

# **Luftschadstoffprognosemodelle als Umweltmodule für umweltorientiertes Verkehrsmanagement - Erfahrungen und Empfehlungen aus Projekten in Halle, Magdeburg und Stuttgart**

## **Dr. Ingo Düring**

Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Mohrenstraße 14, D- 01445 Radebeul,  
[ingo.duering@lohmeyer.de](mailto:ingo.duering@lohmeyer.de)

## **Tilo Hoffmann**

Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Mohrenstraße 14, D- 01445 Radebeul

## **Dr. Thomas Flassak**

Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, An der Roßweid 3, D- 76229 Karlsruhe

## **Torsten Nagel**

Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, An der Roßweid 3, D- 76229 Karlsruhe

## **Kurzfassung**

Als dynamische Maßnahme zur Senkung der Immissionsbelastungen an lufthygienischen Hot Spots wird verstärkt umweltsensitives dynamisches Verkehrsmanagement (UVM) vorgesehen, welches den Verkehrsfluss und/oder die Verkehrs(um)leitung auch in Abhängigkeit von Umweltparametern (Wind, Luftschadstoffvorbelastung, etc.) steuern sollen. Um dieses UVM zu realisieren, wird i.A. an die Verkehrssteuerung ein sog. Umweltmodul (Online-Prognosemodell) gekoppelt. Der folgende Beitrag stellt die Umweltmodule ProFet und PROKAS<sup>online</sup> sowie ihre Einsatzmöglichkeiten vor, zeigt anhand von Beispielen deren Prognosegüte auf und systematisiert Erfahrungen aus deren Betrieb.

## **1 Einleitung**

In Städten mit hohem Verkehrsaufkommen und enger Bebauungssituation (Straßenschluchten) werden derzeit häufig Luftschadstoffgrenzwerte der 39. BImSchV [1], insbesondere für den NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert und den Feinstaub-(PM10)-Tagesgrenzwert, überschritten. Um die verbindlichen Grenzwerte der Immissionsbelastung einzuhalten, wurden und werden kommunale und regionale Luftreinhaltepläne erstellt bzw. fortgeschrieben. Die dabei geplanten Minderungsmaßnahmen können in statische und in dynamische Maßnahmen unterschieden werden. Als dynamische Maßnahme wird zur Senkung der Immissionsbelastungen an den Hot Spots verstärkt umweltsensitives dynamisches Verkehrsmanagement (UVM) vorgesehen, welches den Verkehrsfluss und/oder die Verkehrs(um)leitung auch in Abhängigkeit von Umweltparametern (Wind, Luftschadstoffvorbelastung, etc.) steuern soll. Die Berechtigung für ein UVM resultiert auch aus dem Umstand, dass nur unter bestimmten, meist windschwachen meteorologischen Bedingungen und ggf. in Kombination mit einer hohen Hintergrundbelastung Akkumulationen

der Luftschadstoffe Feinstaub und NO<sub>2</sub>, die zu Grenzwertüberschreitungen führen können, auftreten. In windstarken Phasen sind Grenzwertüberschreitungen i.A. nicht zu erwarten.

Um dieses UVM zu realisieren, wird i.A. an die Verkehrssteuerung ein sog. Umweltmodul (Online-Prognosemodell) gekoppelt. Auch werden solche Prognosemodelle zur aktuellen Information der Öffentlichkeit verwendet. Derzeit sind bundesweit nur wenige solcher Systeme im operationellen Einsatz. Zu erwähnen seien hierbei die Systeme IMMIS<sup>mt</sup> [2] der IVU Umwelt GmbH Freiburg sowie ProFet (Programmsystem zur Feinstaubprognose) und PROKAS<sup>online</sup> [3] der Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG.

## **2 Umweltmodule für Umweltsensitives Dynamisches Verkehrsmanagement**

Durch das Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG wurden in den vergangenen Jahren die Online-Prognosemodelle PROKAS<sup>online</sup> sowie ProFet (Programmsystem zur Feinstaubprognose) entwickelt, die als Umweltmodule für die Kopplung an dynamische Verkehrsmanagementsysteme geeignet sind.

PROKAS<sup>online</sup> verarbeitet aktuell gemessene meteorologische Daten, Immissionswerte sowie Verkehrsdaten und ist in der Lage, die aktuelle Immissionssituation für einzelne Straßenzüge aber auch für große Straßennetze darzustellen. Meteorologische (z.B. vom Deutschen Wetterdienst oder von Meteomedia) und verkehrliche Prognosedaten können über ein Prognosemodul eingebunden werden und dienen dann zur Erstellung von Kurzfrist-Immissionsprognosen (je nach Forderung der Verkehrsmanagementzentrale z.B. eine Stunde oder ein Tag im Voraus).

PROKAS<sup>online</sup> basiert auf der „klassischen“ Kombination aus Emissionsberechnung und Ausbreitungsmodellierung. Als Ausbreitungsmodelle können wahlweise PROKAS\_B oder MISKAM integriert werden. PROKAS\_B basiert auf Ergebnissen von Ausbreitungsrechnungen mit dem mikroskaligen Ausbreitungsmodell MISKAM [4] für typisierte Bebauungsstrukturen, sog. Bebauungstypen. Die Bebauungstypen werden unterschieden in Straßenschluchten mit beidseitiger und einseitiger Randbebauung mit verschiedenen Gebäudehöhe/Straßenschluchtbreite-Verhältnissen und Anteilen von Randbebauungslücken. Die ermittelte Schadstoffkonzentration wird entsprechend 39. BImSchV an den für einen jeweils ca. 100 m langen Straßenabschnitt beurteilungsrelevante Immissionspunkt als Summe der Hintergrundbelastung, der Einträge aus allen modellierten Emissionsquellen und der lokalen Zusatzbelastung ausgewiesen. Wegen der Vereinfachung bzgl. der Bebauungstypisierung ist PROKAS\_B in der Lage, mit kurzer Rechenzeit Ergebnisse auch für komplexe Straßennetze in Screeningqualität zu liefern. Realitätsnähere und auch in seiner räumlichen (horizontal und bei Bedarf auch vertikal) Differenzierung darstellbare Konzentrationsverteilungen können durch die Ankopplung von MISKAM erreicht werden. Wegen der Komplexheit der Berechnungen sind hier die Rechenzeiten deutlich höher als beim Screening. Deshalb ist der Untersuchungsbereich i.A. eingeschränkt.

Die wahlweise Einbindung von PROKAS\_B oder MISKAM als Ausbreitungsmodell erlaubt eine Abwägung zwischen erforderlicher Prognosegenauigkeit und Programmkosten. PROKAS<sup>online</sup> hat seine Stärken bei der Prognose der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen, da die relevanten verkehrlichen und meteorologischen Einflüsse inkl. der chemischen Bildung von

NO<sub>2</sub> aus NO und Ozon unter Berücksichtigung der Meteorologie (Temperatur und Strahlung) auf kleinen Zeitskalen gut abgebildet werden können. Gerade die NO<sub>2</sub>-Bildung ist für die Prognosegüte eine sehr wichtige Einflussgröße.

PROKAS<sup>Online</sup> beinhaltet weiterhin ein Modul zur Abschätzung der Wirksamkeit von verkehrlichen Minderungswirkungen auf die Luftschadstoffbelastung. Hierbei kann parallel zur eigentlichen Nullfallprognose der Einfluss von verkehrlicher Änderungen (vorausgesetzt diese werden entweder durch ein Verkehrsmodell oder alternativ als „vorgefertigte“ Minderungsszenarien vorgegeben) emissionsseitig und immissionsseitig bewertet werden.

Für die die Ernst-Reuter-Alle in Magdeburg sowie die Merseburger Straße in Halle sind die in **Tabelle 1** sowie **Tabelle 2** aufgeführten Minderungsszenarien sowie PM10-Minderungsfaktoren der Emission „hinterlegt“.

<b>Bezeichnung der Maßnahme</b>	<b>Lokale PM10-Emissionsminderung gegenüber Nullfall in der Ernst-Reuter-Alle in Magdeburg</b>
DTV-Reduzierung um 10 % mit gleichem Schwerverkehr	-10%
DTV-Reduzierung um 20 % mit gleichem Schwerverkehr	-20%
DTV-Red. um 40 % mit gleichem Schwerverkehr und verbessertem Verkehrsfluss	-57%
DTV-Reduzierung um 10 % ohne Schwerverkehr	-28%
DTV-Reduzierung um 20 % ohne Schwerverkehr	-36%
DTV-Reduzierung um 40 % ohne Schwerverkehr und mit verbessertem Verkehrsfluss.	-56%

**Tabelle 1: Bewertete Maßnahmen und deren lokale Emissionsminderungen für die Ernst-Reuter-Alle in Magdeburg. Bezugsjahr 2013.**

ProFet (Programmsystem für die Feinstaubprognose) basiert auf einem multilinenen Regressionsmodell, welches mittels repräsentativer Messdatenreihen „angelernt“ wird. Seine Stärken hat es bei der PM10-Kurzfristprognose, da hier die bei PM10 besonders wichtigen meteorologischen Aspekte, wie Niederschlag, Länge von Trockenzeiten, Jahreszeit, etc., explizit berücksichtigt werden können.

Das **Bild 1** zeigt eine Übersicht über die Methodiken, Eingangsdaten sowie Einsatzstärken der eingesetzten Online-Prognosemodelle.

Bezeichnung der Maßnahme	Lokale PM10-Emissionsminderung gegenüber Nullfall in der Merseburger Straße in Halle/Saale
Tempo 30 mit Radarkontrolle	-32%
Tempo 30 ohne Radarkontrolle	-26%
DTV-Reduzierung um 10 % mit gleichem Schwerverkehr (SV)	-10%
DTV-Reduzierung um 20 % mit gleichem Schwerverkehr	-20%
SV-Reduzierung um 20 % bei gleichem DTV	-3%
SV-Reduzierung um 90 % bei gleichem DTV	-21%

**Tabelle 2: Bewertete Maßnahmen und deren lokale Emissionsminderungen für die Merseburger Straße in Halle/Saale. Bezugsjahr 2010.**

Übersicht Online-Prognosemodelle		 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG Karlsruhe und Dresden	
	ProFet	PROKAS <sup>Online</sup>	
<b>Methodik</b>	Multilineare Regression	Emissions- und Ausbreitungsmodellierung	
<b>Ausbreitungsmodell</b>	-	PROKAS_B	MISKAM
<b>Räumliche Auflösung</b>	1 Punkt (Messcontainer)	typisierte Straßennetze (1 repräsentativer Wert pro 100 m Straßenabschnitt)	flächendeckend hohe räumliche Auflösung
<b>Input</b>	Wind, Temp., Niederschlag, Jahreszeit, Inversionsdauer, Hintergrundkonz., Wochentag	Wind, Temp., Strahlung, Hintergrundkonz., Verkehrsstärke, Verkehrssituation, typisierte Bebauung	Wind, Temp., Strahlung, Hintergrundkonz., Verkehrsstärke, Verkehrssituation, 3d-Gebäudemodell
<b>Einsatzstärken</b>	Prognose der PM10-Konzentrationen (Tagesmittelwerte)	Prognose der NO <sub>2</sub> -Konzentrationen (Stundenwerte) auch für große Straßennetze	Prognose der NO <sub>2</sub> -Konzentrationen (Stundenwerte) für Innenstadtbereiche

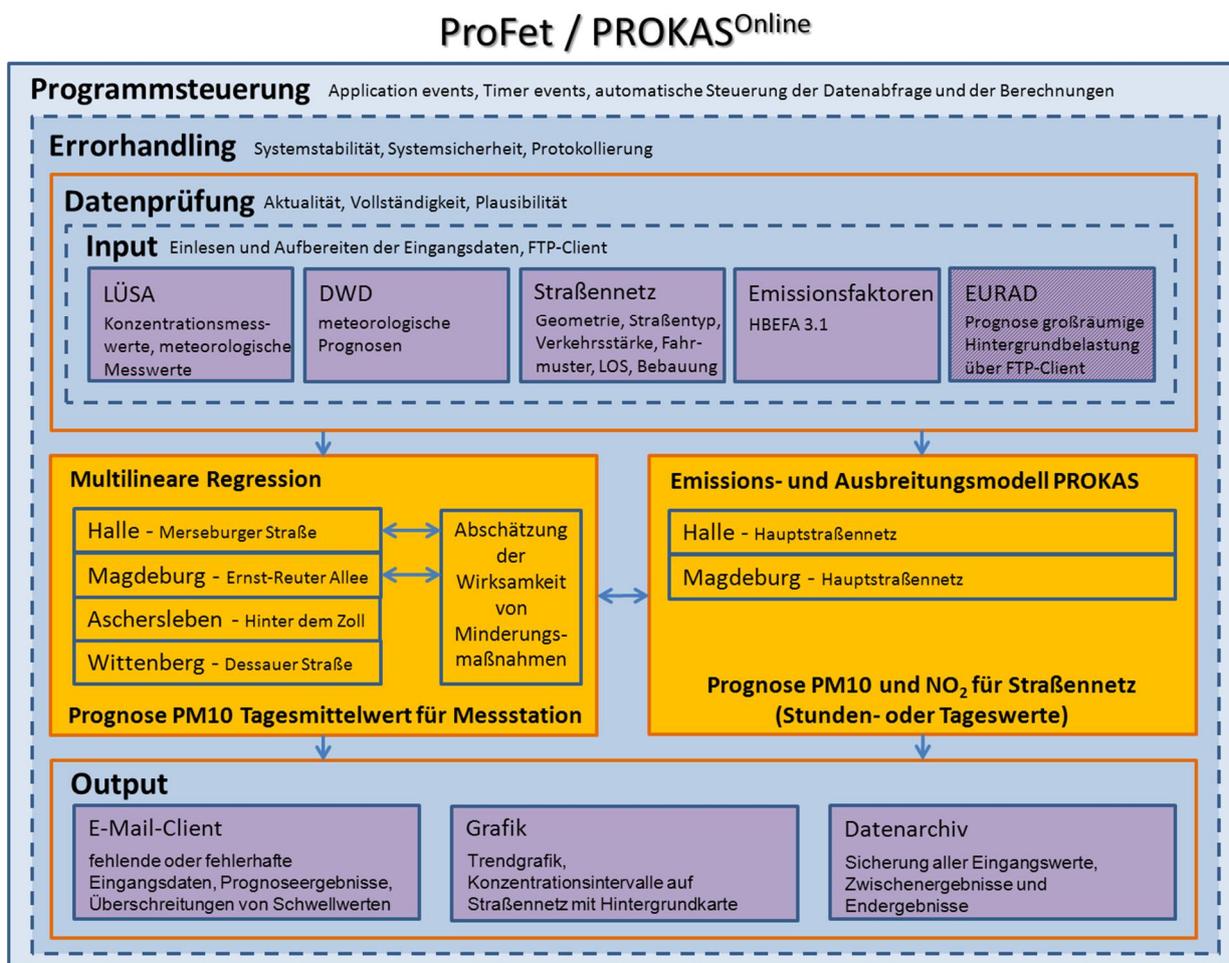
**Bild 1: Übersicht über die Methodiken, benötigten Eingangsdaten sowie Einsatzstärken der im Ing.-Büro Lohmeyer GmbH & Co. KG eingesetzten Umweltmodule für umweltsensitive Verkehrssteuerungen**

ProFet ist schon seit mehreren Jahren im Luftüberwachungssystem Sachsen-Anhalt (LÜSA) des Landesamtes für Umweltschutz (LAU) im operationalen (autonomen) Betrieb. Es dient derzeit u.a. zur Information an die Immissionsschutzbehörden sowie bei drohender PM10-Grenzwertüberschreitung zur Aktivierung eines LKW-Durchfahrtsverbotes in Wittenberg (siehe z.B. **Bild 2**) sowie der Signalisierung eines Tempolimits von 30 km/h auf der Merseburger Straße in Halle/Saale.



**Bild 2: Signalisierung und LKW-Umleitungstrecke in Wittenberg bei drohender PM10-Tagesgrenzwertüberschreitung prognostiziert durch ProFet. Quelle [5]**

Weiterhin wird vom LAU zusätzlich PROKAS<sup>online</sup> für die Hauptstraßennetze von Halle und Magdeburg betrieben. Das **Bild 3** zeigt das entsprechende Funktionsschema. Hierbei sei angemerkt, dass die Berücksichtigung der Verkehrsbelegungen derzeit noch statisch, also über jahresmittlere Verkehrsmengen (DTV) und Schwerverkehrsanteile sowie standardisierte Tages- und Wochengänge des Verkehrs, betrieben wird. Die Ausbreitungsmodellierung erfolgt mit PROKAS\_B.

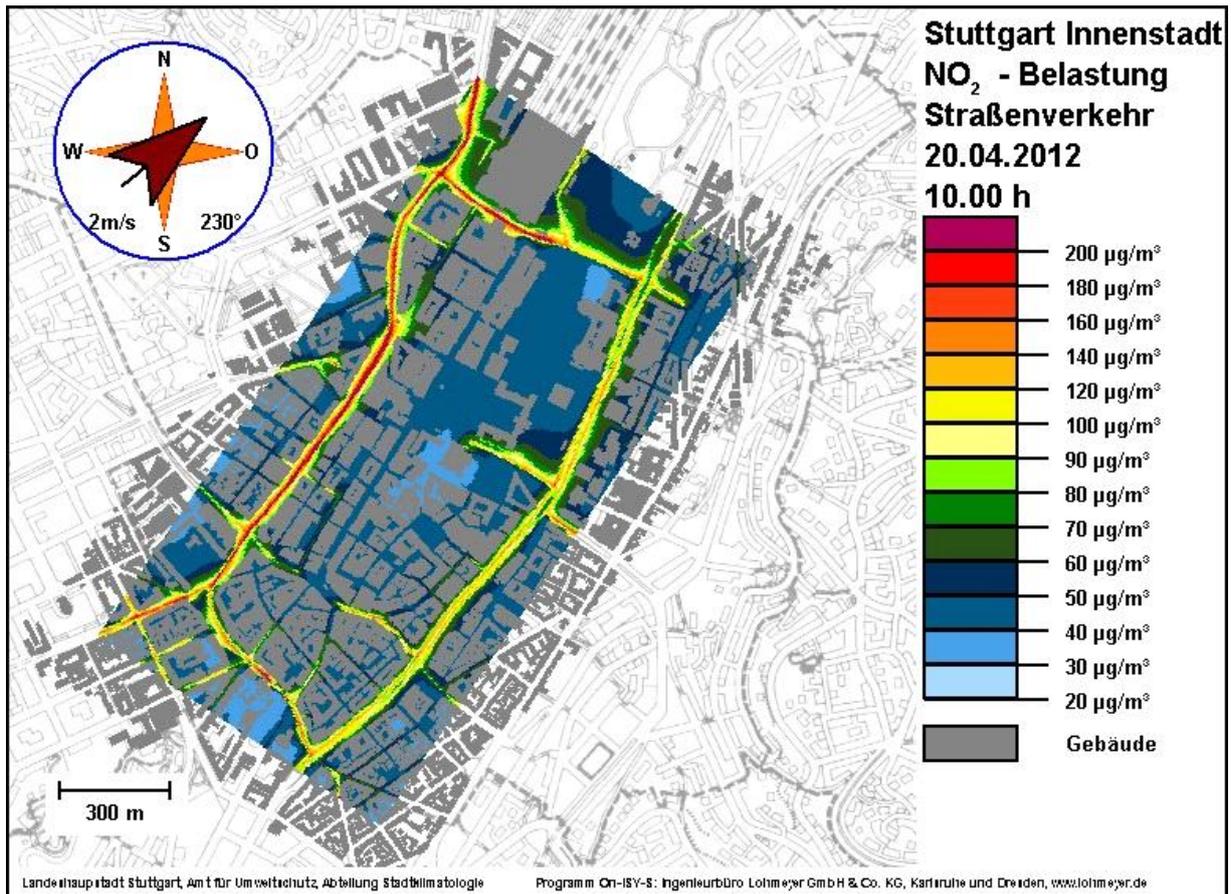


**Bild 3: Funktionsschema ProFet/PROKAS<sup>Online</sup> im Landesumweltamt Sachsen-Anhalt (Stand 2013).** Hierbei sei angemerkt, dass die Berücksichtigung der Verkehrsbelegungen derzeit noch statisch, also über jahresmittlere Verkehrsmengen (DTV) und Schwerverkehrsanteile sowie standardisierte Tages- und Wochengänge des Verkehrs, betrieben wird. Die Ausbreitungsmodellierung erfolgt mit PROKAS\_B.

PROKAS<sup>online</sup> ist auch seit mehreren Jahren bei der Stadt Stuttgart installiert und liefert dort (autonom) entsprechende Stundenwerte der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen, welche u.a. auch im Internet veröffentlicht werden (dort wurde PROKAS<sup>online</sup> mit MISKAM gekoppelt, siehe [http://www.stadtklima-stuttgart.de/index.php?luft\\_onlineschadstoffe\\_einleitung](http://www.stadtklima-stuttgart.de/index.php?luft_onlineschadstoffe_einleitung)) bzw. **Bild 4**.

### 3 Genauigkeit der Immissionsprognosen

Alle im Umweltmodulen verwendeten Ausbreitungsmodelle unterliegen zwar einer ständigen Qualitätskontrolle durch regelmäßige Vergleiche zwischen Modellergebnissen und



**Bild 4: Beispiel für eine NO<sub>2</sub>-Prognose (Stundenmittelwert) für die Stuttgarter Innenstadt mittels PROKAS<sup>Online</sup>. Als Ausbreitungsmodell ist hier MISKAM im Einsatz.**

Messergebnissen, z.B. im Rahmen der Erstellung von Luftreinhalteplänen. Unabhängig davon setzt der Einsatz der Umweltmodule im operativen Einsatz höhere Anforderungen, weil

- hier Episodenrechnungen (Stundenwerte, Tageswerte) und nicht Jahresmittelwerte berechnet werden müssen,
- hier z.T. mit Vorhersagewerte/Prognosen der Eingangsdaten gearbeitet wird, wie z.B. Vorhersagen von Meteorologie (Windrichtungen, Windgeschwindigkeiten, Strahlung, Niederschlag etc.), Verkehr (Verkehrsstärke, Schwerverkehrsanteil etc.) und Hintergrundbelastungen. Auch diese Prognosen der Eingangsdaten unterliegen Unsicherheiten.

Statistische Modelle, wie das multilineare Regressionsmodell in ProFet, werden mit historischen Daten von Messstationen angelernet. Sollten sich relevante Randbedingungen an der Messstelle ändern, wie z.B. Gebäude- und Straßengeometrien, Emissionsverhalten der Fahrzeuge, Lage der zu betrachtenden Immissionsmessstelle, Lage der Messstellen für die Eingangsinformationen etc., dann bilden die statistischen Funktionen die Luftschadstoffsituation nicht mehr ausreichend genau ab.

Die Genauigkeit der Ergebnisse der Umweltmodule ist deshalb regelmäßig anhand des Vergleiches mit den Luftschadstoffmesswerten zu kontrollieren. Für diesen Vergleich sind zwingend die Prognosewerte der Inputgrößen zu verwenden.

Im Zuge der letzten Systemerweiterung wurde deshalb erneut sowohl die Genauigkeit der Prognosen des statistischen Ansatzes (multilineare Regression) als auch neu des „klassischen“ Ansatzes der Emissions- und Ausbreitungsmodellierung (PROKAS) anhand des Vergleichs mit Messdaten an einigen Messpunkten in Halle und Magdeburg quantifiziert. Dabei sei noch einmal darauf verwiesen, dass als meteorologischer sowie verkehrlicher Input nicht die Messwerte sondern wie oben erläutert die Prognosewerte verwendet wurden. Dieser Vergleich bildet also die Genauigkeit des Systems im Realbetrieb ab. Im Ergebnis kann u.a. folgendes festgestellt werden:

- Die wesentlichen NO<sub>2</sub>- und PM10-Konzentrationsverläufe können sowohl mit dem statistischen Ansatz als auch mit PROKAS<sup>Online</sup> gut abgebildet werden (siehe z.B. **Bild 5**). Es konnten im Auswertzeitraum Januar 2010 bis November 2012 mit ProFet 67 (= 73 %) der 92 PM10-Tagesgrenzwertüberschreitungen richtig vorhergesagt werden. 41 (= 45 %) der Grenzwertüberschreitungen wurden vorhergesagt, traten aber nicht ein.
- Ähnliche Abweichungen zwischen Prognose und Messwert werden auch für die anderen Messstellen Magdeburg, Wittenberg und Aschersleben gefunden.
- Auch die Jahresmittelwerte 2012 werden mit PROKAS<sup>Online</sup> in Halle sowohl an der Merseburger Straße als auch Paracelsusstraße gut reproduziert. Die Abweichung ist hier jeweils kleiner als 20% (**Tabelle 3**).
- Der statistische Ansatz (ProFet) bildet an der Merseburger Straße den PM10-Jahresmittelwert und insbesondere die Anzahl von PM10-Tagesgrenzwertüberschreitungen besser ab, als das Ausbreitungsmodell (PROKAS\_B) (**Tabelle 3**). Das ist nicht verwunderlich, da im statistischen Ansatz gegenüber dem klassischen Ausbreitungsmodell weitere PM10-relevante Eingangsgrößen, wie Dauer von Regen- und Inversionswetterlagen, Temperaturverhältnisse etc., zusätzlich berücksichtigt werden können.
- Die Prognosegüte sinkt mit zunehmendem Prognosezeitraum insbesondere wegen des Anstiegens der Unsicherheiten in der Prognose der meteorologischen Eingangsdaten (hier nicht dargestellt).

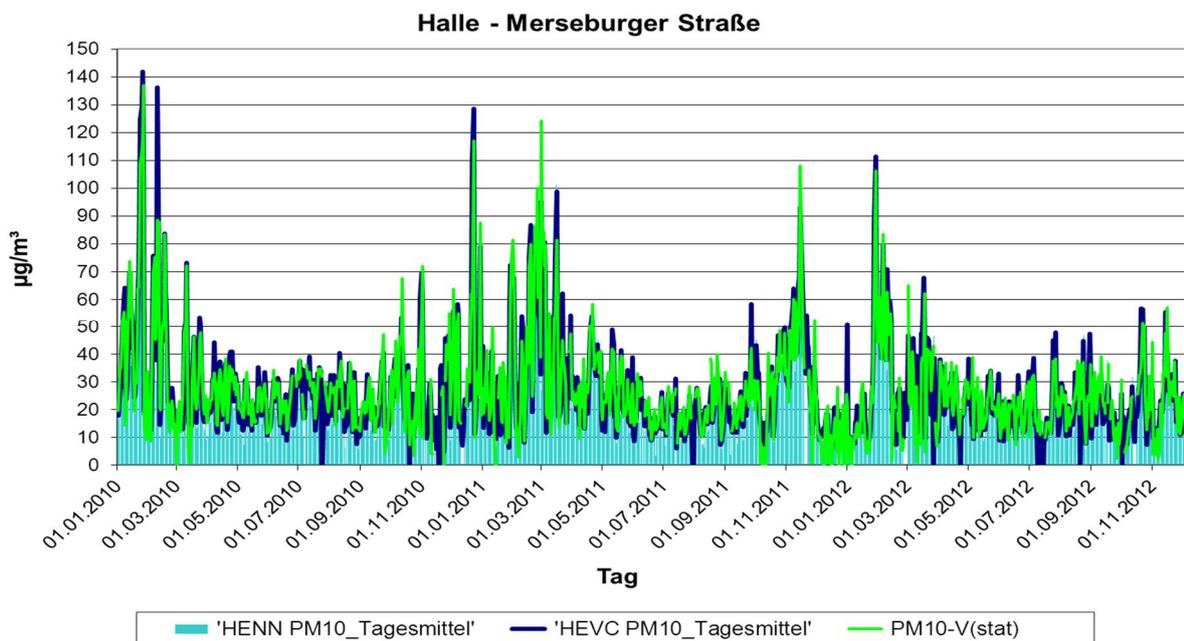
#### 4 Erfahrungen und Schlussfolgerungen

ProFet/PROKAS<sup>Online</sup> für Sachsen-Anhalt aber auch PROKAS<sup>Online</sup> für Stuttgart werden seit einigen Jahren betrieben. Aus diesen Betrieben ergeben sich u.a. folgende Erfahrungen und Schlussfolgerungen:

- Für den autonomen Betrieb und für verlässliche Prognosen sind ausgereifte Prüfalgorithmen für die Kontrollen der Eingangsdaten auf Vollständigkeit und Plausibilität notwendig. Dies ist in beiden Programmen gewährleistet. In Sachsen-Anhalt wird bei festgestellten Eingangsdatenproblemen weiterhin die Möglichkeit genutzt, durch eine Mitteilung per Email an den Diensthabenden des

Luftüberwachungssystem (LÜSA) vor dem eigentlichen Berechnungslauf eine Korrektur bzw. Vervollständigung der Daten durchführen zu können.

- Die Genauigkeit der Prognosen hängt im entscheidenden Maße von der Güte der Prognoseinputdaten (Meteorologie, Verkehrsbelastung, Verkehrssituation, Hintergrundbelastungen) ab. So werden in Sachsen-Anhalt die meteorologischen Prognosen (Wind, Niederschlag, Temperatur, Inversion) vom Deutschen Wetterdienst geliefert. In regelmäßigen Abständen werden deshalb Prognosewerte mit meteorologischen Messdaten an den Referenzstationen der Immissionsprognosen verglichen und ggf. Korrekturfunktionen abgeleitet.



**Bild 5:** Vergleich der PM10-Tagesmittelwerte der ProFet-Prognosewerte mit Messdaten für die Station Halle – Verkehr in der Merseburger Straße auf Basis des statistischen Ansatzes im Zeitraum Januar 2010 bis November 2012. Meteorologische Grundlage = DWD-Prognose. HENN: PM10-Messwert im städtischen Hintergrund, HEVC: Messwert in der Merseburger Straße, PM10-V (stat): PM10-Prognosewert (statistischer Ansatz).

	Jahresmittel 2012 Messwert [µg/m³]		Jahresmittel 2012 Prognose PROKAS <sup>Online</sup> [µg/m³]		Jahresmittel 2012 Prognose ProFet [µg/m³]
	PM10	NO <sub>2</sub>	PM10	NO <sub>2</sub>	PM10
Merseburger Str.	24 (16)	31	29 (44)	33	24 (16)
Paracelsusstraße	29 (30)	54	33 (35)	47	- (-)

**Tabelle 3:** Mit PROKAS<sup>Online</sup> sowie ProFet berechnete NO<sub>2</sub>- und PM10-Jahresmittelwerte im Vergleich zu den Messwerten in Halle/Saale. Basis = DWD-Prognose. Werte in Klammern = Anzahl von PM10-Tagesgrenzwertüberschreitungen

- Eine Validierung der Immissionsprognosen ist nicht nur Anhand von (Ist)-Messwerten sondern auch anhand der o.g. Prognoseinputdaten notwendig. Auch dies wurde im Rahmen des Betriebs von ProFet/PROKAS<sup>Online</sup> in Sachsen-Anhalt mehrfach durchgeführt.
- Bei den Prognosen mit PROKAS<sup>Online</sup> oder ähnlichen Systemen auf Basis der (klassischen) Emissions- und Ausbreitungsberechnung ist darauf zu achten, dass die örtlichen verkehrlichen Gegebenheiten an der Immissionsmessstelle ausreichend genau abgebildet werden. Dies betrifft insbesondere die örtlichen Verkehrsmengen, Zusammensetzungen sowie Verkehrssituationen in der Nähe von Knotenpunkten. Sollten aus diesem Bereich keine verkehrlichen Messdaten vorliegen, sind entsprechende Anpassungen von der nächstliegenden Messstelle durchzuführen.
- Umweltsensitives (dynamisches) Verkehrsmanagement kann wegen der potenziell notwendigen Investitionen und Betriebskosten in Abhängigkeit der Komplexität des gewählten Ansatzes und der bereits vorhandenen Infrastruktur deutlich aufwändiger sein als ein rein statisches System. Dabei ist derzeit noch völlig unklar, in welcher Weise finanzieller Aufwand und Wirksamkeit des dynamischen UVM in Beziehung stehen und ob es je nach Randbedingung (z.B. Lage der Straße, Zielkriterium und verkehrlicher(n) Maßnahme(n)) ein Optimum der Auslegung des UVM gibt? Dies betrifft auch die Auswahl des jeweils eingesetzten Umweltmoduls. Hier sind dringende entsprechende Forschungsarbeiten durchzuführen.

## 5 Anwendungsmöglichkeiten

Das **Bild 6** zeigt erweiterte Nutzungsmöglichkeiten der vorgestellten Umweltmodule. Prinzipiell sind diese einsetzbar zum Informieren (Behörden, Bevölkerung) über aktuelle und/oder zu erwartende Luftschadstoffsituationen, als Steuerungshilfe von Verkehrsleit-einrichtungen sowie für Wirkungsanalysen im Rahmen von Maßnahmenbetrachtungen.

Es sei auch darauf hingewiesen, dass nicht immer zwingend eine dynamische Kopplung der Umweltmodule an (automatische) Verkehrsmanagementsysteme erforderlich ist. U.u. reicht in einer ersten Stufe bzw. bei überschaubaren Anwendungsfällen auch ein (kostengünstiger) singulärer Betrieb mit daraus abgeleiteten manueller Handlungen (z.B. Betätigen von Klapptafeln) aus, wie der derzeitige Betrieb von ProFet/PROKAS<sup>online</sup> in Halle/Saale und Wittenberg zeigt.

## 6 Danksagung

Die Entwicklung von ProFet wurde maßgeblich vom Umweltministerium Sachsen-Anhalt finanziert.

## 7 Literatur

- [1] 39. BImSchV 2010: Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen - 39. BImSchV). In der Fassung vom 02.08.2010. BGBl. I S. 1065.

- [2] Siehe [http://www.ivu-umwelt.de/front\\_content.php?idcat=5](http://www.ivu-umwelt.de/front_content.php?idcat=5)
- [3] Siehe <http://www.lohmeyer.de/de/content/softwarevertrieb/produktuebersicht>
- [4] Eichhorn, J. (2011): MISKAM Handbuch zu Version 6.1. Giese-Eichhorn Umweltmeteorologische Software. Wackersheim, November 2011.
- [5] Albrecht, W.; Zimmermann, U.; Bayer, T.; Eifert, K. 2012: Maßnahmen zur Luftreinhalteplanung in Sachsen-Anhalt, Vortrag auf dem Statusseminar Luftqualität Sachsen, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden 2012

	<p>Echtzeitmonitoring und Prognose</p>  <p>PROKAS für Gesamtnetz</p>		 <p>Echtzeitmonitoring und Prognose</p> <p>MISKAM für sensible Bereiche</p>
<p>Wirkungsanalysen</p>	<p>Informieren über Schadstoffkonzentrationen/Wirkungsanalysen</p>		
<p>Informieren</p>	<p>Einbeziehung der Umweltinformationen in die Verkehrsmeldungen der Verkehrsmanagementzentralen zur Beeinflussung der Fahrzeugnutzung und der Routenwahl</p> <p>Information sensibler Bevölkerungsgruppen (Kitas, Schulen, Krankenhäuser, Altenheime)</p>		
<p>Steuern</p>	<p>Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit bei gleichzeitiger Verstetigung des Verkehrs über LSA-Koordinierung und Informationstafeln</p> <p>Reduzierung des Zuflusses in die kritischen Straßenabschnitte zur Reduzierung der Belastungsspitzen</p> <p>Durchfahrtsverbot für Nutzfahrzeuge (Wechselwegweiser/ Informationstafeln)</p>		

**Bild 6: Erweiterte Anwendungsmöglichkeiten für Umweltmodule**