

# **Berechnung von verkehrsbedingten Immissionen und Ermittlung ihrer Auswirkung auf Baudenkmalern**

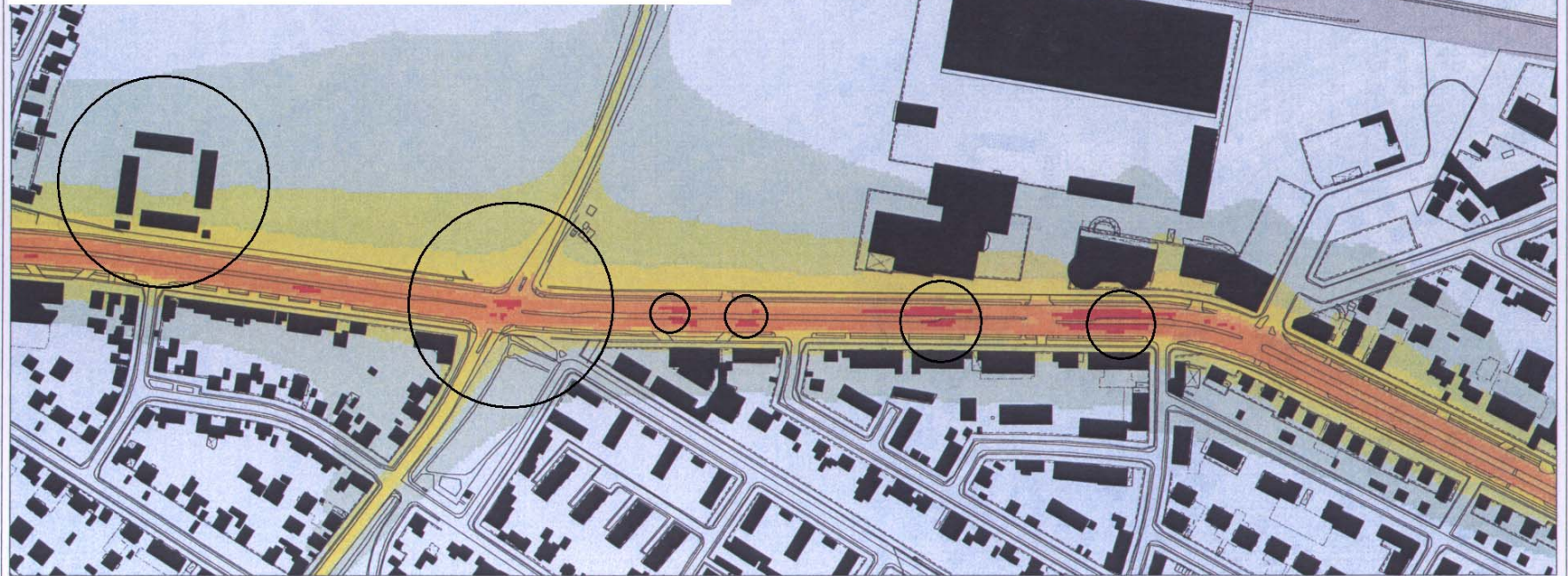
**Forschungsprojekt gefördert von der  
Deutschen Bundesstiftung Umwelt 2009 / 2011**

**Institut für Steinkonservierung e.V. Mainz  
Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege  
Technische Universität Darmstadt  
Universität Mainz  
Ing. Büro Schorling&Partner**

12.04.2011

# Warum das Programm XXXX nicht für diese Aufgabenstellung geeignet ist:

Einfluß der Bebauung ?  
Belastung an Kreuzungen?  
Inhomogene Belastung bei konstanter Emission?



Jahresmittelwerte PM10 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

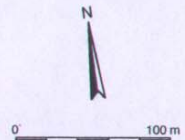
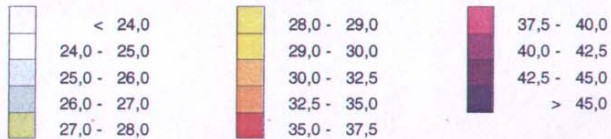


Abbildung A-5: Jahresmittelwert der **PM10**-Konzentration in 1,5 m über Grund. Istzustand 2007

12.04.2011

**Verwendung des Lagrange Ausbreitungsmodells WINKFZ  
zusammen mit einem diagnostischen Windfeldmodell**

**Verifiziert nach VDI 3945**

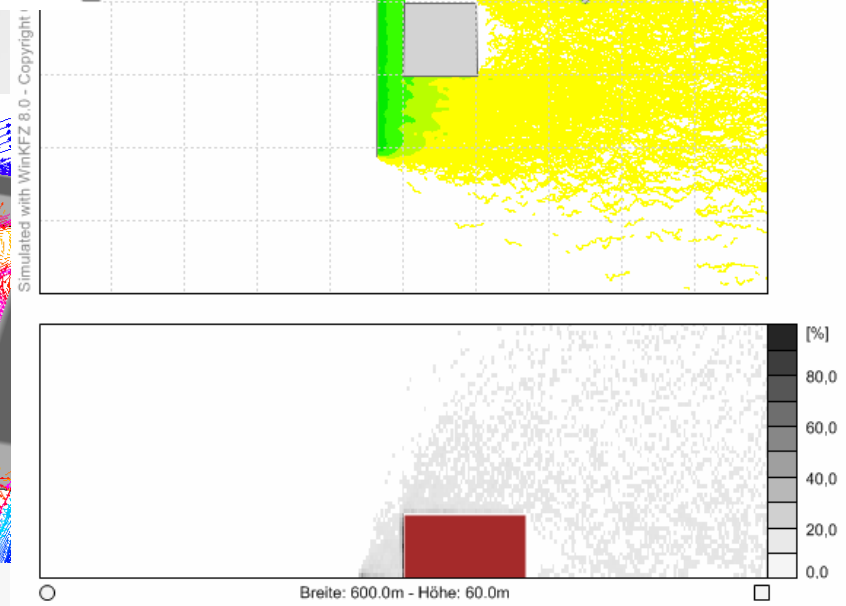
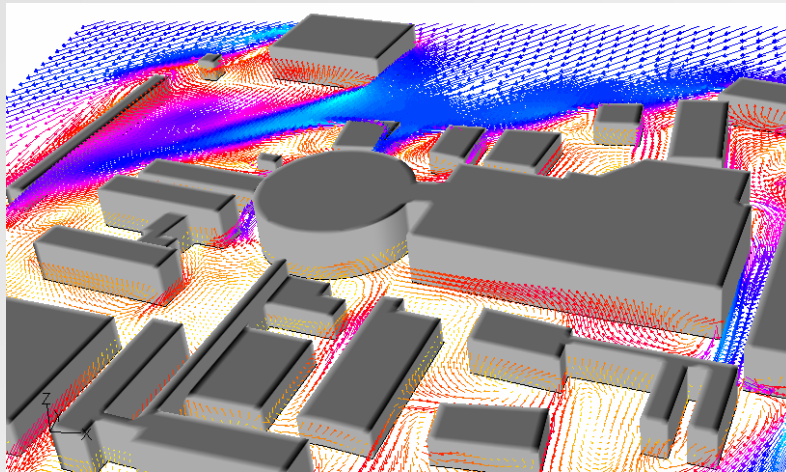
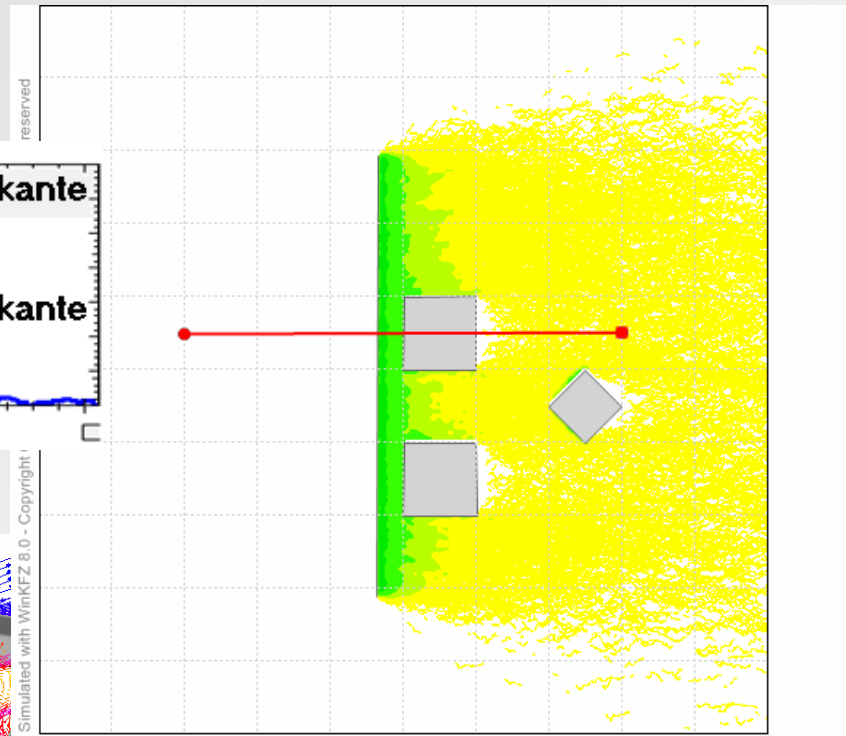
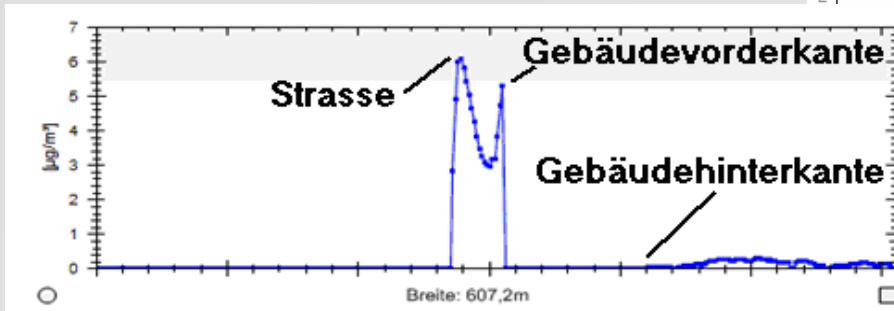
**Validiert anhand von Tracerexperimenten**

Berücksichtigung  
der Bebauung,  
des Geländes,  
des Strassennetzes,  
der Meteorologie,  
des variablen Verkehrs

12.04.2011

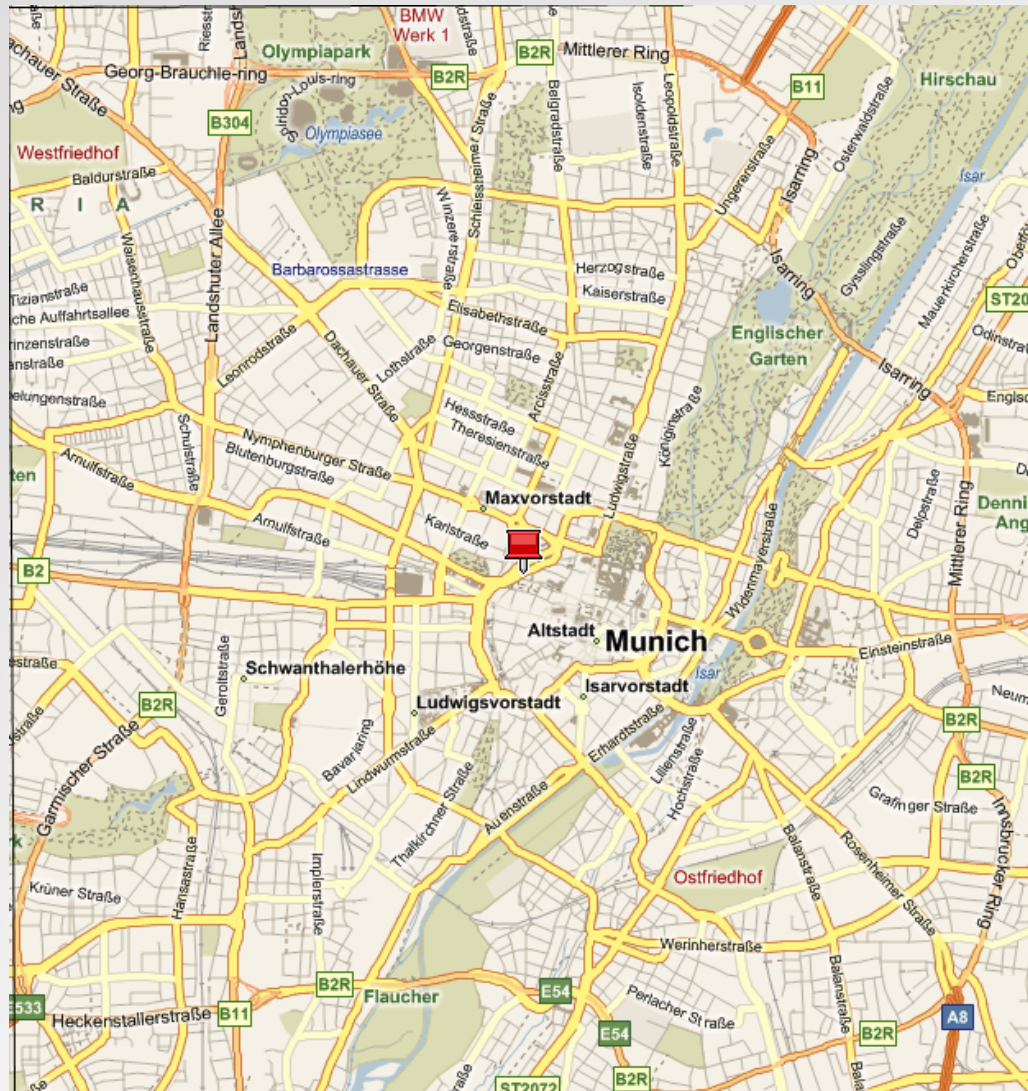
- **Einsatz von GPU - Graphical Processing Unit**  
**30 Prozessoren, 240 Threads mit 1.9 GFlops**
- **Erhöhung der Rechengeschwindigkeit um Faktor 50 und mehr gegenüber einer CPU**
- **Programmiersprache Visual C++ unter CUDA**
- **Berechnung unter Echtzeitbedingungen**

# Vorgehensweise der Berechnung: Beispiel



12.04.2011

# Untersuchungsgebiet München



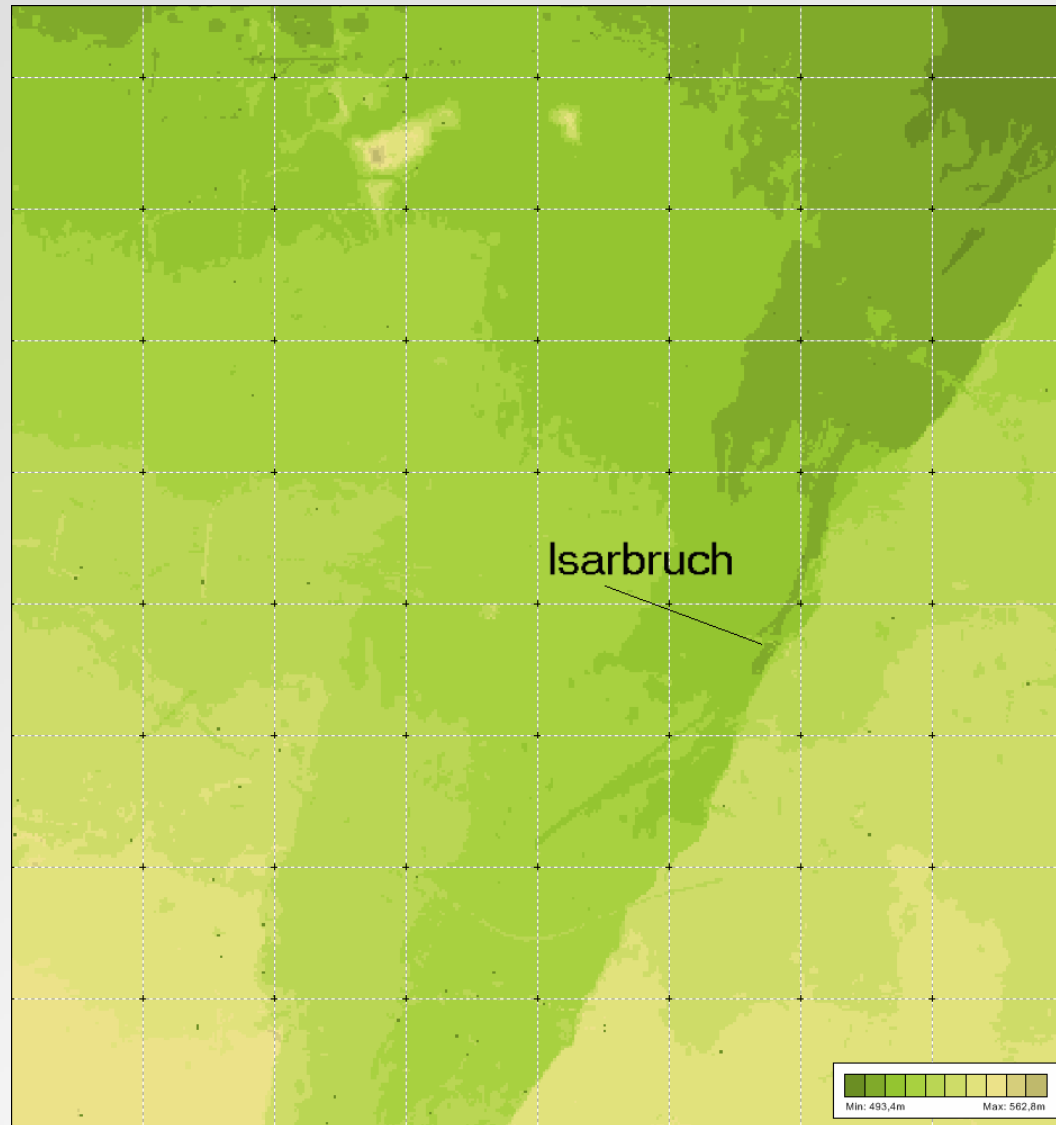
12.04.2011

München: 8\*8.5 km<sup>2</sup>

# Geländemodelle des LVG

1. **Digitales Oberflächenmodell „DSM“ (Digital Surface Model)**
  - Grundlage: kpl. Datensatz „first echo“
  - Stadtreief: Geländeoberfläche, Gebäude, Bäume
2. **Digitales Objektmodell „DOM“ (Digital Object Model)**
  - Grundlage: Datensatz „last echo“, ohne Geländepunkte.
  - Punkte auf Objekt-Oberflächen: Gebäudedächer, Brücken
3. **Digitales Geländemodell „DTM“ (Digital Terrain Model)**
  - Grundlage: Datensatz „last echo“, nur Geländepunkte
  - Geländeoberfläche mit Lücken unter Gebäuden
4. **Digitales Geländemodell „FDTM“ (Filled Digital Terrain Model)**
  - Grundlage: DTM
  - Geländeoberfläche ohne Lücken (Interpolation fehlender Höhenpunkte im 1-m-Raster)
5. **Digitales Geländemodell „TIN10“ (Triangulated Irregular Network)**
  - Grundlage: FDTM
  - Geländeoberfläche aus Dreiecksflächen, Höhendifferenzen zu 1-m-Höhenraster < 10 cm
6. **Digitales Geländemodell „TIN50“ (Triangulated Irregular Network)**
  - Grundlage: FDTM
  - Geländeoberfläche aus Dreiecksflächen, Höhendifferenzen zu 1-m-Höhenraster < 50 cm

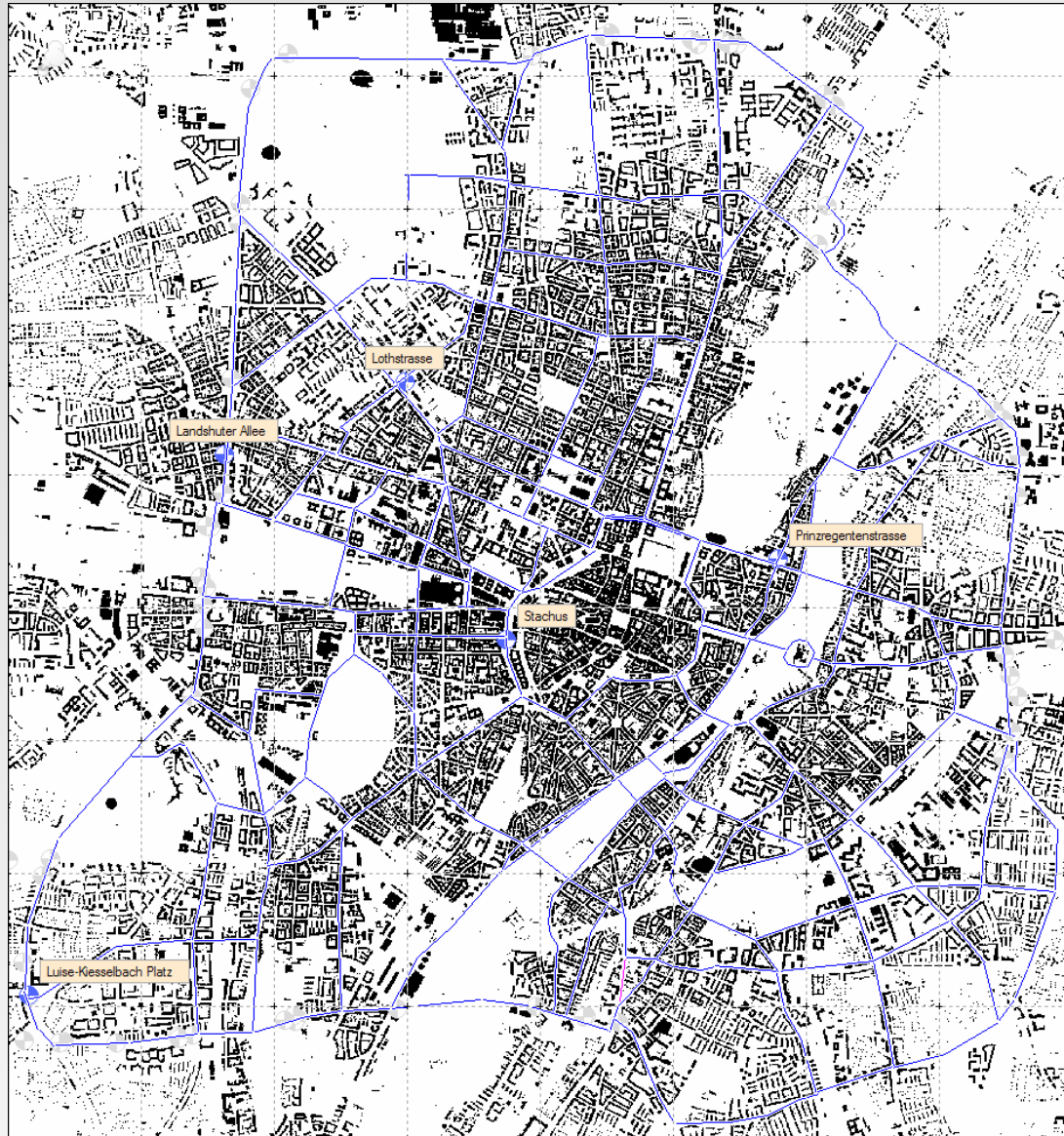
# Geländemodell München



12.04.2011

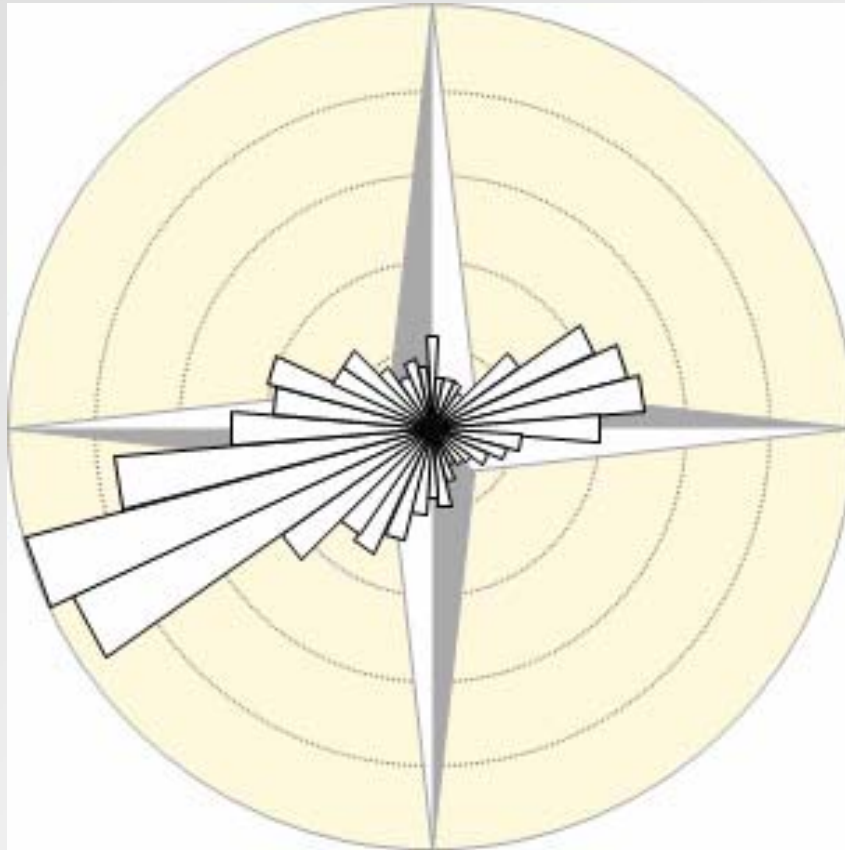


# Bebauungs- und Straßenmodell München



12.04.2011

# Meteorologie München : Windrose



München - AKTERM: 8760 Stundenmittelwerte

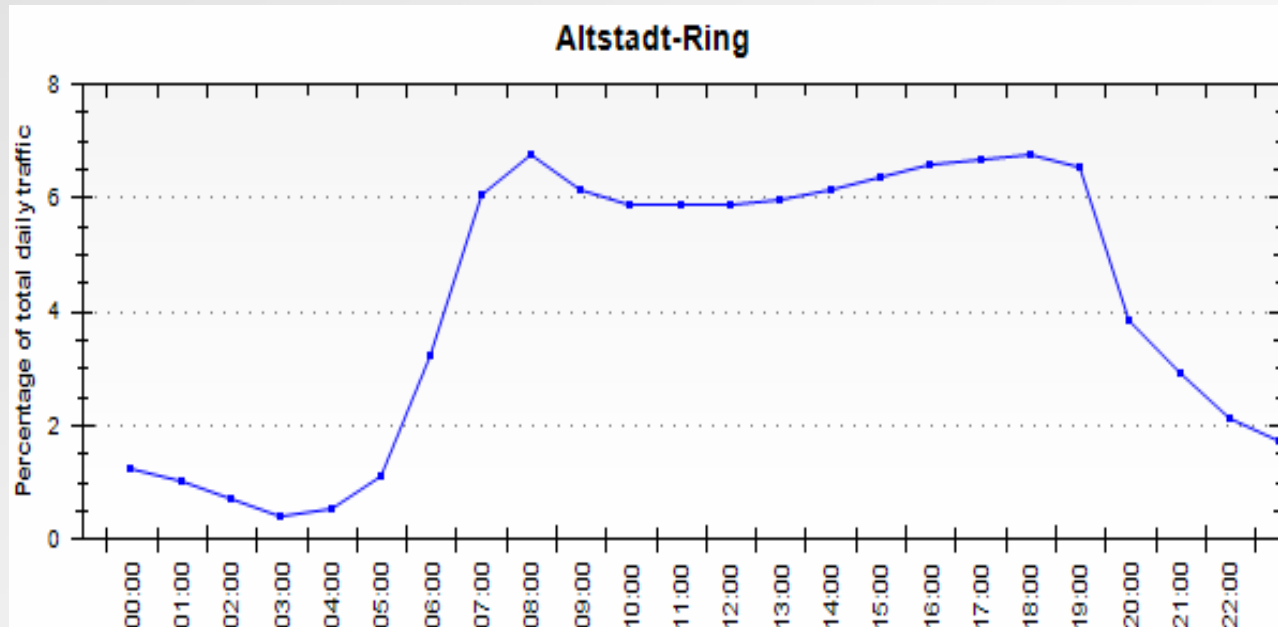
12.04.2011

# Verkehr München

Verkehrsmengenkarte München:

DTV von Kfz und SV für alle Streckenabschnitte

>> Gangkurven zum Verkehr



12.04.2011

## Berechnungsgrundlagen für München

Auflösung	5m
Bebauungsdaten	1 m auf 5m extrapoliert
Geländedaten	20 m auf 5 m interpoliert
Häuserform	Flachdach
Verkehrsdaten	DTV aus Verkehrsmengenkarte 2010
Stundenmittelwert	Tagesgang zum Verkehr
Meteorologie	AKTERM 1999 des DWD
Emissionsdaten	Handbuch für Emissionsfaktoren
Verkehrssituation	Innerörtlich Durchschnitt
Strassennetz	144 km Länge
Tunnels /Strassen	Einrohrig / einspurig
Gebietsgröße	64 km <sup>2</sup>
Hintergrundbelastung	LfU Station Johanneskirchen

12.04.2011

# Fehlerbetrachtung - 1

**Modellierung der Physik** - Windfeld, Turbulenzstruktur

**Modellstruktur** - Auflösung, Rechenzeitschritte, Interpretation der Emissionen

**Meteorologie** - bodennahe Stundenmittelwerte an einem Aufpunkt  
- keine Angaben zur Mischungsschichthöhe

**Verkehr** - DTV im jährlichen Mittel, keine individuellen Gangkurven

**Bebauungs- und Strassenmodell** - Auflösung, Modellierung

**Hintergrundbelastung** - Jahresmittelwert an einer LfU-Station

### Immissionsbelastung PM10:

- Die Nicht-Auspuff Emissionen sind um den Faktor von bis 5 größer als die Auspuffemissionen
- Resuspension wird durch Niederschlag beeinträchtigt
- Niederschlag gibt es mindestens zu ca. 20% der Jahresstunden
- Es wurde nur eine Meßstation zum Niederschlag verwertet
- Die Hintergrundbelastung ist zumeist größer als die Zusatzbelastung

### Einfluß des Schwerverkehrs:

Beträgt der Schwerverkehr 5% des DTV, so ist die durch den Schwerverkehr bedingte Emissionsbelastung von der Größe von ca. 50%

Erforderliche Unterscheidung von Linienbussen, Reisebussen und Lkw's sowie deren spezifischen Emissionen und Emissionshöhe

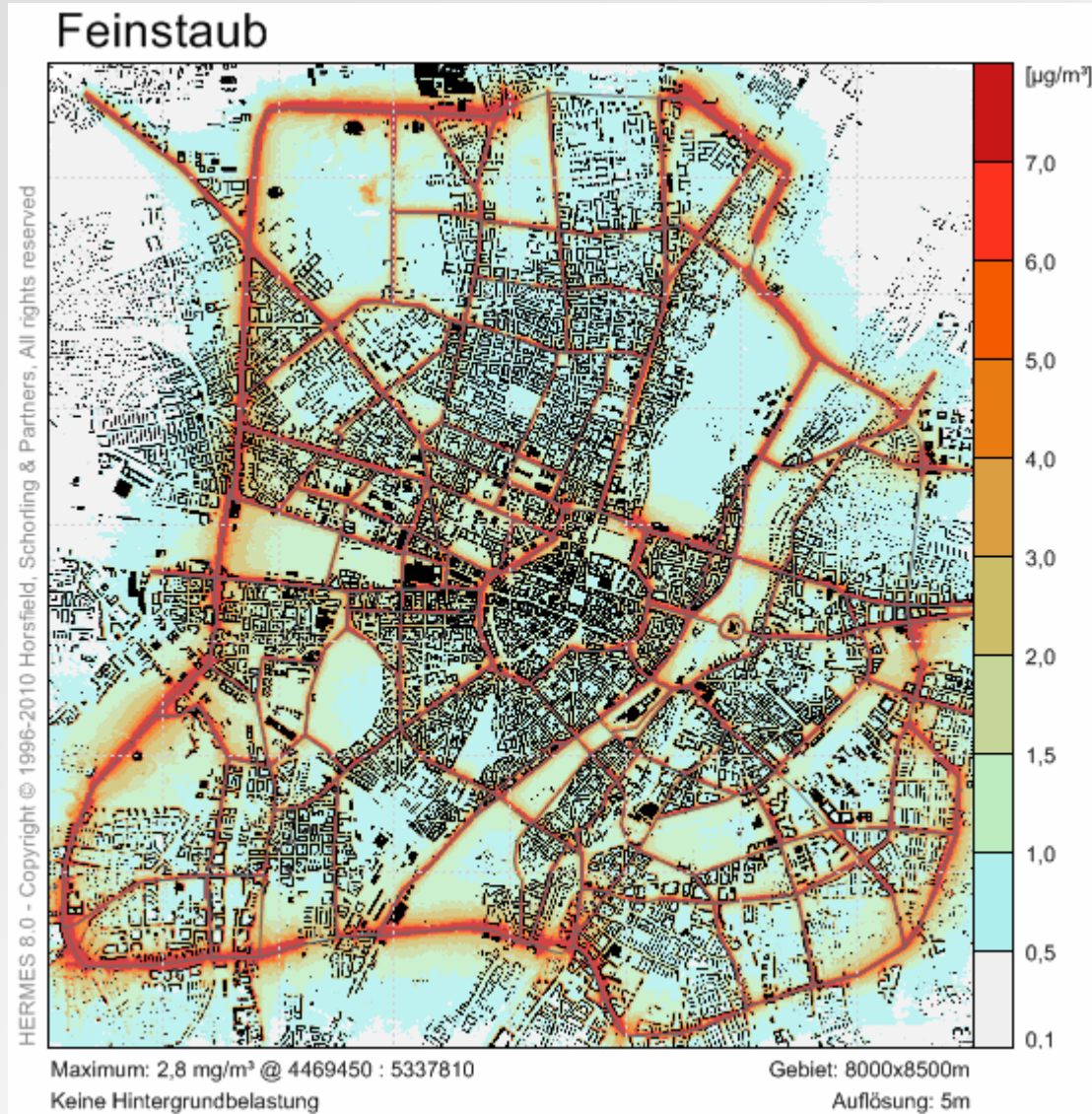
## Überschreitungshäufigkeit Landshuter Allee

<b>Jahr</b>	<b>Überschreitungshäufigkeit des TMW von PM10</b>	<b>Jahresmittelwert von PM10 [µg/m<sup>3</sup>]</b>
<b>2005</b>	<b>107</b>	<b>45</b>
<b>2009</b>	<b>52</b>	<b>37</b>

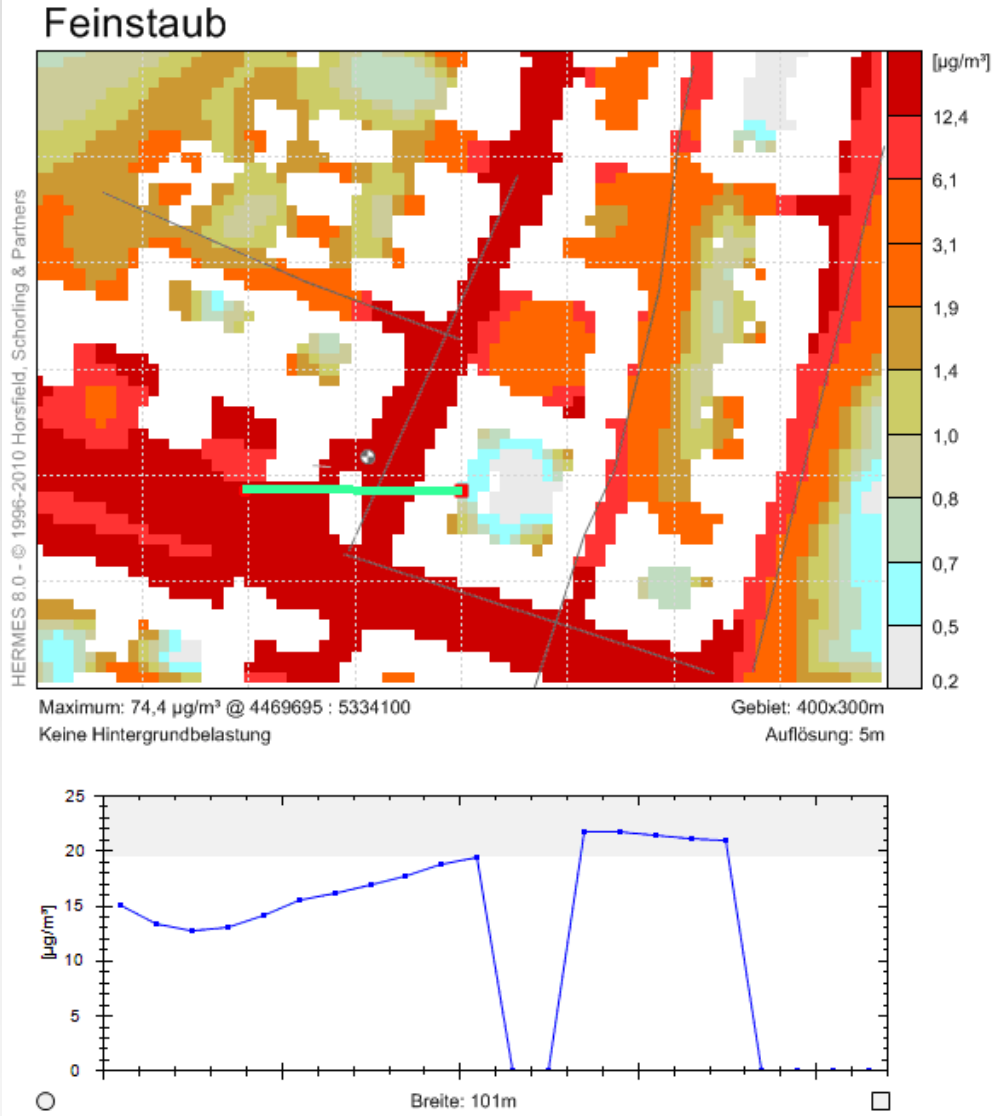


Welche Genauigkeit der Berechnungsergebnisse dürfen wir bei nicht korrelierten Eingabedaten und den möglichen Fehlerquellen erwarten?

# Ergebnisse München

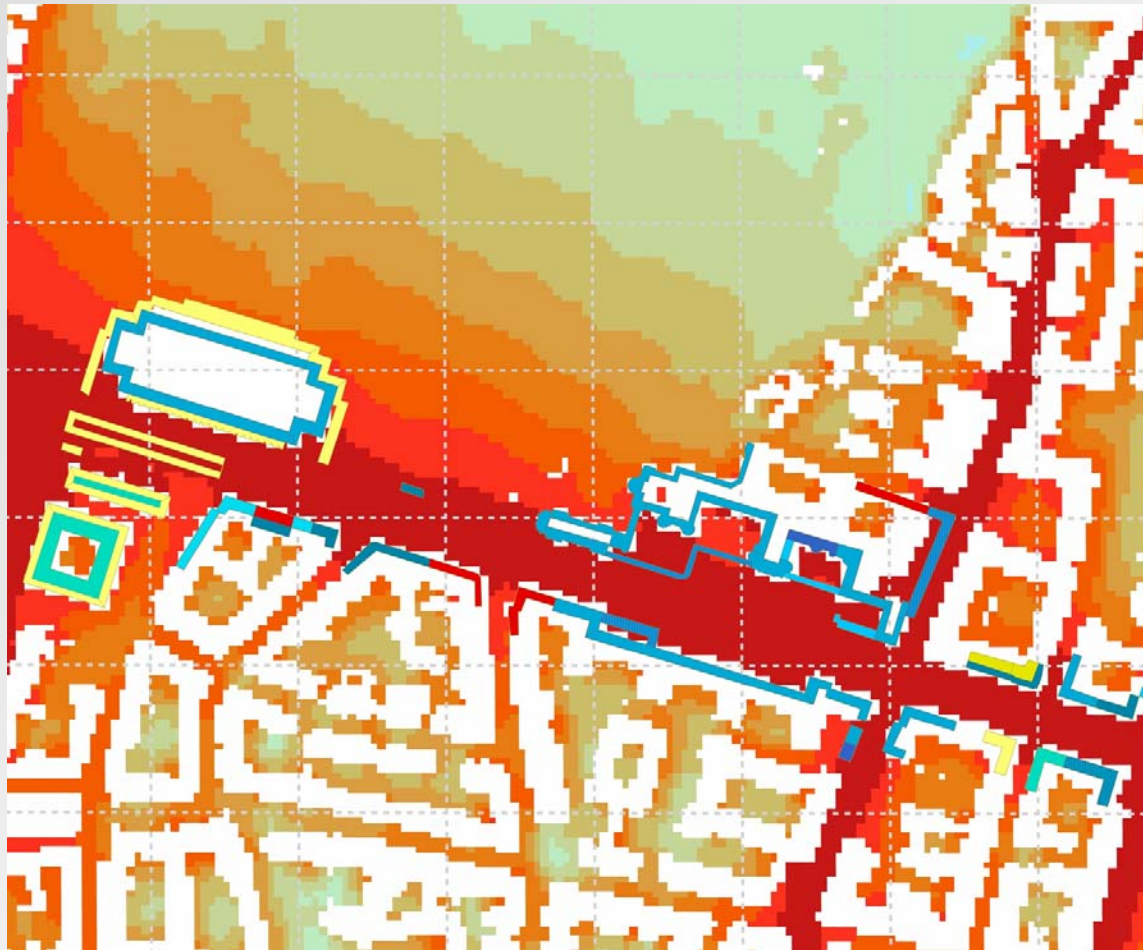


# Ergebnisse München



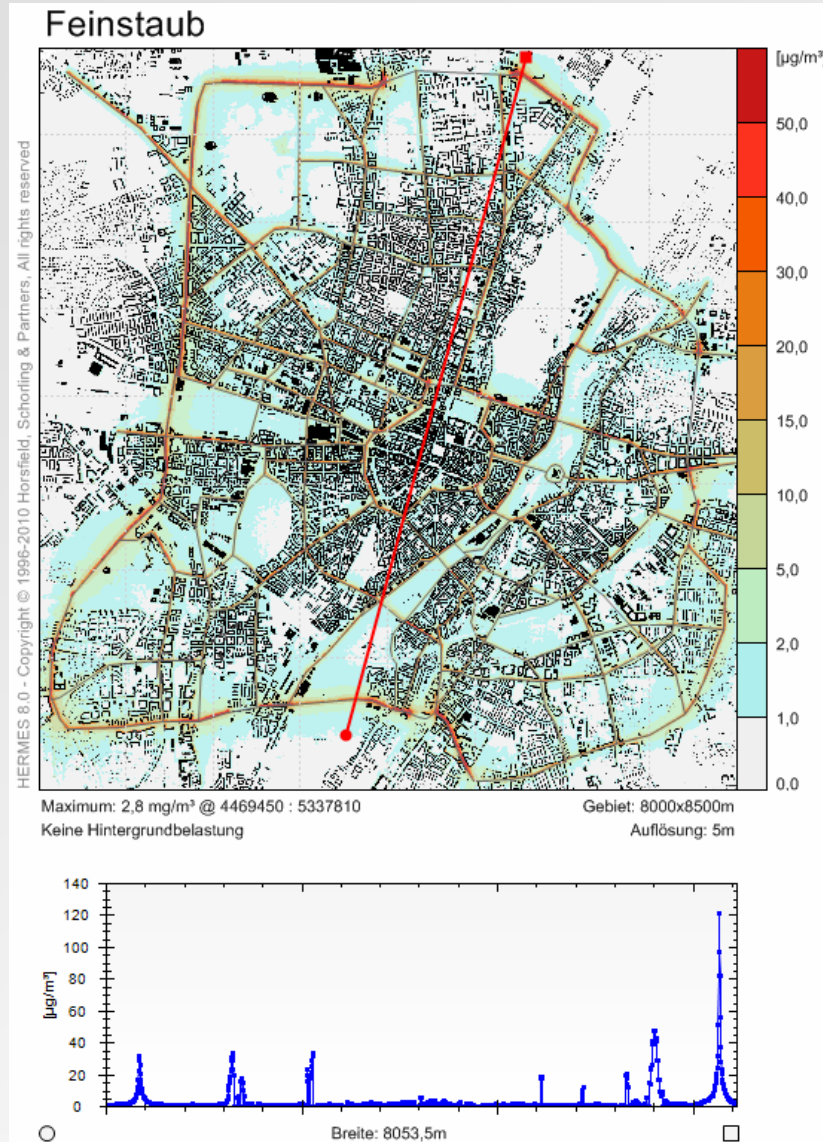
# Ergebnisse München

## Immissionsbelastung der Denkmalsstruktur überlagert



Prinzregentenstrasse – Jahresmittelwert PM10

# Ergebnisse München - Schnitt quer durch die Stadt



# Vergleich Rechnung – Messung München

PM10	Messwert des LfU Mit Hintergrundbelastung 1999, 2006- 2009		Rechenwert Ohne Hintergrundbelastung
	Min [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Max [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Lothstrasse	22	34	9
<u>Prinzregentenstr</u>	25	33	19
Landshuter Allee	36	44	39
Luise-Kiesselbach-Platz	26	44	38
Johanneskirchen	20	27	

**Tabelle 3: Vergleich der Mess- und Rechenergebnisse von PM10  
– Jahresmittelwerte [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]**



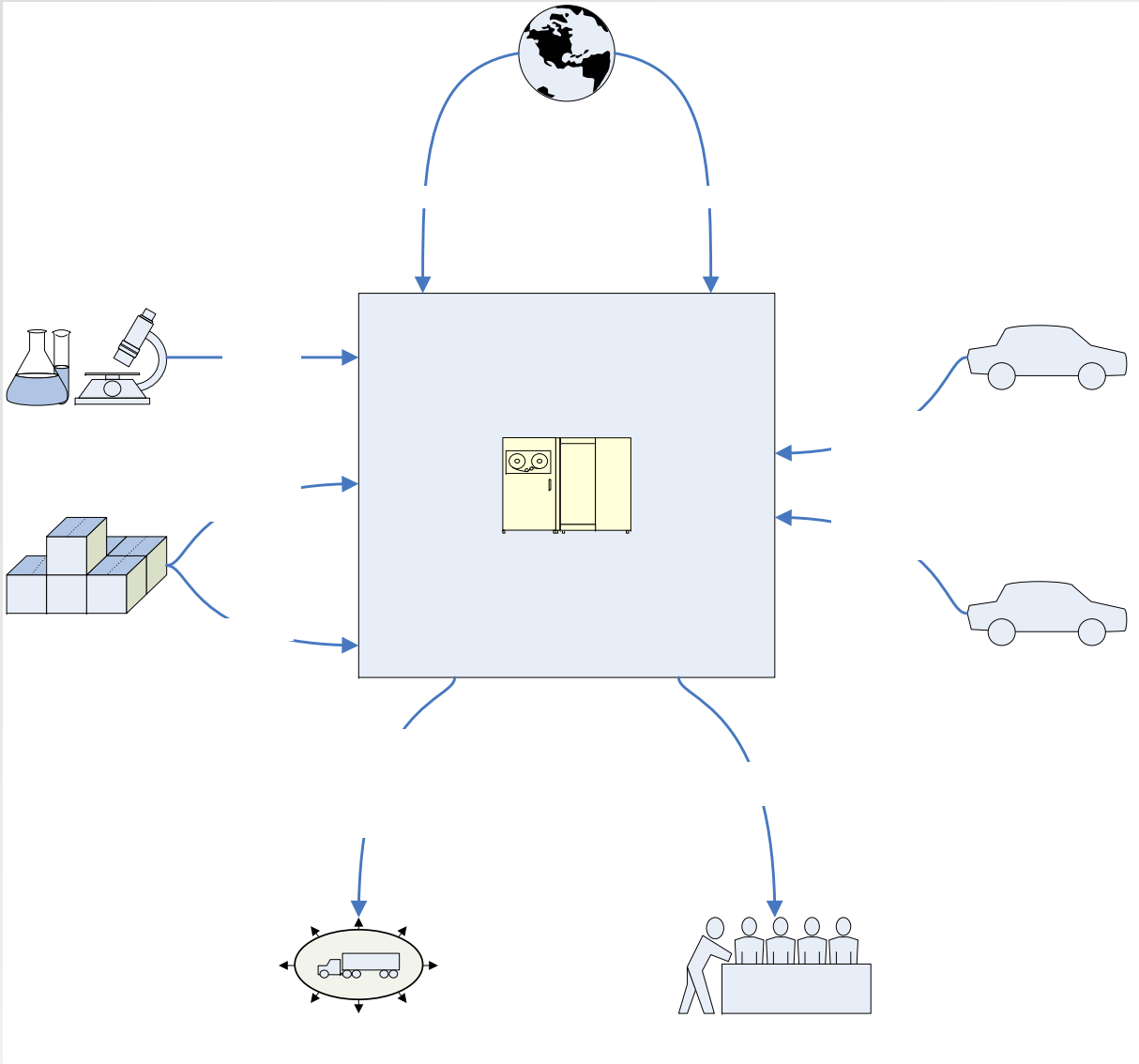
NO <sub>2</sub>	Messwert des LfU Mit Hintergrundbelastung 1999, 2006- 2009		Rechenwert Ohne Hintergrundbelastung	
	Min [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Max [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	VDI 3782 Blatt 5	Chem. Modell
Lothstrasse	35	45	21	23
<u>Prinzregentenstr</u>	68	77	30	33
Landshuter Allee	85	98	55	59
Luise-Kiesselbach-Platz	57	74	41	44
Johanneskirchen	27	33		

**Tabelle 4: Vergleich der Mess- und Rechenergebnisse von NO<sub>2</sub>  
– Jahresmittelwerte [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]**

# Zusammenfassung

- Die Berechnungsergebnisse liegen – soweit keine Überschätzungen – vorliegen, in dem Intervall, das durch die Minima und Maxima der Messwerte definiert ist.
- Auf der Basis genauerer Eingabedaten zum Schwerverkehr und korrelierter Daten zum Verkehr und Meteorologie lässt sich die Rechengenauigkeit wesentlich erhöhen.
- Die Berechnungen lassen sich selbst für eine Großstadt unter Echtzeitbedingungen durchführen. So betrug die Rechenzeit für einen Stundenmittelwert für die Stadt München im Durchschnitt deutlich weniger als 10 Minuten. Hier ließen sich jedoch noch weitere Einsparungen erzielen.
- Auch unter Verwendung von unscharfen Eingabedaten lassen sich vergleichende Untersuchungen im Hinblick auf verkehrslenkende Maßnahmen erfolgreich durchführen.

# Verkehrslenkende Maßnahmen





# Verkehrslenkende Maßnahmen

