

Erfassung von Verkehrsteilnehmern und ihren Interaktionen – Eine Möglichkeit für die zukünftige Risiko- und Gefahrenerkennung in Verkehrsräumen?

Verkehrsplanerisches und Verkehrsökologisches
Kolloquium

Marek Junghans

13. Juli 2016
TU Dresden



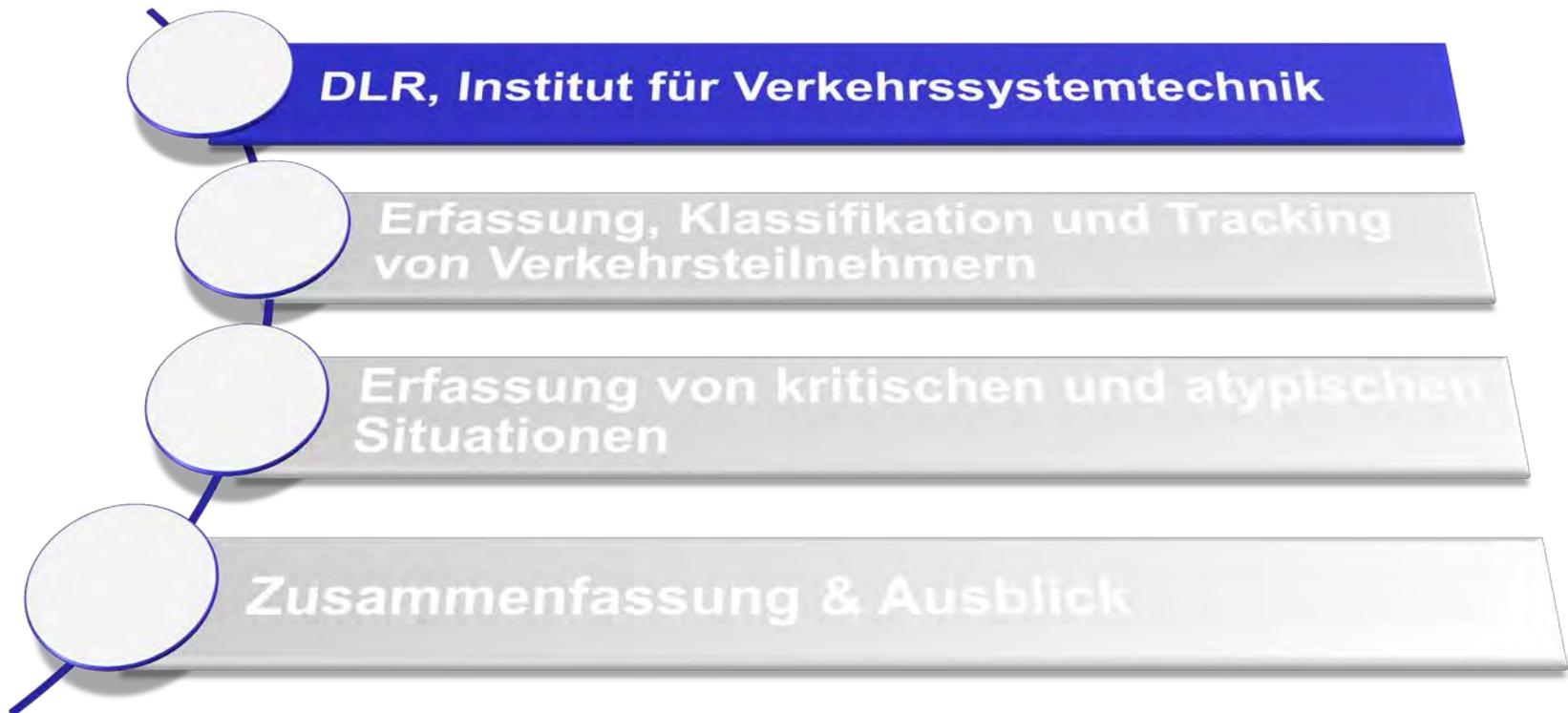
Wissen für Morgen



Inhalt



Inhalt



Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft



Forschungseinrichtung

- Luftfahrt
- Raumfahrt
- Energie
- Verkehr
- Sicherheit

Ca. 8.000 Mitarbeiter/innen in
33 Instituten und Einrichtungen
in 16 Standorten

Gesamterträge 2015: 891 Mio.€
(Forschung, Betrieb, Management)

Raumfahrtmanagement

Projektträger



Institut für Verkehrssystemtechnik

- Sitz: Braunschweig, Berlin
- Leitung: Prof. Dr.-Ing. Karsten Lemmer
- Mitarbeiter: ca. 170 Mitarbeiter/innen aus verschiedenen wiss. Bereichen
- Forschungsgebiete: Automotive
Bahnsysteme
Verkehrsmanagement
Intermodalität & ÖPNV
- Aufgabenspektrum: Grundlagenforschung
Konzepte und Strategien
Prototypische Entwicklungen
- Qualität: zertifiziert nach DIN EN ISO 9001 und VDA 6.2
sowie RailSiTe[®] gemäß ISO 17025



Branchen & Technologiefelder

Branchen

	Automotive	Bahnsysteme	ÖPNV & Intermodalität	Verkehrsmanagement
Technologiefelder	Systemarchitekturen			
	Datenerfassung und Informationsgewinnung			
	Human Factors			
	Fahrzeugfunktionsentwicklung			
	Systemfunktionsentwicklung			
	Bewertung des Verkehrs			
	Testen			



Leitziel



Sichere Mobilität in einem fehlertoleranten Verkehrssystem



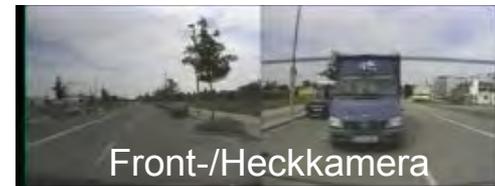
Großforschungsanlagen

Anwendungsplattform Intelligente Mobilität (AIM), Simulationen, Testfahrzeuge, Mess-/Testeinrichtungen



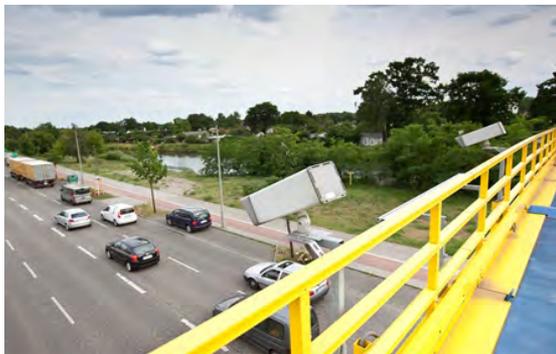
Forschungsinfrastruktur

Messfahrzeug UTRaCar



Urban Traffic Research Laboratory (UTRaLab)

Mess- und Versuchstrecke am Ernst-Ruska-Ufer

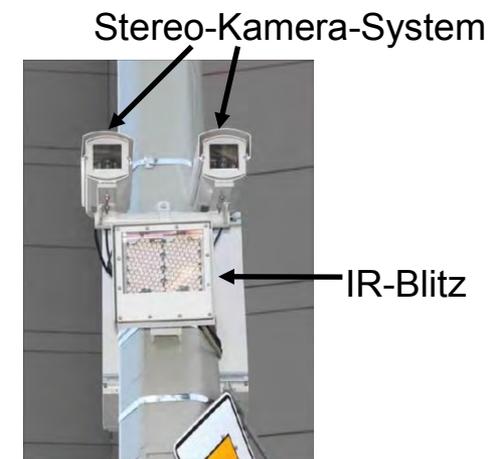
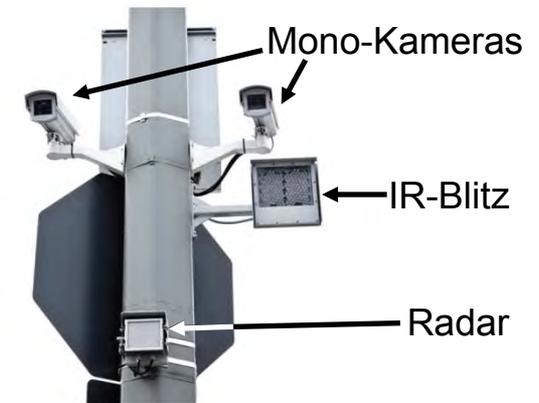
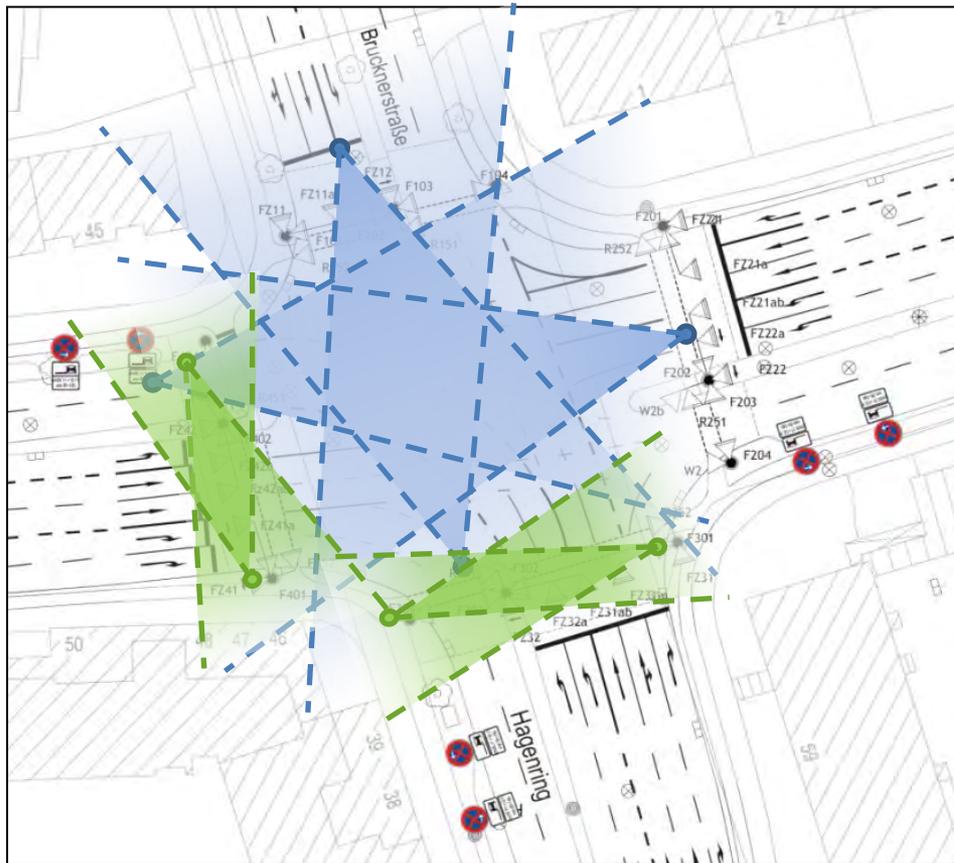


Digital- und Analogkameras zur Verkehrsbeobachtung und -messung



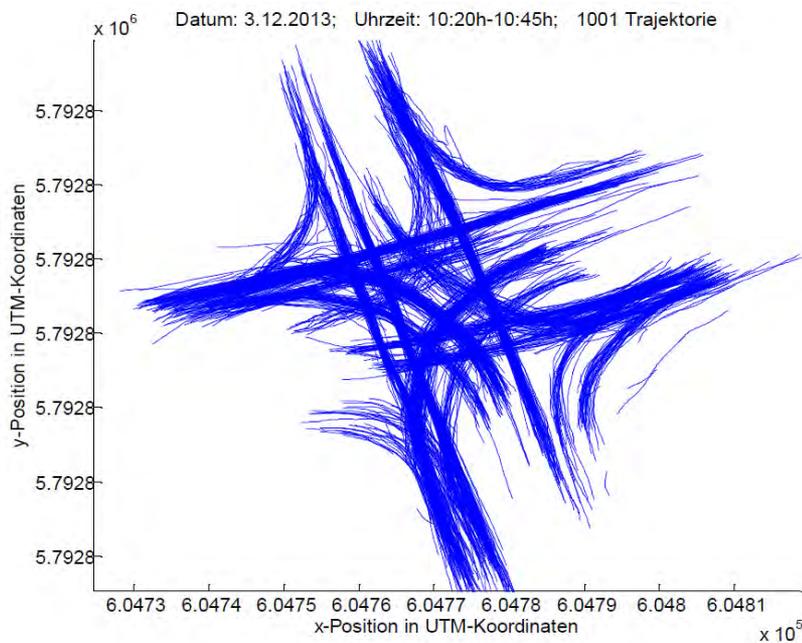
AIM-Forschungskreuzung – Sensorischer Aufbau

Gemeinsamer Erfassungsbereich



Ergebnisdaten Trajektorien und Videodaten

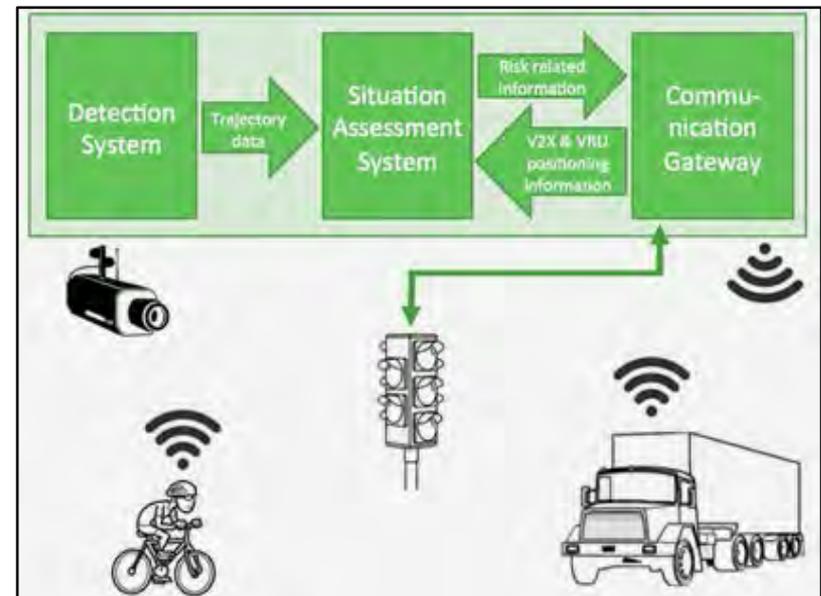
- Trajektorien mit 25Hz-Datenrate
- Zustandsdaten umfassen neben dem Zeitstempel:
Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Abmessungen, Klassifikation



AIM als Unterstützung für kooperative ADAS

Ziel: Aufbau von kooperativen Systemen (z.B. XCYCLE)

- Aufbau kooperativer Assistenz durch Verknüpfung fahrzeug- und infrastrukturseitiger Systeme
- Vernetzung durch Einsatz von V2X-kommunikation
- Verteilte Erfassung und Verschneidung verkehrsrelevanter Informationen



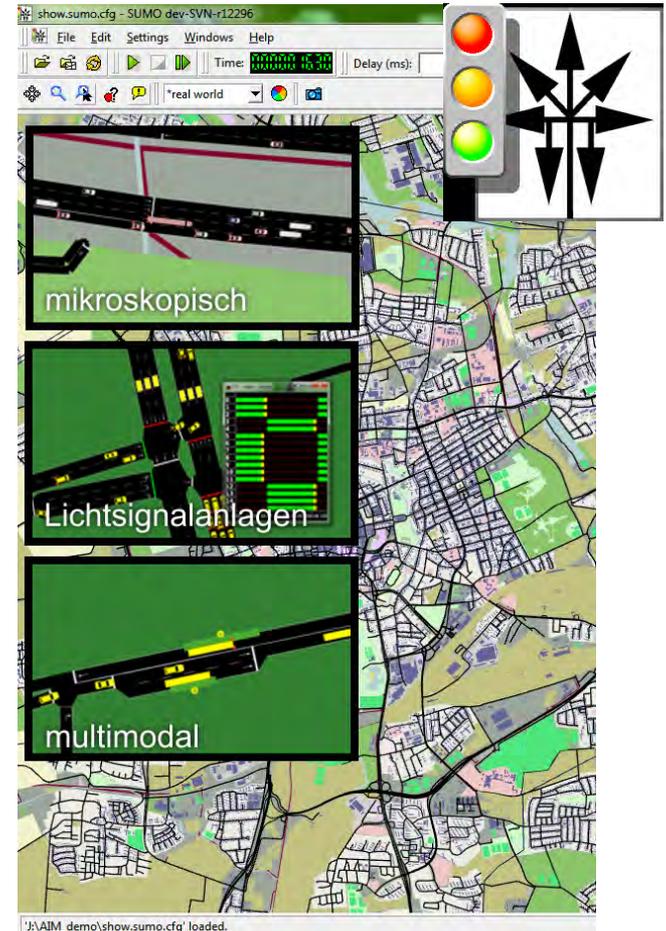
Architektur in XCYCLE <http://www.xcycle-h2020.eu/>



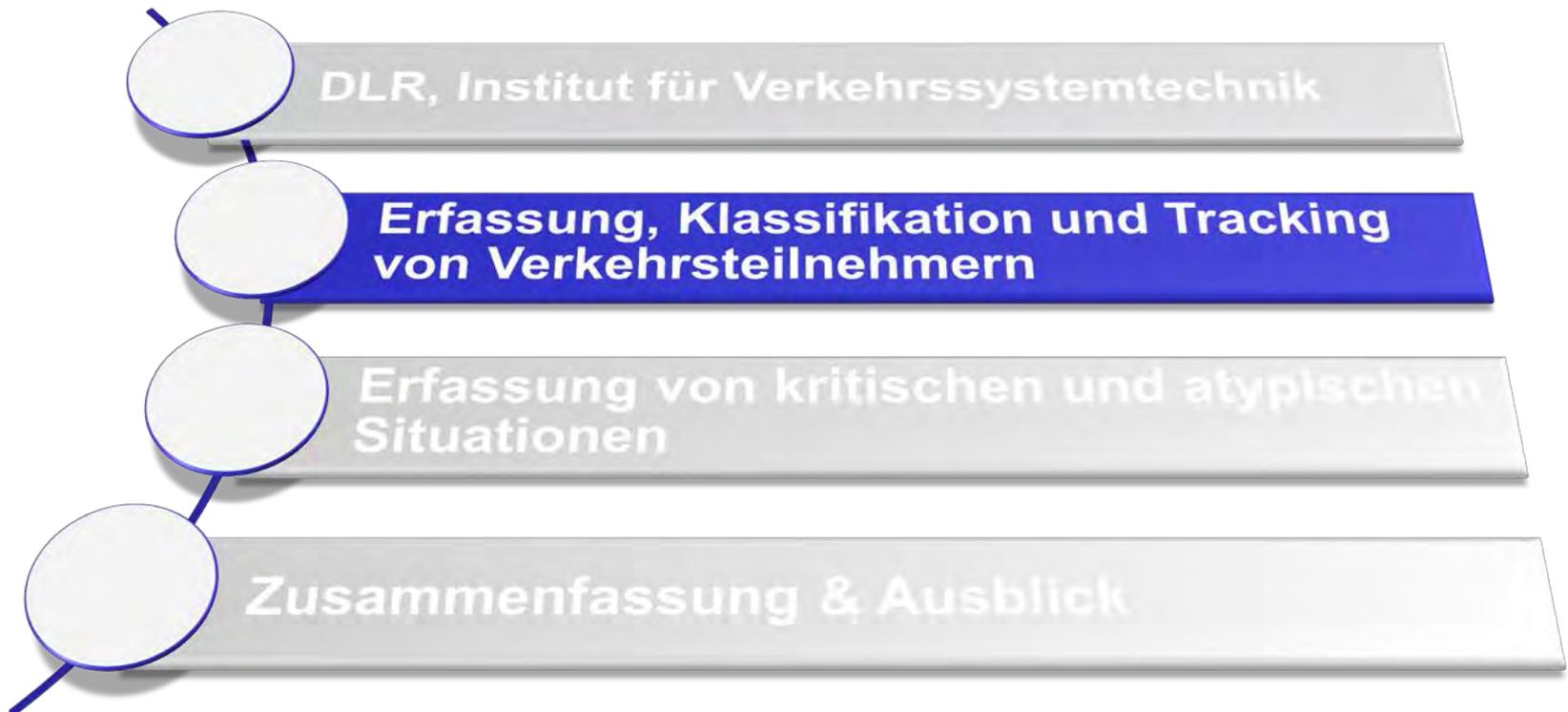
SUMO – Simulation of Urban MObility



Ausgelegt für mikroskopische Simulation
großer Szenarien



Inhalt



Motivation



Beim Linksabbiegen an Ampeln werden **jeden Tag 18 Menschen** schwer verletzt, **jeden zweiten Tag stirbt ein Mensch**.

Insgesamt sterben jährlich zwischen **3400 und 3600 Menschen**, mehr als **60.000** werden schwerverletzt.

Ziel: Unsere Menschen schützen und die Anzahl der tödlich Verunglückten und Schwerverletzten verringern



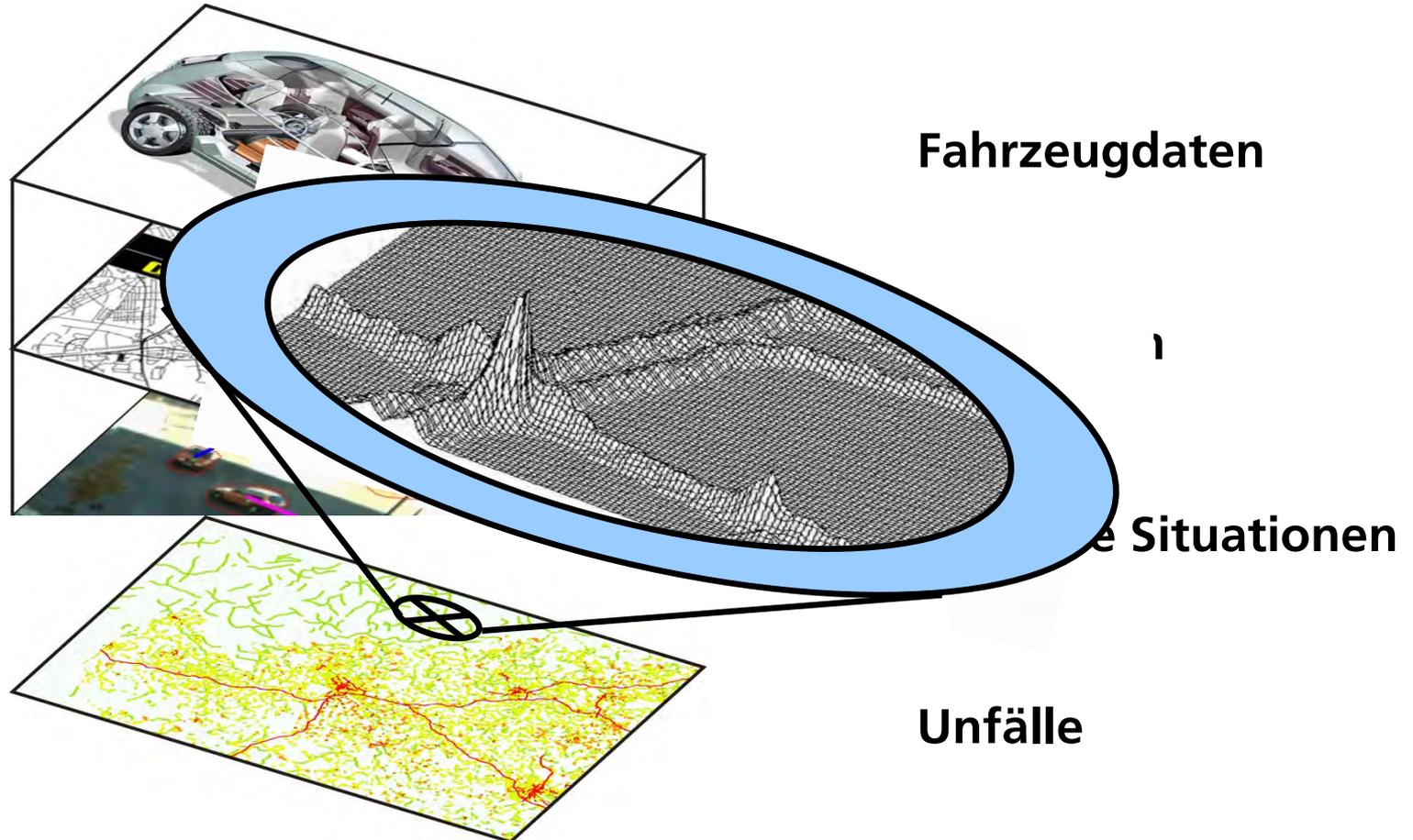
Motivation

Unfallverstehen und „Verkehrssituationsverstehen“



Motivation

Verkehrssicherheitsrisikokarte



Motivation

Visualisierung des Verkehrssicherheitsrisikos



Motivation

Nutzen

Warnung und Assistenz
von Verkehrsteilnehmern

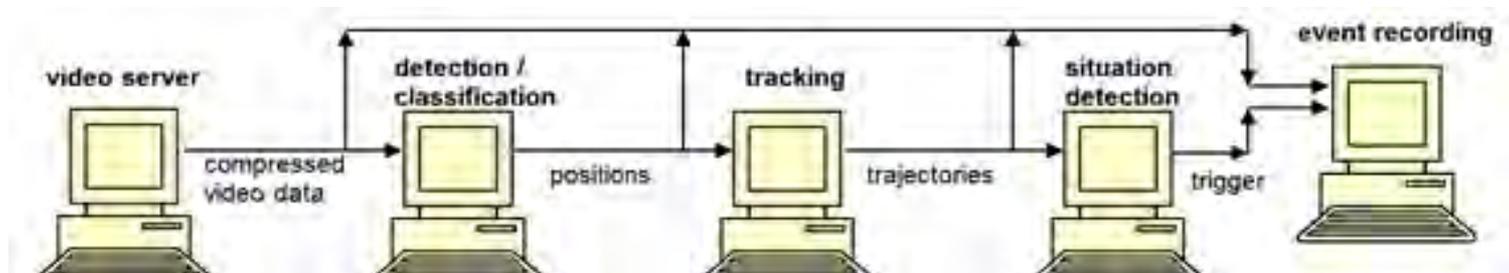


Identifizierung und Behebung
straßenbaulicher und verkehrs-
steuerungstechnischer Defizite



Erfassung von Verkehrsteilnehmern und deren Interaktionen

Räumlich-zeitliche Erfassung von Verkehrsteilnehmern



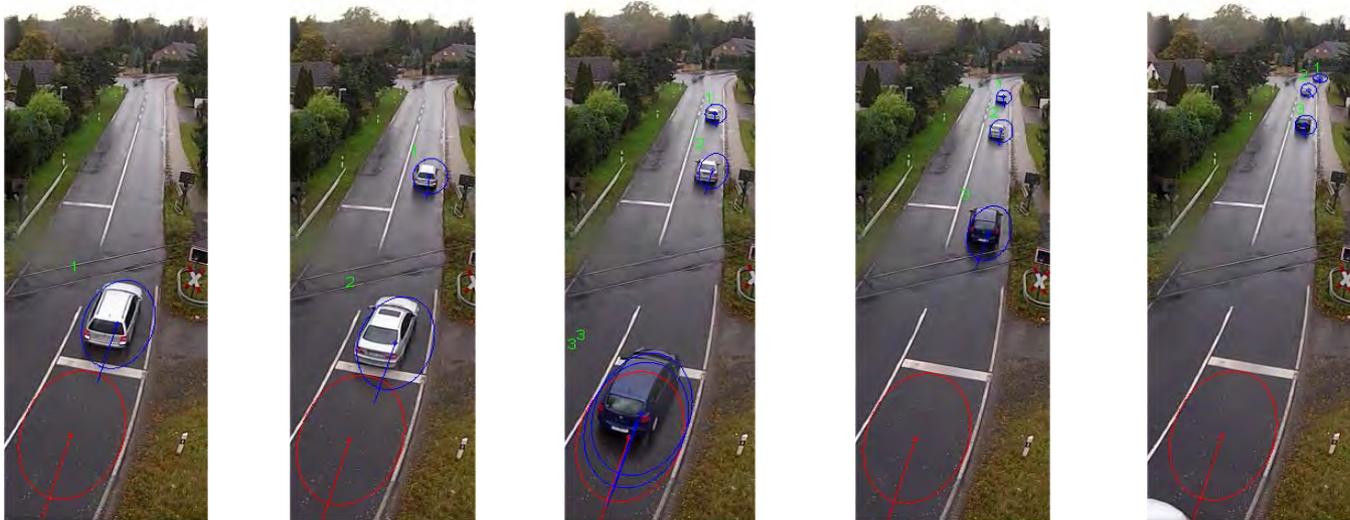
Ziel: Korrelation von Unfällen mit kritischen Situationen



Erfassung von Verkehrsteilnehmern und deren Interaktionen

Detektion, Klassifikation und Tracking

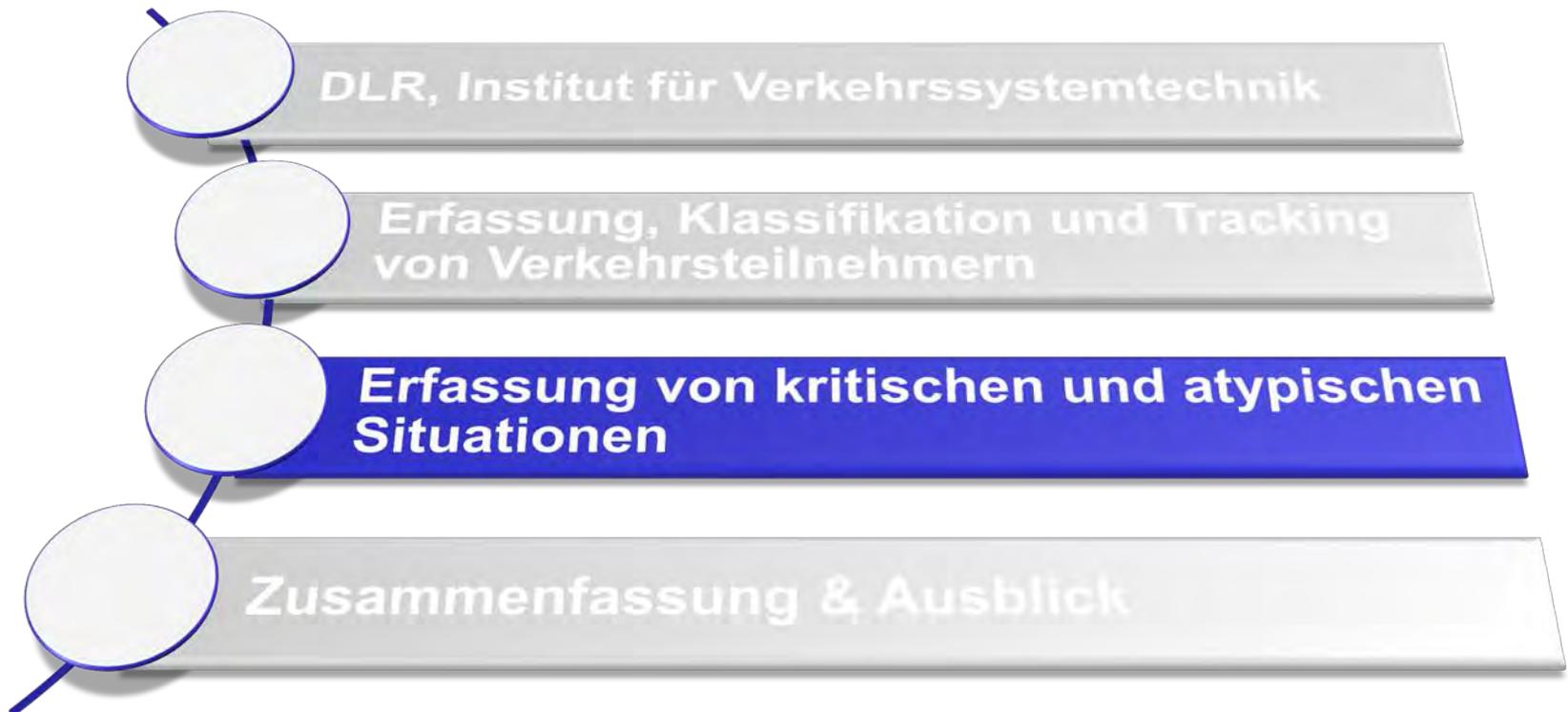
- Objektsegmentierung
- Tracken der Objekte
- Handling von Verdeckungen



Tracking-Sequenz an einem unbeschränkten Bahnübergang in Bienrode



Inhalt



Erfassung von kritischen und atypischen Situationen

Trajektorienklassifikation

Atypisch sind Situationen, die vom Normalfall abweichen und normalerweise nicht kritisch sind (z.B. U-Turns, Schlangenlinien etc.).

- Self Organizing Feature Map (SOFM)
- Probability Density Map (PDMaP)

Kritische Situationen sind Situationen, in denen sich interagierende Verkehrsteilnehmer räumlich und zeitlich nahe kommen (z.B. dichtes Auffahren bei hohen Geschwindigkeiten, intensives Bremsen etc.):

- Kenngrößen der Verkehrskonflikttechnik

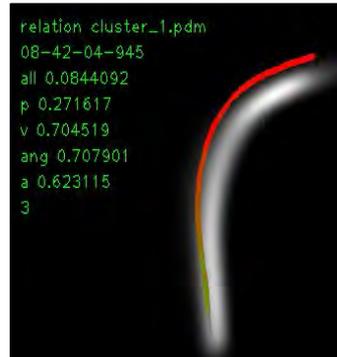


Erfassung von kritischen und atypischen Situationen

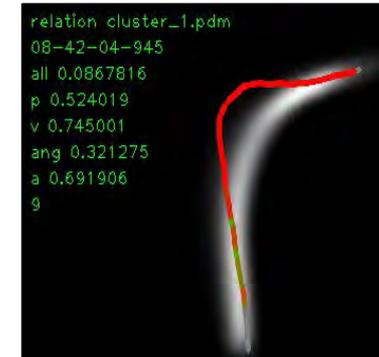
PDMap-Ansatz (Atypik)



Verkehrssituation an einer Kreuzung



Linksabbiegen von der rechten Spur



Umfahrung eines Objektes auf der linken Spur



Durchschnittliche Geschwindigkeiten
(rot: hoch, grün: niedrig)



Durchschnittliche Beschleunigungen
(rot: hoch, grün: niedrig, blau: bremsen)



Erfassung von kritischen und atypischen Situationen

PDMap-Ansatz (Atypik)

Atypische Situationen am Bahnübergang

- Atypische Situationen wurden automatisch klassifiziert:
 - Anhalten
 - Überholen
 - Starkes Beschleunigen / Bremsen
 - Zu hohe / niedrige Geschwindigkeiten
 - (Fahrbahnaushöhlungen)



PDMap der Positionen für beide Richtungen



PDMap der Geschwindigkeiten für beide Richtungen



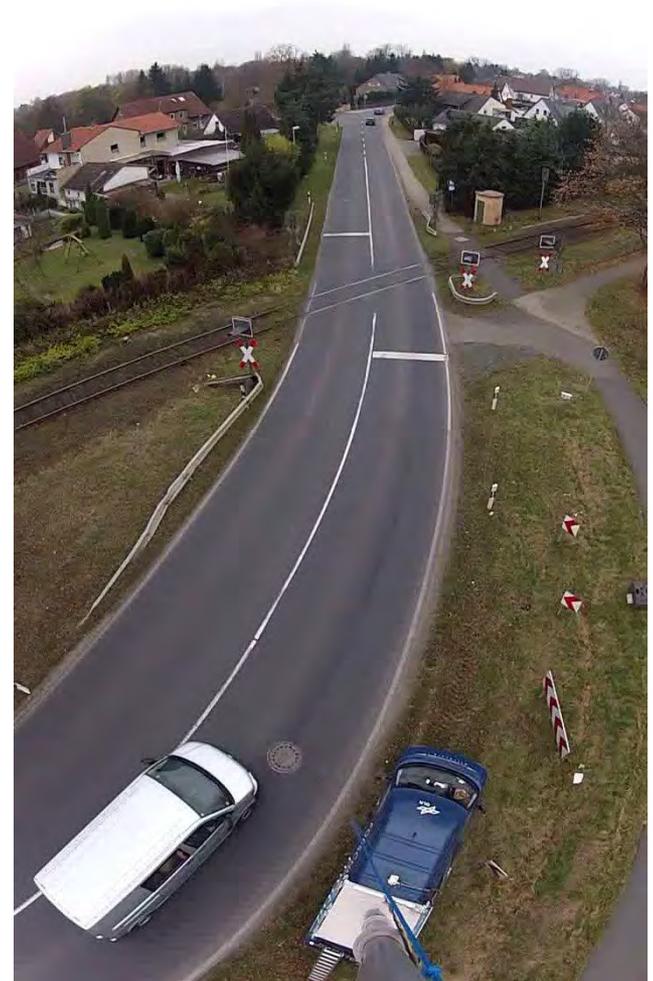
Erfassung von kritischen und atypischen Situationen

PDMap-Ansatz (Atypik)

Beispiel für eine atypische Situation: Überholen

- Berechnung von Normalwerten für
 - Position
 - Geschwindigkeit und Richtung
 - Beschleunigung und Bremsen
- Kombination dieser Werte zu einer Gesamtaussage zwischen $[0;1]$

Überhol-
situation



Erfassung von kritischen und atypischen Situationen

PDMap-Ansatz (Atypik)

Beispiel für eine atypische Situation: Überholen

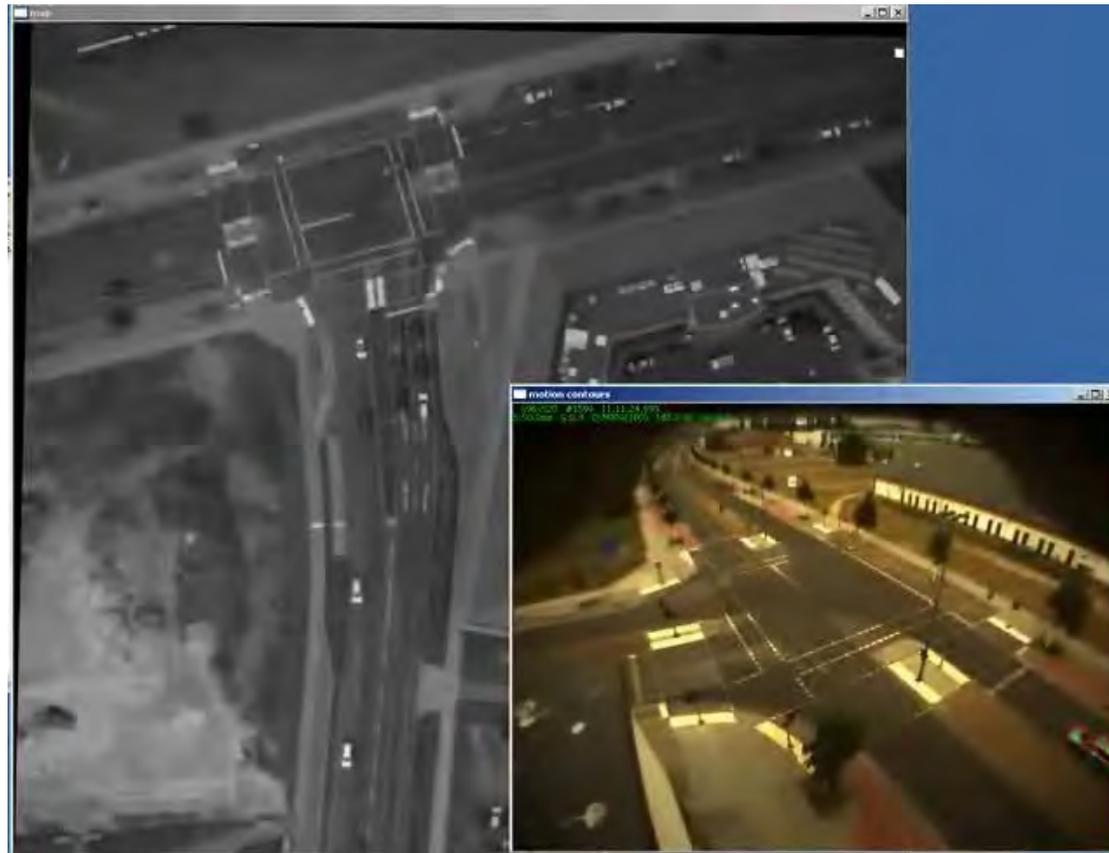


Automatisierte Bestimmung von atypischen Situationen at einem unbeschränkten Bahnübergang in Bienrode (**normale Situationen: grün, atypische Situationen: rot**)



Erfassung von kritischen und atypischen Situationen

Trajektorienklassifikation (kritische Situationen)

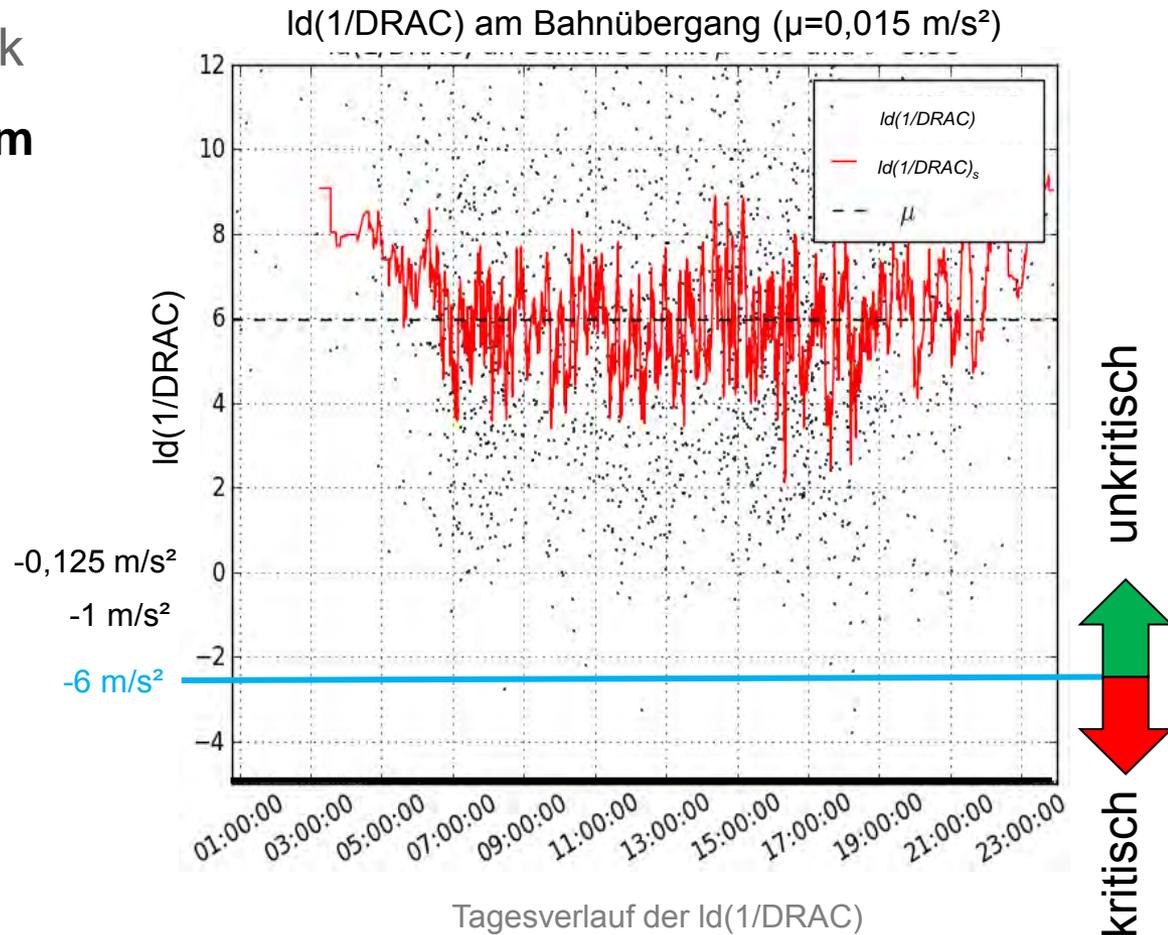


Erfassung von kritischen und atypischen Situationen

Verkehrskonflikttechnik

Kritische Situationen am Bahnübergang

- Keine Unfälle
- Kritische Situationen traten sehr selten auf



Erfassung von kritischen und atypischen Situationen

Verkehrskonflikttechnik

Kritische Situationen vor, auf und hinter dem Bahnübergang

Mean TTC	8m before the LC	On the LC	7m behind the LC
Direction Brunswick	10.6 s	9.8 s	9.2 s
Direction Wenden	8.6 s	6.1 s	7.0 s
Frequency TTC<0,5s	8m before the LC	On the LC	7m behind the LC
Direction Brunswick	42 / day	42 / day	51 / day
Direction Wenden	63 / day	131 / day	99 / day
Mean DRAC	8m before the LC	On the LC	7m behind the LC
Direction Brunswick	0.006 m/s ²	0.010 m/s ²	0.011 m/s ²
Direction Wenden	0.009 m/s ²	0.016 m/s ²	0.016 m/s ²
Frequency DRAC>4m/s ²	8m before the LC	On the LC	7m behind the LC
Direction Brunswick	3 / day	9 / day	14 / day
Direction Wenden	3 / day	4 / day	5 / day

- Kritische Situationen traten insbesondere auf und hinter dem Bahnübergang auf



Erfassung von kritischen und atypischen Situationen

Verkehrskonflikttechnik



Georeferenzierte, farbkodierte kritische Situationen (TTC) am unbeschränkten Bahnübergang in Bienrode (grün: kritisch, rot: besonders kritisch)



Erfassung von kritischen und atypischen Situationen

Korrelationsanalyse

- Finden und Entwicklung von (probabilistischen) Übergangsmodellen, die die Verkehrssicherheit in Abhängigkeit kritischer Situationen und anderer Parameter/Zusammenhänge quantifizieren
- Finden des funktionalen Zusammenhangs zwischen Konflikten und Unfallschwere auf der Grundlage von Unfalldaten (Unfalltypen, -arten) und Konfliktdaten
- Nachweiserbringung der (bedingten) Korrelation zwischen Unfällen und Beinaheunfällen

Vorgeschlagene Verfahren

- Phänomenologische Analyse auf Grundlage von Fahrzeugfolge und entgegenkommenden Fahrzeugen mit Bezug zu Unfällen
- Bayessche Netze (BN)
- Neuronale Netze (NN)
- Korrelationsfunktionen und -koeffizienten



Erfassung von kritischen und atypischen Situationen

Phänomenologische Ansätze

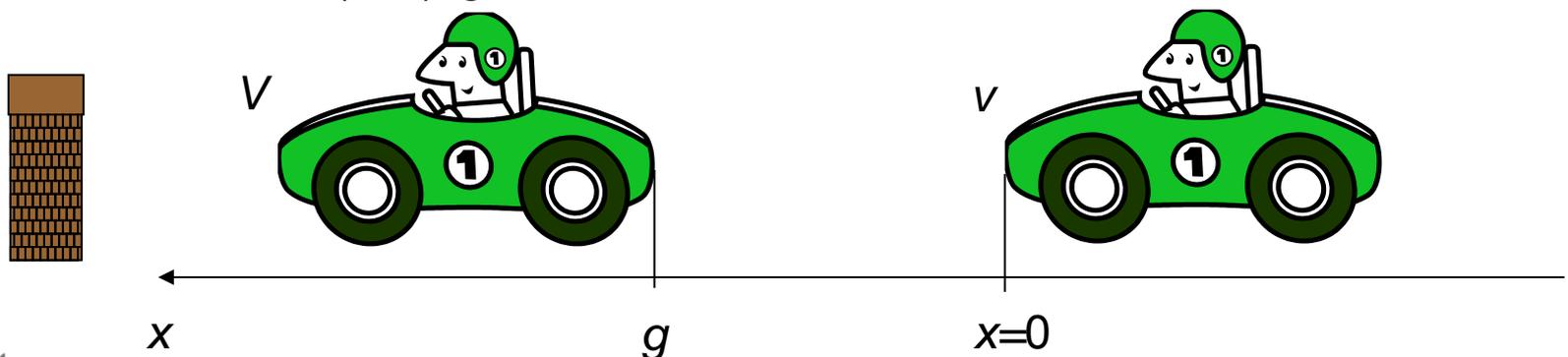
Fahrzeugfolgemodelle

- Betrachte zwei Fahrzeuge, Führungsfahrzeug an Position g mit Geschwindigkeit V und das Folgefahrzeug an Position 0 mit v .
- Berechnung von TTC- und DRAC-Werten:
 - $TTC = -g/(V-v)$
 - $DRAC = 0.5(V-v)^2/g$

TTC<1: you are almost dead

TTC<2: do something immediately

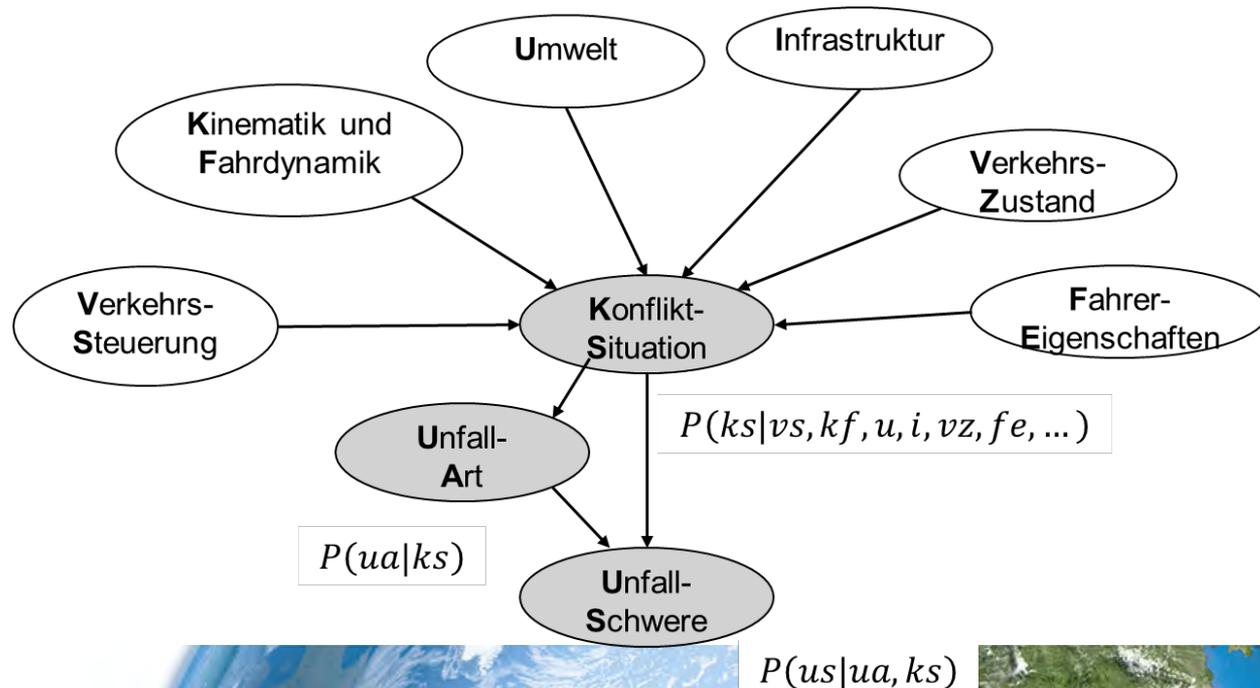
TTC<3: wake up and be prepared



Erfassung von kritischen und atypischen Situationen

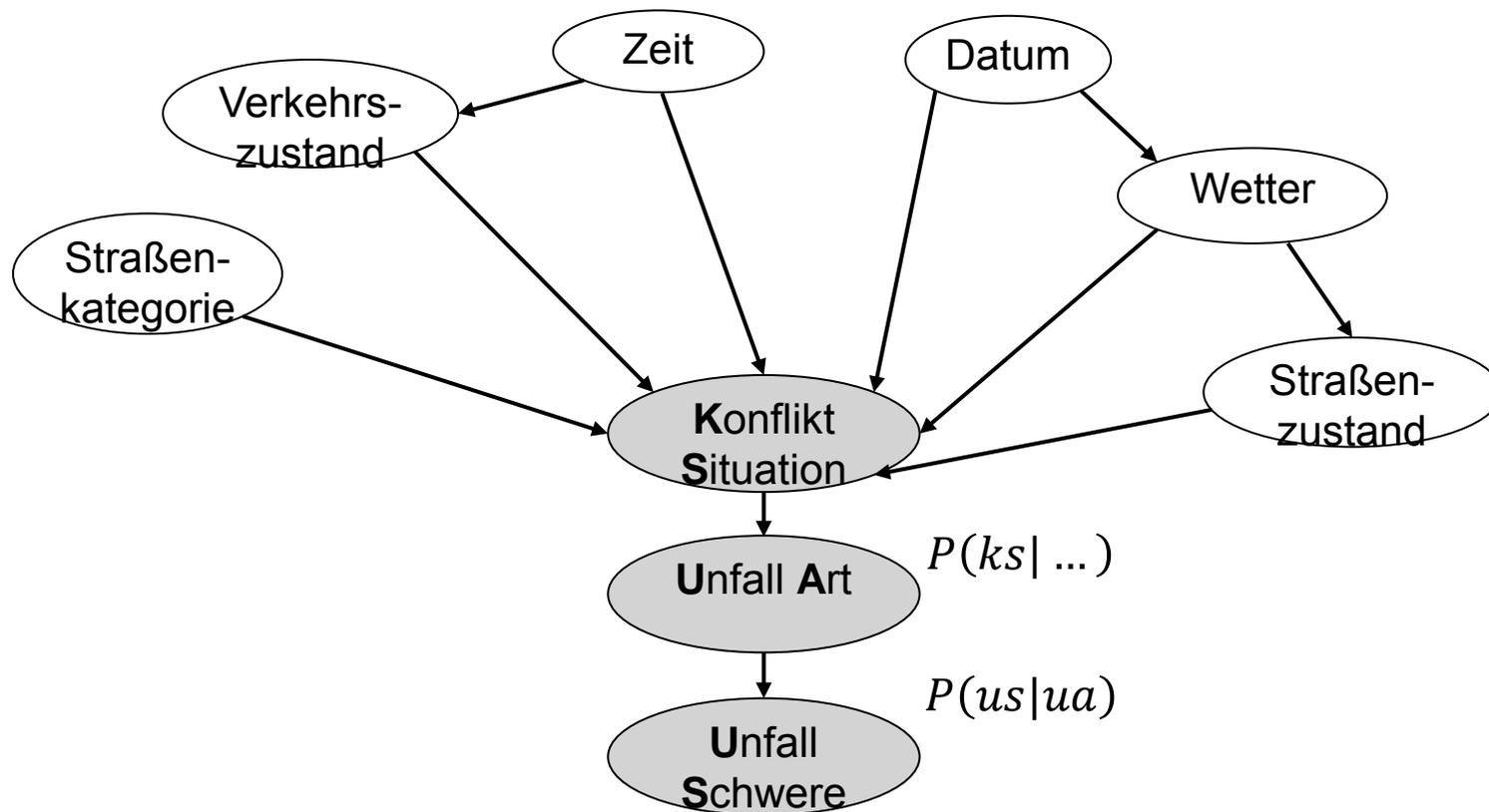
Bayessche Netze zur Korrelationsanalyse

- Ziel: Korrelation von Unfällen mit kritischen Situationen
- Bayessche Netze beschreiben die Unsicherheit kausaler und stochastischer Zusammenhänge mit Hilfe von bedingten Wahrscheinlichkeiten



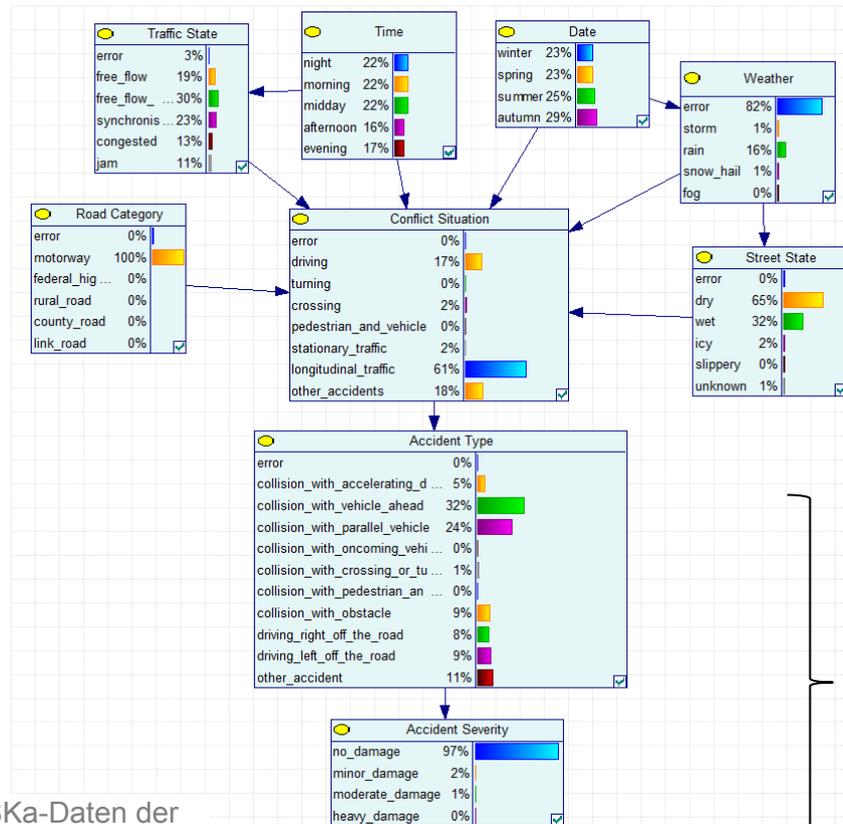
Erfassung von kritischen und atypischen Situationen

Bayessche Netze – angewandt auf Unfalldaten der A2



Erfassung von kritischen und atypischen Situationen

Bayessches Netz zur Korrelationsanalyse am Beispiel der A2



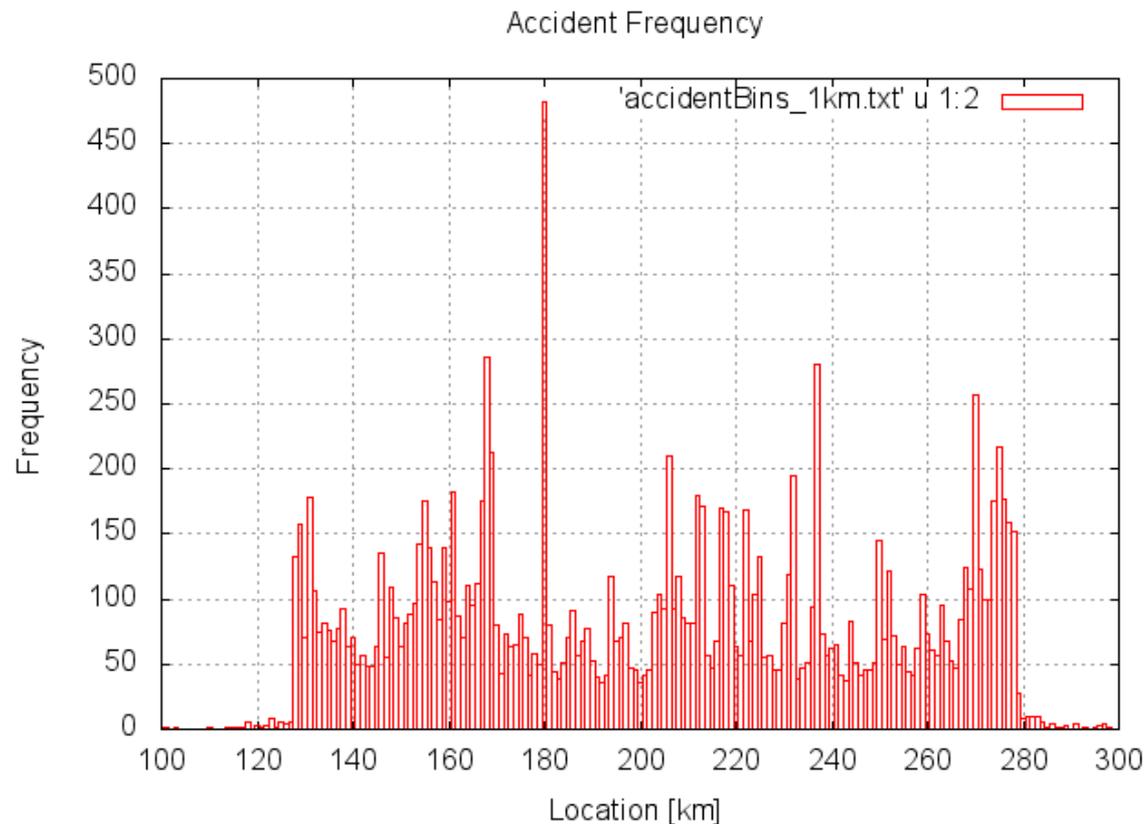
- Auffinden von Übergangswahrscheinlichkeiten für die Korrelation von Unfallart und -schwere
- Und andere funktionale Zusammenhänge

Datenquelle: EUSKa-Daten der A2, 2005-2008



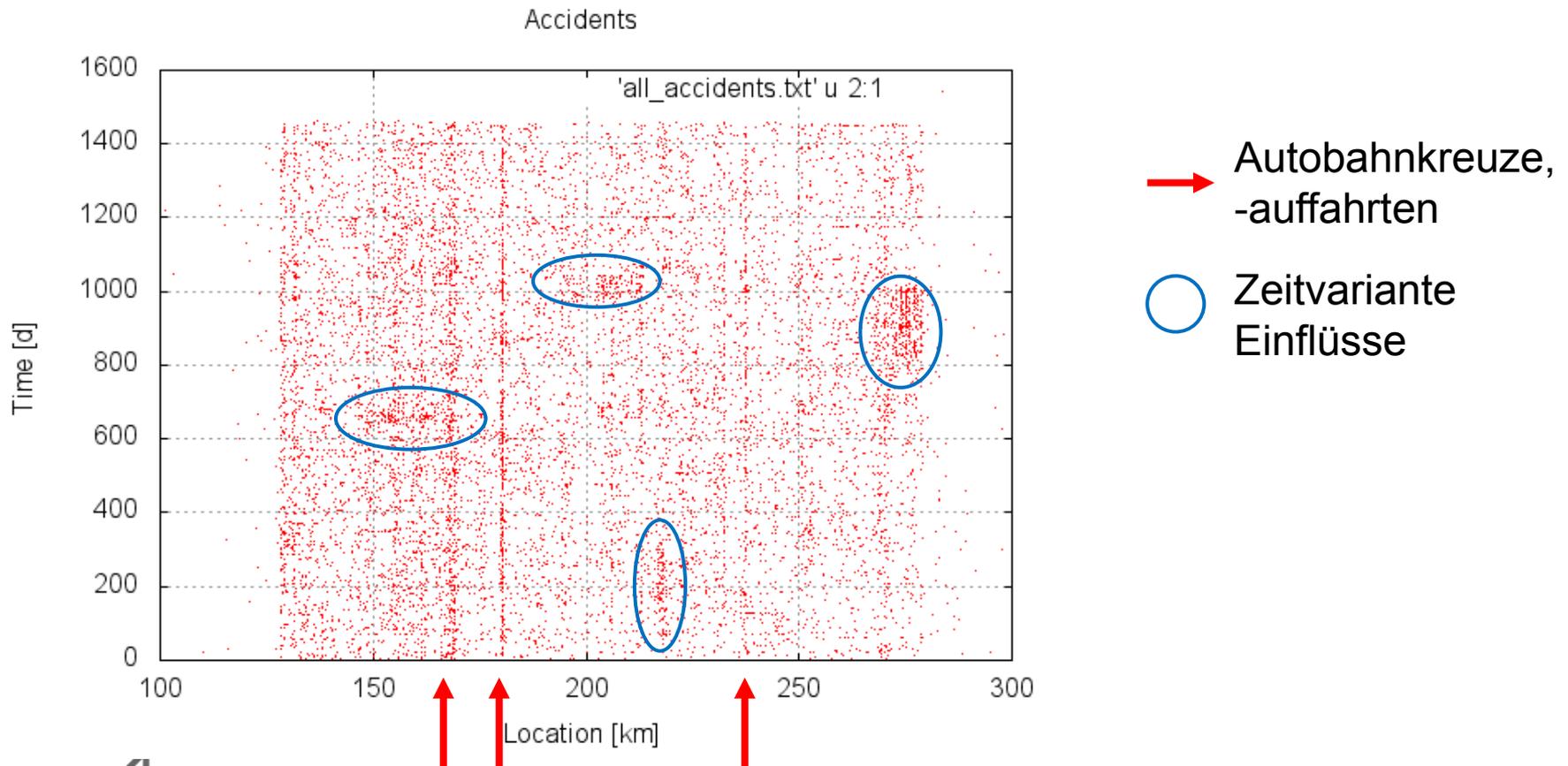
Erfassung von kritischen und atypischen Situationen

Unfälle und ihre lokale und zeitliche Korrelation (2005 → 2008)



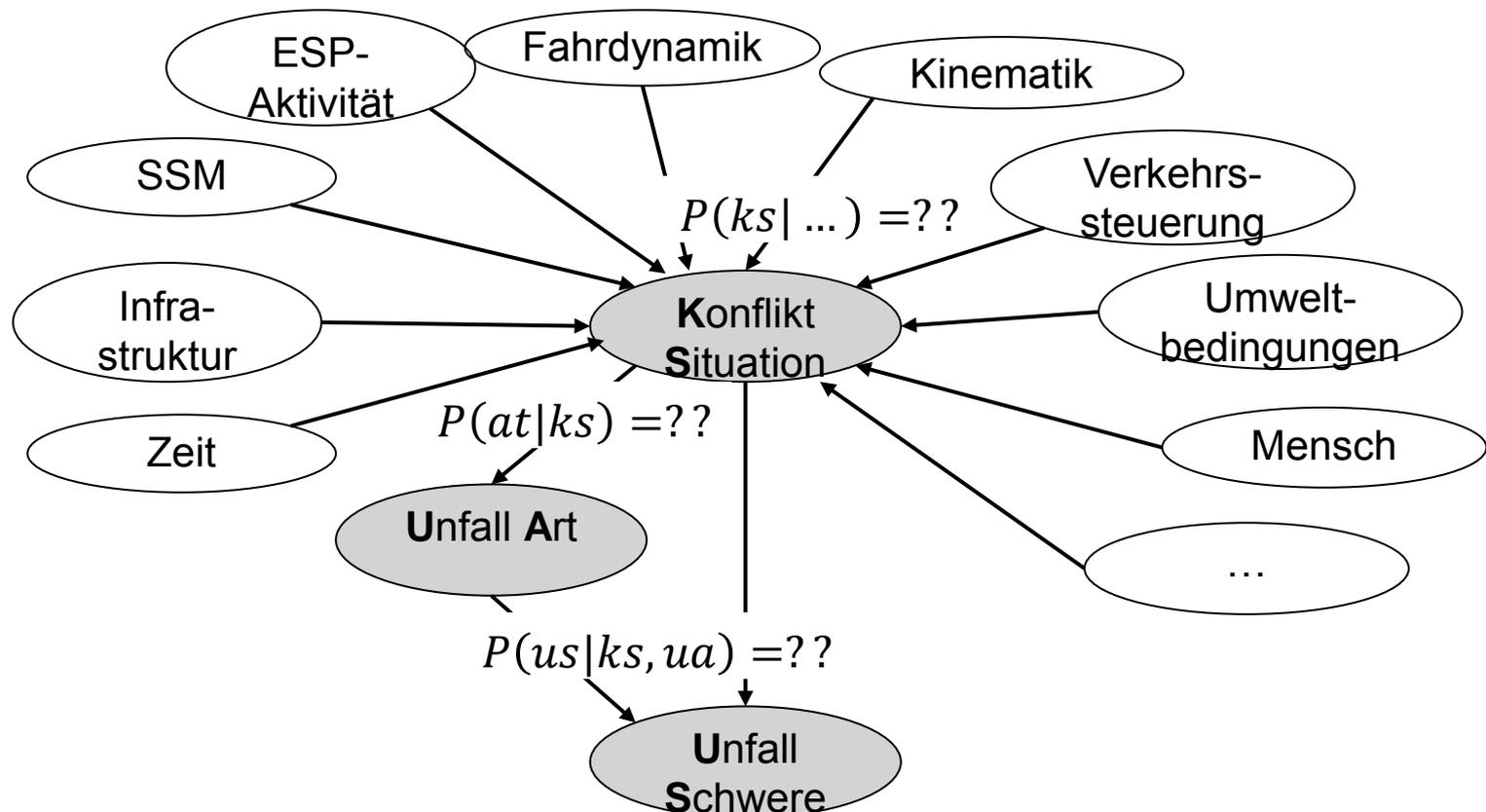
Erfassung von kritischen und atypischen Situationen

Unfälle und ihre lokale und zeitliche Korrelation (2005 → 2008)



Erfassung von kritischen und atypischen Situationen

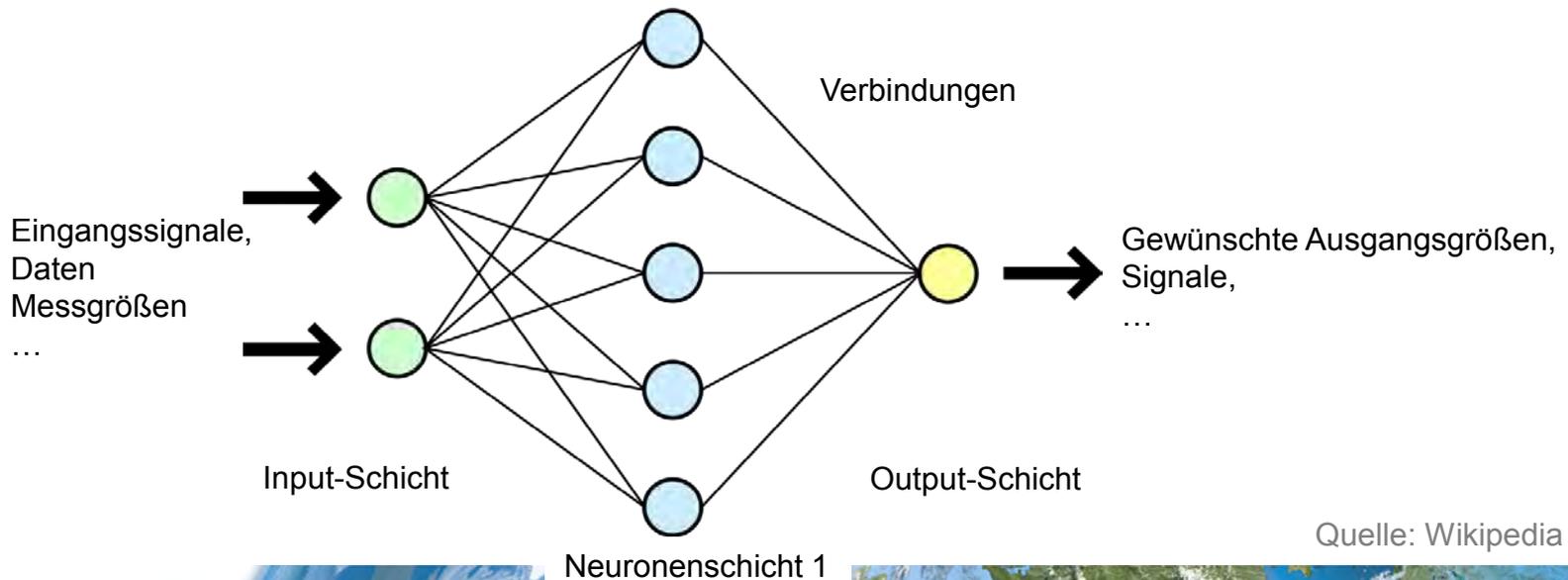
Resultierendes Bayessches Netz zur Korrelationsanalyse



Erfassung von kritischen und atypischen Situationen

Neuronale Netze zur Korrelationsanalyse (und Unfallprognose)

- Ziel: Korrelation von Unfällen mit kritischen Situationen
- Neuronale Netze ermöglichen die Bestimmung von komplexen Zusammenhängen zwischen Kreuzungstopologien, Relationen sowie Unfall- und Konfliktsituationen durch Deep Learning-Mechanismen
- Übertragung auf andere Kreuzungen



Quelle: Wikipedia

Erfassung von kritischen und atypischen Situationen

Messkampagne am Unfallschwerpunkt Moritzplatz, Berlin



Aufstellort und Beobachtungsrichtung des UTRaCar am Moritzplatz



Erfassung von kritischen und atypischen Situationen

Messkampagne am Unfallschwerpunkt Moritzplatz, Berlin



Kamerasicht und Draufsicht aus einem Orthofoto



Erfassung von kritischen und atypischen Situationen

Messkampagne am Unfallschwerpunkt Moritzplatz, Berlin



Beispiel 1



Erfassung von kritischen und atypischen Situationen

Vorher-/Nachhersituation am Moritzplatz



Vorher

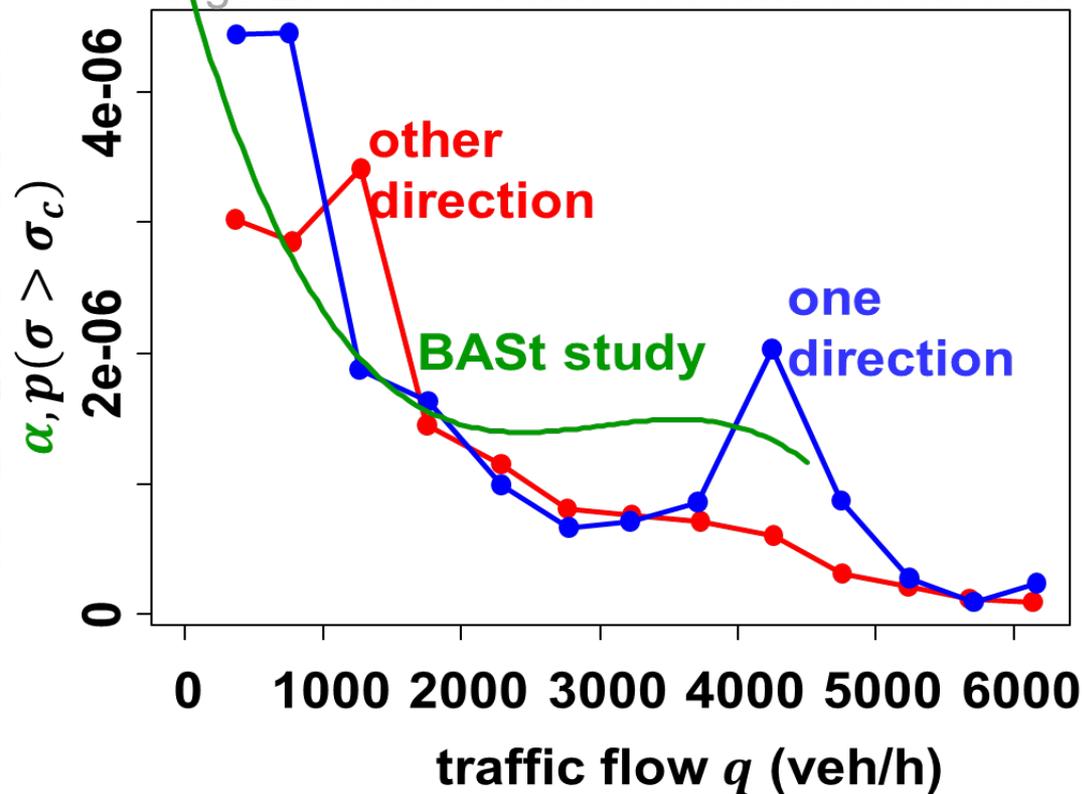


Nachher



Erfassung von kritischen und atypischen Situationen

Zusammenhänge zwischen Verkehrsstärke und kritischen Situationen

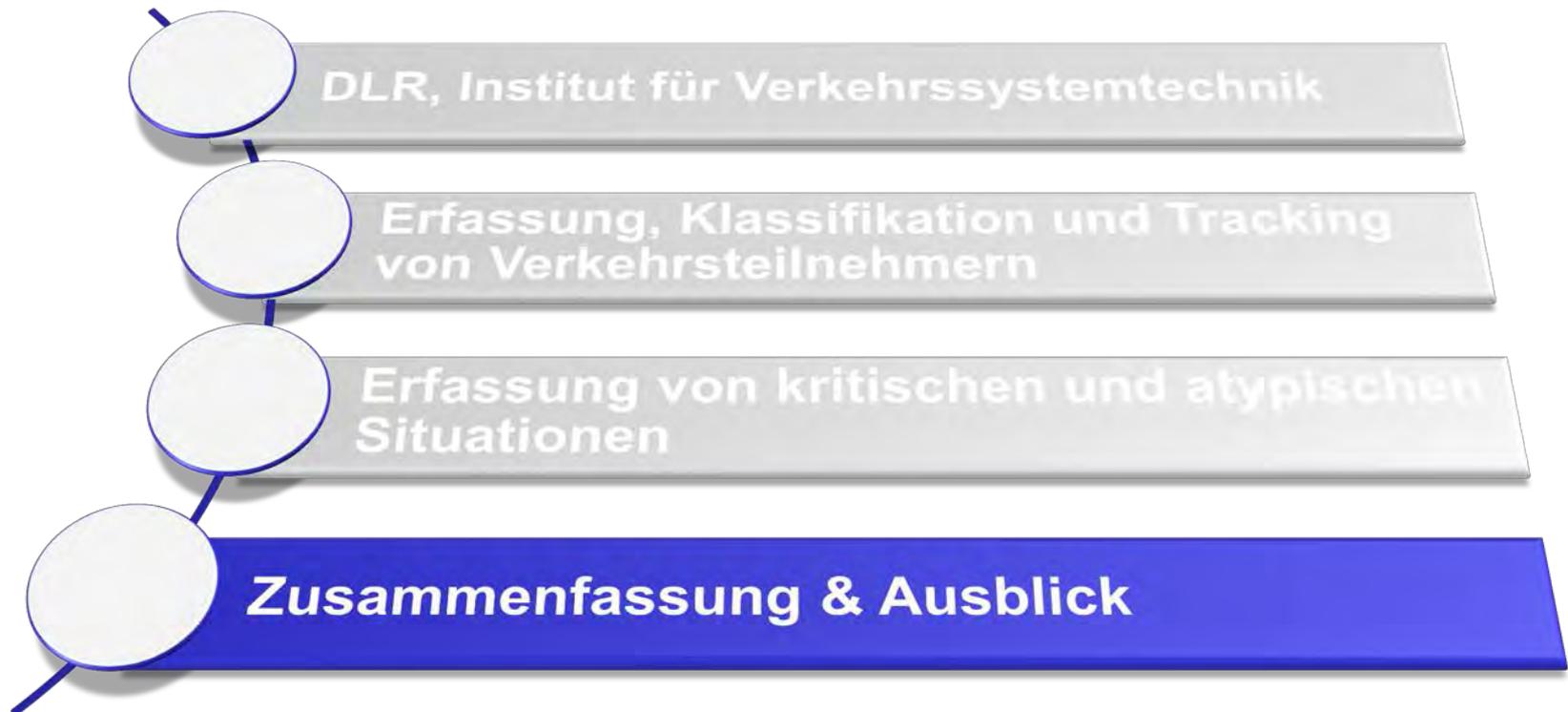


L. Bieker, R. Biemann, R. Hoffmann, M. Junghans, T. Toledo, P. Wagner (2014), Traffic safety versus traffic flow on freeways – an empirical analysis. In 27th ICTCT Workshop in Karlsruhe, on 16.-17 Oct. 2014

→ Ähnlichkeiten zwischen $p(\sigma > \sigma_c)/q$ und Unfallraten für $\sigma = \text{DRAC}$



Inhalt



Zusammenfassung & Ausblick

Schlussfolgerung

- Es gibt Indizien für eine Korrelation von kritischen Situationen mit bestimmten Unfalltypen
- Es erscheint sinnvoll, die gegenwärtigen Methoden zur Messung und Bewertung von Verkehrssicherheit zu erweitern, obwohl deren Wirkung derzeit absehbar ist
- Sinnvolle Möglichkeiten zur Berechnung von Verkehrskonfliktarten ergeben sich durch die Verknüpfung moderner Technologien mit leistungsfähigen Verfahren (z.B. SSI der VKT, BN, NN, Häufungen von starken/maximalen Bremsverzögerungen, Simulation, Korrelation)
 - Spatiotemporale Sensorik (e.g. Video, Laser, Radar)
 - Unfalldaten und Daten von kritischen Situationen
 - Verkehrsdaten, Fahrzeugdaten (Kinematik, Fahrdynamik), ...
 - Faktor Mensch, u.v.a.m.

Ausblick

- Anwendung von geeigneten Methoden zum Nachweis der (bedingten) Korrelation zwischen Unfällen und kritischen Situationen



Zusammenfassung & Ausblick

Chancen

- Verbesserung der Verkehrssicherheitsforschung und -arbeit
- Verbesserung der Verkehrssicherheit, so dass die Anzahl der durch Mängel in der Infrastruktur, Verkehrsbeeinflussung, umweltbedingten Faktoren tödlich Verunglückten und Schwerverletzten weiter deutlich sinkt
- Neuartige angewandte und getestete Methoden
- Differenzierung zwischen ungefährlichen Unfällen aber gefährlichen Konflikten

Grenzen

- Wir wissen nicht, ob das Ganze zielführend ist
- Wir werden wahrscheinlich nicht die Situation mit 0 Toten und Schwerverletzten (auch nicht bei Automation!) erreichen, da Unfälle immer noch stochastisch auftreten können



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)
Institut für Verkehrssystemtechnik

Marek Junghans
Rutherfordstraße 2
12489 Berlin, Germany

Tel: +49 30 67055 – 214

Fax: +49 30 67055 – 291

E-Mail: marek.junghans@dlr.de

