

03.25

Lizenziert für Herrn Timo Houben.
Die Inhalte sind urheberrechtlich geschützt.

30. Jahrgang | September 2025
www.IMMISSIONSSCHUTZdigital.de

Immissionsschutz

■ Luftqualität in Deutschland im Kontext der neuen europäischen Luftqualitätsrichtlinie

Ute Dauert, Susan Kessinger

■ Validierung von Sensorsystemen für Spurengase und Partikel an verschiedenen Messorten im Wuppertaler Stadtgebiet

Ralf Kurtenbach, Jazmin Elizonda, Rodrigo Gibilisco, Niklas Illmann, Rolf Peter Kalmbach, Jörg Kleffmann, Anja Miethke, Peter Wiesen

■ Monitoring der Luftqualität für ein umweltsensitives Verkehrsmanagement in der Pilotregion Leipzig: Einblicke aus dem Forschungsprojekt AIAMO

Timo Houben, Elmar Brockfeld, Ema Vosgerau, Jan Bumberger, Thomas Trabert

■ Nutzung kalibrierter elektrochemischer Zellen und optischer Partikelmessung zur Optimierung von umweltsensitiven Verkehrssteuerungssystemen in Echtzeit

Matthias Vogt, Jens Dickau, Michael Düsterwald

■ Auswirkungen baulicher Maßnahmen auf die Luftqualität an Straßen – eine Fallstudie aus Ludwigsburg

Marc Golder, Miriam Chacón Mateos, Tobias Weiland, Ulrich Vogt, Katja Mannschreck

■ Emissions- und Immissionsmodellierungen für den Schienenverkehr

Ingo Düring, Wolfram Schmidt, Ulrich Vogt, Daniel Ricardo Obando Nunez, Sabrina Michael

TIMO HOUBEN, ELMAR BROCKFELD, EMA VOSGERAU, JAN BUMBERGER, THOMAS TRABERT

Monitoring der Luftqualität für ein umweltsensitives Verkehrsmanagement in der Pilotregion Leipzig: Einblicke aus dem Forschungsprojekt AIAMO



Timo Houben
ist am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung in Leipzig als Data Scientist und Umweltexperte im Projekt AIAMO tätig.

Im vom BMDV geförderten Forschungsprojekt AIAMO wird eine KI-gestützte, datensouveräne Mobilitätssteuerung zur Reduktion verkehrsbedingter Emissionen entwickelt. Seit 2023 arbeiten 13 Partner aus Forschung und Wirtschaft an digitalen Zwillingen für Verkehr und Umwelt. In der Pilotregion Leipzig erfasst ein vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung geplantes Messnetz mit bis zu 50 Sensoren die urbane Luftqualität. Erste Auswertungen zeigen deutliche Stickstoffdioxid- und Feinstaubspitzen während Stoßzeiten und Veranstaltungen – und damit mögliche Hebel zur Emissionsminderung.

1. AIAMO – Artificial Intelligence and Mobility

Das vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) mit 16,7 Mio. € geförderte Forschungsprojekt AIAMO (Artificial Intelligence and Mobility) entwickelt sektorenübergreifende, KI-basierte Lösungen für eine datensouveräne Mobilitätssteuerung in Städten. Seit Juli 2023 arbeiten 13 Partner an umweltsensitiven, multimodalen Ansätzen zur Reduktion von Emissionen des Straßenverkehrs und Verbesserung der Luftqualität – mit positiven Effekten auf Gesundheit und Lebensqualität. Durch eine effiziente Verkehrsprognose und -steuerung soll zudem ein Beitrag zum globalen Klimaschutz und Einhaltung der Klimaschutzziele (UNFCCC, 2015) geleistet werden.

Ein besonderes Augenmerk liegt auf der Vernetzung von Mobilitätsdiensten, insbesondere für KMU, Kommunen und kleinere Städte, sowie auf der Entwicklung integrierter Konzepte mit niedrigen Einstiegshürden. Für die Pilotregion Leipzig wird der Aufbau eines hochskalierbaren Umweltmessnetzes und der entsprechenden Datenanalyse für einen digitalen Zwilling vorangetrieben. Dies unterstützt die Kommune dabei, fundierte Maßnahmen zur Verbesserung von Luftqualität und Verkehr zu ergreifen und mittelfristig die Grenzwerte des ab dem Jahr 2030 geltenden Luftqualitätsstandards der europäischen Kommission (EU-Kommission, 2024) einzuhalten.

2. Pilotregion Leipzig

Die übergeordneten Ziele der Leipzig-Strategie 2035 und des Integrierten Stadtentwicklungskonzepts (INSEK) werden im Projekt AIAMO unmittelbar adressiert: Nachhaltiges Wachstum, Klimaneutralität bis 2040, umweltfreundliche Mobilität, Schutz von Grünflächen und eine digitale Verwaltung. Im Zentrum steht eine ausgewogene ökologische, so-

ziale und wirtschaftliche Entwicklung, die die Lebensqualität aller Bürgerinnen und Bürger verbessert (City of Leipzig, 2024). Als eine der Pilotregionen bildet Leipzig einen zentralen Baustein im Forschungsprojekt AIAMO, dessen Erkenntnisse und Erfolge als Vorbild für andere Städte dienen sollen.

Im ersten Schritt entstand in enger Abstimmung mit verschiedenen Ämtern der Stadt Leipzig ein Entwurf zur Platzierung der Messstationen. Die Auswahl der Standorte orientierte sich an lufthygienisch relevanten Hot Spots, die aktuell oder perspektivisch Grenzwertüberschreitungen der Luftqualität (insbesondere Feinstaub und Stickstoffdioxid) aufweisen könnten. Dabei wurden sowohl verkehrsnaher Bereiche mit hoher Verkehrsbelastung als auch städtische Hintergrundgebiete wie beispielsweise Parks berücksichtigt. Die Standortwahl erfolgte iterativ mit allen relevanten Stakeholdern und unter Berücksichtigung von Infrastruktur, Stromversorgung und Vorgaben der 39. BImSchV (BImSchV, 2010). Zur Referenz dienen die amtlichen Stationen des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG, 2025).

Die derzeitige Umsetzung umfasst 20 Umweltmessstationen des Konsortialpartners Bosch (IMB, Immission Monitoring Box), die bereits an Laternen und Parkleitschildern installiert wurden (siehe Abbildung 1). Neben den geplanten 25 Stationen der Firma Bosch werden weitere Standorte mit Geräten der Firma T-Systems ausgestattet. Im Vergleich zum punktuellen amtlichen Netz bietet das flächendeckende Netz des Projektes eine deutlich höhere räumliche Abdeckung und eröffnet neue Möglichkeiten zur Analyse und Modellierung von Umwelt- und Verkehrsdaten im urbanen Raum.

In Abbildung 1 ist der eingesetzte Luftqualitätssensor dargestellt. Neben Feinstaub ($PM_{2,5}$ und PM_{10}) und Stickstoffdioxid (NO_2) werden durch den Sensor ebenfalls Ozon (O_3) und Kohlenmonoxid (CO) gemessen.

Durch die proaktive und konstruktive Zusammenarbeit mit den verschiedenen Ämtern der Stadt Leipzig sowie dem LfULG konnte die Anbringung an bestehender Infrastruktur ermöglicht werden. Abbildung 1 zeigt die exemplarische Anbringung der Sensoren an Stadtlaternen sowie Parkleitschildern. Einerseits konnte damit die entsprechende Mindesthöhe von 2,50 m realisiert als auch die notwendige Stromversorgung sichergestellt werden. In den kommenden Monaten wird die Installation weiterer Sensoren kontinuierlich fortgesetzt, um eine vollständige Integration aller Sensorstationen bis Ende 2025 zu realisieren.



Elmar Brockfeld
ist am Institut für Verkehrssystemtechnik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e. V. als Wissenschaftler tätig. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der Softwareentwicklung, Datenanalyse und Verkehrsinformationsdiensten.



Abb. 1: IMB (Immission Monitoring Box) Luftqualitätssensor der Firma Bosch und Installationen an Parkleitsystemen und Stadtlaternen

3. Umwelt- und Verkehrsdaten

3.1 Messungen der Luftqualität

Zur Analyse der Langzeitmittelwerte wurden die minütlichen Messungen der bereits installierten Sensoren über einen Zeitraum vom 26.06. – 10.09.24 gemittelt und anschließend auf einer Karte visualisiert. Das gesamte Messnetz der geplanten und bereits installierten Sensoren mit exemplarischen Auswertungen der Feinstaubmessungen ($PM_{2.5}$ $\mu g/m^3$) ist in Abbildung 2 dargestellt. Geringere Werte mit 2 bis 6 $\mu g/m^3$ sind im äußeren Stadtbereich an den Messstellen der Hintergrundkonzentration zu finden (z.B. UFZ-Hintergrund) wohingegen höhere Konzentrationen mit 5–8 $\mu g/m^3$ im Stadtzentrum und an den Verkehrsknotenpunkten zu finden sind (u.a. Jahnallee, Eutritzscher Str., Hauptbahnhof).

3.2 Plausibilitätsprüfung und Qualitätskontrolle der Umweltdaten

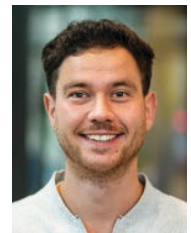
Im Rahmen des Projektes AIAMO wurden zwei der Bosch IMB Sensoren an amtlichen Standorten der urbanen Luftgütemessungen des LfULG installiert. Dadurch können die Messwerte der NO_2 - und PM -Messungen der IMB Sensoren mit den Messwerten der deutlich komplexeren amtlichen Messapparaturen verglichen werden. Somit ist eine erste Plausibilitätsprüfung der Daten möglich. Der Abgleich der Daten geschieht über Stundenmittelwerte, wobei die Messungen aus dem November eine gute Übereinstimmung zeigen (Abbildung 3). Quantitative Analysen finden im Detail durch Korrelationsanalysen und Regressionsgeraden statt (hier nicht dargestellt).

Die Analyse der NO_2 -Mittelwerte über einen Zeitraum von knapp drei Wochen zeigt, dass der aktuell geltende Grenz-



Ema Vosgerau
unterstützt im Projekt AIAMO die wissenschaftliche Analyse der Umweltdaten und entwickelt KI-Methoden zur Datenaufbereitung.

Jan Bumberger
ist Leiter der Einheit Forschungsdatenmanagement (RDM) am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung und der Arbeitsgruppe „Environmental Sensor and Information Systems“.



Thomas Trabert
ist als Projektleiter im AIAMO-Projekt am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung für die Pilotregion Leipzig und den Aufbau des Umweltmessnetzes zuständig.

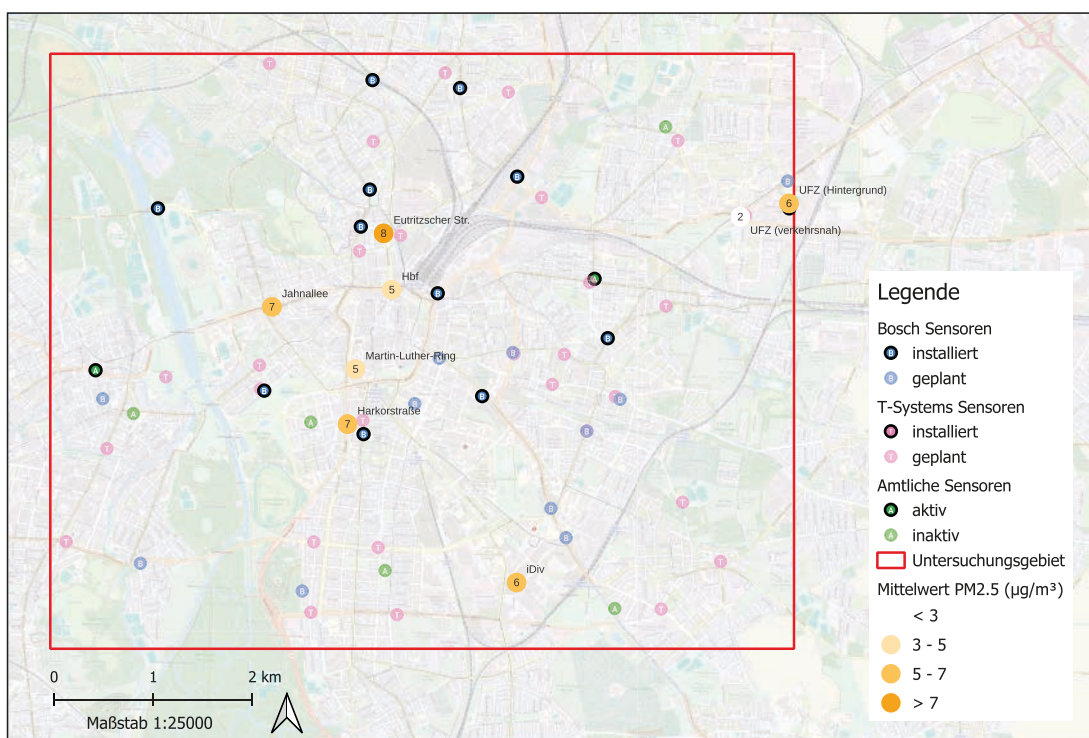


Abb. 2: Mittlere $PM_{2.5}$ [$\mu g/m^3$] Messungen der installierten IMB Sensoren im Zeitraum 26.06.–10.09.24

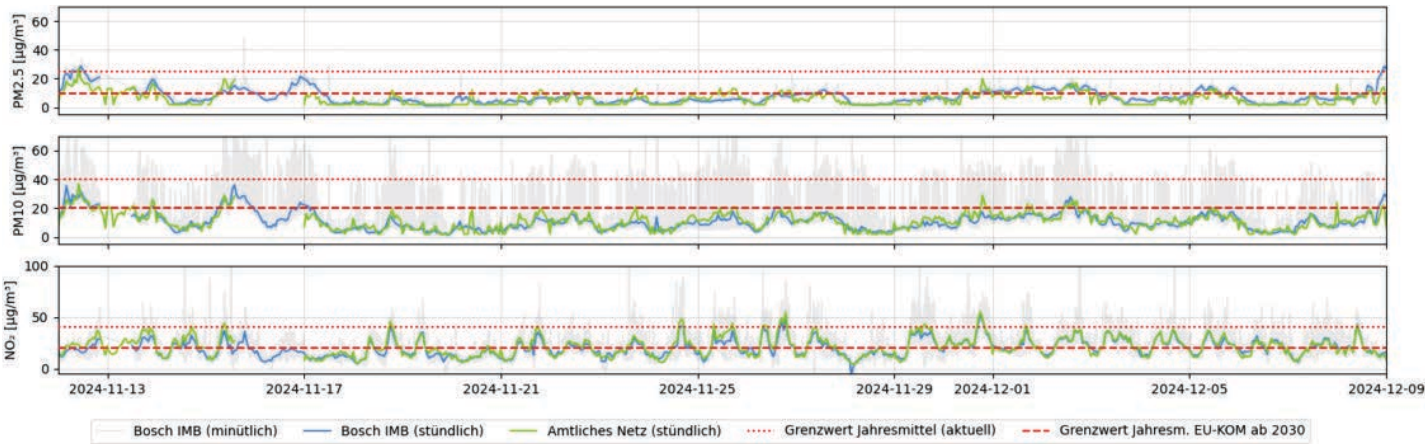


Abb. 3: $PM_{2.5}$, PM_{10} und NO_2 [$\mu g/m^3$] Messungen verschiedener Sensoren an der amtlichen Luftgütemessstation in Leipzig Mitte vom 12.11.24–02.12.24. Im Vergleich sind die Zeitreihen der Bosch Sensorik (IMB) und der amtlichen Station gegenübergestellt.

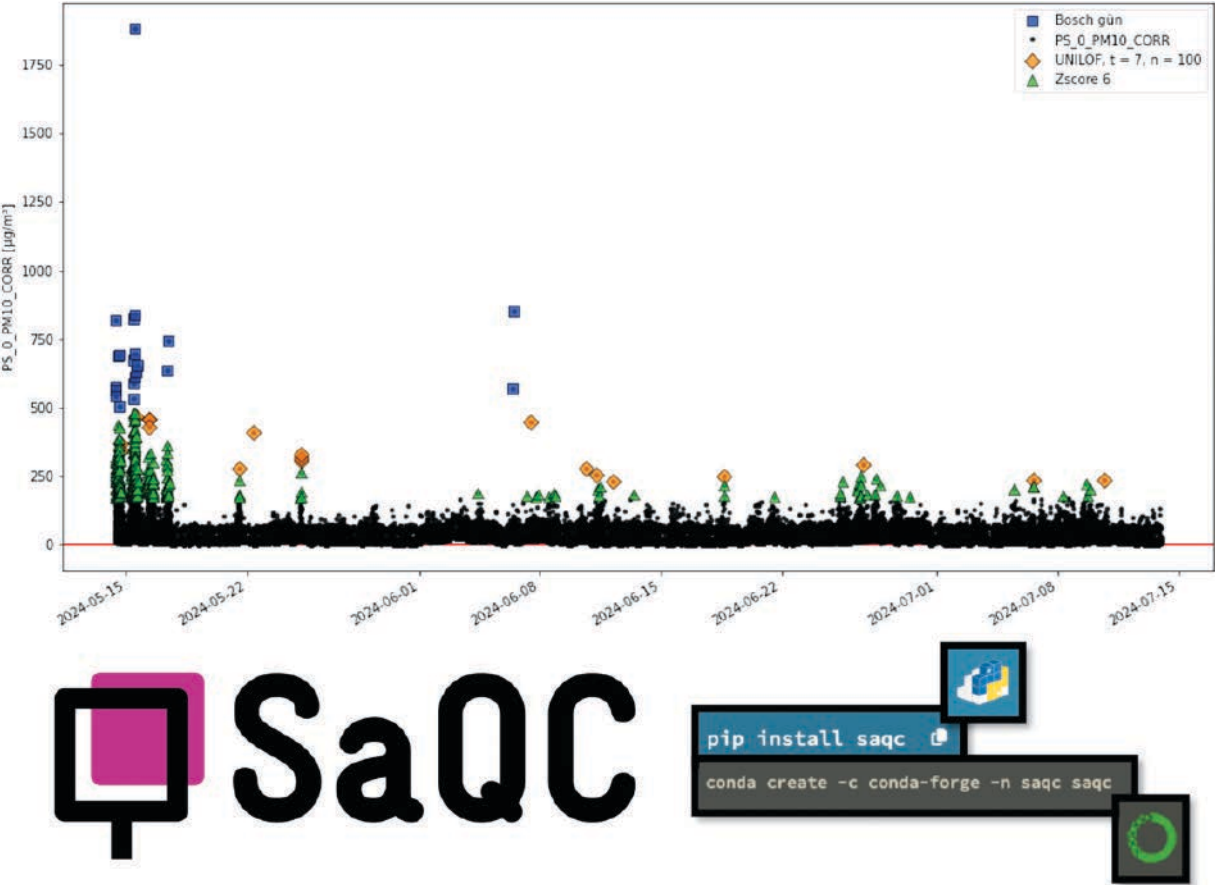
wert des Jahresmittels nur in wenigen Fällen überschritten oder knapp erreicht wurde. Im Hinblick auf die ab 2030 geltende EU-Luftqualitätsrichtlinie, die einen Jahresmittelwert von maximal 20 $\mu g/m^3$ für NO_2 vorsieht, wird der aktuell geltende Grenzwert halbiert. Auch die Grenzwerte für $PM_{2.5}$ und PM_{10} werden zukünftig gesenkt, was zu einer erhöhten Anzahl an Messstationen führen könnte, bei denen Grenzwertüberschreitungen – insbesondere bei den NO_2 -Werten – zu erwarten sind.

Im Weiteren wird eine automatische Qualitätskontrolle auf den minütlich erhobenen Messwerten der IMB durchgeführt. Dazu werden die Luftqualitätsdaten in das digitale Ökosystem für FAIRes Zeitreihenmanagement des UFZ (Bumberger et al., 2025, Department Research Data Management, RDM)

eingespeist und kontinuierlich und voll automatisiert mit Hilfe der hauseigenen Software SaQC (System for automated Quality Control, Schmidt et al., 2023) auf ihre Qualität hin geprüft. Insbesondere KI-Anwendungen, welche im Rahmen des Projektes AIAMO entwickelt werden, benötigen Daten höchsten Qualitätsstandards. Deswegen erhält jeder Datenpunkt ein Gütesiegel, welches den Werdegang der Qualitätssicherung nachvollziehbar und damit reproduzierbar macht. In vergangenen Projekten (z. B. Lasota et al. 2025) wurden Methoden zur KI-gestützter Qualitätskontrolle entwickelt, deren Anwendbarkeit auf die in AIAMO anfallenden Datensätze derzeit geprüft wird.

Das Framework SaQC bietet eine Sammlung von Methoden und Algorithmen zur Analyse, Verarbeitung und Annotation von Zeitreihendaten, ist in Python geschrieben und

Abb. 4: Automatisierte Qualitätskontrolle von Zeitreihendaten mit Hilfe von SaQC am Beispiel einer PM_{10} -Messreihe im Sommer 2024. Beispielhaft wurden Ausreißer mit Hilfe verschiedener parametrisierter statistischer Tests markiert. Die statistischen Tests sind in der Software SaQC umgesetzt und können durch den Anwender auf den jeweiligen Datensatz zugeschnitten werden. Im operationellen Betrieb der UFZ Infrastruktur geschieht die QC anschließend voll automatisch und kontinuierlich.



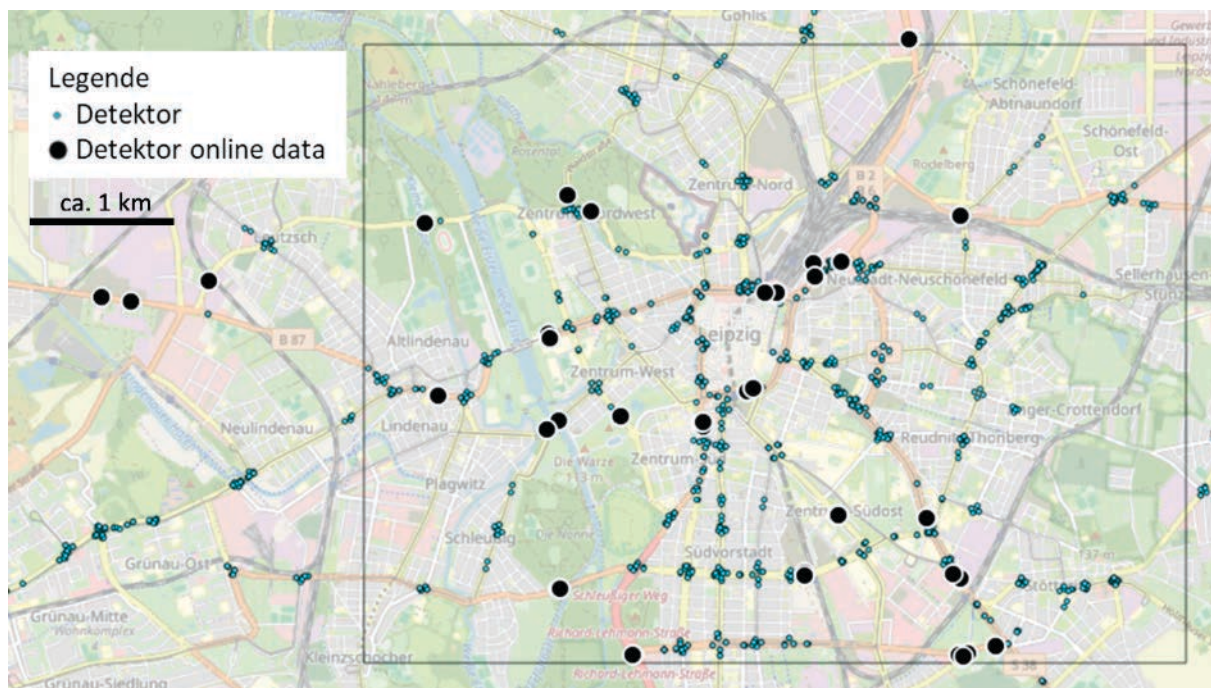


Abb. 5: Karten-
übersicht aller
Detektoren sowie
derjenigen, für
welche 5-Minuten
Online Daten abruf-
bar sind im Fokus
des Untersuchen-
gebiets.

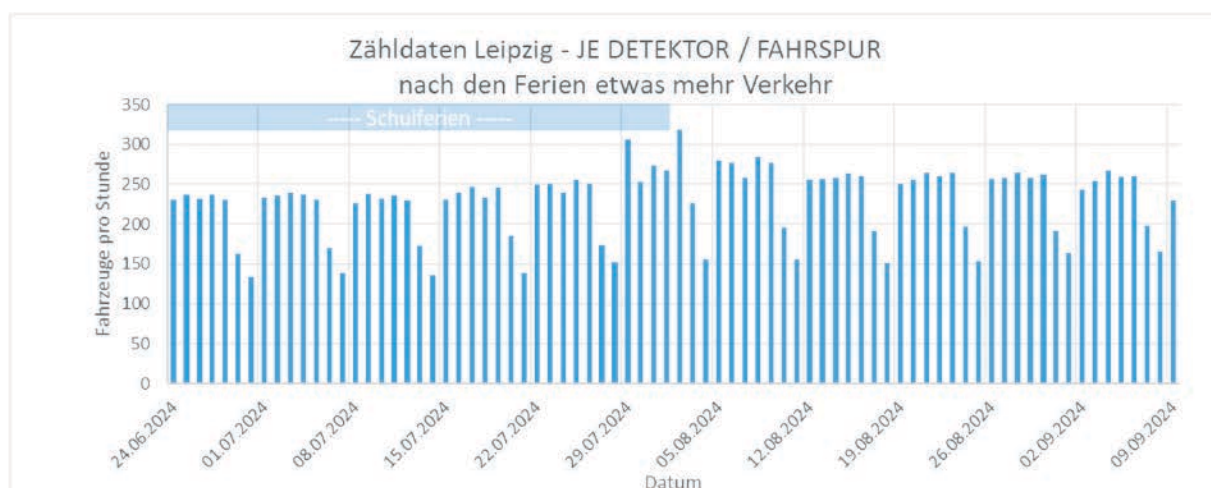


Abb. 6: Durchschnitt-
liche Tageszählwerte
je Detektor und Fahr-
spur über alle verfüg-
baren Zählwerte.

sowohl als Python-API als auch als Command-Line-Tool verfügbar. Die Lösung zeichnet sich durch ihre Automatisierbarkeit, Reproduzierbarkeit und Standardisierbarkeit aus. Durch verschiedene statistische Tests können zum Beispiel Ausreißer detektiert und je nach Anforderung im Datensatz markiert und entfernt werden. In Abbildung 4 ist beispielhaft dargestellt, welche Sensitivität verschiedene Tests mit verschiedener Parametrisierung gegenüber Ausreißern haben können.

3.3 Verkehrsdetektoren

Verkehrszählungen aus stationärer Detektion können von der Stadt Leipzig über die Mobilithek (Mobilithek 2, 2024) abgerufen werden. Der entsprechende Datenbezug wurde im April 2024 eingerichtet und liefert seitdem zu jedem fahstreifengenaue Detektor durchgehend alle 5 Minuten aktuelle Daten. Abbildung 5 zeigt das im Projekt definierte Untersuchungsgebiet mit den verfügbaren Detektoren. Laut Mobilithek 1 (2024) sind 2171 erfasst, meist LSA-Detektoren, die aber für valide Zählungen zumeist nicht hinreichend sind. Die Stadt Leipzig stellt daher vorrangig 5-Minuten-

Daten strategischer Detektoren bereit. Wegen technischer Probleme schwankt deren Zahl bisher täglich zwischen 56 und 98, wobei zumeist 61 durchgängig abrufbar sind.

Erste Analysen zeigen, dass die Daten – sofern vorhanden – zumeist sehr valide Zählwerte liefern. Abbildung 6 zeigt typische Muster im Wochenverlauf: Nach den Ferien nimmt der Verkehr leicht zu, und am Wochenende ist das Aufkommen deutlich geringer. Weitere Auswertungen gruppierter Werte nach Wochentagen (hier nicht dargestellt) bestätigen, dass samstags das Verkehrsaufkommen etwa 25 %, und sonntags rund 40 % unter dem Niveau von Montag bis Freitag liegt.

Vereinzelte auftretende Spitzentage zeigen deutlich, dass bestimmte Ereignisse Auswirkungen haben. Abbildung 7 veranschaulicht die Zeppelinbrücke, die seit dem 02.07.24 für Kraftfahrzeuge gesperrt ist. An der nahegelegenen Zählstelle Lütznerstraße nahm der Verkehr erwartungsgemäß ab – in beiden Richtungen. Ab Oktober stieg das Aufkommen witterungsbedingt wieder leicht. Auffällig ist, dass seit der

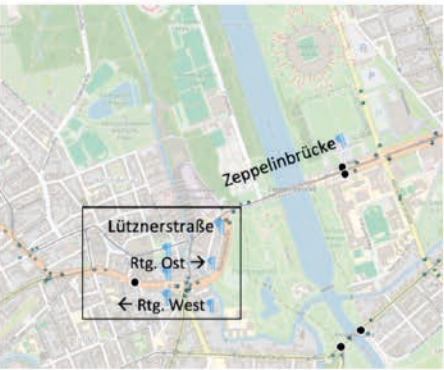
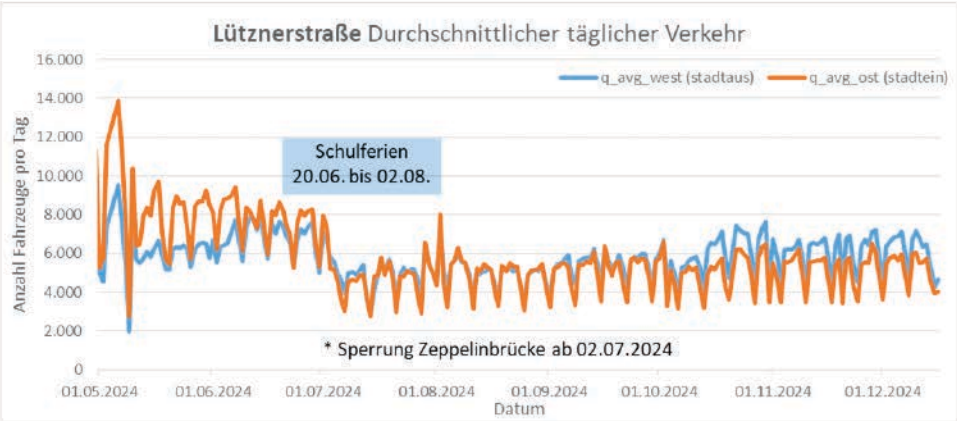


Abb. 7: links: Kartenausschnitt Quarterback Arena, Zeppelinbrücke, Lütznerstraße; rechts: Entwicklung der Tageszählwerte in der Lütznerstraße je Fahrtrichtung im Verlauf der Monate.



Sperrung in Fahrtrichtung West mehr gezählt wird als in Richtung Ost, auch am Wochenende. Das deutet auf eine beliebte Ausweichroute für den Ostverkehr hin.

4. Korrelation: Luftqualität und Verkehr
4.1 Typischer Wochenverlauf

Die Messungen der Stickstoffdioxid-Konzentrationen (NO₂) aller bisher installierten Sensoren wurden ausgewertet und ein typischer Tages- und Wochenverlauf erstellt. Dazu wurden die mittleren Konzentrationen der Sensoren in einem Zeitraum vom 10. Juni 2024 bis 05. August 2024 für jede Stunde des Wochentages aggregiert, ein Mittelwert gebildet und in Abbildung 8 (oben) aufgetragen. Im gleichen Verfahren wurden Mittelwerte der Verkehrsdetektoren gebildet und in Abbildung 8 (unten) dargestellt.

Das Tagesmuster bei den NO₂-Konzentrationen zeigt Spitzenwerte während der Rushhour um 7 Uhr morgens und die niedrigsten Werte zur Mittagszeit. In der Nacht ist die NO₂-Konzentration leicht höher als am Tag, da dort kein Abbau von NO₂ zu Ozon (O₃) durch das Sonnenlicht stattfindet. In den Verkehrszahlen zeigt sich ein typischer Wochenverlauf mit höherem Verkehrsaufkommen von Montag bis Donnerstag. Am Freitag sind zu Spitzenzeiten weniger Fahrzeuge unterwegs, dafür bildet sich ein früherer Peak zum Nachmittag aus. Die Samstage und Sonntage zeigen im Allgemeinen deutlich geringere und zeitlich verzögerte Verkehrszahlen im Vergleich zu den Werktagen.

Im Gegensatz zu den Verkehrszählungen sind die Umweltdaten weniger scharf im Wochen- und Tagesverlauf ausgebildet. Sie unterliegen generell größeren Schwankungen und stehen in starker Abhängigkeit zu den aktuellen Witterungsbedingungen. Deutlich zeigt sich jedoch eine abgeflachte Kurve der NO₂-Konzentrationen an Sonntagen. Ebenfalls auffällig ist ein deutlicher Anstieg der NO₂-Konzentrationen am frühen Freitagnachmittag, welcher mit dem erhöhten Verkehrsaufkommen zu dieser Zeit korreliert. Im betrachteten Zeitraum fanden zudem vier EM-Spiele statt. Alle Spiele fielen auf einen Freitagabend, weswegen im folgenden Kapitel eine genauere, ereignisbezogene Betrachtung der Luftqualitätswerte erfolgt.

Weitere Auswertungen im Projektverlauf werden sich explizit auf die Korrelation einzelner Luftqualitätsmessreihen mit benachbarten Zeitreihen des Verkehrsaufkommens konzentrieren. Dabei werden unter anderem die vorherrschenden meteorologischen Parameter wie Sonneneinstrahlung, Windstärke, Windgeschwindigkeit und Niederschlag mit einbezogen, da diese die Verteilung der Partikel und Gase in der Luft beeinflussen, sowie deren Abbau steuern. Schrittweise wird sich so ein Bild von den räumlich und zeitlich veränderlichen Beziehungen zwischen Luftqualität, Verkehr und Umweltfaktoren in der Pilotregion Leipzig ergeben, welches die Maßnahmengestaltung der umweltsensitiven Verkehrssteuerung maßgeblich mitbestimmen wird.

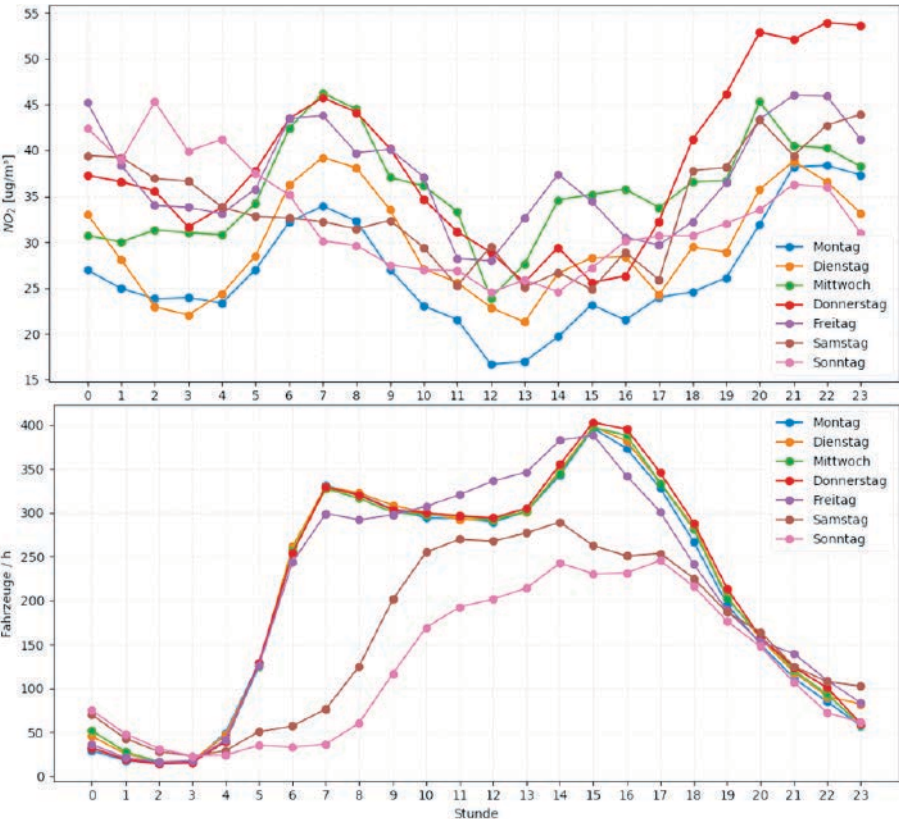


Abb. 8: Typischer Wochenverlauf (gemittelt) der Luftqualität (NO₂, oben) und der Fahrzeuge pro Stunde (unten). Die gemittelten Werte beziehen sich auf einen Zeitraum vom 10. Juni bis 5. August 2024.

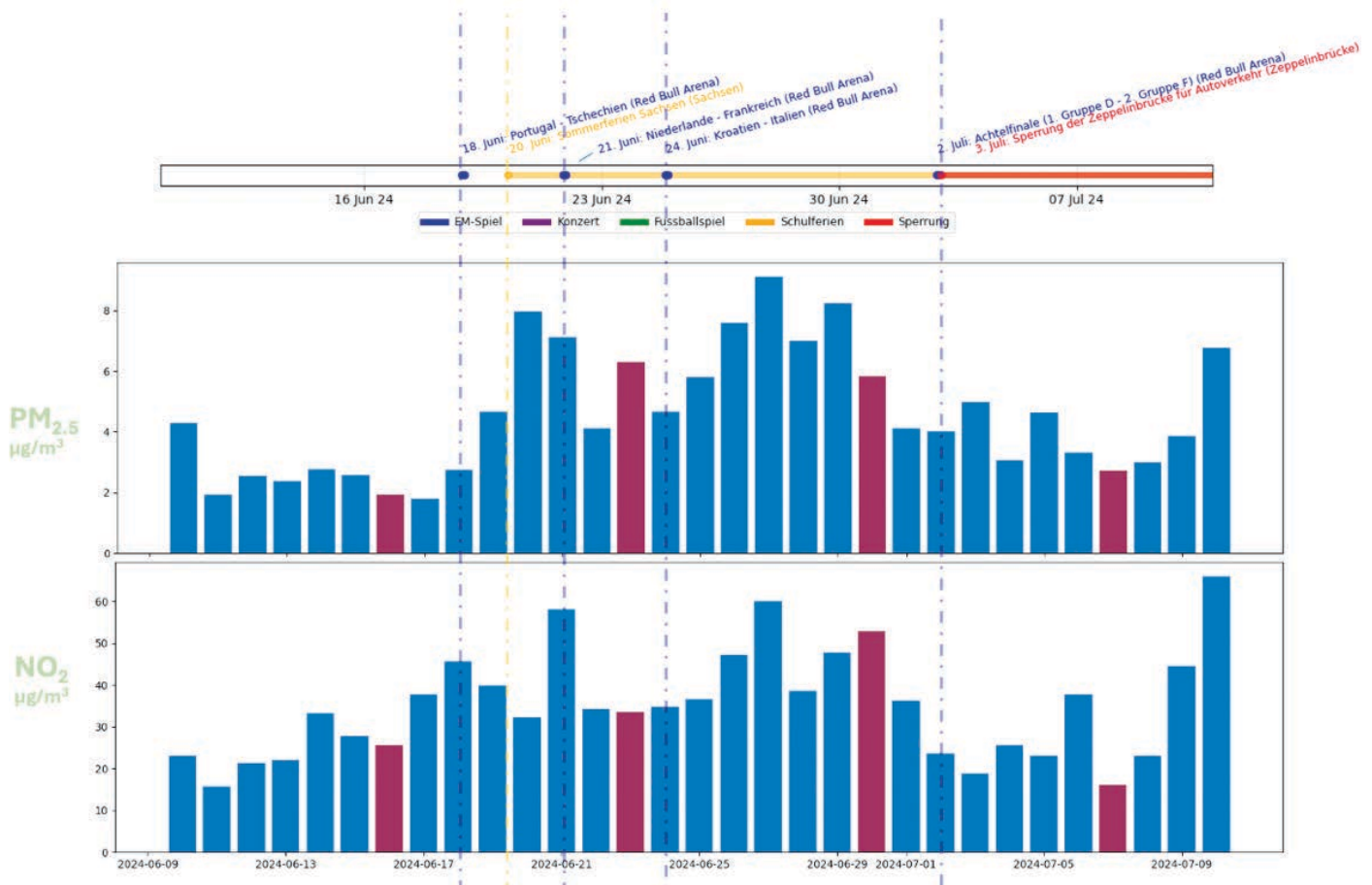


Abb. 9: Tagesmittelwerte der $PM_{2.5}$ - und NO_2 -Messungen der IMB an der Jahnallee (ab dem 24.06.24) und der IMB in Leipzig Mitte.

4.2 Ereignisbezogene Analyse

Das Red Bull Stadion, die Festwiese und die Quarterback Immobilien Arena an der Jahnallee stellen einen bedeutenden Veranstaltungsort in Leipzig dar. Zur Fußball EM 2024 fanden drei Gruppenspiele und ein Viertelfinale in der Red Bull Arena statt. Nach dem letzten Spiel am 2. Juli wurden die Zeppelinbrücke und die Gleisanlagen entlang der Jahnallee, welche eine Hauptverkehrsader des Anfahrtsverkehrs des Veranstaltungsortes darstellt, aufgrund von Sanierungsmaßnahmen (voraussichtlich bis November 2026) gesperrt (siehe hierzu auch Abbildung 7).

Zur Untersuchung der Auswirkung des Veranstaltungsverkehrs auf die Luftqualität, wurden in einer ersten Analyse die Zeitreihen der $PM_{2.5}$ - und NO_2 -Messungen der Stationen Jahnallee (erst ab dem 24.06.24) und Leipzig Mitte (Hbf) ausgewertet, tägliche Mittelwerte gebildet und mit den Veranstaltungen und weiteren verkehrsrelevanten Events korreliert (Abbildung 9). Insbesondere zum EM-Spiel Niederlande – Frankreich am 21. Juni wurden deutlich erhöhte Konzentrationen von NO_2 gemessen. Zu dieser Zeit konnten ebenfalls erhöhte Konzentrationen von $PM_{2.5}$ festgestellt werden. In den ersten Tagen nach der Sperrung der Jahnallee ab dem 03. Juli ist zudem eine leichte Verbesserung der Luftqualität zu verzeichnen. Ob sich dieses Verhalten im weiteren Verlauf bestätigt, wird in kommenden Analysen untersucht werden.

5. Fazit und Ausblick

Der vorgestellte Aufbau eines umfassenden, hochskalierbaren Umweltmessnetzes in der Pilotregion Leipzig bildet das

Fundament für die Entwicklung von Digitalen Zwillingen auf Basis von Umwelt- und Verkehrsdaten. Damit kann das urbane Verkehrsgeschehen und dessen Umweltauswirkungen präzise abgebildet und sektorübergreifende Ansätze zur umweltsensitiven Verkehrssteuerung erzielt werden. Die Kombination aus Luftqualitätsmessungen, automatisierter Qualitätskontrolle sowie der Analyse von Verkehrsdaten ermöglicht fundierte Rückschlüsse auf die Zusammenhänge zwischen Verkehr und Umweltbelastung. Dabei wurden bisher gezielt Tages- und Veranstaltungsmuster untersucht. Die Auswertungen zeigen deutliche Tagesmuster bei Stickstoffdioxid- (NO_2) und Feinstaub-Werten ($PM_{2.5}$, PM_{10}), insbesondere Spitzen während der Rushhour und bei Großveranstaltungen. Entsprechende Höchstwerte wurden insbesondere im Bereich des verkehrsreichen Stadtzentrums gemessen, wo Grenzwertüberschreitungen verzeichnet wurden. Dies untermauert die Dringlichkeit, nachhaltige Lösungen in urbanen Zentren zu entwickeln. Die Korrelation von Umwelt- und Verkehrsdaten verdeutlicht den Einfluss des Verkehrs auf die Luftqualität, wobei zeitliche Verzögerungen und meteorologische Faktoren berücksichtigt werden müssen.

Die Erkenntnisse aus der Pilotregion Leipzig dienen als Grundlage für verkehrsoptimierende Maßnahmen, wie die gezielte Steuerung des öffentlichen Nahverkehrs und die Förderung alternativer Mobilitätsformen (z. B. Radverkehr). Grundsätzlich sollen die Ergebnisse aus Leipzig in die strategische Stadtplanung zur Anpassung an zukünftige Umweltauflagen einfließen, um durch die gezielte Ableitung von Maßnahmen nachhaltige Lösungen auch im Sinne der Mobilitätswende zu schaffen. ■

Danksagung

Im Namen des AIAMO-Projekts möchten wir der Stadt Leipzig (assoziiierter Partner) sowie den zuständigen Ämtern (Referat Digitale Stadt, Amt für Umweltschutz und Mobilitäts- und Tiefbauamt) unseren aufrichtigen Dank für die enge Zusammenarbeit und ihre wertvolle Unterstützung beim Aufbau des Umweltmessnetzes sowie der Bereitstellung des Zugangs zur städtischen Infrastruktur aussprechen. Ihr Engagement hat maßgeblich zum zügigen und erfolgreichen Fortschritt des Projekts beigetragen.

Literaturverzeichnis

BImSchV (2010). Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. vom 2. August 2010 (BGBl. I S. 1065), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 28. Juni 2021 (BGBl. I S. 2250).

Bumberger, J., Abbrent, M., Brinckmann, N., Hemmen, J., Kunkel, R., Lorenz, C., Lünenschloss, P., Palm, B., Schnicke, T., Schulz, C., van der Schaaf, H., Schäfer, D. (2025). Digital ecosystem for FAIR time series data management in environmental system science. SoftwareX, Vol 29, 102038. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2025.102038>.

City of Leipzig (2024). INSEK Leipzig 2030 – Integrated Urban Development Concept, <https://english.leipzig.de/construction-and-residence/urban-development/insek-leipzig-2030-integrated-urban-development-concept>, abgerufen Dezember 2024.

EU-Kommission (2024). EU air quality standards. https://environment.ec.europa.eu/topics/air/air-quality_en?prefLang=de, abgerufen Dezember 2024.

Lasota, E., T. Houben, J. Polz, L. Schmidt, L. Glawion, D. Schäfer, J. Bumberger, and C. Chwala (2025): Interpretable Quality Control of Sparsely Distributed Environmental Sensor Networks Using Graph Neural Networks. Artif. Intell. Earth Syst., 4, e240032, <https://doi.org/10.1175/AIES-D-24-0032.1>.

LfULG (2025). Luftmessnetz. Der Freistaat Sachsen betreibt zur Überwachung der Luftqualität ein landesweites Luftmessnetz mit derzeit 26 Messstationen (Stand 1. Januar 2021). <https://www.luft.sachsen.de/luftmessnetz-14996.html>, abgerufen April 2025.

Mobilithek 1 (2024) – Statische Detektordaten Stadt Leipzig. <https://mobilithek.info/offers/110000000002877001>, abgerufen April 2024.

Mobilithek 2 (2024) – Dynamische Detektordaten Stadt Leipzig. <https://mobilithek.info/offers/110000000002877002>, abgerufen seit 21.04. 2024.

Schmidt, L., Schäfer, D., Geller, J., Lünenschloss, P., Palm, B., Rinke, K., Rebmann, C., Rode, M., & Bumberger, J. (2023). System for automated Quality Control (SaQC) to enable traceable and reproducible data streams in environmental science. Environmental Modelling & Software, 169, 105809, <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2023.105809>.

UNFCCC (2015). United Nations Framework Convention on Climate Change. Paris Agreement. Adopted at the 21st Conference of the Parties to the UNFCCC (COP21), Paris, France, December 12, 2015. <https://unfccc.int/documents/184656>. Abgerufen Dezember 2024.

Umweltbundesamt (2024): Luftqualitätsrichtlinie. Grenz-, Ziel- und Schwellenwerte. Wien. <https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/luft/daten-luft/luft-grenzwerte>, abgerufen am 26. September 2024.

Kontakt

Timo Houben, Thomas Trabert
Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH, Leipzig
Research Data Management
Department Monitoring- und Erkundungstechnologien
Permoserstraße 15
04318 Leipzig
timo.houben@ufz.de
thomas.trabert@ufz.de

Elmar Brockfeld
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Institut für Verkehrssystemtechnik
Technisches Transport- und Mobilitätsmanagement
Rutherfordstr. 2
12489 Berlin