

# Forschungsprojekt WOLKE

## Wetterabhängige Kalibrierung von Verkehrsmodellen für eine optimierte Verkehrssteuerung



**31.12.2013**

Beitrag des  
Zuwendungsempfängers

PTV Planung Transport Verkehr AG  
Haid-und-Neu-Straße 15  
76131 Karlsruhe

Laufzeit

01.01.2011 – 30.06.2013



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

unterstützt und gefördert mit Mitteln des  
Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie  
(BMWi)

---

Der vorliegende Bericht enthält alle Tätigkeiten und Ergebnisse der PTV Planung Transport Verkehr AG innerhalb des Forschungsprojekts WOLKE.

Zitiervorschlag:

Bäuerle, D., A. Burkert, J. Janko, M. Landwehr (2014): WOLKE – Wetterabhängige Kalibrierung von Verkehrsmodellen für eine optimierte Verkehrssteuerung, *Schlussbericht der PTV Planung Transport Verkehr AG*, Forschungsbericht Förderkennzeichen 19 P 10017A (BMW).

Die Arbeiten aller Projektpartner sind in einem gemeinsamen Schlussbericht inhaltlich zusammengefasst aufbereitet. Detaillierte Beschreibungen der Projektbeiträge der einzelnen Partner sind den jeweiligen Einzelberichten zu entnehmen. Alle Berichte können unter folgender Stelle eingesehen werden:

Technische Informationsbibliothek

Deutsche Forschungsberichte, Postfach 6080, 30060 Hannover.

---

## Inhalt

<b>Inhalt</b> .....	<b>3</b>
<b>Verzeichnis der Abbildungen</b> .....	<b>5</b>
<b>Verzeichnis der Tabellen</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Kurzdarstellung des Projekts WOLKE</b> .....	<b>7</b>
1.1 Aufgabenstellung.....	7
1.2 Voraussetzungen zur Durchführung des Vorhabens.....	8
1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens.....	9
1.4 Wissenschaftlich-technische Ausgangssituation .....	11
1.5 Kooperation mit Partnern.....	14
<b>2 Projektmanagement</b> .....	<b>16</b>
2.1 Problemstellung und Ziel .....	16
2.2 Begleitendes Projektmanagement .....	16
2.2.1 Meetings.....	16
2.2.2 Binationale Kooperation.....	17
2.3 Unterstützung der Verbreitung der Projektergebnisse.....	20
<b>3 Spezifikation</b> .....	<b>21</b>
3.1 Stand der Technik zum Einfluss des Wetters auf das lokale Verkehrsgeschehen.....	21
3.1.1 Verfahren zur Verkehrslageberechnung .....	21
3.1.2 Verarbeitung von Wettermeldungen .....	22
3.1.3 Systemaufbau.....	23
3.2 Vorbereitung des Systemaufbaus .....	25
3.2.1 Räumliche Eingrenzung.....	25
3.2.2 Definition potentiell relevanter Anwendungsszenarien .....	27
3.2.3 Einsetzbare Verfahren .....	27
3.2.4 Konzeptioneller Aufbau des VIB Testsystems.....	28
3.2.5 Systemaufbau zur wetterabhängigen Verkehrsnachfrageberechnung .....	30
<b>4 Datenerfassung</b> .....	<b>31</b>
4.1 Datenaufbereitung .....	31

---

---

4.2	Versorgung mit neuen Wetterinformationen .....	32
4.3	Aufbau und Versorgung einer Messdatenbank .....	34
<b>5</b>	<b>Datenanalyse</b> .....	<b>37</b>
<b>6</b>	<b>Modellentwicklung</b> .....	<b>38</b>
6.1	Entwicklung und Verbesserung von Methoden für die Prognose der Kapazität.....	38
6.2	Erzeugung wetterabhängiger Verkehrsnachfragematrizen für die Tagesprognose.....	42
<b>7</b>	<b>Modellimplementierung</b> .....	<b>45</b>
7.1	Implementierung .....	45
7.1.1	Wetterbedingte Modifikation der Nachfrage .....	45
7.1.2	Wetterbedingte Modifikation der Streckenparameter.....	46
7.1.3	Archivierungsprozess.....	47
7.2	Kalibrierung .....	47
7.3	Evaluierung und Bewertung .....	48
7.4	Demonstration und Testbetrieb .....	49
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>50</b>
<b>9</b>	<b>Glossar</b> .....	<b>51</b>
<b>10</b>	<b>Literatur</b> .....	<b>52</b>

---

## Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1	Einfluss des Wetters auf den Verkehrszustand und Ziele von WOLKE .....	11
Abbildung 2	Grobüberblick zur internationalen Kooperation aus dem österreichischen Antrag .....	18
Abbildung 3	Staubarometer der aktuellen VIB-Plattform .....	21
Abbildung 4	Auswahl von Verkehrslagen in der aktuellen VIB-Plattform .....	21
Abbildung 5	Reiseauskunft in der aktuellen VIB-Plattform .....	21
Abbildung 6	Darstellung „Straßenwetter“ in der aktuellen VIB-Plattform .....	23
Abbildung 7	Darstellung „Flächenwetter“ in der aktuellen VIB-Plattform .....	23
Abbildung 8	Systemaufbau der aktuellen VIB-Plattform.....	24
Abbildung 9	Messquerschnitte in Bayern .....	25
Abbildung 10	ASDA/FOTO-Strecken in Bayern .....	26
Abbildung 11	relevante Streckenabschnitte im VISUM-Netz.....	26
Abbildung 12	Schematisch-funktionaler Systemaufbau des VIB Systems.....	28
Abbildung 13	Modul zur Integration von Nachfragedaten im VIB Testsystem .....	28
Abbildung 14	Mögliche Module zur Integration von Kapazitätseinschränkungen im VIB Testsystem.....	29
Abbildung 15	Systemaufbau der WOLKE-Plattform.....	29
Abbildung 16	Systemaufbau zur Erzeugung der wetterabhängigen Verkehrsnachfrage .....	30
Abbildung 17	Demonstrationsgebiet auf deutscher Seite (Quelle: Google Maps) ....	31
Abbildung 18	Wetterplattform in der Messdatenbank.....	32
Abbildung 19	exemplarische Meldung zur Wettervorhersage für Gebiete .....	33
Abbildung 20	exemplarische Meldung für Wetterwirkungen für Strecken.....	34
Abbildung 21	Struktur der Messdatenbank .....	34
Abbildung 22	Fundamentaldiagramm und Capacity-Restraint-Funktion – Prinzip ....	39
Abbildung 23	Einfluss von Ausgangsgeschwindigkeit und Kapazität auf die Capacity-Restraint-Funktion .....	40
Abbildung 24	Fundamentaldiagramm nach dem Van-Aerde-Modell am Q231 A8.....	40
Abbildung 25	Fundamentaldiagramm und Capacity-Restraint-Funktion – konkretes Beispiel.....	41
Abbildung 26	Verwendete Netzmodelle in WOLKE.....	43
Abbildung 27	WOLKE-Wetterregionen .....	44
Abbildung 28	Evaluierungs- und Optimierungsprozess.....	48
Abbildung 29	Allgemeiner Vergleich berechneter zu prognostizierter Verkehrslage .....	49

---

---

## Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1	Kurzüberblick über angewendete Technologien und Methoden .....	14
Tabelle 2	Projektweite Treffen während der Projektlaufzeit.....	17
Tabelle 3	Parameter der Wetterklassen in WOLKE .....	38
Tabelle 4	Zusammengefasste WOLKE-Wetterklassen .....	44

---

# 1 Kurzdarstellung des Projekts WOLKE

## 1.1 Aufgabenstellung

Wetter beeinflusst den Verkehr. Schlechtes Wetter verändert den Zustand der Fahrbahn und reduziert die Sichtweite, was zum einen die Kapazität der Verkehrswege verringert und zum anderen die Wahrscheinlichkeit von Unfällen erhöht. Auch das Verkehrsaufkommen wird in gewissem Umfang vom Wetter beeinflusst, da die Menschen Freizeitaktivitäten abhängig von der aktuellen Wetterlage wählen. Sind diese aus dem Wetter resultierenden Zustände besser voraussehbar, können Straßenbetreiber bereits im Vorfeld Maßnahmen einleiten, um präventiv kritische Verkehrszustände zu vermeiden. Auch den Verkehrsteilnehmern helfen bessere Prognosen, um ihre Fahrten zuverlässiger planen zu können. Das gilt insbesondere für Lkw-Fahrten, bei denen Pünktlichkeit von besonderer Bedeutung ist, die aber gleichzeitig stärker vom Zustand der Fahrbahnoberfläche beeinflusst werden als Pkw-Fahrten. Als Grundlage für die Planung von verkehrsbeeinflussenden Maßnahmen, für den Betrieb von Steuerungseinrichtungen und für die Information der Verkehrsteilnehmer dienen Verkehrsmodelle, die jedoch bisher mit der Ausnahme von Streckenbeeinflussungsanlagen den Einfluss des Wetters nicht berücksichtigen.

Ziel des Projekts WOLKE war es daher, durch erstmalige Zusammenführung von mikro- und makroskopischen Messdaten aus den Bereichen Wetter und Verkehr eine signifikant verbesserte Verkehrsmodellierung zu erreichen, die dann eine präzisere Erfassung und Prognose der Verkehrslage im Straßenverkehr ermöglicht. Im Projekt WOLKE wurden dazu die Wirkungszusammenhänge zwischen Wetter und Verkehr für die Bereiche Fahrweise, Verkehrsfluss, Verkehrssicherheit und Verkehrsnachfrage untersucht und in vorhandene Modelle integriert.

- ▶ Auf lokaler Ebene (Kreuzung, Straßenabschnitt) wurde der Einfluss des Wetters auf die Straßenoberfläche, auf die Fahrweise (Geschwindigkeiten, Fahrzeugfolgeabstände) und damit auf die Kapazität und den Verkehrsfluss untersucht. Unfälle wurden dabei unter den Aspekten der Verkehrssicherheit und der Störungswahrscheinlichkeit einbezogen. Die Ergebnisse lieferten Parameter für makroskopische Leistungsfähigkeitsanalysen von Verkehrsanlagen und für mikroskopische Verkehrsflussmodelle.
- ▶ Auf Netzebene wurden die Einflüsse der großräumigen Wetterlage (insbesondere Niederschlagswahrscheinlichkeit) auf die Verkehrsnachfrage analysiert. Hier wurde der Einfluss des Wetters auf das Verkehrsaufkommen, die Zielwahl und die Fahrzeit auf ganzen Streckenzügen ausgewertet und für die Nutzung in Verkehrsnachfragemodellen aufbereitet.

Es wurde angestrebt, die lokale Betrachtungsweise des Verkehrsflusses und die netzweite Betrachtung der Verkehrsnachfrage so zusammenzuführen, dass die netzweiten Auswirkungen lokal auftretender, wetterbedingter Kapazitätsänderungen in

---

die Makromodellierung der Verkehrslage eingehen. Die bessere, ebenenübergreifende Modellierung von Wettereinflüssen kann Verkehrsingenieure sowohl bei Planungsaufgaben als auch beim Betrieb von Verkehrssteuerungsanlagen unterstützen.

Als Untersuchungsgebiet, in dem die zur Durchführung des Vorhabens erforderlichen Daten erhoben werden können und dann auch die entwickelten Methoden und Verfahren eingesetzt werden können, wurde ein Gebiet um die Autobahnen BAB A8 und A93 zwischen München, Kufstein und Salzburg ausgewählt.

Wetter und Verkehrsströme halten sich nicht an Staatsgrenzen. Da es derzeit für die Stadt Wien mit dem mikroskopischen Verkehrsflussmodell eine gute Datenbasis für städtische Gebiete gibt und gleichzeitig im südbayerischen Raum viele Daten für Autobahnnetze vorliegen, bietet sich die Erforschung des Komplexes Wetter im Rahmen eines transnationalen Projekts an. Für die Wahl des Untersuchungsraumes spricht außerdem, dass hier die Verkehrsverhältnisse mehr als in anderen Räumen vom Wetter geprägt werden. Im Winter kommt es aufgrund von Schnee und Glatteis häufig zu Extremsituationen. Gleichzeitig gibt es einen ausgeprägten Urlaubs- und Freizeitverkehr, der auch vom Wetter beeinflusst wird.

Diese grenzübergreifende Zusammenarbeit dient der Erreichung der folgenden Projektziele:

- ▶ Zugewinn an Kenntnissen über die modelltechnischen Auswirkungen von Wetterereignissen auf mikroskopischer und makroskopischer Ebene sowie deren inhärenter Zusammenhang durch die Verknüpfung der Modellwelten
- ▶ Stark verbesserte Qualität der Lang- und Mittelfristprognose in Verkehrsinformationssystemen durch Einbezug bisher unbekannter Faktoren
- ▶ Verbesserte Verkehrssteuerung durch Einbezug des Wetters auf außerörtlichen Straßen
- ▶ Verständnis der Aufbereitung von Wetterinformationen für die harmonisierte Verwendung in makro- und mikroskopischen Modellwelten
- ▶ Verständnis des Einflusses des Wetters auf Quelle-/Zielverkehre und Nachfrage
- ▶ Stark verbesserte Qualität der innerstädtischen Steuerung und Information
- ▶ Integration der Ergebnisse in Österreich und Deutschland
- ▶ Effiziente Verbreitung der Projektergebnisse durch die Projektpartner aus den Bereichen Lehre, öffentliche Hand und Industrie

## **1.2 Voraussetzungen zur Durchführung des Vorhabens**

Das Projekt WOLKE fügt sich in die Handlungsfelder der Säulen „Mobilität für Menschen im 21. Jahrhundert“ und „Intelligente Infrastruktur“ des 3. Verkehrsforschungsprogramms der Bundesregierung ein (BMW, 2008). WOLKE fokussiert insbesondere auf eine Verbesserung der Leistungsfähigkeit bereits vorhandener Verkehrs-



informations- und Verkehrssteuerungssysteme und führt somit auch zu einer Sicherung der bereits getätigten Investitionen.

Das Forschungsprogramm fordert unter anderem die Verfügbarkeit qualitativ hochwertiger Verkehrsinformationen und die Verbesserung der subjektiven und objektiven Sicherheit sowie, im Handlungsfeld Klima und Umweltschutz, einen besseren Kenntnisstand über das Zusammenspiel von Verkehr und Umwelt. Hierbei wird traditionell z.B. auf CO<sub>2</sub> und Lärmemissionen angespielt. Das Projekt WOLKE umfasst diesen Bereich aus einem anderen Blickwinkel, nämlich die Aufbereitung und Nutzung von allgemeinen Wetterdaten in Verkehrsmodellen. Diese Modelle ermöglichen den Betreibern eine bessere Verkehrslageberechnung, die sowohl wetterbedingte Kapazitätsreduktionen als auch Nachfrageänderungen berücksichtigt. Den Nutzern des Straßennetzes erlaubt das eine bessere Planbarkeit ihrer Ortsveränderungen, was wiederum zu einer besseren Ausnutzung der Kapazitäten im Gesamtnetz führen kann.

Der im Dezember 2008 von der Europäischen Kommission vorgelegte ITS Action Plan zur Förderung verkehrstelematischer Maßnahmen hebt insbesondere eine europäische Zusammenarbeit und Koordinierung im Bereich intelligenter Verkehrssysteme hervor.

Geografische Kontinuität, die Interoperabilität von Diensten sowie Normung stehen im Zentrum der Aufmerksamkeit. Auch das deutsche Forschungsprogramm hebt die Vorteile der Zusammenarbeit auf bi- und multilateraler Ebene beispielsweise in EU- oder Deufrako-Projekten positiv hervor.

Das Projekt WOLKE bildet eine transnationale „Brücke“ zwischen Wissenschaftlern bzw. Anwendern in Deutschland und Österreich. Der Schwerpunkt des Projektes ist die Entwicklung einer harmonisierten Methodik zur wetterabhängigen Kalibrierung von Verkehrsmodellen mit dem Ziel der Optimierung und Weiterentwicklung von Systemen für intelligentes Verkehrsmanagement bzw. Verkehrssteuerung auf Basis der in beiden europäischen Ländern bereits vorhandenen Erfahrungen und Forschungsergebnissen. Darüber hinaus wird auch die Basis für den Vergleich verschiedener Anwendungen geschaffen, die sich zurzeit in den beteiligten Ländern im Einsatz befinden, z.B. die Plattform der Verkehrsinformationsagentur Bayern (Verkehrsinformationsagentur Bayern, 2013) sowie die Verkehrsinformationsplattform ITS Vienna Region (ITS Vienna Region, 2013) Langfristig soll damit, gemäß den Vorgaben der Europäischen Kommission, eine bessere Koordinierung im Bereich Intelligente Verkehrssysteme erreicht werden.

### **1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens**

Das Forschungsprojekt war in sechs Arbeitspakete gegliedert.

#### **AP 1 Projektmanagement**

Dieses Arbeitspaket beinhaltete das übergreifende Projektmanagement und organisierte die Abstimmung mit den österreichischen Partnern.

Dieses Arbeitspaket stand unter der Leitung der PTV AG.

## **AP 2 Spezifikation**

In diesem Arbeitspaket wurde der Stand der Technik zum Einfluss des Wetters auf das lokale und das netzweite Verkehrsgeschehen zusammengetragen. Es wurden die relevanten Parameter einer wetterabhängigen Modellierung identifiziert und die Anforderungen an die Integration der Wetterinformationen in die Verkehrsmodellierung spezifiziert.

Dieses Arbeitspaket stand unter der Leitung der PTV AG.

Die PTV AG wirkte mit an der Definition potentiell relevanter Anwendungsszenarien, an der Definition der Anforderungen an die makroskopischen Parameter, an der Identifikation von wetterbeeinflussten Parametern einer makroskopischen Simulation und an der Definition von Schnittstellen zwischen makro- und mikroskopischem Bereich.

## **AP 3 Datenerfassung**

Um Wirkungszusammenhänge zwischen Wetter und Verkehr zu quantifizieren, wurden Wetterdaten aus Wetterstationen und aus der straßenseitigen Umfelddatenerfassung mit Verkehrsdaten aus stationärer Detektion und Kennzeichenerfassungssystemen erfasst und zusammengeführt.

Die PTV AG wirkte mit an der Abstimmung der Datenbankstrukturen mit den relevanten österreichischen Stellen zur Schaffung eines harmonisierten Datenbestandes, an der Übernahme und Aufzeichnung aller relevanten Verkehrs- und Wetterdaten aus dem Datenbestand der VIB und den Quellen der ZVM sowie an der Qualitätssicherung, Aufbereitung und Verfügbarkeit der Daten für die Projektpartner während der Projektlaufzeit.

## **AP 4 Datenanalyse**

Die in AP 3 erfassten Verkehrsdaten und Wetterdaten wurden ausgewertet, um den Einfluss des Wetters auf den Verkehr zu quantifizieren. Die Datenanalyse erfolgte für die Fahrweise, die Kapazität, die Verkehrssicherheit, das Verkehrsaufkommen, die Zielwahl und die Fahrzeit.

Die PTV AG wirkte mit an der Analyse, Aufbereitung und Auswertung der verkehrlichen Daten und der Identifikation und Beschreibung der Zusammenhänge von meteorologischen und verkehrlichen Daten

## **AP 5 Modellentwicklung**

In diesem Arbeitspaket wurden vorhandene Modelle zur Ermittlung der Streckenkapazität, der Fahrgeschwindigkeit und der Verkehrsnachfrage so erweitert, dass die Einflüsse des Wetters angemessen berücksichtigt werden können.

Die PTV AG wirkte an der Entwicklung von Modellen zur Berücksichtigung der Witterungsabhängigkeit von Streckenparametern hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit in einem Online-System wie der VIB mit. Die Entwicklung von Modellen zur witterungs-

abhängigen Änderung der Verkehrsnachfrage wurde auf der gleichen Ebene sowie durch die Bereitstellung von Daten unterstützt.

### AP 6 Modellimplementierung

Auf Grundlage der methodischen Ergebnisse der vorangegangenen Arbeitspakete erfolgt die technische Implementierung des Modells, dessen Kalibrierung sowie die Evaluierung und Bewertung des vorgeschlagenen Ansatzes in einer Testphase.

Dieses Arbeitspaket stand unter der Leitung der PTV AG.

Im Rahmen dieses Arbeitspaketes werden die in AP 5 entwickelten Softwaremethoden und -lösungen von der PTV AG in die Systemumgebung des VIB Spiegelsystems implementiert und in einer test- und Demonstrationsphase betrieben.

### 1.4 Wissenschaftlich-technische Ausgangssituation

Die Witterung ist eine wichtige Ursache für Veränderungen im Verkehrsablauf. Wetter verändert die physikalischen Randbedingungen der Fahrbahnoberfläche und beeinflusst das Verkehrsverhalten der Verkehrsteilnehmer. Wetter verringert die Kapazität einer Straße bei Schneefall oder Starkregenereignissen, führt zu zusätzlichem Verkehrsaufkommen bei Schönwetter am Wochenende und verursacht ein höheres Unfallrisiko bei Glättebildung. Die Folge ist eine niedrigere Zuverlässigkeit, eine damit verbundene schlechtere Planbarkeit von Fahrten und zusätzlichen Verlustzeiten. Abbildung 1 zeigt diese Wirkungszusammenhänge.

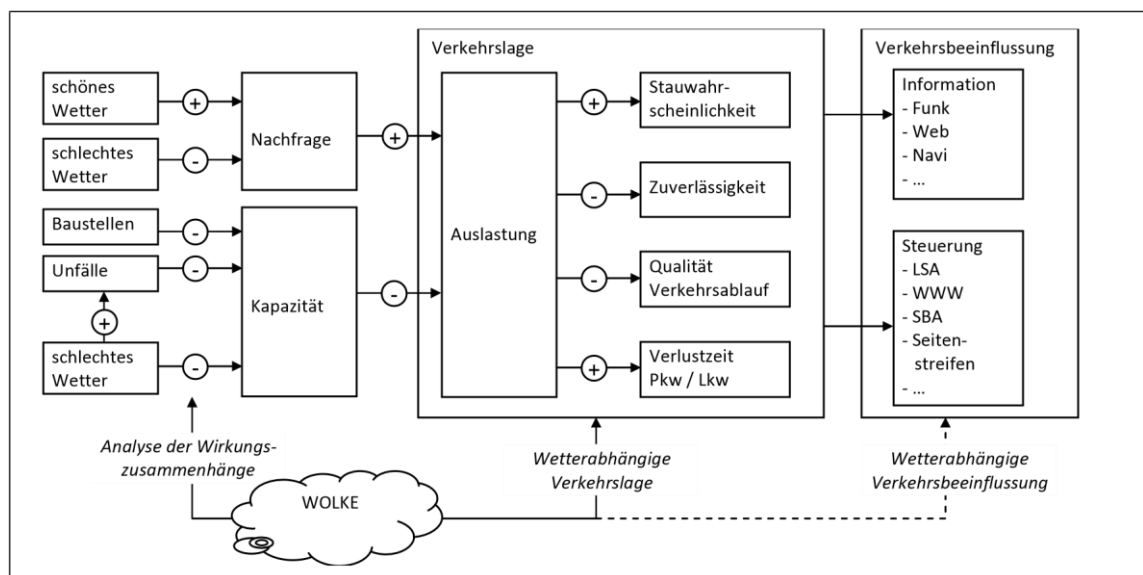


Abbildung 1 Einfluss des Wetters auf den Verkehrszustand und Ziele von WOLKE

Ziel des Forschungsvorhabens WOLKE ist die Erfassung, Analyse und Modellierung der Wirkungen des Wetters auf den Verkehrsfluss von Straßenverkehrsanlagen und auf die Verkehrsnachfrage in Straßennetzen. Die Erkenntnisse werden für eine verbesserte Darstellung und Prognose der Verkehrslage genutzt. Die Analyse der Wetterereignisse erfolgt sowohl auf lokaler als auch netzweiter Ebene:

### **Lokale Betrachtung für Verkehrsanlagen**

Niederschläge und Glättebildung verändern die Eigenschaften der Fahrbahnoberfläche, Nebel und starker Niederschlag beeinträchtigen die Sichtweite. Fahrzeugführer reagieren darauf mit einer angepassten Fahrweise mit größeren Fahrzeugabständen und niedrigeren Geschwindigkeiten. Dadurch reduzieren sich die Kapazitäten der Verkehrsanlagen. Diese Wirkung muss lokal für jede einzelne Verkehrsanlage (Straßenabschnitt, Knotenpunkt) ermittelt werden, da das Ausmaß der Kapazitätsminderungen sowohl von der individuellen Charakteristik des betrachteten Objekts wie auch stark von der lokalen Wettersituation beeinflusst wird. Lokal unterschiedliche Kapazitätsminderungen beeinflussen die Leistungsfähigkeit des gesamten Straßennetzes.

### **Netzweite Betrachtung für Straßennetze**

Das regionale und überregionale Wetter kann den Verkehr im gesamten Netz beeinflussen. Im Straßenverkehr kann zusätzlicher Freizeitverkehr bei gutem Wetter insbesondere das Verkehrsaufkommen und die Zielwahl beeinflussen und so zu einer wetterabhängigen Verkehrslage führen. Im Gegensatz zur detaillierten Betrachtung stehen bei diesen Untersuchungen nicht das Verhalten der Verkehrsteilnehmer in lokalen Verkehrsanlagen, sondern im gesamten Straßennetz und die Abhängigkeit des Verhaltens von verschiedenen Wettersituationen im Vordergrund. Hierbei wird der Einfluss des Wetters auf das Verkehrsaufkommen, die Zielwahl und die Fahrzeit auf ganzen Streckenzügen untersucht.

Die deutschen Projektpartner führen die Analysen für ein Autobahnteilnetz in Oberbayern zwischen München, Salzburg und Kufstein (A8, A93) durch. Dieses Teilnetz ist Bestandteil des im Portals BayernInfo ([www.bayerninfo.de](http://www.bayerninfo.de)) abgebildeten Straßennetzes. Für BayernInfo bietet die PTV AG bereits heute eine aktuelle Verkehrslage und eine Verkehrsprognose an, die aus der Kombination aktueller Messdaten und historischer Nachfragematrizen mit einem Verkehrsmodell erstellt werden. Aufbauend auf diesem Zustand soll im Projekt WOLKE eine präzisere, wetterabhängige Darstellung und Prognose der Verkehrslage erreicht werden. Dazu werden für das Untersuchungsgebiet Verkehrs- und Wetterdaten aus vorhandenen Datenquellen zusammengeführt und um zusätzliche Messdaten ergänzt. Ausgehend von der Hypothese, dass das Wetter sowohl die Kapazitäten, die Nachfrage und die Fahrzeiten beeinflusst, werden mit Kamerasystemen über einen Zeitraum von mehreren Monaten Quelle-Ziel-Daten von Fahrzeugen im Autobahnnetz erfasst. Diese Daten liefern Informationen über Fahrzeiten, Fahrtweiten und Quellen und Ziele entlang der Autobahn. Aus den Gebietskennzeichen kann im Pkw-Verkehr abgeleitet werden, ob es sich um Nahverkehr oder Fernverkehr handelt. Die Verknüpfung mit den gleichzeitig erhobenen Wetterdaten bietet die Grundlage für eine verbesserte Modellierung der Verkehrsnachfrage und damit der Verkehrslage.

Die wissenschaftlichen und technischen Ziele des Projekts lassen sich wie folgt zusammenfassen:

### **Datenerfassung**

Es wird eine gemeinsame Datenbasis für Wetterdaten und Kenngrößen des Verkehrsflusses sowie der Verkehrsnachfrage geschaffen. Für diese Datenbasis werden Daten aus vorhandenen Messstellen aufbereitet und zusammengeführt. Außerdem werden umfangreiche Messungen zur Identifizierung der Wirkungszusammenhänge von Wetter, Zielwahl und Fahrzeit durchgeführt.

### **Wirkungsanalyse Wetter und Verkehrsfluss**

Die Zusammenhänge zwischen lokal gemessenen Wetterdaten und auf der Straße resultierenden Oberflächenzuständen (z.B. Schneelage auf Fahrbahn, Wasserfilmhöhe), sowie der Einfluss der Oberflächenzustände auf die Kapazität einer Verkehrsanlage werden in einer Mikroanalyse untersucht und quantifiziert.

### **Wirkungsanalyse Wetter und Verkehrssicherheit**

Die Zusammenhänge zwischen Wetter, Straßenzustand und Unfallkostenrate werden mit einer wetterabhängigen Sicherheitsanalyse untersucht.

### **Wirkungsanalyse Wetter und Verkehrsnachfrage**

Der Einfluss des regionalen Wetters und auf das Verkehrsaufkommen und auf die Zielwahl der Verkehrsteilnehmer wird für das Fernstraßennetz analysiert. Es soll geklärt werden, welcher Teil der Nachfrage eher tagesabhängig (Werktag, Wochenende, Ferienbeginn) und welcher Teil der Nachfrage eher wetterabhängig ist.

### **Wetterabhängige Modellierung des Verkehrsflusses**

Vorhandene mikroskopische Verkehrsflussmodelle werden so erweitert, dass die Zustandsparameter der Fahrbahnoberfläche und des Fahrverhaltens typisierte Wettersituationen berücksichtigen.<sup>1</sup>

### **Wetterabhängige Verkehrsprognose**

Es wird eine verbesserte Darstellung und Prognose der Verkehrslage bereit gestellt, die zum einen wetterabhängige Kapazitätsänderungen lokaler Verkehrsanlagen und zum anderen den wetterabhängigen Einfluss der Verkehrsnachfrage berücksichtigt.

Die nachfolgende Tabelle 1 gibt einen kurzen Überblick der angewendeten Technologien und Methoden zur Unterstützung der Erreichung der oben genannten Projektziele.

<b>Kernziel</b>	<b>Methodik</b>	<b>Zweck</b>	<b>Arbeitspaket</b>
Datenerfassung Wetter- und Verkehrsdaten	Datenerfassung über straßenseitige Sensorik (Verkehrsfluss, Fahrbahnzustand, Sichtweite) und Ablage in dezidierten	Verfügbarkeit für weitere Analyseschritte sowie für die österreichischen Projektpartner	AP 3

---

<sup>1</sup> Dieses Thema wird durch das österreichische Projektteam bearbeitet.

Kernziel	Methodik	Zweck	Arbeitspaket
	Datenbank		
Erfassung der wetterabhängigen Fahrtweitenverteilung	Erfassung der Fahrtweiten über Kamerasysteme (Image Processing – Kennzeichenerfassung)	Verfügbarkeit für Analyse des Einflusses des regionalen Wetters auf das Verkehrsaufkommen und auf die Zielwahl im Fernstraßennetz	AP 3
Korrelation Wetter und Verkehrsfluss	Analyse der Kenngrößen Verkehrsstärke, Geschwindigkeit und Zeitlücke (DE) sowie Fahrzeugfolgemodell (AT)	Zusammenhang zwischen Wetter und Kapazität zur Modelladaptierung	AP 4
Korrelation Wetter und Verkehrssicherheit	Datenzusammenführung der gemessenen Werte mit vorhandenen Datenbeständen (Unfalldaten) der ZVM und teilmanuelle Analyse	Zusammenhang von Wetter, Straßenzustand und Unfallkostenrate	AP 4
Wetterabhängige Modellierung des Verkehrsflusses	Definition von Datenstruktur und technischen Schnittstellen für Wetterdaten zu makro- und mikroskopischem Modell  Definition der Behandlung der Wetterdaten in den beiden Modellwelten	Harmonisierte Berücksichtigung der Wetterdaten in makro- und mikroskopischen Verkehrsmodellen	AP2, AP 5, AP 6
Wetterabhängigkeit der Verkehrsprognose	Dynamische Adaptierung der Nachfragematrizen und Kapazitäten innerhalb des Verkehrsmodells	Verbesserung der Grundlagendaten für makroskopisches Verkehrsmodell	AP 5, technische Umsetzung in AP 6

Tabelle 1 Kurzüberblick über angewendete Technologien und Methoden

## 1.5 Kooperation mit Partnern

Das deutsche Projektkonsortium umfasst vier Partner als Repräsentanten der Nutzer- bzw. Erzeugergruppen von modellbasierten wetterabhängigen Verkehrsinformationen:

- Die PTV AG deckt einerseits den Bereich der Datenveredelung von Verkehrsdaten und den Bereich der Auswertung der Daten im Rahmen der Modellwelten ab, bringt aber andererseits auch die Sicht und die umfangreiche Erfahrung als privater Betreiber des BayernInfo-Systems und als namhafter Hersteller von Verkehrssimulationssoftware ein. Als erfahrener Informations-

integrator wird zudem die Realisierbarkeit der erreichten Ergebnisse sicher gestellt.

- ▶ Der Lehrstuhl für Verkehrsplanung und Verkehrsleittechnik der Universität Stuttgart steuert den essentiellen Sachverstand und die akademische Begleitung in allen relevanten Bereichen bei und trägt für die Verbreitung der gewonnenen Erkenntnisse in Forschung und Wissenschaft, zusammen mit den anderen Partnern, Sorge.
- ▶ Die Zentralstelle für Verkehrsmanagement an der Autobahndirektion Südbayern (ABDS/ZVM) als Betreiber der Verkehrssteuerungsanlagen im Untersuchungsgebiet bringt nicht nur die Anforderungen und den Erfahrungsschatz eines Betreibers öffentlicher Straßensysteme ein, sondern auch den Blickwinkel der Verkehrssteuerung und öffentlich betriebener Verkehrsinformationssysteme.
- ▶ Die MickS Meß-, Steuer- u. Regelsysteme GmbH (mickS MSR GmbH) stellt die Sicht des Datenlieferanten dar, liefert die Veredelung von Wetterdaten und unterstützt mit ihrer Expertise die Integration der Daten in die Modellwelten.

Das österreichische Projektkonsortium besteht aus drei Partnern

- ▶ Österreichisches Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal Ges.m.b.H. (AIT Mobility), eine Tochtergesellschaft der AIT Austrian Institute of Technology GmbH, in der sie die beiden AIT Departments Mobility und Energy konstituiert.
- ▶ UBIMET GmbH ist der größte private Anbieter von meteorologischen Dienstleistungen in Österreich
- ▶ Verkehrsverbund Ost-Region (VOR) Ges.m.b.H. ist Verkehrsdienstleister für Wien, Niederösterreich und das Burgenland und hat langjährige Erfahrungen in der Leitung von Forschungsprojekten im Bereich Verkehrstelematik.

---

## 2 Projektmanagement

### 2.1 Problemstellung und Ziel

Dieses Arbeitspaket stellt während der gesamten Projektlaufzeit das begleitende Projektmanagement über sämtliche Arbeitsinhalte sowie die organisatorische und inhaltliche Abstimmung mit den österreichischen Vorhabensteilen und Partnern sicher.

Organisation und Koordination von Terminen und Meetings, ständige Kontrolle hinsichtlich der Einhaltung des zeitlichen und inhaltlichen Projektfortschritts (Milestones) und des finanziellen Rahmens. Dokumentation und Kommunikation (Übermitteln von Berichten, formale und inhaltliche Abstimmung) mit dem Fördergeber. Sicherstellung der Kommunikation und Abstimmung der Berichte zwischen der deutschen und österreichischen Seite. Durch den massiven Einsatz von Webmeeting-Tools können bei einer hohen Meetingfrequenz die physischen Treffen (und somit CO2 Ausstoß des Projektes und Reisekosten aller Partner) auf das Wesentliche beschränkt werden.

Unterstützung der Partner in der Verbreitung der Projektergebnisse durch Mitarbeit bei der Erstellung von Artikeln und Konferenzunterlagen, Erstellung einer Projektwebseite und –broschüre. Abstimmung und gemeinsame Gestaltung der Öffentlichkeitsarbeit des Projektes mit den deutschen und österreichischen Partnern

### 2.2 Begleitendes Projektmanagement

#### 2.2.1 Meetings

Im Rahmen des Projektes wurden die folgenden projektweiten Treffen unter Beteiligung aller Projektpartner durchgeführt:

Datum	Titel	Thema	Ort	Teilnehmer
20.01.2011	Nationales Kick-Off	Meeting zum Projektstart auf deutscher Seite	München	Deutsche Projektpartner
25.02.2011	Internationales Kick-Off Webmeeting	Webmeeting zum Start der Arbeiten auf deutscher und österreichischer Seite (Grund: später Termin für physisches Kick-Off)	Webmeeting	Deutsche und österreichische Projektpartner
18/19.04.2011	Internationales Kick-Off	Physisches Treffen zum Projektstart	Wien	Deutsche und österreichische Projektpartner

---



Datum	Titel	Thema	Ort	Teilnehmer
30.09.2011	Projektvorstellung	Detaillierte Erläuterung des Projektes gegenüber dem Fördermittelgeber	Köln	Fördermittelgeber, deutsche Projektpartner
08.11.2011	Internationales Treffen	Grenzübergreifendes Abstimmungstreffen	München	Deutsche und österreichische Projektpartner
10.05.2012	Internationales Treffen	Darstellung des Projektstands und Abstimmung zwischen den Beteiligten	Wien	Deutsche und österreichische Projektpartner
26.07.2012	Verbundtreffen	Darstellung des Projektstands und Abstimmung zwischen den Beteiligten	Stuttgart	Deutsche und österreichische Projektpartner
12.12.2012	Internationales Treffen	Darstellung des Projektstands und Abstimmung zwischen den Beteiligten	München	Deutsche und österreichische Projektpartner
20.06.2013	Abschlusstreffen	Darstellung der Projektergebnisse	Köln	Deutsche Projektpartner und AIT

Tabelle 2 Projektweite Treffen während der Projektlaufzeit

Die bilateralen Abstimmungen zwischen den Partnern sind, soweit sie im Rahmen von physischen Meetings erfolgten, in der obigen Tabelle nicht erfasst.

Das Projektmanagement bedient sich in intensiver Weise elektronischer Mittel, um die Notwendigkeit von kosten- und zeitintensiven physischen Treffen zu minimieren. Diesbezüglich können nicht alle physischen Termine ersetzt werden. Beispielsweise sind Abstimmungsmeetings zur Diskussion übergreifender oder einer Vielzahl von Themen nicht effizient mit dem Einsatz elektronischer Medien zu ersetzen. Diese Mittel eignen sich aber hervorragend zur (speziell bilateralen) Diskussion spezifischer Punkte.

Hierbei kam parallel zu einer klassischen Telefonkonferenz das NetViewer-System der PTV AG zum Einsatz. Hierdurch lassen sich die Bildschirminhalte der Vortragenden Partner an alle Teilnehmer übertragen, wobei das System eine interaktive Bearbeitung von Dokumenten und Inhalten erlaubt. Diese Technologie kam beispielsweise auch während des Kick-Off Webmeetings mit großem Erfolg zum Einsatz und erfuhr regelmäßigen Einsatz bei der Projektbearbeitung.

## 2.2.2 Binationale Kooperation

Das vorliegende Projekt basiert auf einer binationalen Kooperation zwischen deutschen und österreichischen Projektpartnern, um die relevanten Inhalte ganzheitlich

abzudecken und das vorhandene Wissen und die Erfahrungen aus Vorgängerprojekten bestmöglich zu nutzen.

Inhaltlich wird im Rahmen des österreichischen Partnerprojektes die mikroskopische Modellierung der Auswirkungen von Wetterinformationen bzw. -ereignissen auf das Verkehrsgeschehen bearbeitet, auf deutscher Seite liegt der Fokus auf der makroskopischen Modellsicht.

Die folgende Abbildung zeigt die geplante binationale Kooperation im groben Überblick (entnommen aus dem österreichischen Projektantrag):

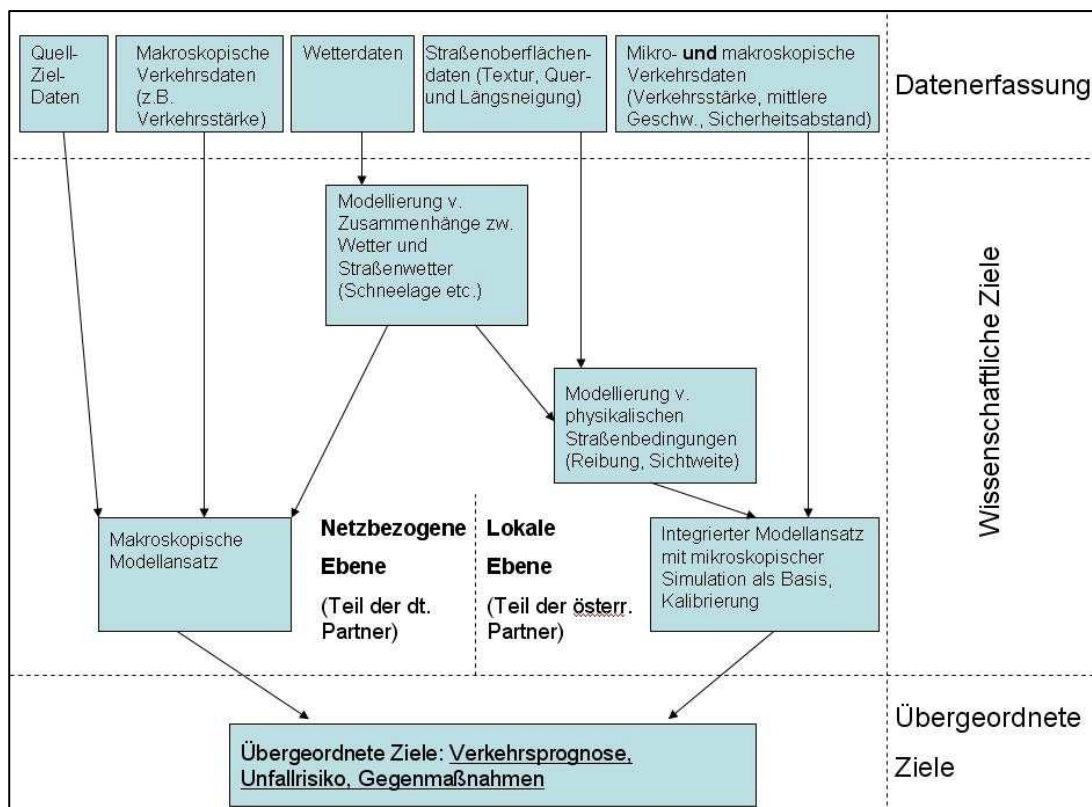


Abbildung 2 Grobübersicht zur internationalen Kooperation aus dem österreichischen Antrag

Beispiele für die mikroskopische Modellsicht sind Verkehrsflussparameter wie die Anhaltesichtweite, der Sicherheitsabstand, die maximale und mittlere Beschleunigung, ggf. differenziert nach Fahrzeugklassen sowie die Abhängigkeit der Parameter von konkreten Wettervariablen, wie z.B. Wasserfilmhöhe, Niederschlagsintensität sowie Eis- und Schneebedeckung. In den makroskopischen Modellen für die freie Strecke sind dagegen die Verkehrsflussparameter freie Geschwindigkeit, kritische Geschwindigkeit (Übergang vom fließenden Verkehr zum stockenden Verkehr), kritische Verkehrsdichte und Nettozeitlücke von Bedeutung. Hier besteht ebenfalls die Abhängigkeit von den oben genannten Wettervariablen. Bindeglied zwischen der mikroskopischen und makroskopischen Modellsicht ist die Verkehrsstärke bzw. Kapazität einer Strecke bzw. eines Querschnittes in Abhängigkeit der Wettersituation. Ziel ist es, die Ergebnisse des mikroskopischen Modells und des makroskopischen Modells bezüglich des Einflusses von Wetterereignissen auf die Kapazität zu

korrelieren. Mit dem mikroskopischen Parameter sollten Verkehrssimulationen durchgeführt werden können, mit deren Hilfe dann die makroskopischen Ergebnisse verifiziert werden können.

Die Arbeiten auf österreichischer Seite verwenden Daten der auf deutscher Seite betrachteten Bundesautobahnen, auf denen somit jeweils die mikroskopischen und makroskopischen Sichten untersucht werden (makroskopisch durch das deutsche, mikroskopisch durch das österreichische Konsortium),

Hierbei ergänzen und unterstützen sich nicht nur die Ansätze gegenseitig, sondern auch die Datenverfügbarkeit, da dem österreichischen Partnerprojekt für österreichische Autobahnen keine Daten vorliegen. Die Daten der deutschen Autobahnabschnitte (Datenverfügbarkeit über VIB/mickKS garantiert) sind daher für die österreichischen Partner von hohem Wert.

Im Rahmen des Projektmanagements (AP 1) wird sichergestellt, dass die Kommunikation zwischen den relevanten Projektpartnern auf beiden Seiten stets reibungs- und verzögerungslos funktioniert, die jeweiligen Berichte zwischen beiden Seiten abgestimmt sind und das Projekt ganzheitlich im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit auftritt.

Während der Spezifikationsphase (AP 2) analysieren beide Seiten den Stand der Technik auf makro- und mikroskopischer Ebene und stimmen die Ergebnisse ab. Hier wird auch eine erste Konzeption der Schnittstellen zwischen makro- und mikroskopischer Modellwelt auf Basis der bereits vorliegenden Ergebnisse durchgeführt, die im Rahmen der Systemimplementierung (AP 6) anhand der in diesem Projekt erarbeiteten Ergebnisse verfeinert wird. Zudem ist der jeweilige Systemaufbau zwischen beiden Seiten abzustimmen.

Um die einfache Übernahme der für dezidierte Abschnitte der bayerischen Autobahnen an das österreichische Partnerprojekt zu übergebenden Daten (hier erfolgt eine mikroskopische Untersuchung durch das österreichische Partnerprojekt, s.o.) zu gewährleisten, wird auch der Aufbau und die Struktur der Messdatenbank zur Aufnahme der Daten (AP 3) zwischen den Projekten abgestimmt.

Die eigentliche Modellentwicklung (AP 5) auf mikro- und makroskopischer Ebene erfolgt durch die jeweiligen Konsortien. Allerdings werden die Projektpartner hier einerseits bezüglich der Verbesserung der Methoden für die Prognose meteorologischer Parameter intensiv zusammenarbeiten, andererseits erfolgt hier auch eine Abstimmung bezüglich der Interpretation der Wetterinformationen in beiden Modellwelten, um harmonisierte Ergebnisse der Berechnungen sicher zu stellen.

Die Projekte ergänzen sich somit sowohl inhaltlich als auch konzeptionell, weshalb eine grenzübergreifende Zusammenarbeit für die beiden Projektkonsortien wünschenswert und sinnvoll ist.

### **2.3 Unterstützung der Verbreitung der Projektergebnisse**

Der Publizierung und Verbreitung von Ergebnissen, die in diesem Projekt erarbeitet wurden, wird ein hoher Stellenwert eingeräumt. So wurden die großen, zum Projektstart bereits bekannten Veranstaltungen im Themenbereich Wetter und Verkehr als Plattformen ausgewählt, um das Projekt und seine Ergebnisse einem breiten Fachpublikum vorzustellen. Zentraler Aspekt ist hierbei, dass das Projekt generell als Gesamtes mit besonderer Würdigung des grenzübergreifendes Aspektes vorgestellt werden soll, auf spezifisch-fachliche Aspekte jedoch durch einzelne Projektpartner v.a. auf dem jeweiligen Fachthemenspektrum fokussierte Veranstaltungen eingegangen wird.

Als zentrale Veranstaltung mit der größten Strahlkraft galt für das Jahr 2012 der ITS World Congress in Wien. Dort wurde ein gemeinsamer deutsch/österreichischer Beitrag präsentiert (Reinthal, 2012).

---

## 3 Spezifikation

### 3.1 Stand der Technik zum Einfluss des Wetters auf das lokale Verkehrsgeschehen

Die VIB-Plattform mit seinem Portal „BayernInfo“ sowie den zugehörigen Apps bietet dem Nutzer eine Vielzahl von Informationen. Im Rahmen dieses Forschungsprojekts sind besonders die wetterabhängigen Anwendungen von Interesse. Dies sind:

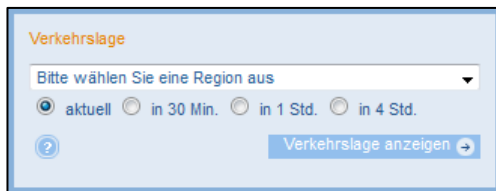
- ▶ Darstellung aktueller Reisezeitverluste auf gängigen Strecken ( Abbildung 3)



Staubarometer	
Strecke	Reisezeitverlust
A3 Nürnberg - Würzburg	+10 min.
A3 Aschaffenburg - Würzburg	+7 min.
A6 Nürnberg - Ansbach	+5 min.
A8 München - Rosenheim	+3 min.

Abbildung 3 Staubarometer der aktuellen VIB-Plattform

- ▶ Darstellung aktueller und zukünftiger Verkehrslagen (Abbildung 4)



Verkehrslage

Bitte wählen Sie eine Region aus

aktuell  in 30 Min.  in 1 Std.  in 4 Std.

Abbildung 4 Auswahl von Verkehrslagen in der aktuellen VIB-Plattform

- ▶ Reiseauskunft im Individualverkehr (s. Abbildung 5)



Reiseauskunft

Start:

Adresse  Haltestelle  POI

Ziel:

Adresse  Haltestelle  POI

Zeit:

Abfahrt  Ankunft

Abbildung 5 Reiseauskunft in der aktuellen VIB-Plattform

Basis für diese Anwendungen sind Verfahren zur Verkehrslageberechnung für aktuelle und zukünftige Zeitpunkte.

#### 3.1.1 Verfahren zur Verkehrslageberechnung

Im Rahmen von VIB finden verschiedene Verfahren ihren Einsatz, die jeweils für unterschiedliche Zeithorizonte optimiert sind. Dies sind:

---

**ASDA/FOTO „aktuelle Verkehrslage“**

- ▶ Berechnung erfolgt jede Minute
- ▶ basiert auf aktuellen Detektorwerten von Messquerschnitten
- ▶ benötigt qualitativ hochwertige Messwerte (welche nur für Teile des bayrischen Autobahnnetzes vorliegen)
- ▶ liefert valide Ergebnisse *für jetzt und die nächsten Minuten*

**ASDA/FOTO „Kurzfristprognose“**

- ▶ Berechnung erfolgt alle 15 Minuten
- ▶ basiert auf der zuletzt berechneten aktuellen Verkehrslage
- ▶ schreibt auf Basis historischer Ganglinien die Detektion fort
- ▶ liefert valide Ergebnisse *für die nächste Stunde*

**MFP-14 „Mittelfristprognose“**

- ▶ Berechnung erfolgt einmal täglich für die nächsten 14 Tage
- ▶ basiert auf Nachfragematrizen (abhängig von Tagestyp, mit Ferienanteil)
- ▶ basiert auf Meldungen (Baustellen und Behinderungen)
- ▶ liefert valide Ergebnisse *für den nächsten Tag bis in 14 Tage*

**DFC „Tagesprognose“**

- ▶ Berechnung erfolgt alle 15 Minuten
- ▶ basiert auf der Mittelfristprognose
- ▶ führt eine Nachberechnung mit Auf- und Abbau von Staus durch
- ▶ liefert valide Ergebnisse *für den aktuellen Tag*

**MFP-365 „Mittelfristprognose“**

- ▶ Berechnung erfolgt bei Bedarf (z.B. nach Meldungseingang / -änderung)
- ▶ basiert auf Nachfragematrizen mit Ferienanteil
- ▶ liefert valide Ergebnisse *für das verbleibende Jahr*

**LFP „Langfristprognose“**

- ▶ wird initial für Tagestypen berechnet
- ▶ liefert valide Ergebnisse für die weitere Zukunft

**3.1.2 Verarbeitung von Wettermeldungen**

Wettermeldungen werden in der bestehenden VIB-Wetterplattform bereitgestellt und im Online-System verarbeitet. Hierbei werden zwei Typen von Wettermeldungen unterschieden:

### Straßenwetter

Dieser Typ von Wettermeldung enthält:

- ▶ einen codierten Gefahrentyp, z.B. „Regen“, „Schneefall“, „Aquaplaning“
- ▶ eine geographische Referenz, z.B. Straßenbezeichnung und Polygonzug
- ▶ eine textuelle Beschreibung der Gefahr

Diese Wettermeldung hat *keinen Effekt* auf eine Reisezeitberechnung, sondern wird nur in der Oberfläche dargestellt (Abbildung 6).



Abbildung 6 Darstellung „Straßenwetter“ in der aktuellen VIB-Plattform

### Flächenwetter

Dieser Typ von Wettermeldung enthält:

- ▶ einen Wetterzustand, z.B. „Nebel“, „Sturm“, „Schneetreiben“
- ▶ eine geographische Referenz, z.B. Landkreis

Auch eine derartige Wettermeldung hat *keinen Effekt* und wird nur in der Oberfläche dargestellt (Abbildung 7).

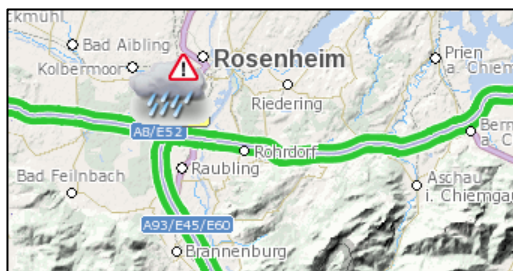


Abbildung 7 Darstellung „Flächenwetter“ in der aktuellen VIB-Plattform

### 3.1.3 Systemaufbau

Das aktuelle VIB-System besteht im Wesentlichen aus drei Komponenten, die im Rahmen des Projektes betrachtet bzw. erweitert werden müssen. Eine Systemübersicht ist in Abbildung 8 dargestellt.

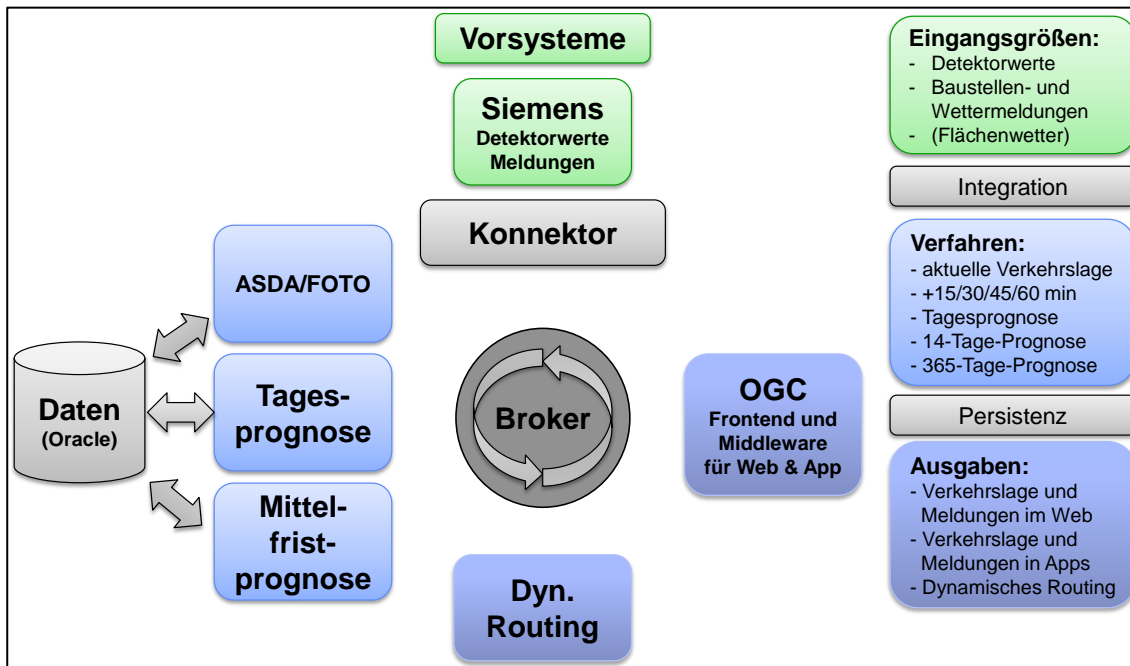


Abbildung 8 Systemaufbau der aktuellen VIB-Plattform

### Vorsysteme

Basis für das Gesamtsystem bilden die von den Vorsystemen bereitgestellten Eingangsgrößen:

- ▶ Detektorwerte der Messquerschnitte auf Autobahnen
- ▶ Baustellen und Wettermeldungen mit Eventcodes, die als Einschränkungen auf Streckenabschnitten interpretiert werden können
- ▶ Flächenwetter

Zusätzlich steht ein Verkehrsmodell mit Nachfragematrizen (speziell für jeden Tag aufbereitet) zur Verfügung.

### Backend-Prozesse

Diese Informationen werden im Backend-System weiterverarbeitet:

- ▶ Detektorwerte werden validiert und aufbereitet der Berechnungs-Engine für die aktuelle Verkehrslage (aka „ASDA/FOTO“) bereitgestellt.
- ▶ Meldungen werden validiert und interpretiert (u.a. erfolgt eine Zuordnung von EventCodes zu Streckenauswirkungen). Sie werden an die Prognoseberechnung weitergeleitet und dort verarbeitet.
- ▶ Diverse Prozesse ermitteln Verkehrslage und Prognose für den Zeithorizont von „aktuell“ bis „in 365 Tagen“.
- ▶ Alle ermittelten Ergebnisse werden zu Ganmlinien zusammengefasst, die die Basis für das dynamische Routing bilden.



## Visualisierung

Für den Nutzer des BayernInfo-Portals / der BayernInfo-Apps stehen dann folgende Dienste zur Verfügung:

- ▶ Darstellung der Verkehrslage zu jedem gewünschten Zeitpunkt (stundenfein)
- ▶ Darstellung von Baustellen und Verkehrsbehinderungen aktuell und in der Zukunft
- ▶ Berechnung eines Routings unter Berücksichtigung der Verkehrslage und Baustellen-/Störungssituation des gewünschten Zeitraums

## 3.2 Vorbereitung des Systemaufbaus

### 3.2.1 Räumliche Eingrenzung

Neben den Randbedingungen der Projektpartner ergaben sich aus der Prämisse, dass das Forschungsprojekt auf Basis eines modifizierten bzw. erweiterten VIB-Systems umgesetzt werden sollte, weitere Einschränkungen bezüglich der räumlichen Eingrenzung des Forschungssystems. Diese beruhen vor allem auf den eingeschränkten Möglichkeiten zur Validierung der Ergebnisse.

#### Validierung an Messquerschnitten

Die beste Möglichkeit zur Validierung bzw. Kalibrierung ergibt sich bei Vergleich der durch die WOLKE-Modifikationen ermittelten Prognosen mit den real ermittelten Daten an den vorhandenen Messquerschnitten. Abbildung 9 zeigt alle im aktuellen VIB-System vorhandenen Zählstellen.

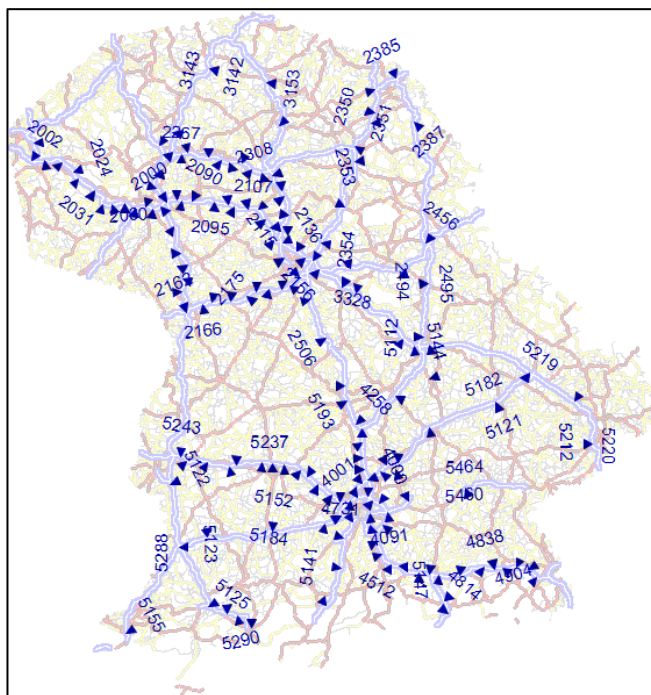


Abbildung 9 Messquerschnitte in Bayern

### Validierung an aktuell berechneter Verkehrslage (aus ASDA/FOTO)

Bei der geringen Anzahl an Messquerschnitten ist es notwendig, auch an den dazwischenliegenden Strecken Vergleiche durchführen zu können. Durch das ASDA/FOTO-Verfahren (Automatische Staudynamikanalyse / Forecasting of Traffic Objects) liefert das VIB-System an einer größeren Anzahl von Autobahnstrecken verlässliche Vergleichswerte. Abbildung 10 zeigt die aktuell durch ASDA/FOTO abgedeckten Strecken.



Abbildung 10 ASDA/FOTO-Strecken in Bayern

### Gemeinsam festgelegter räumlicher Betrachtungsbereich

Auf Grund aller von den Partnern gelieferten Kriterien wurden schließlich die in Abbildung 11 dargestellten Streckenabschnitte für das Forschungsprojekt als Betrachtungsbereich festgelegt.

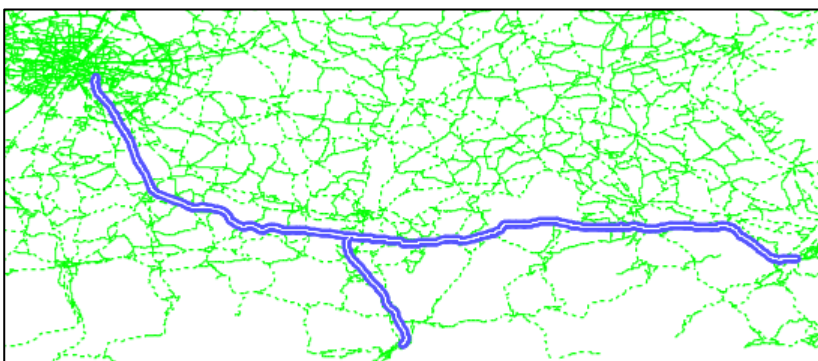


Abbildung 11 relevante Streckenabschnitte im VISUM-Netz

### 3.2.2 Definition potentiell relevanter Anwendungsszenarien

Die Anwendungsszenarien im makroskopischen Bereich liegen bei der Reise- und Transportplanung, wie bereits in den Antragsdokumenten ausführlich beschrieben. Als Parameter, die für eine Modifikation in Frage kommen, stehen die Kapazität eines Streckenabschnittes, die Geschwindigkeit sowie potentiell andere Methoden bzw. Parameter in Frage. Letztere können sich aus der Harmonisierung von makro- und mikroskopischen Modellergebnissen ergeben.

Neben der räumlichen Eingrenzung mussten auch die relevanten Anwendungsszenarien festgelegt werden. Wie in den Antragsdokumenten ausführlich beschrieben, liegen diese vor allem in der Reise- und Transportplanung. Die hierbei für eine Modifikation in Frage kommenden Parameter sind:

- ▶ die Kapazität eines Streckenabschnittes,
- ▶ die Geschwindigkeit auf einem Streckenabschnitt,
- ▶ die Nachfrage zwischen verschiedenen Gebieten
- ▶ sowie potentiell andere Methoden bzw. Parameter

Welche der im Rahmen des aktuellen VIB-Systems eingesetzten Verfahren eine entsprechende Modifikation erlauben, ist im Folgenden dargestellt.

### 3.2.3 Einsetzbare Verfahren

Die Verfahren **ASDA/FOTO**, „**aktuelle Verkehrslage**“ und „**Kurzfristprognose**“ basieren auf einem geschlossenen Verfahren, welches keine Modifikation von Streckenattributen erlaubt. Wetterabhängige Nachfrageänderungen können nicht in die Berechnung eingehen, da nur Detektorwerten Berücksichtigung finden. Die bei der Kurzfristprognose verwendeten historischen Ganglinien wiederum basieren auf einer Mittelwertbildung über die vergangenen Monate, so dass hiermit nur eine Prognose für ein „Durchschnittswetter“ möglich wäre.

Die Verfahren **MFP-365** „**Mittelfristprognose**“ und **LFP** „**Langfristprognose**“ böten generell die Möglichkeit von Modifikationen, sind aber auf Grund Ihres Zeithorizonts (in 14 Tagen und später) außerhalb des Zeitfensters valider Wettervorhersagen. Sie können somit auch nicht verwendet werden.

Das Verfahren **MFP-14** „**Mittelfristprognose**“ rechnet jedoch in einem nahen Zeithorizont und ermöglicht außerdem die Modifikation von Streckenattributen, da für jede Strecke im VISUM-Netz eine Reduktion von Kapazität und Freifahrtgeschwindigkeit vorgenommen werden kann. Zusätzlich kann eine Nachfrageänderung vorgenommen werden, in dem die aktuell verwendeten Nachfragematrizen (abhängig von Tagestyp, mit Ferienanteil) durch wetterabhängige Matrizen ersetzt werden.

Das Verfahren **DFC** „**Tagesprognose**“ ist wiederum ein geschlossenes Verfahren, welches nicht (wetterabhängig) modifizierbar ist. Da es eine Nachberechnung einer (ggf. wetterbeeinflussten) Mittelfristprognose durchführt, würde es aber im Produktivbetrieb Einsatz finden. Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wurde jedoch

vereinbart, keine solche Nachberechnung durchzuführen, da die notwendige Kalibrierung der MFP-14 mit den Ursprungsergebnissen besser durchzuführen ist.

### 3.2.4 Konzeptioneller Aufbau des VIB Testsystems

Die unten stehende Abbildung zeigt den vereinfachten funktionalen Aufbau des Systems der Verkehrsinformationsagentur Bayern (VIB) mit Fokus auf die für dieses Projekt relevanten Funktionen.

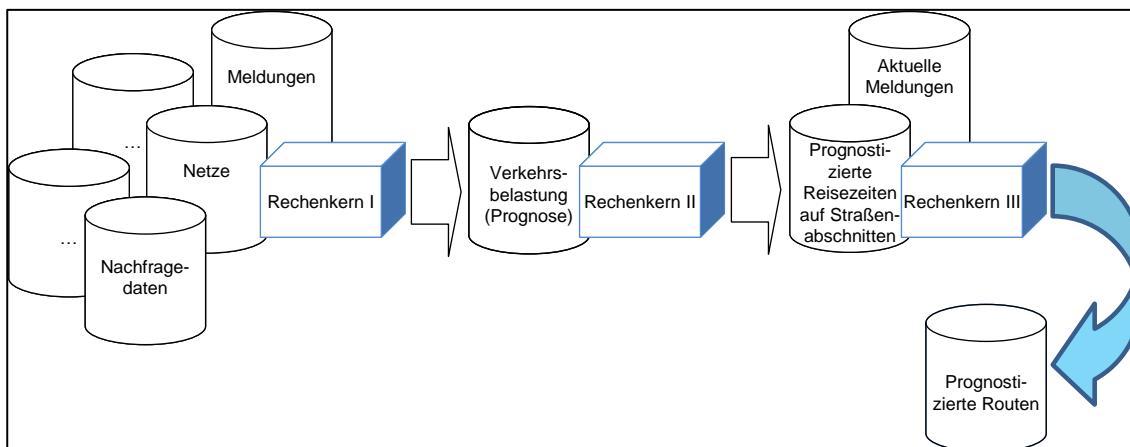


Abbildung 12 Schematisch-funktionaler Systemaufbau des VIB Systems

Hierbei werden im Rahmen eines Probebetriebes die auf Basis der durch Wetterzustände veränderten makroskopischen Verhältnisse neue Nachfragematrizen eingelesen sowie die kapazitiven Auswirkungen berücksichtigt.

Zunächst werden die wetterangepassten Matrizen zum Beginn der Prozesskette eingelesen (blau markiertes Modul in Abbildung 13).

Aufgrund der vollständigen Integration in die Prozesskette werden die Daten im Rahmen der Verkehrssimulation, welche die Verkehrsbelastungswerte für mittel- und langfristige Vorhersagen errechnet, vollumfänglich berücksichtigt.

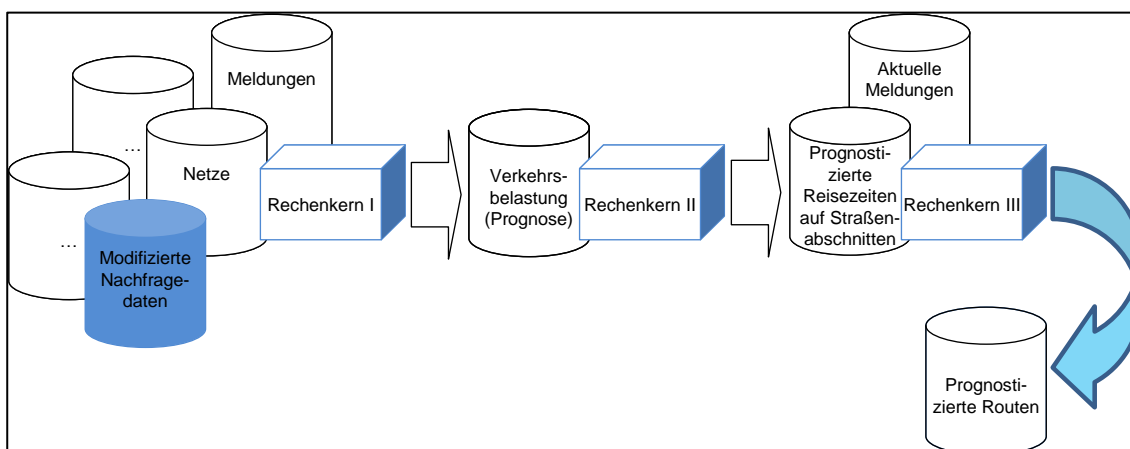


Abbildung 13 Modul zur Integration von Nachfragedaten im VIB Testsystem

Für die Berücksichtigung der kapazitiven Einschränkungen auf dezidierten Streckenabschnitten bzw. in bestimmten, räumlich definierten Bereichen können entsprechende

Meldungen generiert werden (was eine große Zahl von Meldungen bei flächigem Wetter – eine je betroffenen Streckenabschnitt – zur Folge hat), die Netzgrundlagen selbst oder aber die Rechenoperationen angepasst werden, wie in der unten stehenden Abbildung blau gepunktet dargestellt.

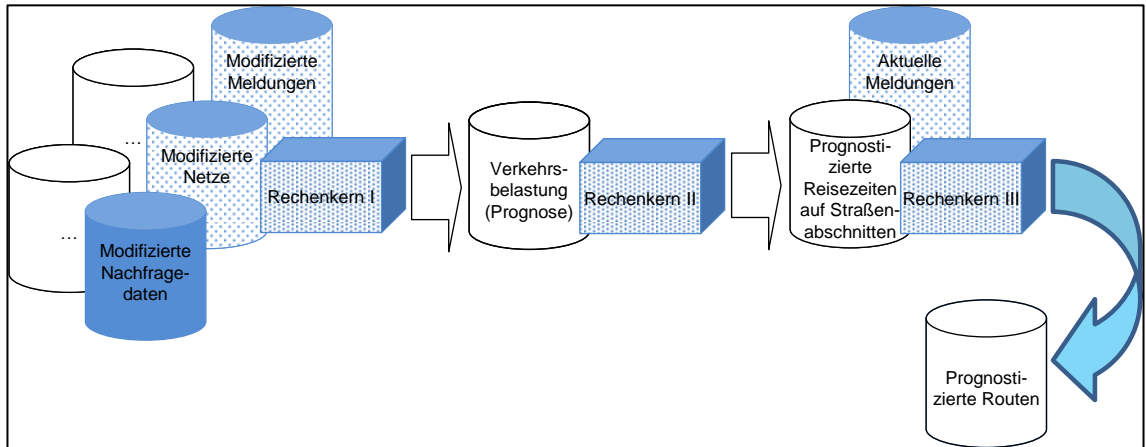


Abbildung 14 Mögliche Module zur Integration von Kapazitätseinschränkungen im VIB Testsystem

Die zum Einsatz kommenden Module wurden im Spiegelsystem mit geeigneten Schnittstellen ausgerüstet sowie technisch modifiziert, um die zusätzlichen Informationen verarbeiten und nutzen zu können. Abbildung 15 zeigt den Aufbau des um die WOLKE-Funktionalität (in blau dargestellt) erweiterten VIB-Systems, wobei die unverändert betriebenen Komponenten in grau dargestellt sind.

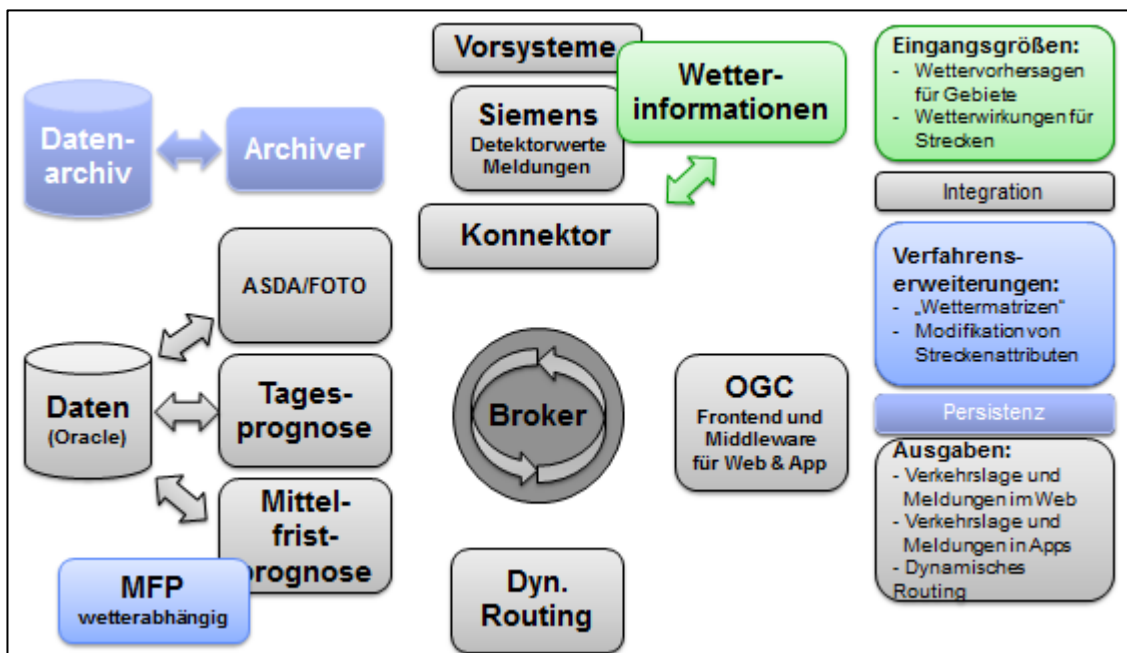


Abbildung 15 Systemaufbau der WOLKE-Plattform

Die technische Realisierung des Testsystems erfolgt über eine Vielzahl von dezidierten Serverkomponenten, die parallel zum operativen Live-System implementiert sind. Die

Rechenprozesse laufen hierbei geclustert in Prozessketten, ähnlich wie in der oben abgebildeten Skizze.

### 3.2.5 Systemaufbau zur wetterabhängigen Verkehrsnachfrageberechnung

Die wetterabhängigen Nachfragematrizen werden aufgrund der Prognose überregionaler Wetterlage aus der Wetterplattform und der Nachfragematrizen aus der Langfristprognose der VIB erzeugt. Ein schematischer Überblick ist in Abbildung 16 enthalten.

Es wird davon ausgegangen, dass die stundenfeinen Nachfragematrizen einen wetterabhängigen Anteil enthalten, der größtenteils durch Freizeitfahrten erzeugt wird. Je nach Wochentag und Tageszeit schwankt dieser Wert. Aus den gegebenen Stundenmatrizen wird dieser Anteil in Abhängigkeit von Tagart und Uhrzeit abgespalten und unter Berücksichtigung des Wetters neu berechnet. Weiter wird davon ausgegangen, dass sowohl die Erzeugung der Wege als die Zielwahl vom Wetter beeinflusst werden. Die hierfür benötigten Korrekturfaktoren werden in den folgenden Arbeitspaketen bestimmt.

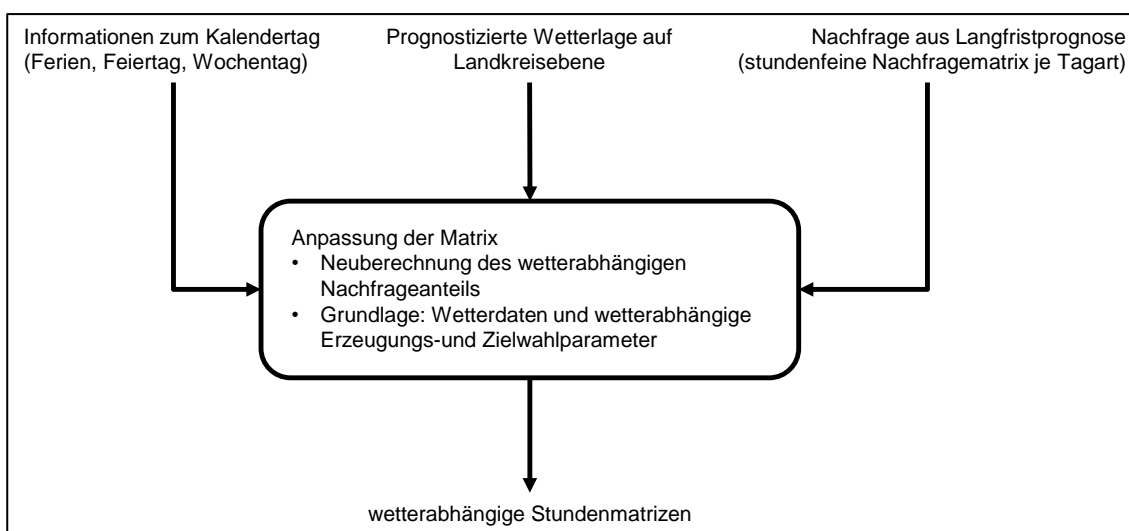


Abbildung 16 Systemaufbau zur Erzeugung der wetterabhängigen Verkehrsnachfrage

---

## 4 Datenerfassung

### 4.1 Datenaufbereitung

Zusammen mit der ZVM stellte die PTV AG Daten zur Verkehrslage sowie weitere Grundlagendaten auf den Strecken des Testgebietes (Abbildung 17) zur Verfügung. Diese umfassten u.a.



Abbildung 17 Demonstrationsgebiet auf deutscher Seite (Quelle: Google Maps)

► **Netzdaten:**

Hierzu wurden die für den Untersuchungszeitraum (2008-2011) relevanten Straßennetze im VISUM Format verfügbar gemacht.

► **Eingangsdaten:**

Alle in das VIB-System einlaufenden relevanten Daten wurden aufgezeichnet. Dies waren die Detektordaten (der betrachteten Streckenabschnitte) und die Verkehrsmeldungen.

► **Modelldaten:**

Die mit ASDA/FOTO berechneten Kenngrößen (Geschwindigkeit und Belastung) wurden bereitgestellt.

Das der VIB-Verkehrsprognose MFP zugrunde liegende Verkehrsmodell stellte sich als nicht ideal für die Projektzwecke heraus. Deshalb wurde eine Aufbereitung und Aktualisierung durchgeführt, die erlaubt, Fahrtzwecke (insbesondere Freizeit) stärker

---

zu differenzieren. Trotz dieser Änderungen konnten Netzgrundlage und Basis der Nachfragemodellierung beibehalten werden, so dass ein Vergleich der Berechnungsergebnisse von VIB-Livesystem und WOLKE-Testsystem weiterhin möglich blieben.

Die Modelldaten wurden an das IVV der Universität Stuttgart ausgeliefert, damit dort die Wetterabhängigkeit der Verkehrsnachfrage, die insbesondere Freizeitverkehre betrifft, modelliert werden konnte. Weiterhin wurde evaluiert, inwieweit die Ferienabhängigkeit der Nachfrage in der VIB ebenfalls für WOLKE eine Rolle spielt. Da in den empirischen Daten aus den ANPR-Aufzeichnungen Ferienfahrten einen signifikanten Effekt darstellten, wurde in Abstimmung mit dem IVV geprüft, wie und in welcher Form die ferienabhängige Nachfrage der VIB für den Aufzeichnungszeitraum bereitgestellt werden kann und wie ferienabhängige Nachfrage im Test-/Evaluationszeitraum im WOLKE-System behandelt werden muss.

## 4.2 Versorgung mit neuen Wetterinformationen

Im Rahmen des Forschungsprojekts WOLKE wurde durch den Projektpartner mickS die Wetterplattform der VIB erweitert (Abbildung 18).

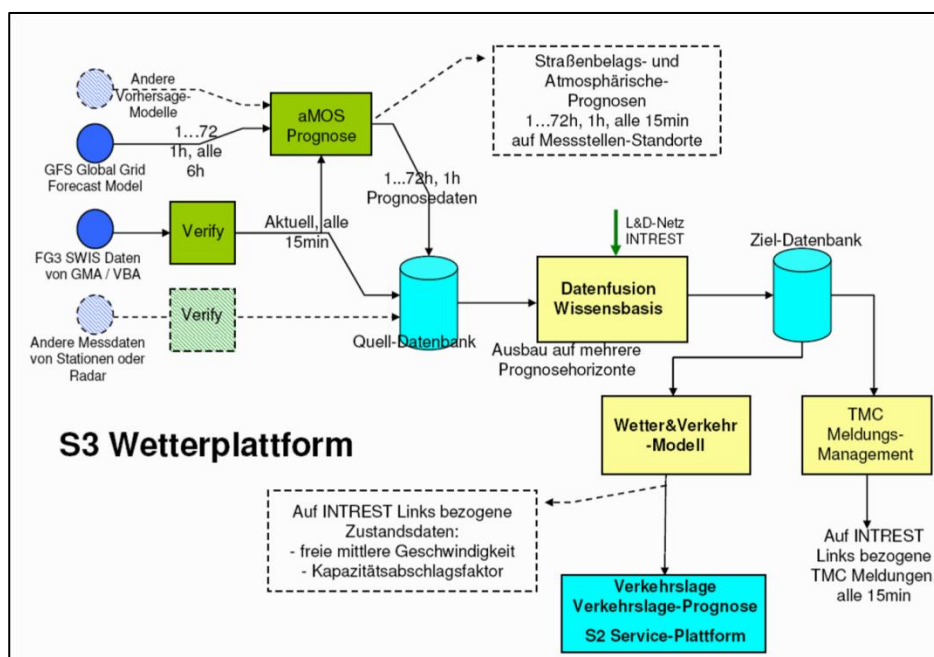


Abbildung 18 Wetterplattform in der Messdatenbank

Damit konnten zwei neue Kategorien von Wetterinformationen zur Verfügung gestellt werden.

### Wettervorhersagen für Gebiete

Die gebietsweiten Wettervorhersagen werden benötigt für die wetterabhängige regionalisierte Nachfragemodifikation und enthält folgende Informationen

- ▶ Wetterklasse Nachfrage
  - ▶ Wetterklasse 1: Topwetter



- ▶ Wetterklasse 2: Mittelwetter
- ▶ Wetterklasse 3: Schlechtwetter
- ▶ Wetterklasse 4: Schnee
- ▶ Gebietszuordnung
  - ▶ München-Stadt
  - ▶ Kufstein
  - ▶ Salzburg
- ▶ Meta-Informationen
  - ▶ Gültigkeit

Abbildung 19 zeigt, wie eine entsprechende Meldung geliefert wird.

```
GenerationTime: 2012-12-31 12:00:00
ValidityTime: 2012-12-31 15:00:00
ExpirationTime: 2013-01-01 15:00:00
NoOfItems: 3
TDAreaID;NameOfTDArea;TDWeatherClass
10865;München-Stadt;1
AT003;Kufstein;1
AT006;Salzburg;1
```

Abbildung 19 exemplarische Meldung zur Wettervorhersage für Gebiete

### **Wetterwirkungen für Strecken**

Witterungsbezogene Streckendaten sind erforderlich zur Anpassung der Streckenparameter bei der Ermittlung der Verkehrslage und Verkehrsprognose und umfasst im Einzelnen

- ▶ Wetterklasse streckenabhängig (vgl. Tabelle 3 unten)
  - ▶ Wetterklasse 1: trocken
  - ▶ ...
  - ▶ Wetterklasse 10: Schnee
- ▶ Auswirkung streckenabhängig
  - ▶ Freie Geschwindigkeit
  - ▶ Kapazitätsreduktion
- ▶ Streckenzuordnung
  - ▶ Link-ID des LuD-Netzes
- ▶ Meta-Informationen
  - ▶ Gültigkeit

Abbildung 20 zeigt, wie eine entsprechende Meldung geliefert wird.

```

GenerationTime: 2013-01-01 18:00:00
ValidityTime: 2013-01-02 03:00:00
ExpirationTime: 2013-01-02 06:00:00
NoOfItems: 904
LDLinkID;StreetNo;StreetName;WeatherClass;AvFreeSpeed;CapacityRed;AvNettTG
2527;A93 | E45 | E60;;4;85;-15;2441
2527;A93 | E45 | E60;;4;85;-15;2441

```

Abbildung 20 exemplarische Meldung für Wetterwirkungen für Strecken

Für die Versorgung des WOLKE-Systems einigte man sich auf ein (teilweise zweistufiges) Übertragungsverfahren: micKS stellt die Daten in textueller Form auf dem ftp-Server der PTV AG zur Verfügung, während eine PTV-Komponente diese Daten in eine (Standard-)Meldung umwandelt, so dass die Wetterwirkung für Strecken identisch wie jede andere Einschränkung (wie z.B. durch eine Baustellenmeldung) behandelt werden kann.

### 4.3 Aufbau und Versorgung einer Messdatenbank

#### Aufbau einer Messdatenbank

In einem ersten Schritt erfolgte gemeinsam mit den österreichischen Projektpartnern eine Abstimmung der Datenbankstrukturen (Abbildung 21) zur Schaffung eines harmonisierten Datenbestandes.

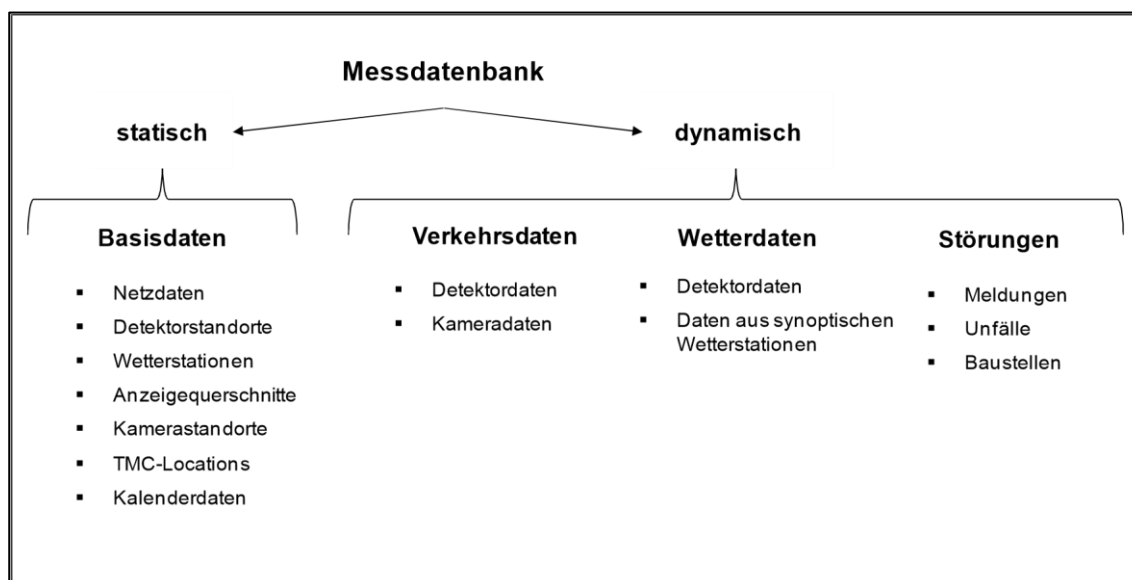


Abbildung 21 Struktur der Messdatenbank

Um als Basis für Kalibrierung und Evaluierung genutzt werden zu können, müssen alle relevanten Verkehrs- und Wetterdaten aus den Quellen von ZVM und micKS in die Messdatenbank übernommen und aufgezeichnet werden. Zusätzlich mussten die Ergebnisse der Berechnung der aktuellen Verkehrslage aus ASDA/FOTO für weitere Auswertungen archiviert werden.

In Zusammenarbeit mit den Projektpartnern wurde das Schema der Messdatenbank erstellt. Die PTV AG setzte dieses in einer PostgreSQL-Instanz um, die zur Sicherstellung der Verfügbarkeit in einer virtuellen Umgebung auf einem FibreChannel-RAID betrieben wurde. Da die im Laufe des Projektes archivierten umfangreichen Datenmengen eine Auswertung direkt auf der Datenbank stark verlangsamten bzw. nahezu unmöglich machten, wurden Exportskripte aufgesetzt, die die Daten jeweils eines Tags als externe Datei im Access-Format erstellen, die den Projektpartnern zur Auswertung zur Verfügung gestellt werden konnte. Im Folgenden sind Ausschnitte der archivierten Daten dargestellt.

**Archivierung der Daten des VIB-Livesystems:**

- ▶ Zählwerte der Detektoren (Verkehrsmenge, Geschwindigkeit und Belegung) mit aktuellem Detektorstatus

time_stamp	detector_id	status	q_veh	q_hgv	v_car	v_hgv	v_veh	occ
27.02.2013 07:42:00	40422	1	2380	0	84	97	92	20
27.02.2013 07:42:00	46992	1	1060	0	93	0	93	11
27.02.2013 07:42:00	43141	1	900	540	88	83	82	10
27.02.2013 07:42:00	46993	1	700	0	120	0	120	1
27.02.2013 07:42:00	45282	1	780	0	126	114	124	2

- ▶ Meldungen, die zum jeweiligen Zeitpunkt aktiv im System betrachtet wurden

vlinkids	text	createtime	eventcode
783179272;111004271;110541868#783179272;	A92 München Richtung Deggendorf stc	21.11.2012 09:28:30	109
586881525;111194272;110588436#586881525;	A9 Nürnberg Richtung München Stau, z	20.11.2012 18:46:44	103
576296684;110386886;110911892#554344906;	A9 Von Nuernberg in Richtung Halle/Le	21.11.2012 07:41:19	815
52819290;110260809;110450147#52819290;11	A8 München Richtung Stuttgart Stau, z	21.11.2012 07:24:09	102
554348272;110534871;110534872#773223731;	A8 Salzburg Richtung München, Zwisch	21.11.2012 01:30:04	394

- ▶ Berechnete aktuelle Verkehrslage aus ASDA/FOTO ( $v_{veh}$ ,  $q_{veh}$ ) incl. Referenzwerte ( $v_{max}$ ,  $q_{max}$ ) und Netzbezug (FromNode, ToNode und LinkID)

time_stamp	vlink	fromnode	tonode	v_veh	q_veh	v_max	q_max	acc
27.02.2013 07:31:00	554348133	1184756	1210377	94	1200	140	3000	60
27.02.2013 07:31:00	554348136	612795	592328	100	1200	120	3000	60
27.02.2013 07:31:00	554348227	906860	486673	102	1560	140	3000	60
27.02.2013 07:31:00	554348233	842215	842214	108	1440	140	3000	60
27.02.2013 07:31:00	554348254	522666	522665	121	468	140	3000	60

- ▶ Berechnete Prognosewerte ( $v_{veh}$ ,  $q_{veh}$ ,  $t_{travel}$  und LOS) mit Netzbezug (FromNode und LinkID)

time_sta	vlink	fromnc	v_veh	q_veh	ttime	llos	valid_fron	valid_to
06.12.2012	67618391	461603	133;135;135;135;	709;628;590;61	3;3;3;3;3;3;	0;0;0;0;0;0;	06.12.2012	07.12.2012
06.12.2012	67618393	457073	133;135;135;135;	709;628;590;61	6;6;6;6;6;6;	0;0;0;0;0;0;	06.12.2012	07.12.2012
06.12.2012	67619225	517263	136;137;137;138;	539;494;497;43	28;28;28;28	0;0;0;0;0;0;	06.12.2012	07.12.2012
06.12.2012	67619226	517262	136;137;137;138;	539;494;497;43	7;7;7;7;7;7;	0;0;0;0;0;0;	06.12.2012	07.12.2012
06.12.2012	79594829	418514	137;137;137;138;	497;468;494;43	4;4;4;4;4;4;	0;0;0;0;0;0;	06.12.2012	07.12.2012

### Archivierung der Daten des WOLKE-Systems:

- Wetterwirkungen für Strecken (die zu Kapazitätsänderungen auf einzelnen Streckenabschnitten führen)

linkid	roadnumber	roadname	weatherclass	avfreespeed	capacityred	avnetttg
2527		A93   E45   E60	1	140	100	2075
2900		A8	1	140	0	2075
4465		A8   E52   E60	3	65	100	2530
4739		A8   E45   E52	1	140	100	2075
4885		A8   E52   E60	3	65	-18	2530

- Wettervorhersagen für Gebiete (die zur Auswahl unterschiedlicher Nachfrage-matrizen führen)

createtime	usedfile	lastmodtime
19.11.2012 12:08:04	111	28.11.2012 10:38:53
19.11.2012 12:08:04	111	28.11.2012 10:40:24
19.11.2012 12:08:04	111	28.11.2012 10:46:43
19.11.2012 12:08:04	111	28.11.2012 10:52:26
19.11.2012 12:08:04	111	28.11.2012 11:11:12

- Berechnete Prognosewerte ( $v_{veh}$ ,  $q_{veh}$ ,  $t_{travel}$  und LOS) mit Netzbezug (FromNode und LinkID)

time_sta	vlink	fromnc	v_veh	q_veh	ttime	llos	valid_fron	valid_to
06.12.2012	67618391	461603	134;135;136;136;	795;641;535;55	3;3;3;3;3;3;	0;0;0;0;0;0;	06.12.2012	07.12.2012
06.12.2012	67618393	457073	134;135;136;136;	709;628;590;61	6;6;6;6;6;6;	0;0;0;0;0;0;	06.12.2012	07.12.2012
06.12.2012	67619225	517263	134;133;135;136;	497;468;494;43	27;27;28;28	0;0;0;0;0;0;	06.12.2012	07.12.2012
06.12.2012	67619226	517262	137;136;135;138;	523;504;496;42	7;7;7;7;7;7;	0;0;0;0;0;0;	06.12.2012	07.12.2012
06.12.2012	79594829	418514	136;138;138;137;	494;412;364;33	4;4;4;4;4;4;	0;0;0;0;0;0;	06.12.2012	07.12.2012

---

## **5 Datenanalyse**

Im Rahmen der Datenanalyse hat die PTV an der Analyse, Aufbereitung, Identifikation und Auswertung von relevanten verkehrlichen Daten zur Korrelation mit den Wetterdaten unterstützend mitgewirkt.

## 6 Modellentwicklung

### 6.1 Entwicklung und Verbesserung von Methoden für die Prognose der Kapazität

Im Rahmen der Arbeiten an den Arbeitspaketen zur Datenerfassung und Datenanalyse konnte gezeigt werden, in welchem Maße das Wetter die Kapazität und die freie Geschwindigkeit auf Streckenabschnitten beeinflusst. Aus den zur Verfügung stehenden Daten konnten Parameter der Veränderung abgeleitet werden. In Tabelle 3 werden exemplarisch die Ergebnisse für einen Messquerschnitt dargestellt.

#	Wetterklasse	NSA	NSI [mm/h]	FT [°C]	FBT [°C]	Ausgangs- geschwindigkeit [km/h]	Kapazitäts- reduktion (Kfz/h)
1	Trocken	kein	= 0	*	*	140	0%
2	Nass_mRE	Regen	< 0.5	>= 0	> -2	97	0%
3	Glaette_mRE	Regen	< 0.5	>= 0	<= -2	65	18%
4	Nass_sRE	Regen	>= 0.5	>= 0	> -2	85	15%
5	Matsch_mSCH	Schnee	< 0.5	< 0	> -2	97	3%
6	Schnee_mSCH	Schnee	< 0.5	< 0	<= -2	85	15%
7	Matsch_sSCHm	Schnee	0.5...3.5	< 0	> -2	60	40%
8	Schnee_sSCHm	Schnee	0.5...3.5	< 0	<= -2	46	15%
9	Matsch_ssSCHm	Schnee	>= 3.5	< 0	> -2	46	54%
10	Schnee_ssSCHm	Schnee	>= 3.5	< 0	<= -2	43	57%

NSA Niederschlagsart

NSI Niederschlagsintensität

FT Feuchttemperatur Ist diejenige Temperatur, welches ein Niederschlagspartikel annimmt, wenn es durch die Atmosphäre fällt

FBT Temperatur der Oberfläche der Fahrbahn

Tabelle 3 Parameter der Wetterklassen in WOLKE

Quelle: Tabellen 18 und 36 in (Schedler, 2014)

Allerdings lassen sich die Ergebnisse dieser verkehrstechnischen Betrachtungen nicht ohne weiteres in den makroskopisch orientierten Bereich der netzweiten Modellierung des Verkehrs, wie sie für eine Darstellung und Prognose der Verkehrslage beispielsweise in BayernInfo erforderlich ist, übertragen. Die Ausprägung der verwendeten Kenngrößen unterscheidet sich grundsätzlich im Bereich, in dem die beobachtete Verkehrsstärke in der Nähe der Streckenleistungsfähigkeit liegt. In der Darstellung des Fundamentaldiagramms kann die Verkehrsstärke nicht über der Leistungsfähigkeit einer Strecke, der Sättigungsverkehrsstärke, liegen. Bei der Modellierung der Verkehrswegwahl ist es hingegen angebracht, Streckenüberlastungen zuzulassen.

Dementsprechend weisen die im Modell eingesetzten Capacity-Restraint-Funktionen zur Beschreibung des Zusammenhangs zwischen Verkehrsstärke und Geschwindigkeit eine andere Charakteristik auf (Abbildung 22). Die makroskopisch modellierte Verkehrsstärke kann theoretisch unbegrenzt wachsen; tatsächlich sorgt die stetig abnehmende Geschwindigkeit für ihre faktische Begrenzung.

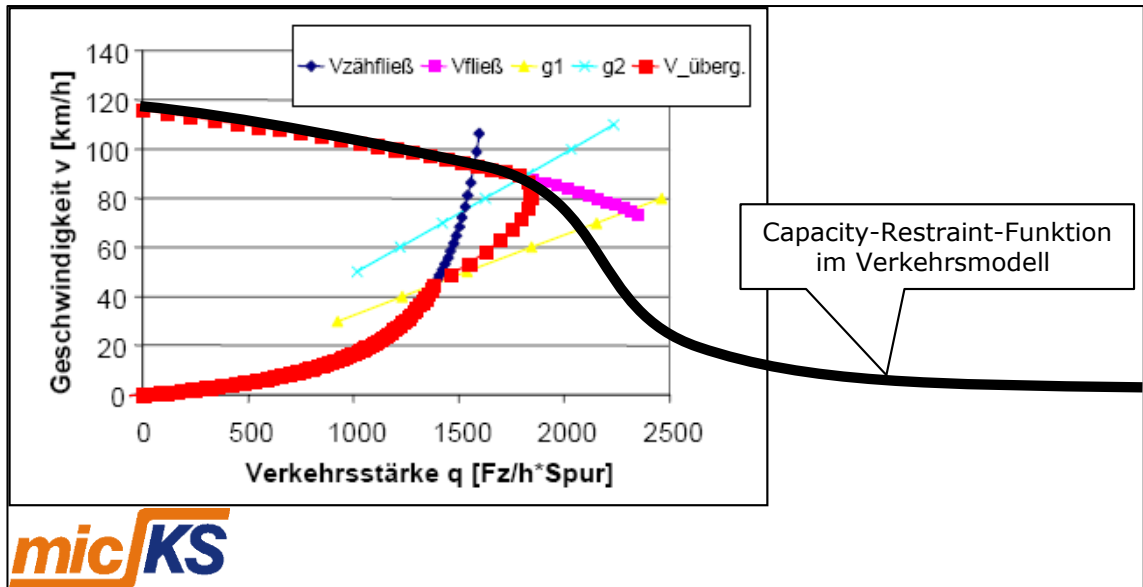


Abbildung 22 Fundamentaldiagramm und Capacity-Restraint-Funktion – Prinzip

Davon abgesehen sind aber die beiden Kenngrößen Ausgangsgeschwindigkeit (= freie Geschwindigkeit) und Kapazität wichtige Parameter der Capacity-Restraint-Funktion und können somit bei der Modellierung als Variablen eingesetzt werden.

Mit einem Excel-basierten Tool wurden eine Reihe von unterschiedlichen Ansätzen von CR-Funktionen untersucht und auf ihre Eignung im Rahmen dieses Vorhabens geprüft. Damit sollten zwei Fragen beantwortet werden:

- ▶ Wie wirken sich die aus den Analysen abgeleiteten Änderungen der Ausgangsgeschwindigkeit und der Kapazität aus?
- ▶ Wie weit sind die Verläufe der bei den Berechnungen der VIB eingesetzten Capacity-Restraint-Funktionen mit den lokal ermittelten Fundamentaldiagramm-Kurven vergleichbar?

Abbildung 23 zeigt in Beantwortung der ersten Frage als Beispiel die Veränderung der Geschwindigkeiten als Funktion der Verkehrsstärke im Vergleich zwischen dem Normalzustand

$$f-0 \text{ mit } v_{0-0} = 120 \text{ km/h und } q_{0-0} = 1800 \text{ Kfz/(h, Fahrstreifen)}$$

und einer Änderung auf den wetterbedingten Zustand

$$f-w \text{ mit } v_{0-w} = 110 \text{ km/h und } q_{0-w} = 0.8 q_{0-0} = 1440 \text{ Kfz/(h, Fahrstreifen)}$$

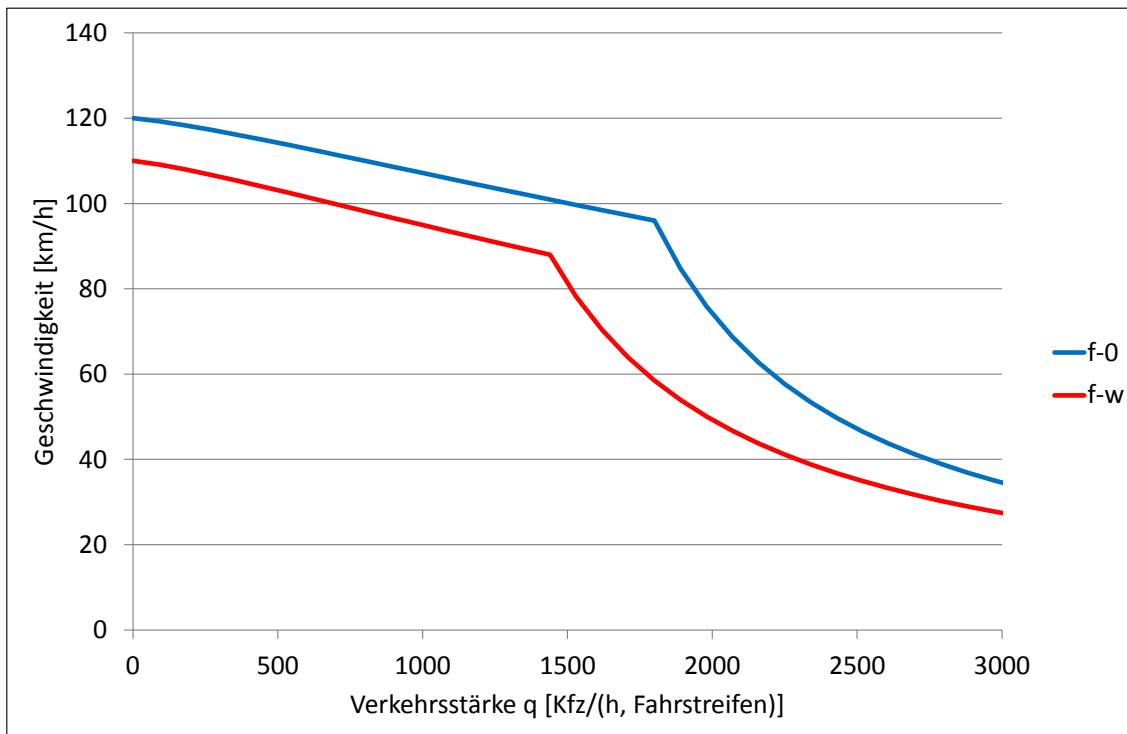


Abbildung 23 Einfluss von Ausgangsgeschwindigkeit und Kapazität auf die Capacity-Restraint-Funktion

Diese Abbildung kann verglichen werden mit den Aussagen in Abbildung 24. Die Abbildungen sollen die Tendenz aufzeigen, können aber nicht direkt verglichen werden, auch weil die Abszisse einmal die Verkehrsstärke [Kfz/h] und einmal die Verkehrsdichte [Kfz/km] abbildet.

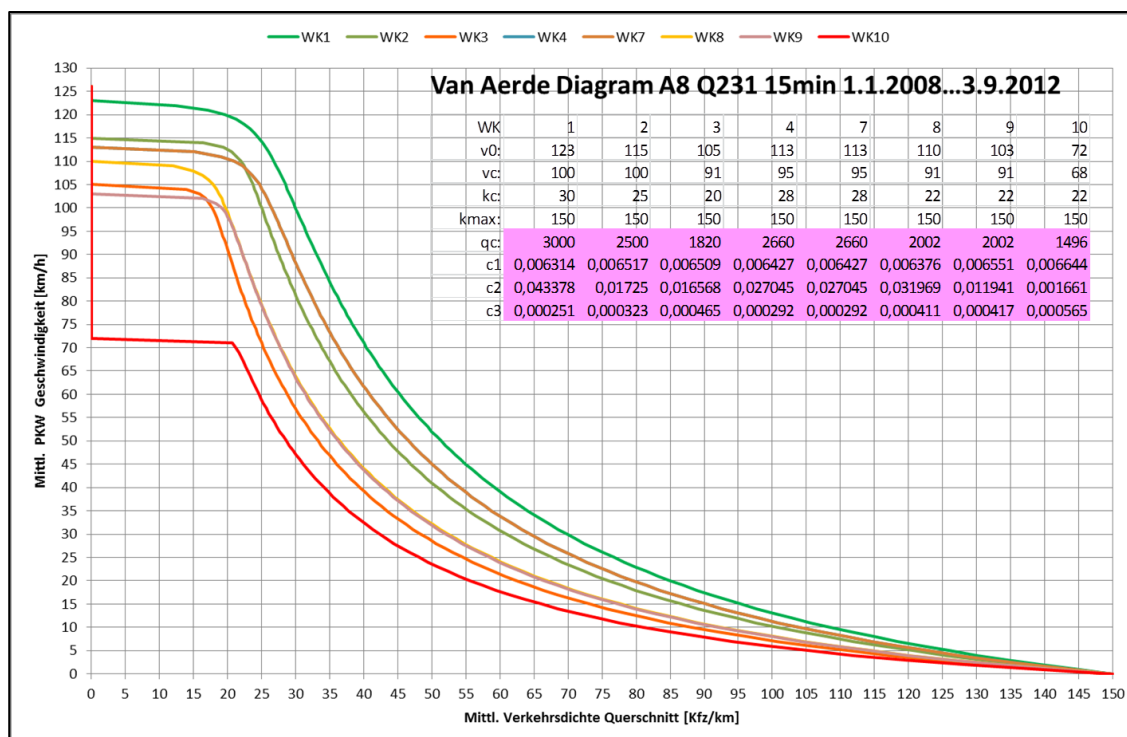


Abbildung 24 Fundamentaldiagramm nach dem Van-Aerde-Modell am Q231 A8

Quelle: Abbildung 23 in (Schedler, 2014)



Vom Projektpartner mickS wurde neben der Beschreibung des Fundamentaldiagramms durch van Aerde (Van Aerde, 1995) auch das Verfahren von Wu (Wu, 2000) untersucht.

In Abbildung 25 sieht man die vergleichende exemplarische Darstellung der gefahrenen Geschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke nach dem Ansatz von Wu und dem Funktionsverlauf in der VIB. Deutlich zeigt sich das unterschiedliche Verhalten der beiden Funktionen im Bereich über der Sättigungsverkehrsstärke.

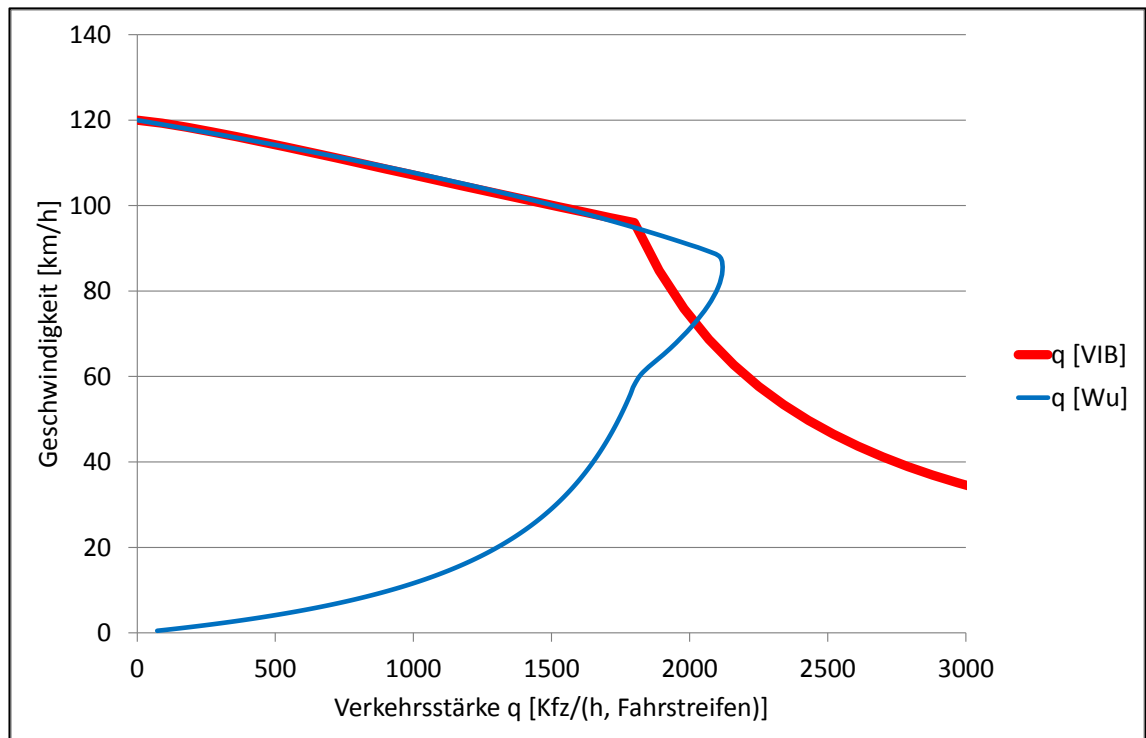


Abbildung 25 Fundamentaldiagramm und Capacity-Restraint-Funktion – konkretes Beispiel

Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass die in der VIB eingesetzten Funktionen geeignet sind, witterungsbedingte Veränderungen des Verkehrsflusses adäquat im Modell umzusetzen.

Eine witterungsabhängige Reduktion der freien Geschwindigkeit, wie sie in Tabelle 3 beschrieben ist, kann nur für Streckenabschnitte festgestellt werden, an denen die für die Bestimmung der Fundamentaldiagramm-Parameter erforderlichen Messwerte erhoben werden können. In anderen Streckenabschnitten wird mit einem von mickS entwickelten Modell für die Beschreibung der freien Geschwindigkeit (Abschnitt 5.1.2, (Schedler, 2014)) gearbeitet. Diese wird dort in Abhängigkeit von Trassierungsmerkmalen (Sichtweite, Längs- und Querneigung der Fahrbahn) und der Wasserfilmdicke berechnet, die wiederum eine Funktion der Niederschlagsintensität, des Abflusses über die mittlere Textur-Rautiefe sowie der Verdunstung ist.

## 6.2 Erzeugung wetterabhängiger Verkehrsnachfragematrizen für die Tagesprognose

Ausgehend von den in der VIB implementierten Verfahren für die aktuelle Verkehrslage und -prognose wurde gemeinsam mit der Universität Stuttgart ein Konzept entwickelt, wie witterungsbedingte Nachfrageanpassungen und kapazitätseinschränkende Wettereffekte im Streckennetz im online-System der VIB berücksichtigt werden können.

Bei der Nachfrageanpassung ist insbesondere die Kombination mit den Ferienmatrizen in der Umsetzung zu berücksichtigen. Bezüglich wetterabhängiger Streckenkapazitätsbeschränkungen wurden zwei unterschiedliche Ansätze diskutiert und evaluiert

- ▶ Die wetterabhängige regionalisierte Anpassung der Capacity-Restraint-Kurven für bestimmte Straßenklassen kann in die online-Verfahren übernommen werden, wobei als Vorteil geringe Performanzeinbußen zu erwarten sind.
- ▶ Ein präziseres Vorgehen erlaubt die streckenbezogene Änderung von Parametern auf Basis der von der Wetterplattform bereitgestellten Daten (Abbildung 18). Vermutungen, dabei in einem Netzmodell mit der Größe der VIB an Grenzen zu stoßen, wurden nicht bestätigt.

Die Übernahme von streckenbezogenen Änderungen im Verbund ist ausführbar, solange die Netzgröße, auf der die Verkehrslage wetterabhängig beeinflusst werden soll, begrenzt bleibt.

Um die Partner von der Universität Stuttgart in die Lage zu versetzen, eine witterungsabhängige Nachfragemodellierung vorzunehmen, musste die Datenbasis des VIB-Systems erweitert werden.

In der Berechnung der Verkehrslage und -prognose der VIB wird der Freizeitverkehr nicht explizit berücksichtigt. Die Aktivität „Freizeit“ wird jedoch spezifisch behandelt im Verkehrsmodell Validate, das von der PTV AG (PTV AG, 2013) entwickelt worden ist.

Der Universität Stuttgart wurden somit von der PTV AG für die Zwecke der Analyse und Modellentwicklung zwei Verkehrsmodelle zur Verfügung gestellt:

- ▶ Validate ist ein europaweites (Straßen-)Verkehrsmodell mit der Konzentration auf Deutschland. Nachfrageseitig enthält es 24-Stundenmatrizen für fünf Tagestypen – Mo, Di-Do, Fr, Sa, So – und die Fahrzeugkategorien Pkw und Lkw, wobei die Pkw-Nachfrage in sieben Aktivitäten – Arbeit Vollzeit, Arbeit Teilzeit, Personenvirtschaftsverkehr, Einkaufen, Freizeit, Sonstiges, Fernverkehr – disaggregiert ist.
- ▶ Das VIB-Modell umfasst für das Gebiet des Bundeslandes Bayern im Grundsatz das gleiche Straßennetz wie Validate, enthält für die gleichen Tagestypen neben der Tagesmatrix 24 Matrizen für die einzelnen Stunden, aber keine aktivitätenspezifische Differenzierung für den Pkw.

Um die Handhabbarkeit des Validate-Modells im Rahmen von WOLKE zu erhöhen, wurde vor der Übergabe ein Validate-Teilnetz (Abbildung 26) für den Bereich Bayern ausgeschnitten. Die Nachfragematrizen wurden dabei in einem zweistufigen Verfahren an das neue Netz angepasst. Im Allgemeinen kann die Matrixerzeugung allein durch Features der Verkehrsplanungssoftware VISUM vorgenommen werden. In diesem spe-

ziellen Fall war aber eine manuelle Nachbehandlung erforderlich, da das verwendete Validate-Modell auf einer GIS-Datenbasis beruhte, die sich von der Datenbasis der VIB unterschied. Beim Schneiden des Teilnetzes wurden die Kordonbezirke unterschiedlich referenziert, wodurch inkompatible Matrizen entstanden. Dies musste im Nachgang individuell korrigiert werden.

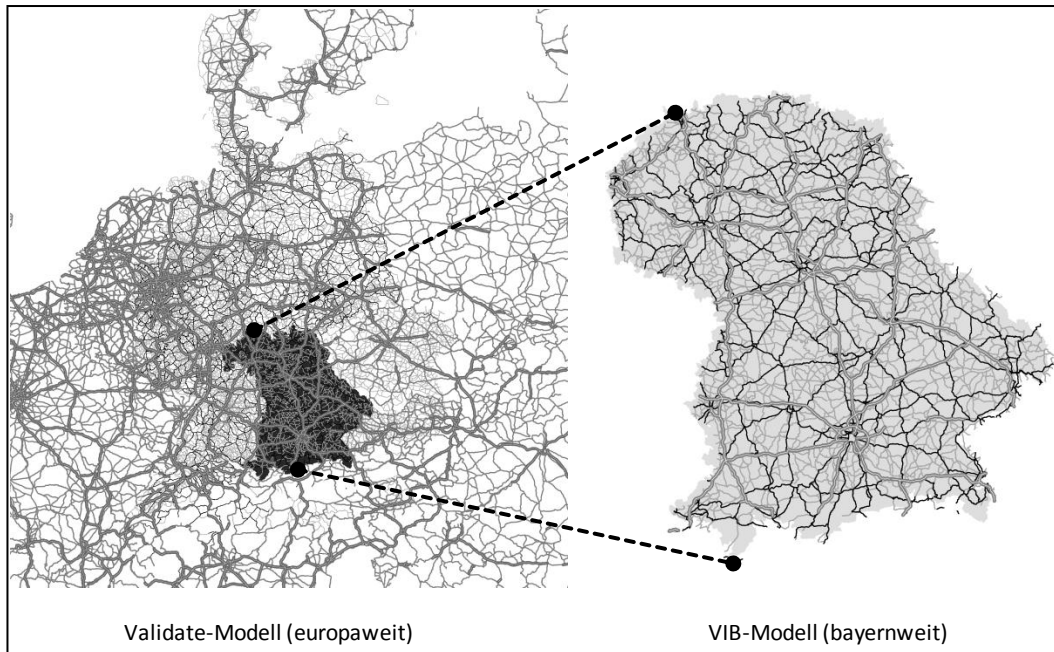


Abbildung 26    Verwendete Netzmodelle in WOLKE

Quelle: Bild 67 in (Friedrich, 2014)

Unter Verwendung dieser Daten wurden von der Universität Stuttgart wetterabhängige Matrizen erzeugt für

- 3 Tagestypen (Fr, Sa, So)
- 3 Wetterregionen (Abbildung 27)
- 4 Wetterklassen (Tabelle 4)
- 25 Zeitbereiche (24 Stunden + gesamter Tag)
- = 4 800 Matrizen

Diese Matrizen wurden von der PTV hinsichtlich Ihrer Verwendbarkeit im Online-Berechnungsverfahren der VIB validiert und in das VIB-Testsystem importiert. Zusätzlich wurden mit den Tagesmatrizen offline-Berechnungen vorgenommen, um die Grundlagen für die Tagesprognose der VIB zur Verfügung zu haben.

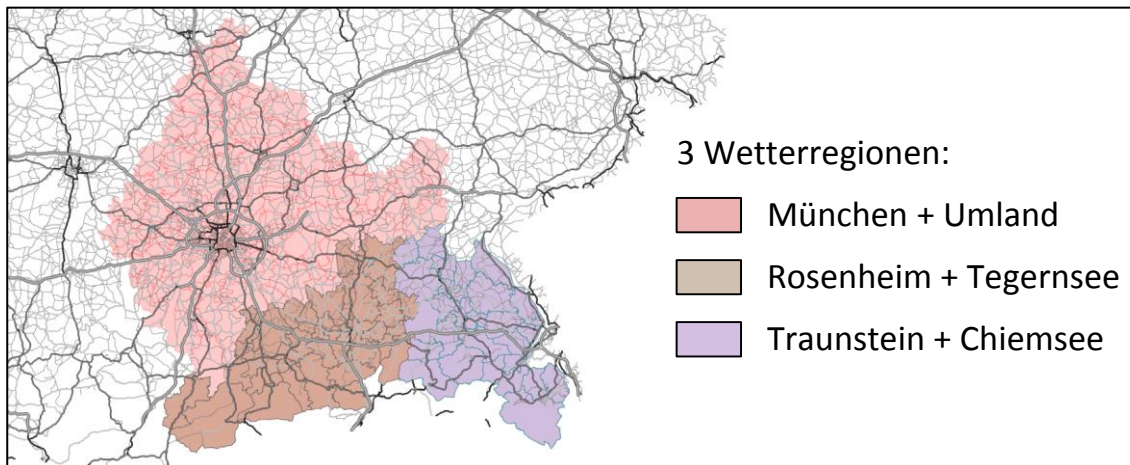


Abbildung 27 WOLKE-Wetterregionen

#	WOLKE-Wetterklasse	Feinklassen
1	Topwetter	Topwetter
2	Mittelwetter	Trocken, Schauerwetter, Heiß, Kalt
3	Schlechtwetter	Leichter Regen, starker Regen
4	Schnee	Schnee

Tabelle 4 Zusammengefasste WOLKE-Wetterklassen

Bei der empirischen Datenauswertung durch die Universität Stuttgart zeigte es sich, daß die Ferieneinflüsse stärker zu detaillieren sind, da ein möglicher Wettereinfluss in den Zähldaten während des Erfassungszeitraums sehr stark von Ferieneignissen überlagert schien. Deshalb wurde, um die Datengrundlage zu erweitern, im WOLKE-System eine Modellierung der Feriennachfrage aus dem Netzmodell der VIB, das dem WOLKE-System zugrunde liegt, für den davorliegenden Empiriezeitraum aufbereitet. Dieser Schritt war erforderlich, da das bei der Universität Stuttgart eingesetzte Modell eine aktuellere Netzgrundlage und einen anderen Verkehrsbezirkzuschnitt im Vergleich zum entsprechenden VIB-Datenstand aufwies. Die dabei eingesetzten Verfahren wurden offengelegt und mit der Universität Stuttgart diskutiert.

Die entsprechenden Daten wurden für den Partner bereitgestellt. Zusätzlich wurden für den Zeitraum von Dezember 2012 bis März 2013, in dem neben der wetterabhängigen Verkehrsnachfrage, die die Universität Stuttgart für das online-Verfahren bereitstellte, gleichzeitig der Ferieneinfluss im Modell berücksichtigt wurde, zusätzliche Datenaufbereitungen durchgeführt, um beide Einflüsse konsistent zu modellieren.

---

## 7 Modellimplementierung

### 7.1 Implementierung

Im Rahmen des Arbeitspakets Modellimplementierung wurden die in den vorherigen Arbeitspaketen entwickelten Methoden und Lösungen in der Umgebung des WOLKE-Systems implementiert. Dies umfasste die folgenden Arbeitsschritte:

- ▶ Mitarbeit bei der Definition geeigneter Schnittstellen der Wetterplattform zu den Modellen der Verkehrslage und -prognose
- ▶ Vorbereitung des WOLKE-Systems als Spiegel des VIB-Systems
- ▶ Implementierung der entwickelten Methoden in das WOLKE-System
- ▶ Implementierung der dynamischen Quelle-Ziel-Matrizen und Integration in das WOLKE-System
- ▶ Implementierung der dynamischen Kapazitätsanpassung
- ▶ Implementierung von geeigneten Schnittstellen seitens der Verkehrsmodelle und ihrer Systeme zur Interaktion zwischen der Quelle aufbereiteter Wetterdaten und den Verkehrsmodellen
- ▶ Implementierung der definierten Schnittstellen in die betroffenen Systemteile
- ▶ Implementierung der Archivierungsprozesse
- ▶ Aufsetzen und Betrieb der Messdatenbank
- ▶ Aufsetzen des WOLKE-Systems mit der Möglichkeit des Webzugriffs

#### 7.1.1 Wetterbedingte Modifikation der Nachfrage

Wettervorhersagen für Gebiete beeinflussen die Verkehrsnachfrage (vor allem im Freizeitbereich). Im Folgenden wird der neu aufgesetzte Prozess zu wetterbedingten Nachfragemodifikation dargestellt:

##### Generierung Wettermeldung

- ▶ In der Wetterplattform wird auf Basis der Messwerte eine Meldung erstellt.
- ▶ Für den Zeithorizont „nächster Tag“ und „übernächster Tag“ wird jeweils eine eigene Meldung erstellt.
- ▶ Die Prognosen werden alle sechs Stunden aktualisiert.
- ▶ Die Meldungen werden auf den ftp-Server transferiert.

##### Import der Wettermeldung:

- ▶ Der Konnektor des WOLKE-Systems holt die Meldung auf dem ftp-Server ab.
  - ▶ Die Meldung wird ausgewertet und validiert.
  - ▶ Die Meldung wird archiviert
-

### **Austausch der Nachfragematrizen:**

Während im VIB-Standardverfahren insgesamt 75 Matrizen für die PKW-Nachfrage, LKW-Nachfrage und Feriennachfrage vorliegen (jeweils 24 Stundenmatrizen zzgl. einer Tagesmatrix), wurde im WOLKE-Verfahren der Ferienanteil aus den Standardmatrizen entfernt und es wurden Matrizen mit additivem Ferienanteil erzeugt. Da es ein Matrizen-set für jede Regions-Wetter-Kombination (1/1/1, 1/1/2, ... , 4/4/4) mit jeweils 24 Stundenmatrizen und einer Tagesmatrix für die drei Tagestypen Freitag, Samstag und Sonntag geben muss, werden im WOLKE-Verfahren 4 800 Matrizen benötigt und verarbeitet.

- ▶ Anhand der Wettermeldung wird der zur Regions-Wetterklassen-Kombination passende Matrizen-set ausgewählt.
- ▶ Der ausgewählte Matrizen-set wird zur Verwendung durch VISUM bereitgestellt

### **Verkehrslageberechnung:**

Anders als im VIB-System erfolgt im WOLKE-System eine Neuberechnung nicht nur einmal nächtlich, sondern nach jedem Datenimport – hierbei jedoch nur für den nächsten und den übernächsten Tag.

- ▶ Die Berechnung erfolgt mit den modifizierten WOLKE-Matrizen.
- ▶ Sie wird getriggert über veränderte Wetterklassenkombinationen.

### **Archivierung**

Zum Abschluss des Vorgangs werden die Prognosedaten archiviert.

## **7.1.2 Wetterbedingte Modifikation der Streckenparameter**

Unterschiedliche Wetterbedingungen haben unterschiedliche Wirkungen auf die Streckenparameter. Im Folgenden wird der neu aufgesetzte Prozess zur wetterbedingten Streckenmodifikation dargestellt:

### **Generierung Wettermeldung:**

- ▶ In der erweiterten Wetterplattform wird auf Basis der Messdaten festgestellt, für welche Strecken Änderungen zu ermitteln sind; für diese werden die streckenbezogenen Parameterkorrekturen (freie Geschwindigkeit, Kapazität, Nettozeitlücke) modelliert.
- ▶ Die Wetter-Meldungen werden alle sechs Stunden aktualisiert.
- ▶ Die Meldungen werden auf den ftp-Server transferiert.

### **Import der Wettermeldung:**

- ▶ Der Konnektor des WOLKE-Systems holt die Meldung auf dem ftp-Server ab.
- ▶ Die Meldung wird ausgewertet und validiert, wobei die von der Wetterplattform gelieferte mittlere Nettozeitlücke derzeit im Verfahren nicht verwendet wird
- ▶ Die Meldung wird archiviert

### **Generierung von Zusatzmeldungen:**

- ▶ Die Meldungen werden aufbereitet und als Einzelmeldungen für jeden Streckenabschnitt mit zugehöriger Auswirkung erstellt.
- ▶ Mittels VIB-Standardverfahren werden alle Einzelmeldungen an VISUM übermittelt.

### **Verkehrslageberechnung:**

Die Berechnung erfolgt auf Basis der Nachfragematrizen im Standard-Netz.

- ▶ Die Berechnung erfolgt mit dem VIB-Standardverfahren
- ▶ In den Strecken, für die Wettermeldungen vorliegen, wird mit veränderten Kapazitäten / freien Geschwindigkeiten gearbeitet.

### **Archivierung**

Zum Abschluss des Vorgangs werden die Prognosedaten archiviert.

#### **7.1.3 Archivierungsprozess**

Um die Validierung über den Testzeitraum zu unterstützen, wurde ein Validierungskonzept und darauf abgestimmt ein Archivierungsmechanismus für Referenz- und Prognosedaten (aus WOLKE und VIB) mit der Universität Stuttgart und mickS abgestimmt und implementiert. Testarchivdaten wurden daraus der Uni Stuttgart bereitgestellt. Der Archivierungsprozess umfasst folgende Schritte:

- ▶ Die Ergebnisse aus dem VIB- und dem WOLKE-System werden über den VIB-Broker gesammelt.
- ▶ Die relevanten Informationen werden nach Strecken-ID bzw. Detektor-ID gefiltert.
- ▶ Die Daten werden dem Schema der Messdatenbank entsprechend umgewandelt und reduziert.
- ▶ Die Daten werden in einer PostgreSQL-Datenbank archiviert.
- ▶ Aus dem Archiv können Daten ausgewählt und im Access-Format exportiert werden.

Es wurde eine einfache Oberfläche für das Datenarchiv spezifiziert und implementiert, mit der ein schnelle erste Sichtung der Referenz- und Prognosedaten aus WOLKE und VIB möglich wird.

#### **7.2 Kalibrierung**

Im Rahmen der Kalibrierung des WOLKE-Systems wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

- ▶ Definition der sukzessiven und wiederkehrenden Prozessschritte zur Kalibrierung der Modelle bei der Implementierung

- ▶ Initiale Kalibrierung der dynamischen Modellbausteine zur Prognose anhand von Messdaten zur realitätsnahen Abbildung des Verkehrsgeschehens unter den obwaltenden Wetterbedingungen.
- ▶ Entwicklung einer Methodik zur kontinuierlichen dynamischen Kapazitätsanpassung des Streckennetzes zur Modelloptimierung im laufenden Betrieb
- ▶ Definition der sukzessiven und wiederkehrenden technischen Prozessschritte zur Kalibrierung der Modelle im laufenden Betrieb
- ▶ Implementierung der Methodik in Form von sukzessiven repetitiven Prozessschritten zur Anpassung der dynamisierten Quelle-Ziel-Matrizen und Netzkapazitäten

### 7.3 Evaluierung und Bewertung

Die Evaluierung umfasste:

- ▶ Definition der Prozessschritte zur technischen Verifizierung der spezifikationsgemäßen Funktionalität des Gesamtsystems und seiner Teilsysteme
- ▶ Implementierung der Prozessschritte zur Verifizierung im Rahmen des Forschungsprojektes
- ▶ Dokumentation der für den laufenden Betrieb relevanten Prozessschritte zur Integration in das Qualitätssicherungssystem der Verkehrsinformationsagentur

Abbildung 28 zeigt den umgesetzten Evaluierungs- und Optimierungsprozess.

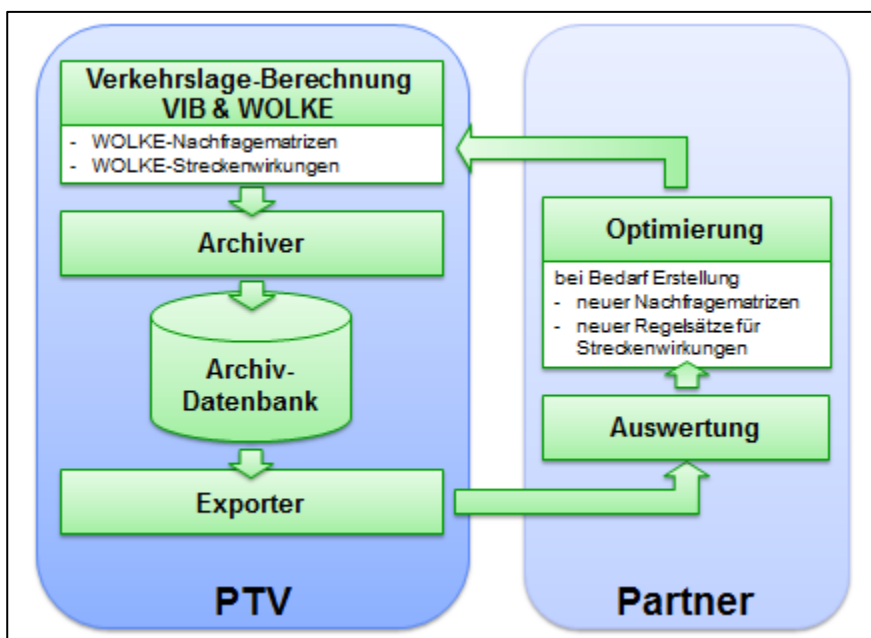


Abbildung 28 Evaluierungs- und Optimierungsprozess



## 7.4 Demonstration und Testbetrieb

Die Arbeiten im Rahmen des Forschungsprojekts umfassten den Betrieb des WOLKE-Systems als Spiegelsystems der VIB-Umgebung während einer Demonstrations- und Testphase. Detaillierte wissenschaftliche Untersuchungen wurden durch die Partner Universität Stuttgart und micKS durchgeführt, während die PTV AG hierbei beratend und unterstützend tätig war.

Bei der Evaluierung und Bewertung wurden deshalb von der PTV AG nur eher allgemeine Betrachtungen vorgenommen. Abbildung 29 zeigt eine Auswertung, die eine generelle Tendenz des VIB-Systems zeigt:

- ▶ Die berechnete Verkehrslage liefert eher zu geringe Werte.
- ▶ Die freie Geschwindigkeit in der Nacht ist zu hoch:  $v_0 = 120$  km/h statt 140 km/h
- ▶ Dementsprechend ist auch die Prognose, die auf  $v_0$  aufbaut, eher zu hoch.

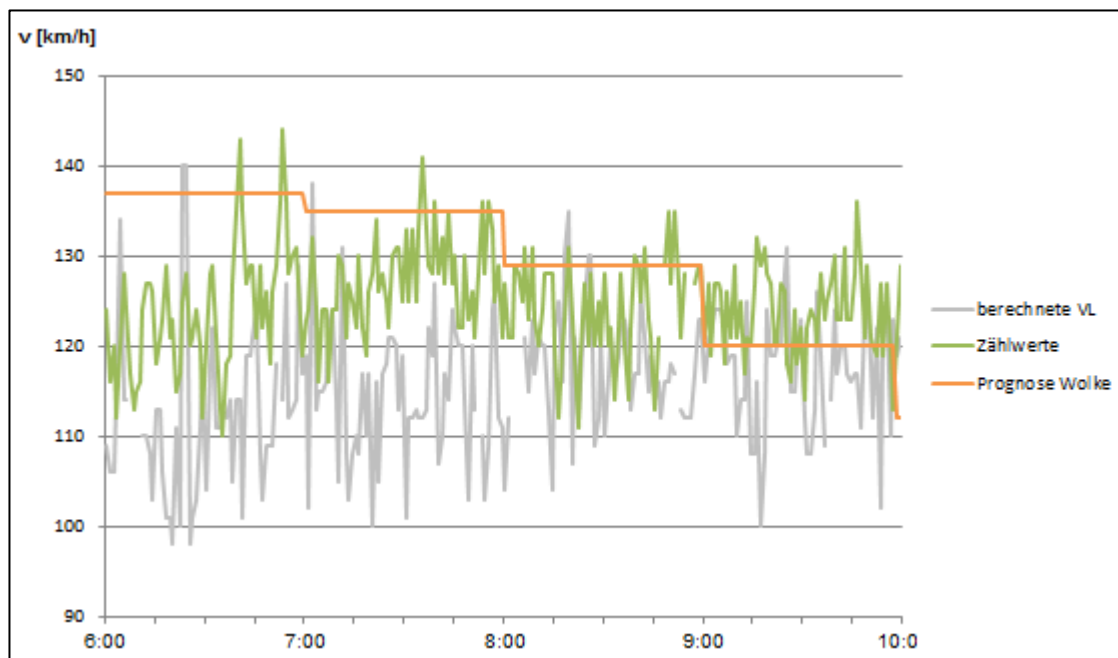


Abbildung 29 Allgemeiner Vergleich berechneter zu prognostizierter Verkehrslage

---

## 8 Zusammenfassung

Im Forschungsprojekt WOLKE wurde am Beispiel von BayernInfo erfolgreich untersucht, wie die Qualität eines Verkehrsinformationssystems durch Einbeziehen von witterungsabhängigen Informationen erhöht werden kann.

Für die PTV AG lassen sich aus dem Forschungsprojekt WOLKE folgende Ergebnisse insbesondere zur Weiterentwicklung des VIB-Systems ziehen:

Eine Integration neuer zusätzlicher Wetterinformationen ist im existierenden VIB-System möglich, indem folgende neue Komponenten integriert werden:

- ▶ Neuer Importer für WOLKE-Wetterinformationen
- ▶ Modul zum dynamischen Matrizentausch
- ▶ Modul zur Generierung von witterungsbezogenen Zusatzmeldungen
- ▶ Parallelsystem für wetterabhängige Prognosen

Beim eingesetzten Verfahren zur Prognose der Verkehrssituation konnte festgestellt werden, dass wetterabhängige Nachfrageänderungen einfach und ohne Komplikationen zu integrieren sind. Zu beachten ist jedoch, dass die Integration von Wetterwirkungen auf Strecken nur bedingt möglich ist:

- ▶ Die Änderung von Kapazitäten und freier Geschwindigkeit kann nur individuell für jede Strecke, nicht jedoch gebietsweit aggregiert von der Wetterplattform an das Verkehrsmodell übergeben werden
  - ▶ Eine Modifikation der Streckenattribute im Live-System ist zeitintensiv, ein landesweites Ereignis wie beispielsweise ein Starkregen über Bayern würde die Anzahl der zu verarbeitenden Meldungen vertausendfachen.
-

---

## 9 Glossar

### **ANPR**

Automatic **N**umber **P**late **R**ecognition (Automatisches Kennzeichenerfassungssystem)

### **ASDA/FOTO**

Automatische **S**taudynamikanalyse / **F**orecasting of traffic objects. Modelle zur Beschreibung des Verkehrsflusses auf Schnellstraßen

### **LOS**

Level of **S**ervice

### **OGC**

The **O**pen **G**eospatial **C**onsortium is an international industry consortium of 472 companies, government agencies and universities participating in a consensus process to develop publicly available interface standards ([www.opengeospatial.org](http://www.opengeospatial.org)). Interface-Standard des VIB-Online-Systems

### **VIB**

VIB **V**erkehrsinformationsagentur **B**ayern GmbH, Betreibergesellschaft des BayernInfo

---

---

## 10 Literatur

- BMWi. (2008). *Mobilität und Verkehrstechnologien - Das 3. Verkehrsforschungsprogramm der Bundesregierung*. Baden-Baden.
- Friedrich, M. J. (2014). *WOLKE – Wetterabhängige Kalibrierung von Verkehrsmodellen für eine optimierte Verkehrssteuerung, Schlussbericht der Universität Stuttgart, Forschungsbericht Förderkennzeichen 19 P 10017B (BMWi)*.
- ITS Vienna Region. (31. 12. 2013). *ITS Vienna Region*. Von <http://www.anachb.at/mehr/its-vienna-region> abgerufen
- PTV AG. (31. 12. 2013). *PTV GROUP*. Von [http://vision-traffic.ptvgroup.com/fileadmin/files\\_ptvvision/Downloads/1\\_Products/DE/Data/V\\_alidate\\_Verkehrsuntersuchung\\_Prognose.pdf](http://vision-traffic.ptvgroup.com/fileadmin/files_ptvvision/Downloads/1_Products/DE/Data/V_alidate_Verkehrsuntersuchung_Prognose.pdf) abgerufen
- Reinthal, M. J. (2012). Weather-related calibration of traffic models for optimised traffic control. *Vortrag EU-00461 auf dem 19th ITS World Congress*. Wien.
- Schedler, K. E. (2014). *WOLKE – Wetterabhängige Kalibrierung von Verkehrsmodellen für eine optimierte Verkehrssteuerung, Schlussbericht der Fa. micKS MSR GmbH, Fellbach u. Oberstdorf, Forschungsbericht Förderkennzeichen 19 P 10017D (BMWi)*.
- Van Aerde, M. (1995). A Single Regime Speed-Flow-Density Relationship for Congested and Uncongested Highways. *Presented at the 74th TRB Annual Conference, Washington D.C., Paper No. 95080, Washington D.C.*
- Verkehrsinformationsagentur Bayern. (31. 12. 2013). *BayernInfo*. Von <http://www.bayerninfo.de> abgerufen
- Wu, N. (August 2000). Verkehr auf Schnellstraßen im Fundamentaldiagramm – Ein neues Modell und seine Anwendungen. *Straßenverkehrstechnik*.
-

## Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN -	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel  Forschungsprojekt WOLKE Wetterabhängige Kalibrierung von Verkehrsmodellen für eine optimierte Verkehrssteuerung Schlussbericht der PTV AG	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)]  Bäuerle, Detlef Burkert, Axel Janko, Josef Landwehr, Michael	5. Abschlussdatum des Vorhabens 30. Juni 2013  6. Veröffentlichungsdatum Februar 2014  7. Form der Publikation Heftung
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse)  PTV Planung Transport Verkehr AG Haid-und-Neu-Straße 15 76131 Karlsruhe	9. Ber. Nr. Durchführende Institution   10. Förderkennzeichen 19 P 10017 A  11. Seitenzahl 52
12. Fördernde Institution (Name, Adresse)  Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) 53107 Bonn	13. Literaturangaben 9  14. Tabellen 4  15. Abbildungen 30
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	
18. Kurzfassung  Der Bericht der PTV AG umfasst alle durchgeführten Arbeiten und eigenen Ergebnisse im Rahmen des Forschungsprojekts „WOLKE - wetterabhängige Kalibrierung von Verkehrsmodellen für eine optimierte Verkehrssteuerung“. Ziel des Projekts WOLKE war es, durch Zusammenführung von mikro- und makroskopischen Messdaten aus den Bereichen Wetter und Verkehr eine signifikant verbesserte Verkehrsmodellierung zu erreichen und kritische Verkehrszustände anhand der Berücksichtigung voraussichtlicher Wetterzustände bereits im Vorfeld modelltechnisch abzubilden. Hiermit werden Auswirkungen verschiedener Wettersituationen auf den motorisierten Individualverkehr untersucht und die Erkenntnisse für eine präzisere Erfassung und Prognose der Verkehrslage ermöglicht. Die PTV AG war als Mitbetreiber des Verkehrsinformationssystems BayernInfo im Wesentlichen an der Bereitstellung von Daten und der Spezifikation von Schnittstellen beteiligt. Sie implementierte die im Vorhaben durch die Partner entwickelten Methoden in einem Spiegelsystem zu BayernInfo und betrieb dieses für die Dauer einer Test- und Demonstrationsphase.	
19. Schlagwörter Wetter, Straßenwetter, Verkehrsmodell, Verkehrsinformationssystem	
20. Verlag -	21. Preis -

## Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication) Final report
3. title Research project WOLKE Weather-related calibration of traffic models for optimised traffic management Final report of PTV AG	
4. author(s) (family name, first name(s))  Bäuerle, Detlef Burkert, Axel Janko, Josef Landwehr, Michael	5. end of project 30 June 2013
	6. publication date February 2014
	7. form of publication Folder
8. performing organization(s) (name, address)  PTV Planung Transport Verkehr AG Haid-und-Neu-Straße 15 76131 Karlsruhe	9. originator's report no.
	10. reference no. 19 P 10017 A
	11. no. of pages 52
12. sponsoring agency (name, address)  Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) 53107 Bonn	13. no. of references 9
	14. no. of tables 4
	15. no. of figures 30
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date)	
18. abstract  The report of PTV AG includes all activities carried out and own results within the research project "WOLKE – weather-related calibration of traffic models for optimised traffic management".  The WOLKE project aimed at a first-time consolidation of microscopic and macroscopic weather and traffic data to achieve a significantly improved modelling of traffic and to represent critical traffic conditions based on the forecasting of expected weather situations.  As co-operator of the traffic information portal BayernInfo PTV was involved in data supply and interface specification. PTV implemented the methods developed by other project partners into a BayernInfo mirroring system and operated this during a testing and demonstration period.	
19. keywords Road weather, traffic model, traffic information system	
20. publisher	21. price