

# VORAB – VORHERSAGE VON REISEZEITEN FÜR AUTOBAHNEN UND SCHNELLSTRASSEN

Das Projekt VoRAB (Vorhersage von Reisezeiten für Autobahnen und Schnellstraßen) entwickelte Prognosemodelle zur Vorhersage von PKW- und LKW-Reisezeiten für definierte Prognosehorizonte.

Im Projekt VoRAB wurden Prognosemodelle für Autobahnen und Schnellstraßen erarbeitet, welche eine kurz-, mittel- und langfristige Reisezeitprognose ermöglichen und deren Output der ASFINAG Verkehrsleitzentrale und als Information für die VerkehrsteilnehmerInnen zur Verfügung gestellt werden kann.

Zur Erstellung der Prognosemodelle wurden datengetriebene Ansätze verfolgt, um aktuelle und historische Daten aus bestehenden ASFINAG Systemen als Wissensbasis für die Reisezeitprognose zu nutzen. Dabei werden mehrere Verkehrsparameter im Zeitverlauf betrachtet (multi-dimensionale Verkehrsmuster und Ganglinien-Prototypen) und die aktuelle Verkehrssituation mit historischen Verkehrsmustern zu vergleichen. Basierend auf berechneten Ähnlichkeiten der Verkehrsmuster bzw. der Eigenschaften, wie Wochentag und Ferienzeit wird der weitere Verlauf prognostiziert und die zu erwartende Reisezeit für den Straßenabschnitt ermittelt.

Aktuelle Verkehrsdaten der ASFINAG Systeme werden dabei ständig der Wissensbasis hinzugefügt, wodurch mehr und besonders aktuelle Verkehrsmuster zur Verfügung stehen und die Prognosequalität laufend verbessert wird.



Abbildung 1: VoRAB setzt Verkehrsdaten aus strecken- und querschnittsbezogenen Erfassungssystemen zur Generierung von Reisezeitprognosen ein (Foto: ASFINAG)

## Facts:

- Laufzeit: 09/2013-08/2014
- Projektleitung: AIT Austrian Institute of Technology GmbH  
DI (FH) Martin Reinthaler, MSc  
Mobility Department  
[martin.reinthaler@ait.ac.at](mailto:martin.reinthaler@ait.ac.at)
- Forschungspartner: ASFINAG, AIT, IFSTTAR (Frankreich)
- Forschungsprogramm: Mobilität der Zukunft, 2. Ausschreibung Verkehrsinfrastrukturforschung 2012
- Projektnummer (FFG): 840531



**Abbildung 2:** Die Ergebnisse des Projektes VoRAB werden in weiterer Folge in die ASFINAG Systemlandschaft integriert und Services für Reisende und den operativen Betrieb entwickelt (Foto: ASFINAG)

## Motivation

Für das nationale und europäische hochrangige Straßennetz stehen häufig aktuelle Reisezeit-Informationen zur Verfügung. Verkehrszentralen und VerkehrsteilnehmerInnen benötigen jedoch auch prognostizierte Reisezeiten, um einerseits Information für den Betrieb des Straßennetzes (z. B. Auswirkungen von Ereignissen und Baustellen, Steuerung durch VBA) und andererseits eine Grundlage zur Planung einer Reise zu erhalten (z. B. Auswahl einer Fahrtroute mit geringster Reisezeit, Unterbrechung der Fahrt zur Vermeidung von Stausituationen, Verschiebung der Abfahrtszeit).

## Methodik

Methodisch wird im Projekt ein datengetriebener Ansatz verfolgt, der für die Kurzfristprognose auf multi-dimensionalen Verkehrsmustern aufbaut. Verkehrsmuster bilden den Verlauf der Verkehrsdaten vor, während und nach einem Störfall ab. Zur Prognose werden Verkehrsmuster mit ähnlicher Vergangenheit zur aktuellen Situation in der historischen Datenbasis identifiziert und die zu erwartende Verkehrsentwicklung für die nächsten Stunden ermittelt. Bei der Mittel- und Langfrist-Prognose für die nächsten Tage kommen Ganglinien-Prototypen zum Einsatz. Ganglinien-Prototypen repräsentieren den typischen Tagesgang auf einem Streckenabschnitt und werden durch ein Clusterverfahren aus historischen Daten ermittelt. Zur Prognose der Reisezeit werden dabei Faktoren wie Ferienzeit, Wochentag, Baustellen und Wettersituation berücksichtigt.

## Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Als Ergebnis liegt ein Prototyp zur Prognose von LKW- und PKW-Reisezeiten für das gesamte österreichische Autobahnen- und Schnellstraßen-Netz vor. Die Evaluierung der Prognose an Referenzstrecken zeigte eine gute Prognosequalität, die sich durch das Anwachsen der Wissensbasis weiter verbessert. Die Prognosen der Reisezeiten werden in weiterer Folge in die ASFINAG Systemlandschaft integriert, um im operativen Betrieb der ASFINAG eingesetzt und an VerkehrsteilnehmerInnen zur Verfügung gestellt zu werden.

## Impressum:

### Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

DI Dr. Johann Horvatits,  
Abt. IV/ST 2 Technik und  
Verkehrssicherheit  
johann.horvatits@bmvit.gv.at,

DI (FH) Andreas Blust,  
Abt. III/14 Mobilitäts- und  
Verkehrstechnologien  
andreas.blust@bmvit.gv.at,  
www.bmvit.gv.at

### ÖBB-Infrastruktur AG

Ing. Wolfgang Zottl, ISM;  
Leitung Forschung & Entwicklung  
wolfgang.zottl@oebb.at,  
www.oebb.at

### ASFINAG

DI Eva Hackl,  
Manager International Relations  
und Innovation  
eva.hackl@asfinag.at,

DI (FH) René Moser, Leiter Strategie,  
Internationales und Innovation  
rene.moser@asfinag.at,  
www.asfinag.at

### Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH

DI Dr. Christian Pecharda,  
Programmleitung Mobilität  
Sensengasse 1, 1090 Wien  
christian.pecharda@ffg.at,  
www.ffg.at

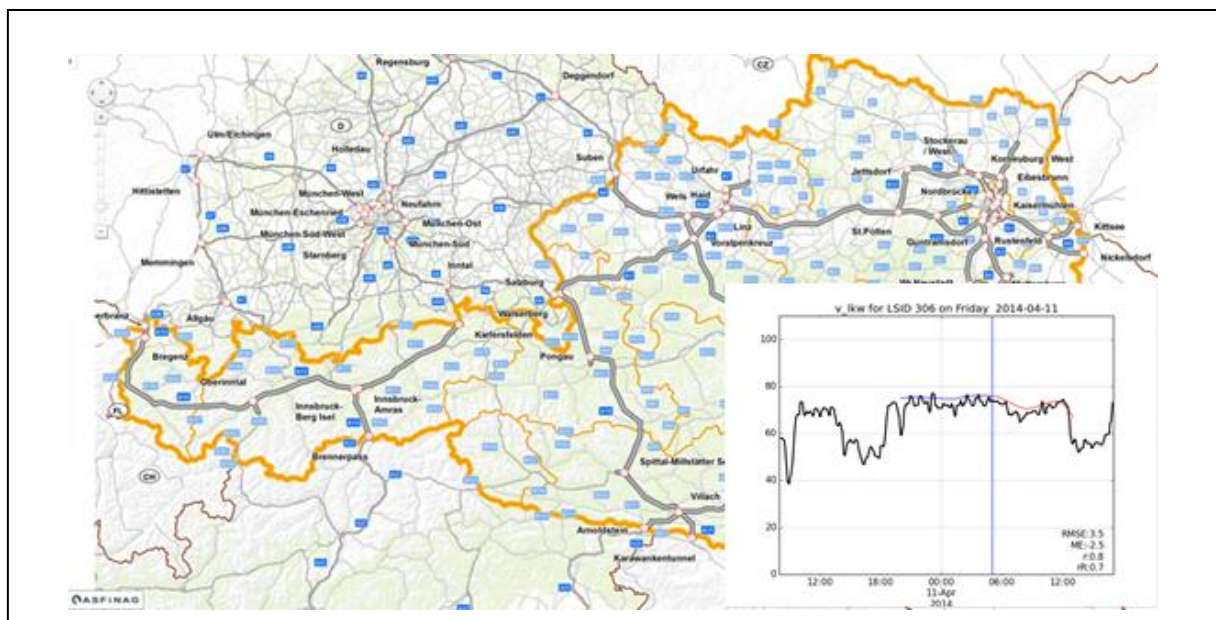
Oktober, 2014

# VORAB

## Vorhersage von Reisezeiten für Autobahnen und Schnellstraßen

Ein Projekt finanziert im Rahmen der  
Verkehrsinfrastrukturforschung 2012  
(VIF2012)

Oktober 2014



## Impressum:

### Herausgeber und Programmverantwortung:

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Abteilung Mobilitäts- und Verkehrstechnologien  
Radetzkystraße 2  
A - 1030 Wien



ÖBB-Infrastruktur AG  
Praterstern 3  
A - 1020 Wien



Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs  
Aktiengesellschaft  
Rotenturmstraße 5-9  
A - 1010 Wien



### Für den Inhalt verantwortlich:

AIT Austrian Institute of Technology GmbH  
Department Mobility  
Giefinggasse 2  
1210 Wien



### Programmmanagement:

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH  
Bereich Thematische Programme  
Sensengasse 1  
A – 1090 Wien



# **VORAB**

## **Vorhersage von Reisezeiten für Autobahnen und Schnellstraßen**

Ein Projekt finanziert im Rahmen der

Verkehrsinfrastrukturforschung

(VIF2012)

### **AutorInnen:**

**C. Aichinger, M. Aleksa, J. Asamer, S. Breuss, B. Heilmann, H. Koller,  
M. Reinthaler, G. Richter**

### **Auftraggeber:**

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

ÖBB-Infrastruktur AG

Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft

### **Auftragnehmer:**

AIT - Austrian Institute of Technology GmbH

IFSTTAR - Institut français des sciences et technologies des transports

## Inhaltsverzeichnis

1. Kurzfassung der Projektziele und -Ergebnisse.....	8
2. Übersicht der Projektstruktur .....	9
3. Arbeitspakete, Meilensteine und erreichte Ergebnisse .....	10
4. Beschreibung der Projektergebnisse .....	11
AP1: Projektmanagement / Kommunikation mit dem Auftraggeber .....	11
AP2: Einrichtung eines Demonstrators mit Datenschnittstellen und Datenaufbereitung .....	11
AP 3 Erarbeitung der Prognose-Algorithmen.....	14
AP 4 Evaluierung der prognostizierten Reisezeiten.....	20
5. Anhang: Beschreibung des VoRAB Prototypen .....	25
Module des Prototyps .....	25
Implementierung und Funktionsweise .....	28
Datenbanken .....	29
6. Anhang: Detaillierte Evaluierungsergebnisse .....	33
Kurzfristprognose: Gesamt-Qualitätsindikatoren (gesamtes Evaluierungsnetz) .....	34
Kurzfristprognose: Qualitätsindikatoren am Abschnitt (Section).....	39
Kurzfristprognose: Qualitätsindikatoren nach Verkehrszustand .....	39
Kurzfristprognose: Qualitätsindikatoren nach Tageszeit .....	40
Kurzfristprognose: Qualitätsindikatoren nach Wochentag .....	41
Mittel- und Langfristprognose: Gesamt-Qualitätsindikatoren (gesamtes Evaluierungsnetz) .....	42
Mittel- und Langfristprognose: Qualitätsindikatoren nach Abschnitt (Section) .....	43
Mittel- und Langfristprognose: Qualitätsindikatoren nach Tageszeit.....	44
Mittel- und Langfristprognose: Qualitätsindikatoren nach Wochentag.....	45
Wetterdaten: Einfluss auf die Reisegeschwindigkeit .....	46
Baustellen: Qualitätsindikatoren nach Prognosehorizont für PKW und LKW .....	47
Evaluierung: Definition des Evaluierungsnetzwerkes .....	48



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 – Projektstrukturplan VoRAB mit Darstellung der Arbeitspakete (AP) und der zugehörigen Tasks (T) .....	9
Abbildung 2 – Darstellung der Komponenten des Demonstrators und funktionaler Zusammenhänge (VoRAB Deployment Model).....	12
Abbildung 3 - Exemplarische Darstellung einer Autobahn zur Definition von Autobahnabschnitten (motorway section) und Detektor-Standorten (detector cross-section) .....	13
Abbildung 4 – Schematische Darstellung der Komponenten des hybriden Prognosemodells zur Kurzfristprognose .....	14
Abbildung 5 – Schematische Darstellung der Komponenten zur Mittel- und Langfristprognose auf Basis von Ganglinien-Prototypen .....	15
Abbildung 6 – Prognose auf Basis multi-dimensionaler Verkehrsmuster, bestehend aus Geschwindigkeit PKW (v_pkw), Geschw. LKW (v_lkw) und Verkehrsdichte (density) Musterlänge (blau), Prognosehorizont (rot), Referenzwerte (schwarz), Prognosezeitpunkt (blau, vertikal) .....	16
Abbildung 7 – Auszug eines Ergebnisses des hierarchischen Clusterings links: Dendrogramm des zugehörigen Entscheidungsbaumes.....	17
Abbildung 8 - Vergleich der LKW (links) und PKW Geschwindigkeiten (rechts) vor (blau) und während (rot) einer Baustelle, Bsp. A4, LSID 119, Fahrstreifenreduktion von 3 auf 2 .....	19
Abbildung 9 – Kurzfristprognose (15 min) im gesamten Evaluierungsnetz / Korrelationsdiagramm (links) der prognostizierten LKW Geschwindigkeiten (predicted speed) und der Referenzwerte der AVL (real speed) und Verteilung der Abweichungen (rechts) basierend auf Kernel Density Estimation .....	20
Abbildung 10 – Entscheidungsbaum für LSID 306.....	22
Abbildung 11 – Mittel- und Langfristprognose im gesamten Evaluierungsnetz / Korrelationsdiagramm der prognostizierten LKW Geschwindigkeiten (predicted speed) und der Referenzwertes der AVL (real speed) und Verteilung der Abweichungen (rechts) basierend auf Kernel Density Estimation .....	23
Abbildung 12 – Korrelationsdiagramm der prognostizierten 15 min. PKW Geschwindigkeiten (predicted) und der Referenzwerte der AVL (measured). Links: ohne Berücksichtigung der Baustelle (FF: Free Flow), rechts: mit Berücksichtigung der Baustelle (RW: Road Work) .....	24
Abbildung 13 – Schematische Darstellung der Module des VoRAB Prototypen.....	25
Abbildung 14 – Ordnerstruktur des VoRAB-Prototypen (Deployment Model) .....	28
Abbildung 15 – Korrelationsdiagramm der prognostizierten 15 min. LKW-Geschwindigkeiten (oben, predicted speed) und PKW-Geschwindigkeiten (unten, predicted speed) und der Referenzwerte (real speed).....	34
Abbildung 16 – Korrelationsdiagramm der prognostizierten 60 min. LKW-Geschwindigkeiten (oben, predicted speed) und PKW-Geschwindigkeiten (unten, predicted speed) und der Referenzwerte (real speed).....	35

Abbildung 17 – Korrelationsdiagramm der prognostizierten 120 min. LKW-Geschwindigkeiten (oben, predicted speed) und PKW-Geschwindigkeiten (unten, predicted speed) und der Referenzwerte (real speed).....	36
Abbildung 18 – Korrelationsdiagramm der prognostizierten 240 min. LKW-Geschwindigkeiten (oben, predicted speed) und PKW-Geschwindigkeiten (unten, predicted speed) und der Referenzwerte (real speed).....	37
Abbildung 19 – Korrelationsdiagramme und zugehörige Fehlerverteilungen der Prognoseergebnisse für 15 (oben links), 60 (oben rechts), 120 (unten links) und 240 min. (unten rechts) Prognosehorizont. ....	38
Abbildung 20 – Detailergebnisse (Section 306, A23): Korrelationsdiagramme der Prognoseergebnisse für 15, 60, 120 und 240 min (von links beginnend) Prognosehorizont.....	39
Abbildung 21 – Detailergebnisse (Section 306, A23): Korrelationsdiagramme der Prognoseergebnisse für 15, 60, 120 und 240 min (von links beginnend) für freien Verkehr (oben) und Stausituationen mit $v_{PKW} < 60$ km/h (unten).....	39
Abbildung 22 – Detailergebnisse (Section 306, A23): Korrelationsdiagramme der Prognoseergebnisse 60 min Prognosehorizont, unterteilt in Tageszeiten: Nacht, Vormittag, Tag, Nachmittag und Abend (oben links beginnend) .....	40
Abbildung 23 – Detailergebnisse (Section 306, A23): Korrelationsdiagramme der Prognoseergebnisse 60 min Prognosehorizont, unterteilt in Wochentage von Montag bis Sonntag (oben links beginnend) .....	41
Abbildung 24 – Korrelationsdiagramm der prognostizierten 15 min. LKW Geschwindigkeiten (oben, predicted speed) und PKW Geschwindigkeiten (unten, predicted speed) und der Referenzwerte (real speed).....	42
Abbildung 25 – Detailergebnisse (Section 797, A7): Korrelationsdiagramm der prognostizierten LKW Geschwindigkeiten (Longterm, predicted speed) und der Referenzwerte (real speed).....	43
Abbildung 26 – Detailergebnisse (Section 797, A7): Korrelationsdiagramm der prognostizierten LKW-Geschwindigkeiten und der Referenzwerte, unterteilt in Tageszeiten Nacht, Vormittag, Tag, Nachmittag und Abend (oben links beginnend)	44
Abbildung 27 – Detailergebnisse (Section 797, A7): Korrelationsdiagramm der prognostizierten LKW-Geschwindigkeiten und der Referenzwerte, unterteilt nach Wochentagen von Montag bis Sonntag (oben links beginnend).....	45
Abbildung 28 – Detailergebnisse Wetter (Section 13, A1): Einfluss der Wetterkategorien (nach der Definition des Straßenwetterinformationssystems (SWIS) mit tlw. signifikantem Einfluss (grün) .....	46
Abbildung 29 – Detailergebnisse Baustellen: Korrelation der Prognosewerte (predicted speed) und Referenzwert (measured) im Bereich von Baustellen für PKW (oben) und LKW (unten) .....	47



## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 – Arbeitspakete.....	10
Tabelle 2 - Meilensteine.....	10
Tabelle 3 – Module des VoRAB Prototypen.....	25
Tabelle 4 – Schema des Views TLS_KZD_RT (Detektordaten in Echtzeit).....	29
Tabelle 5 – Schema des Views SVL_TRAFFICSTATE_RT (ASFINAG Verkehrslage in Echtzeit) .....	29
Tabelle 6 – Schema des Views Mautabschnitte_2D (Definition von Sections) .....	29
Tabelle 7 – Schema des Views LANECOUNT (Anzahl der Fahrstreifen) .....	30
Tabelle 8 – Entwurf: Schema des Views BMS2012_ROADWORKS (ASFINAG Baustellen) .....	30
Tabelle 9 – Entwurf: Schema des Views WEATHERFORECAST (Wetterdaten aus SWIS).....	31
Tabelle 10 – Schema der Tabelle VORAB_prediction_short (Aktuelle Prognose Kurzfrist) .....	32
Tabelle 11 – Schema der Tabelle VORAB_prediction_long (Aktuelle Prognose Langfrist) .....	32
Tabelle 12 – Auflistung der gewählten Abschnitte als Evaluierungsnetzwerk (33 Sections) .....	48

## Literaturverzeichnis

- [1] B. Heilmann, H. Koller, J. Asamer, M. Reinthaler, M. Aleksa, S. Breuss und G. Richter, „A Data-Driven Approach for Travel Time Prediction on Motorway Sections,“ in *International Conference on Connected Vehicles ICCVE 2014*, Wien, IEEE, 2014.
- [2] B. Heilmann, N.-E. El Faouzi, O. de Mouzon, N. Hainitz, H. Koller und D. Bauer, „Predicting Motorway Traffic Performance by Data Fusion of Local Sensor Data and Electronic Toll Collection Data,“ in *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering 26*, 2011, pp. 451-463.
- [3] P. Paumkirchner, M. Reinthaler und M. Müllner, „Prognose: Reisezeiten optimal vorhersagen - Eine Software soll in Zukunft die Planung der Resie erleichtern.,“ *Die Presse*, Nr. 31/10/2014, p. 36, 2014.
- [4] bmvit, „Vorhersage von Reisezeiten für Autobahnen und Schnellstraßen,“ in *Verkehrstelematikbericht 2014*, Wien, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2014, pp. 41-42.

## 1. Kurzfassung der Projektziele und -Ergebnisse

Die Zielsetzung des Projektes VoRAB umfasste die Erarbeitung, Umsetzung und Evaluierung eines Reisezeitprognosemodells, welche die kurz-, mittel- und langfristige Prognose von Reisezeiten auf Autobahnen und Schnellstraßen ermöglicht.

Im Rahmen des Projekts wurde anforderungsgemäß ein Prototyp für eine Kurzfrist- (bis 4 Stunden), Mittelfrist- (bis 2 Tage) und Langfrist-Prognose (ab 2 Tagen) entwickelt. Bei der Entwicklung der Prognosemethoden wurde vor allem auf einen hohen Automatisierungsgrad der Lösung geachtet, da manuelle Nachjustierungen der Modelle bei einer Vielzahl von Autobahnabschnitten nur bedingt möglich sind. Das entwickelte Echtzeit-Prognosesystem, bestehend aus Modulen zur Prognose der definierten Prognose-Horizonte, ermittelt hier Reisezeitprognosen für das gesamte österreichische Autobahnen- und Schnellstraßennetz (rund 900 Autobahnabschnitte). Als Projekt – Highlights sind der **iterative Entwicklungsprozess**, wodurch zeitgerecht technische Schnittstellen und Datenstrukturen integriert werden konnten, und die zusätzliche Entwicklung eines **hybriden Prognose-Modells für die Kurzfristprognose**, das dynamisch auf die Verfügbarkeit von Detektordaten reagieren kann, zu nennen. Das hybride Prognose-Modell wählt das geeignete Prognoseverfahren basierend auf den verfügbaren Daten und ermöglicht somit den Einsatz am gesamten Autobahnen- und Schnellstraßennetz.

## 2. Übersicht der Projektstruktur

Für das Projekt VoRAB wurden im Projektantrag Arbeitspakete und ein Zeitplan definiert, der durch den folgenden Projektstrukturplan ergänzt wurde.

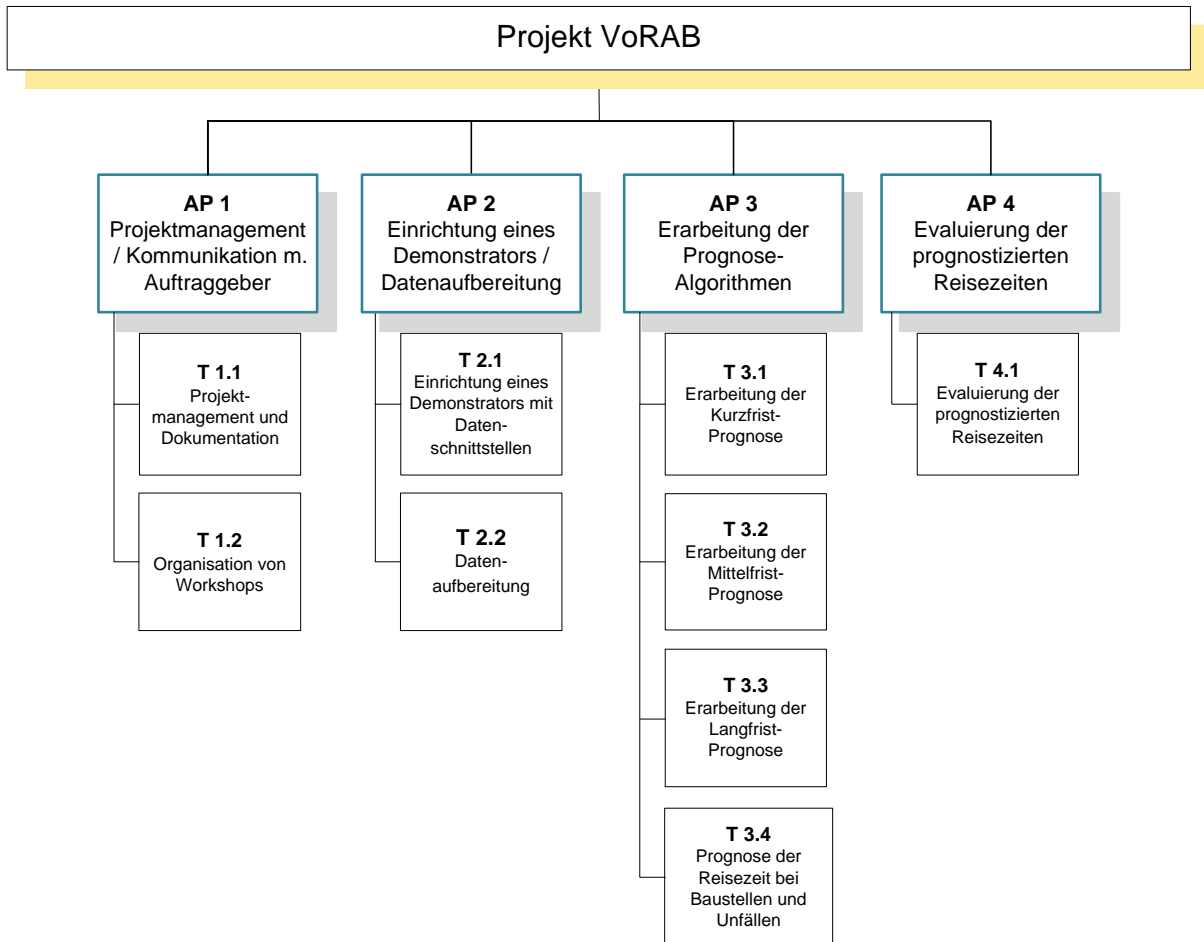


Abbildung 1 – Projektstrukturplan VoRAB mit Darstellung der Arbeitspakete (AP) und der zugehörigen Tasks (T)

Die Ergebnisse und Tätigkeiten im Projekt wurden den Arbeitspaketen bzw. Tasks zugeordnet und sind in den folgenden Kapiteln beschrieben.

### 3. Arbeitspakete, Meilensteine und erreichte Ergebnisse

**Tabelle 1 – Arbeitspakete**

AP Nr.	Arbeitspaket Bezeichnung	Fertigstellungsgrad	Basistermin		Aktuell		Erreichte Ergebnisse / Abweichungen
			Anf.	Ende	Anf.	Ende	
1	Projektmanagement	100%	09/13	08/14	09/13	08/14	Erg.: Projektdokumentationen und –berichte, Verträge, Erfolgreicher Projektverlauf und Abschluss
2	Einrichtung eines Demonstrators mit Datenschnittstellen und Datenaufbereitung	100%	09/13	11/13	09/13	04/14	Erg.: Datenbank mit historischen Verkehrs- und Infrastruktur-Daten und Bereitstellung eines Demonstrators Abw.: Keine inhaltlichen Abweichungen. Das Pre-Processing der Daten erforderte wesentlich mehr Aufwand und Abstimmung mit AP3, wurde daher deutlich länger bearbeitet. (+5 Monate)
3	Erarbeitung der Prognose-Algorithmen	100%	11/13	06/14	11/13	06/14	Erg.: Prototyp mit kalibrierten Modulen zur Reisezeitprognose; Prognostizierte Reisezeiten
4	Evaluierung der prognostizierten Reisezeiten	100%	01/14	07/14	01/14	08/14	Erg.: Evaluierungskonzept und Ergebnisse der Evaluierung Abw.: AP4 wurde bis zu Projektende bearbeitet (+1 Monat)

**Tabelle 2 - Meilensteine**

Meilenstein Nr.	Meilenstein Bezeichnung	Basis-termin	Akt. Planung	Meilenstein erreicht am	Anmerkungen zu Abweichungen
1.1	Definition der Anforderungen an Prognose	30.09.13	30.09.13	02.10.13	keine wesentliche Abweichung (Dokumentation zur Erreichung des Meilensteins im Protokoll zum Meeting vom 02.10.13)
2.1*	Datenbank mit historischen Verkehrs- und Infrastrukturdaten		31.10.13	15.10.13	keine Abweichung (Dokumentation im Protokoll zum Meeting vom 15.10.13)
3.1*	Prognoseprototyp verfügbar		31.01.14	31.01.14	keine Abweichung (Dokumentation im Protokoll zum Meeting vom 20.02.14)
4.1*	Evaluierung vorbereitet		31.01.14	31.01.14	keine Abweichung (Dokumentation im Protokoll zum Meeting vom 20.02.14)

\*im Rahmen des Kick-Off Meetings vereinbarte Meilensteine (zusätzlich zum Projektantrag)

## 4. Beschreibung der Projektergebnisse

Die Beschreibung der Projektergebnisse und Tätigkeiten sind im folgenden Abschnitt den Arbeitspaketen und Tasks, entsprechend dem Projektstrukturplan zugeordnet.

### *AP1: Projektmanagement / Kommunikation mit dem Auftraggeber*

- T 1.1: Projektmanagement und Dokumentation

Die Tätigkeiten zum Projektmanagement umfassten die Aufgaben zur organisatorischen und technischen Abstimmung im Projekt. Zur Dokumentation des Projekts wurden Projektdokumente erarbeitet. Die Öffentlichkeitsarbeit des Projekts umfasste eine Projektpräsentation bei der International Conference on Connected Vehicles [2], einen Artikel in der Tageszeitung ‚Die Presse‘ [3] und im Verkehrstelematikbericht 2014 des bmvt [4].

- T 1.2: Organisation von Workshops

Im Rahmen des Projektes wurden Workshops und Projektmeetings organisiert, die entsprechend dem Zeitplan und anstehenden Entscheidungen bzw. Meilensteinen durchgeführt wurden. Zur Dokumentation der Meetings wurden Präsentationsunterlagen und Protokolle verfasst.

### *AP2: Einrichtung eines Demonstrators mit Datenschnittstellen und Datenaufbereitung*

- T 2.1 Einrichtung eines Demonstrators mit Datenschnittstellen

Um die entwickelten Algorithmen in einem Demonstrationsbetrieb testen zu können, wurde ein Demonstrations-Server (VoRAB Server) eingerichtet. Als technische Schnittstelle zu Infrastruktur- und Verkehrsdaten dienen ASFINAG MSSQL Datenbanken, um einerseits die verfügbaren aktuellen Verkehrsdaten abzurufen und andererseits die Ergebnisse der Prognose zu speichern. Die Komponenten des Demonstrators und der funktionale Zusammenhang sind in der folgenden Abbildung 2 dargestellt.

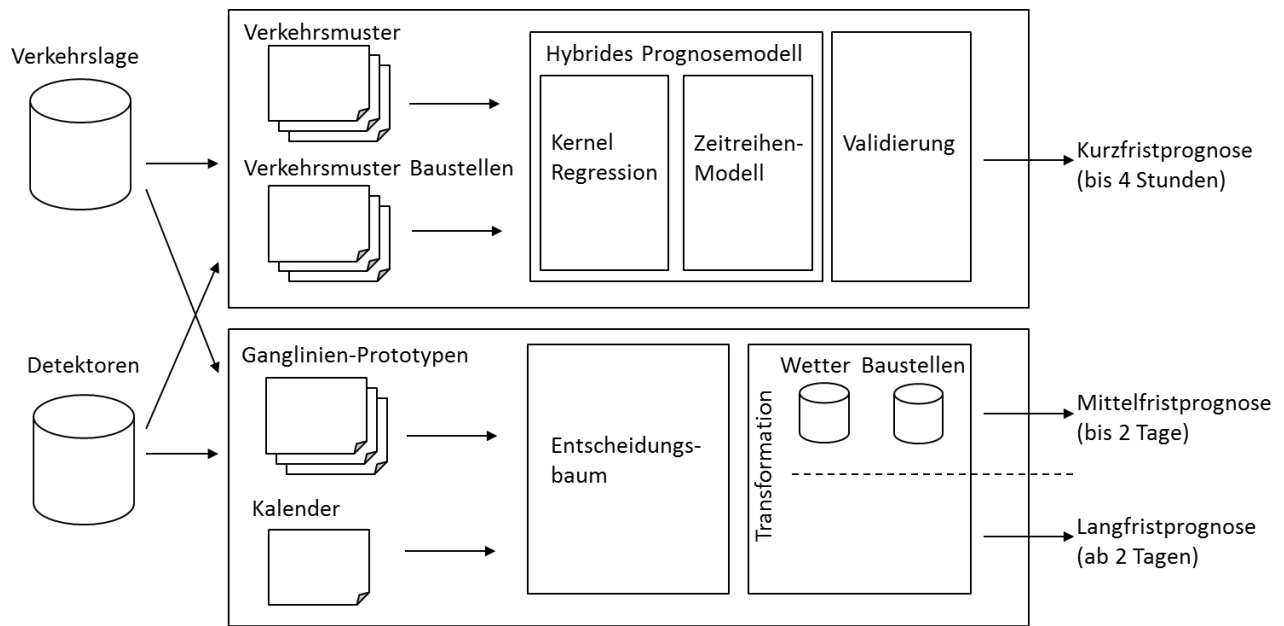


Abbildung 2 – Darstellung der Komponenten des Demonstrators und funktionaler Zusammenhänge (VoRAB Deployment Model)

Als Datenquellen stehen sowohl aktuelle und historische Informationen über den Verkehr (Verkehrslage und Detektor-Daten), als auch Informationen über Wetter und Baustellen zur Verfügung. Für die drei Prognosehorizonte kommen hier im Wesentlichen zwei methodisch unterschiedliche Ansätze zum Einsatz. Während für die Kurzfristprognose ein hybrider Ansatz für eine Verkehrs-Mustererkennung (mittels Kernel Regression und Zeitreihen-Modell) eingesetzt wird (siehe Abbildung 2 obere Hälfte), wird bei der Mittel- und Langfristprognose auf historische Ganglinien gesetzt (siehe Abbildung 2 untere Hälfte). Wobei bei der Mittelfristprognose zusätzliche Datenquellen wie Baustellen und Wetter berücksichtigt werden.

Die frühzeitige Bereitstellung eines Demonstrations-Servers für die laufenden Projektarbeiten ermöglichte es, die technischen Anforderungen in einer frühen Phase des Projekts umzusetzen und in weiterer Folge mehrere Iterationen zur Entwicklung der Prognosemodelle durchzuführen.

- T 2.2 Datenaufbereitung

Zur Aufbereitung der Infrastruktur- und Verkehrsdaten musste zunächst eine geeignete Segmentierung der Strecken des österreichischen Autobahnen- und



Schnellstraßennetzes durchgeführt werden. Diese Abschnitte dienen in weiterer Folge als Bezugssystem und haben einen unmittelbaren Einfluss auf die Performance und Genauigkeit der Prognosen. Nach Analyse der Rahmenbedingungen und insbesondere der geografischen Zuordnung der Datensätze wurde die Definition von Abschnitten (Sections) nach der bestehenden Definition von Mautabschnitten der ASFINAG für das gesamte österreichische Autobahnen- und Schnellstraßennetz durchgeführt. Eine Section beschreibt somit den Bereich von einer Anschlussstelle zur nächsten in der jeweiligen Fahrtrichtung. Die eindeutige Beschreibung einer Section erfolgt mit einer „Location Station ID“ (kurz: Isid).

Abbildung 3 zeigt exemplarisch die geographische Definition einer Section und beispielhaft Standorte von VMIS Detektoren (Verkehrsmanagement -und Informationssystem VMIS) innerhalb der betreffenden Section. Die Standorte von VMIS Detektoren sind den Querschnitten durch die Angabe von Autobahnen- bzw. Schnellstraßen-Nummer, Fahrtrichtung und Autobahnen- bzw. Schnellstraßen-Kilometer zugeordnet. Damit ist auch eine eindeutige Beschreibung als Detektor-ID (kurz: det\_id) gewährleistet (z.B.: "A01\_1\_015,891").

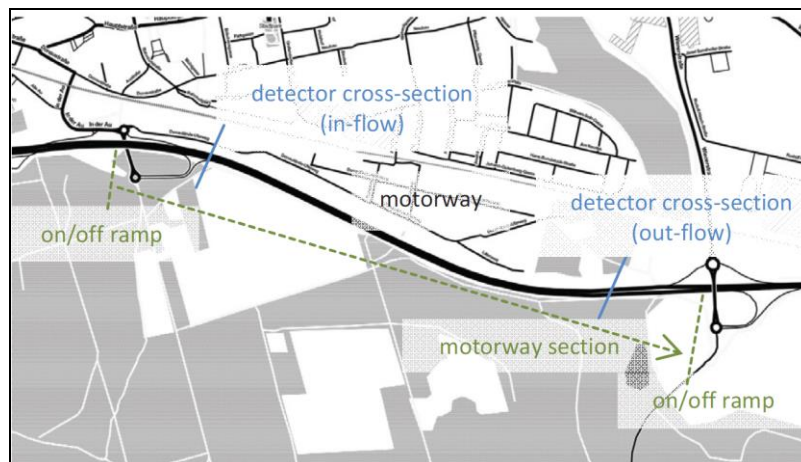


Abbildung 3 - Exemplarische Darstellung einer Autobahn zur Definition von Autobahnabschnitten (motorway section) und Detektor-Standorten (detector cross-section)

Wenn eine Section mit keinem VMIS Detektor für die Messung des Zustroms (in-flow) oder den Abflusses (out-flow) an Fahrzeugen ausgestattet war, wurden für diese Section die Werte der benachbarten Sensoren herangezogen, sofern diese in einer maximalen Entfernung von 10km lagen.

Die verfügbaren Daten waren 1 min Mittelwerte der PKW- und LKW-Reisezeiten pro Section und 1 min Summen der PKW- und LKW-Verkehrsstärke von allen Sections mit

VMIS Detektoren. Die Aufbereitung von Echtzeit-Daten erfolgt im Echtzeitsystem laufend. Dabei werden unplausible Werte mit einfachen heuristischen Methoden (z.B.: Plausibilitätsgrenzen) detektiert und entfernt. Um Fahrten mit Unterbrechungen – einer der häufigsten Ursachen für unplausible Reisezeiten – zu entfernen, wurde darüber hinaus ein einfacher Filteralgorithmus angewendet. Zuerst wurde ein gleitendes Validitätsfenster berechnet. Wenn die aktuelle mittlere Reisezeit über diesem lag, wurde der Geschwindigkeitswert als unplausibel gewertet und entfernt.

Die Reisezeiten und Verkehrsstärke-Daten wurden auf 15 min aggregiert und daraus – basierend auf dem Zusammenhang makroskopischer Verkehrsgrößen (Fundamentaldiagramm) – die Geschwindigkeiten und Verkehrsdichte pro Section berechnet. Diese Größen bilden in weiterer Folge multi-dimensionale Verkehrsmuster, welche den Verkehrszustand der Sections repräsentieren und als Input für die Prognosealgorithmen in AP3 dienen.

### AP 3 Erarbeitung der Prognose-Algorithmen

Zur Erarbeitung der Prognose-Algorithmen werden drei Prognose-Horizonte unterschieden

- Kurzfrist-Prognose bis 4 Stunden
- Mittelfrist-Prognose bis 2 Tage
- Langfrist-Prognose ab 2 Tagen

Für die Kurzfristprognose wurde eine datengetriebene, hybride Prognose-Methode implementiert. Die Komponenten sind in der schematischen Darstellung in Abbildung 4 dargestellt.

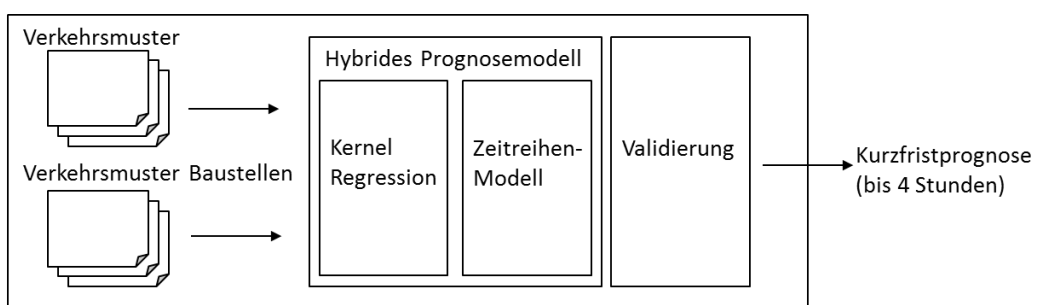


Abbildung 4 – Schematische Darstellung der Komponenten des hybriden Prognosemodells zur Kurzfristprognose

Wenn Verkehrsstärke-Messungen aus VMIS Detektoren vorlagen, wurde ein Kernel Regression angewendet, welcher multi-dimensionale Verkehrsmuster (Geschwindigkeiten und Verkehrsdichte) zur Mustersuche verwendet. Wenn die Datenbasis der Verkehrsstärke-Messungen zu gering war, wurden die Differenzen zu den historischen Tagesganglinien mit Hilfe eines autoregressiven Zeitreihen-Modelles prognostiziert. Damit konnte auf die eingeschränkte Verfügbarkeit von Detektordaten reagiert werden und eine robuste Prognosemethode unter Verwendung historischer und aktueller Verkehrsdaten im VoRAB Prototypen implementiert werden.

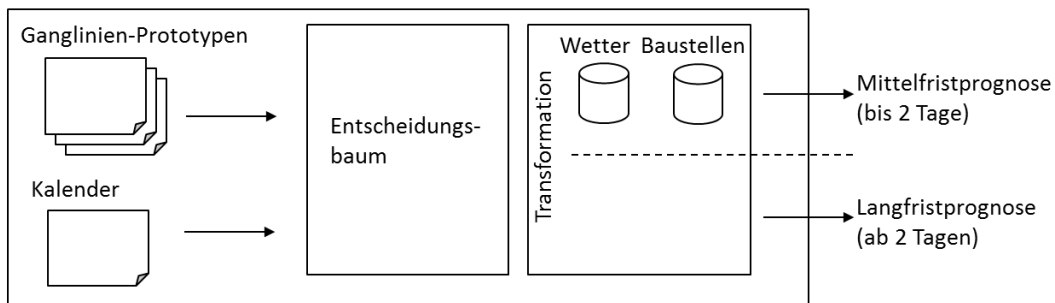


Abbildung 5 – Schematische Darstellung der Komponenten zur Mittel- und Langfristprognose auf Basis von Ganglinien-Prototypen

Die Prognosemodelle für die Mittel- und Langfristprognose (siehe Abbildung 5) basieren auf historischen Tages-Geschwindigkeits-Ganglinien, welche zunächst durch hierarchisches Clustering gruppiert wurden. Anhand von Tageseigenschaften (Wochentag, Ferien, Feiertage) wurde ein Entscheidungsbaum trainiert und für die Mittel- und Langfrist-Prognose eingesetzt. Die Mittelfrist-Prognose zeichnet sich in weiterer Folge durch die Integration von Wetterprognosen und Baustellendaten aus. Eine detaillierte Darstellung des Prototypen und der Datenbank ist in Kapitel 5 Anhang: Beschreibung des VoRAB Prototypen zu finden.

- T 3.1 Erarbeitung der Kurzfristprognose

Wenn Verkehrsstärke-Daten aus VMIS Detektoren vorlagen wurde eine Kernel Regression eingesetzt, welche als Musterbasis multi-dimensionale Verkehrsmuster verwendet. Verkehrsmuster bilden den Verlauf der Verkehrsdaten vor, während und nach einem Störfall ab, wobei die verfügbaren Dimensionen Geschwindigkeiten der AVL

(ASFINAG Verkehrslage) und Verkehrsdichte ermittelt aus VMIS Detektordaten sind. (vgl. Abbildung 6)

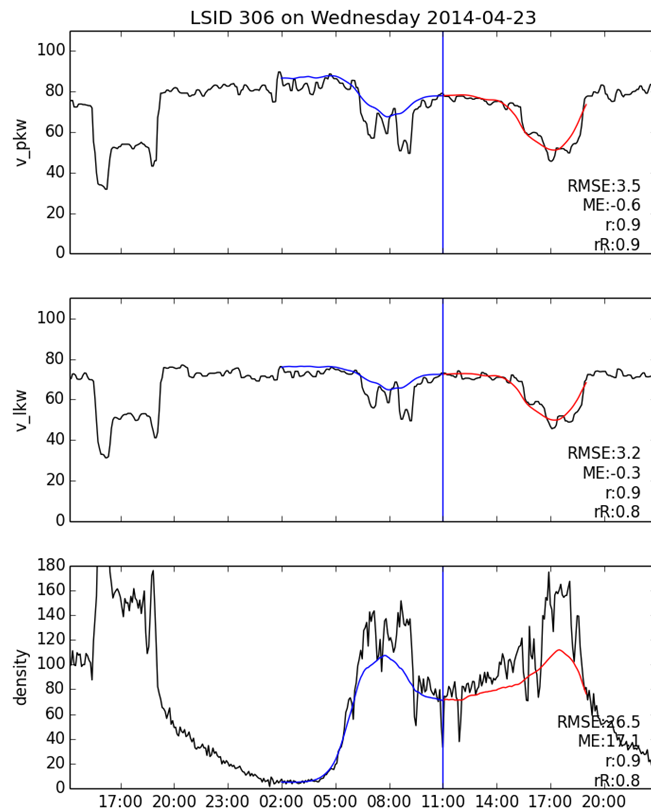


Abbildung 6 – Prognose auf Basis multi-dimensionaler Verkehrsmuster, bestehend aus Geschwindigkeit PKW (v\_pkw), Geschw. LKW (v\_lkw) und Verkehrsdichte (density)

Musterlänge (blau), Prognosehorizont (rot), Referenzwerte (schwarz), Prognosezeitpunkt (blau, vertikal)

Der Prognose-Algorithmus (zum Prognose-Zeitpunkt  $t$ ) beruht auf der Ähnlichkeit der Verkehrsmuster (Verkehrsdichte und Geschwindigkeit) in einem definierten Zeitraum vor dem Prognose-Zeitpunkt  $t$  mit relevanten Zeiträumen in der historischen Datenbasis. In der vorliegenden Implementierung wird ein Zeitraum von 9 h verglichen. Als Prognosewert wird ein gewichteter Mittelwert aller zukünftigen Werte (z.B. für eine Prognose für das Intervall  $t+1$  alle Werte  $t+1$  relativ zu allen vergangenen Zeiträumen) berechnet, wobei die Ähnlichkeit der vergangenen Zeiträume mit dem definierten Zeitraum vor dem Prognose-Zeitpunkt  $t$  als Gewicht verwendet wird (Kernel Based Regression [1] im VoRAB Prototypen als Kernel Predictor [2] bezeichnet).

- T3.2 und T3.3 Erarbeitung der Mittel- und Langfristprognose

Ganglinien-Prototypen bilden den an mehreren ‚gleichartigen‘ Tagen zu erwartenden Tagesverlauf der Verkehrsdaten eines Streckenabschnittes ab. Mit Hilfe eines hierarchischen Clusterverfahrens werden zunächst Tagesganglinien mit ähnlichen Verläufen in Gruppen eingeteilt. (vgl. Abbildung 7, Class 1,2 und 5)

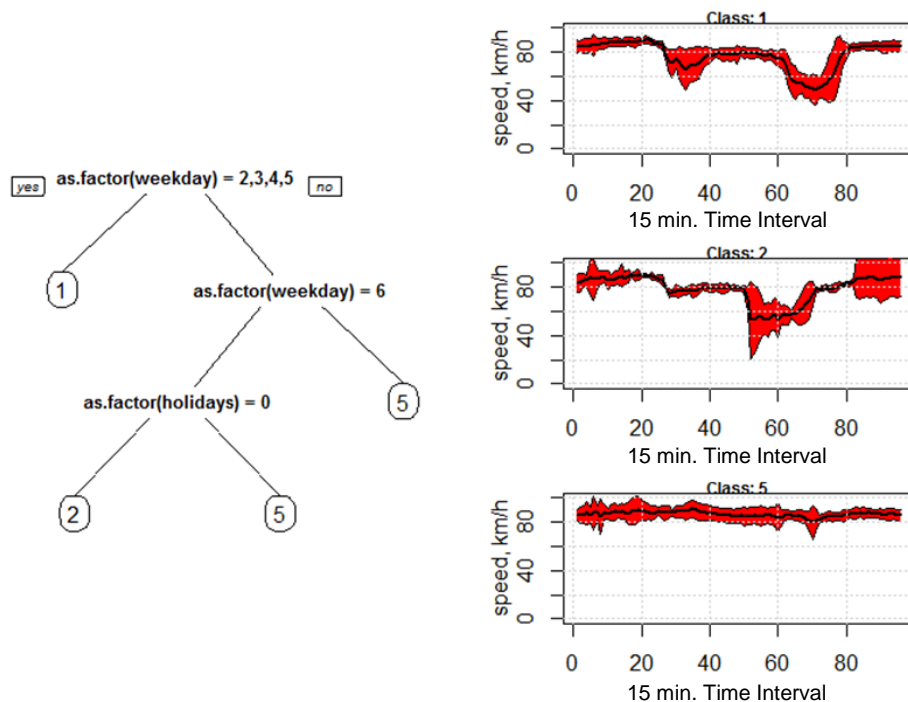


Abbildung 7 – Auszug eines Ergebnisses des hierarchischen Clusterings

links: Dendrogramm des zugehörigen Entscheidungsbaumes

rechts: ermittelte Klassen mit Klassen-Prototypen (schwarz)

Für jede dieser Gruppen werden Ganglinien-Prototypen berechnet. Unter Verwendung von kalenderbasierten Tagesattributen werden anschließend Section-spezifische Entscheidungsbäume trainiert. Der Entscheidungsbaum erkennt, welche Ganglinien-Prototypen häufig in Kombination mit einzelnen Tagesattributen auftreten. Anhand des trainierten Entscheidungsbaumes und gegebenen Tagesattributen wird ein Ganglinien-Prototyp für die Prognose ausgewählt (vgl. Dendrogramm in Abbildung 7). Für die Mittelfristprognose können die Tagesattribute durch Wetterprognosen des SWIS (Straßenwetter-Informationssystem) und Informationen zu aktuellen und geplanten

Baustellen des BMS (Baustellenmanagement System) ergänzt werden (vgl. Abbildung 5). Die Systeme (SWIS, BMS) werden aktuell überarbeitet, die Schnittstellen zum Prognosemodell wurden bereits vorbereitet. In weiterer Folge ist die Integration von Wettervorhersagen und Baustellendaten vorgesehen, um diese Einflussgrößen im Prognosemodell zur Mittelfrist-Prognose zu berücksichtigen. Dazu wurden Wetter- und Verkehrsdaten anhand von Wetterkategorien (nach SWIS) analysiert und aus dem Vergleich der Geschwindigkeiten Signifikanz und Reduktionsfaktoren ermittelt (vgl. Abbildung 28. im Anhang) Die Ganglinien-Prototypen werden für die Mittelfristprognose mit Reduktionsfaktoren für die Geschwindigkeiten nach der jeweiligen Wetterprognose überlagert und in der Reisezeit-Prognose berücksichtigt.

- T3.4 Prognose der Reisezeit bei **Baustellen und Unfällen**

Zu den Reisezeitprognosen werden in bestimmten Sonderfällen, wie bei Baustellen, Reisezeit-Verzögerungen hinzugefügt. Folgende Sonderfälle wurden im Projekt behandelt:

- **Baustellen:** dabei handelt es sich meist um geplante Ereignisse, die z.B. zu Fahrstreifenreduktionen oder Fahrstreifenverschwenkungen führen. Die Datengrundlage dafür war ein Auszug aus dem Baustellenmanagementsystem – BMS2012 – der ASFINAG von Oktober 2013 bis August 2014.
- **Unfälle und sonstige Ereignisse:** dabei handelt es sich um nicht planbare Ereignisse, die plötzlich auftreten und meist von unbekannter Dauer sind, sodass Fahrstreifensperrungen und Kapazitätsreduktionen im Voraus nicht bekannt sind. Die Datengrundlage für die Bearbeitung dieser Sonderfälle bei Reisezeitprognosen war ein Auszug aus dem Ereignismanagement – EDB (Ereignisdatenbank) – der ASFINAG von Oktober 2013 bis Mitte April 2014. Nach einem ersten Screening aller Ereignisse der ASFINAG Ereignisdatenbank konnten folgende relevante Ereignisse, sowohl bei der Anzahl als auch bei den Auswirkungen auf die Reisezeit, identifiziert und anschließend näher betrachtet werden: Unfälle, Pannen und Ladegutverluste.

Die Ausgangssituation für die Betrachtung der Baustellen und Ereignisse ist, dass aufgrund der Geschwindigkeits- und/oder Kapazitätsreduktion die Reisezeit am betroffenen Abschnitt höher ist. Dabei müssen Staus aufgrund der Fahrstreifen- und



Kapazitätsreduktion mit höherer Nachfrage als der verfügbaren Kapazität der Strecke aber auch die verordnete Geschwindigkeitsreduktionen durch den Baustellenbereich (statt 130 km/h nur meist 80 km/h) gemeinsam betrachtet werden. Abbildung 8 zeigt exemplarisch die Geschwindigkeitsreduktion im Baustellenbereich, wobei diese aufgrund des höheren Geschwindigkeit-Niveaus bei den PKW Geschwindigkeiten deutlich stärker als bei den LKW Geschwindigkeiten sind.

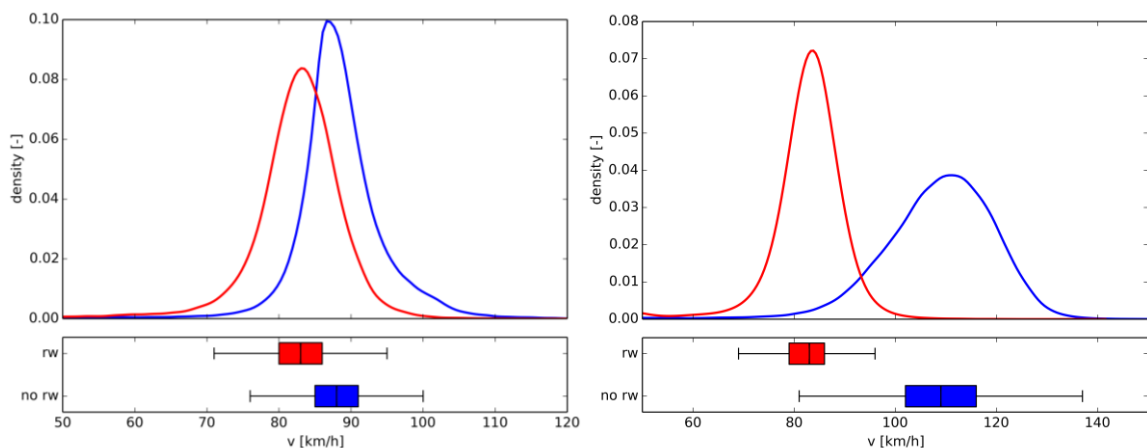


Abbildung 8 - Vergleich der LKW (links) und PKW Geschwindigkeiten (rechts) vor (blau) und während (rot) einer Baustelle, Bsp. A4, LSID 119, Fahrstreifenreduktion von 3 auf 2

Bei der Kurzfrist-Prognose wird die Art einer Baustelle (Fahrstreifenreduktion 2->1, 3->2, Fahrstreifenbreite und Überleitungen auf die andere Richtungsfahrbahn) sowie eines Ereignisses (Unterscheidung nach Ereignistyp und Fahrstreifenreduktion) durch eine Adaptierung der Datenbasis (eigene Suche nur in Baustellen- und Ereignismustern, vgl. Abbildung 8) für den Kernel Predictor berücksichtigt.

In der Mittelfrist-Prognose können nur aktuelle und geplante Baustellentermine berücksichtigt werden und in eine adaptierte Ganglinien-Methode einfließen. Dazu wurden Baustellen- und Verkehrsdaten den entsprechenden Baustellen-Kategorien (Art der Baustelle) zugeordnet und analysiert. Aus dem Vergleich der Geschwindigkeiten wurden die Signifikanz des Einflusses und die Reduktionsfaktoren ermittelt. Die Ganglinien-Prototypen werden für die Mittelfristprognose mit Reduktionsfaktoren für die Geschwindigkeiten nach der jeweiligen Baustellenart überlagert und in der Reisezeit-Prognose berücksichtigt.

#### AP 4 Evaluierung der prognostizierten Reisezeiten

- T4.1 Evaluierung der prognostizierten Reisezeiten

Die Evaluierung basiert auf dem Vergleich der prognostizierten Reisezeiten (Geschwindigkeiten) und der ASFINAG Verkehrslage (AVL) als Referenz. Zur Erfassung der Prognosequalität wurde ein repräsentatives Subset des ASFINAG Autobahnen- und Schnellstraßennetzes (siehe Tabelle 12 – Auflistung der gewählten Abschnitte als Evaluierungsnetzwerk (33 Sections)) gewählt. Um auch bei Autobahnknoten und Spezialfällen eine korrekte Zuordnung der Detektoren zu Sections sicherzustellen, erfolgte diese für das Evaluierungsnetz semi-automatisch mit visueller Kontrolle.

Zur Bewertung der Prognosequalität wurde ein Evaluierungsframework erstellt. Dabei werden Qualitätsindikatoren, wie RMSE (Root Mean Square Error), ME (Mean Error) und der Korrelationsfaktor  $r$  berechnet. Die Ergebnisse sind mit Korrelationsdiagrammen und der zugehörigen Verteilung der Fehlerwerte visualisiert. Das Evaluierungsframework ermöglicht dabei eine detaillierte Betrachtung von Sections (vgl. Abbildung 20) und zeitlich detaillierte Aufteilung nach Verkehrszustand (vgl. Abbildung 21), Tageszeiten (vgl. Abbildung 22) und Wochentage (vgl. Abbildung 23). (siehe Kap. 6 Anhang: Detaillierte Evaluierungsergebnisse).

Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse der Evaluierung wurden für den Zeitraum Juni 2014 im gesamten Evaluierungsnetz ermittelt. Als Eingangsdaten wurden die verfügbaren AVL und VMIS Daten von Oktober 2013 bis Mai 2014 verwendet. Weitere Ergebnisse sind im Anhang: Detaillierte Evaluierungsergebnisse zu finden.

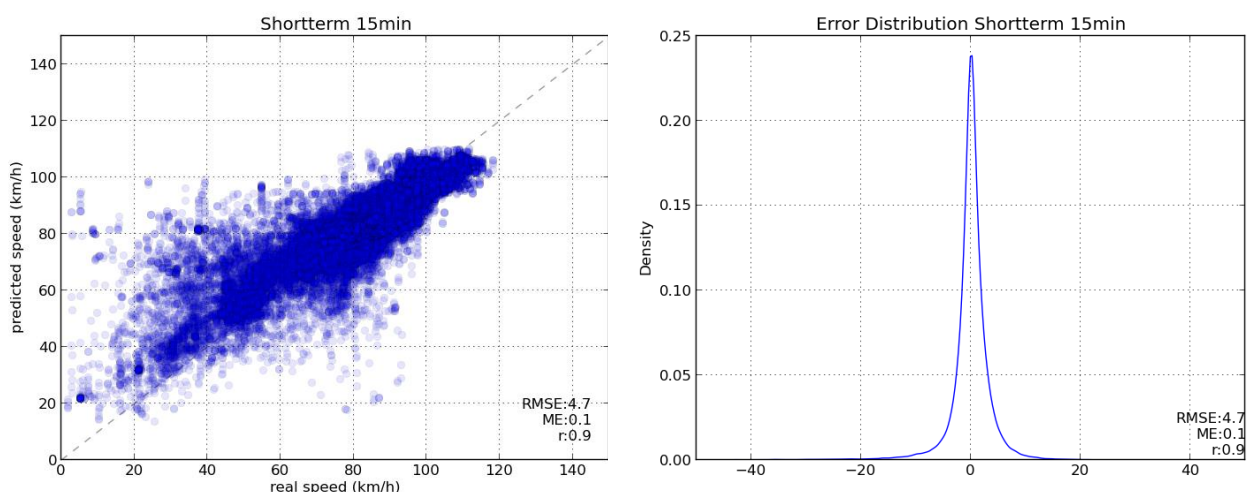


Abbildung 9 – Kurzfristprognose (15 min) im gesamten Evaluierungsnetz / Korrelationsdiagramm (links) der prognostizierten LKW Geschwindigkeiten (predicted speed) und der Referenzwerte der AVL (real speed) und Verteilung der Abweichungen (rechts) basierend auf Kernel Density Estimation

Die Gegenüberstellung der **Ergebnisse der Kurzfristprognose** für t+15min von LKW Geschwindigkeiten (predicted speed) und Referenzwerten der AVL ergibt einen hohen Korrelationsfaktor (r) von 0,9 und einen geringen mittleren Fehler (ME) von 0,1 km/h. Die Prognose weist damit kaum systematische Abweichungen auf (vgl. Abbildung 9). Der RMSE (Root Mean Square Error) von 4,7 km/h zeigt eine insgesamt gute Prognosequalität. Die Rate von falschen Alarmen (Situationen in welchen ein Geschwindigkeitsabfall falsch vorausgesagt wurde) war klein. Andererseits wurde in vielen Fällen das Eintreten eines Staus, besonders von Morgenstaus mit starkem Abfall der Geschwindigkeit, mit zeitlicher Verzögerung prognostiziert.

Zur visuellen Beurteilung der Prognosequalität wurden zusätzlich Zeitverläufe und Animationen von Prognosevorgängen (vgl. Abbildung 6) analysiert. Die Analyse der Verkehrsmuster ergab, dass häufig die Verkehrsmuster in der Nacht vor den Morgenstaus nicht spezifisch genug waren und zumindest zwei divergierende zukünftige Trends in der Datenbasis vorlagen. Eine flexiblere zeitliche Länge des Zeitfensters könnte diesem Effekt entgegenwirken. Weitere Ergebnisse sind im Kapitel 6 Anhang: Detaillierte Evaluierungsergebnisse zu finden.

Zur **Mittelfristprognose** wurde ein Clusterverfahren eingesetzt und für jeden Autobahnabschnitt Prototypen der einzelnen Ganglinienklassen gebildet. Ein nachgeschalteter Entscheidungsbaum wurde trainiert, um Zusammenhänge zwischen den einzelnen Klassen und Attributen des entsprechenden Tages zu erlernen. Bei der Evaluierung wurde zunächst die Struktur des Entscheidungsbaumes untersucht und dabei festgestellt, dass die beiden Attribute Wochentag und Feiertag maßgeblich für die Unterscheidung der einzelnen Ganglinienklassen sind. Bei den Wochentagen wird in erster Linie zwischen Wochenende (Samstag, Sonntag) und den restlichen Tagen unterschieden. Vor allem auf stärker befahrenen Strecken werden Freitage einer eigenen Klasse zugewiesen. Ein weiteres wichtiges Attribut stellen Informationen über Ferienzeiten dar, anhand welcher nach weiteren Klassen unterschieden wird. In Abbildung 10 ist der resultierte Entscheidungsbaum für einen stark befahrenen Autobahnabschnitt (LSID 306) dargestellt.

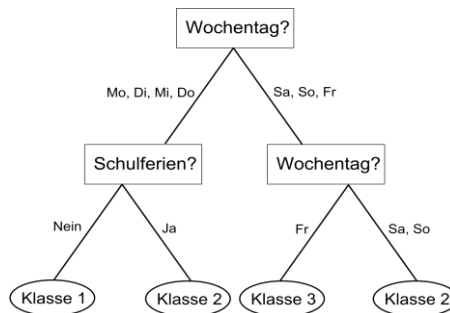


Abbildung 10 – Entscheidungsbaum für LSID 306

Die Auswahl eines Prototyps erfolgt anhand von Tageseigenschaften und stellt die mittelfristige Prognose dar.

Da für den Evaluierungszeitraum keine Wetter- und Baustellendaten zur Verfügung standen, wurden die **Mittel- und Langfristprognose** als eine Methode (Longterm) evaluiert. In Abbildung 11 sind die Evaluierungsergebnisse für den gesamten Evaluierungszeitraum (Juni 2014) und das Evaluierungsnetz dargestellt. Die Gegenüberstellung der Ergebnisse der Prognose der LKW Geschwindigkeiten (predicted speed) mit den Referenzwerten der AVL ergibt einen Korrelationsfaktor ( $r$ ) von 0,7. Die Prognose weist nur geringe systematische Abweichungen auf ( $ME = 1.0$  km/h). Der RMSE (Root Mean Square Error) von 7,0 km/h zeigt eine insgesamt gute Prognosequalität. Untypische Staus, wie etwa an Feier- oder Ferientagen, die selten oder vorher gar nicht vorgekommen sind, werden nicht erkannt, da der zugehörige Prototyp diese nicht enthält. Die Evaluierung zeigte auch, dass wiederkehrende Staus bei typischen Tagesverläufen gut prognostiziert werden. Die Beginn- und Endzeiten eines Staus konnten – mit einigen Minuten zu frühem oder zu spätem Beginn – tendenziell gut erkannt werden. Bei der Intensität traten vereinzelt jedoch große Abweichungen auf (z.B.: wird ein Stau mit einer Reduktion der Geschwindigkeit auf 35 km/h vorhergesagt, tatsächlich gefahren wurde dann 60 km/h). Weitere Ergebnisse, wie die detaillierte Betrachtung von Sections und die Aufteilung nach Tageszeiten (vgl. Abbildung 26) und Wochentage (vgl. Abbildung 27) sind im Kapitel 6 Anhang: Detaillierte Evaluierungsergebnisse zu finden.

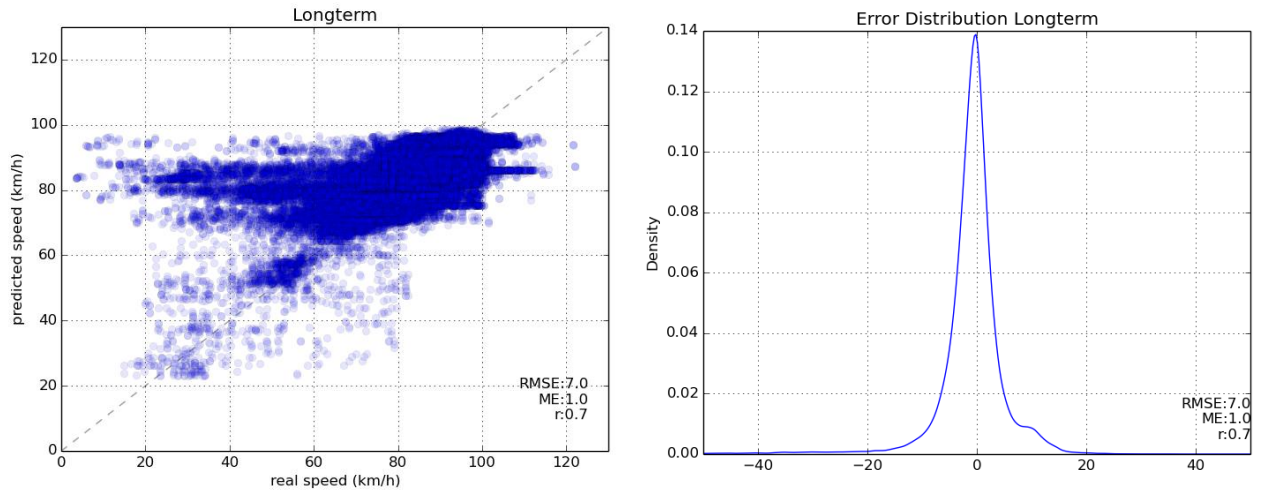


Abbildung 11 – Mittel- und Langfristprognose im gesamten Evaluierungsnetz / Korrelationsdiagramm der prognostizierten LKW Geschwindigkeiten (predicted speed) und der Referenzwertes der AVL (real speed) und Verteilung der Abweichungen (rechts) basierend auf Kernel Density Estimation

Im Fall der **Reisezeitprognose bei Baustellen** wird der Verkehrsdatensatz (Verkehrsstärke, Geschwindigkeiten und daraus abgeleitet die Verkehrsdichte) nach der Art der Baustelle gruppiert (z.B.: Anzahl der verfügbaren Fahrstreifen, Einrichtung einer Fahrstreifenverschwenkung und Geschwindigkeitsreduktion) und insbesondere unterschieden, ob bzw. in welchem Zeitraum eine gewisse Baustelle das Verkehrsgeschehen beeinflusst hat. Dadurch lassen sich baustellenspezifische Situationen gezielt abbilden und auch auf andere Abschnitte umlegen. Abbildung 12 zeigt, dass dieser Zugang bei der PKW-Kurzfristprognose über 15 Minuten vielversprechend ist: der Ansatz führt zu einem geringeren Fehler (RMSE) und einer größeren Korrelation ( $r$ ) mit den Referenzdaten (Abbildung 12, rechts) verglichen mit der Kurzfristprognose ohne spezieller Berücksichtigung von Baustellen (Abbildung 12, links).

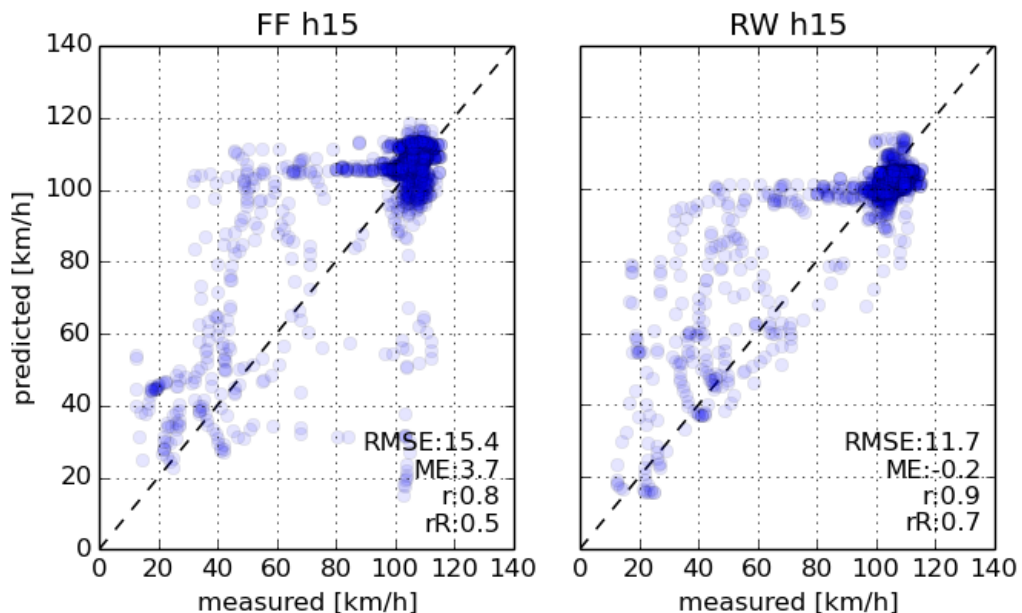


Abbildung 12 – Korrelationsdiagramm der prognostizierten 15 min. PKW Geschwindigkeiten (predicted) und der Referenzwerte der AVL (measured). Links: ohne Berücksichtigung der Baustelle (FF: Free Flow), rechts: mit Berücksichtigung der Baustelle (RW: Road Work)



## 5. Anhang: Beschreibung des VoRAB Prototypen

### Module des Prototyps

Die Module des Prototyps sind in Abbildung 13 schematisch dargestellt. Dabei werden aufgrund der methodischen Ähnlichkeit Mittel- und Langfristprognose zu einem gemeinsamen „Longterm Prediction“-Modul zusammengefasst. Der Kern der Kurzfristprognose ist im „Shortterm Prediction“-Modul. Die Zuordnung und Funktionsbeschreibung der Module ist in Tabelle 3 gelistet.

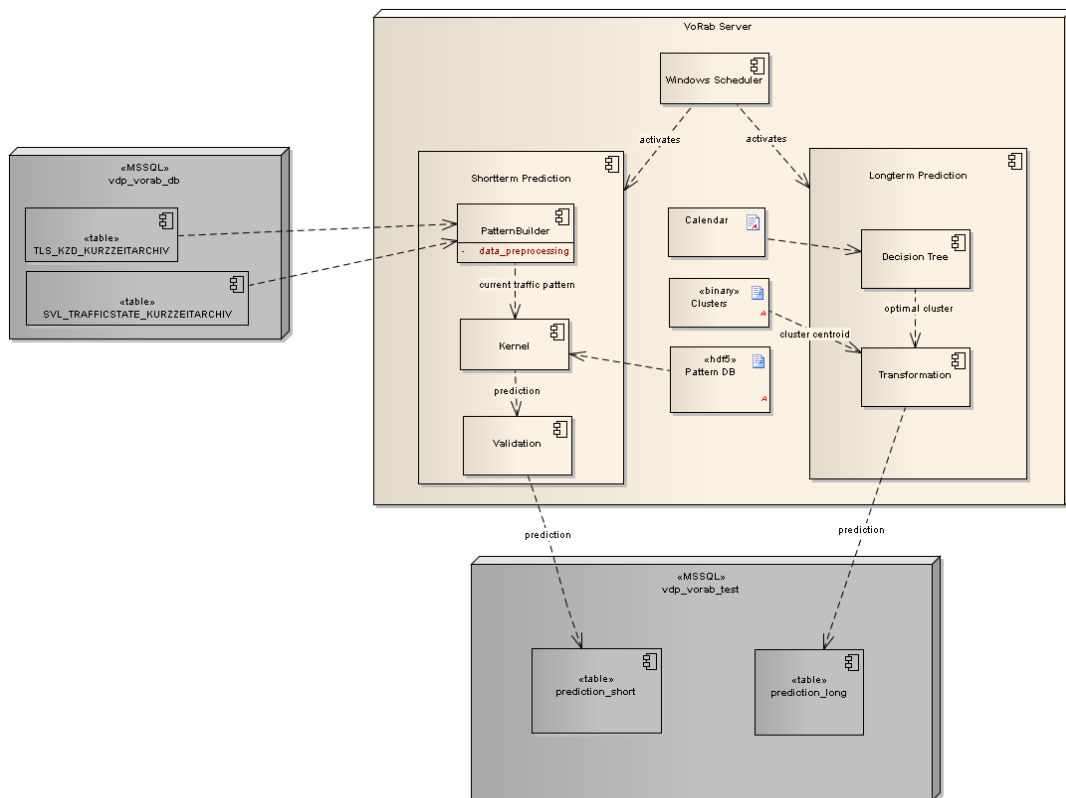


Abbildung 13 – Schematische Darstellung der Module des VoRAB Prototypen

Tabelle 3 – Module des VoRAB Prototypen

	Modul	Funktion	File/Class in Python
Shortterm und Longterm Prediction	Windows Scheduler	Startet nach eingestellten Zeitintervallen die jeweiligen Prognosemodule. Die derzeitige Konfiguration sieht eine Aktualisierung der	- (Bestandteil des Windows Server Betriebssystems)

		Kurzfristprognose alle 5 Minuten und für Mittel- und Langfristprognose alle 12 Stunden vor.	
Shortterm Prediction	PatternBuilder, PatternDB	Selektiert aktuelle Verkehrsdaten (PatternBuilder) bzw. historische Verkehrsdaten (PatternDB) und generiert für die angegebenen Dimensionen Verkehrsmuster. Die jeweils verwendeten Dimensionen sind einstellbar, derzeit verwendet werden Geschwindigkeit PKW, Geschwindigkeit LKW und Verkehrsdichte.	io.py prediction_short.py
	Kernel	Ermittelt Ähnlichkeitsmaße des aktuellen Verkehrsmusters zu den historischen Verkehrsmustern der PatternDB und generiert aus dem zeitlich weiteren Verlauf der Muster die Kurzfristprognose. Die zeitliche Länge der Verkehrsmuster ist auf 9 Stunden eingestellt. Die Prognosehorizonte sind auf t+15, t+30, t+45, t+60, t+120 und t+240min eingestellt.	prediction.py / Class Shortterm
	Validation	Kontrolliert die Plausibilität der Prognose. Berechnet wird die Abweichung der ermittelten Prognose zu den letzten Messwerten. Diese Information und die Verfügbarkeit von Detektordaten bestimmen die Auswahl des Moduls im hybriden Prognosemodell zur Kurzfristprognose.	prediction.py / Class SanityChecker

	Modul	Funktion	File/Class in Python
Longterm Prediction	Clusters	Selektiert Verkehrsdaten aus der Datenbank für den konfigurierbaren Zeitraum, generiert Tages-Ganglinien mit 15 Minuten Intervallen und ermittelte ähnliche Gruppen (Clusters). Für jeden Cluster wird ein Ganglinien-Prototypen errechnet, der für die weiteren Prognoseschritte verwendet wird.	Clustering.py / class TimeseriesClusterer
	Decision Tree	Erstellt für die gefunden Cluster einen Entscheidungsbaum für die Auswahl der Ganglinien-Prototypen. Die Entscheidungskriterien basieren auf Kalenderdaten, wie Wochentag, Feiertage und Ferienzeit. Zusätzliche Faktoren wie Baustellen und Wetter können integriert werden.	Longterm.py / class DecisionTreeClassifier
	Transformation	Verwendet Kalenderdaten und den Entscheidungsbaum, um den jeweiligen Ganglinien-Prototypen zu selektieren und den weiteren Zeitverlauf als Prognose auszugeben.	Longterm.py / Class LongtermPredictor

### Implementierung und Funktionsweise

Der Prognose – Prototyp ist in Python (2.x) implementiert und am VoRAB Server der ASFINAG installiert. Der Prototyp bzw. die jeweiligen Module werden in definierten Zeitabständen durch den Windows Scheduler gestartet und beenden sich nach Berechnung und Output der Prognose automatisch. Für die Prognose ist neben dem aktuellen Verkehrszustand ein Datenbestand an Verkehrsmustern (Pattern-DB) und Ganglinien-Prototypen (Clusters) notwendig. Der aktuelle Verkehrszustand ist in der ASFINAG Datenbank (vdp\_vorab\_db) verfügbar. Der Datenbestand an Verkehrsmustern und Ganglinien-Prototypen wird am Server in Form von HDF5 Files vorgehalten.

Die Implementierung ist nach der Struktur in Abbildung 14 gegliedert:

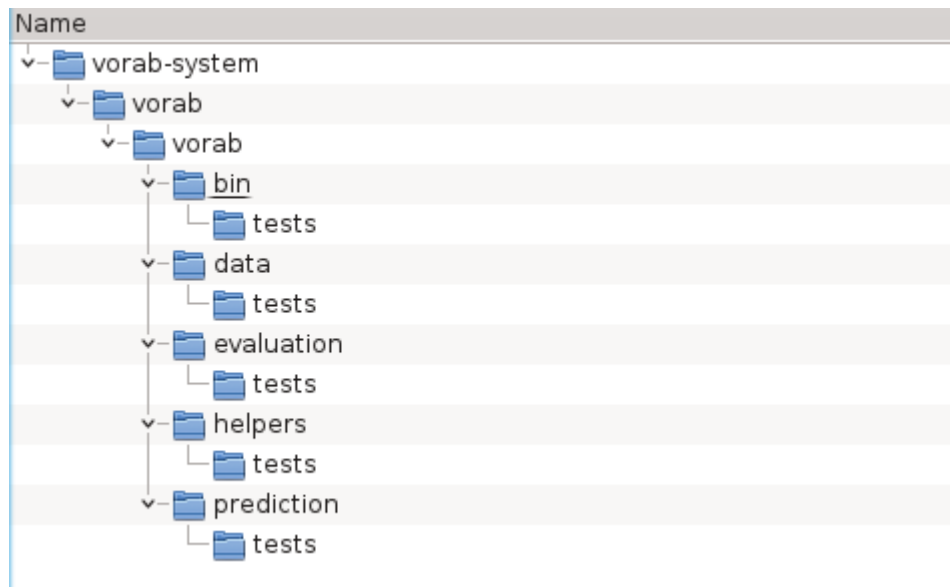


Abbildung 14 – Ordnerstruktur des VoRAB-Prototypen (Deployment Model)

Innerhalb des VoRAB-Systems sind die Module nach Bibliotheken, wie Binaries (bin), Daten (data), Evaluation (evaluation), Zusatzmodule (helpers) und Prognosemodulen (prediction) gegliedert. Die korrekte Funktionsweise wird durch jeweilige Unittests sichergestellt (tests).

## Datenbanken

Der VoRAB Prototyp ist in der IT Umgebung der ASFINAG installiert und verbindet sich mit den vorgesehenen MSSQL Datenbanken:

- *vdp\_vorab\_db*: beinhaltet die Verkehrsdaten als Archiv und in Echtzeit
- *vdp\_vorab\_test*: beinhaltet Infrastrukturdaten für den VoRAB Prototypen und aktuelle Prognoseergebnisse (Shortterm und Longterm)
- *vdp\_archiv\_vorab*: Archiv für Prognosewerte (Shortterm und Longterm)

Die Struktur der Datenbank-Tabellen und -Views sind in den folgenden Übersichtstabellen (Tabelle 4-9) dargestellt.

**Tabelle 4 – Schema des Views TLS\_KZD\_RT (Detektordaten in Echtzeit)**

TABLE_QUALIFIER	TABLE_OWNER	TABLE_NAME	COLUMN_NAME	DATA_TYPE	TYPE_NAME	PRECISION	LENGTH	SCALE
vdp_vorab_db	dbo	TLS_KZD_RT	DET_ID	12	varchar	8000	8000	NULL
vdp_vorab_db	dbo	TLS_KZD_RT	time_	12	varchar	16	16	NULL
vdp_vorab_db	dbo	TLS_KZD_RT	qkfz	4	int	10	4	0
vdp_vorab_db	dbo	TLS_KZD_RT	qlkw	4	int	10	4	0
vdp_vorab_db	dbo	TLS_KZD_RT	qpkw	4	int	10	4	0
vdp_vorab_db	dbo	TLS_KZD_RT	vpkw	4	int	10	4	0
vdp_vorab_db	dbo	TLS_KZD_RT	vlkw	4	int	10	4	0
vdp_vorab_db	dbo	TLS_KZD_RT	vkfzmittel	4	int	10	4	0

**Tabelle 5 – Schema des Views SVL\_TRAFFICSTATE\_RT (ASFINAG Verkehrslage in Echtzeit)**

TABLE_QUALIFIER	TABLE_OWNER	TABLE_NAME	COLUMN_NAME	DATA_TYPE	TYPE_NAME	PRECISION	LENGTH	SCALE
vdp_vorab_db	dbo	SVL_TRAFFICSTATE_RT	LSID	4	int	10	4	0
vdp_vorab_db	dbo	SVL_TRAFFICSTATE_RT	entrytime	11	datetime	23	16	3
vdp_vorab_db	dbo	SVL_TRAFFICSTATE_RT	Availability	6	float	15	8	NULL
vdp_vorab_db	dbo	SVL_TRAFFICSTATE_RT	Confidence	6	float	15	8	NULL
vdp_vorab_db	dbo	SVL_TRAFFICSTATE_RT	traveltimeLkw	6	float	15	8	NULL
vdp_vorab_db	dbo	SVL_TRAFFICSTATE_RT	traveltimePkw	6	float	15	8	NULL
vdp_vorab_db	dbo	SVL_TRAFFICSTATE_RT	vLkwCommon	6	float	15	8	NULL
vdp_vorab_db	dbo	SVL_TRAFFICSTATE_RT	vPkwCommon	6	float	15	8	NULL
vdp_vorab_db	dbo	SVL_TRAFFICSTATE_RT	TraveltimeLkwCommon	6	float	15	8	NULL
vdp_vorab_db	dbo	SVL_TRAFFICSTATE_RT	TraveltimePkwCommon	6	float	15	8	NULL

**Tabelle 6 – Schema des Views Mautabschnitte\_2D (Definition von Sections)**

TABLE_QUALIFIER	TABLE_OWNER	TABLE_NAME	COLUMN_NAME	DATA_TYPE	TYPE_NAME	PRECISION	LENGTH	SCALE
vdp_vorab_db	dbo	Mautabschnitte_2D	LSID	4	int	10	4	0
vdp_vorab_db	dbo	Mautabschnitte_2D	roadcode	12	varchar	6	6	NULL
vdp_vorab_db	dbo	Mautabschnitte_2D	kmVon	6	float	15	8	NULL
vdp_vorab_db	dbo	Mautabschnitte_2D	kmBis	6	float	15	8	NULL
vdp_vorab_db	dbo	Mautabschnitte_2D	kmVon2D	6	float	15	8	NULL
vdp_vorab_db	dbo	Mautabschnitte_2D	kmBis2D	6	float	15	8	NULL

**Tabelle 7 – Schema des Views LANECOUNT (Anzahl der Fahrstreifen)**

TABLE_QUALIFIER	TABLE_OWNER	TABLE_NAME	COLUMN_NAME	DATA_TYPE	TYPE_NAME	PRECISION	LENGTH	SCALE
vdp_vorab_db	dbo	LANECOUNT	road_code	12	varchar		5	5 NULL
vdp_vorab_db	dbo	LANECOUNT	kmVon	6	float		15	8 NULL
vdp_vorab_db	dbo	LANECOUNT	kmBis	6	float		15	8 NULL
vdp_vorab_db	dbo	LANECOUNT	kmVon2D	6	float		15	8 NULL
vdp_vorab_db	dbo	LANECOUNT	kmBis2D	6	float		15	8 NULL
vdp_vorab_db	dbo	LANECOUNT	AnzahlFS	5	smallint		5	2 0
vdp_vorab_db	dbo	LANECOUNT	import_datetime	11	datetime		23	16 3

**Tabelle 8 – Entwurf: Schema des Views BMS2012\_ROADWORKS (ASFINAG Baustellen)**

TABLE_QUALIFIER	TABLE_OWNER	TABLE_NAME	COLUMN_NAME	DATA_TYPE	TYPE_NAME	PRECISION	LENGTH	SCALE
vdp_vorab_db	dbo	BMS2012_ROADWORKS	ROADWORK_REFERENCE_NUMBER	4	int		10	4 0
vdp_vorab_db	dbo	BMS2012_ROADWORKS	PHASE_REFERENCE_NUMBER	4	int		10	4 0
vdp_vorab_db	dbo	BMS2012_ROADWORKS	ROAD_CODE	-9	nvarchar		15	30 NULL
vdp_vorab_db	dbo	BMS2012_ROADWORKS	NAME	-9	nvarchar		255	510 NULL
vdp_vorab_db	dbo	BMS2012_ROADWORKS	TIME_BEGIN	-9	datetime2		27	54 NULL
vdp_vorab_db	dbo	BMS2012_ROADWORKS	TIME_END	-9	datetime2		27	54 NULL
vdp_vorab_db	dbo	BMS2012_ROADWORKS	KM_FROM	6	float		15	8 NULL
vdp_vorab_db	dbo	BMS2012_ROADWORKS	KM_TO	6	float		15	8 NULL
vdp_vorab_db	dbo	BMS2012_ROADWORKS	LANESTATE	12	varchar		15	15 NULL
vdp_vorab_db	dbo	BMS2012_ROADWORKS	LANESTATE_WITH_RW	12	varchar		15	15 NULL
vdp_vorab_db	dbo	BMS2012_ROADWORKS	LANESTATE_WITH_RW_unrestricted	12	varchar		15	15 NULL
vdp_vorab_db	dbo	BMS2012_ROADWORKS	ACTIONTYPE	-9	nvarchar		255	510 NULL
vdp_vorab_db	dbo	BMS2012_ROADWORKS	ROADWORK_STATE	4	int		10	4 0
vdp_vorab_db	dbo	BMS2012_ROADWORKS	DESCRIPTION	-10	ntext	1073741823	2147483646	NULL
vdp_vorab_db	dbo	BMS2012_ROADWORKS	LASTUPDATE	11	datetime		23	16 3
vdp_vorab_db	dbo	BMS2012_ROADWORKS	PRIMLOCATION_TEXT	-9	nvarchar		255	510 NULL
vdp_vorab_db	dbo	BMS2012_ROADWORKS	SECLOCATION_TEXT	-9	nvarchar		255	510 NULL
vdp_vorab_db	dbo	BMS2012_ROADWORKS	PUBLISH	-7	bit		1	1 NULL
vdp_vorab_db	dbo	BMS2012_ROADWORKS	BEGIN_TIME	1	char		30	30 NULL
vdp_vorab_db	dbo	BMS2012_ROADWORKS	END_TIME	1	char		30	30 NULL



**Tabelle 9 – Entwurf: Schema des Views WEATHERFORECAST (Wetterdaten aus SWIS)**

TABLE_QUALIFIER	TABLE_OWNER	TABLE_NAME	COLUMN_NAME	DATA_TYPE	TYPE_NAME	PRECISION	LENGTH	SCALE
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	LOCATION_TEXT	-9	nvarchar		512	1024 NULL
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	ROAD_CODE	12	varchar		10	10 NULL
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	DIRECTION	4	int		10	4 0
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	BEGINMETER	-5	bigint		19	8 0
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	ENDMETER	-5	bigint		19	8 0
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	TIME_ID	-5	bigint		19	8 0
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	FORECASTTIME	11	datetime		23	16 3
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	AIRTEMPERATURE	3	decimal		5	7 1
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	ROADTEMPERATURE	3	decimal		5	7 1
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	PRECIPITATIONAMOUNT	-5	bigint		19	8 0
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	PRECIPITATIONTYPE_CODE	-5	bigint		19	8 0
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	VISIBILITY	-5	bigint		19	8 0
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	AVERAGEWIND	-5	bigint		19	8 0
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	WINDPEAKS	-5	bigint		19	8 0
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	WINDPEAKS_KMH	2	numeric		22	24 1
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	WINDDIRECTION_TXT	-9	nvarchar		50	100 NULL
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	WINDDIRECTION_DEG	-5	bigint		19	8 0
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	RELATIVEHUMIDITY	-5	bigint		19	8 0
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	NEWSNOW	-5	bigint		19	8 0
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	SNOWLINE	-5	bigint		19	8 0
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	CLOUDCOVERAGE	-9	nvarchar		50	100 NULL
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	CLOUDLOWERBORDER	-5	bigint		19	8 0
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	CLOUDTYPE_LOW	-9	nvarchar		50	100 NULL
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	CLOUDTYPE_MEDIUM	-9	nvarchar		50	100 NULL
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	DEWPOINT	3	decimal		5	7 1
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	AIRPRESSURE	-5	bigint		19	8 0
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	GLOBALRADIATION	-5	bigint		19	8 0
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	STABILITYCLASS	-9	nvarchar		50	100 NULL
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	LASTUPDATE	11	datetime		23	16 3
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	LASTUPDATE_DDS	11	datetime		23	16 3
vdp_vorab_db	dbo	WEATHERFORECAST	LASTUPDATE_BY	-9	nvarchar		50	100 NULL

Der Output der Prognosemodule wird in Tabellen der Datenbank gespeichert. Das Konzept zur Speicherung aktueller und historischer Daten sieht folgende Trennung vor:

- **Kurzfristprognose**

Aktuelle Prognose in [vdp\_vorab\_test].[dbo].[VORAB\_prediction\_short] (Tabelle 10)

Ältere Prognosen archiviert in [vdp\_archiv\_vorab].[dbo].[prediction\_short]

**Tabelle 10 – Schema der Tabelle VORAB\_prediction\_short (Aktuelle Prognose Kurzfrist)**

TABLE_QUALIFIER	TABLE_OWNER	TABLE_NAME	COLUMN_NAME	DATA_TYPE	TYPE_NAME	PRECISION	LENGTH	SCALE
vdp_vorab_test	dbo	VORAB_prediction_short	lsid	4	int		10	4 0
vdp_vorab_test	dbo	VORAB_prediction_short	calculation_time	11	datetime		23	16 3
vdp_vorab_test	dbo	VORAB_prediction_short	time	11	datetime		23	16 3
vdp_vorab_test	dbo	VORAB_prediction_short	v_pkw	4	int		10	4 0
vdp_vorab_test	dbo	VORAB_prediction_short	v_lkw	4	int		10	4 0

- **Langfristprognose**

Aktuelle Prognose in [vdp\_vorab\_test].[dbo].[VORAB\_prediction\_long] (Tabelle 11)

Ältere Prognosen archiviert in [vdp\_archiv\_vorab].[dbo].[prediction\_long]

**Tabelle 11 – Schema der Tabelle VORAB\_prediction\_long (Aktuelle Prognose Langfrist)**

TABLE_QUALIFIER	TABLE_OWNER	TABLE_NAME	COLUMN_NAME	DATA_TYPE	TYPE_NAME	PRECISION	LENGTH	SCALE
vdp_vorab_test	dbo	VORAB_prediction_long	lsid	4	int		10	4 0
vdp_vorab_test	dbo	VORAB_prediction_long	time	11	datetime		23	16 3
vdp_vorab_test	dbo	VORAB_prediction_long	v_pkw	4	int		10	4 0

## 6. Anhang: Detaillierte Evaluierungsergebnisse

Das entwickelte Framework zur Evaluierung der Prognose ermöglicht neben der Berechnung der Gesamt-Qualitätsindikatoren auch eine detaillierte Analyse. Bei der Kurzfristprognose werden dabei insbesondere die unterschiedlichen Prognosehorizonte (siehe Abbildung 15-19), einzelne Sections (vgl. Abbildung 20) und die zeitlich detaillierte Aufteilung nach Verkehrszustand (vgl. Abbildung 21), Tageszeiten (vgl. Abbildung 22) und Wochentage (vgl. Abbildung 23) betrachtet.

Für die Langfristprognose sind ebenfalls die detaillierte Betrachtung einer Section (Abbildung 25) und die Aufteilung nach Tageszeiten (Abbildung 26) und Wochentage (Abbildung 27) dargestellt.

Die Eingangsdaten bestehen dabei aus den Verkehrsdaten aus dem Zeitraum von 10/2013 bis 05/2014. Der Evaluierungszeitraum ist der gesamte Monat 06/2014.

Die Auswertungen zu Einflüssen des Wetters und Baustellen sind in Abbildung 28 bzw. Abbildung 29 dargestellt.

Kurzfristprognose: Gesamt-Qualitätsindikatoren (gesamtes Evaluierungsnetz)

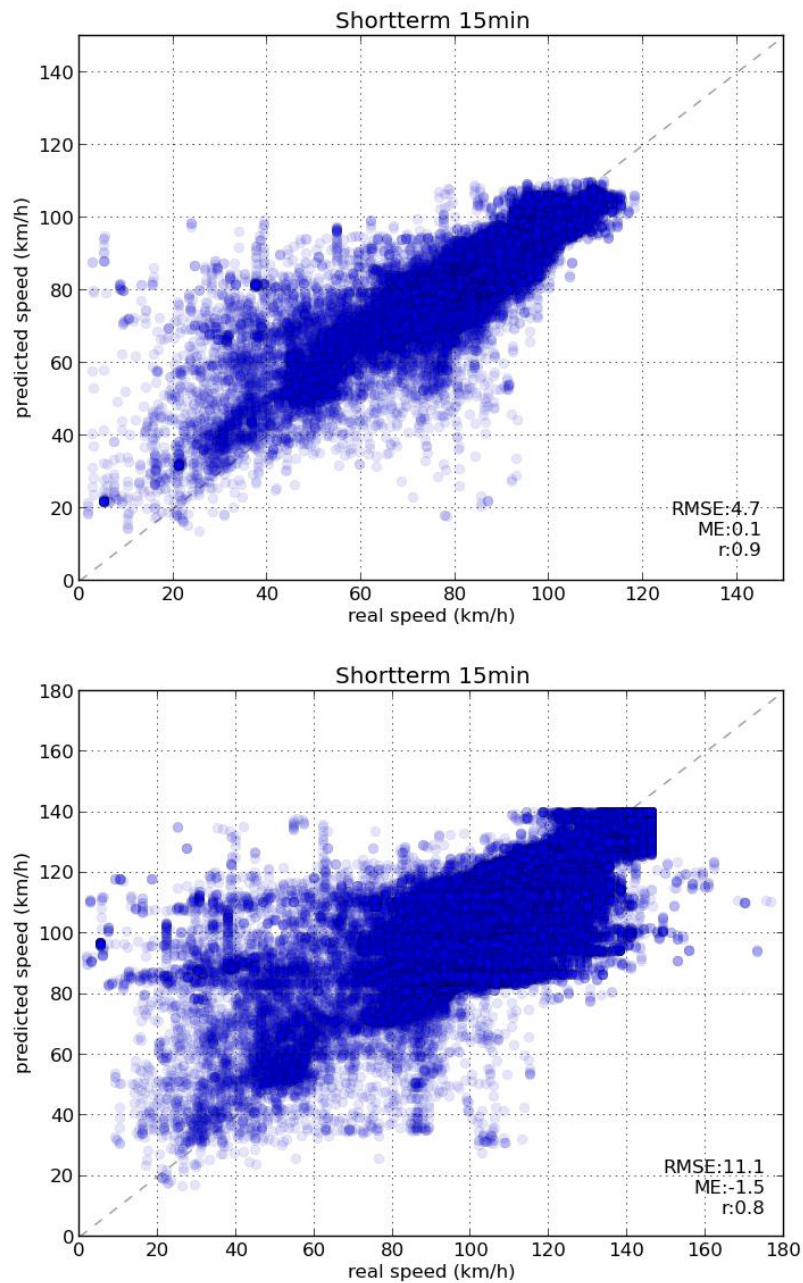


Abbildung 15 – Korrelationsdiagramm der prognostizierten 15 min. LKW-Geschwindigkeiten (oben, predicted speed) und PKW-Geschwindigkeiten (unten, predicted speed) und der Referenzwerte (real speed).

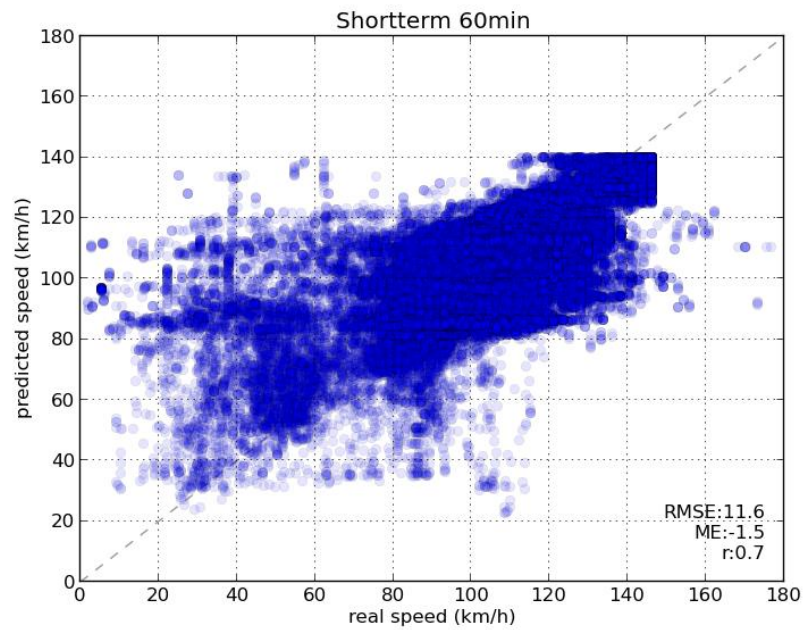
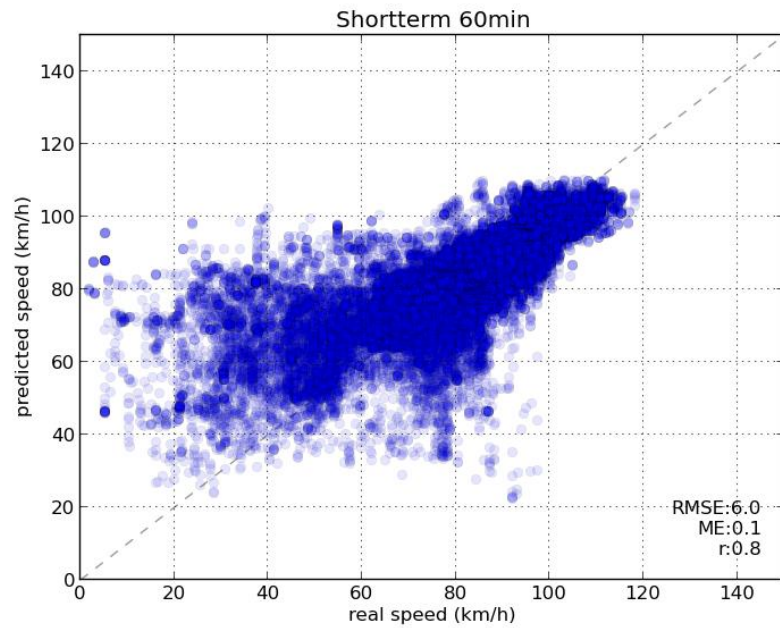


Abbildung 16 – Korrelationsdiagramm der prognostizierten 60 min. LKW-Geschwindigkeiten (oben, predicted speed) und PKW-Geschwindigkeiten (unten, predicted speed) und der Referenzwerte (real speed).

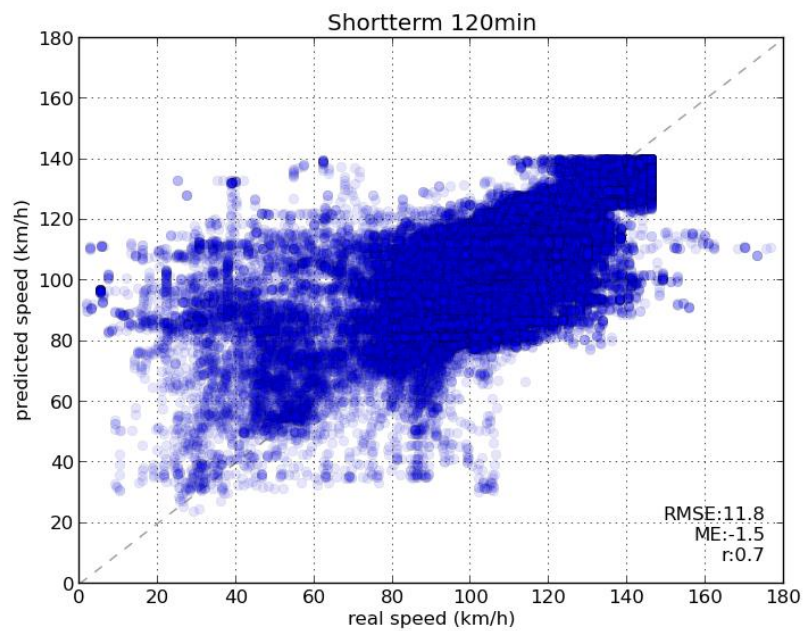
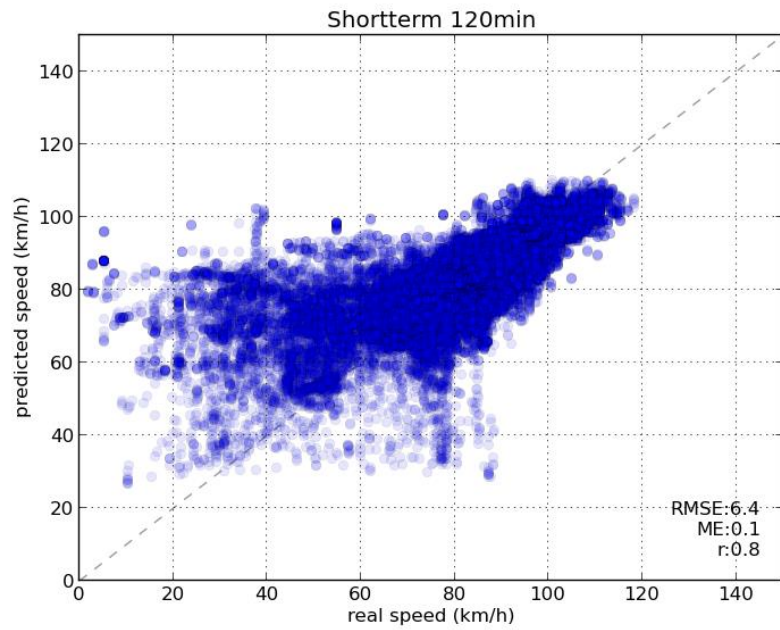


Abbildung 17 – Korrelationsdiagramm der prognostizierten 120 min. LKW-Geschwindigkeiten (oben, predicted speed) und PKW-Geschwindigkeiten (unten, predicted speed) und der Referenzwerte (real speed).



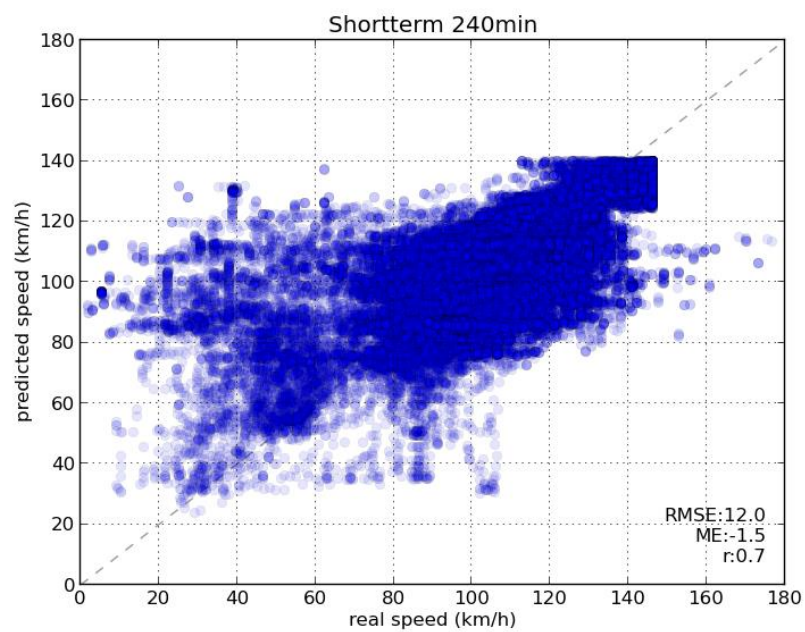
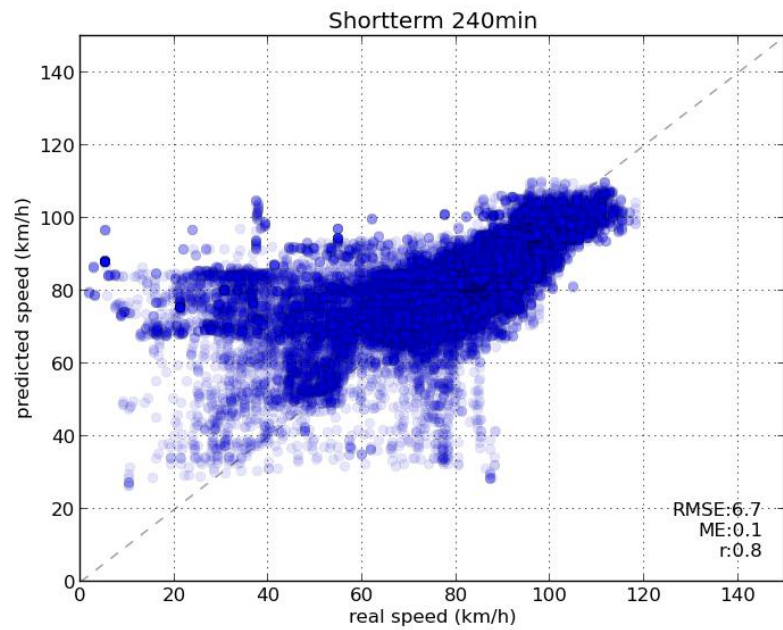


Abbildung 18 – Korrelationsdiagramm der prognostizierten 240 min. LKW-Geschwindigkeiten (oben, predicted speed) und PKW-Geschwindigkeiten (unten, predicted speed) und der Referenzwerte (real speed).

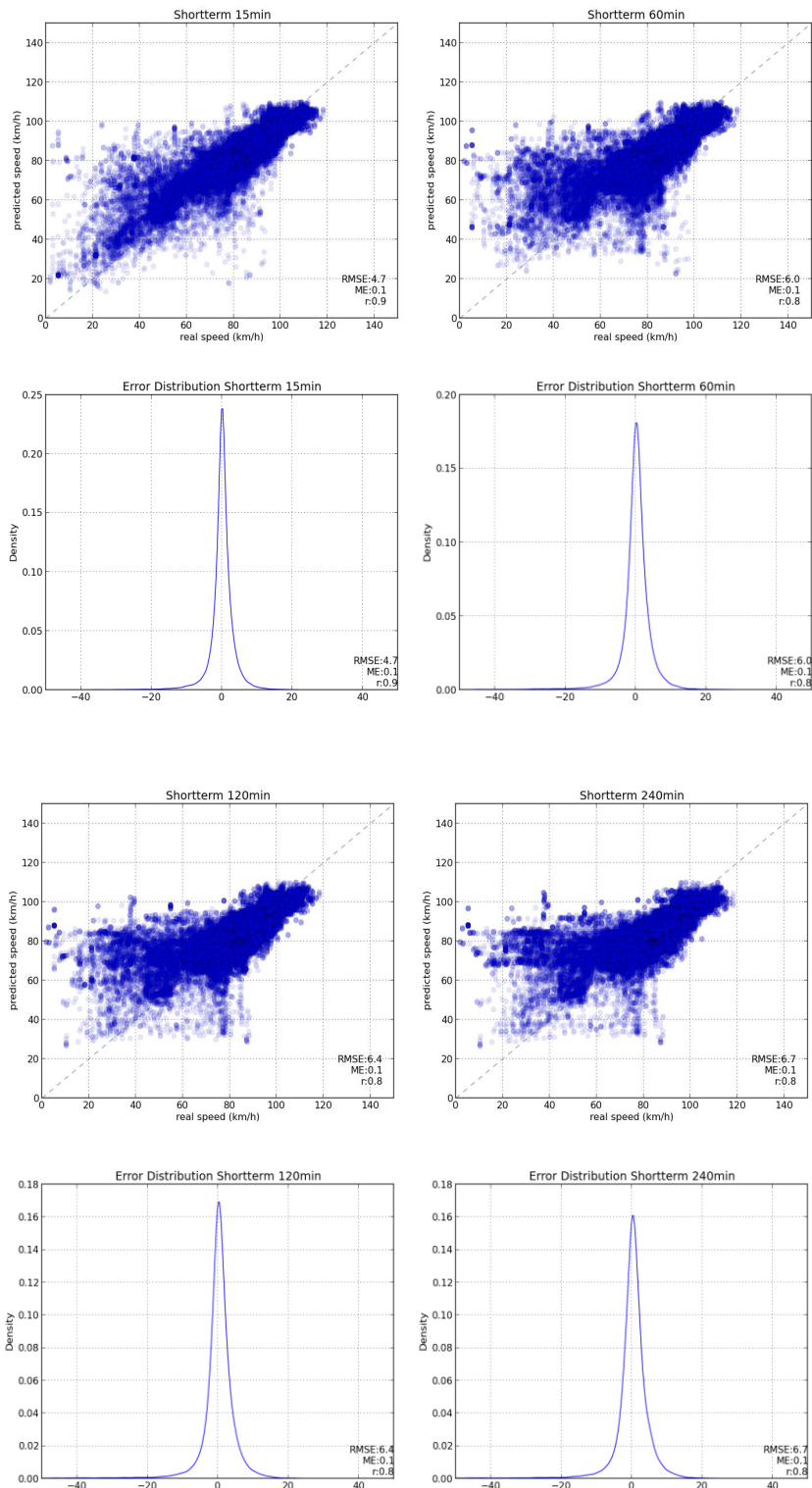


Abbildung 19 – Korrelationsdiagramme und zugehörige Fehlerverteilungen der Prognoseergebnisse für 15 (oben links), 60 (oben rechts), 120 (unten links) und 240 min. (unten rechts) Prognosehorizont.



*Kurzfristprognose: Qualitätsindikatoren am Abschnitt (Section)*

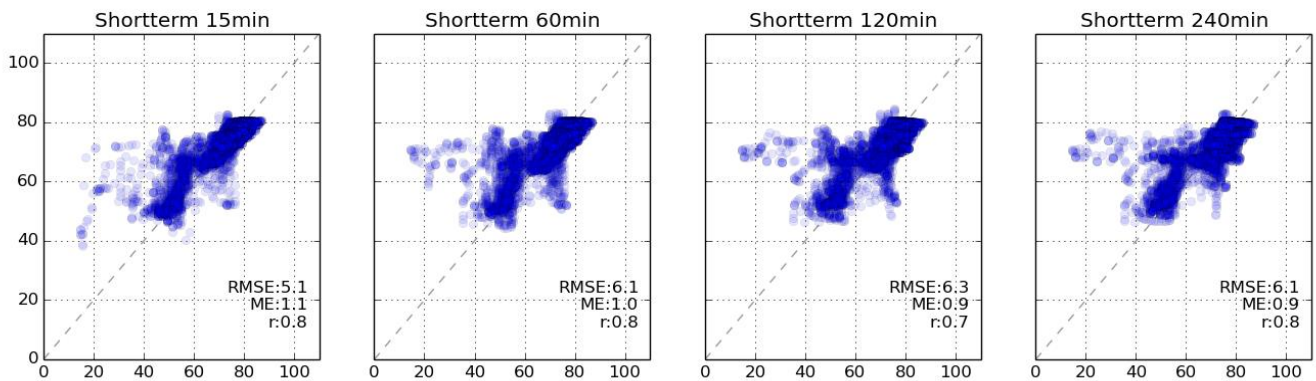


Abbildung 20 – Detailergebnisse (Section 306, A23): Korrelationsdiagramme der Prognoseergebnisse für 15, 60, 120 und 240 min (von links beginnend) Prognosehorizont.

*Kurzfristprognose: Qualitätsindikatoren nach Verkehrszustand*

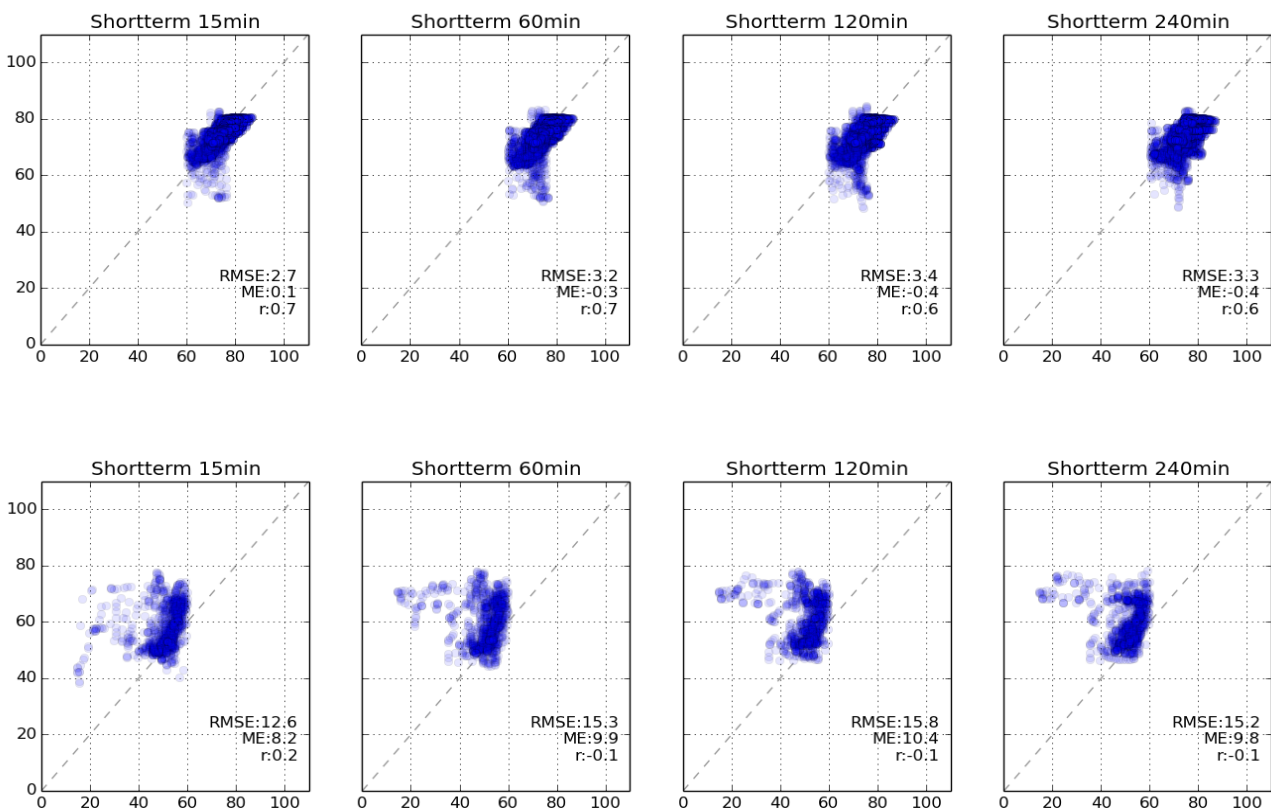


Abbildung 21 – Detailergebnisse (Section 306, A23): Korrelationsdiagramme der Prognoseergebnisse für 15, 60, 120 und 240 min (von links beginnend) für freien Verkehr (oben) und Stausituationen mit  $v_{PKW} < 60$  km/h (unten).

Kurzfristprognose: Qualitätsindikatoren nach Tageszeit

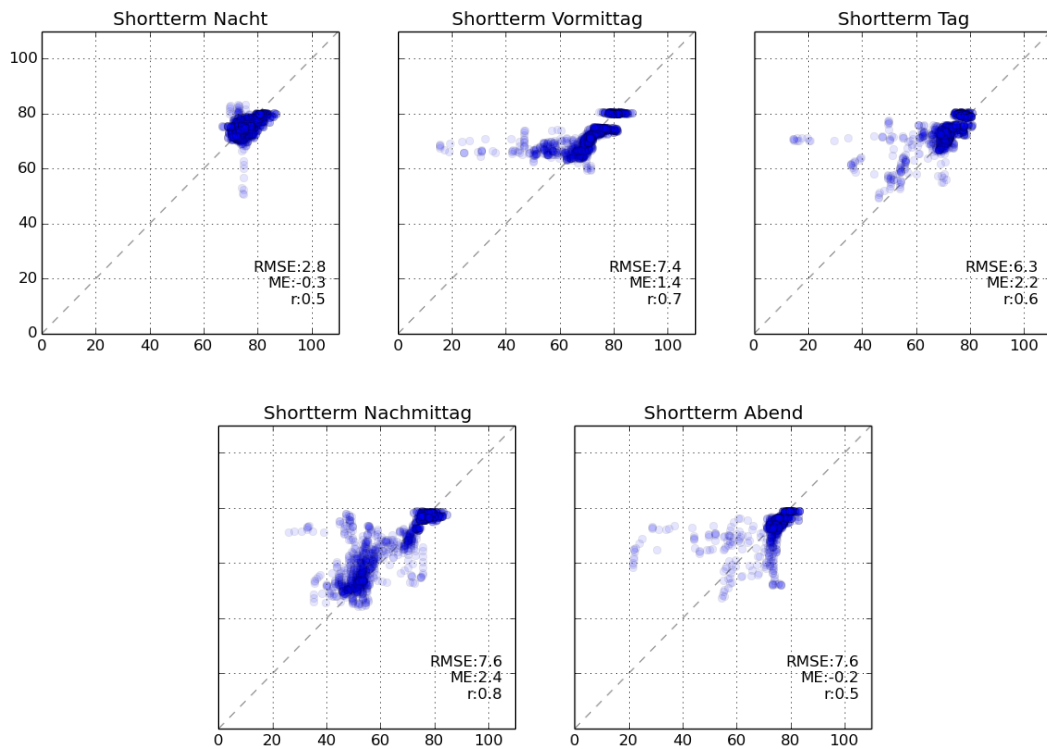


Abbildung 22 – Detailergebnisse (Section 306, A23): Korrelationsdiagramme der Prognoseergebnisse 60 min Prognosehorizont, unterteilt in Tageszeiten: Nacht, Vormittag, Tag, Nachmittag und Abend (oben links beginnend)

Kurzfristprognose: Qualitätsindikatoren nach Wochentag

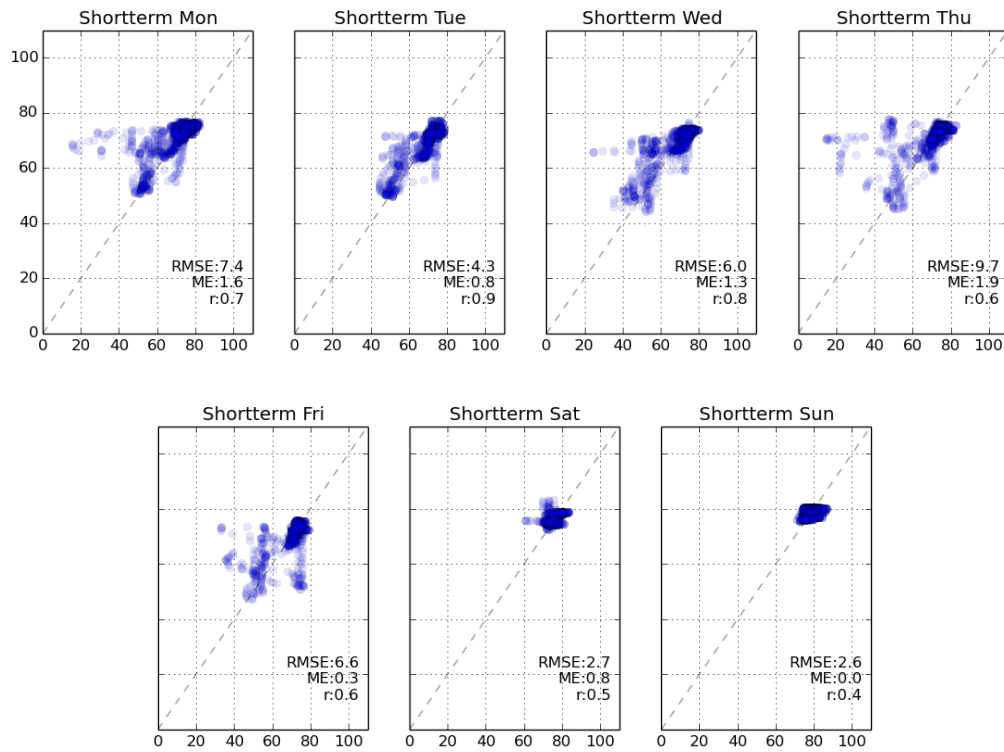


Abbildung 23 – Detailergebnisse (Section 306, A23): Korrelationsdiagramme der Prognoseergebnisse 60 min Prognosehorizont, unterteilt in Wochentage von Montag bis Sonntag (oben links beginnend)

Mittel- und Langfristprognose: Gesamt-Qualitätsindikatoren (gesamtes Evaluierungsnetz)

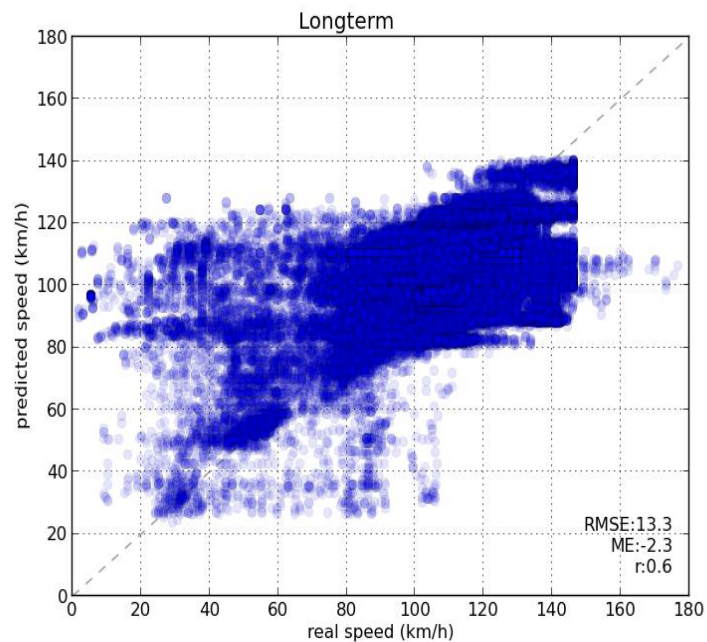
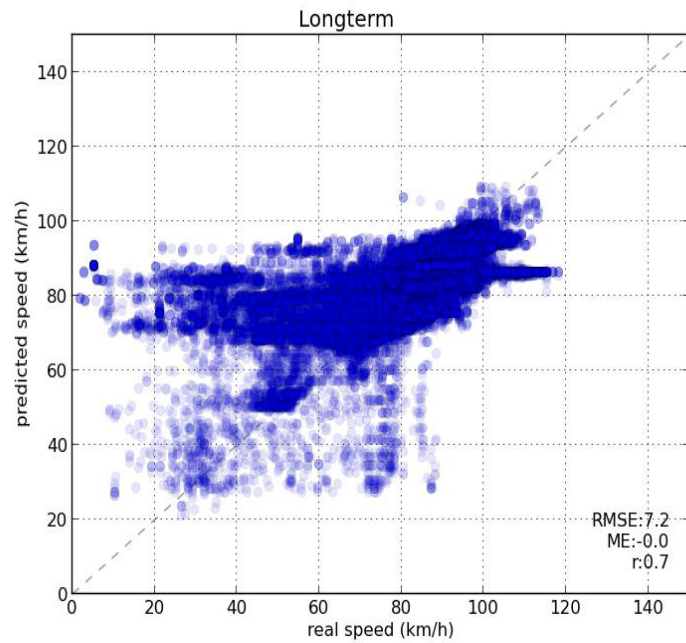


Abbildung 24 – Korrelationsdiagramm der prognostizierten 15 min. LKW Geschwindigkeiten (oben, predicted speed) und PKW Geschwindigkeiten (unten, predicted speed) und der Referenzwerte (real speed).

Mittel- und Langfristprognose: Qualitätsindikatoren nach Abschnitt (Section)

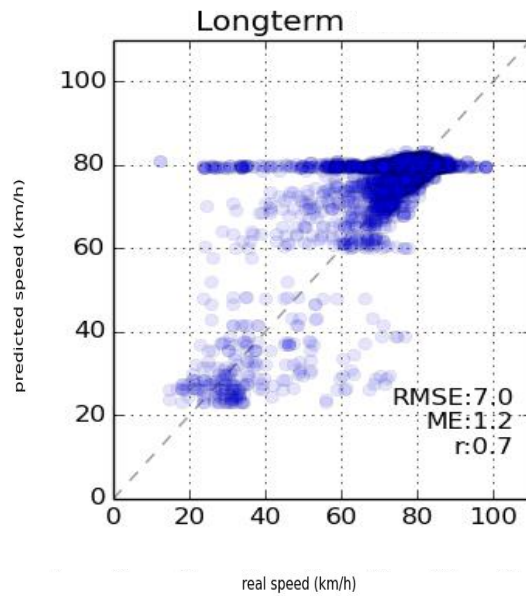


Abbildung 25 – Detailergebnisse (Section 797, A7): Korrelationsdiagramm der prognostizierten LKW Geschwindigkeiten (Longterm, predicted speed) und der Referenzwerte (real speed).

Mittel- und Langfristprognose: Qualitätsindikatoren nach Tageszeit

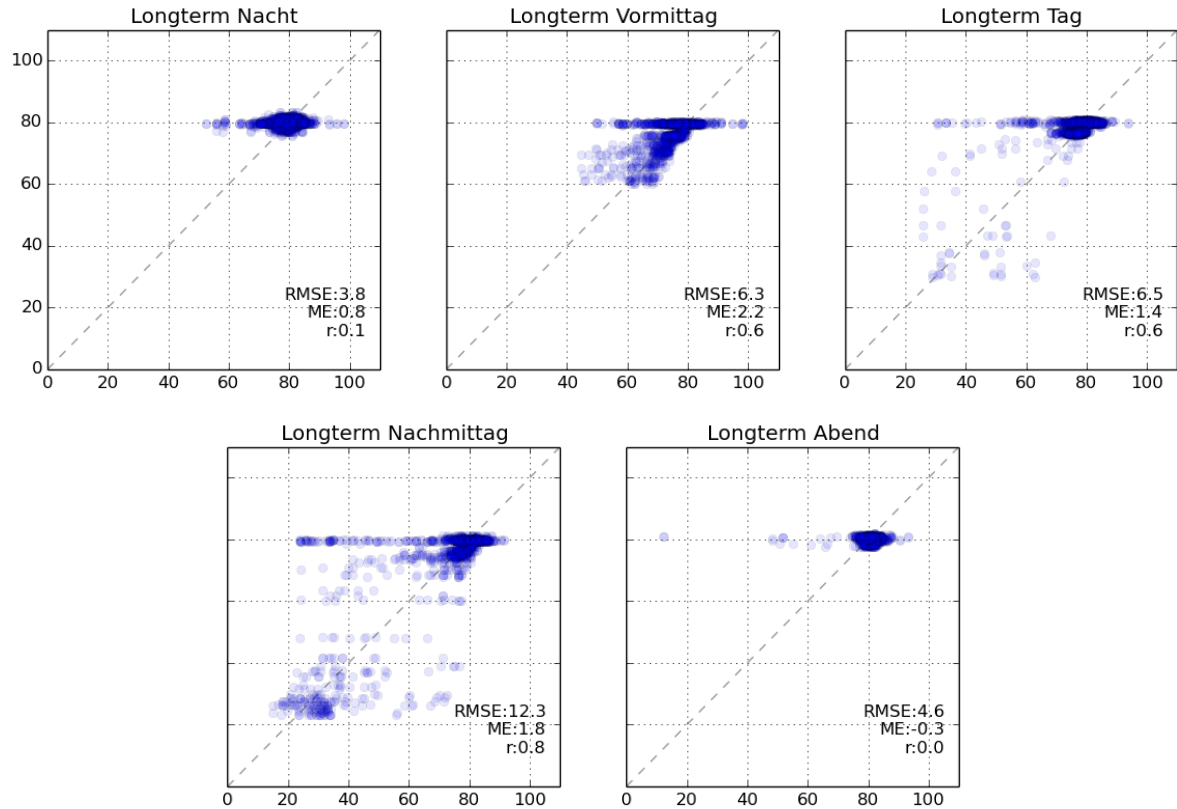


Abbildung 26 – Detailergebnisse (Section 797, A7): Korrelationsdiagramm der prognostizierten LKW-Geschwindigkeiten und der Referenzwerte, unterteilt in Tageszeiten Nacht, Vormittag, Tag, Nachmittag und Abend (oben links beginnend)

Mittel- und Langfristprognose: Qualitätsindikatoren nach Wochentag

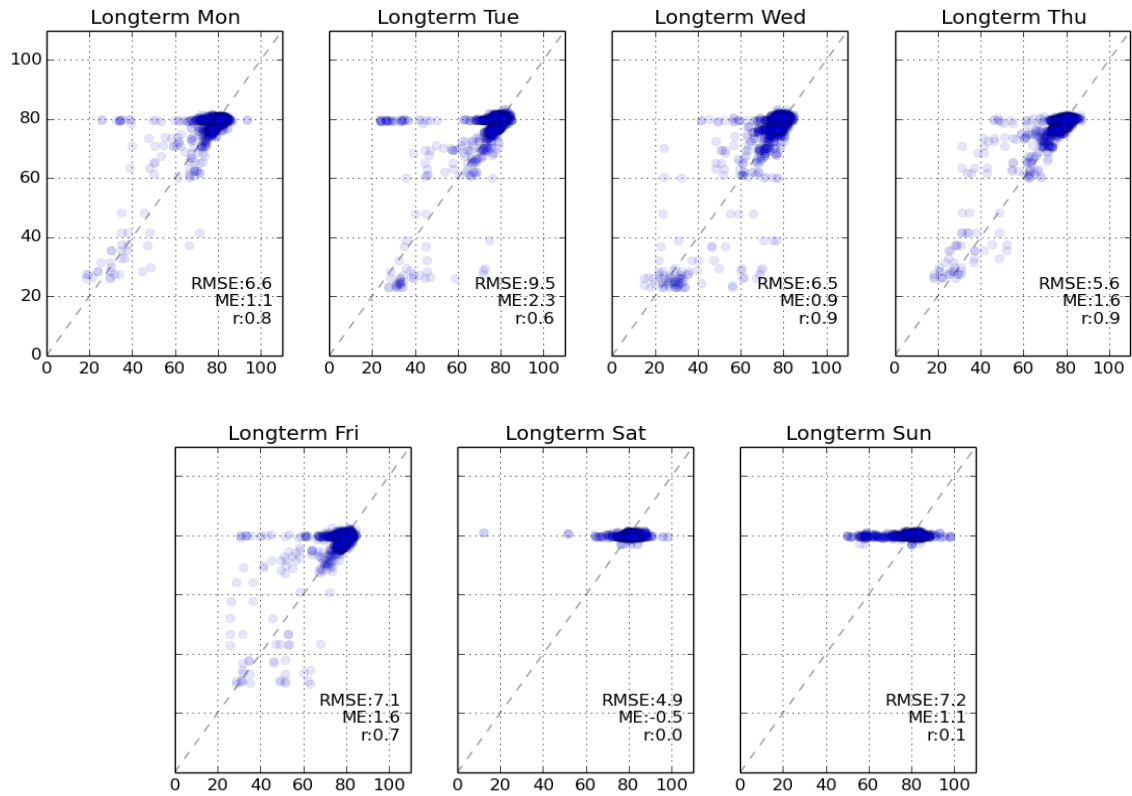


Abbildung 27 – Detailergebnisse (Section 797, A7): Korrelationsdiagramm der prognostizierten LKW-Geschwindigkeiten und der Referenzwerte, unterteilt nach Wochentagen von Montag bis Sonntag (oben links beginnend)

### Wetterdaten: Einfluss auf die Reisegeschwindigkeit

Dargestellt ist der Geschwindigkeitsvergleich der Reisegeschwindigkeiten bei moderatem Verkehrsaufkommen. Die erfassten Geschwindigkeiten werden den Wetterkategorien nach dem Straßenwetterinformationssystem zugeordnet und die Abweichung zum „Schönwetter“ (no precipitation) ermittelt. Abbildung 28 zeigt die Ergebnisse der Analyse für einen Abschnitt (Section 13). Damit lassen sich in weiterer Folge Reduktionsfaktoren für die Prognose von Geschwindigkeiten anwenden, die im Wertebereich von 0,93 bis 1 liegen. Die statistische Signifikanz des Einflusses wurde für den Evaluierungszeitraum (Okt. 2013 bis Mai 2014) überprüft, die im Falle der Section 13 (Abbildung 28) in allen Wetterkategorien, außer bei leichten Sprühregen („drizzle light“), gegeben ist. Die Ganglinien-Prototypen werden für die Mittelfristprognose mit Reduktionsfaktoren für die Geschwindigkeiten nach der jeweiligen Wetterkategorie überlagert und in der Reisezeit-Prognose berücksichtigt.

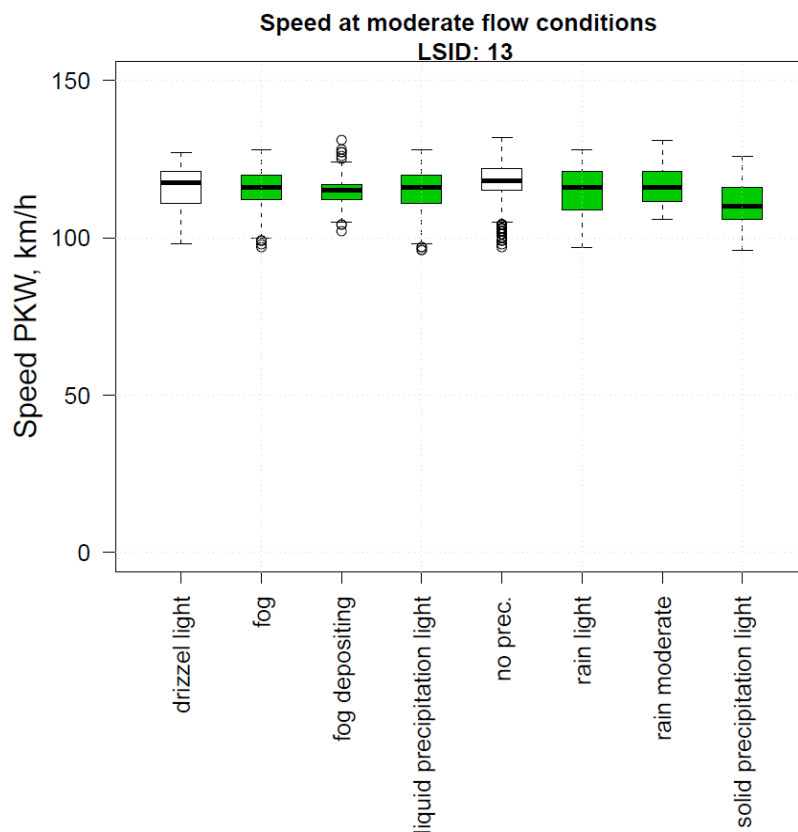


Abbildung 28 – Detailergebnisse Wetter (Section 13, A1): Einfluss der Wetterkategorien (nach der Definition des Straßenwetterinformationssystems (SWIS) mit tlw. significantem Einfluss (grün)



**Baustellen: Qualitätsindikatoren nach Prognosehorizont für PKW und LKW**

Zur Erfassung der Prognosequalität für unterschiedliche Prognosehorizonte wurden die Qualitätsindikatoren und Korrelationen (vgl. Abbildung 29) für PKW und LKW erfasst.

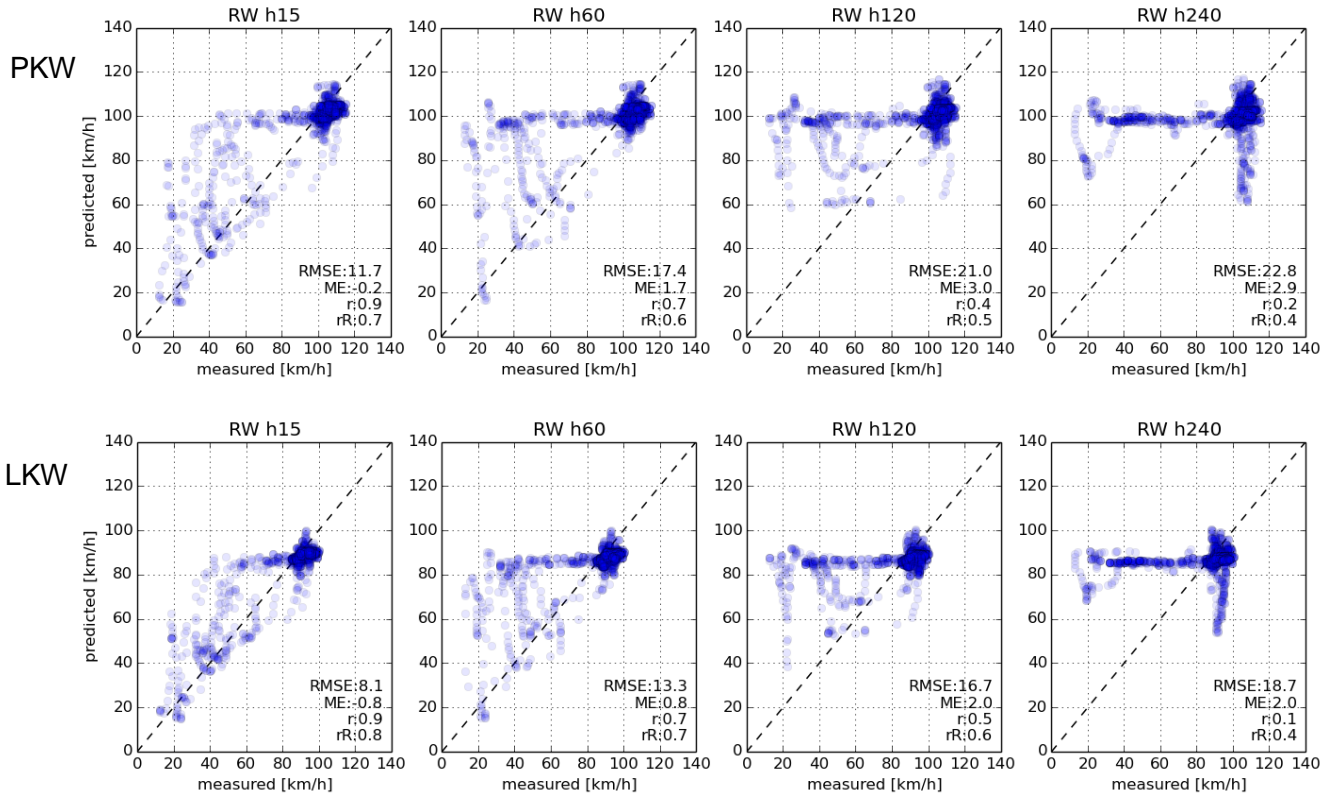


Abbildung 29 – Detailergebnisse Baustellen: Korrelation der Prognosewerte (predicted speed) und Referenzwert (measured) im Bereich von Baustellen für PKW (oben) und LKW (unten)

### Evaluierung: Definition des Evaluierungsnetzwerkes

Zur Erfassung der Prognosequalität wurde ein repräsentatives Subset des ASFINAG Autobahnen- und Schnellstraßennetzes (siehe Tabelle 12 – Auflistung der gewählten Abschnitte als Evaluierungsnetzwerk (33 Sections)) gewählt.

**Tabelle 12 – Auflistung der gewählten Abschnitte als Evaluierungsnetzwerk (33 Sections)**

lsid	roadcode	route	dir	from km	to km	length	from: name	to: name	det_id	det km	attributes
13	A01_1	A01	1	108,81	122,3	13,49	Anstetten Ost	Anstetten West	A01_1_115_536	115,54	length > 20 km, rural
21	A01_1	A01	1	170,69	174,01	3,32	Anstetten	Traun	A01_1_172_020	172,02	high traffic volumes (q), rest stop (service area), 3 lanes
71	A02_1	A02	1	169,1	179,63	10,53	Laßnitzhöhe	KN Graz Ost	A02_1_169_897	169,9	simuosity
138	A07_1	A07	1	11,85	12,64	0,8	Linz Hafenstrasse	Linz Urfahr			length < 1 km
146	A08_1	A08	1	19,46	30,42	10,96	Pichl/Bad Schallerbach	Meggenhofen Gallispach	A08_1_021_805	21,81	no hard shoulder (emergency lane)
157	A09_1	A09	1	28,39	36,38	7,99	Klaus	St. Pankratz	A09_1_031_148	31,15	tunnel (closely spaced tunnels), 1 lane
171	A09_1	A09	1	132,63	157,12	24,49	KN St. Michael	Uebelbach	A09_1_137_415	137,42	tunnel, special tolling (Igleinalm), length > 20 km
175	A09_1	A09	1	173,28	174,21	0,93	Gratkorn Süd	Graz Nord			length < 1 km
176	A09_1	A09	1	174,21	184,9	10,68	Graz Nord	Graz Webling	A09_1_174_550	174,55	no hard shoulder (emergency lane)
205	A10_1	A10	1	73,84	92,16	18,32	Flachauwinkel	Zederhaus	A10_1_089_580	89,58	special toll section
218	A11_1	A11	1	3,29	11,54	8,25	St. Niklas Faakersee	St. Jakob/Rosental	A11_1_008_020	8,02	high traffic volumes in summer (saturdays)
252	A13_1	A13	1	4,5	7,18	2,68	Zenzenhof	Iglis Patsch	A13_1_005_314	5,31	ascending slope
290	A22_1	A22	1	6,71	9,72	3,01	KN Gürtel Nordbrücke	Strebersdorf	A22_1_008_802	8,8	high traffic volumes (q), many tmc messages, 3 lanes
306	A23_1	A23	1	10,47	12,37	1,91	KN Wien Prater	Handelskai	A23_1_010_692	10,69	high traffic volumes (q), many tmc messages, 4 lanes
329	S06_1	S06	1	24,72	31,3	6,58	Maria Schutz	Spital / Semmering			tunnel, 2 lanes
345	S06_1	S06	1	88,58	93,35	4,77	Niklasdorf	Leoben Ost			construction site, speed limit 60km/h, until 31.01.2014
349	S16_1	S16	1	5,12	8,39	3,28	Landeck West	Plans	S16_1_006_450	6,45	tunnel, two-way-traffic, 1 lane
440	A02_2	A02	2	8,86	6,68	2,19	KN Guntramsdorf	Mödling	A02_2_008_600	8,6	variable message signs
441	A02_2	A02	2	14,78	11,27	3,51	KN Guntramsdorf	Wr. Neudorf IZ/Süd	A02_2_013_803	13,8	high traffic volumes (q), many tmc messages, 4 lanes
472	A02_2	A02	2	223,91	207,02	16,89	Modriach	Steinberg			length > 20 km, rural
512	A04_2	A04	2	12,95	7,7	5,26	Flughafen Wien Schwechat	KN Schwechat	A04_2_011_900	11,9	high traffic volumes (q), many tmc messages, 3 lanes
522	A07_2	A07	2	2,26	0	2,26	Linz Franzosenhausweg	KN Linz	A07_2_000_853	0,85	variable message signs
622	A12_2	A12	2	52,81	49,04	3,76	Vomp	Schwaz	A12_2_052_077	52,08	rest stop (service area)
645	A13_2	A13	2	7,18	4,5	2,68	Iglis Patsch	Zenzenhof	A13_2_006_690	6,69	downward slope
646	A13_2	A13	2	10,08	7,18	2,9	Schönberg Stubaital	Iglis Patsch	A13_2_009_825	9,83	simuosity
647	A13_2	A13	2	19,23	10,08	9,15	Matrei Steinach	Schönberg Stubaital	A13_2_019_015	19,02	section before special tolling (brenner)
699	A23_2	A23	2	12,37	10,47	1,91	Handelskai	KN Wien Prater	A23_2_012_300	12,3	high traffic volumes (q), many tmc messages, 4 lanes
794	A02_1	A02	1	6,68	8,86	2,19	Mödling	Wr. Neudorf	A02_1_006_955	6,96	high traffic volumes (q), many tmc messages, 4 lanes
797	A07_1	A07	1	7,2	8,06	0,87	Linz Wiener Straße	Linz VOEST	A07_1_007_495	7,5	high traffic volumes (q), 2 lanes
828	S01_1	S01	1	3,26	5,55	2,3	Laxenburg Straße	Rothneusiedl			construction site, speed limit 80km/h, until 31.03.2014
832	S01_1	S01	1	10,64	12,96	2,32	Rannersdorf	Schwechat Süd	S01_1_010_815	10,82	construction site, speed limit 80km/h, until 31.03.2014
834	S01_2	S01	2	2,14	0	2,14	Vorarlberger Allee	KN Vösendorf	S01_2_001_550	1,55	high traffic volumes (q), 2 lanes
874	A10_1	A10	1	92,16	113,11	20,95	Zederhaus	Rennweg Katschberg			length > 20 km