



Fallstudie Smart Traffic

Kim De Souza, Sebastian Thmmel

Vorwort Die vorliegende Ausarbeitung behandelt eine Fallstudie über Complex Event Processing im Kontext von Smart Traffic im Rahmen der MSI-Veranstaltung *Data Analytics*.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Motivation	2
3	Fallstudie	3
3.1	Verwendete Technologien	3
3.2	Beschreibung der Ausgangslage	4
3.3	Unfall an Kreuzung K2	5
3.4	Geschlossene Bahnschranke	6
3.5	Erhöhte Stickstoffbelastung	7
3.6	Erhöhtes Verkehrsaufkommen an Straße S1	8
4	Real World Smart Traffic	11
5	Fazit	13
	Abbildungsverzeichnis	14

1 Einleitung

Diese Ausarbeitung befasst sich mit dem Thema Smart Traffic. Im Modul Data Analytics des Masterstudiengangs Informatik an der HTWG sollen Möglichkeiten und Einsatzgebiete für das Complex Event Processing (CEP) erarbeitet werden. Der Begriff *Smart Traffic* bezeichnet dabei eine ereignisbasierte Mustererkennung im Straßenverkehr. Anhand einer Fallstudie werden in dieser Arbeit Szenarien für eine intelligente Steuerung des Verkehrs aufgezeigt. Abb. 1 zeigt die Visualisierung eines Straßenausschnitts, welchen wir für die Veranschaulichung der Smart Traffic Fallstudie verwenden. In diesem Verkehrskontext können nun fiktive Datenströme erzeugt werden, um bestimmte Verkehrssituationen zu simulieren. Eine Implementierung der CEP Engine ESPER erlaubt uns die Erkennung und Verarbeitung von Verkehrsszenarien. Wir generieren Datenströme, welche beispielsweise einen lokalen Unfall repräsentieren und benutzen die Mustererkennung in ESPER, um eine kluge (englisch smart) Umleitung des Verkehrs anzustoßen. Mit Hilfe einer WebUI können verschiedene Kombinationen von Verkehrsereignissen in unsere SMART Traffic Applikation kommuniziert werden.

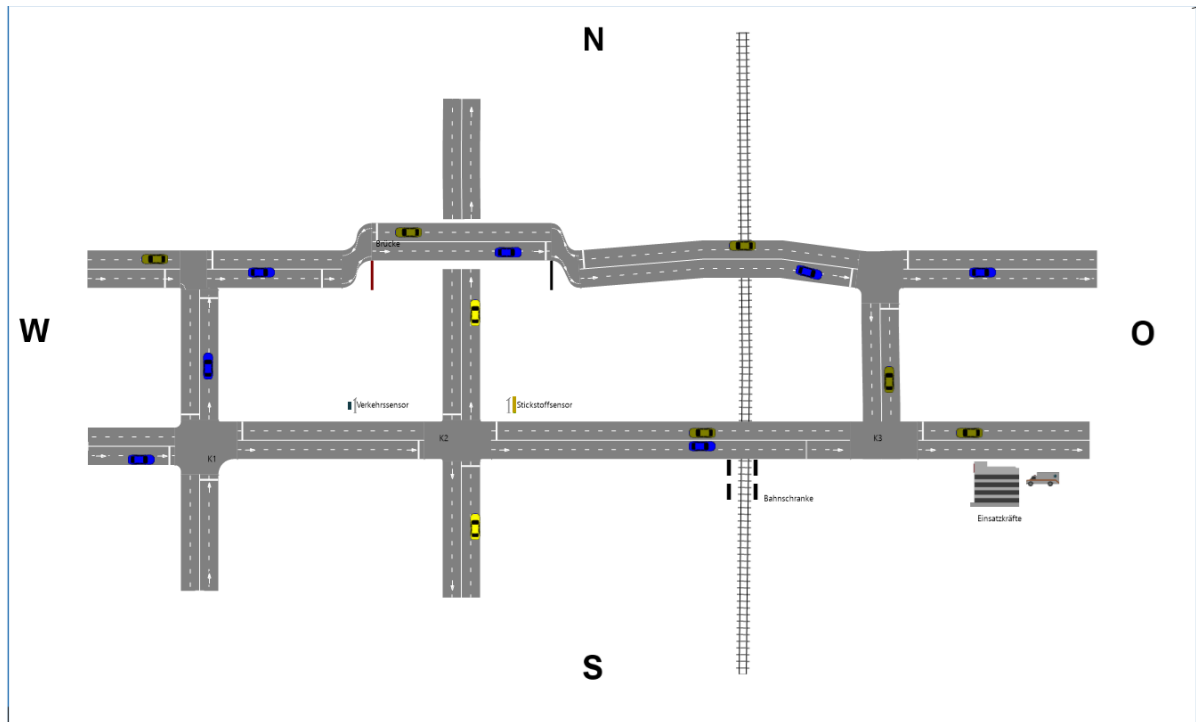


Abbildung 1: Straßenausschnitt der Fallstudie

2 Motivation

Im heutigen Zeitalter lassen sich in allen Bereichen des Lebens situationsbezogene Daten gewinnen. Hinter dem Schlagwort Big Data verbirgt sich die Idee aus gesammelten Daten Schlüsse zu ziehen. Im Allgemeinen entsteht daraus ein Potential verschiedenste Situationen besser einzuordnen. Es lassen sich komplexe Zusammenhänge analysieren und effiziente Herangehensweisen entwickeln. Ansätze des Maschinellen Lernens, des Autonomen Fahrens oder auch Vorhersagen von Aktienkursen und des Wetters basieren auf Erkenntnissen historisch erhobener Datenmengen. Es dreht sich alles um die Frage, welche Zusammenhänge und Muster zu welchen Aktionen und Interaktionen führen. Ein Paradebeispiel aus dem Alltag findet man im Straßenverkehr. Unter dem Begriff *Smart Traffic* versteht man eine intelligente Vernetzung von Verkehrsteilnehmern und Verkehrskomponenten wie beispielsweise Ampelschaltungen an Kreuzungen. Mithilfe von Echtzeit Datenerhebungen zur Verkehrsdichte, Umweltfaktoren oder speziellen Ereignissen, wie einem Unfall, sollen Verkehrsflüsse gesteuert und umgeleitet werden. Der Dateninput entsteht durch Sensoren an Straßenrändern oder durch interagierende Systeme in den Autos, welche zum Beispiel die Information über die Position und das Ziel der Verkehrsteilnehmer kommunizieren. Die verschiedenen Informationen werden zentral an einer Stelle zusammengeführt und analysiert. Aus historisch gewonnen Erkenntnissen zum Verkehrsverhalten bei Staus, Umweltbelastungen oder Unfällen lassen sich nun effiziente Reaktionen auf solche Szenarien anstoßen. Mit der Ereignisverarbeitung ist es dann möglich Verkehrsströme umzuleiten, in dem Ampeln verkehrsgerecht umgeschaltet werden und die Zielführung der Teilnehmer angepasst wird. Ziel ist ein intelligentes Netz zur optimalen Steuerung des Verkehrsaufkommens in bestimmten Zonen. Eine Echtzeit-Ereignisverarbeitung für einen flüssigen Verkehrsstrom bietet dabei nicht nur den Verkehrsteilnehmern einen großen Vorteil. Im Falle eines Unfalls kann die Umleitung des Verkehrs eine verbesserte Versorgung durch die Einsatzkräfte sichergestellt werden. Ein aktuelles Thema in der Politik Deutschlands ist die Umweltverschmutzung durch ein zu hohes Verkehrsaufkommen. Besonders in Stuttgart kommt es regelmäßig zu sogenannten Feinstaubalarmen. Mit Sensoren am Fahrbahnrand in den beeinträchtigten Regionen lässt sich die Umweltbelastung detektieren. Bei einem erhöhten Schadstoffgehalt in der Luft ist eine Umleitung des Verkehrs ebenfalls eine geeignete Maßnahme. Von einer solchen Steuerung profitiert die gesamte (einheimische) Gesellschaft. Smart Traffic umreißt also einen spannenden Ansatz mit vielen Facetten zur Verbesserung der Gesamtsituation im Straßenverkehr und der Umwelt. Die Idee beruht im Grunde darauf mit Hilfe einer Mustererkennung verschiedene Szenarien im Straßenverkehr zu identifizieren und eine automatisierte, sowie optimale Reaktion anzustoßen. In dieser Arbeit wird die Umsetzung eines fiktiven, aber realitätsnahen, Fallbeispiels für eine ereignisbasierte Verkehrssteuerung beschrieben.

3 Fallstudie

In diesem Kapitel erfolgt die Beschreibung der technischen Realisierung dieser Fallstudie. Dabei werden die verwendeten Technologien als auch die eintretenden Szenarien und deren Verarbeitung beschrieben.

3.1 Verwendete Technologien

Damit die Fallstudie in einer angemessenen Art präsentiert werden kann, erfolgt die Realisierung des Projekts als Web-Applikation. Dafür wird mit *Spring-Boot* ein quelloffenes Java-Framework verwendet. Darin enthaltene Komponenten wie *SpringMVC* und der Applikation-Server *Tomcat* ermöglichen eine konfigurationsarme Erstellung der Webanwendung. Die Webanwendung besteht im Wesentlichen aus einer serverseitigen (Backend) und einer clientseitigen (Frontend) Komponente.

Das Backend folgt dem Architekturmuster Model-View-Controller. Die Controller-Klassen stellen REST-Schnittstellen bereit, durch die es möglich ist, einzelne Events zu senden und diese durch eine Complex Event Processing - Engine zu verarbeiten.

Das Frontend wird durch Verwendung der *Java Server Pages* - Technologie (JSP) in Kombination mit der *Java Standard Tag Library* (JSTL) umgesetzt. Diese ermöglicht die Visualisierung des aktuellen Zustands des Straßenausschnitts, die Steuerung von Eventströmen und da in Abb.2 dargestellte Auslösen einzelner Events. Die Kommunikation zwischen Front- und Backend erfolgt durch den Einsatz von *Asynchronous JavaScript and XML* (AJAX) statt.

Als Complex Event Processing - Engine wird *Esper* verwendet. Esper ermöglicht die schnelle Verarbeitung großer Mengen eingehender Nachrichten und ist somit sehr gut für die Verwendung in Smart Traffic Szenarien geeignet.

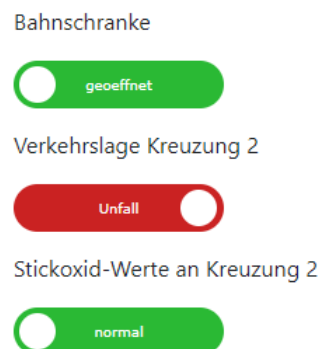


Abbildung 2: Auslöser für Events

3.2 Beschreibung der Ausgangslage

Das Szenario dieser Fallstudie beschreibt den fiktiven Kartenausschnitt aus Abb.3. Dieser Ausschnitt besteht aus den drei Kreuzungen K1, K2 und K3, einer Nord-Süd-Achse S3 und einer West-Ost-Achse S1 als Hauptverkehrsstraßen sowie einen Bahnübergang welcher die West-Ost-Achse kreuzt. Die Verkehrsteilnehmer sind autonom fahrende (Einsatz-)Fahrzeuge, deren Fahrtrichtung durch Pfeile in den Tabellen auf Abb.3 dargestellt werden. Die für die Fahrzeuge relevante Tabelle befindet sich jeweils an der rechten Seite in Fahrtrichtung. Die Ereignisse in dieser Fallstudie beschränken sich auf die Kreuzung K2. Aus diesem Grund erfolgt die Verkehrslenkung an den Kreuzungen K1 und K3, weshalb für K2 keine Tabellen dargestellt werden. Als Ausweichrouten können die parallel verlaufende nördliche Straße S2 sowie die westlich von der S3 verlaufende S4 befahren werden. Diese werden verwendet, wenn es die Verkehrslage durch eines oder mehrere der möglichen nachfolgend aufgelisteten Szenarien erfordert.

- Unfall an Kreuzung K2
- Geschlossene Bahnschranke
- Erhöhte Stickstoffbelastung an Kreuzung K2
- Überhöhtes Verkehrsaufkommen an Straße S1

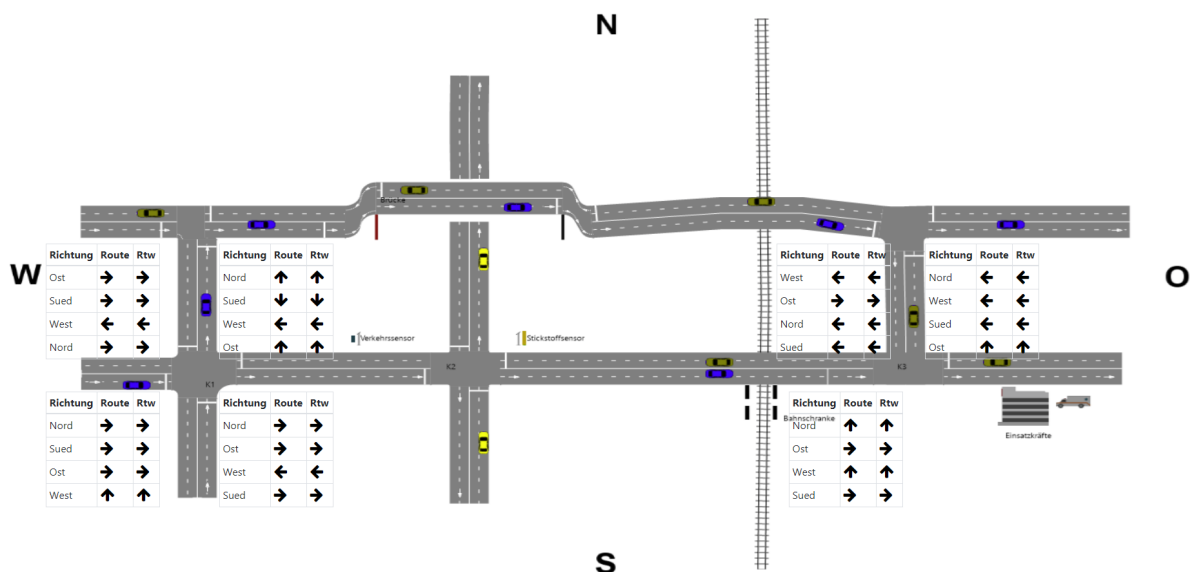


Abbildung 3: Straßenausschnitt mit Anzeige der Fahrtrichtung

Nachdem die Ausgangslage der Fallstudie beschrieben wurde, werden die Events in den nachfolgenden Abschnitten genauer beschrieben. Dabei werden sowohl die eingesetzten Statements als auch die Auswirkung der eintretenden Ereignisse auf das vorgestellte Szenario erläutert. Jedes Event enthält ein Attribut welches den Ort des Ereignisses beinhaltet. Durch diesen können mehrere gleichartige Ereignisse an unterschiedlichen

Orten überwacht werden. Die Pfeile die sich durch ein eingetretenes Ereignis ändern, werden grün hervorgehoben.

3.3 Unfall an Kreuzung

Sobald das Feld *Verkehrslage Kreuzung 2* ausgelöst wird, wird ein *AccidentStartEvent* gesendet. Durch das Statement

```
select crossing from AccidentStartEvent
```

erkennt Esper das Event und löst einen *AccidentStartListener* aus. Abb. 4 zeigt die Änderungen der Fahrtrichtungen, die im *AccidentStartListener* ausgelöst werden. Dieser ändert die Fahrtrichtungen dahingehend, dass Einsatzfahrzeuge weiterhin die Straße S1 befahren dürfen und der restliche Verkehr über die Nordumgehung S2 umgeleitet wird.

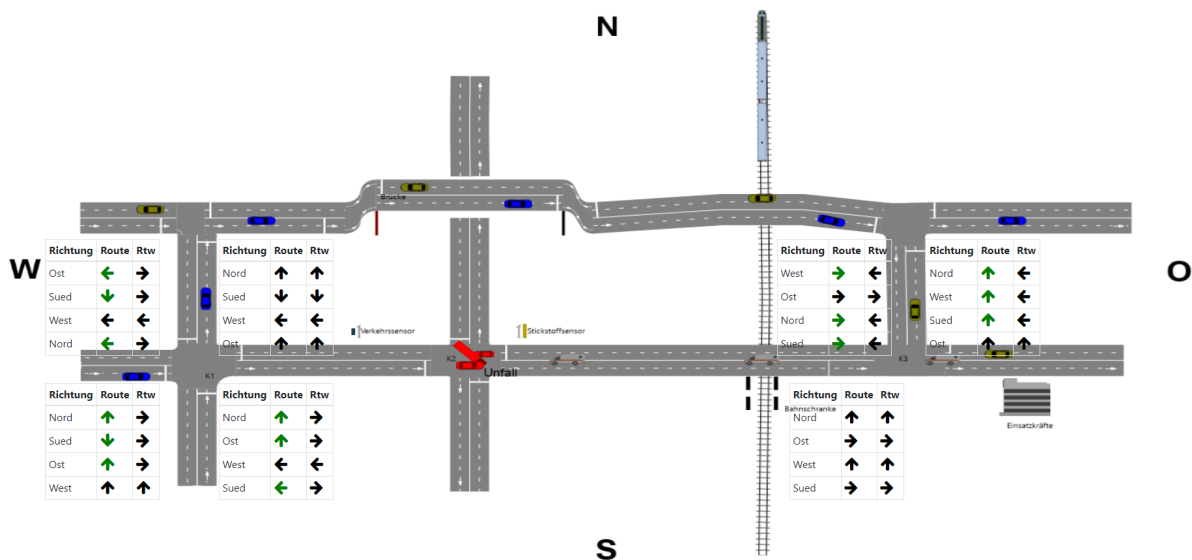


Abbildung 4: Unfall an K2 und Umleitung der Fahrzeuge ausser Einsatzfahrzeuge

Damit im Anschluss an den Unfall die Verkehrsführung angepasst werden kann, werden zwei weitere Statements verwendet. Dabei ist zu beachten, dass zusätzlich die aktuelle Situation am Bahnübergang beachtet werden muss. Das nachfolgende Statement prüft, ob zusätzlich zum *AccidentEndEvent* die *RailroadCrossingBarrierClose*- und *RailroadCrossingBarrierOpenEvents* in der gleichen Häufigkeit ausgelöst wurden.

```
select crossing from AccidentEndEvent where ( (select count(*)
from RailroadCrossingBarrierCloseEvent) = (select count(*)
from RailroadCrossingBarrierOpenEvent))
```


Ist dies der Fall wird der *AccidentEndBarrierOpenListener* ausgelöst. Dieser setzt die Verkehrsführung auf die Ausgangslage wie in Abb. 2 zurück. Zur Abdeckung der Möglichkeit, dass nach Unfallende die Bahnschranke geschlossen ist, kommt das Statement

```
select crossing from AccidentEndEvent where ( (select count(*)
from RailroadCrossingBarrierCloseEvent) != (select count(*)
from RailroadCrossingBarrierOpenEvent))
```

zum Einsatz. Dieses wird ausgelöst wenn die Anzahl an *RailroadCrossingBarrierCloseEvent* und *RailroadCrossingBarrierOpenEvents* nicht den gleichen Wert ausweisen. Dann wird der *AccidentEndBarrierClosedListener* ausgeführt die Verkehrslage entspricht der im nachfolgenden Abschnitt erläuterten Situation.

3.4 Geschlossene Bahnschranke

Diese Situation wird durch den Eingang eines *RailroadCrossingBarrierCloseEvent* nach der Aktivierung der Schaltfläche *Bahnschranke* ausgelöst. Das dafür verwendete Statement

```
select railwayCrossing from RailroadCrossingBarrierCloseEvent
```

löst den *BarrierCloseListener* aus, welches die in Abb. 5 abgebildete Situation auslöst.

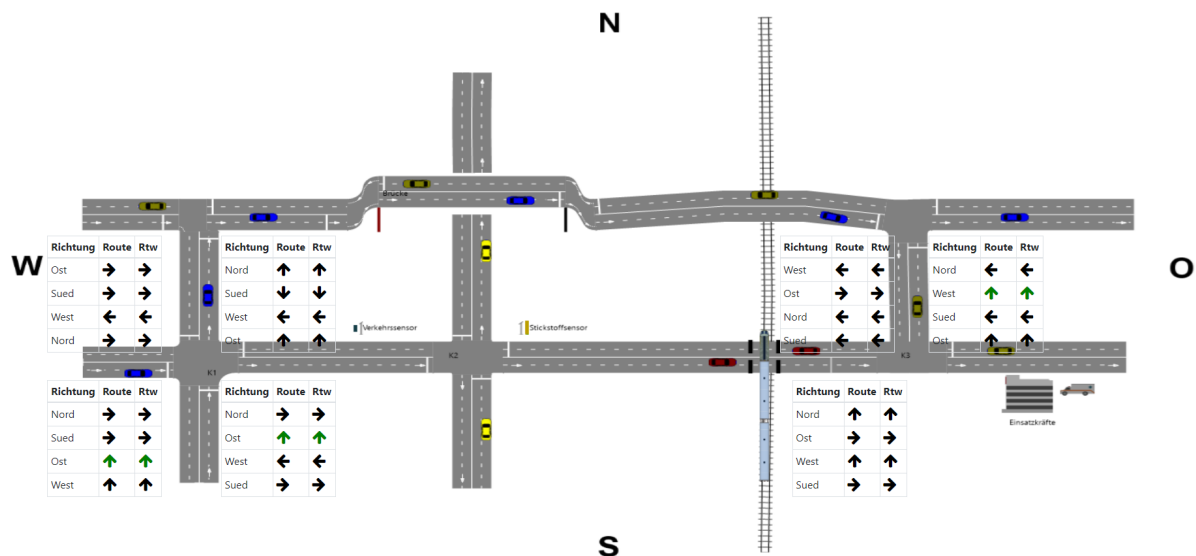


Abbildung 5: Geschlossene Bahnschranke und Umleitung der Fahrzeuge aus Ost, West und Südwest

Ähnlich wie beim Unfallereignis muss nach Beendigung des *RailroadCrossingBarrierCloseEvent* überprüft werden, ob an der Kreuzung K2 ein Unfallereignis aktiv ist. Dies geschieht durch die zwei Statements

```
select railwayCrossing from RailroadCrossingBarrierOpenEvent
  where ( (select count(*) from AccidentStartEvent) = (select
    count(*) from AccidentEndEvent))
```

```
select railwayCrossing from RailroadCrossingBarrierOpenEvent
  where ( (select count(*) from AccidentStartEvent) != (select
    count(*) from AccidentEndEvent))
```

die nach dem gleichen Prinzip wie in Absatz 3.3 prüfen, ob die Anzahl an *AccidentStart*- und *AccidentEndEvents* gleich ist.

Ist ein Unfallereignis aktiv, werden die Fahrzeuge gemäß dem Unfallereignis umgeleitet. Andernfalls werden die Fahrzeuge wieder über die optimalen Routen geführt.

3.5 Erhöhte Stickstoffbelastung

Das Stickstoffereignis wird durch die Aktivierung der Schaltfläche *Stickoxid-Werte an Kreuzung 2* durch den Versand eines *NitrogenOxideStartEvent* ausgelöst. Das Statement

```
select crossing from NitrogenOxideStartEvent
```

erfasst das Ereignis und löst den *NitroOxigenHighListener* aus. Durch diesen wird wie in Abb. 6 ersichtlich, in einer ersten Eskalationsstufe zur Reduzierung der Schadstoffbelastung, der Ost-West-Verkehr über die Umgehungsstraße geleitet.

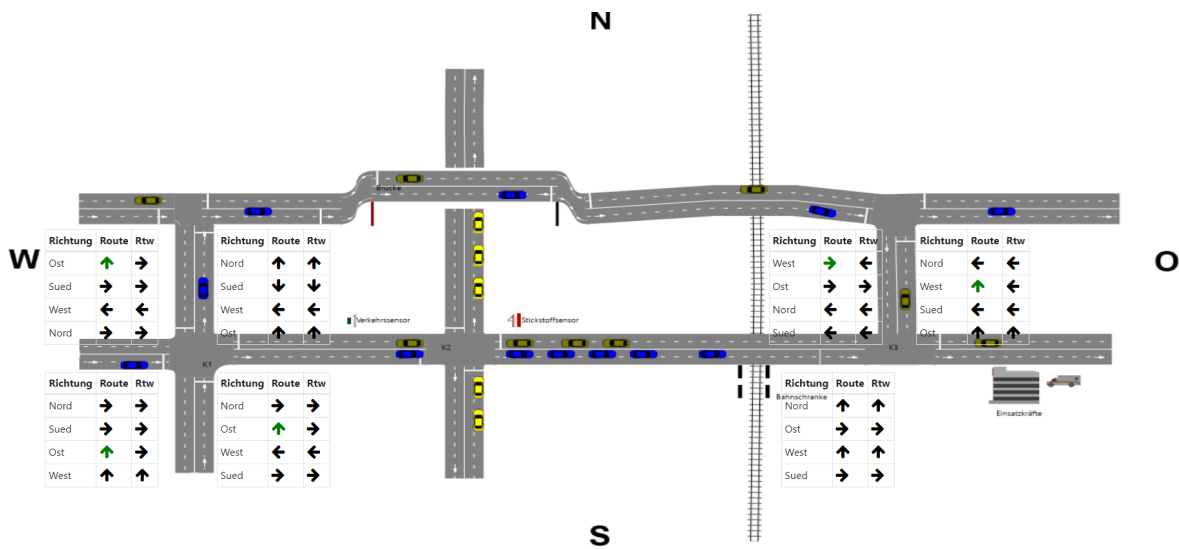


Abbildung 6: Stickstoff-Warnung und Sperrung für Ost-West-Verkehr

Parallel dazu wird durch das Statement

```
select a,b from pattern [every a = NitrogenOxideStartEvent(
    crossing = 'k2') -> (timer:interval(10 seconds) and b =
    NitrogenOxideEndEvent(crossing = a.crossing))]
```

geprüft, ob nach Auftreten des *NitrogenOxideStartEvent* an Kreuzung K2 innerhalb eines definierten Zeitintervalls ein *NitrogenOxideEndEvent* an der gleichen Kreuzung erfasst wurde. Ist das der Fall, wird die Straße S1 für den Ost-West-Verkehr wieder freigegeben. Im Gegenzug prüft das Statement

```
select a,b from pattern [every a = NitrogenOxideStartEvent(
    crossing = 'k2') -> (timer:interval(10 seconds) and not b =
    NitrogenOxideEndEvent(crossing = a.crossing))]
```

ob in dem definierten Zeitraum an der Kreuzung kein *NitrogenEndEvent* erfasst wurde. Dann wird der *NitrogenTimeIntervalListener* ausgelöst und löst die nächste Eskalationsstufe aus. Diese ist in Abb. 7 dargestellt und zeigt die zusätzliche Sperrung für Zufahrten auf die Nord-Süd-Verbindung.

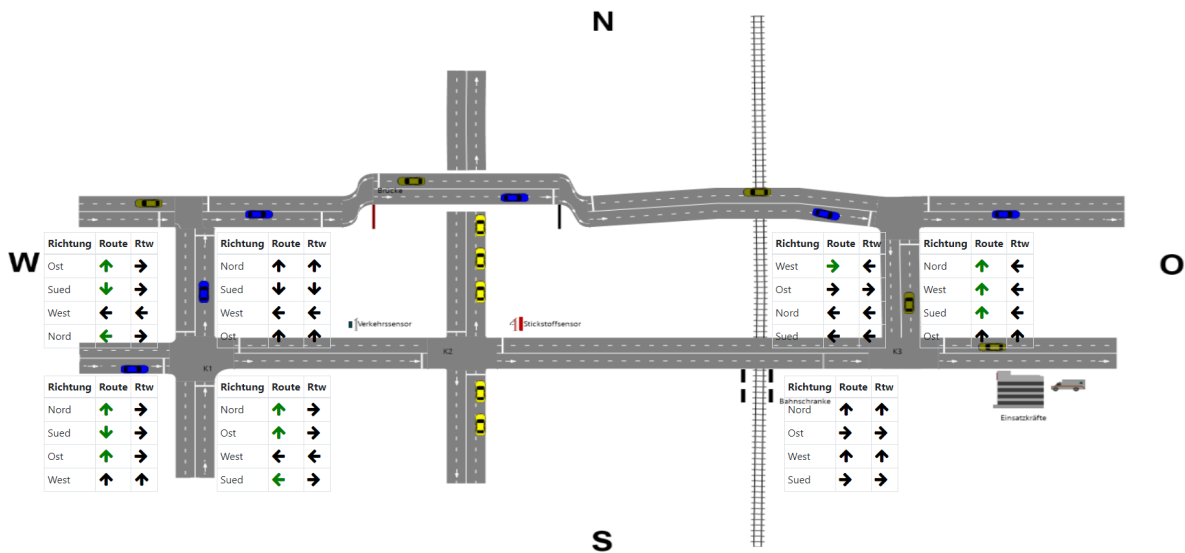


Abbildung 7: Stickstoff-Alarm und Sperrung für den kompletten Verkehr ausser Nord-Süd

3.6 Erhöhtes Verkehrsaufkommen

Der Verkehr in der Fallstudie besteht aus kontinuierlich erzeugten *TrafficStartEvents*. Um festzustellen, ob ein Vorkehrungen zur Entlastung der Straßen getroffen werden müssen, zählt das Statement

```
select count(*) from TrafficStartEvent(direction = 'OtoW')#time
(15 seconds) having (count(*) >5 and count(*) <= 6)
```

die Anzahl der Fahrzeug, die von Ost nach West oder vice versa fahren. Liegt die Anzahl der gemessenen Fahrzeuge in einem 15-Sekunden-Intervall zwischen fünf und sechs, wird der *TrafficStartListener* ausgelöst. Die aktuelle Situation ist in Abb. 8 dargestellt.

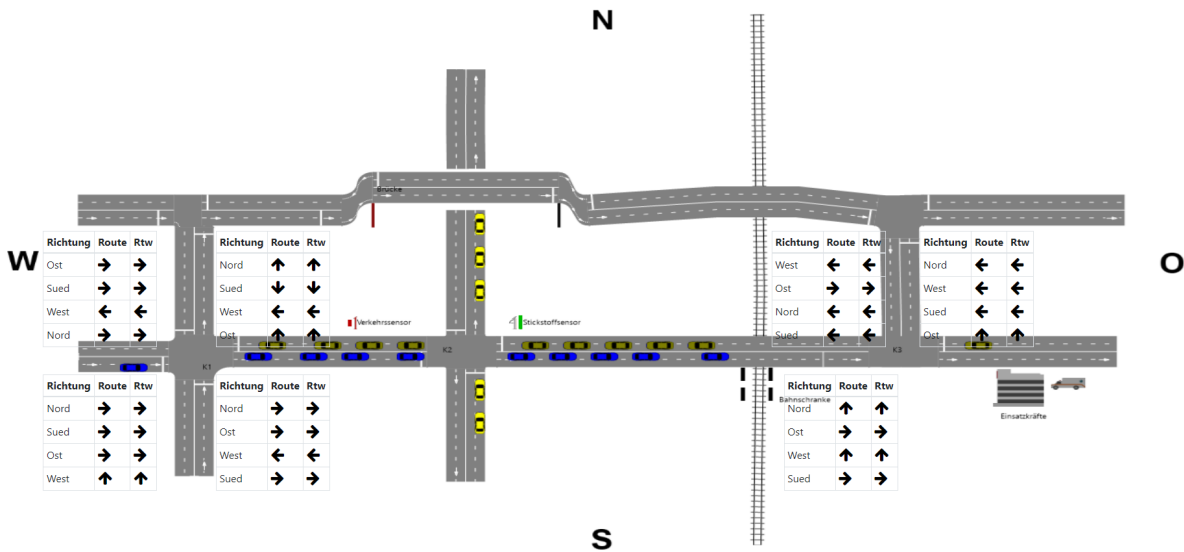


Abbildung 8: Hohe Verkehrsbelastung auf S1

Ob mehr als sechs Fahrzeuge innerhalb von 15 Sekunden die Ost-West-Verbindung nutzen, wird durch das Statement

```
select count(*) from TrafficStartEvent(direction = 'OtoW')#time
(15 seconds) having count(*) >10
```

ermittelt. Der dann ausgelöste *TrafficTimeIntervalListener* erzeugt eine Aufteilung des Verkehrs auf zwei Straßen. Wie in Abb. 9 ersichtlich, nutzt der West-Ost-Verkehr nun die zweispurig befahrbare Straße S1. Der Ost-West-Verkehr wird auf die nun ebenfalls zweispurige Straße S2 umgeleitet.

Das Statement

```
select count(*) from TrafficStartEvent(direction = 'OtoW')#time
(15 seconds) having count(*) <= 3
```

löst den *TrafficEndListener* aus, sobald sich die Anzahl der Fahrzeuge in beiden Richtungen auf drei oder weniger im 15 Sekunden-Intervall reduziert hat. Im Anschluss daran wird die Verkehrsführung in den Normalzustand zurück versetzt.

Nach der Vorstellung der Fallstudie, erfolgt im nachfolgenden Kapitel ein Überblick über den bereits bestehenden Einsatz von Smart-Traffic.

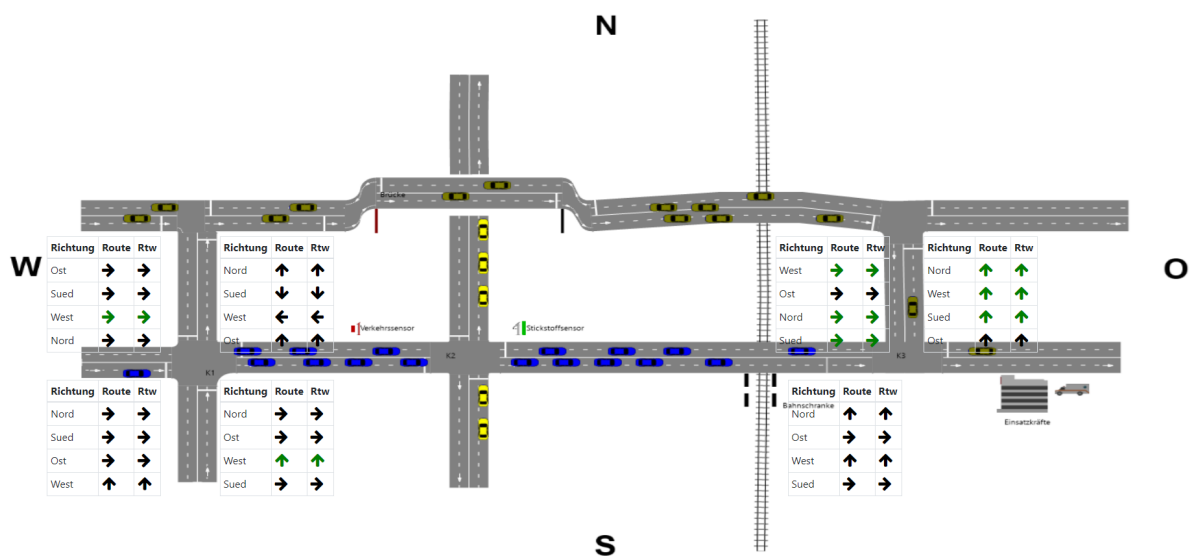


Abbildung 9: Sehr hohe Verkehrsbelastung und Einrichtung einspuriger Fahrbahnen

4 Real World Smart Traffic

Die Umweltbelastungen durch Treibhausgase ist im vergangenen Jahrhundert auf ein bedrohliches Maß für unseren Klima angewachsen. Die Auswirkungen werden in der Weltgesellschaft gerne mit dem Schlagwort der Erderwärmung beschrieben. Im Jahre 2002 hat die EU das Kyoto-Protokoll ratifiziert, Bis zum Jahr 2030 sollen sich die Treibhausgas-Emissionen um 40% gegenüber dem Jahr 1990 verringern.

- Pariser Klimakonferenz 2015 / 195 Staaten globale Staatengemeinschaft / gleiches Ziel
- Ziel: Globale Erwärmung auf unter 2 Grad Celsius / vorindustrielles Niveau
- Leitbild für deutsche Klimaschutzpolitik der Bundesregierung
- Treibhausgaseffekte in Deutschland

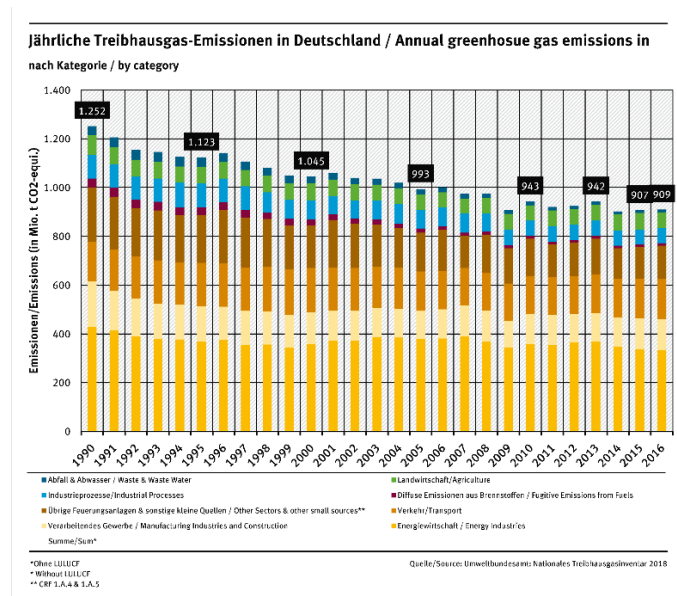


Abbildung 10: Entwicklung der jährlichen Treibhausemissionen in Deutschland

- allein der technische Fortschritte in Motorentechnik reicht nicht aus -; immer mehr Autos

Seit Jahren wird ein Anstieg des Verkaufsaufkommens auf deutschen Straßen verzeichnet. Unterstützt wird diese Feststellung durch die steigende Anzahl der in Deutschland angemeldeten Pkw. Laut dem Statistikinstitut „statista“ hat sich die Zahl gemeldeter Fahrzeuge seit 1960 von knapp 4,5 Millionen auf heute 46 Millionen erhöht [1]. Die Jahresbilanz 2018 des Kraftfahrtbundesamt weißt 63,7 Millionen zugelassene Fahrzeuge aus [2].

- speziell durch Transportmittel, welche mit Verbrennungsmotoren angetrieben ein Problem

[QUELLE: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/emissionsquellen>]

- Einsparpotential im Verkehr mit über 40% bewertet

Klimaschutzplan 2050: Emissionen der in die Zieldefinition einbezogenen Handlungsfelder				
	1990	2014	2030	
	in Mio t CO ₂ -Äquivalent	in Mio t CO ₂ -Äquivalent	in Mio t CO ₂ -Äquivalent	Minderung in Prozent gegenüber 1990
Handlungsfelder				
Energiewirtschaft	466	358	175 bis 183	62 bis 61
Gebäude	209	119	70 bis 72	67 bis 66
Verkehr	163	160	95 bis 98	42 bis 40
Industrie	283	181	140 bis 143	51 bis 49
Landwirtschaft	88	72	58 bis 61	34 bis 31
Teilsomme	1209	890	538 bis 557	56 bis 54
Sonstige	39	12	5	87
Gesamtsumme	1248	902	543 bis 562	56 bis 55

Quelle: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2015) - Klimaschutzplan 2050. Klimapolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung

Abbildung 11: Klimaschutzplan 2050

[QUELLE: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/klimaschutzziele-deutschlands>]

4) Santander in Spanien – Vorzeigestadt – 20 000 Sensoren

<https://www.wiwo.de/adv/telekom-digitalisierung/insights/smart-city-wettrennen-um-die-stadt-der-zukunft/19313878.html>

- Probleme/Hindernisse 1) Kostenpunkt 2) Datenschutz/Rechtliches -¿ Missbrauch 3) Angreifbar -¿ Sicherheitsrisiko

5 Fazit

- Viele verschiedene Ansätze in der Realen Welt - Weltweite Konzepte (<https://de.statista.com/statistik/staedten-veroeffentlichte-smart-city-strategien-weltweit/>) - Enormes Einsparpotenzial - Viele Vorteile in Bezug auf Innovation, Entwicklung, Gesellschaft, Umwelt - Kritik und Unsicherheit

Abbildungsverzeichnis

1	Straßenausschnitt der Fallstudie	1
2	Auslöser für Events	3
3	Straßenausschnitt mit Anzeige der Fahrrichtung	4
4	Unfall an K2 und Umleitung der Fahrzeuge ausser Einsatzfahrzeuge . . .	5
5	Geschlossene Bahnschranke und Umleitung der Fahrzeuge aus Ost, West und Südwest	6
6	Stickstoff-Warnung und Sperrung für Ost-West-Verkehr	7
7	Stickstoff-Alarm und Sperrung für den kompletten Verkehr ausser Nord-Süd	8
8	Hohe Verkehrsbelastung auf S1	9
9	Sehr hohe Verkehrsbelastung und Einrichtung einspuriger Fahrbahnen . .	10
10	Entwicklung der jährlichen Treibhausemissionen in Deutschland	11
11	Klimaschutzplan 2050	12