

Der Mensch im Zentrum der automatisierten Mobilität



Version: 1.0

Geschäftsstelle Centrum für automatisierte Mobilität (CAMO)

c/o Bergische Universität Wuppertal

Rainer-Gruenter-Str. 21

42119 Wuppertal

Besucheradresse:

Lise-Meitner-Str. 27

42119 Wuppertal

www.camo.nrw

DER MENSCH IM ZENTRUM DER AUTOMATISIERTEN MOBILITÄT

INHALTSVERZEICHNIS

EINLEITUNG	7
TECHNOLOGIEFOLGEN ABSCHÄTZEN	8
AKZEPTANZ ERHÖHEN	10
MENSCH-MASCHINE-SCHNITTSTELLEN IM WANDEL	12
MENSCHZENTRIERTE SYSTEMENTWICKLUNG	16
ZUSAMMENFASSUNG	18

CAMO.NRW UNTERSTÜTZT KOMMUNALE AKTEUR:INNEN

Die Entwicklung, Planung und Umsetzung der Mobilität von Morgen erfordert ein rasches Umdenken und Handeln, da der Transformationsprozess zu einem nachhaltigen Verkehrsraum der Zukunft langwierig sein wird.

Die Bewältigung dieser Aufgaben kann aber nur gelingen, wenn die verschiedenen Akteur:innen im „Innovationssystem Mobilität“ (siehe Abbildung 1) zusammenwirken – von den Herstellern der Fahrzeuge und Technikkomponenten über die Kommunen, die Betreiber des ÖPNV und die Politik bis hin zu den Nutzer:innen der Mobilitätsangebote. Forschungs- und Beratungseinrichtungen liefern Grundlagenwissen, begleiten die Entwicklungen und geben wichtige Impulse für die Praxis. Intermediäre wie z. B. Wirtschaftsförderungen und Verbände unterstützen die Vernetzung der Akteur:innen und vertreten deren Interessen.

Kommunen kommt in diesem andauernden Transformationsprozess eine zentrale Rolle zu. Eine ihrer Kernaufgaben ist es, bedarfsgerechte Mobilität für alle Bevölkerungsgruppen sowie die Wirtschaft sicherzustellen. Auf kommunaler Ebene müssen die Stadt- und Kreisverwaltungen zwei wichtige Aufgaben bewältigen:

- Zum einen übernehmen sie nach dem Regionalisierungsgesetz im Rahmen der Daseinsvorsorge die „Sicherstellung einer ausreichenden Bedienung der Bevölkerung mit Verkehrsleistungen im öffentlichen Personennahverkehr“ (§ 1 RegG).
- Zum anderen müssen sie die Finanzierung des ÖPNVs sicherstellen.

Kommunen sind somit zentrale Gestalter, Anbieter und Betreiber von Infrastruktur-, Verkehrs- und Mobilitätslösungen im Innovationssystem Mobilität.

Auch wenn die konkrete Zukunft der Mobilität in vielen Fällen noch unsicher ist, vernetzt und automatisiert wird sie auf jeden Fall sein. Da erfahrungsgemäß die damit verbundenen Planungs- und Umsetzungsprozesse langwierig sind, müssen sich Kommunen schon heute mit ihren spezifischen Mobilitätsbedarfen und Gestaltungsmöglichkeiten automatisierter Mobilität beschäftigen.

Gilt das nur für die Metropolen und Großstädte dieser Welt? Ganz sicherlich nicht. So zeigt eine Vielzahl von Beispielen von Städten und im ländlichen Raum, dass es auch in Deutschland sinnvolle Anwendungsmöglichkeiten automatisierter und vernetzter Mobilität mit einer Vielzahl positiver Effekte gibt. Es geht dabei nie darum, Automatisierte Mobilität, um der Automatisierung oder der Vernetzung willen einzuführen. Das Ziel sollte immer sein, die (zukünftigen) kommunalen

Mobilitätsaufgaben mit Automatisierung und Vernetzung besser zu lösen, als dies mit traditionellen Mitteln möglich ist. Dabei gibt es nicht den einen richtigen Weg, nicht die eine richtige Lösung. Ausgehend von einer Bedarfs- und Potenzialanalyse muss jede Kommune ihre eigenen Ziele, Strategien und Maßnahmen einer zukunftsfähigen Mobilität erarbeiten – automatisierte Mobilität kann ein Teil davon sein.

In Nordrhein-Westfalen müssen Kommunen den Weg zu einem nachhaltigen Verkehrsraum der Zukunft, welcher auch Automatisierte Mobilität berücksichtigt, nicht alleine bestreiten. Dafür wurde als zentrale Anlaufstelle das interdisziplinäre und anwendungsorientierte Centrum für automatisierte Mobilität (camo.nrw) geschaffen. Mit unserem Leistungsangebot möchten wir kommunale Akteur:innen mit Informations-, Beratungs- und Weiterbildungsangeboten versorgen, um sie bei der Einführung automatisierter und vernetzter Mobilitätslösungen vorzubereiten und zu unterstützen.

Diese Publikation ist Teil einer Themenheftreihe, die kontinuierlich aktualisiert und erweitert wird. Mehr Informationen unter www.camo.nrw.

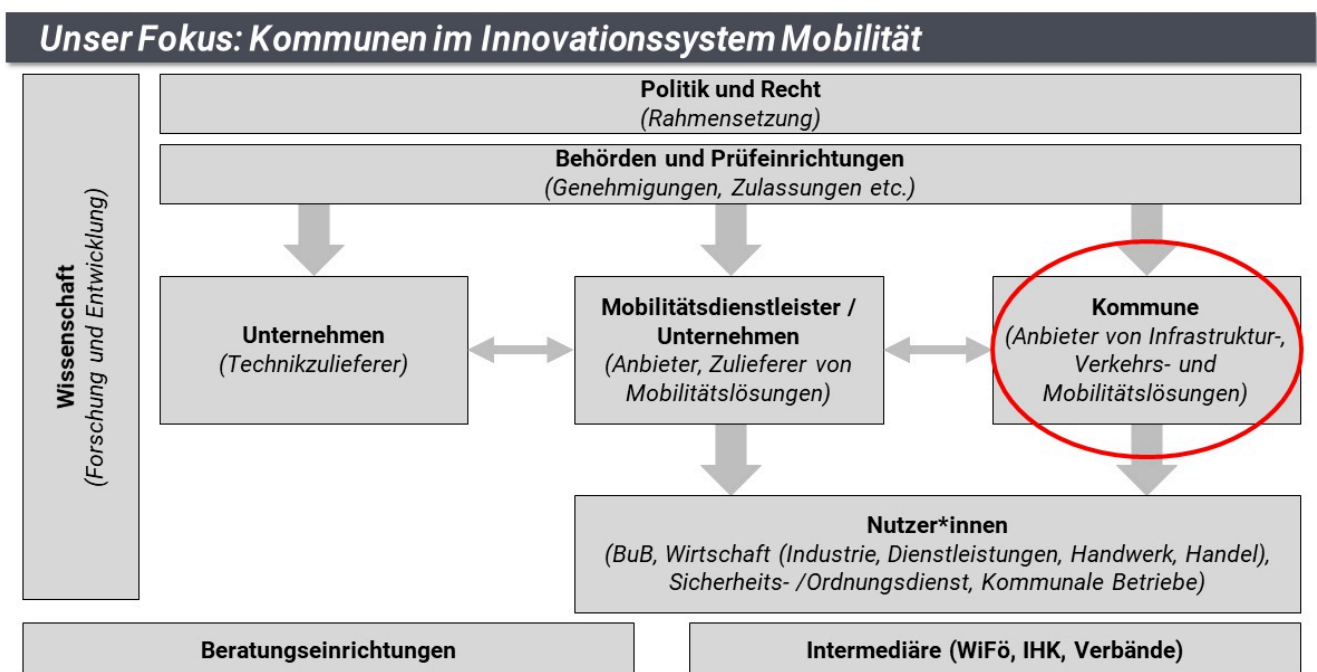


Abbildung 1: Akteur:innen im Innovationssystem Mobilität.

EINLEITUNG

Eine repräsentative Befragung aus dem Oktober 2019[1] hat gezeigt, dass 49% der Bundesbürger:innen glauben, dass selbstfahrende Fahrzeuge in Zukunft zum städtischen Alltag gehören werden. Je jünger die Menschen sind, desto stärker ist dieser Glaube ausgeprägt. Von den 18- bis 29-Jährigen sind 59% von dieser Zukunft überzeugt. Wir können davon ausgehen, dass diese Überzeugung über alle Alterskohorten in einem vom Smartphone durchdrungenen Lebensalltag im Laufe der Zeit noch weiterwachsen wird. Insbesondere wenn die heute unter 18-Jährigen im Laufe des Älterwerdens die Möglichkeiten erkennen und nachfragen, die automatisiertes Fahren und die damit zusammenhängenden digitalen Mobilitätsprodukte und -dienstleistungen bieten werden. Sie sind aufgrund ihres Alters von den meisten Mobilitätsbefragungen nicht erfasst, wachsen jedoch mit digitalen Technologien ganz anders auf als ältere Generationen und nehmen so einen ganz anderen Möglichkeitsraum wahr.

Derzeit ist die gesellschaftliche Akzeptanz von selbstfahrenden Fahrzeugen über alle Altersgruppen hinweg betrachtet jedoch noch sehr begrenzt[2], was zur Nicht-Nutzung solcher Mobilitätsangebote führen kann. Daher ist es notwendig zu verstehen, welche Herausforderungen und Chancen die automatisierte Mobilität für den Menschen mit sich bringt, den Menschen ins Zentrum zu rücken, um eine breite Nutzung zu garantieren.

Im Verlauf dieses Themenheftes wird zunächst das Positive Computing Framework vorgestellt, welches dabei helfen kann zu verstehen und einzuordnen, auf welchen Ebenen der Wandel der Mobilität stattfindet. Daraufhin wird sich der bereits angedeuteten Frage nach der individuellen und gesellschaftlichen Akzeptanz der automatisierten Mobilität gewidmet und betrachtet, welche Faktoren förderlich und welche eher hinderlich sind. Dabei wird sowohl auf den Individualverkehr als auch auf den öffentlichen Personennahverkehr eingegangen.

Anschließend werden ganz konkrete Auswirkungen der Automatisierung auf die Mensch-Maschine-Schnittstellen analysiert und potentielle Entwicklungen der Kommunikation innerhalb und außerhalb des Fahrzeugs aufgezeigt. Zum Schluss werden Herausforderungen bei der Überführung der Schnittstellen in die Praxis beleuchtet.

TECHNOLOGIEFOLGEN ABSCHÄTZEN

Oft werden Systeme aus rein technischer Sicht entwickelt und die menschliche Perspektive dabei vernachlässigt. Doch was ist die hochwertigste Technologie wert, wenn sie nicht genutzt wird? Um die Akzeptanz neuer Technologien zu erhöhen, ist es daher notwendig, die menschliche Perspektive im Entwicklungs- und Planungsprozess einzunehmen[3].

Welche Herausforderungen und welche Chancen bieten sich durch die automatisierte und vernetzte Mobilität für die Nutzer:innen?

Die Herausforderungen der automatisierten Mobilität werden oft anhand des *5-Ebenen-Modells* nach Eckstein[4] erläutert (siehe Abbildung 2). Es basiert auf den fünf hierarchisch aufgebauten Problemfeldern Technik, Mensch-Maschine-Interaktion, Ökonomie, Legislative, Gesellschaft. Es hilft dabei, die Herausforderungen für Fahrer:innen, Fahrzeuge und Fahrumgebung strukturiert zu betrachten. Einen ähnlichen Ansatz, mit Fokus auf das Technologienutzungsverhalten, bietet das *6-Sphären Modell der Technikerfahrung*[5]. Abbildung 3 zeigt das Modell, angepasst auf die automatisierte Mobilität (vgl. auch[6]). Es beschreibt die Erfahrungssphären, die Nutzer:innen neuer Technologien durchlaufen: Annahme, Benutzerschnittstelle, Aufgabe, Verhalten, Leben und Gesellschaft. Dazu eine Beispielanalyse eines neuen Mobility-On-Demand-Services für die fiktive Person Achim, 32, Berufspendler:

Da Achim Bekannte hat, die bereits gute Erfahrungen mit On-Demand-Services gemacht haben, das Angebot erschwänglich ist, und er regelmäßig Google Maps auf seinem Smartphone verwendet, ist seine Motivation hoch, die neuen, in Google Maps integrierten On-Demand-Services auszuprobieren (Annahme). Die Buchung (Aufgabe) eines autonomen Taxi-Shuttles funktioniert mit einem Klick in dem neuen Reiter neben der Verkehrsauskunft (Benutzerschnittstelle). Da er bisher morgens in der überfüllten Innenstadt lange einen Parkplatz suchen musste, nimmt Achim sich vor, künftig öfter ein Taxi-Shuttle zu bestellen (Verhalten). Insbesondere dann, wenn wichtige Termine anstehen. Während Shuttle-Fahrten muss Achim sich nicht mehr auf das Fahren konzentrieren und kann sich sorgsam auf sein nächstes Meeting vorbereiten, die Zeitung lesen oder sich weiterbilden (Leben). Weil Achim öfter On-Demand-Angebote in Anspruch nimmt, braucht seine Familie nur noch einen Wagen, wodurch sowohl in seinem Wohngebiet als auch in der Nähe des Arbeitsortes weniger Parkraum benötigt wird (Gesellschaft).

Das Sphärenmodell der Technikerfahrung stammt aus dem *Positive Computing*[7, 8]. Positive Computing zielt darauf ab, Wohlbefinden im Umgang mit Technologie zu erzeugen. Insbesondere aus der positiven Psychologie[9] sind Determinanten für Wohlbefinden bekannt, die sich zur Systembeurteilung und -gestaltung nutzen lassen:

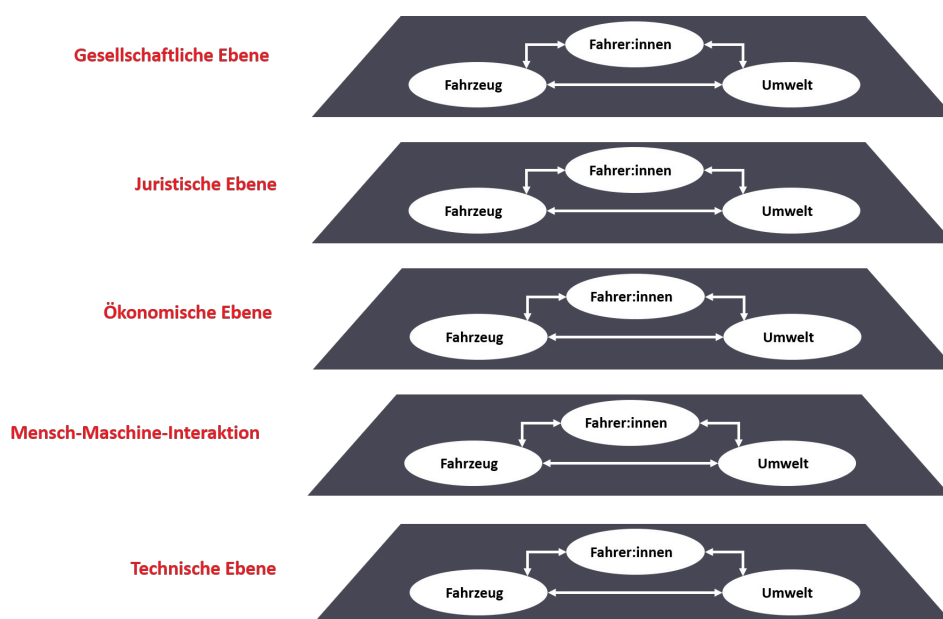


Abbildung 2: 5-Ebenen Modell zur Identifikation der Herausforderungen der automatisierten Mobilität nach [4].

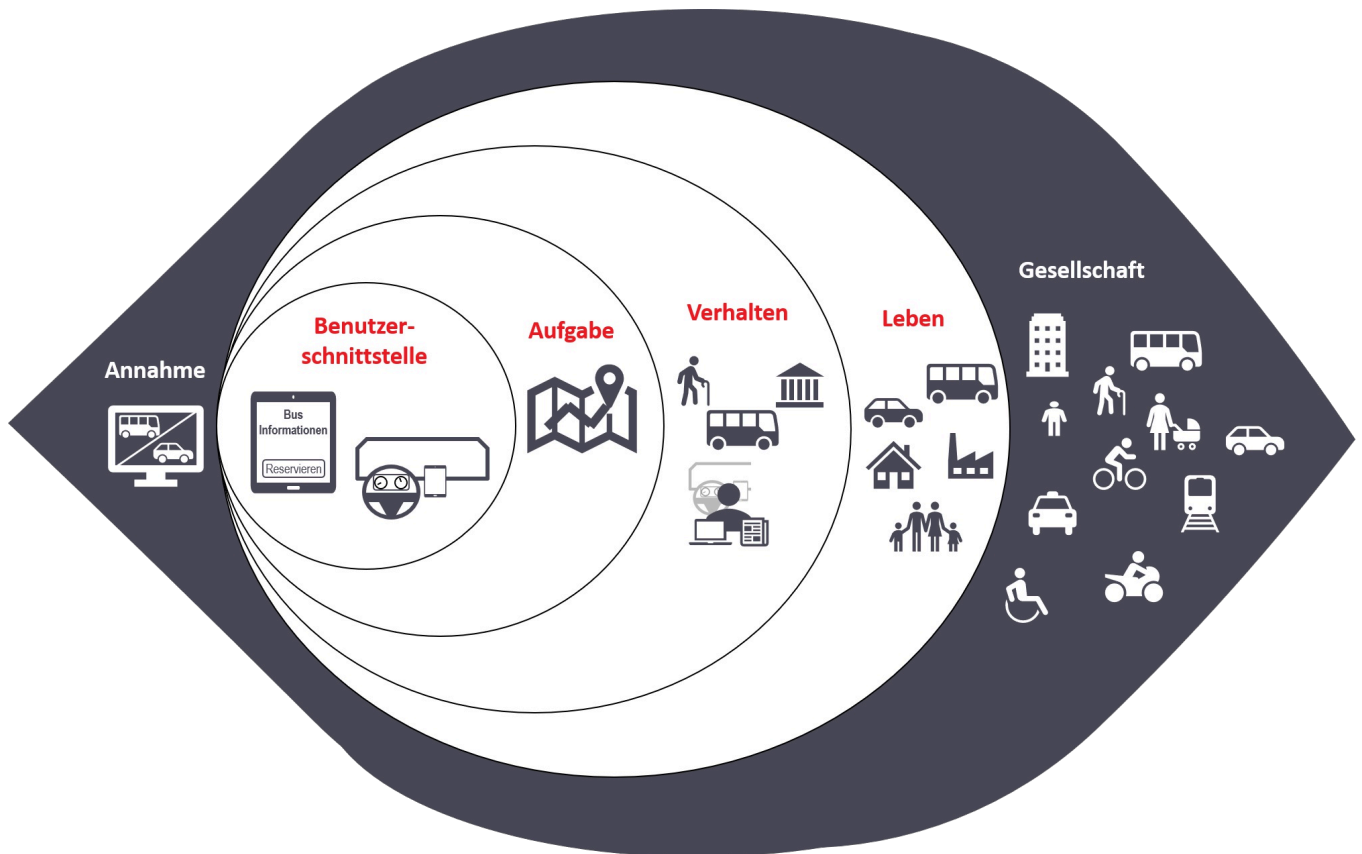


Abbildung 3: Sphärenmodell der Technikerfahrung angewendet auf die automatisierte Mobilität nach [6].

Autonomie: Gefühl, den Ausgang einer Situation beeinflussen zu können

Kompetenz: Gefühl, über ausreichende Fähigkeiten zu verfügen, um eine Situation zu meistern

Verbundenheit: Gefühl der Zugehörigkeit und Verbundenheit mit anderen

Mitgefühl: Gefühl, das entsteht, andere leiden zu sehen und zur Hilfe motiviert

Engagement: Vollkommenes Aufgehen in einer Tätigkeit

Bedeutung: Gefühl der Sinnhaftigkeit und Anerkennung

Jede der Determinanten bzw. jedes dieser menschlichen Grundbedürfnisse kann auf unterschiedlichen Ebenen der Technologieerfahrung relevant sein: Eine physisch-eingeschränkte Person kann Autonomie durch automatisierte Fahrfunktionen (Verhalten) erfahren und Orte erreichen, die vorher nicht erreichbar waren und somit am gesellschaftlichen Leben teilhaben (Leben). Die Autonomie endet aber womöglich, wenn die On-Demand App nicht barrierefrei gestaltet ist (Benutzerschnittstelle). Durch diese, an menschlichen Bedürfnissen ausgerichtete Betrachtungsweise, bietet Positive Computing einen Ausgangspunkt für die Mensch-zentrierte Gestaltung von Technologie und Dienstleistungen. Gerade bei den tiefgreifenden Transformationsprozessen neuer Mobilitätslösungen ist es wichtig, menschliche Bedürfnisse zu berücksichtigen – das Institut Positive Computing bietet hierfür verschiedene Werkzeuge wie *Positive Personas* [10] oder den *Positive Computing Canvas* an.

Positive Computing

Da die Zukunft der Mobilität nicht durch Technologie, sondern durch den Menschen bestimmt wird, muss dieser ins Zentrum der Entwicklung gerückt werden. Einen Ansatz hierfür bietet *Positive Computing*.

AKZEPTANZ ERHÖHEN

Die erste Sphäre der Technikerfahrung ist die *Annahme* oder auch *Akzeptanz* (vgl. Abbildung 3). Akzeptanz für eine Technologie ist Grundvoraussetzung für deren erfolgreiche Einführung und Verbreitung und somit auch für deren Wirtschaftlichkeit. Für einen menschenzentrierten Mobilitätswandel ist es wichtig, die Bedürfnisse, aber auch die Ängste der Menschen zu kennen.

Aus einer Studie des VDI [1] aus dem Jahre 2019 geht hervor, dass viele der Befragten (51 %) den möglichen Sicherheitsgewinn durch automatisiertes Fahren nicht wahrnehmen. Ein fahrerloser ÖPNV wird ebenfalls von den meisten Befragten abgelehnt (68 %). Eine Umfrage des TÜV Rheinlands [11] kommt zu ähnlichen Ergebnissen. Zusätzlich äußerten die Befragten immer mehr Skepsis, je höher der angenommene Automatisierungsgrad ist. Auch in weiteren Studien konnte diese Automatisierungsskepsis gezeigt werden [12]: Mit höherem Automatisierungsgrad werden sowohl der erwartete Fahrspaß als auch das erwartete Vertrauen in das System immer geringer.

Die Sicherung der Akzeptanz geht jedoch über die Automatisierung des Fahrzeugs und kommunaler Mobilitätsangebote hinaus. Die für die Automatisierung notwendigen Sensordaten erfassen Daten von Personen, die nicht am unmittelbaren Steuern des Fahrzeugs beteiligt sind. Viele Menschen sorgen sich um die Sicherheit und Verwendung dieser Daten auch in anderen Kontexten (z. B. durch die Polizei aber auch durch Kriminelle). Bereits heute sind Fahrzeuge mit Kameras ausgestattet, um Hindernisse und Gefahrenquellen, wie z. B. Personen, während der Fahrt zu erkennen. Ein anderes Beispiel ist der in Tesla-Fahrzeugen verfügbare „Wächtermodus“, eine Diebstahlsicherung, die mit Hilfe von acht Kameras die Umgebung des Fahrzeugs kontinuierlich überwacht. Man muss nur knapp am Fahrzeug vorbeigehen und der Modus wechselt in einen Warnmodus, nimmt die Umgebungsbilder auf, die dann gespeichert und sogar an den Hersteller übertragen werden.

Sicherlich sind diese technischen Möglichkeiten durch Datenschutzbestimmungen rechtlich regulierbar und durch entsprechende Hinweise im Straßenraum für Bürger:innen erkennbar. Entscheidend ist jedoch die Frage, ob sich Menschen wohlfühlen, wenn sie fortlaufend durch Fahrzeugkameras und -sensoren erfasst werden. Hinzukommt neben der Erfassung und Speicherung der Daten auch ihre Auswertung und die damit verbundenen Reaktionen des Systems. Dieses Beispiel verdeutlicht, dass die Sicherung der Akzeptanz von weit mehr als vom reinen Verständnis der Technologie abhängt, sondern genauso stark, wenn nicht sogar deutlicher von der Frage, wie das System und damit in diesem Beispiel die Daten geschützt sind.

Um die richtige Strategie bei der Einführung der automatisierten Mobilität zu wählen, ist es daher wichtig zu wissen, wie Akzeptanz überhaupt entsteht. Akzeptanz für eine Technologie ist stark mit dem erwarteten *Aufwand/Nutzen-Verhältnis* [13] verbunden, sowie der Meinung im Freundes- und Bekanntenkreis [14]. Zunächst müssen potenzielle Nutzer:innen für sich einen Mehrwert durch den Einsatz der Technologie erkennen und einen bestimmten Anwendungsfall vor Augen haben. Bezogen auf die automatisierte Mobilität: Sie müssen das Gefühl haben, dass das automatisierte Fahrzeug oder die Mobilitätsdienstleistung ihnen dabei hilft, diesen Anwendungsfall möglichst effektiv und effizient zu lösen – ohne, dass Menschen im sozialen Umfeld dies ablehnen und ohne die zur Verfügung stehenden zeitlichen und monetären Ressourcen zu übersteigen. Dazu zurück zu Achim, 32, Berufspendler:

Achim überlegt sich, wie er eigentlich zu automatisierten Fahrzeugen steht. Teuer sind sie wahrscheinlich (Ressourcen), aber dafür könnte er auf dem Weg zur Arbeit endlich mal in Ruhe frühstücken, ohne dabei fahren zu müssen (Aufwand/Nutzen). Als Ingenieur weiß er natürlich um die technischen Eigenheiten, vor Hackerangriffen hat er keine Angst (Vertrauen, Sicherheit). Er hat sich auch schon öfter mit seinen Kolleg:innen über dieses Thema ausgetauscht, doch die sind sich einig darüber, dass sie lieber selbst fahren würden (soziales Umfeld). Am Ende weiß Achim selbst nicht, ob er automatisierte Fahrzeuge gut oder schlecht finden soll.

Das vorangegangene Beispiel zeigt, dass Akzeptanz individuell sehr unterschiedlich ausgeprägt sein kann – und hier wurde nur ein Ausschnitt der möglichen Einflussfaktoren betrachtet. Städte und Gemeinden können an unterschiedlichen Stellen darauf einwirken, wie die automatisierte Mobilität beim Einzelnen wahrgenommen wird – von Informationsangeboten und Bürger:innenbeteiligungsformaten, über die bedarfsgerechte Technologiebeschaffung bis hin zur Preisgestaltung des Park- und Mobilitätsangebots.

Zusammenfassend ist die gegenwärtige Wahrnehmung der automatisierten Mobilität oft von Ängsten geprägt. Gegenwärtige Studien fragen oft Erwartungen mit automatisierten Fahrzeugen ab, ohne dass die Befragten selber eigene Erfahrungen mit derartigen Systemen sammeln konnten. Negativschlagzeilen über Datenpannen bei Fahrzeugherstellern und Unfälle mit automatisierten Fahrzeugen können diese negativen Erwartungen verstärken. Um die Transformation hin zur automatisierten Mobilität zu beschleunigen, ist daher Aufgabe von Politik, Herstellern und Betreibern, die Ängste der Bevölkerung zu erfassen und zu nehmen und den Mehrwert der automatisierten Mobilität näherzubringen, z. B. durch die Präsentation von Ergebnissen aus Pilotprojekten wie *KoMoD* in Düsseldorf [15] oder durch Formen der direkten Erfahrung wie in *Moia* [16] oder in den Reallaboren des *CAMO*-Projekts.

CHANCEN FÜR DEN ÖFFENTLICHEN NAHVERKEHR

Die steigende Zahl der Assistenzsysteme in Fahrzeugen geht mit einer erhöhten Digitalisierung (z. B., erhöhte Rechenkapazitäten) der Systeme einher. Die Digitalisierung der Fahrzeuge befeuert wiederum deren Automatisierungs- und Vernetzungsmöglichkeiten. Dadurch entstehen völlig neue Möglichkeiten der Verkehrsnutzung, von elektrischen Kleinfahrzeugen [16], Fahrrädern [17, 18], bis hin zu Bodendrohnen [19] welche z. T. auch im ÖPNV Einzug erhalten werden. Sie werden durch eine Vernetzung der Verkehrswelt mit Hilfe von intelligenten Ressourcenverteilungssystemen (KI) leichter verfügbar. Den Ansatz für eine effiziente Verbindung von Mobilitätsformen und -angeboten aus einer Hand nennt man auch *Mobility as a Service* [20] und die gemischte Verkehrsmittelnutzung bezeichnet man als intermodalen Verkehr. Weiterhin gibt es Bestrebungen den ÖPNV mit dem Gütertransport zu koppeln. So können beispielsweise Busse in die Transportlogistik von Lieferdiensten (z. B. Pakete liefern) einbezogen werden. So kann z.B. das Einkaufen ohne Auto attraktiver werden. Die aktuelle Auslastung kann in Echtzeit über Apps übertragen werden. Auch wenn der Bus in Zukunft fahrerlos fährt, können Apps z. B. ein flexibles Ein- und Aussteigen an virtuellen Haltepunkten ermöglichen und so einen Mehrwert und dadurch Akzeptanz in der Bevölkerung für automatisierte Systeme im ÖPNV schaffen.

Für Städte und Gemeinden besteht also die Chance, zum einen als Anbieter von Mobilitätsplattformen und zum anderen durch Integration neuer, akzeptanzfördernder Konzepte den lokalen ÖPNV aufzuwerten. Voraussetzung dafür ist es, die lokalen ÖPNV-Nutzer:innen genau zu verstehen, z. B. durch eine Kontrastmeinungsanalyse (vgl. [22]), um maßgeschneiderte Angebote für Bürger:innen zu entwickeln. Mehr dazu im Abschnitt „Menschzentrierte Systementwicklung“ (S. 16).

Mobilitätsdienstleistungen als Chance

Durch vernetzte Mobilität können neue Dienstleistungskonzepte im ÖPNV entwickelt werden. Über eine intelligente Verknüpfung mit der Transportlogistik kann zusätzlicher Mehrwert für Nutzer geschaffen werden.

Akzeptanz

Die Akzeptanz für die automatisierte Mobilität ist in Deutschland erst teilweise vorhanden. Sicherheitsbedenken und mangelndes Vertrauen in die Technik, sowie der im Alltag (noch) nicht ersichtliche Nutzen hemmen die Einführung. Um Bedenken aufzulösen und den Mehrwert sichtbar zu machen, muss die automatisierte Mobilität erfahrbar und nachvollziehbar gemacht werden.

MENSCH-MASCHINE-SCHNITTSTELLEN IM WANDEL

Auf die Akzeptanz einer Technologie folgt die Nutzung. Der erste Berührungspunkt ist die Benutzerschnittstelle (siehe Abbildung 3). Eine gute bzw. schlechte Schnittstelle kann sich auf alle folgenden Sphären auswirken: Die Schnittstelle ist entscheidend für die individuell wahrgenommene Nützlichkeit und Nutzbarkeit einer Technologie. In der Folge befördert sie Akzeptanz oder Ablehnung. Schlussendlich verhindert eine schlechte Schnittstelle daher die Erreichung der langfristigen Ziele und die mit den Zielen verbundenen positiven Auswirkung auf die Gesellschaft.

Die Aufgaben des Menschen während der Fahrt wird zunehmend durch Computer übernommen. Dadurch ergeben sich neue Möglichkeiten, aber auch neue Herausforderungen (vgl. auch [23]). Es stellt sich die Frage, wie wir in Zukunft mit Transportmitteln interagieren werden.

Klassischerweise sieht die Transportaufgabe wie folgt aus: Damit Mensch und Maschine kommunizieren können, benötigen sie *gemeinsame Schnittstellen*. Beispiel Fahraufgabe: Das Fahrzeugsystem zeigt auf dem Tachometer die aktuelle Geschwindigkeit an (Wahrnehmung). Sind wir zu schnell oder zu langsam (Verarbeitung), müssen die Bremse oder das Gas betätigt werden (Handlung). Die Änderung wird vom System im Tachometer an den Fahrer rückgemeldet. Der Prozess aus Wahrnehmung, Verarbeitung und Handlung beginnt erneut. Man spricht auch von der *Fahrzeugkontrollschleife* [24]. Neben klassischen Bedienelementen im Fahrzeug werden durch neue Technologien auch neue Formen der Interaktion möglich: Mit Hilfe von Sensorinformationen können die menschlichen Sinne erweitert werden und so unter anderem eine Rundumsicht beim Parken ermöglichen [25]. Das System kann auch umgekehrt z.B. auf Frustration des Menschen reagieren, in dem es die Lichtfarbe der Innenraumbeleuchtung anpasst oder den Fahzeuginnenraum mit angenehmen Düfte anreichert.

Aber nicht nur im Fahrzeug selbst, sondern überall im Straßenverkehr kommen wir mit Mensch-Maschine-Schnittstellen in Berührung: Beim Bestellen von On-Demand-Angeboten über eine App, bei der Suche nach der aktuellen Bahnverbindung am Ticketautomaten oder beim Betätigen der Fußgängerampel an der Kreuzung. Durch die Automatisierung der Fahraufgabe und des Straßenverkehrs werden in Zukunft neue Formen von Mensch-Maschine-Schnittstellen benötigt. Zum einen um den *Zustand* und die *Absichten* [27] der technischen Systeme eindeutig zu kommunizieren und zum anderen um Möglichkeiten zu schaffen, in die weitgehend autonom ablaufenden Steuerungs- und Kontrollprozesse *eingzugreifen* [28, 29]. Bei der Einführung und Gestaltung dieser neuen Schnittstellen ist darauf zu achten, dass sie für möglichst viele Menschen wahrnehmbar und bedienbar, d. h. *barrierefrei*, sind [30].

Man unterscheidet zwei grundlegende Bereiche der Mensch-Maschine Interaktion im Mobilitätsbereich: Die Interaktion innerhalb, also zwischen Fahrer:innen und System, und die Interaktion außerhalb der Fahrzeuge, also zwischen System und anderen Verkehrsteilnehmer:innen.

INTERAKTION ZWISCHEN VERKEHRSTEILNEHMER:INNEN

Heutzutage kommunizieren Fahrer:innen ihre Absichten weitgehend über Lichtzeichen: Ein rotes Rücklicht signalisiert Bremsen, ein blinkendes gelbes Licht Abbiegen. Doch manchmal kommt es zu komplexen Situationen, in denen auch nicht-standardisierte Kommunikationsformen wie Sprache, Mimik und Gestik verwendet werden [31], wie etwa beim Aushandeln der Vorfahrt an einer Rechts-vor-Links-Kreuzung zwischen mehreren Auto- und Radfahrer:innen. Weil Fahrzeugkabinen akustisch abgeschirmt sind, wird meist über Gestik kommuniziert. Sie erfolgt über Gesichtsausdruck, Augenkontakt, Handgesten oder Körperbewegungen. Solche Interaktionen sind für hochautomatisierte Fahrzeuge besonders herausfordernd, da diese die informellen Regeln der menschlichen Kommunikation nicht immer verstehen und in Folge nicht passend (re-)agieren können.

Dennoch ist dieser Informationskanal gerade im Mischverkehr von autonom und nicht autonom fahrenden Fahrzeugen wichtig, um einen gewissen Grad an Verkehrsfluss und Sicherheit zu gewährleisten. Beispielsweise wäre es ohne informelle Kommunikation nicht möglich, den § 1 StVO einzuhalten: Ständige Vorsicht und gegenseitige Rücksicht. Das bedeutet, dass Verkehrsteilnehmer:innen in manchen Situationen auf ihr Recht verzichten müssen, z. B. auf ihre Vorfahrt an einer schlecht einsehbaren Straße, um ihre eigene und die Sicherheit anderer nicht zu gefährden. Zukünftig müssen automatisierte Fahrzeuge in standardisierter Form mit ihrer Umwelt kommunizieren, damit Passant:innen, Radfahrer:innen und andere Fahrzeuge ihre Absichten eindeutig erkennen können.

Ein Mittel hierfür könnten externe Kommunikationskanäle (siehe hierzu [32]) sein, welche per Bildschirm an der Karosserie oder per Projektion auf die Straße mit anderen Verkehrsteilnehmer:innen kommunizieren (siehe Abbildung 4). Eine Herausforderung stellt dabei die Verständlichkeit dieser Kommunikation in allen Bevölkerungsgruppen dar, denn auch Kinder ohne Lesekompetenz oder Menschen mit fehlenden Sprachkenntnissen müssen mit diesen Fahrzeugen interagieren können.



Abbildung 4: Externe Displays für die Mensch-Maschine-Kommunikation, © 2016, Semcon.

INTERAKTION IM FAHRZEUG

Automatisierung wird mit dem Ziel des zusätzlichen Komfort- und Sicherheitsgewinns entwickelt: Auf längeren Fahrten übernimmt die automatische Abstandsregelung die ständige Bedienung von Gas und Bremse, um die gewünschte Distanz zum vorausfahrenden Fahrzeug zu halten, die Müdigkeitserkennung warnt Fahrer:innen, wenn sie unaufmerksam werden.

Doch die Entlastung bzw. die Verschiebung der primären Transportaufgabe hin zur Maschine, hat auch einen Nebeneffekt: Je größer der Anteil des Systems bei der Ausführung der Fahraufgabe in unkritischen Situationen, desto weniger, aber kritischer wird der Fahranteil der menschlichen Fahrer:innen. Solange der Mensch in sicherheitskritischen Situationen vollständig die Kontrolle über das Fahrzeug zurückerlangen muss, spricht man daher auch vom sogenannten Automatisierungsparadoxon [33]. Die Aufgaben der Fahrer:innen werden weniger, dafür konzentriert in kritischen Situationen auftreten (siehe Abschnitt „Übernahmeproblematik und Stress durch Automatisierung“). Eine damit verbundene Herausforderung ist der Verlust von Fahrfähigkeiten. Durch die reduzierte manuelle Fahrzeit werden Fahrer:innen weniger Routine entwickeln.

Wenn das System die primäre Fahraufgabe zukünftig streckenweise komplett übernehmen kann, sind die Fahrer:innen (zeitweise) nicht mehr in der Verantwortung in die Fahraufgabe einzugreifen, was einen radikalen Rollenwandel des Menschen im Fahrzeug vom Fahrer hin zum Passagier bedeutet (siehe Abschnitt „Vom Fahrer zum Passagier“).

Neue Kommunikationsformen

Menschen nutzen *informelle Kommunikation* im Straßenverkehr. Eine große Herausforderung stellt insbesondere das Aushandeln der Vorfahrt an einer Kreuzung dar. Hier müssen in Zukunft passende Normen entwickelt werden, um einen flüssigen Mischverkehr zwischen automatisierten und nicht-automatisierten Verkehrsteilnehmern zu ermöglichen. Externe *Anzeigen* oder *Lautsprecher* können die Schnittstelle zu Passanten, Radfahrer:innen, sowie anderen Fahrer:innen bilden.

ÜBERNAHMEPROBLEMATIK UND STRESS DURCH AUTOMATISIERUNG

Nicht vollständig automatisierte Fahrzeuge geben die Verantwortung für die Fahraufgabe an den menschlichen Fahrer zurück, sobald das System die Grenzen seiner Fähigkeiten erreicht, z.B. aufgrund fehlender Spurmarkierungen. Außerdem kann im Extremfall die Sensorik gestört werden oder komplett ausfallen, z.B. durch plötzlich einsetzenden Schneefall. Auch auf höher Ebene kann die KI-Software die Umgebung fehlinterpretieren und so beispielsweise andere Verkehrsteilnehmer:innen nicht rechtzeitig wahrnehmen. Daher ist es essenziell, dass menschliche Fahrer:innen die Systemgrenzen verstehen und Übernahme-situation voraussehen können. Wird die Person am Steuer kurz vor einem Hindernis benachrichtigt, muss sie bestimmen, wie stark gebremst und in welchem Winkel gelenkt werden muss (Entscheidung auf Stabilisierungsebene), um z.B. die Spur zu halten oder einem Hindernis auszuweichen (Entscheidung auf *Bahnführungsebene*) und so einen Unfall zu vermeiden. In manchen Fällen muss der Mensch in der Lage sein, das Fahrzeug innerhalb von vier Sekunden unter Kontrolle zu haben. Allerdings zeigen verschiedene Studien [34, 35], dass mehr Zeit benötigt wird, um die vollständige Kontrolle über das Fahrzeug zu erlangen. Diese ständige Erwartung einer Übernahmeaufforderung kann zu Stress bei Fahrer:innen führen, und dem Ziel der Automatisierungsbestrebungen, Komfort und Sicherheit zu schaffen, entgegenstehen.

Um dieser Übernahmeproblematik entgegenzuwirken, kann man an zwei Punkten ansetzen: Erstens durch die *Vermeidung* von Risikosituationen und zweitens durch *Vorbereitung* auf und Unterstützung in Risikosituationen. Eine nicht verzeichnete Baustelle oder ein nicht verzeichnetes Schlagloch auf der digitalen Karte fallen unter den ersten Punkt. Hier können Gemeinden und Städte helfen, indem sie aktuelles Kartenmaterial bereitstellen. Natürlich ist das nicht in allen Fällen möglich. Kommt es zur kurzfristigen Übernahme, muss die Person am Steuer durch das Fahrzeug dabei bestmöglich unterstützt werden.

Damit Fahrer:innen eine Situation richtig einschätzen können, muss sich diese bewusst gemacht werden. Diesen Prozess nennt man auch *Situationsbewusstsein* (siehe Abbildung 5). Dabei müssen alle relevanten Informationen wahrgenom-

men, ihre Bedeutung verstanden, und mögliche Ausgänge der Situation antizipiert werden. So muss insbesondere ein Kind, das am Straßenrand hinter einem parkenden Fahrzeug steht, erkannt werden (Wahrnehmung), als möglicher Risikofaktor identifiziert (Verständnis), und sein Weg auf die Fahrbahn vorausberechnet werden (Antizipation). Daraufhin könnte die Entscheidung zur Vorsicht und die Reduktion der Geschwindigkeit (Handlung) folgen. Unsere Erfahrungen oder mentalen Modelle ähnlicher Situationen wirken jedoch auf das Situationsbewusstsein ein. Das ist vorteilhaft, um schnell Entscheidungen zu treffen. Gefährlich wird es, wenn das mentale Modell nicht auf die Situation anwendbar bzw. unangemessen ist. Dabei kann es sich um die falsche Berechnung des Laufweges des Kindes aus dem vorangegangenen Beispiel, aber auch um Unkenntnis von Grenzen der Automatisierung und damit einhergehendes „Übervertrauen“.

Zusammenfassend wird die Übernahmeproblematik heutzutage zwar im Design von Mensch-Maschine-Schnittstellen berücksichtigt, es gibt aber noch keine einheitliche Lösung. Da es sich um einen sicherheitskritischen Vorgang handelt, ist eine Standardisierung, wie dies bei anderen Systemen der Fall ist, wünschenswert. Im Übrigen stellt sich auch noch die Frage, wie sich das Fahrzeug verhalten soll, wenn der Mensch der Übernahmeaufforderung nicht nachkommt, und ob sich solche Situationen evtl. auch in der Ausbildung zukünftiger Fahrzeugführer:innen finden müssen.

Technostress

Die ständige Erwartung einer Übernahme kann Fahrer:innen unnötig unter Stress setzen. Kommt es dazu, sollten Fahrer:innen bestmöglich unterstützt werden. Nichtsdestotrotz sollten Situationen, die zum Ausfall der Systeme führen können, wie z.B. nicht verzeichnete Schlaglöcher oder Baustellen, vermieden werden.

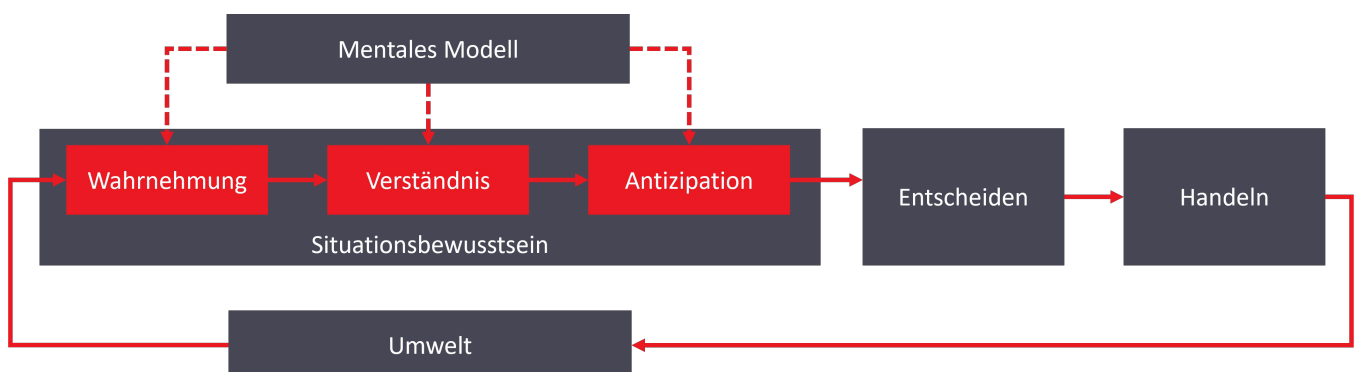


Abbildung 5: Situationsbewusstsein im Informationsverarbeitungsprozess nach Endsely [27].

FAHRENDE WERDEN MITFAHRENDE

Sobald Fahrzeugsysteme in der Lage sind, die Transportaufgabe zeitweise vollständig auszuführen und der Mensch nicht mehr in den Fahrprozess eingreifen muss, ist das Automatisierungsparadoxon überwunden. Aus menschlicher Sicht wird die ehemals primäre Tätigkeit im Fahrzeug zur Nebensache. Der:die Fahrer:in wird zum:zur Passagier:in. Dadurch ergeben sich neue Formen der Fahrzeugnutzung für den Individualverkehr, z.B. risikofreier Gebrauch des Smartphones, Büroarbeit oder Entspannung[37]. Diese neuen Nutzungsformen werden sich auch in der Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstellen und in den Fahrzeuginnerräumen niederschlagen. In den Designstudien mehrerer Fahrzeughersteller sieht man bereits Konzepte wie mobile Büros oder fahrende Wohnzimmer (siehe Abbildung 6).

Reisezeit wird frei gestaltbar. Darin steckt enormes Potenzial: Arbeit, sofern möglich, kann bereits auf dem Weg ins Unternehmen begonnen werden, zudem würden Pendler:innen deutlich entlastet. Daher sollten Städte und Gemeinden ihre eigene, lokal integrierte Vision zur zukünftigen Mobilitätsnutzung entwickeln, frühzeitig an die Bürger:innen kommunizieren, Ängste erkennen und entsprechend handeln.

Reisen in der Zukunft

Durch die Möglichkeit Reisezeit flexibler zu nutzen, können auch Arbeits- und Freizeitmodelle neu gedacht werden. Je nachdem wie wir mit diesen Gestaltungsmöglichkeiten umgehen, kann die automatisierte Mobilität entweder *Utopie* oder *Dystopie* werden. Werden wir in Zukunft zum immer verfügbaren Workaholic oder werden wir mehr Freizeit genießen können?

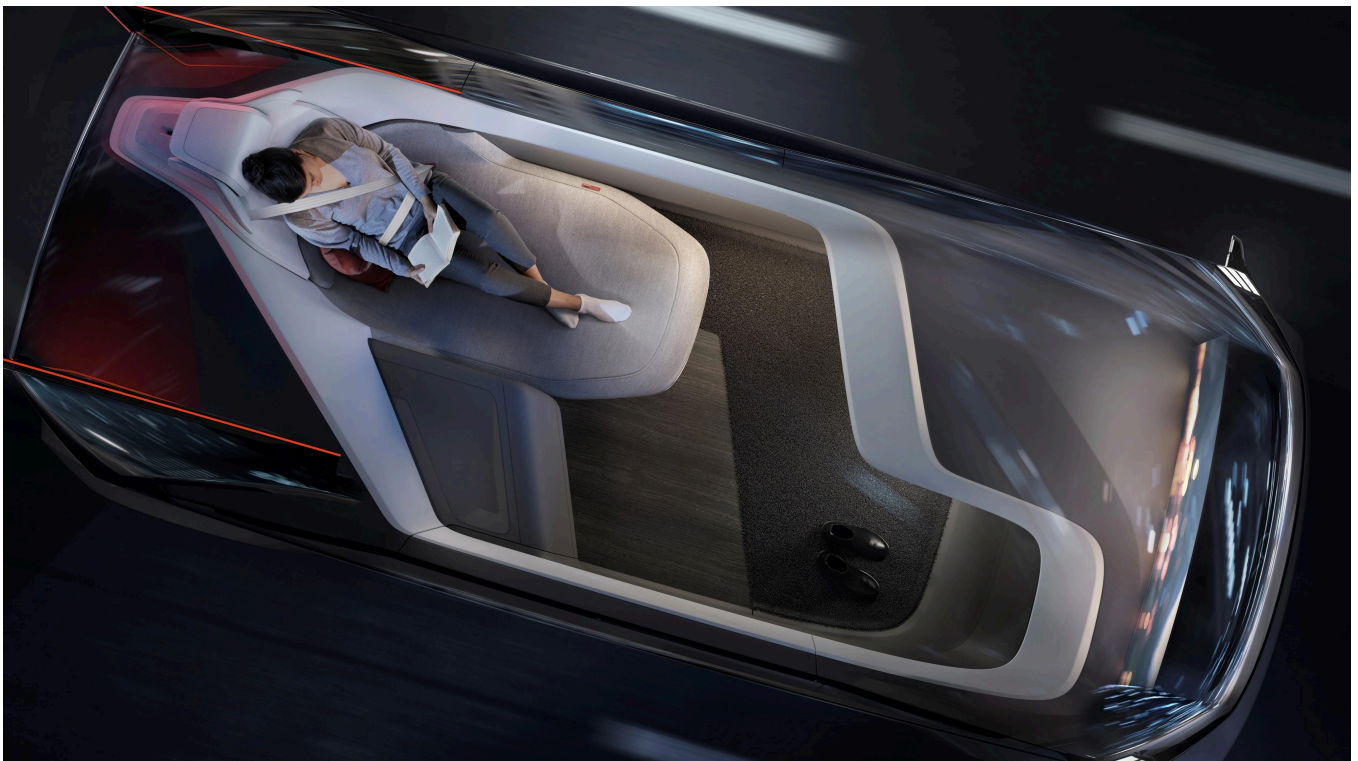


Abbildung 6: Die Vision - Mobile Arbeit und mobiles Wohnen, © 2018, Volvo.

MENSCHENZENTRIERTE SYSTEMENTWICKLUNG

Die vorangegangene Abschnitte zeigen, dass die Akzeptanz eines Systems, eine zentrale Rolle bei der Umsetzung von Zukunftsvisionen einnimmt. Daher sollten die Bedarfe der späteren Endnutzer:innen von Beginn an in den Entwicklungsprozess integriert werden. Bewährt haben sich Entwicklungsprozesse nach den Prinzipien des Human-Centered Design [38] oder des Design Thinkings [41, 42].

Human-Centered Design [38] (kurz: HCD) ist ein iterativer Designprozess, bei dem im Gegensatz zum klassischen System Entwurfsprozess in jeder Phase des Prozesses den Benutzer:innen und ihren Anforderungen besondere Aufmerksamkeit geschenkt wird. HCD-Teams setzen eine Kombination aus Forschungs- und Designmethoden ein, um die späteren Nutzer:innen in den gesamten Designprozess einzubeziehen, was zu äußerst benutzerfreundlichen und zugänglichen Produkten für sie führt [39] und dazu beiträgt, Fehlentwicklungen möglichst früh aufzudecken und so effektiv Kosten zu sparen.

Im Allgemeinen umfasst der HCD-Prozess bei jeder Iteration vier verschiedene Phasen (vgl. Abbildung 7). Zunächst muss das Team den Kontext verstehen, in dem Menschen das System nutzen könnten. Dann werden die Bedürfnisse der Benutzer:innen ermittelt und skizziert. Es folgt eine Entwurfsphase, in der das Designteam konkrete Lösungen, z.B. Systemprototypen, erarbeitet. Danach geht das Team zum Schritt der Evaluation über und führt beispielsweise Tests des Prototyps mit Nutzer:innen durch. Um festzustellen, wie gut eine Lösung funktioniert, vergleicht man die Ergebnisse der Bewertung mit dem Kontext und den gesammelten Anforderungen. Nach der Evaluation kann das Team sich dazu entscheiden, in eine der vorherigen Phasen zurückzugehen, bis die Ergebnisse der Bewertung zufriedenstellend sind.

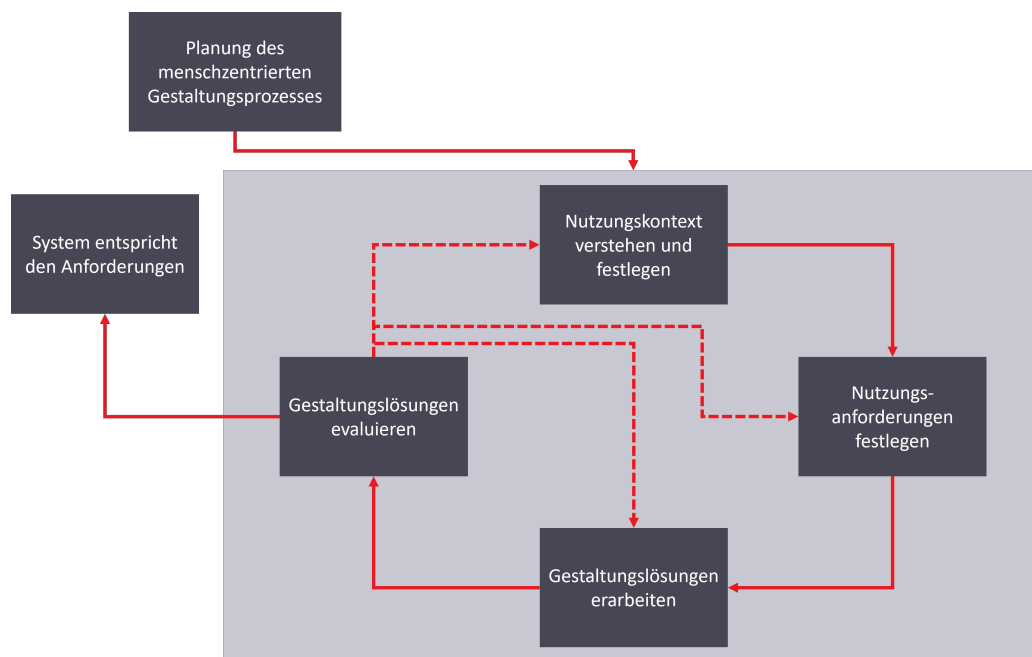


Abbildung 7: Menschzentrierter Designprozess nach ISO 9241-210 [38]

HCD basiert auf einer klaren Kenntnis der Nutzer:innen, der Aufgaben und der Umgebung. Das Ziel des Prozesses ist es, die gesamte Nutzungserfahrung zu dokumentieren und zu berücksichtigen. Daher sollte ein Designteam Spezialist:innen aus verschiedenen Bereichen, z.B. Psycholog:innen und Softwareentwickler:innen, sowie Fachleute, Interessenvertreter:innen und Nutzer:innen umfassen. Die Expert:innen können beispielsweise die erstellten Entwürfe anhand von Designregeln und -kriterien bewerten. Neben den Expert:innen müssen jedoch immer auch die Endnutzer:innen in den Bewertungsprozess einbezogen werden, um die gesamte Nutzungserfahrung zu erfassen.

Auch im Design Thinking wird auf ein Team mit gemischter Expertise gesetzt und ebenfalls ein iterativer Prozess durchlaufen – mit dem Unterschied, dass hier jederzeit und nicht erst nach der Evaluation Rückschritte möglich sind bzw. Schritte parallel laufen können [42]. Die Prozessschritte sind dabei nahezu identisch – mit einer Ausnahme: Im Design Thinking steht ein Schritt zur Ideengenerierung (Ideation) zwischen Anforderungen bzw. Problemdefinition und der Entwicklung der Gestaltungslösung bzw. des Prototyps. In dieser Phase eines Projekts soll durch Methoden wie Brainstorming ein möglichst breites Spektrum möglicher Lösungen geschaffen werden, bevor ein oder mehrere davon umgesetzt werden. Daher empfiehlt es sich, Design Thinking bei unbekannten oder schwierigen Problemstellungen zu verwenden und HCD bei bekannten Problemstellungen – je nach Ausgangsfragestellung.

Menschzentrierte Entwicklung zahlt sich in jedem Fall auch für Städte und Gemeinden aus: Mobilitätsdienstleistungen, die ein hohes Maß an Gebrauchstauglichkeit aufweisen, entsprechen mit größerer Wahrscheinlichkeit den Erwartungen und Anforderungen der Endnutzer:innen, was zu höherer Akzeptanz, höheren Umsätzen und geringeren Ausgaben für z.B. Kundendienste führt und somit zu einem höheren Zielerreichungsgrad der gesellschaftlichen Ziele. Wenn die Gestaltung der Dienstleistungen und Produkte in enger Zusammenarbeit mit den Nutzer:innen erfolgt, ist im Ergebnis eine stärkere Berücksichtigung von ethischen Bedarfen (z.B. Schutz der Privatsphäre) zu erwarten. Auch dies trägt zu einer Akzeptanzerhöhung bei.

Human-Centered Design

Mobilitätsprojekte können durch gemixte Expertise im Projektteams und Empathie mit den späteren Nutzer:innen profitieren: Höhere Akzeptanz, höhere Sicherheit, weniger Kosten.

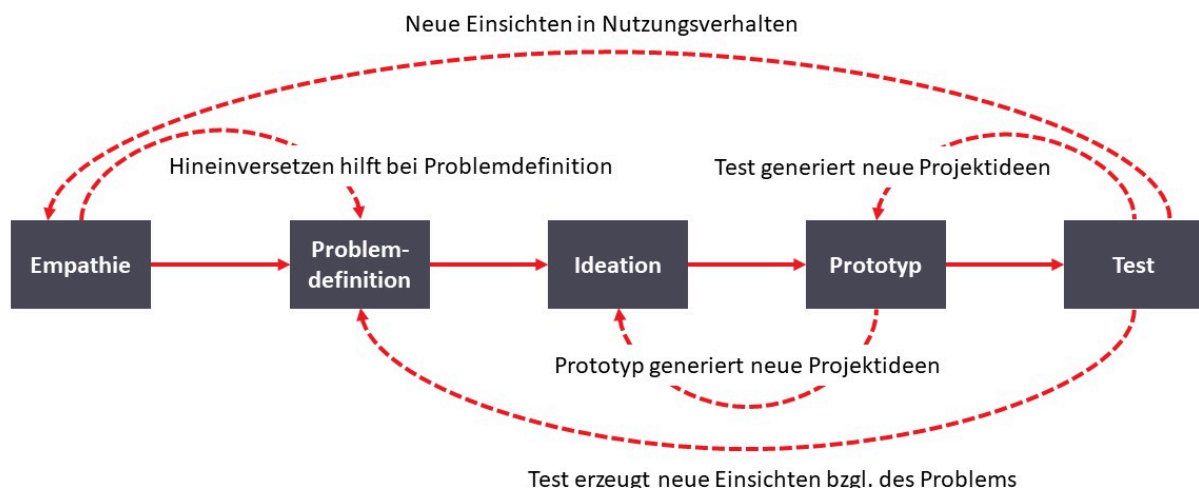


Abbildung 8: Design Thinking Prozess, angepasst nach [40]

ZUSAMMENFASSUNG

Die automatisierte Mobilität kommt und bietet die Chance für Städte und Gemeinden, neue Digitalangebote und Mobilitätsdienstleistungen im ÖPNV-Bereich zu schaffen. Intelligente Verknüpfungen, z.B., von Transport- und Güterverkehr, in Mobilitätsknotenpunkten schaffen einen echten Mehrwert für Bürger:innen. Doch auf dem Weg dorthin sollten auch die Folgen des technologischen Wandels berücksichtigt und Bürger:innen frühzeitig mit eingebunden werden, z.B. durch Informationskampagnen, Reallabore oder Pilotprojekte, um so die Annahme der Angebote zu sichern und Vorbehalte abzubauen. Das Positive Computing bildet hierfür einen Betrachtungsrahmen.

Den Wandel menschenzentriert zu gestalten ist wichtig, denn Mobilität wird den Verkehrs- und Lebensraum in Städten und Gemeinden auch in Zukunft bedeutend prägen. Dabei ist es nötig, dass die Grenzen der Automatisierung vermittelt werden, um Missverständnisse zu vermeiden.

Neue Formen der Kommunikation mit autonomen Systemen werden entstehen, um ein sicheres Miteinander von Mensch und Maschine zu garantieren: Externe Bildschirme an Bussen und PKWs oder flexible Projektionen auf der Straße kommunizieren Absichten der Systeme, da durch den Wegfall der Fahraufgabe kaum noch ein Mensch hinter dem Steuer sitzen wird. Städte und Gemeinden müssen hier auf Technologien setzen, die den Faktor Mensch im Verkehr mit berücksichtigen. Gemeinsam mit ihren Bürgerinnen und Bürgern sollten die Kommunen Visionen zum Thema Mobilität, Leben und Arbeit entwickeln, damit ihre Bedarfe rechtzeitig identifiziert werden. Durch die zukünftig flexibler nutzbaren Reisezeiten wird sich die Wahrnehmung von Distanz zwischen Wohn- und Arbeitszeit ändern. In der Folge werden sich die Bedarfe für Wohn- und Gewerbe- und Verkehrsfläche verändern.

Menschenzentrierte Entwicklungsprozesse und interdisziplinäre Teams können dabei helfen, Mobilität bedarfsgerecht zu gestalten. Bis eine vollständige Automatisierung der Mobilität erreicht sein wird, wird eine Mischung aus automatisierten Systemen mit unterschiedlichen Stufen auf den Straßen unterwegs sein. Technische Lösungen, die alle Verkehrsteilnehmer:innen berücksichtigen können, werden im Themenheft „Automatisierte Mobilität: Überblick über die technologischen Grundlagen“ vorgestellt.

LITERATUR

- [1] Yasmin Halil, Lorenz Hornbostel, Doris Johnson, Jörg Dubbert, Gereon Meyer u. Volker Wittpahl: Automatisiertes Fahren in der Smart City. Studie zur vernetzten Mobilität der Zukunft: Gesellschaftliche und fachliche Einschätzungen im Vergleich, Berlin 2020. <https://www.iit-berlin.de/publikation/automatisiertes-fahren-in-der-smart-city/>, abgerufen am: 11.03.2020
- [2] Lenz, B. u. Fraedrich, E.: Gesellschaftliche und individuelle Akzeptanz des autonomen Fahrens. In: Autonomes Fahren. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg 2015, S. 639–660
- [3] Geisler, S.: Menschliche Aspekte bei der Entwicklung von Fahrassistenzsystemen. In: Reuter, C. (Hrsg.): Sicherheitskritische Mensch-Computer-Interaktion. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden 2021, S. 363–382
- [4] Lutz Eckstein: Potential von Vernetzung & Automatisierung für die Mobilität der Zukunft. In: 33th International AVL Conference „Engine & Environment“. Graz, Austria 2018
- [5] Peters, D. Calvo, R. u. Ryan, R.: Designing for Motivation, Engagement and Wellbeing in Digital Experience. In: Frontiers in psychology 2018
- [6] Autonome Fahrzeuge: Von Akzeptanz zu Wohlbefinden, Geisler, S., Mensch und Computer 2019 - Workshopband 2019
- [7] Pawlowski, J. M., Eimler, S. C., Jansen, M., Stoffregen, J., Geisler, S., Koch, O., Müller, G. u. Handmann, U.: Positive Computing. Business & Information Systems Engineering 57 (2015) 6, S. 405–408
- [8] Calvo, R. A. u. Peters, D.: Positive Computing. Technology for Wellbeing and Human Potential. MIT Press 2014
- [9] Seligman, M. u. Csikszentmihalyi, M.: Positive psychology: An introduction. American Psychologist (2000) 55, S. 5–14
- [10] Nurhas, I., Geisler, S. u. Pawlowski, J. M.: Positive Personas: Integrating wellbeing Determinants into Personas. In: Mensch und Computer 2017 - Tagungsband: Spielend einfach interagieren, S. 387–390
- [11] TÜV Rheinland: TÜV Rheinland-Studie zur Sicherheit autonomer Fahrzeuge: Fahrer wollen jederzeit eingreifen können, Köln 2018. https://www.tuv.com/de/deutschland/ueber_uns/presse/meldungen/newscontentde_358792.html, abgerufen am: 14.02.2020
- [12] Rödel, C., Stadler, S., Meschtscherjakov, A. u. Tscheligi, M.: Towards Autonomous Cars. Proceedings of the 6th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications. New York, NY: ACM 2014, S. 1–8
- [13] Venkatesh, V. u. Davis, F. D.: A Model of the Antecedents of Perceived Ease of Use: Development and Test. Decision Sciences 27 (1996) 3, S. 451–481
- [14] Venkatesh, Morris u. Davis: User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. MIS Quarterly 27 (2003) 3, S. 425
- [15] KoMoD: Automatisiertes und vernetztes Fahren auf digitalen Testfeldern in Deutschland. Showcase: Kooperative Lichtsignalanlage (LSA) mit RSU. Kooperative Mobilität im digitalen Testfeld Düsseldorf, 2019. <https://www.komod-testfeld.org/wp-content/uploads/2019/07/Pr%C3%A4sentation-kooperative-LSA.pdf>, abgerufen am: 17.02.2020
- [16] BMBF: SteigtUM. Elektrische Kleinfahrzeuge für einen ganzheitlichen Lösungsansatz urbaner Mobilitätsprobleme. <https://www.technik-zum-menschen-bringen.de/projekte/steigtum>, abgerufen am: 14.02.2020
- [17] BMBF: SEC-Bike. Smarte, elektrische City-Bike Plattform für zentrale, urbane Verkehrswege. <https://www.technik-zum-menschen-bringen.de/projekte/sec-bike>, abgerufen am: 14.02.2020
- [18] BMBF: TRANSFORMERS. Flexibler Einsatz autonomer Fahrradsysteme für Logistik- und Beförderungsaufgaben. <https://www.technik-zum-menschen-bringen.de/projekte/transformers>, abgerufen am: 14.02.2020
- [19] BMBF: KEP-Town. Automatisierte Mikromobile für den Kurier-, Express- und Paketzustelldienst (KEP) im urbanen Raum. <https://www.technik-zum-menschen-bringen.de/projekte/kep-town>, abgerufen am: 14.02.2020

- [20] BMBF: MaaS_LABS. Mobility as a Service: Lebendig, Automatisiert, Bedarfe, Sharing. https://www.technik-zum-menschen-bringen.de/projekte/maas_labs, abgerufen am: 14.02.2020
- [21] BMBF: U-hoch-3. Unbeschwert urban unterwegs. <https://www.technik-zum-menschen-bringen.de/projekte/u-hoch-3-1>, abgerufen am: 14.02.2020
- [22] Detjen, H., Nurhas, I. u. Geisler, S.: Attitudes Towards Autonomous Public Transportation. 13th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications. ACM Digital Library. New York, NY, United States: Association for Computing Machinery 2021, S. 62–66
- [23] Geisler, S.: Von Fahrinformation über Fahrassistenz zum autonomen Fahren. In: Reuter, C. (Hrsg.): Sicherheitskritische Mensch-Computer-Interaktion. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden 2021, S. 383–403
- [24] Merat, N., Seppelt, B., Louw, T., Engström, J., Lee, J. D., Johansson, E., Green, C. A., Katzaki, S., Monk, C., Itoh, M., McGehee, D., Sunda, T., Unoura, K., Victor, T., Schieben, A. u. Keinath, A.: The „Out-of-the-Loop“ concept in automated driving: proposed definition, measures and implications. *Cognition, Technology & Work* 21 (2019) 1, S. 87–98
- [25] BMBF: AugMir. Augmented Mirror – Umfassende Sicht auf den LKW-Manöverbereich. <https://www.technik-zum-menschen-bringen.de/projekte/augmir>, abgerufen am: 14.02.2020
- [26] BMBF: F-RELACS. KI-System erkennt und senkt Frustration von Autofahrern. <https://www.technik-zum-menschen-bringen.de/projekte/f-relacs>, abgerufen am: 14.02.2020
- [27] Detjen, H., Salini, M., Kronenberger, J., Geisler, S. u. Schneegass, S.: Towards Transparent Behavior of Automated Vehicles. Proceedings of the 23rd International Conference on Mobile Human-Computer Interaction. New York, NY, USA: ACM 2021, S. 1–12
- [28] Detjen, H., Geisler, S. u. Schneegass, S.: Driving as Side Task. Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. New York, NY, USA: ACM 2021, S. 1–6
- [29] Detjen, H., Geisler, S. u. Schneegass, S.: Maneuver-based Control Interventions During Automated Driving: Comparing Touch, Voice, and Mid-Air Gestures as Input Modalities. 2020 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC). IEEE 2020, S. 3268–3274
- [30] Detjen, H., Geisler, S., Schneegass, S., Kun, A. L. u. Sundar, V.: Workshop on the Design of Inclusive and Accessible Future Mobility. 13th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications. ACM Digital Library. New York, NY, United States: Association for Computing Machinery 2021, S. 194–196
- [31] Argyle, M.: Non-verbal communication in human social interaction. Cambridge University Press 1972
- [32] Dey, D., Habibovic, A., Löcken, A., Wintersberger, P., Pfleging, B., Riener, A., Martens, M. u. Terken, J.: Taming the eHMI jungle: A classification taxonomy to guide, compare, and assess the design principles of automated vehicles' external human-machine interfaces. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives* 7 (2020), S. 100174
- [33] Kaber, D.: Autonomous Systems Theory and Design and a Paradox of Automation for Safety. In: Mouloua, M., Hancock, P. A. u. Ferraro, J. (Hrsg.): Human performance in automated and autonomous systems. Current theory and methods. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group 2020, S. 191–212
- [34] Gold, C., Damböck, D., Lorenz, L. u. Bengler, K.: „Take over!“ How long does it take to get the driver back into the loop? Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting 57 (2013) 1, S. 1938–1942
- [35] Lu, Z., Coster, X. u. Winter, J. de: How much time do drivers need to obtain situation awareness? A laboratory-based study of automated driving. *Applied Ergonomics* 60 (2017), S. 293–304
- [36] Endsley, M. R.: Design and Evaluation for Situation Awareness Enhancement. Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting 32 (1988) 2, S. 97–101
- [37] Detjen, H., Pfleging, B. u. Schneegass, S.: A Wizard of Oz Field Study to Understand Non-Driving-Related Activities, Trust, and Acceptance of Automated Vehicles. 12th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications. New York, NY, USA: ACM 2020, S. 19–29
- [38] DIN EN ISO 9241-210:2019:2019. DIN EN ISO 9241-210: Menschzentrierte Gestaltung interaktiver Systeme
- [39] The Interaction Design Foundation: User Centered Design, 2021. <https://www.interaction-design.org/literature/topics/user-centered-design>, abgerufen am: 07.12.2021
- [40] The Interaction Design Foundation: What is Design Thinking?, 2021. <https://www.interaction-design.org/literature/topics/design-thinking>, abgerufen am: 07.12.2021
- [41] Design Thinking-Prozess - Design Thinking - Hasso-Plattner-Institut, 2021. <https://hpi.de/school-of-design-thinking/design-thinking/hintergrund/design-thinking-prozess.html>, abgerufen am: 07.12.2021
- [42] Plattner, H., Meinel, C. u. Weinberg, U.: Design Thinking. Innovation lernen - Ideenwelten öffnen. München: mi-Wirtschaftsbuch Finanzbuch Verl. 2011

IMPRESSUM

Herausgeber

camo.nrw
CENTRUM FÜR AUTOMATISIERTE MOBILITÄT

Geschäftsstelle Centrum für automatisierte Mobilität (CAMO)
c/o Bergische Universität Wuppertal
Rainer-Gruenter-Str. 21
42119 Wuppertal

Besucheradresse:
Lise-Meitner-Str. 27
42119 Wuppertal



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung



EFRE.NRW

Investitionen in Wachstum
und Beschäftigung

Diese Studie wurde aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) gefördert.

Autoren

Detjen, Henrik, M.Sc.

Hochschule Ruhr West
Institut Positive Computing

Geisler, Stefan, Prof. Dr. rer. nat.

Hochschule Ruhr West
Institut Positive Computing

Kronenberger, Jan, M.Sc.

Hochschule Ruhr West
Institut Informatik

Handmann, Uwe, Prof. Dr.-Ing.

Hochschule Ruhr West
Institut Informatik

Trelenberg, Kevin, B.Sc.

Hochschule Ruhr West
Institut Informatik

Haselhoff, Anselm, Prof. Dr.-Ing.

Hochschule Ruhr West
Institut Informatik

Mattick, Xelia, B.Sc.

Hochschule Ruhr West
Institut Positive Computing

Malzahn, Nils, Dipl.-Inform.

Hochschule Ruhr West
Institut Positive Computing

Kohl, Per, M.Sc.

Bergische Universität Wuppertal
Institut SIKoM+

Lämmer-Gamp, Thomas, Dipl.-Pol.

Bergische Struktur- und
Wirtschaftsförderungsgesellschaft mbH

Trotz sorgfältiger inhaltlicher Kontrolle kann seitens des camo.nrw keine Garantie oder Haftung für Vollständigkeit, Richtigkeit und Aktualität der Angaben übernommen werden.

Die in diesem Themenheft dargestellten Ergebnisse basieren auf Recherchen bis einschließlich Dezember 2021.

Dieses Themenheft wurde aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) gefördert.

camo.nrw
CENTRUM FÜR AUTOMATISIERTE MOBILITÄT



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung



EFRE.NRW
Investitionen in Wachstum
und Beschäftigung

Geschäftsstelle Centrum für automatisierte Mobilität (CAMO)
c/o Bergische Universität Wuppertal
Rainer-Gruenter-Str. 21
42119 Wuppertal

Besucheradresse:
Lise-Meitner-Str. 27
42119 Wuppertal

+49 202 / 439 1164
kontakt@camo.nrw



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL



HOCHSCHULE RUHR WEST
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

BERGISCHE
STRUKTUR-UND
WIRTSCHAFTS-
FÖRDERUNGS-
GESELLSCHAFT