



# Wizard-of-Oz Versuchsfahrzeug & Datensammlung

Inhalte des Fraunhofer IAO im Projekt KARLI



Autor: Harald Widroither, Lesley-Ann Mathis, Daniela Piechnik

Datum: 26.04.2023

Ort:



**Finanziert von der  
Europäischen Union**

NextGenerationEU

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



# Inhaltsverzeichnis

1. Das Wizard-of-Oz Fahrzeug – Versuchsträger des Fraunhofer IAO
  - a) Der Wizard-of-Oz Ansatz
  - b) Technische Spezifikationen
  - c) Integrierte Messtechnik
  - d) Datenerhebungspipeline
  - e) Anwendungsbeispiel: Datenerhebung in der Applikation levelkonformes Verhalten (LKV)
  
2. Labeling und Datenaufbereitung als Basis für die KI-Entwicklung
  - a) Einordnung in das Gesamtprojekt
  - b) Datensammlung im Projekt KARLI
  - c) Labelingansätze



# Kapitel 1

## Das Wizard-of-Oz Fahrzeug – Versuchsträger des Fraunhofer IAO

# Der Wizard-of-Oz Ansatz



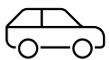
## Definition:

Im **Wizard-of Oz Fahrzeug** (WoZ) findet ein in der Mensch-Computer Interaktion häufig verwendeter Ansatz Anwendung, indem ein menschlicher „Wizard“ die intelligenten Funktionen des Systems simuliert und dadurch bei den Nutzern der Eindruck entsteht, mit einem **autonomen System** zu interagieren. Im Fahrzeugkontext wird dies über einen speziellen technischen Aufbau des Fahrzeugs realisiert, der sowohl **manuelle Fahrten** als auch die **Simulation automatisierter Fahrten** und **Transitionen** erlaubt. Dies ermöglicht die Untersuchung von Nutzerverhalten in verschiedenen Use Cases des automatisierten Fahrens, sowie die Datensammlung unter realen Bedingungen.

## Anwendung des Wizard-of-Oz Fahrzeugs in KARLI



Das WoZ Fahrzeug ermöglicht die Untersuchung von Mensch-Technik Interaktion, mit Fokus auf dem Wohlbefinden und Verhalten des Nutzers, während der automatisierten und manuellen Fahrt



Hierfür ist die Simulation automatisierten Fahrens in den verschiedenen KARLI Nutzerrollen (K-R1 – KR4), sowie ein Wechsel zwischen den Nutzerrollen während der Fahrt möglich



Der Einsatz des WoZ Fahrzeugs im Projekt KARLI ermöglicht die realitätsnahe Datenerhebung für die Entwicklung von menschenzentrierten KI-Algorithmen in den Applikationen Motion Sickness und levelkonformes Verhalten



Die erhobenen Daten werden mit den entsprechenden Projektpartnern geteilt und dienen als Trainingsdaten für die Entwicklung von KI-Algorithmen

# Technische Spezifikationen

## Aufbau des Fahrzeugs

- Ursprünglicher VW Caddy Rechtslenker (Automatik)
- Ausstattung mit **3 Sitzplätzen**, jeweils mit einem eigenen Lenkrad, die alle zum Steuern des Fahrzeugs verwendet werden können
- **Mechanische Kopplung** der vorderen Lenkräder und der Pedalerie
- **Elektronische Verbindung** der vorderen Lenkräder mit dem hinteren Lenkrad (nach dem Space Drive System <sup>[1]</sup>)
- Abgrenzung der vorderen Sitzplätze mit dem Rücksitz über eine verspiegelte **Trennscheibe**
- **Übergaben** der Fahrzeugkontrolle während der Fahrt über den Release Button möglich

## Rollenverteilung

- **Proband:**
  - Sitzplatz vorne links
  - Fahrzeugsteuerung wie gewohnt möglich
- **Sicherheitsfahrer:**
  - Sitzplatz vorne rechts
  - Überwachung und ggf. Eingreifen in das Fahrzeuggeschehen
  - Kann den Wizard sowie den Probanden in Gefahrensituationen übersteuern
  - Führt Übergaben durch
- **Wizard:**
  - Sitzplatz hinten
  - Simulation des automatisierten Fahrens
  - Nicht sichtbar für den Probanden



<sup>[1]</sup> <https://www.schaeffler-paravan.com/en/space-drive-key-technology-autonomous-driving> , accessed 30.03.2023

# Integrierte Messtechnik & Hardware



Finanziert von der  
Europäischen Union  
NextGenerationEU

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz  
aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Das WoZ Fahrzeug wurde für die Studiendurchführungen in den Applikationen Motion Sickness (MS) und levelkonformes Verhalten (LKV) mit Messtechnik des Fraunhofer IAO, sowie mit Messtechnik zweier Projektpartner (Continental, Fraunhofer IOSB) ausgestattet.

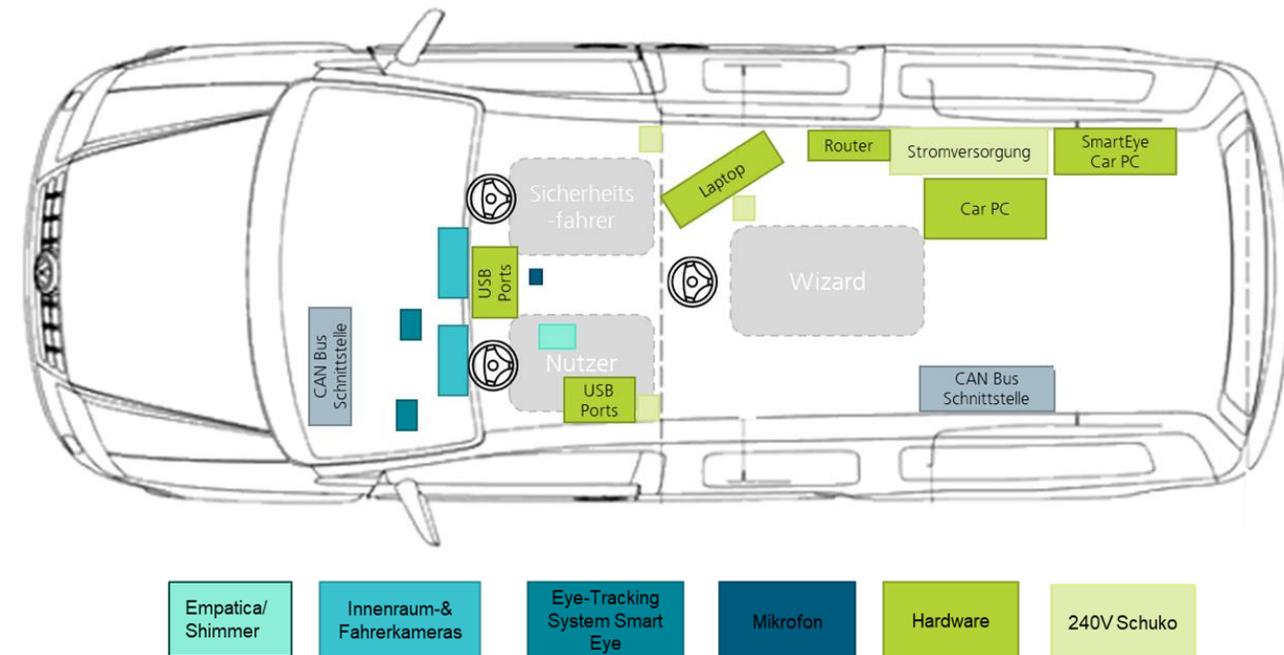
## Messtechnik & Hardware des Fraunhofer IAO

- Eye-Tracking System (Pro dx von SmartEye)
- Wearable zur physiologischen Datenerhebung (Empatica EmbracePlus)
- CAN Bus Schnittstellen + Datenlogger
- Mikrophon
- Zwei Car PCs, sowie ein Laptop zur Datenspeicherung und Synchronisierung

→ Stromversorgung durch eine 240V Lithium Ionen Batterie

## Ergänzende Messtechnik der Projektpartner

- Fahrerkamera von Continental
- Innenraumkamera des Fraunhofer IOSB



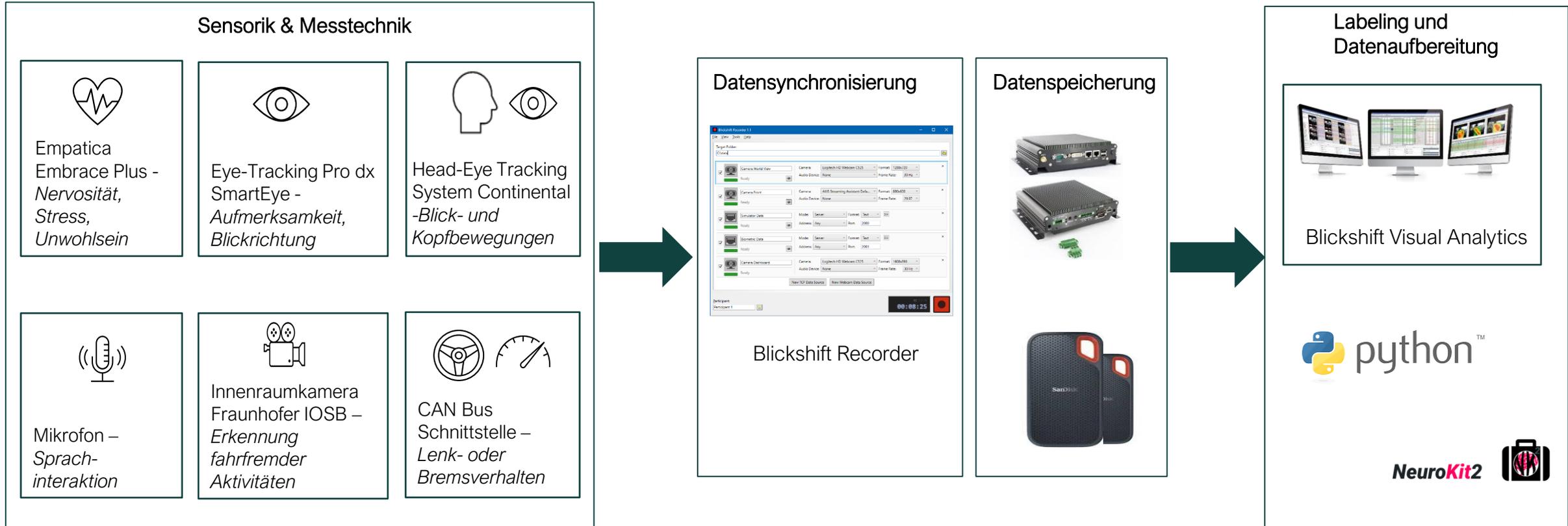
# Datenerhebungspipeline



Finanziert von der Europäischen Union  
NextGenerationEU



Gefördert durch:  
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz  
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages





# Anwendungsbeispiel: Datenerhebung in der Applikation LKV



## Motivation

- Intransparente Richtlinien über das richtige Verhalten des Nutzers während verschiedener SAE Level und während Transitionen führen zu inkonsistentem Verhalten während der Fahrt
- Das System soll in Zukunft Aktivitäten<sup>[4]</sup> und Nutzerzustände erkennen und mit den Anforderungen der aktuellen Automatisierungsstufe abgeglichen werden, um den Nutzer bestmöglich zu unterstützen



## Ziel

- Untersuchung und Erkennung von levelkonformen bzw. nicht levelkonformen Verhalten bei unterschiedlichen Nutzerrollen (K-R1 bis K-R4)
- Entwicklung von KI-Algorithmen auf Basis von variantenreicher Datensätze, die mit Nutzern während Realfahrten erhoben werden



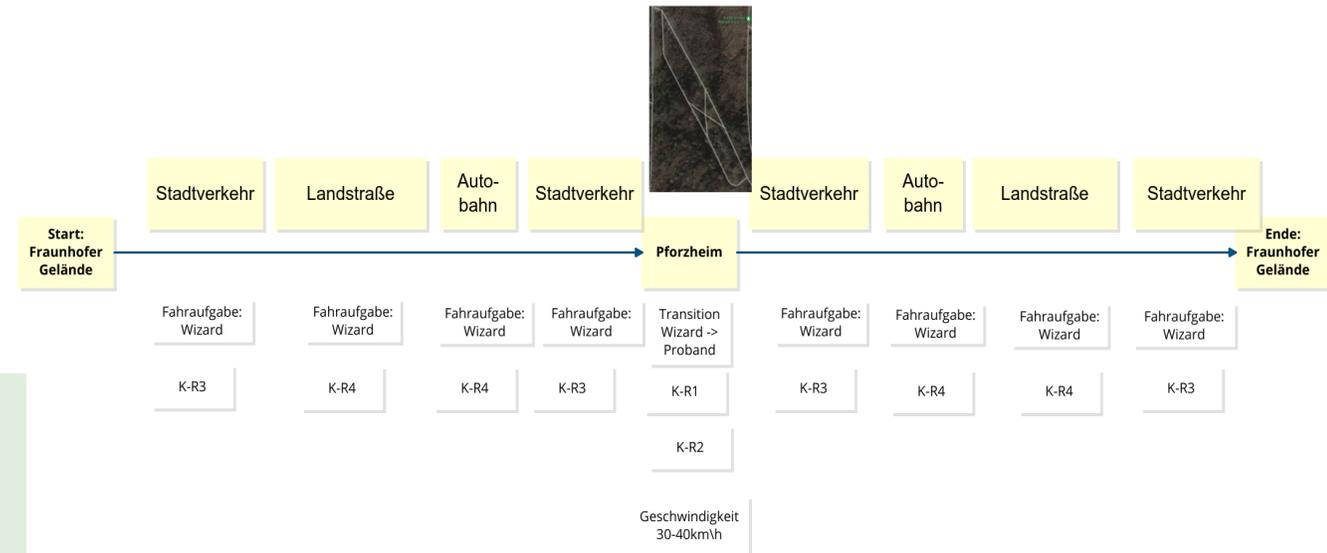
## Methode

- Simulation der KARLI Nutzerrollen K-R3 & K-R4 während der Fahrt im Realverkehr (Landstraße und Autobahn) sowie K-R1 & K-R2 und Transitionen auf der Teststrecke
- Fahrtdauer: 90-120min
- Stichprobe: N=12
- Kontinuierliche Datenerhebung, d.h. Nutzer kommen mehrfach zu verschiedenen Zeitpunkten
- Nutzer kann verschiedene Tätigkeiten während der automatisierten Fahrt ausüben
  - Tätigkeiten werden als Missionen möglichst natürlich ausgeführt (Nutzer kann sich Zeit und Tätigkeiten frei einteilen)
  - Interaktion mit proaktivem Sprachassistent während der Fahrt wird ebenfalls untersucht, z.B. Validierung geeigneter Ansprachezeitpunkte (Verknüpfung zu Studien für die Applikation KI-Interaktion)



# Anwendungsbeispiel: Datenerhebung in der Applikation LKV

Während der Fahrt werden von den Nutzern verschiedene Nebentätigkeiten ausgeführt. Diese können levelkonform oder nicht levelkonform sein.



## Levelkonforme Missionen in K-R3

„Schreiben Sie einem Bekannten eine Textnachricht, was Sie gerade machen“

„Lehnen Sie sich zurück, schließen Sie die Augen und entspannen Sie“

## Levelkonforme Missionen in K-R2

„Sie dürfen jederzeit essen oder etwas trinken“

„Bitte bereiten Sie sich auf die anstehende Transition vor, indem Sie den Blick auf die Straße richten und die Hände ans Lenkrad legen“

## Nicht levelkonforme Missionen in K-R3

„Lehnen Sie sich zurück, schließen Sie die Augen und schlafen Sie“

## Nicht levelkonforme Missionen in K-R2

„Starten Sie einen Videoanruf mit dem Handy“

„Lesen Sie ein Buch“



## Kapitel 2

### Labeling und Datenaufbereitung als Basis für die KI-Entwicklung (AP230)

# Einordnung in das Gesamtprojekt



Finanziert von der  
Europäischen Union  
NextGenerationEU

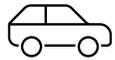
Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



**Idee:** Die Entwicklung von KI-Algorithmen basiert auf umfangreichen und variantenreichen Trainingsdatensätzen aus dem Anwendungskontext. In KARLI wird ein Small2Big Data Ansatz verfolgt, bei dem die KI bereits frühzeitig und kontinuierlich mit einer kleinen Datenmenge trainiert wird, um sie dann auf größere ungelabelte Datenmengen anzuwenden.



**Methode:** Um realitätsnahe und variantenreiche Daten zu erheben, werden in KARLI drei Versuchsfahrzeuge eingesetzt, mit denen unter realen Bedingungen Daten erhoben und zum Teil während der Fahrt oder im Nachgang gelabelt werden.



**Ziel:** Entwicklung eines Labelingkonzepts für die Weiterverarbeitung der Daten im Rahmen der KI-Entwicklung für die Applikationen levelkonformes Verhalten (LKV), KI-Interaktion (KI-I) und Motion Sickness (MS), um u.a. das Wohlbefinden sowie die Sicherheit des Nutzers bestmöglich zu unterstützen.

- Die vorab definierten Erhebungsszenarien für die KI Datenerzeugung werden in Realfahrten mit den aufgesetzten Versuchsfahrzeugen der Projektpartner Continental, Ford und Fraunhofer IAO umgesetzt
- Aufbereitung und Labeling der Daten, sowie anschließende Verwendung als Trainingsdatensatz in den Applikationen levelkonformes Verhalten, KI-Interaktion und Motion Sickness für die iterative Entwicklung von KI-Algorithmen
- Der Datenaustausch zwischen den Projektpartnern kann mit einer Cloudlösung umgesetzt werden (Cloud-basiertes ETL-Tool für die Erstellung von Datensätzen und die Analyse der Datenqualität)
- Ein Teil der erhobenen Datensätze, sowie Erfahrungen und „best practices“ im Labeling werden in Form von wissenschaftlichen Publikationen zur Verfügung gestellt



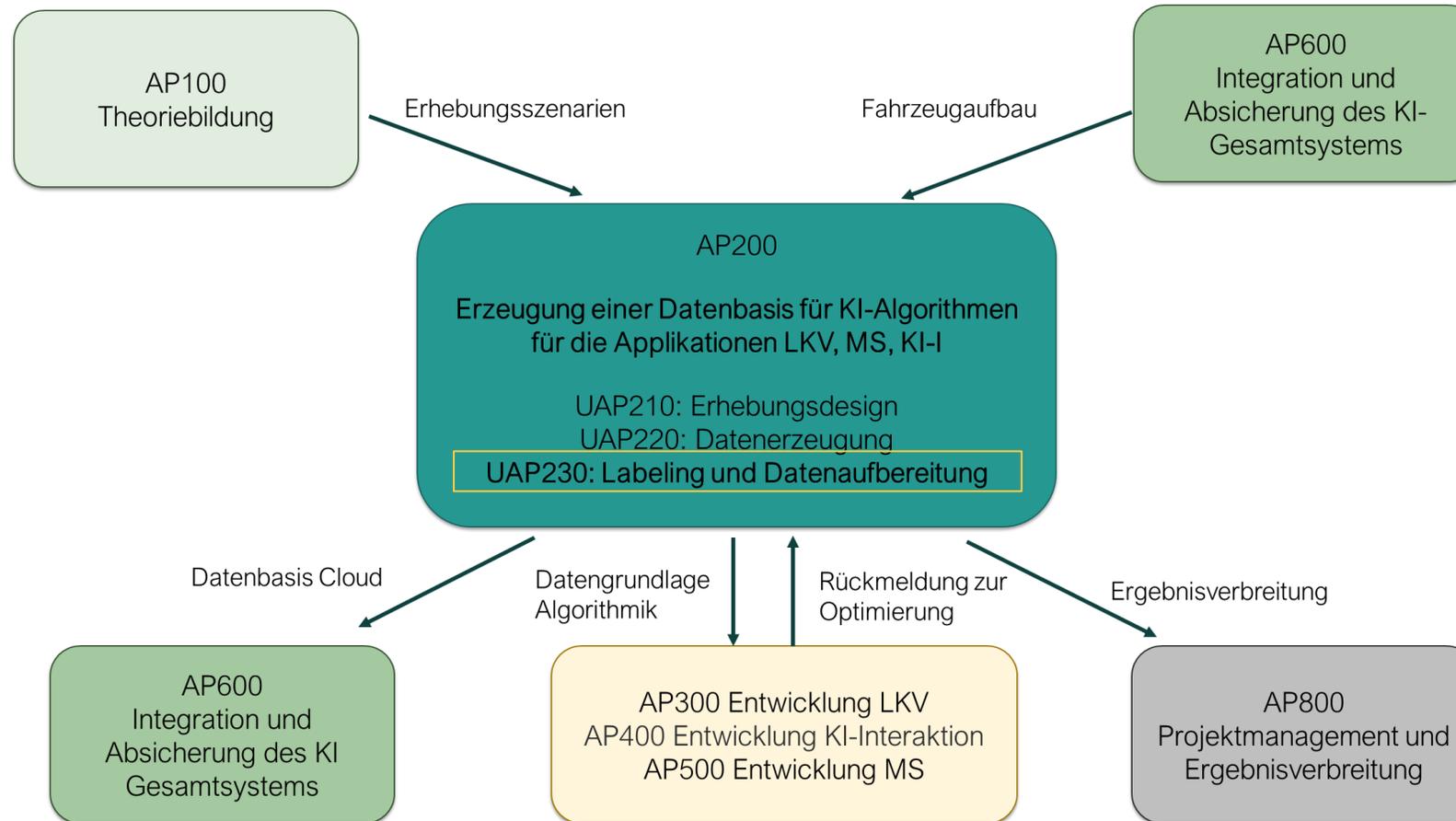
Finanziert von der  
**Europäischen Union**  
NextGenerationEU

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz  
aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Einordnung in das Gesamtprojekt



# Datensammlung im Projekt KARLI



Finanziert von der Europäischen Union  
NextGenerationEU



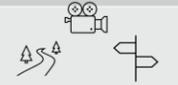
Gefördert durch:  
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Im Projekt KARLI finden mehrere multimodale Datenerhebungen mit den Versuchsfahrzeugen von Fraunhofer IAO, Continental und Ford statt, d.h. es kommt eine Vielzahl an Sensorik und Messtechnik zum Einsatz. Diese Daten werden anschließend aufbereitet und gelabelt und als Trainingsdatensätze für die KI-Entwicklung verwendet.



Datenerhebung mit den Versuchsfahrzeugen von Fraunhofer IAO, Continental und Ford

-  Eye-Tracking & Head-Tracking Daten
-  Physiologische Daten
-  Fahrzeugspezifische Daten
-  Audio Daten
-  Video Daten (Umfeld + Körperposen)
-  Subjektive Befragungen

Datenquellen	Ziel der KI-Entwicklung	KI-Ansatz	Applikation	Projektpartner
	Erkennung von Motion Sickness	Supervised learning	MS	Invensity
	Identifizierung von Einflussfaktoren und Vorhersage für Motion Sickness	Supervised time series forecasting Computer Vision	MS	Ford
	HMI Agent	Reinforcement learning	LKV	Continental
	Detektion fahrfremder Aktivitäten zur Vorhersage von Motion Sickness und zur Bestimmung levelkonformen Verhaltens	Computer Vision Supervised und Unsupervised learning	MS, LKV	Fraunhofer IOSB
	Inverse QA Modell & NLU Modell, Multimodale Emotionserkennung, Müdigkeitserkennung, Workloaderkennung	Computer Vision & NLP Supervised Learning Few-Shot Learning	KI-I, LKV	Paragon Semvox
	Fusion von Umfeld- und Routeninformationen zur Bestimmung der Verkehrskomplexität	Nicht-lineares Regressions- bzw. Klassifikationsmodell	LKV	TWT

# Labelingansätze

Für das Labeling der Daten wird in zwei Arten unterschieden. Die Daten können **direkt während der Erhebung** gelabelt werden (online) oder das Labeling wird **im Nachgang** an die Datenerhebung durchgeführt (offline).

Dieser online bzw. offline Ansatz kann **durch den Versuchsleiter direkt** erfolgen (manuell) oder die Daten können bereits durch **Ground Truth Sensoren** gelabelt werden (automatisch).

Ein detailliertes Labelingkonzept wurde vom Projektpartner Continental definiert



- **Offline:** die Daten werden im Anschluss an die Datenerhebung gelabelt
- **Online:** die Daten werden während der Datenerhebung gelabelt
- **Automatisch:** die Daten werden automatisch durch Ground Truth Sensoren gelabelt
- **Manuell:** die Daten werden von der/dem Versuchsleiter\*in von Hand oder mit Hilfe eines Tools gelabelt



- **Automatisch + Offline:** 3D Körperposen, Umfeld Detektion
- **Automatisch + Online:** Timestamps, Lenkradsensorik
- **Manuell + Offline:** Fahrfremde Aktivitäten
- **Manuell + Online:** Scoring Fragebögen, Temperatur, Wetter- oder Verkehrsbedingungen

# Kontakt

## Projektmitarbeitende



Daniela Piechnik

Projektmitarbeit

+49 160 8938 740

daniela.piechnik@iao.fraunhofer.de



Lesley-Ann Mathis

Projektmitarbeit

0151 16327889

lesley-ann.mathis@iao.fraunhofer.de

## Firmenprojektleiter



Harald Widloither

Projektleiter

+49 151 1632 7660

harald.widloither@iao.fraunhofer.de



**Finanziert von der Europäischen Union**

NextGenerationEU

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



# Kontakt – Team Ergonomics & Vehicle Interaction

## Fraunhofer IAO und Universität Stuttgart IAT

<https://www.hci.iao.fraunhofer.de/de/ueber-uns/teams/Team-Ergonomics-and-Vehicle-Interaction.html>  
<https://www.hci.iao.fraunhofer.de/de/Vehicle-Experience.html>

### Vehicle Experience

Der rasante Fortschritt in der Fahrzeugtechnologie betrifft neben Sicherheit, Komfort und Fahrerlebnis vor allem die Mensch-Maschine-Interaktion. Das Fahrzeug entwickelt sich weg vom reinen Transportmittel, erhält innovative Komfortfunktionen und Assistenzsysteme, um in nicht allzu ferner Zukunft als neuer Arbeits- und Lebensraum zu dienen. Für diese Innovationen bieten wir Demonstrations- und Testumgebungen und führen Probandenstudien nach wissenschaftlichen Standards mit innovativen Methoden durch. Dabei erforschen und optimieren wir die Interaktion zwischen Fahrer, Insassen und Fahrzeug sowie zwischen menschlichen und automatisierten Verkehrsteilnehmern mit Hilfe von Fahr simulatoren und Testfahrzeugen.



**Automatisiertes Fahren**

Bereits heute verfügen Fahrzeuge über Assistenzsysteme, die den Fahrer bei diversen Fahraufgaben unterstützen. Wir erforschen die Auswirkungen der zunehmenden Automation auf die Rolle und Erwartungen des Fahrers.

[MEHR](#)



**Interior und external HMI**

Wir sind spezialisiert auf die Konzeption, Entwicklung und Evaluation von innovativen Anzeige- und Bedienkonzepten und der sprachbasierten Interaktion in Fahrzeugen.

[MEHR](#)



**Fahrerzustand und KI**

Auf Basis physiologischer und Verhaltensdaten können Emotionen und Fahrerzustände in Echtzeit gemessen werden. Dabei greifen wir auf ein breites Spektrum an Sensoren und Messmethodiken zurück.

[MEHR](#)



**Zukünftige Fahrzeugkonzepte**

Je nach Projektanforderung setzen wir verschiedene Formen der Fahrsimulation, reale Fahrzeugmodellierung oder immersive Visualisierung um.

[MEHR](#)

### KARLI: Künstliche Intelligenz für adaptive, responsive und levelkonforme Interaktion im Fahrzeug der Zukunft

Künstliche Intelligenz übernimmt eine Schlüsselrolle für das Gestalten der intelligenten Interaktion im Fahrzeug.



© KARLI Konsortium

### Herausforderung

Hochautomatisierte Fahrzeuge erlauben es dem Nutzer in Zukunft während der Fahrt bestimmten Nebentätigkeiten nachzugehen. Dadurch gewinnt der Nutzer in erster Linie zusätzliche Arbeits- und Freizeit, es stellt jedoch auch gewisse Herausforderungen an den Nutzer und das System. So steigt z.B. durch die Blickabwendung des Fahrers von der Straße die Anfälligkeit für Motion Sickness, es bedarf neuer Regelungen was im Fahrzeug, in Abhängigkeit des aktuellen Automationslevels, getan werden darf und die generelle Interaktion zwischen Mensch und Fahrzeug ändert sich. Diesen Punkten soll im Rahmen des Projektes KARLI nachgegangen werden.

### Methodik

Das Fraunhofer IAO und das IAT der Universität Stuttgart werden hierfür Daten zum Wohlbefinden der Nutzer (Motion Sickness), einer adaptiven Interaktion mit dem Nutzer mittels Sprache (KI-Interaktion) und zur Fahrerzustandserkennung (levelkonformes Verhalten) mit dem Wizard-of-Oz-Fahrzeug unter Realbedingungen erheben sowie aufbereiten. Dazu wird das Fahrzeug mit einem Eye-Tracking System, sowie Innenraumkameras ausgestattet und durch physiologische Messverfahren zur Erfassung der Herzrate und Hautleitfähigkeit erweitert. Auch werden Versuchssetups zur Erhebung und Evaluation von adaptiven Sprachdialogen konzipiert und für die Datensammlung genutzt. Die hierbei erhobenen Datensätze dienen als Input für KI-Algorithmen zur Fahrerzustandserkennung.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
 des Deutschen Bundestages

### Fördergeber

Das Projekt wird gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz.

[zur KARLI Website](#)

### Kontakt



**Harald Widroither**  
 Leiter Team Ergonomics and Vehicle Interaction  
 Fraunhofer IAO  
 Nobelstr. 12  
 70569 Stuttgart  
 Telefon +49 711 970-2105  
[E-Mail senden](#)



**Daniela Piechnik**  
 Ergonomics and Vehicle Interaction  
 IAT der Universität Stuttgart  
 Kooperationsinstitut des Fraunhofer IAO  
 Nobelstr. 12  
 70569 Stuttgart  
 Telefon +49 711 970-2136  
[E-Mail senden](#)



**Lesley-Ann Mathis**  
 Ergonomics and Vehicle Interaction  
 Fraunhofer IAO  
 Nobelstr. 12  
 70569 Stuttgart  
 Telefon +49 711 970-2268  
[E-Mail senden](#)