

# **Prognose im umweltorientierten Verkehrsmanagement**

**Volker Diegmann, IVU Umwelt GmbH, Freiburg**

**Kolloquium Luftqualität an Straßen 2015  
Bergisch Gladbach, 04./05.03.2015**

# Überblick

- Prognose in der Luftreinhalteplanung
- Anforderungen im UVM
- Methode der Vorhersage
  - Verkehrsprognose
  - Kurzfristprognose
  - Mittelfristprognose
- Zusammenfassung

Prognose in der  
Luftreinhalteplanung  
Anforderungen im  
UVM  
Methode der  
Vorhersage  
Verkehrsprognose  
Kurzfristprognose  
Mittelfristprognose  
Zusammenfassung

Prognose in der  
Luftreinhalteplanung

Anforderungen im  
UVM

Methode der  
Vorhersage

Verkehrsprognose

Kurzfristprognose

Mittelfristprognose

Zusammenfassung

**“Essentially, all models are wrong,  
but some are useful”**

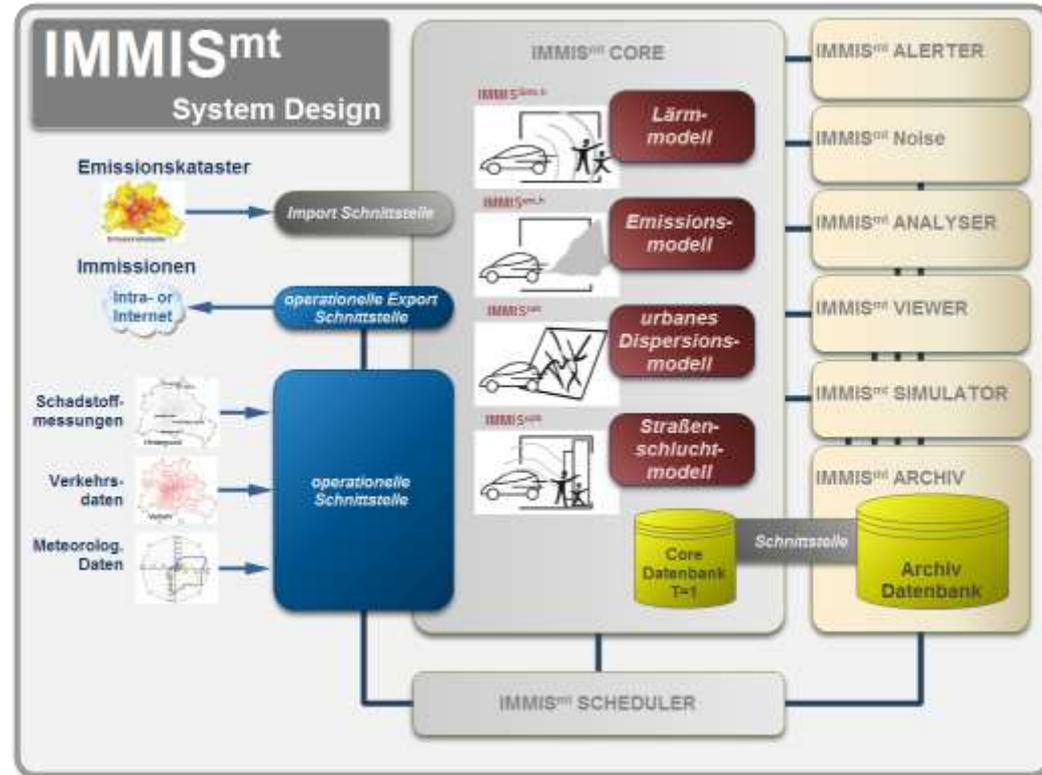
Zitat von George Edward Pelham Box  
britischer Statistiker 1919 - 2013

# Prognose in der Luftreinhaltung

- Beschreibung der der Luftschadstoffkonzentration in der Umgebungsluft mittels Modellen
- Prognose im UVM dient der
  - Überwachung und Analyse der aktuellen Situation
  - Planung und Wirkungsanalyse von Maßnahmen
  - Vorhersage zukünftiger Situationen als Folge von sich zeitlich ändernden Einflussgrößen wie Verkehr, Meteorologie und Vorbelastung

# Monitoring und Planung mit Modellen

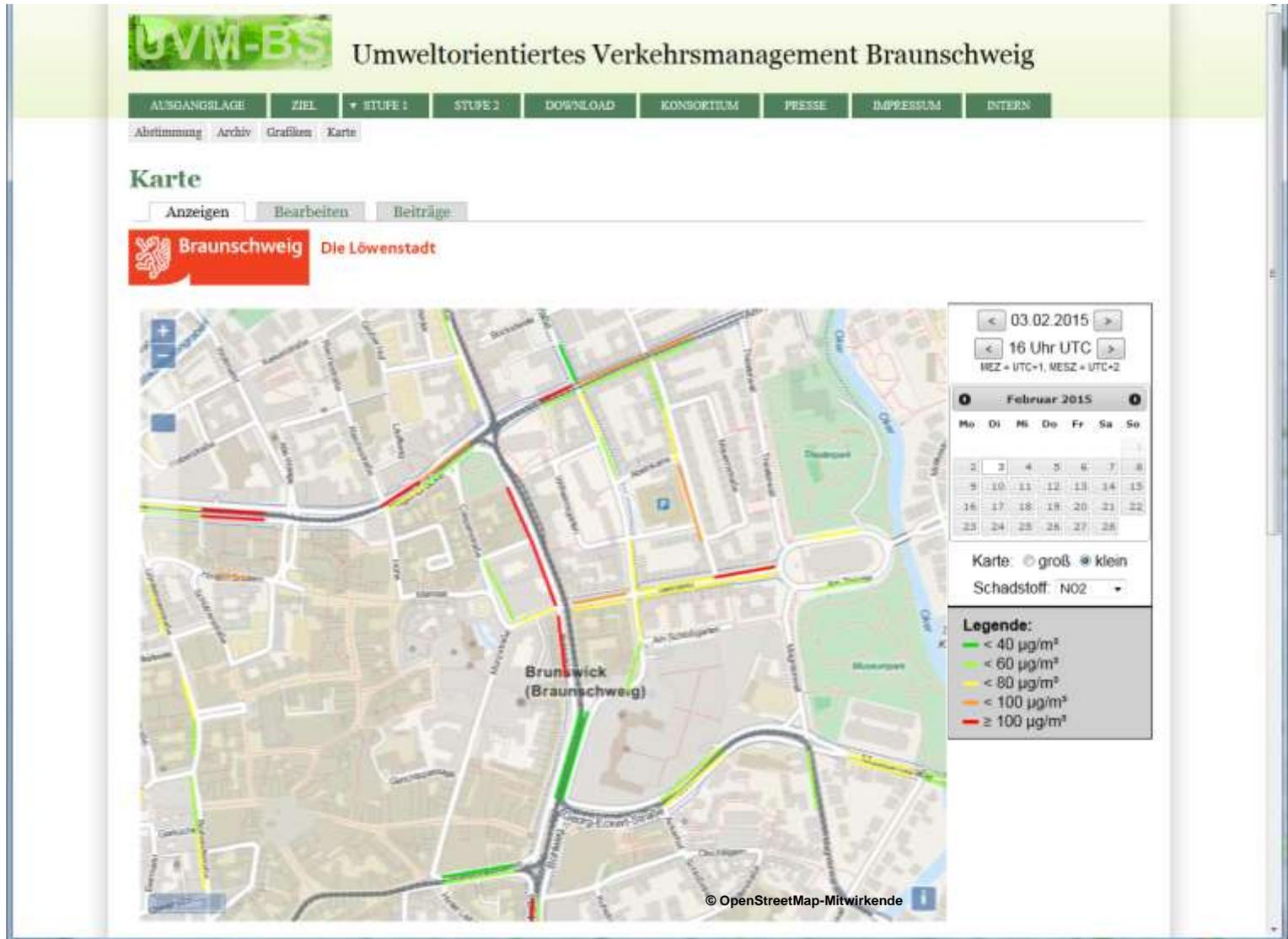
## Standardverfahren in der Luftreinhalteplanung



- Prognose in der Luftreinhalteplanung
- Anforderungen im UVM
- Methode der Vorhersage
- Verkehrsprognose
- Kurzfristprognose
- Mittelfristprognose
- Zusammenfassung

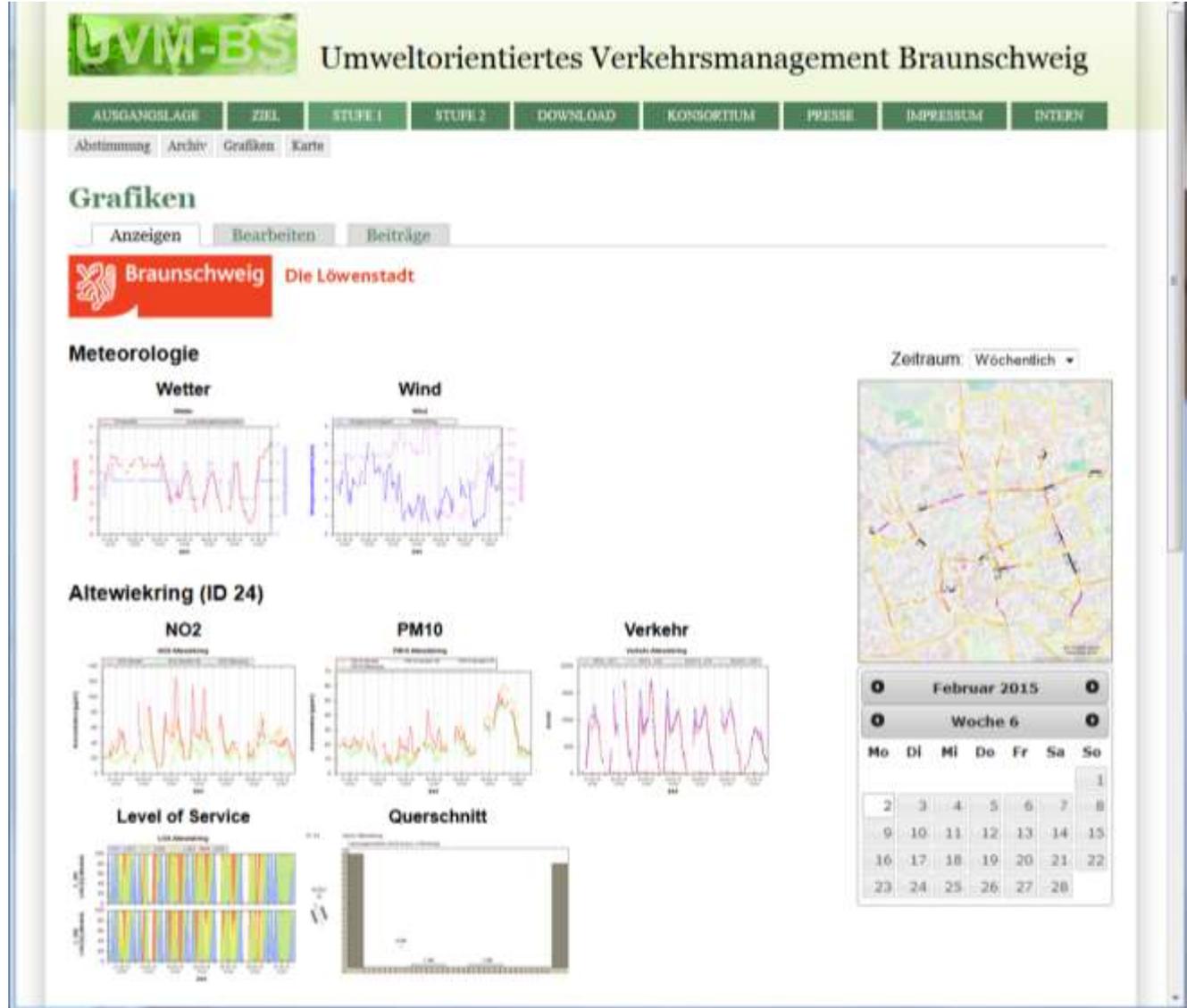
# Stadtweite Überwachung der Luftqualität

- Prognose in der Luftreinhalteplanung
- Anforderungen im UVM
- Methode der Vorhersage
- Verkehrsprognose
- Kurzfristprognose
- Mittelfristprognose
- Zusammenfassung



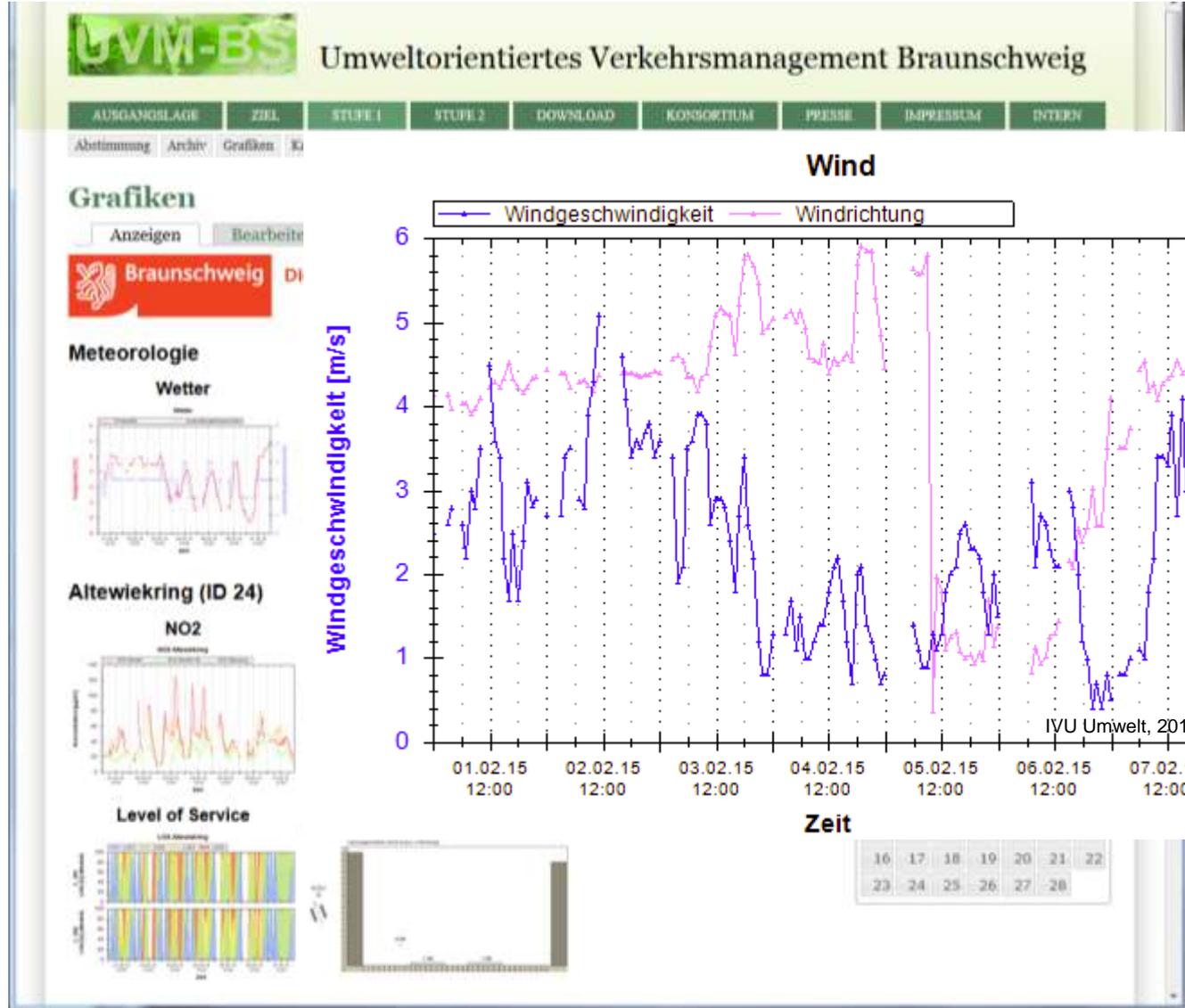
# Analyse von Hotspots

- Prognose in der Luftreinhalteplanung
- Anforderungen im UVM
- Methode der Vorhersage
- Verkehrsprognose
- Kurzfristprognose
- Mittelfristprognose
- Zusammenfassung



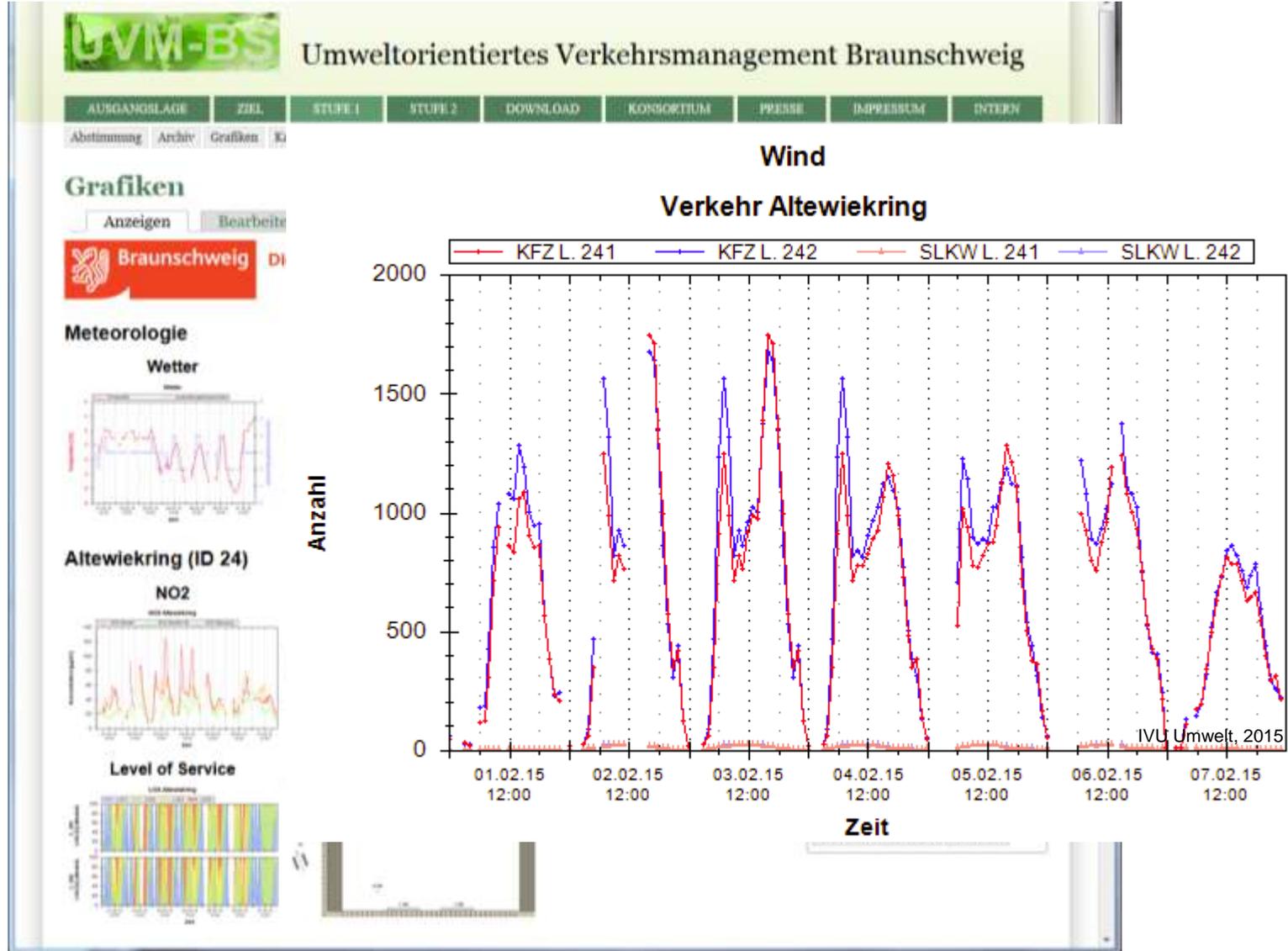
# Analyse von Hotspots

- Prognose in der Luftreinhalteplanung
- Anforderungen im UVM
- Methode der Vorhersage
- Verkehrsprognose
- Kurzfristprognose
- Mittelfristprognose
- Zusammenfassung



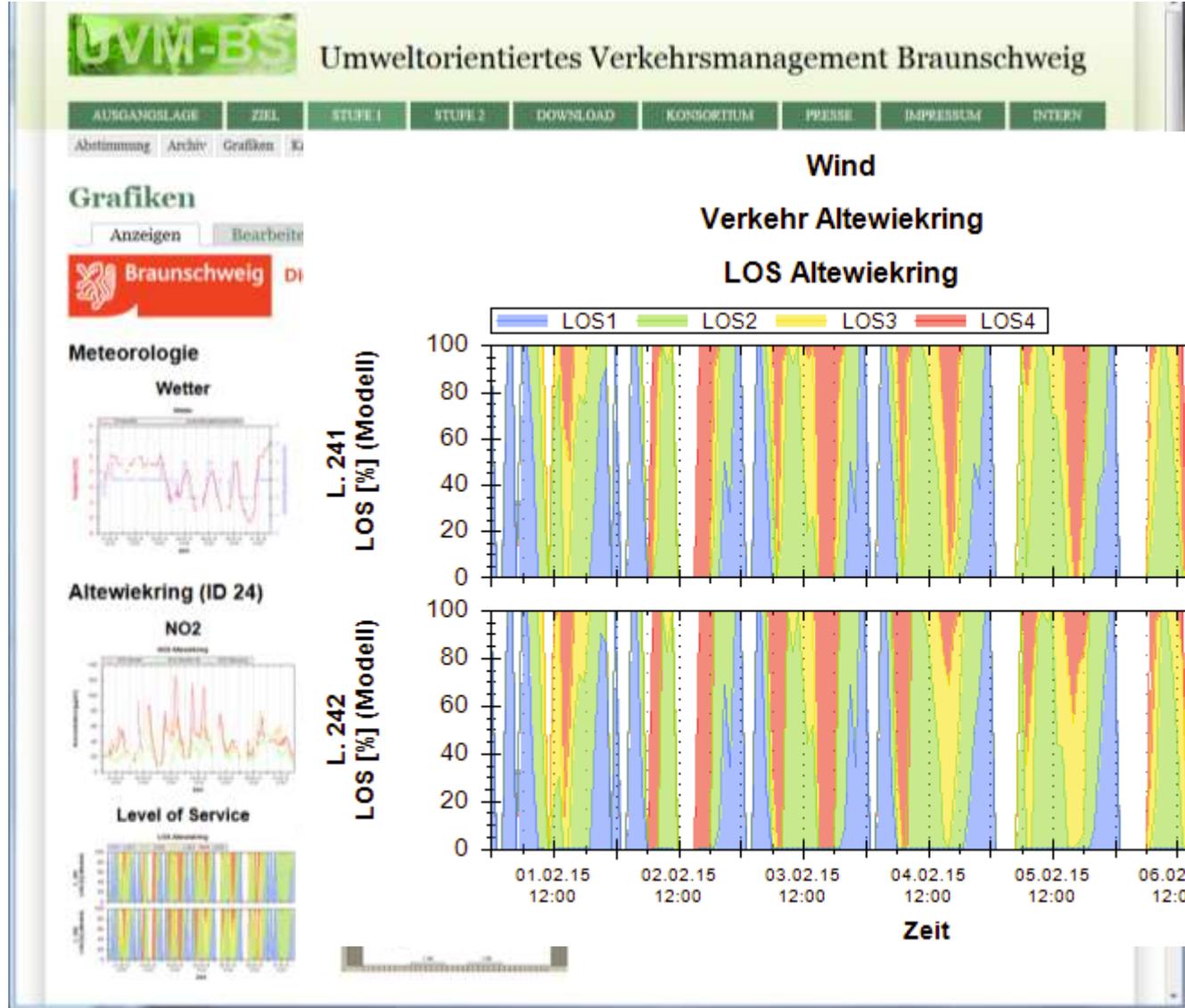
# Analyse von Hotspots

- Prognose in der Luftreinhalteplanung
- Anforderungen im UVM
- Methode der Vorhersage
- Verkehrsprognose
- Kurzfristprognose
- Mittelfristprognose
- Zusammenfassung



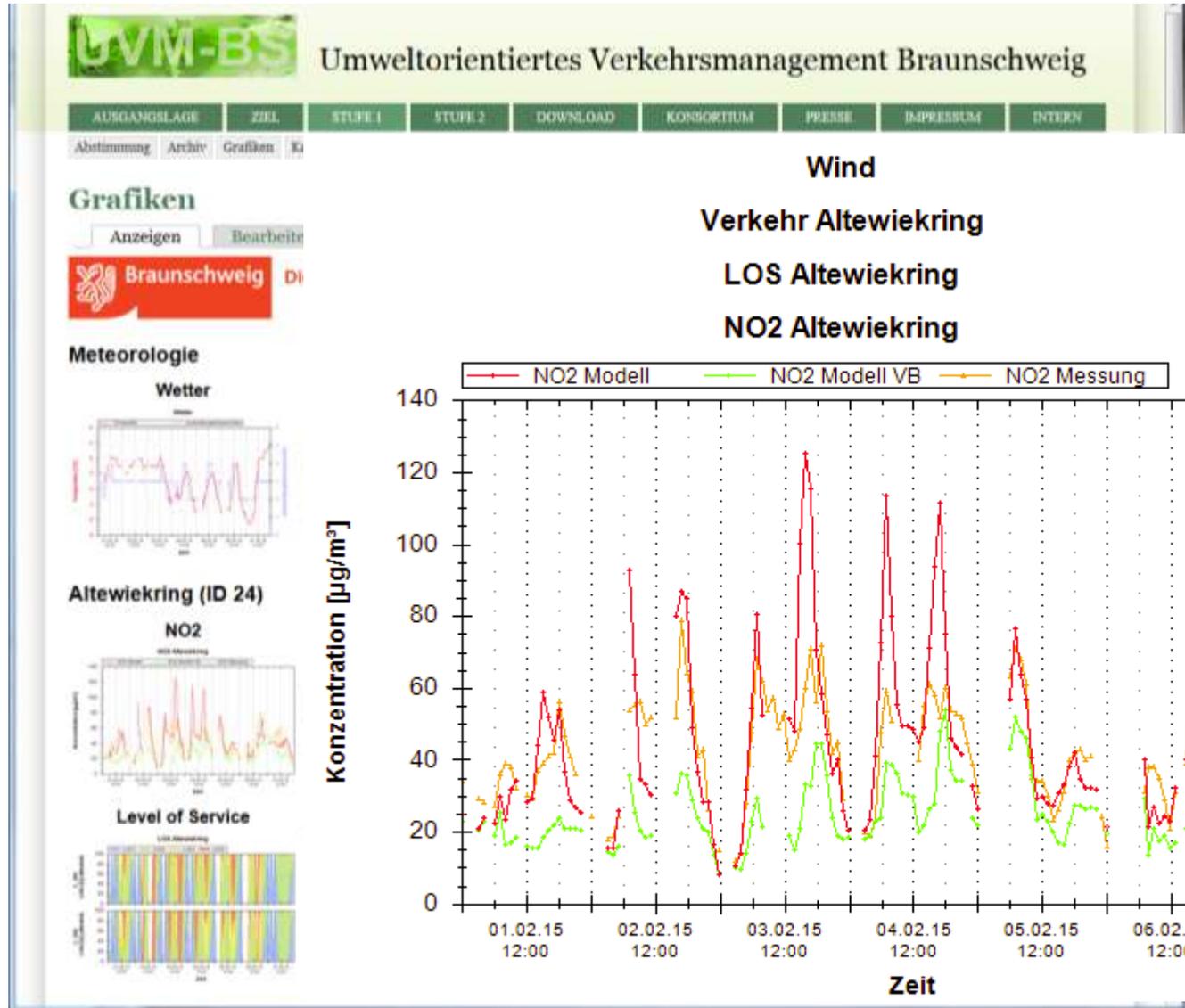
# Analyse von Hotspots

- Prognose in der Luftreinhalteplanung
- Anforderungen im UVM
- Methode der Vorhersage
- Verkehrsprognose
- Kurzfristprognose
- Mittelfristprognose
- Zusammenfassung



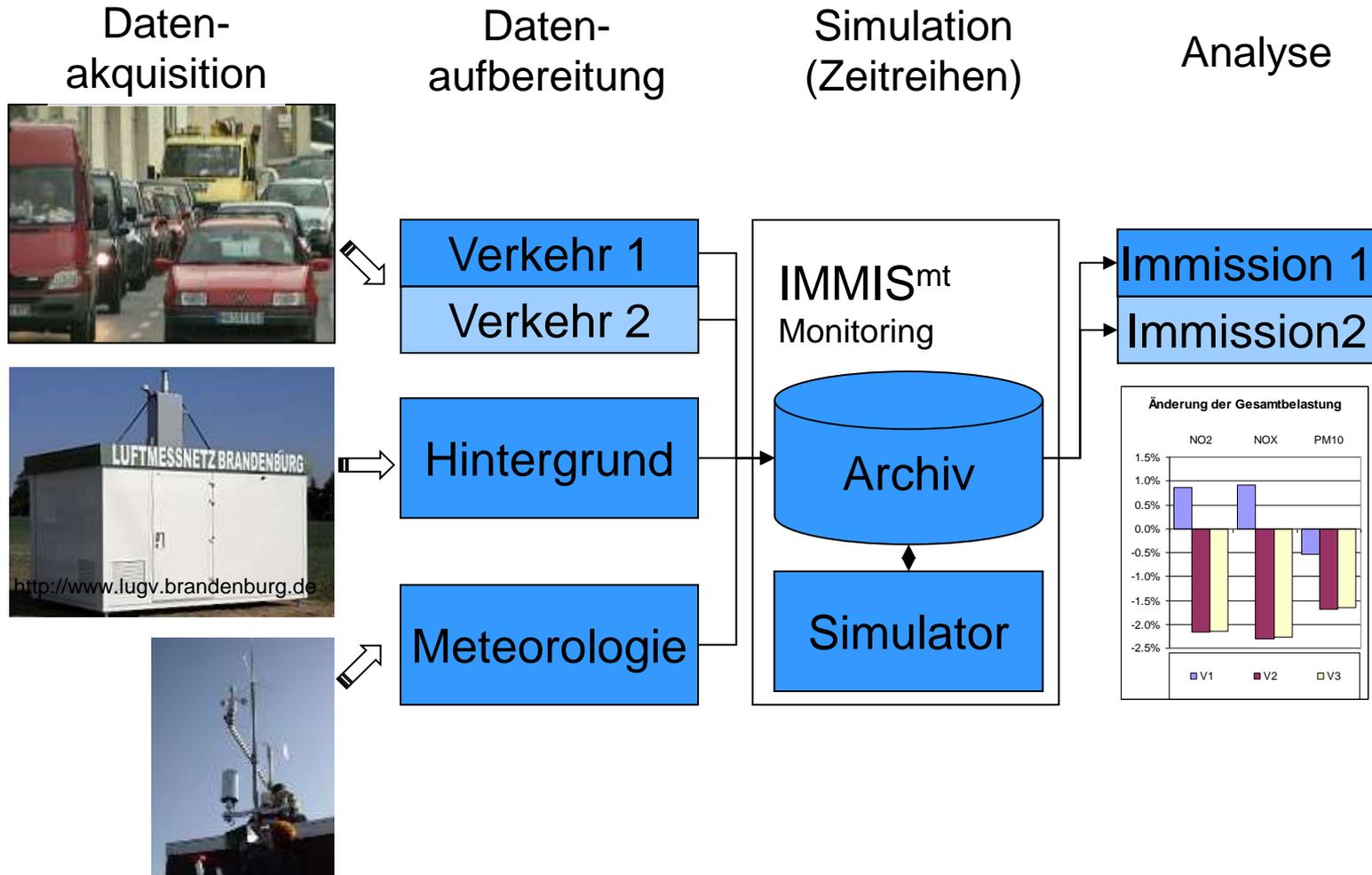
# Analyse von Hotspots

- Prognose in der Luftreinhalteplanung
- Anforderungen im UVM
- Methode der Vorhersage
- Verkehrsprognose
- Kurzfristprognose
- Mittelfristprognose
- Zusammenfassung



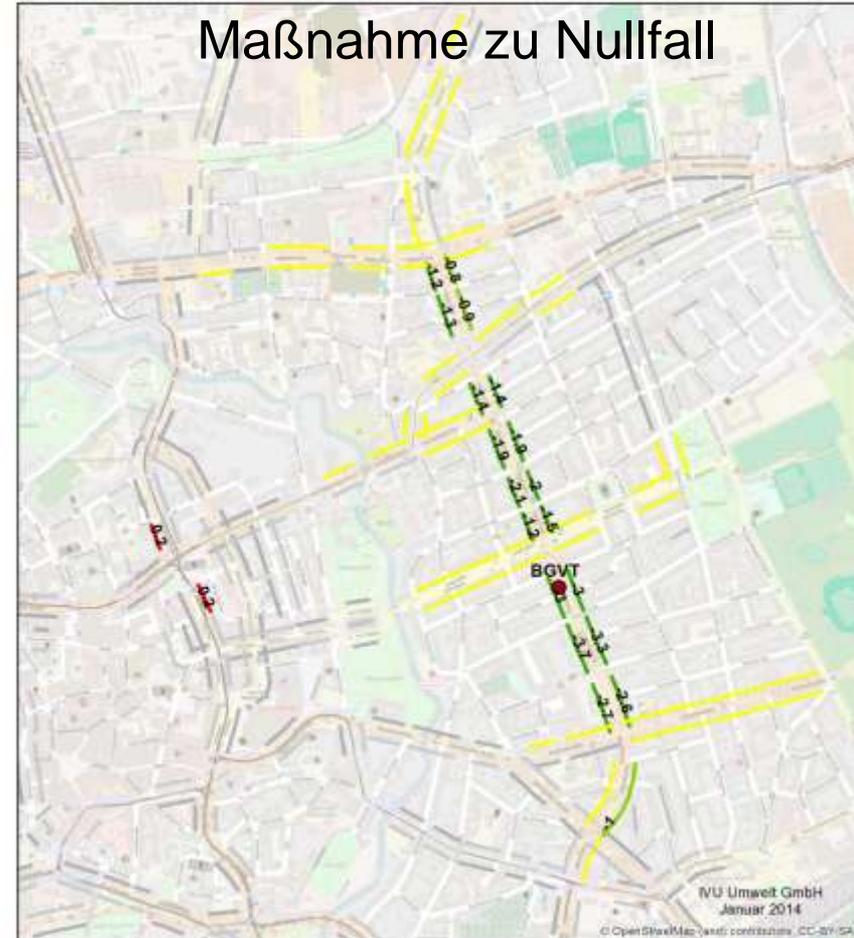
# Planung und Evaluierung von Maßnahmen

- Prognose in der Luftreinhalteplanung
- Anforderungen im UVM
- Methode der Vorhersage
- Verkehrsprognose
- Kurzfristprognose
- Mittelfristprognose
- Zusammenfassung



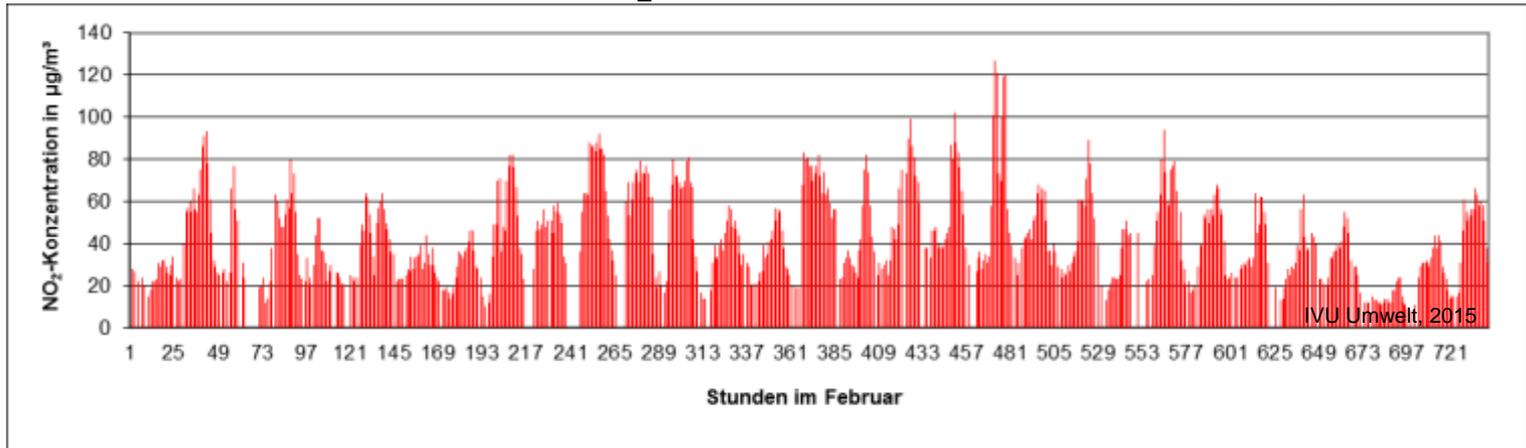
# Wirkungsanalyse im gesamten Netz

- Prognose in der Luftreinhalteplanung
- Anforderungen im UVM
- Methode der Vorhersage
- Verkehrsprognose
- Kurzfristprognose
- Mittelfristprognose
- Zusammenfassung

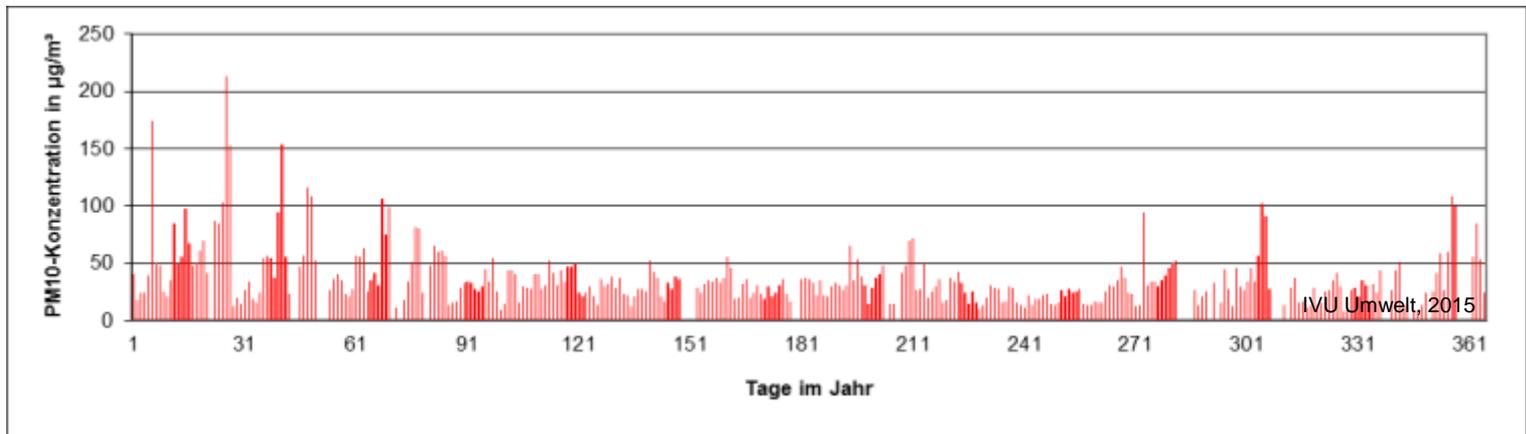


# Zeitliche Variation der Luftschadstoffbelastung

Stundenmittelwerte NO<sub>2</sub> im Februar 2010 in Frankfurt (Oder)



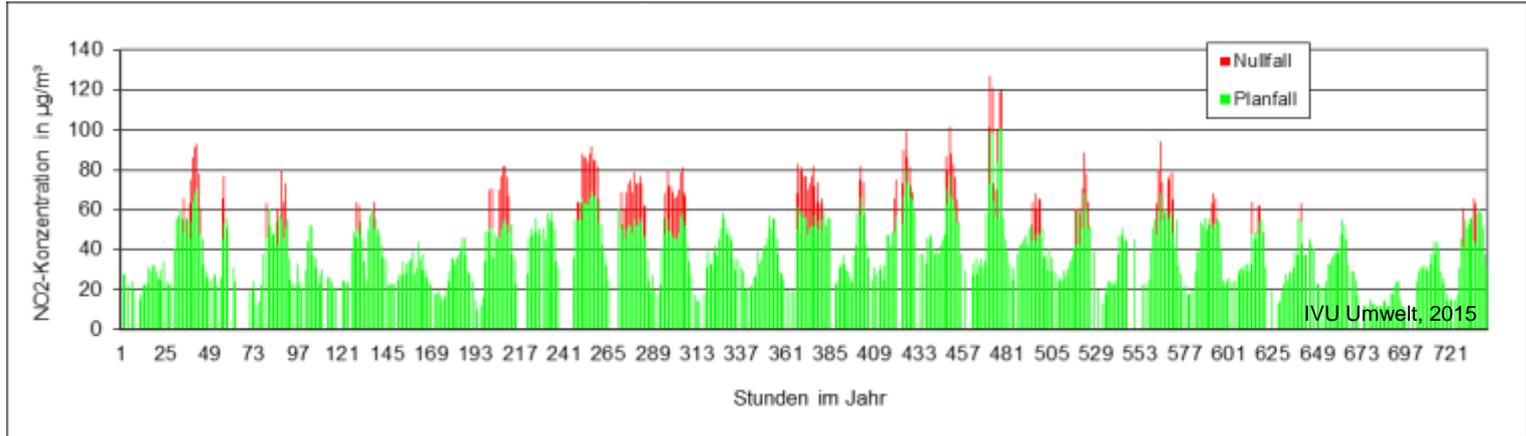
Tagesmittelwerte PM10 2010 in Frankfurt (Oder)



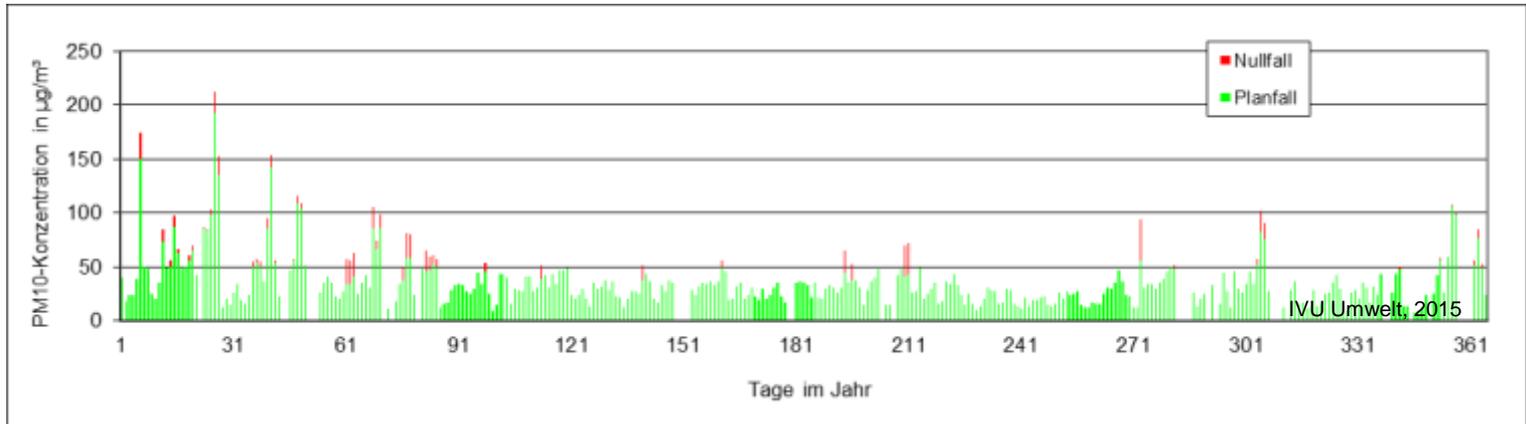
- Prognose in der Luftreinhalteplanung
- Anforderungen im UVM
- Methode der Vorhersage
- Verkehrsprognose
- Kurzfristprognose
- Mittelfristprognose
- Zusammenfassung

# Effekte von temporären lokalen Maßnahmen

Stundenmittelwerte NO<sub>2</sub> im Februar 2010 in Frankfurt (Oder)



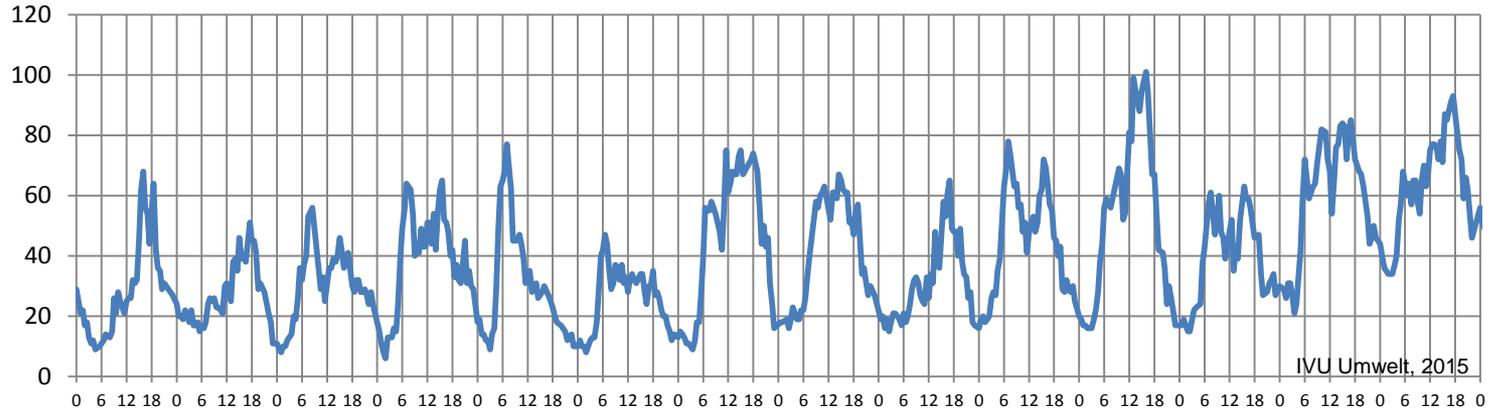
Tagesmittelwerte PM10 2010 in Frankfurt (Oder)



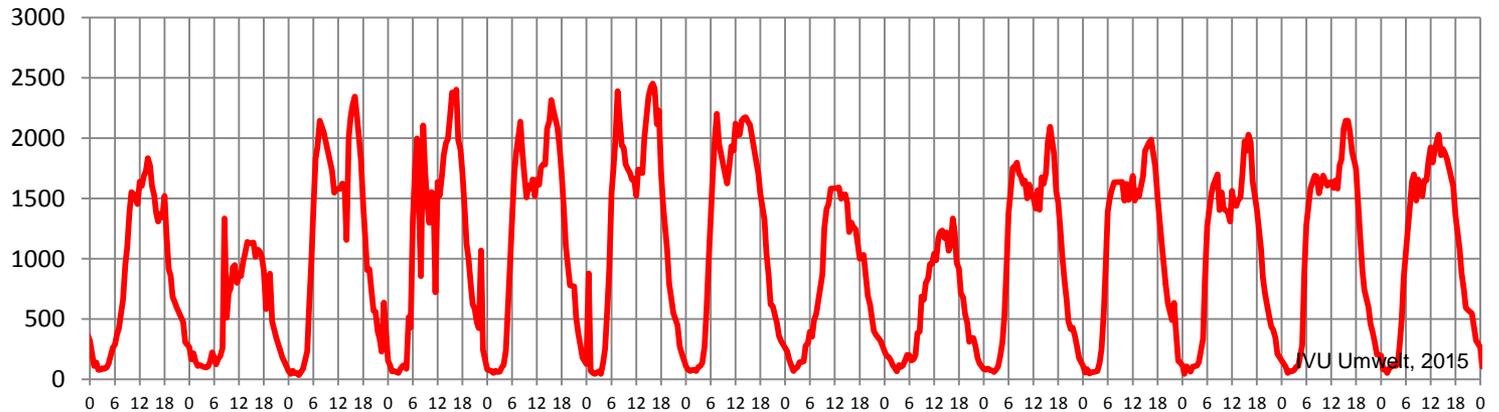
- Prognose in der Luftreinhalteplanung
- Anforderungen im UVM
- Methode der Vorhersage
- Verkehrsprognose
- Kurzfristprognose
- Mittelfristprognose
- Zusammenfassung

# Immissionsbelastung und lokaler Verkehr

## Konzentration NO<sub>2</sub> [µg/m<sup>3</sup>]



## Verkehrsstärke [Kfz/h]



- Prognose in der Luftreinhalteplanung
- Anforderungen im UVM
- Methode der Vorhersage
- Verkehrsprognose
- Kurzfristprognose
- Mittelfristprognose
- Zusammenfassung



# Vorhersage der Eingangsdaten

Vorhersage Eingangsdaten

Simulation

Vorhersage der Belastung



Verkehr

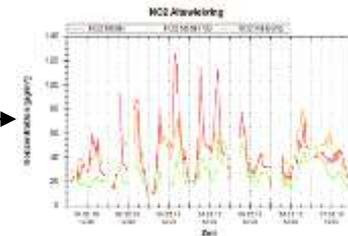


Hintergrund



Meteorologie

IMMIS<sup>mt</sup>  
Monitoring



- Prognose in der Luftreinhalteplanung
- Anforderungen im UVM
- Methode der Vorhersage
- Verkehrsprognose
- Kurzfristprognose
- Mittelfristprognose
- Zusammenfassung

# IMMIS<sup>mt</sup> Prognose am Beispiel UVM-BS

Änderung der Input-Daten für die Prognose-Berechnungen:  
Prognosedaten statt Messdaten

Eingangsdaten	Art der Eingangsdaten	
	Monitoring-Modus	Prognose-Modus
Verkehrsdaten	Messdaten & Modelldaten	Modelldaten
Schadstoffdaten	Messdaten	statistische Prognose/ Modelldaten (EURAD)
Meteorologie Daten	Messdaten	statistische Prognose/ Modelldaten (EURAD)

Prognose in der  
Luftreinhalteplanung

Anforderungen im  
UVM

Methode der  
Vorhersage

Verkehrsprognose

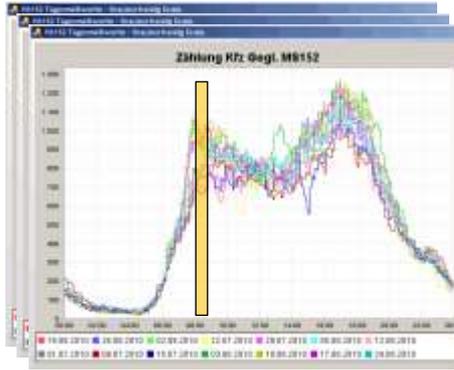
Kurzfristprognose

Mittelfristprognose

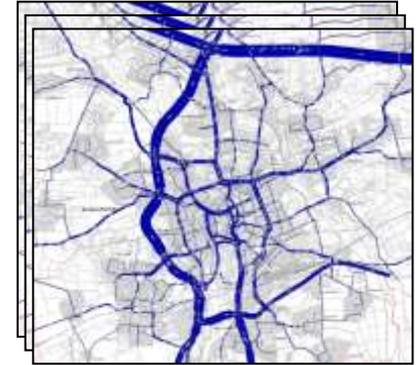
Zusammenfassung

# ViBS<sup>mt</sup> – Verkehrsmonitoring

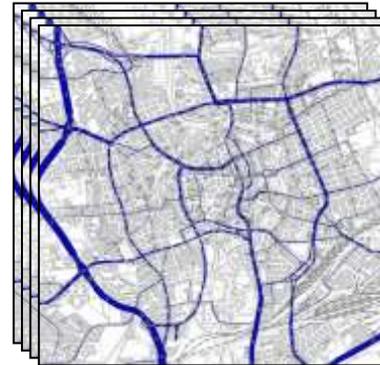
- Prognose in der Luftreinhalteplanung
- Anforderungen im UVM
- Methode der Vorhersage
- Verkehrsprognose
- Kurzfristprognose
- Mittelfristprognose
- Zusammenfassung



Aktuelle Detektordaten



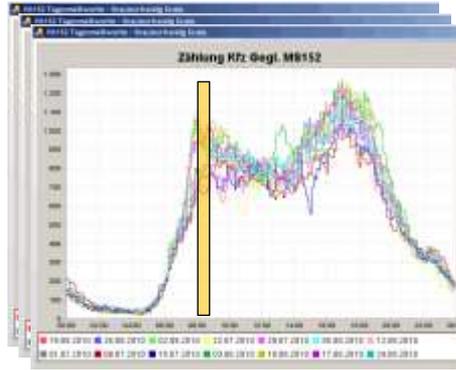
Verkehrsmodell je Zeitscheibe / Tagestyp



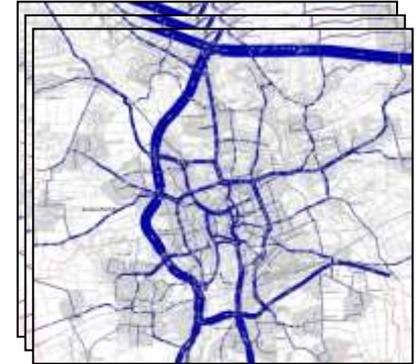
Ergebnis:  
stündlich und  
flächendeckend aktuelle  
Verkehrsmengen und  
Level-of-Service-Anteile

# ViBS<sup>mt</sup> – Verkehrsmonitoring

- Prognose in der Luftreinhalteplanung
- Anforderungen im UVM
- Methode der Vorhersage
- Verkehrsprognose
- Kurzfristprognose
- Mittelfristprognose
- Zusammenfassung



Aktuelle Detektordaten



Verkehrsmodell je Zeitscheibe / Tagestyp

Idee: Prognose der Detektionsdaten ermöglicht zuverlässige Prognose der gesamten Verkehrslage

## ViBS<sup>mt</sup> - Prognosemodul

### Prognosemodul für Detektionsdaten

- Prognose der Detektionsdaten für alle Messstellen
- Flächendeckende Berechnung der Verkehrslage basierend auf prognostizierten Detektionsdaten

### Kurzzeitprognose

- Zeitraum mehrere Stunden
- Grundlage: tagestyp- und messstellenspezifische relative Ganglinien und aktuelle Messwerte

### Langzeitprognose

- Zeitraum mehrere Tage
- Grundlage: tagestyp- und messstellenspezifische historischen Ganglinien

Prognose in der  
Luftreinhalteplanung

Anforderungen im  
UVM

Methode der  
Vorhersage

Verkehrsprognose

Kurzfristprognose

Mittelfristprognose

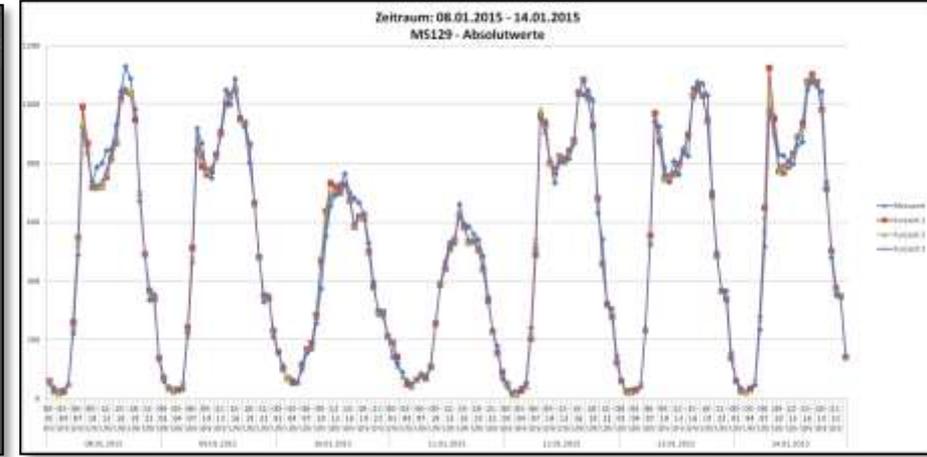
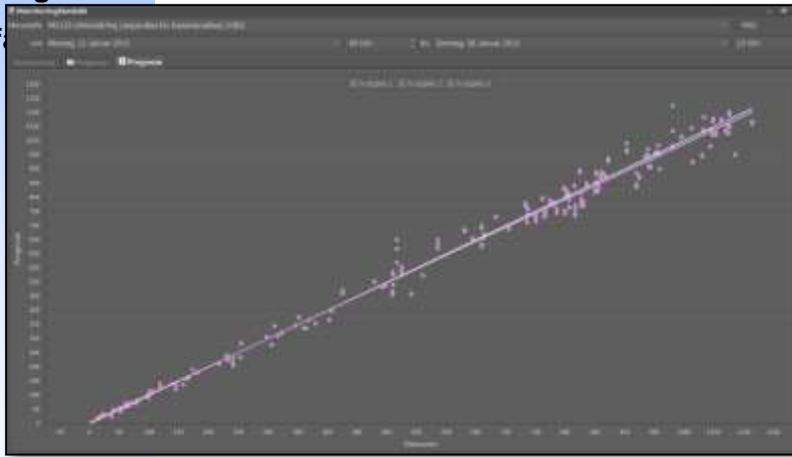
Zusammenfassung

# ViBS<sup>mt</sup> – Kurzzeitprognose

Pilotbetrieb und  
Evaluation in  
Braunschweig

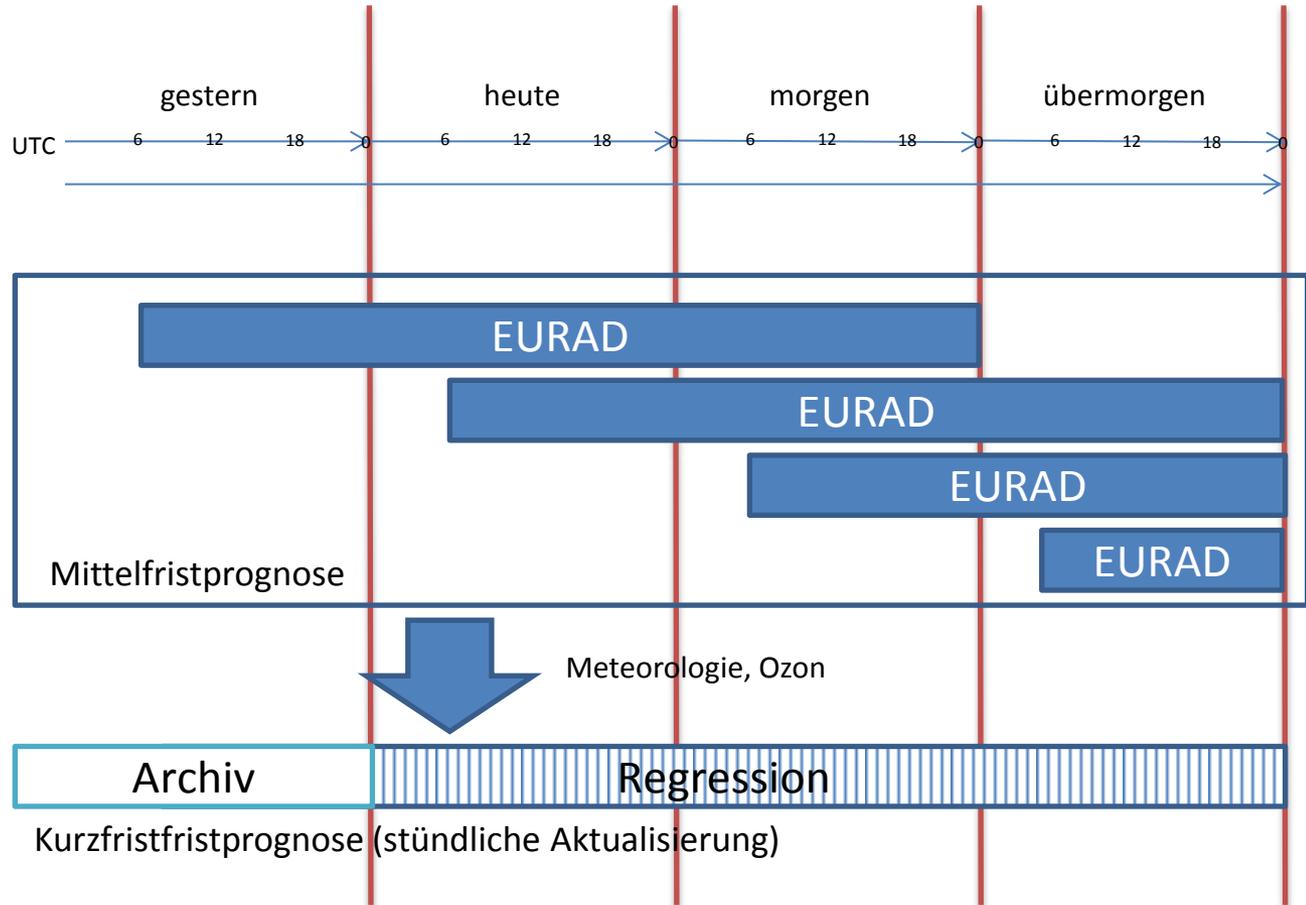
- Kurzzeitprognose für die aktuelle und die beiden nächsten Tagesstunden
- Pilotbetrieb seit Ende 2014, Evaluation läuft
- Erste Ergebnisse zeigen hohe Übereinstimmung zwischen Prognose- und Ist-Daten

Prognose in der  
Luftreinhalteplanung  
Anforderungen im  
UVM  
Methode der  
Vorhersage  
Verkehrsprognose  
Kurzfristprognose  
Mittelfristprognose  
Zusammenf



# Meteorologie und Vorbelastung: Kurzfrist- & Mittelfristprognose

- Kurzfristprognose: die nächsten 3 Stunden
- Mittelfristprognose: aktueller Tag + 2 Tage



Prognose in der Luftreinhalteplanung

Anforderungen im UVM

Methode der Vorhersage

Verkehrsprognose

**Kurzfristprognose**

Mittelfristprognose

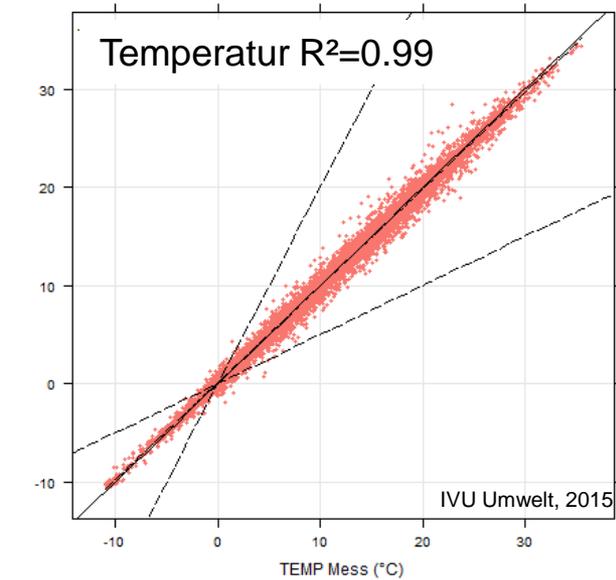
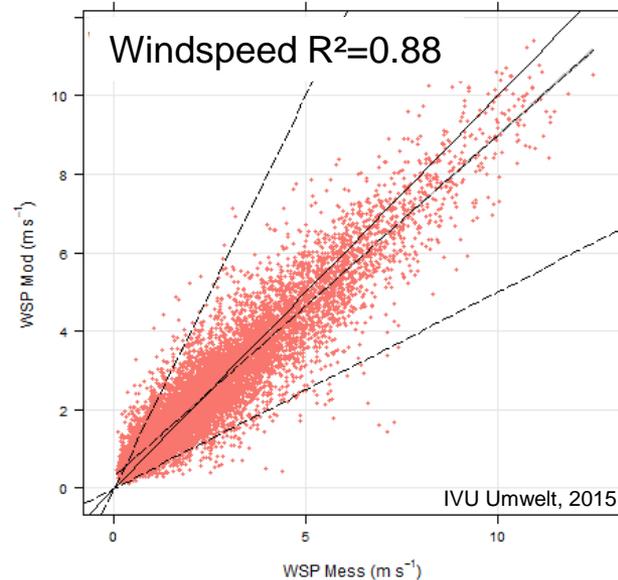
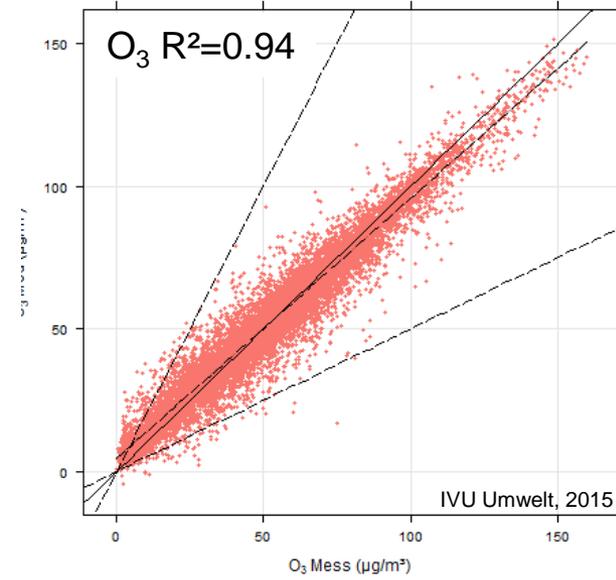
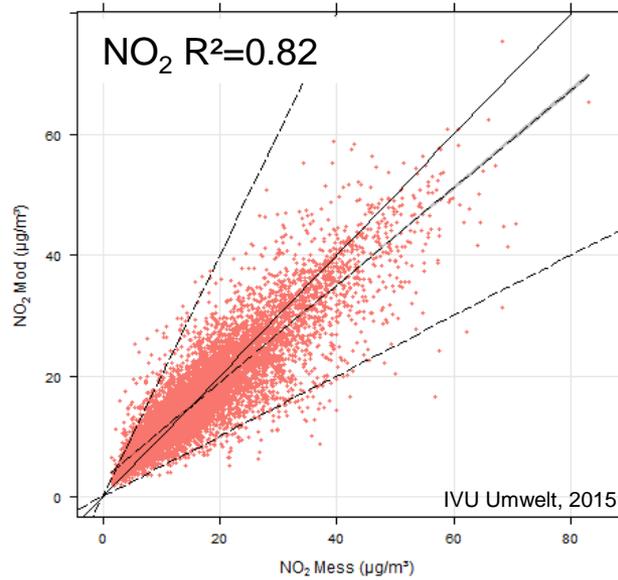
Zusammenfassung

# Kurzfristprognose der Vorbelastung und Meteorologie mittels Regression

- Anforderung:  
Praxisorientiertes einfaches Modell ohne komplexe Eingangsdaten
- These:  
Auf Grund der Erhaltungsneigung der zeitlichen Entwicklung ist für die Kurzfristprognose von wenigen Stunden in der Regel eine Regression auf Basis der Vergangenheit der Zeitreihe (univariates Modell) ausreichend.
- Lösungsansatz:  
Im Beispiel wurde ein autoregressives Modell mit einem Kalibrierungszeitraum von 720 Stunden gewählt.
- Prüfung:  
Test der Qualität durch Vergleich von Prognosedaten mit Messdaten (Braunschweig, Hintergrundstation 1.1.2013 bis 31.07.2014 und Flughafen Hannover, Braunschweig)

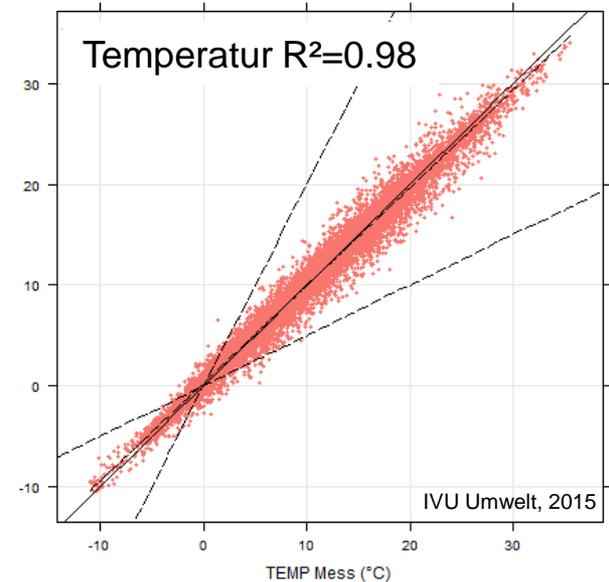
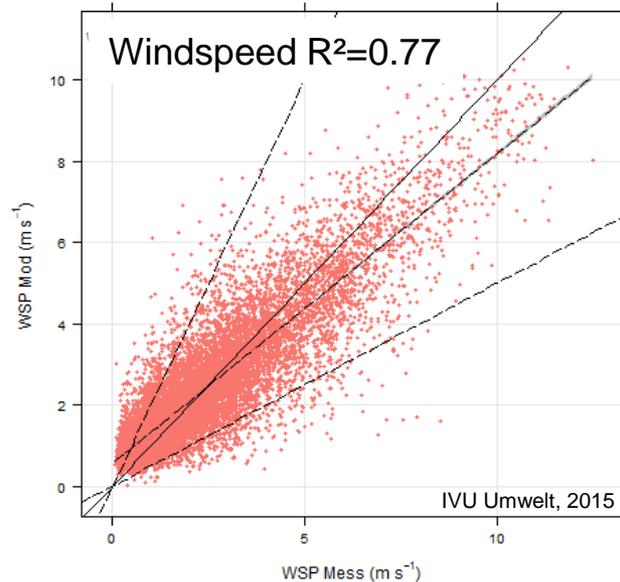
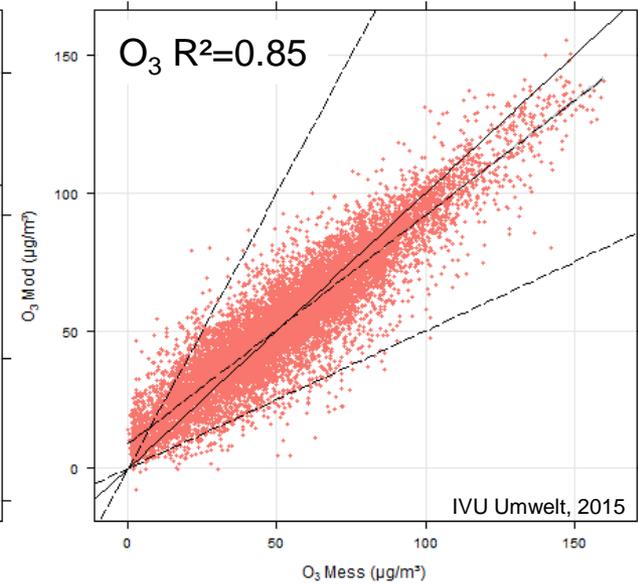
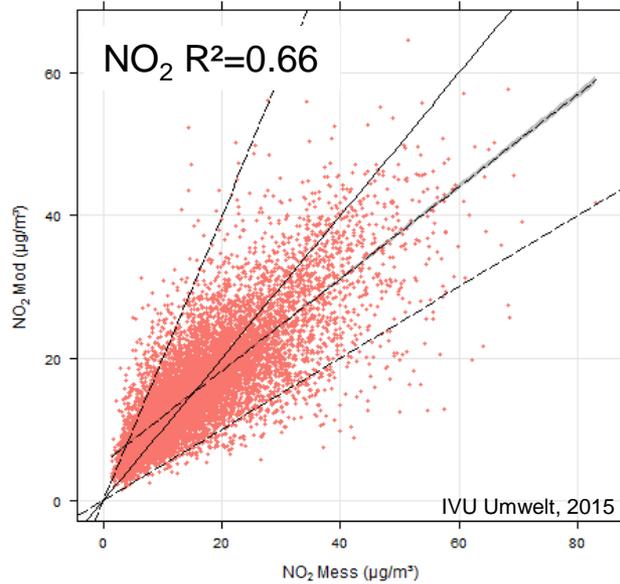
# Prognose für die 1. Stunde

- Prognose in der Luftreinhalteplanung
- Anforderungen im UVM
- Methode der Vorhersage
- Verkehrsprognose
- Kurzfristprognose
- Mittelfristprognose
- Zusammenfassung



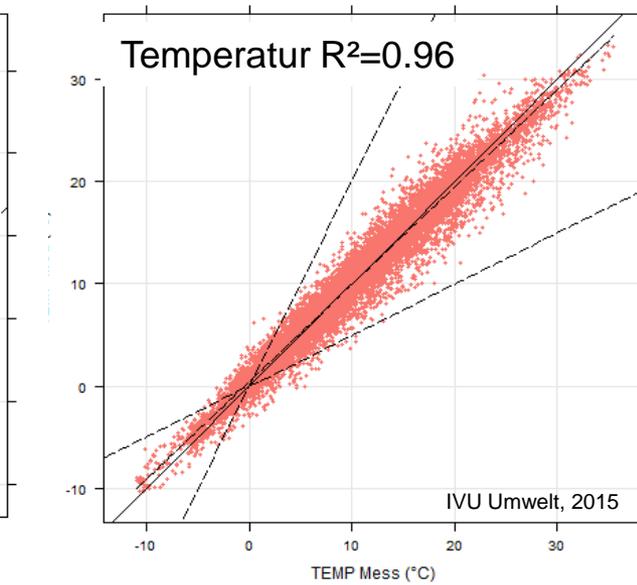
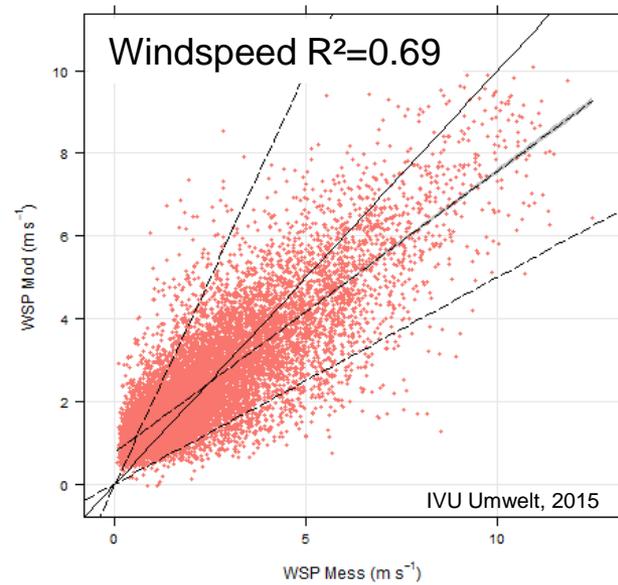
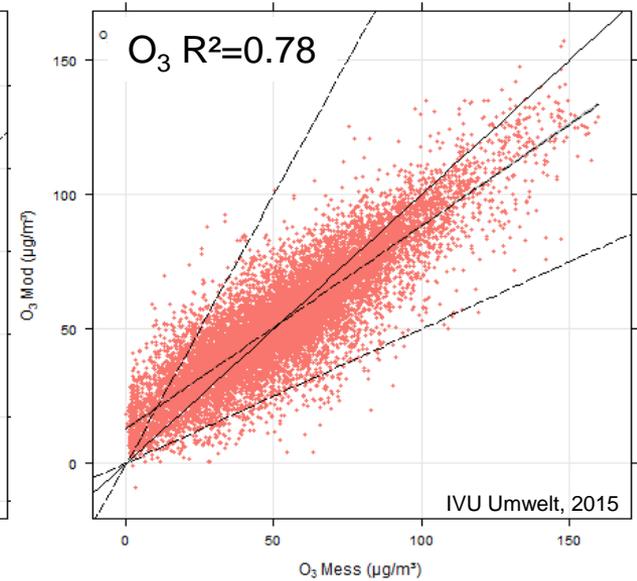
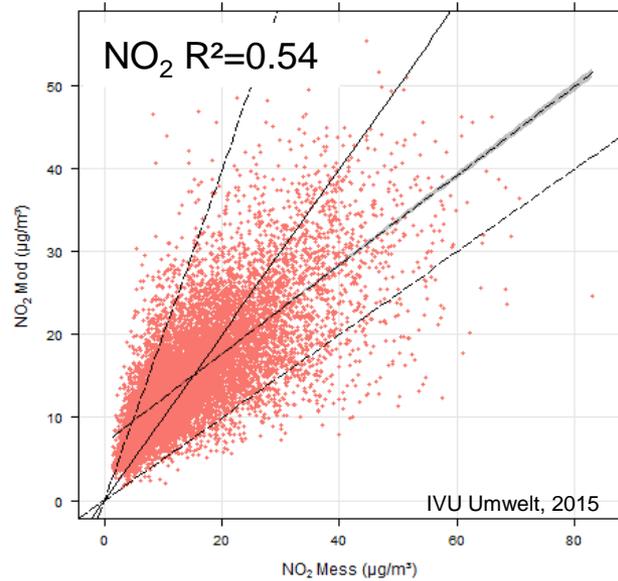
# Prognose für die 2. Stunde

- Prognose in der Luftreinhalteplanung
- Anforderungen im UVM
- Methode der Vorhersage
- Verkehrsprognose
- Kurzfristprognose
- Mittelfristprognose
- Zusammenfassung

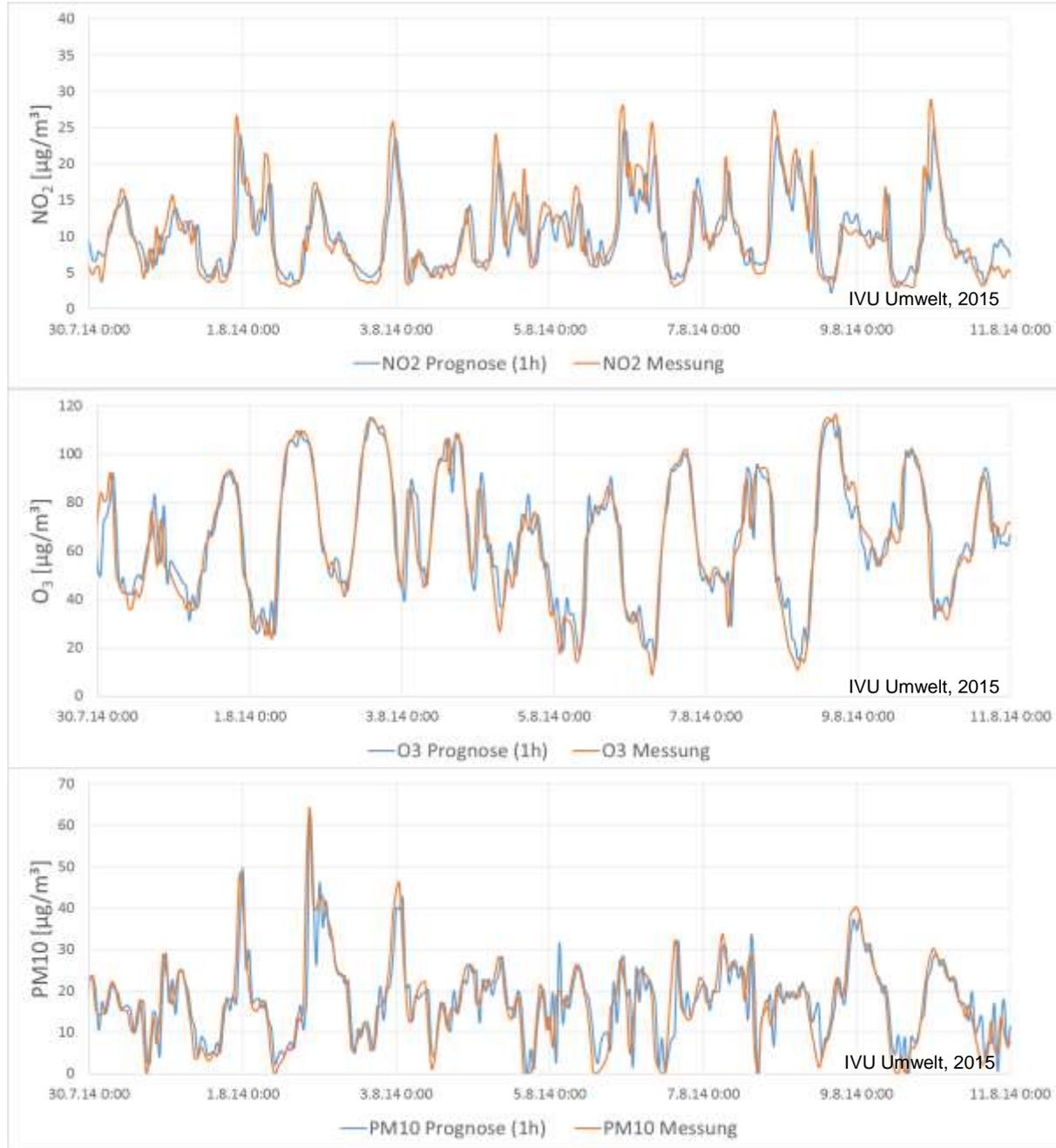


# Prognose für die 3. Stunde

- Prognose in der Luftreinhalteplanung
- Anforderungen im UVM
- Methode der Vorhersage
- Verkehrsprognose
- Kurzfristprognose
- Mittelfristprognose
- Zusammenfassung



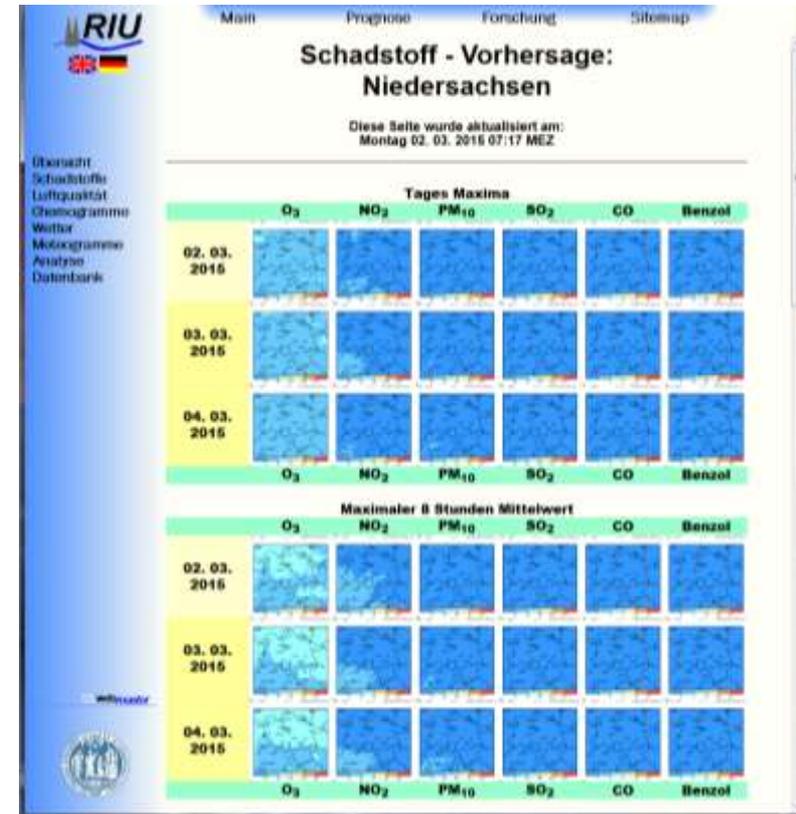
# Vergleich der Prognose für die 1. Stunde mit Messwerten



- Prognose in der Luftreinhalteplanung
- Anforderungen im UVM
- Methode der Vorhersage
- Verkehrsprognose
- Kurzfristprognose
- Mittelfristprognose
- Zusammenfassung

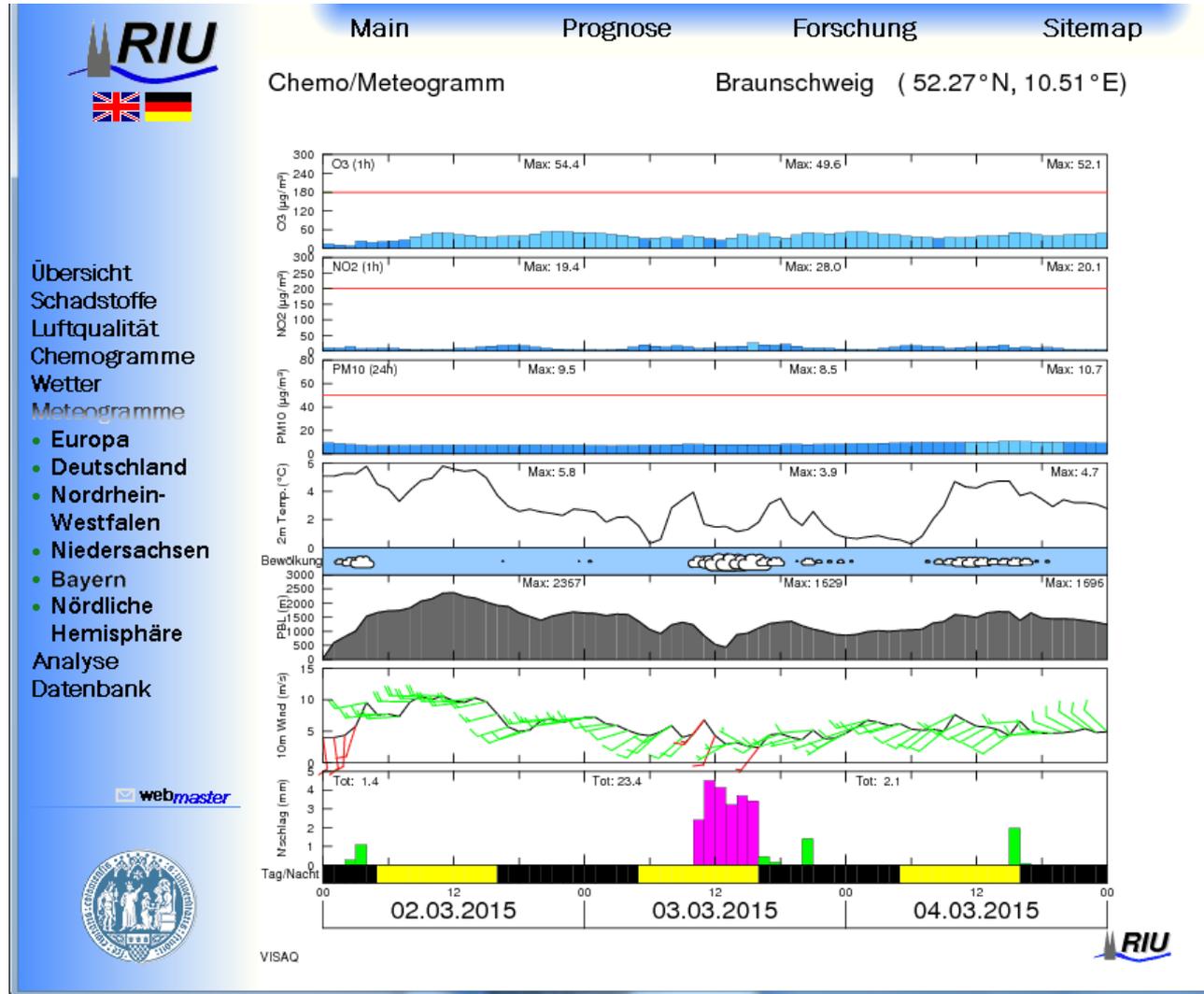
# Mittelfristprognose mit EURAD-Modell

- EURAD-Prognosesystem der Uni Köln / RIU e.V
- Flächendeckende Prognose für Niedersachsen in horizontaler Auflösung von ca. 5 \* 5km
- Bereitstellung von Drei-Tage-Vorhersagen der Konzentrationen von PM10, Ozon, und NO<sub>2</sub> für die Region Braunschweig
- Meteorologische Größen aus dem Wettervorhersage Modell MM5:  
Windgeschwindigkeit,  
Windrichtung, Temperatur,  
relative Feuchte,  
Mischungsschichthöhe.



- Prognose in der Luftreinhalteplanung
- Anforderungen im UVM
- Methode der Vorhersage
- Verkehrsprognose
- Kurzfristprognose
- Mittelfristprognose**
- Zusammenfassung

# EURAD: stündliche Vorhersage für 3 Tage



Prognose in der Luftreinhalteplanung

Anforderungen im UVM

Methode der Vorhersage

Verkehrsprognose

Kurzfristprognose

Mittelfristprognose

Zusammenfassung



- Übersicht
- Schadstoffe
- Luftqualität
- Chemogramme
- Wetter
- Meteogramme
- Europa
- Deutschland
- Nordrhein-Westfalen
- Niedersachsen
- Bayern
- Nördliche Hemisphäre
- Analyse
- Datenbank

webmaster

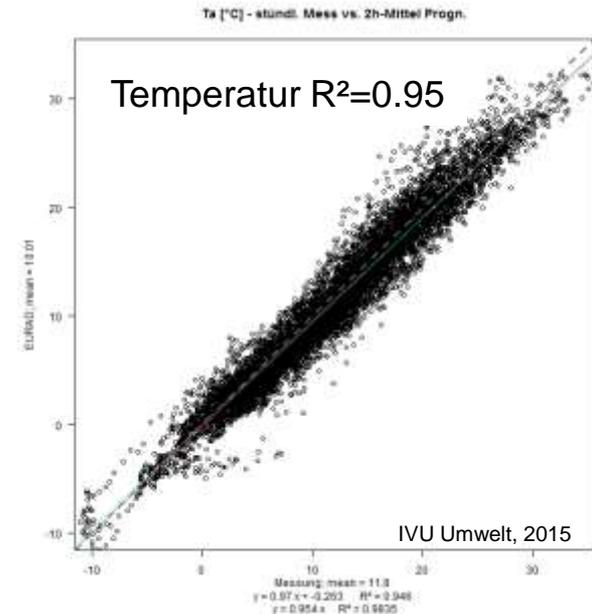
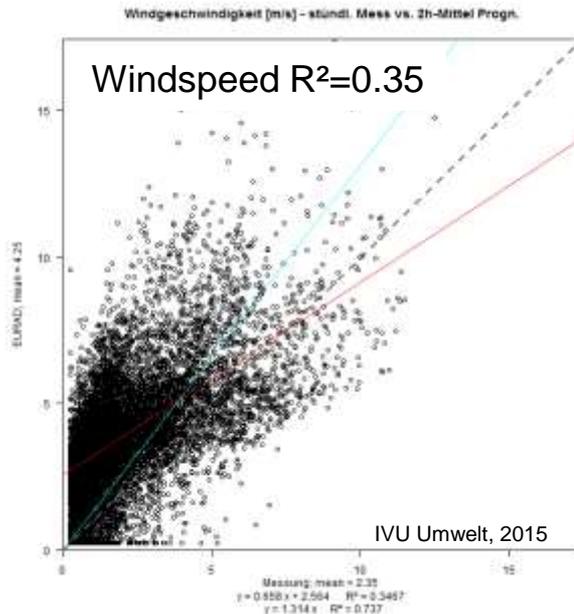
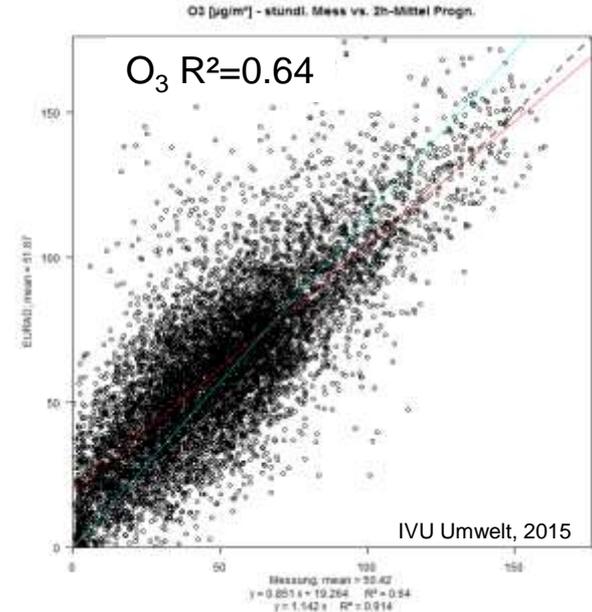
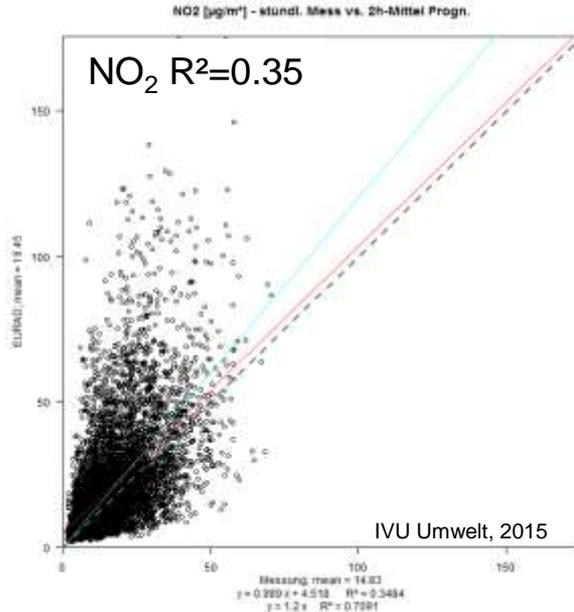


## Ergebnisse der Mittelfristprognose

- EURAD-Prognosedaten gelten für den Zeitpunkt und sind keine Mittelwert über eine Stunde, deshalb Vergleich mit Messwerten über Mittelwertbildung aus 2. Zeitpunkten Mittelwert aus  $(h-1)$  und  $h$
- Vergleich Prognosedaten (EURAD 2h-Mittelwerte) mit Messdaten für den Zeitraum 24.06.2013 bis 10.08.2014

EURAD-Prognosen für den aktuellen Tag

- Prognose in der Luftreinhalteplanung
- Anforderungen im UVM
- Methode der Vorhersage
- Verkehrsprognose
- Kurzfristprognose
- Mittelfristprognose
- Zusammenfassung



## Zusammenfassung

- Aufgabenstellung bei PM10 und NO<sub>2</sub> unterschiedlich
- Für Aktivierung kurzfristiger Maßnahmen NO<sub>2</sub> relevant
- Möglichkeiten der Auslösung von kurzfristigen UVM-Maßnahmen
  - Auf Basis Monitoring möglich („proaktiv“)
  - Mittels Kurzfristprognose
- Verfahren: Prognose der Eingangsdaten und anschließend Modellierung analog Monitoring
- Zufriedenstellende Ergebnisse bei Kurzfristprognose mittels Regression
- Entwicklungsbedarf bei Verwendung von EURAD-Daten für die Mittelfristprognose
- Ausblick:  
Sammeln von Erfahrungen im operationellem Betrieb