

Mobile Luftgütemessung
Fraunberg 23.07.2015 – 11.01.2016

Umwelt am Flughafen München

Verbindung leben

M



Inhaltsverzeichnis

Einleitung	10
1. Überblick über die Messkampagne Fraunberg	11
2. Die mobile Luftgütemessstation in Fraunberg	13
2.1. Anfrage der Gemeinde Fraunberg	13
2.2. Standortvorschläge	13
2.3. Standortbewertung.....	16
2.4. Standortwahl	16
2.5. Messzeitraum.....	17
2.6. Vorstellung der Messkampagne	18
2.7. Mobile Luftgütemessstation.....	19
2.8. Messumfang / Parameter	21
2.9. Betrieb der mobilen Luftgütemessstation.....	22
3. Meteorologie und Flugverkehr im Messzeitraum	22
3.1. Meteorologische Situation während des Messzeitraums	22
3.2. Ergebnisse der meteorologischen Messungen an der mobilen LGM.....	23
3.3. Flugverkehr	26
4. Luftschadstoffe	29
4.1. Entstehung und Ausbreitung.....	29
4.2. Schichtung der Atmosphäre.....	30
4.3. Flugbewegungen in der atmosphärischen Grenzschicht.....	30
4.4. Verteilung von Flugzeugemissionen.....	31
4.5. Feinstaub.....	31
4.6. Benzo[a]pyren als Leitparameter für PAK.....	32
4.7. Stickstoffoxide	33
4.8. Schwefeldioxid	33
4.9. Ozon	34
4.10. Benzol und n-Alkane.....	34

5.	Bewertungsgrundlagen	36
5.1.	Allgemeine Bewertungsgrundlagen	37
5.2.	Mögliche Bewertungsmaßstäbe zur Beurteilung von n-Alkanen	39
5.3.	Langzeit-Luftqualitätsindex	40
6.	Messergebnisse und Bewertung der Luftgüte in Fraunberg	41
6.1.	Messergebnisse Partikel PM ₁₀ und PM _{2,5}	41
6.2.	Messergebnisse Stickstoffdioxid [NO ₂]	44
6.3.	Messergebnisse Schwefeldioxid [SO ₂]	48
6.4.	Messergebnisse Ozon [O ₃]	50
6.5.	Messergebnisse Benzol, Toluol, Xylole, Ethylbenzol und n-Alkane	51
6.6.	Messergebnisse Benzo[a]pyren	55
7.	Vergleich der Messstationen	57
7.1.	Partikel PM ₁₀ und PM _{2,5}	57
7.2.	Stickstoffdioxid [NO ₂]	62
7.3.	Schwefeldioxid [SO ₂]	66
7.4.	Ozon [O ₃]	68
7.5.	Benzol, Toluol, Xylole, Ethylbenzol und n-Alkane	70
7.6.	Benzo[a]pyren	72
8.	Zusätzliche Vergleichsbetrachtungen	74
8.1.	Vergleich mit ausgewählten Messstationen des Lufthygienischen Landesüberwachungssystems Bayern [LÜB]	74
8.2.	Langzeit-Luftqualitätsindex	77
9.	Zusammenfassung	79
10.	Index	82

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Standorte von LHY4, LHY7 und der mobilen Luftgütemessstation in Fraunberg.	11
Abbildung 2. Vorgeschlagene Standorte „Flurstraße“ und „Bachhamer Bach“.	13
Abbildung 3. Vorgeschlagener Standort „Kläranlage“.	14
Abbildung 4. Vorgeschlagener Standort „Spielplatz“.	14
Abbildung 5. Vorgeschlagener Standort „Lohkirchen“.	15
Abbildung 6. Überblick vorgeschlagene Standorte Gemeinde Fraunberg.	15
Abbildung 7. Standort „Sportplatz“ an der Schloßstraße in Fraunberg.	17
Abbildung 8. Mobile LGM am Standort „Sportplatz“ in Fraunberg.	18
Abbildung 9. Teilnehmer an der Vorstellung der Messstation (v.l.): Gemeinderat Karlheinz Reingruber, 2. Bürgermeister Hans Rasthofer, FC Fraunberg-Vorsitzender Erwin Scharl, Hans-Peter Melzl (FMG), Stefan Kaun (FMG), Rebecca Dutzi (Müller-BBM), 1. Bürgermeister Hans Wiesmaier und 3. Bürgermeisterin Anna Gfirtner.	19
Abbildung 10. Außenansicht der mobilen Luftgütemessstation in Fraunberg.	20
Abbildung 11. Innenausstattung der mobilen Luftgütemessstation.	20
Abbildung 12. Windrichtungsverteilung der mobilen Luftgütemessungen in Fraunberg (23.07.15 – 11.01.16).	24
Abbildung 13. Mittlerer Verlauf der Windgeschwindigkeit in Fraunberg für den Messzeitraum 23.07.15 – 11.01.16.	25
Abbildung 14. Mittlerer Verlauf der Lufttemperatur für den Messzeitraum 23.07.15 – 11.01.16 [Tagesmittelwerte].	26
Abbildung 15. Auszug aus AIP Germany.	27
Abbildung 16. Flugspuraufzeichnungen vom 10.09.15 (Betriebsrichtung Ost).	28
Abbildung 17. Flugspuraufzeichnungen vom 17.08.15 (Betriebsrichtung West).	28
Abbildung 18. Verlauf der gravimetrisch gemessenen PM _{10/2,5} -Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 24.07.15 – 10.01.16 [Tagesmittelwerte, PM ₁₀ -Tagesgrenzwert 50 µg/m ³ rot markiert].	43
Abbildung 19. Verlauf der gemessenen NO ₂ -Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 23.07.15 – 11.01.16 [Stundenmittelwerte, NO ₂ -Stundengrenzwert 200 µg/m ³ rot markiert].	45
Abbildung 20. Verlauf der gemessenen NO-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 23.07.15 – 11.01.16 [Stundenmittelwerte].	47
Abbildung 21. Verlauf der gemessenen SO ₂ -Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 23.07.15 – 11.01.16 [Stundenmittelwerte, SO ₂ -Stundengrenzwert 350 µg/m ³ rot markiert].	49
Abbildung 22. Verlauf der gemessenen O ₃ -Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 23.07.15 – 11.01.16 [Stundenmittelwerte, O ₃ -Stundeninformationsschwelle 180 µg/m ³ rot markiert].	51
Abbildung 23. Verlauf der gemessenen Benzol-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 23.07.15 – 11.01.16 [Wochenmittelwerte, Jahresimmissionswert 5 µg/m ³ rot gestrichelt markiert].	53
Abbildung 24. Verlauf der Summe der gemessenen n-Alkan-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 23.07.15 – 11.01.16 [Wochenmittelwerte, Beurteilungswert für Innenräume von 200 µg/m ³ rot gestrichelt markiert].	54

Abbildung 25. Verlauf der gemessenen BaP-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 01.08.15 - 10.01.16 [Monatsmittelwerte, Jahreszielwert 1 ng/m ³ rot gestrichelt markiert].	56
Abbildung 26. Verlauf der gravimetrisch gemessenen PM ₁₀ -Konzentration der mobilen LGM und LHY7 für den Messzeitraum 24.07.15 - 10.01.16 [Monatsmittelwerte, Jahresgrenzwert 40 µg/m ³ rot gestrichelt markiert].	58
Abbildung 27. Verlauf der gravimetrisch gemessenen PM _{2,5} -Konzentration der mobilen LGM und LHY7 für den Messzeitraum 24.07.15 - 10.01.16 [Monatsmittelwerte, Jahresgrenzwert 25 µg/m ³ rot gestrichelt markiert].	59
Abbildung 28. Konzentrationswindrose: mittlere PM ₁₀ -Konzentrationen aus allen Einzelmesswerten je 10°-Windrichtungsklasse [WRK] an den Messorten mobile LGM und LHY7 im Vergleich; basierend auf kontinuierlichen Messdaten im Zeitraum vom 24.07.15 - 10.01.16.	60
Abbildung 29. Verlauf der NO ₂ -Konzentration der mobilen LGM und der LHY7 für den Messzeitraum 23.07.15 - 11.01.16 [Monatsmittelwerte, Grenzwert für das Kalenderjahr 40 µg/m ³ rot gestrichelt markiert].	63
Abbildung 30. Konzentrationswindrose: mittlere NO ₂ -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 23.07.15 - 11.01.16.	64
Abbildung 31. Verlauf der NO-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 23.07.15 - 11.01.16 [Monatsmittelwerte].	66
Abbildung 32. Verlauf der SO ₂ -Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 23.07.15 - 11.01.16 [Monatsmittelwerte, Grenzwert für das Tagesmittel 125 µg/m ³ rot gestrichelt markiert].	67
Abbildung 33. Verlauf der O ₃ -Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 23.07.15 - 11.01.16 [Monatsmittelwerte, Zielwert für den Tag von 120 µg/m ³ rot gestrichelt markiert].	69
Abbildung 34. Verlauf der Benzol-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 23.07.15 - 11.01.16 [Wochenmittelwerte, Immissionsgrenzwert 5 µg/m ³ rot gestrichelt markiert].	71
Abbildung 35. Verlauf der n-Alkan-Konzentration [Summe] der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 23.07.15 - 11.01.16 [Wochenmittelwerte, hilfsweise herangezogener Beurteilungswert für Innenräume von 200 µg/m ³ rot gestrichelt markiert].	72
Abbildung 36. 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].	73
Abbildung 37. Vergleich der PM ₁₀ -Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Fraunberg [Monatsmittelwerte, PM ₁₀ -Jahresgrenzwert 40 µg/m ³ rot gestrichelt markiert].	75
Abbildung 38. Vergleich der PM _{2,5} -Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Fraunberg [Monatsmittelwerte, PM _{2,5} -Jahresgrenzwert 25 µg/m ³ rot gestrichelt, markiert].	75
Abbildung 39. Vergleich der NO ₂ -Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Fraunberg [Monatsmittelwerte, NO ₂ -Jahresgrenzwert 40 µg/m ³ rot gestrichelt markiert].	76
Abbildung 40. Vergleich der O ₃ -Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Fraunberg [Monatsmittelwerte, Zielwert für den Tag von 120 µg/m ³ rot gestrichelt markiert].	76

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Übersicht Messparameter, Messgeräte und Messverfahren.....	21
Tabelle 2. Monatskenngrößen von Lufttemperatur, relativer Luftfeuchte, Luftdruck und Windgeschwindigkeit für den Messzeitraum 23.07.2015 - 11.01.2016.	23
Tabelle 3. Starts und Landungen sowie Betriebsrichtungsverteilung 23.07.2015 - 11.01.2016.....	27
Tabelle 4. Beurteilungswerte.....	38
Tabelle 5. Langzeit-Luftqualitätsindex LaQx.....	40
Tabelle 6. Statistische Kenngrößen der PM ₁₀ - und PM _{2,5} -Konzentrationen im Messzeitraum.....	42
Tabelle 7. Statistische Kenngrößen der NO ₂ -Konzentration für den Messzeitraum.....	44
Tabelle 8. Statistische Kenngrößen der NO-Konzentration für den Messzeitraum.....	46
Tabelle 9. Statistische Kenngrößen der SO ₂ -Konzentration für den Messzeitraum.....	48
Tabelle 10. Statistische Kenngrößen der O ₃ -Konzentration für den Messzeitraum.....	50
Tabelle 11. Statistische Kenngrößen der BTEX- und n-Alkanmessungen (mobile LGM).....	52
Tabelle 12. Statistische Kenngrößen der Benzo(a)pyren-Konzentration im PM ₁₀	55
Tabelle 13. Kenngrößen der PM ₁₀ -Konzentration (mobile LGM/ LHY7).....	57
Tabelle 14. Kenngrößen der PM _{2,5} -Konzentration (mobile LGM/ LHY7).....	59
Tabelle 15. Mittlere PM ₁₀ -Konzentration und -differenz je Windsektor.....	61
Tabelle 16. Kenngrößen der NO ₂ - Konzentration (mobile LGM/ LHY7).....	62
Tabelle 17. Mittlere NO ₂ -Konzentration und -differenz je Windsektor.....	64
Tabelle 18. Kenngrößen der NO-Konzentration (mobile LGM/ LHY7).....	65
Tabelle 19. Kenngrößen der SO ₂ -Konzentration (mobile LGM/ LHY7).....	67
Tabelle 20. Kenngrößen der O ₃ -Konzentration (mobile LGM/ LHY7).....	68
Tabelle 21. Kenngrößen der BTEX- und n-Alkan-Konzentration (mobile LGM/ LHY7).....	70
Tabelle 22. Kenngrößen der Benzo(a)pyren-Konzentration (mobile LGM/ LHY7).....	73
Tabelle 23. Mittelwerte der LÜB-Stationen im Vergleich zur mobilen LGM in Fraunberg (August bis Dezember 2015).....	74
Tabelle 24. Übersicht und Zusammenfassung des Langzeit-Luftqualitätsindex.....	77
Tabelle 25. Bewertung der Luftqualität in Fraunberg.....	78
Tabelle 26. Vergleich Beurteilungswerte 39. BImSchV mit den Messwerten der mobilen LGM (Fraunberg).....	79
Tabelle 27. Bewertung der Luftqualität in Fraunberg gemäß Langzeit-Luftqualitätsindex.....	81

Vorwort des 1. Bürgermeisters der Gemeinde Fraunberg

In einer Sitzung der Fluglärmkommission wurde bekannt gegeben, dass die Flughafen München GmbH als erster Flughafenbetreiber Deutschlands zusätzlich zu seinen stationären Luftmessstationen eine mobile Luftgütemessstation als Serviceleistung für die Kommunen im Umland bereit stellt.

Der Gemeinderat der Gemeinde Fraunberg hat die Möglichkeit wahrgenommen und die Flughafen München GmbH gebeten, die mobile Anlage in der Gemeinde vorübergehend einzurichten.

Aus sechs vorgeschlagenen Standorten haben wir uns, einvernehmlich mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt, auf den geeigneten Standort unmittelbar am Sportgelände des FC Fraunberg verständigt.

Die mobile Luftgütemessstation war vom 23.07.2015 bis 11.01.2016 im Einsatz.

Ich danke allen, die an der Auswertung und Begutachtung der Messergebnisse mitgewirkt haben.

Ihr

Hans Wiesmaier

Erster Bürgermeister



Vorwort der Flughafen München GmbH

Saubere Luft ist eine wesentliche Lebensgrundlage. Daher misst der Flughafen München seit Inbetriebnahme mit stationären Luftgütemesseinrichtungen die Qualität der Luft am Flughafen.

Die Anforderungen an die Qualität haben sich seit Inbetriebnahme des Flughafens erheblich verschärft. Grund dafür sind v.a. europäische Maßgaben und deren Umsetzungen in die deutsche Gesetzgebung.

Die Ergebnisse der Luftgütemessungen, die am Flughafen durchgeführt, regelmäßig in den Sitzungen der Fluglärmkommission vorgestellt und veröffentlicht werden, zeigen, dass die gemessenen Werte am Flughafen München unter den einschlägigen Immissionswerten liegen, Überschreitungen wurden nicht ermittelt. Das liegt nicht zuletzt an den erheblichen Anstrengungen des Flughafens zur Vermeidung und Verringerung von Emissionen.

Mit seiner mobilen Luftgütemessstation geht der Flughafen München seit 2014 einen neuen Weg bei der Luftgüteüberwachung. Als erster Flughafen Deutschlands stellt er den Kommunen im Umland seine mehr als 100.000 EUR teure Anlage kostenlos zur Verfügung. Mit der bestens ausgestatteten Anlage braucht der Flughafen keinen Vergleich mit anderen etablierten Messstationen zu scheuen.

Der vorliegende Messbericht der „Messkampagne Fraunberg 2015“ stellt die Ergebnisse der im 2. Halbjahr 2015 durchgeführten Messungen in Fraunberg dar und stellt sie Messergebnissen anderer Überwachungsstationen gegenüber. Der vorliegende Bericht der Flughafen München GmbH ergänzt den Messbericht des mit den Messungen beauftragten akkreditierten Prüfinstituts um Informationen zu den Luftschadstoffen oder zur mobilen Luftgütemessstation.

Die Ergebnisse zeigen, dass die gemessenen Parameter deutlich unter den zugehörigen Grenz- bzw. Vergleichsparametern liegen und sich die Luftqualität in der Gemeinde Fraunberg mit typischen ländlichen Hintergrundsituationen vergleichen lässt.

Es freut mich, dass die Gemeinde Fraunberg das Angebot des Flughafens annahm, die Durchführung der Messkampagne Fraunberg eng begleitete und tatkräftig unterstützte.

Ihr

Hermann Blomeyer

Leiter Projektteam Kapazitäten und Umwelt



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 Kälte, die Flugzeugwartung, der öffentliche und nicht-öffentliche Straßenverkehr sowie weitere Aktivitäten. Wesentliche Schadstoffe, die dabei freigesetzt werden können, sind Stickstoffoxide (NO₂, NO), Feinstaub (PM₁₀, 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 die deutsche Gesetzgebung. 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 (NO₂), Schwefeldioxid (SO₂), Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}), Ozon (O₃), Benzol und Benzo(a)pyren. Zusätzlich werden n-Alkane (Leitparameter für Kerosin) gemessen und 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 Umwelta Abteilung 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 Fraunberg

Die Gemeinde Fraunberg griff mit Schreiben vom 06.11.2014 das freiwillige Angebot der Flughafen München GmbH zur mobilen Messung der Luftgüte im Gemeindebereich auf. Mit E-Mail vom 20.05.2015 wurden von der Gemeinde Fraunberg insgesamt fünf mögliche Standorte vorgeschlagen.

Am 03.06.2015 wurde gemeinsam von Vertretern der Gemeinde Fraunberg, dem Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU), des Flughafens München und des unabhängigen Gutachterbüros Müller-BBM ein Standort für die mobile Luftgütemessstation am Sportplatz in Fraunberg festgelegt. 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 23. Juli 2015 wurde die mobile Luftgütemessstation am Sportplatz in Fraunberg aufgestellt und in Betrieb genommen, wo die mobile Luftgütemessstation bis 11. Januar 2016 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 23. Juli 2015 bis 11. Januar 2016 in Fraunberg.



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

Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse der Messungen im Gemeindebereich Fraunberg vor. Er erweitert den von Müller-BBM erstellten Bericht „Ergebnisse der mobilen Luftgütemessungen in Fraunberg – Messzeitraum 23.07.2015 – 11.01.2016“ vom 01.04.2016 [2] 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 inhalts- gleich 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) [3] und der hilfsweise herangezogene Richtwert I (Vorsorgewert) der Kommission für Innenraumlufthygiene (IRK) [4] am Umweltbundesamt ebenfalls deutlich unterschritten.

Die Messergebnisse zeigen, dass die Luftqualität in Fraunberg vergleichbar ist mit der in vorstädtischen bis ländlichen Gebieten.

2. Die mobile Luftgütemessstation in Fraunberg

2.1. Anfrage der Gemeinde Fraunberg

Die Gemeinde Fraunberg wandte sich mit Schreiben vom 06.11.2014 an die Flughafen München GmbH und bat um Durchführung einer mobilen Luftgütemessung auf ihrem Gemeindegebiet. Die FMG erklärte sich daraufhin bereit, auf Ihre Kosten eine Messkampagne durchzuführen. Die Gemeinde Fraunberg wurde gebeten mindestens fünf Standorte vorzuschlagen. Die Standorte sollten möglichst nicht in der Nachbarschaft von lokalen Emittenten liegen, um die Bestimmung der großräumigen Luftgüte ohne kleinräumige Beeinflussungen zu ermöglichen. Sie müssen mit der auf einem Anhänger montierten Messstation bei jeder Witterung anfahrbar sein, über einen Stromanschluß und einen ausreichend guten Handyempfang verfügen.

2.2. Standortvorschläge

Im Rahmen der durchzuführenden Standortfindung schlug die Gemeinde Fraunberg per E-Mail vom 20.05.2015 fünf mögliche Standorte vor.

Standortvorschlag 1 und 2: „Flurstraße“ und „Bachhamer Bach“



Abbildung 2. Vorgeschlagene Standorte „Flurstraße“ und „Bachhamer Bach“.

Standortvorschlag 3 „Kläranlage“



Abbildung 3. Vorgeschlagener Standort „Kläranlage“.

Standortvorschlag 4 „Spielplatz“



Abbildung 4. Vorgeschlagener Standort „Spielplatz“.

Standortvorschlag 5 „Lohkirchen“



Abbildung 5. Vorgeschlagener Standort „Lohkirchen“.

Die nachfolgende Abbildung 6 zeigt die von der Gemeinde Fraunberg vorgeschlagenen Standorte im Überblick.

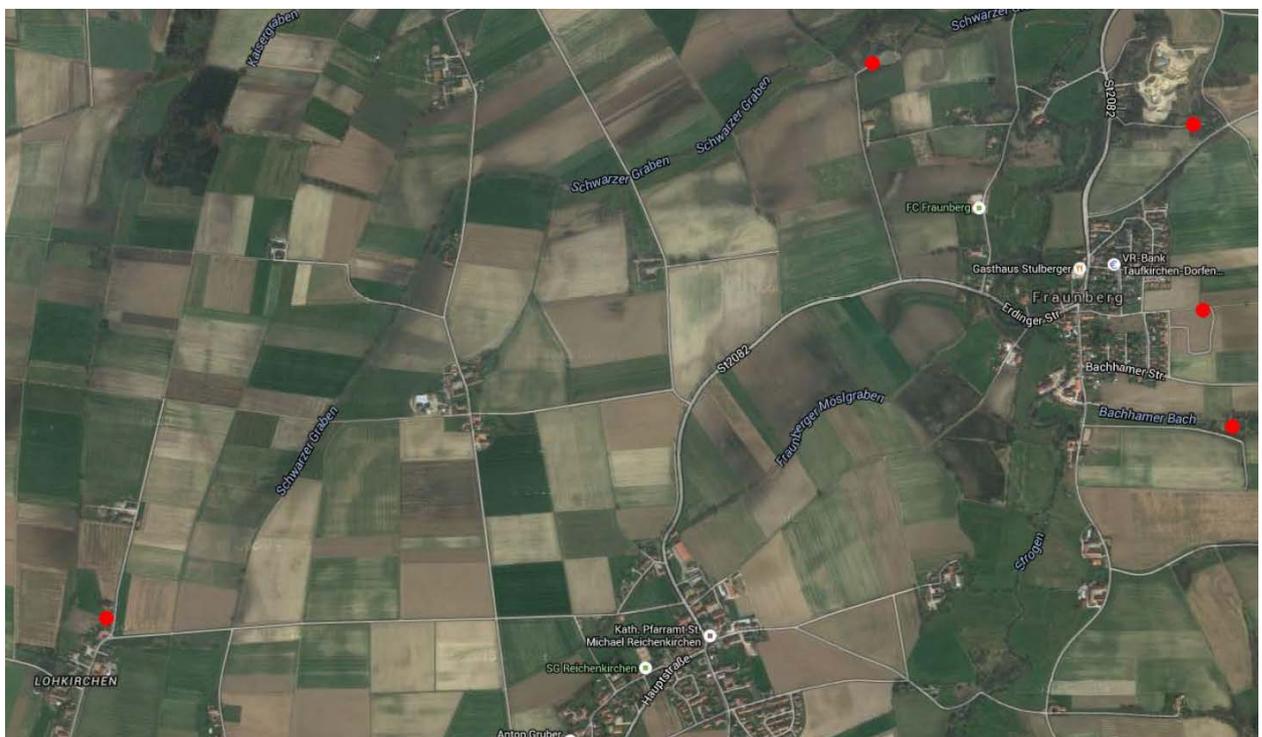


Abbildung 6. Überblick vorgeschlagene Standorte Gemeinde Fraunberg.

2.3. Standortbewertung

Am 03.06.2015 erfolgte eine gemeinsame Begehung aller vorgeschlagenen Standorte von Vertretern der Gemeinde Fraunberg (Herr Eugel), dem Bayerischen Landesamt für Umwelt (Herr Dr. Ott), des Flughafens München (Herr Kaun, Herr Melzl) und Müller-BBM (Frau Dutzi).

Dabei wurden die Standorte wie folgt bewertet:

Standort 1 „Flurstraße“

Im angrenzenden Neubaugebiet finden noch Bautätigkeiten statt. Der Aufstellort ist geneigt und liegt in direkter Nachbarschaft einer Baustelle. Ein Stromanschluss ist vorhanden.

Eine Beeinflussung der Messungen durch Bautätigkeiten kann nicht ausgeschlossen werden, die Aufstellung der Messstation wäre aufgrund der Geländeneigung nicht ohne zusätzliche Maßnahmen möglich.

Standort 2 „Bachhamer Bach“

Der Standort liegt in der Nähe des Bachhamer Baches. Am Standort ist kein Stromanschluss verfügbar.

Standort 3 „Kläranlage“

Der Standort liegt innerhalb der Kläranlage. Der Bereich ist nicht frei zugänglich. Ein Stromanschluss ist vorhanden. Eine Beeinflussung der Messungen durch Klärdämpfe kann nicht ausgeschlossen werden.

Standort 4 „Spielplatz“

Der Standort liegt in der Nähe einer Kiesgrube. Am Standort ist kein Stromanschluss verfügbar.

Standort 5 „Lohkirchen“

Der Standort liegt nördlich von Lohkirchen. Am Standort ist kein Stromanschluss verfügbar.

2.4. Standortwahl

Nachdem keiner der ursprünglich von der Gemeinde Fraunberg vorgeschlagenen Standorte alle erforderlichen Bedingungen erfüllte, schlug Herr Eugel einen weiteren Standort an der Schloßstraße am Sportplatz von Fraunberg vor.

Der vorgeschlagene Standort „Sportplatz“ liegt auf der westlichen, dem Flughafen zugewandten Seite von Fraunberg. Eine Beeinflussung der Messungen durch Gewerbe oder Bautätigkeiten ist nicht zu befürchten, der Standort kann leicht angefahren werden und ein Stromanschluss kann hergestellt werden. Der Standort „Sportplatz“ wird einvernehmlich von allen Beteiligten als geeignet angesehen und als Aufstellort ausgewählt.



Abbildung 7. Standort „Sportplatz“ an der Schloßstraße in Fraunberg.

2.5. Messzeitraum

Am Standort „Sportplatz“ Fraunberg wurde mit den Messungen am 23. Juli 2015 begonnen, wo die mobile Luftgütemessstation bis 11. Januar 2016 in Betrieb war.

Am 23. Juli 2015 wurde die mobile Luftgütemessstation am Sportplatz in Fraunberg aufgestellt und in Betrieb genommen, wo die mobile Luftgütemessstation bis 11. Januar 2016 in Betrieb war.

Der Messzeitraum kann als repräsentativ angesehen werden, da sowohl Monate des Sommer- als auch des Winterhalbjahres erfasst wurden.



Abbildung 8. Mobile LGM am Standort „Sportplatz“ in Fraunberg.

2.6. Vorstellung der Messkampagne

Am 28. Juli 2015 wurde die mobile Luftgütemessstation in Fraunberg dem 1. Bürgermeister Wiesmaier, dem Gemeinderat und der Presse offiziell vorgestellt.



Abbildung 9. Teilnehmer an der Vorstellung der Messstation (v.l.): Gemeinderat Karlheinz Reingruber, 2. Bürgermeister Hans Rasthofer, FC Fraunberg-Vorsitzender Erwin Scharl, Hans-Peter Melzl (FMG), Stefan Kaun (FMG), Rebecca Dutzi (Müller-BBM), 1. Bürgermeister Hans Wiesmaier und 3. Bürgermeisterin Anna Gfirtner.

© Thomas Obermeier, Pressefotograf aus Fraunberg

2.7. Mobile Luftgütemessstation

Die mobile Luftgütemessstation des Flughafens München besteht aus einem Container mit der Abmessung 2,40 m mal 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 220 V-Anschluss.

Abbildung 10 zeigt die Außenansicht der mobilen Luftgütemessstation am Standort „Sportplatz“, Abbildung 11 die Innenausstattung.



Abbildung 10. Außenansicht der mobilen Luftgütemessstation in Fraunberg.



Abbildung 11. Innenausstattung der mobilen Luftgütemessstation.

2.8. 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

Zudem werden folgende meteorologischen Parameter bestimmt:

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

Nachfolgende Tabelle 1 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 Messparameter, Messgeräte und Messverfahren.

Messumfang der mobilen Luftgütemessstation		
Parameter	Gerät	Verfahren
PM ₁₀ kontinuierlich	Horiba Typ: APDA 371	In Anlehnung an DIN EN 12341
PM ₁₀ gravimetrisch	Comde/Derenda Typ: LVS/PNS	DIN EN 12341
PM _{2,5} kontinuierlich	Horiba Typ: APDA 371	In Anlehnung an DIN EN 12341
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/ Luftt	VDI 3786 Blatt 3
relative Feuchte	Wetterstation Thies/ Luftt	VDI 3786 Blatt 4
Windgeschwindigkeit	Wetterstation Thies/ Luftt	VDI 3786 Blatt 2
Windrichtung	Wetterstation Thies/ Luftt	VDI 3786 Blatt 2
Luftdruck	Wetterstation Thies/ Luftt	VDI 3786 Blatt 16

Mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt wurde die Frage einer Messung von ultrafeinen Partikeln (UFP) diskutiert. Wegen nicht vorhandener 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.

2.9. Betrieb der mobilen Luftgütemessstation

Mit dem Betrieb der mobilen Luftgütemessstation wurde 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 wurde u.a. vom Betreiber Müller-BBM werktäglich überprüft. Die kontinuierlichen Stickstoffoxid- und Ozonmessungen wurden werktäglich mit Null- und Prüfgas überprüft. Die Wartung der Messgeräte erfolgte nach den Vorgaben der jeweiligen Richtlinien.

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

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

3. Meteorologie und Flugverkehr im Messzeitraum

3.1. Meteorologische Situation während des Messzeitraums

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

Der ausgeprägte und warme Sommer 2015 führte in Verbindung mit geringen Niederschlagsmengen flächendeckend zu ausgetrockneten Böden. In Folge dessen war die Staubkonzentration hauptsächlich durch die damit verbundene, verstärkte Bodenerosion erhöht. Durch die zahlreichen Strahlungstage wurden in den Monaten Juli bis September bundesweit vergleichsweise hohe Ozonkonzentrationen beobachtet.

Im Oktober 2015 trat durch die primär vorherrschenden Hochdruckwetterlagen aus Ost und den damit verbundenen trockenen, kontinentalen Luftmassen ein verstärkter Ferntransport von Partikeln auf. Fehlende Auswaschung durch Niederschläge begünstigt die Anreicherung von Partikeln und den Transport über große Distanzen.

Anfang November 2015 wurden durch die windstille, neblige Witterung lokale Bodeninversionen verursacht, weshalb in der ersten Novemberwoche in den Morgenstunden die Luft-

schadstoffkonzentrationen der Stickstoffoxide stark angestiegen sind. Im weiteren Monatsverlauf wehte der Wind teilweise kräftig aus Richtung Westen, wodurch vergleichsweise geringe Luftschadstoffkonzentrationen ermittelt wurden.

Der Dezember war vornehmlich geprägt durch trockene, konstante Hochdruckwetterlagen mit sehr vielen Schwachwindereignissen. Die Temperaturen lagen im Dezember fast 4 °C über dem langjährigen Mittel. Die Luftschadstoffkonzentrationen für die Stickstoffoxide bzw. die Partikel stiegen in Folge an.

Zum Jahreswechsel gab es durch kalte, feuchtgesättigte Luft in Bodennähe dichten Nebel. Der Nebel wurde durch die Partikelemissionen des Neujahrsfeuerwerks zusätzlich verdichtet. Die Partikelkonzentrationen waren zu dieser Zeit erwartungsgemäß bundesweit erhöht.

Anfang Januar traten in Folge eines Tiefdruckgebietes erste Schneefälle in Bayern auf. Aufgrund der nachfolgenden milden Witterung bis zum Ende der Luftgütemessungen in Fraunberg konnte sich die winterliche Witterung aber nicht halten. Im Januar waren die Luftschadstoffkonzentrationen auf einem unauffälligen Niveau.

3.2. Ergebnisse der meteorologischen Messungen an der mobilen LGM

In der mobilen Luftgütemessstation werden die meteorologischen Größen Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Luftdruck sowie Windrichtung und Windgeschwindigkeit kontinuierlich erfasst.

Die Aufzeichnungen liegen für den Zeitraum vom 23. Juli 2015 bis 11. Januar 2016 als Halbstunden- und Stundenmittelwerte 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 Tabelle 2 sind die Monatskenngrößen von Lufttemperatur, relativer Feuchte, Luftdruck und der Windgeschwindigkeit für Fraunberg dargestellt.

Tabelle 2. Monatskenngrößen von Lufttemperatur, relativer Luftfeuchte, Luftdruck und Windgeschwindigkeit für den Messzeitraum 23.07.2015 - 11.01.2016.

Kenngroße	Windgeschwindigkeit m/s	Luftdruck hPa NN	Lufttemperatur °C	rel. Feuchte %
Mittelwert Juli 2015	1,6	1015	18,1	62
Mittelwert August 2015	1,0	1019	19,6	70
Mittelwert September 2015	1,1	1021	13,7	72
Mittelwert Oktober 2015	0,9	1019	8,9	85
Mittelwert November 2015	2,2	1020	7,0	79
Mittelwert Dezember 2015	1,1	1029	4,7	87
Mittelwert Januar 2016	1,2	1005	2,5	90
Mittelwert	1,3	1020	10,6	79
Max. 1-h-Mittelwert	10,7	1040	32,7	99
Min. 1-h-Mittelwert	< 0,5	994	-3,9	26
Verfügbarkeit %	97	97	97	97

In der nachfolgenden Abbildung ist die Windrichtungsverteilung der mobilen Luftgütemessungen in Fraunberg zusammengefasst. Auf Grundlage dieser Windverteilung können die Luftschadstoffkonzentrationen bewertet werden. Weitere Betrachtungen der Windrichtungsverteilungen sind im Müller-BBM-Bericht vom 01.04.2016 in Kapitel 5 (S. 25 - 31) zu finden.

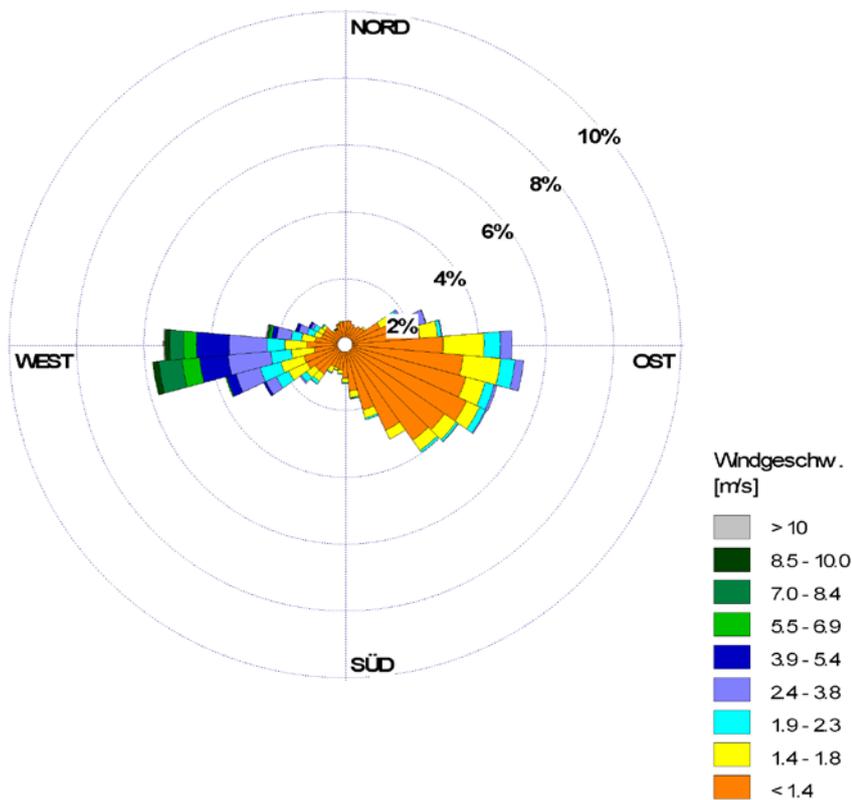


Abbildung 12. Windrichtungsverteilung der mobilen Luftgütemessungen in Fraunberg [23.07.15 - 11.01.16].

Die Häufigkeitsverteilung der Windrichtung und -geschwindigkeit für den Zeitraum 23. Juli 2015 bis 11. Januar 2016 zeigt ein ausgeprägtes Primärmaximum aus östlichen bis südöstlichen Richtungen. Auffällig ist hierbei auch die flächige Ausdehnung über die Sektoren Süd-Süd-Ost bis Ost.

Ein Sekundärmaximum ist aus den westlichen Richtungen zu verzeichnen. Der Anteil an Schwachwinden [Kalmen] betrug überdurchschnittliche 23 %. Bei diesen Windverhältnissen ist ein lokaler kleinräumiger Effekt auf die Immissionssituation der Luftschadstoffe wahrscheinlich. Der Anteil an Ostwindwetterlagen und an trockenen Tagen im Messzeitraum war ungewöhnlich hoch.

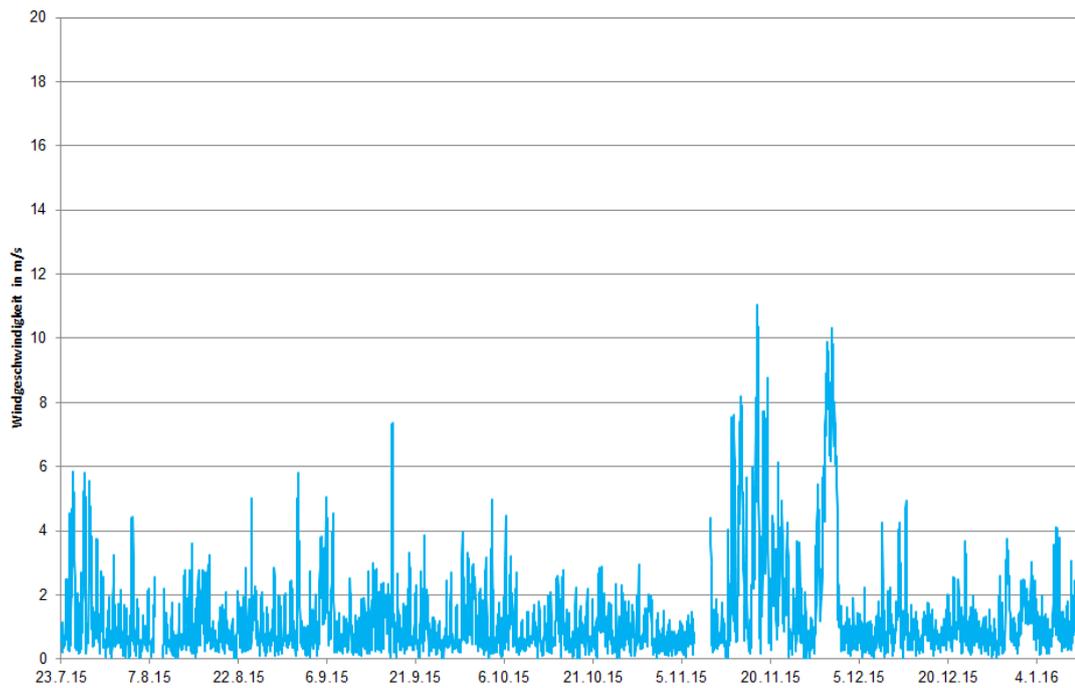


Abbildung 13. Mittlerer Verlauf der Windgeschwindigkeit in Fraunberg für den Messzeitraum 23.07.15 - 11.01.16.

Die Temperatur im Messzeitraum mit 10,6 °C war im Vergleich zum langjährigen Mittel der DWD-Messstation München-Flughafen um ca. 2 °C zu warm. So war der November 2015 deutschlandweit der wärmste November seit Beginn der systematischen Wetteraufzeichnungen bzw. der Dezember 2015 der wärmste Dezember seit Beginn der Wetterbeobachtungen 1881.

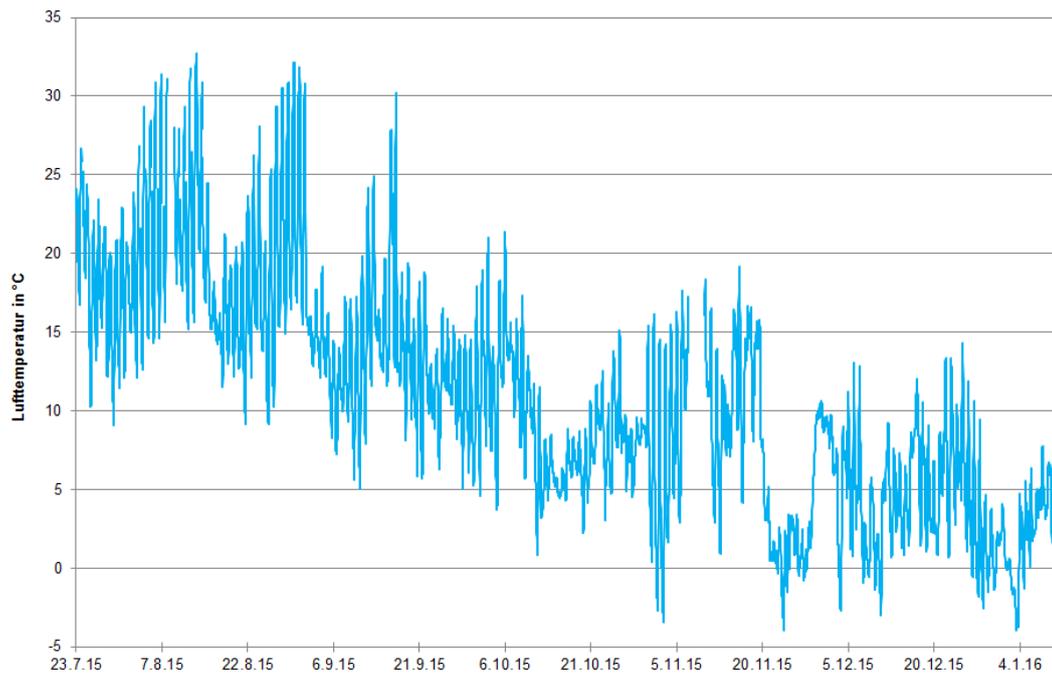


Abbildung 14. Mittlerer Verlauf der Lufttemperatur für den Messzeitraum 23.07.15 - 11.01.16 [Tagesmittelwerte].

3.3. Flugverkehr

Im Messzeitraum 23. Juli 2015 - 11. Januar 2016 fanden insgesamt 176.388 Flugbewegungen statt.

In diesem Zeitraum war zu 37,2 % in Richtung Osten gestartet und von Westen kommend gelandet worden. Damit wurde zu 62,8 % in Richtung Westen gestartet und von Osten kommend gelandet. Die Betriebsrichtungsverteilung beträgt im langjährigen Mittel rund 38 % Ost und rund 62 % West. Damit stellt die im Messzeitraum vorgefundene Luftverkehrssituation eine weitestgehend ähnliche Situation dar, wie sie im langjährigen Durchschnitt am Flughafen München auftritt. Tabelle 3 enthält die Starts und Landungen sowie die Betriebsrichtungsverteilung im Messzeitraum 23. Juli 2015 - 11. Januar 2016.

Tabelle 3. Starts und Landungen sowie Betriebsrichtungsverteilung 23.07.2015 – 11.01.2016.

Starts und Landungen im Messzeitraum	
Betriebsrichtung Ost	65.546
Betriebsrichtung West	110.842
Betriebsrichtungsverteilung im Messzeitraum	
Betriebsrichtung Ost	37,2 %
Betriebsrichtung West	62,8 %
Betriebsrichtungsverteilung im langjährigen Mittel	
Betriebsrichtung Ost	38 %
Betriebsrichtung West	62 %

Zur Veranschaulichung zeigt Abbildung 15 einen Ausschnitt aus AIP Germany zu den Flugroutenfestlegungen.

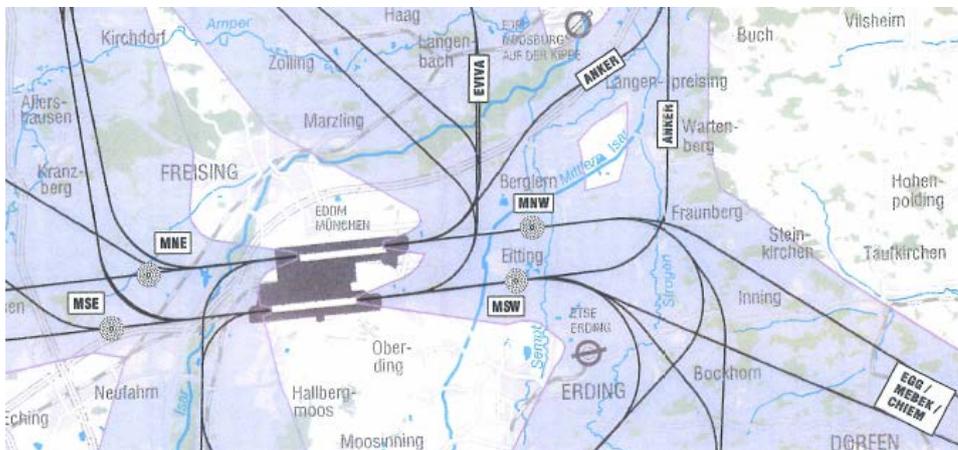


Abbildung 15. Auszug aus AIP Germany.

Abbildung 16 stellt beispielhaft die Flugspuraufzeichnungen im Messzeitraum bei Betriebsrichtung Ost (Flugspuraufzeichnungen vom 10.09.2015) dar. Dargestellt sind Starts (blau) und Landungen (orange). Die Lage der mobilen LGM in Fraunberg ist mit einem Kreis markiert.

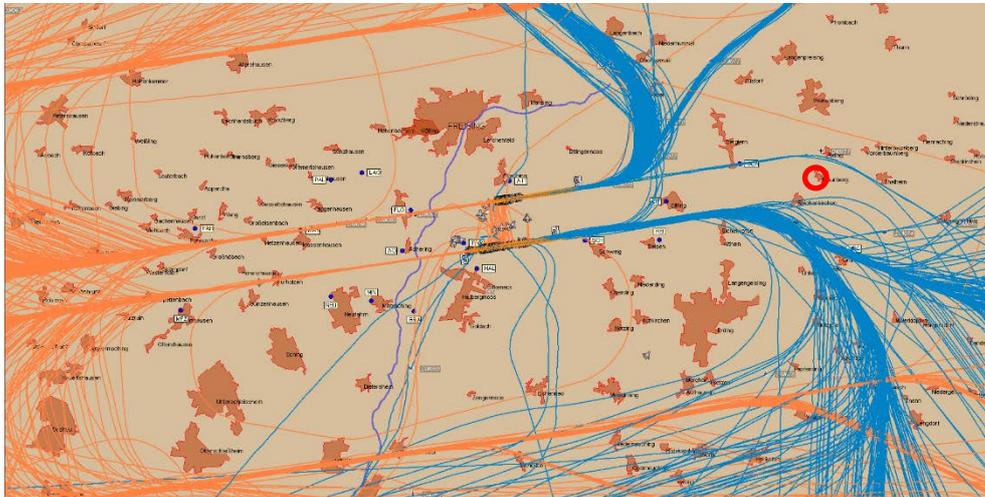


Abbildung 16. Flugspuraufzeichnungen vom 10.09.15 (Betriebsrichtung Ost).

Abbildung 17 stellt beispielhaft die Flugspuraufzeichnungen im Messzeitraum bei Betriebsrichtung West (Flugspuraufzeichnungen vom 17.08.2015) dar. Dargestellt sind Starts (blau) und Landungen (orange). Die Lage der mobilen LGM in Fraunberg ist mit einem Kreis markiert.

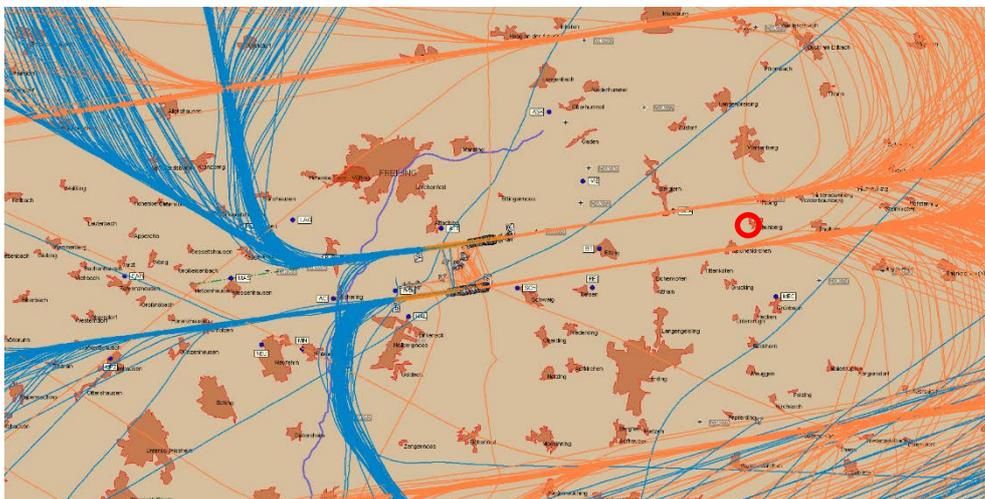


Abbildung 17. Flugspuraufzeichnungen vom 17.08.15 (Betriebsrichtung West).

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 Wärmeerzeugung 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 Luftschadstoffe 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 Luftschadstoffe 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 zurück gelegt wird.

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

4.4. Verteilung von Flugzeugemissionen

Über Fraunberg befinden sich startende Flugzeuge in einer Höhe von über 1000 Metern [rund 1600 m], die Höhe schwankt je nach Flugzeugtyp und meteorologischen Verhältnissen. In jedem Fall befinden sich startende Flugzeuge über Fraunberg bereits im Bereich der höheren Windgeschwindigkeiten der Ekman-Schicht. Die höheren Windgeschwindigkeiten verteilen Schadstoffe sehr schnell in horizontaler Richtung. Hinzu kommt die in der 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 PM_{10} [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 $\text{PM}_{2,5}$ bezeichnet.

Feinstaub mit einem kleineren Durchmesser als 0,1 Mikrometer [1/10000 mm] wird als $\text{PM}_{0,1}$ 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 Partikelfraktionen können nach derzeitigem wissenschaftlichem 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 4].

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 4).

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 [O₃] zu Stickstoffdioxid [NO₂] 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 [NO₂] von Bedeutung. Stickstoffdioxid [NO₂] wird als Reizgas mit stechend-stickigem Geruch bereits in geringen Konzentrationen wahrgenommen. Die geringe Wasserlöslichkeit des Stickstoffdioxids [NO₂] 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 Jahreshgrenzwert von 40 µg/m³ enthalten [1] (siehe auch Tabelle 4).

4.8. Schwefeldioxid

Entstehung

Schwefeldioxid [SO₂] 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 [H₂SO₄] umgesetzt wird.

Wirkung

SO₂ 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 3 zulässigen Überschreitungen im Kalenderjahr enthalten [1] [siehe auch Tabelle 4].

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 4].

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] [17].

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 [18].

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 [18].

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist daher in der 39. BImSchV für Benzol ein Jahreshgrenzwert von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ enthalten. Für Toluol, Ethylbenzol und Xylole existieren keine Grenzwerte. Als möglicher Beurteilungsmaßstab können die Zielwerte des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) herangezogen werden [1] (siehe auch Tabelle 4).

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 [19].

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 $0,2 \text{ mg/m}^3$ Innenluft, das entspricht $200 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. Bis zu diesem Richtwert ist keine gesundheitliche Beeinträchtigung für den Menschen zu erwarten, selbst wenn er diesem Stoff lebenslang ausgesetzt ist [4].

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] [20] 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] [21] 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 gegen mögliche Schäden durch Luftverunreinigungen. Sie regelt die geltenden Immissionswerte für Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Feinstaub (PM_{10} und $\text{PM}_{2,5}$), 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 Sicherstel-

lung 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 oder der Zielwert für $PM_{2,5}$ überschritten werden. Sie beinhalten u.a. erforderliche Maßnahmen zur dauerhaften Verminderung der Luftverunreinigungen. Besteht die Gefahr, dass in der 39. BImSchV festgelegte Immissionsgrenzwerte oder der Zielwert für $PM_{2,5}$ 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. Vorgaben für genehmigungsbedürftige Anlagen sind in der TA Luft festgelegt [22], sie ist als Verwaltungsvorschrift jedoch nicht einschlägig.

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 [23].

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] [3].

Nachfolgende Tabelle 4 gibt einen Überblick über die bei den Messungen mit der mobilen Luftgütemessstation heranzuziehenden Beurteilungswerte der 39. BImSchV:

Tabelle 4. 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 Fraunberg ist in die Kategorie „vorstädtisch“ oder „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, AGW nach TRGS 900] [24].

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 [4].

Für die Bewertung der Messergebnisse der mit der mobilen Luftgütemessstation gemessenen n-Alkane wird hier hilfsweise der Richtwert I der Kommission für Innenraumlufthygiene [IRK] [4] verwendet, da dieser strenger ist als der Beurteilungswert des Länderausschusses für Immissionsschutz [LAI] [3].

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 [25].

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 5).

Tabelle 5. Langzeit-Luftqualitätsindex LaQx.

Bewertung	Benzol [µg/m³]	NO ₂ [µg/m³]	PM ₁₀ [µg/m³]	SO ₂ [µg/m³]	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 Fraunberg, 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 Fraunberg (mobile LGM)– Messzeitraum 23.07.2015 – 11.01.2016“ vom 01.04.2016 [2] wort- und inhaltsgleich übernommen.

6. Messergebnisse und Bewertung der Luftgüte in Fraunberg

Im nachfolgenden Abschnitt sind die Ergebnisse der mobilen Luftgütemessungen in Fraunberg (mobile LGM) für den Messzeitraum 23. Juli 2015 bis 11. Januar 2016 dargestellt. Aufgrund der Mittelung auf den Kalendertag wurden die gravimetrischen Partikelmessungen erst zum 24. Juli 2015 begonnen und bereits zum 10. Januar 2016 beendet. Die Ermittlung der Benzo(a)pyrenkonzentration erfolgte für die Messmonate August 2015 bis Dezember 2015 bzw. im Januar 2016 vom 01. Januar bis 10. Januar 2016.

Die Datenverfügbarkeit der Immissionsmessungen betrug aufgrund kurzfristiger Stromausfälle zwischen 95 % - 97 %.

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

Bei der Bestimmung der Monatsmittelwerte ist zu beachten, dass im Juli 2015 lediglich der Messzeitraum 23. Juli bis 31. Juli 2015 berücksichtigt werden konnte, sowie im Januar 2016 lediglich der 1. Januar bis 11. Januar 2016. Die hier erwähnten Mittelungszeiträume beziehen sich auf alle nachfolgenden Auswertungen.

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

Tabelle 6. Statistische Kenngrößen der PM₁₀- und PM_{2,5}-Konzentrationen im Messzeitraum.

Kenngröße	Einheit	mobile	mobile	39.
		LGM	LGM	
		PM ₁₀	PM _{2,5}	BImSchV
Mittelwert Juli 2015	µg/m ³	9	6	
Mittelwert August 2015	µg/m ³	14	10	
Mittelwert September 2015	µg/m ³	9	6	
Mittelwert Oktober 2015	µg/m ³	18	15	
Mittelwert November 2015	µg/m ³	14	10	
Mittelwert Dezember 2015	µg/m ³	13	11	
Mittelwert Januar 2016	µg/m ³	18	15	
Mittelwert	µg/m³	14	10	40/ 25¹⁾
max. TMW	µg/m ³	47	40	-
Tag > 50 µg/m³	Anzahl	0	-	35²⁾
Verfügbarkeit	%	96	96	-

1) Jahresimmissionswert gemäß 39. BImSchV

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

Für den gesamten Messzeitraum beträgt die mittlere PM₁₀-Konzentration an der mobilen LGM in Fraunberg 14 µg/m³. Im Vergleich hierzu beträgt der Immissionsgrenzwert für das Kalenderjahr gemäß 39. BImSchV 40 µg/m³. Der Grenzwert wurde somit im Messzeitraum deutlich unterschritten.

Beim PM₁₀ wurde der zusätzliche Tagesgrenzwert von 50 µg/m³ mit 35 zulässigen Überschreitungstagen im gesamten Messzeitraum in Fraunberg nicht überschritten.

Die PM_{2,5}-Konzentration wurde an der mobilen LGM in Fraunberg mit 10 µg/m³ bestimmt. Dieser Mittelwert liegt somit ca. 60 % unter dem seit 2015 gültigen Grenzwert der 39. BImSchV von 25 µg/m³ für das Kalenderjahr.

In Abbildung 18 ist der Verlauf der PM_{10/2,5}-Konzentration der mobilen LGM (Fraunberg) grafisch dargestellt.

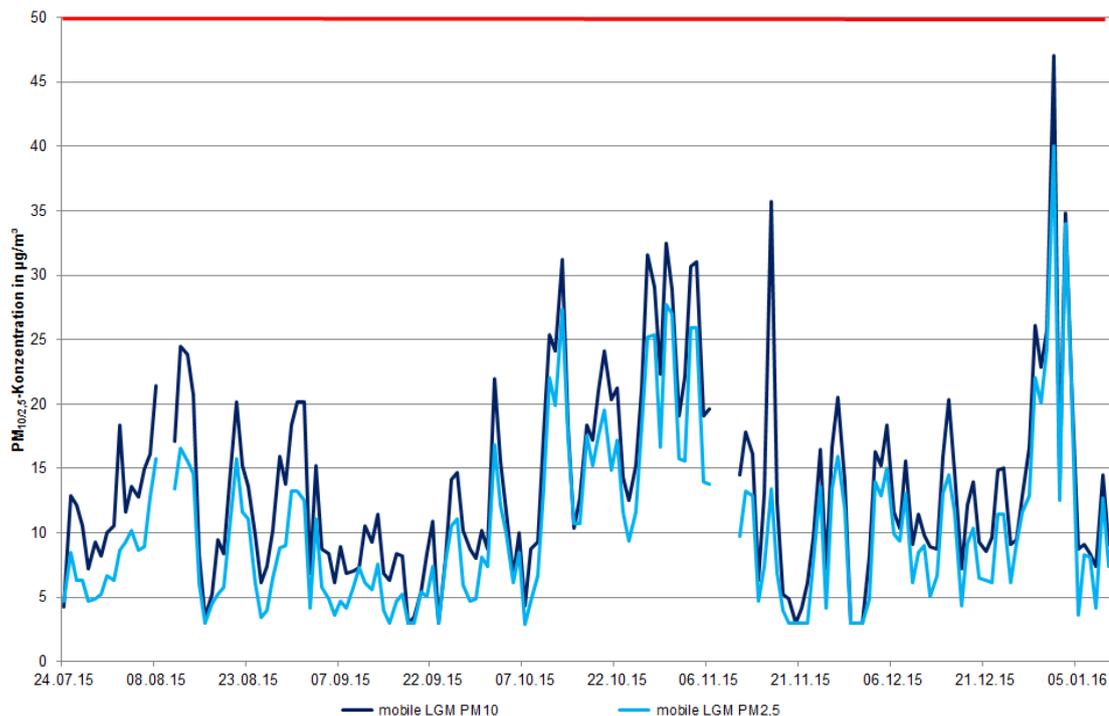


Abbildung 18. Verlauf der gravimetrisch gemessenen $PM_{10/2,5}$ -Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 24.07.15 - 10.01.16 (Tagesmittelwerte, PM_{10} -Tagesgrenzwert $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rot markiert).

Die $PM_{10/2,5}$ -Konzentrationen waren zwischen Oktober bis Januar typischerweise höher als in den Sommermonaten. Der höchste Monatsmittelwert wurde hierbei im Oktober 2015 bestimmt, der von stabilen, austauscharmen Hochdruckwetterlagen aus Osten geprägt war.

Die höchsten Tagesmittelwerte für PM_{10} und $PM_{2,5}$ wurden erwartungsgemäß am Neujahrstag bestimmt. Durch das Neujahrfeuerwerk wurden bundesweit erhöhte Partikelkonzentrationen festgestellt.

Das Ergebnis der $PM_{10/2,5}$ -Messungen in Fraunberg im Vergleich mit $PM_{10/2,5}$ -Messungen an anderen Messorten bestätigt, dass ein relevanter Anteil der lokal vorliegenden Partikelbelastung durch die mesoskalige Immissions- und Ausbreitungssituation der bodennahen Atmosphäre gesteuert wird (vgl. 7.1).

6.2. Messergebnisse Stickstoffdioxid [NO₂]

In Tabelle 7 sind die statistischen Kenngrößen der an der mobilen LGM in Fraunberg gemessenen NO₂-Konzentrationen und Monatsmittelwerte auf Basis von Stundenmittelwerten zusammengefasst.

Tabelle 7. Statistische Kenngrößen der NO₂ –Konzentration für den Messzeitraum.

Kenngröße	Einheit	mobile LGM NO₂	39. BImSchV
Mittelwert Juli 2015	µg/m ³	11	
Mittelwert August 2015	µg/m ³	13	
Mittelwert September 2015	µg/m ³	13	
Mittelwert Oktober 2015	µg/m ³	17	
Mittelwert November 2015	µg/m ³	19	
Mittelwert Dezember 2015	µg/m ³	23	
Mittelwert Januar 2016	µg/m ³	20	
Mittelwert	µg/m³	17	40¹⁾
Max. 1-h-Mittelwert	µg/m ³	57	
1-h-Mittelwert >200 µg/m³	Anzahl	0	18²⁾
Min. 1-h-Mittelwert	µg/m ³	4	
Verfügbarkeit	%	95	

¹⁾ Jahresimmissionswert NO₂ gemäß 39. BImSchV

²⁾ maximaler Stundenmittelwert von 200 µg/m³ mit 18 zulässigen Überschreitungen gemäß 39. BImSchV

An der mobilen Luftgütemessstation in Fraunberg wurde eine mittlere NO₂-Konzentration von 17 µg/m³ festgestellt; dies entspricht einem Anteil von ca. 43 % 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 57 µg/m³ in der Stunde im Messzeitraum nicht einmal überschritten.

In Abbildung 19 ist der Verlauf der NO₂-Konzentration der mobilen LGM [Fraunberg] grafisch dargestellt.

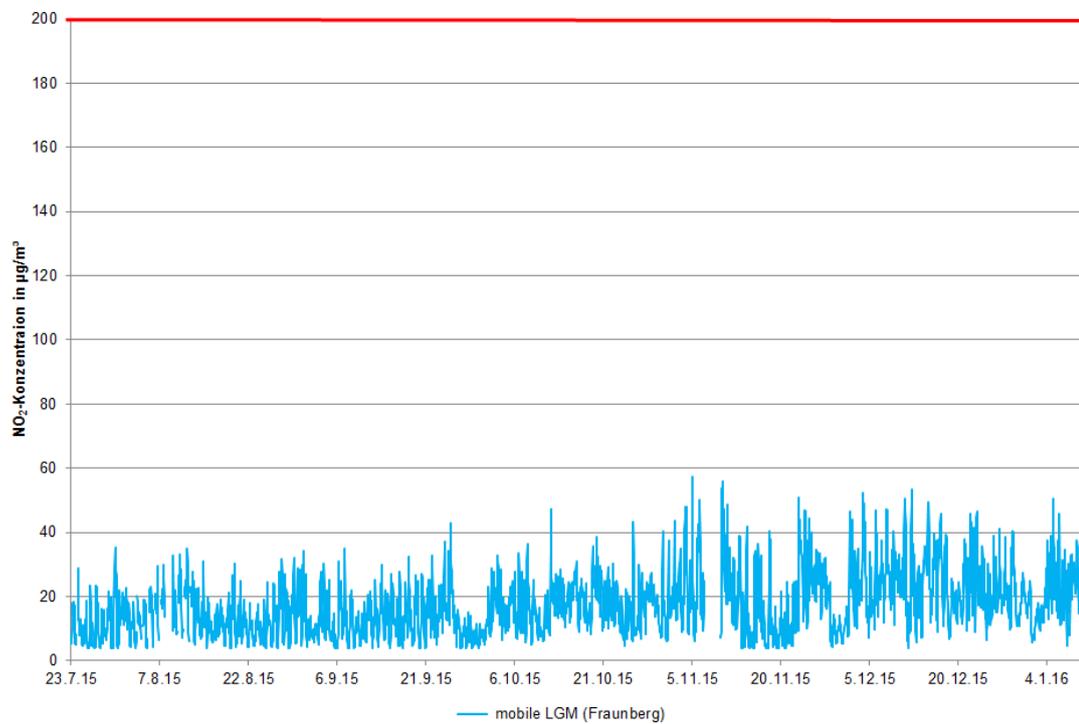


Abbildung 19. Verlauf der gemessenen NO₂-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 23.07.15 - 11.01.16 (Stundenmittelwerte, NO₂-Stundengrenzwert 200 µg/m³ rot markiert).

Die NO₂-Konzentration zeigt einen für Spurenstoffe typischen jahreszeitlichen Verlauf mit 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 8 die Kenngrößen der NO-Konzentration dargestellt. Für diesen Parameter ist kein Immissionswert in der 39. BImSchV festgelegt.

Tabelle 8. Statistische Kenngrößen der NO-Konzentration für den Messzeitraum.

Kenngröße	Einheit	mobile LGM NO	39. BImSchV
Mittelwert Juli 2015	µg/m ³	1	
Mittelwert August 2015	µg/m ³	3	
Mittelwert September 2015	µg/m ³	3	
Mittelwert Oktober 2015	µg/m ³	7	
Mittelwert November 2015	µg/m ³	12	
Mittelwert Dezember 2015	µg/m ³	15	
Mittelwert Januar 2016	µg/m ³	5	
Mittelwert	µg/m³	8	-
Max. 1-h-Mittelwert	µg/m ³	127	
Min. 1-h-Mittelwert	µg/m ³	1	
Verfügbarkeit %	%	95	

Die NO-Konzentration betrug im Messzeitraum an der mobilen Messstation 8 µg/m³. Für Stickstoffmonoxid gibt es keinen Grenzwert. Stickstoffmonoxid ist ein Indikator für nahe gelegene Emittenten, da bei Verbrennungsvorgängen in deutlich höherer Konzentration NO als NO₂ emittiert wird. In der Außenluft wird in der Regel NO unter Beisein von Ozon zu NO₂ umgewandelt. Deshalb ist nur für die NO₂-Konzentration in der Außenluft ein Grenzwert festgelegt.

In Abbildung 20 ist informativ der Verlauf der NO-Konzentration der mobilen LGM [Fraunberg] grafisch dargestellt.

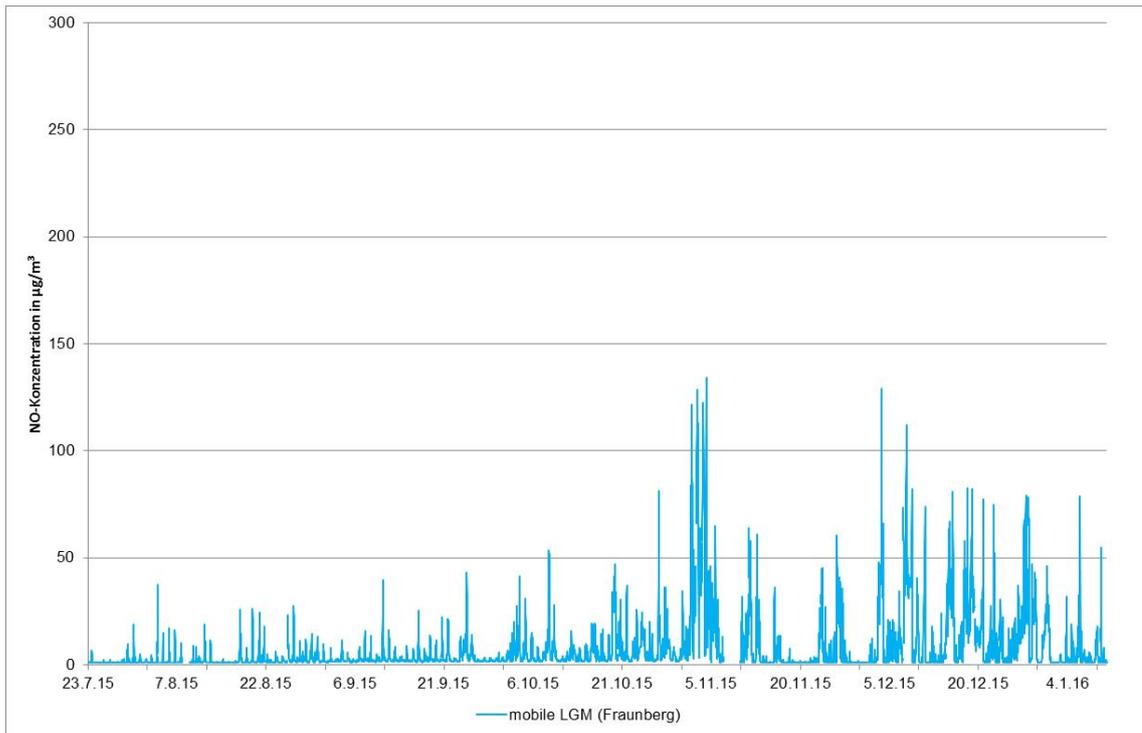


Abbildung 20. Verlauf der gemessenen NO-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 23.07.15 - 11.01.16 [Stundenmittelwerte].

Die höchsten NO-Konzentrationen wurden Anfang November ermittelt. Durch bodennahe Inversionen gab es in der ersten Novemberwoche NO-Konzentrationen von bis zu $134 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der NO-Konzentrationsverlauf mit niedrigen NO-Konzentrationen im Sommer und höheren NO-Konzentrationen in den Wintermonaten ist charakteristisch für die Stickstoffoxide.

6.3. Messergebnisse Schwefeldioxid (SO₂)

In Tabelle 9 sind die statistischen Kenngrößen der an der mobilen LGM in Fraunberg gemessenen SO₂-Konzentrationen und Monatsmittelwerte auf Basis von Stundenmittelwerten zusammengefasst.

Tabelle 9. Statistische Kenngrößen der SO₂-Konzentration für den Messzeitraum.

Kenngröße	Einheit	mobile LGM SO₂	39. BImSchV
Mittelwert Juli 2015	µg/m ³	2	
Mittelwert August 2015	µg/m ³	2	
Mittelwert September 2015	µg/m ³	2	
Mittelwert Oktober 2015	µg/m ³	2	
Mittelwert November 2015	µg/m ³	2	
Mittelwert Dezember 2015	µg/m ³	2	
Mittelwert Januar 2016	µg/m ³	2	
Mittelwert	µg/m³	2	
Max. 1-h-Mittelwert	µg/m ³	6	
1-h-Mittelwert >350 µg/m³	Anzahl	0	24¹⁾
TMW >125 µg/m³	Anzahl	0	3²⁾
Min. 1-h-Mittelwert	µg/m ³	2	
Verfügbarkeit %	%	95	

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 Fraunberg wurde für den Messzeitraum eine mittlere SO₂-Konzentration von 2 µg/m³ ermittelt. In 95 % des Messzeitraums wurde eine SO₂-Konzentration unterhalb der Bestimmungsgrenze von 2 µg/m³ ermittelt.

Der maximale Tagesmittelwert betrug 2 µg/m³. Der Immissionsgrenzwert für den Tag gemäß 39. BImSchV beträgt 125 µg/m³ und wurde somit deutlich unterschritten.

Der maximale Stundenmittelwert betrug 6 µg/m³. Der Immissionsgrenzwert für die Stunde gemäß 39. BImSchV beträgt 350 µg/m³ und wurde somit ebenfalls deutlich unterschritten.

In Abbildung 21 ist der Verlauf der SO₂-Konzentration der mobilen LGM [Fraunberg] grafisch dargestellt.

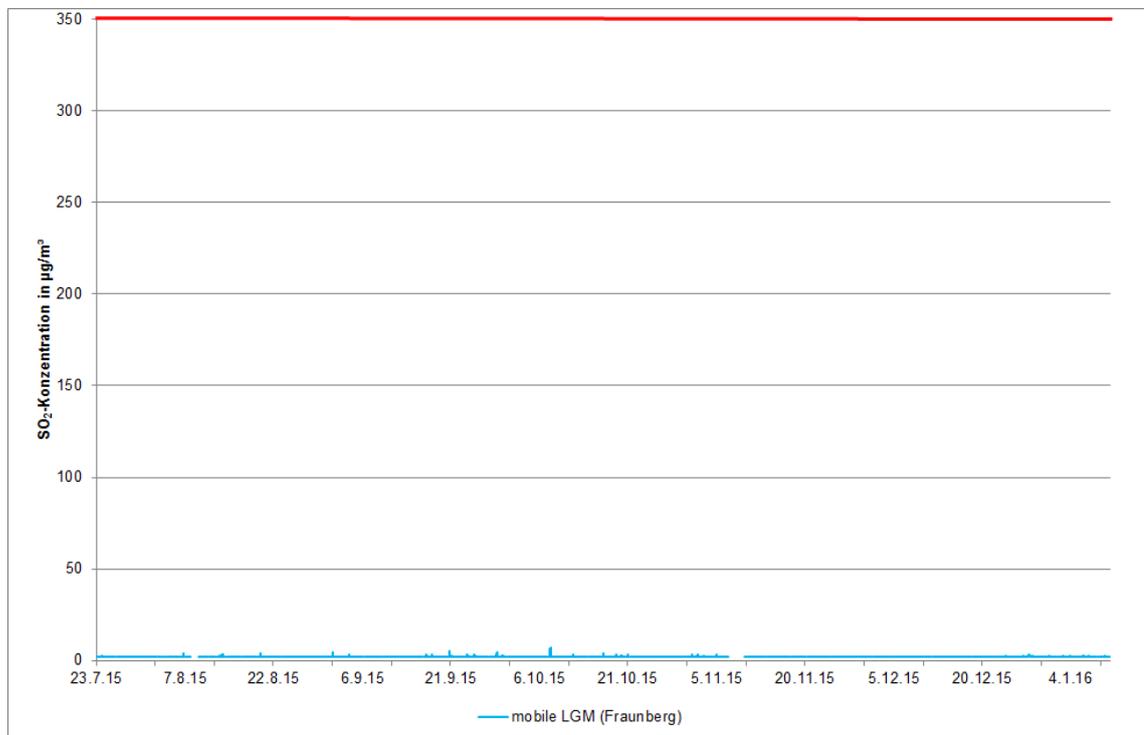


Abbildung 21. Verlauf der gemessenen SO₂-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 23.07.15 - 11.01.16 [Stundenmittelwerte, SO₂-Stundengrenzwert 350 µg/m³ rot markiert].

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

6.4. Messergebnisse Ozon (O₃)

In Tabelle 10 sind die statistischen Kenngrößen der an der mobilen LGM in Fraunberg gemessenen O₃-Konzentrationen und Monatsmittelmittelwerte gemäß 39. BImSchV zusammengefasst.

Tabelle 10. Statistische Kenngrößen der O₃-Konzentration für den Messzeitraum.

Kenngröße	Einheit	mobile LGM O ₃	39. BImSchV
Mittelwert Juli 2015	µg/m ³	52	
Mittelwert August 2015	µg/m ³	47	
Mittelwert September 2015	µg/m ³	35	
Mittelwert Oktober 2015	µg/m ³	16	
Mittelwert November 2015	µg/m ³	21	
Mittelwert Dezember 2015	µg/m ³	12	
Mittelwert Januar 2016	µg/m ³	18	
Mittelwert	µg/m³	27	-
Max. 1-h-Mittelwert	µg/m ³	140	
1-h-Mittelwert >180 µg/m³	Anzahl	0	180¹⁾
8-h-Mittelwert >120 µg/m³	Anzahl	1	25²⁾
Min. 1-h-Mittelwert	µg/m ³	1	
Verfügbarkeit %	%	0	

¹⁾ maximaler Stundenmittelwert von 180 µg/m³ gemäß 39. BImSchV

²⁾ maximaler 8-Stundenmittelwert, mit 25 zulässigen Überschreitungstagen pro Jahr gemäß 39. BImSchV

Die mittlere Ozonkonzentration am Messort in Fraunberg (mobile LGM) betrug im Messzeitraum 27 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, der sich auf den gleitenden 8-Stundenmittelwert mit 25 zulässigen Überschreitungstagen pro Jahr bezieht. 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 Fraunberg im Messzeitraum insgesamt einmal überschritten.

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

In Abbildung 22 ist der Verlauf der O₃-Konzentration der mobilen LGM (Fraunberg) grafisch dargestellt.

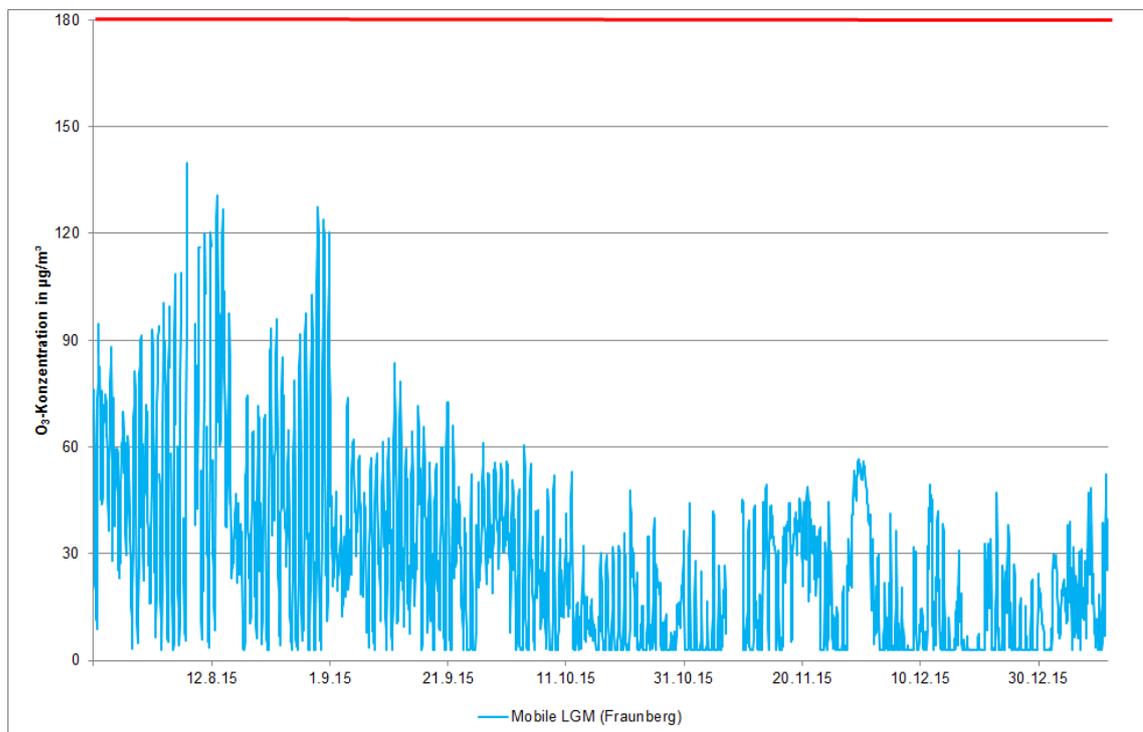


Abbildung 22. Verlauf der gemessenen O₃-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 23.07.15 - 11.01.16 (Stundenmittelwerte, O₃-Stundeninformationsschwelle 180 µg/m³ rot markiert).

Grundsätzlich sind Ozon-Konzentrationen an Standorten mit wenig oder gar keinem Straßenverkehr etwas 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 abhängig von der Sonneneinstrahlung, weshalb typischerweise im Sommer höhere Konzentrationen als im Winter gemessen werden.

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

Die Messungen für die Bestimmung der aromatischen Kohlenwasserstoffe (Benzol, Toluol, Xylole, Ethylbenzol) und der n-Alkane (C₆ – C₁₄) erfolgten diskontinuierlich mittels Probenträger. Die Probenträger wurden nach der Probenahme im Labor mittels 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 11 sind die Mittel- und Maximalwerte der an der mobilen LGM in Fraunberg gemessenen BTEX- und n-Alkankonzentrationen gemäß den jeweiligen Beurteilungswerten zusammengefasst.

Tabelle 11. Statistische Kenngrößen der BTEX- und n-Alkanmessungen (mobile LGM).

Messparameter		mobile LGM	max. Wochen-	Beurteilungs-
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	mittelwert	wert
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
BTEX	Benzol	0,3	0,8	5 ¹⁾
	Toluol	0,5	0,9	30 ²⁾
	Ethylbenzol	0,1	0,2	880 ³⁾
	m+p-Xylol	0,3	0,6	
	o-Xylol	0,1	0,2	
	Σ Xylole	0,4	0,9	30 ²⁾
n-Alkane	n-Hexan	0,10	0,20	
	n-Heptan	0,08	0,16	
	n-Oktan	0,03	0,05	
	n-Nonan	0,02	0,04	
	n-Dekan	0,04	0,07	
	n-Undekan	0,02	0,07	
	n-Dodekan	0,02	0,10	
	n-Tridekan	0,04	0,17	
	n-Tetradekan	0,04	0,17	
	Σ n-Alkane	0,40	0,89	200 ⁴⁾

¹⁾ Immissionsgrenzwert für das Jahr (39. BImSchV)

²⁾ Zielwert für das Jahr (LAI)

³⁾ 1/100AGW

⁴⁾ C9-C14 Alkane/ Isoalkane Innenraum Richtwert I (Vorsorgerichtwert) UBA

Der Benzolmittelwert über den Messzeitraum an der mobilen LGM in Fraunberg betrug $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und lag somit 93 % unter dem Immissionsgrenzwert für das Kalenderjahr gemäß 39. BImSchV von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Grenzwert wurde somit im Messzeitraum deutlich unterschritten.

Der maximale Wochenmittelwert während des Messzeitraums betrug $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und unterschreitet ebenfalls den Grenzwert, der ein Jahresmittelwert ist, deutlich.

Auch beim Toluol und den Xylolen sind mit $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Mittel Konzentrationen deutlich unterhalb der Zielwerte des LAI bestimmt worden. Die mittlere Ethylbenzol-Konzentration lag mit $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mehr als das 1000fache 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 Fraunberg im Mittel Summenkonzentrationen von $< 0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ festgestellt. Die Konzentrationen der einzelnen n-Alkane lagen bei fast allen Einzelmessungen im Bereich 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-Alkankonzentrationen im nicht relevanten Bereich befinden. Der herangezogene Beurteilungswert wurde somit im Messzeitraum deutlich unterschritten.

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

In Abbildung 23 und Abbildung 24 sind die Verläufe der Benzol und n-Alkan-Konzentration an der mobilen LGM (Fraunberg) grafisch dargestellt.

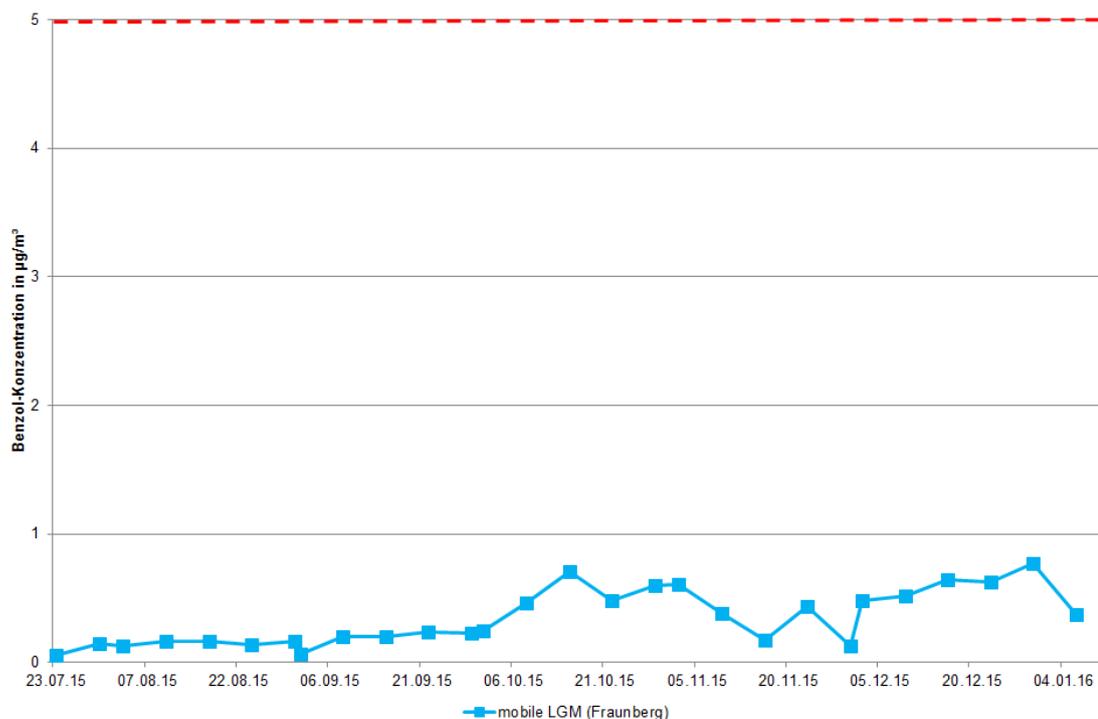


Abbildung 23. Verlauf der gemessenen Benzol-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 23.07.15 - 11.01.16 [Wochenmittelwerte, Jahresimmissionswert $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rot gestrichelt markiert].

Beim Benzol wurden wie auch beim $\text{PM}_{10/2,5}$ 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.

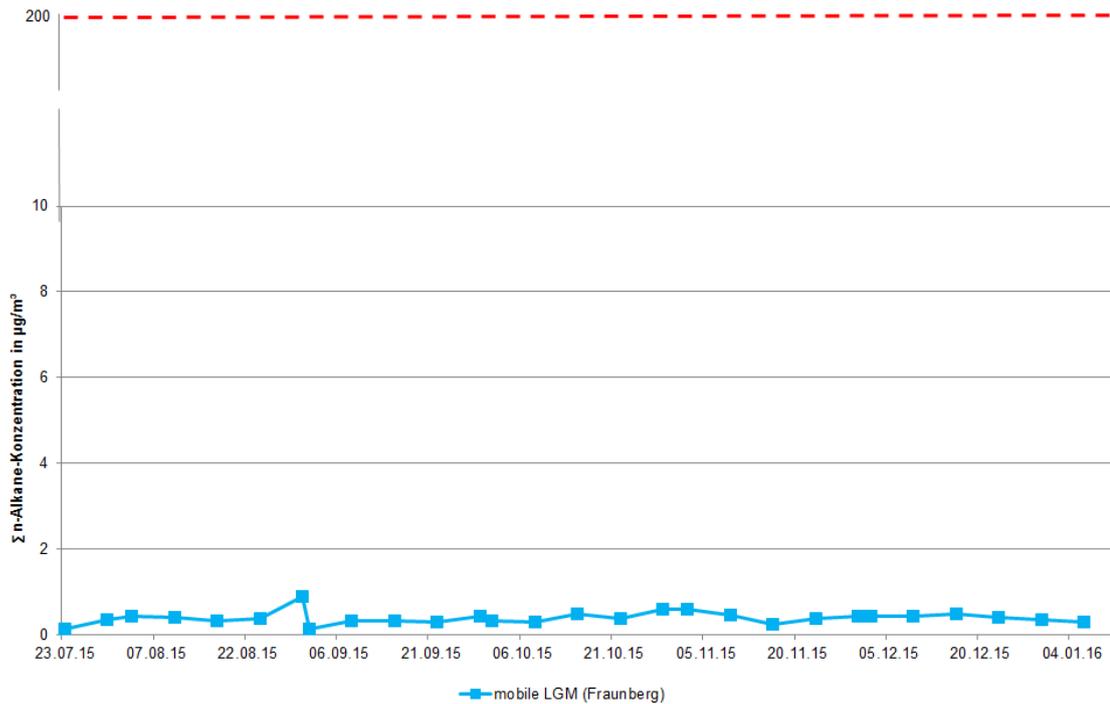


Abbildung 24. Verlauf der Summe der gemessenen n-Alkan-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 23.07.15 - 11.01.16 [Wochenmittelwerte, Beurteilungswert für Innenräume von 200 µg/m³ rot gestrichelt markiert].

Die n-Alkankonzentrationen lagen bei fast allen Einzelmessungen im Bereich der Bestimmungsgrenze weshalb ein jahreszeitlicher Konzentrationsverlauf nicht erkennbar ist.

6.6. Messergebnisse Benzo[a]pyren

Die Benzo[a]pyren-Konzentrationen [BaP] wurden als Monatsmittelwerte aus den PM₁₀-Proben ermittelt. Die Ermittlung der Monatskenngößen erfolgte hierbei für die Monate August 2015 bis Januar 2016. Die Ermittlung des Januarmittelwertes erfolgte hierbei nur bis 10. Januar.

In Tabelle 12 sind die Ergebnisse der in Fraunberg gemessenen Benzo[a]pyren-Konzentrationen gemäß 39. BImSchV zusammengefasst.

Tabelle 12. Statistische Kenngrößen der Benzo[a]pyren-Konzentration im PM₁₀.

Benzo(a)pyren im PM ₁₀		mobile LGM	39. BImSchV
Aug 15	ng/m ³	0,02	
Sep 15	ng/m ³	0,09	
Okt 15	ng/m ³	0,39	
Nov 15	ng/m ³	0,70	
Dez 15	ng/m ³	1,11	
Jan 16 ²⁾	ng/m ³	0,74	
Mittelwert	ng/m³	0,48	1¹⁾

¹⁾ Zielwert für das Kalenderjahr nach 39. BImSchV

²⁾ Mittelwert für den Zeitraum von 01.01. - 10.01.16

In Fraunberg wurde über den Messzeitraum eine mittlere Benzo[a]pyren-Konzentration im PM₁₀ von 0,5 ng/m³ ermittelt. Der Zielwert für das Kalenderjahr von 1 ng/m³ gemäß 39. BImSchV wurde somit im Messzeitraum deutlich unterschritten.

In Abbildung 25 ist der Verlauf der Benzo[a]pyren-Konzentration der mobilen LGM [Fraunberg] grafisch dargestellt.

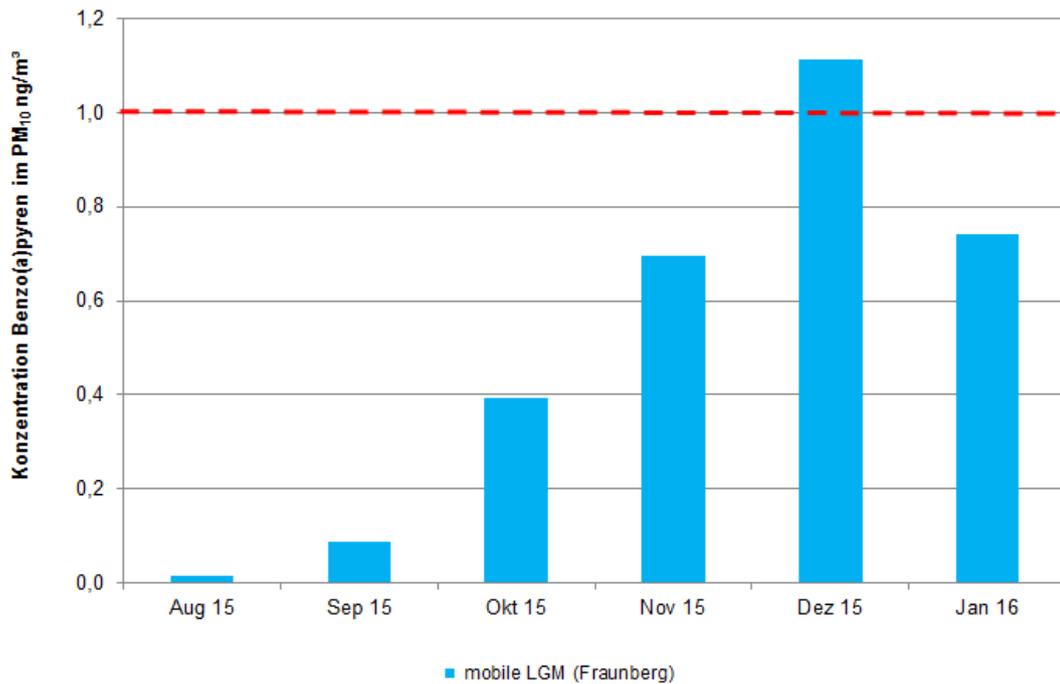


Abbildung 25. Verlauf der gemessenen BaP-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 01.08.15 - 10.01.16 [Monatsmittelwerte, Jahreszielwert 1 ng/m³ rot gestrichelt markiert].

Aus Abbildung 25 wird der ausgeprägte Jahrgang der Benzo[a]pyrenbelastung mit den höheren Konzentrationen in den Wintermonaten deutlich. Ein derart ausgeprägter Jahrgang ist 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 Jahrgang wird zusätzlich noch durch den Betrieb von Holzfeuerungen verstärkt.

Die höchste Benzo[a]pyren-Konzentration in Fraunberg wurde im Dezember 2015 mit 1,1 ng/m³ bestimmt. In diesen Monat gab es, wie bereits in den Kapitel 3.1 und 6.1 erläutert, austauscharme Witterungssituationen aus Ost mit typischerweise niedrigen Windgeschwindigkeiten. Ein lokaler Einfluss auf die Benzo[a]pyren-Konzentration durch z. B. Holzfeuerungen ist wahrscheinlich, da Benzo[a]pyren u. a. ein Indikator für Holzfeuerungsanlagen ist. Ein lokaler Einfluss der Holzfeuerung auf die gemessenen Benzo[a]pyren-Konzentrationen ist deshalb wahrscheinlich.

7. Vergleich der Messstationen

Zur Vergleichbarkeit werden die Ergebnisse der mobilen Luftgütemessungen am Messort Fraunberg zusätzlich den Messergebnissen der Hauptmessstation LHY7 des Flughafens gegenübergestellt.

Die räumliche Lage der Messstationen ist in Abbildung 1 dargestellt.

7.1. Partikel PM₁₀ und PM_{2,5}

In Tabelle 13 sind die statistischen Kenngrößen der mit dem gravimetrischen Referenzmessverfahren ermittelten PM₁₀-Konzentrationen der Messorte Fraunberg (mobile LGM) und LHY7 auf der Basis von Tagesmittelwerten zusammengefasst.

Abbildung 26 zeigt den zeitlichen Verlauf der monatlichen PM₁₀-Konzentrationen am Messort Fraunberg im Vergleich zu der stationären Hauptmessstation LHY7.

Tabelle 13. Kenngrößen der PM₁₀-Konzentration (mobile LGM/ LHY7).

Kenngröße	Einheit	mobile	LHY7	39.
		LGM	PM10	BImSchV
Mittelwert Juli 2015	µg/m ³	9	11	
Mittelwert August 2015	µg/m ³	14	15	
Mittelwert September 2015	µg/m ³	9	9	
Mittelwert Oktober 2015	µg/m ³	18	17	
Mittelwert November 2015	µg/m ³	14	12	
Mittelwert Dezember 2015	µg/m ³	13	11	
Mittelwert Januar 2016	µg/m ³	18	16	
Mittelwert	µg/m³	14	13	40¹⁾
max. TMW	µg/m ³	47	41	-
Tage > 50 µg/m³	Anzahl	0	0	35²⁾
Verfügbarkeit	%	96	100	-

¹⁾ Jahresimmissionswert gemäß 39. BImSchV

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

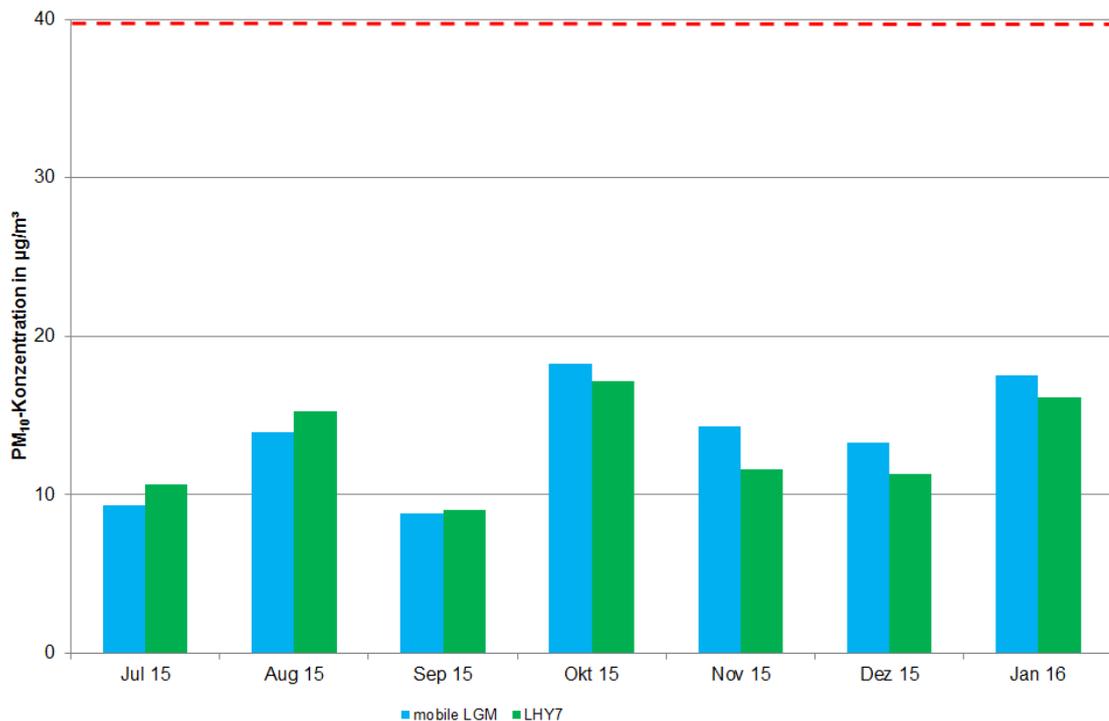


Abbildung 26. Verlauf der gravimetrisch gemessenen PM₁₀-Konzentration der mobilen LGM und LHY7 für den Messzeitraum 24.07.15 - 10.01.16 [Monatsmittelwerte, Jahresgrenzwert 40 µg/m³ rot gestrichelt markiert].

Die mittlere PM₁₀-Konzentration betrug für den Messzeitraum 24. Juli 2015 bis 10. Januar 2016 am Messort in Fraunberg [mobile LGM] 14 µg/m³ bzw. an der Hauptmessstation LHY7 13 µg/m³. Die Verläufe der PM₁₀-Konzentrationen zeigen eine gute Übereinstimmung zwischen den Messorten. Die Differenz von 1 µg/m³ zwischen beiden Messorten liegt im Bereich der Messunsicherheit.

Im Oktober 2015 wurden aufgrund der bereits unter 3.1 erläuterten ungünstigen Ausbreitungsbedingungen die höchsten PM₁₀-Konzentrationen festgestellt. Tendenziell wurden in den Monaten Juli 2015 bis September 2015 an der mobilen LGM niedrigere PM₁₀-Konzentrationen ermittelt, hingegen in den Monaten Oktober 2015 bis Januar 2016 an der mobilen LGM geringfügig höhere PM₁₀-Konzentrationen festgestellt.

Aufgrund des hohen Schwachwindanteils in Verbindung mit Winden aus vornehmlich Windrichtung Ost, ist ein Einfluss des Flughafens auf die Immissionskonzentrationen in Fraunberg unwahrscheinlich.

In der Tabelle 14 sind die statistischen Kenngrößen der ermittelten PM_{2,5}-Konzentrationen dargestellt. Abbildung 27 zeigt den zeitlichen Verlauf der monatlichen PM_{2,5}-Konzentrationen am Messort Fraunberg im Vergleich zu der Hauptmessstation LHY7.

Tabelle 14. Kenngrößen der PM_{2,5}-Konzentration [mobile LGM/ LHY7].

Kenngröße	Einheit	mobile LGM	LHY7	39.
		PM2,5	PM2,5	BlmSchV
Mittelwert Juli 2015	µg/m ³	6	7	
Mittelwert August 2015	µg/m ³	10	11	
Mittelwert September 2015	µg/m ³	6	6	
Mittelwert Oktober 2015	µg/m ³	15	14	
Mittelwert November 2015	µg/m ³	10	8	
Mittelwert Dezember 2015	µg/m ³	11	9	
Mittelwert Januar 2016	µg/m ³	15	13	
Mittelwert	µg/m³	10	10	25¹⁾
max. TMW	µg/m ³	40	34	-
Verfügbarkeit	%	96	100	-

1) Jahresimmissionswert gemäß 39. BImSchV

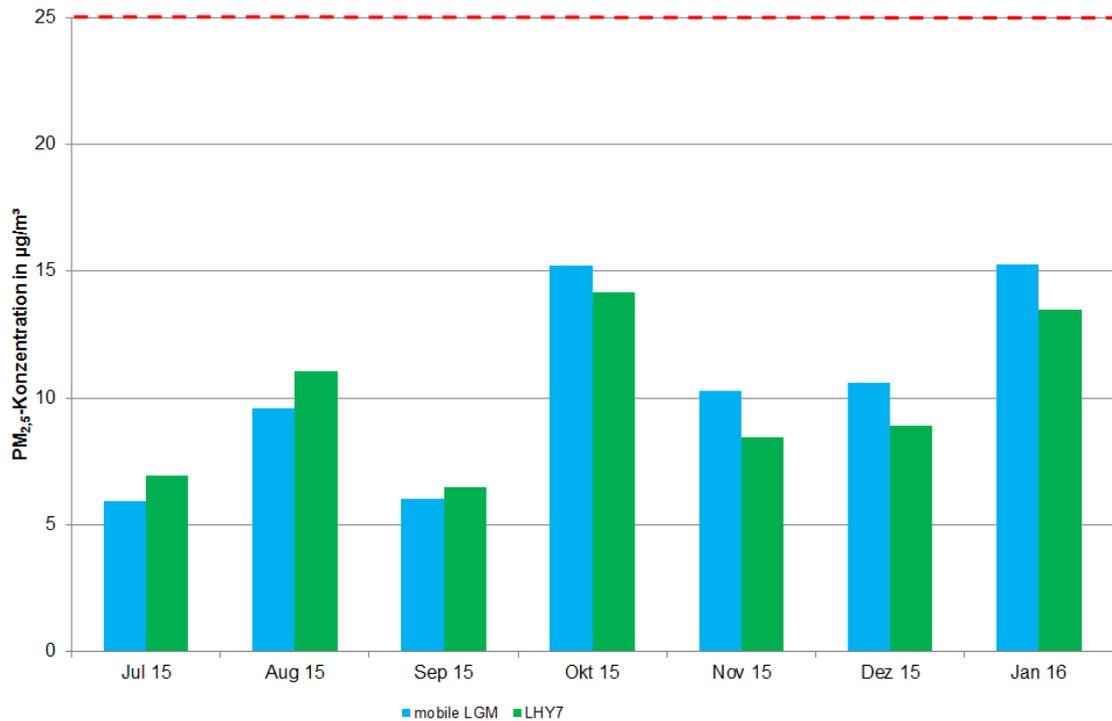


Abbildung 27. Verlauf der gravimetrisch gemessenen PM_{2,5}-Konzentration der mobilen LGM und LHY7 für den Messzeitraum 24.07.15 - 10.01.16 [Monatsmittelwerte, Jahresgrenzwert 25 µg/m³ rot gestrichelt markiert].

Für den Messzeitraum 24. Juli 2015 bis 10. Januar 2016 wurde an beiden Messorten eine PM_{2,5}-Konzentration von 10 µg/m³ festgestellt.

Anhand der Verläufe der PM_{10} - und $PM_{2,5}$ -Konzentrationen sind gute Übereinstimmungen zwischen den Messorten und den beiden Staubfraktionen zu erkennen. Wie auch beim PM_{10} wurden im Oktober 2015 die höchsten $PM_{2,5}$ -Konzentrationen bestimmt. Dies ist auf die ungünstigen Ausbreitungsbedingungen und die mesoskalige Immissionsituation zurück zu führen [vgl. 3.1 und 6.1].

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 28 wurden solche Konzentrationswindrosen für die mobile LGM in Fraunberg und die Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 24. Juli 2015 bis 10. Januar 2016 dargestellt.

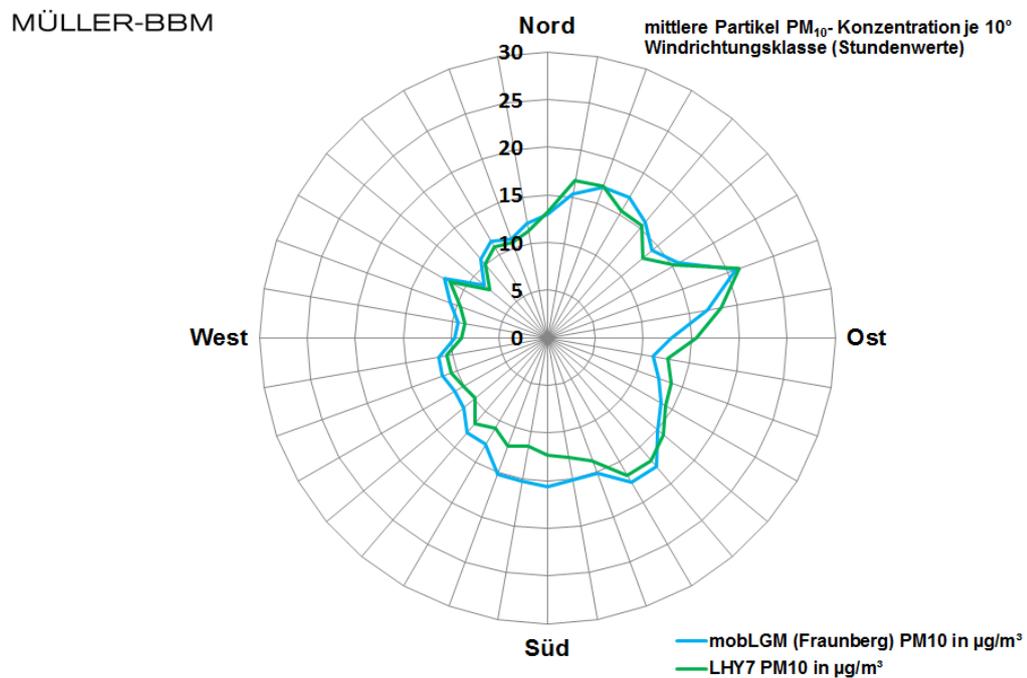


Abbildung 28. Konzentrationswindrose: mittlere PM_{10} -Konzentrationen aus allen Einzelmesswerten je 10° -Windrichtungsklasse [WRK] an den Messorten mobile LGM und LHY7 im Vergleich; basierend auf kontinuierlichen Messdaten im Zeitraum vom 24.07.15 - 10.01.16.

In Tabelle 15 sind zudem die mittleren Abweichungen zwischen der mobilen LGM in Fraunberg und der Hauptmessstation LHY7 mit Bezug auf die vier Windsektoren Nord, Ost, Süd und West sowie die Calmen (Windgeschwindigkeit <0,5 m/s) dargestellt.

Tabelle 15. Mittlere PM₁₀-Konzentration und -differenz je Windsektor.

Windrichtungssektoren WRS			mobile LGM	LHY7	Differenz
Mittelwert			PM ₁₀	PM ₁₀	PM ₁₀
Sektor	von	bis	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
1 (Ost)	46	135°	14	15	-1
2 (Süd)	136°	225°	16	14	2
3 (West)	226°	315°	10	10	1
4 (Nord)	316°	045°	12	12	0
5 (Calmen)	<	0,5 m/s	15	14	1

Abbildung 28 und Tabelle 15 zeigen, dass generell die höchsten Konzentrationen bei östlichen Windrichtungen bzw. bei Windstillen auftreten. Die höheren Konzentrationen bei Ostwind und Windstille sind auf die bereits genannten ungünstigen Ausbreitungsbedingungen zurückzuführen [vgl. 3.1 und 6.1]. Diese typische großräumige Partikelverteilung wurde auch bereits bei den vorangegangenen mobilen Luftgütemessungen in Eitting und Pulling ermittelt.

Die PM₁₀-Differenzen bei der windrichtungsabhängigen Auswertung zwischen der mobilen LGM [Fraunberg, östlich des Flughafens] und der Hauptmessstation LHY7 [östlich der südlichen Start- und Landebahn] bewegen sich grundsätzlich im Bereich der Messunsicherheit. Die größte Differenz zwischen der mobilen LGM in Fraunberg und der Hauptmessstation LHY7 wurde bei Südwinden registriert. Bei diesem Windsektor wurden an der mobilen LGM in Fraunberg im Mittel um 2 µg/m³ höhere PM₁₀-Konzentrationen als an der Hauptmessstation LHY7 registriert. Eine Ursache hierfür bzw. ein Emittent konnte nicht ermittelt werden.

Bei Windrichtung West, bei der die mobile LGM Fraunberg und die Hauptmessstation LHY7 im Abwind des Flughafens liegt, wurden jeweils die geringsten PM₁₀-Konzentrationen festgestellt. Ein Einfluss des Flughafens auf die PM₁₀-Konzentration in Fraunberg scheint somit gering.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Partikelkonzentrationen in Fraunberg und am Flughafen während des Messzeitraums maßgeblich von der übergeordneten Hintergrundkonzentration [Ferntransport der Partikel] geprägt sind.

7.2. Stickstoffdioxid [NO₂]

In Tabelle 16 sind die statistischen Kenngrößen der NO₂-Konzentration von der mobilen LGM in Fraunberg und der Hauptmessstation LHY7 auf der Basis von Stundenmittelwerten zusammengefasst.

In Abbildung 29 sind die mittleren Verläufe der NO₂-Konzentrationen für die beiden Messorte grafisch dargestellt.

Tabelle 16. Kenngrößen der NO₂ - Konzentration [mobile LGM/ LHY7].

Kenngröße	Einheit	mobile LGM NO₂	LHY7 NO₂	39. BImSchV
Mittelwert Juli 2015	µg/m ³	11	14	
Mittelwert August 2015	µg/m ³	13	16	
Mittelwert September 2015	µg/m ³	13	17	
Mittelwert Oktober 2015	µg/m ³	17	22	
Mittelwert November 2015	µg/m ³	19	19	
Mittelwert Dezember 2015	µg/m ³	23	21	
Mittelwert Januar 2016	µg/m ³	20	17	
Mittelwert	µg/m³	17	19	40¹⁾
Max. 1-h-Mittelwert	µg/m ³	57	66	
1-h-Mittelwert >200 µg/m³	Anzahl	0	0	18²⁾
Min. 1-h-Mittelwert	µg/m ³	4	4	
Verfügbarkeit	%	95	98	

¹⁾ Jahresimmissionswert NO₂ gemäß 39. BImSchV

²⁾ maximaler Stundenmittelwert von 200 µg/m³ mit 18 zulässigen Überschreitungen gemäß 39. BImSchV

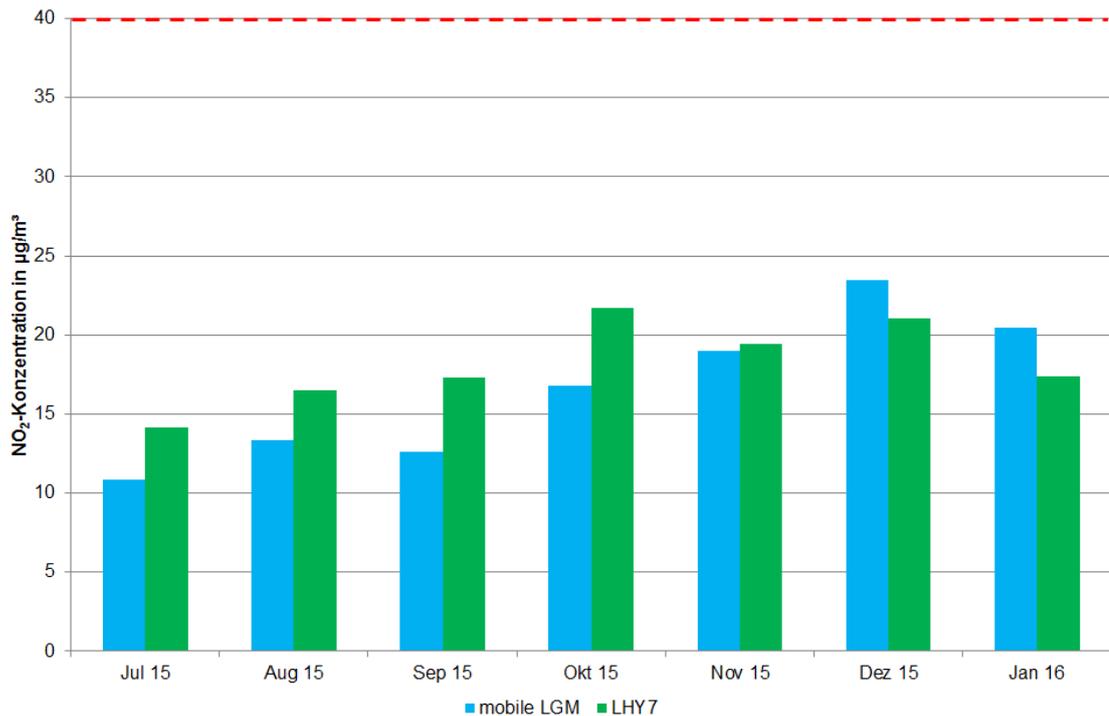


Abbildung 29. Verlauf der NO₂-Konzentration der mobilen LGM und der LHY7 für den Messzeitraum 23.07.15 - 11.01.16 [Monatsmittelwerte, Grenzwert für das Kalenderjahr 40 µg/m³ rot gestrichelt markiert].

An der mobilen Luftgütemessstation in Fraunberg wurde mit 17 µg/m³ eine im Mittel ca. 2 µg/m³ geringere NO₂-Konzentration als an der Hauptmessstation LHY7 festgestellt. Lediglich im Dezember 2015 und Januar 2016 wurden an der mobilen LGM in Fraunberg eine im Vergleich zur Hauptmessstation LHY7 höhere NO₂-Konzentration ermittelt. In allen Messmonaten wurden Monatsmittelwerte deutlich unterhalb des Jahresimmissionsgrenzwertes von 40 µg/m³ gemäß 39. BImSchV bestimmt. Wie auch bei den Partikeln wurden im Winterhalbjahr typischerweise höhere NO₂-Konzentrationen ermittelt. Dies ist auf die ungünstigeren Ausbreitungsbedingungen zurückzuführen.

In Abbildung 30 wurden NO₂-Konzentrationswindrosen analog zum PM₁₀ für die mobile LGM in Fraunberg, LHY4 und die Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 23. Juli 2015 bis 11. Januar 2016 dargestellt.

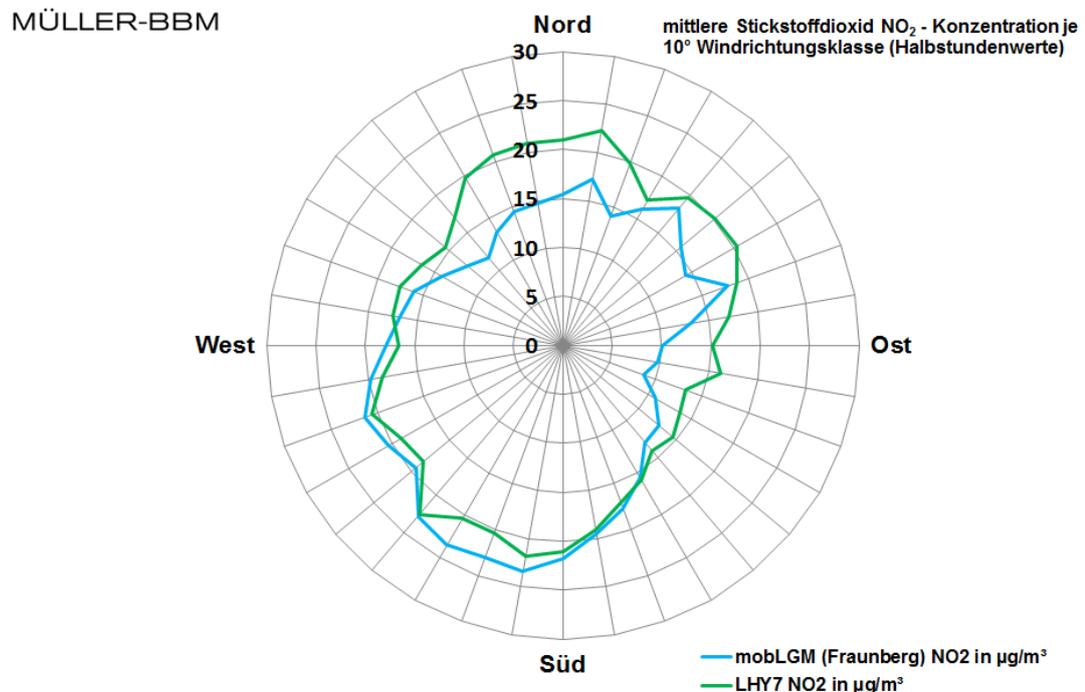


Abbildung 30. Konzentrationswindrose: mittlere NO₂-Konzentrationen aus allen Einzelmesswerten je 10°-Windrichtungsklasse [WRK] an den Messorten mobile LGM, LHY7 und LHY4 im Vergleich; basierend auf kontinuierlichen Messdaten im Zeitraum vom 23.07.15 - 11.01.16.

In Tabelle 17 sind die mittleren Abweichungen zwischen Fraunberg und dem Messort LHY4 und der Hauptmessstation LHY7 mit Bezug auf die vier Windsektoren Nord, Ost, Süd und West sowie die Calmen [Windgeschwindigkeit <0,5 m/s] dargestellt.

Tabelle 17. Mittlere NO₂-Konzentration und -differenz je Windsektor.

Windrichtungssektoren WRS			mobile LGM	LHY7	Differenz
Mittelwert			NO ₂	NO ₂	NO ₂
Sektor	von	bis	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
1 (Ost)	46	135°	12	15	-4
2 (Süd)	136°	225°	20	19	1
3 (West)	226°	315°	16	17	-1
4 (Nord)	316°	045°	14	19	-6
5 (Calmen)	<	0,5 m/s	18	22	-4

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

Bei Betrachtung der östlichen Windrichtungen wurden an der mobilen LGM in Fraunberg um ca. 4 µg/m³ niedrigere NO₂-Konzentrationen im Vergleich zu der Hauptmessstation LHY7 festgestellt. Ein Einfluss von in östliche Richtung startenden Flugzeugen auf die NO₂-Konzentration in Fraunberg (mobile LGM) ist somit nicht feststellbar.

Bei Betrachtung der westlichen Windrichtungen wurden an der mobilen LGM in Fraunberg im Vergleich zur Hauptmessstation LHY7 um ca. 1 µg/m³ niedrigere NO₂-Konzentrationen bestimmt.

Signifikant ist zudem die Differenz bei Nordwinden und Windstillen. Bei diesen Windverhältnissen wurden an der mobilen LGM in Fraunberg deutlich geringere NO₂-Konzentrationen als an der Hauptmessstation LHY7 registriert. Ursache hierfür kann am Messort LHY7 der bodennahe Verkehr des Vorfeldes bzw. der Straßenverkehr der Erdinger Allee sein.

Informativ sind zudem in Tabelle 18 und in Abbildung 31 die Kenngrößen der NO-Konzentration zusammengefasst. Für diesen Parameter gibt es in der 39. BImSchV keinen Immissionsgrenzwert.

Tabelle 18. Kenngrößen der NO-Konzentration (mobile LGM/ LHY7).

Kenngröße	Einheit	mobile LGM NO	LHY7 NO	39. BImSchV
Mittelwert Juli 2015	µg/m ³	1	3	
Mittelwert August 2015	µg/m ³	3	3	
Mittelwert September 2015	µg/m ³	3	3	
Mittelwert Oktober 2015	µg/m ³	7	7	
Mittelwert November 2015	µg/m ³	12	16	
Mittelwert Dezember 2015	µg/m ³	15	23	
Mittelwert Januar 2016	µg/m ³	5	7	
Mittelwert	µg/m³	8	10	-
Max. 1-h-Mittelwert	µg/m ³	127	180	
Min. 1-h-Mittelwert	µg/m ³	1	1	
Verfügbarkeit %	%	95	98	

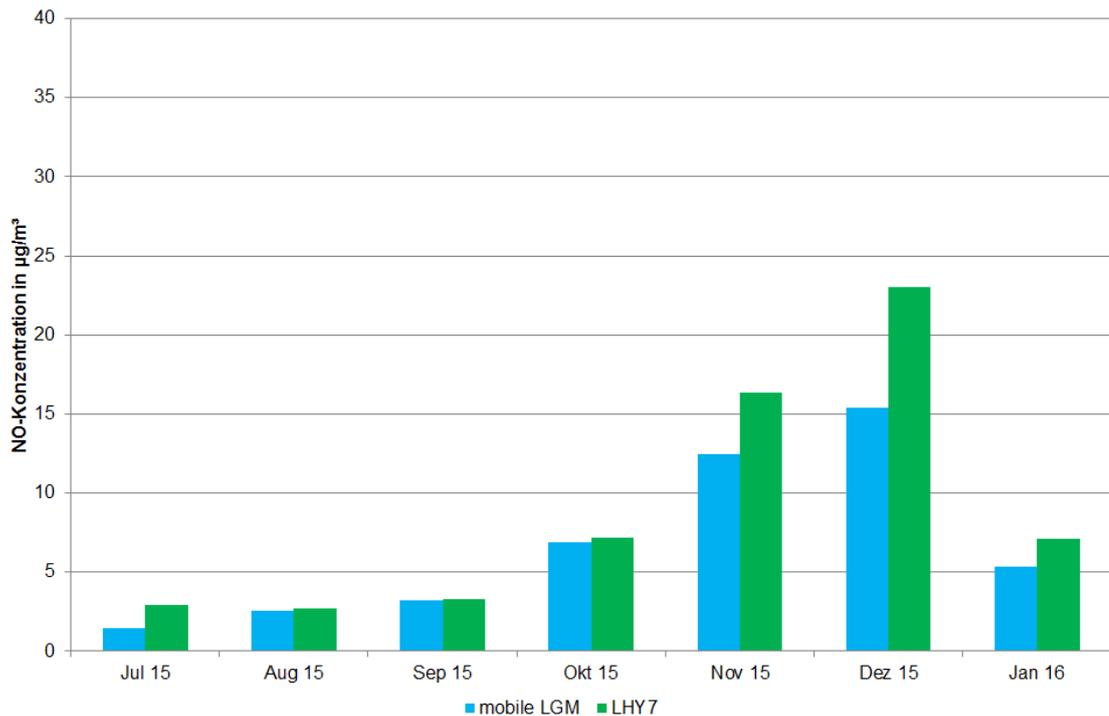


Abbildung 31. Verlauf der NO-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 23.07.15 - 11.01.16 [Monatsmittelwerte].

Beim NO wurden wie beim NO₂ am Messort Fraunberg um ca. 2 µg/m³ geringere NO-Konzentrationen als an der Hauptmessstation LHY7 ermittelt.

Die höchsten NO-Konzentrationen wurden bei beiden Messorten im November 2015 bzw. Dezember 2015 ermittelt. In beiden Monaten gab es durch lokale Inversionen bzw. konstante Hochdruckwetterlagen ungünstige Austauschbedingungen, weshalb die NO-Konzentrationen in diesen Monaten erhöht waren.

7.3. Schwefeldioxid (SO₂)

In Tabelle 19 sind die statistischen Kenngrößen der SO₂-Konzentration von Fraunberg und der Hauptmessstation LHY7 auf der Basis von Stundenmittelwerten zusammengefasst.

In Abbildung 32 sind die mittleren Verläufe der SO₂-Konzentrationen für die beiden Messorte grafisch dargestellt.

Tabelle 19. Kenngrößen der SO₂-Konzentration [mobile LGM/ LHY7].

Kenngröße	Einheit	mobile LGM SO ₂	LHY7 SO ₂	39. BImSchV
Mittelwert Juli 2015	µg/m ³	2	2	
Mittelwert August 2015	µg/m ³	2	2	
Mittelwert September 2015	µg/m ³	2	2	
Mittelwert Oktober 2015	µg/m ³	2	2	
Mittelwert November 2015	µg/m ³	2	2	
Mittelwert Dezember 2015	µg/m ³	2	2	
Mittelwert Januar 2016	µg/m ³	2	2	
Mittelwert	µg/m³	2	2	
Max. 1-h-Mittelwert	µg/m ³	6	33	
1-h-Mittelwert >350 µg/m³	Anzahl	0	0	24¹⁾
TMW >125 µg/m³	Anzahl	0	0	3²⁾
Min. 1-h-Mittelwert	µg/m ³	2	2	
Verfügbarkeit %	%	95	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

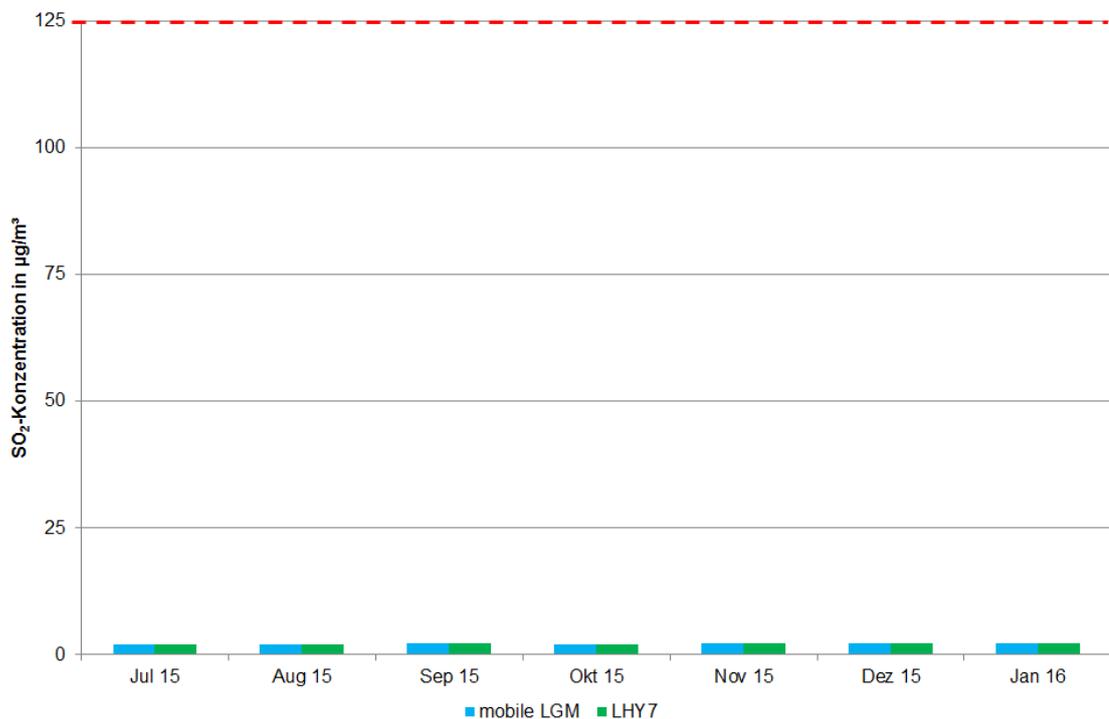


Abbildung 32. Verlauf der SO₂-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 23.07.15 - 11.01.16 [Monatsmittelwerte, Grenzwert für das Tagesmittel 125 µg/m³ rot gestrichelt markiert].

Die Monatsmittelwerte an den beiden Messstationen mobile LGM in Fraunberg 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 beim SO₂ aufgrund der geringen Konzentrationen nicht zu erkennen.

7.4. Ozon (O₃)

In Tabelle 20 sind die statistischen Kenngrößen der Ozon-Konzentration von Fraunberg und der stationären Hauptmessstation LHY7 auf der Basis von Stundenmittelwerten zusammengefasst.

In Abbildung 33 sind die mittleren Verläufe der Ozon-Konzentrationen für die beiden Messorte grafisch dargestellt.

Tabelle 20. Kenngrößen der O₃-Konzentration (mobile LGM/ LHY7).

KenngroÙe	Einheit	mobile LGM O₃	LHY7 O₃	39. BImSchV
Mittelwert Juli 2015	µg/m ³	52	73	
Mittelwert August 2015	µg/m ³	47	72	
Mittelwert September 2015	µg/m ³	35	47	
Mittelwert Oktober 2015	µg/m ³	16	22	
Mittelwert November 2015	µg/m ³	21	29	
Mittelwert Dezember 2015	µg/m ³	12	16	
Mittelwert Januar 2016	µg/m ³	18	27	
Mittelwert	µg/m³	27	38	-
Max. 1-h-Mittelwert	µg/m ³	140	187	
1-h-Mittelwert >180 µg/m³	Anzahl	0	5	180¹⁾
8-h-Mittelwert >120 µg/m³	Anzahl	1	15	25²⁾
Min. 1-h-Mittelwert	µg/m ³	1	3	
Verfügbarkeit %	%	95	99	

¹⁾ maximaler Stundemittelwert von 180 µg/m³ gemäß 39. BImSchV

²⁾ maximaler 8-Stundenmittelwert, mit 25 zulässigen Überschreitungstagen pro Jahr gemäß 39. BImSchV

Die mittlere Ozonkonzentration in Fraunberg im Messzeitraum betrug 27 µg/m³ und lag somit ca. 11 µg/m³ unter dem Mittelwert der Hauptmessstation LHY7. Die höchsten Ozonkonzentrationen wurden typischerweise im Juli und August 2015 bestimmt.

In der Abbildung 33 ist der Verlauf der Ozonkonzentration in Fraunberg im Vergleich zur Hauptmessstation LHY7 grafisch dargestellt.

Der Immissionszielwert von 120 µg/m³ für den gleitenden 8-Stundenmittelwert mit 25 zulässigen Überschreitungstagen pro Jahr wurde an der mobilen LGM in Fraunberg im Messzeitraum insgesamt einmal überschritten. Im Vergleich hierzu wurde an der Hauptmessstation LHY7 im Messzeitraum der Immissionszielwert an 15 Tagen überschritten.

Der maximale Stundenmittelwert an der mobilen LGM betrug $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Stundenmittel. An der LHY7 wurde ein maximaler Stundenmittelwert von $187 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. An beiden Messstationen wurden die höchsten Stundenmittelwerte am 08. August 2016 ermittelt. An diesem Tag gab es bayernweit Überschreitungen der Informationsschwelle von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für das Stundenmittel.

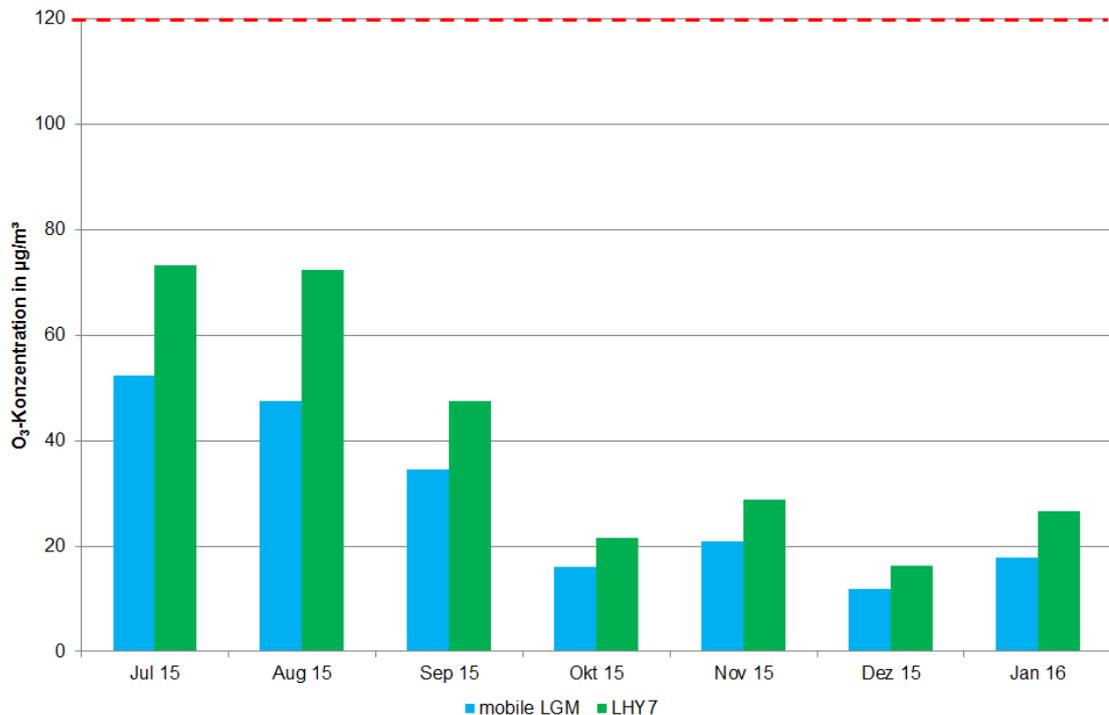


Abbildung 33. Verlauf der O_3 -Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 23.07.15 - 11.01.16 [Monatsmittelwerte, Zielwert für den Tag von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rot gestrichelt markiert].

Anhand des Verlaufs der Ozonkonzentration zeigen sich sehr gute Übereinstimmungen zwischen den beiden Messorten. In allen Messmonaten wurden an der mobilen LGM Fraunberg niedrigere Ozonkonzentrationen als an der Hauptmessstation LHY7 festgestellt. Typischerweise wurden wie auch an den LÜB-Stationen in den Sommermonaten höhere Ozonkonzentrationen gemessen. Im Herbst und Winter gab es durch den verstärkten Hochnebelanteil und die damit verringerte UV-Einstrahlung erwartungsgemäß niedrige Ozonkonzentrationen.

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

In Tabelle 21 sind Mittelwerte der BTEX- und n-Alkanmessungen von Fraunberg (mobile LGM) und der stationären Hauptmessstation LHY7 zusammengefasst.

In Abbildung 34 und Abbildung 35 sind die Verläufe der Einzelprobenahmen der Benzol- und der n-Alkankonzentrationen für den Messzeitraum grafisch dargestellt.

Tabelle 21. Kenngrößen der BTEX- und n-Alkan-Konzentration (mobile LGM/ LHY7).

Messparameter		mobile LGM	LHY7	Beurteilungswert
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
BTEX	Benzol	0,3	0,5	5 ¹⁾
	Toluol	0,5	0,7	30 ²⁾
	Ethylbenzol	0,1	0,1	880 ³⁾
	m+p-Xylol	0,3	0,4	
	o-Xylol	0,1	0,1	
	Σ Xylole	0,4	0,6	30 ²⁾
n-Alkane	n-Hexan	0,10	0,15	
	n-Heptan	0,08	0,13	
	n-Oktan	0,03	0,05	
	n-Nonan	0,02	0,13	
	n-Dekan	0,04	0,11	
	n-Undekan	0,02	0,07	
	n-Dodekan	0,02	0,05	
	n-Tridekan	0,04	0,06	
	n-Tetradekan	0,04	0,05	
	Σ n-Alkane	0,40	0,80	200 ⁴⁾

¹⁾ Immissionsgrenzwert für das Jahr (39. BImSchV)

²⁾ Zielwert für das Jahr (LAI)

³⁾ 1/100AGW

⁴⁾ C9-C14 Alkane/ Isoalkane Innenraum Richtwert I (Vorsorgerichtwert) UBA

Der Benzolmittelwert an der mobilen LGM in Fraunberg war mit $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ca. $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ niedriger als an der Hauptmessstation LHY7. Diese Tendenz konnte auch für die Parameter Toluol, Ethylbenzol und die Xylol festgestellt werden. Unter Berücksichtigung der Messunsicherheit sind die Differenzen zwischen den Messorten jedoch nicht signifikant.

Bei den n-Alkanen wurden ebenfalls in Summe in Fraunberg niedrigere Konzentrationen festgestellt als an der Hauptmessstation LHY7. Der Mittelwert betrug an beiden Messorten $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In diesem niedrigen Konzentrationsbereich [$< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$] sind die Messunsicherheiten im Vergleich zum Messergebnis groß.

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

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

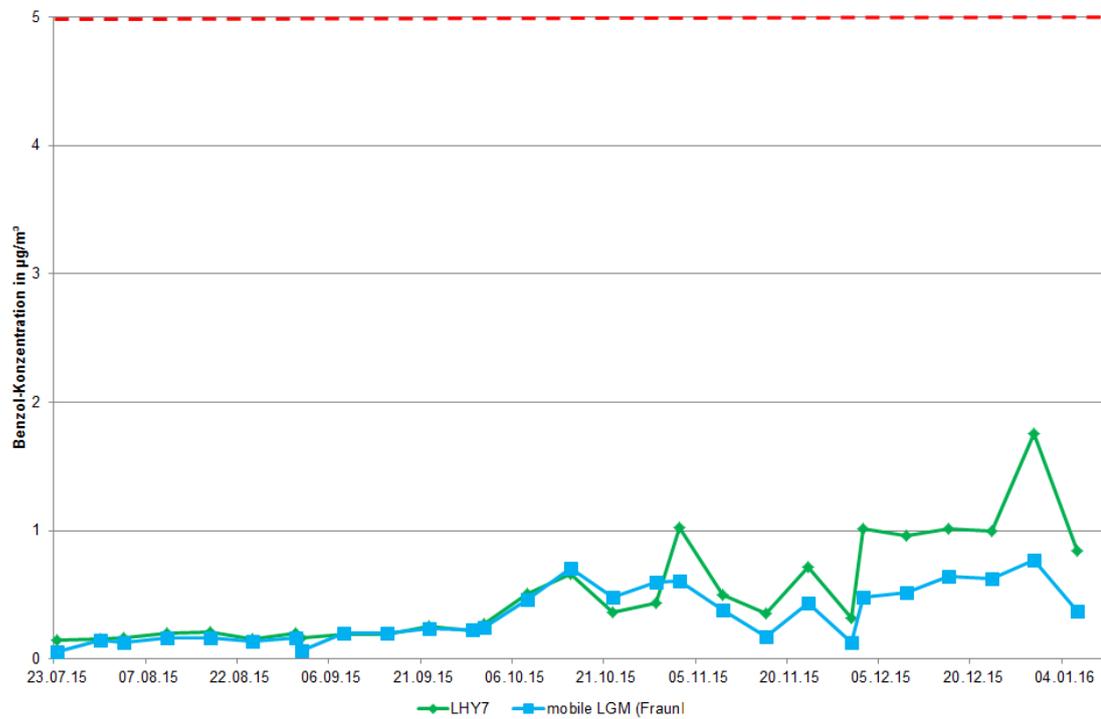


Abbildung 34. Verlauf der Benzol-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 23.07.15 - 11.01.16 [Wochenmittelwerte, Immissionsgrenzwert 5 µg/m³ rot gestrichelt markiert].

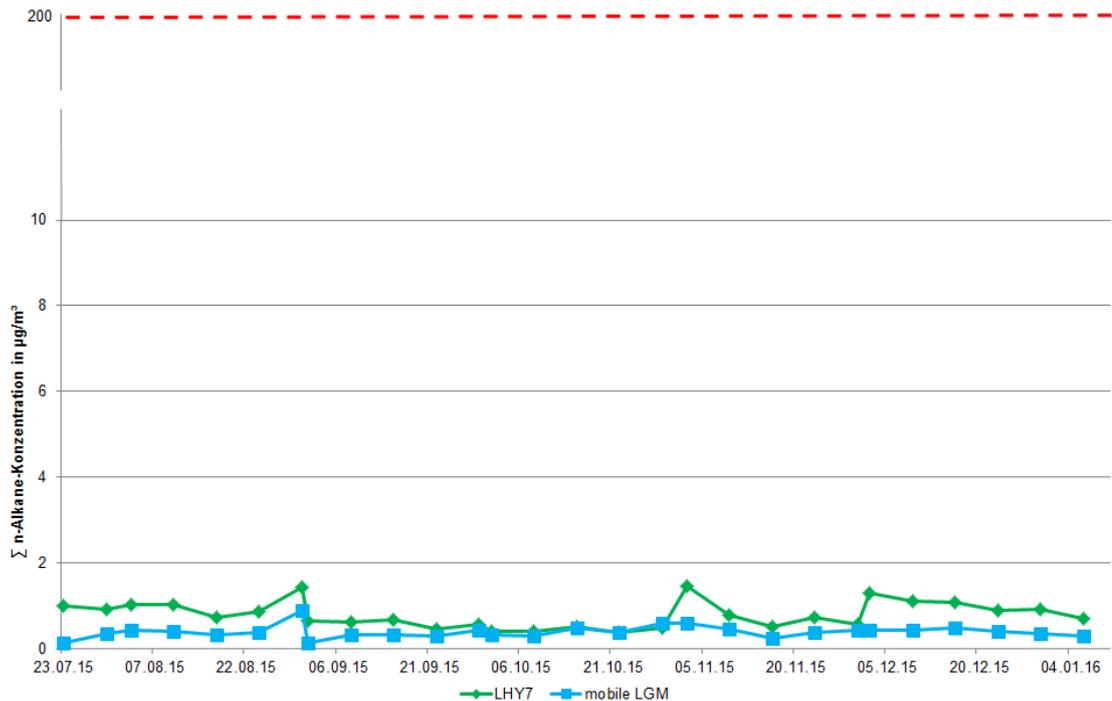


Abbildung 35. Verlauf der n-Alkan-Konzentration [Summe] der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 23.07.15 - 11.01.16 [Wochenmittelwerte, hilfsweise herangezogener Beurteilungswert für Innenräume von 200 µg/m³ rot gestrichelt markiert].

Anhand der Verläufe für die Benzol- und n-Alkankonzentrationen der mobilen Messstation Fraunberg und der Hauptmessstation LHY7 sind gute Übereinstimmungen zwischen den Stationen erkennbar. An beiden Messorten wurden im Herbst und Winter höhere Kohlenwasserstoffkonzentrationen als im Sommer bestimmt.

7.6. Benzo[a]pyren

In Tabelle 22 und Abbildung 36 sind die gemessenen Benzo[a]pyren-Konzentrationen im PM₁₀ für die Messorte mobile LGM in Fraunberg und Hauptmessstation LHY7 als Monatsmittelwerte und Mittelwerte für den Messzeitraum dargestellt. Die Ermittlung der Monatskenngrößen erfolgte hierbei für die Monate August 2015 bis Januar 2016. Die Ermittlung des Januarmittelwertes erfolgte bei beiden Messorten von 01. Januar bis 10. Januar 2016.

Die Mittelwertbildung erfolgte gewichtet unter Einbezug der jeweiligen Messtage im Messmonat.

Tabelle 22. Kenngrößen der Benzo[a]pyren-Konzentration (mobile LGM/ LHY7).

Benzo(a)pyren im PM ₁₀		mobile LGM	LHY7	39. BImSchV
Aug 15	ng/m ³	0,02	0,02	
Sep 15	ng/m ³	0,09	0,08	
Okt 15	ng/m ³	0,39	0,32	
Nov 15	ng/m ³	0,70	0,30	
Dez 15	ng/m ³	1,11	0,59	
Jan 16 ²⁾	ng/m ³	0,74	0,54	
Mittelwert	ng/m³	0,48	0,28	1¹⁾

¹⁾ Zielwert für das Kalenderjahr nach 39. BImSchV

²⁾ Mittelwert für den Zeitraum von 01.01. - 10.01.16

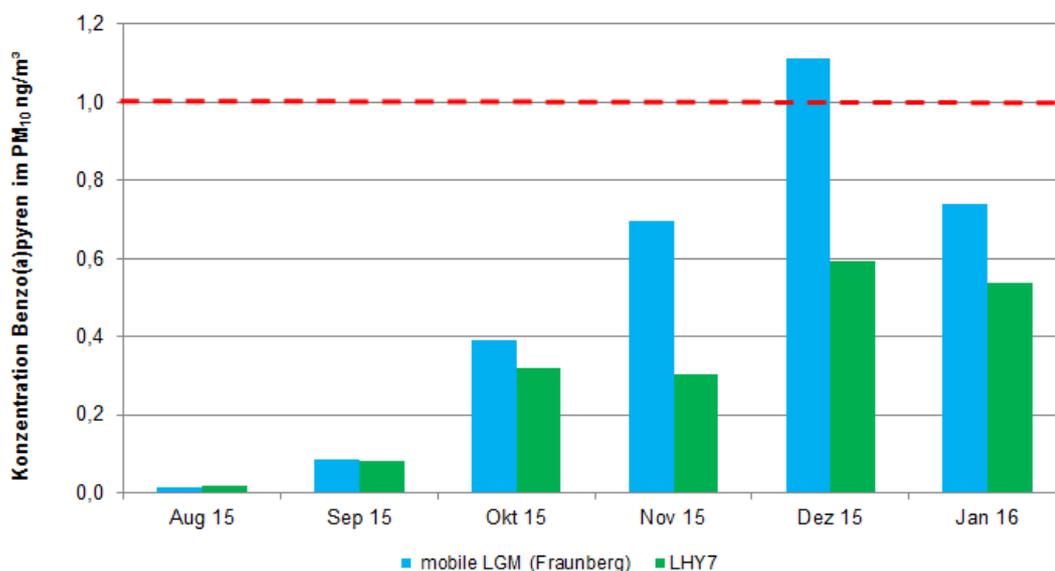


Abbildung 36. Vergleich der Benzo[a]pyren-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 [Monatsmittelwerte, Zielwert für das Jahr 1 µg/m³ rot gestrichelt markiert].

An der mobilen LGM in Fraunberg wurde im Mittel eine Benzo[a]pyren-Konzentration von 0,48 ng/m³ ermittelt. Die BaP-Konzentration an der Hauptmessstation LHY7 war mit 0,28 ng/m³ deutlich niedriger. Die höchsten Benzo[a]pyren-Konzentrationen wurden typischerweise in der Heizperiode, Oktober 2015 bis Januar 2016, ermittelt.

Der Maximalwert von 1,1 ng/m³ wurde im Dezember 2015 ermittelt. Da in diesem Zeitraum fast ausschließlich Ostanströmungen auftraten, ist ein Einfluss des Flughafens auf die Benzo[a]pyren-Konzentration in Fraunberg auszuschließen. Vielmehr ist es wahrscheinlich, dass durch lokale Emittenten (z. B. Holzfeuerungen) die erhöhten Benzo[a]pyren-Konzentrationen hervorgerufen wurden.

Die großen jahreszeitlichen Schwankungen sind wie bereits unter 6.6 erwähnt für Benzo[a]pyren charakteristisch.

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 Fraunberg mit Messwerten des Lufthygienischen Landesüberwachungssystems Bayern (LÜB) des Bayerischen Landesamtes für Umwelt verglichen. Als Referenzstandorte wurden die LÜB-Stationen München-Landshuter Allee [städtisch/Verkehr] Landshut – Podewilsstraße [städtisch/Verkehr] bzw. München-Lothstraße [städtischer Hintergrund], Johanneskirchen [vorstädtisch/ ländlicher Hintergrund] und Andechs [ländlich, regional] ausgewählt. Der Vergleich erfolgte nur für die komplett erfassten Messmonate August 2015 bis Dezember 2015. Die LfU-Messdaten sind zudem nicht abschließend auf Plausibilität geprüft und somit als vorläufige Messdaten zu bezeichnen [26].

In Tabelle 23 sind die mittleren Immissionskonzentrationen der LÜB-Stationen im Vergleich zur mobilen LGM in Fraunberg dargestellt. Die Mittelwertbildung erfolgte über die jeweiligen Monatsmittelwerte der Messmonate August bis Dezember 2015.

In Abbildung 37 bis Abbildung 40 sind zusätzlich die Verläufe der LÜB-Messstationen im Vergleich zur mobilen LGM in Fraunberg grafisch dargestellt. In den Abbildungen sind jeweils die Monatsmittelwerte für August bis Dezember 2015 dargestellt.

Tabelle 23. Mittelwerte der LÜB-Stationen im Vergleich zur mobilen LGM in Fraunberg (August bis Dezember 2015).

Messparameter	LÜB-Stationen				Fraunberg mobile LGM µg/m ³
	M-Landshuter Allee µg/m ³	Landshut µg/m ³	Andechs µg/m ³	M-Johanneskirchen µg/m ³	
NO ₂ -Konzentration	82	30	7	23	17
PM ₁₀ -Konzentration	25	20	11	15	14
PM _{2,5} -Konzentration	15	-	8	11	10
O ₃ -Konzentration	-	-	55	40	26

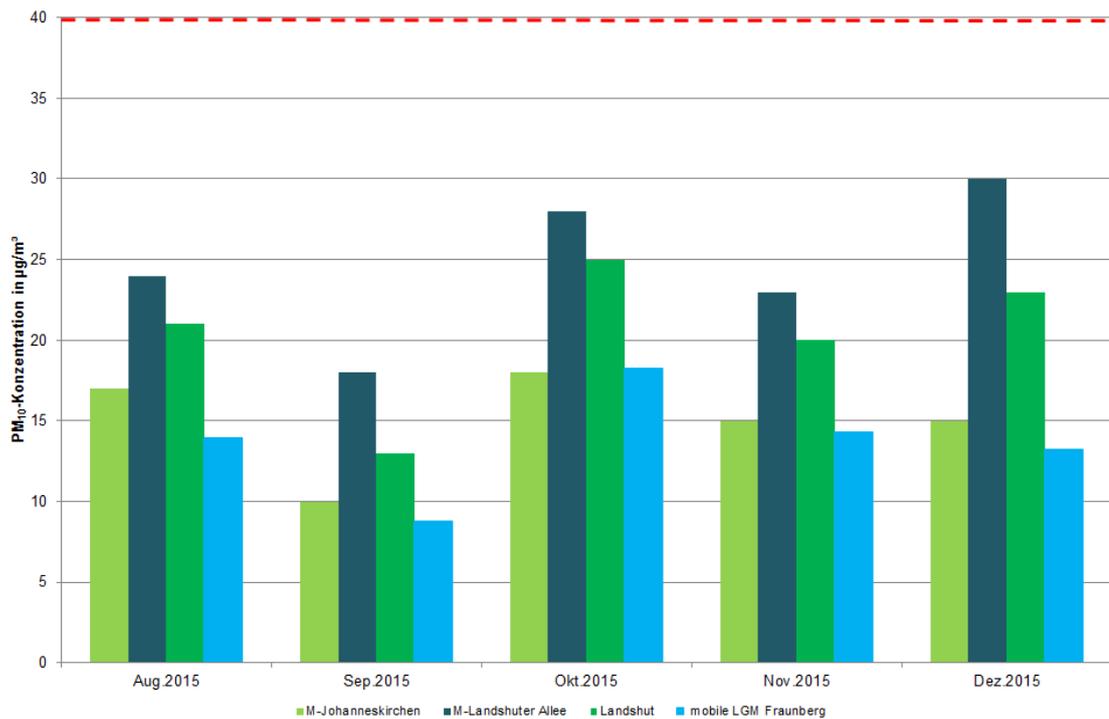


Abbildung 37. Vergleich der PM₁₀-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Fraunberg (Monatsmittelwerte, PM₁₀-Jahresgrenzwert 40 µg/m³ rot gestrichelt markiert).

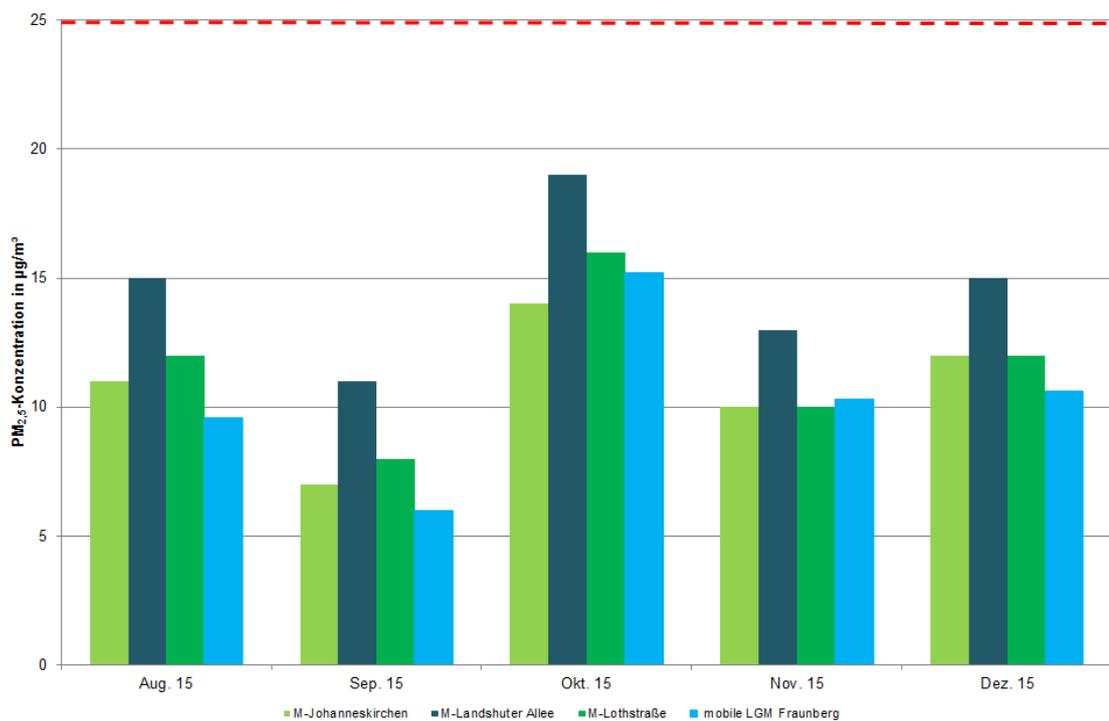


Abbildung 38. Vergleich der PM_{2,5}-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Fraunberg (Monatsmittelwerte, PM_{2,5}-Jahresgrenzwert 25 µg/m³ rot gestrichelt, markiert).

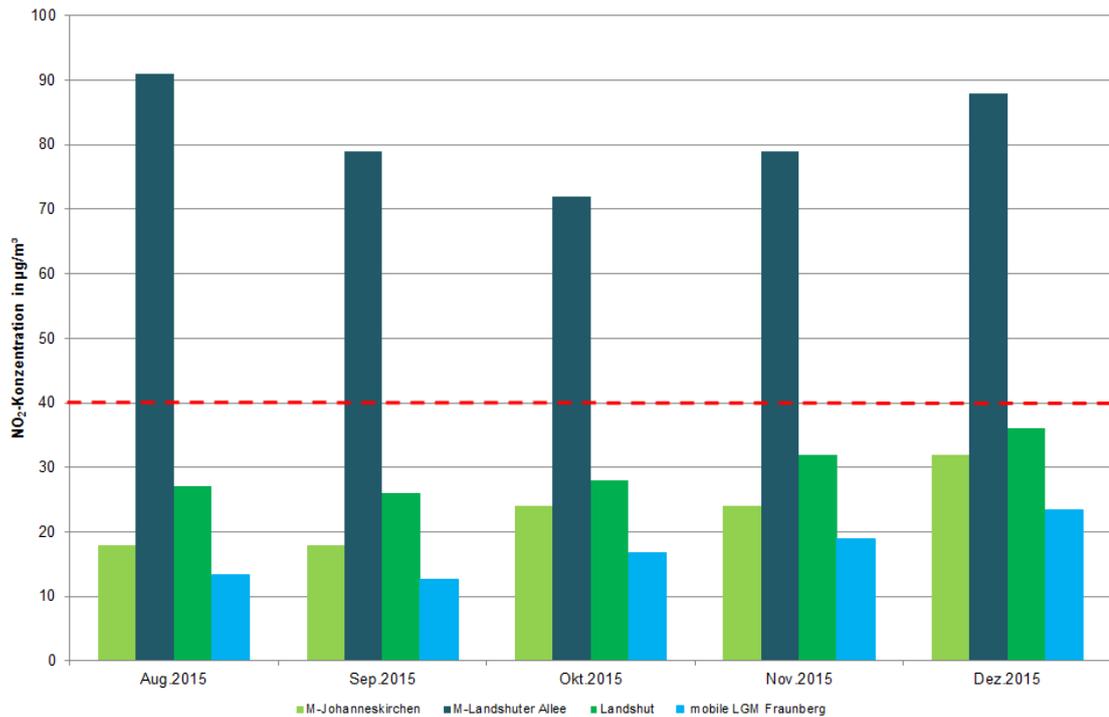


Abbildung 39. Vergleich der NO₂-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Fraunberg (Monatsmittelwerte, NO₂-Jahresgrenzwert 40 µg/m³ rot gestrichelt markiert).

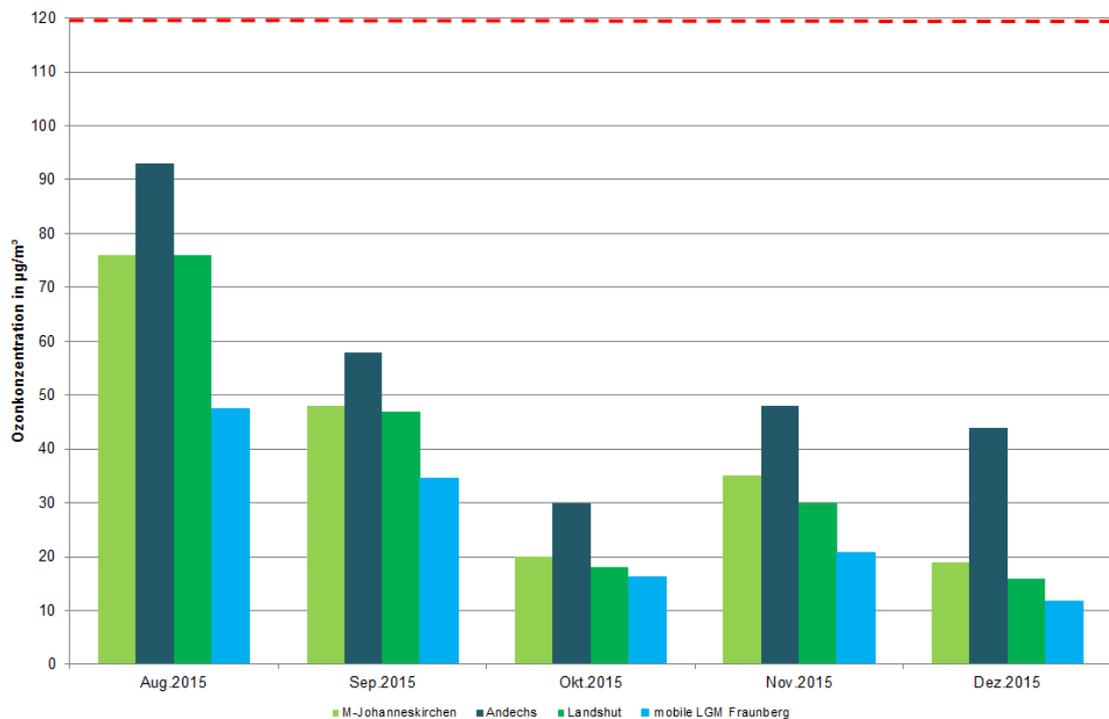


Abbildung 40. Vergleich der O₃-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Fraunberg (Monatsmittelwerte, Zielwert für den Tag von 120 µg/m³ rot gestrichelt markiert).

Anhand der grafischen Darstellung der Verläufe aller Messkomponenten sind zwischen der mobilen Messstation in Fraunberg und den LÜB-Stationen im Konzentrationsverlauf sehr gute Übereinstimmungen erkennbar. Die jahreszeitlichen Konzentrationsverläufe in Abhängigkeit der Meteorologie aus Abschnitt 6 und Abschnitt 7 wurden durch den Vergleich mit den LÜB-Messstationen bestätigt.

So wurden sowohl bei den LÜB-Stationen, als auch an der mobilen LGM in Fraunberg, die höchsten Partikelbelastungen in den Monaten Oktober bis Dezember 2015 festgestellt.

Im Vergleich aller Stationen zeigt sich, dass die ermittelten Immissionskonzentrationen der mobilen LGM in Fraunberg zwischen den Konzentrationen der LÜB-Station München-Johanneskirchen und Andechs liegen. Das Immissionsniveau in Fraunberg entspricht somit dem typischen vorstädtischen bis ländlichen Hintergrund.

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 [25].

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 24. Übersicht und Zusammenfassung des Langzeit-Luftqualitätsindex.

Bewertung	Benzol [µg/m ³]	NO ₂ [µg/m ³]	PM ₁₀ [µg/m ³]	SO ₂ [µg/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-Luftqualitätsindex können die gemessenen mittleren Immissionskonzentrationen an Benzol, Stickstoffdioxid, Partikel PM₁₀ und Schwefeldioxid wie folgt bewertet werden.

Tabelle 25. Bewertung der Luftqualität in Fraunberg.

Parameter	Mittelwert des Messzeitraums	Bewertung	LaQx Klasse	Farbe
Benzol	0,3 µg/m ³	gut	2	0,3 – 1,0 µg/m ³
NO ₂	17 µg/m ³	gut	2	13 – 20 µg/m ³
PM ₁₀	14 µg/m ³	gut	2	8 – 15 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 Fraunberg für Benzol, Stickstoffdioxid [NO₂] und PM₁₀ 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 angeschafft, um in den Anrainergemeinden des Flughafens weitere Immissionsmessungen anbieten zu können.

Mit der mobilen Luftgütemessstation (mobile LGM) 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, Xylol, Ethylbenzol (BTEX), n-Alkane als Tracer für Kerosin (C6 – C14), sowie Benzo(a)pyren im PM₁₀ gemessen werden.

Die Gemeinde Fraunberg hat im November 2014 ihr Interesse an der Durchführung von Luftgütemessungen im Gemeindegebiet bekundet. Nach einer Ortseinsicht im Juni 2015 wurde gemeinsam mit der Gemeinde Fraunberg, dem Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU), dem Flughafen München und der Müller-BBM GmbH ein Messstandort auf dem Parkplatz des FC Fraunberg ausgewählt.

Die mobilen Luftgütemessungen wurden anschließend über einen Zeitraum von knapp sechs Monaten zwischen 23. Juli 2015 bis 11. Januar 2016 durchgeführt. Dieser Messzeitraum kann als repräsentativ angesehen werden, da sowohl Teile des Sommer- als des Winterhalbjahres erfasst wurden.

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

Tabelle 26. Vergleich Beurteilungswerte 39. BImSchV mit den Messwerten der mobilen LGM (Fraunberg).

Messparameter	39. BImSchV			mobile LGM Fraunberg	
	Grenz- bzw. Zielwert		Zul. Überschreitung	Mittelwert bzw. Maximalwert (max.)	Überschreitung
Partikel PM ₁₀	Jahresgrenzwert	40 µg/m ³	-	14 µg/m ³	-
	Tagesgrenzwert	50 µg/m ³	35	max. 47 µg/m ³	0
Partikel PM _{2,5}	Jahresgrenzwert	25 µg/m ³	-	10 µg/m ³	-
Stickstoffdioxid (NO ₂)	Jahresgrenzwert	40 µg/m ³	-	17 µg/m ³	-
	1-h-Grenzwert	200 µg/m ³	18	max. 57 µg/m ³	0
Ozon (O ₃)	1-h Infoschwelle	180 µg/m ³	-	max. 167 µg/m ³	-
	8-h-Zielwert für den Tag	120 µg/m ³	25	max. 152 µg/m ³	1
Schwefeldioxid (SO ₂)	Tagesgrenzwert	125 µg/m ³	3	max. 2 µg/m ³	0
	1-h-Grenzwert	350 µg/m ³	24	max. 6 µg/m ³	0
Benzol	Jahresgrenzwert	5 µg/m ³	-	0,3 µg/m ³	-
Benzo(a)pyren	Jahreszielwert	1 ng/m ³	-	0,48 ng/m ³	-

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

- Bei den Partikelmessungen wurde für PM_{10} ein Mittelwert von $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. für $PM_{2,5}$ ein Mittelwert von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. Die Grenzwerte 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 keinem Kalendertag überschritten.
Die Partikelimmissionen wurden zudem hauptsächlich durch die mesoskalige Immissions- und Ausbreitungssituation der bodennahen Atmosphäre gesteuert.
- Für Stickstoffdioxid (NO_2) wurde an der mobilen LGM während des Messzeitraums ein Mittelwert von $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bestimmt. Der Grenzwert 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 $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Mittel auf einem typischen Hintergrundniveau.
- 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 Fraunberg wurde dieser Zielwert lediglich an einem Tag überschritten
- Für Schwefeldioxid (SO_2) wurde im Messzeitraum ein Mittelwert von $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. Der maximale Tagesmittelwert betrug $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 somit ebenfalls bei weitem unterschritten. Zudem lagen 95 % 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 $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Jahresgrenzwert der 39. BImSchV von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde damit sicher eingehalten.
- Bei den zusätzlich bestimmten Komponenten Toluol, Xylol und Ethylbenzol wurden Mittelwerte weit unterhalb der jeweiligen Beurteilungswerte des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) bestimmt.
- Der Halbjahresmittelwert 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. Ein Grenzwert für diese Parameter existiert nicht.
Die gemessenen Werte liegen deutlich unter dem hilfsweise herangezogenen Beurteilungswert für Innenräume von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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 Fraunberg ein Mittelwert von 0,48 ng/m³ festgestellt. Der Jahreszielwert gemäß 39. BImSchV von 1 ng/m³ wurde somit deutlich unterschritten.

Zur Beurteilung der Luftqualität wird über die rechtsverbindlichen Beurteilungskriterien hinaus der Langzeit-Luftqualitätsindex [LaQx] verwendet, der von der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg [LUBW] definiert wurde. Demnach kann die Luftqualität in Fraunberg wie folgt eingestuft werden:

Tabelle 27. Bewertung der Luftqualität in Fraunberg gemäß Langzeit-Luftqualitätsindex.

Parameter	Mittelwert des Messzeitraums	Bewertung	LaQx Klasse	Farbe
Benzol	0,3 µg/m ³	gut	2	0,3 – 1,0 µg/m ³
NO ₂	17 µg/m ³	gut	2	13 – 20 µg/m ³
PM ₁₀	14 µg/m ³	gut	2	8 – 15 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 Fraunberg für Benzol, Stickstoffdioxid (NO₂) und PM₁₀ als „gut“ und für Schwefeldioxid (SO₂) als „sehr gut“ bezeichnet werden.

Der Vergleich der Messergebnisse der mobilen LGM in Fraunberg mit den LÜB-Messstationen zeigt gute Übereinstimmungen. Die Konzentrationen der mobilen LGM in Fraunberg waren während des Messzeitraums 23. Juli 2015 bis 11. Januar 2016 zwischen dem Konzentrationsniveau der LÜB-Station München-Johanneskirchen und Andechs. Das Konzentrationsniveau der mobilen Luftgütemessungen in Fraunberg kann somit als vorstädtisch bis ländlich bezeichnet werden.

Es zeigt sich bezogen auf den Messzeitraum 23. Juli 2015 bis 11. Januar 2016 ebenfalls eine gute Übereinstimmung zur Hauptmessstation LHY7 des Flughafens München. Die Luftqualität in Fraunberg kann deshalb zukünftig auch über die stationären Messstationen abgeschätzt werden.

10. Index

Alarmschwelle.....	38, 39	Luftreinhaltepläne	37
Benzo[a]pyren	10, 33, 39	n-Alkane	10, 21, 36, 39
Benzol	10, 35, 36, 39, 40, 41	NO	10, 21, 34
Emission.....	30	NO ₂	10, 21, 34, 39, 41
Emittenten.....	10	NO _x	34
Feinstaub	10	O ₃	10, 21, 34, 35, 39
Grenzwert.....	39, 41	PAK.....	33
Immission	31	PM ₁₀	10, 21, 32, 33, 39, 40, 41
Immissionsgrenzwert.....	38	PM _{2,5}	10, 21, 32, 33, 39
Immissionsmessungen.....	10	Richtwert.....	38, 40
Informationsschwelle.....	38, 39	Schadstoffe	10
Inversionswetterlagen.....	30	SO ₂	10, 21, 34, 39
IRK.....	40	UFP.....	22
LAI	39, 40	Zielwert	38
Luftqualitätsindex [LaQx]	40		

Literatur

- [1] 39. BImSchV, Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes [Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen], BGBl. I S. 1065, 2. August 2010.
- [2] Müller-BBM, „Bericht Nr. M90897/91: "Ergebnisse der mobilen Luftgütemessungen in Fraunberg [mobile LGM] - Messzeitraum 23.07.2015 - 11.01.2016" v. 01.04.2016“.
- [3] 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.
- [4] 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].
- [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/spuren_gase/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] Vorläufige Messdaten der LÜB-Stationen, LfU Bayern, 2015.
- [17] HLfU, Hrsg., Schadstoffbelastungen durch den Flugverkehr, Bd. Heft 260, Hessische Landesanstalt für Umwelt, 1999.
- [18] 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].
- [19] 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].
- [20] 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.
- [21] BImSchG, Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge – Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) vom 26. September 2002 (BGBl I S. 3830), zuletzt geändert am 2. Juli 2013, 2013.
- [22] 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).
- [23] VDI 2310, Richtlinienreihe zu Maximalen Immissionswerten zum Schutz der Vegetation, zum Schutz des Menschen und zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere.
- [24] TRGS 900, Technische Regeln für Gefahrstoffe 900, G. 2. S.271-274, Hrsg., zuletzt geändert und ergänzt am 02.04.2014.
- [25] LUBW, „Ermittlung des Langzeit-Luftqualitätsindex [LaQx],“ 2014. [Online]. Available: <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/20148/>. [Zugriff am 31. 03. 2016].
- [26] LfU, „E-Mail des Bayerischen Landesamtes für Umwelt: Übermittlung der vorläufigen Messdaten,“ 04. Februar 2016.

- [27] VDI 3957, Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation) - Emittentenbezogener Einsatz pflanzlicher Bioindikatoren, Bd. Blatt 10, 2004 - 12.

Danksagung

Dank gilt Herrn Friedhelm Eugel für seine tatkräftige Unterstützung bei der Auswahl des Standortes am Sportplatz in Fraunberg, dem Bayerischen Landesamt für Umwelt, insbesondere Herrn Regierungsdirektor Dr. Heinz Ott, für die fachliche Beratung sowie allen weiteren an der Durchführung der Messkampagne in Fraunberg 2015 Beteiligten, namentlich Herrn Hans-Peter Melzl, Frau Dr. Katharina Kamilli und Herrn Stefan Kaun vom Flughafen München, Umweltabteilung.

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

04.05.2016