

# Menschliche Faktoren beim automatisierten Fahren: Ein lösbares Dilemma?

DIGITALDIALOG

HUMAN FACTORS: DER MENSCH IM MITTELPUNKT TECHNOLOGISCHER INNOVATIONEN

**Assoc.-Prof. Dr. Arno Eichberger,  
Priv.-Doz. Dr. Ioana Koglbauer,  
Ass.-Prof. Dr. Cornelia Lex,  
Sadegh Arefnezhad  
Institut für Fahrzeugtechnik Graz**

23.02.2021

# Agenda

- Treiber und Problemstellungen des automatisierten Fahrens
- Die Mensch-Maschine-Interaktion in der Fahrzeug-Automatisierung
- Das Dilemma der SAE L3 Fahrzeugführung
- UN-ECE Vorschlag zur Typgenehmigung eines ALKS Systems
- Driver State Monitoring – WACHsens Projekt
- Zusammenfassung

Waymo opens driverless robo-taxi service to the public in Phoenix

KOSTENGRÜNDE

**BMW und Daimler legen  
Gemeinschaftsprojekt für autonomes  
Fahren auf Eis**

**China's driverless car upstarts see  
robotaxis scaling up in 3 years as tech  
firms race to get ahead**

PSA: Kein automatisiertes  
Fahren Level 4 und 5 für  
Privatkunden

# Treiber für automatisiertes Fahren

- **Sicherheit**
  - EU White Paper: Halbierung Unfalltote bis 2030, Zero Vision 2050
  - Euro NCAP Roadmap
- **Komfort**
  - Entlastung des Fahrers/ Ageing Society/Handicapped People
  - Connectivity
- **Umwelt**
  - Verbesserung Verkehrsfluss
  - Optimierung Energieverbrauch
- **Neue Mobilität**
  - Multi-modale Verkehrssysteme
  - Car-Hailing und -Sharing
- **Neue Geschäftsmodelle**
  - OEMS → Mobilitätsanbieter

# Problemstellungen und Randbedingungen

- Perzeption (Maschinelle Wahrnehmung der Fahrumgebung)
- Funktionsabsicherung (ca. 1 Fatalität auf 100 Millionen km)
- Rechtliche und Haftungsfragen
- Kosten der Systemkomponenten und Integration
- Komplexität der Verkehrssituation, Umweltbedingungen
- (Bei-) Fahrerakzeptanz
- Manipulation, Misuse
- Interaktionen im gemischten Verkehr
- Ironie der Automatisierung
- Automation Surprises
- ...

# Problemstellungen und Randbedingungen

- Perzeption (Wahrnehmung der Fahrumgebung durch Sensorik)
- Funktionsabsicherung (ca. 1 Fatalität auf 100 Millionen km)
- Rechtliche und Haftungsfragen
- Kosten der Systemkomponenten und Integration
- Komplexität der Verkehrssituation, Umweltbedingungen
- (Bei-) Fahrerakzeptanz
- Manipulation, Misuse
- Interaktionen im gemischten Verkehr
- Ironie der Automatisierung
- Automation Surprises
- ...

→ **Sorgfältige Gestaltung und Absicherung der Mensch-Maschine-Interaktion**

# SAE Stufen der Automatisierung

Level	Name	Execution of steering and acceleration/deceleration	Monitoring of driving environment	Fallback performance of dynamic driving task	System capability	Examples
0	No automation	Human Driver	Human Driver	Human Driver	n/a	n/a
1	Driver assistance	Human Driver and system	Human Driver	Human Driver	Some driving modes	ADAS available (ACC, LKA, ...)
2	Partial automation	System	Human Driver	Human Driver	Some driving modes	Highway Assist (ACC + LKA)
3	Conditional automation	System	System	Human Driver	Some driving modes	Highway Chauffeur
4	High automation	System	System	System	Some driving modes	Highway Pilot
5	Full automation	System	System	System	All driving modes	Automatic Taxi

# SAE Stufen 0-3

Level	Name	Execution of steering and acceleration/deceleration	Monitoring of driving environment	Fallback performance of dynamic driving task	System capability	Examples
0	No automation	Human Driver	Human Driver	Human Driver	n/a	n/a
1	Driver assistance	Human Driver and system	Human Driver	Human Driver	Some driving modes	ADAS available (ACC, LKA, ...)
2	Partial automation	System	Human Driver	Human Driver	Some driving modes	Highway Assist (ACC + LKA)
3	Conditional automation	System	System	Human Driver	Some driving modes	Highway Chauffeur
4	High automation	System	System	System	Some driving modes	Highway Pilot
5	Full automation	System	System	System	All driving modes	Automatic Taxi

## Mensch-Maschine-Interaktion als „Fahrer“

- Design der Anzeige- und Bedienelemente
- Ablenkung
- Objektive Bewertung von Sicherheit, Vertrauen, Akzeptanz, Komfort
- Design der **Übernahmestrategie** (Level 3)

# SAE Stufen 4-5

Level	Name	Execution of steering and acceleration/deceleration	Monitoring of driving environment	Fallback performance of dynamic driving task	System capability	Examples
0	No automation	Human Driver	Human Driver	Human Driver	n/a	n/a
1	Driver assistance	Human Driver and system	Human Driver	Human Driver	Some driving modes	ADAS available (ACC, LKA, ...)
2	Partial automation	System	Human Driver	Human Driver	Some driving modes	Highway Assist (ACC + LKA)
3	Conditional automation	System	System	Human Driver	Some driving modes	Highway Chauffeur
4	High automation	System	System	System	Some driving modes	Highway Pilot
5	Full automation	System	System	System	All driving modes	Automatic Taxi

Mensch-Maschine-Interaktion als „Beifahrer“:

- Objektive Bewertung von Sicherheit, Vertrauen, Akzeptanz, Komfort
- Motion Sickness

# SAE L3 Problematik

Level	Name	Execution of steering and acceleration/deceleration	Monitoring of driving environment	Fallback performance of dynamic driving task	System capability	Examples
0	No automation	Human Driver	Human Driver	Human Driver	n/a	n/a
1	Driver assistance	Human Driver and system	Human Driver	Human Driver	Some driving modes	ADAS available (ACC, LKA, ...)
2	Partial automation	System	Human Driver	Human Driver	Some driving modes	Highway Assist (ACC + LKA)
3	Conditional automation	System	System	Human Driver	Some driving modes	Highway Chauffeur
4	High automation	System	System	System	Some driving modes	Highway Pilot
5	Full automation	System	System	System	All driving modes	Automatic Taxi

Stand der Technik (Privatkunde)

Keine Zulassungen, erheblicher Mehrwert

Erfolgreiche Demonstrationen (kommerzielle Anwendungen)

# Internationale rechtliche Rahmenbedingungen

- Wiener Konvention von 1968 wurde per 23.03.2016 novelliert und stellt für automatisierte Fahrzeuge keine Hürde dar (sofern vom Fahrzeugführer übersteuerbar/de-aktivierbar)
- Fahrzeugteileübereinkommen, UN-ECE Regeln
  - Jedoch: Übersteuerbarkeit durch Fahrzeugführer
  - Lenker und Steuervorrichtung müssen gegeben sein

## → de facto SAE Level 0-3

“Article 8 now refers to the UN/ECE Rules instead of only to the Annex 5 for the technical regulations that have to be met and states that in order to meet Article 8 section 5 and Article 13 section 1 ADAS must now comply to the **UN/ECE Rules OR “can be overridden or switched off by the driver”**“  
Source: Eichberger 2021 Lecture notes „Automated Driving“

# Deutschland, rechtliche Rahmenbedingungen

Straßenverkehrsgesetz (StVG) ergänzt,

Kraftfahrzeuge mit automatisierten Systemen (hoch- oder vollautomatisiert) zulässig

- Fahrzeugführer darf sich abwenden, jedoch „**wahrnehmungsbereit**“
- Fahraufgabe in bestimmten Situationen aktivierbar
- STVO Konformität
- Vom Fahrzeugführer übersteuerbar / de-aktivierbar
- Übernahme muss vom Fahrzeugführer erkennbar, auch aufgrund „**offensichtlicher Umstände**“
- Übernahme muss mit „**ausreichender Zeitreserve**“ vom Fahrzeug angezeigt werden
- Black box zur Datenspeicherung (Unfallrekonstruktion)

→ **de facto SAE Level 0-3**

# Österreich, rechtliche Rahmenbedingungen

[BGBl. II Nr. 402/2016](#), 21.3.2019

## § 10 Einparkhilfe,

nach ECE 79 bis 10 km/h, Fahrer nicht unbedingt am Fahrerplatz aber überwachend

## § 11 Autobahn-Assistent mit automatischer Spurhaltung,

ACC+LKA, keine Fahrstreifenwechsel, keine Auf- und Abfahrten, keine Baustellen, Hands-Off zulässig

→ **de facto SAE Level 0-3**

# SAE L3 Dilemma

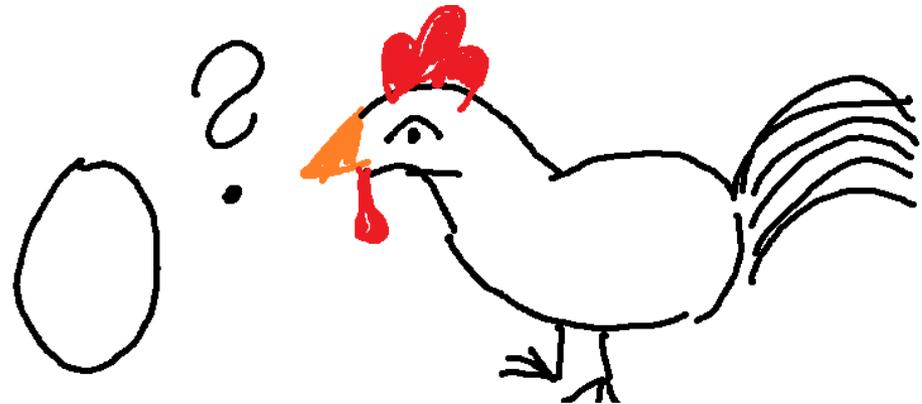
## L3 Anforderungen

- Fahrer übergibt Steuerung dem Automatisierungssystem, erledigt sekundäre Aufgaben;
- Fahrer ist nicht mehr verantwortlich für die Überwachung der Fahrumgebung;
- Fahrer ist dafür verantwortlich als Rückfalllösung bei Systemausfall zu fungieren;

## Übernahmeanforderungen und -verfahren (noch) nicht definiert

- Die Fahrzeughersteller können mangels technischer Vorschriften nicht homologieren;
- Die technischen Vorschriften hängen vom zu homologierenden System ab, das der Hersteller spezifiziert;

„Huhn oder Ei“ Dilemma



# Geplante UN-ECE Regelung

## Vorschriften zur Typgenehmigung eines ALKS (Automated Lane Keeping System)

- De facto Staufolgeassistent SAE L3
- Geplant für 2021
- Kapitel 6 beschreibt die Anforderung und das HMI

## Potential um das Dilemma aufzulösen



**Economic Commission for Europe**  
 Inland Transport Committee  
**World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations**  
 181st session  
 Geneva, 23-25 June 2020  
 Item 4.12.6. of the provisional agenda  
**1958 Agreement:**  
**Consideration of proposals for new UN Regulations submitted by the Working Parties subsidiary to the World Forum**

### **Proposal for a new UN Regulation on uniform provisions concerning the approval of vehicles with regards to Automated Lane Keeping System**

#### **Submitted by the Working Party on Automated/autonomous and Connected Vehicles \***

The text reproduced below was produced in accordance with the Framework Document on the safety of Automated Vehicles ECE/TRANS/WP.29/2019/34 as revised. It was adopted by the Working Party on Automated/autonomous and Connected Vehicles at its sixth session, see ECE/TRANS/WP.29/GRVA/6, para. 13., based on GRVA-06-19-Rev. 1. It is submitted to the World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations (WP.29) and its Administrative Committee for the 1958 Agreement (AC.1) for consideration and vote at their June 2020 sessions.

Note: this text refers to three new UN Regulations for which the Regulation numbers are not known at the time of drafting. In this document UN Regulation No. 15X refers to the new UN Regulation on Automated Lane Keeping System, UN Regulation No. 15Y refers to the new UN Regulation on software update and software update management system and UN Regulation No. 15Z refers to the new UN Regulation on cyber security and cyber security management system. These numbers will be inserted once known.

\* In accordance with the programme of work of the Inland Transport Committee for 2020 as outlined in proposed programme budget for 2020 (A/74/6 (part V) sect. 20) para 20.37), the World Forum will develop, harmonize and update UN Regulations in order to enhance the performance of vehicles. The present document is submitted in conformity with that mandate.

GE.20-05230(E)



Source: Economic Commission for Europe, 2020

Please recycle 



# Inhalt der geplanten Regelung

- Anwendungsbereich, Kapitel 1
- Begriffsdefinitionen, Kapitel 2
- Ansuchen zur Typgenehmigung, Kapitel 3
- Ablauf der Typgenehmigung, Kapitel 4
- Systemsicherheit und Fail Safe, Kapitel 5
  - Kollisionsrisiko muss bewertet werden, ggfs. muss ein Minimum Risk Maneuver und oder Notbremsung durchgeführt werden
  - Kollisionsvermeidung über 3 Manöver abgeprüft
  - Beschreibung der Übernahmeanforderungen
- **Human-Machine-Interface, Kapitel 6**
  - Sensorreichweite, Kapitel 7
  - Ereignisdatenspeicherung DDSAD, Kapitel 8
  - Cyber-Security, Kapitel 9
  - Änderung an Typgenehmigung, Kapitel 10
  - Conformity of Production, , Kapitel 11
  - Strafen bei Nichtkonformität, Kapitel 12
  - Zuständige Typprüfstellen, Kapitel 14

## Annexe

- Kommunikation, Annex 1
- Prüfzeichen, Annex 2
- Spezielle Anforderungen, Annex 4
- Prüfbedingung, Annex 5

## UN-ECE Regelung, Kapitel 6

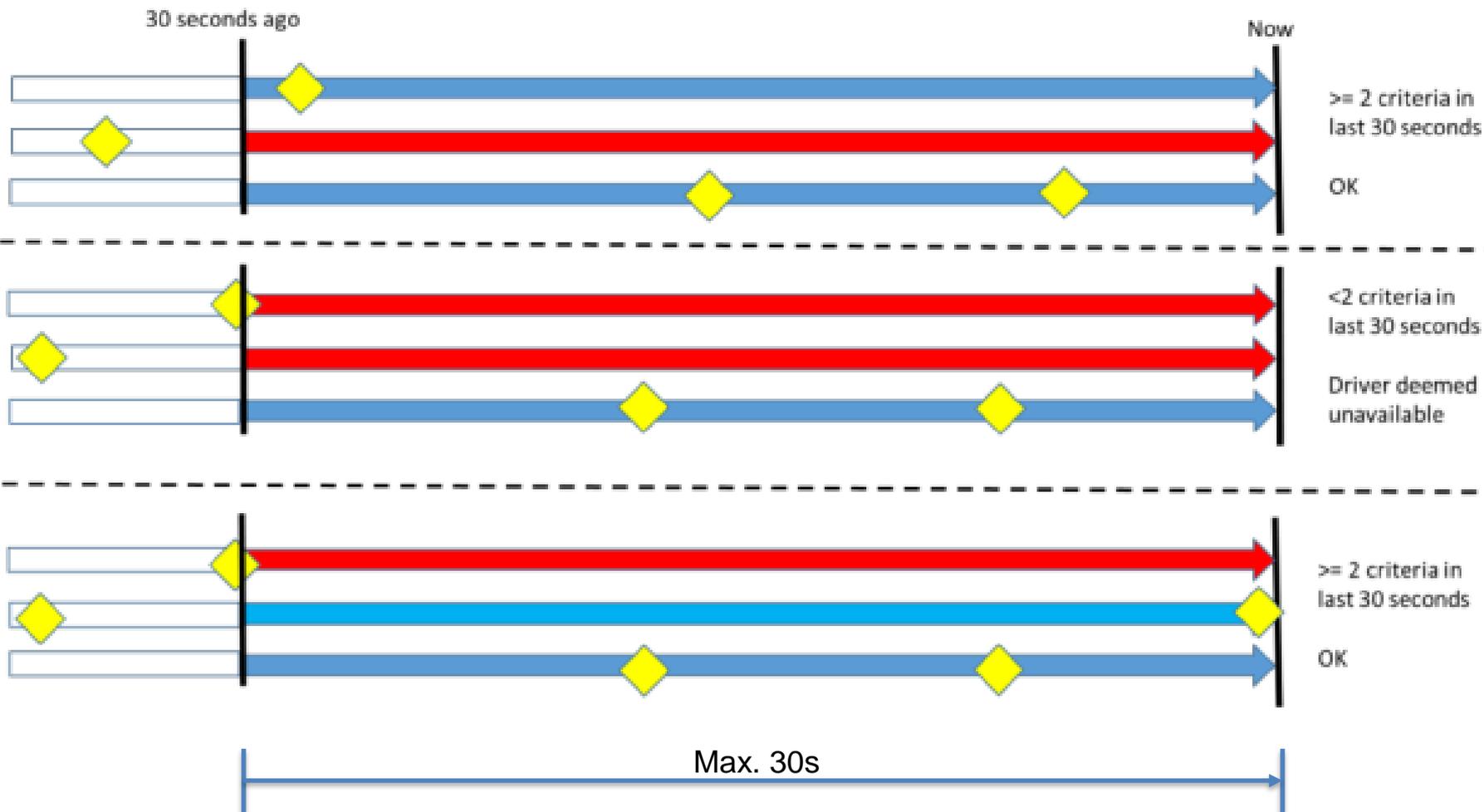
- Ein *Driver Availability Recognition System* **MUSS** vorgesehen werden
  - Fahreranwesenheit
  - Sicherheitsgurt muss angelegt sein
  - Übernahmebereitschaft

# Übernahmebereitschaft

Übernahmeaufforderung kann abgesetzt werden, wenn

- Fahrer nicht im Fahrersitz (mehr als eine Sekunde)
- Gurt ist nicht angelegt
- Fahrer Verfügbarkeit: **2 von 3 Kriterien** müssen erfüllt sein, innerhalb max. 30s:
  - Blickrichtung des Fahrers in erster Linie auf die Straße gerichtet
  - Blickrichtung des Fahrers auf den Rückspiegel
  - Kopfbewegung des Fahrers auf die Fahraufgabe zugewandt

-  Instant at which criteria determined driver is available
-  Criteria determined available in last 30 seconds
-  Criteria not determined available in last 30 seconds



Source: Economic Commission for Europe, 2020

# Fahrer nicht verfügbar:

## → Minimum Risk Maneuver

- Abbremsung nicht über 0,4g bis zum Stillstand

## → Imminentes Kollisionsrisiko: Emergency Maneuver

- Abbremsung mit max. Bremsverzögerung

## Prüfung:

- 3 definierte **Prüfszenarien**
- System muss zumindest so gut reagieren wie ein „skilled and attentive“ Fahrer → **definierte Beurteilung**

# Forschungsprojekte des FTG bei Mensch-Maschine-Interaktion

- **MueGen Driving (FFG):**  
Geschlechter-, alters- und straßenzustandspezifische Parameter hinsichtlich Vertrauen, Akzeptanz, Sicherheit, Komfort bei ACC und AEB
- **RENNT (Industriepartner, FFG):**  
Gestaltung des Annäherungsbereiches einer Autobahnmautstation zur Optimierung der Abwicklung des Bezahlvorganges
- **VEGAS (FFG):**  
Interaktion zwischen automatisierten und manuell geführten Fahrzeugen im Mischverkehr
- **IAFA (Industrieauftrag):**  
Vertrauen, Akzeptanz, Sicherheit, Komfort von FahrerInnen beim vollautomatisierten Fahrstreifenwechsel
- **IMPMOD (BMVIT):**  
Wahrnehmung von motorisierten Zweirädern durch PKW Lenker
- **WachSens (FFG):** Zuverlässige und vorrausagende Fahrerzustandsüberwachung durch Kombination von Fahrzeug- und Biosignalen

# Forschungsprojekte des FTG bei HMI

- MueGen Driving (FFG):  
Geschlechter-, alters- und straßenzustandspezifische Parameter hinsichtlich Vertrauen, Akzeptanz, Sicherheit, Komfort bei ACC und AEB
- VEGAS (FFG):  
Interaktion zwischen automatisierten und manuell geführten Fahrzeugen im Mischverkehr
- IAFA (Industrieauftrag):  
Vertrauen, Akzeptanz, Sicherheit, Komfort von fahrerInnen beim vollautomatisierten Fahrstreifenwechsel
- IMPMOD (BMVIT):  
Wahrnehmung von motorisierten Zweirädern durch PKW Lenker
- **WachSens (FFG):** Zuverlässige und vorherhersagbare Fahrerzustandsüberwachung durch Kombination von Fahrzeug- und Biosignalen

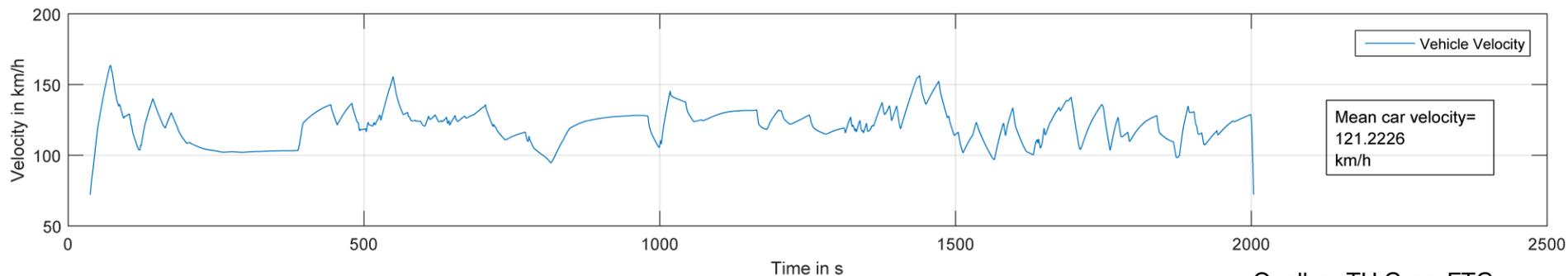
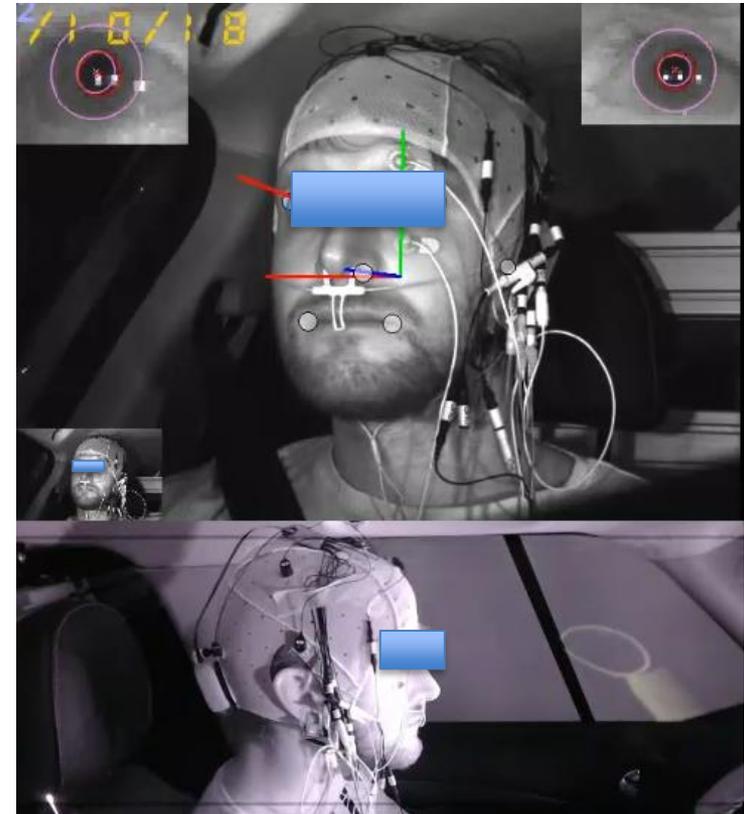
# Forschungsprojekt WachSens

Ziel: System von Sensoren, Algorithmen und Klassifikatoren, das früher und zuverlässiger als bestehende Systeme die **Vigilanz** von LenkerInnen charakterisiert für späteres Design von **Übernahmefähigkeit** mit „**ausreichender Zeitreserve**“

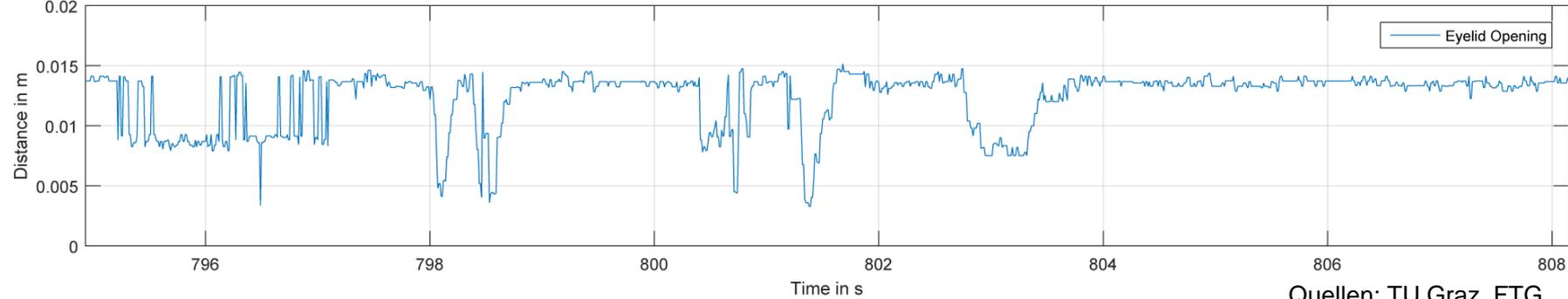
- **Fusion** vegetativer Vigilanz, der Kamerabeobachtung und des Fahrverhaltens
- Eingebettete **Sensoren** und integrierte Verarbeitung
- Änderungen des Aufmerksamkeitsverhaltens bei **automatisierten** Fahrfunktionen

# Test Design

- 96 Versuchspersonen, balanciert nach Geschlecht und Alter
- Mehrmaliges Befahren einer Autobahn bei Nacht
  - Ausgeschlafen, manuell und automatisiert
  - Schlafentzug, manuell und automatisiert
- Ca. 100 Messkanäle
  - Fahrer: EKG, EEG, Hautwiderstand, Augenmuskelaktivität, Atemfrequenz, Lidschlag, Pupillendurchmesser, Blickverhalten
  - Fahrzeug: Geschwindigkeit, Lenkbewegungen, Spurtreue, Beschleunigungen, ...



Quellen: TU Graz, FTG

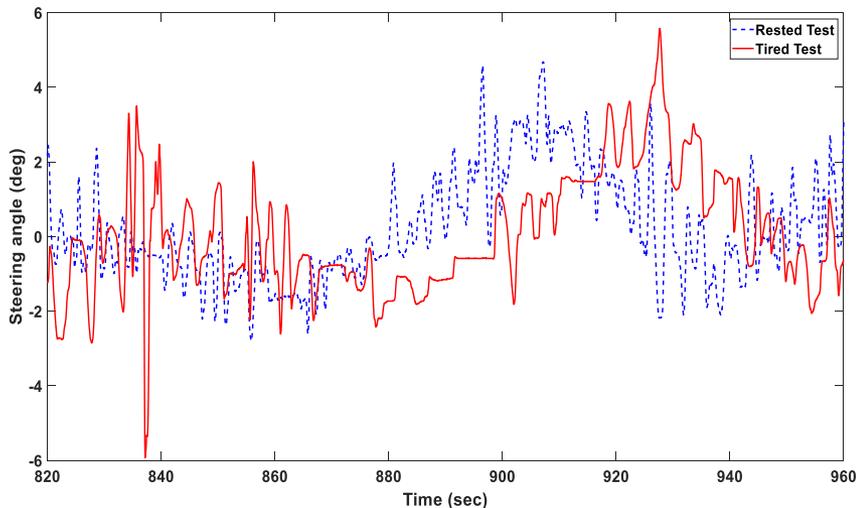


Quellen: TU Graz, FTG

# Methodik: Klassifikation der Müdigkeit über Messsignale mit künstlicher Intelligenz

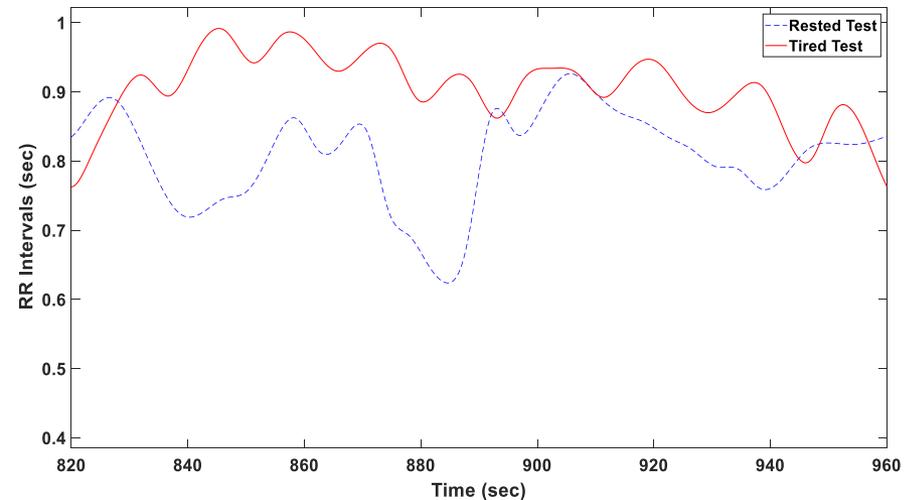
## Fahrzeugsignale:

- Querbearschleunigung
- Lenkwinkel
- Spurtreue



## EKG Signale:

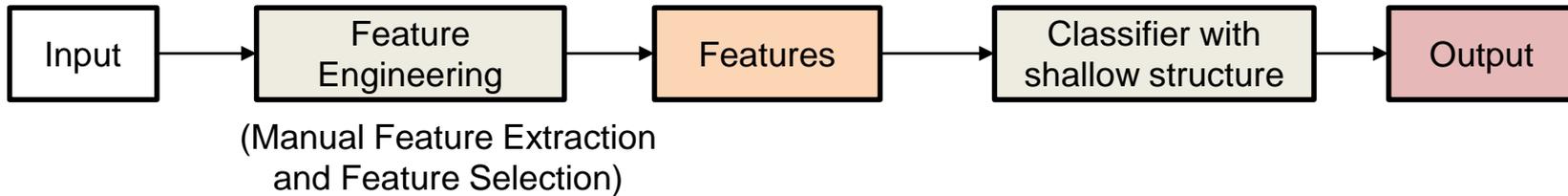
- RR Intervalle (Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden R-Peaks)



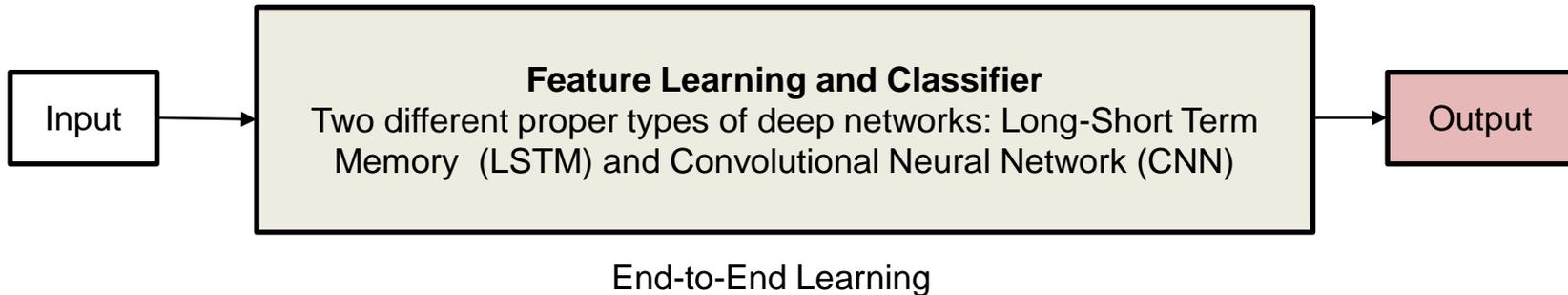
Quellen: TU Graz, FTG

# KI Methoden zur Müdigkeitsklassifizierung

## • Machine Learning



## • Deep Learning



Quelle: S. Arefnezhad, FTG

Quelle: Arefnezhad, S., Eichberger, A., Frühwirth, M., Kaufmann, C., & Moser, M. Driver Drowsiness Classification Using Data Fusion of Vehicle-based Measures and ECG Signals. Beitrag in IEEE SMC 2020; IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS, Toronto, Kanada.

# Erste Ergebnisse

**Classification Results: ECG-based features and Vehicle-based features are used separately.**

Data set	RF Accuracy%	KNN Accuracy%
ECG-based features	88.5	86.2
Vehicle-based features	82.8	80.8
ECG-based and Vehicle-based features	91.2	90.3

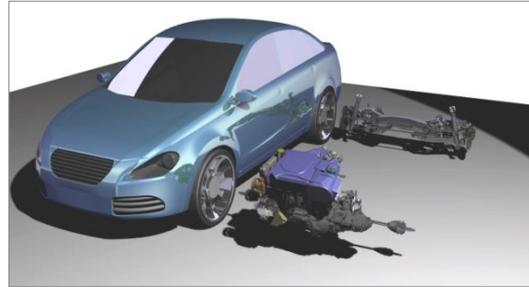
- **Classification results show that data fusion of ECG and Vehicle data outperforms the accuracy about 3%.**

Quelle: Arefnezhad, S., Eichberger, A., Frühwirth, M., Kaufmann, C., & Moser, M. Driver Drowsiness Classification Using Data Fusion of Vehicle-based Measures and ECG Signals. Beitrag in IEEE SMC 2020; IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS, Toronto, Kanada.

# Zusammenfassung

- Technische Machbarkeit von Level 4-5 Fahrzeuge ist nachgewiesen
- Serienanwendungen in den nächsten fünf Jahren nur für den kommerziellen Bereich absehbar.
- Rechtliche Rahmenbedingungen in Europa lassen in absehbarer Zeit **nur Level 3** Fahrzeuge erwarten
- Mensch-Maschine-Interaktion ist **komplex**, die geplante UN-ECE Regelung ist ein wichtiger Schritt für die Typprüfung
- Die Erkennung der Übernahmebereitschaft ist das wesentliche Thema, eine Datenfusion aus **Fahrzeug- und Biosignalen** könnte dies lösen.

Thank you for your  
attention!



Graz University of Technology  
Institute of Automotive Engineering

Assoc.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Arno Eichberger

Forschungsbereich Vehicle Dynamics

Inffeldgasse 11, 8010 Graz

+43 316-873-35210

+43 316-873-35202

arno.eichberger@tugraz.at

<http://www.ftg.tugraz.at>

## Danksagung

- **WachSens** ist ein Forschungsprojekt gefördert aus dem Programm „Mobilität der Zukunft“ der [www.ffg.at](http://www.ffg.at), unter Unterstützung des bmvit