

# Autonomes Fahren IT macht's möglich

- 
- Sven Henning
  - 03.05.2018

# Zur Person

- Sven Henning
- Abschluss:  
M. Sc. Ingenieurinformatik mit  
Schwerpunkt Maschinenbau
- Aktuell:  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
  
- Lehrstuhl für Regelungstechnik und Mechatronik  
(Maschinenbau)
  - Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn
  - Leitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Ansgar Trächtler



Bild- und Videoinhalte  
aus urheberrechtlichen  
Gründen entfernt

---

---

# Autonomes Fahren IT macht's möglich

---

1. Chancen, Risiken, Zahlen und Fakten
2. Grundlegende Funktionsweise autonomer Fahrzeuge
3. Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement
4. Ausblick auf übergeordnete Verkehrsmanagement-Strategien

# Chancen, Risiken, Zahlen und Fakten

## Die Vision: Chancen und Risiken des autonomen Fahren

### ■ Chancen

- Erhöhung der Verkehrssicherheit
- Steigerung der Verkehrseffizienz
- Reduzierung mobilitätsbedingter Emissionen
- Komfortsteigerung
- Stärkung des Innovations- und Wirtschaftsstandorts Deutschland

### ■ Risiken / Herausforderungen

- Fahrzeuge sind kostspielig
- Infrastruktur muss geschaffen werden
- Gefährdung von Berufsgruppen
- Ethische/Rechtliche Fragestellungen
- Akzeptanz- und Vertrauensfrage

Bild- und Videoinhalte  
aus urheberrechtlichen  
Gründen entfernt

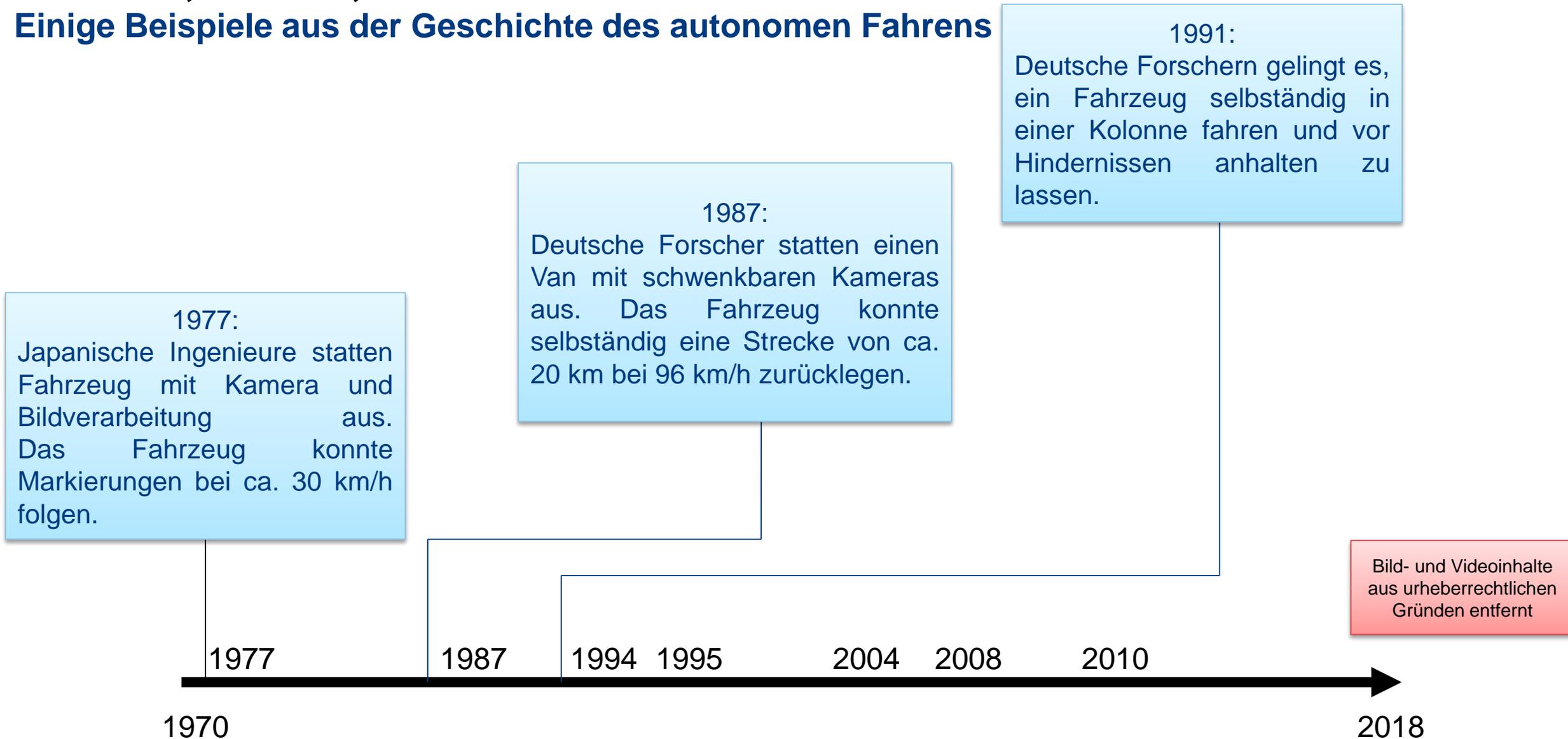
# Chancen, Risiken, Zahlen und Fakten

## Komfort: Veränderung der Art des Reisens

Bild- und Videoinhalte  
aus urheberrechtlichen  
Gründen entfernt

# Chancen, Risiken, Zahlen und Fakten

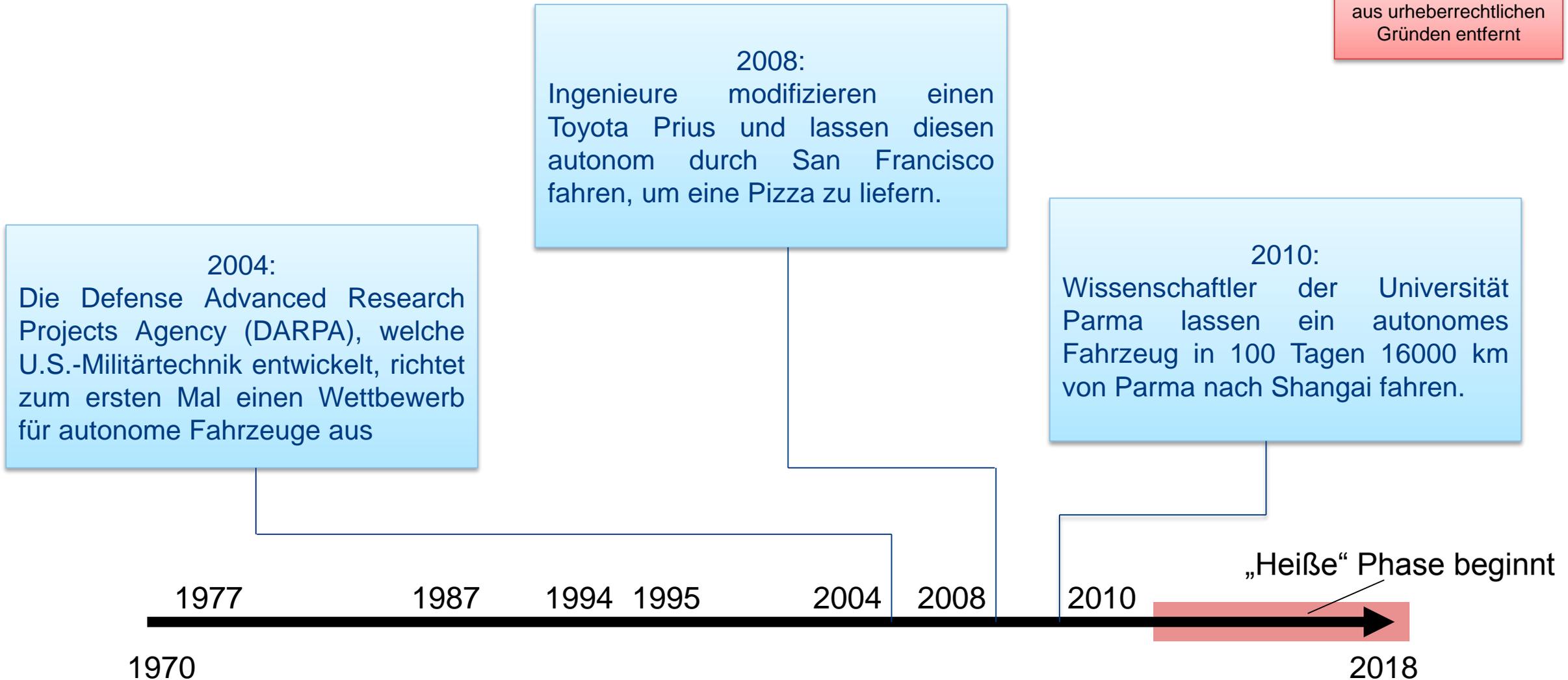
## Einige Beispiele aus der Geschichte des autonomen Fahrens



# Chancen, Risiken, Zahlen und Fakten

## Einige Beispiele aus der Geschichte des autonomen Fahrens

Bild- und Videoinhalte  
aus urheberrechtlichen  
Gründen entfernt



# Chancen, Risiken, Zahlen und Fakten

## Klassifizierung in Fahrmodus-Level

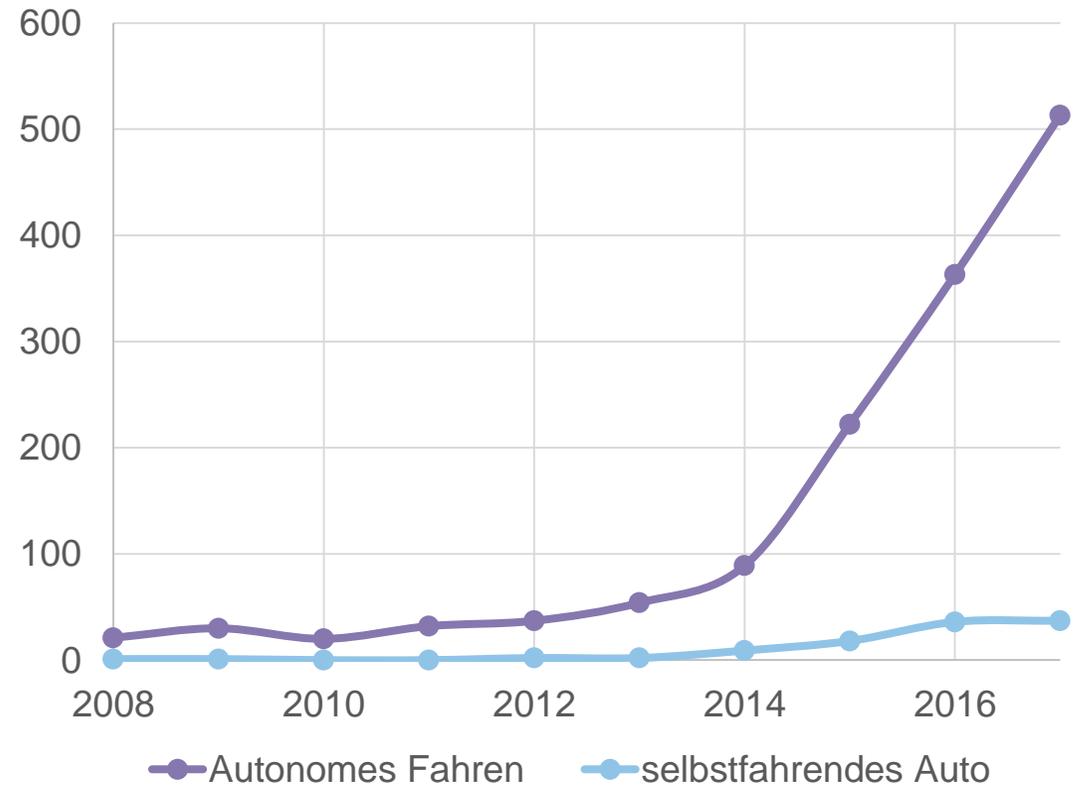
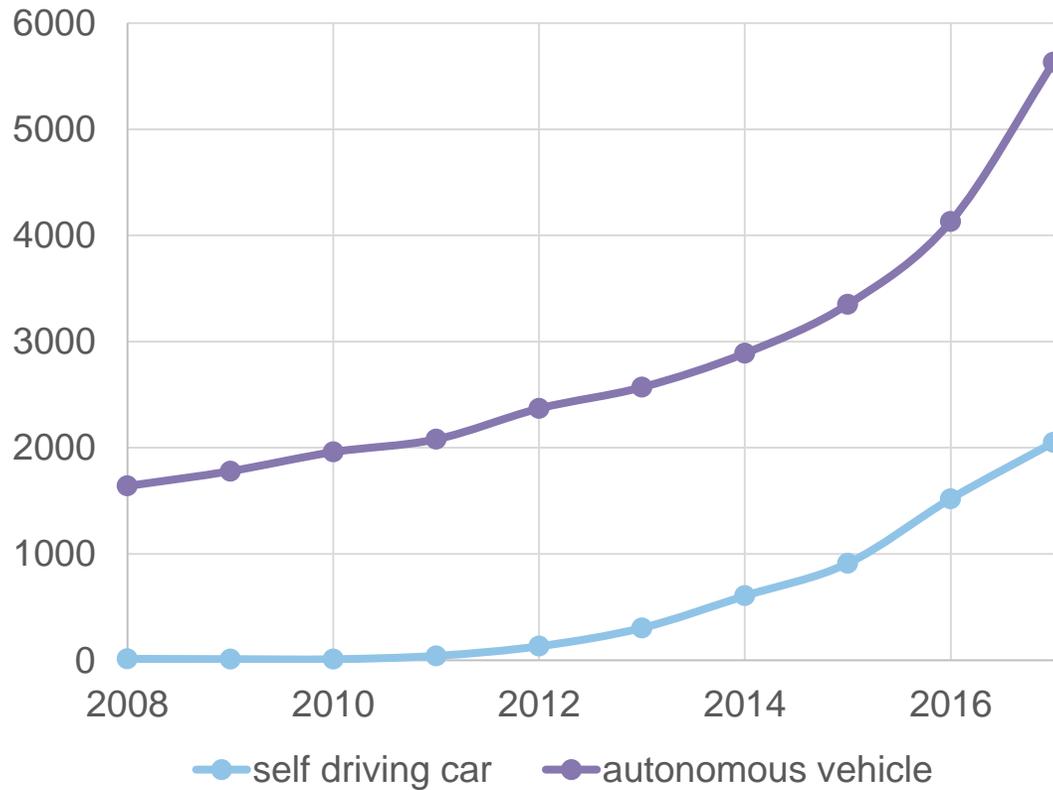
	STUFE 0	STUFE 1	STUFE 2	STUFE 3	STUFE 4	STUFE 5
	<b>NUR FAHRER</b>	<b>ASSISTIERT</b>	<b>TEIL-AUTOMATISIERT</b>	<b>HOCH-AUTOMATISIERT</b>	<b>VOLL-AUTOMATISIERT</b>	<b>FAHRERLOS</b>
<b>FAHRER</b>	Fahrer führt dauerhaft Längs- und Querführung aus.	Fahrer führt dauerhaft Längs- oder Querführung aus.	Fahrer muss das System dauerhaft überwachen.	Fahrer muss das System nicht mehr dauerhaft überwachen. Fahrer muss potenziell in der Lage sein, zu übernehmen.	Kein Fahrer erforderlich im spezifischen Anwendungsfall.	Von „Start“ bis „Ziel“ ist kein Fahrer erforderlich.
	Kein engreifendes Fahrzeugsystem aktiv.	System übernimmt jeweils die andere Funktion.	System übernimmt Längs- und Querführung in einem spezifischen Anwendungsfall.	System übernimmt Längs- und Querführung in einem spezifischen Anwendungsfall. Es erkennt Systemgrenzen und fordert den Fahrer zur Übernahme mit ausreichender Zeitreserve auf.	System kann im spezifischen Anwendungsfall alle Situationen automatisch bewältigen.	System übernimmt die Fahraufgabe vollumfänglich bei allen Straßentypen, Geschwindigkeitsbereichen und Umfeldbedingungen.
	<b>Anteil notwendiger Fahrereingriffe</b>					
						<b>AUTOMATISIERT</b>

Quelle: VDA: Verband der Automobilindustrie e. V.

# Chancen, Risiken, Zahlen und Fakten

## Öffentliches Interesse: Forschung

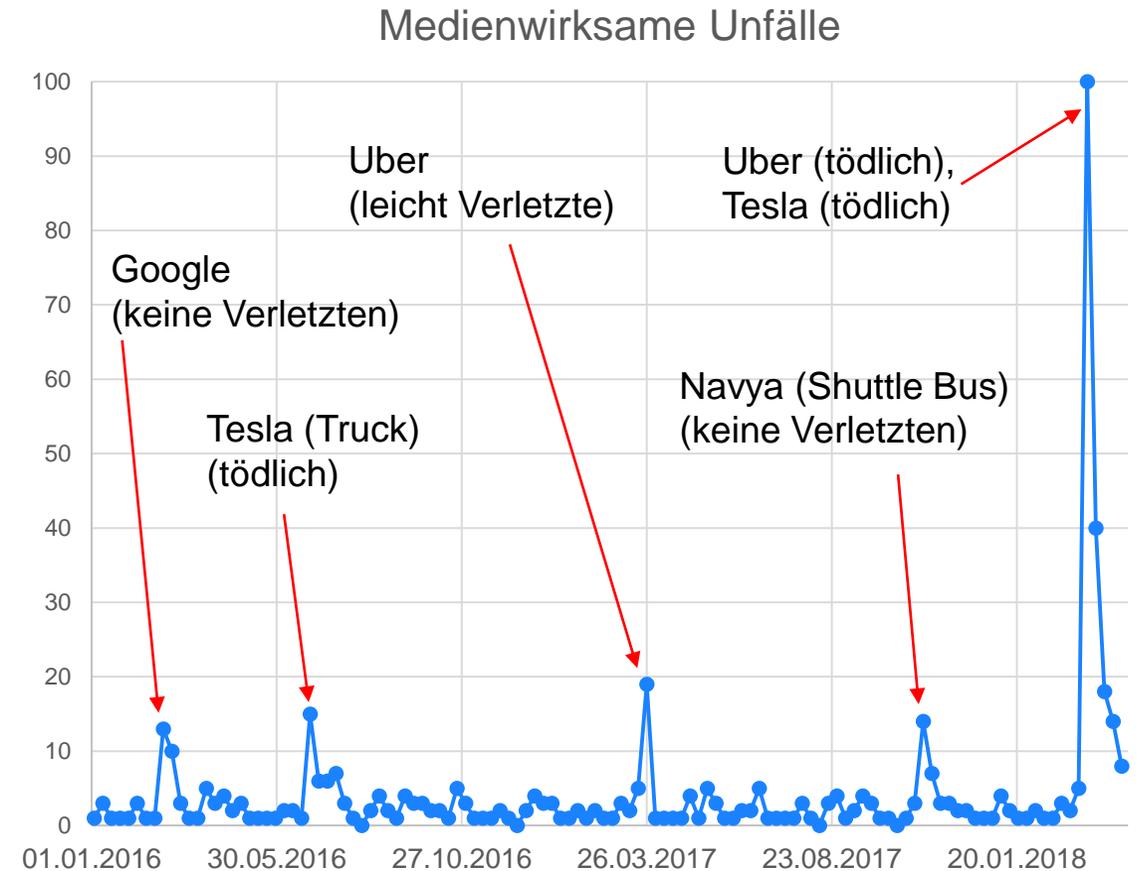
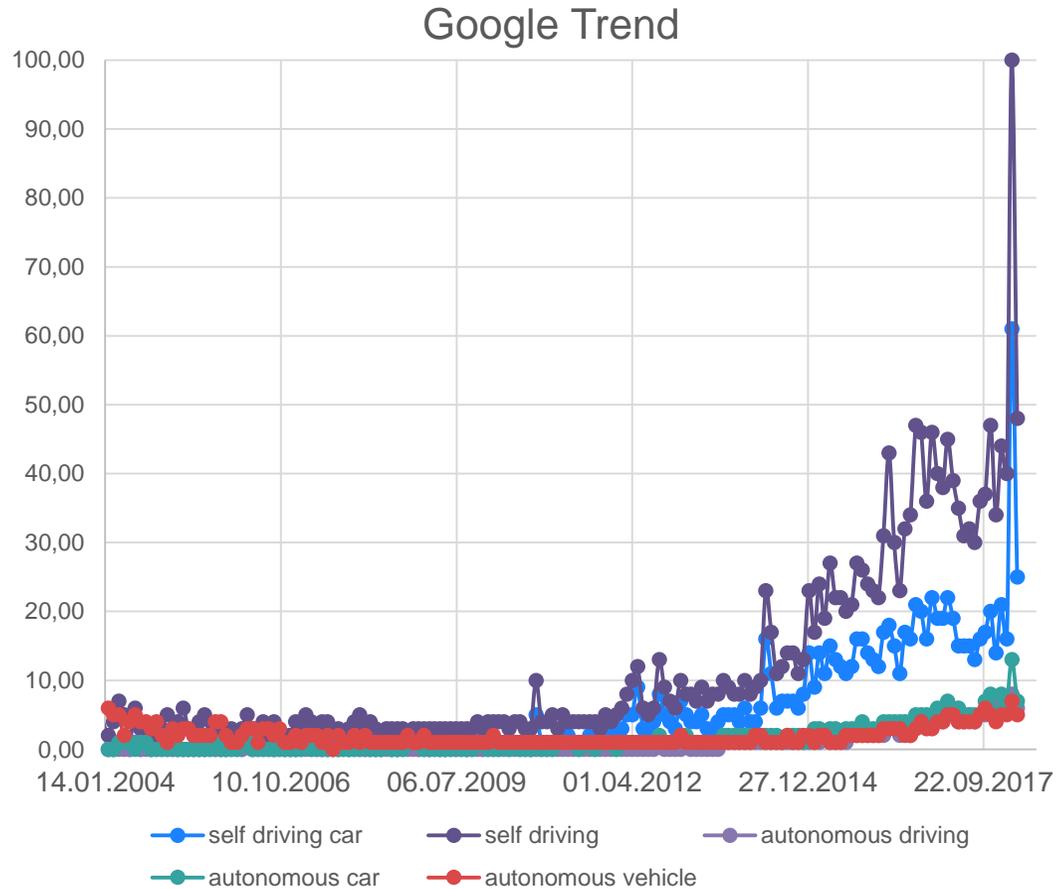
■ Anzahl Veröffentlichungen, welche Schlüsselwörter enthalten



Quelle: Google

# Chancen, Risiken, Zahlen und Fakten

## Öffentliches Interesse: Google Trends zu Schlüsselbegriffen



Quelle: Google

# Chancen, Risiken, Zahlen und Fakten

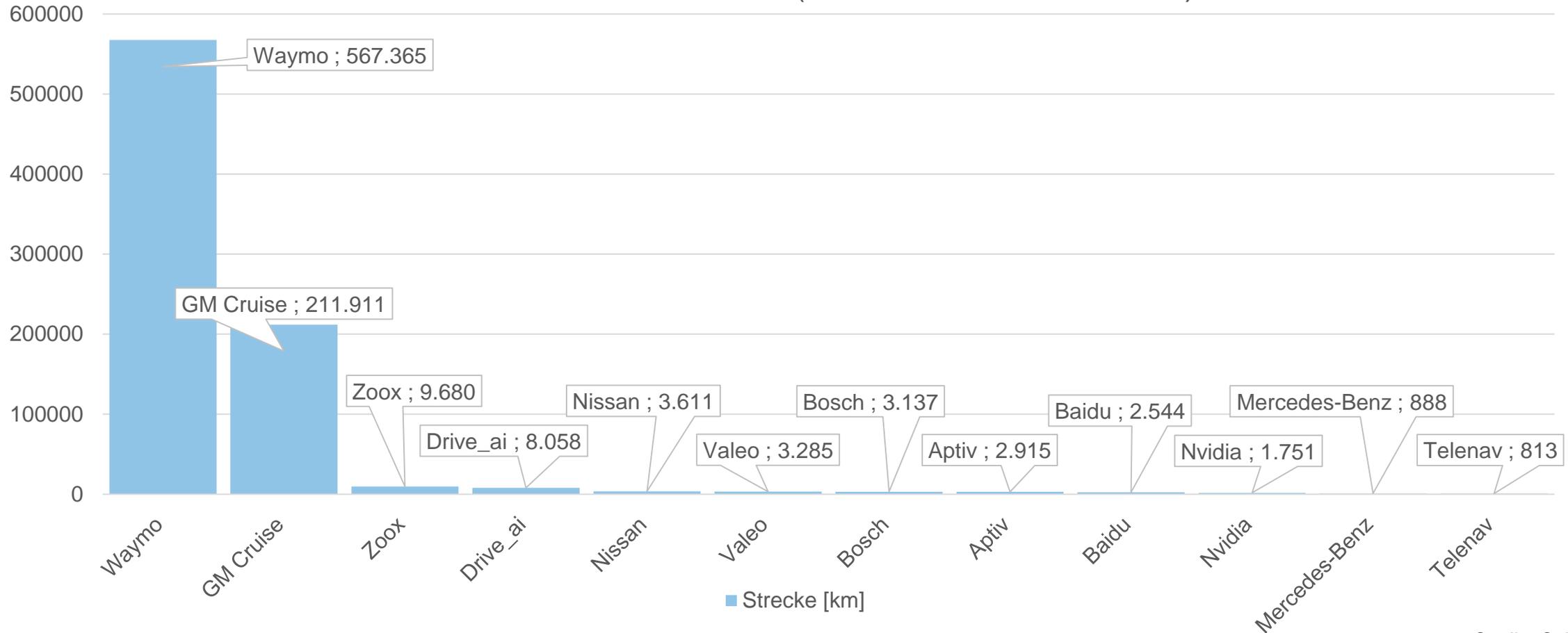
## Kontroverse Diskussionen: Psychologie negativer Schlagzeilen

Bild- und Videoinhalte  
aus urheberrechtlichen  
Gründen entfernt

# Chancen, Risiken, Zahlen und Fakten

## Statistik zu autonomen Fahrzeugen (Kalifornien)

Gefahrene Kilometer (01.12.2016 – 30.11.2017)

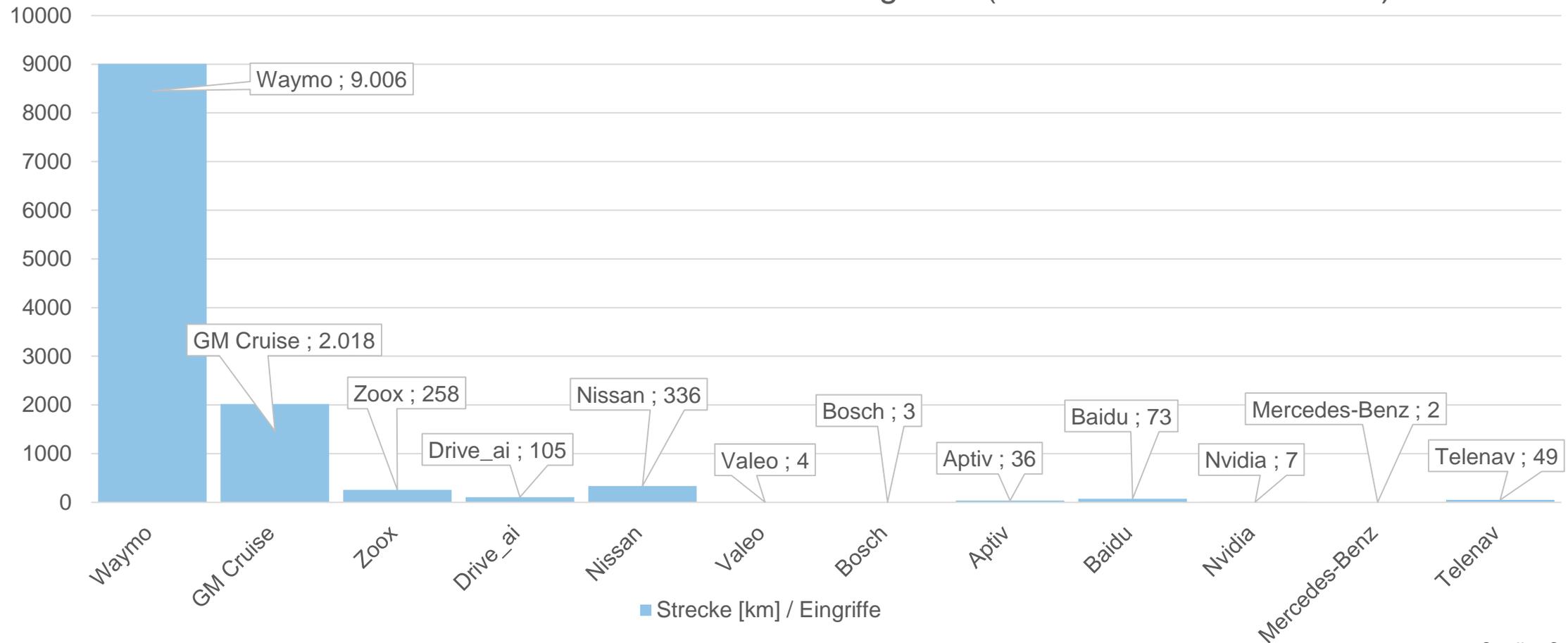


Quelle: California DMV

# Chancen, Risiken, Zahlen und Fakten

## Statistik zu autonomen Fahrzeugen (Kalifornien)

Gefahrenre Kilometer zwischen zwei Eingriffen (01.12.2016 – 30.11.2017)



Quelle: California DMV

# Chancen, Risiken, Zahlen und Fakten

## Unfall-Statistik zu autonomen Fahrzeugen

### ■ Gesamt

- Waymo (Chrysler Pacifica):  
8.046.720 km in 25 Städten ohne tödlichen Unfall

- Uber:  
3.218.688 km bis zum ersten tödlichen Unfall

- Tesla:  
209.215.000 km bis zum ersten tödlichen Unfall  
Allerdings: Semi-Autonom

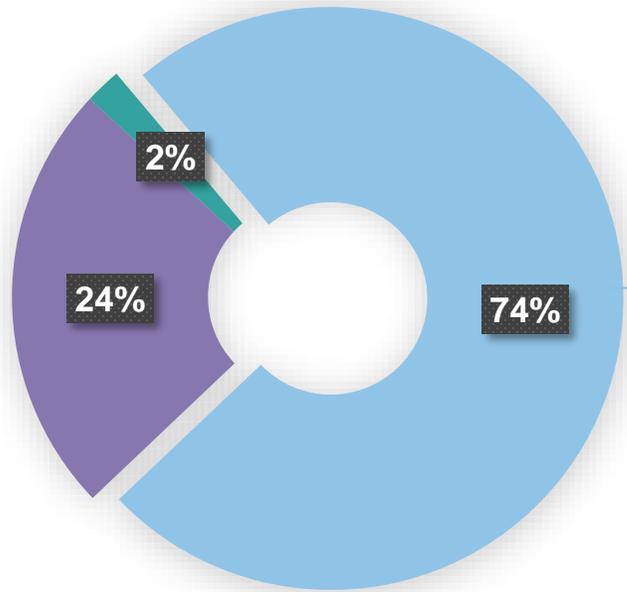
- U.S.A. 2017 insgesamt:  
1,25 Tote / 100.000.000 Meilen = 1 Toter / 129.000.000 km

Bild- und Videoinhalte  
aus urheberrechtlichen  
Gründen entfernt

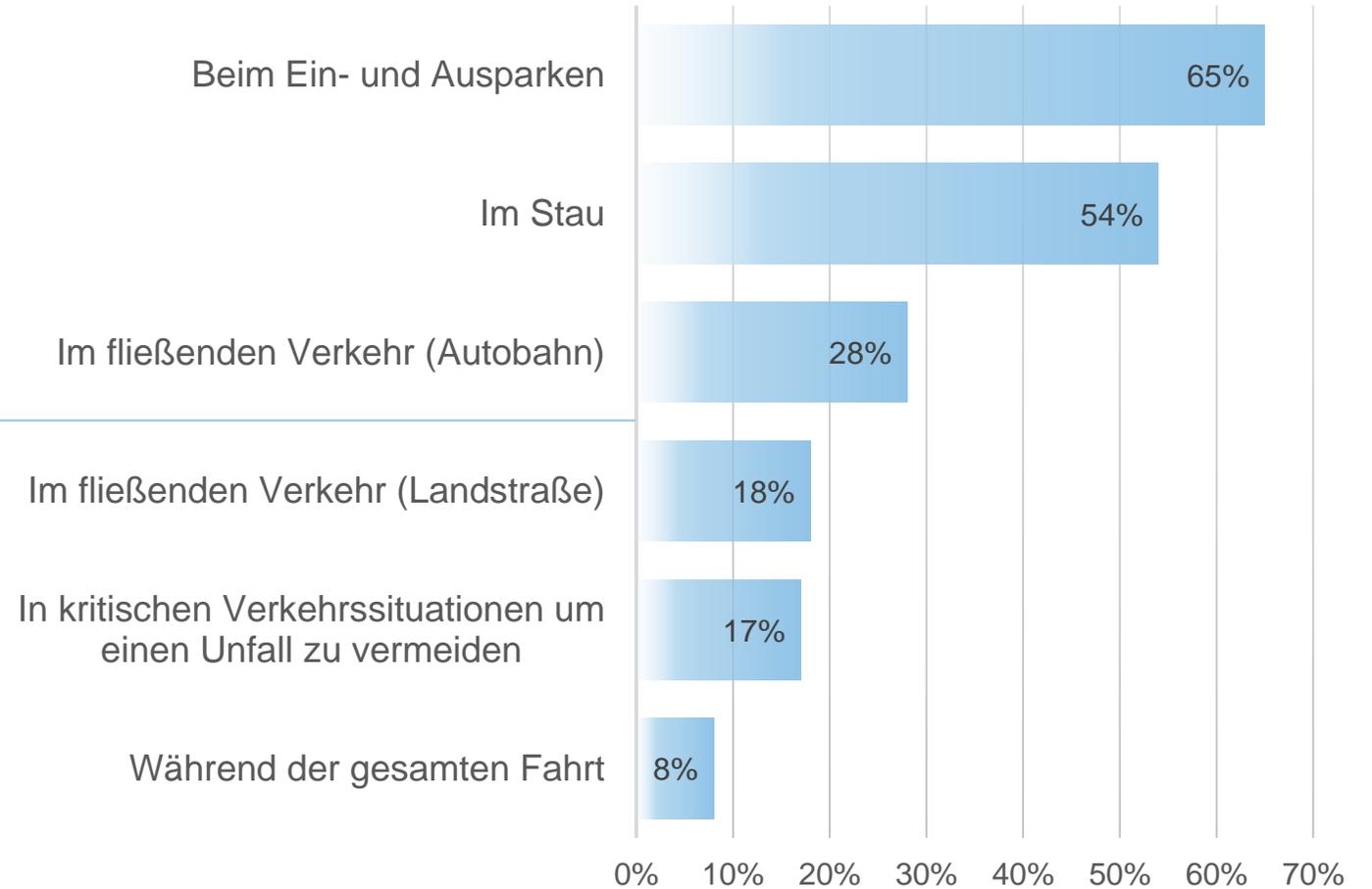
# Chancen, Risiken, Zahlen und Fakten

## Öffentliches Interesse: Bitkom-Umfrage

■ In welchen Situationen wünschen Sie sich, dass das Auto autonom fährt?



■ In folgenden Situationen ■ In keiner Situation ■ k.A.

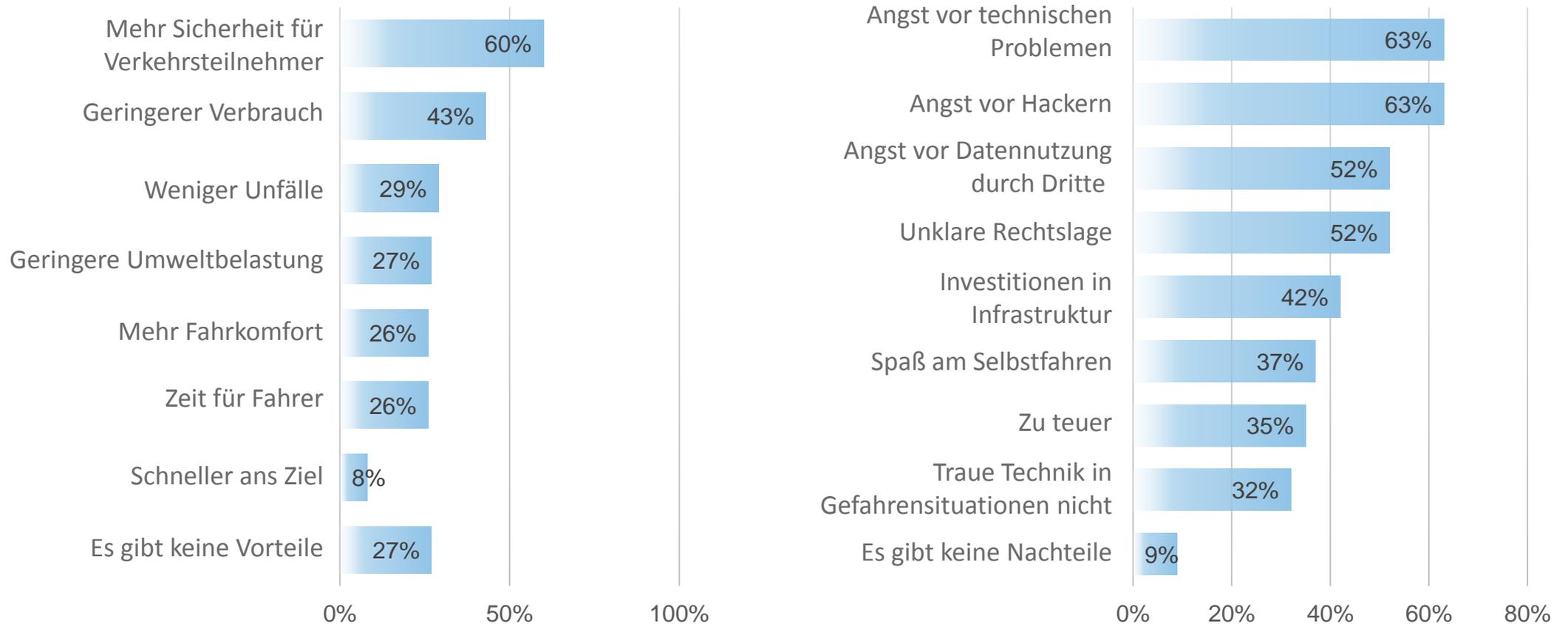


Quelle: Bitkom

# Chancen, Risiken, Zahlen und Fakten

## Öffentliches Interesse: Bitkom-Umfrage

### ■ Was spricht aus Ihrer Sicht für bzw. gegen autonome Fahrzeuge?

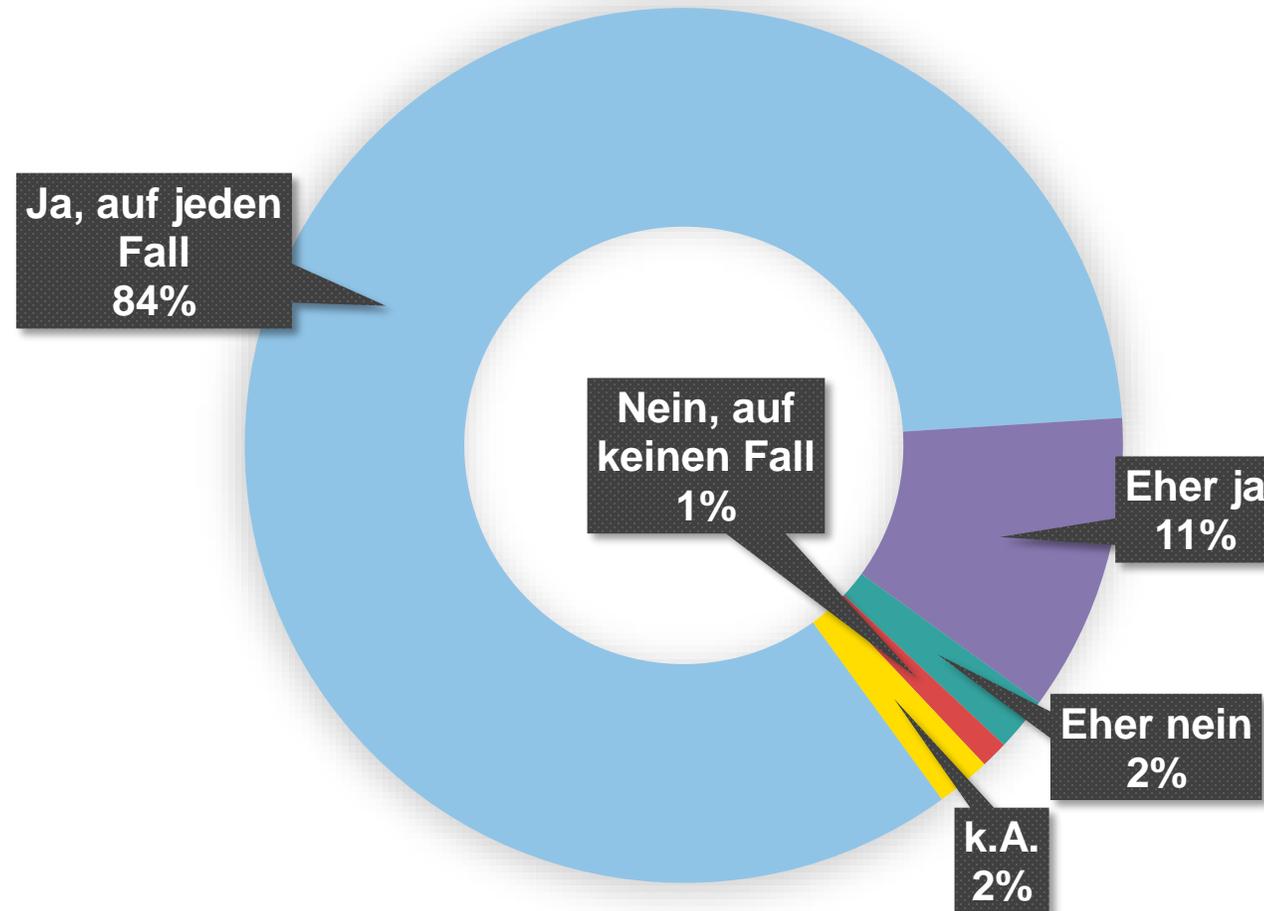


Quelle: Bitkom

# Chancen, Risiken, Zahlen und Fakten

## Öffentliches Interesse: Bitkom-Umfrage

- Sollten Systeme von vernetzten Fahrzeugen regelmäßig auf Datenschutz und -sicherheit geprüft werden?



Quelle: Bitkom

# Chancen, Risiken, Zahlen und Fakten

## Haftung und ethische Fragestellungen

- Wer haftet im Schadensfall?
  - Gesetzesentwurf vom 30.03.2017
  - Fahrzeugführer darf sich während des Fahrens „mittels hoch- oder vollautomatisierter Fahrfunktionen [...] vom Verkehrsgeschehen und der Fahrzeugsteuerung abwenden; dabei muss er derart wahrnehmungsbereit bleiben, dass er seiner Pflicht [...] jederzeit nachkommen kann.“
  - Aufzeichnung mittels Blackbox
  - **Haftung liegt beim Hersteller, wenn Fahrzeug selbstständig gefahren ist**
  - **Haftung liegt beim Fahrer, wenn dieser die Kontrolle trotz Aufforderung nicht übernommen hat**
  - Weitere geplante Prüfung in 2019

# Chancen, Risiken, Zahlen und Fakten

## Haftung und ethische Fragestellungen

- Ethische Fragen und Dilemma-Situation
- *Kann eine Maschine die Situation überhaupt richtig bewerten, beispielsweise zwischen einem Puppenwagen und einem echten Kinderwagen unterscheiden?*
- *Würde ein Aufrechnen von Menschenleben eine unzumutbare Instrumentalisierung der „Geopferten“ darstellen?*
- *Wenn ein Aufrechnen sinnvoll wäre, wie ist dies zu organisieren, also welche Kriterien spielen eine Rolle (z. B. die Anzahl von Menschen oder das Alter)?*

Bild- und Videoinhalte  
aus urheberrechtlichen  
Gründen entfernt

# Chancen, Risiken, Zahlen und Fakten

## Haftung und ethische Fragestellungen

■ Leitfaden der Ethik-Kommission „Automatisiertes und vernetztes Fahren“, Juni 2017

1. **Verbesserung der Sicherheit aller Beteiligten im Straßenverkehr**, danach Steigerung von Mobilitätschancen und die Ermöglichung weiterer Vorteile.
2. Die Zulassung von automatisierten Systemen ist nur **vertretbar, wenn** sie im Vergleich zu menschlichen Fahrleistungen **zumindest eine Verminderung von Schäden** im Sinne einer positiven Risikobilanz verspricht.
3. Staatliche Zulassung und Kontrolle der Systeme

# Chancen, Risiken, Zahlen und Fakten

## Haftung und ethische Fragestellungen

- Leitfaden der Ethik-Kommission „Automatisiertes und vernetztes Fahren“, Juni 2007

**5. Vermeidung von Dilemma-Situationen**, Berücksichtigung schwächere Verkehrsteilnehmer

**9.** Bei unausweichlichen Unfallsituationen ist jede **Qualifizierung nach persönlichen Merkmalen** (Alter, Geschlecht, körperliche oder geistige Konstitution) **strikt untersagt**.

**Eine Aufrechnung von Opfern ist untersagt.** Eine allgemeine Programmierung auf eine Minderung der Zahl von Personenschäden kann vertretbar sein. Die an der Erzeugung von Mobilitätsrisiken Beteiligten dürfen Unbeteiligte nicht opfern.

---

---

# Autonomes Fahren IT macht's möglich

---

1. Chancen, Risiken, Zahlen und Fakten
2. Grundlegende Funktionsweise autonomer Fahrzeuge
3. Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement
4. Ausblick auf übergeordnete Verkehrsmanagement-Strategien

# Grundlegende Funktionsweise autonomer Fahrzeuge

## Interdisziplinärer Bereich: Mechatronik

- Maschinenbau / Elektrotechnik / Informatik
- Mechatronischer Kreis

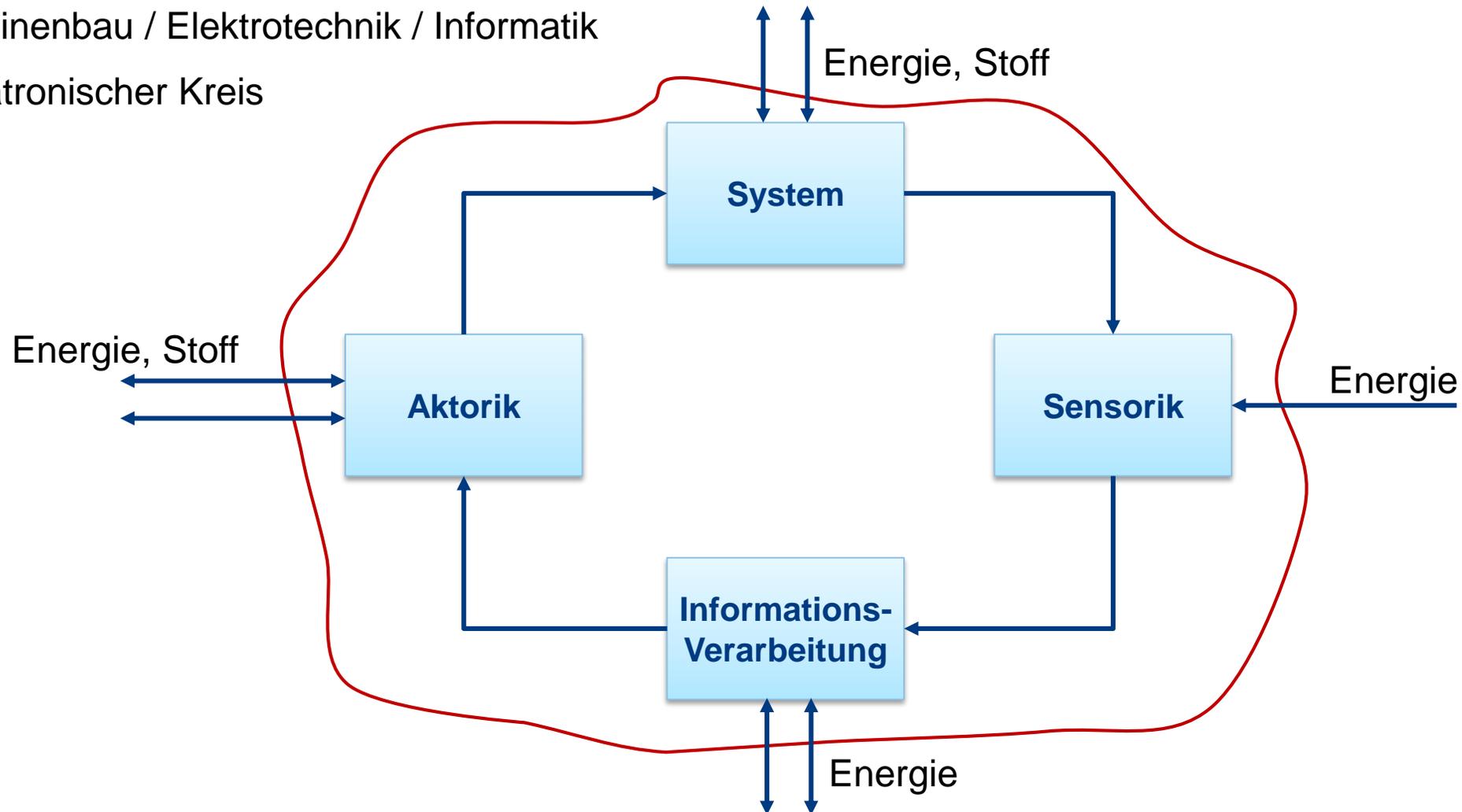


Bild- und Videoinhalte  
aus urheberrechtlichen  
Gründen entfernt

# Grundlegende Funktionsweise autonomer Fahrzeuge

## Umfeld-Sensorik Serienfahrzeug

- Beispiel Audi A8

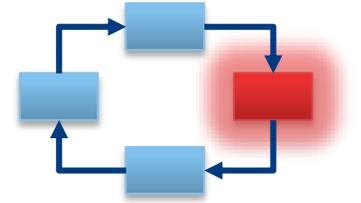


Bild- und Videoinhalte  
aus urheberrechtlichen  
Gründen entfernt

# Grundlegende Funktionsweise autonomer Fahrzeuge

## Interdisziplinärer Bereich: Mechatronik

- Maschinenbau / Elektrotechnik / Informatik
- Mechatronischer Kreis

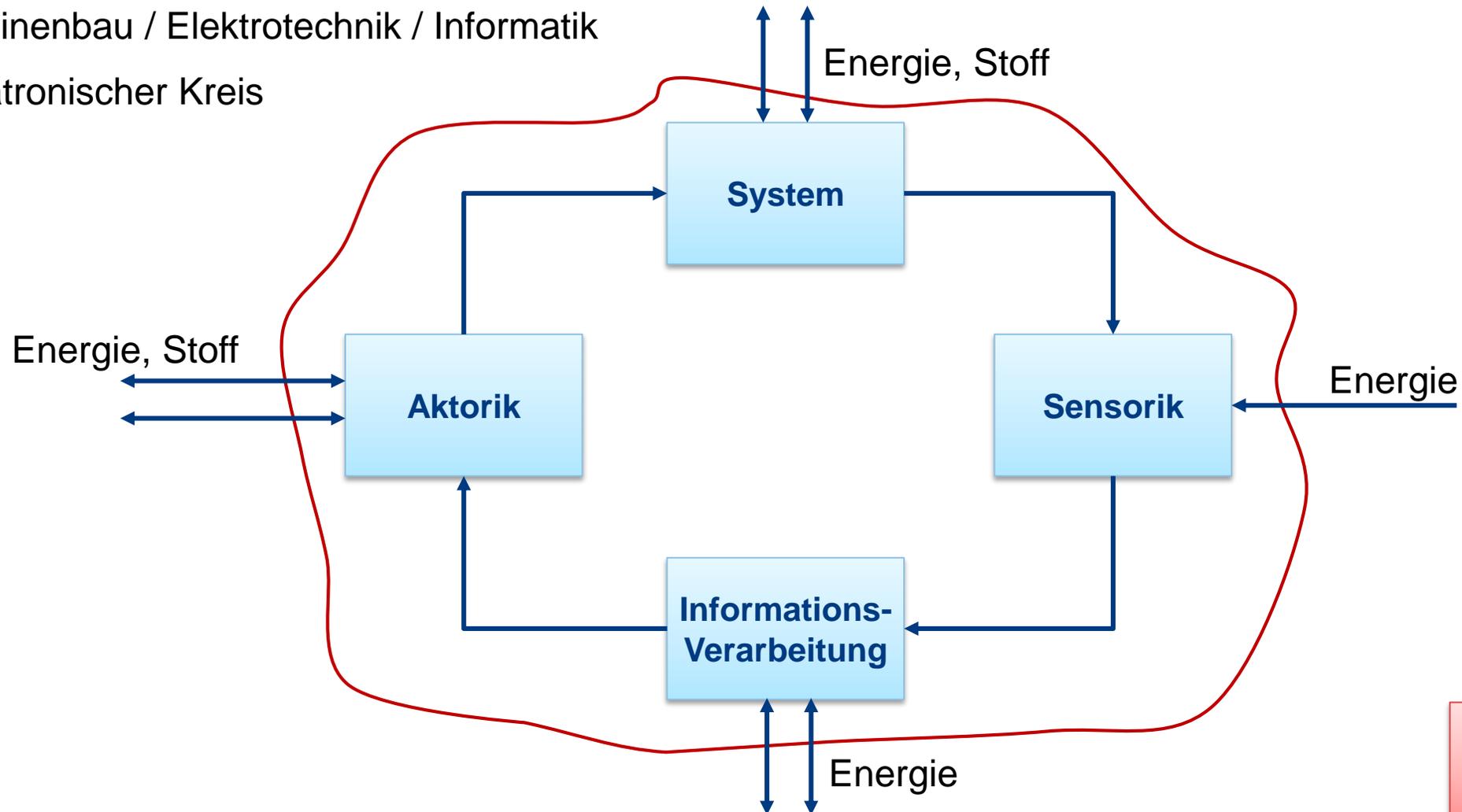


Bild- und Videoinhalte  
aus urheberrechtlichen  
Gründen entfernt

# Grundlegende Funktionsweise autonomer Fahrzeuge

## Aktorik

- Wie fährt ein menschlicher Fahrer?
  - Antriebsmoment
  - Bremskraft
  - Lenkwinkel
- Häufig schon vorhanden
- Essentiell:

Drive-by-Wire-Technologie

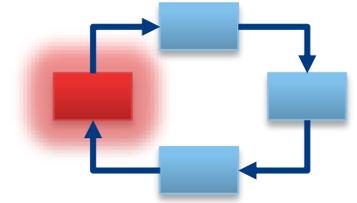


Bild- und Videoinhalte  
aus urheberrechtlichen  
Gründen entfernt

# Grundlegende Funktionsweise autonomer Fahrzeuge

## Interdisziplinärer Bereich: Mechatronik

- Maschinenbau / Elektrotechnik / Informatik
- Mechatronischer Kreis

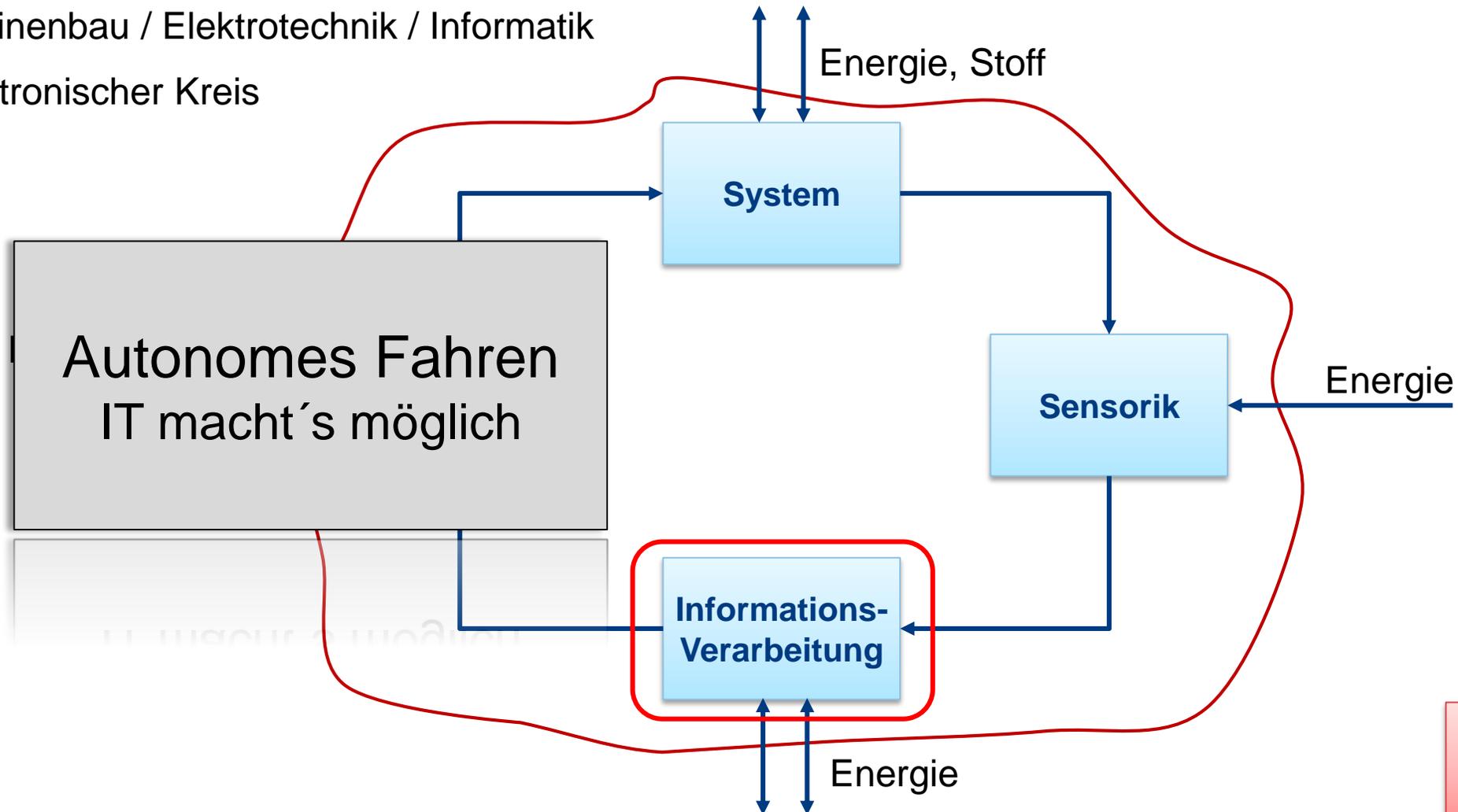


Bild- und Videoinhalte  
aus urheberrechtlichen  
Gründen entfernt

# Grundlegende Funktionsweise autonomer Fahrzeuge

## Beispiel: Waymo (Google)

- Zur Erinnerung:  
Waymo Chrysler Pacifica: 5 Millionen Meilen in 25 Städten ohne tödlichen Unfall

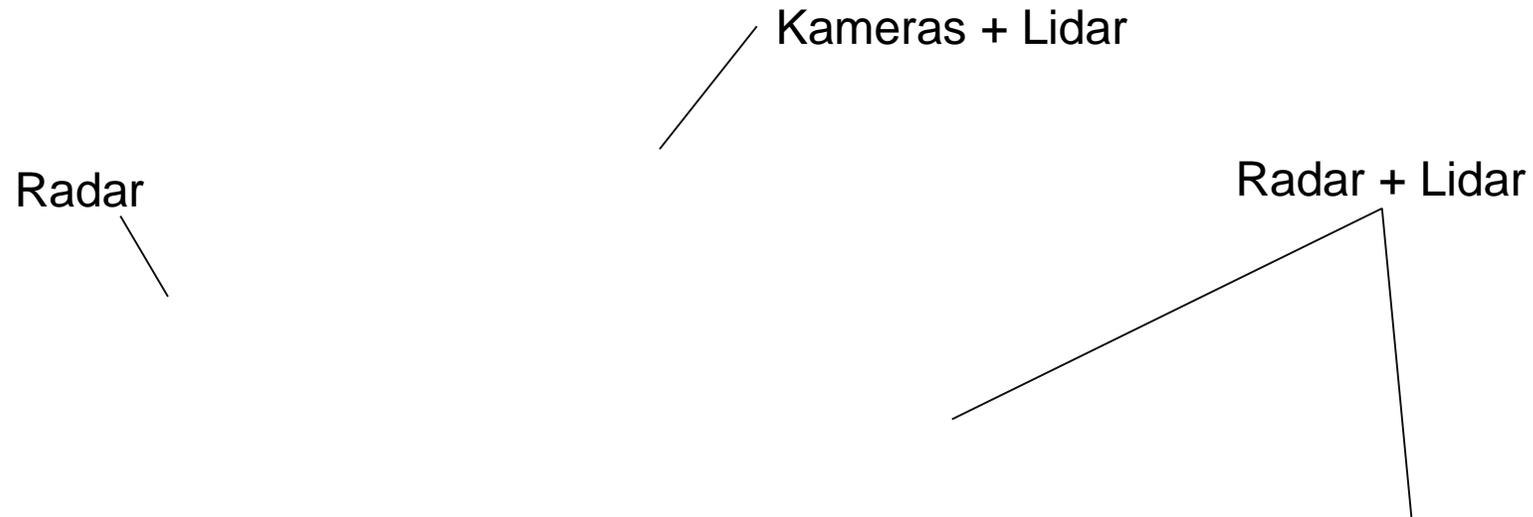


Bild- und Videoinhalte  
aus urheberrechtlichen  
Gründen entfernt

# Grundlegende Funktionsweise autonomer Fahrzeuge

## Umfelderkennung

- Wie „sieht“ ein autonomes Fahrzeug seine Umgebung?
  - Sensordatenfusion und -auswertung
  - Lokalisierung
  - Objekterkennung und -tracking
  - Trajektorienplanung und -verfolgung

Bild- und Videoinhalte  
aus urheberrechtlichen  
Gründen entfernt

# Grundlegende Funktionsweise autonomer Fahrzeuge

## Lokalisierung anhand hochauflösender digitaler Karten

Bild- und Videoinhalte  
aus urheberrechtlichen  
Gründen entfernt

# Grundlegende Funktionsweise autonomer Fahrzeuge

## Erstellung hochauflösender digitaler Karten

Bild- und Videoinhalte  
aus urheberrechtlichen  
Gründen entfernt

---

---

# Autonomes Fahren

## IT macht's möglich

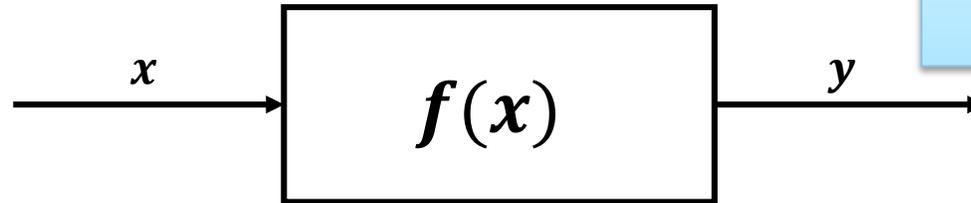
---

1. Chancen, Risiken, Zahlen und Fakten
2. Grundlegende Funktionsweise autonomer Fahrzeuge
3. Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement
4. Ausblick auf übergeordnete Verkehrsmanagement-Strategien

# Grundlegende Funktionsweise autonomer Fahrzeuge

## Entwicklung autonomer Fahralgorithmen

- Klassisch (typisch für Ingenieurbereiche)
  - Entwicklungsmethodiken
  - Problemdefinition → Lösungsansatz (White Box) → Lösung



**Kreuzungs-  
Management**

- Maschinelles Lernen
  - Definierte Lösung und/oder Problem (Daten) → Lernmethoden → Lösungsansatz (Black Box)



# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

## Bestandteile des Straßennetzes

### ■ Statische

■ Straßen

■ Kreuzungen

■ Quellen/Senken

■ Verkehrsleitsysteme

■ Regelwerk

### ■ Dynamische

■ Verkehrsteilnehmer

Bild- und Videoinhalte  
aus urheberrechtlichen  
Gründen entfernt

# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

## Zugrundeliegendes Regelwerk?

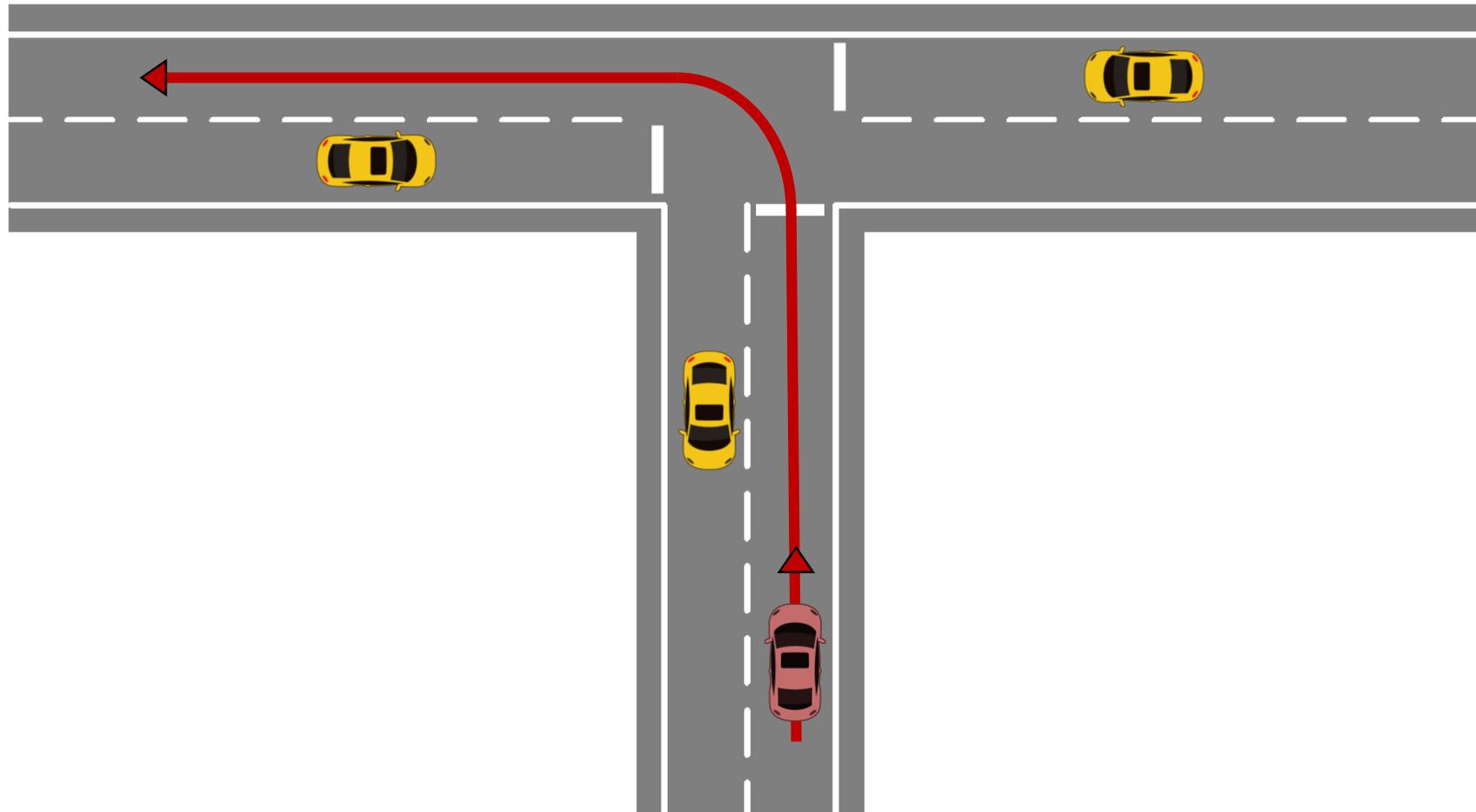


Bild- und Videoinhalte  
aus urheberrechtlichen  
Gründen entfernt

# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

## Zugrundeliegendes Regelwerk?



Bild- und Videoinhalte  
aus urheberrechtlichen  
Gründen entfernt

# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

## Kommunikation als Schlüsseltechnologie

*„ Was kommt nach dem autonomen Fahren? “*

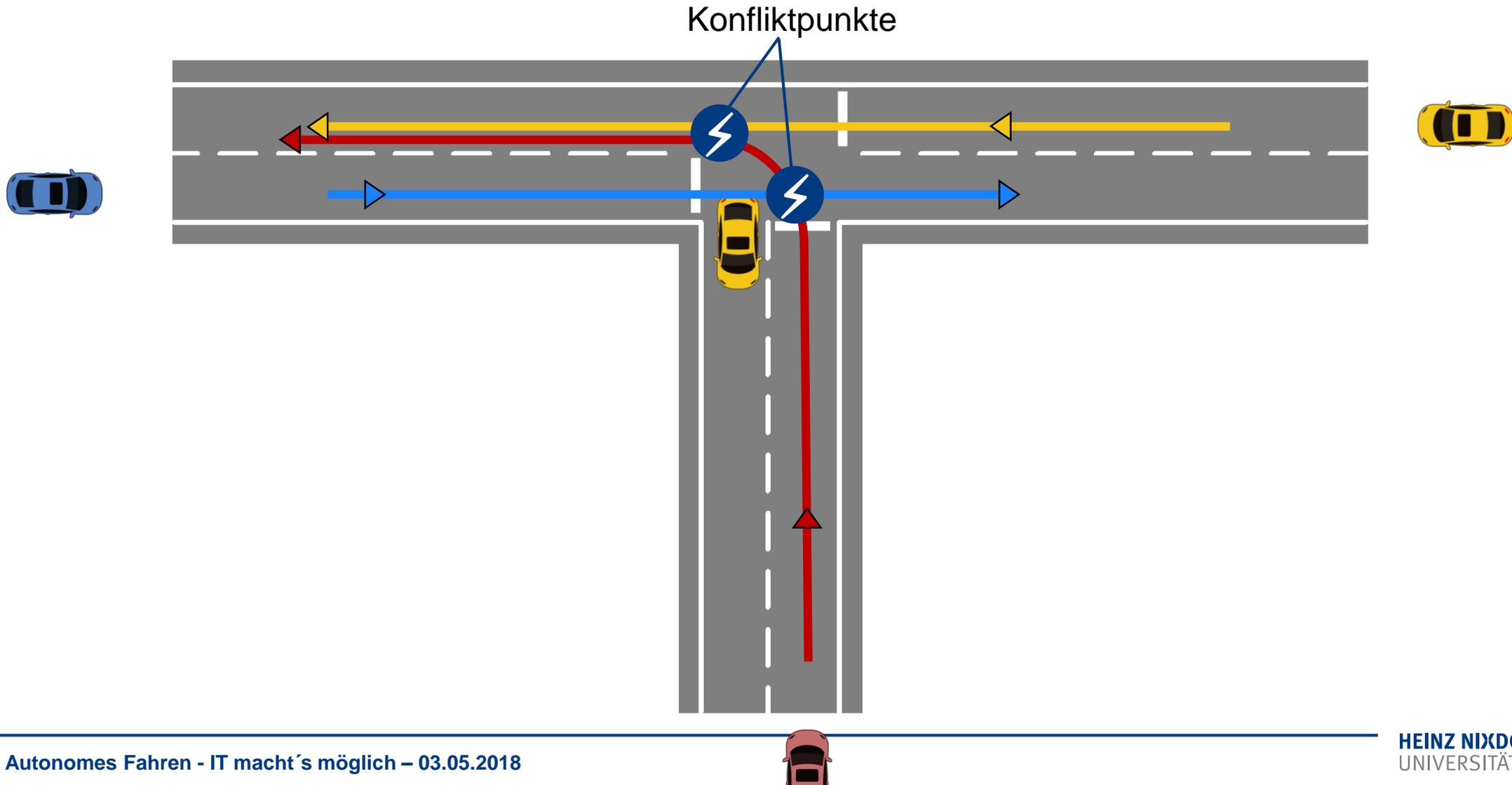
- Vehicle-to-Vehicle (V2V)
- Vehicle-to-Infrastructure (V2I)
- Vehicle-to-Everything (V2X)



Bild- und Videoinhalte  
aus urheberrechtlichen  
Gründen entfernt

# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

## Trajektorien-generierung: Ausgangssituation



# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

## Konzept des vorgestellten Algorithmus

- Jede Kreuzung erhält einen Kreuzungsmanager (Computer)

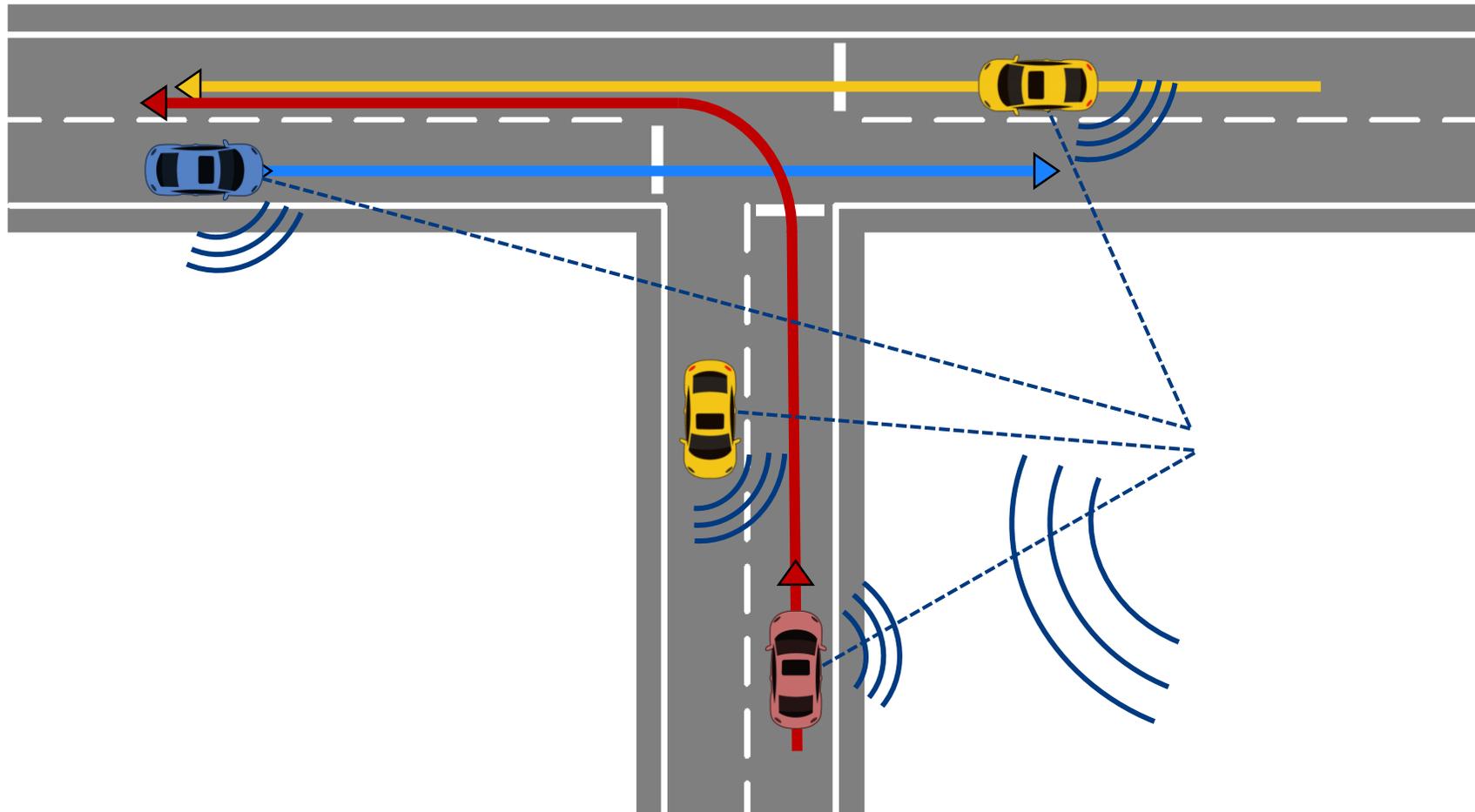
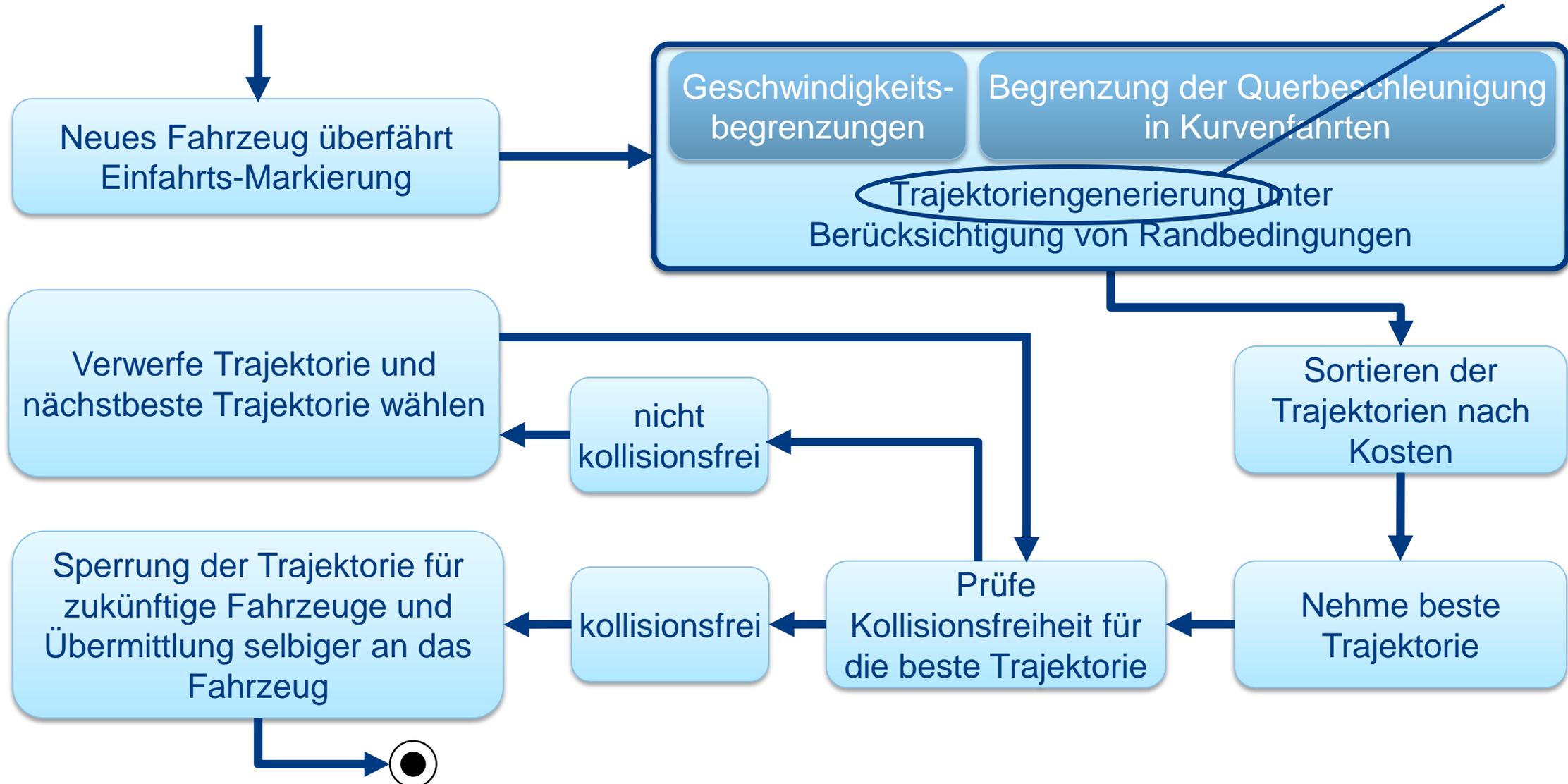


Bild- und Videoinhalte  
aus urheberrechtlichen  
Gründen entfernt

# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

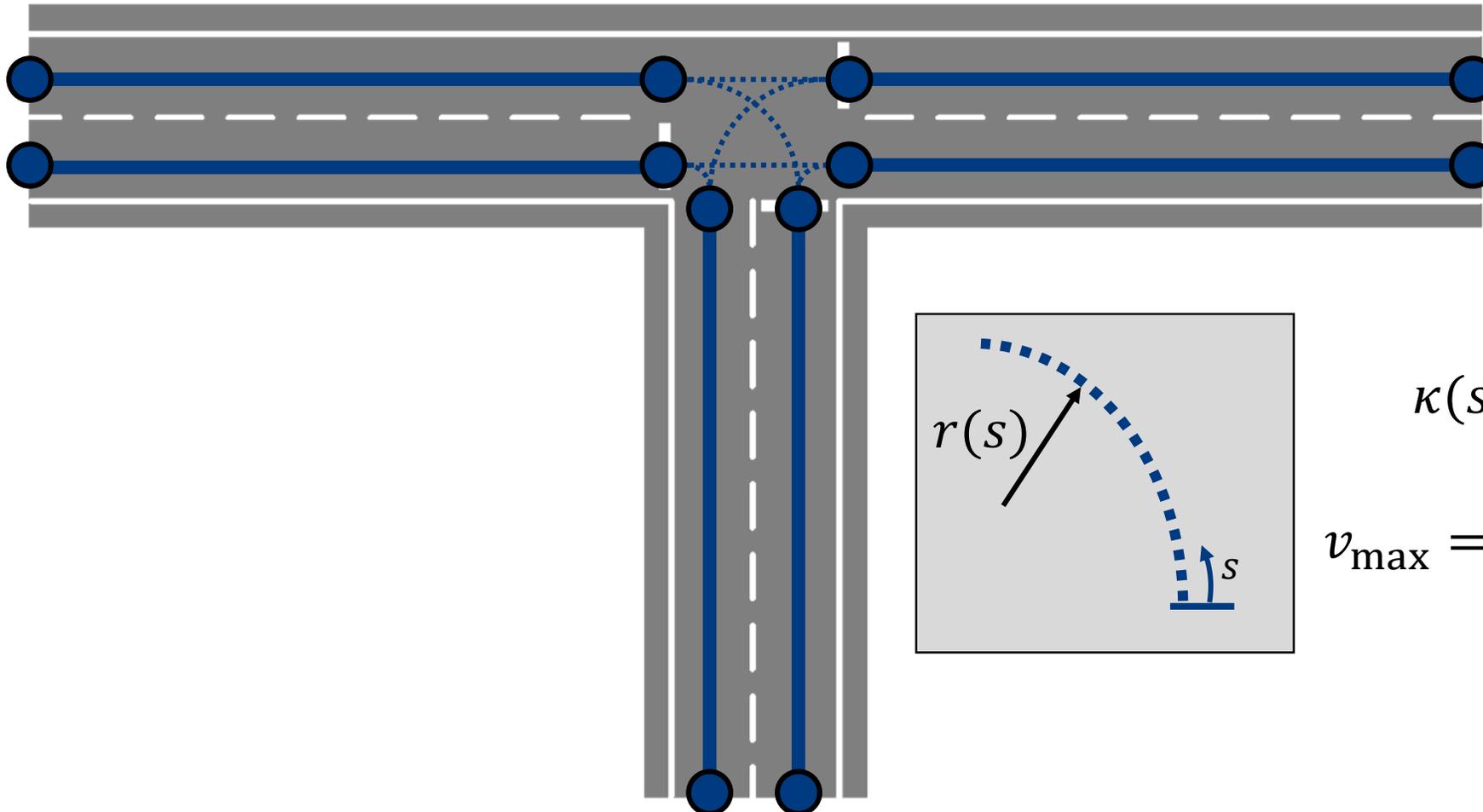
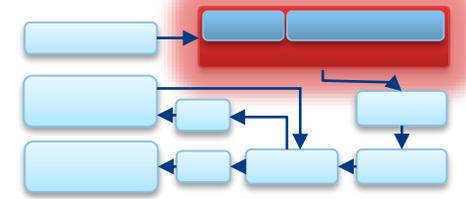
## Konzept des vorgestellten Algorithmus

Beschreibung der zeitlichen Bewegung des Fahrzeugs



# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

## (1) Trajektoriengenerierung: Berechnung der Spuren

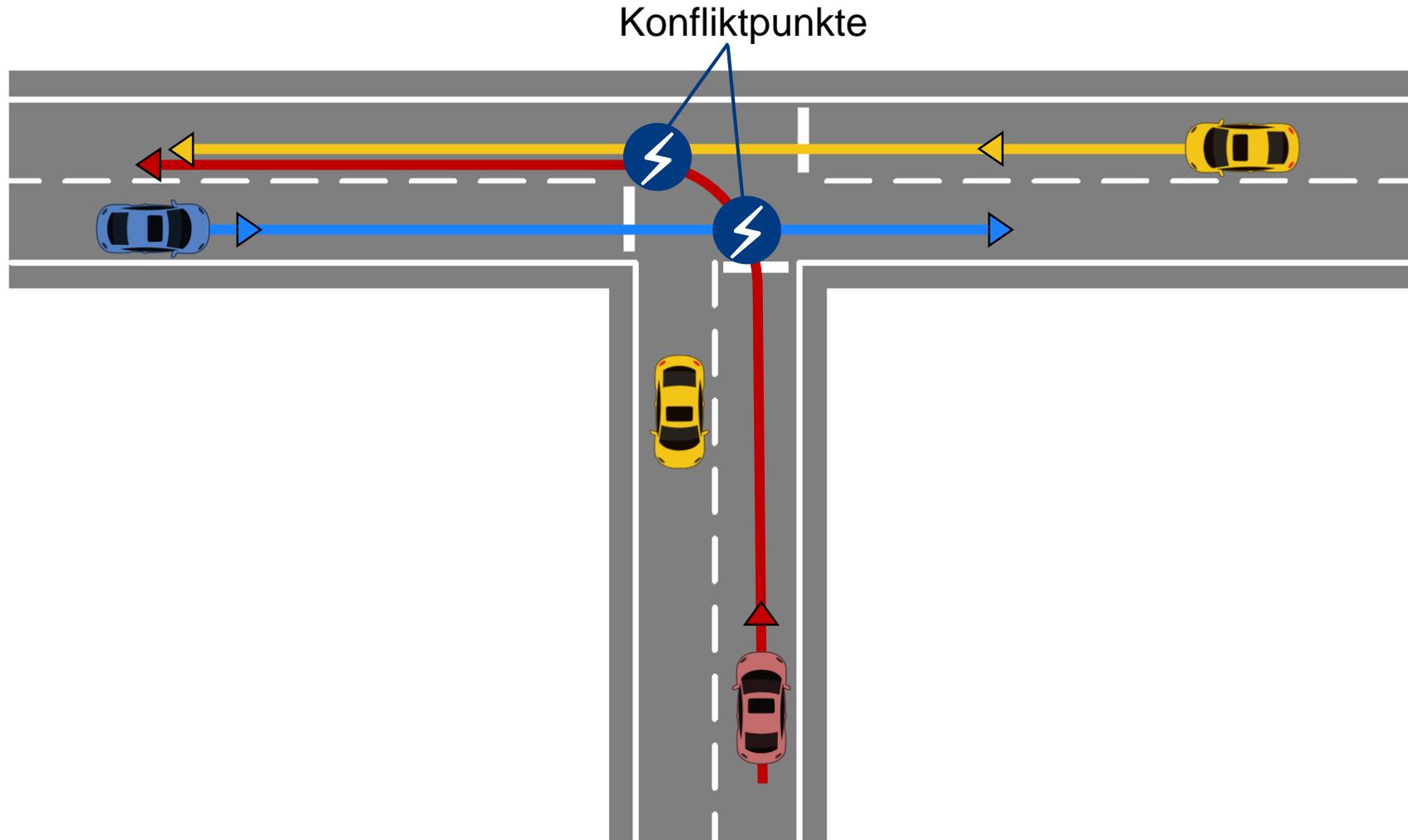
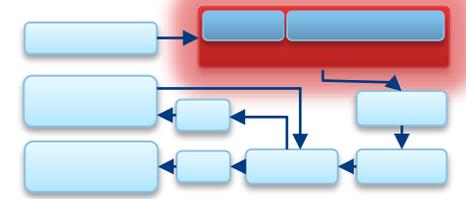


$$\kappa(s) = \frac{1}{r(s)}$$
$$v_{\max} = \frac{a_{\max}}{\max(\kappa(s))}$$

Bild- und Videoinhalte  
aus urheberrechtlichen  
Gründen entfernt

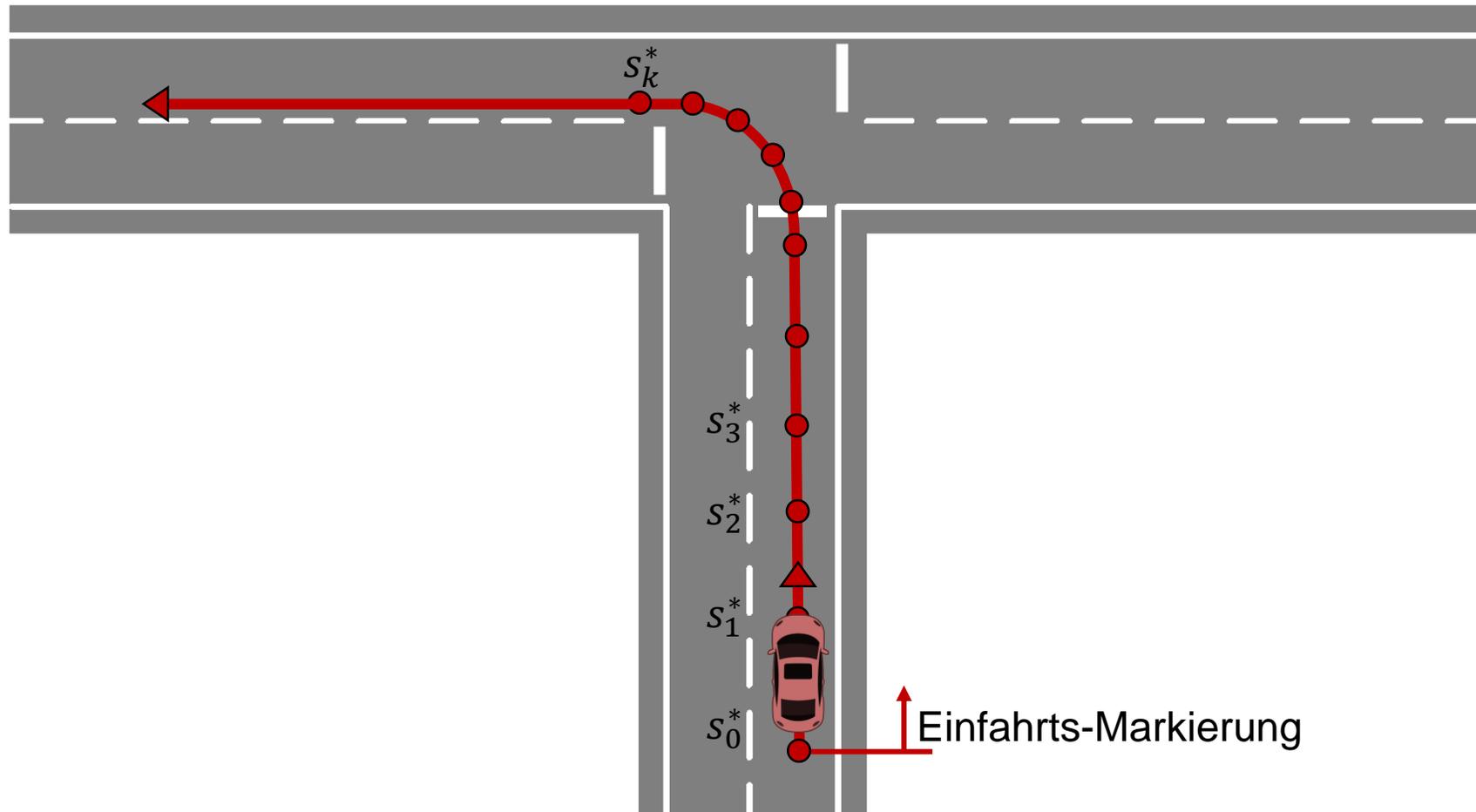
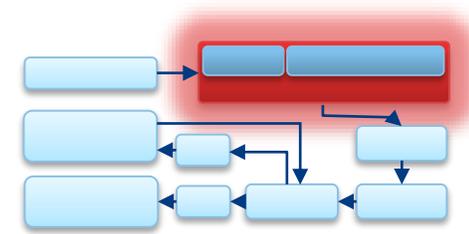
# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

## (1) Trajektoriengenerierung: Diskretisierung der Wegstrecken



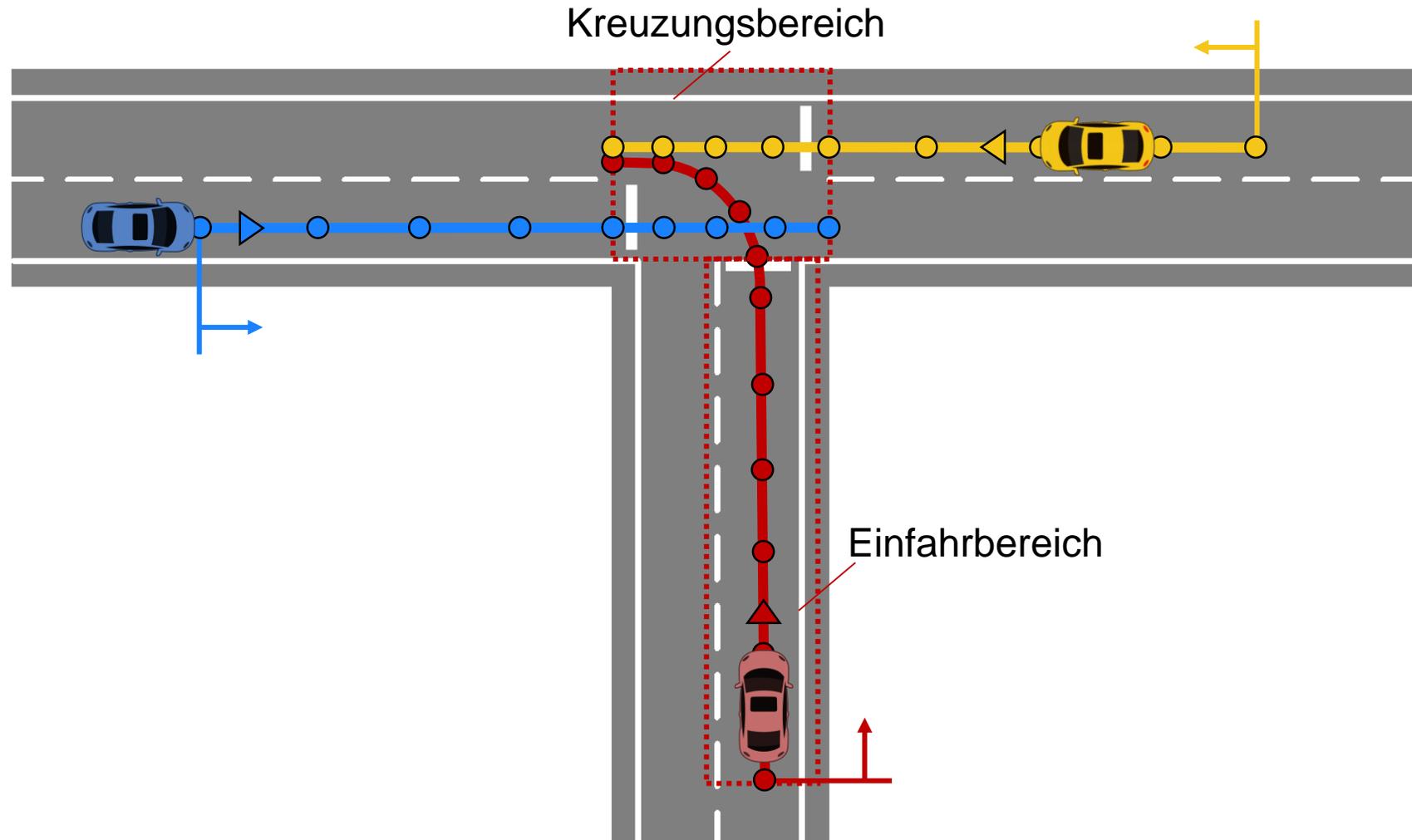
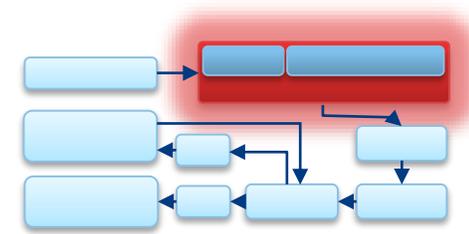
# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

## (1) Trajektoriengenerierung: Diskretisierung der Wegstrecken



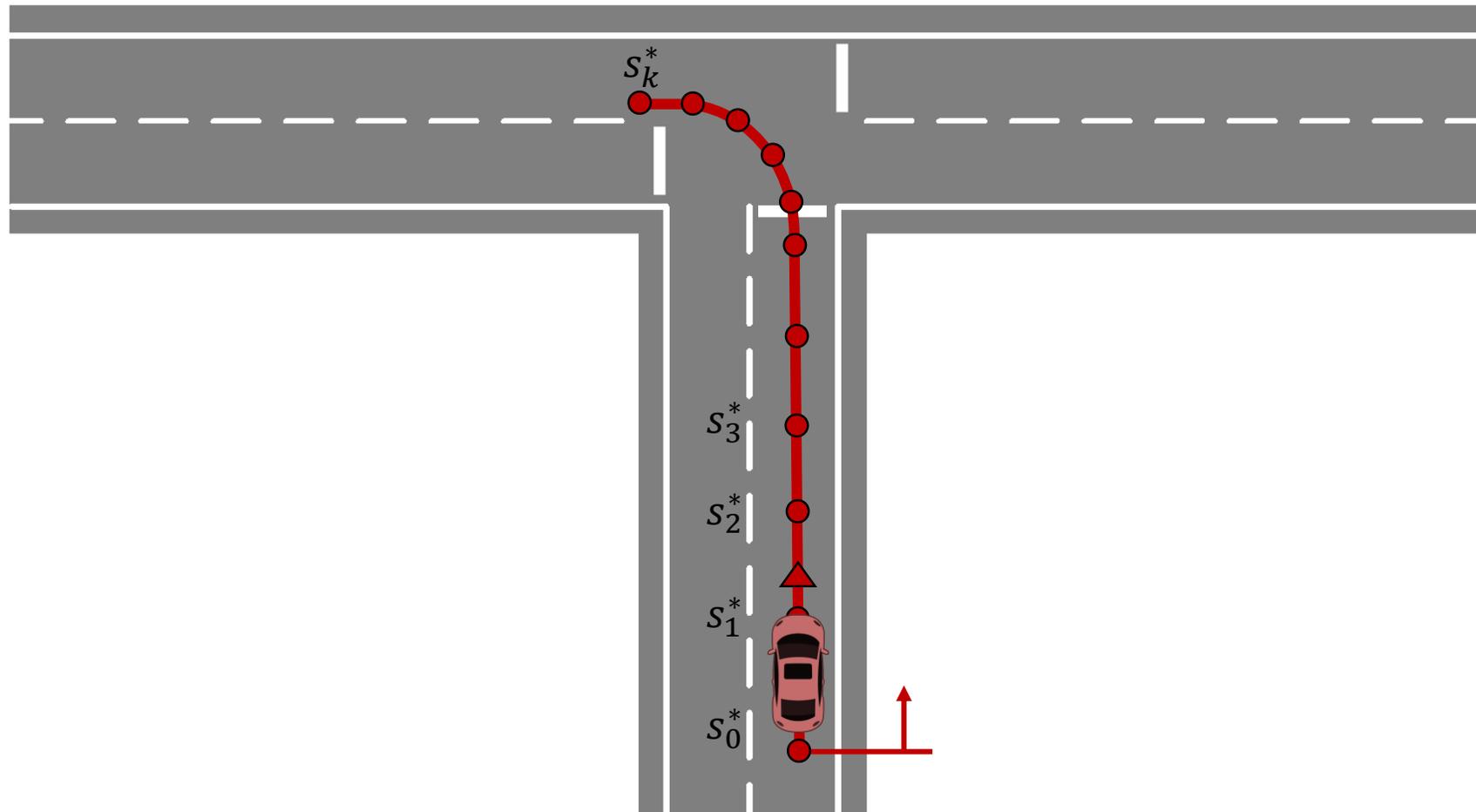
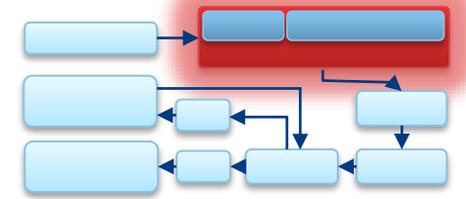
# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

## (1) Trajektoriengenerierung: Diskretisierung der Wegstrecken



# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

## (1) Trajektoriengenerierung: Diskretisierung der Wegstrecken



# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

## (1) Trajektoriengenerierung: Diskretisierung der Zeit

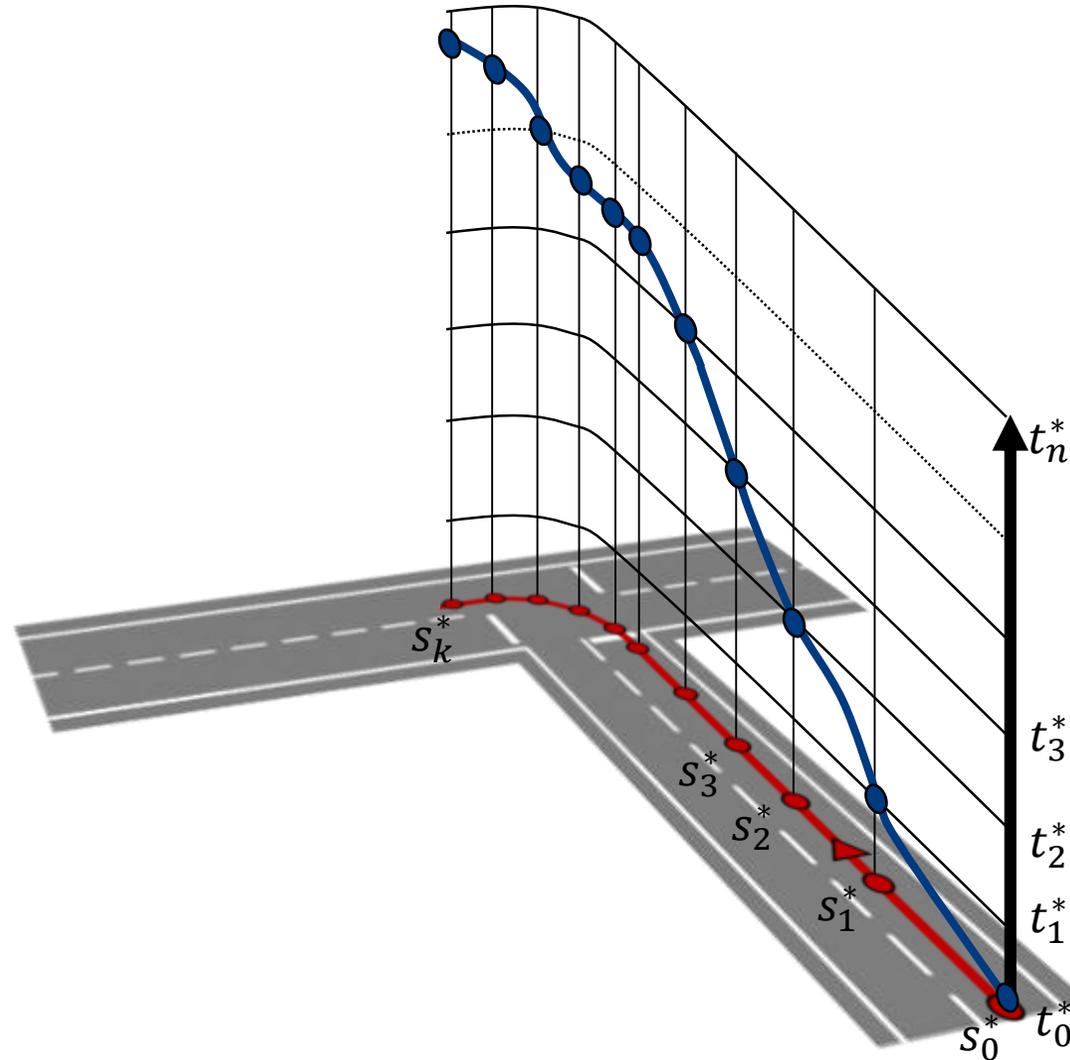
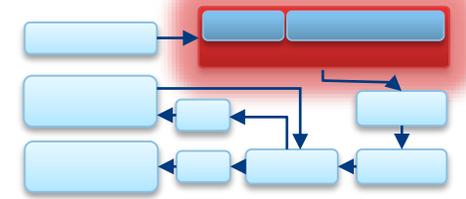
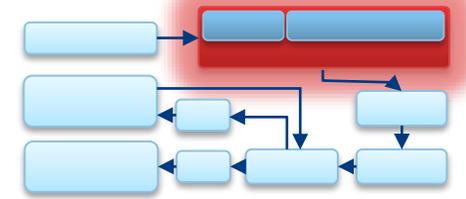


Bild- und Videoinhalte  
aus urheberrechtlichen  
Gründen entfernt

# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

## Zugrundeliegende physikalische Beziehungen



■ Zustand:  $x_i^* = x(t_i) = [a(t_i), v(t_i), s(t_i)]^T$

■ Berechnung Beschleunigung, Geschwindigkeit, Weg mit konstantem Ruck  $r$ :

$$a(t) = r \cdot t + a_0$$

$$v(t) = \frac{1}{2} \cdot r \cdot t^2 + a_0 \cdot t + v_0$$

$$s(t) = \frac{1}{6} \cdot r \cdot t^3 + \frac{1}{2} \cdot a_0 \cdot t^2 + v_0 \cdot t + s_0$$

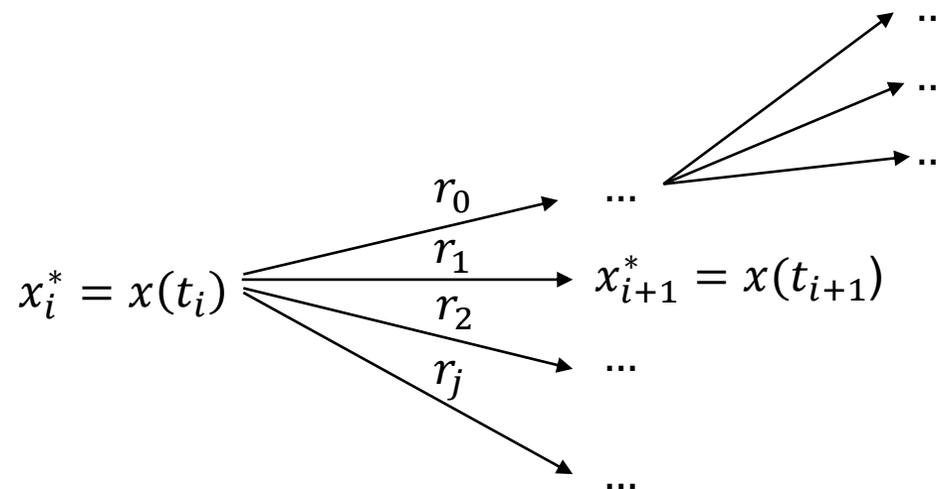
$$r_{min} \leq r \leq r_{max} \wedge$$

$$a_{min} \leq a(t) \leq a_{max} \wedge$$

$$v_{min} \leq v(t) \leq v_{max} \wedge$$

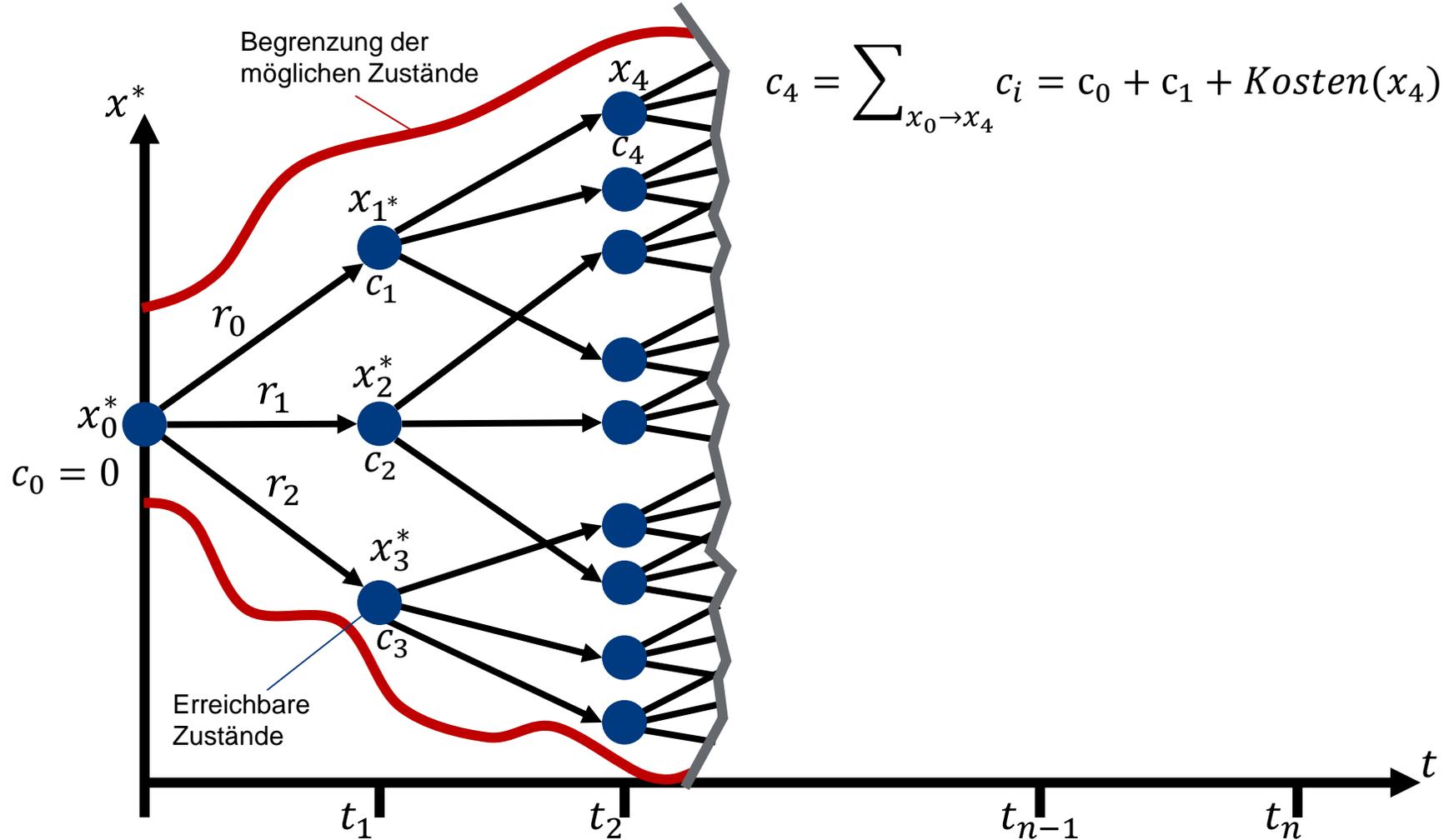
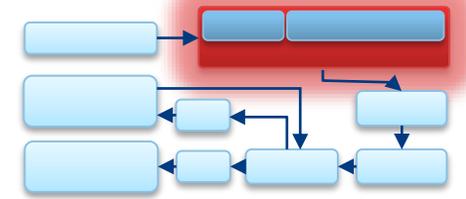
$$0 \leq s(t) \leq s_e$$

$$\frac{ds(t)}{dt} = v(t), \frac{dv(t)}{dt} = a(t), \frac{da(t)}{dt} = r(t)$$



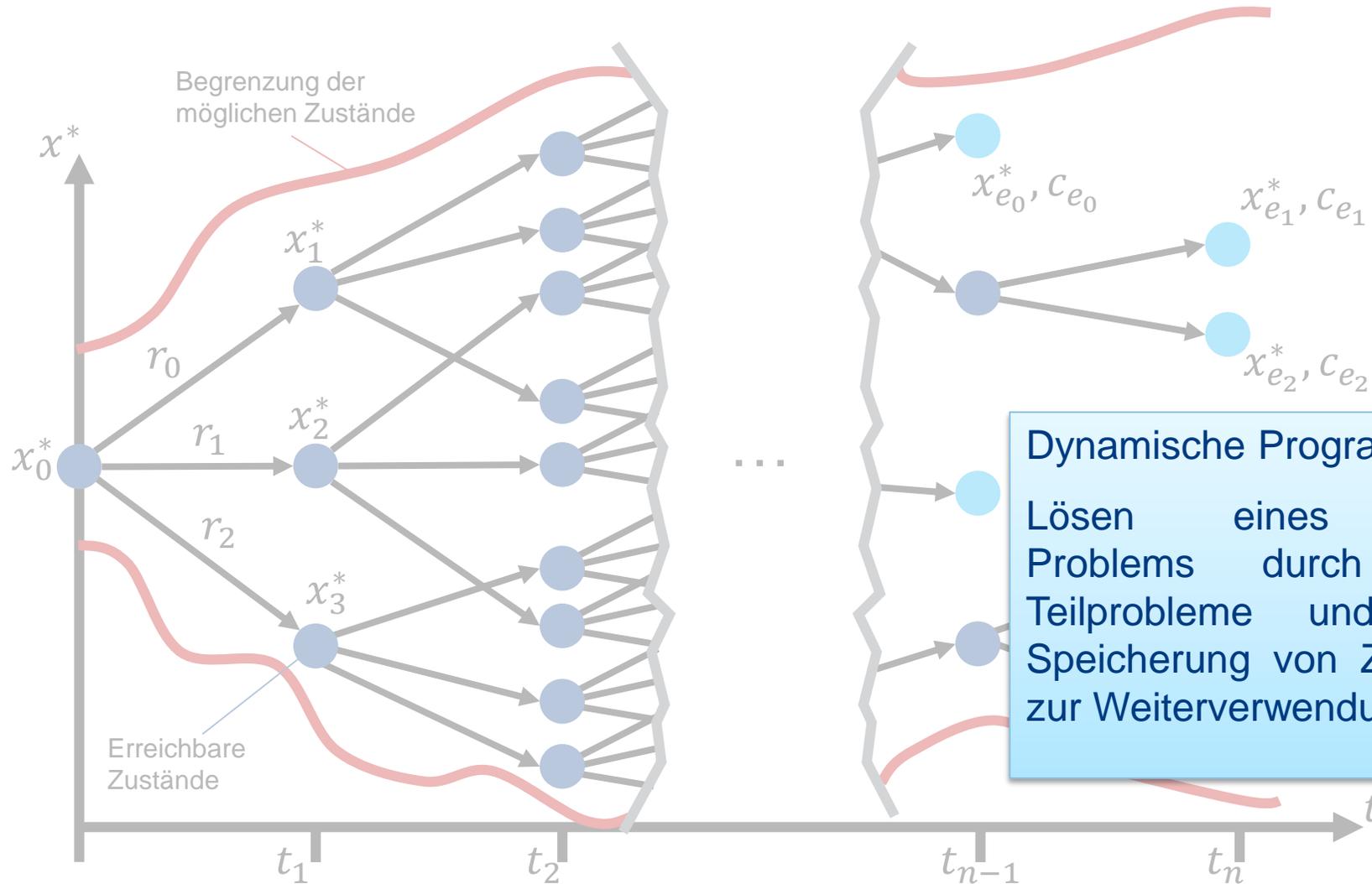
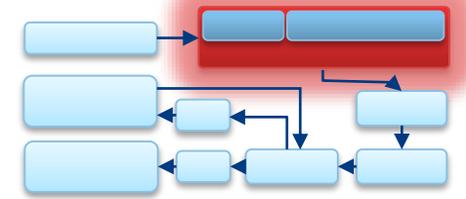
# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

## (1) Trajektoriengenerierung: Zustandsraum-Exploration



# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

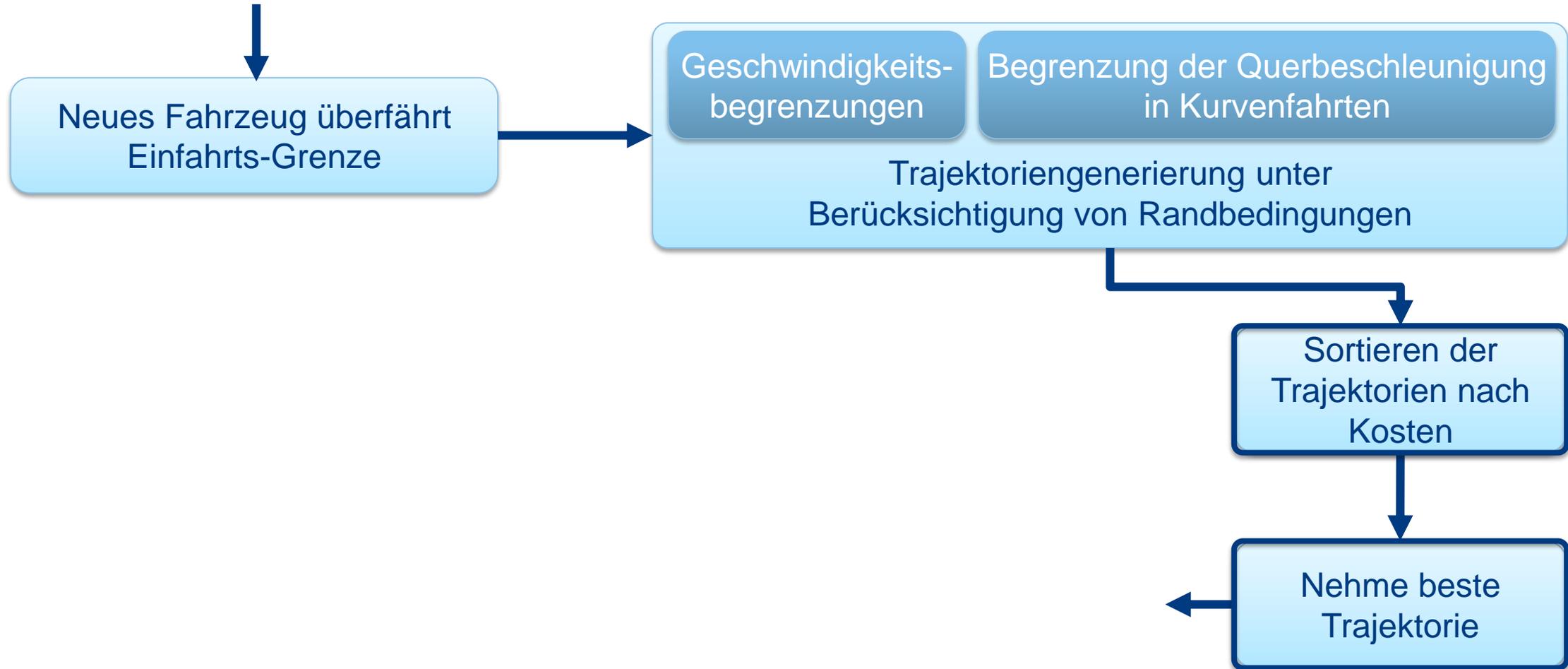
## (1) Trajektoriengenerierung: Zustandsraum-Exploration



**Dynamische Programmierung:**  
 Lösen eines (Optimierungs-) Problems durch Aufteilung in Teilprobleme und systematischen Speicherung von Zwischenresultaten zur Weiterverwendung.

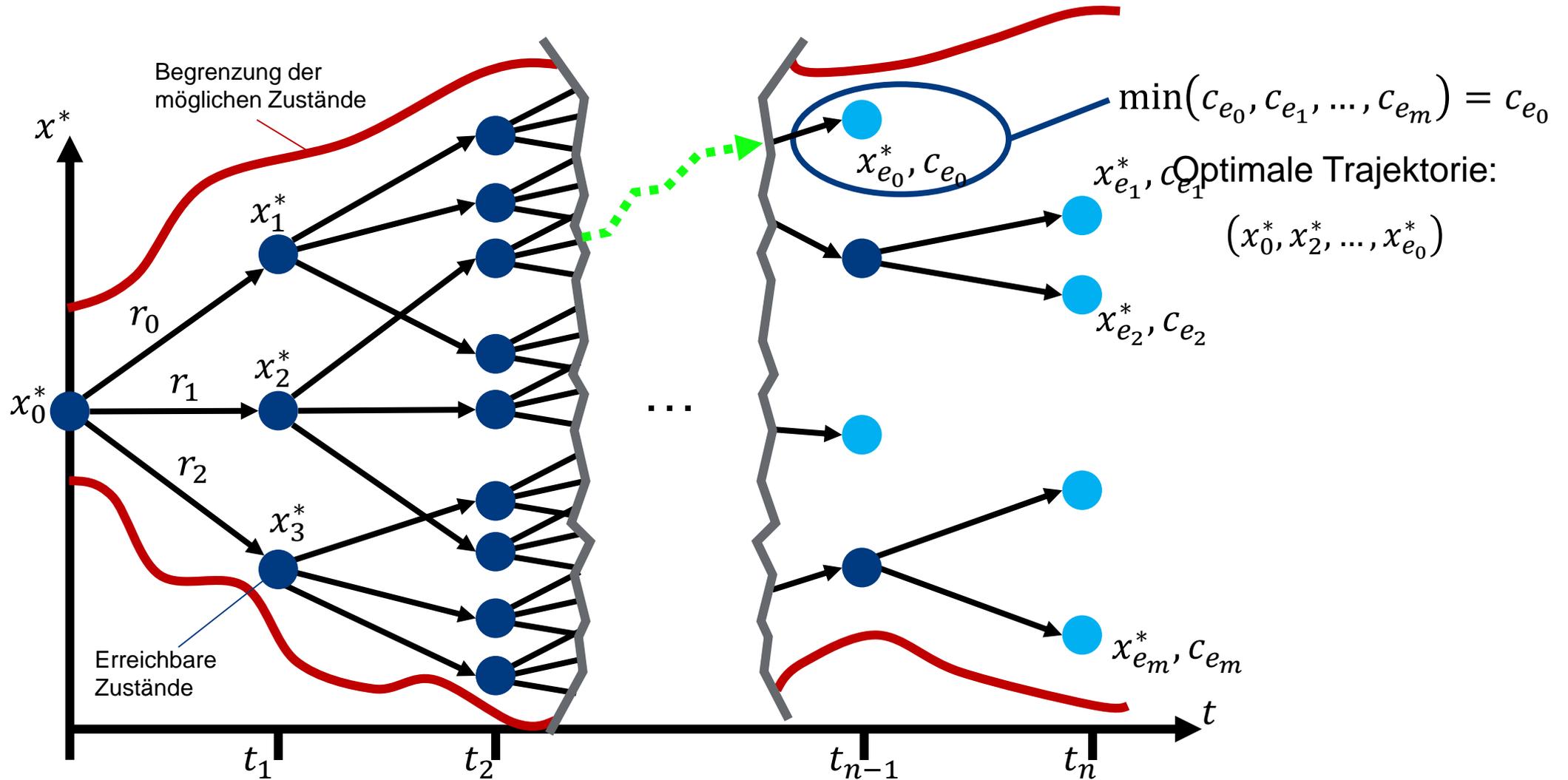
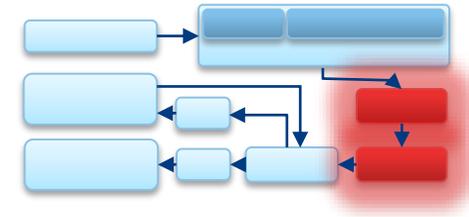
# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

## Konzept des vorgestellten Algorithmus



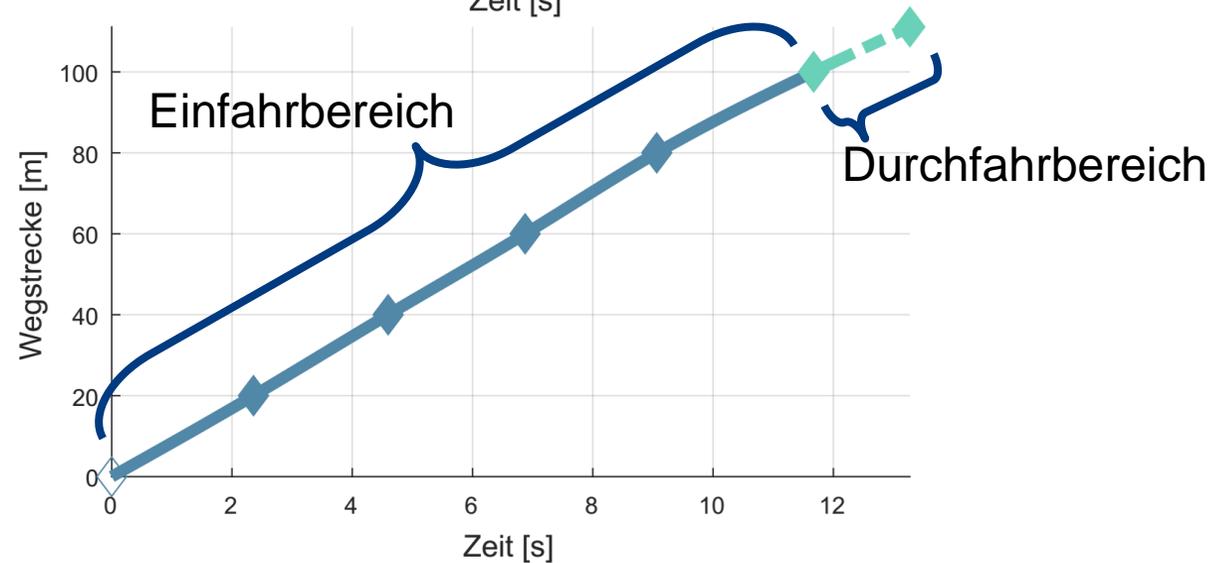
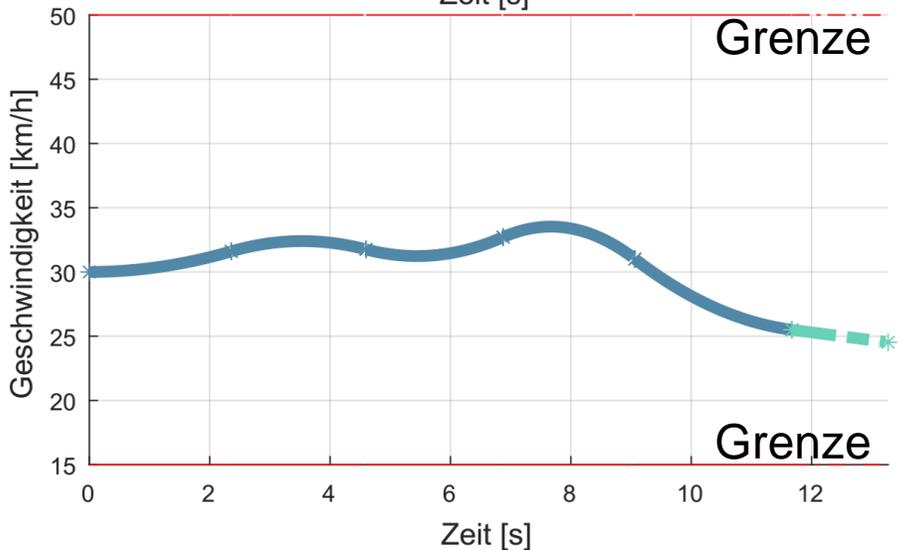
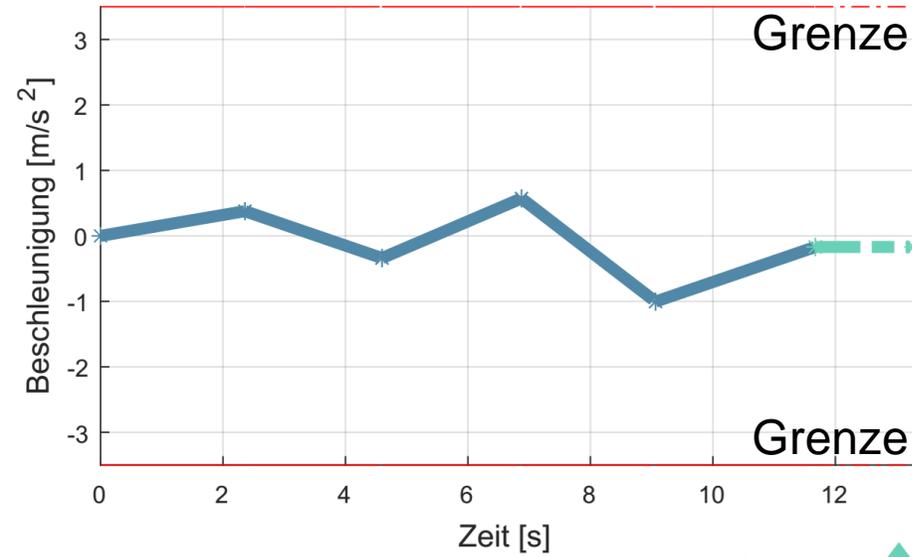
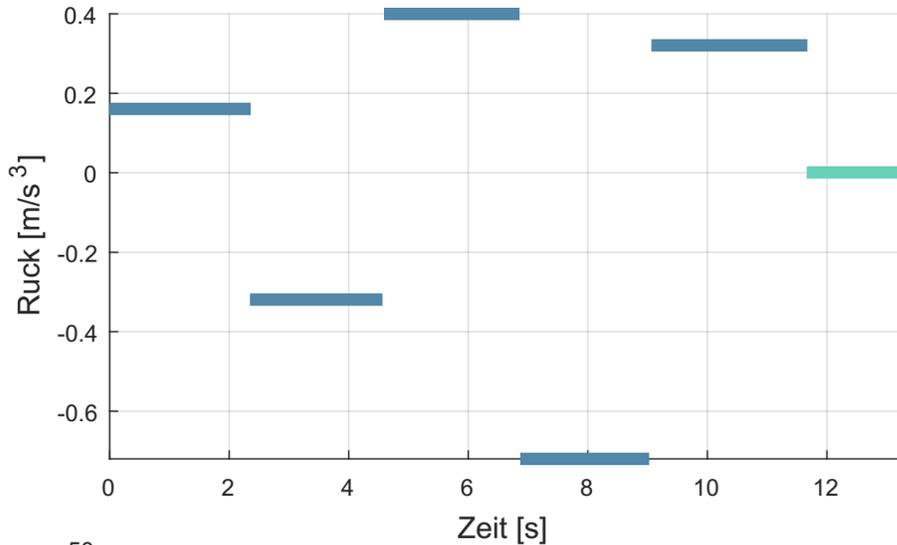
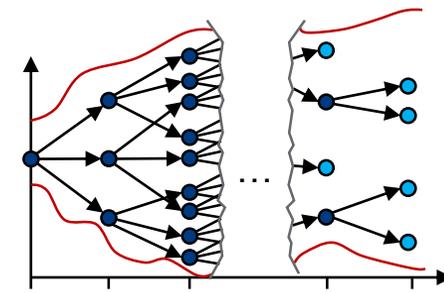
# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

## (1) Trajektoriengenerierung: Zustandsraum-Exploration



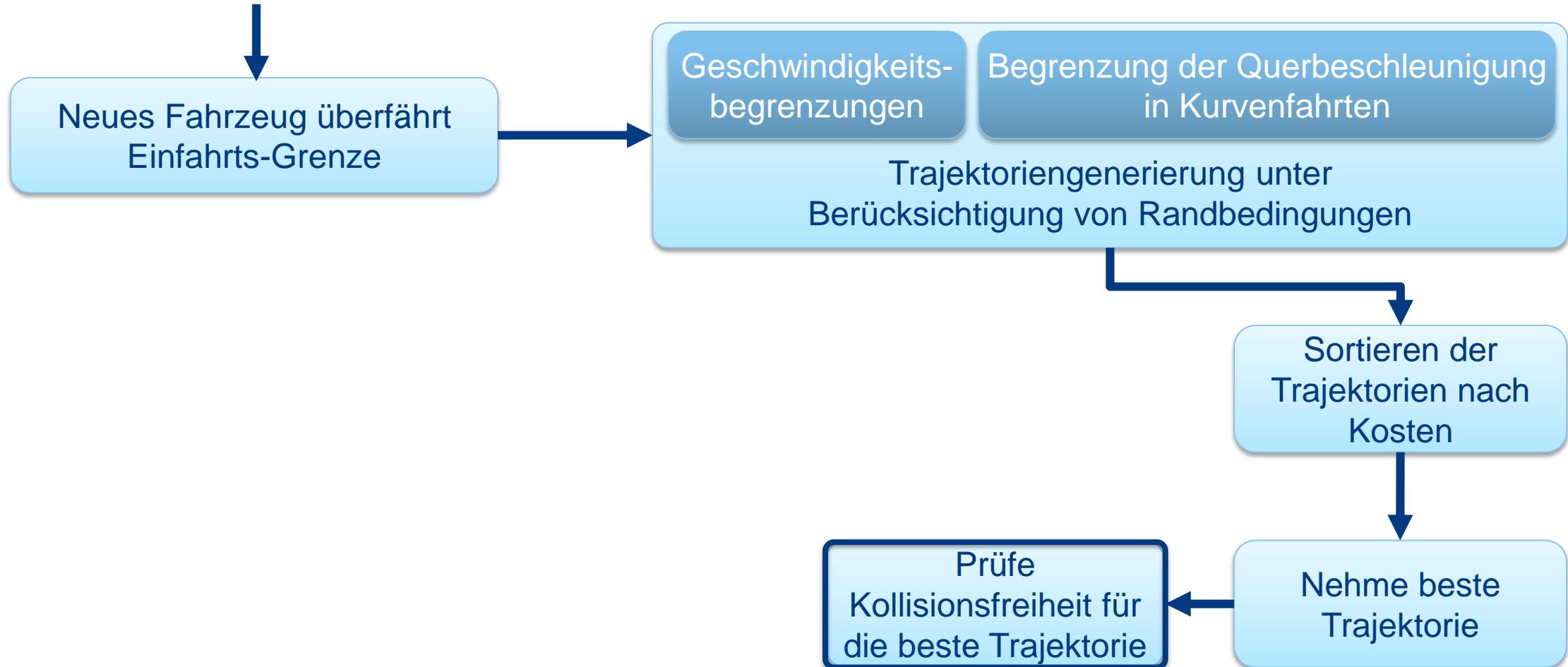
# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

## (1) Trajektoriengenerierung: Beispiel-Trajektorie



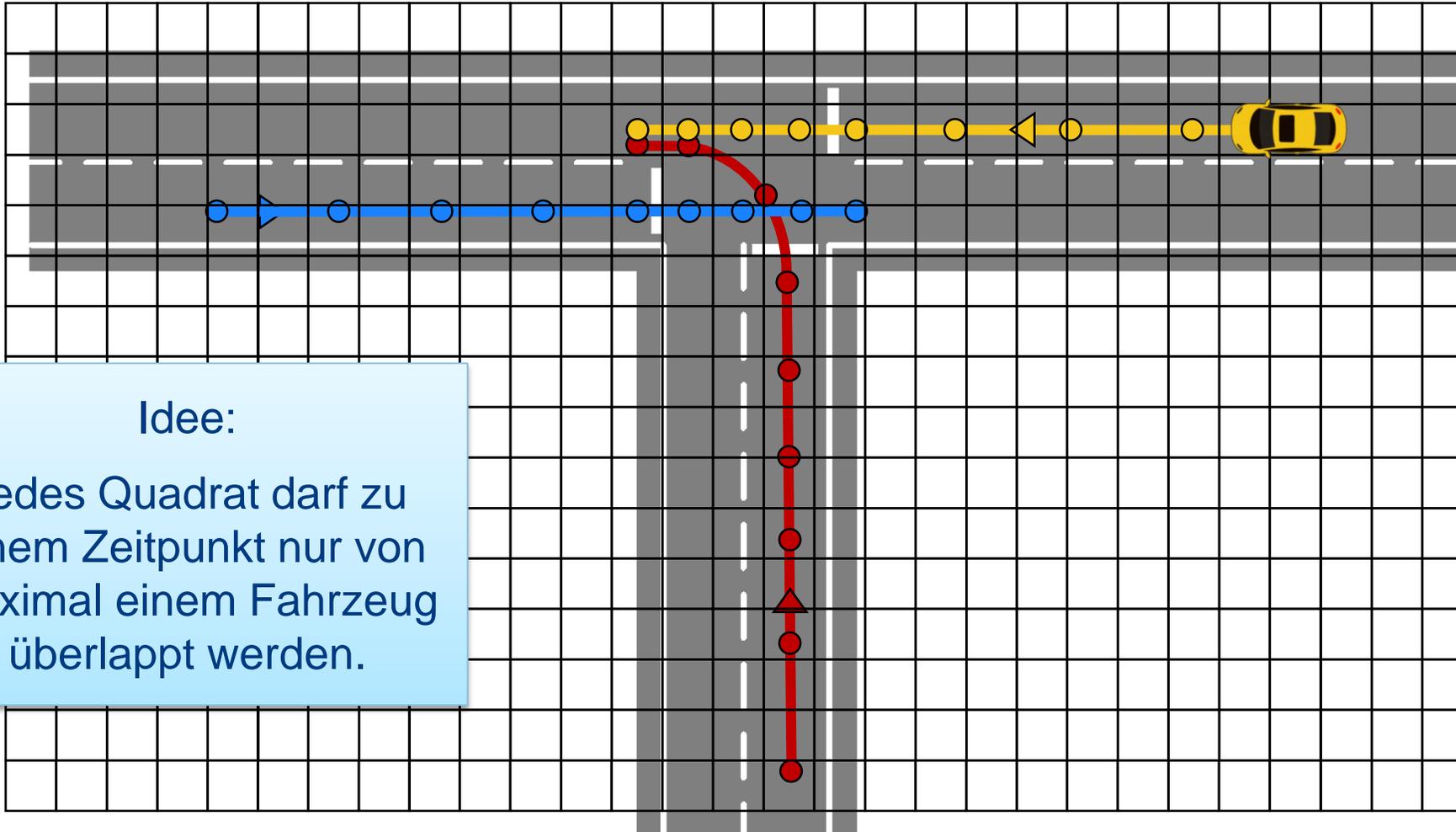
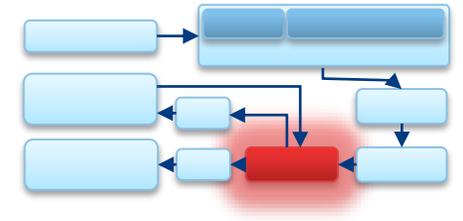
# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

## Konzept des vorgestellten Algorithmus



# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

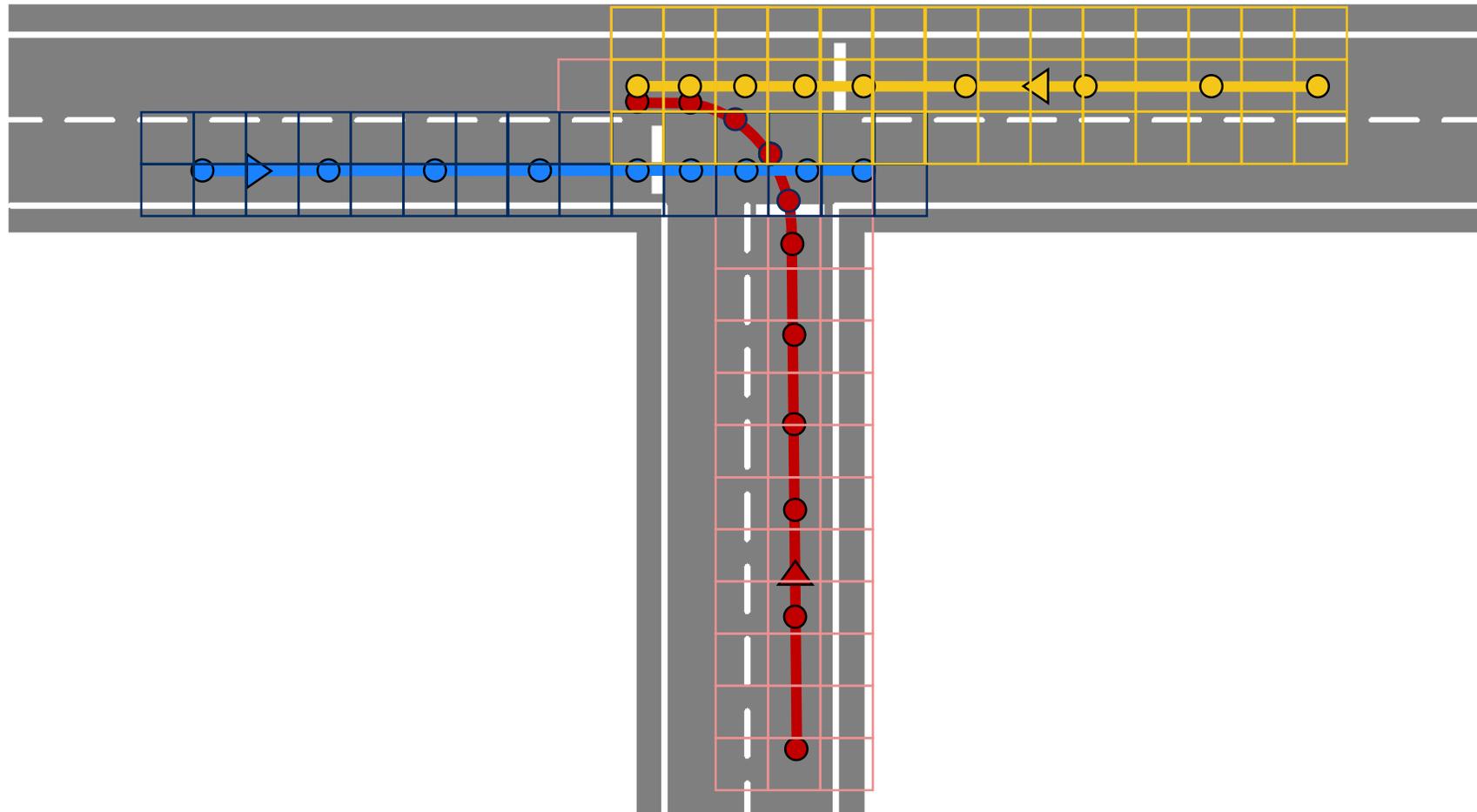
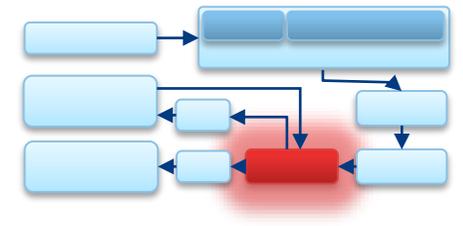
## (2) Kollisionsprüfung: Kreuzungs-Kollisionsraster



Idee:  
Jedes Quadrat darf zu einem Zeitpunkt nur von maximal einem Fahrzeug überlappt werden.

# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

## (2) Kollisionsprüfung: Reduziertes Kreuzungs-Kollisionsraster

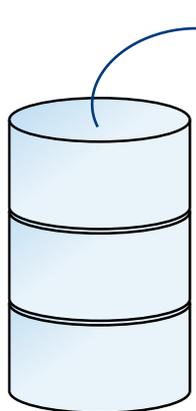
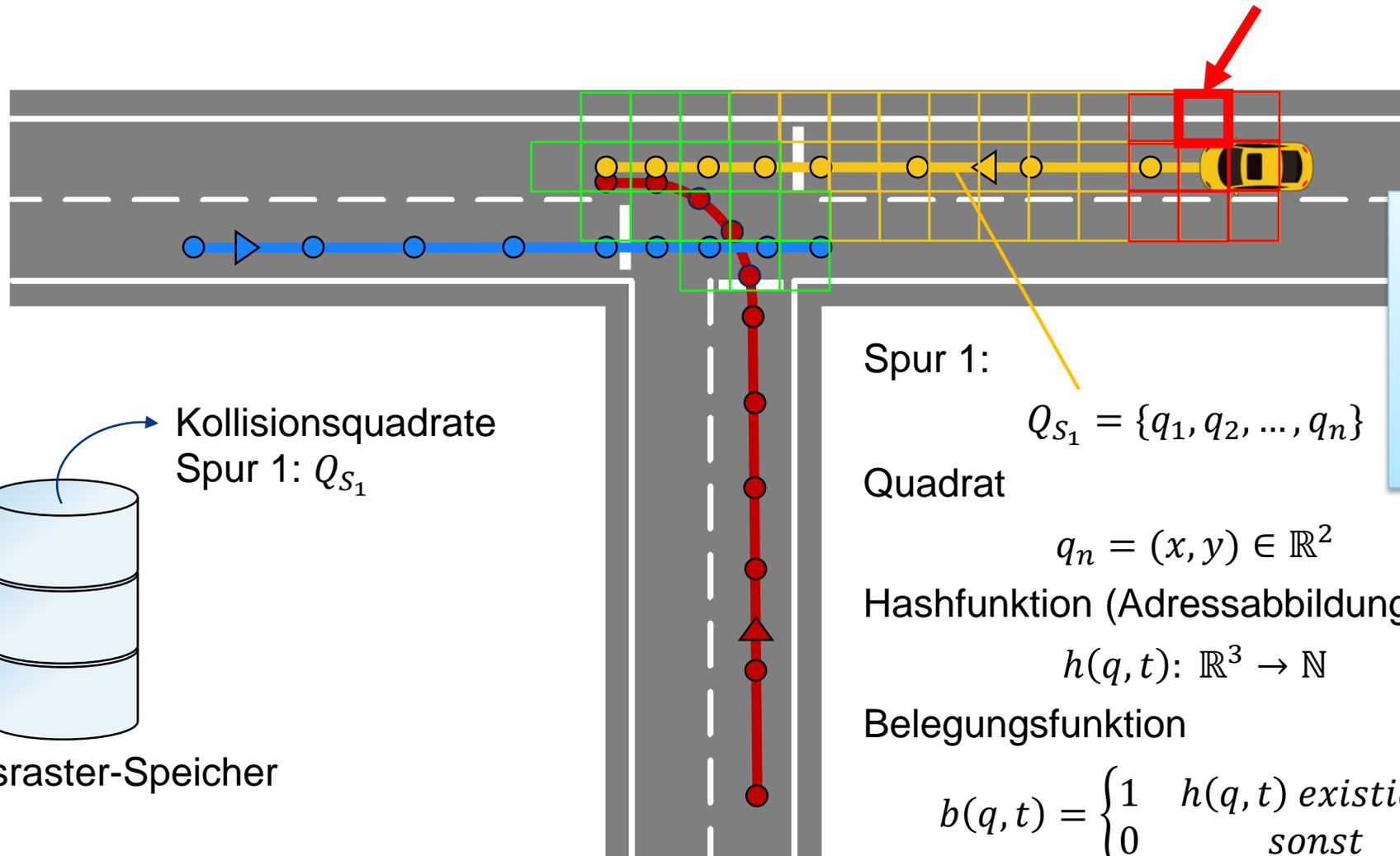
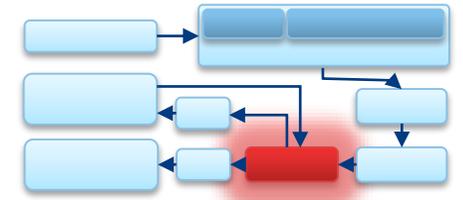






# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

## (2) Kollisionsprüfung mittels Hash-Funktion



Kollisionsquadrate  
Spur 1:  $Q_{S_1}$

Kollisionsraster-Speicher

Spur 1:

$$Q_{S_1} = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$$

Quadrat

$$q_n = (x, y) \in \mathbb{R}^2$$

Hashfunktion (Adressabbildung)

$$h(q, t): \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{N}$$

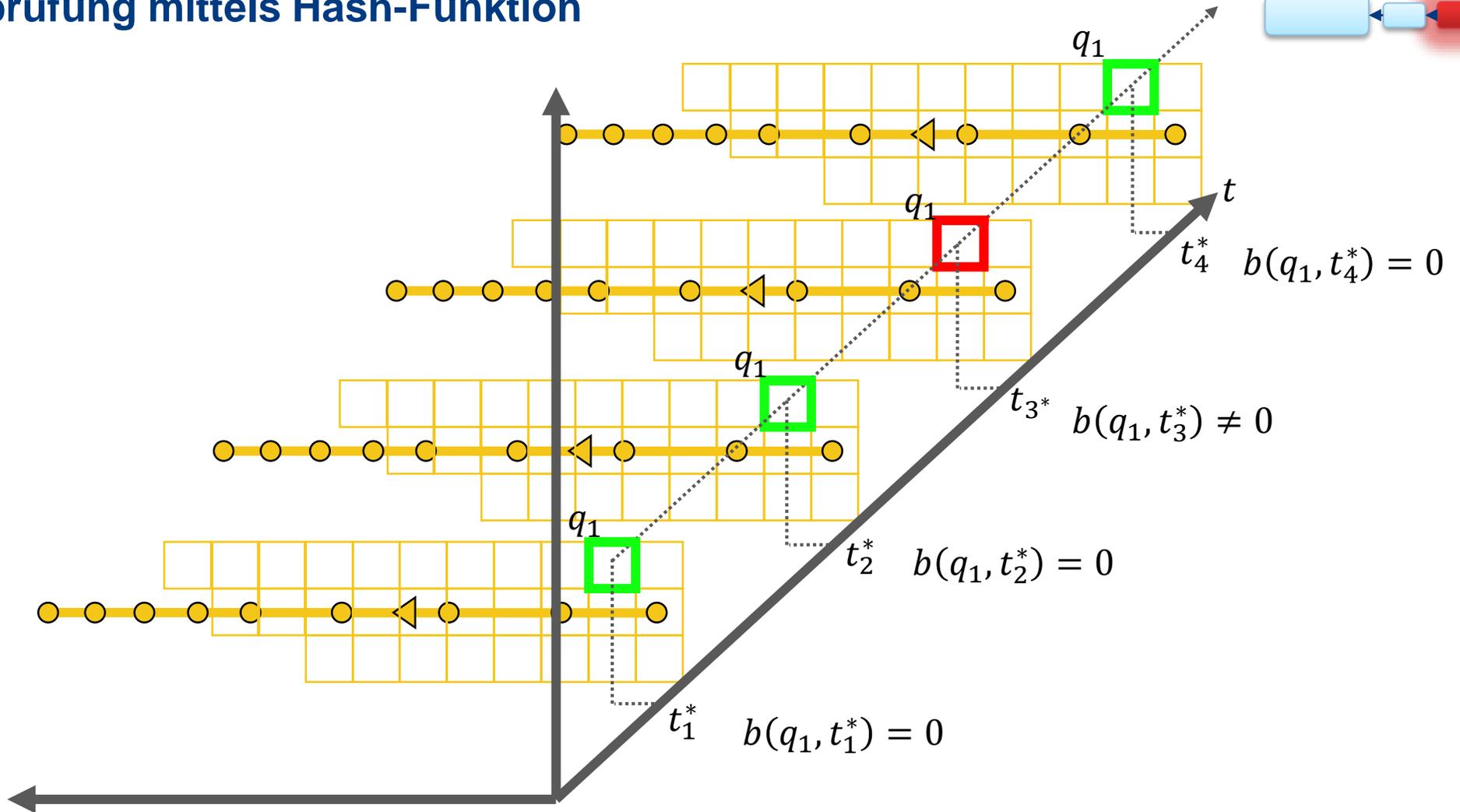
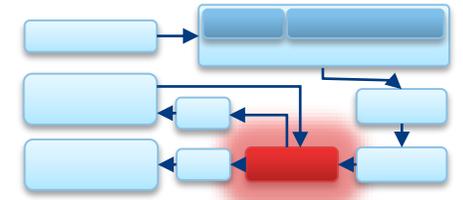
Belegungsfunktion

$$b(q, t) = \begin{cases} 1 & h(q, t) \text{ existiert} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Warum?  
Sehr schnelle  
Abfragen möglich

# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

## (2) Kollisionsprüfung mittels Hash-Funktion



# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

## (2) Kollisionsprüfung mittels Hash-Funktion

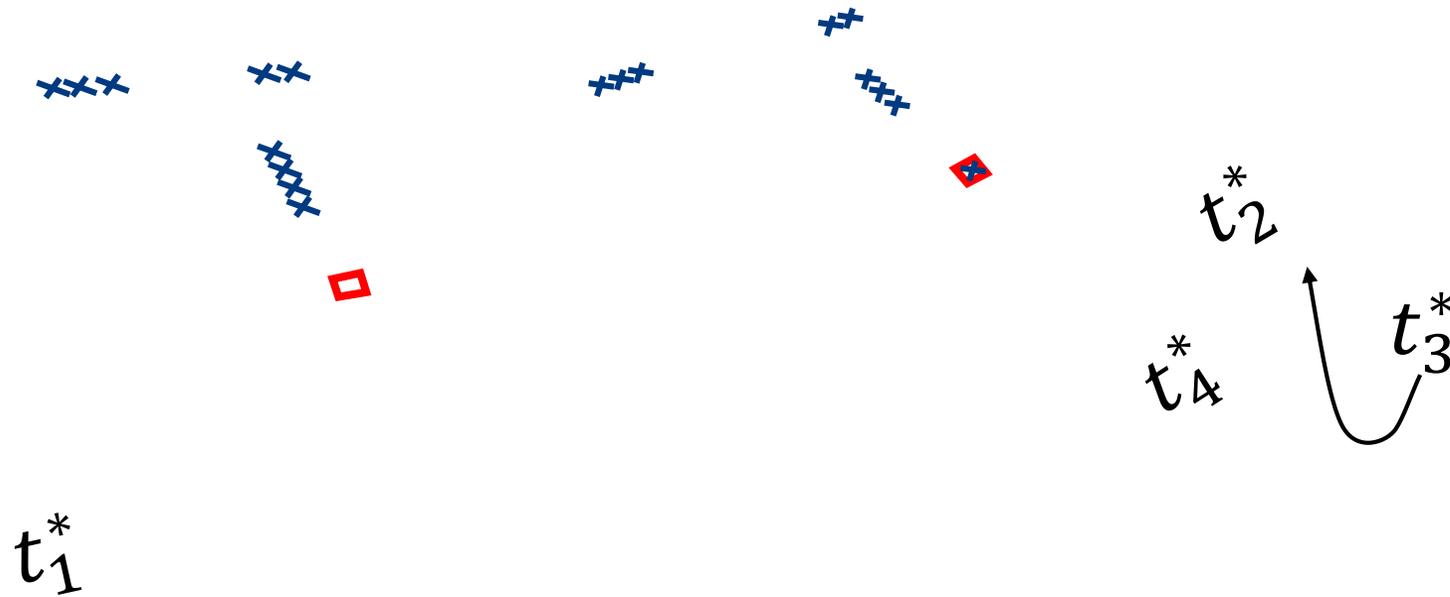
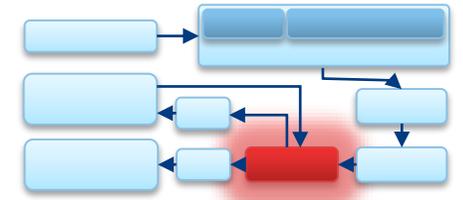
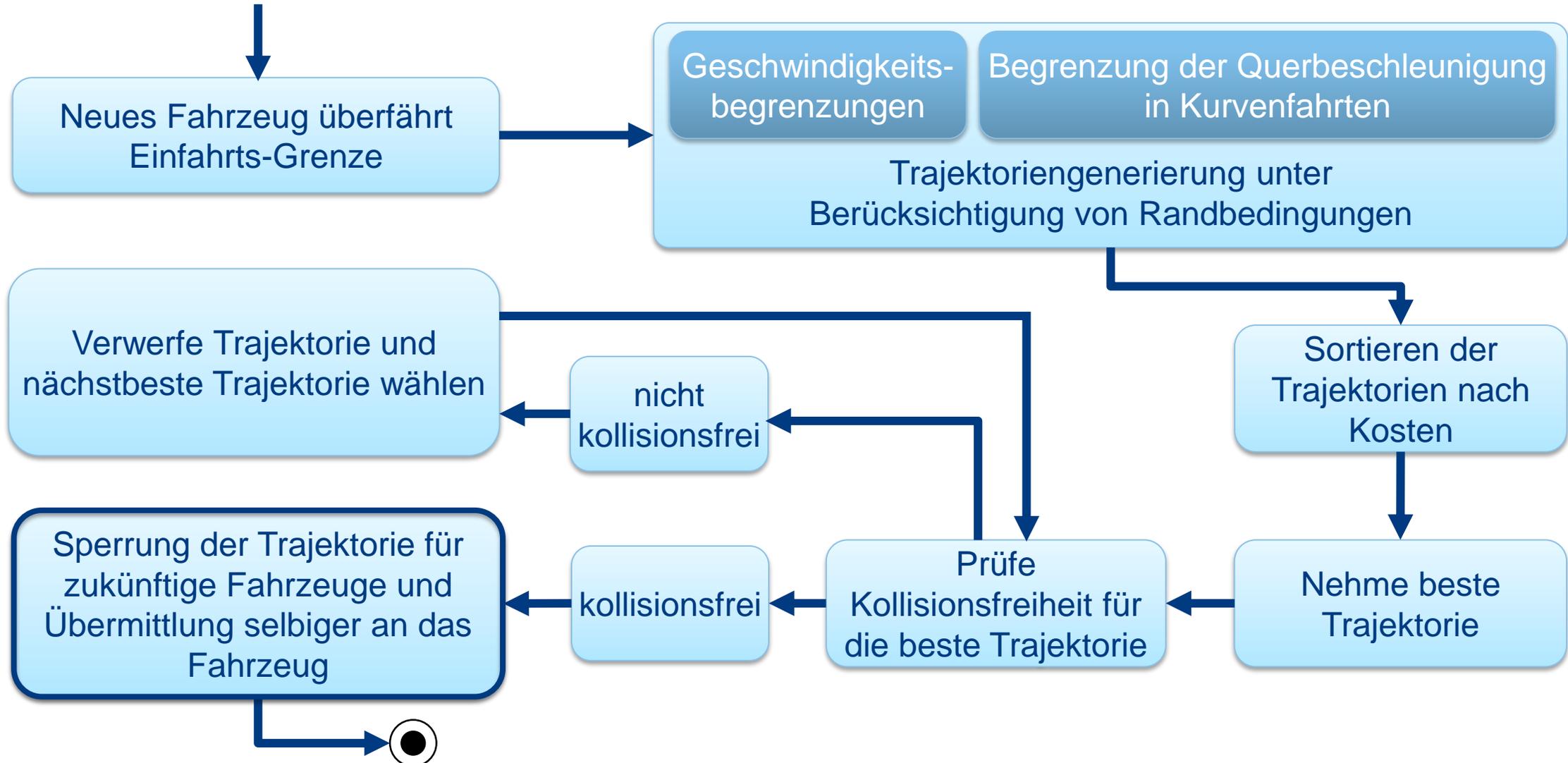


Bild- und Videoinhalte  
aus urheberrechtlichen  
Gründen entfernt

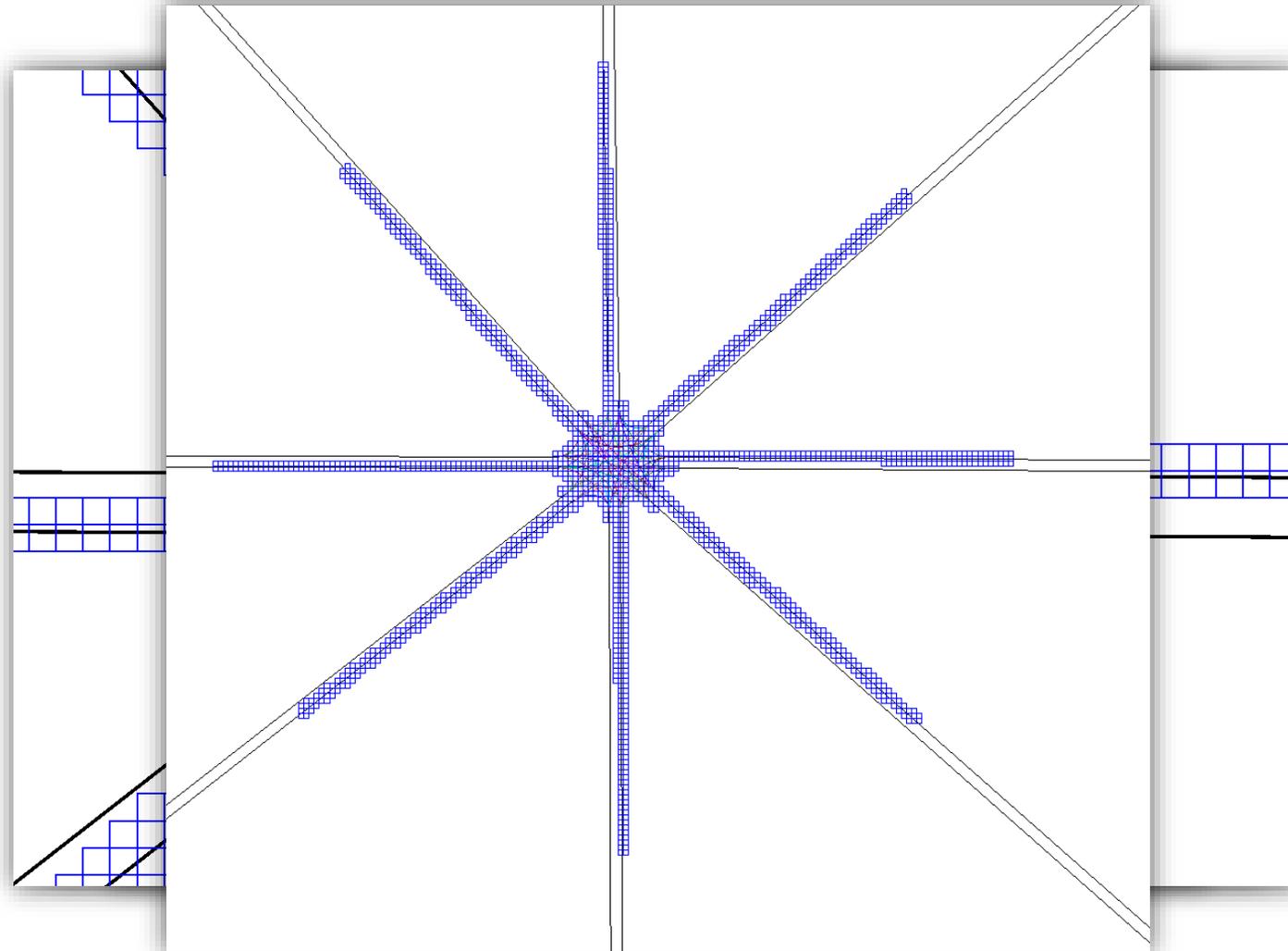
# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

## Konzept des vorgestellten Algorithmus



# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

## Simulationsergebnisse einer exemplarischen Kreuzung



# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

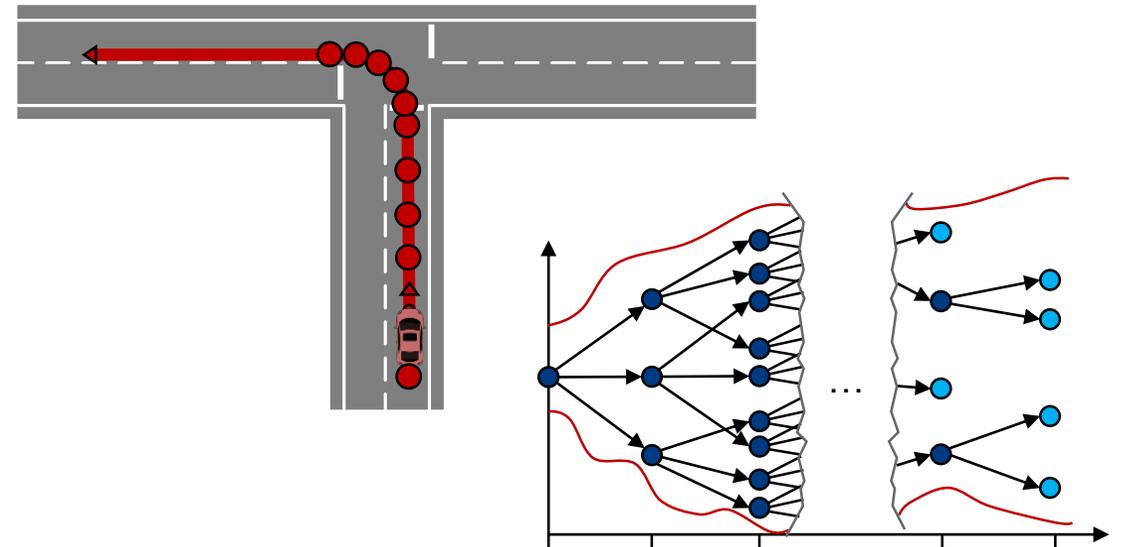
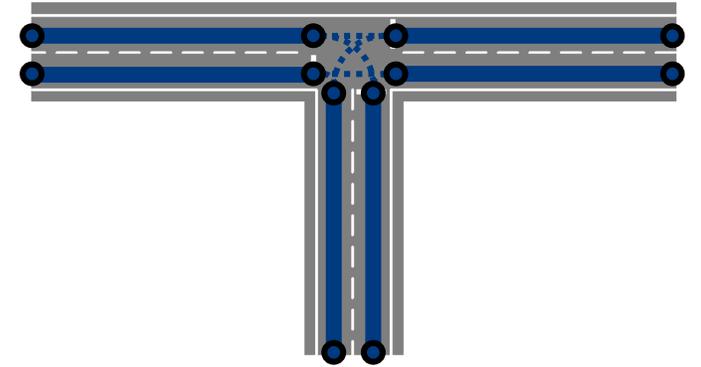
## Simulationsergebnisse einer exemplarischen Kreuzung



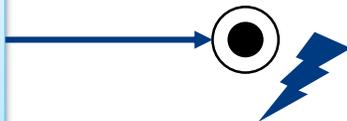
# Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement

## Nachteile des vorgestellten Algorithmus

- Fehlschläge möglich
- Feste, vordefinierte Bahnen durch die Kreuzung
- Exponentiell steigender Berechnungsaufwand für feinere Diskretisierung
- Keine dynamische Neuplanung der Trajektorien
  - Störungen bleiben unbehandelt
  - Bessere Gesamtplanung möglich



Sperrung der Trajektorie für zukünftige Fahrzeuge und Übermittlung selbiger an das Fahrzeug



---

---

# Autonomes Fahren IT macht's möglich

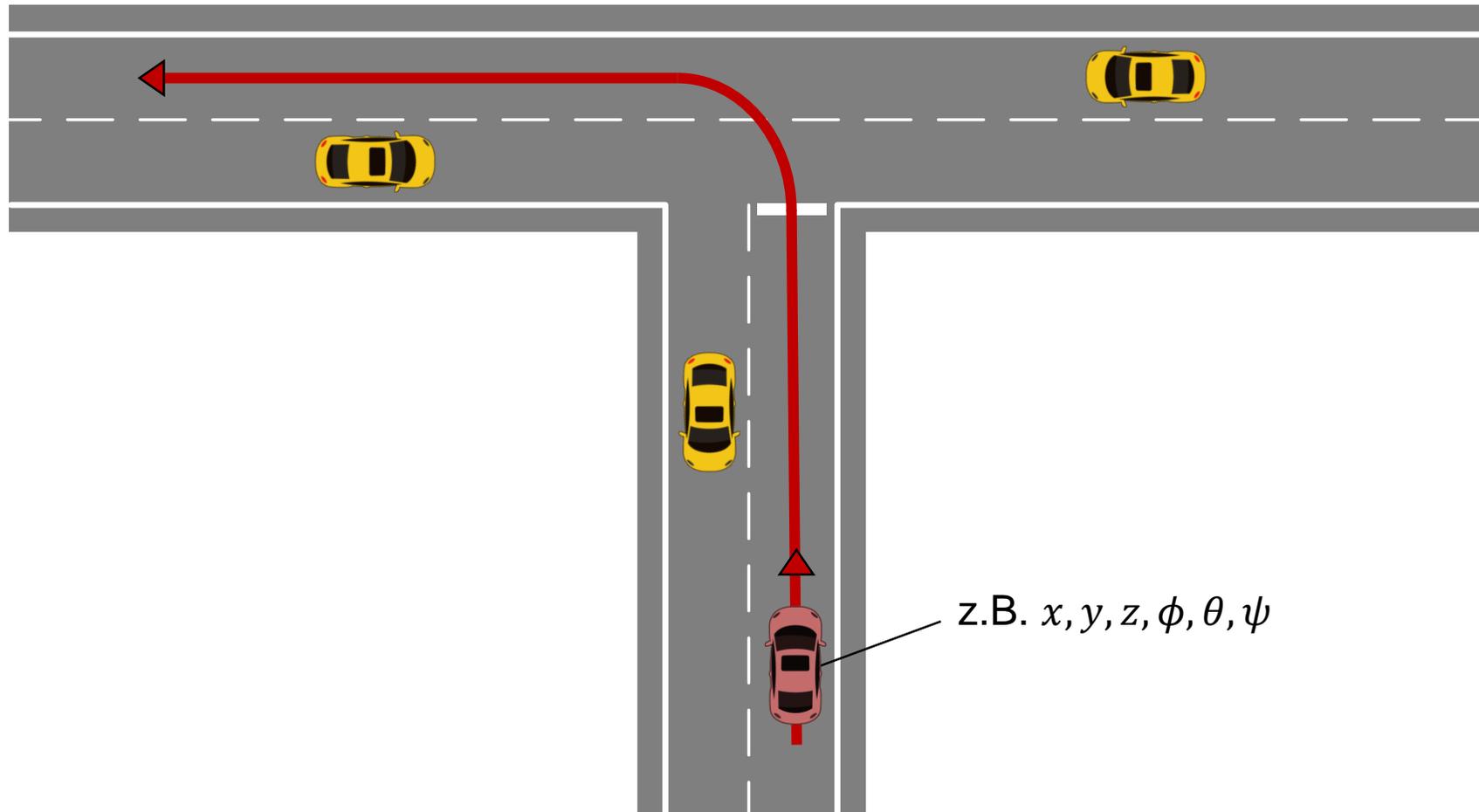
---

1. Chancen, Risiken, Zahlen und Fakten
2. Grundlegende Funktionsweise autonomer Fahrzeuge
3. Autonome Fahrfunktion am Beispiel Kreuzungsmanagement
4. Ausblick auf übergeordnete Verkehrsmanagement-Strategien

# Ausblick auf übergeordnete Verkehrsmanagement-Strategien

## Unterschiedlich Abstraktionen des Verkehrs

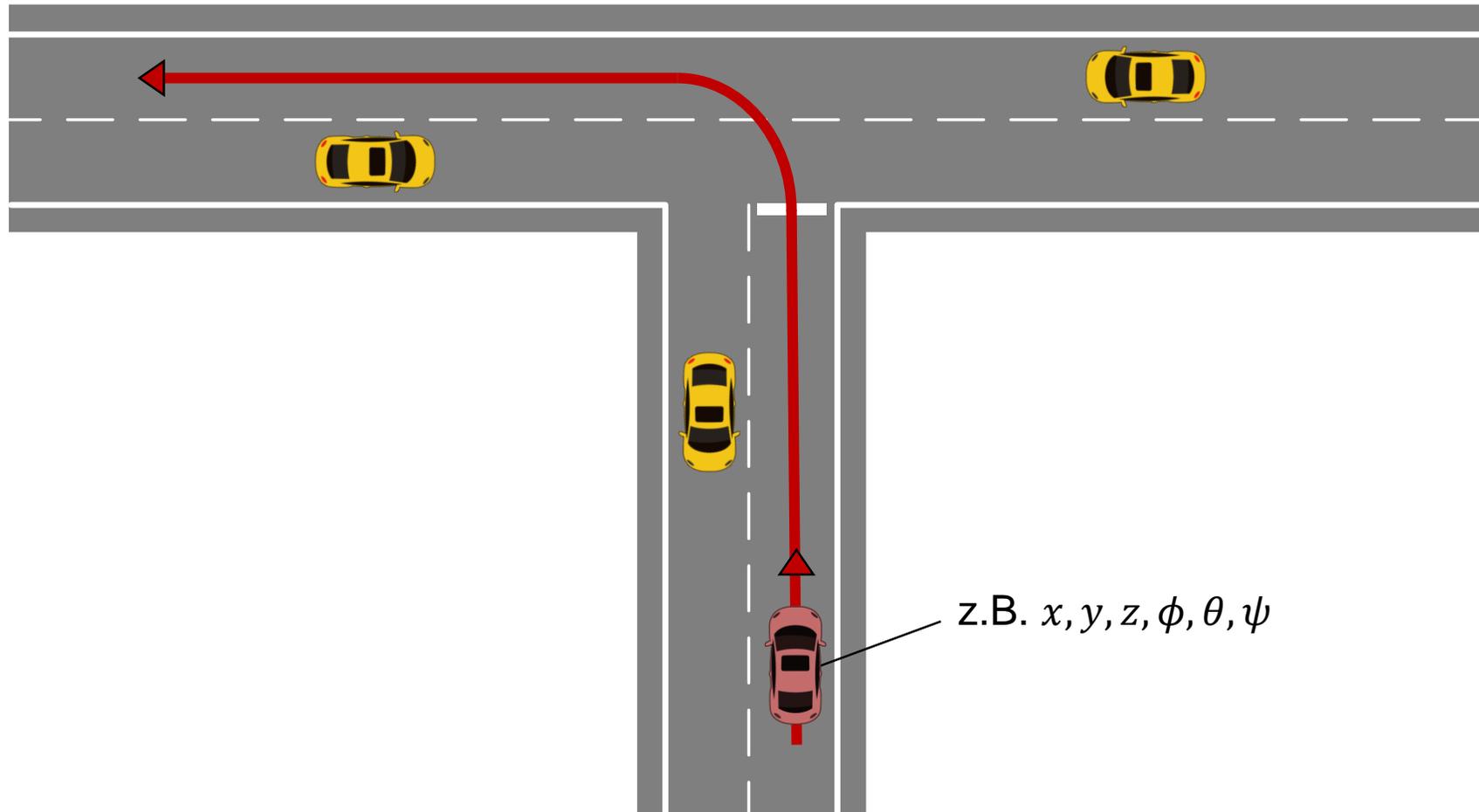
### ■ Mikroskopische Verkehrsbetrachtung



# Ausblick auf übergeordnete Verkehrsmanagement-Strategien

## Unterschiedlich Abstraktionen des Verkehrs

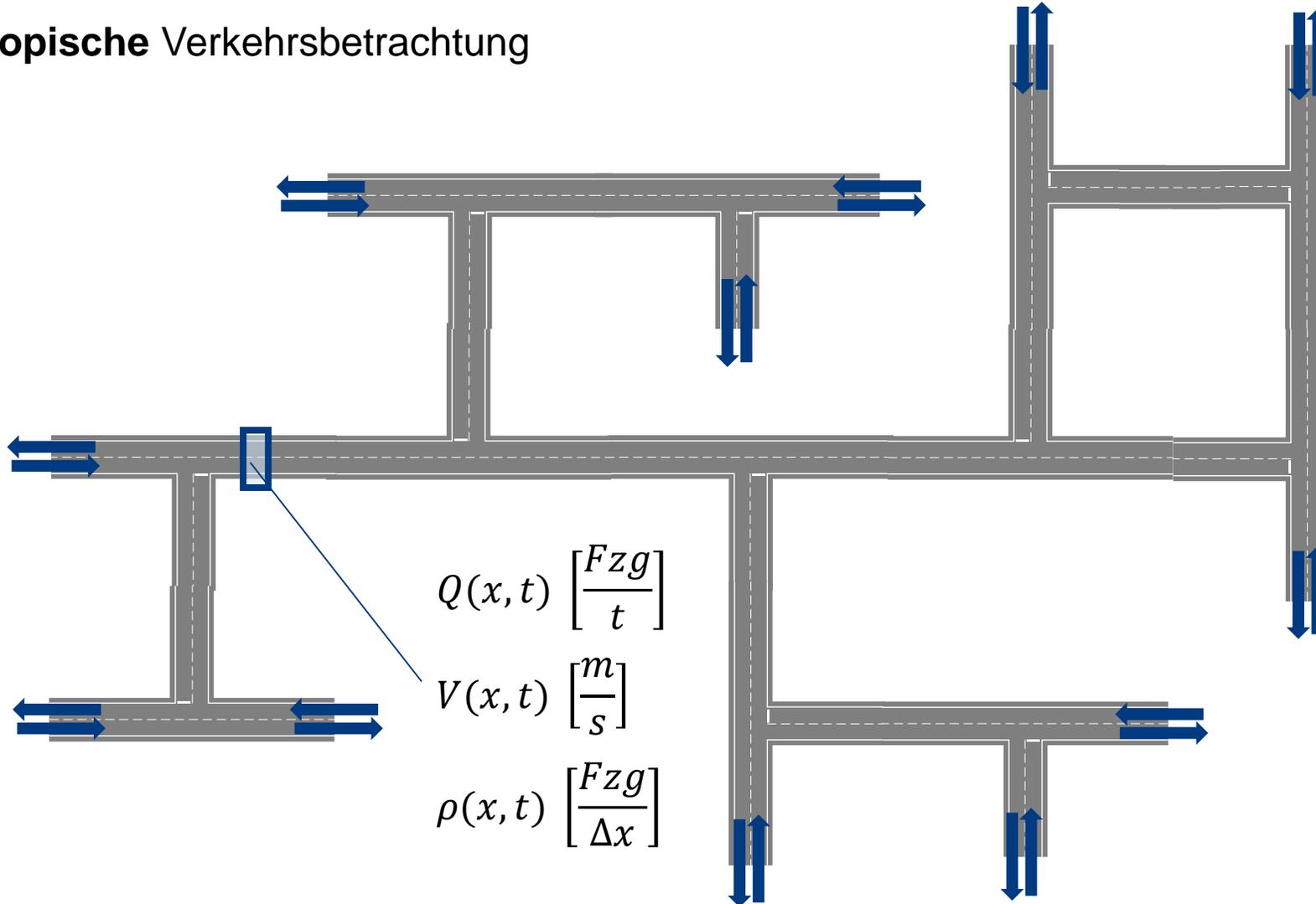
### ■ Mikroskopische Verkehrsbetrachtung



# Ausblick auf übergeordnete Verkehrsmanagement-Strategien

## Unterschiedlich Abstraktionen des Verkehrs

### ■ Makroskopische Verkehrsbetrachtung



# Ausblick auf übergeordnete Verkehrsmanagement-Strategien

## Unterschiedlich Abstraktionen des Verkehrs

### ■ Makroskopische Verkehrsbetrachtung

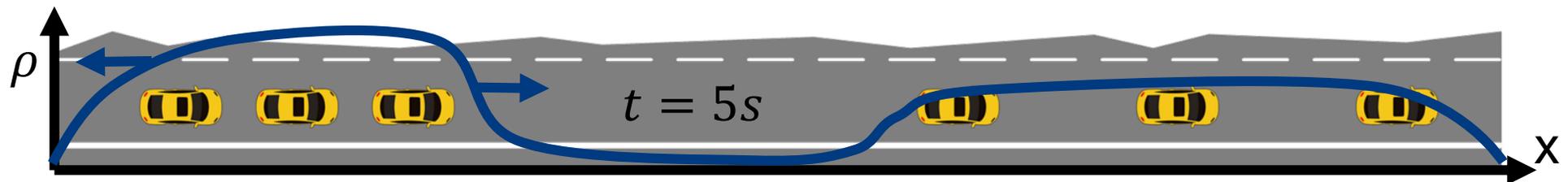
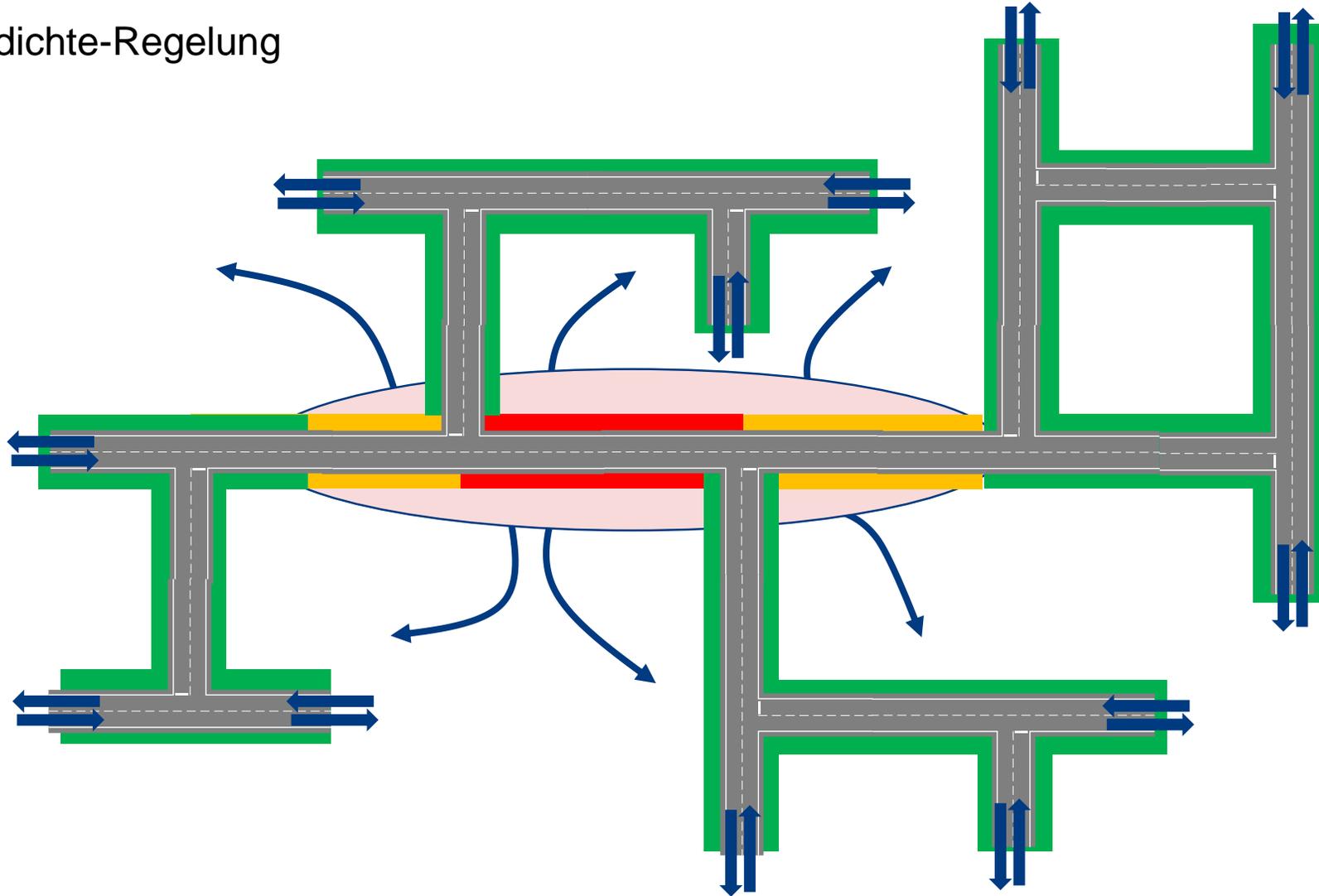


Bild- und Videoinhalte  
aus urheberrechtlichen  
Gründen entfernt

# Ausblick auf übergeordnete Verkehrsmanagement-Strategien

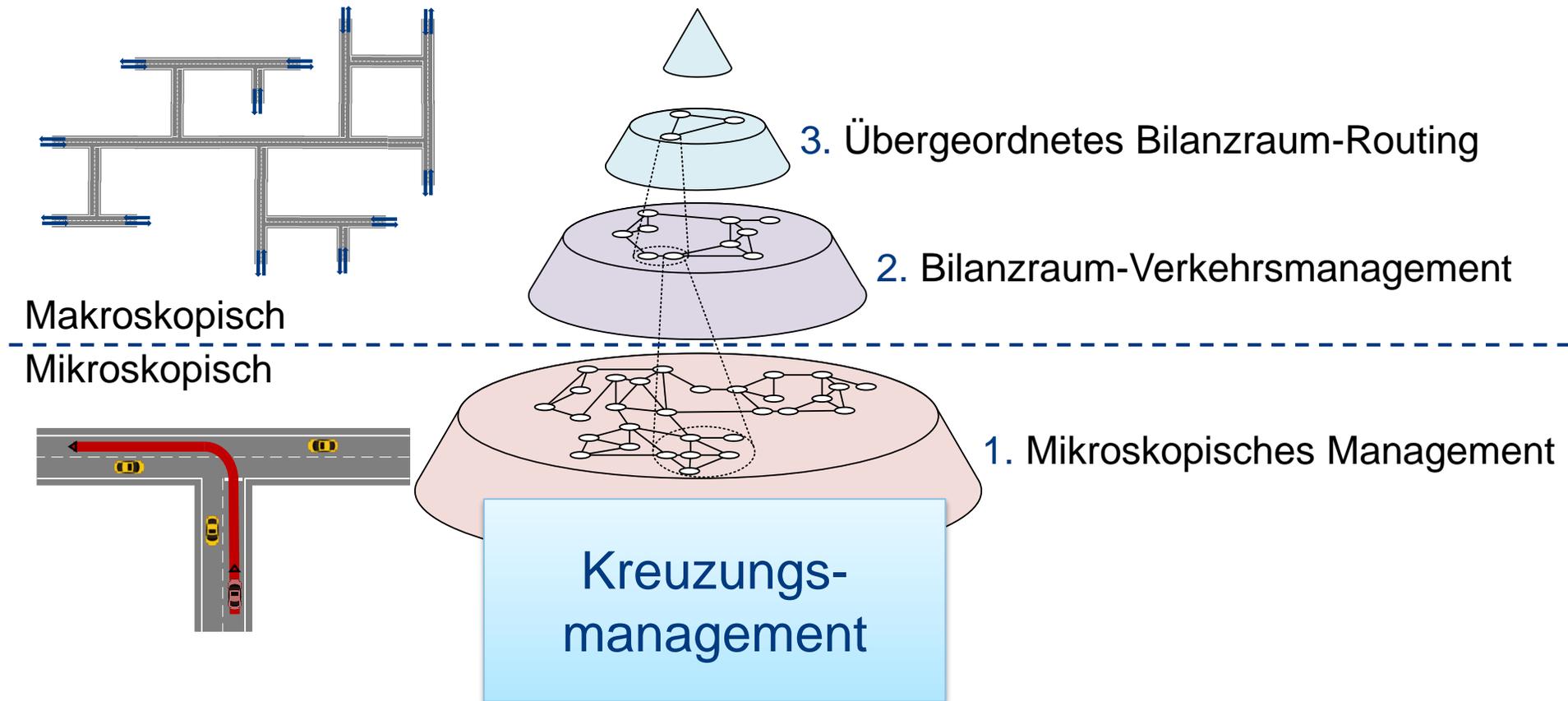
## Regelung von makroskopischem Verkehr

- Verkehrsdichte-Regelung



# Ausblick auf übergeordnete Verkehrsmanagement-Strategien

## Hierarchieebenen des autonomen Verkehrsmanagements



# **Autonomes Fahren**

## **IT macht's möglich**

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

---

- Sven Henning
- 03.05.2018