

In diesem Artikel zeigen wir, wie und wo Daten im Auto abgegriffen werden können und demonstrieren anschließend, wie aus scheinbar harmlosen Daten überraschende Informationen gewonnen werden können.



Torben Weis. Foto: Daniel Schumann

Die Privatsphäre dreht am Rad

Was Räder verraten können

Von Marian Waltereit, Viktor Matkovic,
Peter Zdankin & Torben Weis

Die Privatsphäre im Auto

Wir zeigen, wie man aus der Umdrehungsgeschwindigkeit der vier Räder eines Autos zuverlässig auf dessen Ort schließen kann. Wie so oft bei der Datenauswertung, kann man eine solche Funktion im Guten wie im Schlechten anwenden. Unter der Erde oder zwischen Hochhäusern kann man so das verlorene GPS-Signal für eine besser Navigation kompensieren. Man kann aber andererseits unbeabsichtigt mehr über sich verraten als gewollt.

Versicherungsunternehmen bieten seit einiger Zeit sogenannte Telematik-Tarife an. Dabei werden Daten im Auto abgegriffen und an die Versicherung übermittelt. Die GPS-Daten sind oftmals explizit nicht Teil der übermittelten Daten. Die Geschwindigkeit der vier Räder können hingegen übermittelt werden. Daraus lässt sich beispielsweise die durchschnittliche Geschwindigkeit ermitteln. Freund*innen des um-die-Ecke-Driftens dürften schnell mit einer Anpassung ihrer Versicherungspolice rechnen, denn der Geschwindigkeitsunterschied der linken und rechten Räder verrät einiges über die Kurvenfahrten des Autos. Unsere Arbeit zeigt, dass man mit den Radgeschwindigkeiten den Ort des Fahrzeugs ebenfalls verrät, das heißt es spielt keine Rolle, ob die GPS-Daten nun übermittelt werden oder nicht. Diese Information steckt auch in den Radgeschwindigkeiten.

Eine weitere Komplikation im Bereich der Privacy ist das alte Mantra, dass die Kombination zweier nicht aussagekräftiger Datensätze einen überraschenden Informationsgehalt besitzen kann. Nimmt man beispielsweise die Radgeschwindigkeiten und kombiniert sie mit Daten über Namen und Wohnort von Fahrzeughalter*innen, so kann man aus beidem ablesen, wer das Auto gefahren ist. Aus den Radgeschwindigkeiten ergibt sich – wie wir noch näher beschreiben werden – ein Ort, und dieser ist abends sehr

oft der Wohnort der Halter*innen. Daraus ergibt sich somit der wahrscheinliche Name der Fahrer*innen.

Im Folgenden beleuchten wir einerseits, wie und wo im Auto Daten abgegriffen werden können und zeigen dann, wie das Fahrverhalten der Fahrer*innen als Grundlage für Telematik-Tarife anhand der Geschwindigkeit der vier Räder bewertet werden kann. Anschließend demonstrieren wir, wie aus den gleichen Radgeschwindigkeiten der Ort des Fahrzeugs abgeleitet werden kann.

Sensordaten im Auto

Autos sind heutzutage deutlich komplexer als noch vor einigen Jahrzehnten. Verteilte Sensorsysteme vermessen viele Eigenschaften des Autos und übertragen die Daten zu den Systemen, die diese Daten verwerten und damit Funktionen erfüllen.

Beispielsweise nutzt das Antiblockiersystem (ABS) als eines von vielen Sicherheitssystemen im Auto die Umdrehungsgeschwindigkeiten der Räder und entscheidet mit diesen Daten, wie stark jedes einzelne Rad bremsen muss. Ohne diese Feinabstimmung würden die Räder beim Bremsen blockieren und es könnte zu Gefahrensituationen führen, in denen das Auto nicht mehr lenkbar ist¹.

Der Austausch von Daten und Informationen in einem Auto geschieht unter anderem über das serielle Bussystem CAN (Controller Area Network). Achtung: Gemeint ist nicht der Bus im Straßenverkehr, sondern ein gemeinsamer Datenübertragungsweg von verschiedenen Teilnehmer*innen. Oft werden mehrere CAN-Bussysteme in einem Auto parallel verwendet, dabei wird dann zum Beispiel ein CAN-Bus für nicht zeitkritische Informationen verwendet, wie die Steuerung der Klimaanlage, wohingegen ein anderer CAN-Bus sicherstellt, dass der Motor richtig funktioniert. Die Nachrichten, die innerhalb eines CAN-Bus übertragen werden, können nochmal anhand von

Prioritäten gefiltert werden, so dass man selbst bei dem High-Speed CAN-Bus noch einmal „Vorfahrt“ bekommt.

Über den CAN-Bus werden während einer Autofahrt sehr viele Nachrichten übertragen und anders als bei der Post steht auf einer Nachricht kein Empfänger, da womöglich eine Reihe von Systemen diese Daten benötigen und so Redundanz verhindert wird. Damit Systeme trotzdem mit dieser Flut von Nachrichten zurechtkommen können, hat jede Art von Nachrichten eine eindeutige Kennung, und ein kleines Steuersystem im Auto kann nach genau diesen Nachrichten

horchen und alles andere ignorieren. Es gibt vier verschiedene Arten von Nachrichten, die über einen CAN-Bus verschickt werden können. Mit Hilfe von Datennachrichten können Daten an alle Teilnehmer geschickt werden. Beispielsweise können die Radgeschwindigkeiten so versendet werden.

Falls ein Steuersystem bestimmte Daten benötigt, kann es entweder warten bis eine Datennachricht geschickt wird, oder per Datenanforderungsnachricht darum bitten, dass das System, das für diese Daten verantwortlich ist, schnellstmöglich eine Datennachricht schickt.

Wenn eine Lampe im Auto kaputtgeht (oder andere Probleme auftreten), kann dies über eine Fehlermeldung an alle verbundenen Stationen geschickt werden, und damit kann der*die Halter*in des Fahrzeugs darüber informiert werden.

Und wenn einmal zu viele Daten geschickt werden, kann mithilfe einer Überlastnachricht der Datenfluss unterbrochen werden, damit der Sender dieser Nachricht Zeit hat, angestaute Nachrichten zu verarbeiten. Diese Nachrichten können in zwei verschiedenen Formaten im CAN-Bus geschickt werden. Es gibt einmal Standard-CAN-Frames, welche eine 11-Bit Kennung haben und maximal 130 Bit lang sind, und es gibt Extended-CAN-Frames,



(1) Der Messaufbau: ein Raspberry Pi 2 mit einer PiCAN2 Karte angeschlossen am CAN-Bus. Anhand der Radgeschwindigkeiten wird ein Score zwischen 0 und 100 berechnet. Ein Score von 100 entspricht einer sicheren Fahrweise.

Quelle: On the Digital Forensic Investigation of Hit-And-Run Accidents, Marian Waltereit, 2021

welche eine 29 Bit Kennung und maximal 150 Bit lang sind. Damit wir zum Beispiel die Radgeschwindigkeiten auslesen können, müssen wir den CAN-Bus auslesen. Das können wir in vielen Autos mit der Hilfe eines OBD-2 Anschlusses, welcher normalerweise in einer Autowerkstatt zur Diagnose des Autos verwendet wird.

Nachdem wir über den OBD-2 Anschluss Zugang zum CAN-Bus des Autos haben, müssen wir die Daten, die für uns relevant sind, filtern und erhalten so die relevanten Radgeschwindigkeiten.

Bewertung des Fahrverhaltens mittels Radgeschwindigkeiten

In einigen Studien wurde festgestellt, dass einer der Hauptgründe für Verkehrsunfälle eine aggressive Fahrweise ist, beispielsweise rasantes Beschleunigen oder Bremsen und schnelles Kurvenfahren².

Um das Unfallrisiko zu senken, können Kfz-Versicherungen im Austausch gegen eine Vielzahl von Sensordaten aus dem Auto eine Kostensenkung veranlassen, falls der*die Fahrer*in sicher fährt. Die Idee ist, dass ein*e Fahrer*in, der*die nach Maßstäben der Versicherung sicher fährt, auch an weniger Unfällen beteiligt ist und der Versicherung somit im Schnitt weniger Geld kostet.

Doch wer sich denkt, man müsse Zugriff auf alle Fahrzeugdaten haben, um das zu bestimmen, der irrt. Bereits die Radgeschwindigkeiten allein sind ausreichend, um zwischen aggressiver und sicherer Fahrweise zu unterscheiden. Da die Radgeschwindigkeiten, wie eingangs erwähnt, über den CAN Bus übertragen werden, können diese Daten mit geringem Aufwand abgegriffen werden. In unserer Forschung geben wir zwar keine Rabatte auf Kfz-Versicherungsbeiträge, aber

dafür können wir mithilfe der Radgeschwindigkeiten einen Score berechnen, der Fahrer*innen angezeigt werden kann.

In Abbildung (1) ist der Aufbau unserer Anwendung zu sehen. Ein Raspberry Pi 2, welcher mit einer PiCAN2 Karte an den CAN Bus des Fahrzeugs angeschlossen wird, kann die Radgeschwindigkeiten messen und weiterverarbeiten. Durch die Radgeschwindigkeiten wird ein Score zwischen 0 und 100 berechnet und dem Fahrer auf einem Smartphone angezeigt. 100 Punkte stehen für eine sehr sichere Fahrweise. Während der Fahrt wird diese Punktzahl fortlaufend aktualisiert und gibt Rückschluss über die Fahrweise, wodurch die Möglichkeit gegeben ist, unsicheres Fahren zu erkennen und sich selbst zu verbessern.

Zunächst müssen die Daten der vier Räder vorverarbeitet werden, um die horizontale und vertikale



Peter Zdanek. Foto: Daniel Schumann

Beschleunigung zu bestimmen. Gefährlich wird es im Auto immer dann, wenn die Beschleunigung rasant zunimmt oder abnimmt (oder im Falle eines Baumes in der Motorhaube, die Geschwindigkeit schlagartig auf 0 zurückfällt). Dazu wurde ein Schwellenwert eingeführt, welcher die physikalischen Grenzen der Beschleunigung, die ein Auto erfahren kann, beschreibt. Sobald die Gesamtbeschleunigung des Autos diesen überschreitet, gilt die Fahrsituation als unsicher³.

Da die Fahrsituation auch vor der physikalischen Grenze unsicher ist, bilden wir den Quotienten aus der aktuellen Gesamtbeschleunigung und diesem Grenzwert, je höher

dieser Quotient ist, umso gefährlicher wird die Fahrsituation eingestuft. Mithilfe dieses Quotienten bewerten wir nun das Fahrverhalten, welcher als eine Punktzahl zwischen 0 und 100 Punkten dargestellt wird. Immer wenn der*die Fahrer*in sicher fährt, wird die Punktzahl erhöht, bis sie 100 anzeigt. Wenn der*die Fahrer*in unsicher fährt, wird die Punktzahl verringert, bis sie irgendwann 0 ist.

Ein Auto fährt kontinuierlich, und so haben wir auch einen fortlaufenden Datenstrom, der uns Radgeschwindigkeiten liefert. Um mit dieser Menge an Daten klarzukommen, teilen wir den Datenstrom in diskrete Zeitfenster von etwa einer

Sekunde ein. Für jedes Zeitfenster wird zunächst der durchschnittliche Wert des bereits erwähnten Quotienten berechnet und dann in eine Formel eingesetzt. Diese Formel berechnet die Punktzahl, die für dieses Zeitfenster vergeben wird.

Um nun den Fahrer*innen die Gesamtpunktzahl anzuzeigen, summieren wir die Punktzahlen jedes Zeitfensters seit Beginn der Fahrt auf und bilden daraus den Durchschnitt der gesamten Fahrt. So haben kurze Ausreißer nach oben oder unten für die Gesamtbewertung einen vernachlässigbaren Effekt und die Fahrer*innen können ihre Punktzahl repräsentativ für die gesamte Fahrt sehen.

Von der Theorie zur Praxis: Wir wollten wissen, wie gut sich dieses Scoring tatsächlich zur Bewertung von Fahrverhalten eignet. Dazu mussten wir Fahrer*innen finden, die eine vorgegebene Strecke sowohl sicher als auch aggressiv fahren, damit wir messen können, wie sich dieser Unterschied auf die Punktzahl auswirkt. Zeitdruck sorgt dafür, dass das Fahrverhalten aggressiver wird⁴, und so haben wir eine kleine Teststrecke vorbereitet und ließen verschiedene Fahrer*innen diese Teststrecke zunächst normal fahren und haben die Zeiten mit einer Stoppuhr gemessen. Danach sollten die Fahrer*innen die gleiche Strecke fahren und einmal nur 90 Prozent der Zeit und danach nur 75 Prozent der ursprünglichen Zeit benötigen. Sie sollten also die ursprüngliche Zeit zweimal unterbieten.

Wir konnten feststellen, dass jede*r der Fahrer*innen in der zweiten und dritten Fahrt, in der sie aufgrund von Zeitdruck deutlich schneller und damit aggressiver fuhren, eine deutlich geringere Punktzahl bekam und damit keine Rabatte vom Kfz-Versicherer bekommen würde. Damit konnten wir zeigen, dass man das Fahrverhalten sehr gut von den Radgeschwindigkeiten ablesen kann und dass Zeitdruck zu aggressiverer Fahrweise führt.

Eine Punktzahl, die während der Fahrt angezeigt wird, wird dem*der Fahrer*in also ständig Feedback über die Fahrweise geben können und diese*r kann seine*ihre unsichere Fahrweise schnell erkennen und das Verhalten anpassen.

Rekonstruktion von Routen anhand von Radgeschwindigkeiten

Im Folgenden beschreiben wir, wie man über die Radgeschwindigkeiten eines Autos zuverlässig auf dessen Ort schließen kann. Dazu stellen wir eine Methode vor, die die gefahrene Route eines Autofahrers und dadurch auch die Position des Autos in einem bekannten Gebiet unter Verwendung der Radgeschwindigkeiten rekonstruieren kann. Das Fahrgebiet muss zwar bekannt sein, allerdings ist unsere Methode in den flächengrößten Gemeinden Deutschlands anwendbar. Es reicht also beispielsweise aus, wenn bekannt ist, dass die Fahrt in Duisburg durchgeführt wurde. Über das ungefähre Fahrgebiet hinaus ist kein weiteres Wissen über die Fahrt notwendig, also insbesondere nicht die Start- oder Endposition der Fahrt.

Unsere Methode basiert auf der Beobachtung, dass eine Route über eine Abfolge von Entfernungen und Kurvenrichtungen repräsentiert werden kann. Dies ist auch die Grundidee hinter der sogenannten Turn-by-Turn-Navigation, bei der Reisenden mitgeteilt wird, wann und in welche Richtung sie abbiegen sollen.

Die Abfolge von Entfernungen und Kurvenrichtungen als Repräsentation der gefahrenen Route kann auf einfache Weise aus den Radgeschwindigkeiten des Autos berechnet werden. Dazu wird zunächst die Geschwindigkeit des Autos über den Durchschnitt der Radgeschwindigkeiten von zwei gegenüberliegenden Rädern berechnet⁵. Mithilfe der Geschwindigkeit des Autos kann dann die zurückgelegte Entfernung näherungsweise berechnet werden. Die Kurvenrichtungen können aus

der Differenz der Radgeschwindigkeiten von zwei gegenüberliegenden Rädern bestimmt werden.

Die Radgeschwindigkeiten sind aufgrund des vorgeschriebenen Antiblockiersystems in nahezu jedem heutigen Auto verfügbar und können mit einem Datenlogger während der Fahrt aufgezeichnet werden. Neben den Radgeschwindigkeiten können die Entfernungen und Kurvenrichtungen auch anhand von Daten aus Beschleunigungs- und Gyroskopsensoren aus Smartphones berechnet werden.

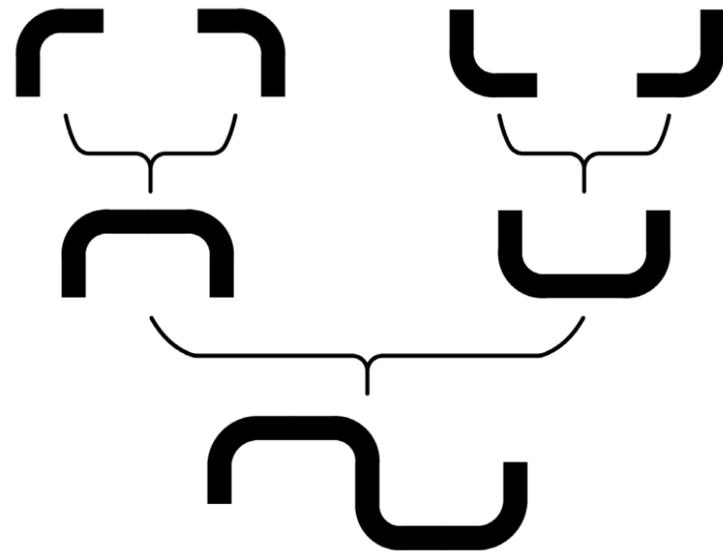
In unserem Ansatz bilden wir die aus den Radgeschwindigkeiten berechnete Abfolge von Entfernungen und Kurvenrichtungen auf das

Straßennetz des bekannten Gebiets ab, um die gefahrene Route zu erhalten. Es ist wahrscheinlich, dass es in dem Fahrgebiet mehrere Routen gibt, die dieser Abfolge ähneln. Das liegt zum Beispiel an Messfehlern, die zu Abweichungen zwischen den berechneten Entfernungen und den Entfernungen im Straßennetz führen können. Gleiches gilt für die Kurvenrichtungen. Daher ermitteln wir in unserem Ansatz eine Rangliste, in der die möglichen Routen-Kandidaten anhand ihrer Ähnlichkeit zur gefahrenen Route platziert werden.

In einer Vorstudie haben wir einen auf Breitensuche basierenden Algorithmus zur Rekonstruktion der Routen-Kandidaten für die



Viktor Matkovic. Foto: Daniel Schumann



(2) Der Algorithmus berücksichtigt die Abfolge von Entfernungen und Kurvenrichtungen, um die passenden Straßen auf einer Karte zu finden. Die Suche wird jedoch in kleinere Teilprobleme unterteilt, um die Suche zu beschleunigen. Die Kurven werden basierend auf den Radgeschwindigkeiten berechnet.
Quelle: On the Digital Forensic Investigation of Hit-And-Run Accidents, Marian Waltereit, 2021

gefahrte Route eines Fahrers in einem bekannten Gebiet vorgestellt⁶. Da der Algorithmus auf der Breitensuche basiert, wird jede Straße im Fahrgebiet als möglicher Startpunkt der Fahrt in Betracht gezogen. Ausgehend davon versucht der Algorithmus dann, die Abfolge von Entfernungen und Kurvenrichtungen im Straßennetz abzulaufen. Dabei kann der Algorithmus Messfehler tolerieren, die zu Abweichungen zwischen gemessenen Entfernungen und Entfernungen im Straßennetz führen. Dies kann beispielsweise durch durchdrehende Reifen passieren. Durch dieses Vorgehen werden die Routen im Fahrgebiet gefunden, die durch die aus den Radgeschwindigkeiten berechnete Abfolge von Entfernungen und Kurvenrichtungen repräsentiert werden können.

Wir haben den Algorithmus mit

fünf Fahrten in einem Stadtgebiet von etwa 400 Quadratkilometern getestet und konnten für drei von fünf Fahrten die tatsächlich gefahrene Route rekonstruieren. Bei den anderen beiden Fahrten konnte der Algorithmus die gefahrene Route aufgrund von fehlerhaften Kurvenrichtungen nicht exakt rekonstruieren. Fehlerhafte Kurvenrichtungen können aus zwei Gründen auftreten: zum einen könnten Abbiegungen erkannt werden, obwohl im Straßennetz keine Abbiegung vorhanden ist, zum Beispiel durch ein Ausweichmanöver. Zum anderen könnte das Abbiegen nicht erkannt werden, obwohl der*die Fahrer*in zwar tatsächlich abbiegt, aber in einer sehr leichten Kurve.

Basierend auf den Ergebnissen der Vorstudie haben wir einen verbesserten Algorithmus entworfen,

der sowohl robust gegenüber fehlerhaften Entfernungen als auch fehlerhaften Kurvenrichtungen ist⁷. Dieser Algorithmus basiert auf der Idee der dynamischen Programmierung, wie in Abbildung (2) skizziert. Wir versuchen also nicht mehr, wie bei dem Breitensuche-basierten Algorithmus, von jeder Straße im Straßennetz ausgehend die gesamte Abfolge von Entfernungen und Kurvenrichtungen abzulaufen, sondern teilen das Problem in kleinere Teilprobleme auf. Für jede der aus den Radgeschwindigkeiten berechneten Kurvenrichtungen sucht der Algorithmus nach passenden Kurven im Straßennetz. Dabei werden die vor und nach der Kurve zurückgelegten Entfernungen berücksichtigt, um die Anzahl der passenden Kurven zu reduzieren. Anschließend versucht der Algorithmus nach und nach Verbindungen zwischen den Kurven im Straßennetz zu finden. Dadurch werden schrittweise immer größere Teile der gefahrenen Route rekonstruiert.

Mit einer auf realen Fahrdaten basierenden Simulation haben wir gezeigt, dass dieser Algorithmus zur Rekonstruktion von Routen für Fahrten in Gebieten von bis zu 1200 Quadratkilometern geeignet ist. Diese Gebietsgröße deckt die flächengrößten Gemeinden in Deutschland ab. In der Simulation wurden Entfernungsfehler von bis zu 15 Prozent betrachtet. Darüber hinaus wurden bis zu 33 Prozent fehlerhafte Kurvenrichtungen betrachtet. Dabei kann eine fehlerhafte Kurvenrichtung sowohl das Fehlen einer Kurvenfahrt als auch eine falsche Kurvenrichtung, zum Beispiel links statt rechts, bedeuten. Abhängig von den Entfernungs- und Kurvenrichtungsfehlern, gehörte die tatsächlich gefahrene Route in bis zu 97 Prozent der Fälle zu den zehn bestplatzierten Routen-Kandidaten. Es ist also zuverlässig möglich, den Ort des Fahrzeugs und somit auch den Aufenthaltsort der Fahrer*innen aus Radgeschwindigkeiten abzuleiten.

Zusammenfassung

In diesem Artikel haben wir gezeigt, wie es möglich ist, das Fahrverhalten von Fahrer*innen allein anhand der Radgeschwindigkeiten zu bewerten. Darüber hinaus konnten wir zeigen, dass sich aus den Radgeschwindigkeiten des Fahrzeugs auch der Standort des Fahrzeugs und somit auch des*der Fahrer*in ableiten lässt.

Die Radgeschwindigkeiten können unkompliziert aus dem sogenannten CAN-Bus ausgelesen werden. Basierend auf den Radgeschwindigkeiten haben wir Algorithmen entwickelt, die zum einen das Fahrverhalten bewerten können und zum anderen die möglicherweise gefahrene Route einer*s Fahrer*in auf einer Karte finden können.

Dies hat Auswirkungen auf die Privatsphäre. Das Kombinieren von zwei scheinbar harmlosen Datensätzen kann überraschende Informationen offenbaren. Wenn wir zum Beispiel die Ergebnisse des Algorithmus mit Daten über die Namen und Standorte von Autobesitzer*innen kombinieren, können wir aus beiden erkennen, wer das Auto gefahren hat. Aus den Radgeschwindigkeiten erhalten wir einen Standort, und das ist abends oftmals die Wohnung der Fahrzeugbesitzer*innen. Daraus erhalten wir also die wahrscheinlichen Namen der Fahrer*innen.

Summary

In this article, we show how driver behavior can be assessed using wheel speeds only. In addition, we show that the vehicle's location can also be derived from its wheel speeds. Wheel speeds can be read easily from the vehicle's CAN bus and acceleration information as well as the distances and turns traveled can then be calculated from them. We have developed algorithms that can use this data both to assess driving behavior and to reconstruct the likely traveled route on a map. This has privacy implications, since seemingly harmless data can be used to reveal sensitive information about drivers. For example, if we combine the results of the algorithms with the names and locations of vehicle owners, we can tell from both who was driving the car. Furthermore, it is likely that the location of the vehicle in the evening is the owner's home. Thus, drivers may unintentionally reveal more information about themselves than they intended when sharing their vehicle data.

Amerkungen

- 1) Reif, 2011
- 2) Yong et al. 2009, Paleti et al. 2010
- 3) Eboli et al. 2016
- 4) Fitzpatrick et al. 2017
- 5) Reif, 2011
- 6) Waltereit et al., 2019a
- 7) Waltereit et al., 2019b

Literatur

- Reif, Konrad: Bosch Autoelektrik und Autoelektronik, Bordnetze, Sensoren und elektronische Systeme, Vieweg+Teubner Verlag/Springer Fach-medien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden 2011
- Schwittmann, Lorenz, Boelmann, Christopher, Matkovic, Viktor, Wander, Matthäus, – Weis, Torben: Identifying TV Channels & On-Demand Videos using Ambient Light Sensors, in Pervasive and Mobile Computing Volume 38 Part 2 2017, 363–380
- Waltereit, Marian, Uphoff, Maximilian,

Weis, Torben: Herleitung von Fahrtstrecken aus Distanz- und Kurvenbewegungsdaten, in Proff, Heike (ed): Mobilität in Zeiten der Veränderung, Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte, Springer Gabler, Wiesbaden 2019, 253–264

- Waltereit, Marian, Uphoff, Maximilian, Weis, Torben: Route Derivation Using Distances and Turn Directions, in Proceedings of the ACM Workshop on Automotive Cybersecurity (AutoSec '19), 2019, 35–40
- Waltereit, Marian, Zdankin, Peter, Matkovic, Viktor, Weis, Torben: Online Driving Behavior Scoring using Wheel Speeds, in Proceedings of the 6th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems – VEHTS, 2020, 417–424
- Waltereit, Marian, Weis, Torben: Bewertung des Fahrerhaltens mittels Radgeschwindigkeiten, in Proff, Heike (eds): Making Connected Mobility Work, Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte, Springer Gabler, Wiesbaden 2021, 509–517

Die Autor*innen

Marian Waltereit ist der verantwortliche Autor, auf dessen Forschungsarbeiten dieser Artikel basiert. Waltereit war bis Ende 2021 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet „Verteilte Systeme“ an der Universität Duisburg-Essen in Duisburg und schloss seine Promotion im Mai 2021 erfolgreich ab. Seine Forschungsinteressen umfassen Datenschutz und digitale Forensik in automobilen Systemen.

Viktor Matkovic ist derzeit Postdoktorand am Fachgebiet „Verteilte Systeme“ an der Universität Duisburg-Essen in Duisburg. Seine Forschungsinteressen umfassen fahrradtaugliche pervasive Anwendungen wie fahrradtypbasierte Navigationsdienste. Er schloss seine Promotion im Frühjahr 2022 erfolgreich ab.

Peter Zdankin promoviert am Fachgebiet für „Verteilte Systeme“ an der Universität Duisburg-Essen in Duisburg. Seine Forschungsinteressen umfassen Langlebigkeit von Smart-Home-Systemen und Smart Cities. Er erhielt seinen M.Sc. in Informatik von der Universität Duisburg-Essen.

Torben Weis ist Professor an der Universität Duisburg-Essen in Duisburg, wo er das Fachgebiet „Verteilte Systeme“ leitet. Seine Forschungsinteressen umfassen Cyber Physical Systems, Cloud Computing sowie Sicherheit und Datenschutz in verteilten Systemen. Er erhielt den Dokortitel in Informatik von der Technischen Universität Berlin.

DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

ub | universitäts
bibliothek

Dieser Text wird via DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt. Die hier veröffentlichte Version der E-Publikation kann von einer eventuell ebenfalls veröffentlichten Verlagsversion abweichen.

DOI: 10.17185/duepublico/78099

URN: urn:nbn:de:hbz:465-20230331-145610-7

Erschienen in: UNIKATE 59 (2023), S. 108-115

Alle Rechte vorbehalten.