des Gesamtbildschirms ca. 668 x 454 px im Video)	35
Abbildung 40: Auszug aus EDR-Auswertung (Quelle Polizei, Tempe)	37
Abbildung 41: Skizze des Unfallortes (Quelle: Polizei, Tempe)	39
Abbildung 42: Ergebnisse des Polizeiberichtes	40

6.2 Stichwortverzeichnis

Angreifer	5, 49	Polizei	5
Car2Car	5	RADAR	8, 31, 32
Car2Infrastructure.....	5	Reverse-Engineering	5, 49
Car2Person	5, 49	Sachverständige	5, 49
Code of Conduct.....	5, 49	Schnittstellen.....	5
Crash	9, 43	Streetview	17, 20
Datenschutz.....	5, 49	Tempe	7, 8, 9, 10, 13, 32
Datensicherheit.....	5, 49	Uber	7, 8, 22, 24, 32, 43
EDR	36, 37, 39	Unfall 7, 8, 9, 12, 13, 15, 18, 22, 23, 24, 25, 30, 31, 32, 43	
Ermittler	5, 49	Unfalldatenschreiber	5
Google Earth	11, 14, 15, 17, 19, 20, 21	Unfallrekonstruktion	5
Hacking.....	5, 49	Versicherungen.....	5
Infrastrukturen	5	Volvo	7, 8, 32
LASER	31		
LIDAR	8, 22, 32		

6.3 Literatur- und Quellenverzeichnis

Autobild. (2018). Über erhält Fahrverbot für Testfahrte. Retrieved from <http://www.autobild.de/artikel/autonomes-fahren-toedlicher-unfall-von-uber-13410181.html>

Bloomberg. (2018). Wake up call for autonomous vehicles. Retrieved from <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-03-22/video-said-to-show-failure-of-uber-s-tech-in-fatal-arizona-crash>

Coppola, G., & King, and I. (2018). Uber Disabled Volvo SUV's Safety System Before Fatality. *Bloomberg*. Retrieved from <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-03-26/uber-disabled-volvo-suv-s-standard-safety-system-before-fatality>

Forbes. (n.d.). Uber Tempe Video Shows A Crash Self-Driving Cars Should Be Able To Avoid -- Time For Regulations. Retrieved from <https://www.forbes.com/sites/samabuelsamid/2018/03/21/uber-crash-tape-tells-very-different-story-from-police-report-time-for-some-regulations/#3d15f36648df>

Network, U. T. (2018). Tempe police chief: Fatal Uber crash likely "unavoidable" for any kind of driver. Retrieved from <https://www.azcentral.com/story/news/local/tempe/2018/03/20/tempe-police-chief-fatal-uber-crash-pedestrian-likely-unavoidable/442829002/>

Newsweek. (2018). Tempe Police Release Footage of Fatal Uber Self-driving Car Collision. Retrieved from <http://www.newsweek.com/police-release-video-fatal-uber-self-driving-car-collision-856526>

Spiegel. (2018). Arizona verbietet Uber weitere Testfahrten. Retrieved from https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjZ_dLLzo_aAhWLKFAKHYZXC_sQFghBMAM&url=http%3A%2F%2Fwww.spiegel.de%2Fauto%2Faktuell%2Fusa-uber-darf-selbstfahrende-autos-nicht-mehr-in-arizona-testen-a-1200008.html&usg=AOvVaw0T3JW1v41sNdl7PZcC6Tj6

WDR. (2018). Uber-Unfall unvermeidbar? Retrieved from <https://www1.wdr.de/wissen/technik/uber-unfall-blogbeitrag-100.html>

Abschlussbericht der Polizei Tempe (nicht öffentlich)

6.4 Zusatzangebote

6.4.1 Weiterführende Informationen und Aktualisierungen

Auf der Website <https://www.car-forensics.de> sowie im Blog <https://blog.KaeferLive.de> finden Sie regelmäßige Aktualisierungen und Neuigkeiten rund um das Thema „Digitale Forensik“. Ein fachlicher Austausch ist über die Xing-Gruppe „Car-Forensics“ möglich, die vom Autor initiiert und moderiert wird: Link: <https://www.xing.com/communities/groups/car-forensics-c60d-1077565>.

Weitere Veröffentlichungen (auszugsweise):

- Fachartikelreihe DigiFor Inside 1-3 (2014)
- Computer-Forensik: Analyse von Angriffen (TecChannel Compact 04/2004)

6.4.2 Vorträge und Medienberichterstattung

Über die Forschungsergebnisse berichtet(e) der Autor u.a. auf folgenden Veranstaltungen (siehe auch <https://www.KaeferLive.de>

- 08.10. bis 10.10.2018 Car Forensics auf dem 27. Aachener Fahrzeug- und Motorenkolloquium von FKA und IKA der RWTH Aachen
- Car-Forensics beim Science-Link: Networking 4.0 "Datensicherheit bei autonomem Fahren" am 19.03.2018 in Aachen
- Speaker auf der IT-Security-Messe Leetcon Hannover im November 2016
- Wirtschaftliche Nachrichten der IHK Aachen 11/2016
- Speaker auf dem 25. Aachener Kolloquium Fahrzeug- und Motorentechnik der RWTH Aachen - Vortrag zur IT Sicherheit im Kfz Oktober 2015 und 2016
- Speaker auf dem IT-Security Breakfast der IHK Bonn September 2016
- 11.12.2015: Aachener Interdisziplinäres Verkehrssymposium
- 02.12.2015: IT Sicherheit Industrie 4.0 auf dem IT-Sicherheitstag NRW
- 06.11.2015: Speaker Car-Forensics beim IT Security Breakfast Bonn
- 21.-22.10.2015: Poster Car-Forensics auf der Automotive Security 31. VDI/VW-Gemeinschaftstagung in Wolfsburg
- Berufsporträt Digitaler Forensiker in den VDI Nachrichten vom 09.10.2015
- 06.10.2015: Hausmesse Wolfsburg - Vortrag zur IT Sicherheit im Kfz
- ARD Tagesschau und WDR Aktuelle Stunde Stellungnahme zur VW-Abgassoftware (22.09.15 und 25.09.2015)
- ARD Plusminus extra Stellungnahme zur VW-Abgassoftware (21.09.2015)
- MDR Fakt ist...! BMW-Hack (21.09.2015)
- Selbst ist das Auto in der FAZ vom 06.09.2015
- ARD tagesthemen vom 23.07.2015 zum Jeep-Hack / BMW-Hack
- Berufsbild Digitale Forensik in der Südwest Presse und Stuttgarter Zeitung
- 12.05.2015: Speaker IT-Forensik-Workshop an der FH-Aachen
- WDR-Fernsehen Lokalzeit Aachen vom 08.05.2015
- Car-Forensics in der Zeitschrift Mobile Business 03-2015
- 16.03.2015 - 20.03.2015: CeBIT – Speaker Car-Forensics
- 03.12.2014: Speaker IT Sicherheit Hagen - IT-Sicherheitstag NRW 2014
- 24.11.2014: Speaker Digitale Kfz-Forensik - Köln - cologne IT summit
- 16.09.2014: Speaker Car-Forensics 9. Dortmunder Autotag

- Car-Forensics in den Aachener Nachrichten vom 21.07.2015 und 15.09.2015
- Digitale Forensik im Innovationsmagazin „Technology Review“ 07/201
- Wo die Autoentwickler der Zukunft herkommen in „Die Welt“ vom 23.06.2015

6.4.3 Workshops und Schulungen

Der Autor bietet ganz- und mehrtägige Schulungen und Workshops zum Thema Digitale Kfz-Forensik an.

Seminarkonzept: Das Seminar „Car-Forensics – Automotive Security“ basiert auf und orientiert sich an der gleichnamigen Forschungsarbeit und soll vorgenannten Aspekten Rechnung tragen und zeigen, was technisch im Bereich der digitalen forensischen Auswertung der in den Kfz verbauten bzw. extern mit den Fahrzeugen gekoppelten IT-Systemen derzeit bereits möglich und zukünftig denkbar ist. In diesem Kontext wird beleuchtet, welche Rechtsgrundlagen zurzeit vorhanden und anwendbar sind und wo für die nahe Zukunft Regelungsbedarf seitens des Gesetzgebers besteht. Im praktischen Teil wird thematisiert, welche Schnittstellen die verschiedenen Systeme besitzen, die forensisch angesprochen bzw. ausgewertet werden können. Hierbei wird sowohl auf offen kommunizierte Standards und Zugänge zugegriffen als auch z.B. mittels Hacking- und Analysewerkzeugen mit Hilfe von Reverse-Engineering-Methoden eine Datenauswertung bzw. -manipulation versucht. Mittels Vorgehensweisen der digitalen Forensik und typischer Angreifer wird an konkreten Beispielen aus dem Automotive-Umfeld und dem Internet der Dinge gezeigt, inwieweit technische und organisatorische Sicherungsmaßnahmen umgangen werden können, um Zugangssicherungen auszuhebeln bzw. welche Daten tatsächlich übertragen und gespeichert werden.



Zielsetzung: Im Seminar werden die Themen Datenschutz und Datensicherheit aus Sicht der Betreiber und Verwender sowie die forensischen Möglichkeiten und Rechte für Sachverständige und Ermittler beleuchtet. Des Weiteren wird ein Code of Conduct für Car2X-Kommunikation diskutiert. Die Erkenntnisse aus den verschiedenen Angriffsszenarien und Werkzeugen der Hacker können von mit der Entwicklung betrauten Ingenieuren wiederum verwendet werden, um die Systeme nicht nur in Hinblick auf die funktionale sondern auch und vor allem auf die IT- und Daten-Sicherheit zu härten.

Zielgruppe: Das Seminar richtet sich gleichermaßen sowohl an Entwickler und Betreiber von Automotive-Systemen (Hard- und Software) als auch an Entscheider, die Personal- und Entwicklungsverantwortung in diesem Bereich tragen (OEM und Zulieferer).

Voraussetzungen: Vorkenntnisse im Bereich der Software- und System-Entwicklung sowie der IT-Sicherheit sind wünschenswert, jedoch nicht zwingend erforderlich. Im Seminar wird versucht, das Themenfeld Car-Forensics in der Breite und dort wo nötig und sinnvoll in der erforderlichen Tiefe zu betrachten.

Unter nachfolgendem Link finden Sie eine Zusammenstellung der Medien zum Thema Car-Forensics: <https://www.youtube.com/watch?v=dhK2Lhiv3Uk>