

/ Mobile Luftgütemessung
Marktgemeinde Wartenberg
09.01.2018 - 30.06.2018

Umwelt am Flughafen München

Verbindung leben



Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| Einleitung | 1 |
| 1. Überblick über die Messkampagne Wartenberg | 2 |
| 2. Die mobile Luftgütemessstation in Wartenberg | 4 |
| 2.1. Anfrage der Marktgemeinde Wartenberg | 4 |
| 2.2. Standortvorschläge | 4 |
| 2.3. Standortwahl | 5 |
| 2.4. Messzeitraum | 7 |
| 2.5. Mobile Luftgütemessstation | 7 |
| 2.6. Messumfang / Parameter | 8 |
| 2.7. Betrieb der mobilen Luftgütemessstation | 9 |
| 3. Meteorologie und Flugverkehr im Messzeitraum..... | 10 |
| 3.1. Meteorologische Situation während des Messzeitraums | 10 |
| 3.2. Ergebnisse der meteorologischen Messungen an der mobilen LGM..... | 11 |
| 3.3. Flugverkehr..... | 15 |
| 4. Luftschadstoffe..... | 18 |
| 4.1. Entstehung und Ausbreitung..... | 18 |
| 4.2. Schichtung der Atmosphäre..... | 19 |
| 4.3. Flugbewegungen in der atmosphärischen Grenzschicht | 19 |
| 4.4. Verteilung von Flugzeugemissionen | 20 |
| 4.5. Feinstaub..... | 20 |
| 4.6. Benzo(a)pyren als Leitparameter für PAK..... | 21 |
| 4.7. Stickstoffoxide..... | 22 |
| 4.8. Schwefeldioxid | 22 |
| 4.9. Ozon | 23 |
| 4.10. Benzol und n-Alkane | 23 |
| 5. Bewertungsgrundlagen..... | 25 |
| 5.1. Allgemeine Bewertungsgrundlagen..... | 26 |
| 5.2. Mögliche Bewertungsmaßstäbe zur Beurteilung von n-Alkanen | 28 |
| 5.3. Langzeit-Luftqualitätsindex..... | 28 |
| 6. Messergebnisse und Bewertung der Luftgüte in Wartenberg | 30 |
| 6.1. Messergebnisse Partikel PM ₁₀ und PM _{2,5} | 30 |
| 6.2. Messergebnisse Stickstoffdioxid (NO ₂)..... | 32 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 6.3. | Messergebnisse Schwefeldioxid (SO ₂) | 35 |
| 6.4. | Messergebnisse Ozon (O ₃) | 37 |
| 6.5. | Messergebnisse Benzol, Toluol, Xylole, Ethylbenzol und n-Alkane | 38 |
| 6.6. | Messergebnisse Benzo(a)pyren | 42 |
| 7. | Vergleich der Messstationen | 44 |
| 7.1. | Partikel PM ₁₀ und PM _{2,5} | 44 |
| 7.2. | Stickstoffdioxid (NO ₂) | 48 |
| 7.3. | Schwefeldioxid (SO ₂) | 52 |
| 7.4. | Ozon (O ₃) | 54 |
| 7.5. | Benzol, Toluol, Xylole, Ethylbenzol und n-Alkane | 56 |
| 7.6. | Benzo(a)pyren | 58 |
| 8. | Zusätzliche Vergleichsbetrachtungen | 60 |
| 8.1. | Vergleich mit ausgewählten Messstationen des Lufthygienischen Landesüberwachungssystems Bayern (LÜB) | 60 |
| 8.2. | Langzeit-Luftqualitätsindex | 63 |
| 9. | Zusammenfassung | 65 |

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|---------------|--|----|
| Abbildung 1. | Standorte von LHY4, LHY7 und der mobilen Luftgütemessstation in Wartenberg. | 2 |
| Abbildung 2. | Überblick vorgeschlagene Standorte Marktgemeinde Wartenberg. | 5 |
| Abbildung 3. | Übersichtskarte mit gewählttem Messstandort. | 6 |
| Abbildung 4. | Außenansicht mobile Luftgütemessstation am Standort „Schulgelände/ Stroghalle, Zustorfer Straße 3“ in der Marktgemeinde Wartenberg. | 6 |
| Abbildung 5. | Innenausstattung der mobilen Luftgütemessstation. | 7 |
| Abbildung 6. | Windrichtungsverteilung der mobilen Luftgütemessungen in Wartenberg (09.01. - 30.06.18). | 11 |
| Abbildung 7. | Mittlerer Verlauf der Windgeschwindigkeit für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Stundenmittelwerte). | 14 |
| Abbildung 8. | Mittlerer Verlauf der Lufttemperatur für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Stundenmittelwerte). | 14 |
| Abbildung 9. | Auszug aus AIP Germany. | 16 |
| Abbildung 10. | Flugspuraufzeichnungen vom 14.04.2018 (Betriebsrichtung Ost). | 16 |
| Abbildung 11. | Flugspuraufzeichnungen vom 16.04.2018 (Betriebsrichtung West). | 17 |
| Abbildung 12. | Verlauf der gravimetrisch gemessenen PM _{10/2,5} -Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Tagesmittelwerte, PM ₁₀ -Tagesimmissionsgrenzwert 50 µg/m ³ rot markiert). | 31 |
| Abbildung 13. | Verlauf der gemessenen NO ₂ -Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Stundenmittelwerte, NO ₂ -Stundengrenzwert 200 µg/m ³ rot markiert). | 33 |
| Abbildung 14. | Verlauf der gemessenen NO-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Stundenmittelwerte). | 34 |
| Abbildung 15. | Verlauf der gemessenen SO ₂ -Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Stundenmittelwerte, SO ₂ -Stundengrenzwert 350 µg/m ³ rot markiert). | 36 |
| Abbildung 16. | Verlauf der gemessenen O ₃ -Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Stundenmittelwerte, O ₃ -Stundeninformationsschwelle 180 µg/m ³ rot markiert). | 38 |
| Abbildung 17. | Verlauf der gemessenen Benzol-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Wochenmittelwerte, Jahresimmissionswert 5 µg/m ³ rot gestrichelt markiert). | 40 |
| Abbildung 18. | Verlauf der Summe der gemessenen n-Alkan-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Wochenmittelwerte, hilfweise herangezogener Beurteilungswert für Innenräume von 200 µg/m ³ rot gestrichelt markiert). | 41 |
| Abbildung 19. | Verlauf der gemessenen BaP-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Monatsmittelwerte, Jahreszielwert 1 ng/m ³ rot gestrichelt markiert). | 43 |
| Abbildung 20. | Verlauf der gravimetrisch gemessenen PM ₁₀ -Konzentration der mobilen LGM und LHY7 für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Tagesmittelwerte, Tagesimmissionsgrenzwert 50 µg/m ³ rot markiert). | 45 |
| Abbildung 21. | Verlauf der gravimetrisch gemessenen PM _{2,5} -Konzentration der mobilen LGM und LHY7 für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18; Tagesmittelwerte. | 46 |
| Abbildung 22. | Konzentrationswindrose: mittlere PM ₁₀ -Konzentrationen aus allen Einzelmesswerten je 10°-Windrichtungsklasse an den Messorten mobile LGM und LHY7 im Vergleich; basierend auf kontinuierlichen Messdaten im Zeitraum vom 09.01. - 30.06.18. | 47 |

| | |
|--|----|
| Abbildung 23. Verlauf der NO ₂ -Konzentration der mobilen LGM, der Hauptmessstation LHY7 und der Messstation LHY4 für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Monatsmittelwerte, Grenzwert für das Kalenderjahr 40 µg/m ³ rot gestrichelt markiert)..... | 49 |
| Abbildung 24. Konzentrationswindrose: mittlere NO ₂ -Konzentrationen aus allen Einzelmesswerten je 10°-Windrichtungs-kategorie (WRK) an den Messorten mobile LGM, LHY7 und LHY4 im Vergleich; basierend auf kontinuierlichen Messdaten im Zeitraum vom 09.01. - 30.06.18..... | 50 |
| Abbildung 25. Verlauf der NO-Konzentration der mobilen LGM, der Hauptmessstation LHY7 und der Messstation LHY4 für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Monatsmittelwerte). | 52 |
| Abbildung 26. Verlauf der SO ₂ -Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Monatsmittelwerte, Grenzwert für das Tagesmittel 125 µg/m ³ rot gestrichelt markiert). | 53 |
| Abbildung 27. Verlauf der O ₃ -Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Monatsmittelwerte, Zielwert für den Tag von 120 µg/m ³ rot gestrichelt markiert). | 55 |
| Abbildung 28. Verlauf der Benzol-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Wochenmittelwerte, Immissionsgrenzwert 5 µg/m ³ rot gestrichelt markiert). | 57 |
| Abbildung 29. Verlauf der n-Alkan-Konzentration (Summe) der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Wochenmittelwerte, hilfswise herangezogener Beurteilungswert für Innenräume von 200 µg/m ³ rot gestrichelt markiert)..... | 57 |
| Abbildung 30. Vergleich der Benzo(a)pyren-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 (Monatsmittelwerte, Zielwert für das Jahr 1 µg/m ³ rot gestrichelt markiert). | 59 |
| Abbildung 31. Vergleich der PM ₁₀ -Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Wartenberg (Monatsmittelwerte, PM ₁₀ -Jahresgrenzwert 40 µg/m ³ rot gestrichelt markiert). | 61 |
| Abbildung 32. Vergleich der PM _{2,5} -Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Wartenberg (Monatsmittelwerte, PM _{2,5} -Jahresgrenzwert 25 µg/m ³ rot gestrichelt markiert). | 61 |
| Abbildung 33. Vergleich der NO ₂ -Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Wartenberg (Monatsmittelwerte, NO ₂ -Jahresgrenzwert 40 µg/m ³ rot gestrichelt markiert). | 62 |
| Abbildung 34. Vergleich der O ₃ -Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Wartenberg (Monatsmittelwerte, Zielwert für den Tag von 120 µg/m ³ rot, gestrichelt markiert)..... | 62 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|-------------|---|----|
| Tabelle 1. | Übersicht zum Messumfang der mobilen Luftgütemessstation. | 8 |
| Tabelle 2. | Monatskenngrößen von Lufttemperatur, relativer Luftfeuchte, Luftdruck und Windgeschwindigkeit für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18..... | 12 |
| Tabelle 3. | Monatsmittelwerte für Temperatur und Niederschlag der DWD-Station München-Flughafen für den Zeitraum 01.01. – 30.06.2018 im Vergleich zum langjährigen Mittel. | 13 |
| Tabelle 4. | Starts und Landungen sowie Betriebsrichtungsverteilung 09.01.2018 – 30.06.2018..... | 15 |
| Tabelle 5. | Beurteilungswerte. | 27 |
| Tabelle 6. | Langzeit-Luftqualitätsindex LaQx. | 29 |
| Tabelle 7. | Statistische Kenngrößen der PM ₁₀ - und PM _{2,5} -Konzentrationen im Messzeitraum. | 30 |
| Tabelle 8. | Statistische Kenngrößen der NO ₂ –Konzentration für den Messzeitraum. | 32 |
| Tabelle 9. | Statistische Kenngrößen der NO-Konzentration für den Messzeitraum. | 33 |
| Tabelle 10. | Statistische Kenngrößen der SO ₂ -Konzentration für den Messzeitraum..... | 35 |
| Tabelle 11. | Statistische Kenngrößen der O ₃ –Konzentration für den Messzeitraum. | 37 |
| Tabelle 12. | Statistische Kenngrößen der BTEX- und n-Alkan-Messungen (mobile LGM). | 39 |
| Tabelle 13. | Statistische Kenngrößen der Benzo(a)pyren-Konzentration im PM ₁₀ | 42 |
| Tabelle 14. | Kenngrößen der PM ₁₀ -Konzentration (mobile LGM/ LHY7)..... | 44 |
| Tabelle 15. | Kenngrößen der PM _{2,5} -Konzentration (mobile LGM/ LHY7). | 46 |
| Tabelle 16. | Mittlere PM ₁₀ -Konzentration und -Differenz je Windsektor. | 48 |
| Tabelle 17. | Kenngrößen der NO ₂ –Konzentration (mobile LGM/ LHY7/ LHY4). | 49 |
| Tabelle 18. | Mittlere NO ₂ -Konzentration und -Differenz je Windsektor..... | 50 |
| Tabelle 19. | Kenngrößen der NO-Konzentration (mobile LGM/ LHY7/ LHY4). | 51 |
| Tabelle 20. | Kenngrößen der SO ₂ -Konzentration (mobile LGM/ LHY7)..... | 53 |
| Tabelle 21. | Kenngrößen der O ₃ –Konzentration (mobile LGM/ LHY7). | 54 |
| Tabelle 22. | Kenngrößen der BTEX- und n-Alkan-Konzentration (mobile LGM/ LHY7). | 56 |
| Tabelle 23. | Kenngrößen der Benzo(a)pyren-Konzentration (mobile LGM/ LHY7). | 58 |
| Tabelle 24. | Mittelwerte der LÜB-Stationen im Vergleich zur mobilen LGM in Wartenberg (09.01.18 – 30.06.18)..... | 60 |
| Tabelle 25. | Übersicht und Zusammenfassung des Langzeit-Luftqualitätsindex..... | 64 |
| Tabelle 26. | Bewertung der Luftqualität in Wartenberg. | 64 |
| Tabelle 27. | Vergleich Beurteilungswerte 39. BImSchV mit den Messwerten der mobilen LGM (Wartenberg). | 65 |
| Tabelle 28. | Bewertung der Luftqualität in Wartenberg gemäß Langzeit-Luftqualitätsindex. | 67 |

Einleitung

Die Qualität der Luft ist entscheidend für die Gesundheit und das Wohlbefinden des Menschen sowie für das Gedeihen der Natur. Die Bewahrung der Luftqualität zählt zu den wichtigsten Aufgaben des Umweltschutzes, denn die Luft wird durch eine Vielzahl von Quellen (Verkehr, Industrie, Landwirtschaft, Haushalte und viele andere) belastet.

Durch den Betrieb des Flughafens München werden Emissionen freigesetzt. Emittenten sind neben den Flugzeugturbinen auch die Abfertigung der Flugzeuge am Boden, die Erzeugung von elektrischem Strom, Wärme und Klimakälte, die Flugzeugwartung, der öffentliche und nichtöffentliche Straßenverkehr sowie weitere Aktivitäten. Wesentliche Schadstoffe die dabei freigesetzt werden können, sind Stickstoffoxide NO_2 , NO , Feinstaub (PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$) und verschiedene Kohlenwasserstoffe (u.a. Benzol und Benzo(a)pyren).

Die Anforderungen an die Luftqualität haben sich seit Inbetriebnahme des Flughafens erheblich verschärft. Grund dafür sind v.a. europäische Maßgaben und deren Umsetzungen in nationales Recht. Um den Einfluss des Flughafenbetriebs auf die Luftqualität kontinuierlich zu überwachen, betreibt der Flughafen München deshalb umfangreiche Immissionsmessungen in ortsfesten Luftgütemessstationen.

Seit 2014 ergänzt der Flughafen München die ortsfesten Immissionsmessungen um eine mobile Luftgütemessstation. Mit dieser mobilen Luftgütemessstation geht der Flughafen München einen neuen Weg bei der Luftgüteüberwachung. Als erster Flughafen Deutschlands stellt er den Kommunen im Umland seine mehr als 100.000 EUR teure Anlage freiwillig und kostenlos zur Verfügung, um die Luftqualität direkt vor Ort beobachten zu können.

Die Auswahl der mit der mobilen Luftgütemessstation überwachten Messparameter orientiert sich an der 39. BImSchV [1]. Hierzu zählen Stickstoffdioxid (NO_2), Schwefeldioxid (SO_2), Feinstaub (PM_{10} und $\text{PM}_{2,5}$), Ozon (O_3), Benzol und Benzo(a)pyren. Zusätzlich werden n-Alkane (Leitparameter für Kerosin), Stickstoffmonoxid, Toluol, Ethylbenzol und die Xylole gemessen. Auch die meteorologischen Parameter Windrichtung und -geschwindigkeit sowie Lufttemperatur, -feuchte und -druck bestimmt. Sowohl der Umfang der Messungen als auch die angewandten Messverfahren und Messmethoden sind mit dem Landesamt für Umwelt abgestimmt. Die eingesetzten Messsysteme entsprechen den einschlägigen Technischen Richtlinien und sind mit dem Lufthygienischen Landesüberwachungssystem Bayern (LÜB) vergleichbar.

Die mobile Luftgütemessstation wurde am 04.12.2013 der Fluglärmkommission vorgestellt. Anfragen von interessierten Gemeinden können über die Fluglärmkommission oder direkt an die Umweltabteilung des Flughafens München gerichtet werden.

Die Messdauer pro Standort beträgt üblicherweise sechs Monate und umfasst jeweils sowohl Monate des Winter- als auch des Sommerhalbjahres.

Die Messergebnisse werden auf den Internetseiten des Flughafens München veröffentlicht und auf Wunsch in der Kommune vorgestellt.

1. Überblick über die Messkampagne Wartenberg

Die Marktgemeinde Wartenberg wandte sich mit E-Mail vom 29.09.2017 und dem Telefonat vom 02.10.2017 zwischen Herrn Bürgermeister Ranft und Herrn Blomeyer an die Flughafen München GmbH und bat um Durchführung einer mobilen Luftgütemessung auf ihrem Gemeindegebiet. Die Flughafen München GmbH erklärte sich daraufhin bereit, auf ihre Kosten eine Messkampagne durchzuführen.

Am 28.11.2017 erfolgte eine gemeinsame Begehung der vorgeschlagenen Standorte mit Vertretern der Marktgemeinde Wartenberg (Herr Bürgermeister Ranft), dem Bayerischen Landesamt für Umwelt (Herr Dr. Ott und Herr Dr. Marb), des Flughafens München (Herr Kaun) und Müller-BBM (Frau Dutzi). Müller-BBM ist ein akkreditiertes Prüflaboratorium, das gemäß § 29b des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) in Verbindung mit der Bekanntgabeverordnung (41. BImSchV) als sachverständige Stelle bekannt gegeben ist.

Am 09.01.2018 wurde die mobile Luftgütemessstation in Wartenberg aufgestellt und in Betrieb genommen, wo die mobile Luftgütemessstation bis 30.06.2018 in Betrieb war.

Abbildung 1 zeigt die Standorte der stationären Luftgütemessstationen LHY4 und LHY7 auf dem Flughafengelände sowie den Standort der mobilen Luftgütemessstation im Zeitraum 09.01.2018 bis 30.06.2018 in der Marktgemeinde Wartenberg.

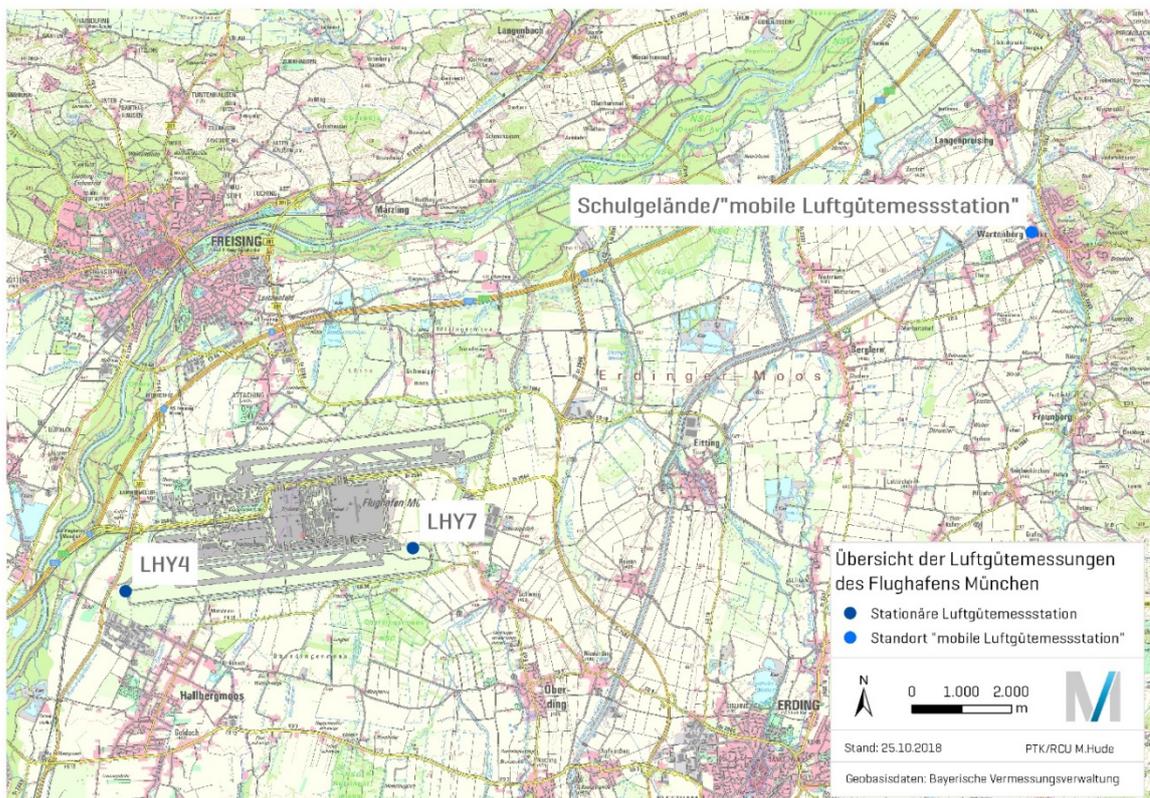


Abbildung 1. Standorte von LHY4, LHY7 und der mobilen Luftgütemessstation in Wartenberg.

Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse der Messungen im Marktgemeindebereich Wartenberg vor. Er erweitert den von Müller-BBM erstellten Messbericht „Ergebnisse der mobilen Luftgütemessungen in der Marktgemeinde Wartenberg“ vom 17.12.2018 um zusätzliche Informationen zur Wahl des Standortes, zur mobilen Luftgütemessstation, zum Flugverkehr sowie den Luftschadstoffen und Bewertungsgrundlagen. Die Kapitel 6, 7 und 8 des vorliegenden Berichtes stellen die Messergebnisse und zusätzliche Vergleichsbetrachtungen dar. Sie sind, wie auch die Zusammenfassung (Kapitel 9), wort- und inhaltsgleich aus dem Messbericht von Müller-BBM übernommen.

Für alle gemessenen Parameter der 39. BImSchV (39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes – Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen) [1] wurden die Immissionsgrenzwerte sicher eingehalten bzw. deutlich unterschritten. Für zusätzliche Parameter wurden die Beurteilungswerte des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) [2] und der hilfsweise herangezogene Richtwert I (Vorsorgewert) der Kommission für Innenraumlufthygiene (IRK) [3] am Umweltbundesamt ebenfalls deutlich unterschritten.

Die Messergebnisse zeigen, dass die Luftqualität am Messstandort in der Marktgemeinde Wartenberg vergleichbar ist mit der in vorstädtischen bis ländlichen Gebieten.

2. Die mobile Luftgütemessstation in Wartenberg

2.1. Anfrage der Marktgemeinde Wartenberg

Die Marktgemeinde Wartenberg wandte sich mit E-Mail vom 29.09.2017 und dem Telefonat vom 02.10.2017 zwischen Herrn Bürgermeister Ranft und Herrn Blomeyer an die Flughafen München GmbH und bat um Durchführung einer mobilen Luftgütemessung auf ihrem Gemeindegebiet. Die Flughafen München GmbH erklärte sich daraufhin bereit, auf ihre Kosten eine Messkampagne durchzuführen.

2.2. Standortvorschläge

Die Marktgemeinde Wartenberg wurde gebeten, mehrere Standorte auf ihrem Marktgebiet vorzuschlagen. Die Standorte müssen folgenden Bedingungen genügen:

- Stabile und möglichst ebene Aufstellfläche, die gut mit der auf einem Anhänger befindlichen Station angefahren werden kann
- Stromversorgung mit mindestens 230 V (Kosten für Strom und ggf. Aufstellfläche trägt die Marktgemeinde)
- Möglichst ungehinderte Anströmung des Standortes, keine hohen Bäume oder Gebäude im Nahbereich
- Keine Emittenten im Zustrom (z. B. viel befahrene Straßen, Industrie, Gewerbe oder sonstige Betriebe oder Einrichtungen, die Rauch, Staub oder andere Emissionen verursachen)
- Idealerweise im Bereich relevanter Einrichtungen (Schule, Sportplatz, Kindergarten, Marktgemeindebüro etc.)
- Idealerweise umzäunt, um die Vandalismusgefahr zu minimieren

Vorgeschlagene Standorte der mobilen Luftgütemessstation (LGM)

| Standortvorschläge | Lage |
|---------------------------|--|
| SV 1 | Gelände Josefsheim, Heimstraße 2, 85456 Wartenberg |
| SV 2 | Nähe Volksfestplatz, bei Rockelfing 12, 85456 Wartenberg |
| SV 3 | Sportgelände TSV, Thennerstraße 60, 85456 Wartenberg |
| SV 4 | Schulgelände/ Strogenhalle, Zusterfer Straße 3, 85456 Wartenberg |

Die nachfolgende Abbildung 2 zeigt die vorgeschlagenen Standorte im Überblick.



Abbildung 2. Überblick vorgeschlagene Standorte Marktgemeinde Wartenberg.

2.3. Standortwahl

Es wurde einvernehmlich der Standort Schulgelände Strogenhalle, Zustorfer Straße 3 in Wartenberg als Messort gewählt. Dieser Messort ist von Richtung Flughafen München frei anströmbar, wird nur in vergleichsweise geringem Umfang von lokalen Emittenten beeinflusst und hat als Aufenthaltsort von Kindern eine besondere Bedeutung.

Der gewählte Standort wurde wie folgt bewertet (siehe auch Niederschrift der Begehung 28.11.2017):

| | |
|------------------|---------------------------------------|
| Erreichbarkeit | sehr gut |
| Aufstellfläche | vorhanden |
| Stromanschluss | vorhanden (Strogenhalle) |
| Frei anströmbar | ja |
| Lokale Einflüsse | keine kleinräumigen lokalen Einflüsse |
| Bemerkung | Gelände ist umzäunt |

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen den gewählten Messstandort sowie die Außenansicht der mobilen Luftgütemessstation.

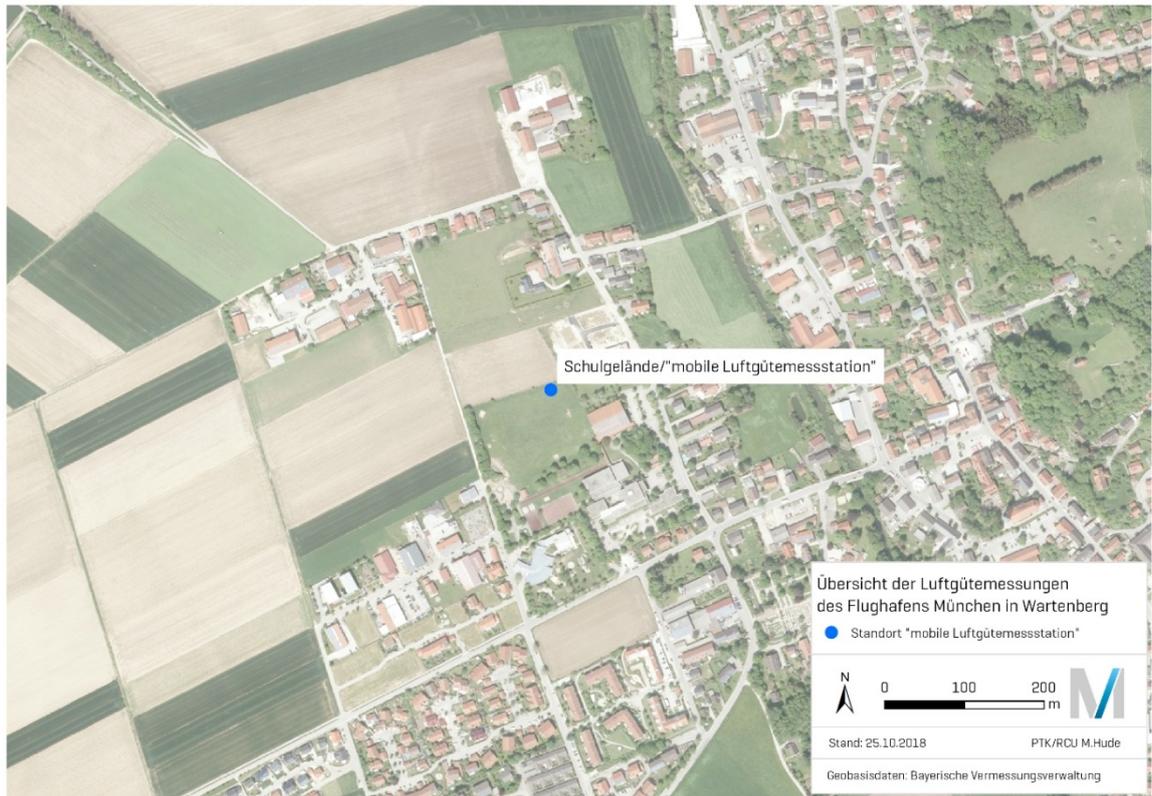


Abbildung 3. Übersichtskarte mit gewähltem Messstandort.



Abbildung 4. Außenansicht mobile Luftgütemessstation am Standort „Schulgelände/ Strogenhalle, Zusterforfer Straße 3“ in der Marktgemeinde Wartenberg.

2.4. Messzeitraum

Die Messstation wurde am 08.01.2018 am Standort „Schulgelände/ Strogenhalle, Zusterfer Straße 3, Wartenberg,“ aufgestellt, mit den Messungen wurde am 09.01.2018 begonnen. Die mobile Luftgütemessstation war bis 30.06.2018 in Betrieb.

Die Auswertung erfolgte für den halbjährlichen Messzeitraum erstes Halbjahr 2018. Dieser Auswertzeitraum zu gleichen Anteilen des Sommer- als auch Winterhalbjahres kann deshalb als repräsentativ angesehen werden. Der halbjährige Auswertzeitraum wurde auch bei den bereits vorangegangenen mobilen Luftgütemessungen angewendet.

2.5. Mobile Luftgütemessstation

Die mobile Luftgütemessstation des Flughafens München besteht aus einem Container mit der Abmessung 2,40 m x 2,60 m, der auf einem PKW-Anhänger montiert ist. Der Anhänger mit Container hat eine Höhe von rund 2,50 m und weist ein Gesamtgewicht von rund 1.200 kg auf. Die mobile Luftgütemessstation verfügt über einen ausziehbaren Mast, dessen Spitze in ausgefahrenem Zustand rund 8 m über dem Boden liegt. Die zu messende Außenluft wird über dem Dach des Containers in einer Höhe von rund 4 m angesaugt. Die Messhöhe der meteorologischen Messungen beträgt rund 8 m. Die mobile Luftgütemessstation benötigt für ihren Betrieb einen externen 230 V-Anschluss.

Abbildung 5 zeigt die Innenausstattung der mobilen Luftgütemessstation am Standort „Zusterfer Straße 3“ in Wartenberg.



Abbildung 5. Innenausstattung der mobilen Luftgütemessstation.

2.6. Messumfang / Parameter

Mit den Messinstrumentarien in der mobilen Luftgütemessstation können folgende Luftschadstoffe gemessen werden:

- Feinstaub (PM₁₀, PM_{2,5})
- Stickstoffoxide (NO₂, NO)
- Ozon (O₃)
- Schwefeldioxid (SO₂)
- Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol (BTEX)
- n-Alkane (n-Hexan bis n-Tetradekan)
- Benzo(a)pyren im PM₁₀

Zudem werden folgende meteorologischen Parameter bestimmt:

- Windrichtung und -geschwindigkeit
- Lufttemperatur und -feuchte
- Luftdruck

Nachfolgende Tabelle enthält den Messumfang der mobilen Luftgütemessstation mit den gemessenen Parametern, dem eingesetzten Gerät sowie den verwendeten Messverfahren. Die Parameter, Geräte und Verfahren entsprechen den einschlägigen Vorgaben.

Tabelle 1. Übersicht zum Messumfang der mobilen Luftgütemessstation.

| Parameter | Gerät | Verfahren |
|---|--|------------------------------|
| PM ₁₀ kontinuierlich | Horiba Typ: APDA 372 | In Anlehnung an DIN EN 16450 |
| PM ₁₀ gravimetrisch | Comde/Derenda Typ: LVS/PNS | DIN EN 12341 |
| PM _{2,5} kontinuierlich | Horiba Typ: APDA 372 | In Anlehnung an DIN EN 16450 |
| PM _{2,5} gravimetrisch | Comde/Derenda Typ: LVS/PNS | DIN EN 12341 |
| Schwefeldioxid (SO ₂) | Horiba Typ: APSA 370 | DIN EN 14212 |
| Ozon (O ₃) | Horiba Typ: APOA 370 | DIN EN 14625 |
| Stickstoffmonoxid (NO) | Horiba Typ: APNA 370 | DIN EN 12411 |
| Stickstoffdioxid (NO ₂) | Horiba Typ: APNA 370 | DIN EN 14211 |
| BTEX | Horiba Typ: GPS5-8D bzw. MCZ Typ: MircoPNS | DIN EN 14662 |
| Benzo(a)pyren (im PM ₁₀) | Comde/Derenda Typ: LVS/PNS | DIN EN 15549 |
| n-Alkane (C ₆ -C ₁₄) | Horiba Typ: GPS5-8D bzw. MCZ Typ: MircoPNS | DIN EN 14662 |
| Temperatur | Wetterstation Thies/ Lufft | VDI 3786 Blatt 3 |
| relative Feuchte | Wetterstation Thies/ Lufft | VDI 3786 Blatt 4 |
| Windgeschwindigkeit | Wetterstation Thies/ Lufft | VDI 3786 Blatt 2 |
| Windrichtung | Wetterstation Thies/ Lufft | VDI 3786 Blatt 2 |
| Luftdruck | Wetterstation Thies/ Lufft | VDI 3786 Blatt 16 |

Mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt wurde die Frage einer Messung von ultrafeinen Partikeln (UFP) diskutiert. Wegen nicht einheitlicher Standards bei der Messtechnik, dem Fehlen validierter Messverfahren und nicht vorhandener Beurteilungs- bzw. Bewertungsgrundlagen wurde in Abstimmung mit dem Landesamt für Umwelt auf die Messung von UFP verzichtet. UFP werden derzeit nur im Rahmen von wissenschaftlichen Sonderuntersuchungen gemessen.

2.7. Betrieb der mobilen Luftgütemessstation

Mit dem Betrieb der mobilen Luftgütemessstation ist ein akkreditiertes Prüflaboratorium beauftragt, das nach § 29b BImSchG in Verbindung mit der Bekanntgabeverordnung (41. BImSchV) als sachverständige Stelle bekannt gegeben ist. Die Flughafen München GmbH hat dafür die zugelassene sachverständige Stelle Müller-BBM GmbH betraut.

Die Funktion der Messgeräte wird u.a. vom Betreiber Müller-BBM werktäglich überprüft. Die kontinuierlichen Stickstoffoxid-, Schwefeldioxid- und Ozonmessungen werden werktäglich mit Null- und Prüfgas überprüft. Die Wartung der Messgeräte erfolgt nach den Vorgaben der jeweiligen Richtlinien.

Die Steuerung der Messgeräte sowie die Erfassung, Speicherung und Verarbeitung der Messdaten erfolgt mittels eines Messstationsrechners.

Die Messwerte werden über eine Netzwerkverbindung direkt an die Messnetzzentrale des Betreibers Müller-BBM gesandt, der sie einer Plausibilitätsprüfung unterzieht und anschließend nach den Vorgaben der 39. BImSchV sowie der jeweiligen Richtlinien auswertet.

3. Meteorologie und Flugverkehr im Messzeitraum

3.1. Meteorologische Situation während des Messzeitraums

Die meteorologische Situation während der Luftgütemessung in Wartenberg kann aus lufthygienischer Sicht wie folgt zusammengefasst werden:

Der Januar 2018 war insgesamt extrem mild, stürmisch und niederschlagsreich. Aus lufthygienischer Sicht kann deshalb der Januar 2018 als ungewöhnlich günstig eingestuft werden. Schon Anfang des Monats ließ das Schmelzwasser aus der letzten Dezemberdekade die Flüsse ansteigen. Niederschläge zur Monatsmitte führten erneut in Südbayern zu hohen Pegelständen. Konstante Hochdruckwetterlagen stellten sich praktisch über den gesamten Monat, durch die teils kräftigen Winde, nicht ein. Nach kurzzeitigem Kälteeinbruch zum 21. Januar gab es zum 24. Januar wieder Temperaturen von ungewöhnlich milden 12,4 °C.

Nach dem trüben, nassen und milden Januar 2018 folgte mit dem Februar 2018 ein sonniger, trockener und eiskalter Monat. Aus lufthygienischer Sicht kann deshalb der Februar 2018 als tendenziell ungünstig eingestuft werden. Die Temperaturen Anfang Februar 2018 sanken nachts häufig in den mäßigen Frostbereich. Die Tageshöchstwerte lagen meist etwas über dem Gefrierpunkt. Die insgesamt eher spärlichen Niederschläge fielen überwiegend in Form von Schnee. Am 15. Februar brachte ein Tief im Süden Bayerns starken Regen und Tauwetter. Am 17. Februar kam es zu ergiebigem Schneefall mit bis zu 20 cm Neuschnee. Im Anschluss herrschten konstante Wetterbedingungen in Verbindung mit niedrigen Temperaturen. Ab dem 25. Februar herrschte ungewöhnliche Kälte: Durch stärker werdende Ostströmungen am Südrand eines kräftigen nordeuropäischen Hochs floss trockene Polarluft nach Oberbayern, die in weiten Teilen sonniges und eiskaltes Winterwetter brachte.

Der März 2018 war der zweite Monat in Folge, der mehr als 1 °C unterhalb des langjährigen Mittelwertes lag. Das letzte Mal, dass zwei aufeinanderfolgende Monate so kühl waren, gab es im Februar und März 2013. Nach einem trockenen, sehr kalten Monatsbeginn wurde es zum zweiten Drittel für kurze Zeit frühlingshaft warm. Im Anschluss kam es durch eisigen Nordostwind, verursacht durch ein Arktishoch, erneut zu frostigen Witterungsbedingungen. Das letzte Drittel des Monats war von Tiefdruckgebieten mit milderer, feuchter Luft aus Westen geprägt. Die Niederschlagsmengen und Sonnenstunden waren im März 2018 durchschnittlich.

Hochdruckgebiete über Mitteleuropa und Skandinavien hielten im April 2018 die Tiefausläufer meist fern von Deutschland. So herrschten bereits Anfang des Monats überwiegend frühlingshafte, ab der zweiten Monatshälfte sogar sommerliche Temperaturen. Im Mittel war damit der April 2018 der insgesamt wärmste April seit Beginn kontinuierlicher Wetteraufzeichnungen im Jahre 1881. Zusammenfassend zeigte der April 2018 neben der ungewöhnlichen Wärme ein deutliches Niederschlagsdefizit bei überdurchschnittlicher Sonnenscheindauer.

Im Mai 2018 sorgte hoher Luftdruck, der sich von Mittel- nach Nordeuropa verlagerte, in Bayern für einen überaus sonnenscheinreichen und außergewöhnlich warmen Mai. So folgte dem wärmsten April seit Beginn regelmäßiger Aufzeichnungen ein ebenso warmer Mai. Heftige Gewitter, Starkregen und Hagel wurde vor allem zum Monatsende registriert. Insgesamt zeigte der Mai 2018 ungewöhnlich viele Extreme. Neben der ungewöhnlichen Wärme war auch eine überdurchschnittliche Sonnenscheindauer und eine überdurchschnittliche Niederschlagsmenge zu verzeichnen. Aus lufthygienischer Sicht kann daher der Mai 2018, mit Ausnahme der Ozonkonzentrationen, als sehr günstig bezeichnet werden.

Im Juni 2018 dominierte in Bayern schwülwarme Luft. Verbreitet entluden sich heftige Gewitter in Verbindung mit Starkregen. Nachdem in der ersten Monatshälfte fast täglich die 25°C-Marke erreicht wurde, gab es zum 13. Juni 2018 Abkühlung durch ein Tiefdruckgebiet aus Nordost. Die zweite Monatshälfte war von Hochdruck geprägt, welcher lediglich zwischen 21. Juni und 23. Juni 2018 durch stürmischen Tiefdruck aus Nordwest unterbrochen wurde. Wie auch im Mai 2018 kann der Juni 2018 aus lufthygienischer Sicht, mit Ausnahme der Ozonkonzentrationen, als sehr günstig bezeichnet werden.

3.2. Ergebnisse der meteorologischen Messungen an der mobilen LGM

In der mobilen Luftgütemessstation, sowie an der ca. 14 km weiter südwestlich gelegenen Hauptmessstation LHY7, werden die meteorologischen Größen Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Luftdruck sowie Windrichtung und Windgeschwindigkeit kontinuierlich erfasst.

Die Aufzeichnungen liegen für den Zeitraum vom 09. Januar bis 30. Juni 2018 in Form von Halbstunden- und Stundenmittelwerten vor; für jedes Stundenintervall und jede Messgröße wurden ferner jeweils die höchsten und die niedrigsten Einzelmesswerte festgehalten (Extremwerte). Die meteorologischen Größen dienen u. a. der Beurteilung der Immissionssituation.

In Abbildung 6 ist die Windrichtungsverteilung für den gesamten Messzeitraum dargestellt.

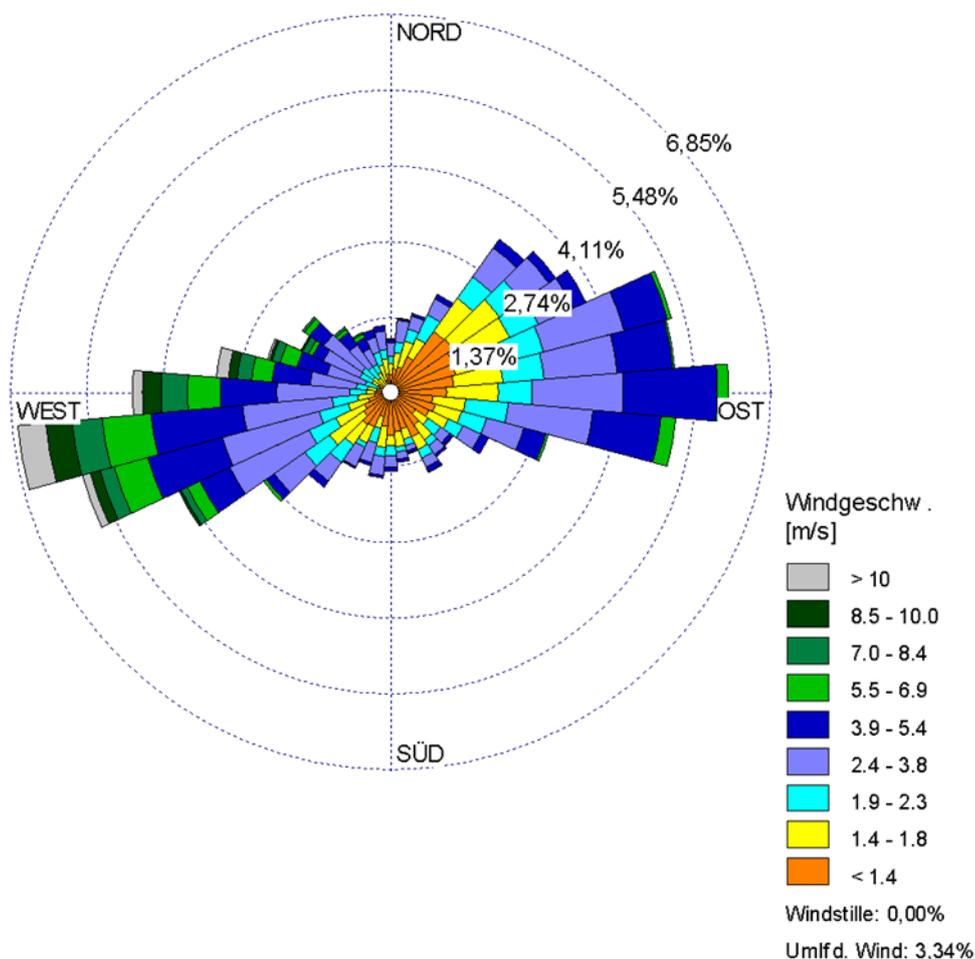


Abbildung 6. Windrichtungsverteilung der mobilen Luftgütemessungen in Wartenberg (09.01. - 30.06.18).

Die Häufigkeitsverteilungen der Windrichtung und -geschwindigkeit für den Zeitraum 09. Januar 2018 bis 30. Juni 2018 zeigt zwei ähnlich ausgeprägte Maxima aus westlichen bis südwestlichen und aus östlichen bis nordöstlichen Richtungen. Der Anteil an Schwachwinden (Kalmen) betrug 3,4 %. Der Anteil an windschwachen Situationen (<1,4 m/s) betrug 27,3 %. Im Vergleich hierzu wurden im repräsentativen Jahr 2012 24,6 % windschwache Situationen registriert.

Für eine weiterführende detaillierte Beurteilung der Immissionskenngrößen sind in Kapitel 5.2. im Müller-BBM Bericht [4] zum gesamten Messzeitraum die Häufigkeitsverteilungen der Windrichtungen und -geschwindigkeiten in den einzelnen Messmonaten dargestellt. Zusammenfassend lag der Januar 2018 ungewöhnlicherweise im Einfluss teils kräftiger West- bis Südwestwinde. Der Anteil an nordwestlichen Windrichtungen war im Juni 2018 ungewöhnlich stark ausgeprägt. In den Monaten Februar und Mai wurden deutlich ausgeprägte Ostwindperioden registriert. In den Monaten März und April wurden neben Südwestanströmungen auch typische Ostwetterlagen registriert. Typische langanhaltende, winterliche Hochdruckwetterlagen waren im Februar und März 2018 zu verzeichnen.

Die Windrichtungsverteilung des gesamten Messzeitraums ist im Wesentlichen durch die Lage in der Münchner Schotterebene geprägt. Es zeigt sich grundsätzlich eine gute Übereinstimmung zur überregionalen Windrichtungsverteilung, die durch die DWD-Station Flughafen München repräsentiert wird (vgl.2.2 in [4]). Im Gegensatz zur langjährigen überregionalen Windverteilung wurde im Messzeitraum eine insgesamt breitgefächere Windrichtungsverteilung und ein höherer Ostwindanteil bestimmt.

In der Tabelle 2 sind die Monatskenngrößen von Lufttemperatur, relativer Feuchte, Luftdruck und der Windgeschwindigkeit für den Messstandort Wartenberg dargestellt.

Tabelle 2. Monatskenngrößen von Lufttemperatur, relativer Luftfeuchte, Luftdruck und Windgeschwindigkeit für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18.

| Kenngröße | Windgeschwindigkeit | Luftdruck | rel. Feuchte | Lufttemperatur |
|--------------------|---------------------|-------------|--------------|----------------|
| | m/s | hPa NN | % | °C |
| Januar 18 | 3,5 | 1018 | 80,7 | 3,3 |
| Februar 18 | 2,4 | 1016 | 75,4 | -2,1 |
| März 18 | 3,2 | 1006 | 72,7 | 3,3 |
| April 18 | 2,8 | 1015 | 58,8 | 13,8 |
| Mai 18 | 2,4 | 1016 | 65,6 | 16,8 |
| Juni 18 | 2,2 | 1018 | 67,9 | 18,4 |
| Mittelwert | 3,8 | 1015 | 70 | 9,3 |
| Max. 1h-Mittelwert | 18,6 | 1036 | 95 | 28,6 |
| Min. 1h-Mittelwert | < 0,5 | 991 | 25 | -13,3 |
| Verfügbarkeit % | 100 | 100 | 100 | 100 |

In Tabelle 3 werden zudem die Monatsmittelwerte der DWD-Station München-Flughafen mit den Werten des langjährigen Mittels der DWD-Station München-Flughafen verglichen.

Tabelle 3. Monatsmittelwerte für Temperatur und Niederschlag der DWD-Station München-Flughafen für den Zeitraum 01.01. – 30.06.2018 im Vergleich zum langjährigen Mittel.

| Kenngroße | Luft- temperatur | Luft- temperatur (langjähriges Mittel) | Nieder- schlag | Niederschlag (langjähriges Mittel) |
|-------------------|---------------------|---|-------------------|--|
| | °C | °C | mm | mm |
| Januar 18 | 3,8 | -1,0 | 77 | 49 |
| Februar 18 | -2,4 | 0,1 | 30 | 41 |
| März 18 | 3,0 | 4,2 | 27 | 55 |
| April 18 | 12,8 | 8,5 | 9 | 53 |
| Mai 18 | 16,1 | 13,5 | 110 | 87 |
| Juni 18 | 17,8 | 16,4 | 116 | 103 |
| Mittelwert | 8,5 | 7,0 | - | - |
| Summe | - | - | 369 | 388 |

Die mittlere Windgeschwindigkeit über den gesamten Messzeitraum betrug 3,8 m/s. Die höchsten Windgeschwindigkeiten wurden im Januar und März 2018 registriert. Im Juni wurden mit 2,2 m/s die geringsten Windgeschwindigkeiten gemessen.

Die Temperatur im Messzeitraum war im Vergleich zum langjährigen Mittel der DWD-Messstation München-Flughafen in den Monaten Januar, April und Mai 2018 deutlich zu warm. Der Februar war hingegen mit -2,4 °C deutlich zu kühl. Im Mittel lag die Temperatur mit 8,5 °C ca. 1,5 °C über dem langjährigen Mittelwert am Flughafen München.

Die Niederschlagsmenge im Messzeitraum der mobilen Luftgütemessungen in Wartenberg lag geringfügig unter dem langjährigen Mittel. Im Januar 2018 wurden Niederschlagsmengen über dem langjährigen Mittel registriert. In den Monaten Februar, März und April wurden im Vergleich zum langjährigen Mittel geringere Niederschlagsmengen registriert. In den bundesweit sehr trockenen Monaten Mai und Juni 2018 wurden im Vergleich zum langjährigen Mittel Niederschlagsmengen über dem langjährigen Mittelwert registriert. Diese Niederschläge wurden quasi ausschließlich durch kurzzeitigen Starkregen, meist in Verbindung mit Gewitterereignissen hervorgerufen.

In Abbildung 7 ist der Verlauf der Windgeschwindigkeit bzw. in Abbildung 8 der Verlauf der Lufttemperatur an der mobilen Luftgütemessstation in Wartenberg im Messzeitraum dargestellt.

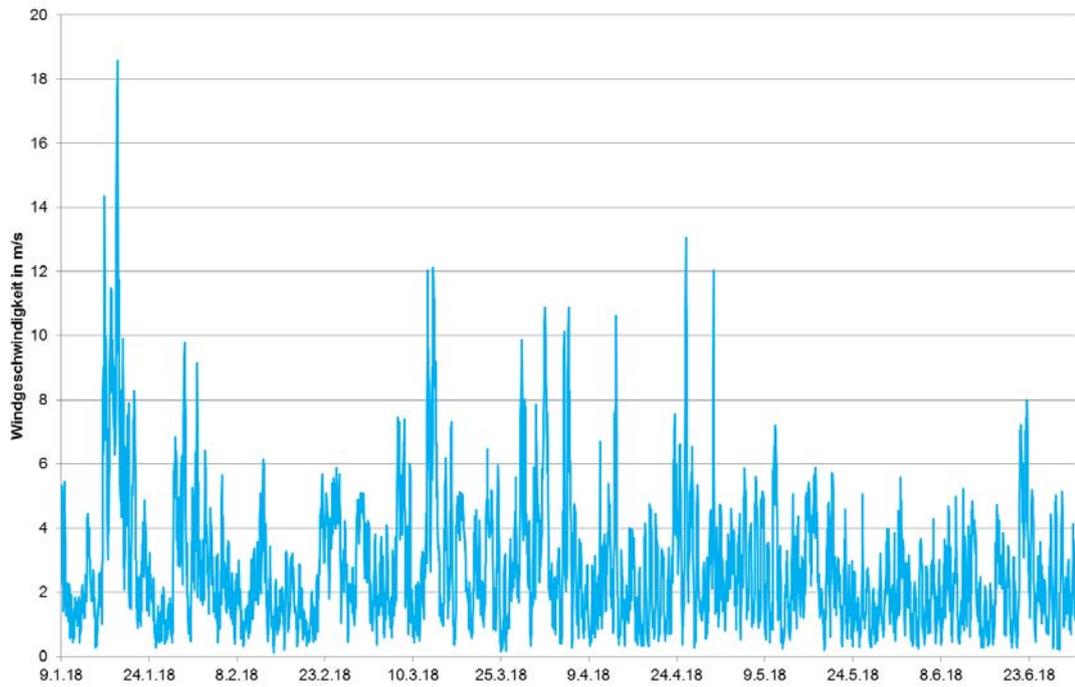


Abbildung 7. Mittlerer Verlauf der Windgeschwindigkeit für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Stundenmittelwerte).

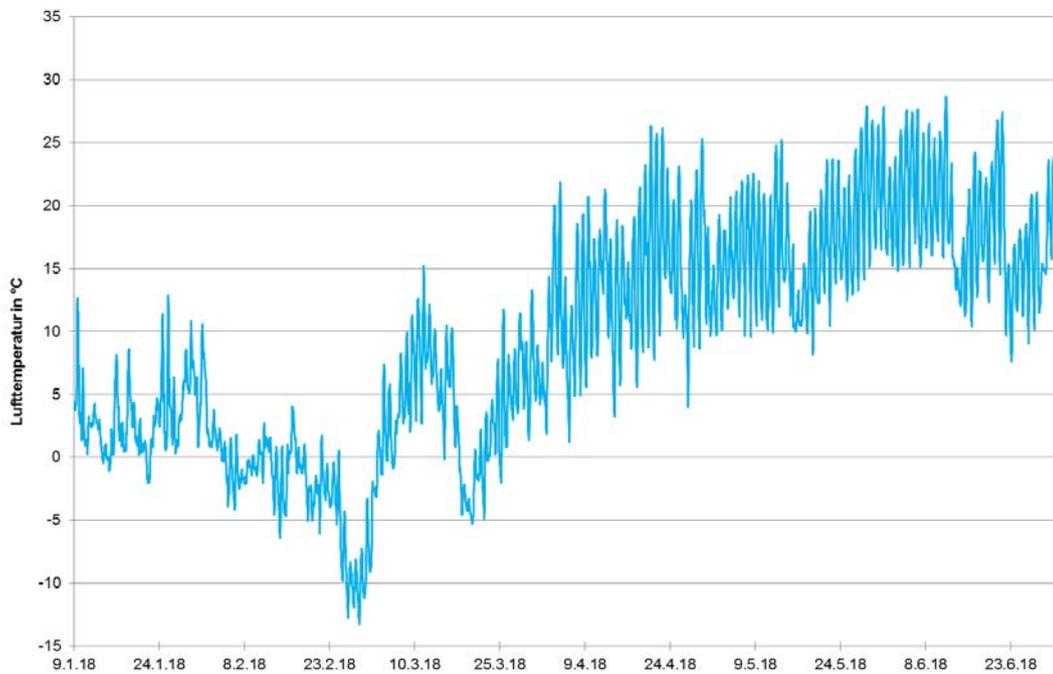


Abbildung 8. Mittlerer Verlauf der Lufttemperatur für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Stundenmittelwerte).

3.3. Flugverkehr

Im Messzeitraum 09.01.2018 - 30.06.2018 fanden insgesamt 192.052 Flugbewegungen statt.

In diesem Zeitraum war zu 50 % in Richtung Osten gestartet und von Westen kommend gelandet worden. Entsprechend wurde zu 50 % in Richtung Westen gestartet und von Osten kommend gelandet. Die Betriebsrichtungsverteilung beträgt im langjährigen Mittel (10 Jahre) rund 37 % Ost und rund 63 % West. Damit stellt die im Messzeitraum vorgefundene Luftverkehrssituation eine untypische Situation dar, wie sie im langjährigen Durchschnitt am Flughafen München in der Regel nicht auftritt. Tabelle 4 enthält die Starts und Landungen sowie die Betriebsrichtungsverteilung im Messzeitraum 09.01.2018 - 30.06.2018.

Tabelle 4. Starts und Landungen sowie Betriebsrichtungsverteilung 09.01.2018 – 30.06.2018.

| Starts und Landungen im Messzeitraum | |
|---|--------|
| Betriebsrichtung Ost | 95.926 |
| Betriebsrichtung West | 96.126 |
| Betriebsrichtungsverteilung im Messzeitraum | |
| Betriebsrichtung Ost | 50 % |
| Betriebsrichtung West | 50 % |
| Betriebsrichtungsverteilung im langjährigen Mittel | |
| Betriebsrichtung Ost | 37 % |
| Betriebsrichtung West | 63 % |

Zur Veranschaulichung der Betriebsrichtungen zeigt Abbildung 9 einen Ausschnitt aus AIP Germany zu den Flugroutenfestlegungen.

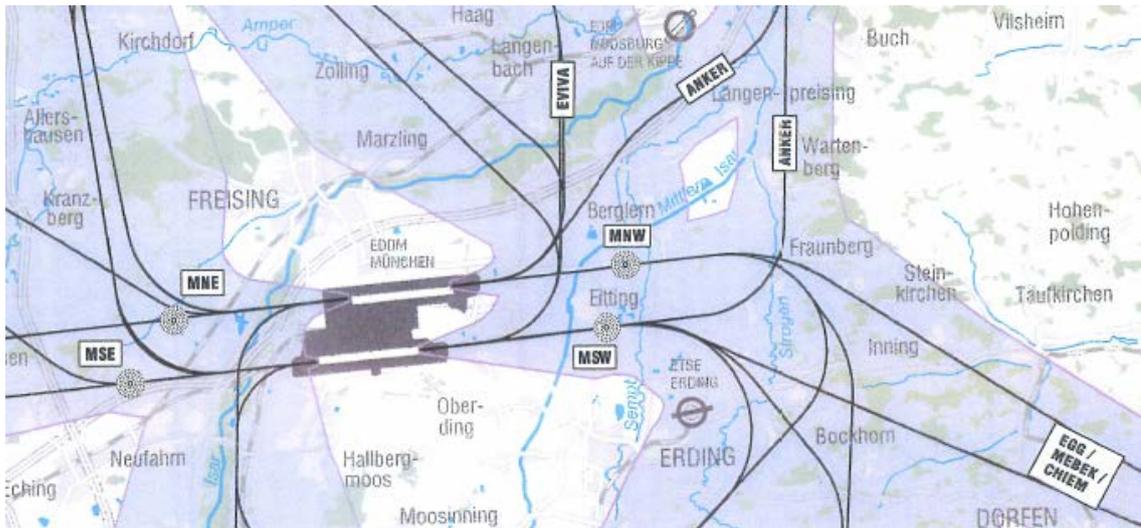


Abbildung 9. Auszug aus AIP Germany.

Abbildung 10 stellt beispielhaft die Flugspuraufzeichnungen im Messzeitraum bei Betriebsrichtung Ost (Flugspuraufzeichnungen vom 14.04.2018) dar. Dargestellt sind Starts (blau) und Landungen (orange). Die Lage der mobilen LGM in Wartenberg ist mit einem roten Kreis markiert.



Abbildung 10. Flugspuraufzeichnungen vom 14.04.2018 (Betriebsrichtung Ost).

Abbildung 11 stellt beispielhaft die Flugspuraufzeichnungen im Messzeitraum bei Betriebsrichtung West (Flugspuraufzeichnungen vom 16.04.2018) dar. Dargestellt sind Starts (blau) und Landungen (orange). Die Lage der mobilen LGM in Wartenberg ist mit einem roten Kreis markiert.

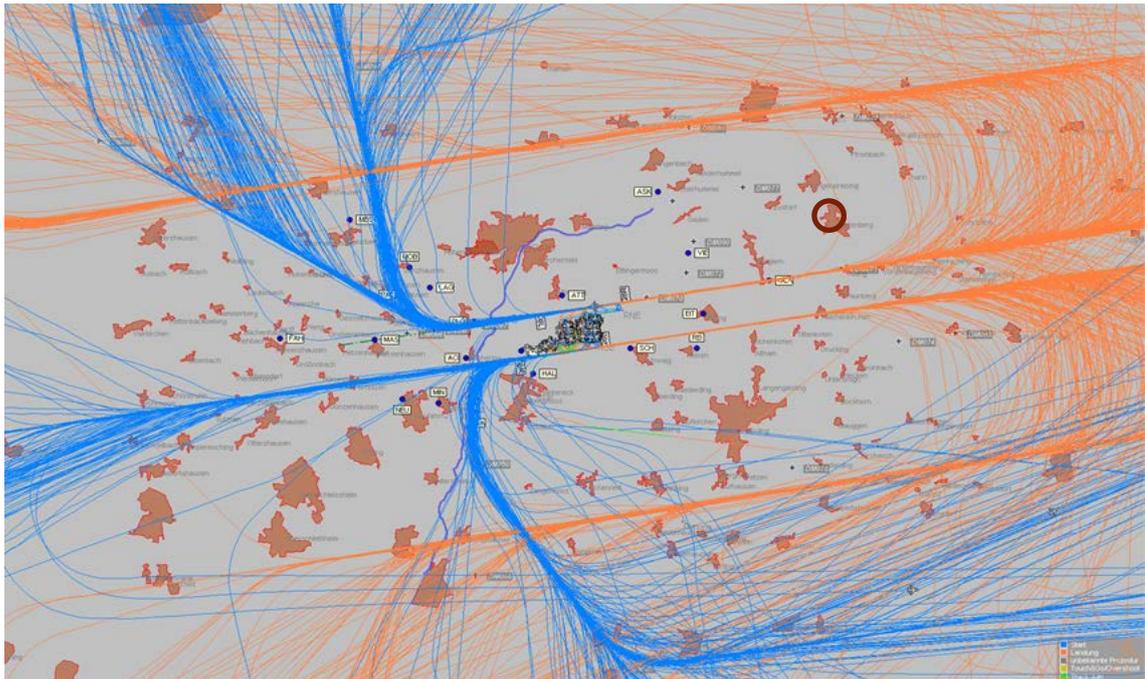


Abbildung 11. Flugsपुरaufzeichnungen vom 16.04.2018 (Betriebsrichtung West).

4. Luftschaadstoffe

Ein „Schadstoff“ im Sinne der 39. BImSchV ist jeder in der Luft vorhandene Stoff, der schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt insgesamt haben kann.

4.1. Entstehung und Ausbreitung

4.1.1. Emission

Als Emissionen werden in der Luftreinhaltung Schadstoffe bezeichnet, die in die Atmosphäre abgegeben werden. Sie können aus natürlichen Quellen oder von der Tätigkeit des Menschen stammen. Auf den Menschen zurückzuführende Emissionsquellen können Anlagen der Industrie oder der Wärmezeugung sein und auch Verbrennungsmotoren von Fahrzeugen oder Flugzeugturbinen. Emissionsorte sind bspw. Schornsteine, Fahrzeuge oder Flugzeuge.

Einige Luftschaadstoffe werden direkt in die Atmosphäre abgegeben, andere entstehen durch natürliche, in der Atmosphäre stattfindende Umwandlungsprozesse aus Vorläufersubstanzen. So führt die Einwirkung von Sonnenlicht z. B. auch ohne das Zutun des Menschen zur Bildung von Ozon.

4.1.2. Transmission

Die Ausbreitung von in die Atmosphäre abgegebenen Schadstoffen erfolgt ganz überwiegend durch den Wind. Der Wind am Flughafen München weht häufig aus Westen oder Südwesten. Winde aus dieser Richtung sind meist mit einer höheren Turbulenz der Atmosphäre verbunden und auch Niederschlagsereignisse treten vermehrt auf. Spurenstoffe in der Atmosphäre werden durch die Turbulenzen verteilt, verdünnt und durch den Niederschlag ausgewaschen.

Bei Ostwind sind die Windgeschwindigkeiten oft niedriger, auch die Niederschlagshäufigkeit ist geringer. Da Verteilung und Verdünnung deshalb bei Ostwind langsamer als bei Westwind erfolgen und zudem die Niederschlagshäufigkeit geringer ist, können Luftschaadstoffe über größere Entfernungen transportiert werden. Dies führt zu erhöhten Hintergrundkonzentrationen. Ein weithin bekanntes Beispiel hierfür ist der tagelange Geruch von Rauch über Westeuropa, wenn z. B. in Osteuropa Waldbrände wüten.

Bei windschwachen Wetterlagen mit Hochdruckeinfluss und damit verbundener keiner oder geringer Bewölkung, können sich durch Auskühlung des Erdbodens und der bodennahen Luft stabile Inversionswetterlagen bilden, bei denen bodennahe Kaltluftschichten von wärmeren Luftschichten überlagert werden. Diese Wetterlagen werden im Winter häufiger beobachtet und lösen sich im Winter langsamer auf als im Sommer. Winterliche Inversionswetterlagen verhindern durch ihre Temperaturschichtung den vertikalen Transport, wodurch sich Schadstoffe lokal anreichern können. Inversionswetterlagen sind neben der niedrigeren Grenzschichthöhe (siehe 4.2) ein wesentlicher Grund dafür, dass in den Wintermonaten häufig höhere Schadstoffkonzentrationen gemessen werden als im Sommer.

Die Schadstoffe, die von Flugzeugen emittiert werden, sind so klein, dass sie nur sehr langsam nach unten sinken. Der Transport von Schadstoffen in vertikaler Richtung ist wesentlich geringer als der horizontale Transport. Hinzu kommt, dass kleinere Luftschaadstoffe weniger zum Absinken neigen und deshalb zum Teil über große Entfernungen in der Atmosphäre transportiert werden können. Erst die während des Transports erfolgende Umwandlung und Alterung der Luftschaadstoffe führt zu einem Wachstum der einzelnen Teilchen und in der Folge zu deren

Absinken. Ein vertikaler Transport der Luftschadstoffe zum Boden wird verhindert, wenn die Luftschadstoffe oberhalb einer Inversionsschicht ausgestoßen werden. Sobald sich die Inversionsschicht auflöst, herrscht wieder Vertikaltransport.

4.1.3. Immission

Von Immissionen spricht man, wenn Luftschadstoffe nach der Transmission und der dabei stattfindenden Verteilung, Verdünnung und Umwandlung auf die Umwelt einwirken. Bei Immissionsmessungen steht vor allem der Schutz der menschlichen Gesundheit im Mittelpunkt. Maßgeblich sind dabei die Bestimmungen der 39. BImSchV.

4.2. Schichtung der Atmosphäre

Die unterste Schicht der Atmosphäre bezeichnet man als Troposphäre. Sie erstreckt sich vom Boden bis in eine Höhe von rd. 10 km. In ihr findet das Wettergeschehen statt. Die Troposphäre ist unterteilt in die atmosphärische Grenzschicht und die darüber liegende freie Atmosphäre. Die atmosphärische Grenzschicht wiederum wird unterteilt in die Prandl-Schicht (bodennahe Grenzschicht), die von geringeren Windgeschwindigkeiten mit häufig turbulenten Strömungen geprägt ist und bis in eine Höhe von rd. 100 m reicht. Darüber liegt die Ekman-Schicht, in der höhere Windgeschwindigkeiten mit weitgehend gleichmäßigem Windgeschehen herrschen. Die Ekman-Schicht reicht von der Oberkante der Prandl-Schicht bis in eine Höhe von rd. 1.000 m. Darüber liegt die freie Atmosphäre, die sich von rd. 1.000 m über dem Boden bis zur Obergrenze der Troposphäre erstreckt [5] [6]. Die Höhe der Grenzschicht unterliegt tageszeitlichen und jahreszeitlichen Schwankungen. Im Tagesverlauf liegt die Grenzschicht um die Mittagszeit am höchsten, wenn die maximale Sonneneinstrahlung erreicht wird. Die mittleren Grenzschichthöhen mit maximaler Sonneneinstrahlung variieren zwischen etwa 500 m in den Wintermonaten und bis zu 1.400 m im Frühsommer [7]. Je niedriger die Grenzschicht, desto höher ist die Anreicherung von Schadstoffen in Bodennähe.

Der Übergang von einer Schicht zur darüberliegenden Schicht kann eine Sperre bilden, die bei Inversionswetterlagen die vertikale Ausbreitung der turbulenten Strömungen in die darüberliegenden Schichten behindern oder ganz unterbinden [8].

4.3. Flugbewegungen in der atmosphärischen Grenzschicht

Die bodennahe Grenzschicht wird von Flugzeugen bereits wenige Sekunden nach dem Start verlassen. Anhand von gemittelten Steigprofilen, etwa eines Airbus A320, lässt sich errechnen, dass startende Flugzeuge bei üblichen meteorologischen Verhältnissen nach rund 2 Minuten Flugzeit eine Höhe von rund 1 km und somit bereits die freie Atmosphäre erreichen.

Beim Landeanflug beträgt die Flugzeit zwischen Eintauchen in die atmosphärische Grenzschicht und dem Aufsetzen auf der Landebahn rund 4 Minuten, wobei eine Strecke von rund 19 km zurückgelegt wird.

Diese Angaben stellen mittlere Werte dar und können je nach Wetterlage und Flugprofil schwanken.

4.4. Verteilung von Flugzeugemissionen

Über Wartenberg befinden sich startende Flugzeuge in einer Höhe von rund 1.000 Metern, die Höhe schwankt je nach Flugzeugtyp und meteorologischen Verhältnissen. In jedem Fall befinden sich startende Flugzeuge über Wartenberg bereits im Bereich höherer Windgeschwindigkeiten der freien Atmosphäre. Die höheren Windgeschwindigkeiten verteilen Schadstoffe sehr schnell in horizontaler Richtung. Hinzu kommt die in der darunter liegenden Ekman-Schicht bereits erfolgende Windscherung durch die Corioliskraft. Ein ursprünglich am Boden gemessener Westwind kann so in 700 m Höhe bereits z. B. ein Nordwestwind sein.

Die Abgase der Flugzeugtriebwerke enthalten Vorläufergase für feine Partikel, die sich nach dem Verlassen des Triebwerkes bilden und zu größeren Partikeln wachsen. Diese größeren Partikel beginnen ab einem Durchmesser von rund 10 µm abzusinken. Die Zeit von rund 2 Minuten, welche ein am Flughafen München startendes Flugzeug braucht um die atmosphärischen Grenzschicht zu verlassen, genügt nicht, um sedimentationsfähige Partikel zu bilden. Daher erreichen nur sehr wenige Abgase startender Flugzeuge den Boden in der Nähe des Flughafens. Der überwiegende Anteil wird mit dem Wind verblasen, verdünnt, teilweise abgebaut oder weit entfernt vom Flughafen z. B. mit dem Regen aus der Atmosphäre ausgewaschen. Bei der Landung herrschen ähnliche Verhältnisse.

4.5. Feinstaub

Entstehung

Feinstaub entsteht auf natürliche Art oder durch die Tätigkeit des Menschen. Auf natürlichem Wege entstandener Feinstaub besteht z. B. aus aufgewirbeltem Bodenmaterial, Pollen, Sporen, Vulkanstaub, Seesalz oder dem sog. „Saharastaub“. Durch menschliche Tätigkeit erzeugter Feinstaub ist z. B. in den Abgasen von Fahrzeugen, Kraftwerken, Heizkesseln oder Öfen enthalten oder entsteht bei industriellen Prozessen. In Innenräumen sind Zigaretten- und Kerzenrauch wesentliche Feinstaubquellen.

Feinstaub mit einem kleineren Durchmesser als 10 Mikrometer (1/100 mm) wird als PM₁₀ (Particulate Matter) oder auch als Schwebstaub bezeichnet, da bereits die Turbulenz der bodennahen Atmosphäre genügt, um ihn am Absinken zu hindern. Feinstaub mit einem kleineren Durchmesser als 2,5 Mikrometer (1/400 mm) wird als PM_{2,5} bezeichnet. Feinstaub mit einem kleineren Durchmesser als 0,1 Mikrometer (1/10000 mm) wird als PM_{0,1} oder üblicherweise als UFP (Ultra Feine Partikel) bezeichnet.

Wirkung

PM₁₀ kann durch Nase und Mund in die Lunge gelangen, wo er je nach Größe bis in die Bronchien oder Lungenbläschen transportiert werden kann. Je kleiner die Partikel sind desto tiefer können sie in den menschlichen Körper vordringen. PM₁₀ oder die kleineren Partikelfractionen können nach dem derzeitigen wissenschaftlichen Kenntnisstand zu Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen führen [9].

PM_{2,5} als Bestandteil von PM₁₀ kann aufgrund seiner geringeren Größe tiefer in die Lunge gelangen. Seit 2010 wird nach 39. BImSchV bei Risikoabschätzungen von Feinstaub auf die Gesundheit der Bevölkerung im Allgemeinen nicht mehr PM₁₀ sondern PM_{2,5} zugrunde gelegt. Dies ist auf die anzunehmende größere Gesundheitsgefährdung durch PM_{2,5} im Vergleich zu PM₁₀ zurückzuführen.

PM_{0,1} als Bestandteil von PM₁₀ kann von den Lungenbläschen (Alveolen) in die Blutbahn übertreten und so im Körper verteilt werden und andere Organe erreichen. Für PM_{0,1} gibt es derzeit noch keine standardisierten Messverfahren und keine Bewertungskriterien.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist in der 39. BImSchV für PM₁₀ ein Jahresgrenzwert von 40 µg/m³ und für PM_{2,5} ein Jahresgrenzwert von 25 µg/m³ enthalten [1](siehe auch Tabelle 5).

4.6. Benzo(a)pyren als Leitparameter für PAK

Entstehung

Der Begriff „PAK.“ bezeichnet die Gruppe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffverbindungen. PAKs in der Luft sind entweder an Staub gebunden oder liegen in gasförmigem Zustand vor. Ob PAKs im konkreten Fall eher an Partikel gebunden sind oder eher gasförmig vorkommen, hängt von den jeweiligen atmosphärischen Bedingungen ab, vor allem von der Temperatur.

PAKs können überall in der Umwelt gefunden werden, sie entstehen auf natürlichem Wege oder durch menschliche Tätigkeit. Sie werden bei der Verbrennung von festen und flüssigen fossilen Brennstoffen (z. B. Kohle, Diesel, Heizöl, Benzin, Kerosin) freigesetzt, können aber auch in Teer (z. B. in Straßenbelägen) enthalten sein. Sie entstehen bei unvollständigen Verbrennungsprozessen und sind deshalb z. B. in den Abgasen des Straßenverkehrs, von Heizkesseln oder im Rauch von Kaminöfen enthalten. Im Zusammenhang mit der Luftqualitätsüberwachung wird Benzo(a)pyren im PM₁₀ als Leitparameter für PAKs verwendet [10]. Ein spezifisches „PAK-Profil“, das eindeutig auf den Flugverkehr als Emissionsquelle hinweist, existiert nicht [11]. Benzo(a)pyren im PM₁₀ hat als einzige PAK-Substanz einen Jahreszielwert in der 39. BImSchV. Deshalb wird bei Immissionsmessungen Benzo(a)pyren im PM₁₀ bestimmt.

Wirkung

Höhere PAK-Konzentrationen können giftig sein, aber auch schon niedrigere Konzentrationen in der Umgebungsluft können z. B. das Lungenkrebsrisiko erhöhen oder zu einer Veränderung des Erbgutes führen [10].

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist daher in der 39. BImSchV für Benzo(a)pyren ein Jahreszielwert von 1 ng/m³ enthalten [1] (siehe auch Tabelle 5).

4.7. Stickstoffoxide

Entstehung

Stickstoffoxide (NO_x) entstehen u.a. durch Verbrennungsprozesse bei hohen Temperaturen. Die Hauptverursacher für NO_x -Emissionen sind Industrie, Energieerzeugung und der Verkehrssektor. Primär wird überwiegend Stickstoffmonoxid (NO) emittiert, das in der Atmosphäre u. a. durch die Reaktion mit Ozon (O_3) zu Stickstoffdioxid (NO_2) umgewandelt wird.

Wirkung

Durch Stickstoffverbindungen wird Stickstoff in Ökosysteme eingetragen. Es fördert das Pflanzenwachstum und trägt zur Eutrophierung bei. Gemeinsam mit Schwefelverbindungen tragen Stickstoffverbindungen zudem zur Versauerung von Böden und Gewässern bei.

Für den Menschen ist aus gesundheitlicher Sicht insbesondere Stickstoffdioxid (NO_2) von Bedeutung. Stickstoffdioxid (NO_2) wird als Reizgas mit stechend-stickigem Geruch bereits in geringen Konzentrationen wahrgenommen. Die geringe Wasserlöslichkeit des Stickstoffdioxids (NO_2) bedingt, dass der Schadstoff nicht in den oberen Atemwegen gebunden wird, sondern auch in tiefere Bereiche der Lunge eindringt und zu Atemwegserkrankungen führen kann. Vor allem Asthmatiker und Kinder reagieren bereits auf niedrige Stickstoffdioxidkonzentrationen.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist daher in der 39. BImSchV für Stickstoffdioxid ein Jahresgrenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ enthalten [1] (siehe auch Tabelle 5).

4.8. Schwefeldioxid

Entstehung

Schwefeldioxid (SO_2) entsteht vor allem bei der Verbrennung von schwefelhaltigen fossilen Brennstoffen wie Kohle oder Erdölprodukten. Dadurch trägt es in erheblichem Maß zur Luftverschmutzung bei. Es ist der Grund für den sog. „sauren Regen“, wobei das Schwefeldioxid zunächst von Sauerstoff zu Schwefeltrioxid oxidiert wird und dann mit Wasser zu Schwefelsäure (H_2SO_4) umgesetzt wird.

Wirkung

SO_2 schädigt in hohen Konzentrationen Mensch, Tiere und Pflanzen. Die Oxidationsprodukte führen zu „saurem Regen“, der empfindliche Ökosysteme wie Wald und Seen gefährdet und Gebäude und Materialien angreift. Hohe Schwefeldioxidkonzentrationen können beim Menschen zu Kopfschmerzen, Übelkeit und Benommenheit führen. In sehr hohen Konzentrationen schädigt das Gas stark die Bronchien und Lungen oder sogar die Nucleinsäuren, die Träger der Erbeigenschaften [12].

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist daher in der 39. BImSchV für Schwefeldioxid ein Tagesgrenzwert von $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mit drei zulässigen Überschreitungen im Kalenderjahr enthalten [1] (siehe auch Tabelle 5).

Abgebaut wird SO_2 durch OH-Radikale und durch nasse Deposition, d.h. durch Lösung in Wolkentropfen, in denen es zur schwefeligen Säure und zur Schwefelsäure umgewandelt wird. SO_2 ist die wichtigste Quelle für Sulfat-Aerosol (Antitreibhauseffekt, saurer Regen) [13].

4.9. Ozon

Entstehung

Ozon (O_3) ist eine stark oxidierende Form von Sauerstoff, die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Vegetation hat. Die existierenden Zielwerte und langfristigen Ziele der Luftreinhaltung dienen sowohl dem Schutz der menschlichen Gesundheit als auch dem Schutz der Vegetation.

In der bodennahen Atmosphäre (Troposphäre) wird Ozon in relevantem Ausmaß nicht direkt als Schadstoff emittiert. Es handelt sich vielmehr um einen sogenannten Sekundärspurenstoff, der photochemisch durch die vom Sonnenlicht ausgelöste Oxidation von leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffverbindungen (VOC) oder aus Stickstoffoxiden entsteht. Da die Bildung von Ozon (O_3) nicht regional begrenzt ist, sind internationale Anstrengungen zur Ozonregulierung notwendig. In der Gesetzgebung sind aus diesem Grund Zielwerte und keine rechtsverbindlichen Grenzwerte festgelegt. Ozonkonzentrationen können indirekt durch die Begrenzung der Emissionen von VOC und Stickstoffoxiden kontrolliert werden [14].

Wirkung

Beim Einatmen wird das Ozon fast vollständig durch die Bronchien aufgenommen. Die Absorption nimmt bei körperlicher Belastung zu, da dabei mehr Atemluft als im Ruhezustand inhaliert wird.

An Tagen mit erhöhter Ozonkonzentration wird von Atemwegsbeschwerden (meist bei Asthmatikern) und eingeschränkten Lungenfunktionen berichtet [14].

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit sind daher in der 39. BImSchV für Ozon ein Zielwert von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als höchster 8-Stundenmittelwert eines Tages bei 25 zulässigen Überschreitungen im Kalenderjahr gemittelt über drei Jahre sowie eine Informations- und Alarmschwelle enthalten [1] (siehe auch Tabelle 5).

4.10. Benzol und n-Alkane

Benzol und n-Alkane sind flüchtige Kohlenwasserstoffverbindungen (Volatile Organic Compounds – VOC). Während Benzol nur in geringen Mengen im Kraftstoff enthalten sein darf, sind die n-Alkane Hauptbestandteile von Kerosin, Heizöl, Diesel und Benzin [15]. Das typische Kohlenwasserstoffmuster für Kerosin zeigt ein Maximum für die n-Alkane C8 (n-Okтан) bis C13 (n-Tridekan) [16]. Die Zusammensetzung der Abgase von Flugzeugtriebwerken oder Dieselmotoren ist ähnlich. Bei Überlagerungen ist eine Zuordnung der Abgase zu einem bestimmten Emittenten nicht mehr möglich [11] [16].

Benzol - Entstehung

Benzol wird bei der Verbrennung von Kraftstoffen in geringem Umfang im Abgas gebildet, wird aber auch bei der Produktion von Kraftstoffen in Raffinerien, durch Verdunstung bei der sog. „Tankatmung“ und bei Tankvorgängen frei. Die Europäische Union hat deshalb im Jahr 2000 den Benzolgehalt von Benzin auf 1 Vol.-% beschränkt, was zu einer Benzolabnahme in der Umgebungsluft führte.

Eine weitere bedeutende Quelle von Benzol in der Umgebungsluft ist die Verbrennung von Holz [17].

Benzol - Wirkung

Laut Weltgesundheitsorganisation (WHO) sind wesentliche Gesundheitsauswirkungen, die auf längere Benzolexposition zurückzuführen sind, Blutvergiftungen (Hämatotoxizität), Erbgutschädigungen (Genotoxizität) und krebserregende Wirkungen (Kanzerogenität). Die Benzolexposition von Schwangeren wurde auch mit der Häufung von Frühgeburten und der Schwächung des Immunsystems von Kindern in Zusammenhang gebracht [17].

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist daher in der 39. BImSchV für Benzol ein Jahresgrenzwert von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ enthalten. Für Toluol, Ethylbenzol und Xylol existieren keine Grenzwerte. Als möglicher Beurteilungsmaßstab können die Zielwerte des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) herangezogen werden [1] (siehe auch Tabelle 5).

n-Alkane - Entstehung

n-Alkane und andere flüchtige organische Komponenten (VOC) sind in der Atmosphäre allgegenwärtig. Sie kommen sowohl natürlicherweise vor (Freisetzung z. B. von Pflanzen und Böden), werden aber auch von Menschen emittiert. Typische Quellen sind verkehrsbedingte Emissionen, Farben oder z. B. Schutzbeschichtungen. VOC spielen als Vorläufersubstanzen eine wichtige Rolle für die Entstehung von Ozon. Sie können in der Atmosphäre auch zu halbflüchtigen und schwerflüchtigen Verbindungen reagieren, anschließend aus der Gasphase in einen partikulären Zustand übergehen und somit zur Feinstaubbelastung beitragen.

Die Konzentrationen sind nach Untersuchungen in Innenräumen häufig höher (bis zum Zehnfachen) als im Freien, unabhängig davon, ob die Untersuchungen in ländlichen oder stark industriellen Gebieten durchgeführt wurden [18].

n-Alkane - Wirkung

Die meisten bekannten Untersuchungen zur Wirkung von VOC wurden in Innenräumen oder an Arbeitsplätzen durchgeführt. Nur wenige Studien untersuchten bisher die VOC-Exposition im Freien. Bekannt ist, dass es vor allem in stark verkehrsbelasteten Gebieten und in der Umgebung von stationären Quellen zu „Hotspots“ kommen kann, aber auch durch biogene Quellen in ländlichen Gegenden.

Symptome die mit einer allgemein erhöhten VOC-Expositionen in Zusammenhang gebracht werden, sind Bindehautreizungen, Nasen- und Rachenbeschwerden, Kopfschmerzen, allergische Hautreaktionen, Atemnot, Schwindel, Erbrechen, Nasenbluten und Müdigkeit. Die wichtigste Wirkung der n-Alkane besteht aber darin, dass sie Vorläufersubstanzen von Ozon sind.

Bei Alkanen und Kohlenwasserstoffgemischen existieren für die Außenluft keine rechtsverbindlichen Immissionswerte.

Die Kommission für Innenraumlufthygiene (IRK) am Umweltbundesamt hat für die Alkane C9 (n-Nonan) bis C14 (n-Tetradekan) Richtwerte für Innenräume festgelegt. Diese Richtwerte sind wirkungsbezogene Werte, die sich auf die gegenwärtigen toxikologischen und epidemiologischen Kenntnisse zur Wirkungsschwelle eines Stoffes unter Einführung von Unsicherheitsfaktoren stützen. Der Richtwert I (Vorsorgewert) für C9 und C14-Alkane beträgt $0,2 \text{ mg}/\text{m}^3$ Innenluft, das entspricht $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Bis zu diesem Richtwert ist keine gesundheitliche Beeinträchtigung für den Menschen zu erwarten, selbst wenn er diesem Stoff lebenslang ausgesetzt ist [3].

5. Bewertungsgrundlagen

Rechtsgrundlagen

In den Staaten der europäischen Union bildet die EU-Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa (Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG) [19] die Grundlage zur Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität.

Zum Zweck der Einhaltung europäischer Richtlinien wurde in der Bundesrepublik Deutschland das Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) [20] geändert und die 22. und 33. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (22. BImSchV und 33. BImSchV) erlassen. Mit Inkrafttreten der 39. BImSchV [1] wurde neben der Luftqualitätsrichtlinie (2008/50/EG) auch die Richtlinie 2004/107/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15.12.2004 über Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft sowie die Richtlinie 2001/81/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.10.2001 über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe in nationales Recht umgesetzt und damit die 22. und 33. BImSchV abgelöst.

Die 39. BImSchV dient dem Schutz der menschlichen Gesundheit sowie dem Schutz der Umwelt vor möglichen Schäden durch Luftverunreinigungen. Sie regelt die geltenden Immissionswerte für Stickstoffdioxid und Stickstoffdioxid, Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}), Schwefeldioxid, Benzol, Kohlenmonoxid sowie Blei, Ozon und Benzo(a)pyren.

Zuständigkeiten

Zur Überwachung der Luftqualität führt in Bayern das Bayerische Landesamt für Umwelt dauerhaft Untersuchungen nach den Anforderungen der 39. BImSchV durch. Zur Sicherstellung der nach der 39. BImSchV einzuhaltenden Immissionswerte werden in Bayern, wenn erforderlich, von den Regierungen in Abstimmung mit dem Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz Luftreinhaltepläne erarbeitet, die für die Öffentlichkeit zugänglich sind.

Luftreinhaltepläne sind dann aufzustellen, wenn in bestimmten Gebieten oder Ballungsräumen Immissionsgrenzwerte zuzüglich festgelegter Toleranzmargen überschritten werden. Sie beinhalten u.a. erforderliche Maßnahmen zur dauerhaften Verminderung der Luftverunreinigungen. Besteht die Gefahr, dass in der 39. BImSchV festgelegte Immissionsgrenzwerte überschritten werden, wird zudem ein Plan für kurzfristig zu ergreifende Maßnahmen aufgestellt. Die Maßnahmen sind entsprechend des Verursacheranteils unter Berücksichtigung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes gegen alle Emittenten zu richten, die zur Überschreitung der Immissionswerte beitragen. Die Öffentlichkeit ist nach § 30 der 39. BImSchV von der zuständigen Behörde über die Luftqualität und insbesondere über die Überschreitung von Alarm- und Informationsschwellen zu unterrichten.

Die langjährigen Messergebnisse der am Flughafen München durchgeführten Luftgüteüberwachung machten und machen die Erstellung eines Luftreinhalteplans durch die zuständigen Behörden nicht erforderlich, da die Werte für Schadstoffe in der Luft die vorgegebenen Immissionswerte deutlich unterschreiten.

5.1. Allgemeine Bewertungsgrundlagen

Die Beurteilung der Luftqualität erfolgt nach der 39. BImSchV durch den Vergleich gemessener Immissionskenngrößen (z. B. Mittelwerte, Maximalwerte, Überschreitungshäufigkeit, Dosis) mit den Beurteilungswerten.

Folgende Begriffsbestimmungen sind u.a. in der 39. BImSchV beschrieben:

Immissionsgrenzwert

Immissionsgrenzwert ist ein Wert, der aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse mit dem Ziel festgelegt wird, schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhüten oder zu verringern und der innerhalb eines bestimmten Zeitraums eingehalten werden muss und danach nicht überschritten werden darf. In der Bundesrepublik Deutschland sind rechtsverbindliche Grenzwerte für Immissionen in der 39. BImSchV geregelt.

Informationsschwelle

Informationsschwelle ist ein Wert (für Ozon), bei dessen Überschreitung schon bei kurzfristiger Exposition ein Risiko für die Gesundheit besonders empfindlicher Bevölkerungsgruppen besteht und bei dem unverzüglich geeignete Informationen erforderlich sind.

Alarmschwelle

Eine Alarmschwelle ist ein Wert, bei dessen Überschreitung bei kurzfristiger Exposition ein Risiko für die Gesundheit der Gesamtbevölkerung besteht und unverzüglich Maßnahmen ergriffen werden müssen.

Richtwert

Richtwerte sind nicht rechtsverbindlich, sie dienen der Orientierung und dürfen überschritten werden. Sie werden von Fachgremien aufgestellt und können als zusätzliche Beurteilungsgrundlagen herangezogen werden. Hierzu zählt u.a. die VDI-Richtlinienreihe 2310 [21].

Zielwert

Zielwert ist ein Wert, der mit dem Ziel festgelegt wird, schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhindern oder zu verringern und der nach Möglichkeit innerhalb eines bestimmten Zeitraums eingehalten werden muss. Zielwerte werden von Fachgremien für Substanzen festgelegt, für die keine eindeutigen Wirkungsschwellen bestehen. Hierzu zählen die Zielwerte der 39. BImSchV und die Zielwerte des Länderausschuss Immissionsschutz (LAI) [2].

Nachfolgende Tabelle 5 gibt einen Überblick über die bei den Messungen mit der mobilen Luftgütemessstation heranzuziehenden Beurteilungswerte der 39. BImSchV.

Tabelle 5. Beurteilungswerte.

| Parameter | Immissionswert | Zeitbezug | Definition | Schutzzweck |
|-------------------------------------|---|---------------------------|--|------------------------|
| Partikel PM ₁₀ | 40 µg/m ³ | Jahresmittelwert | Grenzwert nach 39. BImSchV | menschliche Gesundheit |
| | 50 µg/m ³ (35 Überschreitungen im Kalenderjahr zulässig) | Tagesmittelwert | Grenzwert nach 39. BImSchV | menschliche Gesundheit |
| Partikel PM _{2,5} | 25 µg/m ³ | Jahresmittelwert | Grenzwert nach 39. BImSchV (seit 2015, vorher: Zielwert) | menschliche Gesundheit |
| Stickstoffdioxid (NO ₂) | 40 µg/m ³ | Jahresmittelwert | Grenzwert nach 39. BImSchV | menschliche Gesundheit |
| | 200 µg/m ³ (18 Überschreitungen im Kalenderjahr zulässig) | 1-h-Mittelwert | Grenzwert nach 39. BImSchV | menschliche Gesundheit |
| | 400 µg/m ³ (gemessen an 3 aufeinanderfolgenden Stunden) | 1-h-Mittelwert | Alarmschwelle nach 39. BImSchV | menschliche Gesundheit |
| Ozon (O ₃) | 120 µg/m ³ (25 Überschreitungen im Kalenderjahr zulässig, gemittelt über 3 Jahre) | gleitender 8-h-Mittelwert | Zielwert nach 39. BImSchV | menschliche Gesundheit |
| | 180 µg/m ³ | 1-h-Mittelwert | Informationsschwelle nach 39. BImSchV | menschliche Gesundheit |
| | 240 µg/m ³ | 1-h-Mittelwert | Alarmschwelle nach 39. BImSchV | menschliche Gesundheit |
| Schwefeldioxid (SO ₂) | 125 µg/m ³ (3 Überschreitungen im Kalenderjahr zulässig) | Tagesgrenzwert | Grenzwert nach 39. BImSchV | menschliche Gesundheit |
| | 350 µg/m ³ (24 Überschreitungen im Kalenderjahr zulässig) | 1-h-Grenzwert | Grenzwert nach 39. BImSchV | menschliche Gesundheit |
| Benzol | 5 µg/m ³ | Jahresmittelwert | Grenzwert nach 39. BImSchV | menschliche Gesundheit |
| Benzo(a)pyren im PM ₁₀ | 1 ng/m ³ | Jahresmittelwert | Zielwert nach 39. BImSchV | menschliche Gesundheit |
| Σn-Alkane (C6- C14) | Für n-Alkane existieren keine Immissionswerte in der 39. BImSchV. | | | |

Standortcharakteristik

Gemäß 39. BImSchV [1] wird bei der großräumigen Standortbestimmung zwischen Stationen unterschieden, die der städtischen, vorstädtischen oder ländlichen Charakteristik entsprechen sowie Stationen, die dem ländlichen Hintergrund entsprechen.

Der Messstandort Wartenberg ist in die Kategorie „vorstädtisch“ bis „ländlich“ einzuordnen. Messstationen mit ländlichem Hintergrund befinden sich typischerweise in einiger Entfernung zu Stadt- und Industriegebieten und abseits örtlicher Emissionsquellen wie z. B. Straßen. Solche Gebiete weisen üblicherweise eine niedrige Bevölkerungsdichte auf und liegen häufig in natürlichen Ökosystemen wie z. B. Wäldern.

5.2. Mögliche Bewertungsmaßstäbe zur Beurteilung von n-Alkanen

Gemäß LAI 2004 (Länderausschuss für Immissionsschutz) kann als Beurteilungswert 1/100 des Grenzwertes für die Konzentration in der Luft am Arbeitsplatz herangezogen werden (1/100 MAK, jetzt AGW nach TRGS 900) [22].

Für C9 bis C14-Alkane wird hier hilfsweise der Richtwert I (Vorsorgewert) der Kommission für Innenraumlufthygiene (IRK) am Umweltbundesamt herangezogen. Diese Richtwerte sind wirkungsbezogene Werte, die sich auf die gegenwärtigen toxikologischen und epidemiologischen Kenntnisse zur Wirkungsschwelle eines Stoffes unter Einführung von Unsicherheitsfaktoren stützen. Der Richtwert I (Vorsorgewert) für C9 bis C14-Alkane beträgt 0,2 mg/m³, das entspricht 200 µg/m³ [3].

Für die Bewertung der Messergebnisse der mit der mobilen Luftgütemessstation gemessenen n-Alkane wird hier hilfsweise der Richtwert I der Kommission für Innenraumlufthygiene (IRK) [3] verwendet, da dieser strenger ist als der Beurteilungswert des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) [2].

5.3. Langzeit-Luftqualitätsindex

Zur Erleichterung der Beurteilung von Messergebnissen hat die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg einen Langzeit-Luftqualitätsindex (LaQx) für die Stoffe Benzol, Stickstoffdioxid und die Partikel PM₁₀ und Schwefeldioxid erstellt [23].

Der Langzeit-Luftqualitätsindex dient der Bewertung der durchschnittlichen Luftqualität eines Jahres. Für die Bewertung kürzerer Zeiträume ist er formal nicht geeignet und wurde daher nur hilfsweise herangezogen. Er ist nach dem Schulnotensystem in die Klassen 1 („sehr gut“) bis 6 („sehr schlecht“) eingeteilt (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6. Langzeit-Luftqualitätsindex LaQx.

| Bewertung | Benzol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | NO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | PM₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | SO₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | LaQx Klasse | Farbe |
|------------------|---|---|--|---|------------------------|---|
| sehr gut | 0,0 – 0,2 | 0 – 12 | 0 - 7 | 0 – 5 | 1 |  |
| gut | 0,3 – 1,0 | 13 – 20 | 8 – 15 | 6 -10 | 2 |  |
| befriedigend | 1,1 – 2,0 | 21 – 30 | 16 – 30 | 11 – 20 | 3 |  |
| ausreichend | 2,1 – 5,0 | 31 – 40 | 31 -40 | 21 – 120 | 4 |  |
| Grenzwert | 5 | 40 | 40 | 120 | |  |
| schlecht | 5,1 – 25,0 | 41 - 200 | 41 – 50 | 121 – 350 | 5 |  |
| sehr schlecht | > 25 | > 200 | > 50 | >350 | 6 |  |

Vorbemerkungen zu den Kapiteln 6 bis 9: In den nachfolgenden Kapiteln 6 bis 8 sind neben den Messergebnissen und der Bewertung der Luftgüte in Wartenberg, der Vergleich der Messergebnisse der mobilen Luftgütemessstation mit der Hauptmessstation LHY7 und der Station LHY4 sowie zusätzliche Vergleichsbetrachtungen mit ausgewählten Messstationen des Lufthygienischen Landesüberwachungssystems Bayern (LÜB) dargestellt. Kapitel 9 enthält die Zusammenfassung der Messergebnisse.

Die Kapitel 6 bis 9 sind aus dem von Müller-BBM erstellten Bericht „Ergebnisse der mobilen Luftgütemessungen in der Marktgemeinde Wartenberg“ vom 17.12.2018 [4] wort- und inhalts- gleich übernommen.

6. Messergebnisse und Bewertung der Luftgüte in Wartenberg

Im nachfolgenden Abschnitt sind die Ergebnisse der mobilen Luftgütemessungen in Wartenberg (mobile LGM) für den Messzeitraum 09. Januar bis 30. Juni 2018 dargestellt. Zu berücksichtigen ist, dass die Darstellung der Monatskenngrößen für den Januar 2018 nur anteilig erfolgt, bedingt durch den Messbeginn am 09. Januar 2018.

Die Dauer der Messungen betrug etwa sechs Monate und beinhaltete im Hinblick auf einen möglichst repräsentativen Messzeitraum sowohl das Winter- als auch Sommerhalbjahr. Der Messzeitraum von etwa sechs Monate entspricht, mit Ausnahme der mobilen Luftgütemessungen im Gemeindegebiet Oberding, dem Auswertzeitraum der bisherigen mobilen Luftgütemessungen.

Die Datenverfügbarkeit der Immissionsmessungen betrug zwischen 96 % - 100 %.

Die Bestimmung der Mittelwerte des gesamten Messzeitraumes erfolgt auf Basis hochaufgelöster Messdaten gemäß 39. BImSchV und nicht auf Grundlage der jeweiligen Monatsmittelwerte.

Die grafische Darstellung der Messwerte erfolgt auf Basis von Stunden-, Tages- bzw. Wochenmittelwerten. Der Vergleich mit den jeweiligen Grenz-, Ziel- und Beurteilungswerten erfolgt mit durchgezogenen Linien (verbindlicher Grenzwert) bzw. gestrichelten Linien (Grenz-, Ziel- bzw. Beurteilungswert mit unterschiedlichem Zeitbezug).

6.1. Messergebnisse Partikel PM₁₀ und PM_{2,5}

In Tabelle 7 sind die statistischen Kenngrößen der mit dem gravimetrischen Referenzmessverfahren ermittelten PM₁₀- und PM_{2,5}-Konzentrationen des Messortes Wartenberg (mobile LGM) auf der Basis von Tagesmittelwerten zusammengefasst.

Tabelle 7. Statistische Kenngrößen der PM₁₀- und PM_{2,5}-Konzentrationen im Messzeitraum.

| Kenngröße | Einheit | mobile | mobile | 39. |
|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | | LGM PM ₁₀ | LGM PM _{2,5} | |
| Januar 18 | µg/m ³ | 13 | 11 | |
| Februar 18 | µg/m ³ | 24 | 21 | |
| März 18 | µg/m ³ | 23 | 20 | |
| April 18 | µg/m ³ | 16 | 11 | |
| Mai 18 | µg/m ³ | 12 | 10 | |
| Juni 18 | µg/m ³ | 13 | 8 | |
| Mittelwert | µg/m³ | 17 | 13 | 40/25¹⁾ |
| max. TMW | µg/m ³ | 64 | 59 | - |
| Tage > 50 µg/m³ | Anzahl | 4 | - | 35²⁾ |
| Verfügbarkeit | % | 97 | 100 | |

1) Jahresimmissionswert gemäß 39. BImSchV (PM₁₀/PM_{2,5})

2) PM₁₀-Tagesimmissionswert: zul. Überschreitungshäufigkeit im Jahr gemäß 39. BImSchV

Im gesamten Messzeitraum betrug die mittlere PM_{10} -Konzentration an der mobilen LGM in Wartenberg $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Im Vergleich hierzu beträgt der Immissionsgrenzwert für das Kalenderjahr gemäß 39. BImSchV $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Grenzwert wurde somit im Messzeitraum deutlich unterschritten.

Beim PM_{10} wurde der zusätzliche Tagesgrenzwert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mit 35 zulässigen Überschreitungstagen im gesamten Messzeitraum in Wartenberg an vier Tagen (Anfang März) überschritten.

Die mittlere $PM_{2,5}$ -Konzentration wurde an der mobilen LGM in Wartenberg im gesamten Messzeitraum mit $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bestimmt. Der Mittelwert über den gesamten Messzeitraum liegt somit fast 50 % unter dem Grenzwert der 39. BImSchV von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für das Kalenderjahr.

In Abbildung 12 ist der Verlauf der PM_{10} / $PM_{2,5}$ -Konzentration der mobilen LGM (Wartenberg) grafisch dargestellt.

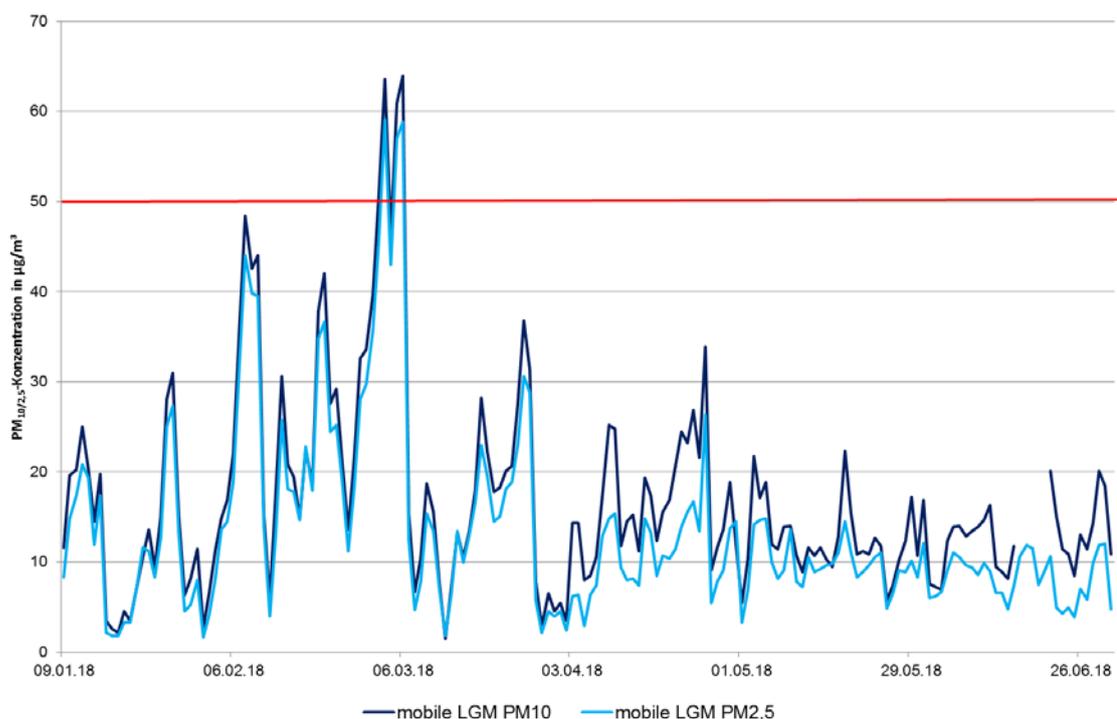


Abbildung 12. Verlauf der gravimetrisch gemessenen $PM_{10/2,5}$ -Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Tagesmittelwerte, PM_{10} -Tagesimmissionsgrenzwert $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rot markiert).

Die PM_{10} - und $PM_{2,5}$ -Konzentrationen waren im gesamten Messzeitraum auf einem ähnlichen Niveau. Im Februar und März 2018 wurden aufgrund der winterlichen Witterung in Verbindung mit konstanten Ostwindwetterlagen die höchsten PM_{10} -Konzentrationen ermittelt, wogegen im Januar 2018 durch die stürmische und feuchte Witterung ungewöhnlich geringe PM_{10} -Konzentrationen ermittelt wurden. Im Messzeitraum in Wartenberg konnte mit Ausnahme des Januar 2018 ein typischer Jahresgang mit erhöhten Partikelkonzentrationen im Winterhalbjahr und tendenziell niedrigeren Partikelkonzentrationen im Sommerhalbjahr festgestellt werden.

Zusätzliche Vergleichsbetrachtungen mit Ergebnissen der stationären Messstationen am Flughafen München bzw. mit dem LÜB-Messnetz werden, wie auch für die folgenden Messkomponenten, abschließend in Abschnitt 7 und 8 geführt.

6.2. Messergebnisse Stickstoffdioxid (NO₂)

In Tabelle 8 sind die statistischen Kenngrößen der an der mobilen LGM in Wartenberg gemessenen NO₂-Konzentrationen und Monatsmittelwerte auf Basis von Stundenmittelwerten zusammengefasst.

Tabelle 8. Statistische Kenngrößen der NO₂-Konzentration für den Messzeitraum.

| Kenngröße | Einheit | mobile LGM NO₂ | 39. BImSchV |
|---|-------------------------|----------------------------------|------------------------|
| Januar 18 | µg/m ³ | 19 | |
| Februar 18 | µg/m ³ | 18 | |
| März 18 | µg/m ³ | 17 | |
| April 18 | µg/m ³ | 13 | |
| Mai 18 | µg/m ³ | 10 | |
| Juni 18 | µg/m ³ | 11 | |
| Mittelwert | µg/m³ | 14 | 40¹⁾ |
| Max. 1h-Mittelwert | µg/m ³ | 65 | |
| 1h-Mittelwert >200 µg/m³ | Anzahl | 0 | 18²⁾ |
| Min. 1h-Mittelwert | µg/m ³ | 4 | |
| Verfügbarkeit | % | 98 | |

1) Jahresimmissionswert NO₂ gemäß 39. BImSchV

2) maximaler 1-h-Mittelwert von 200 µg/m³ mit 18 zulässigen Überschreitungen gemäß 39. BImSchV

An der mobilen Luftgütemessstation in Wartenberg wurde eine mittlere NO₂-Konzentration von 14 µg/m³ im gesamten Messzeitraum festgestellt; dies entspricht einem Anteil von ca. 35 % des Jahresgrenzwerts gemäß 39. BImSchV von 40 µg/m³. Der Grenzwert wurde somit im Messzeitraum deutlich unterschritten.

Der NO₂-Stundenimmissionsgrenzwert von 200 µg/m³ mit 18 zulässigen Überschreitungen wurde mit maximal 65 µg/m³ in der Stunde im Messzeitraum ebenfalls nicht überschritten.

In Abbildung 13 ist der Verlauf der NO₂-Konzentration der mobilen LGM (Wartenberg) grafisch dargestellt.

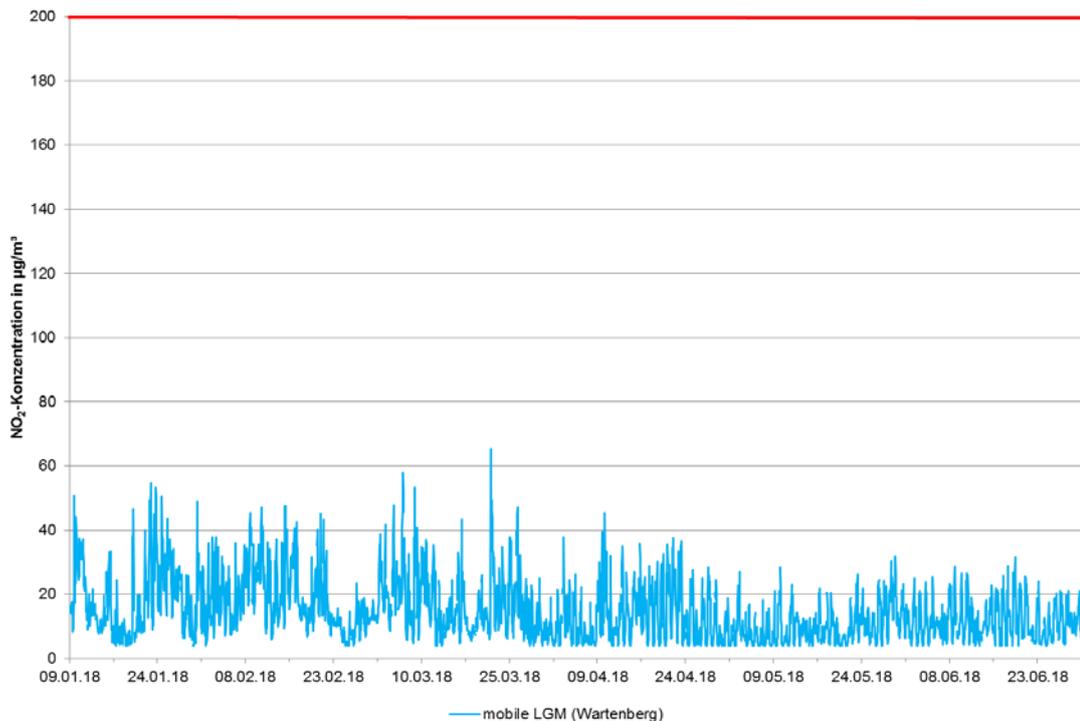


Abbildung 13. Verlauf der gemessenen NO₂-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Stundenmittelwerte, NO₂-Stundengrenzwert 200 µg/m³ rot markiert).

Die NO₂-Konzentration zeigt einen für Spurenstoffe typischen jahreszeitlichen Verlauf mit tendenziell höheren Konzentrationen in den Wintermonaten. Zudem zeigt sich beim NO₂ durch den luftchemischen Zusammenhang zwischen den Stickstoffoxiden und Ozon eine hohe tageszeitabhängige Variabilität.

Informativ sind zudem in Tabelle 9 die Kenngrößen der NO-Konzentration dargestellt. Für diesen Parameter ist kein Immissionswert in der 39. BImSchV festgelegt.

Tabelle 9. Statistische Kenngrößen der NO-Konzentration für den Messzeitraum.

| Kenngröße | Einheit | mobile LGM NO | 39. BImSchV |
|--------------------|-------------------------|----------------------|--------------------|
| Januar 18 | µg/m ³ | 2 | |
| Februar 18 | µg/m ³ | 3 | |
| März 18 | µg/m ³ | 2 | |
| April 18 | µg/m ³ | 2 | |
| Mai 18 | µg/m ³ | 1 | |
| Juni 18 | µg/m ³ | 1 | |
| Mittelwert | µg/m³ | 2 | - |
| Max. 1h-Mittelwert | µg/m ³ | 86 | |
| Min. 1h-Mittelwert | µg/m ³ | 1 | |
| Verfügbarkeit % | % | 98 | |

Die mittlere NO-Konzentration betrug im Messzeitraum an der mobilen Messstation $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Für Stickstoffmonoxid gibt es keinen Grenzwert. Stickstoffmonoxid ist ein Indikator für nahe gelegene Emittenten, da bei Verbrennungsvorgängen NO in deutlich höherer Konzentration als NO_2 emittiert wird. In der Außenluft wird in der Regel NO unter Reaktion mit Ozon zu NO_2 umgewandelt.

In Abbildung 14 ist informativ der Verlauf der NO-Konzentration der mobilen LGM (Wartenberg) grafisch dargestellt.

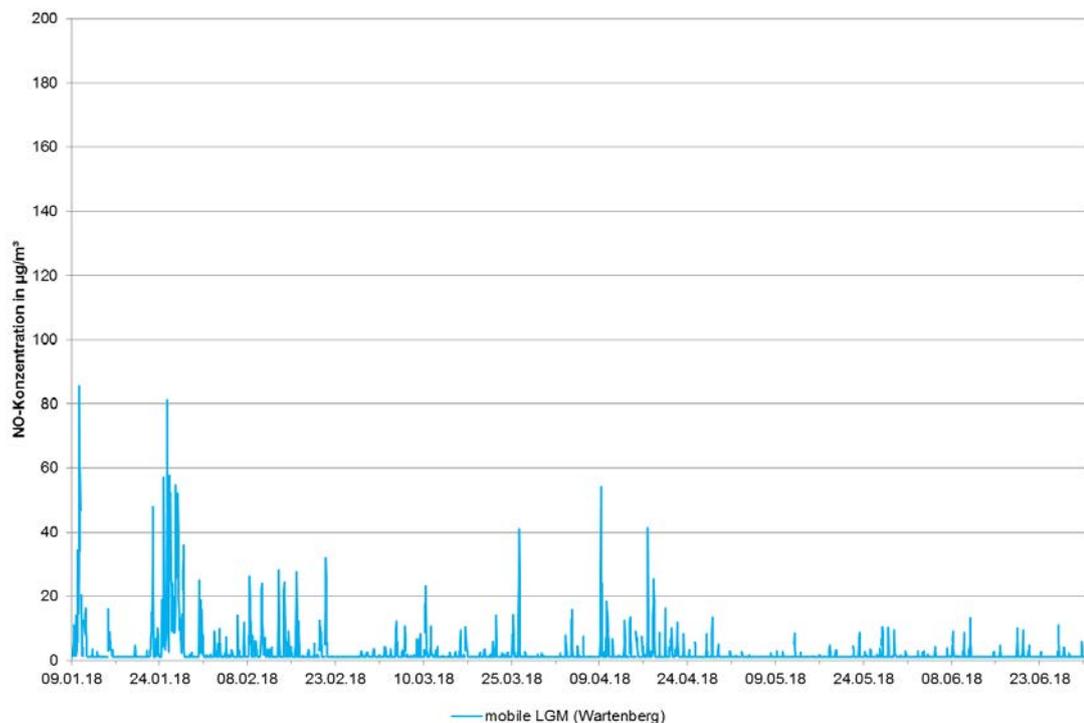


Abbildung 14. Verlauf der gemessenen NO-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Stundenmittelwerte).

Die höchsten NO-Konzentrationen wurden Ende Januar 2018 ermittelt. Die niedrigsten NO-Konzentrationen wurden erwartungsgemäß in den sonnenscheinreichen Monaten Mai und Juni 2018 registriert, in denen die photochemische Reaktion mit Ozon üblicherweise verstärkt abläuft.

Der Konzentrationsverlauf mit höheren NO-Konzentrationen in den Wintermonaten und niedrigeren NO-Konzentrationen im Sommer ist charakteristisch für die Stickstoffoxide.

6.3. Messergebnisse Schwefeldioxid (SO₂)

In Tabelle 10 sind die statistischen Kenngrößen der an der mobilen LGM in Wartenberg gemessenen SO₂-Konzentrationen auf Basis von Stundenmittelwerten zusammengefasst.

Tabelle 10. Statistische Kenngrößen der SO₂-Konzentration für den Messzeitraum.

| Kenngröße | Einheit | mobile LGM SO₂ | 39. BImSchV |
|---|-------------------------|----------------------------------|------------------------|
| Januar 18 | µg/m ³ | 2 | |
| Februar 18 | µg/m ³ | 2 | |
| März 18 | µg/m ³ | 2 | |
| April 18 | µg/m ³ | 2 | |
| Mai 18 | µg/m ³ | 2 | |
| Juni 18 | µg/m ³ | 2 | |
| Mittelwert | µg/m³ | 2 | |
| Max. 1h-Mittelwert | µg/m ³ | 5 | |
| 1h-Mittelwert >350 µg/m³ | Anzahl | 0 | 24¹⁾ |
| Max. TMW | µg/m ³ | 3 | |
| TMW >125 µg/m³ | Anzahl | 0 | 3²⁾ |
| Min. 1h-Mittelwert | µg/m ³ | 2 | |
| Verfügbarkeit % | % | 98 | |

1) maximaler 1-h-Mittelwert von 350 µg/m³ mit 24 zulässigen Überschreitungen gemäß 39. BImSchV

2) maximaler Tagesmittelwert von 125 µg/m³ mit 3 zulässigen Überschreitungstagen gemäß 39. BImSchV

An der mobilen LGM in Wartenberg wurde für den Messzeitraum eine mittlere SO₂-Konzentration von 2 µg/m³ ermittelt. In 92 % des Messzeitraums wurde eine SO₂-Konzentration unterhalb der Bestimmungsgrenze von 2 µg/m³ ermittelt.

Der maximale Tagesmittelwert betrug 3 µg/m³. Der Immissionsgrenzwert für das Tagesmittel gemäß 39. BImSchV beträgt 125 µg/m³ und wurde somit deutlich unterschritten.

Der maximale Stundenmittelwert betrug 5 µg/m³. Der Immissionsgrenzwert für die Stunde gemäß 39. BImSchV beträgt 350 µg/m³ und wurde somit ebenfalls deutlich unterschritten.

In Abbildung 15 ist der Verlauf der SO₂-Konzentration der mobilen LGM (Wartenberg) grafisch dargestellt.



Abbildung 15. Verlauf der gemessenen SO₂-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Stundenmittelwerte, SO₂-Stundengrenzwert 350 µg/m³ rot markiert).

Der Verlauf der SO₂-Konzentration zeigt, dass die SO₂-Belastung auf einem sehr niedrigen Niveau lag, welches auch überregional festzustellen war. Aufgrund der sehr niedrigen Konzentrationen im Bereich der Bestimmungsgrenze ist auch kein ausgeprägter Jahresgang zu erkennen.

6.4. Messergebnisse Ozon (O₃)

In Tabelle 11 sind die statistischen Kenngrößen der an der mobilen LGM in Wartenberg gemessenen O₃-Konzentrationen und Monatsmittelmittelwerte gemäß 39. BImSchV zusammengefasst.

Tabelle 11. Statistische Kenngrößen der O₃-Konzentration für den Messzeitraum.

| Kenngröße | Einheit | mobile LGM | 39. BImSchV |
|---|-------------------------|-------------------|-------------------------|
| O₃ | | | |
| Januar 18 | µg/m ³ | 33 | |
| Februar 18 | µg/m ³ | 42 | |
| März 18 | µg/m ³ | 57 | |
| April 18 | µg/m ³ | 67 | |
| Mai 18 | µg/m ³ | 82 | |
| Juni 18 | µg/m ³ | 73 | |
| Mittelwert | µg/m³ | 60 | - |
| Max. 1h-Mittelwert | µg/m ³ | 161 | |
| Max. 8h-Mittelwert | µg/m ³ | 155 | |
| 1h-Mittelwert >180 µg/m³ | Anzahl | 0 | 180¹⁾ |
| 8h-Mittelwert >120 µg/m³ | Anzahl | 27 | 25²⁾ |
| Min. 1h-Mittelwert | µg/m ³ | 2 | |
| Verfügbarkeit % | % | 96 | |

1) maximaler 1-h-Mittelwert von 180 µg/m³ gemäß 39. BImSchV

2) maximaler 8-h-Mittelwert mit 25 zulässigen Überschreitungstagen pro Jahr gemäß 39. BImSchV

Die mittlere Ozonkonzentration am Messort in Wartenberg (mobile LGM) betrug im gesamten Messzeitraum 60 µg/m³.

Ozon ist kein primärer Luftschadstoff, sondern wird durch fotochemische Prozesse in der Außenluft gebildet.

Für Ozon wurde kein Jahresmittelwert zum Schutz der Gesundheit festgelegt. Es gibt einen Immissionszielwert von 120 µg/m³ als 8-Stunden-Mittel. Dieser soll nicht öfter als 25-mal pro Kalenderjahr, gemittelt über drei Jahre, überschritten werden. Zudem existiert für das Stundenmittel ein Informationsschwellenwert von 180 µg/m³.

Der Immissionszielwert von 120 µg/m³ für den gleitenden 8-Stundenmittelwert mit 25 zulässigen Überschreitungstagen pro Jahr wurde an der mobilen LGM in Wartenberg aufgrund der ungewöhnlich sonnenscheinreichen Witterung im ersten Halbjahr 2018 27-mal überschritten. Erhöhte Überschreitungsanzahlen wurden dabei bayernweit registriert. Eine abschließende Bewertung kann hierzu nicht erfolgen, da der Zielwert von 25 Überschreitungen pro Kalenderjahr gemäß 39. BImSchV über drei aufeinanderfolgende Jahre gemittelt werden muss.

Im Dreijahreszeitraum 2016 bis 2018 wurde der Zielwert z. B. bundesweit an 29 % aller Messstationen überschritten. Die meisten Überschreitungen traten dabei im ländlichen Bereich auf.

Die Informationsschwelle für Stundenmittelwerte von größer 180 µg/m³ wurde im Messzeitraum an der mobilen LGM in Wartenberg nicht überschritten.

In Abbildung 16 ist der Verlauf der O₃-Konzentration der mobilen LGM (Wartenberg) grafisch dargestellt.

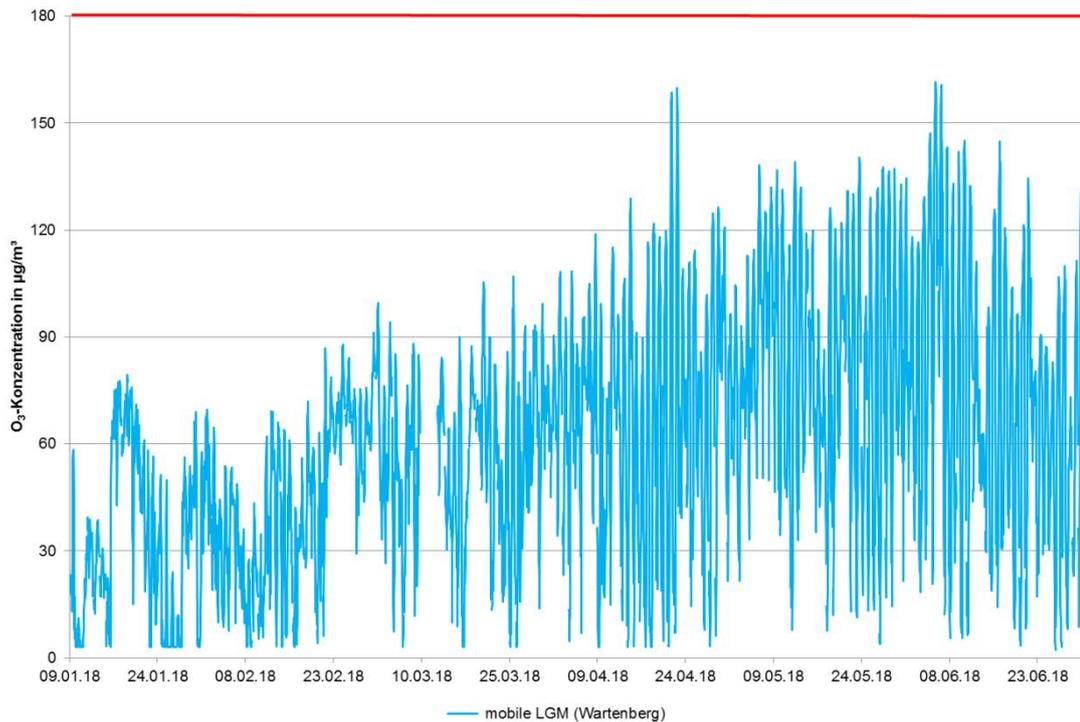


Abbildung 16. Verlauf der gemessenen O₃-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Stundenmittelwerte, O₃-Stundeninformationsschwelle 180 µg/m³ rot markiert).

Grundsätzlich sind Ozon-Konzentrationen an Standorten mit wenig oder geringem Verkehrseinfluss höher als in verkehrsreichen Innenstädten. Dies ist auf den Abbau des bodennahen Ozons bei Vorhandensein anderer Luftschadstoffe zurückzuführen.

Im Gegensatz zu den anderen Luftschadstoffen ist die Ozonbildung kein primär emittierter Luftschadstoff. Die Ozonbildung ist abhängig von Ozonvorläufersubstanzen und der Sonneneinstrahlung, weshalb typischerweise im Sommer höhere Konzentrationen als im Winter gemessen werden. Im Januar und Februar gab es deshalb erwartungsgemäß geringere Ozonkonzentrationen.

6.5. Messergebnisse Benzol, Toluol, Xylol, Ethylbenzol und n-Alkane

Die Messungen für die Bestimmung der aromatischen Kohlenwasserstoffe (Benzol, Toluol, Xylol, Ethylbenzol) und der n-Alkane (C₆ – C₁₄) erfolgten diskontinuierlich mittels Probenträger. Die Probenträger wurden nach der Probenahme im Labor mittels Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MS) auf die zu bestimmenden Komponenten analysiert. Die Probenahmedauer je Einzelmessung betrug ca. eine Woche.

Für die n-Alkane sind in der Außenluft keine Beurteilungswerte festgelegt. Alkane sind neben aromatischen Kohlenwasserstoffen u. a. Bestandteile von Kerosin. Analysen von Kerosin weisen insbesondere die n-Alkane n-Oktan bis n-Tridekan (mit 8 bis 13 Kohlenstoffatomen) als charakteristische Hauptbestandteile auf. Auch die Xylole sind in geringen Anteilen im Kerosin enthalten.

In Tabelle 12 sind die Mittel- und Maximalwerte der an der mobilen LGM in Wartenberg gemessenen BTEX- und n-Alkan-Konzentrationen unter Berücksichtigung der jeweiligen Beurteilungswerte zusammengefasst.

Tabelle 12. Statistische Kenngrößen der BTEX- und n-Alkan-Messungen (mobile LGM).

| Messparameter | | Mittelwert | max. Wochen- | Beurteilungs- |
|-----------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | mobile LGM | mittelwert | wert |
| | | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| BTEX | Benzol | 0,7 | 2,1 | 5 ¹⁾ |
| | Toluol | 0,8 | 1,8 | 30 ²⁾ |
| | Ethylbenzol | 0,2 | 0,4 | 880 ³⁾ |
| | m+p-Xylol | 0,5 | 1,4 | |
| | o-Xylol | 0,2 | 0,5 | |
| | Σ Xylole | 0,6 | 1,8 | 30 ²⁾ |
| n-Alkane | n-Hexan | 0,19 | 0,34 | |
| | n-Heptan | 0,14 | 0,35 | |
| | n-Oktan | 0,05 | 0,10 | |
| | n-Nonan | 0,05 | 0,10 | |
| | n-Dekan | 0,05 | 0,10 | |
| | n-Undekan | 0,05 | 0,10 | |
| | n-Dodekan | 0,04 | 0,15 | |
| | n-Tridekan | 0,05 | 0,24 | |
| | n-Tetradekan | 0,05 | 0,24 | |
| | Σ n-Alkane | 0,68 | 1,3 | 200 ⁴⁾ |

- 1) Immissionsgrenzwert für das Jahr (39. BImSchV)
- 2) Zielwert für das Jahr (LAI)
- 3) 1/100 AGW
- 4) Innenraum-Richtwert I (Vorsorgewert) für C9-C14-Alkene/Isoalkane, UBA

Der Benzolmittelwert im gesamten Messzeitraum an der mobilen LGM in Wartenberg betrug $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Mittelwert lag somit ca. 85 % unter dem Immissionsgrenzwert für das Kalenderjahr gemäß 39. BImSchV von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Grenzwert wurde somit deutlich unterschritten.

Der maximale Wochenmittelwert während des Messzeitraums betrug $2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und unterschreitet ebenfalls den Grenzwert, der ein Jahresmittelwert ist, deutlich.

Auch beim Toluol und den Xylole wurden mit $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Mittel Konzentrationen deutlich unterhalb der Zielwerte des LAI bestimmt. Die mittlere Ethylbenzol-Konzentration lag im Mittel mit $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mehr als das 1000-fache unterhalb des vom AGW abgeleiteten Beurteilungswertes von $880 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der herangezogene Beurteilungswert wurde hiermit im Messzeitraum deutlich unterschritten.

Bei den n-Alkanen wurden in Wartenberg im Mittel Summenkonzentrationen von $< 1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ festgestellt. Die Konzentrationen der einzelnen n-Alkane lagen bei fast allen Einzelmessungen auf dem Niveau der Bestimmungsgrenze und damit in einem Bereich, in dem die Messunsicherheit, verglichen mit dem Messergebnis, relativ hoch ist.

Im Vergleich zum hilfsweise herangezogenen, toxikologisch abgeleiteten Beurteilungswert für Innenräume von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zeigt sich, dass sich die hier vorgefundenen n-Alkan-Konzentra-

tionen im nicht relevanten Bereich befinden. Der herangezogene Beurteilungswert wurde im Messzeitraum deutlich unterschritten.

Ein Einfluss des Flugverkehrs auf die n-Alkan-Konzentrationen war nicht nachzuweisen, da die typischen Kerosinkomponenten n-Oktan und n-Tridekan innerhalb des Alkan-Spektrums nicht erhöht waren. Das in Wartenberg vorgefundene Kohlenwasserstoffmuster zeigt diesbezüglich keine Auffälligkeiten.

In Abbildung 17 und Abbildung 18 sind die Verläufe der Benzol und n-Alkan-Konzentration an der mobilen LGM (Wartenberg) grafisch dargestellt.

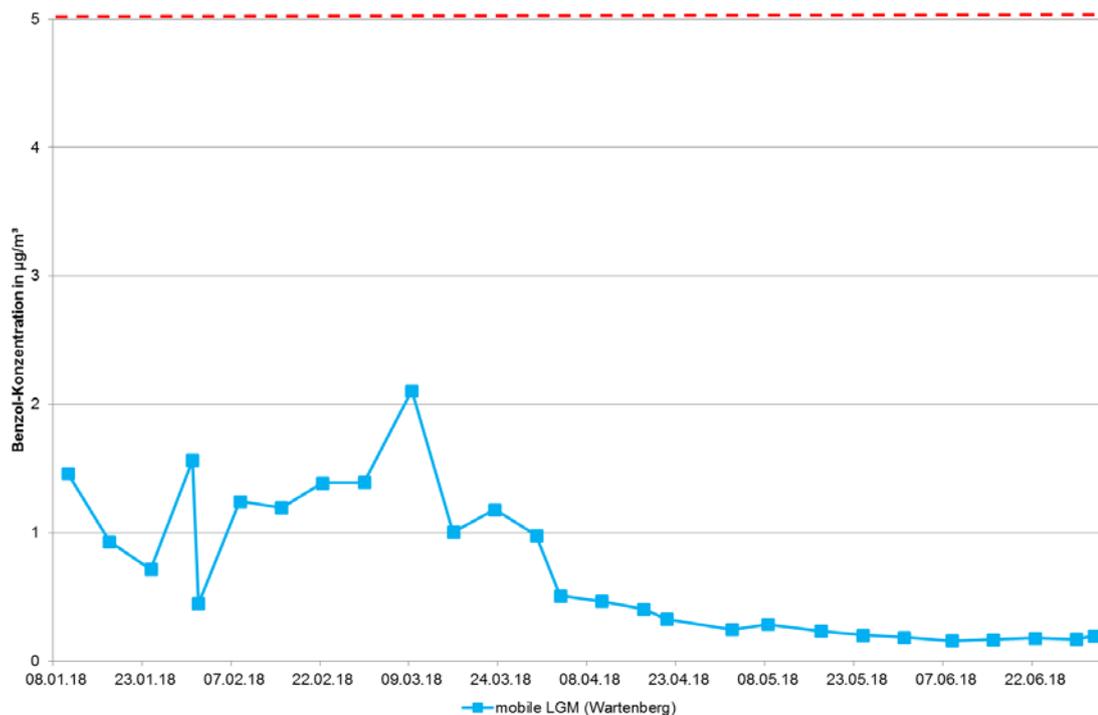


Abbildung 17. Verlauf der gemessenen Benzol-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Wochenmittelwerte, Jahresimmissionswert $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rot gestrichelt markiert).

Beim Benzol wurden wie auch teilweise beim PM_{10} / $\text{PM}_{2,5}$ und NO_2 die höchsten Konzentrationen im Winterhalbjahr festgestellt. Der jahreszeitliche Trend mit höheren Benzolkonzentrationen im Winterhalbjahr und niedrigeren Benzolkonzentrationen im Sommerhalbjahr ist auch für Toluol, Ethylbenzol und die Xylole typisch.

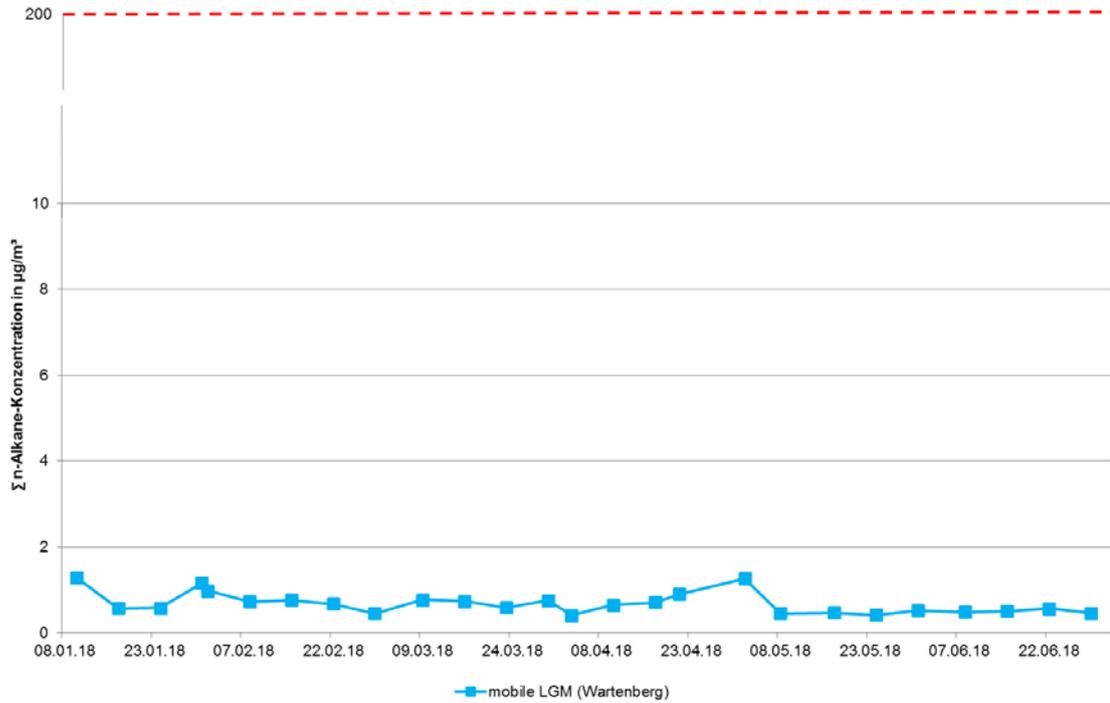


Abbildung 18. Verlauf der Summe der gemessenen n-Alkan-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Wochenmittelwerte, hilfsweise herangezogener Beurteilungswert für Innenräume von 200 µg/m³ rot gestrichelt markiert).

Die n-Alkan-Konzentrationen lagen sowohl im Winter- als auch Sommerhalbjahr im Bereich der Bestimmungsgrenze, wobei im Mai und Juni 2018 tendenziell geringere Konzentrationen festgestellt wurden.

6.6. Messergebnisse Benzo(a)pyren

Die Benzo(a)pyren-Konzentrationen (BaP) wurden als Monatsmittelwerte aus den PM₁₀-Proben ermittelt. Die Ermittlung der Monatskenngrößen erfolgte hierbei für die Monate Januar 2018 bis Juni 2018. Die Ermittlung des Januar-Mittelwertes erfolgte hierbei nur von 9. Januar bis 31. Januar 2018.

In Tabelle 13 sind die Ergebnisse der in Wartenberg gemessenen Benzo(a)pyren-Konzentrationen gemäß 39. BImSchV zusammengefasst.

Tabelle 13. Statistische Kenngrößen der Benzo(a)pyren-Konzentration im PM₁₀.

| Benzo(a)pyren im PM₁₀ | mobile LGM | 39. BImSchV |
|---|-------------------------|-----------------------|
| Jan 18 | ng/m ³ 0,44 | |
| Februar 18 | ng/m ³ 0,55 | |
| März 18 | ng/m ³ 0,35 | |
| April 18 | ng/m ³ 0,06 | |
| Mai 18 | ng/m ³ 0,03 | |
| Juni 18 | ng/m ³ 0,008 | |
| Mittelwert | 0,24 | 1¹⁾ |

1) Zielwert für das Kalenderjahr nach 39. BImSchV hV

In Wartenberg wurde über den Messzeitraum eine mittlere Benzo(a)pyren-Konzentration im PM₁₀ von 0,24 ng/m³ ermittelt. Der Zielwert für das Kalenderjahr von 1 ng/m³ gemäß 39. BImSchV wurde somit im Messzeitraum deutlich unterschritten.

In Abbildung 19 ist der Verlauf der Benzo(a)pyren-Konzentration der mobilen LGM (Wartenberg) grafisch dargestellt.

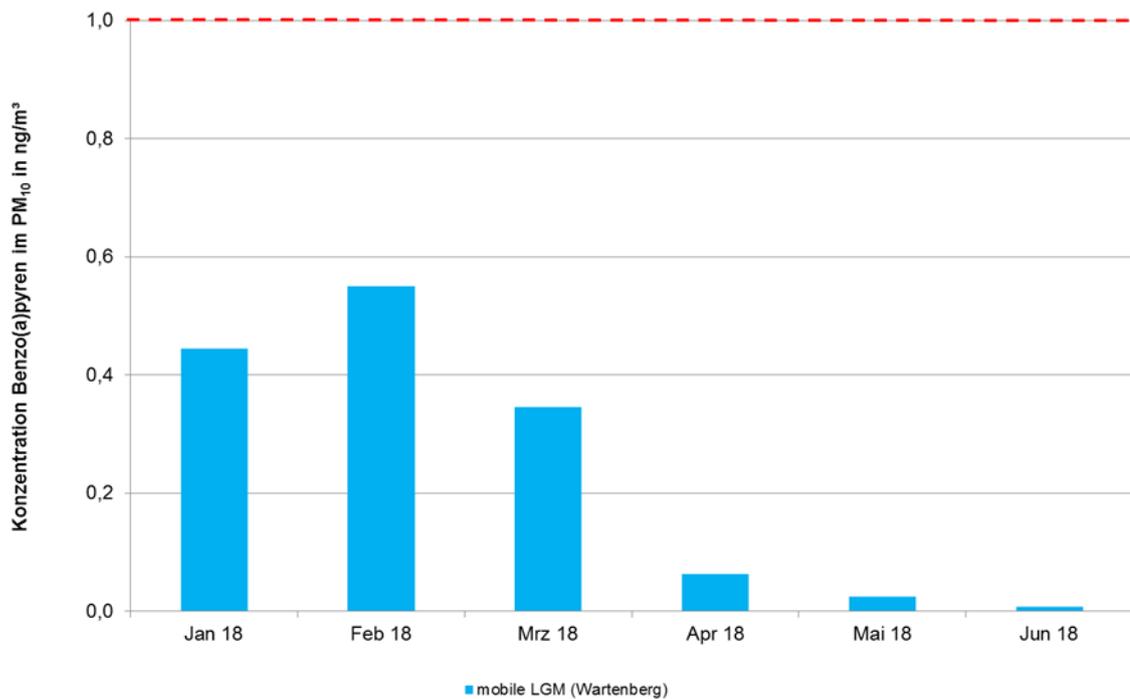


Abbildung 19. Verlauf der gemessenen BaP-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Monatsmittelwerte, Jahreszielwert 1 ng/m³ rot gestrichelt markiert).

Aus Abbildung 19 wird der ausgeprägte Jahresgang der Benzo(a)pyren-Belastung mit den höheren Konzentrationen in den Wintermonaten deutlich. Ein derartiger Effekt ist während des Messzeitraumes in Wartenberg bei keiner anderen geregelten Schadstoffkomponente in der Außenluft festzustellen. Ein Aspekt sind die ungleich ungünstigeren meteorologischen Ausbreitungsbedingungen im Winter im Vergleich zum Sommer. Dieser ausgeprägte Jahresgang wird zusätzlich noch durch den Betrieb von Holzfeuerungen, für welche Benzo(a)pyren u. a. ein Indikator ist, verstärkt.

Ein lokaler Einfluss dieser Holzfeuerung auf die gemessenen Benzo(a)pyren-Konzentrationen ist wahrscheinlich, da in den Monaten der Heizperiode, Januar bis März 2018, die höhere Benzo(a)pyren-Konzentration ermittelt wurde. So wurde die höchste Benzo(a)pyren-Konzentration in Wartenberg mit 0,55 ng/m³ im Februar 2018 bestimmt. In diesem Monat wurden auch die höchsten PM₁₀-Konzentrationen ermittelt.

7. Vergleich der Messstationen

Zur Vergleichbarkeit werden die Ergebnisse der mobilen Luftgütemessungen am Messort Wartenberg zusätzlich den Messergebnissen der Messstation LHY 4 (westlich des Flughafens) und der Hauptmessstation LHY7 (östlich des Flughafens ca. 14 km südwestlich vom Messstandort Wartenberg entfernt) gegenübergestellt.

An der Hauptmessstation LHY 7 werden alle Messparameter der mobilen LGM erfasst; an der Messstation LHY 4 die Stickstoffoxide.

Die räumliche Lage der Messstationen ist in Abbildung 1 dargestellt.

7.1. Partikel PM₁₀ und PM_{2,5}

In Tabelle 14 sind die statistischen Kenngrößen der mit dem gravimetrischen Referenzmessverfahren ermittelten PM₁₀-Konzentrationen der Messorte Wartenberg (mobile LGM) und LHY7 auf der Basis von Tagesmittelwerten zusammengefasst.

Abbildung 20 zeigt den zeitlichen Verlauf der monatlichen PM₁₀-Konzentrationen am Messort Wartenberg im Vergleich zu der stationären Hauptmessstation LHY7.

Tabelle 14. Kenngrößen der PM₁₀-Konzentration (mobile LGM/ LHY7).

| Kenngröße | Einheit | mobile LGM PM₁₀ | LHY7 PM₁₀ | 39. BImSchV |
|--------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| Januar 18 | µg/m ³ | 13 | 10 | |
| Februar 18 | µg/m ³ | 24 | 22 | |
| März 18 | µg/m ³ | 23 | 21 | |
| April 18 | µg/m ³ | 16 | 17 | |
| Mai 18 | µg/m ³ | 12 | 13 | |
| Juni 18 | µg/m ³ | 13 | 12 | |
| Mittelwert | µg/m³ | 17 | 16 | 40¹⁾ |
| max. TMW | µg/m ³ | 64 | 63 | - |
| Tage > 50 µg/m³ | Anzahl | 4 | 4 | 35²⁾ |
| Verfügbarkeit | % | 97 | 100 | - |

1) Jahresimmissionswert gemäß 39. BImSchV

2) PM₁₀-Tagesimmissionswert: zul. Überschreitungshäufigkeit im Jahr gemäß 39. BImSchV

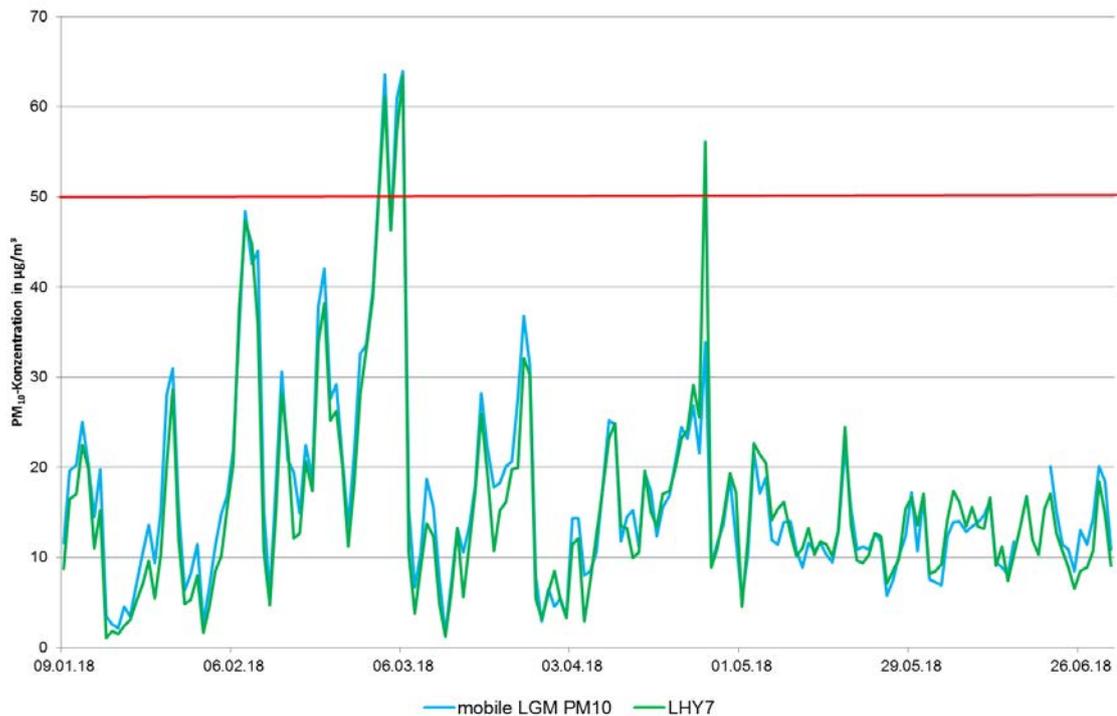


Abbildung 20. Verlauf der gravimetrisch gemessenen PM_{10} -Konzentration der mobilen LGM und LHY7 für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Tagesmittelwerte, Tagesimmissionsgrenzwert $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rot markiert).

Die mittlere PM_{10} -Konzentration betrug für den gesamten Messzeitraum am Messort in Wartenberg (mobile LGM) $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und an der Hauptmessstation LHY7 $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Verläufe der PM_{10} -Mittelwerte zeigen eine gute Übereinstimmung zwischen den Messorten. Die Spitzenkonzentrationen wurden an beiden Messorten im Februar/ März 2018 registriert.

An beiden Messorten wurden im Januar bzw. Juni 2018 die geringsten PM_{10} -Konzentrationen festgestellt.

Durch die geringen Unterschiede zwischen den beiden Messstandorten kann kein dauerhafter signifikanter Einfluss lokaler Emittenten auf die PM_{10} -Konzentrationen festgestellt werden.

In Tabelle 15 sind die statistischen Kenngrößen der ermittelten $PM_{2,5}$ -Konzentrationen dargestellt. Abbildung 21 zeigt den zeitlichen Verlauf der monatlichen $PM_{2,5}$ -Konzentrationen am Messort Wartenberg im Vergleich zu der Hauptmessstation LHY7.

Tabelle 15. Kenngrößen der PM_{2,5}-Konzentration (mobile LGM/ LHY7).

| Kenngröße | Einheit | mobile LGM PM_{2,5} | LHY7 PM_{2,5} | 39. BImSchV |
|----------------------|-------------------------|--|----------------------------------|------------------------|
| Januar 18 | µg/m ³ | 11 | 8 | |
| Februar 18 | µg/m ³ | 21 | 19 | |
| März 18 | µg/m ³ | 20 | 18 | |
| April 18 | µg/m ³ | 11 | 11 | |
| Mai 18 | µg/m ³ | 10 | 9 | |
| Juni 18 | µg/m ³ | 8 | 9 | |
| Mittelwert | µg/m³ | 13 | 12 | 25¹⁾ |
| max. TMW | µg/m ³ | 59 | 57 | - |
| Verfügbarkeit | % | 100 | 100 | - |

1) Jahresimmissionswert gemäß 39. BImSchV



Abbildung 21. Verlauf der gravimetrisch gemessenen PM_{2,5}-Konzentration der mobilen LGM und LHY7 für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18; Tagesmittelwerte.

Für den gesamten Messzeitraum wurde am Messort mobile LGM (Wartenberg) eine mittlere PM_{2,5}-Konzentration von 13 µg/m³ bzw. am Messort LHY7 eine mittlere PM_{2,5}-Konzentration von 12 µg/m³ festgestellt.

Anhand der Verläufe der PM₁₀- und PM_{2,5}-Konzentrationen sind gute Übereinstimmungen zwischen den beiden Messorten zu erkennen. Wie auch beim PM₁₀ wurden an beiden Messorten im Februar und März 2018 die höchsten PM_{2,5}-Konzentrationen bestimmt.

Das Ergebnis der $PM_{10}/PM_{2,5}$ -Messungen in Wartenberg im Vergleich mit den $PM_{10}/PM_{2,5}$ -Messungen an der Station LHY7 bestätigt, dass ein relevanter Anteil der lokal vorliegenden Partikelbelastung durch die mesoskalige Immissions- und Ausbreitungssituation der bodennahen Atmosphäre gesteuert wird. So wurden durch die besonders langanhaltende Trockenheit von Februar bis Juni 2018 und dem ausgeprägten Auftreten von kalter, stabiler Hochdruckwetterlagen im Februar und März 2018 in Wartenberg und bundesweit im ersten Halbjahr 2018 erhöhte PM_{10} -Konzentrationen festgestellt.

Zur Verdeutlichung der großräumigen Partikelverteilung wurden sogenannte Konzentrationswindrosen erstellt, in denen die jeweiligen Windrichtungen mit den PM_{10} -Konzentrationen der kontinuierlichen PM_{10} -Messungen verglichen wurden.

In Abbildung 22 wurden solche Konzentrationswindrosen für die mobile LGM in Wartenberg und die Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 9. Januar bis 30. Juni 2018 dargestellt.

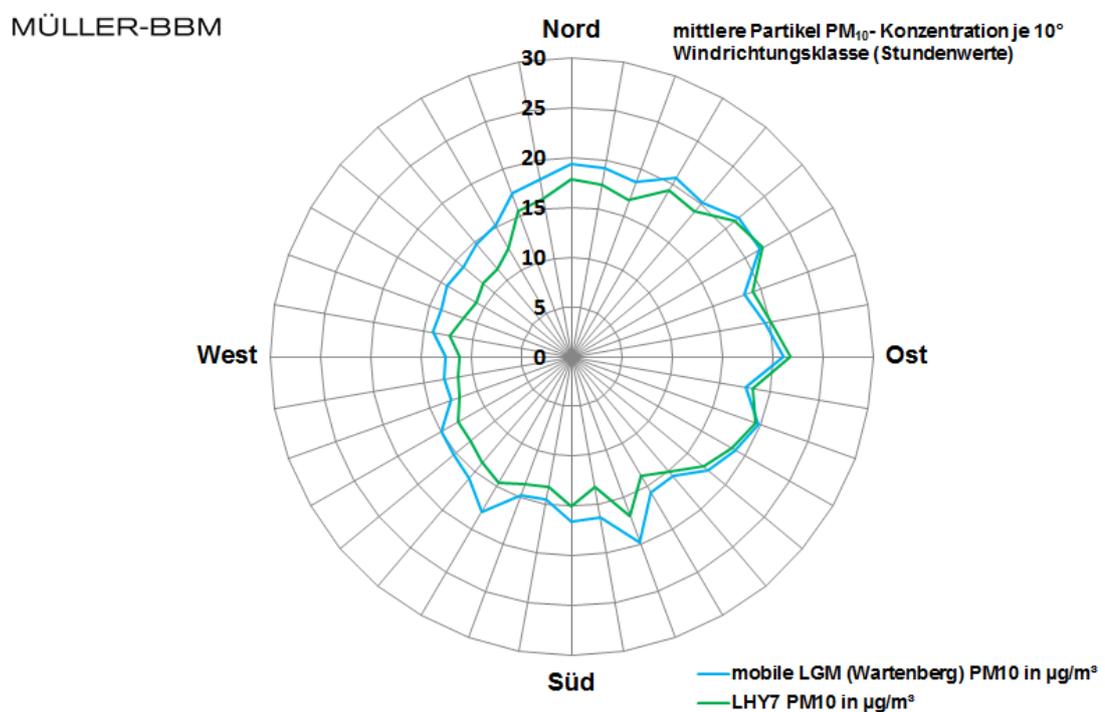


Abbildung 22. Konzentrationswindrose: mittlere PM_{10} -Konzentrationen aus allen Einzelmesswerten je 10° -Windrichtungsklasse an den Messorten mobile LGM und LHY7 im Vergleich; basierend auf kontinuierlichen Messdaten im Zeitraum vom 09.01. - 30.06.18.

In Tabelle 16 sind zudem die mittleren Abweichungen zwischen der mobilen LGM in Wartenberg und der Hauptmessstation LHY7 mit Bezug auf die vier Windsektoren Nord, Ost, Süd und West sowie die Kalmen (Windgeschwindigkeit $< 0,5$ m/s) dargestellt.

Tabelle 16. Mittlere PM₁₀-Konzentration und -Differenz je Windsektor.

| Windrichtungssektoren WRS | | | mobile LGM | LHY7 | Differenz mobile LGM zu LHY7 |
|---------------------------|------|---------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Mittelwert Sektor | von | bis | PM ₁₀ µg/m ³ | PM ₁₀ µg/m ³ | PM ₁₀ µg/m ³ |
| 1 (Ost) | 46 | 135° | 19,7 | 20,0 | 0 |
| 2 (Süd) | 136° | 225° | 16,3 | 14,3 | 2 |
| 3 (West) | 226° | 315° | 13,6 | 11,9 | 2 |
| 4 (Nord) | 316° | 045° | 18,7 | 16,9 | 2 |
| 5 (Kalmen) | < | 0,5 m/s | 17,8 | 16,0 | 2 |

Abbildung 22 und Tabelle 16 zeigen, dass generell die höchsten Konzentrationen bei östlichen Windrichtungen auftreten. Die höheren Konzentrationen bei Ostwind sind auf die bereits genannten ungünstigen Ausbreitungsbedingungen zurückzuführen. Erhöhte Partikelkonzentrationen konnten bei vorherigen mobilen Luftgütemessungen in Eitting, Pulling, Fraunberg, Haimhausen, Ismaning und Oberding ebenfalls festgestellt werden, wenn großräumige Ostanströmung mit dem damit verbundenen Ferntransport von Partikeln dominierte.

Bei Westwind befindet sich Wartenberg im Abwind des Flughafens München. Bei diesen Windverhältnissen lagen die PM₁₀-Konzentrationen mit im Mittel 14 µg/m³ ca. 6 µg/m³ unter den Mittelwerten bei Ostwind.

Die Differenzen der PM₁₀-Konzentrationen bei der windrichtungsabhängigen Auswertung zwischen der mobilen LGM (Wartenberg, nordöstlich des Flughafens) und der Hauptmessstation LHY7 (östlich der südlichen Start- und Landebahn) bewegen sich für alle Windsektoren inklusive Kalmen (Windstillen) im Bereich der Messunsicherheit. Die größten Differenzen zwischen der mobilen LGM in Wartenberg und der Hauptmessstation LHY7 wurden bei Kalmen, Süd-, West- und Nordwinden mit jeweils 2 µg/m³ registriert. Ursachen hierfür können lokale Emittenten sein, welche jedoch nicht im Einzelnen ermittelt werden konnten.

7.2. Stickstoffdioxid (NO₂)

In Tabelle 17 sind die statistischen Kenngrößen der NO₂-Konzentration von der mobilen LGM in Wartenberg und der Hauptmessstation LHY7 sowie der Messstation LHY4 auf der Basis von Stundenmittelwerten zusammengefasst.

In Abbildung 23 sind die Monatsmittelwerte der NO₂-Konzentrationen für die drei Messorte grafisch dargestellt.

Tabelle 17. Kenngrößen der NO₂-Konzentration (mobile LGM/ LHY7/ LHY4).

| Kenngröße | Einheit | mobile | LHY7 | LHY4 | 39. BImSchV |
|---|-------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| | | LGM NO ₂ | NO ₂ | NO ₂ | |
| Januar 18 | µg/m ³ | 19 | 22 | 23 | |
| Februar 18 | µg/m ³ | 18 | 23 | 25 | |
| März 18 | µg/m ³ | 17 | 22 | 24 | |
| April 18 | µg/m ³ | 13 | 18 | 23 | |
| Mai 18 | µg/m ³ | 10 | 13 | 18 | |
| Juni 18 | µg/m ³ | 11 | 12 | 17 | |
| Mittelwert | µg/m³ | 14 | 18 | 22 | 40¹⁾ |
| Max. 1h-Mittelwert | µg/m ³ | 65 | 74 | 94 | |
| 1h-Mittelwert >200 µg/m³ | Anzahl | 0 | 0 | 0 | 18²⁾ |
| Min. 1h-Mittelwert | µg/m ³ | 4 | 4 | 4 | |
| Verfügbarkeit | % | 98 | 98 | 98 | |

1) Jahresimmissionswert NO₂ gemäß 39. BImSchV

2) maximaler 1-h-Mittelwert von 200 µg/m³ mit 18 zulässigen Überschreitungen gemäß 39. BImSchV

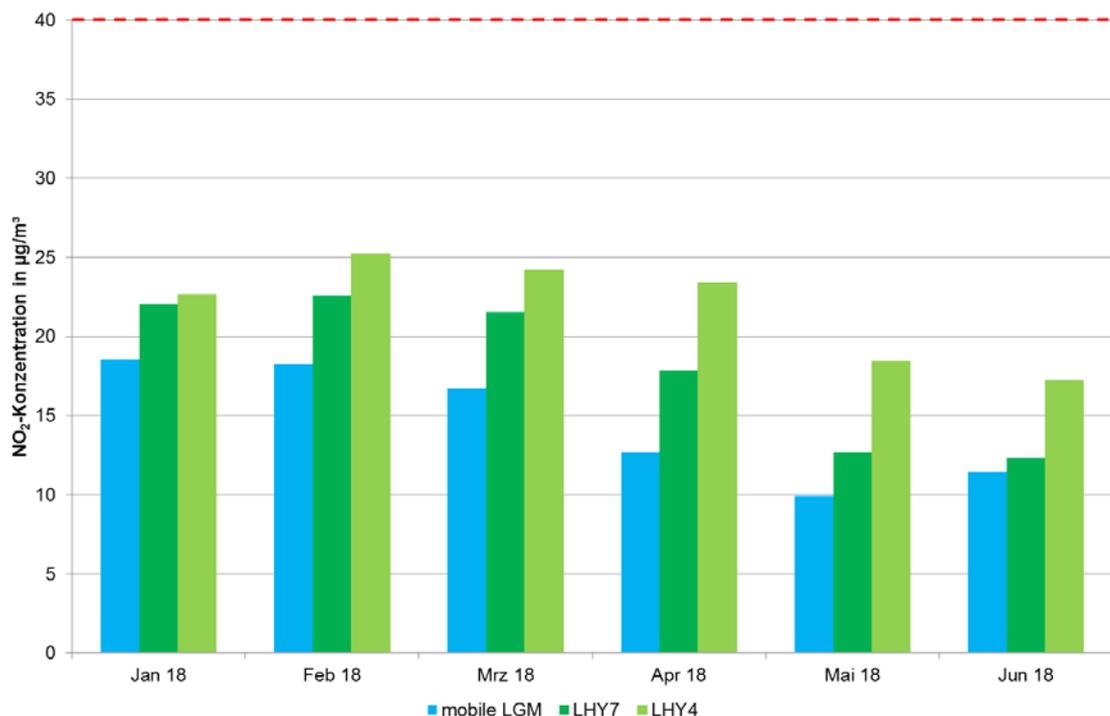


Abbildung 23. Verlauf der NO₂-Konzentration der mobilen LGM, der Hauptmessstation LHY7 und der Messstation LHY4 für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Monatsmittelwerte, Grenzwert für das Kalenderjahr 40 µg/m³ rot gestrichelt markiert).

An der mobilen Luftgütemessstation in Wartenberg wurde mit 14 µg/m³ eine im Mittel ca. 4 µg/m³ geringere NO₂-Konzentration als an der Hauptmessstation LHY7 bzw. 8 µg/m³ geringere NO₂-Konzentration als an der Messstation LHY4 festgestellt. In allen Messmonaten wurden an der mobilen Messstation die geringsten NO₂-Konzentrationen ermittelt. Die Monatsmittelwerte aller Messstationen lagen deutlich unterhalb des Jahresimmissionsgrenzwertes von 40 µg/m³ gemäß 39. BImSchV. Wie auch bei den Partikeln und beim Benzo(a)pyren wurden

im Winterhalbjahr typischerweise höhere NO₂-Konzentrationen ermittelt. Dies kann auch auf die ungünstigeren Ausbreitungsbedingungen und die Heizperiode zurückgeführt werden.

In Abbildung 24 wurden NO₂-Konzentrationswindrosen analog zu PM₁₀ für die mobile LGM in Wartenberg, die Station LHY4 und die Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 9. Januar bis 30. Juni 2018 dargestellt.

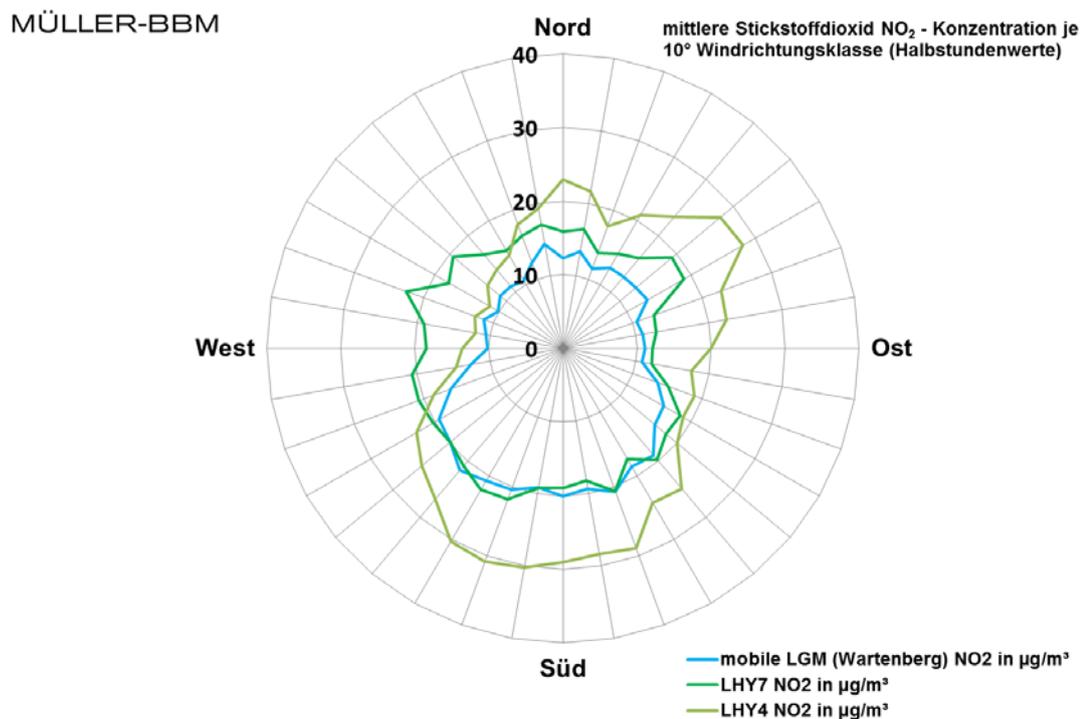


Abbildung 24. Konzentrationswindrose: mittlere NO₂-Konzentrationen aus allen Einzelmesswerten je 10°-Windrichtungsklasse (WRK) an den Messorten mobile LGM, LHY7 und LHY4 im Vergleich; basierend auf kontinuierlichen Messdaten im Zeitraum vom 09.01. - 30.06.18.

In Tabelle 18 sind die mittleren Abweichungen zwischen der mobilen LGM (Wartenberg) und dem Messort LHY4 und der Hauptmessstation LHY7 mit Bezug auf die vier Windsektoren Nord, Ost, Süd und West sowie die Kalmen (Windgeschwindigkeit < 0,5 m/s) dargestellt.

Tabelle 18. Mittlere NO₂-Konzentration und -Differenz je Windsektor.

| Windrichtungssektoren WRS | | | mobile LGM | LHY4 | LHY7 | Differenz mobile LGM zu LHY4 | Differenz mobile LGM zu LHY7 |
|---------------------------|------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|------------------------------|
| Mittelwert | | | NO ₂ | NO ₂ | NO ₂ | NO ₂ | NO ₂ |
| Sektor | von | bis | µg/m ³ | µg/m ³ | µg/m ³ | µg/m ³ | µg/m ³ |
| 1 (Ost) | 46 | 135° | 12,2 | 22,3 | 14,9 | -10 | -3 |
| 2 (Süd) | 136° | 225° | 20,6 | 28,8 | 20,4 | -8 | 0 |
| 3 (West) | 226° | 315° | 14,2 | 16,8 | 20,4 | -3 | -6 |
| 4 (Nord) | 316° | 045° | 12,4 | 20,2 | 16,1 | -8 | -4 |
| 5 (Kalmen) | < | 0,5 m/s | 20,4 | 40,1 | 23,0 | -20 | -3 |

Die Konzentrationswindrosen der Messorte mobile LGM (Wartenberg), der Messstation LHY4 und der Hauptmessstation LHY7 belegen, dass die Stickstoffdioxidkonzentrationen im Gegensatz zu den Partikeln maßgeblich durch lokale und bodennahe Effekte geprägt werden.

Die höchsten NO₂-Konzentrationen wurden an allen drei Messstandorten bei windstillen Situationen bzw. südlichen Anströmungen ermittelt. Bei geringen Windgeschwindigkeiten führen neben lokalen Emittenten auch die ungünstigeren Austauschbedingungen zu höheren Schadstoffkonzentrationen.

Bei Betrachtung der westlichen Windrichtungen, bei denen sich die mobile LGM (Wartenberg) und die Hauptmessstation LHY7 im Abwind des Flughafens befinden, wurden an der mobilen LGM in Wartenberg um ca. 6 µg/m³ niedrigere NO₂-Konzentrationen im Vergleich zur Station LHY4 bzw. 3 µg/m³ niedrigere NO₂-Konzentrationen im Vergleich zur Hauptmessstation LHY7 festgestellt.

Bei Betrachtung der östlichen Windrichtungen, bei denen sich die Station LHY4 im Abwind des Flughafens befindet, wurden an der mobilen LGM in Wartenberg im Vergleich zur Station LHY4 um ca. 10 µg/m³ niedrigere NO₂-Konzentrationen bestimmt.

Signifikant sind zudem die Differenzen bei Windstillen. Bei diesen Windverhältnissen wurden an der mobilen LGM in Wartenberg um 20 µg/m³ geringere NO₂-Konzentrationen als an der Station LHY4 registriert. Der Anteil an Schwachwindsituationen (Kalmen) betrug im Messzeitraum jedoch nur 3,4 % (vgl. Abschnitt 5.2), weshalb Auswirkungen auf den Halbjahresmittelwert vergleichsweise gering ausfallen.

Informativ sind in Tabelle 19 und in Abbildung 25 die Kenngrößen der NO-Konzentration zusammengefasst. Für diesen Parameter gibt es in der 39. BImSchV keinen Immissionsgrenzwert.

Tabelle 19. Kenngrößen der NO-Konzentration (mobile LGM/ LHY7/ LHY4).

| Kenngröße | Einheit | mobile LGM NO | LHY7 NO | LHY4 NO | 39. BImSchV |
|--------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|------------------------|
| Januar 18 | µg/m ³ | 2 | 8 | 12 | |
| Februar 18 | µg/m ³ | 3 | 4 | 7 | |
| März 18 | µg/m ³ | 2 | 3 | 6 | |
| April 18 | µg/m ³ | 2 | 4 | 6 | |
| Mai 18 | µg/m ³ | 1 | 2 | 3 | |
| Juni 18 | µg/m ³ | 1 | 2 | 3 | |
| Mittelwert | µg/m³ | 2 | 4 | 6 | - |
| Max. 1h-Mittelwert | µg/m ³ | 86 | 111 | 147 | |
| Min. 1h-Mittelwert | µg/m ³ | 1 | 1 | 1 | |
| Verfügbarkeit % | % | 98 | 100 | 98 | |

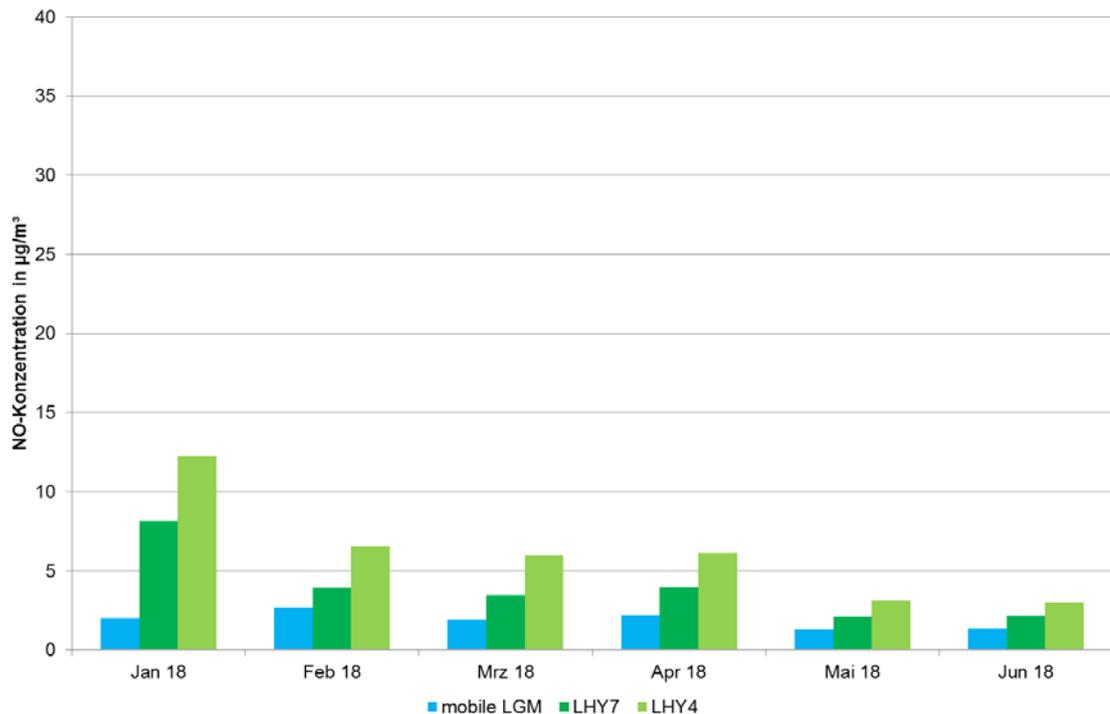


Abbildung 25. Verlauf der NO-Konzentration der mobilen LGM, der Hauptmessstation LHY7 und der Messstation LHY4 für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Monatsmittelwerte).

Beim NO wurde am Messort Wartenberg über den gesamten Messzeitraum mit $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eine um $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ geringere NO-Konzentration als an der Messstation LHY7 bzw. eine um $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ geringere NO-Konzentration als an der Station LHY4 ermittelt.

Die höchsten NO-Konzentrationen wurden erwartungsgemäß im Winterhalbjahr in der Heizperiode ermittelt. In den sonnenscheinreichen Monaten April bis Juni gab es durch die NO_2 -Sekundärbildung besonders geringe NO-Konzentrationen.

7.3. Schwefeldioxid (SO_2)

In Tabelle 20 sind die statistischen Kenngrößen der SO_2 -Konzentration der mobilen LGM (Wartenberg) und der Hauptmessstation LHY7 auf der Basis von Stundenmittelwerten zusammengefasst.

In Abbildung 26 sind die mittleren Verläufe der SO_2 -Konzentrationen für die beiden Messorte grafisch dargestellt.

Tabelle 20. Kenngrößen der SO₂-Konzentration (mobile LGM/ LHY7).

| Kenngröße | Einheit | mobile | LHY7 | 39. |
|---|-------------------------|----------|-----------------|------------------------|
| | | LGM | SO ₂ | BImSchV |
| Januar 18 | µg/m ³ | 2 | 2 | |
| Februar 18 | µg/m ³ | 2 | 2 | |
| März 18 | µg/m ³ | 2 | 2 | |
| April 18 | µg/m ³ | 2 | 2 | |
| Mai 18 | µg/m ³ | 2 | 2 | |
| Juni 18 | µg/m ³ | 2 | 2 | |
| Mittelwert | µg/m³ | 2 | 2 | |
| Max. 1h-Mittelwert | µg/m ³ | 5 | 12 | |
| 1h-Mittelwert >350 µg/m³ | Anzahl | 0 | 0 | 24¹⁾ |
| Max. TMW | µg/m ³ | 3 | 4 | |
| TMW >125 µg/m³ | Anzahl | 0 | 0 | 3²⁾ |
| Min. 1h-Mittelwert | µg/m ³ | 2 | 2 | |
| Verfügbarkeit % | % | 98 | 100 | |

- 1) maximaler 1-h-Mittelwert von 350 µg/m³ mit 24 zulässigen Überschreitungen gemäß 39. BImSchV
 2) maximaler Tagesmittelwert von 125 µg/m³ mit 3 zulässigen Überschreitungstagen gemäß 39. BImSchV

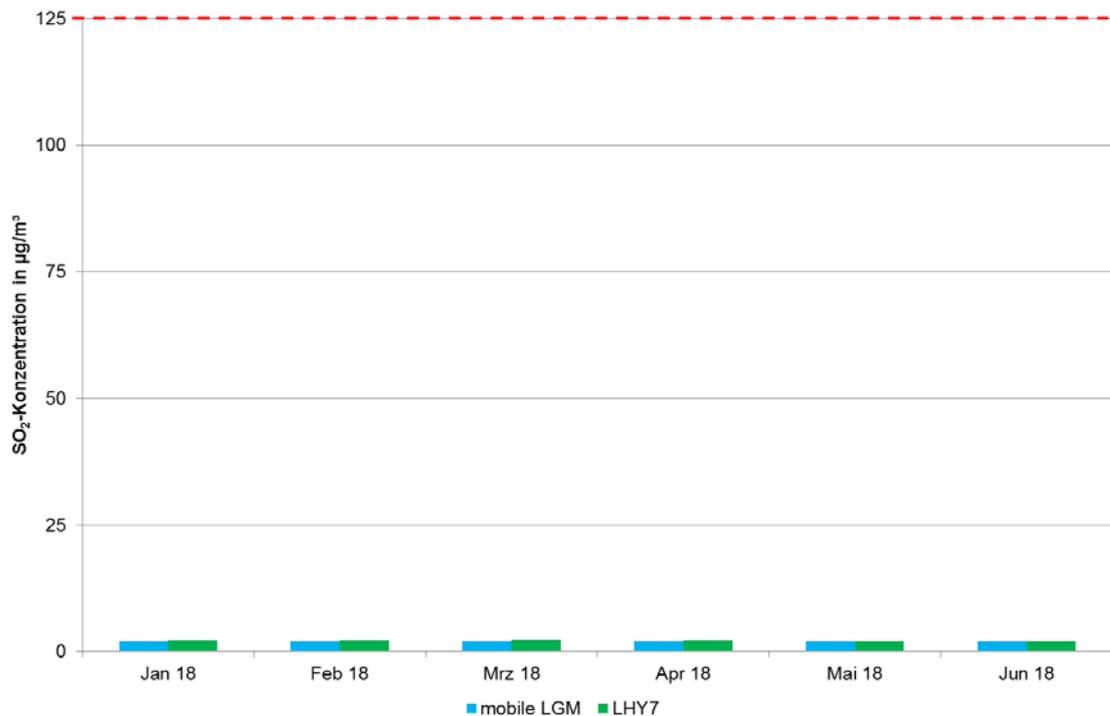


Abbildung 26. Verlauf der SO₂-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Monatsmittelwerte, Grenzwert für das Tagesmittel 125 µg/m³ rot gestrichelt markiert).

Die Monatsmittelwerte an den beiden Messstationen mobile LGM (Wartenberg) und Hauptmessstation LHY7 lagen in allen Monaten im Bereich von 2 µg/m³. An beiden Messstationen wurden überwiegend Halbstunden- bzw. Stundenmittelwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze von 2 µg/m³ ermittelt. Ein typischer Jahresgang ist bei SO₂ aufgrund der geringen Konzentrationen nicht zu erkennen.

7.4. Ozon (O₃)

In Tabelle 21 sind die statistischen Kenngrößen der Ozon-Konzentration der mobilen LGM (Wartenberg) und der stationären Hauptmessstation LHY7 auf der Basis von Stundenmittelwerten zusammengefasst.

In Abbildung 27 sind die mittleren Verläufe der Ozon-Konzentrationen für die beiden Messorte grafisch dargestellt.

Tabelle 21. Kenngrößen der O₃-Konzentration (mobile LGM/ LHY7).

| Kenngröße | Einheit | mobile | LHY7 | 39. BImSchV |
|---|-------------------------|-----------|----------------|-------------------------|
| | | LGM | O ₃ | |
| Januar 18 | µg/m ³ | 33 | 35 | |
| Februar 18 | µg/m ³ | 42 | 45 | |
| März 18 | µg/m ³ | 57 | 58 | |
| April 18 | µg/m ³ | 67 | 65 | |
| Mai 18 | µg/m ³ | 82 | 82 | |
| Juni 18 | µg/m ³ | 73 | 70 | |
| Mittelwert | µg/m³ | 60 | 60 | - |
| Max. 1h-Mittelwert | µg/m ³ | 161 | 159 | |
| Max. 8h-Mittelwert | µg/m ³ | 155 | 145 | |
| 1h-Mittelwert >180 µg/m³ | Anzahl | 0 | 0 | 180¹⁾ |
| 8h-Mittelwert >120 µg/m³ | Anzahl | 27 | 22 | 25²⁾ |
| Min. 1h-Mittelwert | µg/m ³ | 2 | 3 | |
| Verfügbarkeit % | % | 96 | 97 | |

1) maximaler 1-h-Mittelwert von 180 µg/m³ gemäß 39. BImSchV

2) maximaler 8-h-Mittelwert mit 25 zulässigen Überschreitungstagen pro Jahr gemäß 39. BImSchV

Die mittlere Ozonkonzentration im Messzeitraum betrug in Wartenberg und an der Hauptmessstation LHY7 jeweils 60 µg/m³. Die höchsten Ozonkonzentrationen wurden erwartungsgemäß in den Sommermonaten bestimmt. Die Ozonkonzentrationen lagen an beiden Messstandorten aufgrund der außergewöhnlich sonnenscheinreichen Witterung im Frühjahr und Sommer 2018 auf einem erhöhten Niveau.

Der Immissionszielwert von 120 µg/m³ für den gleitenden 8-Stundenmittelwert mit 25 zulässigen Überschreitungstagen pro Jahr wurde folglich an der mobilen LGM in Wartenberg im Messzeitraum an 27 Tagen überschritten. Im Vergleich hierzu wurde an der Hauptmessstation LHY7 im Messzeitraum der Immissionszielwert an 22 Tagen überschritten. Die erhöhte Anzahl an Überschreitungstagen war aufgrund der außergewöhnlich sonnenscheinreichen Witterung bayernweit festzustellen. Dies wurde auch durch die vorläufige Auswertung des Umweltbundesamtes der Ozonmessdaten aus 2016 – 2018 bestätigt. So wurde bundesweit an 29 % aller Messstationen der

Ozonzielwert überschritten (vgl. 6.4). Zu beachten ist hierbei, dass der Zielwert für den gleitenden 8-Stundenmittelwert mit 25 zulässigen Überschreitungstagen pro Jahr über drei aufeinanderfolgende Jahre gemittelt werden muss, weshalb diese Kenngröße nicht abschließend bewertet werden kann.

Der maximale Stundenmittelwert an der mobilen LGM betrug $161 \mu\text{g}/\text{m}^3$. An der Station LHY7 wurde ein maximales Stundenmittel von $159 \mu\text{g}/\text{m}^3$ festgestellt.

In Abbildung 27 ist der Verlauf der Ozonkonzentration in Wartenberg im Vergleich zur Hauptmessstation LHY7 grafisch dargestellt.

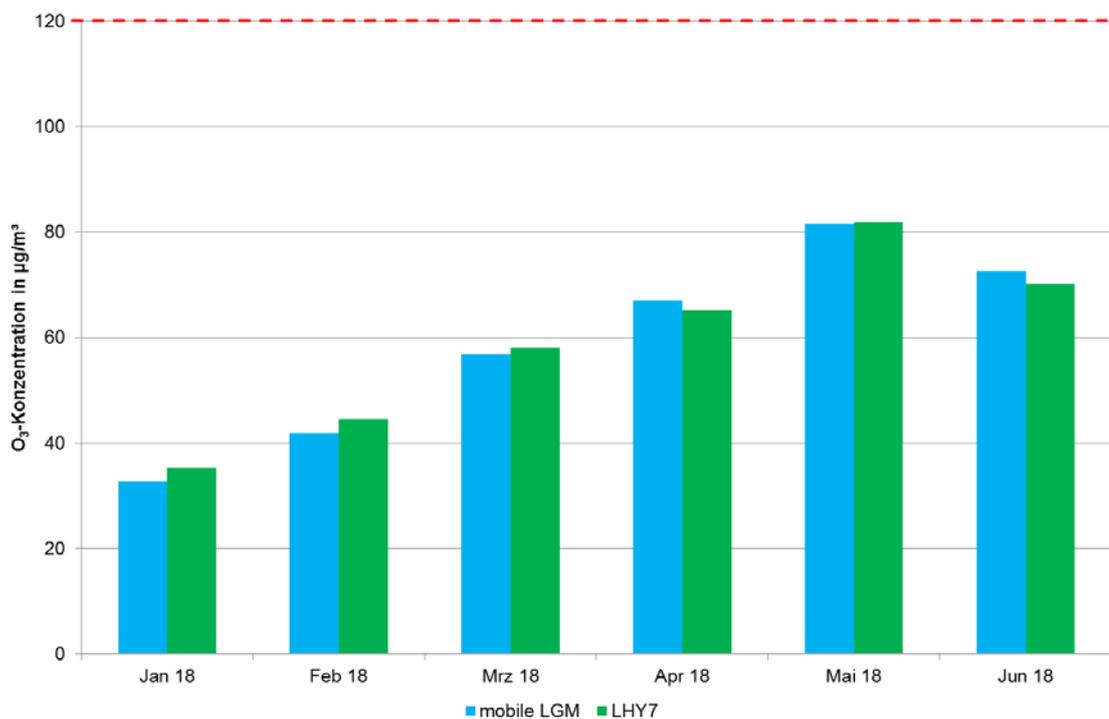


Abbildung 27. Verlauf der O_3 -Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Monatsmittelwerte, Zielwert für den Tag von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rot gestrichelt markiert).

Anhand des Verlaufs der Ozonkonzentration zeigen sich sehr gute Übereinstimmungen zwischen den beiden Messorten. Die Differenzen zwischen den einzelnen Monatsmittelwerten der beiden Messorte bewegen sich dabei im Bereich von maximal $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Typischerweise wurden, wie auch an den LÜB-Stationen in den Sommermonaten, durch die Sonneneinstrahlung begünstigt, höhere Ozonkonzentrationen gemessen.

7.5. Benzol, Toluol, Xylole, Ethylbenzol und n-Alkane

In Tabelle 22 sind Mittelwerte der BTEX- und n-Alkan-Messungen der mobilen LGM (Wartenberg) und der stationären Hauptmessstation LHY7 zusammengefasst.

In Abbildung 28 und Abbildung 29 sind die Verläufe der Einzelprobenahmen der Benzol- und der n-Alkan-Konzentrationen für den Messzeitraum grafisch dargestellt.

Tabelle 22. Kenngrößen der BTEX- und n-Alkan-Konzentration (mobile LGM/ LHY7).

| Messparameter | Mittelwert mobile LGM | Mittelwert LHY7 | Beurteilungswert |
|-----------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| BTEX | Benzol | 0,7 | 5 ¹⁾ |
| | Toluol | 0,8 | 30 ²⁾ |
| | Ethylbenzol | 0,2 | 880 ³⁾ |
| | m+p-Xylol | 0,5 | |
| | o-Xylol | 0,2 | |
| | Σ Xylole | 0,6 | 30 ²⁾ |
| n-Alkane | n-Hexan | 0,19 | |
| | n-Heptan | 0,14 | |
| | n-Oktan | 0,05 | |
| | n-Nonan | 0,05 | |
| | n-Dekan | 0,05 | |
| | n-Undekan | 0,05 | |
| | n-Dodekan | 0,04 | |
| | n-Tridekan | 0,05 | |
| | n-Tetradekan | 0,05 | |
| | Σ n-Alkane | 0,68 | 0,59 |

1) Immissionsgrenzwert für das Jahr (39. BImSchV)

2) Zielwert für das Jahr (LAI)

3) 1/100 AGW

4) Innenraum-Richtwert (Vorsorgewert) für C9-C14-Alkane/Isoalkane, UBA

Der Benzolmittelwert lag im gesamten Messzeitraum an der mobilen LGM in Wartenberg und an der Hauptmessstation LHY7 bei $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Bei allen organischen Messparametern lagen die beiden Messorte auf einem vergleichbaren Konzentrationsniveau. Signifikante Konzentrationsunterschiede konnten nicht festgestellt werden. Die Zielwerte des LAI für das Jahr von jeweils $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Toluol und die Xylole wurden aber deutlich unterschritten.

Bei den n-Alkanen wurden mit in Summe $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der mobilen LGM in Wartenberg und $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der Hauptmessstation LHY7 unauffällige Konzentrationen festgestellt. In diesem niedrigen Konzentrationsbereich $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sind die Messunsicherheiten im Vergleich zum Messergebnis groß.

Die gemessenen Werte liegen bei beiden Messorten weit unter dem hilfswise herangezogenen Beurteilungswert für Innenräume von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ein charakteristisches Kohlenwasserstoffmuster für Kerosin, bei dem typischerweise die Konzentrationen der n-Alkane n-Oktan bis n-Tridekan erhöht sind, konnte an keinem der Messorte nachgewiesen werden.

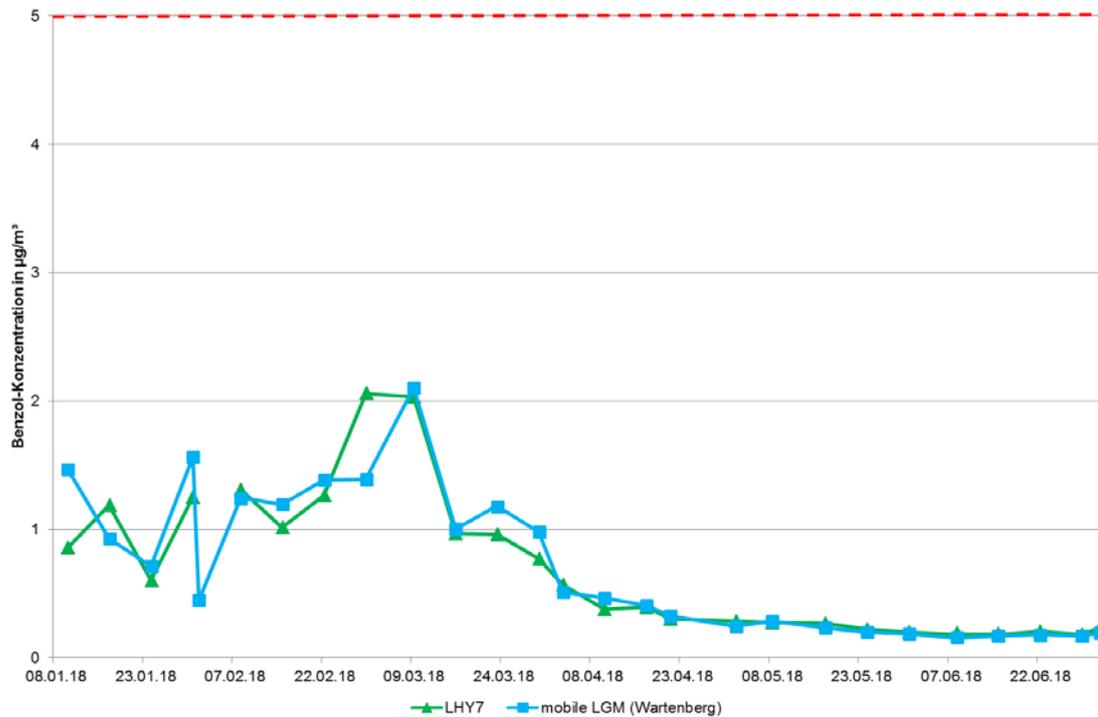


Abbildung 28. Verlauf der Benzol-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Wochenmittelwerte, Immissionsgrenzwert 5 µg/m³ rot gestrichelt markiert).

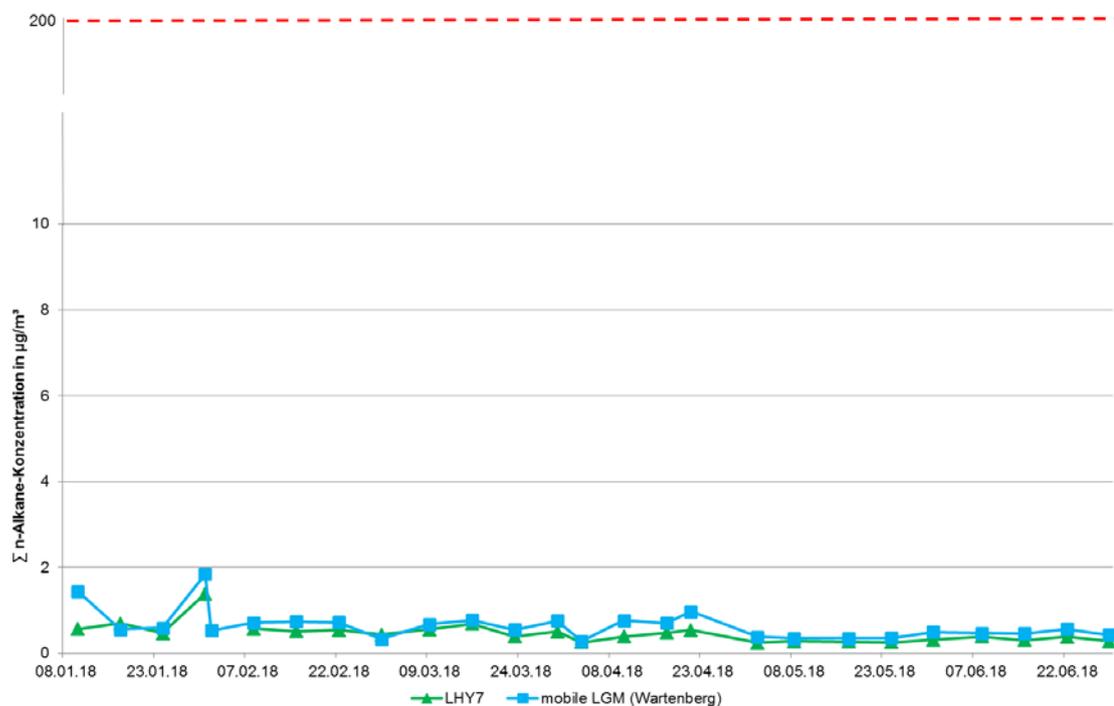


Abbildung 29. Verlauf der n-Alkane-Konzentration (Summe) der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 09.01. - 30.06.18 (Wochenmittelwerte, hilfswise herangezogener Beurteilungswert für Innenräume von 200 µg/m³ rot gestrichelt markiert).

Die Verläufe für die Benzol- und n-Alkan-Konzentrationen der mobilen Messstation Wartenberg und der Hauptmessstation LHY7 zeigen gute Übereinstimmungen. An beiden Messorten

wurden im Winter höhere Benzolkonzentrationen als im Sommer bestimmt. Bei den n-Alkanen war ein ähnlich ausgeprägter Jahresgang nicht zu erkennen.

7.6. Benzo(a)pyren

In Tabelle 23 und Abbildung 30 sind die gemessenen Benzo(a)pyren-Konzentrationen im PM₁₀ für die Messorte mobile LGM in Wartenberg und Hauptmessstation LHY7 als Monatsmittelwerte und Mittelwerte für den Messzeitraum dargestellt. Die Ermittlung der Monatskenngrößen erfolgte hierbei für die Monate Januar 2018 bis Juni 2018, wobei die Januarprobe an der mobilen LGM in Wartenberg lediglich den Messzeitraum 9. Januar bis 31. Januar beinhaltet.

Tabelle 23. Kenngrößen der Benzo(a)pyren-Konzentration (mobile LGM/ LHY7).

| Benzo(a)pyren im PM₁₀ | | mobile LGM | LHY7 | 39. BImSchV |
|---|-------------------|-------------------|-------------|-----------------------|
| Jan 18 | ng/m ³ | 0,44 | 0,26 | |
| Februar 18 | ng/m ³ | 0,55 | 0,43 | |
| März 18 | ng/m ³ | 0,35 | 0,26 | |
| April 18 | ng/m ³ | 0,06 | 0,05 | |
| Mai 18 | ng/m ³ | 0,03 | 0,02 | |
| Juni 18 | ng/m ³ | 0,008 | 0,007 | |
| Mittelwert | | 0,24 | 0,17 | 1¹⁾ |

1) Zielwert für das Kalenderjahr nach 39. BImSchV

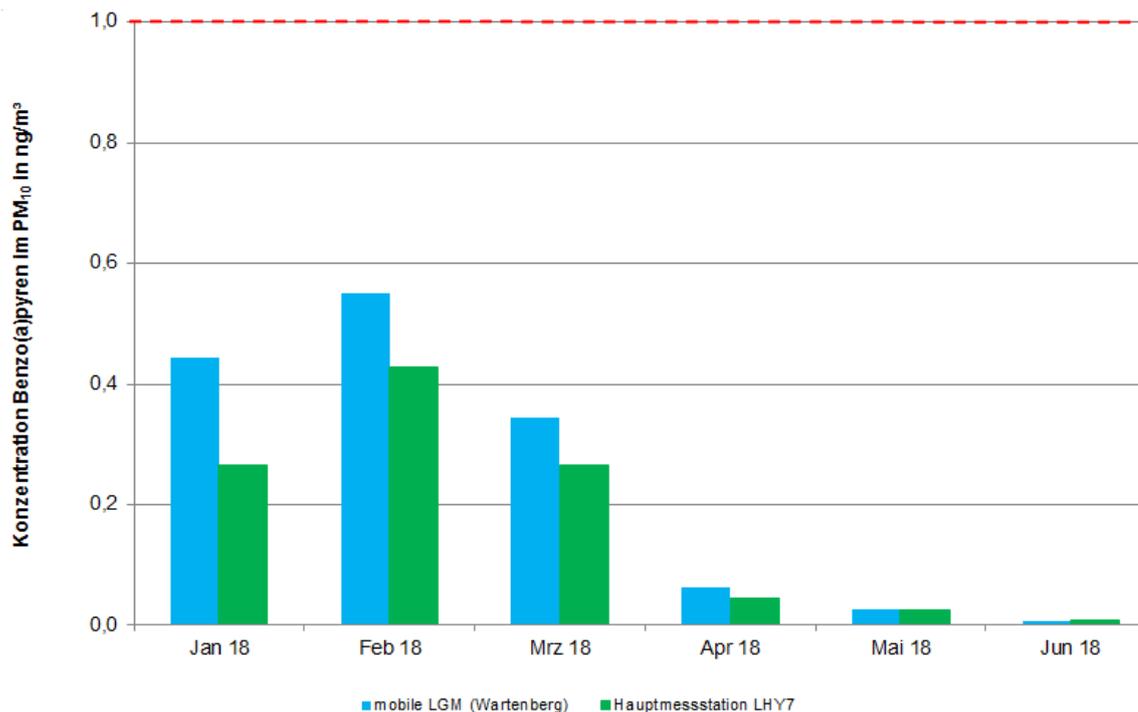


Abbildung 30. Vergleich der Benzo(a)pyren-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 (Monatsmittelwerte, Zielwert für das Jahr $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rot gestrichelt markiert).

An der mobilen LGM in Wartenberg wurde im Mittel eine Benzo(a)pyren-Konzentration von $0,24 \text{ ng}/\text{m}^3$ ermittelt. Die BaP-Konzentration an der Hauptmessstation LHY7 war mit $0,17 \text{ ng}/\text{m}^3$ minimal geringer. Die höheren Konzentrationen im Bereich der mobilen LGM sind wahrscheinlich auf die im Umfeld betriebenen Kleinf Feuerungen mit Holz als Brennstoff zurückzuführen. Folglich wurden die höchsten Benzo(a)pyren-Konzentrationen typischerweise in der Heizperiode Januar bis März ermittelt.

Die großen jahreszeitlichen Schwankungen sind, wie bereits unter 6.6 erwähnt, für Benzo(a)pyren charakteristisch. Ähnliche Konzentrationsverläufe mit höheren Benzo(a)pyren-Konzentrationen bei den mobilen Messungen wurden auch an den bereits untersuchten mobilen Messstandorten (Eitting, Pulling, Fraunberg, Haimhausen, Ismaning und Oberding) ermittelt.

8. Zusätzliche Vergleichsbetrachtungen

8.1. Vergleich mit ausgewählten Messstationen des Lufthygienischen Landesüberwachungssystems Bayern (LÜB)

Für die Bewertung der ermittelten PM₁₀-, PM_{2,5}-, NO₂- und O₃-Konzentrationen werden die Monatsmittelwerte der Messungen am Messort in Wartenberg mit Messwerten des Lufthygienischen Landesüberwachungssystems Bayern (LÜB) des Bayerischen Landesamtes für Umwelt verglichen. Als Referenzstandorte wurden die LÜB-Stationen München-Stachus (städtisch/Verkehr), Landshut-Podewilsstraße (städtisch/Verkehr), München-Lothstraße (städtisch/städtischer Hintergrund) München-Johanneskirchen (vorstädtisch/ländlicher Hintergrund) und Andechs (ländlich, regional) ausgewählt. Es ist hierbei zu beachten, dass die LfU-Messdaten noch nicht abschließend auf Plausibilität geprüft wurden.

In Tabelle 24 sind die mittleren Immissionskonzentrationen der LÜB-Stationen im Vergleich zur mobilen LGM in Wartenberg dargestellt. Die Mittelwertbildung erfolgte über den Messzeitraum 09. Januar 2018 bis 30. Juni 2018.

In Abbildung 31 bis Abbildung 34 sind zusätzlich die Verläufe der LÜB-Messstationen im Vergleich zur mobilen LGM in Wartenberg grafisch dargestellt. In den Abbildungen sind jeweils die Monatsmittelwerte für Januar (09.01. – 31.01.18) bis Juni 2018 dargestellt.

Tabelle 24. Mittelwerte der LÜB-Stationen im Vergleich zur mobilen LGM in Wartenberg (09.01.18 – 30.06.18).

| Messparameter | LÜB-Stationen | | | | | Wartenberg mobile LGM µg/m ³ |
|----------------------------------|--|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|---|--|
| | München- Stachus µg/m ³ | Lands- hut µg/m ³ | An- dechs µg/m ³ | M-Loth straße µg/m ³ | M-Johannes- kirchen µg/m ³ | |
| NO ₂ -Konzentration | 50 | 25 | 7 | 26 | 20 | 14 |
| PM ₁₀ -Konzentration | 23 | 20 | 15 | 18 | 16 | 17 |
| PM _{2,5} -Konzentration | 15 | - | 12 | 14 | 13 | 13 |
| O ₃ -Konzentration | - | - | 69 | 56 | 58 | 60 |

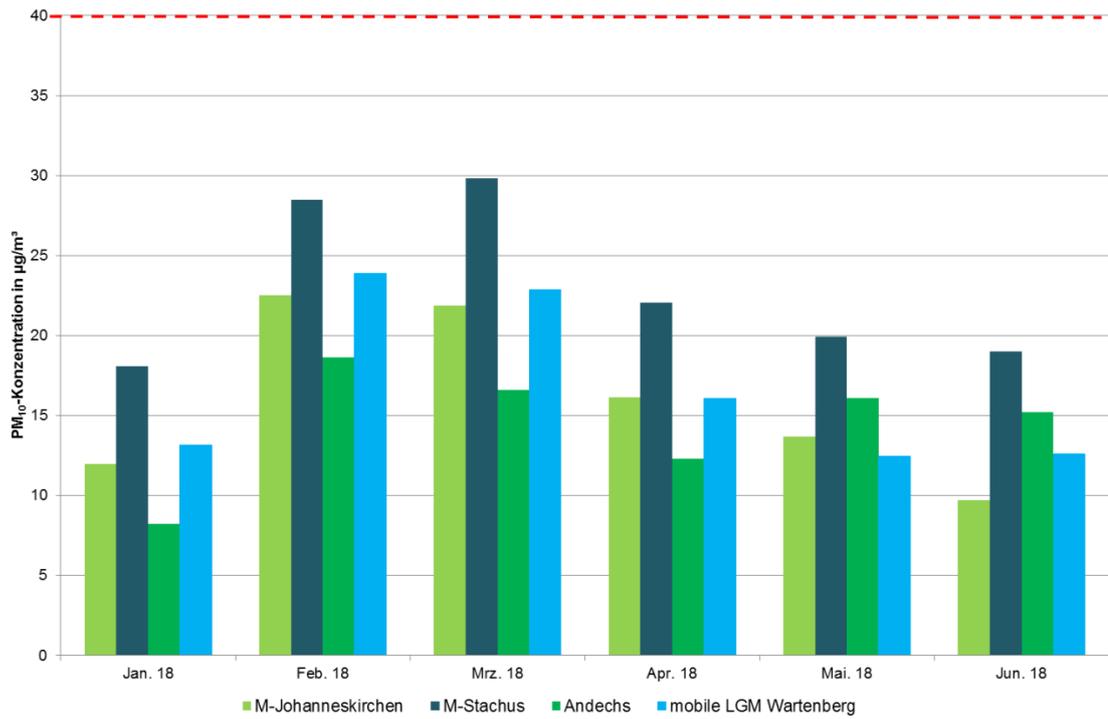


Abbildung 31. Vergleich der PM₁₀-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Wartenberg (Monatsmittelwerte, PM₁₀-Jahresgrenzwert 40 µg/m³ rot gestrichelt markiert).

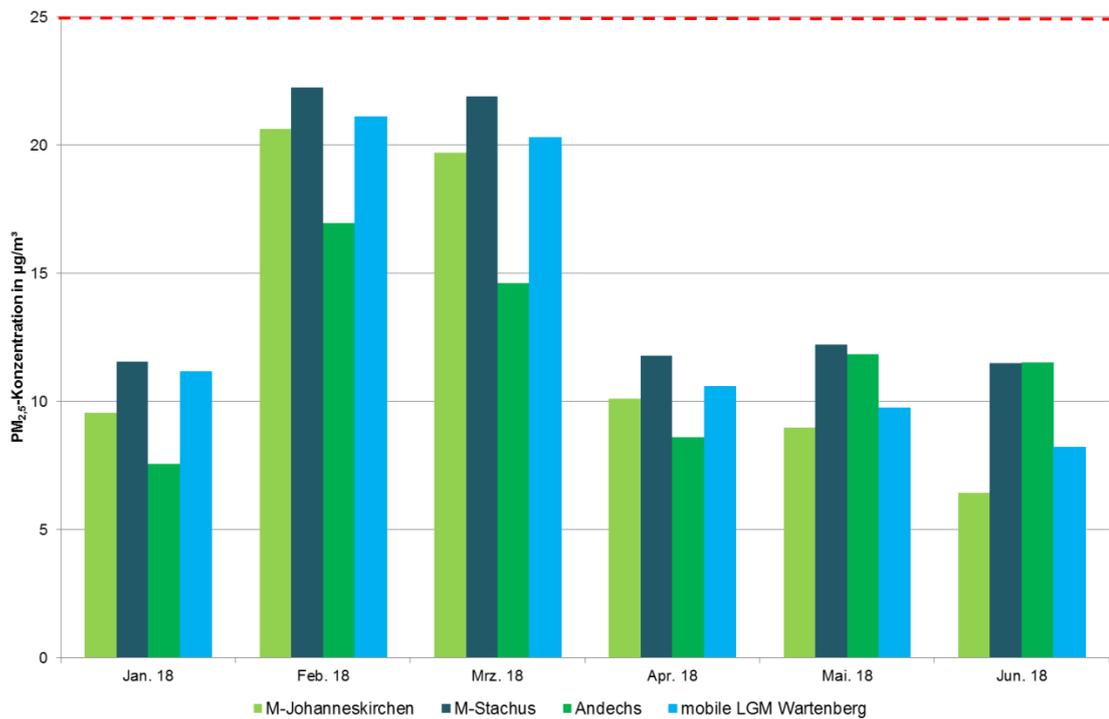


Abbildung 32. Vergleich der PM_{2,5}-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Wartenberg (Monatsmittelwerte, PM_{2,5}-Jahresgrenzwert 25 µg/m³ rot gestrichelt markiert).

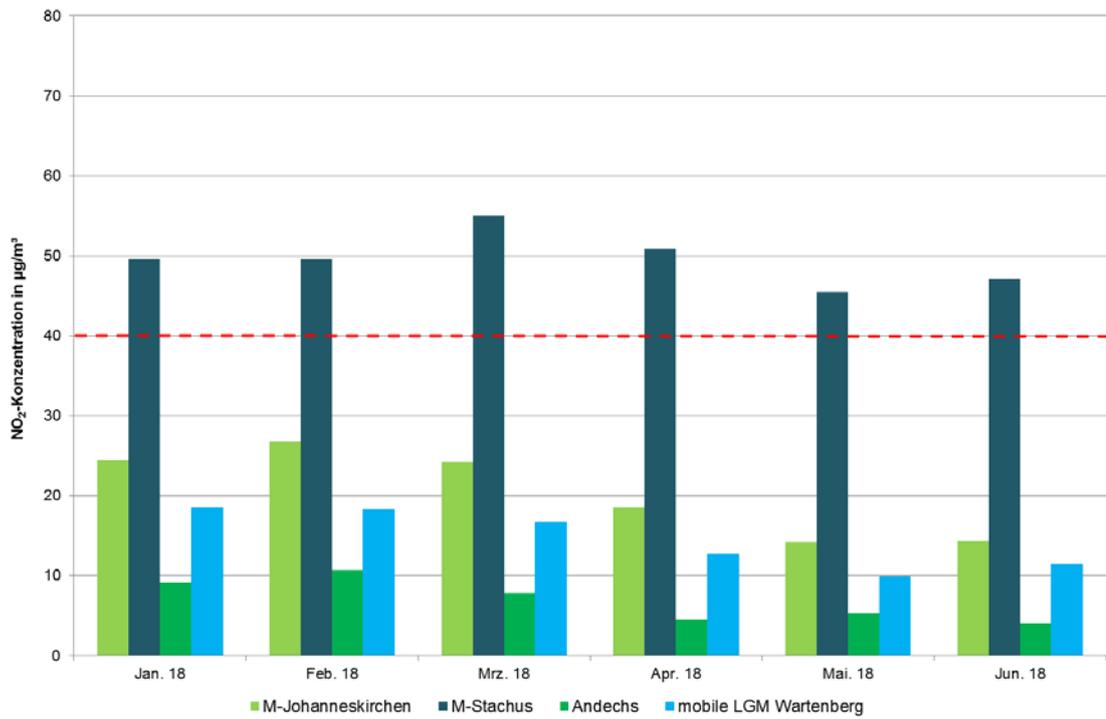


Abbildung 33. Vergleich der NO₂-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Wartenberg (Monatsmittelwerte, NO₂-Jahresgrenzwert 40 µg/m³ rot gestrichelt markiert).

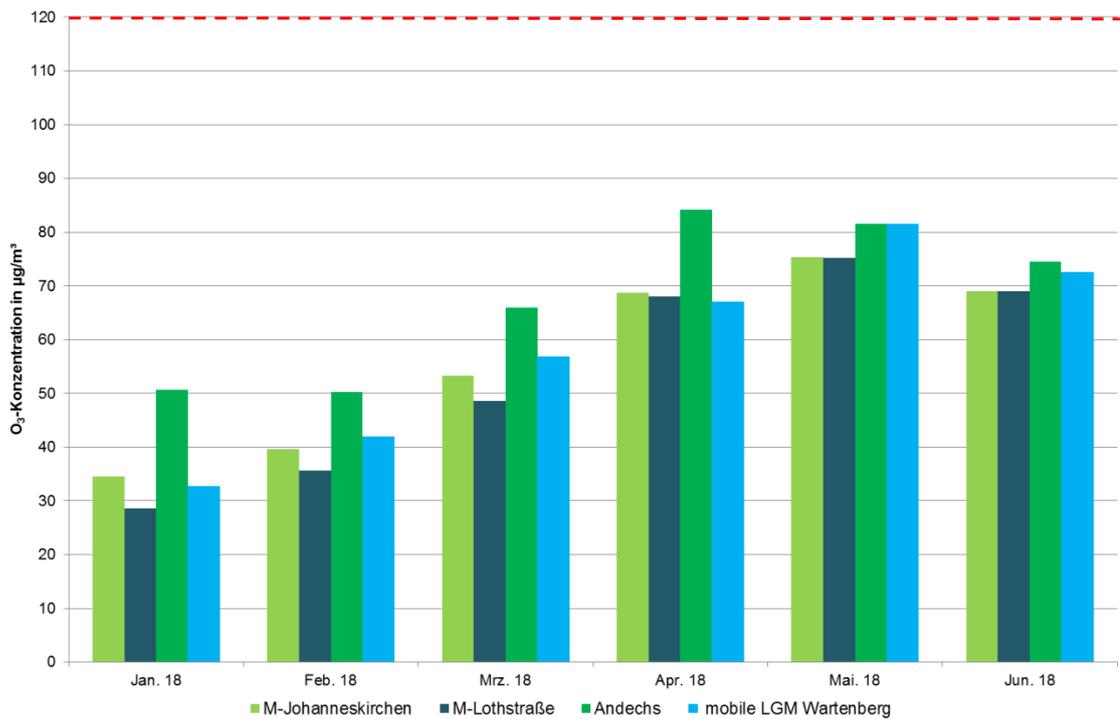


Abbildung 34. Vergleich der O₃-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Wartenberg (Monatsmittelwerte, Zielwert für den Tag von 120 µg/m³ rot, gestrichelt markiert).

An allen dargestellten Standorten wurden im Februar und März 2018 im Vergleich zu den Vorjahren höhere Partikelkonzentrationen registriert. So wurden z. B. an der LÜB-Station Andechs im Februar 2018 ein Monatsmittelwert für die Partikel PM₁₀ von 19 µg/m³ bzw. im März 2018 von 17 µg/m³ ermittelt. Anfang März gab es auch, analog zur mobilen LGM in Wartenberg, an allen LÜB-Stationen Überschreitungen des Tagesimmissionsgrenzwertes gemäß 39. BImSchV für Partikel PM₁₀.

Erwartungsgemäß zeigen die Konzentrationsverläufe für NO₂ und Ozon der Standorte mobile LGM, Andechs und Johanneskirchen einen ähnlichen jahreszeitlichen Verlauf.

An der innerstädtischen Verkehrsstation München-Stachus ist die Situation differenzierter zu bewerten. Während die Partikelkonzentrationen verkehrsnah auf einem etwas höheren Niveau einem ähnlichen jahreszeitlichen Verlauf zu den verkehrsfernen Messungen folgen, ist die Immissionssituation für Stickstoffdioxid (NO₂) an verkehrsnahen Messorten gegenüber verkehrsfernen Messorten gegensätzlich. Durch ozonbedingte NO₂-Bildung gibt es an verkehrsnahen Messorten im Sommer einen nur geringen Rückgang der NO₂-Konzentrationen.

Im Vergleich aller Stationen zeigt sich, dass die ermittelten Immissionskonzentrationen der mobilen LGM in Wartenberg i.d.R. im Bereich der LÜB-Stationen München-Johanneskirchen bzw. zwischen den Konzentrationen der LÜB-Stationen München-Johanneskirchen und Andechs liegen. Das Immissionsniveau in Wartenberg entspricht somit dem typischen vorstädtischen bis teilweise ländlichen Hintergrund.

Zwischen diesen Stationen zeigt sich im Vergleich der Monatskenngrößen auch die größte Übereinstimmung. Die jahreszeitlichen Konzentrationsverläufe in Abhängigkeit der Meteorologie aus Abschnitt 6 und Abschnitt 7 können durch den Vergleich mit diesen LÜB-Messstationen bestätigt werden.

8.2. Langzeit-Luftqualitätsindex

Zur Erleichterung der Beurteilung von Messergebnissen hat die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg einen Langzeit-Luftqualitätsindex (LaQx) für die Stoffe Benzol, Stickstoffdioxid (NO₂), Schwefeldioxid (SO₂) und die Partikel PM₁₀ erstellt [23].

Der LaQx dient der Bewertung der durchschnittlichen Luftqualität eines Jahres, für die Bewertung von Mittelwerten kürzerer Zeiträume ist er formal nicht geeignet und wurde daher nur hilfsweise herangezogen.

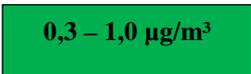
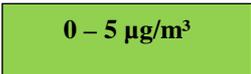
Der LaQx ist nach dem Schulnotensystem in die Klassen 1 („sehr gut“) bis 6 („sehr schlecht“) eingeteilt.

Tabelle 25. Übersicht und Zusammenfassung des Langzeit-Luftqualitätsindex.

| Bewertung | Benzol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | LaQx Klasse | Farbe |
|------------------|--|---|--|---|----------------|---|
| sehr gut | 0,0 – 0,2 | 0 - 12 | 0 - 7 | 0 – 5 | 1 |  |
| gut | 0,3 – 1,0 | 13 - 20 | 8 – 15 | 6 - 10 | 2 |  |
| befriedigend | 1,1 – 2,0 | 21 - 30 | 16 – 30 | 11 – 20 | 3 |  |
| ausreichend | 2,1 – 5,0 | 31 - 40 | 31 - 40 | 21 – 120 | 4 |  |
| Grenzwert | 5 | 40 | 40 | 120 | |  |
| schlecht | 5,1 – 25,0 | 41 - 200 | 41 – 50 | 121 – 350 | 5 |  |
| sehr schlecht | > 25 | > 200 | > 50 | >350 | 6 |  |

Auf Grundlage dieses Langzeit-Luftqualitätsindexes können die in Wartenberg gemessenen mittleren Immissionskonzentrationen an Benzol, Stickstoffdioxid, Partikel PM₁₀ und Schwefeldioxid wie folgt bewertet werden:

Tabelle 26. Bewertung der Luftqualität in Wartenberg.

| Parameter | Mittelwert des Messzeitraums | Bewertung | LaQx Klasse | Farbe |
|------------------|---------------------------------|--------------|----------------|---|
| Benzol | 0,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | gut | 2 |  |
| NO ₂ | 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | gut | 2 |  |
| PM ₁₀ | 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | befriedigend | 3 |  |
| SO ₂ | 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | sehr gut | 1 |  |

Auch wenn der Messzeitraum nicht ein ganzes Jahr umfasste, kann im Analogieschluss, z. B. durch die unter 7 und 8.1 durchgeführten Vergleiche mit langjährig betriebenen Messstationen, die Luftgüte nach LaQx in Wartenberg für die Partikel PM₁₀ als befriedigend, für Benzol, Stickstoffdioxid (NO₂) als „gut“ und für Schwefeldioxid als „sehr gut“ bezeichnet werden.

9. Zusammenfassung

Die Flughafen München GmbH betreibt mehrere lufthygienische Messstationen im Umfeld des Flughafens. 2013 wurde von der Flughafen München GmbH zusätzlich eine mobile Luftgütestation (LGM) angeschafft, um in den Anrainergemeinden des Flughafens weitere Immissionsmessungen anbieten zu können.

Mit der mobilen Luftgütemessstation können neben den meteorologischen Randparametern die immissionsseitig im Umfeld eines Flughafens relevanten Luftschadstoffe Partikel PM₁₀ und PM_{2,5}, Stickstoffoxide (NO und NO₂), Ozon (O₃), Schwefeldioxid (SO₂), Benzol, Toluol, Xylole, Ethylbenzol (BTEX), n-Alkane als Tracer für Kerosin (C6 – C14) sowie Benzo(a)pyren im PM₁₀ gemessen werden.

Die Marktgemeinde Wartenberg hat im September 2017 ihr Interesse an der Durchführung von Luftgütemessungen im Gemeindegebiet bekundet. Nach einer Ortseinsicht wurde gemeinsam mit der Marktgemeinde Wartenberg, dem Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU), dem Flughafen München und der Müller-BBM GmbH als Messstandort eine Grünfläche/ Wiese im Bereich der Zustorfer Straße 3, in Nähe der Strogenhalle und Marie-Pettenbeck-Schule in Wartenberg, ausgewählt.

Die mobilen Luftgütemessungen wurden zwischen 9. Januar und 30. Juni 2018 durchgeführt. Der Messzeitraum im ersten Halbjahr 2018 kann als repräsentativ angesehen werden, da mit gleichen Anteilen das Sommer- als auch das Winterhalbjahr erfasst wurden.

In der nachfolgenden Tabelle sind die jeweiligen Grenz- und Zielwerte der 39. BImSchV den Messergebnissen der mobilen LGM (Wartenberg) für den gesamten Messzeitraum gegenübergestellt.

Tabelle 27. Vergleich Beurteilungswerte 39. BImSchV mit den Messwerten der mobilen LGM (Wartenberg).

| Messparameter | 39. BImSchV | | | mobile LGM Wartenberg | |
|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|----------------|
| | Grenz- bzw. Zielwert | | Zul. Überschreitungen | Mittelwert bzw. Maximalwert (max.) | Überschreitung |
| Partikel PM ₁₀ | Jahresgrenzwert | 40 µg/m ³ | - | 17 µg/m ³ | - |
| | Tagesgrenzwert | 50 µg/m ³ | 35 | max. 64 µg/m ³ | 4 |
| Partikel PM _{2,5} | Jahresgrenzwert | 25 µg/m ³ | - | 13 µg/m ³ | - |
| Stickstoffdioxid (NO ₂) | Jahresgrenzwert | 40 µg/m ³ | - | 14 µg/m ³ | - |
| | 1-h-Grenzwert | 200 µg/m ³ | 18 | max. 65 µg/m ³ | 0 |
| Ozon (O ₃) | 1-h Infoschwelle | 180 µg/m ³ | - | max. 161 µg/m ³ | - |
| | 8-h-Zielwert für den Tag | 120 µg/m ³ | 25 | max. 155 µg/m ³ | 27 |
| Schwefeldioxid (SO ₂) | Tagesgrenzwert | 125 µg/m ³ | 3 | max. 3 µg/m ³ | 0 |
| | 1-h-Grenzwert | 350 µg/m ³ | 24 | max. 5 µg/m ³ | 0 |
| Benzol | Jahresgrenzwert | 5 µg/m ³ | - | 0,7 µg/m ³ | - |
| Benzo(a)pyren | Jahreszielwert | 1 ng/m ³ | - | 0,24 ng/m ³ | - |

Die Ergebnisse der mobilen Luftgütemessungen in Wartenberg können wie folgt zusammengefasst werden:

- Bei den Partikelmessungen wurde für PM_{10} ein Mittelwert von $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und für $PM_{2,5}$ ein Mittelwert von $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. Die Immissionsgrenzwerte der 39. BImSchV für das Kalenderjahr für PM_{10} von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und für $PM_{2,5}$ von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurden somit deutlich unterschritten.

Der maximal an 35 Tagen im Kalenderjahr zulässige Tagesmittelwert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für PM_{10} wurde an vier Tagen überschritten.

- Für Stickstoffdioxid (NO_2) wurde an der mobilen LGM während des Messzeitraums ein Mittelwert von $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bestimmt. Der Immissionsgrenzwert für das Jahresmittel von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde sicher eingehalten. Der Stundenmittelwert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (18 zulässige Überschreitungen) wurde ebenfalls nicht überschritten. Die NO -Konzentration lag mit $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Mittel auf einem typischen Hintergrundniveau. Für NO gibt es in der 39. BImSchV keinen Beurteilungswert.
- Bei den Ozonmessungen an der mobilen LGM wurde die in der 39. BImSchV festgelegte Informationsschwelle von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als 1-Stunden-Mittelwert nicht überschritten. Der zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegte Zielwert beträgt $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als höchster 8-Stunden-Mittelwert während eines Tages bei 25 zugelassenen Überschreitungen pro Kalenderjahr. Der Wert ist seit 01.01.2010 einzuhalten, wobei die Überschreitungstage gemittelt über drei Jahre auszuwerten sind.

Während der mobilen Luftgütemessungen in Wartenberg wurde dieser Zielwert aufgrund der außergewöhnlich sonnenscheinreichen Witterung insgesamt 27-mal im ersten Halbjahr 2018 überschritten. Eine abschließende Bewertung kann hierzu nicht erfolgen, da der Zielwert von 25 Überschreitungen pro Kalenderjahr gemäß 39. BImSchV über den Zeitraum von drei aufeinanderfolgenden Jahren gemittelt werden muss.

Im Dreijahreszeitraum 2016 bis 2018 wurde der Zielwert bundesweit an 29 % aller Messstationen überschritten. Die meisten Überschreitungen wurden in ländlichen Regionen registriert. In diese Kategorie kann auch Wartenberg zugeordnet werden.

- Für Schwefeldioxid (SO_2) wurde im Messzeitraum ein Mittelwert von $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. Der maximale Tagesmittelwert betrug $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und unterschreitet somit den Immissionswert für den Tag gemäß 39. BImSchV von $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ deutlich. Der Immissionswert für das Stundenmittel von maximal $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemäß 39. BImSchV wurde mit maximal $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ebenfalls weit unterschritten. Zudem lagen 92 % aller SO_2 -Konzentrationen während des Messzeitraums unter der Bestimmungsgrenze von $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Die mittlere Benzol-Konzentration betrug im Messzeitraum $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Jahresimmissionsgrenzwert der 39. BImSchV von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde damit sicher eingehalten.
- Bei den zusätzlich bestimmten Komponenten Toluol, Xylole und Ethylbenzol wurden Konzentrationen weit unterhalb der jeweiligen Beurteilungswerte des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) bestimmt.
- Der Mittelwert über den gesamten Messzeitraum der Summe der n-Alkane (n-Hexan (C6) – n-Tetradekan (C14)) lag an der mobilen LGM mit $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf

einem sehr niedrigen Niveau. Für diese Parameter sind keine Grenzwerte festgelegt.

Die gemessenen Werte liegen deutlich unter dem hilfsweise herangezogenen Beurteilungswert für Innenräume von 200 µg/m³.

Ein Kohlenwasserstoffmuster für Kerosin, bei dem typischerweise die n-Alkane n-Oktan bis n-Tridekan erhöht sind, konnte nicht nachgewiesen werden.

- Für Benzo(a)pyren wurde an der mobilen LGM in Wartenberg ein Mittelwert von 0,24 ng/m³ festgestellt. Der Jahresimmissionszielwert gemäß 39. BImSchV von 1 ng/m³ wurde somit deutlich unterschritten.

Zur Beurteilung der Luftqualität wird zudem der Langzeit-Luftqualitätsindex (LaQx) verwendet, der von der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) definiert wurde. Demnach kann die Luftqualität in Wartenberg wie folgt eingestuft werden:

Tabelle 28. Bewertung der Luftqualität in Wartenberg gemäß Langzeit-Luftqualitätsindex.

| Parameter | Mittelwert des Messzeitraums | Bewertung | LaQx Klasse | Farbe |
|------------------|------------------------------|--------------|-------------|-----------------------------|
| Benzol | 0,7 µg/m ³ | gut | 2 | 0,3 – 1,0 µg/m ³ |
| NO ₂ | 14 µg/m ³ | gut | 2 | 13 – 20 µg/m ³ |
| PM ₁₀ | 17 µg/m ³ | befriedigend | 3 | 16 - 30 µg/m ³ |
| SO ₂ | 2 µg/m ³ | sehr gut | 1 | 0 – 5 µg/m ³ |

Auch wenn der Messzeitraum nicht ein ganzes Jahr umfasste, kann im Analogieschluss, z. B. durch die unter 7 und 8.1 durchgeführten Vergleiche mit langjährig betriebenen Messstationen, die Luftgüte nach LaQx in Wartenberg für Benzol sowie Stickstoffdioxid (NO₂) als „gut“, für Partikel PM₁₀ als „befriedigend“ und für Schwefeldioxid (SO₂) als „sehr gut“ bezeichnet werden.

Der Vergleich der Messergebnisse der mobilen LGM am Messstandort Wartenberg mit den LÜB-Messstationen zeigt gute Übereinstimmungen. Die Konzentrationen der mobilen LGM am Messstandort Wartenberg lagen während des gesamten Messzeitraums vom 9. Januar bis 30. Juni 2018 im Bereich der LÜB-Station München-Johanneskirchen bzw. zwischen den Konzentrationsniveaus der LÜB-Stationen München-Johanneskirchen und Andechs. Das Konzentrationsniveau der mobilen Luftgütemessungen am Messstandort Wartenberg kann somit als vorstädtisch bis ländlich bezeichnet werden.

Es zeigt sich ebenfalls eine gute Übereinstimmung zur Hauptmessstation LHY7 des Flughafens München. Die Luftqualität in Wartenberg kann deshalb zukünftig auch über die stationären Messstationen des Flughafens bzw. über die LÜB-Messstation München Johanneskirchen abgeschätzt werden.

Literatur

- [1] 39. BImSchV, Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes: Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen vom 2. August 2010 (BGBl. I S. 1065), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 18. Juli 2018 (BGBl. I S. 1222) geändert worden ist.
- [2] LAI - Länderausschuß für Immissionsschutz, „Bewertung von Schadstoffen für die keine Immissionswerte festgelegt sind - Orientierungswerte für die Sonderfallprüfung und für die Anlagenüberwachung sowie Zielwerte für die langfristige Luftreinhalteplanung. Beurteilung krebserzeugender Luftschadstoffe“, Länderausschuß für Immissionsschutz, 21. September 2004.
- [3] IRK - Ausschuß für Innenraumrichtwerte, „Festgelegter Richtwert I für C9-C14-Alkane / Isoalkane (aromatenarm)“, 2012. [Online]. Available: <http://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-arbeitsgruppen/ad-hoc-arbeitsgruppe-innenraumrichtwerte>. [Zugriff am 26. 02. 2016].
- [4] Müller-BBM, Bericht Nr. M124468/11: „Ergebnisse der mobilen Luftgütemessungen in der Marktgemeinde Wartenberg“, MBBM, München, 2018.
- [5] Renewable Energy Concepts, „Windschichten in der Atmosphäre“, [Online]. Available: <http://www.renewable-energy-concepts.com/german/windenergie/wind-basiswissen/windschichten.html>. [Zugriff am 27. 08. 2015].
- [6] „Planetare Grenzschicht“, 1998. [Online]. Available: <http://www.spektrum.de/lexikon/physik/planetare-grenzschicht/11314>. [Zugriff am 28. 10. 2015].
- [7] DWD - Grenzschichthöhen, „DWD“, [Online]. Available: http://beta.dwd.de/DE/forschung/atmosphaerenbeob/lindenbergersaeule/rao_download/aktuell_2012_01.pdf?__blob=publicationFile&v=5. [Zugriff am 29. 09. 2015].
- [8] ETH, „Die atmosphärische Grenzschicht“, [Online]. Available: http://www.iac.ethz.ch/staff/sprenger/dynmet_HS09/Kapitel_13.pdf. [Zugriff am 27. 08. 2015].
- [9] LANUV NRW, „Gesundheitliche Wirkungen von Feinstaub und Stickstoffdioxid im Zusammenhang mit der Luftreinhalteplanung“, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, Recklinghausen, Januar 2012.
- [10] AirMonTech, „Air Pollution Monitoring Technologies for Urban Areas - PM_PAH_MBI“, 2012. [Online]. Available: http://db-airmontech.jrc.ec.europa.eu/download/PM_PAH_MBI.pdf. [Zugriff am 28. 10. 2015].
- [11] I. Tesseraux, Flugzeugemissionen und -immissionen - Belastungen für die Anwohner von Flughäfen. Handbuch für Bioklima und Lufthygiene, M. u. Turowski, Hrsg., Ecomed-Verlag, 3/2000.
- [12] „www.chemie.de“, [Online]. Available: <http://www.chemie.de/>. [Zugriff am 28. 10. 2015].
- [13] DWD - Schwefeldioxid (SO₂), „DWD“, [Online]. Available: http://www.dwd.de/DE/forschung/atmosphaerenbeob/zusammensetzung_atmosphaere/spurengase/inh_nav/so2_node.html. [Zugriff am 28. 10. 2015].
- [14] AirMonTech, „Air Pollution Monitoring Technologies for Urban Areas - Ozone“, 2012. [Online]. Available: http://db-airmontech.jrc.ec.europa.eu/download/GASES_Ozone_MBI.pdf. [Zugriff am 28. 10. 2015].

- [15] LUA, Fachinformationen des Landesumweltamtes Nr. 12, Landesumweltamt, Hrsg., Brandenburg, 2005.
- [16] HLfU, Hrsg., Schadstoffbelastungen durch den Flugverkehr, Bd. Heft 260, Hessische Landesanstalt für Umwelt, 1999.
- [17] AirMonTech, „Air Pollution Monitoring Technologies for Urban Areas - Benzene,“ 2012. [Online]. Available: http://db-airmontech.jrc.ec.europa.eu/download/GASES_Benzene_MBI.pdf. [Zugriff am 28. 10. 2015].
- [18] AirMonTech, „Air Pollution Monitoring Technologies for Urban Areas - Gases VOC,“ 2012. [Online]. Available: http://db-airmontech.jrc.ec.europa.eu/download/GASES_VOC_MBI.pdf. [Zugriff am 28 10 2015].
- [19] RL 2008/50/EG, Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa, 11.06.2008.
- [20] BImSchG, Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge – Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) vom 17. 05.2013 (BGBl I S. 1274), zuletzt geändert durch Artikel 3 am 18.07.2017, 2017.
- [21] VDI 2310, Richtlinienreihe zu Maximalen Immissionswerten zum Schutz der Vegetation, zum Schutz des Menschen und zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere.
- [22] TRGS 900, Technische Regeln für Gefahrstoffe 900, G. 2. S.271-274, Hrsg., zuletzt geändert und ergänzt am 02.04.2014.
- [23] LUBW, „Ermittlung des Langzeit-Luftqualitätsindex (LaQx),“ 2014. [Online]. Available: <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/20148/>. [Zugriff am 31. 03. 2016].
- [24] VDI 3957, Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation) - Emittentenbezogener Einsatz pflanzlicher Bioindikatoren, Bd. Blatt 10, 2004 - 12.
- [25] TA-Luft, Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 24. Juli 2002 (GMBI. Nr. 25 - 29 vom 30.07.2002 S. 511).
- [26] LfU, Bayerisches Landesamt für Umwelt: Download LÜB-Rohdaten <https://inters.bayern.de/luft/download/>, Stand August 2018,“ Bayerischen Landesamtes für Umwelt, August 2018.
- [27] DWD, „DWD - Langjährige und aktuelle Messdaten, sowie Pressemitteilungen,“ 10 2018. [Online]. Available: www.dwd.de.

Danksagung

Dank gilt dem Ersten Bürgermeister Herrn Manfred Ranft für seine tatkräftige Unterstützung bei der Auswahl des Standortes Wartenberg, dem Bayerischen Landesamt für Umwelt, insbesondere Herrn Regierungsdirektor Dr. Heinz Ott und Herrn Regierungsdirektor Dr.-Ing. Clemens Marb, für die fachliche Beratung sowie allen weiteren an der Durchführung der Messkampagne in Wartenberg 2018 Beteiligten.

Impressum

Herausgeber

Flughafen München GmbH

Recht, Gremien, Compliance und Umwelt

Postfach 23 17 55

85326 München

www.munich-airport.de

Redaktion

Konzerneinheit Projektteam Kapazitäten und Umwelt

Fotos und Grafiken

Flughafen München GmbH, Müller-BBM GmbH

Weitere Informationen / Fragen

<http://www.munich-airport.de/de/company/umwelt/index.jsp>

umwelt@munich-airport.de

089/975-40460

14.02.2019