



**Wie fit ist die Rechtsordnung  
für das automatisierte und autonome Fahren?**

- Chancen und Grenzen unterschiedlicher Entwicklungspfade -

Matthias Hartwig

- 1 IKEM - Kurzvorstellung
- 2 Automatisierung von Fahrzeugen
- 3 Entwicklungspfad: Transformation
- 4 Entwicklungspfad: Evolution
- 5 Entwicklungspfad: Revolution
- 6 Fazit: Wie fit ist die Rechtsordnung?

Das Institut

# Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität

## Forschung für eine nachhaltige Gesellschaftsordnung

- ▶ Gemeinnütziger Verein und An-Institut der Universität Greifswald
- ▶ IKEM unterstützt auf internationaler Ebene als NGO die Vereinten Nationen
- ▶ Analyse, Bewertung und Fortentwicklung des rechtlichen, sozioökonomischen und politischen Rahmens zu den Forschungsschwerpunkten
- ▶ Zur Entwicklung autonomen Fahrens arbeitet IKEM derzeit in **5 Projekten in 7 Staaten in 13 Pilotversuchen**



Greifswald



Berlin

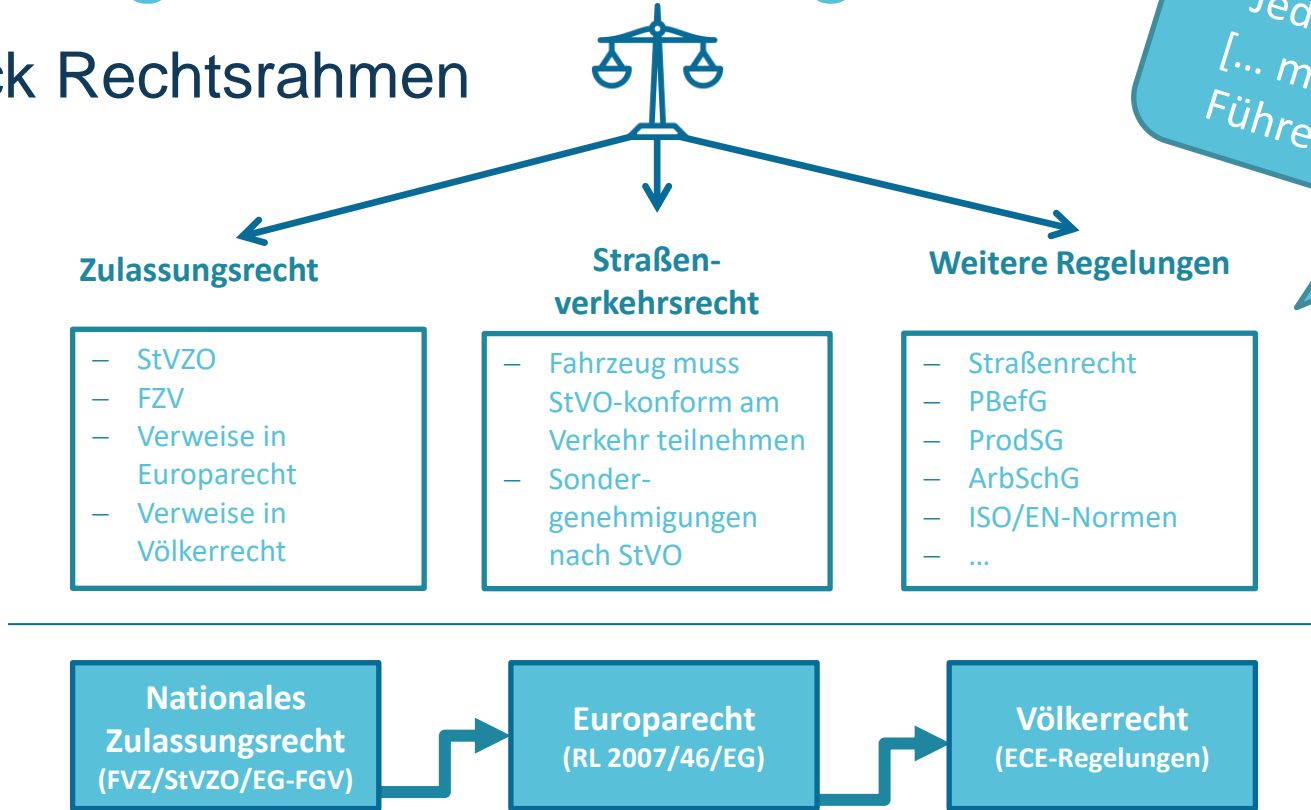
# Die Automatisierung von Fahrzeugen

# Paradigmenwechsel: Das „fahrerlose“ Fahrzeug



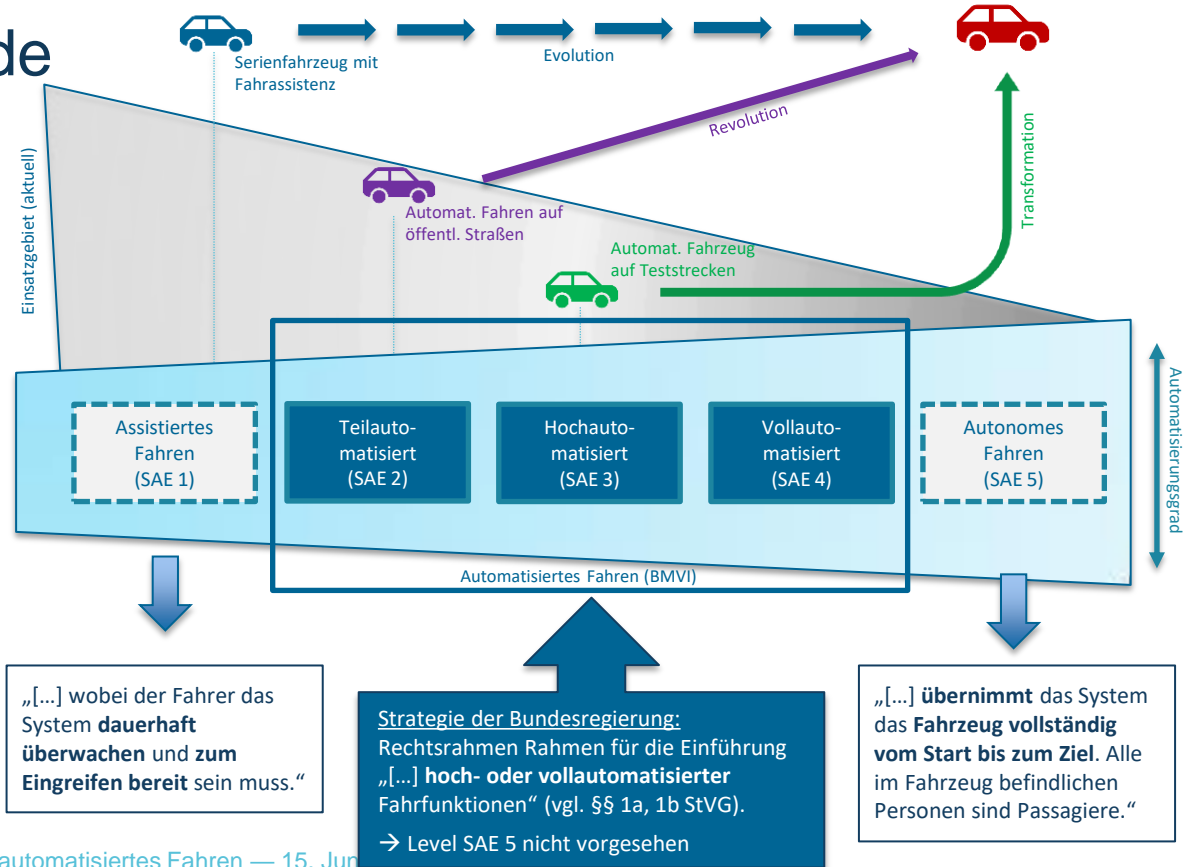
# Fahrzeugautomatisierung

## Überblick Rechtsrahmen



# Fahrzeugautomatisierung

## Entwicklungspfade





# Transformation

(Grenzen der Technik)

# Transformation: Fahrerloses Fahren

## Grundproblem: von der Rechtsordnung nicht erfasst

- ▶ Fahrerloses Fahren ist vom Straßenverkehrsgesetz (§§ 1a/1b) nicht erfasst, weil
  - ▶ das Fahrzeug nicht übersteuerbar ist, da es auf einen Einsatz als autonomes Fahrzeug hin entwickelt wird ( $\neq$  § 1a Abs. 2 Nr. 3 StVG)
  - ▶ eine eigenhändige Steuerung nicht vorgesehen ist, da es darauf ausgelegt ist, jede Fahraufgabe selbstständig zu erfüllen ( $\neq$  § 1a Abs. 2 Nr. 4 StVG)
  - ▶ die Fahrzeugsteuerung nicht übertragbar ist, da das System darauf ausgelegt ist, den Fahrer letztlich nicht mehr im Fahrzeug zu haben ( $\neq$  § 1a Abs. 2 Nr. 5 StVG)
  - ▶ kein Zugang zur systemwidrigen Verwendung eröffnet ist ( $\neq$  § 1a Abs. 2 Nr. 6 StVG)

# Transformation: Fahrerloses Fahren

## Abschied vom Dualismus: Zulassungsrecht und Verhaltensregeln I

- ▶ **Paradigmenwechsel:** das Recht verliert seinen Adressaten im Fahrzeug und muss sich anderen Adressaten außerhalb des Fahrzeugs zuwenden (Hersteller, Bediener, Halter, Leitstelle, Sachverständiger, Zulassungsstelle)
- ▶ **StVZO:** Stand der Technik, Regeln der Technik (z.B. ECE-Normen, ISO 26262)
  - ▶ Technischen Sachverständigen fehlt der **Prüfkatalog**
  - ▶ § 30 Abs. 1 als Auffangnorm: **Gefährdungsentkräftung** für Verkehrsteilnehmer (Nr. 1) und Insassen (Nr. 2)
  - ▶ Prüfungsmaßstab: Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs „**niemanden schädigt oder mehr als unvermeidbar gefährdet, behindert oder belästigt**“ (§ 30 Abs. 1)

# Transformation: Fahrerloses Fahren

## Abschied vom Dualismus: Zulassungsrecht und

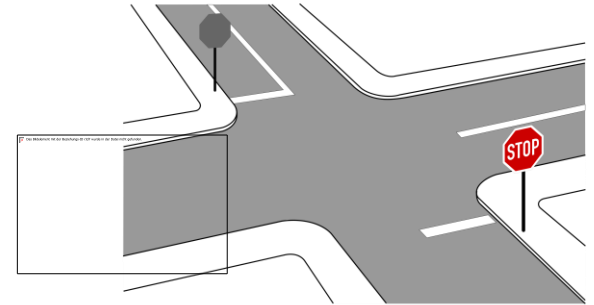
### Verhaltensregeln II

- ▶ **StVG**: §§ 1a, 1b unanwendbar aber richtungsweisend
  - ▶ Beherrscht „Fahrzeugsteuerung“ (§ 1a Abs. 2 Nr. 1) und kann sich „den an die Fahrzeugführung gerichteten Verkehrsvorschriften [...] entsprechen“ (§ 1a Abs. 2 Nr. 2)
  - ▶ Bediener ist „derjenige, der [...] aktiviert“ (§ 1a Abs. 4) und übernimmt als gefahrnächster die Pflichtenstellung des Fahrers (→ §§ 7, 18 StVG)
- ▶ **StVO**: adressiert die Pflichten an eine bestimmte (natürliche) Person
  - ▶ Die Prüfung der Einhaltung der StVO muss in die Zulassung und enge Prüfintervalle vorverlagert werden
  - ▶ Projektpraxis: Technischer Sachverständiger prüft streckenbezogene Segmente des Anwendungsfalles (Sachverständigengutachten: Gefährdungsentkräftung)
  - ▶ Prüfungsmaßstab: Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs „niemanden schädigt oder mehr als unvermeidbar gefährdet, behindert oder belästigt“ (§ 20 Abs. 1)

# Transformation: Fahrerloses Fahren

## Den Verkehrsvorschriften entsprechen?

- ▶ 9 Abs. 1 S. 1 Straßenverkehrsordnung (StVO): „*Wer abbiegen will, muss dies **rechtzeitig** und **deutlich ankündigen** [...]“  
-> Verkehr muss sich auf das Abbiegen einstellen können*
- ▶ Zwei Dimensionen bestimmen die zeitlichen Grenzen:
  - ▶ zu früh: Ankündigung und Einordnung bringt Unklarheit über die beabsichtigte Abbiegestelle
  - ▶ zu spät: Schreckzeit plus Anhalteweg des nachfolgenden Fahrzeugs bzw. Verkehrs reichen nicht aus
- ▶ Anwendung von Verhaltensregeln (StVO) auf Maschinen im Gemischten Verkehr?
  - ▶ Pro: Erwartungen entsprechen, Orientierung geben, Nachahmung von Abweichungen Vermeiden
  - ▶ Contra: Maschine kann Mensch nicht simulieren (Regelungstiefe?)
    - kein Erfahrungswissen, keine Intuition, keine Improvisation
    - überlegene Information, Multitasking, unbedingte Zuverlässigkeit



**Problem:** Maschinen arbeiten nicht intuitiv, sondern entsprechend einer vorher definierten Programmschleife -> **wann** ist also „**rechtzeitig**“?

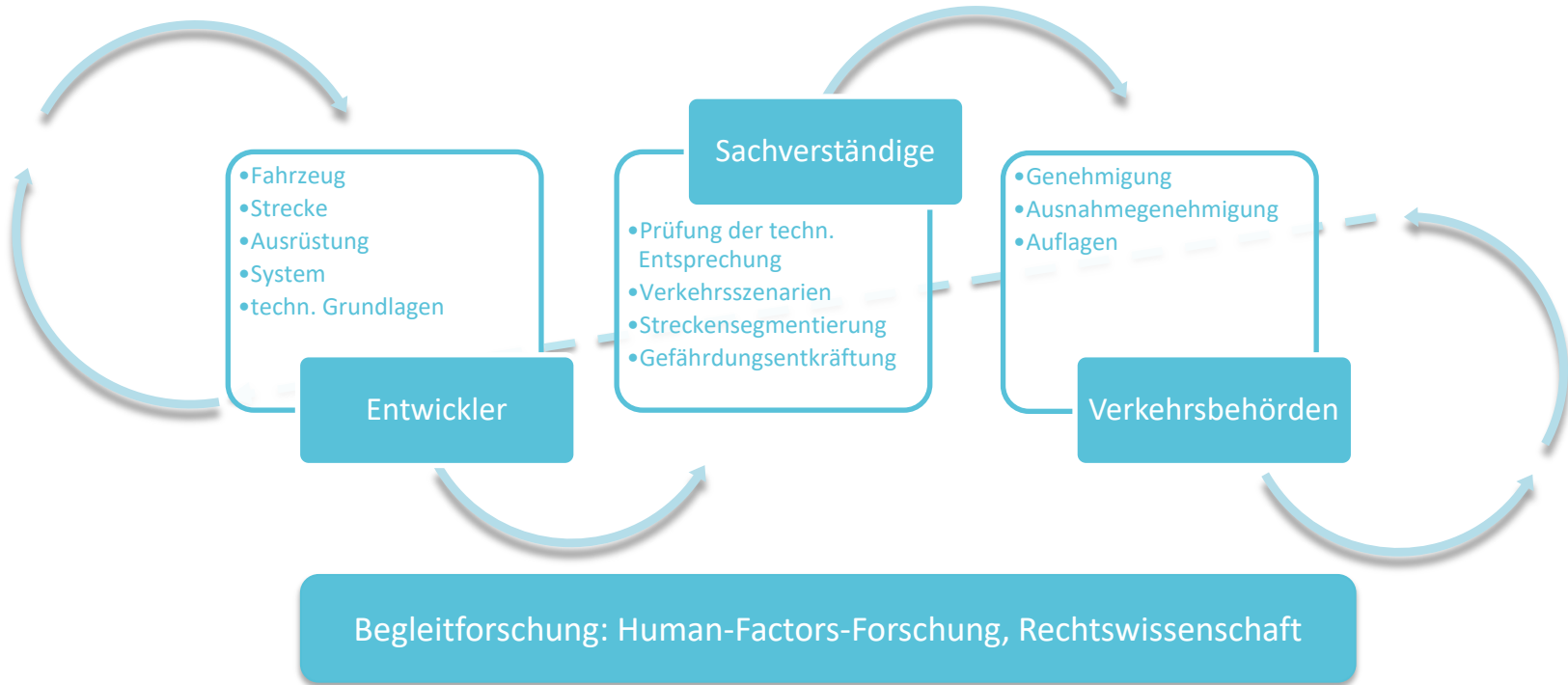
# Transformation: Fahrerloses Fahren

## Gestaltungsmöglichkeiten in den Projekten

- ▶ **Zulassung ohne Steward:**
  - ▶ Zulassung derzeit ausgeschlossen
  - ▶ Tätigwerden des Gesetzgebers?
  - ▶ Anpassung des Völkerrechts?
  - ▶ Zusatzproblem: Leitwarte, teleoperiertes Fahren und die Datensicherheit
- ▶ **Zulassung mit Steward:**
  - ▶ Zulassungsprozess ist sehr anspruchsvoll (s. o.)
  - ▶ Eingriffsmöglichkeiten des Stewards entsprechen nicht denen eines Fahrers
  - ▶ Technischen Neuheiten müssen in ihrer Sicherheit überprüft werden (Funktionale Sicherheitsprüfung)
  - ▶ Steward übernimmt alle Aufgaben, die das Fahrzeug nicht bewältigt  
→ Steward gilt als Fahrzeugführer (Sicherheitstraining als Auflage)
  - ▶ Bei Nichteinhaltung: bestimmte Verkehrsszenarien/use cases werden von vornherein über **Auflagen, Routenführung** und **verkehrliche Gestaltung** oder über **straßenverkehrsrechtliche Ausnahmen** nach § 46 StVO ausgeschlossen

# Transformation: Fahrerloses Fahren

## Zulassungsprozesses in der interdisziplinären Forschung



# Transformation: Grenzen der Technik

## Systemgrenzen und Lösungsmöglichkeiten

- ▶ **Grenzen der Technik**
  - ▶ Hoher Bedarf an zuverlässigen und verfügbaren Informationen (Geografie, Position, Verkehrsumgebung, Umweltdaten)
  - ▶ Sehr hohe Anforderungen an Spezifikation, Aktualität und Genauigkeit von Sensorik / Kommunikationsmitteln / Infrastruktur (fahrzeug- und straßenseitig)
- ▶ **Aktuell: Ausnahmegenehmigung für einen räumlich abgegrenzten Bereich verbunden mit konfliktvermeidenden Auflagen (vgl. § 70 StVZO „von allen Vorschriften der StVZO“)**
  - ▶ Höchstgeschwindigkeit, Streckenführung und Verkehrsregeln,
  - ▶ Zeitliche und witterungsbedingte Beschränkung,
  - ▶ Beschränkung im Zusammenhang mit einem Sicherheits- und Notfallkonzept
- ▶ **Lösungsmöglichkeiten: Experimentierklausel im Straßenverkehrsgesetz**
  - ▶ Anwendung: umgrenzter Experimentierraum (Testfeld → Reallabor → Linienverkehr → Robotaxi),
  - ▶ Raum zur Innovation von Technik, Recht und Verfahren sowie Nutzerakzeptanz,
  - ▶ Differenzierte Zulassung



# Evolution

(Grenzen des Fahrers)

# Evolution: Assistenz bis Hochautomatisierung

## Rahmenbedingungen

- ▶ Weg der Automobilindustrie
- ▶ Kontinuierliche und inkrementelle Weiterentwicklung von Fahrassistenzsystemen
- ▶ Reform des Straßenverkehrsgesetzes 2017: §§ 1a und 1b StVG tragen dem Rechnung



# Evolution: Assistenz bis Hochautomatisierung

Herausforderungen

„zulässig, wenn die Funktion bestimmungsgemäß verwendet wird.“

§

§ 1a Abs. 1 StVG

„Fahrzeugführer ist auch derjenige, der eine hoch- oder vollautomatisierte Fahrfunktion [...] aktiviert“

§

§ 1a Abs. 4 StVG

„muss derart wahrnehmungsbereit bleiben, dass er seiner Pflicht [zur Übernahme der Fahrzeugsteuerung] jederzeit nachkommen kann“

§

§ 1b Abs. 1 Hs 2 StVG

# Evolution: Assistenz bis

## Herausforderungen Bestimmungsgemäßer Einsatz

„zulässig, wenn die Funktion **bestimmungsgemäß** verwendet wird.“

§

§ 1a Abs. 1 StVG

„Fahrzeugführer ist auch derjenige, der eine hoch- oder vollautomatisierte Fahrfunktion [...] aktiviert“

§

§ 1a Abs. 4 StVG

„muss derart wahrnehmungsbereit bleiben, dass er seiner Pflicht [zur Übernahme der Fahrzeugsteuerung] jederzeit nachkommen kann“

§

§ 1b Abs. 1 Hs 2 StVG

# Evolution: Assistenz bis

## Herausforderungen: Veranlassung der Fahrt

„zulässig, [...] zulässig,  
wenn die Funktion  
bestimmungsgemäß  
verwendet wird.“

§

§ 1a Abs. 1 StVG

„Fahrzeugführer ist auch  
derjenige, der eine hoch-  
oder vollautomatisierte  
Fahrfunktion [...] **aktiviert**“

§

§ 1a Abs. 4 StVG

„muss derart  
wahrnehmungsbereit  
bleiben, dass er seiner  
Pflicht [zur Übernahme der  
Fahrzeugsteuerung ]  
jederzeit nachkommen  
kann“

§

§ 1b Abs. 1 Hs 2 StVG

# Evolution: Assistenz bis

## Herausforderungen „Out-of-the-Loop“ Problem

„zulässig, [...] zulässig,  
wenn die Funktion  
**bestimmungsgemäß**  
verwendet wird.“

§

§ 1a Abs. 1 StVG

„Fahrzeugführer ist auch  
derjenige, der eine hoch-  
oder vollautomatisierte  
Fahrfunktion [...] **aktiviert**“

§

§ 1a Abs. 4 StVG

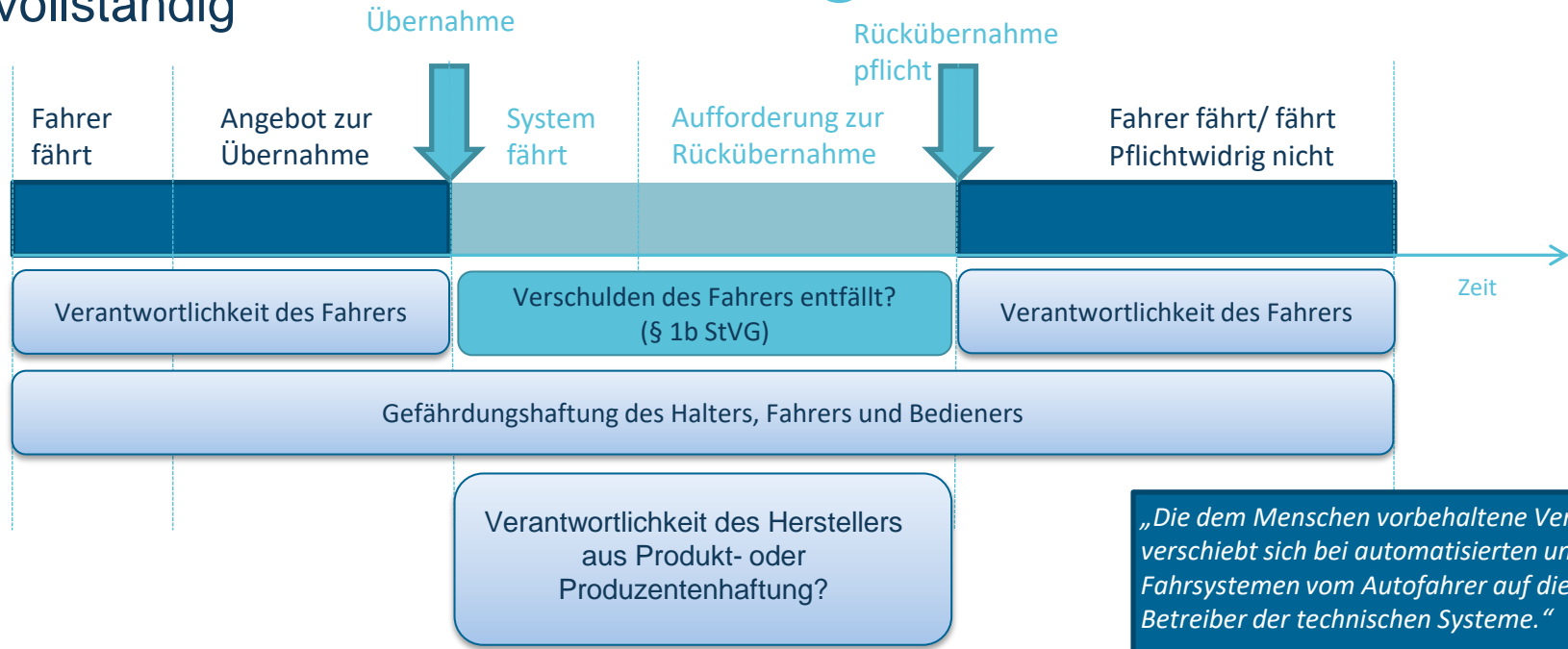
„muss derart  
**wahrnehmungsbereit**  
bleiben, dass er seiner  
Pflicht [zur Übernahme der  
Fahrzeugsteuerung ]  
jederzeit nachkommen  
kann“

§

§ 1b Abs. 1 Hs 2 StVG

# Evolution: Assistenz bis

## Übertragung von Fahraufgaben erbringt den Fahrzeugführer nicht vollständig



*„Die dem Menschen vorbehaltene Verantwortung verschiebt sich bei automatisierten und vernetzten Fahrsystemen vom Autofahrer auf die Hersteller und Betreiber der technischen Systeme.“*

Ethik-Kommission „Automatisiertes und Vernetztes Fahren“, S. 11

# Evolution: Assistenz bis Hochautomatisierung

## Systemgrenzen und Lösungsmöglichkeiten

- ▶ **Grenzen der Technik**
  - ▶ Wie fahrerloses Fahren jedoch mit Fahrer als Letztverantwortlichem
  - ▶ Aufrechterhaltung der Wahrnehmungsbereitschaft (Fahrer im „Loop“ halten)
- ▶ **Grenzen des Fahrers**
  - ▶ Menschliche Wahrnehmungsbereitschaft und Reaktionsfähigkeit
  - ▶ Erkennbarkeit systembedingter Fehlfunktionen
- ▶ **Lösungsmöglichkeiten:**
  - ▶ Lösungsansatz der StVG ist durch die Rechtsprechung auszufüllen
  - ▶ Begrenzte Anwendungsfelder: Parken, Autobahn, ...
  - ▶ Klare Aufteilung der Verantwortung für die Fahraufgaben?
  - ▶ Differenzierte Zulassung mit örtlicher Beschränkung bzw. Vorgabe zur Verwendung?



# Revolution

(Grenzen der Überprüfbarkeit)

# Revolution: Algorithmus und KI statt

## Fahrer Rahmenbedingungen

- ▶ Weg der Technologieunternehmen (Bsp.: MOIA, Waymo, Uber)
- ▶ Entwicklung automatisierter Fahrzeuge auf Basis künstlicher Intelligenz und maschinellen Lernens



Dient der Unterstützung  
des Fahrers

Dient der Überwindung  
des Fahrers

# Revolution: Algorithmus und KI statt Fahrer

## Systemgrenzen und Lösungsmöglichkeiten

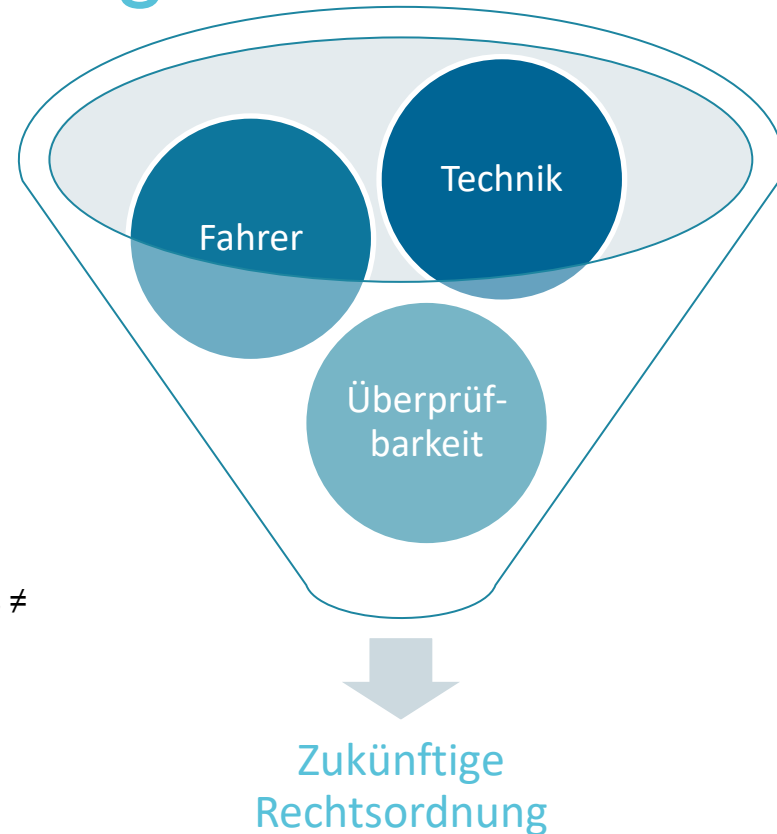
- ▶ **Grenzen der Technik**
  - ▶ KI und teure Sensorik kann hohe Automatisierung ermöglichen
  - ▶ KI kann unzulängliche Sensorik nicht ersetzen (Bsp. optische Systeme)
- ▶ **Grenzen des Fahrers**
- ▶ **Grenzen der Überprüfbarkeit**
  - ▶ Fehlende Transparenz
  - ▶ Hohe Komplexität der Algorithmen
  - ▶ Verantwortlichkeit und Überprüfbarkeit bei Ergebnisräumen?
  - ▶ Simulation und Gefährdungsentkräftung?
- ▶ **Lösungsmöglichkeiten:**
  - ▶ Künstliche Intelligenz in genehmigungsbedürftigen Systemen ist regelbar, aber
  - ▶ Erfahrungen sollten zunächst mit wenig sicherheitsrelevanten Systemen gesammelt werden

Fazit

# Wie fit ist die Rechtsordnung?

## Grenzen und Orientierung

- ▶ **Grenzen der Technik:**
  - ▶ Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit von Sensorik und Kommunikationsmitteln
  - ▶ Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit von Information
  - ▶ Straßenverkehrsordnung für Maschinen
- ▶ **Grenzen des Fahrers:**
  - ▶ Wahrnehmungs- und Übernahmebereitschaft
  - ▶ Systembeschreibung vs. Wesentlichkeit (Festlegung von Ausnahmen als Aufgabe des Gesetzgebers ≠ Behörden)
- ▶ **Grenzen der Überprüfbarkeit:**
  - ▶ Komplexität
  - ▶ Verantwortungsdiffusion



# IKEM

IKEM – Institut für Klimaschutz,  
Energie und Mobilität e. V.  
Magazinstraße 15 – 16, 10179 Berlin

[www.ikem.de](http://www.ikem.de)