



# Aufbau von kooperativer Assistenz im EU-Projekt XCYCLE – Ziele und Stand der Aktivitäten

Dipl.-Ing. Sascha Knake-Langhorst,  
DLR-TS



# Inhalt

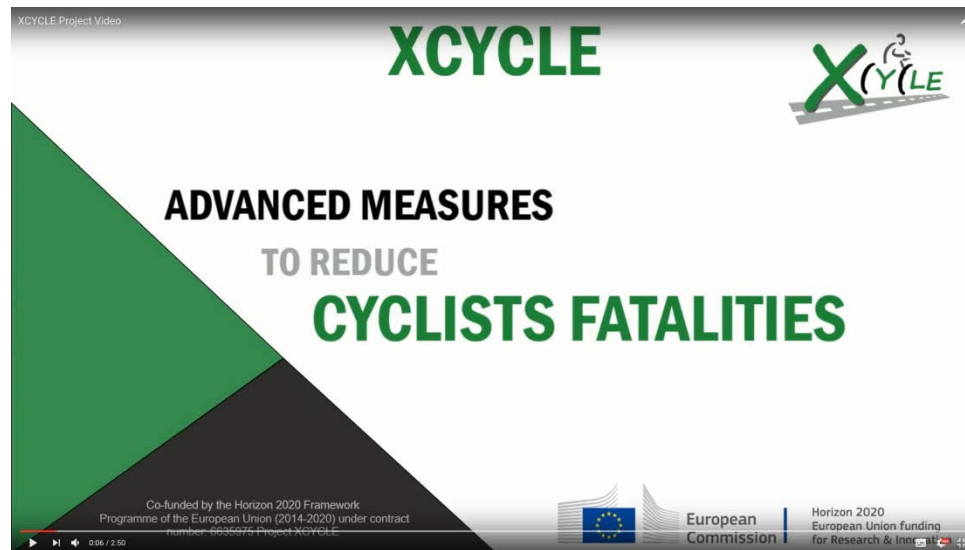
- Themeneinführung
- Allgemeiner Projektrahmen
- Rechtsabbiegen als zentraler Use Case
- Nutzung und Anpassung des AIM-Testfelds im Projekt
  - AIM Forschungskreuzung
  - AIM Referenzstrecke
- Infrastrukturelle Situations- und Risikoanalyse
- Aufbau kooperativer Systemstrukturen
- Zusammenfassung und Ausblick



HORIZON 2020

The EU Framework Programme for Research and Innovation

# Einführung



<https://www.youtube.com/watch?v=MADhP5jBuOs>



# XCYCLE – Allgemeiner Rahmen (1)

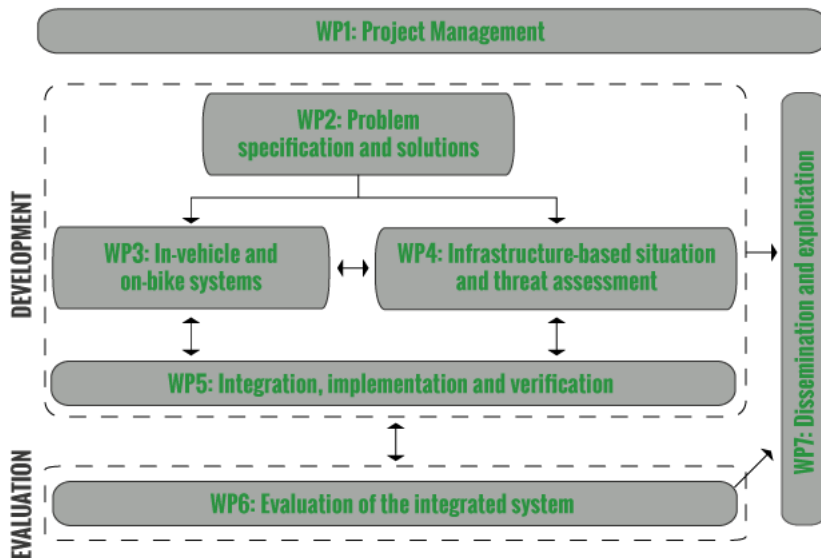
- Förderprogramm: EU Horizon2020
- Topic: MG-3.4-2014  
Traffic safety analysis and integrated approach towards the safety of Vulnerable Road Users
- Laufzeit: 06/2015 – 12/2018 (42 Monate)
- Konsortium
  - Universität Bologna (IT)
  - Universität Leeds (UK)
  - Volvo GTT (Group Trucks Technology) (SE)
  - DLR-TS (DE)
  - Universität Groningen (NL)
  - VTI (SE)
  - Dynniq (ehemals Imtech) (NL)
  - KITE Solutions (IT)
  - Jenoptik Robot (DE)





# XCYLE – Allgemeiner Rahmen (2)

- Kernaspekte (gem. Antrag)
  - Assessing both **technology** performance and **human behaviour**
  - Investigating **acceptance** of technological measures, cost and willingness to pay
  - Developing effective strategies to **reduce false alerts and cognitive load** on an in-vehicle driver/cyclist enabling a faster response in **potentially critical situations**
  - Ensuring **stable and reliable communications** between the different actors involved, especially with respect to the suggested incident avoidance manoeuvres

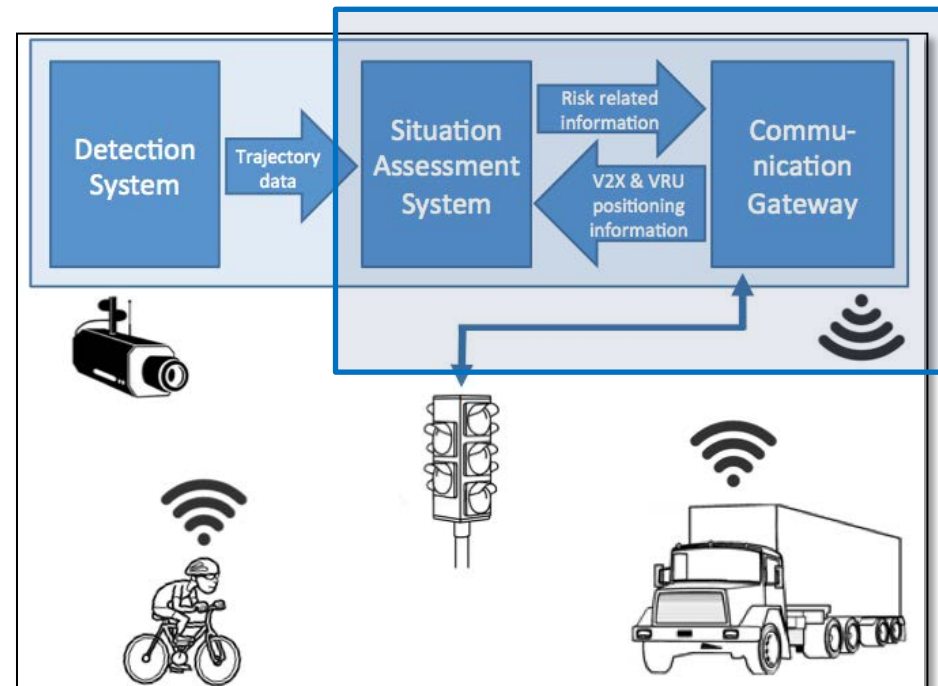


	Year 1												Year 2												Year 3												Year 4											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>WP1 Project Management</b>	[WP1]												[WP1]												[WP1]												[WP1]											
T1.1 Communication Management	[WP1]												[WP1]												[WP1]												[WP1]											
T1.2 Organisation of Kick-off and Periodical Meetings	[WP1]												[WP1]												[WP1]												[WP1]											
T1.3 Monitoring of Project Activities and Reporting	[WP1]												[WP1]												[WP1]												[WP1]											
T1.4 Legal and Contractual Management	[WP1]												[WP1]												[WP1]												[WP1]											
T1.5 Personnel and Administrative Management	[WP1]												[WP1]												[WP1]												[WP1]											
T1.6 Risk Assessment and Management	[WP1]												[WP1]												[WP1]												[WP1]											
<b>WP2 Problem specification and solutions</b>	[WP2]												[WP2]												[WP2]												[WP2]											
T2.1 Analysis of data regarding types of accidents between bicycles and motorised vehicles	[WP2]												[WP2]												[WP2]												[WP2]											
T2.2 Available on-site warning systems' effectiveness and limitations	[WP2]												[WP2]												[WP2]												[WP2]											
T2.3 Available in-vehicle warning systems' effectiveness and limitations	[WP2]												[WP2]												[WP2]												[WP2]											
T2.4 Potential new technological solutions	[WP2]												[WP2]												[WP2]												[WP2]											
<b>WP3 In-Vehicle and On-Bike Systems</b>	[WP3]												[WP3]												[WP3]												[WP3]											
T3.1 In-vehicle-based systems Detection	[WP3]												[WP3]												[WP3]												[WP3]											
T3.2 Situation and threat risk assessment	[WP3]												[WP3]												[WP3]												[WP3]											
T3.3 HMI and actuation	[WP3]												[WP3]												[WP3]												[WP3]											
T3.4 On-bike technology	[WP3]												[WP3]												[WP3]												[WP3]											
<b>WP4 Infrastructure-based situation and threat assessment</b>	[WP4]												[WP4]												[WP4]												[WP4]											
T4.1 Design and construction of an infrastructure-based multi-sensor vehicle/VU detection system	[WP4]												[WP4]												[WP4]												[WP4]											
T4.2 Design and construction of a situation and risk threat assessment	[WP4]												[WP4]												[WP4]												[WP4]											
T4.3 Design of traffic control algorithms for threat mitigation and risk	[WP4]												[WP4]												[WP4]												[WP4]											
T4.4 Evaluation of user behaviour in reaction to the control algorithms	[WP4]												[WP4]												[WP4]												[WP4]											
<b>WP5 Integration, implementation and verification</b>	[WP5]												[WP5]												[WP5]												[WP5]											
T5.1 Composition of development system and verification of interfaces	[WP5]												[WP5]												[WP5]												[WP5]											
T5.2 Integration of in-vehicle and on-bike demonstrators	[WP5]												[WP5]												[WP5]												[WP5]											
T5.3 Integration and implementation of infrastructure-based demonstrators	[WP5]												[WP5]												[WP5]												[WP5]											
T5.4 Verification	[WP5]												[WP5]												[WP5]												[WP5]											
<b>WP6 Evaluation of the integrated system</b>	[WP6]												[WP6]												[WP6]												[WP6]											
T6.1 Development of an evaluation plan	[WP6]												[WP6]												[WP6]												[WP6]											
T6.2 Willingness to pay of users	[WP6]												[WP6]												[WP6]												[WP6]											
T6.3 Evaluation of the effects of the XCYLE-system	[WP6]												[WP6]												[WP6]												[WP6]											
T6.4 Conclusions/Analysis	[WP6]												[WP6]												[WP6]												[WP6]											
<b>WP7 Dissemination and Exploitation</b>	[WP7]												[WP7]												[WP7]												[WP7]											
T7.1 Creation and maintenance of the project website	[WP7]												[WP7]												[WP7]												[WP7]											
T7.2 Communication materials	[WP7]												[WP7]												[WP7]												[WP7]											
T7.3 Dissemination	[WP7]												[WP7]												[WP7]												[WP7]											
T7.4 Exploitation	[WP7]												[WP7]												[WP7]												[WP7]											

# XCYLE – Allgemeiner Rahmen (3)

- Projektziele
  - Erhöhung der Sicherheit von VRU's\* in Interaktion mit motorisiertem Verkehr im urbanen Raum
- Maßgeblicher Use Case
  - Konflikte zwischen abbiegendem (Schwerlast-)Verkehr mit bevorrechtigten Radfahrern
- Aufbau von technischen Bausteinen für kooperative Fahrerassistenz
  - Vernetzter LKW (Volvo, Leeds)
  - Fahrradassistenz (UNIBO)
  - Intelligente Infrastruktur (DLR, JeRo)

\*) VRU: Vulnerable Road User



→ Einbindung von AIM als Testfeld

# Zentraler Use Case: Rechtsabbieger

- GDV e. V. (2013): „Unfälle zwischen Kfz und Radfahrern beim Abbiegen“, (Unfallforschung kompakt No. 37). Berlin.
- Ergebnisse
  - Besonders gefährlich: Konflikte zwischen abbiegenden Kraftfahrzeugen und geradeausfahrenden Radfahrern
  - Unfallart wird **fast ausschließlich vom Autofahrer verursacht** und endet in 80 Prozent der Fälle mit Verletzten
  - Unfallauffällig waren an Lichtsignalanlagen vor allem **abgesetzte Radwege**, (zwischen zwei und vier Meter von der Straße entfernt).
  - **Häufigster Grund: Perzeptionsprobleme** beim motorisierten Verkehrsteilnehmer (u.a. fehlender Schulterblick, Übersehen, Sichthindernisse)
- Abgeleiteter Maßnahmenkatalog umfasst u.a.
  - Weiterentwicklung der Abbiegeassistenten bei Kraftfahrzeugen zur Aufmerksamkeitserhöhung
  - Radfahrerdetektion (Problem: Näherung von hinten mit hohen Geschwindigkeiten bei oft gleichzeitig eher geringer Abbiegegeschwindigkeit des Kfz)

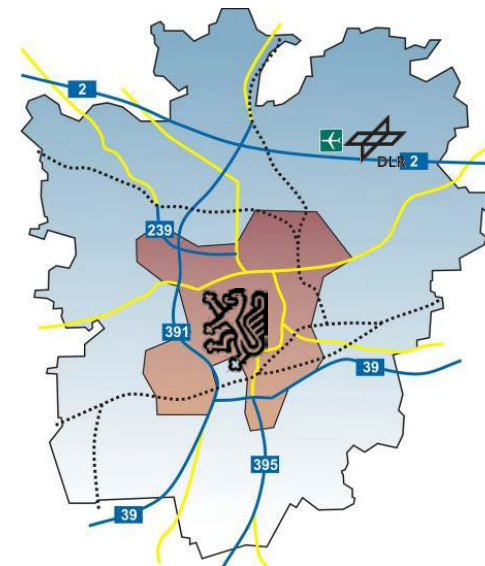


Quelle: udv.de

# Anwendungsplattform intel. Mobilität (AIM)

Als Plattform für anwendungsorientierte Wissenschaft, Forschung und Entwicklung in der Dimension einer Stadt bietet AIM eine große Bandbreite an Technologiebausteinen:

- Sensorische Erfassung der Realität des städtischen Verkehrsumfelds
- Anwendung von Simulationen zur Ableitung tragfähiger Erkenntnisse für den realen Verkehrsablauf
  - großräumige (makroskopische) Aspekte
  - kleinräumige (mikroskopische) Aspekte
- Gezielte Beeinflussung des Verkehrsgeschehens
  - Datenübertragung zwischen Infrastruktur und Verkehrsteilnehmern
  - Einbettung in vorhandene Teilsysteme des städtischen Verkehrsmanagements



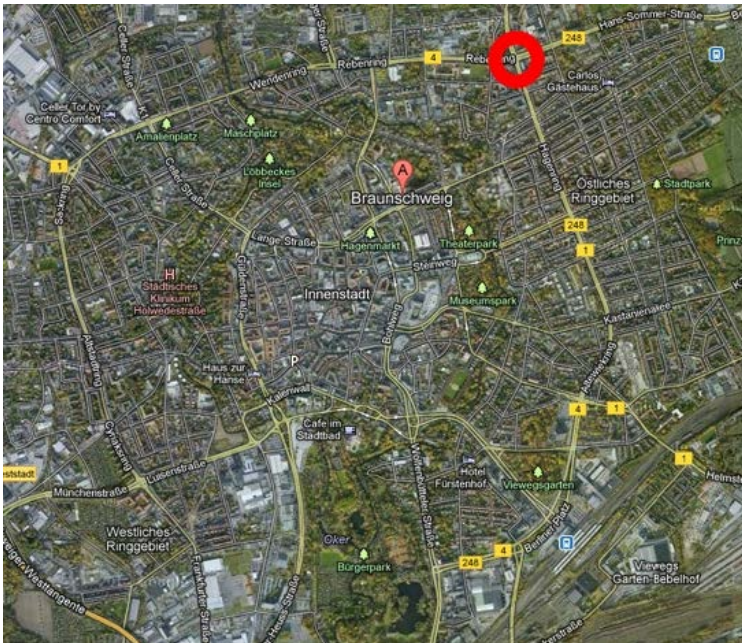
## Legende

-  Stadtzentrum
-  Peripherie
-  Autobahn
-  Bundesstraße
-  Eisenbahn



# AIM Forschungskreuzung

Kreuzung K047 (nordöstliche Ecke des Wilheminschen Rings in BS)  
 → Ecke Hagenring / Rebenring



Quelle: Google



Quelle: Google



# Anwendungen und Kernanforderungen

- AIM FoKr als Messinstrument für verkehrliche Prozesse
  - (Langfrist-)erhebungen natürlichen Fahrverhaltens
    - Wie funktioniert – insb. urbaner – Verkehr?
    - Was sind relevante Mechanismen und Wirkgrößen?
    - Welche Prozesse und Wechselwirkungen finden statt?
- ➔ Erfassung des Verkehrsgeschehens auf mikroskopischer Ebene
- ➔ Hohe Betriebsbereitschaft unabhängig von Zeitpunkt und Witterung (24/7-Betrieb)
- AIM FoKr als Baustein für kooperative Fahrerassistenz und Automation
  - Nutzung für infrastrukturell gestützte Situationserfassung
  - Weitergabe und Austausch der verkehrlichen Informationen über V2X
- ➔ Echtzeitfähige Detektion
- ➔ Echtzeitfähige automatische Situationserfassung und –interpretation



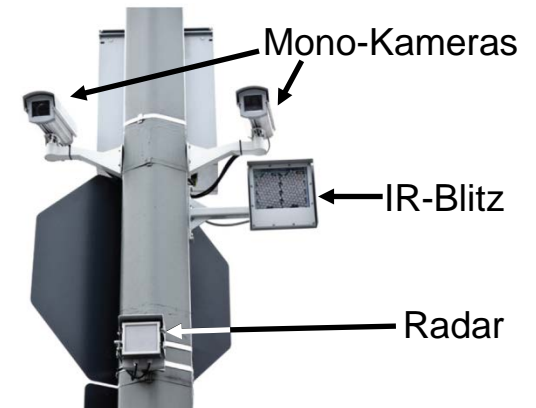
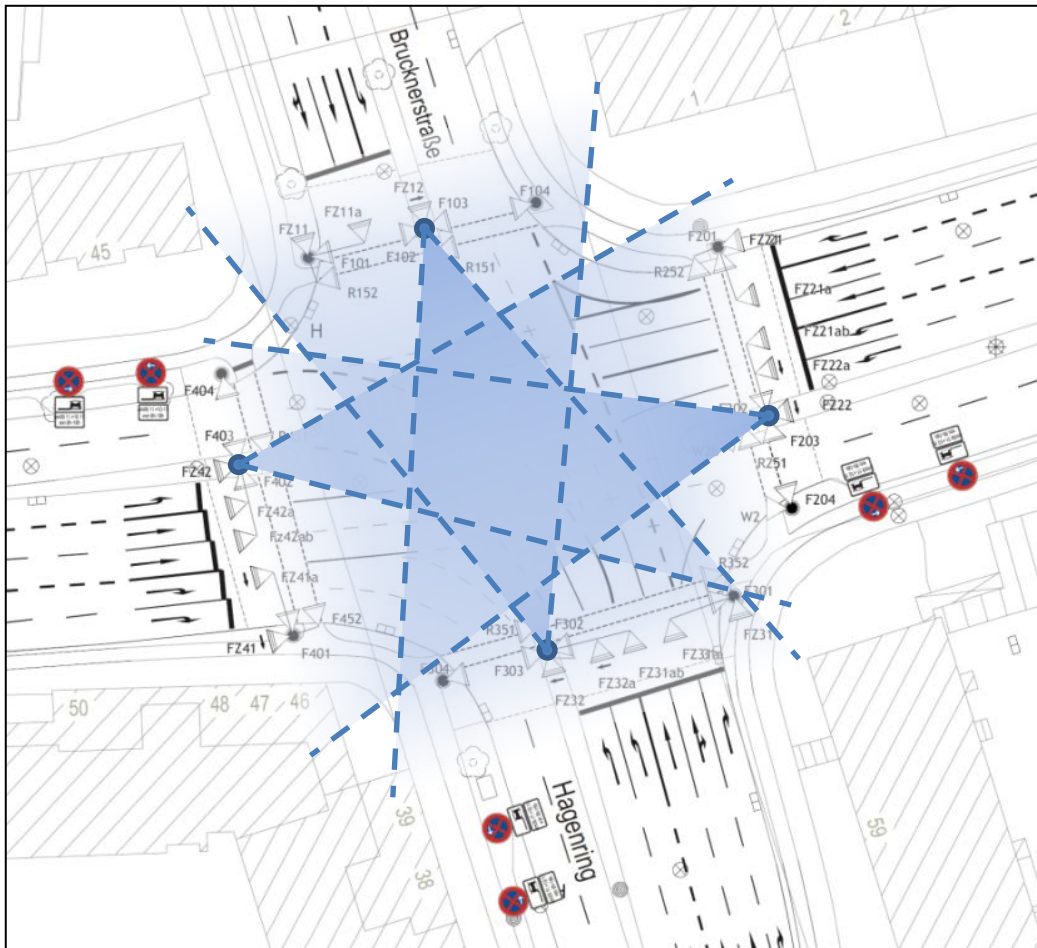
Quelle: wikipedia.de

# Sensorischer Aufbau des Bestandssystems

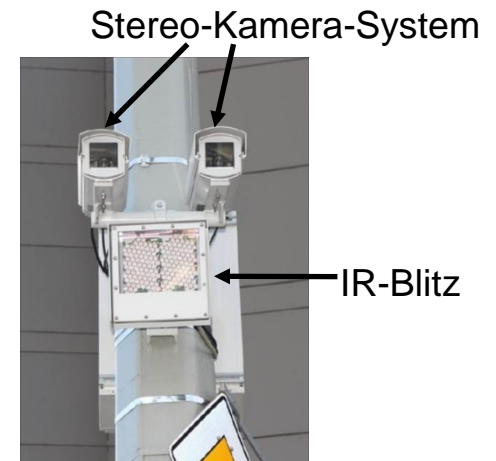




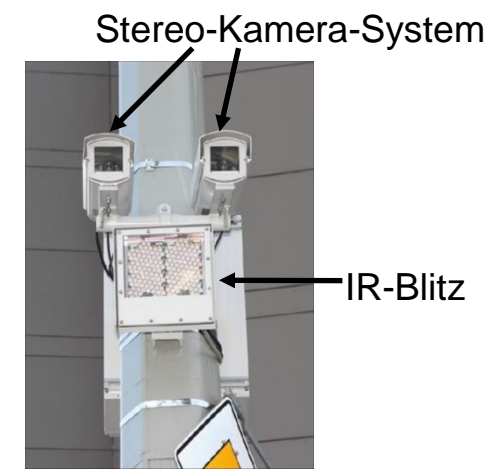
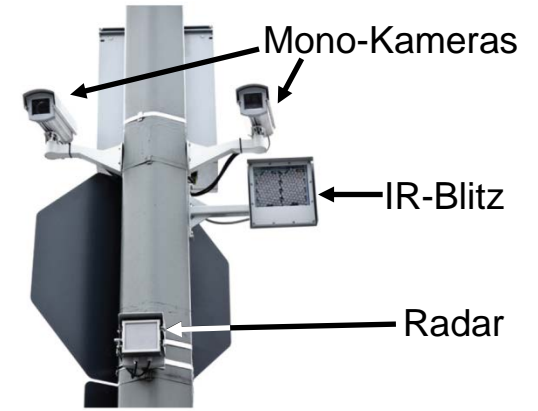
# Sensorischer Aufbau des Bestandssystems



# Sensorischer Aufbau des Bestandssystems



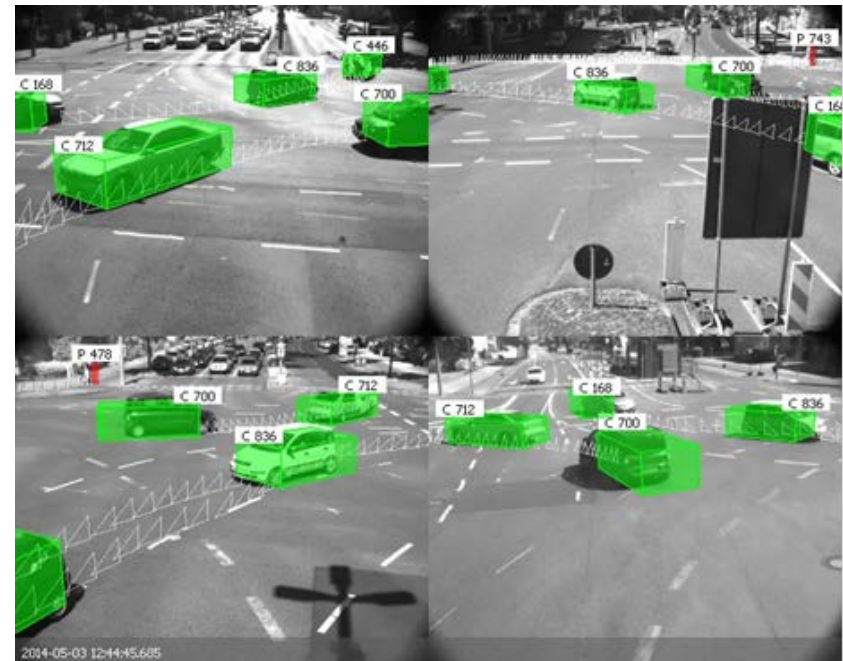
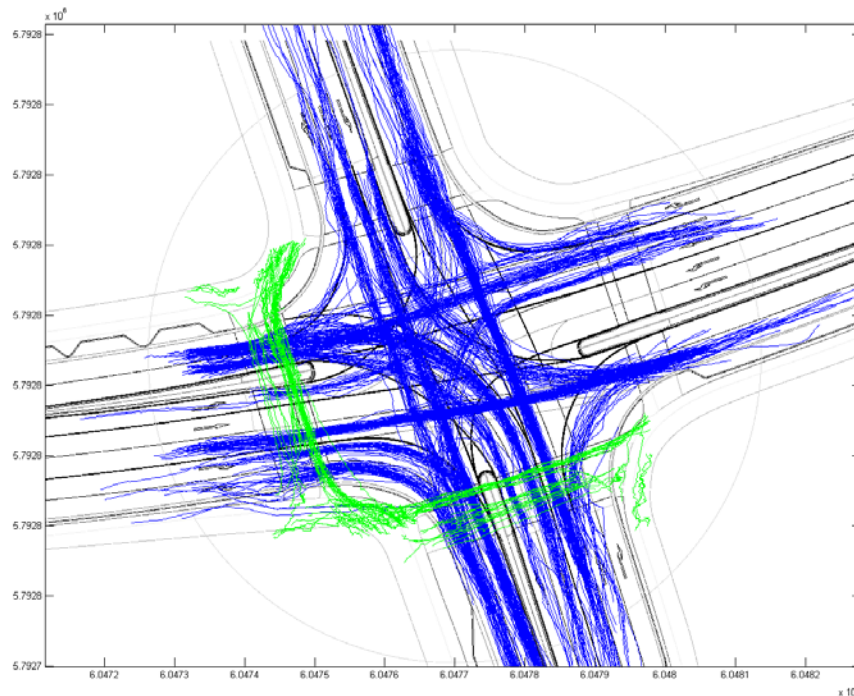
# Sensorischer Aufbau des Bestandssystems





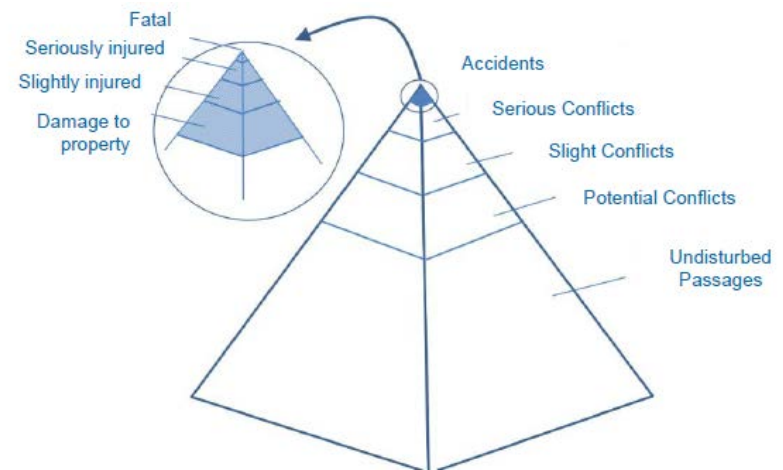
# Ergebnisdaten Trajektorien und Videodaten

- Trajektorien mit 25Hz Datenrate
- Zustandsdaten umfassen neben dem Zeitstempel:  
Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Abmessungen, Klassifikation (5+1)



# Untersuchung kritischer Situationen (1)

- Urbane Kreuzungen bilden häufig Unfallschwerpunkte
- Systematische Untersuchung von kritischen Situationen und Beinaheunfällen
- Trajektorien- und Daten der Forschungskreuzung als Datengrundlage für diese Untersuchungen
  
- Ansatz
  - Auswahl und Definition von Zielsituationen
  - Automatisierte Erfassung sicherheitskritischer Situationen
  - Analyse dieser Situationen

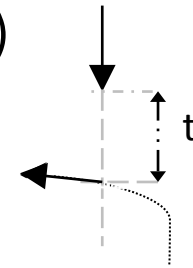


nach Hydén 1987

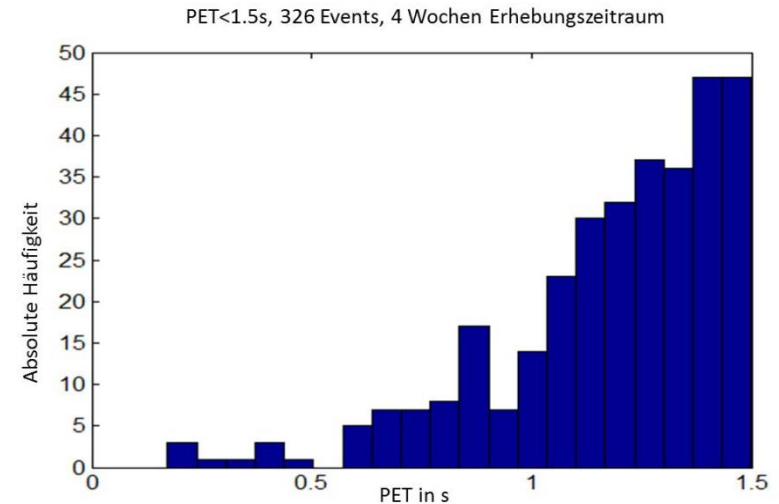
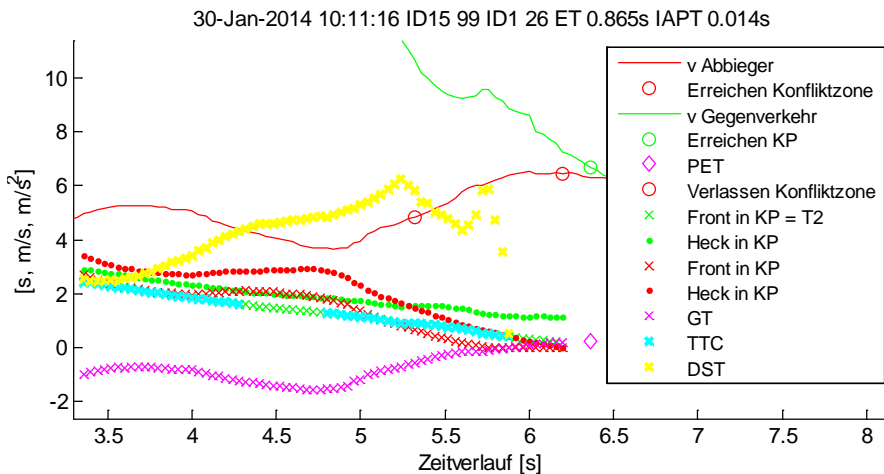


# Untersuchung kritischer Situationen (2)

- Analyse der Trajektoriendaten durch Ermittlung von Metriken (Surrogate Safety Measures, z.B. TTC oder PET)
  - Analyse der Trajektoriendaten erfolgt...
    - online oder offline
    - in Form von Einzelfallanalysen oder in aggregierter Form
- ...je nach vorliegender Fragestellung

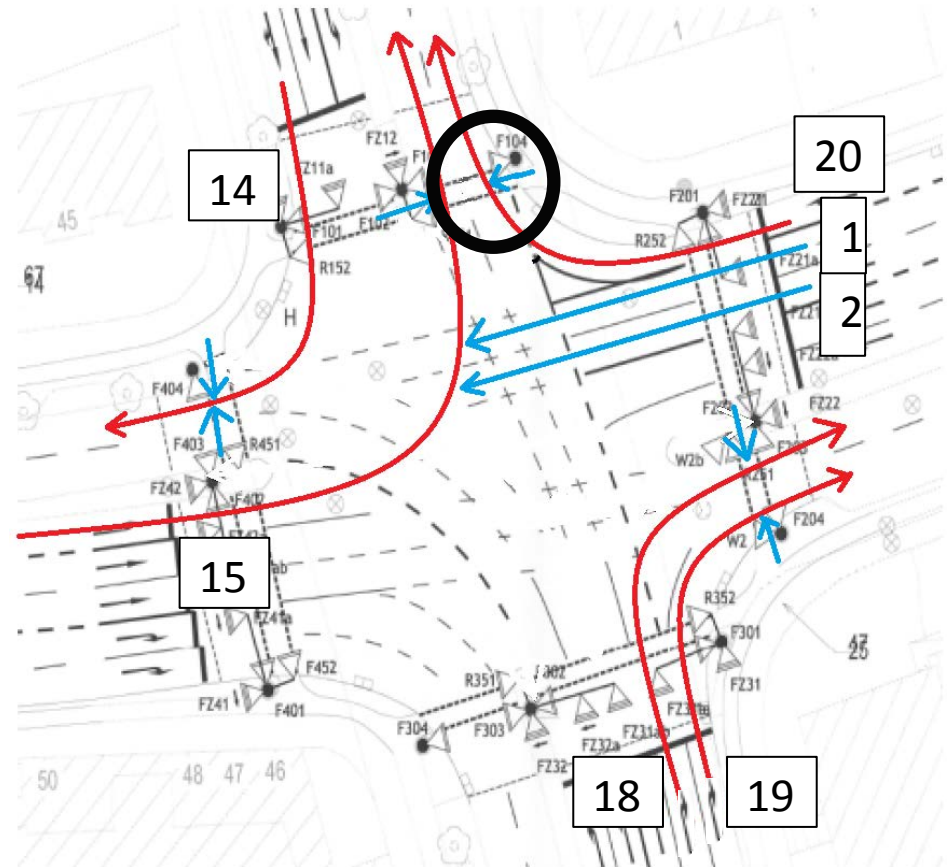


Post Encroachment Time (PET)



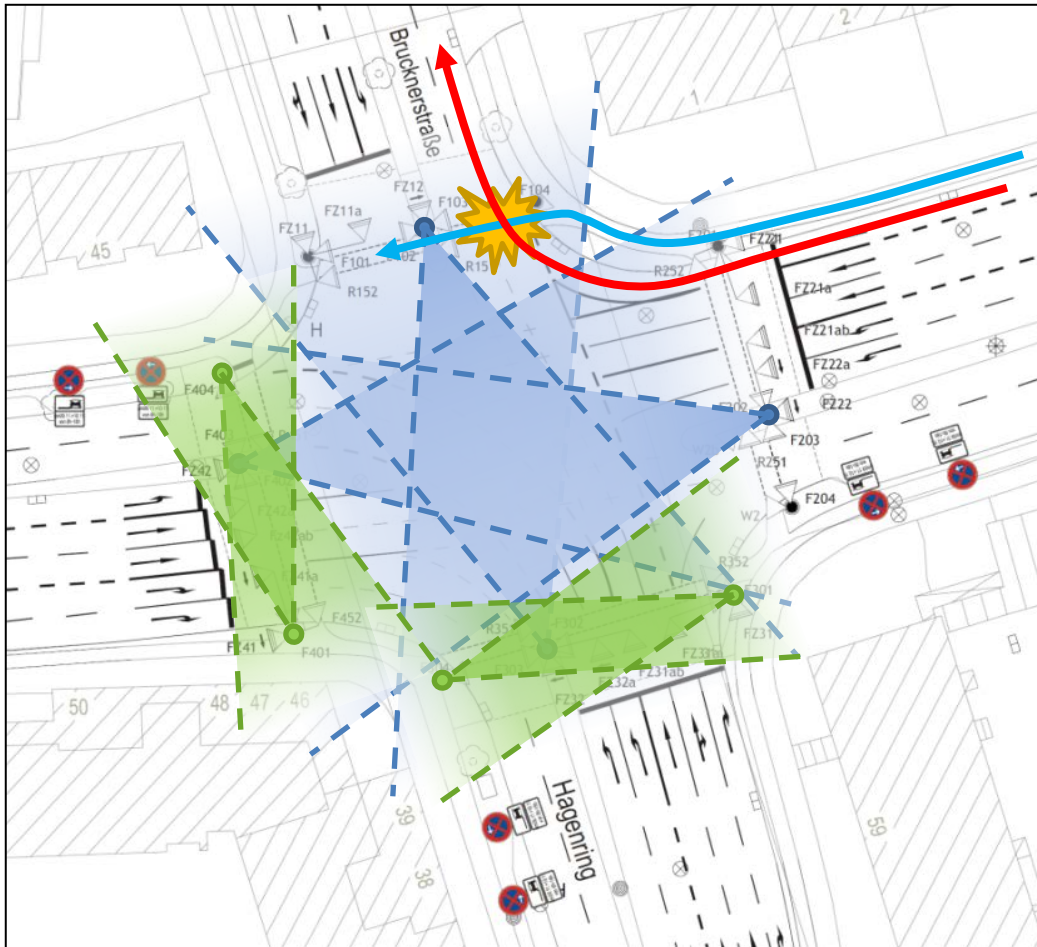
# Potentielle Konfliktzonen

- Identifikation kreuzender Verkehrsströme als potentielle Konfliktzonen
- Linksabbieger auf Fahrstreifen 15
  - Schnitt zweier motorisierter Verkehrsströme
  - Beachtung von Fußgängern und Radfahrern
- Rechtsabbieger auf Fahrstreifen 14, 18, 19 & 20
  - Beachtung von Fußgängern und Radfahrern



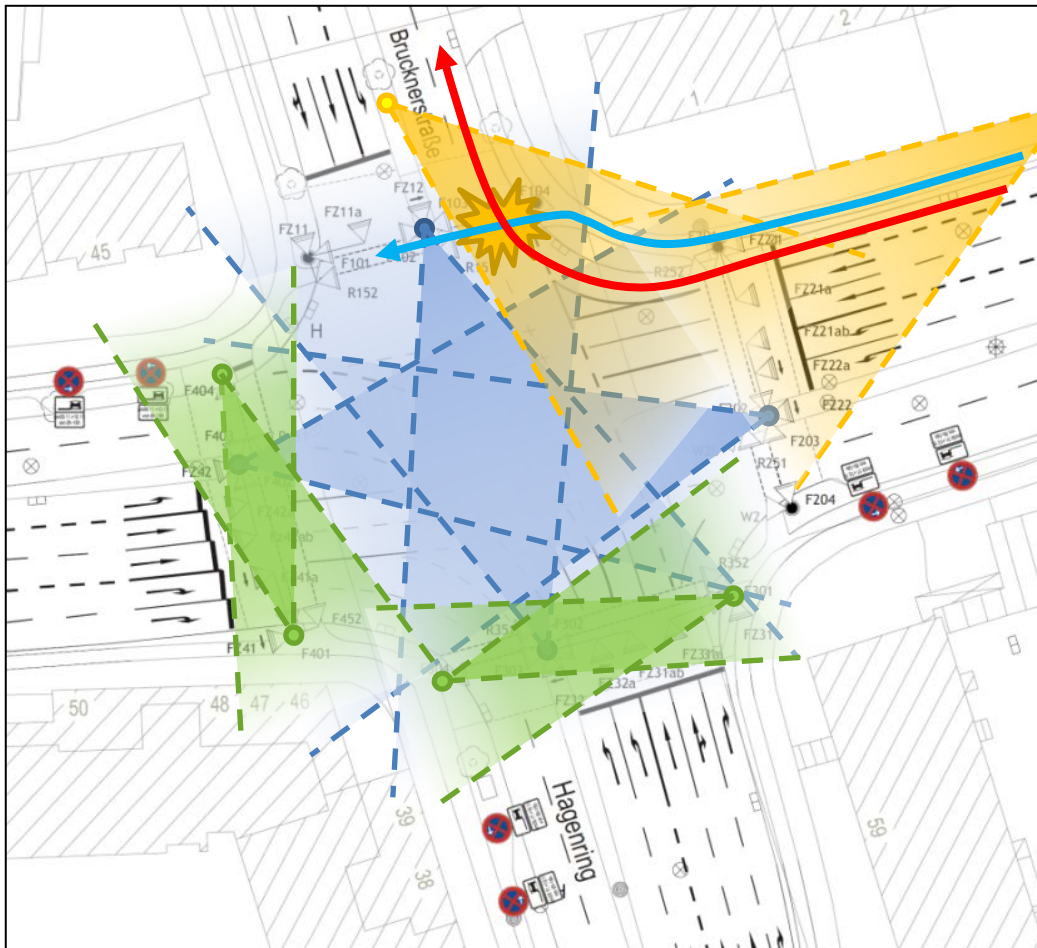
→ **Projektrelevante Rechtsabbiegersituation auf Fahrstreifen 20**

# Messtechnische Situation



- Kernanforderungen an die Erfassung und Verarbeitung
  - ➔ Erfassung beider Konfliktpartner
  - ➔ Erfassung beider Zulaufbereiche
  - ➔ 24/7-Bereitschaft und Echtzeitfähigkeit
  
- Bestandsystem erfasst die Situation nicht vollständig (lediglich motorisierter VT im Innenraum)
  - ➔ **Projektspezifische Erweiterung** des Bestandsystems erforderlich

# Projektspezifische Erweiterung der AIM FoKr



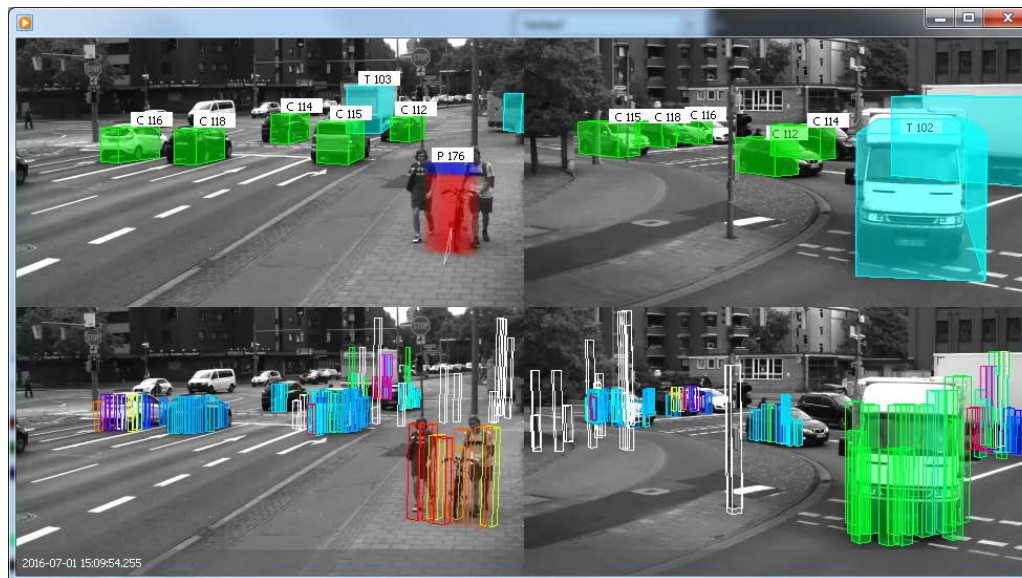
- Erweiterung der Messtechnik durch Projektpartner Jenoptik Robot
- Aufbau von Stereo-Kamera-Systemen
- Einhausung in zwei zusätzliche Aufbauten





# Ergebnisdaten der XCYCLE-Erweiterung

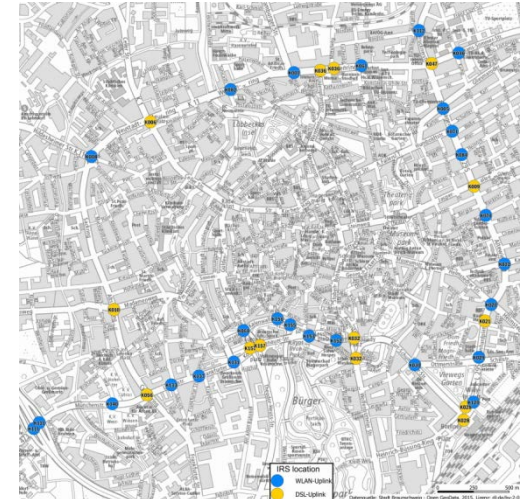
- Datenmaterial analog zu den Bestandssystemen (25Hz-Trajektorien und Videodaten)



- Momentaner Arbeitsstand
  - Hardware-Aufbau erfolgt, Software-Aufbau im Abschluss
- Zukünftige Schritte
  - Verschmelzung der Datenbasen für eine Anreicherung der XCYCLE-Daten mit den Bestandsinformationen

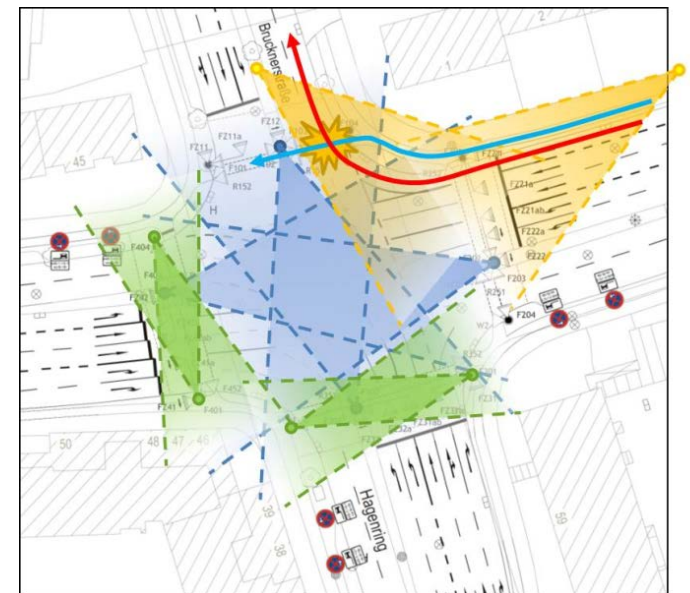
# AIM Referenzstrecke

- Schlüssel für kooperative Systeme liegt in der Fähigkeit einer Weitergabe von Informationen zwischen den relevanten Verkehrsteilnehmern
- Nutzung des Dienstes AIM Referenzstrecke
  - Infrastruktur für V2X Kommunikation
    - basierend auf 802.11 (p und n Standard)
  - ITS Roadside Units (RSU) an nahezu allen Knotenpunkten auf dem Ring mit LSA installiert (u.a. an der K047)
  - Verbindung zu den LSA-Steuerrechnern zur Ermittlung der aktuellen Lichtsignalzustände
- Nutzung im Rahmen von XC(Y)CLE
  - Übernahme der aktuellen LSA-Zustände
  - Weitergabe von Informationen über drahtlose Kommunikation



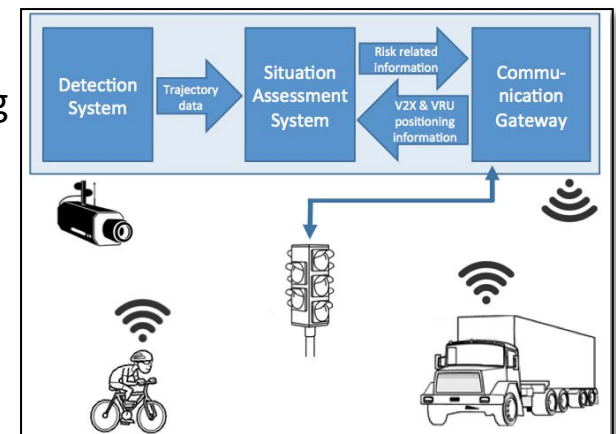
# Situations- und Risikoanalyse

- Nutzung der Objektinformationen für eine echtzeitfähige Situationsanalyse
- Aufbau von Verhaltens-Prädiktionen zur möglichst frühzeitigen Ableitung potentieller Risiken
- Ansätze zur Verhaltensanalyse
  - Nutzung von Langzeiterhebungen zur Ableitung von typischen und atypischen Verhaltensmustern
  - Identifikation von Interaktionsformen
  - Aufbau von Schätzalgorithmen zur Erwirtschaftung quantifizierbarer Aussagen
- Herausforderungen
  - Radfahrverhalten unterliegt starker Bandbreite und ist schwer zu präzisieren
  - Sicherstellung der Aussagengüte bei Einbau dieser „weichen Informationen“



# Aufbau kooperativer Systemstrukturen (1)

- Initiale Projekt-Idee: Weitergabe der infrastrukturellen Infos zur Verschneidung und Verwendung bei den anderen Verkehrsteilnehmern
  - Objekt-, Situations- oder Risikoebene
- Erweiterung fahrzeugbasierter Situationserfassung
  - Gegebenes Rechtabbiegerszenario sehr komplex für rein fahrzeugbasierte Ansätze
    - Abgesetzter Radweg mit eigener Topographie
    - Messtechnisch herausfordernd durch Abschattungen und Störeffekte
  - Infrastrukturelle Stützung der fahrzeugbasierten Erfassung
  - Reine „Fernsteuerung“ der Fahrzeuge nicht gewünscht
- Einbeziehung Aussenden von V2X-Messages als „Ersatzsender“ für VRU’s
  - Weitergabe der Positionen und Zustände von Radfahrern
  - Vorteil: Einbeziehung von nicht ausgerüsteten VT in Vernetzungsstrategien





# Aufbau kooperativer Systemstrukturen (2)

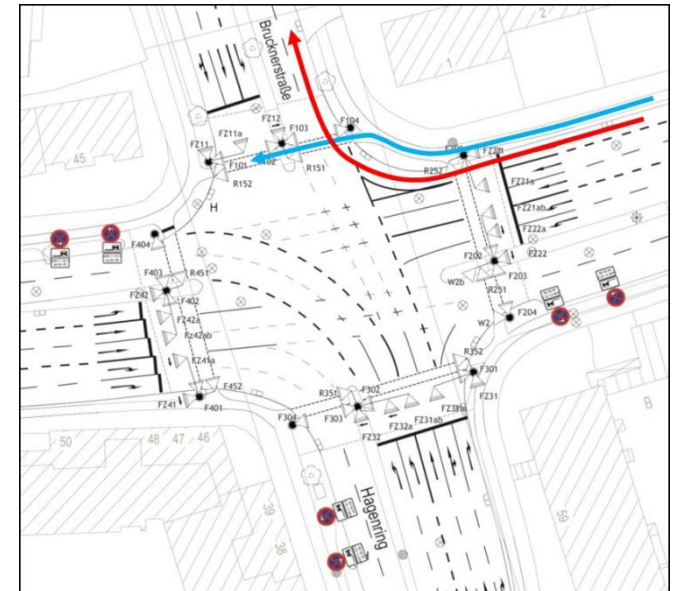
- Nutzung der Informationen für zusätzliche Warneinrichtungen an der Straße
  - Aufbau und Einsatz visueller Elemente
  - Adaptive Aufmerksamkeitssteuerung des motorisierten Verkehrs, z.B. durch
    - Einsatz von adaptiv geschalteten Schutzblinkern
    - Einsatz von LED-Elementen in der Straße (nach Kopenhagener Vorbild)



Quelle: ampelplanet.de



Quelle: rad-spannerei.de



→ Aktuell in Diskussion mit der Stadt BS über Möglichkeiten und Randbedingungen



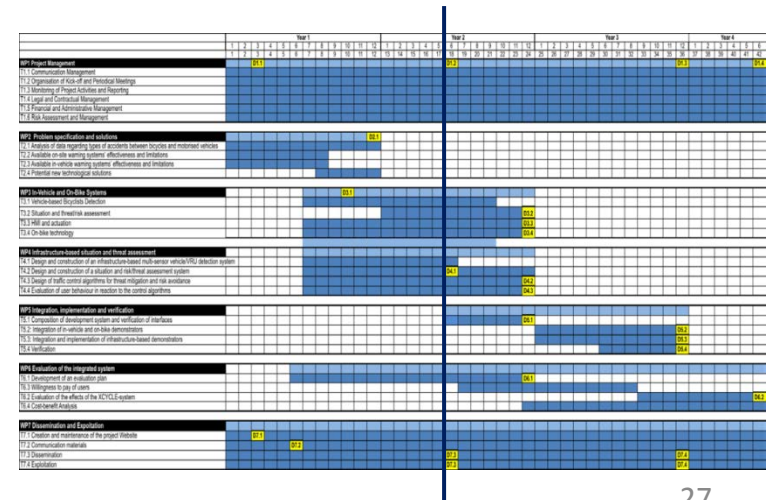
# Zusammenfassung

- Allgemeiner Projektrahmen
  - Ziele, Use Cases und Randbedingungen
- Nutzung des Testfelds AIM mit projektspezifischen Anpassungen
  - Vorstellung der AIM Forschungskreuzung und Referenzstrecke
  - Darstellung der projektspezifischen Anpassungen und Verknüpfungen
- Herangehensweise der Situations- und Risikoanalyse
  - Nutzung von Metriken (Surrogate Safety Measures)
  - Ableitung und Prädiktion von Verhaltensmustern
- Ansätze und Ausgestaltungen von kooperativen Systemstrukturen



# Nächste Schritte im Projekt

- Messtechnische Erfassung
  - Abschluss der Hard- und Software-Integration
  - Verschmelzung der AIM FoKr Bestandssysteme mit der XCYLE Erweiterung
  - Beginn einer Langzeitstudie (für Entwicklung und Evaluation)
- Aufbau der intelligenten Infrastruktur für XCYLE
  - Aufbau der Kommunikationsschnittstellen und -protokolle
  - Aufbau der Situationsinterpretation und Risikoanalyse (Abschluss von Aufbau und Integration in 2017)
  - Aufbau der straßenseitigen Warnelemente
- Evaluation
  - Technisch (Algorithmen Güte etc.)
  - Naturalistische Verhaltensstudien zur Untersuchung der Wirksamkeit der technischen Lösungen
  - Vorher-Nachher-Vergleiche



# Kontakt

Dipl.-Ing. Sascha Knake-Langhorst  
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.  
 Lilienthalplatz 7  
 38108 Braunschweig  
 eMail: sascha.knake-langhorst@dlr.de

