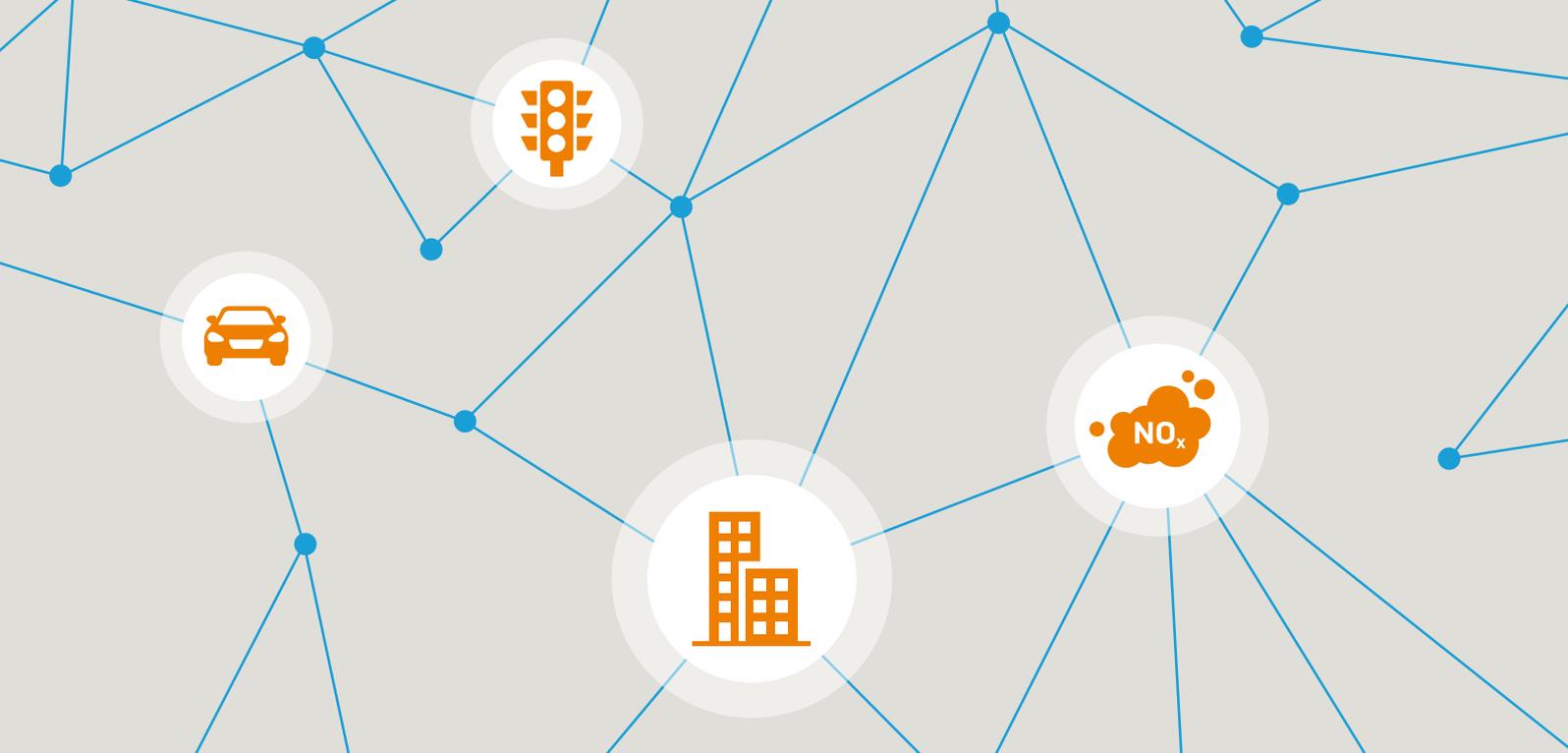


# d-fine

—  
analytisch.  
technologisch.  
quantitativ.

## — Optimierte Verkehrsfluss- modellierung in Ballungsgebieten

Eine simulationsbasierte Studie zur Messung  
und Eindämmung der verkehrsbedingten  
Emissionskonzentration am Beispiel Frankfurt



## In Ballungsgebieten trägt der Straßenverkehr erheblich zur Belastung der Luft bei<sup>1</sup>

An stark frequentierten Straßen werden regelmäßig hohe Emissionswerte festgestellt. Ziel dieser Studie ist es, deren Ausbreitung in die urbane Umgebung zu verstehen und zu visualisieren.

Ausgelastete Verkehrswege bereiten den Autofahrern nicht nur vermeidbaren Stress, sondern belasten auch die Umwelt. Die Einhaltung der von der EU festgelegten  $\text{NO}_2$ -Grenzwerte stellt die Städte vor große Herausforderungen. Das klassische Verkehrsmanagement konzentriert sich primär auf die Verbesserung des Verkehrsflusses, wodurch auch die Emissionen gesenkt werden können. Allerdings geschieht das oft nicht in optimaler Art und Weise, denn die Ausbreitung der Emissionen hängt zusätzlich von den Wetterbedingungen und der Bebauung ab. Dadurch entstehen punktuell immer wieder zu hohe Konzentrationen. Simulationen können helfen, dieses Phänomen überall in seinen lokalen Eigenschaften zu verstehen. Nur so können Erkenntnisse für eine Maximierung des Verkehrsflusses gewonnen werden bei gleichzeitiger Vermeidung von Emissions-Hotspots.

### Entwicklung des Emissionsschutzes in Deutschland

- 1974 tritt in Deutschland das Bundes-Immissionsschutzgesetz in Kraft, um der Entstehung neuer schädlicher Umwelteinwirkungen vorzubeugen.
- 2008 erlässt die EU eine länderübergreifende Regelung mit einheitlichen Vorgaben, deren Einhaltung jederzeit von der Öffentlichkeit überprüft werden kann<sup>2</sup>.
- 2018 ordnet die Stadt Hamburg die bundesweit ersten Dieselfahrverbote an. Andere Städte ziehen in den folgenden Jahren nach.

<sup>1</sup> siehe zum Beispiel für Stickoxide beim Umweltbundesamt, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/stickstoffdioxid-belastung#belastung-durch-stickstoffdioxid>, Stand: 25.01.2021

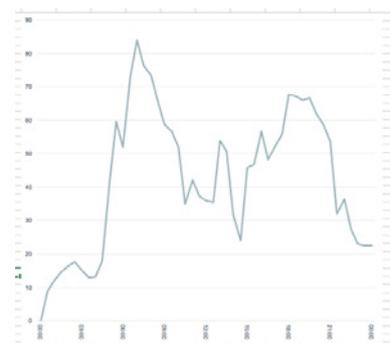
<sup>2</sup>Richtlinie 2008/50/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008

<sup>3</sup>Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

### Emissionssimulation

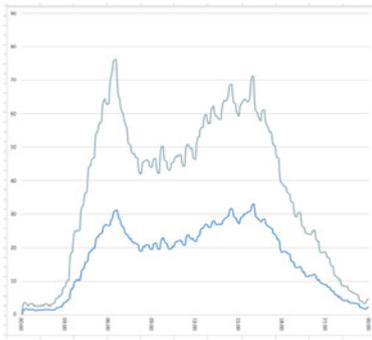
### Pareto-Optimierung

### Hotspot-Analyse



Durch das HLNUG<sup>3</sup> erhobene Daten der  $\text{NO}_2$ -Konzentration in  $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$  im Tagesverlauf in Frankfurt an der Friedberger Landstraße.

## Neue Modellierungsverfahren im Verkehrsmanagement ermöglichen die Verringerung der Schadstoffbelastung



Simulation der  $\text{NO}_2$ -Konzentration in  $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$  bei Westwind direkt an der Friedberger Landstraße (grau) und im Windschatten eines angrenzenden Gebäudes (blau).

Straßenverkehr wird in Städten vom Straßenverkehrsamt gemanagt, welches u.a. Ampeln zur Maximierung des Verkehrsflusses unter Berücksichtigung der üblichen verkehrlichen Nebenbedingungen schaltet. Dabei spielt die Schadstoffbelastung meist eine untergeordnete Rolle.

Durch die Kopplung eines Verkehrsmodells mit einem speziell angepassten Strömungsmodell lässt sich das Phänomen der räumlichen und zeitlichen Schadstoffausbreitung simulieren. So gelingt eine hochaufgelöste, orts-spezifische Analyse von Schadstoffkonzentration und die Identifikation von typischen Hotspots. Hierzu dienen Geodaten, Wetterdaten und Daten, die die Anzahl und Geschwindigkeit der Fahrzeuge messen (Induktionsschleifen, Mobilfunkdaten), als Eingangsgrößen. Für das umweltsensitive Verkehrsmanagement wird aufbauend auf die Simulation eine Optimierung durchgeführt. Ein genetischer Algorithmus steuert die Ampelschaltungen so, dass sich im Zusammenspiel zwischen Verkehrsfluss und Schadstoffkonzentration aus der ermittelten Pareto-Front optimale Lösungen finden lassen. Anhand der Ergebnisse lässt sich die Schadstoffkonzentration analysieren, ohne dass dafür eine aufwändige Installation von zusätzlichen Messgeräten notwendig wird. Dies hilft bei der Identifikation von Hotspots, an denen unter bestimmten Wetterverhältnissen eine kritische Emissionskonzentration stattfindet.

### Zahlen und Fakten aus der Simulation am Beispiel von Frankfurt

**~10.000**

Anzahl der Fahrzeuge, die pro Tag die Friedberger Landstraße in Richtung Süden passieren

**40 %**

örtlicher Unterschied in der  $\text{NO}_2$ -Konzentration

**12 %**

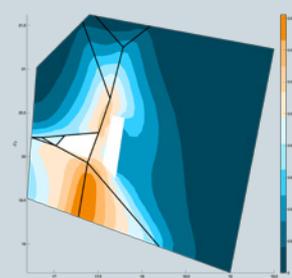
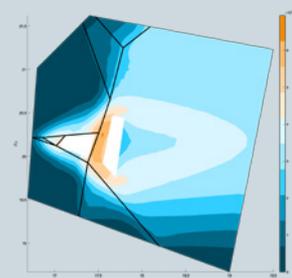
mögliche  $\text{NO}_2$ -Einsparung durch umweltsensitives Verkehrsmanagement

**<1 %**

Verringerung des Verkehrsflusses bei optimaler  $\text{NO}_2$ -Einsparung

Am Beispiel von Frankfurt wurde der Pendlerverkehr untersucht. Die Simulation, Optimierung und Visualisierung erfolgt mit der Software MATLAB.

Der ausgewählte Simulationsbereich berücksichtigt einen Streckenabschnitt mit zwei ausgelasteten Verkehrsknotenpunkten und die örtliche Bebauung. Die Abhängigkeit der  $\text{NO}_2$ -Ausbreitung von der Windrichtung ist in beiden Grafiken deutlich zu erkennen. Westwind führt zur Ansammlung von  $\text{NO}_2$  zwischen den in Weiß dargestellten Gebäuden, bei Nordwind treten die Konzentrations-Hotspots weiter südlich auf. Die nachgelagerte Optimierung der Ampelschaltungen schließt alle gängigen Wetterbedingungen ein, gewichtet mit der Häufigkeit ihres Auftretens. So kann jeweils die beste Lösung für den Straßenverkehr unter Umweltgesichtspunkten gefunden werden.





[www.d-fine.com](http://www.d-fine.com)

Ihre Ansprechpartner:

**Sebastian Tiemann**, Consultant, München  
[sebastian.tiemann@d-fine.de](mailto:sebastian.tiemann@d-fine.de)

**Frank Schmidt**, Senior Consultant, Frankfurt  
[frank.schmidt@d-fine.de](mailto:frank.schmidt@d-fine.de)

**Christoph Belafi**, Partner, Düsseldorf  
[christoph.belafi@d-fine.de](mailto:christoph.belafi@d-fine.de)

**d-fine** Berlin, Düsseldorf, Frankfurt, London, München, Wien, Zürich

[www.d-fine.com](http://www.d-fine.com)