

Evaluation von Tempo 30: Luftqualität

Zwischenbericht

Potsdam, September 2025

Autoren

Alexandre Caseiro, Dario Ritter, Immo Janssen,
Seán Schmitz, Lorena Vega García, Janani Venkat-
raman Jagatha, Beyza Kesen, Dirk von Schneide-
messer, Erika von Schneidemesser

Zusammenfassung

Im Rahmen des Projekts „Aufbau und Betrieb eines erweiterten umweltsensitiven Verkehrsmanagementsystems in Berlin (eUVM)“ wird untersucht, wie sich die mögliche Aufhebung der Tempo-30-Anordnung in der Leipziger Straße und die Wiedereinführung der regulären Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h auf die Luftqualität auswirken würde. In diesem Zwischenbericht werden die ersten Ergebnisse der Messkampagne rund um die Leipziger Straße während der Tempo-30-Anordnung und vor der möglichen Aufhebung dieser Geschwindigkeitsbegrenzung vorgestellt, insbesondere die Konzentrationen von Luftschadstoffen. Die Ergebnisse der Erfassung von Rad- und Fußverkehr und der Befragungen beider Gruppen zu deren gefühlter Sicherheit wurden im Zwischenbericht "Umfragen zur Sicherheit in der Leipziger Straße in Berlin" bereits publiziert.

Für die Evaluierung der Maßnahme „Tempo-30 aus Luftgründen“ wurden stationäre Luftqualitätsmessungen an zwei Standorten und mobile Messungen auf zwei Fahrstrecken durchgeführt, jeweils in Kombination mit Referenzmessgeräten und kleinen Sensoren. Die Messungen wurden im Juni und Juli 2023 durchgeführt.

An der nahegelegenen Kochstraße bleibt die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h unverändert - unabhängig von der Regelung in der Leipziger Straße. Die Kochstraße dient als Kontrollstraße. Die Vorher-Messungen von Stickstoffdioxid (NO₂) zeigen, dass Konzentrationen in der Leipziger Straße höher als in der Kochstraße sind, sowohl an den stationären Standorten als auch entlang der Fahrstrecken, an denen die mobilen Geräte eingesetzt waren. Im Gegensatz dazu sind die Stickstoffoxid-Konzentrationen (NO_x = NO₂ + NO) zwischen beiden Straßen nicht zu unterscheiden (stationär und mobil).

Feinstaubkonzentrationen (PM_{2,5}) (stationär) sind in der Leipziger Straße höher als in der Kochstraße. Bei den mobilen Messungen zeigen die Ergebnisse keine Unterschiede zwischen der Leipziger Straße und der Kochstraße.

Die Ergebnisse von Ozon unterscheiden sich, wenn man mobile und stationäre Messungen vergleicht. Sie zeigen, dass die Verteilung der Ozonkonzentrationen entlang der Leipziger Straße und der Kochstraße in der mobilen Messung kaum zu unterscheiden sind. Die stationären Ozon-Messungen zeigen jedoch, dass die Konzentrationen in der Leipziger Straße geringer sind als in der Kochstraße. Die Unterschiede zwischen den mobilen und den stationären kontinuierlichen Messungen sind vermutlich auf die Fähigkeit der mobilen Messungen zurückzuführen, Spitzenwerte zu erfassen, die aufgrund mikroklimatischer Bedingungen auftreten können.

In diesem Zwischenbericht werden die Ergebnisse der Luftqualität in der Leipziger Straße, insbesondere die Bestandsaufnahme vor einer möglichen Aufhebung der Tempo-30-Anordnung und die Rückkehr zur Regelgeschwindigkeit, vorgestellt. Die Messungen zeigen, dass je nachdem ob mit stationären oder mobilen Geräten gemessen wird unterschiedliche Ergebnisse erzielt werden. Diese Unterschiede sind wahrscheinlich auf die unterschiedliche Nähe zu den Emissionsquellen (Fahrzeuge) zurückzuführen, insbesondere für NO₂. Dies beeinflusst auch die Ozonkonzentrationen durch damit verbundene atmosphärische chemische Prozesse.

Trotz der reduzierten Geschwindigkeitsbegrenzung in der Leipziger Straße sind die gemessenen Konzentrationen im Vergleich zur Kochstraße im Allgemeinen höher. Dies könnte aus zwei Gründen so sein: Erstens ist das Verkehrsaufkommen in der Leipziger Straße größer als in der Kochstraße, und zweitens wird die Geschwindigkeitsbegrenzung von 30 km/h von den Autos möglicherweise nicht immer eingehalten, was zu höheren Konzentrationen führen könnte. Weitere Ergebnisse und Analysen ebenso wie eine Bewertung der Wirksamkeit der Tempo-30-Regelung in der Leipziger Straße können erst nach Auswertung der Nachher-Erhebungen nachgereicht und fundiert durchgeführt werden.

Summary

As part of the project “Development and operation of an expanded environmentally sensitive traffic management system in Berlin (eUVM)”, the potential impact on air quality of increasing the 30 km/h speed limit on Leipziger Straße to 50 km/h is being investigated. This interim report presents the initial results of the measurement campaign conducted in and around Leipziger Straße during which the 30 km/h speed limit was in place and before the possible lifting of this speed limit. This report focuses on the evaluation of the air pollution measurements. The results of the survey of bicycle and pedestrian traffic and the interviews with both of these groups on their perceived safety have already been published in the interim report [“Surveys on safety in Leipziger Straße in Berlin.”](#)

To evaluate the 30 km/h speed limit policy measure in an air quality context, stationary air pollution measurements were taken at two locations and mobile measurements were taken on two routes. In all cases a combination reference measurement instrumentation and small sensors were used. The measurements were taken in June and July 2023.

Kochstraße serves as the control site. Kochstraße, which is parallel to Leipziger Straße, has a speed limit of 50 km/h, which will remain unchanged, regardless of the regulation on Leipziger Straße. The 'before' measurements of nitrogen dioxide (NO₂) show that concentrations in Leipziger Straße are higher than in Kochstraße, both at stationary locations and along the routes where the mobile devices were used. In contrast, the nitrogen oxide concentrations (NO_x = NO₂ + NO) between the two streets are indistinguishable (stationary and mobile).

Particulate matter concentrations (PM_{2.5}) (stationary) are higher on Leipziger Straße than on Kochstraße. The mobile measurements show no differences between Leipziger Straße and Kochstraße.

The results for ozone differ when comparing mobile and stationary measurements. The mobile measurements show that the distribution of ozone concentrations along Leipziger Straße and Kochstraße are negligibly different. However, the stationary ozone measurements show that the concentrations in Leipziger Straße are lower than in Kochstraße. The differences between the mobile and stationary continuous measurements are probably due to the ability of the mobile measurements to record peak values that can occur due to microclimatic conditions.

This interim report presents the initial findings from in and around Leipziger Straße, in particular the assessment prior to a possible increase of the 30 km/h speed limit to return to the standard, previous speed limit of 50 km/h. The measurements show that different results are obtained depending on whether stationary or mobile devices are used. These differences are likely owing to the proximity of the measurements to the emission sources (vehicles), especially for NO₂. The location of the measurements and proximity to emission sources also influences ozone concentrations through associated atmospheric chemical processes.

Despite the reduced speed limit on Leipziger Straße, the measured concentrations are generally higher than on Kochstraße. There could be two reasons for this: firstly, the volume of traffic on Leipziger Straße is higher than on Kochstraße, and secondly, the 30 km/h speed limit may not always be observed by cars, which could lead to higher concentrations. Further results and analyses, as well as an evaluation of the effectiveness of the 30 km/h speed limit on Leipziger Straße, can only be submitted and carried out in a well-founded manner after the post-policy measure implementation has been evaluated.

Unterstützt von

Die hier dargestellte Forschung ist Bestandteil des Rahmenvertrags "Evaluation der durchgeführten Maßnahmen im Rahmen des eUVM-Projektes sowie Vorschläge zur zeitnahen Nachsteuerung der verkehrlichen Maßnahmen", finanziert von der Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt (SenMVKU). Dieser ist wiederum Teil der Forschungsinitiative "eUVM: Aufbau und Betrieb eines erweiterten umweltsensitiven Verkehrsmanagementsystems in Berlin", gefördert durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV).

Inhaltsverzeichnis

1 EINLEITUNG	9
1.1 Ziele	9
1.2 Vorherige Forschung	9
2 LUFTQUALITÄT	11
2.1 Methodik Luftqualitätserfassung	11
2.1.1 Messstandorte	11
2.1.2 Messgeräte	11
2.1.3 Datenverarbeitung und Zeitauflösung	12
2.1.4 Kalibrierung und Nachweisgrenzen	12
2.1.5 Umrechnungsfaktoren	13
2.1.6 Messzeiten	13
2.1.7 Meteorologische Daten	14
2.2 Auswertung	15
2.2.1 Korrelationsanalyse zwischen dem Zephyr z638 und der BLUME-Messstation	16
2.2.2 Übersicht der gemessenen Konzentrationen	17
2.2.3 Auswertung der Referenzgeräte.	18
2.2.4 Auswertung der stationären Zephyrs (z638 und z860)	19
2.2.5 Auswertung der mobilen Zephyrs	21
2.2.6 Einfluss der Gebäudestruktur	24
2.2.7 Verkehrsaufkommen	25
3 FAZIT	29

Abbildungen

Abbildung 1. Zeitreihe der täglichen Durchschnittstemperatur (°C) während des Beobachtungszeitraums, die eine moderate Variabilität mit gelegentlichen Spitzen zeigt.	15
Abbildung 2. Windrosen-Diagramm, das die Verteilung von Windrichtung und Windgeschwindigkeit zeigt. Das Diagramm hebt eine vorherrschende WESTliche (W) Windrichtung und moderate Windgeschwindigkeiten im Bereich von 2 bis 8 m/s hervor.	15
Abbildung 3. Korrelationsanalyse zwischen Zephyr z638 und der BLUME-Messstation für die Schadstoffe NO, NO ₂ , und PM _{2,5} . Beide Datensätze sind auf einen Stundenwert gemittelt. Die rote Linie entspricht der linearen Regression zwischen beiden Datensätzen. Die schwarze Linie entspricht dem 1:1-Verhältnis zwischen beiden Datensätzen.	17
Abbildung 4. Box- und Whiskerplots des Referenzgerätes 2BTech zu den O ₃ -Messungen (5-Minuten-Mittelwerte) auf der Leipziger Straße (links) und Kochstraße/Rudi-Dutschke-Str. (rechts). In Rot sind die Durchschnittswerte zu sehen. Von unten nach oben stellen die schwarzen waagerechten Linien das 5. und das 25. Perzentil, den Median, das 75. und das 95. Perzentil dar.	18
Abbildung 5. Box- und Whiskerplots der O ₃ -Messergebnisse der stationären Zephyrs z638 an der Leipziger Straße und z860 an der Kochstraße/Rudi-Dutschke-Straße zu den Stoßzeiten, Tagsüber und kontinuierlich an der Leipziger Straße; in Rot sind die Durchschnitte zu sehen, Von unten nach oben stellen die schwarzen waagerechten Linien das 5. und das 25. Perzentil, den Median, das 75. und das 95. Perzentil dar.	19
Abbildung 6. Box- und Whiskerplots der NO ₂ -Messergebnisse der stationären Zephyrs z638 an der Leipziger Straße und z860 an der Kochstraße/Rudi-Dutschke-Straße zu den Stoßzeiten, Tagsüber generell und kontinuierlich an der Leipziger Straße; in Rot sind die Durchschnitte zu sehen. Von unten nach oben stellen die schwarzen waagerechten Linien das 5. und das 25. Perzentil, den Median, das 75. und das 95. Perzentil dar.	20
Abbildung 7. Box- und Whiskerplots der NO-Messergebnisse der stationären Zephyrs z638 an der Leipziger Straße und z860 an der Kochstraße/Rudi-Dutschke-Straße zu den Stoßzeiten, Tagsüber generell und kontinuierlich an der Leipziger Straße; in Rot sind die Durchschnitte zu sehen. Von unten nach oben stellen die schwarzen waagerechten Linien das 5. und das 25. Perzentil, den Median, das 75. und das 95. Perzentil dar.	20
Abbildung 8. Box- und Whiskerplots der PM _{2,5} -Messergebnisse der stationären Zephyrs z638 an der Leipziger Straße und z860 an der Kochstraße/Rudi-Dutschke-Straße zu den Stoßzeiten, Tagsüber generell und kontinuierlich an der Leipziger Straße; in Rot sind die Durchschnitte zu sehen. Von unten nach oben stellen die schwarzen waagerechten Linien das 5. und das 25. Perzentil, den Median, das 75. und das 95. Perzentil dar.	21
Abbildung 9. Box- und Whiskerplots der O ₃ -Messergebnisse der mobilen Zephyrs z872 an dem Lastenrad und z925 zu Fuß auf der Leipziger Straße (links) und der Kochstraße/Rudi-Dutschke-Straße (rechts); in Rot sind die Durchschnitte zu sehen. Von unten nach oben stellen die waagerechten Linien das 5. und das 25. Perzentil, den Median, das 75. und das 95. Perzentil dar.	22
Abbildung 10. Box- und Whiskerplots der NO ₂ Messergebnisse der mobilen Zephyrs z872 an dem Lastenrad und z925 zu Fuß auf der Leipziger Straße (links) und der Kochstraße/Rudi-Dutschke-Straße (rechts); in Rot sind die Durchschnitte zu sehen. Von unten nach oben stellen die waagerechten Linien das 5. und das 25. Perzentil, den Median, das 75. und das 95. Perzentil dar.	22
Abbildung 11. Box- und Whiskerplots der NO-Messergebnisse der mobilen Zephyrs z872 an dem Lastenrad und z925 zu Fuß auf der Leipziger Straße (links) und der Kochstraße/Rudi-Dutschke-Straße (rechts); in Rot sind die Durchschnitte zu sehen.	

Negative Werte entstehen bei sehr geringen Konzentrationen, die unterhalb der Sensibilitätsgrenze des Sensors liegen ($\sim < 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Von unten nach oben stellen die waagerechten Linien das 5. und das 25. Perzentil, den Median, das 75. und das 95. Perzentil dar.

23

Abbildung 12. Box- und Whiskerplots der PM_{2,5} Messergebnisse der mobilen Zephyrs z872 an dem Lastenrad und z925 zu Fuß auf der Leipziger Straße (links) und der Kochstraße/Rudi-Dutschke-Straße (rechts); in Rot sind die Durchschnitte zu sehen. Von unten nach oben stellen die waagerechten Linien das 5. und das 25. Perzentil, den Median, das 75. und das 95. Perzentil dar.

24

Abbildung 13. Tägliche Verkehrstrends aller acht Detektoren (jeweils in einem Teilplot). Die Balkendiagramme zeigen die Anzahl von Personenkraftwagen (PKW, dunkelblau) und Lastkraftwagen (LKW, hellblau), während die schwarze Linie die mittlere Fahrgeschwindigkeit darstellt. Die rote gestrichelte Linie markiert die jeweilige Geschwindigkeitsbegrenzung (30 km/h oder 50 km/h), und Wochenenden sind durch eine graue Hintergrundfärbung gekennzeichnet.

26

Abbildung 14. 24-Stunden-Durchschnitt der Verkehrsmuster an acht Detektoren entlang der Leipziger Straße. Jede Zeile stellt zwei Detektoren dar, wobei links jeweils Werktage und rechts Wochenenden (hellgrauer Hintergrund) abgebildet sind. Die Balken zeigen den mittleren Fahrzeugdurchsatz (PKW in Dunkelblau, LKW in Hellblau), während die schwarze Linie die durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit verdeutlicht. Die rote gestrichelte Linie kennzeichnet das lokale Tempolimit von 30 km/h oder 50 km/h.

27

Tabellen

Tabelle 1. Übersicht der eingesetzten Messgeräte zur Erfassung der Luftqualität.	12
Tabelle 2. Übersicht der Messunsicherheiten und Nachweisgrenzen der Zephyr-Geräte.	13
Tabelle 3. Übersicht der Messzeiten an der Leipziger Straße und Kochstraße/Rudi-Dutschke-Straße. Alle Uhrzeiten sind in Ortszeit angegeben.	13
Tabelle 4. Zusammenfassung der meteorologischen Variablen während des Beobachtungszeitraums, einschließlich Lufttemperatur (°C), und Windgeschwindigkeit (m/s). Die Tabelle zeigt wichtige Statistiken wie Minimalwert, Median, Mittelwert und Maximalwert sowie die Standardabweichung (SD), um die Variabilität hervorzuheben.	14
Tabelle 5. Übersicht der gemessenen Konzentrationen durch die stationären Zephyrs z638 (Leipziger Straße) und z860 (Kochstraße). Die Werte basieren auf 1-stündigen Mittelwerten.	17
Tabelle 6. Übersicht der gemessenen Konzentrationen durch die mobilen Zephyrs z872 (am Lastenrad) und z925 (zu Fuß). Die Werte basieren auf 5-Minuten-Mittelwerten.	17

1 Einleitung

1.1 Ziele

Ziel des Projekts ist es, die Luftschadstoffbelastung in besonders belasteten Straßenabschnitten und städtischen Teilräumen durch gezielte verkehrliche Maßnahmen zu senken. Der vorliegende Zwischenbericht verfolgt das Ziel, auf Basis der durchgeführten Messungen eine erste Einschätzung der Auswirkungen auf die Luftqualität vorzunehmen.

Im Fokus steht dabei die mögliche Aufhebung der Tempo-30-Anordnung in der Leipziger Straße und die Rückkehr zur regulären Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h – sowie die Frage, welche Auswirkungen dies auf die Luftqualität hätte.

Der Bericht gliedert sich in zwei Teile:

- Teil 1 befasst sich mit der Erhebung und Auswertung der Luftqualität
- Teil 2 konzentriert sich auf die Erfassung des Rad- und Fußverkehrs, einschließlich Befragungen beider Gruppen und deren subjektiv wahrgenommener Sicherheit in der Leipziger Straße (bereits veröffentlicht).

Die Messungen der Luftqualität (in diesem Bericht dargestellt) erfolgt an zwei Standorten:

- Leipziger Straße: Hier soll die zulässige Höchstgeschwindigkeit wieder von 30 km/h auf 50 km/h erhöht werden.
- Kochstraße/Rudi-Dutschke-Straße: Dieser parallel verlaufende Abschnitt dient als Referenzort, da sich dort die zulässige Höchstgeschwindigkeit (50 km/h) nicht ändern wird.

Die Messungen sollen nach Aufhebung der Tempo-30-Anordnung an den gleichen Orten wiederholt werden.

1.2 Vorherige Forschung

Untersuchungen in Deutschland zeigen unterschiedliche, aber überwiegend positive Auswirkungen auf die Luftqualität. Langfristige Evaluierungen von Tempo-30 auf Berliner Hauptverkehrsstraßen ergeben einen Rückgang der Konzentrationen von NO₂ (6-12 µg/m³), PM₁₀ (2 µg/m³) und elementarem Kohlenstoff (0,3-0,8 µg/m³) im Vergleich zu Straßen mit Tempo 50¹. In ähnlicher Weise wurde in der Leipziger Straße nach Einführung von Tempo-30 im Jahr 2018 eine Nettoabnahme von NO₂ um 2,3 µg/m³ festgestellt². Andere Straßen, die in diese Studie einbezogen wurden, wie die Hauptstraße, der Tempelhofer Damm und die Kantstraße, wiesen eine Nettoabnahme von 3,8, 2,6 bzw. 2,2 µg/m³ auf, während die Potsdamer Straße aufgrund der bereits bestehenden Verkehrsbelastung keine Verbesserung erreichte.

Die Vorteile scheinen bei den Nicht-Abgasemissionen besonders groß zu sein. So ergab eine Studie in Halle (Saale), dass die PM₁₀-Emissionen durch Reifen- und Bremsenabrieb bei Tempo-30 im Vergleich zu Tempo-50 um 40-50 % niedriger sind, wenn alle Fahrzeuge das Tempo 30 einhalten; bei der tatsächlichen Umsetzung lag die Reduzierung jedoch bei etwa 20 %³. Diese Ergebnisse stimmen mit umfassenderen deutschen Bewertungen überein, die eine Verringerung der Schadstoffemissionen in Verbindung mit einem besseren Verkehrsfluss feststellen⁴.

Einige wenige Studien zeigen jedoch komplexere Ergebnisse. Während eine Untersuchung aus München ergab, dass die NO₂-Werte bei Tempo-30 aufgrund des geringeren Verkehrsaufkommens insgesamt sanken, waren die Emissionen pro Fahrzeug bei 30 km/h höher

¹ Pomrehn, W. (2021, March 4). Tempo 30: weniger Verkehrstote. Telepolis. <https://www.telepolis.de/news/Tempo-30-Weniger-Verkehrstote-5071361.html>

² Welzel, C. S. S. (2020, September 29). Keine Verkehrstoten: Was Helsinki richtig macht. NDR.de - Nachrichten - NDR Info. <https://www.ndr.de/nachrichten/info/Keine-Verkehrstoten-Was-Helsinki-richtig-macht,visionzero110.html>

³ Atkins & AECOM. (2018). 20mph research study headline report. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/757307/20mph_headline-report.pdf

⁴ Baldasano, J. M., Gonçalves, M., Soret, A., & Jiménez-Guerrero, P. (2010). Air pollution impacts of speed limitation measures in large cities: The need for improving traffic data in a metropolitan area. *Atmospheric Environment*, 44(25), 2997 -3006.

als bei 50 km/h⁵. In ähnlicher Weise wurde festgestellt, dass Beschleunigungsmuster bei niedrigeren Geschwindigkeiten die NO_x-Emissionen im Vergleich zu Tempo-50 um etwa 5 % pro Fahrzeug erhöhen⁶. Die regionale Umsetzung zeigt ebenfalls Schwankungen – in Halle sanken die NO_x-Emissionen um 8,6 % und in Göttingen um 1,2 %, während in Ravensburg ein Anstieg um 1,5 % aufgrund von Verkehrsverlagerungen zu verzeichnen war. Die PM₁₀-Emissionen gingen in allen drei Städten zurück (um 10,2 %, 4,1 % bzw. 1,3 %), während die CO₂-Wirkungen nicht eindeutig waren⁷.

Die Studien legen nahe, dass die Wirksamkeit von Tempo-30 stark von den lokalen Bedingungen und der Umsetzung abhängt. Während sich bei bestimmten Schadstoffen – insbesondere PM₁₀ aus nicht abgasbedingten Quellen wie Abrieb und Aufwirbelung – ein Reduktionspotenzial zeigt, ist der Erfolg bei anderen Schadstoffen stark von der Verringerung des Stop-and-Go-Verkehrs abhängig. In allen Studien wird betont, dass ein reibungsloser Verkehrsfluss für die Verbesserung der Luftqualität wichtiger ist als eine Geschwindigkeitsreduzierung allein. Europäische Fallstudien zeigen die potenziellen Vorteile, aber die Ergebnisse variieren je nach dem vorhandenen Verkehrsaufkommen erheblich.

Dieser Zwischenbericht stellt die ersten Ergebnisse der Messkampagne im Rahmen des Projektes „Aufbau und Betrieb eines erweiterten umweltsensitiven Verkehrsmanagementsystems in Berlin (eUVM)“ rund um die Leipziger Straße vor, insbesondere die Bestandsaufnahme vor einer möglichen Aufhebung der Tempo-30-Anordnung und die Rückkehr zur Regelgeschwindigkeit. Weitere Ergebnisse und Analysen ebenso wie eine Bewertung der Wirksamkeit der Tempo-30-Regelung in der Leipziger Straße können erst nach Auswertung der Nachher-Erhebungen nachgereicht und fundiert durchgeführt werden.

⁵ Keuken, M. P., Jonkers, S., Zandveld, P., & Voogt, M. (2010). Effect of a lower speed limit on emissions and air quality near Amsterdam. *Atmospheric Environment*, 44(27), 3147–3154.

⁶ Gonçalves, M., Jiménez-Guerrero, P., López, E., & Baldasano, J. M. (2008). Air quality models sensitivity to on-road traffic speed representation: effects on air quality of 80 km h⁻¹ speed limit in the Barcelona metropolitan area. *Atmospheric Environment*, 42(36), 8389-8402.

⁷ Keller, M., Dorer, V., & Alleman, L. (2008). Effects of traffic speed reduction on air quality: Simulation with an air quality model package. *Environmental Modelling & Software*, 23(3), 320–328.

2 Luftqualität

2.1 Methodik Luftqualitätserfassung

2.1.1 Messstandorte

Insgesamt wurden sowohl stationäre als auch mobile Messungen an den zwei Standorten durchgeführt. Die mobilen Messungen wurden entweder zu Fuß oder mit einem Lastenrad durchgeführt:

- Stationär:
 - Leipziger Straße: an der BLUME-Messstation 190 an der Adresse Leipziger Str. 5, 10117 Berlin
 - Kochstraße: an dem Lichtmast LM 20 an der Adresse Kochstraße 12, 10969 Berlin
- Mobil:
 - Leipziger Straße: zwischen Leipziger Platz und der Kreuzung mit der Charlottenstraße
 - Kochstraße: zwischen der Kreuzung mit der Wilhelmstraße und der Kreuzung mit der Charlottenstraße

Es wurden sowohl stationäre als auch mobile Messungen durchgeführt, um mögliche unterschiedliche Auswirkungen auf die Luftqualität zu erfassen. Stationäre Messungen wurden in der Leipziger Straße durchgeführt, um mögliche Veränderungen infolge der Änderung der Geschwindigkeitsbegrenzung in diesem lokalen Bereich zu erfassen. Mobile Messungen mit dem Fahrrad und zu Fuß wurden durchgeführt, um mögliche Veränderungen im Zusammenhang mit der Änderung der Geschwindigkeitsbegrenzung und der damit verbundenen Belastung für diese beiden Verkehrsmittel zu erfassen. Stationäre und mobile Messungen in der Kochstraße wurden als Kontrollmessungen durchgeführt. Obwohl es sich um eine kleinere Straße handelt, liefert die Nähe zur Leipziger Straße einen Kontext für Veränderungen in der unmittelbaren Umgebung. Wenn beispielsweise Veränderungen auf der Leipziger Straße und in ähnlicher Weise auch auf der Kochstraße beobachtet werden, dann ist die beobachtete Veränderung wahrscheinlich auf Faktoren zurückzuführen, die diesen Bereich direkt beeinflussen, und nicht das Ergebnis der umgesetzten Maßnahme. In größerem Maßstab werden die Daten der städtischen Hintergrundmessstationen in der Stadt verwendet, um stadtweite Veränderungen zu erfassen. Dieser Ansatz wurde bereits zuvor im Rahmen einer anderen Studie verwendet, die ebenfalls mit der Umsetzung einer politischen Maßnahme in Berlin einherging.

2.1.2 Messgeräte

Zur Erfassung der Luftqualität wurden im Rahmen dieser Studie verschiedene Messgeräte eingesetzt, die sich hinsichtlich Messgenauigkeit, Sensortechnologie, Mobilität und Messfrequenz unterscheiden. Ziel war es, durch die Kombination von kleinen Sensorsystemen und hochpräzisen Referenzgeräten eine flächendeckende, aber gleichzeitig validierte Messkampagne durchzuführen. Die Messgeräte wurden sowohl stationär als auch mobil (am Lastenrad bzw. getragen) betrieben.

Kleine Sensoren (Zephyrs)

Die Zephyrs (Hersteller: EarthSense Systems) sind Mehrkomponenten-Luftqualitätssensoren, die für flexibles Monitoring konzipiert wurden. Sie erfassen in Echtzeit die Konzentrationen von NO, NO₂, O₃, PM_{2,5} und PM₁₀. Die Zephyrs nutzen elektrochemische Sensoren zur Messung von Gasen und einen optischen Partikelsensor (Streulichtprinzip) für Feinstaub. Die Daten werden standardmäßig alle 10 Sekunden aufgezeichnet. Zephyrs wurden sowohl an festen Messpunkten (stationär) als auch in mobilen Setups (getragen oder am Lastenrad) eingesetzt.

Referenzgeräte

Zur Validierung und Ergänzung der Zephyr-Daten wurden hochwertige Referenzmessgeräte eingesetzt:

- Das Model 205 Dual Beam Ozon-Monitor von 2B Technologies verwendet ein UV-Absorptionsverfahren zur präzisen Bestimmung von Ozonkonzentrationen. Das Gerät

wurde mobil auf dem Lastenrad betrieben, wobei die Luft über ein Teflonschlauch aus ca. 1 m Höhe angesaugt wurde.

- Das Model 405 nm NO₂/NO/NO_x-Monitor von 2B Technologies misst Stickoxide mittels direkter Absorption von 405 nm Licht durch NO₂-Moleküle.
- Das T200 NO_x-Messgerät von Teledyne Instruments arbeitet nach dem klassischen Chemilumineszenzverfahren und wurde ebenfalls mobil verwendet.
- Das GRIMM 11-R ist ein optisches Feinstaubmessgerät, das Partikelgrößenverteilungen und Massenkonzentrationen nach dem Streulichtverfahren erfasst. Aufgrund technischer Probleme konnte dieses Gerät jedoch nur an zwei Tagen (27.06. und 26.07.2023, jeweils morgens und abends) eingesetzt werden. Die Daten wurden aufgrund mangelnder zeitlicher Abdeckung nicht in die Auswertung aufgenommen.

Stationäre Referenzstation (BLUME-Station MC190)

Die Berliner Luftgütemessstation (MC190) an der Leipziger Straße 5 in 10117 Berlin dient als offizielle Referenzmessstation des Berliner Luftgütemessnetzes. Dort werden kontinuierlich Konzentrationen von NO, NO₂, NO_x, PM_{2,5} und PM₁₀ gemessen. Die Daten stehen in 5-minütiger und stündlicher Auflösung zur Verfügung und wurden zur Kalibrierung und Validierung der stationären Zephyrs verwendet.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über alle eingesetzten Geräte:

TABELLE 1. ÜBERSICHT DER EINGESETZTEN MESSGERÄTE ZUR ERFASSUNG DER LUFTQUALITÄT.

Gerät	Gemessene Parameter	Ort / Befestigung	Zeitliche Auflösung	Bemerkung
Zephyr z638	NO, NO ₂ , O ₃ , PM _{2,5}	Stationär – BLUME-Station 190	10 Sek. → 1 Std. Mittel	Stationär über gesamte Messperiode
Zephyr z860	NO, NO ₂ , O ₃ , PM _{2,5}	Stationär – Kochstraße (Lichtmast)	10 Sek. → 1 Std. Mittel	Betrieb tagsüber (ca. 8:00–17:30)
Zephyr z872	NO, NO ₂ , O ₃ , PM _{2,5}	Mobil – Lastenrad (vorn links, ca. 1 m Höhe)	10 Sek. → 5 Min. Mittel	Stoßzeitenbetrieb
Zephyr z925	NO, NO ₂ , O ₃ , PM _{2,5}	Mobil – getragen (Bauchhöhe, zu Fuß)	10 Sek. → 5 Min. Mittel	Stoßzeitenbetrieb
2BTech 205	O ₃	Mobil – im Lastenrad, Ansaugung vorn links	10 Sek. → 5 Min. Mittel	UV-basierte O ₃ -Referenzmessung
2BTech 405	NO, NO ₂ , NO _x	Mobil – im Lastenrad, Ansaugung vorn links	-	Defekt
Teledyne T200	NO, NO ₂ , NO _x	Mobil – im Lastenrad, Ansaugung vorn links	60 Sekunden → 5 Min. Mittel	Chemilumineszenz NO _x -Referenz
GRIMM 11R	PM ₁₀ , PM _{2,5}	Mobil – am Lastenrad	-	Defekt, nur an zwei Tagen nutzbar
BLUME-Station MC190	NO, NO ₂ , NO _x , PM _{2,5} , PM ₁₀	Stationär – Leipziger Straße 5	1 Stunde	Validierte Referenzdaten für Analyse

2.1.3 Datenverarbeitung und Zeitauflösung

Zur Glättung kurzzeitiger Schwankungen sowie zur besseren Vergleichbarkeit wurden die Rohdaten der mobilen Messgeräte auf 5-Minuten-Mittelwerte aggregiert. Dies erlaubt eine bessere Erkennung räumlicher Muster, ohne relevante Trends zu verlieren. Die stationären Zephyrs (z638 und z860) wurden auf 60-Minuten-Mittelwerte gemittelt, um der zeitlichen Auflösung der BLUME-Referenzdaten zu entsprechen.

2.1.4 Kalibrierung und Nachweisgrenzen

Die vier Zephyrs, z638, z860, z872 und z925, wurden mit Hilfe der „7-Step Methodology“ (Schmitz 2021) kalibriert. Die Methode berechnet unter anderem Nachweisgrenzen für jeden Zephyr. Werte unter der Nachweisgrenze wurden mit der Hälfte der jeweiligen Nachweisgrenze ersetzt. Darüber hinaus wurden Messunsicherheiten berechnet, die den Genauigkeitsbereich für alle jeweils gemessenen Daten widerspiegeln. Die Messunsicherheit und die Nachweisgrenze sind in Tabelle 2 angegeben.

TABELLE 2. ÜBERSICHT DER MESSUNSICHERHEITEN UND NACHWEISGRENZEN DER ZEPHYR-GERÄTE.

Messgerät	Parameter	Messunsicherheit ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nachweisgrenze ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
z638	O ₃	5,5	4,1
	NO	4,4	5,0
	NO ₂	5,8	5,0
	PM2,5	1,5	0,80
z860	O ₃	6,4	3,9
	NO	3,8	2,7
	NO ₂	6,9	2,3
	PM2,5	1,6	1,1
z872	O ₃	6,5	3,5
	NO	6,8	1,8
	NO ₂	7,7	2,7
	PM2,5	1,7	1,0
z925	O ₃	7,2	3,7
	NO	6,3	2,6
	NO ₂	8,3	3,6
	PM2,5	1,6	1,0

2.1.5 Umrechnungsfaktoren

Ozon wurde bei den Messungen mit dem 2BTech-Referenzgerät in der Einheit ppb erfasst. Zur Umrechnung in Mikrogramm pro Kubikmeter wurde der Umrechnungsfaktor des Umweltbundesamtes (2010) verwendet. Der Wert ist der Umrechnungsfaktor bei Normbedingungen (1013 hPa und 20 °C):

Umrechnungsfaktor:

- O₃: 1 ppb = 1,9954 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Für die übrigen Geräte erfolgte die Ausgabe der Ozonwerte direkt in Mikrogramm pro Kubikmeter, sodass dort keine Umrechnung erforderlich war.

2.1.6 Messzeiten

Insgesamt gab es 16 Messtage im Juni und Juli 2023. Alle Messtage sind in Tabelle 3 aufgelistet.

TABELLE 3. ÜBERSICHT DER MESSZEITEN AN DER LEIPZIGER STRAÙE UND KOCHSTRAÙE/RUDI-DUTSCHKE-STRAÙE. ALLE UHRZEITEN SIND IN ORTSZEIT ANGEGEBEN.

Datum	Stationär (z860)	Mobile Messungen (Fahrrad; z872, 2BTech O ₃)	Mobile Messungen (zu Fuß; z925)
27.06.23	09:03 - 18:02	08:35 - 10:29, 16:32 - 17:22	08:35 - 09:32, 16:21 - 17:16
28.06.23	08:22 - 18:10	09:07 - 10:03, 15:52 - 17:21	09:07 - 09:45, 15:52 - 17:22
03.07.23	08:30 - 17:50	09:44 - 10:06, 15:44 - 16:55	09:03 - 10:06
04.07.23	08:15 - 17:27	08:48 - 09:51, 15:47 - 16:40	08:54 - 10:02, 15:46 - 16:43
05.07.23	16:01 - 17:25	16:32 - 17:13	16:34 - 17:14
06.07.23	08:07 - 18:13	08:20 - 09:19, 16:26 - 17:18	08:21 - 09:18

07.07.23	11:16 - 14:32		
09.07.23	13:00 - 15:17		
10.07.23	08:44 - 17:43	09:16 - 10:16	09:16 - 10:12
11.07.23*	08:07 - 17:14	15:42 - 16:53	15:43 - 16:21
12.07.23*	08:05 - 17:12	08:20 - 08:56, 15:31 - 16:55	08:21 - 08:57, 15:30 - 15:36, 16:18 - 16:57
13.07.23*	08:14 - 17:39	08:28 - 09:35, 15:44 - 17:12	08:28 - 09:34, 15:44 - 16:28
16.07.23	10:52 - 14:49		
18.07.23	08:09 - 09:37	08:21 - 09:04	08:25 - 09:01
19.07.23	07:53 - 17:47	09:00 - 09:40, 15:48 - 16:19	09:00 - 09:35, 15:50 - 16:19
20.07.23	08:00 - 17:35	08:12 - 08:46, 16:24 - 17:03	08:12 - 08:46, 16:21 - 16:57
22.07.23	12:03 - 16:21		
24.07.23	08:10 - 17:10	08:24 - 09:15, 15:53 - 16:40	08:25 - 09:00, 15:54 - 16:34
25.07.23	07:28 - 16:32	08:11 - 08:51, 15:17 - 15:58	15:29 - 15:58
26.07.23	08:06 - 17:34	09:02 - 09:30, 15:43 - 16:33	08:52 - 09:27, 15:54 - 16:37

*T200 NOx-Gerät enthalten.

Neben den in Tabelle 3 dargestellten Zeitfenstern wurde auch das Feinstaubmessgerät GRIMM 11R nur an zwei Tagen, am 27.06.2023 und am 26.07.2023, jeweils morgens und abends, eingesetzt und Daten erhoben. Daher wurden sie von der Auswertung ausgeschlossen.

2.1.7 Meteorologische Daten

Meteorologische Faktoren können einen starken Einfluss auf die Ausbreitung, die chemischen Reaktionen und die Beseitigung von Schadstoffen in der Atmosphäre haben. Erhöhte Temperaturen verstärken die Bildung von O₃ und können die Emissionen von NO₂ und PM ansteigen lassen. Niederschläge verringern in der Regel alle Schadstoffkonzentrationen durch nasse Ablagerung. Höhere Windgeschwindigkeiten tragen zur Ausbreitung von Schadstoffen und damit zur Senkung ihrer Konzentrationen bei, während die Windrichtung den Schadstofftransport in der Luft beeinflusst – Schadstoffe, die oft aus der näheren Umgebung (verkehrsreiche oder industrielle Gebiete sowie regionale Hintergrundquellen) stammen.

Die stündlichen Daten aus der DWD-Station in Berlin-Tempelhof sind im Folgenden zusammengefasst, um die meteorologischen Bedingungen im Verlauf der Messkampagne darzustellen. Während des Beobachtungszeitraums reichte die Lufttemperatur von 11,1°C bis 34,1°C, mit einem Mittelwert von 20,4°C und einer Standardabweichung (SD) von 4,4°C, was auf eine mäßige Variabilität hinweist. Der dominante Wind stammt aus WNW bis W und ist für einen großen Teil des Gesamtwindes verantwortlich. Der Großteil der Winde hat eine moderate Geschwindigkeit (2-6 m/s). Die Windrichtung ist nicht gleichmäßig verteilt, was auf ein dominantes Strömungsprofil hinweist. Das Fehlen von Windstille deutet auf eine durchgängig aktive Luftbewegung in dem untersuchten Gebiet hin. Daten über den Bedeckungsgrad waren für die Analyse nicht verfügbar.

TABELLE 4. ZUSAMMENFASSUNG DER METEOROLOGISCHEN VARIABLEN WÄHREND DES BEOBACHTUNGSZEITRAUMS, EINSCHLIEßLICH LUFTTEMPERATUR (°C), UND WINDGESCHWINDIGKEIT (M/S). DIE TABELLE ZEIGT WICHTIGE STATISTIKEN WIE MINIMALWERT, MEDIAN, MITTELWERT UND MAXIMALWERT SOWIE DIE STANDARDABWEICHUNG (SD), UM DIE VARIABILITÄT HERVORZUHEBEN.

Variable	Min.	1. Qu.	Median	Mittelwert	3. Qu.	Max.	SD
Lufttemperatur	11,1	17,0	19,9	20,4	23,5	34,1	4,4
Windgeschwindigkeit	0,3	2,2	3,3	3,6	4,8	8,9	1,8

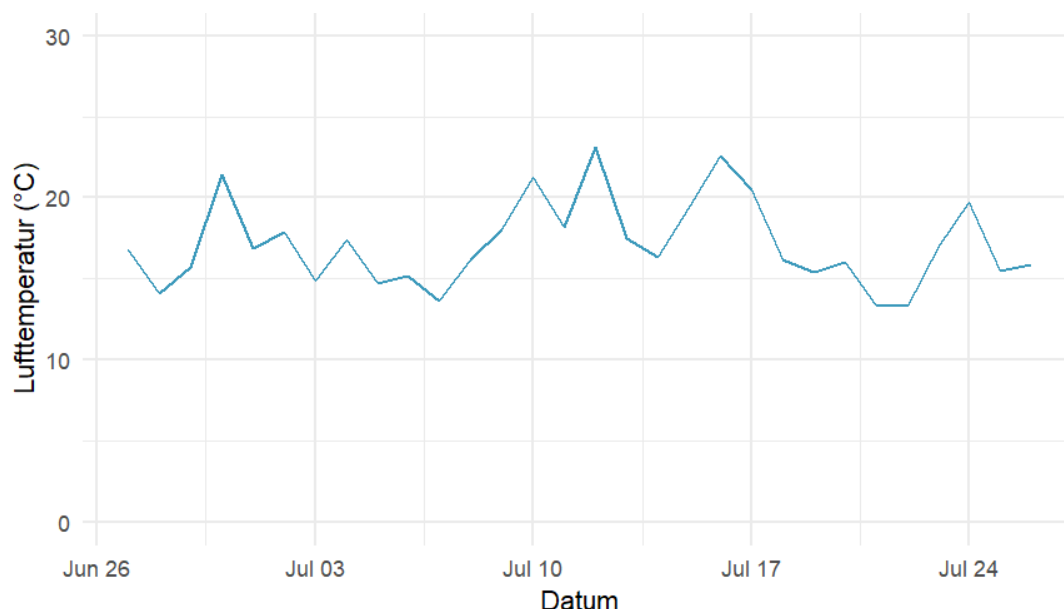


ABBILDUNG 1. ZEITREIHE DER TÄGLICHEN DURCHSCHNITTSTEMPERATUR (°C) WÄHREND DES BEOBSACHTUNGSZEITRAUMS, DIE EINE MODERATE VARIABILITÄT MIT GELEGENTLICHEN SPITZEN ZEIGT.

Diese meteorologischen Variablen sind in Tabelle 4 zusammengefasst und in den Abbildungen 1 (Lufttemperatur) und 2 (Verteilung der Windrichtung und -geschwindigkeit) grafisch dargestellt. Die Windrose (Abbildung 2) verdeutlicht die vorherrschende westliche und nordwestliche Windrichtung sowie die Schwankungen der Windgeschwindigkeiten, die meist im Bereich von 2-6 m/s liegen.

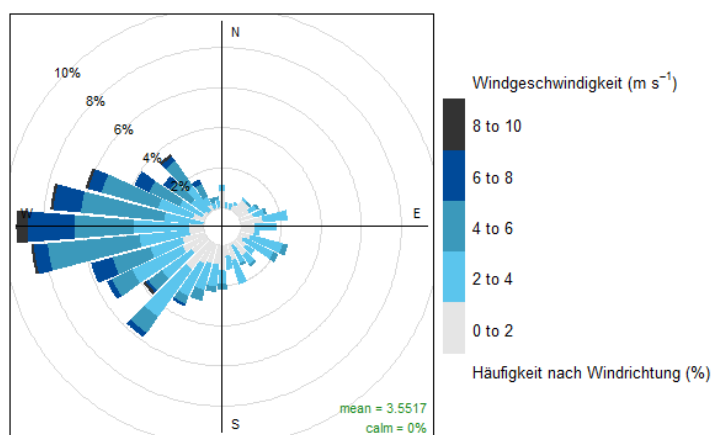


ABBILDUNG 2. WINDROSEN-DIAGRAMM, DASS DIE VERTEILUNG VON WINDRICHTUNG UND WINDGESCHWINDIGKEIT ZEIGT. DAS DIAGRAMM HEBT EINE VORHERRSCHENDE WESTLICHE (W) WINDRICHTUNG UND MODERATE WINDGESCHWINDIGKEITEN IM BEREICH VON 2 BIS 8 M/S HERVOR.

2.2 Auswertung

In der Studie werden die wesentlichen Schadstoffe O_3 , NO_2 , NO , und $PM_{2,5}$ betrachtet, die durch europäische Luftqualitätsnormen geregelt werden. Diese Schadstoffe werden direkt durch Fahrzeugemissionen beeinflusst und sind daher für die Untersuchung der Auswirkungen von Geschwindigkeitsbegrenzungen auf die Luftqualität relevant.

Der mobile Messdatensatz umfasst 16 Messtage im Juni und Juli 2023 (Tabelle 3), wobei die Daten mit hoher zeitlicher Auflösung (10-Sekunden-Intervalle) erfasst, und als 5-Minuten-Mittelwerte bearbeitet wurden. Die mobilen Messungen wurden durch temporäre stationäre Messungen in der Kochstraße unterstützt, um einen lokalen Datenpunkt als Referenz zu haben. Die Daten eines Geräts (Zephyr z925) wurden nach dem 07.07.2023 aufgrund eines Geräteausfalls ausgeschlossen.

Der stationäre Messdatensatz umfasst die Daten eines Zephyrs (z638), der von 09.06.2023 bis 03.08.2024 zusammen mit der Referenzinstrumentierung an der BLUME-Station in der Leipziger Straße aufgestellt war.

Die im Projekt verwendeten Zephyrs wurden nach der „7-Step Methodology“⁸ kalibriert, um zuverlässige Daten für Schadstoffe wie NO₂ und O₃ zu gewährleisten. Jedoch beeinträchtigten Einschränkungen in der Sensorleistung die Qualität bestimmter Datensätze erheblich. Die Zephyrs zeigten generell eine schlechte Leistung bei der Erkennung von PM10-Konzentrationen, sowohl stationär als auch mobil, wobei sie häufig größere Feinstaubpartikel deutlich unterschätzten. Dies ist ein bekanntes Problem bei preiswerteren Feinstaubsensoren⁹, das sich bei mobilen Messungen noch verschärfen würde. Infolgedessen werden die PM10-Daten, insbesondere die mobilen PM10-Daten, als unzuverlässig und ungeeignet für eine solide Analyse angesehen. Darüber hinaus produzierte das NOx 2BTech-Referenzgerät keine gültigen mobilen Daten, was die Bewertung der mobilen NOx-Konzentrationen völlig einschränkt. Es gibt allerdings einen Präzedenzfall für die Verwendung dieses Geräts für mobile Messungen an einem Fahrrad, bei dem zuverlässige Messungen erzielt wurden¹⁰.

Die aggregierten 5-Minuten-Mittelwerte der mobilen Messungen bieten angesichts der Einschränkungen bei der Kalibrierung einen robusteren Datensatz als die 10-Sekunden-Daten¹¹, geben aber dennoch einen ausreichenden Einblick in die während des Radfahrens und Gehens auf den beiden Strecken gemessenen Konzentrationen. Die Kombination von stationären und mobilen Messungen erfasst die räumliche Variabilität und bietet ein vollständigeres Bild der Schadstoffmuster entlang der Leipziger Straße und der Kochstraße. Die stündliche Aggregation der stationären Daten gewährleistet die Kompatibilität mit den Langzeitmessungen des BLUME-Netzwerks.

Die Abhängigkeit von mobilen Messungen für bestimmte Zeiträume führt zu Schwankungen aufgrund sich ändernder Bedingungen während der Erhebungen zu Fuß bzw. mit dem Fahrrad. Nach der Durchführung von Nachher-Messungen werden die stationären Messungen einen wichtigen Datensatz für die Normalisierung liefern, um lokalisierte Einflüsse und Schwankungen auf den Straßenabschnitten zu berücksichtigen, was den Vergleich zwischen den beiden Straßen valider macht. Es wird erwartet, dass die Messungen entlang der Leipziger Straße die Auswirkungen der Tempo-30-Zone (im Vergleich zur potenziell geplanten Änderung auf Tempo 50) widerspiegeln, während die parallelen Messungen entlang der Kochstraße (ohne Änderung der Geschwindigkeitsbegrenzung) eine Referenz für den Vergleich darstellen.

Einige Einschränkungen sind zu beachten. Die mobilen Messungen können durch örtliche Gegebenheiten, wie die Nähe zu Verkehr oder Gebäuden, während der Datenerfassung beeinflusst worden sein. Diese potenziellen Einflüsse werden jedoch durch die vor Ort durchgeführten stationären Messungen berücksichtigt, die eine verlässliche Basis für den Vergleich darstellen. Einige dieser Faktoren können durch Normalisierung berücksichtigt werden, wenn Vorher- und Nachher-Messungen durchgeführt wurden. Darüber hinaus beeinträchtigen die durch Geräteausfälle verursachten Datenlücken, insbesondere beim z925-Gerät, die Vollständigkeit der O₃- und NO₂-Messungen. Bei den Verkehrskameras gab es Zeiträume mit fehlenden Daten, was zu Unsicherheiten bei Analysen führte, die präzise Daten für kurze Intervalle erfordern. Die Einbeziehung kontinuierlicher und genauer Verkehrszählungen in zukünftige Arbeiten würde die Interpretation der beobachteten Änderungen in Luftschadstoffkonzentrationen verbessern.

2.2.1 Korrelationsanalyse zwischen dem Zephyr z638 und der BLUME-Messstation

Um die kalibrierten Daten des Zephyrs zu überprüfen, wurden die NOx- und PM2,5-Daten des Zephyr z638 (gemittelt auf Stundenbasis) mit den Daten der BLUME-Messstation verglichen, an der der Zephyr ebenfalls stationiert war.

- NO: Die Daten zeigen allgemeine Übereinstimmung, wobei niedrigere Konzentrationen eher über- und höhere Konzentrationen eher unterschätzt wurden.
- NO₂: Die Daten zeigen allgemeine Übereinstimmung, wobei Zephyr z638 eine Tendenz zur Überschätzung hat.

⁸ Schmitz, S., S. Towers, G. Villena, A. Caseiro, R. Wegener, D. Klemp, I. Langer, F. Meier, and E. von Schneidmesser (2021) Unravelling a black box: An open-source methodology for the field calibration of small air quality sensors. *Atmospheric Measurement Techniques*, 14(11): p. 7221-7241 DOI: 10.5194/amt-14-7221-2021.

⁹ Caseiro, A., S. Schmitz, and E. von Schneidmesser (2024) Particle number size distribution evaluation of Plantower PMS5003 low-cost PM sensors – A field experiment. *Environmental Science: Atmospheres*, 2, 1183-1194, DOI: 10.1039/D4EA00086B.

¹⁰ Samad, A., Vogt, U. (2020) Investigation of urban air quality by performing mobile measurements using a bicycle (MOBAIR). *Urban Climate*, 33, 100650, DOI: 10.1016/j.uclim.2020.100650.

¹¹ Schmitz, S., A. Caseiro, E. von Schneidmesser (2025) How electrochemical sensors measure up to reference-grade nitrogen dioxide monitors across temporal scales. *Science of The Total Environment*, 980, 179476, doi: 10.1016/j.scitotenv.2025.179476.

■ PM_{2,5}: Die Daten zeigen allgemeine Übereinstimmung.

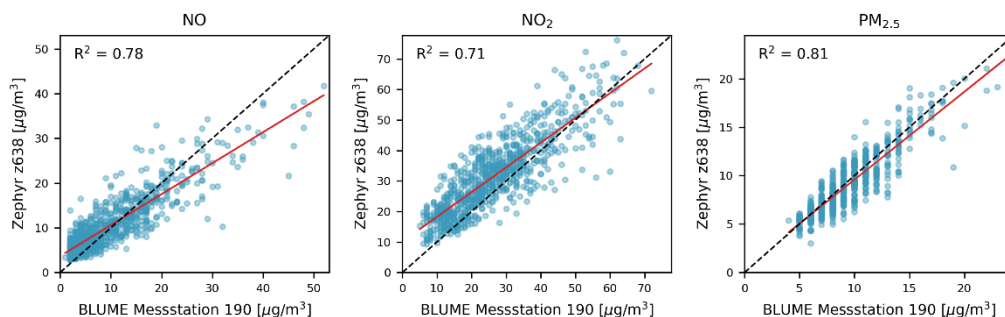


ABBILDUNG 3. KORRELATIONSANALYSE ZWISCHEN ZEPHYR Z638 UND DER BLUME-MESSSTATION FÜR DIE SCHADSTOFFE NO, NO₂, UND PM_{2,5}. BEIDE DATENSÄTZE SIND AUF EINEN STUNDENWERT GEMITTELT. DIE ROTE LINIE ENTSPRICHT DER LINEAREN REGRESSION ZWISCHEN BEIDEN DATENSÄTZEN. DIE SCHWARZE LINIE ENTSPRICHT DEM 1:1-VERHÄLTNIS ZWISCHEN BEIDEN DATENSÄTZEN.

2.2.2 Übersicht der gemessenen Konzentrationen

TABELLE 5. ÜBERSICHT DER GEMESSENEN KONZENTRATIONEN DURCH DIE STATIONÄREN ZEPHYRS Z638 (LEIPZIGER STRAßE) UND Z860 (KOCHSTRASSE). DIE WERTE BASIEREN AUF 1-STÜNDIGEN MITTELWERTEN.

Messgerät	Schadstoff	Minimum	Mittelwert	Maximum
z638 (@MC190, Leipziger Str.)	O ₃	3.7	58	120
	NO	2.5	11	45
	NO ₂	5.0	29	73
	PM _{2,5}	1.6	7.8	22
z860 (Kochstr.)	O ₃	5.2	71	150
	NO	2.7	12	37
	NO ₂	3.0	25	63
	PM _{2,5}	1.1	4.9	15

TABELLE 6. ÜBERSICHT DER GEMESSENEN KONZENTRATIONEN DURCH DIE MOBILEN ZEPHYRS Z872 (AM LASTENRAD) UND Z925 (ZU FUß). DIE WERTE BASIEREN AUF 5-MINUTEN-MITTELWERTEN.

Messgerät	Schadstoff	Minimum	Mittelwert	Maximum
z872 (mobil: mit Lastenrad)	O ₃	22	65	200
	NO	2.5	13	57
	NO ₂	2.6	29	130
	PM _{2,5}	1.1	6.3	29
z925 (mobil: zu Fuß)	O ₃	3.8	55	150
	NO	2.5	17	68
	NO ₂	3.0	17	110
	PM _{2,5}	1.0	5.9	46

Die mittleren O₃-Konzentrationen am stationären Standort Leipziger Straße (z638) betragen 59 µg/m³, während sie in der Kochstraße (z860) 71 µg/m³ erreichten. Diese Werte

beruhen auf kontinuierlichen Messungen, gemittelt auf 1 Stunde. Die mobilen Geräte (z872 auf dem Lastenrad und z925, das zu Fuß getragen wurde) verzeichneten eine höhere Variabilität mit O₃-Maximalwerten von bis zu 180 bzw. 220 µg/m³. Diese Spitzenwerte spiegeln die höhere zeitliche Auflösung von 5 Minuten wider.

Für NO₂ ergaben die stationären Messungen Mittelwerte von 32 µg/m³ (Leipziger Straße) und 26 µg/m³ (Kochstraße), mit Spitzenwerten von 110 und 290 µg/m³. Die mobilen Messungen, die auf 5-Minuten-Mittelwerten basieren, zeigten eine größere Variabilität mit Höchstwerten von 100 µg/m³ (Fahrrad) und 470 µg/m³ (Fußgänger). Diese hohen Spitzenwerte spiegeln lokale Verschmutzungsereignisse wider, die wahrscheinlich auf die unmittelbare Nähe zu einzelnen Fahrzeugemissionen zurückzuführen sind. Die NO-Messungen zeigten ähnliche Muster wie die NO₂-Messungen, wenn auch mit etwas geringeren Konzentrationen.

Die PM_{2,5}-Konzentrationen waren im Allgemeinen niedrig bis mäßig. Die Mittelwerte lagen zwischen 9 und 12 µg/m³, sowohl bei stationären (1 Stunde) als auch bei mobilen (5 Minuten) Messungen, wobei die Spitzenwerte der mobilen Messungen bis zu 42 µg/m³ erreichten. Feinstaubspitzen werden häufig mit Verkehrsemissionen in der Nähe, der Wiederaufwirbelung von Straßenstaub und/oder atmosphärischen Bedingungen in Verbindung gebracht, die eine Ansammlung von Schadstoffen und eine minimale Dispersion ermöglichen, wie z. B. geringe Windgeschwindigkeiten^{12 13}.

2.2.3 Auswertung der Referenzgeräte.

Der folgende Abschnitt zeigt die Ergebnisse der mit den Referenzgeräten gemessenen Konzentrationen. Im Rahmen der Messkampagne wurden Referenzgeräte für drei verschiedene Parameter – O₃, NO_x und PM – eingesetzt. Aufgrund technischer Schwierigkeiten konnten jedoch nur die Daten des O₃-Referenzgeräts berücksichtigt werden.

2.2.3.1. Ozon 2BTech

In Abbildung 4 sind die Messwerte des O₃-Referenzgeräts während des mobilen Einsatzes mit dem Lastenrad zu sehen.

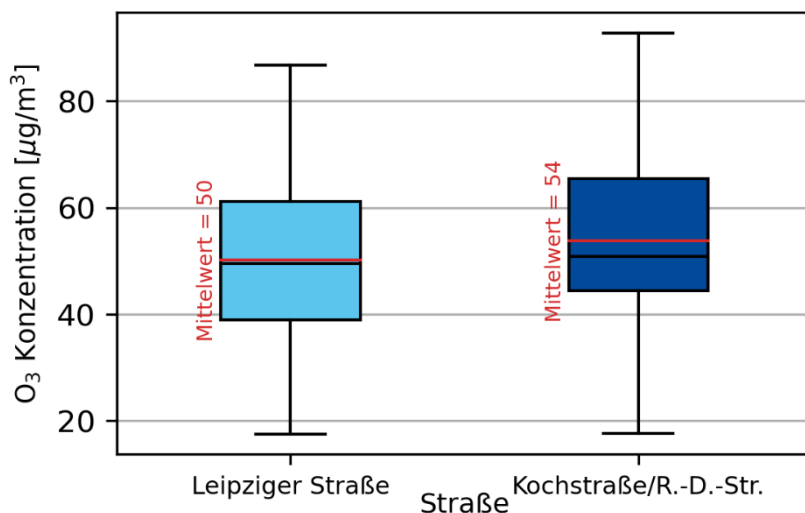


ABBILDUNG 4. BOX- UND WHISKERPLOTS DES REFERENZGERÄTES 2BTech ZU DEN O₃-MESSUNGEN (5-MINUTEN-MITTELWERTE) AUF DER LEIPZIGER STRAÙE (LINKS) UND KOCHSTRASSE/RUDI-DUTSCHKE-STR. (RECHTS). IN ROT SIND DIE DURCHSCHNITTSWERTE ZU SEHEN. VON UNTEN NACH OBEN STELLEN DIE SCHWARZEN WAAGERECHTEN LINIEN DAS 5. UND DAS 25. PERZENTIL, DEN MEDIAN, DAS 75. UND DAS 95. PERZENTIL DAR.

In beiden Straßen liegt die minimale gemessene Konzentration bei etwa 18 µg/m³. Die höchste Konzentration wurde in der Kochstraße mit 97 µg/m³ festgestellt, während in der Leipziger Straße ein Maximalwert von 90 µg/m³ erreicht wurde. Der Median der

¹² Yoo, J.-W., Park, S.-Y., Jo, H.-Y., Jeong, Y., Lee, H.-J., Cheol-Hee Kim, and Lee, S.-H. (2024). Assessing the role of cold front passage and synoptic patterns on air pollution in the Korean Peninsula. *Environmental Pollution* 348:123803. doi:10.1016/j.envpol.2024.123803.

¹³ Schäfer, K., Elsasser, M., Arteaga-Salas, J.M., Gu, J., Pitz, M., Schnelle-Kreis, J., Cyrus, J., Emeis, S., Prévôt, A.S.H., and Zimmermann, R. (2016). Impact of meteorological conditions on airborne fine particle composition and secondary pollutant characteristics in urban area during winter-time. *Meteorologische Zeitschrift* 25 (3):267–279. doi:10.1127/metz/2016/0684.

Konzentrationen ist in beiden Straßen mit $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ identisch. Der Mittelwert liegt in der Kochstraße jedoch mit $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ höher als in der Leipziger Straße ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Der höhere Mittelwert bei gleichem Median weist darauf hin, dass in der Kochstraße vermehrt kurzfristige Konzentrationsspitzen auftreten.

2.2.4 Auswertung der stationären Zephyrs (z638 und z860)

Die zwei stationären Zephyr-Messgeräte wurden über verschiedene Zeiträume eingesetzt, wie unten aufgelistet, und entsprechend ausgewertet (siehe z. B. Abbildung 5). Es wurden für die Auswertung alle kontinuierlichen Messungen des Zephyrs „z638“ (an der BLUME-Messstation Leipziger Straße verwendet, vom Start bis zum Ende der Messkampagne. Für die Auswertungen des Zephyrs „z860“ wurden die Daten genutzt, die während der in der Tabelle vermerkten Messzeiten erhoben wurden. Dabei wurde der Zephyr morgens gegen 8 Uhr an der Laterne auf Höhe der Kochstraße 12 angebracht und, nach den Messungen, nachmittags ca. 17:30 Uhr wieder abgehängt. Es wurden alle von diesem Zephyr erhobenen Daten verwendet, mit Ausnahme der Daten vom 11.07.2023, da ein Fehler am Messgerät vorgelegen haben muss.

Da die BLUME-Daten nur im Stundendurchschnitt zur Verfügung stehen, wurden für die Vergleichbarkeit die Daten der Zephyrs ebenfalls auf Stundenwerte gemittelt.

Die drei Zeitintervalle der Analyse kommen wie folgt zustande:

- Stoßzeiten: Von 8-10 Uhr und 15-17 Uhr an den Tagen an denen gemessen wurde („z638“ und „z860“)
- Tagsüber: Von Anbringen bis Demontage der mobilen Messgeräte an Messtagen, also zumeist zwischen 8 und 17 Uhr („z638“ und „z860“)
- Kontinuierlich: durchgängige Ergebnisse vom 27.06.2023 bis 26.07.2023, ohne Unterbrechung an der Leipziger Straße („z638“)

2.2.4.1 Ozon

Wie in Abbildung 5 zu sehen ist, sind die O_3 -Konzentrationen in der Leipziger Straße geringer als in der Kochstraße. Über beide Straßen hinweg ändern sich die Werte zwischen den Stoßzeiten und tagsüber wenig. Ebenfalls weichen die kontinuierlichen Messungen an der Leipziger Straße (Messstation MC190) wenig von den Messungen an den Laternen in der Leipziger Straße ab (Mittelwerte: $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Die O_3 -Konzentrationen dort sind wahrscheinlich wegen der erhöhten NO_x -Konzentrationen (Abbildung 5) geringer als in der Kochstraße, da durch die NO_x - O_3 -Titration O_3 aufgebraucht wird wegen der frischen NO -Emissionen durch den Verkehr.

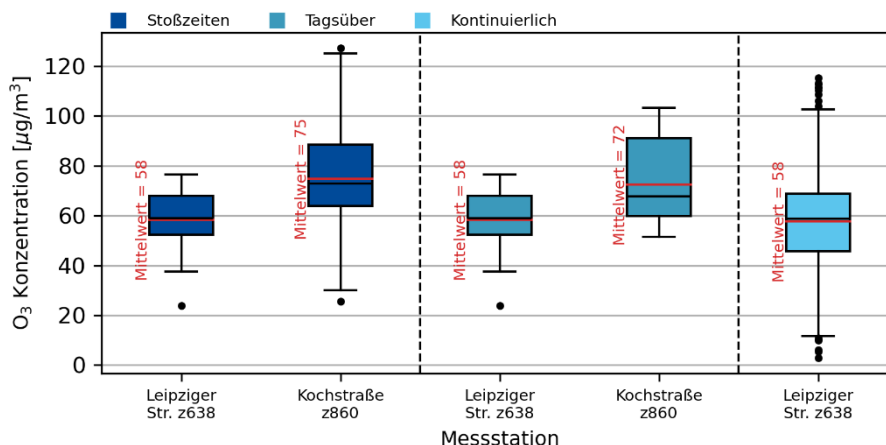


ABBILDUNG 5. BOX- UND WHISKERPLOTS DER O_3 -MESSERGEBNISSE DER STATIONÄREN ZEPHYRS Z638 AN DER LEIPZIGER STRAÙE UND Z860 AN DER KOCHSTRASSE/RUDI-DUTSCHKE-STRASSE ZU DEN STOßZEITEN, TAGSÜBER UND KONTINUIERLICH AN DER LEIPZIGER STRASSE; IN ROT SIND DIE DURCHSCHNITTE ZU SEHEN, VON UNTEN NACH OBEN STELLEN DIE SCHWARZEN WAAGERECHTEN LINIEN DAS 5. UND DAS 25. PERZENTIL, DEN MEDIAN, DAS 75. UND DAS 95. PERZENTIL DAR.

2.2.4.2 Stickstoffoxide

Die Abbildungen 6 und 7 fassen die beobachtete Verteilung der NO_2 - bzw. NO -Konzentrationen zusammen. Die Abbildungen zeigen die Stoßzeitenwerte (dunkelblau), Tageswerte (türkisblau) und die kontinuierlichen Messungen (hellblau) an der Leipziger Straße und der Kochstraße.

Wie in Abbildung 6 zu sehen, sind die NO_2 -Konzentrationen in der Leipziger Straße höher als in der Kochstraße. Zwischen den Stoßzeiten und tagsüber sind keine Unterschiede zu erkennen. Messungen auf der Leipziger Straße (BLUME und Zephyr „z638“) zeigen höhere Konzentrationen für die Messgeräte mit höherer Zeitauflösung. Höhere Zeitauflösungen ermöglichen es, Ausschläge von höheren Konzentrationen zu messen, die unter längeren Messzeiten verschleiert werden.

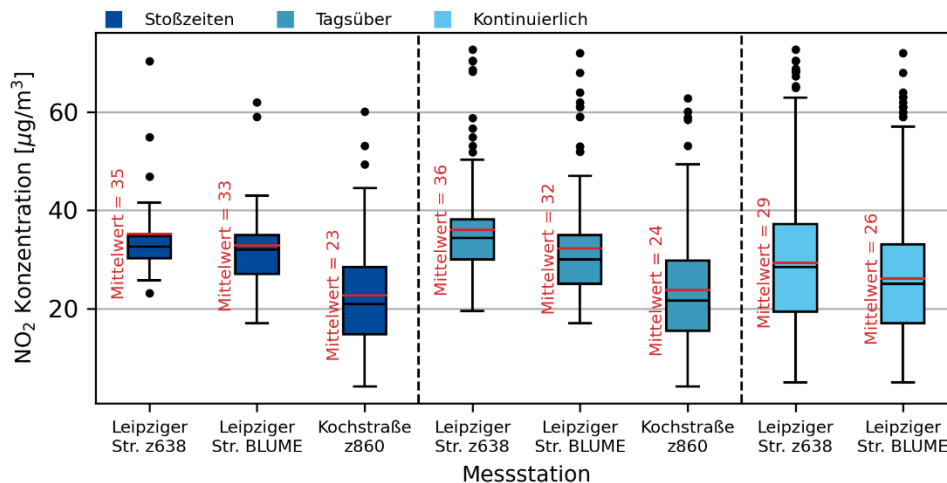


ABBILDUNG 6. BOX- UND WHISKERPLOTS DER NO_2 -MESSERGEBNISSE DER STATIONÄREN ZEPHYRS Z638 AN DER LEIPZIGER STRAÙE UND Z860 AN DER KOCHSTRASSE/RUDI-DUTSCHKE-STRASSE ZU DEN STOßZEITEN, TAGSÜBER GENERELL UND KONTINUIERLICH AN DER LEIPZIGER STRASSE; IN ROT SIND DIE DURCHSCHNITTE ZU SEHEN. VON UNTEN NACH OBEN STELLEN DIE SCHWARZEN WAAGERECHTEN LINIEN DAS 5. UND DAS 25. PERZENTIL, DEN MEDIAN, DAS 75. UND DAS 95. PERZENTIL DAR.

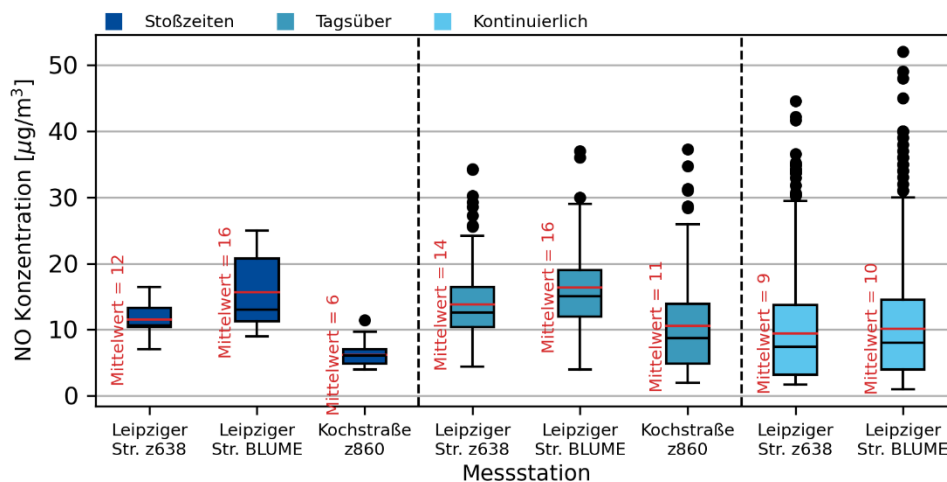


ABBILDUNG 7. BOX- UND WHISKERPLOTS DER NO -MESSERGEBNISSE DER STATIONÄREN ZEPHYRS Z638 AN DER LEIPZIGER STRASSE UND Z860 AN DER KOCHSTRASSE/RUDI-DUTSCHKE-STRASSE ZU DEN STOßZEITEN, TAGSÜBER GENERELL UND KONTINUIERLICH AN DER LEIPZIGER STRASSE; IN ROT SIND DIE DURCHSCHNITTE ZU SEHEN. VON UNTEN NACH OBEN STELLEN DIE SCHWARZEN WAAGERECHTEN LINIEN DAS 5. UND DAS 25. PERZENTIL, DEN MEDIAN, DAS 75. UND DAS 95. PERZENTIL DAR.

2.2.4.3 Feinstaub

In Abbildung 8 sind die Messergebnisse für Feinstaub (PM_{2,5}) zu sehen: Die Konzentrationen in der Leipziger Straße sind höher als in der Kochstraße.

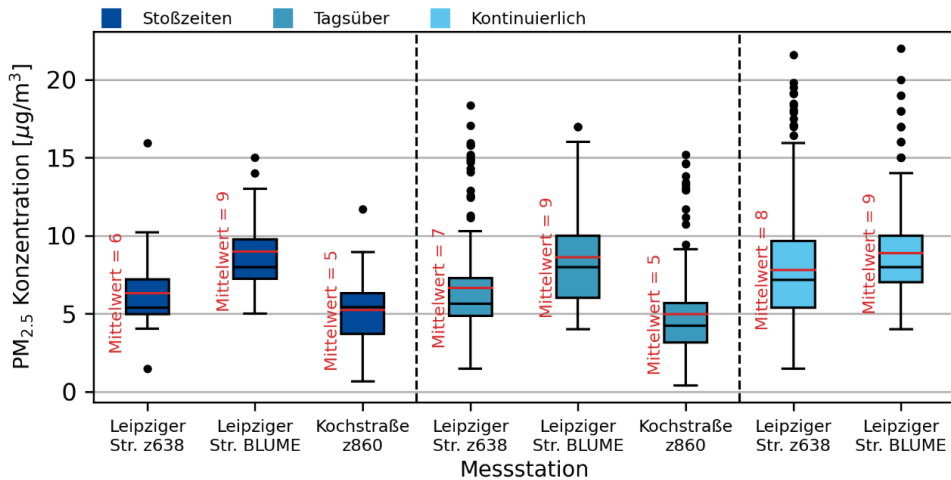


ABBILDUNG 8. BOX- UND WHISKERPLOTS DER PM_{2,5}-MESSERGEBNISSE DER STATIONÄREN ZEPHYRS Z638 AN DER LEIPZIGER STRAÙE UND Z860 AN DER KOCHSTRASSE/RUDI-DUTSCHKE-STRASSE ZU DEN STOßZEITEN, TAGSÜBER GENE-RELL UND KONTINUIERLICH AN DER LEIPZIGER STRASSE; IN ROT SIND DIE DURCHSCHNITTE ZU SEHEN. VON UNTEN NACH OBEN STELLEN DIE SCHWARZEN WAAGERECHTEN LINIEN DAS 5. UND DAS 25. PERZENTIL, DEN MEDIAN, DAS 75. UND DAS 95. PERZENTIL DAR.

2.2.5 Auswertung der mobilen Zephyrs

Da das Messgerät z925, welches für die Messungen zu Fuß verwendet wurde, ab dem 07.07.2023 für die Stoffe O₃, NO₂ und NO unzureichende Ergebnisse geliefert hat, wurden für die Abbildungen dieser die Daten nach dem 07.07.2023 ausgelassen. Für den Schadstoff PM_{2,5} wurde der komplette Messzeitraum berücksichtigt.

2.2.5.1 Ozon

Die Messwerte der Zephyrs, die im mobilen Einsatz mit dem Fahrrad oder zu Fuß eingesetzt worden sind, sind in Abbildung 9 dargestellt. An beiden Straßen sind nicht nur ähnliche Messwerte mit dem Rad und zu Fuß gemessen worden, sondern es ist auch ein ähnliches Verhältnis zu erkennen.

Es gibt einen erheblichen Unterschied zwischen den gemessenen Konzentrationen zu Fuß und mit dem Fahrrad in der Kochstraße. Das liegt daran, dass die Messungen zu Fuß auf dem Fußweg durchgeführt wurden, während die Messungen mit dem Fahrrad auf der Straße und daher näher an der Quelle (dem Verkehr) erfolgten.

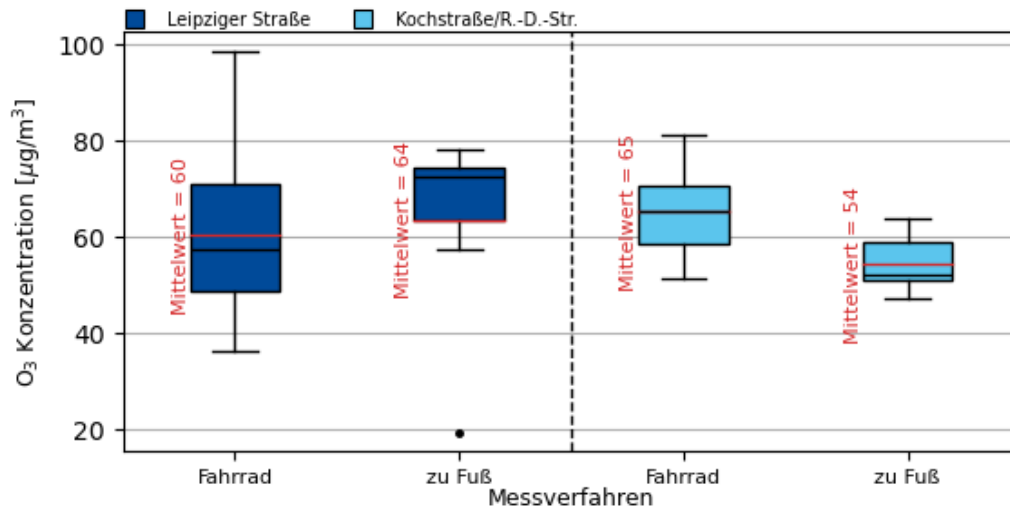


ABBILDUNG 9. BOX- UND WHISKERPLOTS DER O₃-MESSERGEBNISSE DER MOBILEN ZEPHYRS Z872 AN DEM LASTENRAD UND Z925 ZU FUß AUF DER LEIPZIGER STRAÙE (LINKS) UND DER KOCHSTRASSE/RUDI-DUTSCHKE-STRASSE (RECHTS); IN ROT SIND DIE DURCHSCHNITTE ZU SEHEN. VON UNTEN NACH OBEN STELLEN DIE WAAGERECHTEN LINIEN DAS 5. UND DAS 25. PERZENTIL, DEN MEDIAN, DAS 75. UND DAS 95. PERZENTIL DAR.

2.2.5.2 Stickstoffoxide

Abbildung 10 zeigt die Verteilung der NO₂-Konzentrationen, die während des Radfahrens und Zufußgehens auf zwei Straßen – der Leipziger Straße und der Kochstraße/R.-D.-Str. – gemessen wurden. Insgesamt sind die NO₂-Werte auf der Leipziger Straße für beide Fortbewegungsarten höher, mit mittleren Konzentrationen von 36 µg/m³ beim Radfahren und 22 µg/m³ beim Zufußgehen. Im Vergleich dazu weist die Kochstraße/R.-D.-Str. niedrigere Mittelwerte von 27 µg/m³ bzw. 21 µg/m³ auf. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass straßenspezifische Faktoren einen stärkeren Einfluss auf die NO₂-Belastung haben als die Art der Fortbewegung. Zudem ist die Belastung beim Radfahren tendenziell etwas höher als beim Zufußgehen auf derselben Strecke.

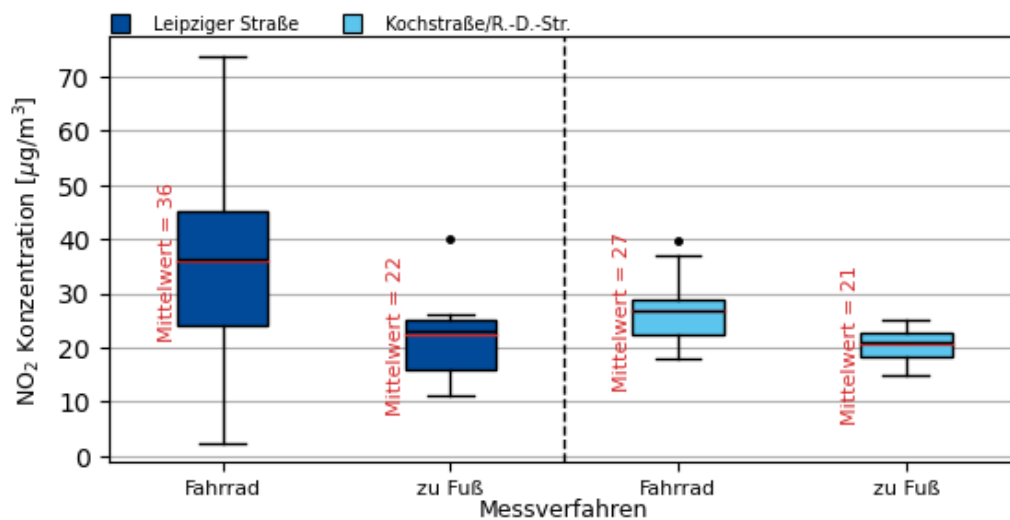


ABBILDUNG 10. BOX- UND WHISKERPLOTS DER NO₂ MESSERGEBNISSE DER MOBILEN ZEPHYRS Z872 AN DEM LASTENRAD UND Z925 ZU FUß AUF DER LEIPZIGER STRAÙE (LINKS) UND DER KOCHSTRASSE/RUDI-DUTSCHKE-STRASSE (RECHTS); IN ROT SIND DIE DURCHSCHNITTE ZU SEHEN. VON UNTEN NACH OBEN STELLEN DIE WAAGERECHTEN LINIEN DAS 5. UND DAS 25. PERZENTIL, DEN MEDIAN, DAS 75. UND DAS 95. PERZENTIL DAR.

Abbildung 11 zeigt die NO-Konzentrationen, die beim Radfahren und Zufußgehen auf der Leipziger Straße sowie der Kochstraße/R.-D.-Str. gemessen wurden. Auf der Leipziger Straße liegen die mittleren Konzentrationen für beide Fortbewegungsarten bei $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In der Kochstraße/R.-D.-Str. wurden niedrigere Mittelwerte gemessen: $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ beim Radfahren und $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ beim Zufußgehen. Insgesamt zeigt sich auch hier, dass die Leipziger Straße eine höhere NO-Belastung aufweist als die Kochstraße/R.-D.-Str., unabhängig vom gewählten Transportmittel. Auffällig ist zudem, dass beim Radfahren in der Kochstraße die geringste mittlere Konzentration beobachtet wurde. Die Streuung der Beobachtung ist bei Fahrrädern größer als bei Fußgängern. Dies kann daran liegen, dass Fahrräder näher an den Verkehrsemissionen sind und dadurch Spitzenwerte besser erfassen können.

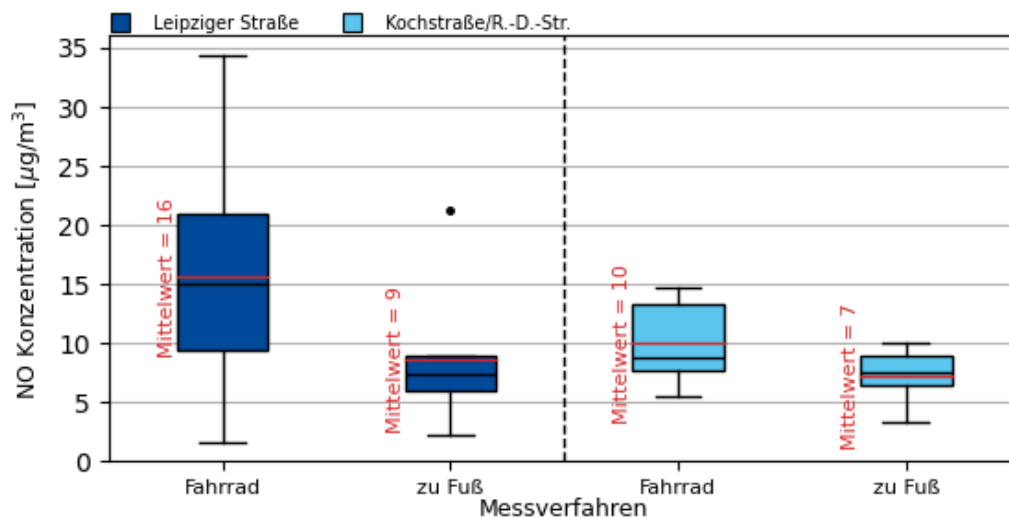


ABBILDUNG 11. BOX- UND WHISKERPLOTS DER NO-MESSERGEBNISSE DER MOBILLEN ZEPHYRS Z872 AN DEM LASTENRAD UND Z925 ZU FUß AUF DER LEIPZIGER STRAÙE (LINKS) UND DER KOCHSTRASSE/RUDI-DUTSCHKE-STRASSE (RECHTS); IN ROT SIND DIE DURCHSCHNITTE ZU SEHEN. NEGATIVE WERTE ENTSTEHEN BEI SEHR GERINGEN KONZENTRATIONEN, DIE UNTERHALB DER SENSIBILITÄTS-GRENZE DES SENSORS LIEGEN ($\sim < 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). VON UNTEN NACH OBEN STELLEN DIE WAAGERECHTEN LINIEN DAS 5. UND DAS 25. PERZENTIL, DEN MEDIAN, DAS 75. UND DAS 95. PERZENTIL DAR.

2.2.5.3 Feinstaub

Die Abbildung 12 zeigt die PM_{2,5}-Konzentrationen, die beim Radfahren und Zufußgehen auf der Leipziger Straße sowie der Kochstraße/R.-D.-Str. gemessen wurden. Auf der Leipziger Straße liegen die mittleren Konzentrationen bei $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Radfahrende und $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Zufußgehende. In der Kochstraße/R.-D.-Str. beträgt der Mittelwert für beide Fortbewegungsarten jeweils $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Unterschiede zwischen den beiden Straßen und den gewählten Fortbewegungsarten sind insgesamt gering. Dies weist darauf hin, dass die PM_{2,5}-Belastung im Vergleich zu NO₂ oder NO weniger stark durch den Standort oder die Art der Fortbewegung beeinflusst wird. Wie bei NO₂ ist die Streuung der gemessenen Belastung bei Fahrrädern größer als bei Fußgängern.

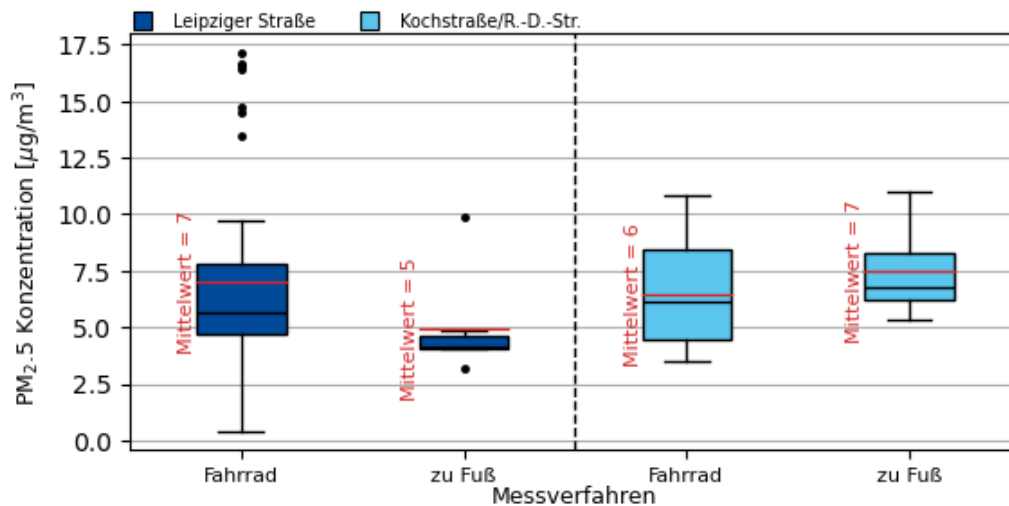


ABBILDUNG 12. BOX- UND WHISKERPLOTS DER PM_{2,5} MESSERGEBNISSE DER MOBILEN ZEPHYRS Z872 AN DEM LASTENRAD UND Z925 ZU FUß AUF DER LEIPZIGER STRASSE (LINKS) UND DER KOCHSTRASSE/RUDI-DUTSCHKE-STRASSE (RECHTS); IN ROT SIND DIE DURCHSCHNITTE ZU SEHEN. VON UNTEN NACH OBEN STELLEN DIE WAAGERECHTEN LINIEN DAS 5. UND DAS 25. PERZENTIL, DEN MEDIAN, DAS 75. UND DAS 95. PERZENTIL DAR.

2.2.6 Einfluss der Gebäudestruktur

Die Leipziger Straße zeichnet sich durch eine Mischung von Baustilen und Straßenkonfigurationen aus, die die lokalen Luftqualitätsmessungen beeinflussen könnten. Das Ausmaß dieses Einflusses ist jedoch mit den verfügbaren Daten schwer zu quantifizieren, da der Studie straßenabschnittsspezifische meteorologische und räumliche Daten fehlen. Die nächstgelegene meteorologische Station in Tempelhof (ca. 4 km von der Leipziger Straße entfernt) liefert zwar allgemeine Angaben zu Windrichtung und -geschwindigkeit, erfasst aber keine mikroskaligen Effekte wie Turbulenzen oder Luftstagnation, die durch die lokale Gebäudemorphologie verursacht werden. Darüber hinaus ist die Modellierung städtischer Straßenschluchten, die solche Erkenntnisse liefern könnte, nicht Gegenstand der Bewertung.

Die städtische Morphologie, insbesondere der Effekt von Straßenschluchten, spielt Studien¹⁴¹⁵¹⁶ zufolge eine wichtige Rolle bei der Schadstoffausbreitung. Schmale, von hohen Gebäuden gesäumte Straßen können Schadstoffe wie NO₂ und Feinstaub abfangen, was zu höheren Konzentrationen in Bodennähe führt. Umgekehrt können breitere Straßen oder offene Flächen eine bessere Luftzirkulation und Schadstoffausbreitung ermöglichen. Untersuchungen von Schmitz et al.¹⁷ in ähnlichen Berliner Straßenschluchten haben gezeigt, dass die Schadstoffwerte stark von der lokalen Windrichtung und der Straßenausrichtung beeinflusst werden, wobei erhöhte NO₂-Konzentrationen typischerweise auf der Leeseite von Gebäuden beobachtet werden. Solche Effekte sind auch in der Leipziger Straße zu erwarten, können hier aber aufgrund fehlender lokaler Wind- und Straßengeometriedaten nicht abschließend analysiert werden.

Durch mobile Messungen wurde zwar eine gewisse räumliche Variabilität erfasst, doch lässt sich der Einfluss der städtischen Morphologie nicht schlüssig vom Einfluss anderer Faktoren wie Verkehrsemissionen, Hintergrundverschmutzung und meteorologischen Faktoren trennen.

Angesichts dieser Einschränkungen erkennt diese Studie die Bedeutung der städtischen Morphologie an, verzichtet aber darauf, bestimmte Schadstofftrends direkt der bebauten Umwelt zuzuschreiben. Künftige Analysen sollten detaillierte meteorologische Daten

¹⁴ Shengzhong Zhao, Junhao Yu, Haoran Yang, Imad Obadi, Tiantian Xu, Fei Wang, Lin Xu, Wenjun Lei,

Effect of urban street canyon aspect ratio on fire-induced air pollutants dispersion under cross wind, *Atmospheric Pollution Research*, Volume 15, Issue 8, 2024, 102172, ISSN 1309-1042, <https://doi.org/10.1016/j.apr.2024.102172>.

¹⁵ Hesameddin Fatehi, Elna J.K. Nilsson, Effect of buoyancy on dispersion of reactive pollutants in urban canyons, *Atmospheric Pollution Research*, Volume 13, Issue 8, 2022, 101502, ISSN 1309-1042, <https://doi.org/10.1016/j.apr.2022.101502>.

¹⁶ William J. Farrell, Laure Deville Cavellin, Scott Weichenthal, Mark Goldberg, Marianne Hatzopoulou,

Capturing the urban canyon effect on particle number concentrations across a large road network using spatial analysis tools, *Building and Environment*, Volume 92, 2015, Pages 328-334, ISSN 0360-1323, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.05.004>.

¹⁷ Schmitz, S., G. Villena, A. Caseiro, F. Meier, A. Kerschbaumer, and E. von Schneidmesser (2023) Calibrating low-cost sensors to measure vertical and horizontal gradients of NO₂ and O₃ pollution in three street canyons in Berlin. *Atmospheric Environment*, 307 DOI: 10.1016/j.atmosenv.2023.119830.

einbeziehen, um straßenspezifische Einflüsse besser zu berücksichtigen und die Interpretation der Schadstoffausbreitungsmuster zu verbessern.

2.2.7 Verkehrsaufkommen

In diesem Abschnitt werden die Zählungen des Kfz-Verkehrs und die Entwicklung der Durchschnittsgeschwindigkeit an verschiedenen Detektoren entlang der Leipziger Straße und der Wilhelmstraße zwischen dem 1. Juni 2023 und dem 30. Juli 2023 analysiert. Die Analyse untersucht die Einhaltung der vorgeschriebenen Geschwindigkeitsbegrenzungen und kontextualisiert diese Ergebnisse im Hinblick auf Verkehrsmanagement, Luftqualität und Sicherheitsaspekte.

Die Verkehrsdaten wurden an vier verschiedenen Standorten aufgezeichnet, wobei an jedem Standort beide Fahrspuren erfasst wurden. Die verfügbaren Detektoren sind:

- TEU00352_Det0 (Leipziger Str./Friedrichstr. W - Rechte Fahrspur) und TEU00352_Det1 (Leipziger Str./Friedrichstr. W - Linke/Mitte Fahrspur) überwachen die westliche Fahrspur der Leipziger Straße zwischen Friedrichstraße und Mauerstraße, wobei Det0 die rechte Fahrspur und Det1 die linke oder mittlere Fahrspur misst. Dieser Abschnitt der Leipziger Straße liegt in einer Tempo-30-Zone.
- TEU00353_Det0 (Leipziger Str./Friedrichstr. O - Rechte Fahrspur) und TEU00353_Det1 (Leipziger Str./Friedrichstr. O - Linke/Mitte Fahrspur) decken die östlichen Fahrspuren der Leipziger Straße zwischen Mauerstraße und Friedrichstraße ab und unterscheiden ebenfalls zwischen rechter und linker Fahrspur. Dieser Abschnitt ist auch Teil einer Tempo-30-Zone.
- TEU00370_Det0 (Charlottenstr./Markgrafenstr. O - Rechte Fahrspur) und TEU00370_Det1 (Charlottenstr./Markgrafenstr. O - Linke/Mitte Fahrspur) konzentrieren sich auf die ostwärts gerichteten Fahrstreifen der Leipziger Straße zwischen Charlottenstraße und Markgrafenstraße. Diese Detektoren befinden sich in einer Tempo-50-Zone.
- TEU00354_Det0 (Wilhelmstraße SE) und TEU00354_Det1 (Wilhelmstraße NW) messen den Verkehr auf der Wilhelmstraße, wobei Det0 die südöstliche Richtung zwischen Leipziger Straße und Niederkirchnerstraße abdeckt und Det1 die nordwestliche Richtung zwischen Zimmerstraße und Leipziger Straße überwacht. Die Wilhelmstraße ist als Tempo-30-Zone ausgewiesen.

Die Daten zum Verkehrsaufkommen und zur Verkehrszusammensetzung zeigen, dass der Personenkraftwagen-Verkehr (PKW) bei allen Detektoren dominiert und durchweg über 90 % der Fahrzeuge ausmacht. Lastkraftwagen (LKW) machen zwar einen geringeren Anteil aus, sind aber aufgrund ihrer Auswirkungen auf Emissionen und Geschwindigkeitsmuster dennoch von Bedeutung. Die Detektoren entlang der Leipziger Straße, insbesondere Leipziger Str./Friedrichstr. O und Charlottenstr./Markgrafenstr. O, verzeichnen die höchste LKW-Aktivität. Im Vergleich dazu verzeichnet die Wilhelmstraße SE ein deutlich geringeres Verkehrsaufkommen. Die Daten von Wilhelmstraße SE sind jedoch unvollständig und weisen erhebliche Lücken auf, die die Tiefe der Analyse an diesem Standort einschränken.

Die Geschwindigkeitstrends zeigen, dass die vorgeschriebenen Geschwindigkeitsbegrenzungen eher nicht eingehalten werden. Trotz des Vorhandenseins von Tempo-30-Zonen überschreiten die Durchschnittsgeschwindigkeiten an allen überwachten Standorten mit Tempolimit durchweg diese Grenzen.

Die Abbildung 13 zeigt die täglichen Verkehrstrends für jeden Detektor und verdeutlichen die Unterschiede im Verkehrsaufkommen und in den Geschwindigkeitsmustern. Diese Zahlen legen nicht nur das hohe Aufkommen an PKW dar, sondern auch die höheren Geschwindigkeiten, die in verkehrsärmeren Zeiten gemessen wurden.

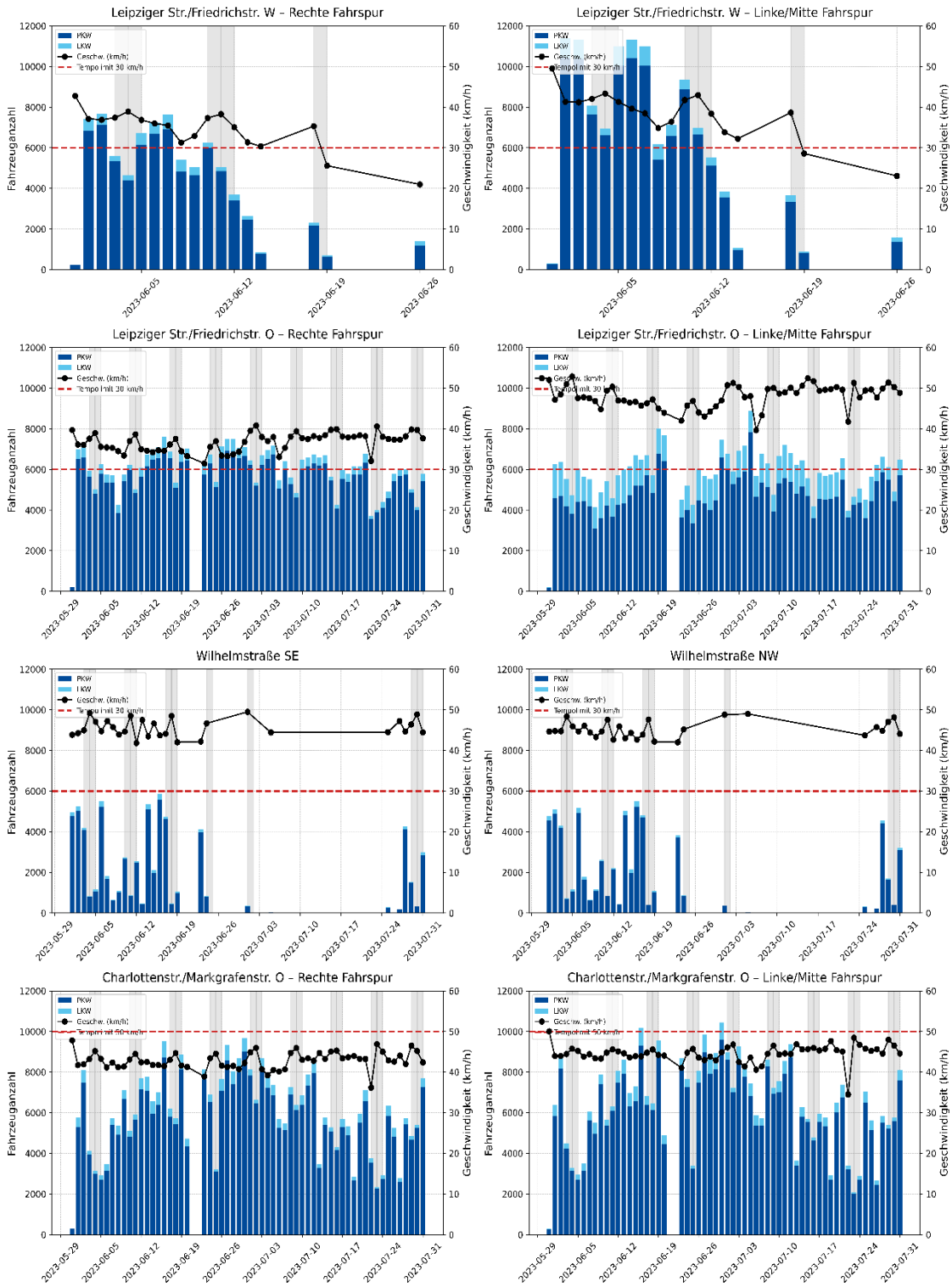


ABBILDUNG 13. TÄGLICHE VERKEHRSTRENDS ALLER ACHT DETEKTOREN (JEWEILS IN EINEM TEILPLOT). DIE BALKENDIAGRAMME ZEIGEN DIE ANZAHL VON PERSONENKRAFTWAGEN (PKW, DUNKELBLAU) UND LASTKRAFTWAGEN (LKW, HELLBLAU), WÄHREND DIE SCHWARZE LINIE DIE MITTLERE FAHRGESCHWINDIGKEIT DARSTELLT. DIE ROTE GESTRICHELTE LINIE MARKIERT DIE JEWEILIGE GESCHWINDIGKEITSBEGRENZUNG (30 KM/H ODER 50 KM/H), UND WOCHENENDEN SIND DURCH EINE GRAUE HINTERGRUNDFÄRBUNG GEKENNZEICHNET.

Die Abbildung 14 enthält Vergleiche der 24-Stunden-Durchschnittswerte für Wochentage und Wochenenden für alle Detektoren. Die Vergleiche zeigen, dass der werktägliche Berufsverkehr in scharfem Kontrast zum gleichmäßiger verteilten Wochenendverkehr steht. Die Geschwindigkeitsbegrenzungen werden laut Detektoren unterschiedlich gut eingehalten.

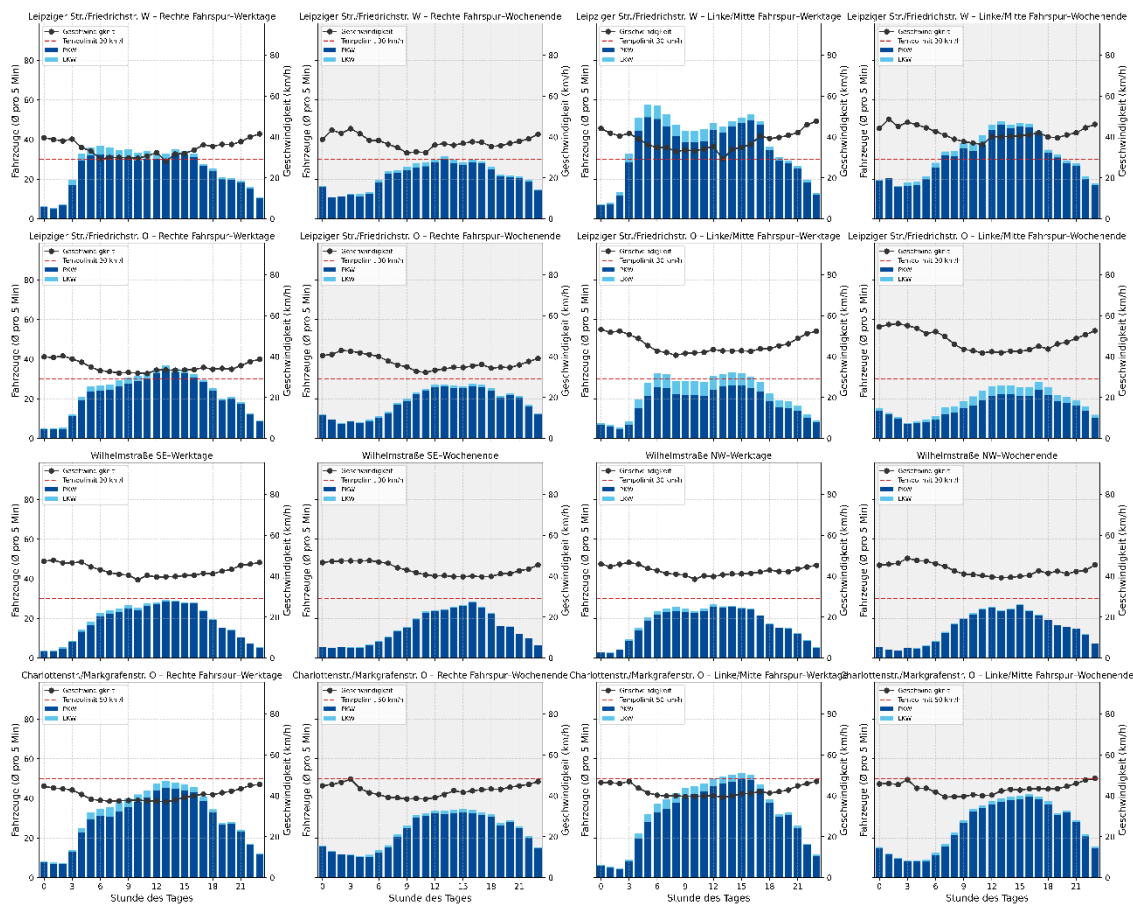


ABBILDUNG 14. 24-STUNDEN-DURCHSCHNITT DER VERKEHRSMUSTER AN ACHT DETEKTOREN ENTLANG DER LEIPZIGER STRAÙE. JEDE ZEILE STELLT ZWEI DETEKTOREN DAR, WOBEI LINKS JEWEILS WERKTAGE UND RECHTS WOCHENENDEN (HELLGRAUER HINTERGRUND) ABGEBILDET SIND. DIE BALKEN ZEIGEN DEN MITTLEREN FAHRZEUGDURCHSATZ (PKW IN DUNKELBLAU, LKW IN HELLBLAU), WÄHREND DIE SCHWARZE LINIE DIE DURCHSCHNITTLICHE FAHRGESCHWINDIGKEIT VERDEUTLICHT. DIE ROTE GESTRICHELTE LINIE KENNZEICHNET DAS LOCALE TEMPOLIMIT VON 30 KM/H ODER 50 KM/H.

An der Leipziger Str./Friedrichstr. W wird auf der rechten Spur etwas weniger Verkehr gemessen als auf der linken/mittleren Spur, auf der sich ein größerer Teil des Gesamtverkehrs konzentriert (ungefähr im Verhältnis 40/60). Obwohl sie sich in einer Tempo-30-Zone befinden, registrieren beide Detektoren durchweg Durchschnittsgeschwindigkeiten, die über dem Grenzwert liegen, vor allem in verkehrsärmeren Zeiten. Besonders bemerkenswert ist, dass es auf der linken Spur einige Zeiträume gibt, in denen die Durchschnittsgeschwindigkeit trotz der Tempo-30-Zone tatsächlich über 50 km/h liegt. Die mangelnde Einhaltung der Geschwindigkeitsbegrenzung stellt ein Sicherheitsproblem dar, da die Leipziger Straße stark von Touristen frequentiert wird und in einigen Abschnitten an Wohngebiet angrenzt, wo Fußgänger:innen unterwegs sind.

- Leipziger Str./Friedrichstr. O und Charlottenstr./Markgrafenstr. O, die sich weiter entlang der Leipziger Straße befinden, überwachen einige der höchsten Fahrzeugzahlen. Ähnlich wie an der gegenüberliegenden Fahrtrichtung bei Leipziger @Friedrichstr. W, sind auch an der östlichen Fahrbahn (Leipziger Str./Friedrichstr. O) erhebliche Überschreitungen der Tempo-30-Grenze zu beobachten – insbesondere an Wochenenden und in verkehrsarmen Zeiten, in denen das reduzierte Verkehrsaufkommen höhere Durchschnittsgeschwindigkeiten ermöglicht.
- In der Wilhelmstraße verzeichnet das geringste Verkehrsaufkommen aller überwachten Standorte. Die Durchschnittsgeschwindigkeiten liegen zwischen 40 und 50 km/h und damit deutlich höher als das ausgeschilderte Tempo 30.

Die zeitlichen Muster zeigen Unterschiede zwischen Wochentagen und Wochenenden. An Wochentagen nimmt das Verkehrsaufkommen zu den typischen Zeiten des Berufsverkehrs (6 bis 9 Uhr) zu, doch anstatt abzunehmen, ist nach der morgendlichen „Rush Hour“ bestenfalls ein leichter Rückgang zu verzeichnen, der auf dem um 9 Uhr erreichten Niveau verharrt und ab etwa 16 Uhr zu sinken beginnt. Die typischen Spitzen der Pendleraktivität sind am deutlichsten bei Leipziger Str./Friedrichstr. O auf der linken/mittleren Fahrspur zu erkennen. Dort beeinflusst die Verkehrsüberlastung auch die Fahrzeuggeschwindigkeiten. An Wochenenden ist das Verkehrsaufkommen im Allgemeinen geringer und verteilt sich gleichmäßiger über den Tag. In der Mittagszeit ist das Verkehrsaufkommen oft am höchsten, was wahrscheinlich auf Freizeit- und Einkaufsfahrten zurückzuführen ist.

An allen überwachten Standorten liegen die Durchschnittsgeschwindigkeiten zwischen 30 und 50 km/h, wobei die meisten Standorte zwischen 40 und 50 km/h liegen. In allen Tempo-30-Zonen kommt es relativ häufig zu Geschwindigkeitsüberschreitungen, insbesondere in verkehrsarmen Zeiten. In Anbetracht der Durchschnittsgeschwindigkeiten in dem Gebiet ist davon auszugehen, dass die Geschwindigkeiten zu einem großen Teil durch das Verkehrsaufkommen bestimmt werden, unabhängig von den vorgeschriebenen Geschwindigkeitsbegrenzungen. Ein Vorgehen gegen Tempo-30-Verstöße durch verstärkte Durchsetzung und Sensibilisierung der Öffentlichkeit wäre entscheidend für die Verbesserung der Verkehrssicherheit, die Gewährleistung der Einhaltung der Vorschriften und die Verringerung der Emissionen in städtischen Gebieten.

3 Fazit

Die in diesem Zwischenbericht vorgestellten Messungen liefern erste Einblicke in die Luftqualität rund um die Leipziger Straße und die Kochstraße/Rudi-Dutschke-Straße vor einer möglichen Aufhebung der Tempo-30-Zone. Die Daten zeigen, dass die NO_2 -Konzentrationen in der Leipziger Straße tendenziell höher liegen als in der Kochstraße. Dies lässt sich plausibel mit einer stärkeren Verkehrsbelastung und der damit einhergehenden NO_2 -Titration (Verbrauch von O_3 durch NO -Emissionen) erklären, die auch zu niedrigeren O_3 -Konzentrationen in der Leipziger Straße führt. Die Feinstaubmessungen ($\text{PM}_{2,5}$) sind relativ gering; punktuelle Ausreißer können jedoch auf lokal begrenzte Emissionsquellen (z. B. Baustellenstaub) oder ungünstige Ausbreitungsbedingungen hindeuten.

Die Auswertung der Verkehrsdaten verdeutlicht zudem, dass an mehreren Detektoren das Tempo-30 eingehalten wird. Da die tatsächlich gefahrene Geschwindigkeit sowohl den Ausstoß von Luftschadstoffen als auch die Verkehrssicherheit beeinflusst, ist die Einhaltung der Geschwindigkeitsbegrenzungen ein wesentlicher Faktor bei der Bewertung möglicher Auswirkungen von Tempoanpassungen.

Die vorliegenden Ergebnisse sind als Ausgangspunkt zu verstehen, um Veränderungen der Luftqualität nach einer eventuellen Umstellung auf Tempo 50 beurteilen zu können. Insbesondere langfristige Analysen und Messungen vor und nach der Maßnahme werden entscheidend sein, um die Auswirkungen der Geschwindigkeitsänderung auf die Luftverschmutzung und das Verkehrsaufkommen abschließend zu bewerten sowie die durchschnittlichen Fahrzeuggeschwindigkeiten erneut zu analysieren und weitere Maßnahmen zur Durchsetzung von Geschwindigkeitsbegrenzungen zu erwägen.

Insgesamt legt der Zwischenbericht nahe, dass es innerstädtisch deutliche Unterschiede in den Luftschadstoffkonzentrationen gibt, die nicht allein durch die bloße Unterscheidung zwischen Tempo 30 und Tempo 50 zu erklären sind. Eine ganzheitliche Betrachtung, die sowohl Fahrverhalten als auch lokale Infrastruktur, Verkehrsaufkommen und meteorologische Variablen einbezieht, ist daher essenziell, um fundierte Handlungs- und Gestaltungsempfehlungen für eine umweltsensitive Verkehrsplanung abzuleiten.

Wir empfehlen jedoch nachdrücklich, die Messungen zu einem späteren Zeitpunkt zu wiederholen, möglichst in zeitlicher Nähe zur tatsächlichen Umsetzung der Maßnahmen. Hintergrund dieser Empfehlung ist, dass die im Bericht dargestellten Messungen im Jahr 2023 durchgeführt wurden und daher womöglich nicht mehr als verlässliche Grundlage für einen Vergleich dienen können.

Am Forschungsinstitut für Nachhaltigkeit (RIFS) werden Entwicklungspfade für die globale Transformation zu einer nachhaltigen Gesellschaft erforscht, aufgezeigt und unterstützt. Das Institut ist an das GFZ Helmholtz-Zentrum für Geoforschung angebunden und damit Teil der Helmholtz-Gemeinschaft. Der Forschungsansatz ist transdisziplinär, transformativ und ko-kreativ: Das RIFS kooperiert mit Partnern aus Wissenschaft, Politik und Verwaltung, Wirtschaft und Zivilgesellschaft, um die Probleme nachhaltiger Entwicklung zu verstehen, geeignete Lösungen zu finden und diese gemeinsam mit den relevanten Akteuren und betroffenen Bürgerinnen und Bürgern umzusetzen. Zentrale Forschungsthemen sind unter anderem die Energiewende, Klimawandel und soziotechnischer Wandel, aber auch Fragen der nachhaltigen Governance und Partizipation. Ein starkes nationales und internationales Netzwerk verbunden mit einem Fellow-Programm unterstützen das Institut.

RIFS Study

September 2025

Kontakt:

Erika von Schneidemesser: erika.von.schneidemesser@rifs-potsdam.de

Adresse:

Berliner Straße 130
14467 Potsdam
T: +49 (0) 331-28822-340
media@rifs-potsdam.de
www.rifs-potsdam.de

ViSdP:

Prof. Dr. Doris Fuchs
Wissenschaftliche Direktorin, Sprecherin

DOI: 10.48481/rifs.2025.030

