

Mobile Luftgütemessung  
Haimhausen  
03.07.2018 – 31.12.2018

Umwelt am Flughafen München

Verbindung leben



Mobile  
Luftgütemessstation

Flughafen München GmbH  
Abteilung Umwelt/UMU  
Rudolf-Wilms-Str. 15  
80332 München / Flughafen  
München +49 89 2173 42602

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Überblick über die Messkampagne Haimhausen</b> .....	<b>2</b>
<b>2. Die mobile Luftgütemessstation in Haimhausen</b> .....	<b>4</b>
2.1. Anfrage der Gemeinde Haimhausen .....	4
2.2. Standortvorschläge .....	4
2.3. Standortwahl.....	4
2.4. Messzeitraum .....	4
2.5. Mobile Luftgütemessstation (mobile LGM) .....	5
2.6. Messumfang / Parameter .....	6
2.7. Betrieb der mobilen Luftgütemessstation .....	7
<b>3. Meteorologie und Flugverkehr im Messzeitraum</b> .....	<b>9</b>
3.1. Meteorologische Situation während des Messzeitraums .....	9
3.2. Ergebnisse der meteorologischen Messungen in Haimhausen .....	10
3.3. Flugverkehr .....	13
<b>4. Luftschadstoffe</b> .....	<b>15</b>
4.1. Entstehung und Ausbreitung .....	15
4.2. Schichtung der Atmosphäre .....	16
4.3. Flugbewegungen in der atmosphärischen Grenzschicht .....	16
4.4. Verteilung von Flugzeugemissionen .....	17
4.5. Feinstaub .....	17
4.6. Benzo(a)pyren als Leitparameter für PAK.....	18
4.7. Stickstoffoxide .....	18
4.8. Schwefeldioxid.....	19
4.9. Ozon .....	19
4.10. Benzol und <i>n</i> -Alkane.....	20
<b>5. Bewertungsgrundlagen</b> .....	<b>22</b>
5.1. Allgemeine Bewertungsgrundlagen .....	23
5.2. Mögliche Bewertungsmaßstäbe zur Beurteilung von <i>n</i> -Alkanen .....	25
<b>6. Messergebnisse und Bewertung der Luftgüte in Haimhausen</b> .....	<b>26</b>
6.1. Messergebnisse Partikel PM <sub>10</sub> und PM <sub>2,5</sub> .....	26
6.2. Messergebnisse Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> ).....	28

6.3.	Messergebnisse Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> ) .....	30
6.4.	Messergebnisse Ozon (O <sub>3</sub> ) .....	32
6.5.	Messergebnisse Benzol, Toluol, Xylol, Ethylbenzol und <i>n</i> -Alkane .....	34
6.6.	Messergebnisse Benzo(a)pyren .....	37
<b>7.</b>	<b>Vergleich der Messstationen .....</b>	<b>39</b>
7.1.	Partikel PM <sub>10</sub> und PM <sub>2,5</sub> .....	39
7.2.	Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> ) .....	43
7.3.	Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> ) .....	48
7.4.	Ozon (O <sub>3</sub> ) .....	49
7.5.	Benzol, Toluol, Xylol, Ethylbenzol und <i>n</i> -Alkane .....	51
7.6.	Benzo(a)pyren .....	54
<b>8.</b>	<b>Zusätzliche Vergleichsbetrachtungen .....</b>	<b>56</b>
8.1.	Vergleich mit ausgewählten Messstationen des Lufthygienischen Landesüberwachungssystems Bayern (LÜB) .....	56
8.2.	Langzeit-Luftqualitätsindex .....	59
<b>9.</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>62</b>
<b>10.</b>	<b>Index .....</b>	<b>65</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.	Standorte von LHY4, LHY7 und der mobilen LGM in Haimhausen.....	2
Abbildung 2.	Mobile LGM am Standort „östlich Mischgebiet“ in Haimhausen.....	5
Abbildung 3.	Innenausstattung der mobilen LGM.....	6
Abbildung 4.	Windrichtungsverteilung der mobilen Luftgütemessungen in Haimhausen (03.07.- 31.12.18).....	10
Abbildung 5.	Mittlerer Verlauf der Windgeschwindigkeit in Haimhausen für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Stundenmittelwert).....	12
Abbildung 6.	Mittlerer Verlauf der Lufttemperatur für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Stundenmittelwerte).....	12
Abbildung 7.	Auszug aus AIP Germany.....	13
Abbildung 8.	Flugspuraufzeichnungen vom 17.08.2018 (Betriebsrichtung Ost).....	14
Abbildung 9.	Flugspuraufzeichnungen vom 10.08.2018 (Betriebsrichtung West).....	14
Abbildung 10.	Verlauf der gravimetrisch gemessenen PM <sub>10/2,5</sub> -Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Tagesmittelwerte, PM <sub>10</sub> -Tagesgrenzwert 50 µg/m <sup>3</sup> rot markiert).....	27
Abbildung 11.	Verlauf der gemessenen NO <sub>2</sub> -Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Stundenmittelwerte, NO <sub>2</sub> -Stundengrenzwert 200 µg/m <sup>3</sup> rot markiert).....	29
Abbildung 12.	Verlauf der gemessenen NO-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Stundenmittelwerte).....	30
Abbildung 13.	Verlauf der gemessenen SO <sub>2</sub> -Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Stundenmittelwerte, SO <sub>2</sub> -Stundengrenzwert 350 µg/m <sup>3</sup> rot markiert).....	32
Abbildung 14.	Verlauf der gemessenen O <sub>3</sub> -Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Stundenmittelwerte, O <sub>3</sub> -Stundeninformationsschwelle 180 µg/m <sup>3</sup> rot markiert).....	34
Abbildung 15.	Verlauf der gemessenen Benzol-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 11.01.16 - 04.07.16 (Wochenmittelwerte, Jahresimmissionswert 5 µg/m <sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).....	36
Abbildung 16.	Verlauf der Summe der gemessenen <i>n</i> -Alkan-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Wochenmittelwerte, hilfswise herangezogener Beurteilungswert für Innenräume von 200 µg/m <sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).....	37
Abbildung 17.	Verlauf der gemessenen BaP-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Monatsmittelwerte, Jahreszielwert 1 ng/m <sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).....	38
Abbildung 18.	Verlauf der gravimetrisch gemessenen PM <sub>10</sub> -Konzentration der mobilen LGM und LHY7 für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Tagesmittelwerte, Tagesimmissionsgrenzwert 50 µg/m <sup>3</sup> rot markiert).....	40
Abbildung 19.	Verlauf der gravimetrisch gemessenen PM <sub>2,5</sub> -Konzentration der mobilen LGM und LHY7 für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18; Tagesmittelwerte.....	41
Abbildung 20.	Konzentrationswindrose: mittlere PM <sub>10</sub> -Konzentrationen aus allen Einzelmesswerten je 10°- Windrichtungsklasse (WRK) an den Messorten mobile LGM und LHY7 im Vergleich; basierend auf kontinuierlichen Messdaten im Zeitraum vom 03.07. - 31.12.18.....	42
Abbildung 21.	Verlauf der NO <sub>2</sub> -Konzentration der mobilen LGM, der Hauptmessstation LHY7 und der Messstation LHY4 für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Monatsmittelwerte, Grenzwert für das Kalenderjahr 40 µg/m <sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).....	44
Abbildung 22.	Konzentrationswindrose: mittlere NO <sub>2</sub> -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 03.07. - 31.12.18.....	45

Abbildung 23.	Verlauf der NO-Konzentration der mobilen LGM, der Hauptmessstation LHY7 und der Messstation LHY4 für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Monatsmittelwerte).	47
Abbildung 24.	Verlauf der SO <sub>2</sub> -Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Monatsmittelwerte, Grenzwert für das Tagesmittel 125 µg/m <sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).	49
Abbildung 25.	Verlauf der O <sub>3</sub> -Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Monatsmittelwerte, Zielwert für den Tag von 120 µg/m <sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).	51
Abbildung 26.	Verlauf der Benzol-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Wochenmittelwerte, Immissionsgrenzwert 5 µg/m <sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).	53
Abbildung 27.	Verlauf der <i>n</i> -Alkan-Konzentration (Summe) der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Wochenmittelwerte, hilfsweise herangezogener Beurteilungswert für Innenräume von 200 µg/m <sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).	53
Abbildung 28.	Vergleich der Benzo(a)pyren-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 (Monatsmittelwerte, Zielwert für das Jahr 1 µg/m <sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).	55
Abbildung 29.	Vergleich der PM <sub>10</sub> -Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Haimhausen (Monatsmittelwerte, PM <sub>10</sub> -Jahresgrenzwert 40 µg/m <sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).	57
Abbildung 30.	Vergleich der PM <sub>2,5</sub> -Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Haimhausen (Monatsmittelwerte, PM <sub>2,5</sub> -Jahresgrenzwert 25 µg/m <sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).	57
Abbildung 31.	Vergleich der NO <sub>2</sub> -Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Haimhausen (Monatsmittelwerte, NO <sub>2</sub> -Jahresgrenzwert 40 µg/m <sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).	58
Abbildung 32.	Vergleich der O <sub>3</sub> -Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Haimhausen (Monatsmittelwerte, Zielwert für den Tag von 120 µg/m <sup>3</sup> rot, gestrichelt markiert).	58
Abbildung 33.	Standorte der mobilen Luftgütemesstation und Beurteilung der Luftgüte nach dem LaQx.	61

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Übersicht Messparameter, Messgeräte und Messverfahren. ....	7
Tabelle 2. Monatskenngrößen von Lufttemperatur, relativer Luftfeuchte, Luftdruck und Windgeschwindigkeit für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18. ....	11
Tabelle 3. Starts und Landungen sowie Betriebsrichtungsverteilung 03.07. - 31.12.18. ....	13
Tabelle 4. Beurteilungswerte. ....	24
Tabelle 5. Statistische Kenngrößen der PM <sub>10</sub> - und PM <sub>2,5</sub> -Konzentrationen im Messzeitraum. ....	26
Tabelle 6. Statistische Kenngrößen der NO <sub>2</sub> -Konzentration für den Messzeitraum. ....	28
Tabelle 7. Statistische Kenngrößen der NO-Konzentration für den Messzeitraum. ....	29
Tabelle 8. Statistische Kenngrößen der SO <sub>2</sub> -Konzentration für den Messzeitraum. ....	31
Tabelle 9. Statistische Kenngrößen der O <sub>3</sub> -Konzentration für den Messzeitraum. ....	33
Tabelle 10. Statistische Kenngrößen der BTEX- und <i>n</i> -Alkanmessungen (mobile LGM). ....	35
Tabelle 11. Statistische Kenngrößen der Benzo(a)pyren-Konzentration im PM <sub>10</sub> . ....	37
Tabelle 12. Kenngrößen der PM <sub>10</sub> -Konzentration (mobile LGM/ LHY7). ....	39
Tabelle 13. Kenngrößen der PM <sub>2,5</sub> -Konzentration (mobile LGM/ LHY7). ....	41
Tabelle 14. Mittlere PM <sub>10</sub> -Konzentration und -differenz je Windsektor. ....	43
Tabelle 15. Kenngrößen der NO <sub>2</sub> -Konzentration (mobile LGM/ LHY7/ LHY4). ....	44
Tabelle 16. Mittlere NO <sub>2</sub> -Konzentration und -differenz je Windsektor. ....	46
Tabelle 17. Kenngrößen der NO-Konzentration (mobile LGM/ LHY7/ LHY4). ....	47
Tabelle 18. Kenngrößen der SO <sub>2</sub> -Konzentration (mobile LGM/ LHY7). ....	48
Tabelle 19. Kenngrößen der O <sub>3</sub> -Konzentration (mobile LGM/ LHY7). ....	50
Tabelle 20. Kenngrößen der BTEX- und <i>n</i> -Alkan-Konzentration (mobile LGM/ LHY7). ....	52
Tabelle 21. Kenngrößen der Benzo(a)pyren-Konzentration (mobile LGM/ LHY7). ....	54
Tabelle 22. Mittelwerte der LÜB-Stationen im Vergleich zur mobilen LGM in Haimhausen (03.07. – 31.07.18)....	56
Tabelle 23. Übersicht und Zusammenfassung des Langzeit-Luftqualitätsindex. ....	59
Tabelle 24. Bewertung der Luftqualität in Haimhausen. ....	60
Tabelle 25. Vergleich Beurteilungswerte 39. BImSchV mit den Messwerten der mobilen LGM (Haimhausen). ....	62
Tabelle 26. Bewertung der Luftqualität in Haimhausen gemäß Langzeit-Luftqualitätsindex. ....	64

## 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 nichtöffentliche Straßenverkehr sowie weitere Aktivitäten. Wesentliche Schadstoffe, die dabei freigesetzt werden können, sind Stickstoffoxide (NO<sub>2</sub>, NO), Feinstaub (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>) 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 (mobile LGM). Mit dieser mobilen Messstation geht der Flughafen München einen neuen Weg bei der Luftgüteüberwachung. Als erster Flughafen Deutschlands stellt er den Kommunen im Umland seine mehr als 100.000 EUR teure Anlage freiwillig und kostenlos zur Verfügung, um die Luftqualität direkt vor Ort beobachten zu können.

Die Auswahl der mit der mobilen Luftgütemessstation überwachten Messparameter orientiert sich an der 39. BImSchV [1]. Hierzu zählen Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Feinstaub (PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>), Ozon (O<sub>3</sub>), 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 LGM wurde am 04.12.2013 der Fluglärmkommission vorgestellt. Anfragen von interessierten Gemeinden können über die Fluglärmkommission oder direkt an die Umweltabteilung des Flughafens München gerichtet werden.

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

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

## 1. Überblick über die Messkampagne Haimhausen

Messungen mit der mobilen Messstation des Flughafen München erfolgten bereits in der ersten Hälfte des Jahres 2016 vom 11.01.-04.07.2016 in der Gemeinde Haimhausen. Die Luftqualität wurde damals als insgesamt „gut“ bewertet. Die Gemeinde nahm 2018 erneut das freiwillige Angebot der Flughafen München GmbH zur mobilen Messung der Luftgüte im Gemeindebereich in Anspruch. Um eine Vergleichbarkeit mit den bisherigen Messungen zu gewährleisten wurde der Messstandort für die mobile LGM 2018 identisch zu 2016, am östlichen Orstrand von Haimhausen gewählt.

Die Standortfestlegung erfolgte 2016 gemeinsam von Vertretern der Gemeinde Haimhausen, des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU), des Flughafen München und des unabhängigen Gutachterbüros Müller-BBM.

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 03.07.2018 wurde die mobile LGM in Haimhausen aufgestellt und in Betrieb genommen. Die Messungen wurden am 31.12.2018 beendet.

Abbildung 1 zeigt die Standorte der stationären Luftgütemessstationen LHY4 und LHY7 auf dem Flughafengelände sowie den Standort der mobilen LGM im Zeitraum 03.07.2018 bis 31.12.2018 in Haimhausen.

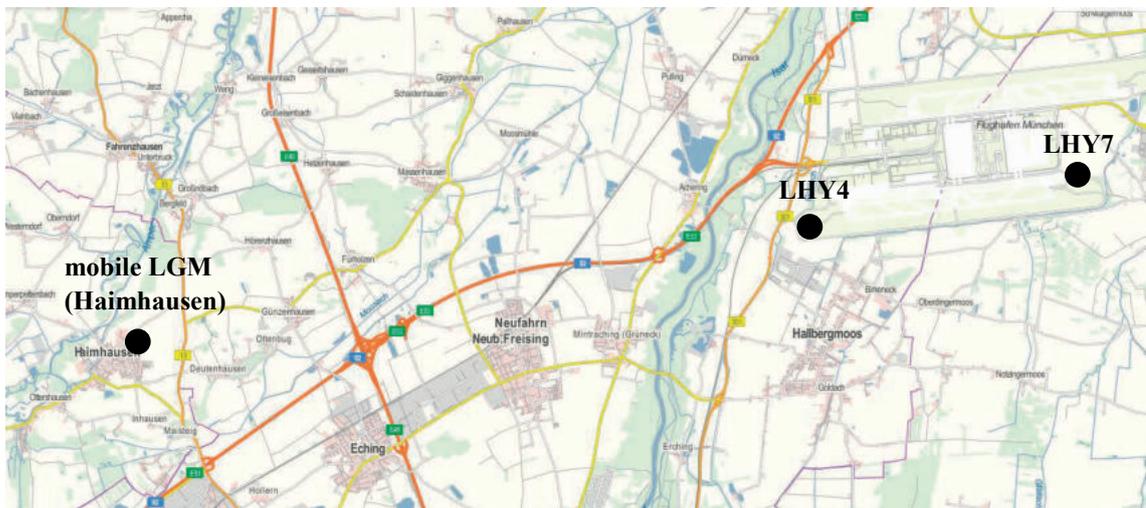


Abbildung 1. Standorte von LHY4, LHY7 und der mobilen LGM in Haimhausen.

Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse der Messungen im Gemeindebereich Haimhausen vor. Er erweitert den von Müller-BBM erstellten Messbericht „Ergebnisse der mobilen Luftgütemessungen in Haimhausen“ vom 30.08.2016 [2] um zusätzliche Informationen zur Wahl des Standortes, zur mobilen LGM, zum Flugverkehr sowie den Luftschadstoffen und Bewertungsgrundlagen. Die Kapitel 6, 7 und 8 des vorliegenden Berichtes stellen die Messergebnisse und zusätzliche Vergleichsbetrachtungen dar. Sie sind, wie auch die Zusammenfassung (Kapitel 9), wort- und inhaltsgleich aus dem Messbericht von Müller-BBM übernommen.

Für alle gemessenen Parameter wurden nach der 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes – Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV) [1] 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 Ergebnisse zeigen, dass die gemessenen Parameter deutlich unter den zugehörigen Grenz- bzw. Vergleichsparametern liegen und sich die Luftqualität in der Gemeinde Haimhausen, analog zu 2016, mit typischen ländlichen Hintergrundsituationen vergleichen lässt.

## **2. Die mobile Luftgütemessstation in Haimhausen**

### **2.1. Anfrage der Gemeinde Haimhausen**

Die Gemeinde Haimhausen wandte sich mit einem Schreiben vom 04.08.2017 an die Flughafen München GmbH und bat um erneute Durchführung einer mobilen Luftgütemessung auf ihrem Gemeindegebiet. Die Flughafen München GmbH erklärte sich daraufhin bereit, auf ihre Kosten eine Messkampagne durchzuführen.

### **2.2. Standortvorschläge**

Die Standortauswahl erfolgte bereits im Rahmen der ersten Messkampagne 2016. Die Gemeinde Haimhausen wurde damals gebeten, mindestens fünf Standorte vorzuschlagen. Die Standorte müssen folgenden Bedingungen genügen:

- Stabile und möglichst ebene Aufstellfläche, die gut mit der auf einem Anhänger befindlichen Station angefahren werden kann.
- Stromversorgung mit mindestens 220 V (Kosten für Strom und ggf. Aufstellfläche trägt die Gemeinde).
- Möglichst ungehinderte Anströmung des Standortes, keine hohen Bäume oder Gebäude im Nahbereich.
- Keine Emittenten im Zustrom (z. B. viel befahrene Straßen, Industrie, Gewerbe oder sonstige Betriebe oder Einrichtungen, die Rauch, Staub oder andere Emissionen verursachen).
- Idealerweise im Bereich relevanter Einrichtungen (Schule, Sportplatz, Kindergarten, Gemeindebüre etc.).
- Idealerweise umzäunt, um die Vandalismusgefahr zu minimieren.

### **2.3. Standortwahl**

Im Rahmen der Ortseinsicht für die Messungen im ersten Halbjahr 2016 durchgeführten Luftgütemessungen wurde einvernehmlich der Standort östlich des Mischgebietes (SV 4) als Messort gewählt. Die Begutachtung und Messortfestlegung erfolgte dabei am 26. November 2015 gemeinsam durch die Vertreter der Gemeinde Haimhausen, das Bayerische Landesamt für Umwelt, des Flughafens München und der Müller-BBM GmbH.

Der Messort befindet sich auf einem Grünstreifen im Osten von Haimhausen auf der dem Flughafen zugewandten Richtung. Die Beeinflussung durch lokale Emittenten ist an diesem Standort vergleichsweise gering.

### **2.4. Messzeitraum**

Die Messstation wurde am 03.07.2018 am Standort „östlich Mischgebiet“ in Haimhausen aufgestellt. Luftgütemessungen wurden vom 03.07.2018 bis zum 31.12.2018 durchgeführt.

Der Messzeitraum kann als repräsentativ angesehen werden, da sowohl Monate des Sommerals auch des Winterhalbjahres erfasst wurden. Mit den Messdaten aus dem Messzeitraum

11.01.2016 - 04.07.2016 ergibt sich eine Datenabdeckung über den Zeitraum eines ganzen Jahres.



Abbildung 2. Mobile LGM am Standort „östlich Mischgebiet“ in Haimhausen.

## 2.5. Mobile Luftgütemessstation (mobile LGM)

Die mobile LGM des Flughafens München besteht aus einem Container mit der Abmessung 2,40 m x 2,60 m, der auf einem PKW-Anhänger montiert ist. Der Anhänger mit Container hat eine Höhe von rund 2,50 m und weist ein Gesamtgewicht von rund 1.200 kg auf. Die mobile LGM 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 LGM benötigt für ihren Betrieb einen externen 220 V-Anschluss.

Abbildung 3 zeigt die Innenausstattung der mobilen LGM am Standort „östlich Mischgebiet“.



Abbildung 3. Innenausstattung der mobilen LGM.

## 2.6. Messumfang / Parameter

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

- Feinstaub (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>)
- Stickstoffoxide (NO<sub>2</sub>, NO)
- Ozon (O<sub>3</sub>)
- Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)
- 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 LGM 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.

<b>Messumfang der mobilen Luftgütemessstation</b>		
<b>Parameter</b>	<b>Gerät</b>	<b>Verfahren</b>
PM <sub>10</sub> kontinuierlich	Horiba Typ: APDA 371	In Anlehnung an DIN EN 12341
PM <sub>10</sub> gravimetrisch	Comde/Derenda Typ: LVS/PNS	DIN EN 12341
PM <sub>2,5</sub> kontinuierlich	Horiba Typ: APDA 371	In Anlehnung an DIN EN 12341
PM <sub>2,5</sub> gravimetrisch	Comde/Derenda Typ: LVS/PNS	DIN EN 12341
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	Horiba Typ: APSA 370	DIN EN 14212
Ozon (O <sub>3</sub> )	Horiba Typ: APOA 370	DIN EN 14625
Stickstoffmonoxid (NO)	Horiba Typ: APNA 370	DIN EN 12411
Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )	Horiba Typ: APNA 370	DIN EN 14211
BTEX	Horiba Typ: GPS5-8D bzw. MCZ Typ: MircoPNS	DIN EN 14662
Benzo(a)pyren (im PM <sub>10</sub> )	Comde/Derenda Typ: LVS/PNS	DIN EN 15549
<i>n</i> -Alkane (C <sub>6</sub> -C <sub>14</sub> )	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. UFPs werden derzeit nur im Rahmen von wissenschaftlichen Sonderuntersuchungen gemessen (z. B. am Flughafen Frankfurt [5]).

## 2.7. Betrieb der mobilen Luftgütemessstation

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

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

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

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

### **3. Meteorologie und Flugverkehr im Messzeitraum**

#### **3.1. Meteorologische Situation während des Messzeitraums**

Die meteorologische Situation während der Luftgütemessung in Haimhausen kann aus luft-hygienischer Sicht wie folgt zusammengefasst werden [6]:

Wie bereits im April, Mai und Juni 2018 dominierte auch im Juli 2018 verbreitet Hochdruckeinfluss. Dabei gelangte zunächst aus östlichen Richtungen sehr warme, kontinentaltrockene Luft nach Bayern. Gegen Monatsende bestimmte zunehmend feuchte Luft aus Südwesteuropa unser Wetter. Gelegentlich entwickelten sich heftige Gewitter mit Starkregen.

Auch der August 2018 reihte sich in die bereits im April 2018 begonnene Serie extrem warmer und ungewöhnlich sonnenscheinreicher Monate ein. Nach einem sehr heißen Monatsbeginn mit Temperaturen von bis zu 33 °C gab es in der Nacht zum 10. August Schauer und Gewitter, welche einen Temperatursturz zur Folge hatten. Im weiteren Monatsverlauf wurde es in Folge häufiger Witterungswechsel deutlich unbeständiger.

Im September 2018 brachten mehrere Hochdruckgebiete nach einem mäßigen Monatsbeginn Mitte September 2018 viel Sonnenschein und Temperaturen von bis zu 28,5 °C. Am 23. September wurden durch Orkantief „Fabienne“ Windgeschwindigkeiten von bis zu 13 m/s verursacht.

Der Oktober 2018 war erneut durch anhaltenden Hochdruckeinfluss mit überwiegend östlichen Windrichtungen geprägt. Durch diesen ausgeprägten Hochdruckeinfluss war der Oktober 2018 ungewöhnlich sonnenscheinreich und sehr warm. Nur zu Beginn der ersten sowie in der dritten Monatsdekade stellten sich herbstliche Temperaturen ein. Meist gelangten aber auch mit südwestlichen Strömungen ungewöhnlich warme und trockene Luftmassen zu uns, wodurch sich die seit Frühjahr anhaltende Trockenheit, mit Ausnahme von Starkregenereignissen, weiter verschärfte.

Auch der November 2018 reihte sich nahtlos in die Serie zu trockener Monate ein. Ursache dafür war der meist vorherrschende Hochdruckeinfluss aus Osten in Verbindung mit für die Jahreszeit typischem Hochnebel. Der Hochnebel begünstigte in den Morgenstunden einiger Novembertage die Bildung lokaler bodennaher Inversionen, welche sich durch kurzzeitig erhöhte Schadstoffkonzentrationen äußerten.

Anfang Dezember 2018 gab es einen großräumigen Wechsel der Wetterlage. Die vorher über Monate hinweg dominierenden Hochdruckgebiete wanderten nach Osten ab und machten den Weg frei für atlantische Tiefdruckgebiete, die mit ihren Ausläufern direkt über Bayern hinwegzogen.

In Folge gab es fast den kompletten Dezember 2018 milde Westströmungen in Verbindung mit teils kräftigen Winden. Stabile Schichtungen, wie z. B. für die Jahreszeit typische langanhaltende Hochnebelperioden, waren nicht zu verzeichnen.

Zusammenfassend kann der Messzeitraum in Haimhausen im Vergleich zum lanfristigen Mittel als deutlich zu trocken, zu warm und zu sonnenscheinreich bezeichnet werden. Aus lufthygienischer Sicht war der Messzeitraum daher tendenziell im Sommerhalbjahr ungünstig. Der Anteil an Ostwindwetterlagen, bei welchen sich Haimhausen im Abwind des Flughafens bzw. im Überflug sowie im Abwind der Autobahn A92 befindet, war im Messzeitraum ebenfalls ungewöhnlich hoch. Zusammenfassend können die Wintermonate als zu mild bezeichnet werden.

### 3.2. Ergebnisse der meteorologischen Messungen in Haimhausen

In der mobilen LGM, sowie an der ca. 18 km weiter nordöstlich gelegenen Hauptmessstation LHY7, werden die meteorologischen Größen Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Luftdruck sowie Windrichtung und Windgeschwindigkeit kontinuierlich erfasst.

Die Aufzeichnungen liegen für den Zeitraum vom 03. Juli bis 31. Dezember 2018 in Form von Halbstunden- und Stundenmittelwerten vor; für jedes Stundenintervall und jede Messgröße wurden ferner jeweils die höchsten und die niedrigsten Einzelmesswerte festgehalten (Extremwerte). Die meteorologischen Größen dienen u. a. der Beurteilung der Immissionssituation.

In der nachfolgenden Abbildung 4 ist die Windrichtungsverteilung für den gesamten Messzeitraum dargestellt. Auf Grundlage dieser Windverteilung können die Luftschadstoffkonzentrationen bewertet werden. Weitere Betrachtungen der Windrichtungsverteilungen sind im Messbericht von Müller-BBM vom 30. August 2019 in Kapitel 5 (Seite 28 – 31) zu finden. Auf Grundlage dieser monatlichen Windrichtungsverteilung können die Luftschadstoffkonzentrationen bewertet werden.

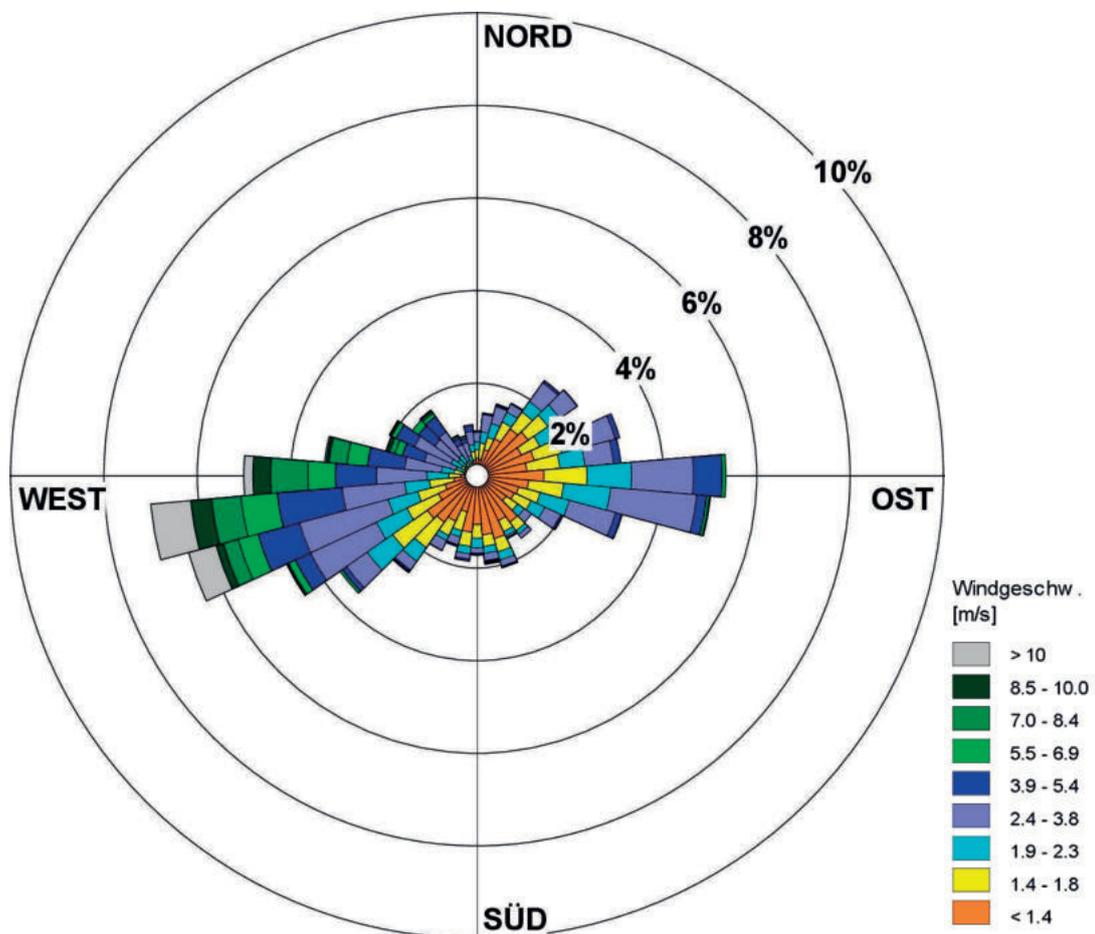


Abbildung 4. Windrichtungsverteilung der mobilen Luftgütemessungen in Haimhausen (03.07.- 31.12.18).

Die Häufigkeitsverteilungen der Windrichtung und Windgeschwindigkeit für den Zeitraum 03. Juli bis 31. Dezember 2018 zeigt zwei ähnlich ausgeprägte Maxima aus westlichen bis südwestlichen und aus östlichen bis nordöstlichen Richtungen. Die im Messzeitraum ermittelte Windrichtungsverteilung entspricht der überregionalen Windrichtungsverteilung der Flughafenregion.

Der Anteil an Schwachwinden (Kalmen) betrug überdurchschnittliche 8,6 %. Der Anteil an windschwachen Situationen (<1,4 m/s) betrug 36,0 %. Im Vergleich hierzu wurden im repräsentativen Jahr 2012 24,6 % windschwache Situationen registriert.

In der nachfolgenden Tabelle 2 sind zunächst die Monatskenngrößen von Lufttemperatur, relativer Feuchte, Luftdruck und der Windgeschwindigkeit für Haimhausen dargestellt.

Tabelle 2. Monatskenngrößen von Lufttemperatur, relativer Luftfeuchte, Luftdruck und Windgeschwindigkeit für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18.

<b>Kenngroße</b>	<b>Windgeschwindigkeit</b>	<b>rel. Feuchte</b>	<b>Lufttemperatur</b>
	<b>m/s</b>	<b>%</b>	<b>°C</b>
Juli 18	2,0	64	20,5
August 18	2,1	64	20,9
September 18	2,0	73	15,7
Oktober 18	2,4	76	10,9
November 18	1,9	87	4,2
Dezember 18	4,3	84	2,8
<b>Mittelwert</b>	<b>2,5</b>	<b>75</b>	<b>12,4</b>
Max. 1h-Mittelwert	15,2	96	32,8
Min. 1h-Mittelwert	< 0,5	28	-5,9
Verfügbarkeit %	100	100	100

Die mittlere Windgeschwindigkeit über den gesamten Messzeitraum betrug 2,5 m/s. Die höchsten Windgeschwindigkeiten wurden im Dezember 2018 registriert. Im November wurden mit 1,9 m/s die geringsten Windgeschwindigkeiten gemessen.

Die mittlere Lufttemperatur im Messzeitraum lag 2 °C über dem langjährigen Mittel der DWD Messstation München-Flughafen. Alle mittleren Monatstemperaturen lagen dabei über dem langjährigen Mittel des jeweiligen Messmonats.

In Abbildung 5 ist zur Darstellung der meteorologischen Situation der Verlauf der Windgeschwindigkeit und in

Abbildung 6 der Verlauf der Lufttemperatur an der mobilen LGM in Haimhausen im Messzeitraum dargestellt.

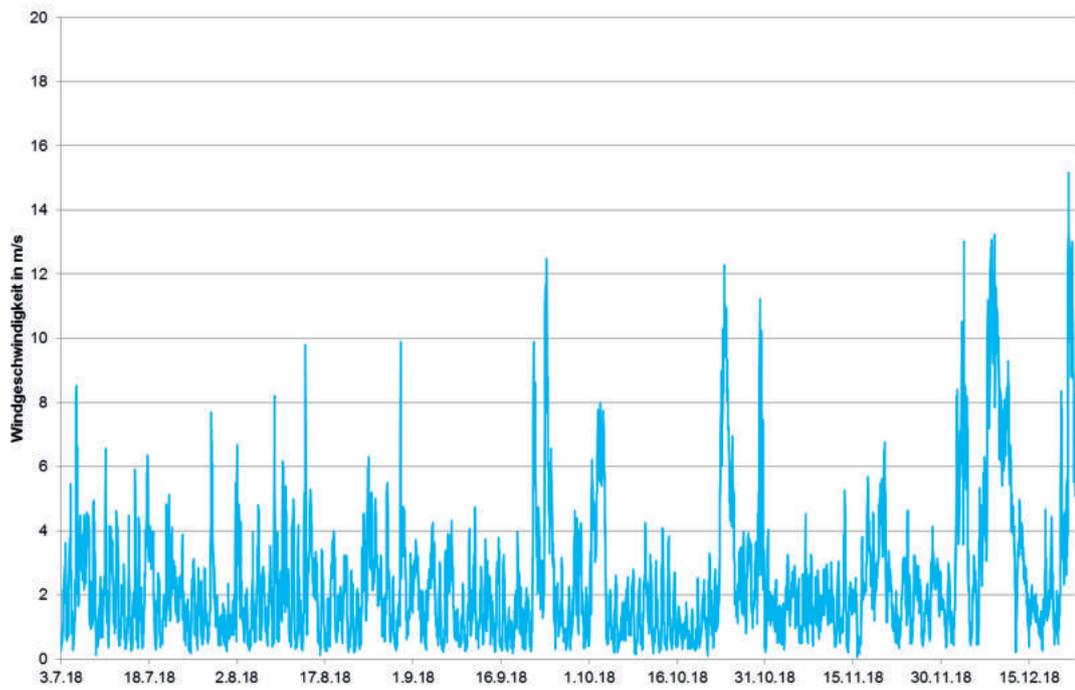


Abbildung 5. Mittlerer Verlauf der Windgeschwindigkeit in Haimhausen für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Stundenmittelwert).

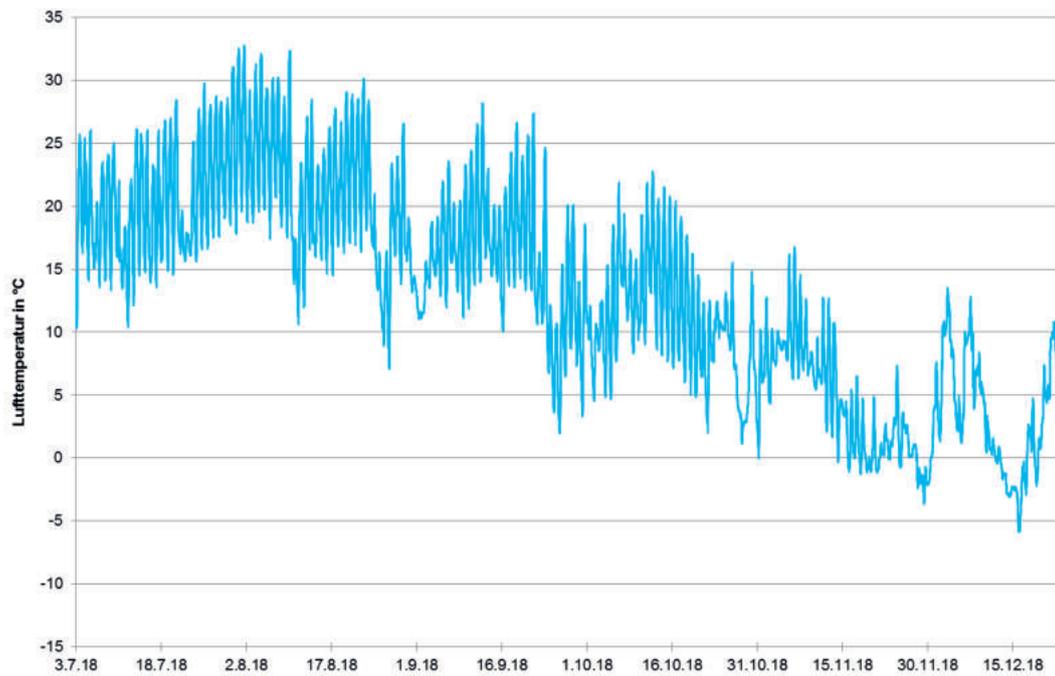


Abbildung 6. Mittlerer Verlauf der Lufttemperatur für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Stundenmittelwerte).

### 3.3. Flugverkehr

Im Messzeitraum vom 03.07. - 31.12.18 fanden insgesamt 181.151 Flugbewegungen statt.

In diesem Zeitraum war zu 42,5 % in Richtung Osten gestartet und von Westen kommend gelandet worden. Entsprechend wurde zu 57,5 % 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 03.07. - 31.12.18.

Tabelle 3. Starts und Landungen sowie Betriebsrichtungsverteilung 03.07. - 31.12.18.

<b>Starts und Landungen im Messzeitraum</b>	
Betriebsrichtung Ost	77.047
Betriebsrichtung West	104.104
<b>Betriebsrichtungsverteilung im Messzeitraum</b>	
Betriebsrichtung Ost	42,5 %
Betriebsrichtung West	57,5 %
<b>Betriebsrichtungsverteilung im langjährigen Mittel</b>	
Betriebsrichtung Ost	38 %
Betriebsrichtung West	62 %

Zur Veranschaulichung der Betriebsrichtungen zeigt Abbildung 7 einen Ausschnitt aus AIP Germany zu den Flugroutenfestlegungen.

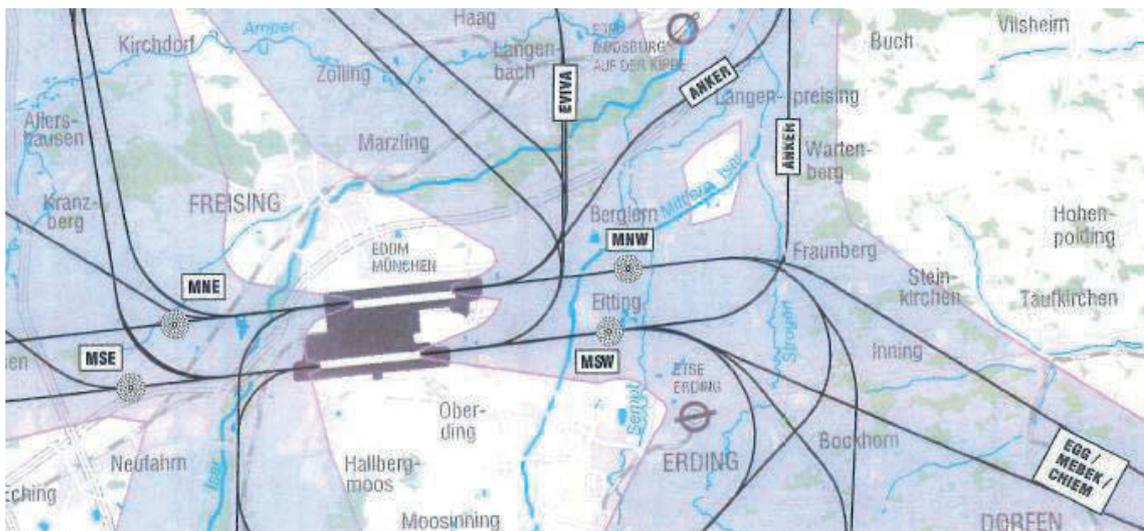


Abbildung 7. Auszug aus AIP Germany.

Abbildung 8 stellt beispielhaft die Flugspuraufzeichnungen im Messzeitraum bei Betriebsrichtung Ost (Flugspuraufzeichnungen vom 17.08.2018) dar. Dargestellt sind Starts (blau) und Landungen (orange). Die Lage der mobilen LGM in Haimhausen ist mit einem roten Kreis markiert.

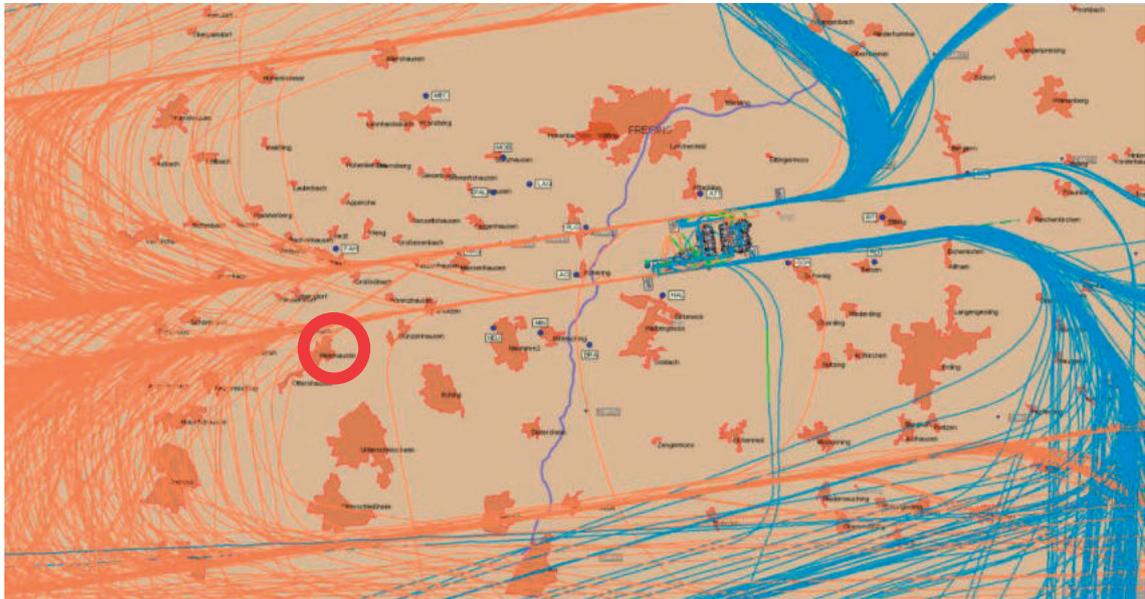


Abbildung 8. Flugspuraufzeichnungen vom 17.08.2018 (Betriebsrichtung Ost).

Abbildung 9 stellt beispielhaft die Flugspuraufzeichnungen im Messzeitraum bei Betriebsrichtung West (Flugspuraufzeichnungen vom 10.08.2018) dar. Dargestellt sind Starts (blau) und Landungen (orange). Die Lage der mobilen LGM in Haimhausen ist mit einem roten Kreis markiert.



Abbildung 9. Flugspuraufzeichnungen vom 10.08.2018 (Betriebsrichtung West).

## **4. Luftschadstoffe**

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 Luftschadstoffe 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 Luftschadstoffe 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 [7] [8]. 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 [9]. 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 [10].

### **4.3. Flugbewegungen in der atmosphärischen Grenzschicht**

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

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

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

#### 4.4. Verteilung von Flugzeugemissionen

Über Haimhausen befinden sich startende Flugzeuge in einer Höhe von über 2.000 Metern (rund 2.200 m), die Höhe schwankt je nach Flugzeugtyp und meteorologischen Verhältnissen. In jedem Fall befinden sich startende Flugzeuge über Haimhausen bereits im Bereich höherer Windgeschwindigkeiten der freien Atmosphäre. Die höheren Windgeschwindigkeiten verteilen Schadstoffe sehr schnell in horizontaler Richtung. Hinzu kommt die in der darunter liegenden Ekman-Schicht bereits erfolgende Windscherung durch die Corioliskraft. Ein ursprünglich am Boden gemessener Westwind kann so in 700 m Höhe bereits z. B. ein Nordwestwind sein.

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

#### 4.5. Feinstaub

Entstehung

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

Feinstaub mit einem kleineren Durchmesser als 10 Mikrometer (1/100 mm) wird als PM<sub>10</sub> (Particulate Matter) oder auch als Schwebstaub bezeichnet, da bereits die Turbulenz der bodennahen Atmosphäre genügt, um ihn am Absinken zu hindern.

Feinstaub mit einem kleineren Durchmesser als 2,5 Mikrometer (1/400 mm) wird als PM<sub>2,5</sub> bezeichnet.

Feinstaub mit einem kleineren Durchmesser als 0,1 Mikrometer (1/10000 mm) wird als PM<sub>0,1</sub> oder üblicherweise als UFP (Ultra Feine Partikel) bezeichnet.

Wirkung

PM<sub>10</sub> 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. PM<sub>10</sub> oder die kleineren Partikelfractionen können nach derzeitigem wissenschaftlichem Kenntnisstand zu Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen führen [11].

PM<sub>2,5</sub> als Bestandteil von PM<sub>10</sub> 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 PM<sub>10</sub>, sondern PM<sub>2,5</sub> zugrunde gelegt.

Dies ist auf die anzunehmende größere Gesundheitsgefährdung durch PM<sub>2,5</sub> im Vergleich zu PM<sub>10</sub> zurückzuführen.

PM<sub>0,1</sub> als Bestandteil von PM<sub>10</sub> kann von den Lungenbläschen (Alveolen) in die Blutbahn übertreten und so im Körper verteilt werden und andere Organe erreichen. Für PM<sub>0,1</sub> gibt es derzeit noch keine standardisierten Messverfahren und keine Bewertungskriterien.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist in der 39. BImSchV für PM<sub>10</sub> ein Jahresgrenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> und für PM<sub>2,5</sub> ein Jahresgrenzwert von 25 µg/m<sup>3</sup> 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 PM<sub>10</sub> als Leitparameter für PAKs verwendet [12]. Ein spezifisches „PAK-Profil“, das eindeutig auf den Flugverkehr als Emissionsquelle hinweist, existiert nicht [13]. Benzo(a)pyren im PM<sub>10</sub> hat als einzige PAK-Substanz einen Jahreszielwert in der 39. BImSchV. Deshalb wird bei Immissionsmessungen Benzo(a)pyren im PM<sub>10</sub> 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 [12].

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist daher in der 39. BImSchV für Benzo(a)pyren ein Jahreszielwert von 1 ng/m<sup>3</sup> enthalten [1] (siehe auch Tabelle 4).

#### **4.7. Stickstoffoxide**

##### Entstehung

Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>) entstehen u. a. durch Verbrennungsprozesse bei hohen Temperaturen. Die Hauptverursacher für NO<sub>x</sub>-Emissionen sind Industrie, Energieerzeugung und der Verkehrssektor. Primär wird überwiegend Stickstoffmonoxid (NO) emittiert, das in der Atmosphäre u. a. durch die Reaktion mit Ozon (O<sub>3</sub>) zu Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) 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 ( $\text{NO}_2$ ) von Bedeutung. Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) wird als Reizgas mit stechend-stickigem Geruch bereits in geringen Konzentrationen wahrgenommen. Die geringe Wasserlöslichkeit des Stickstoffdioxids ( $\text{NO}_2$ ) bedingt, dass der Schadstoff nicht in den oberen Atemwegen gebunden wird, sondern auch in tiefere Bereiche der Lunge eindringt und zu Atemwegserkrankungen führen kann. Vor allem Asthmatiker und Kinder reagieren bereits auf niedrige Stickstoffdioxidkonzentrationen.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist daher in der 39. BImSchV für Stickstoffdioxid ein Jahresgrenzwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  enthalten [1] (siehe auch Tabelle 4).

## 4.8. Schwefeldioxid

### Entstehung

Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) entsteht vor allem bei der Verbrennung von schwefelhaltigen fossilen Brennstoffen wie Kohle oder Erdölprodukten. Dadurch trägt es in erheblichem Maß zur Luftverschmutzung bei. Es ist der Grund für den sog. „sauren Regen“, wobei das Schwefeldioxid zunächst von Sauerstoff zu Schwefeltrioxid oxidiert wird und dann mit Wasser zu Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) umgesetzt wird.

### Wirkung

$\text{SO}_2$  schädigt in hohen Konzentrationen Mensch, Tiere und Pflanzen. Die Oxidationsprodukte führen zu „saurem Regen“, der empfindliche Ökosysteme wie Wald und Seen gefährdet und Gebäude und Materialien angreift. Hohe Schwefeldioxidkonzentrationen können beim Menschen zu Kopfschmerzen, Übelkeit und Benommenheit führen. In sehr hohen Konzentrationen schädigt das Gas stark die Bronchien und Lungen oder sogar die Nucleinsäuren, die Träger der Erbeigenschaften [14].

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  $\text{SO}_2$  durch OH-Radikale und durch nasse Deposition, d. h. durch Lösung in Wolkentropfen, in denen es zur schwefeligen Säure und zur Schwefelsäure umgewandelt wird.  $\text{SO}_2$  ist die wichtigste Quelle für Sulfat-Aerosol (Antitreibhauseffekt, saurer Regen) [15].

## 4.9. Ozon

### Entstehung

Ozon ( $\text{O}_3$ ) 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<sub>3</sub>) 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 [16].

#### 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 [16].

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit sind daher in der 39. BImSchV für Ozon ein Zielwert von 120 µg/m<sup>3</sup> 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 [17]. Das typische Kohlenwasserstoffmuster für Kerosin zeigt ein Maximum für die *n*-Alkane C8 (*n*-Oktan) bis C13 (*n*-Tridekan) [18]. Die Zusammensetzung der Abgase von Flugzeugtriebwerken oder Dieselmotoren ist ähnlich. Bei Überlagerungen ist eine Zuordnung der Abgase zu einem bestimmten Emittenten nicht mehr möglich [13] [19].

#### 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 [20].

#### 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 [20].

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist daher in der 39. BImSchV für Benzol ein Jahresgrenzwert von 5 µg/m<sup>3</sup> enthalten. Für Toluol, Ethylbenzol und Xylol existieren keine Grenzwerte. Als möglicher Beurteilungsmaßstab können die Zielwerte des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) herangezogen werden [1] (siehe auch Tabelle 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 [21].

### *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-Exposition 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 mg/m<sup>3</sup> Innenluft, das entspricht 200 µg/m<sup>3</sup>. 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) [22] 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) [23] geändert und die 22. und 33. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (22. BImSchV und 33. BImSchV) erlassen. Mit Inkrafttreten der 39. BImSchV [1] wurde neben der Luftqualitätsrichtlinie (2008/50/EG) auch die Richtlinie 2004/107/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15.12.2004 über Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft sowie die Richtlinie 2001/81/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.10.2001 über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe in nationales Recht umgesetzt und damit die 22. und 33. BImSchV abgelöst.

Die 39. BImSchV dient dem Schutz der menschlichen Gesundheit sowie dem Schutz der Umwelt vor möglichen Schäden durch Luftverunreinigungen. Sie regelt die geltenden Immissionswerte für Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Feinstaub (PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>), Schwefeldioxid, Benzol, Kohlenmonoxid sowie Blei, Ozon und Benzo(a)pyren.

### Zuständigkeiten

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

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

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

## 5.1. Allgemeine Bewertungsgrundlagen

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

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

### Immissionsgrenzwert

Immissionsgrenzwert ist ein Wert, der aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse mit dem Ziel festgelegt wird, schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhüten oder zu verringern und der innerhalb eines bestimmten Zeitraums eingehalten werden muss und danach nicht überschritten werden darf. In der Bundesrepublik Deutschland sind rechtsverbindliche Grenzwerte für Immissionen in der 39. BImSchV geregelt. Vorgaben für genehmigungsbedürftige Anlagen sind in der TA Luft festgelegt [24], 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 [25].

### 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 LGM heranzuziehenden Beurteilungswerte der 39. BImSchV:

Tabelle 4. Beurteilungswerte.

Parameter	Immissionswert	Zeitbezug	Definition	Schutzzweck
Partikel PM <sub>10</sub>	40 µg/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert	Grenzwert nach 39. BImSchV	menschliche Gesundheit
	50 µg/m <sup>3</sup> (35 Überschreitungen im Kalenderjahr zulässig)	Tagesmittelwert	Grenzwert nach 39. BImSchV	menschliche Gesundheit
Partikel PM <sub>2,5</sub>	25 µg/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert	Grenzwert nach 39. BImSchV (seit 2015, vorher: Zielwert)	menschliche Gesundheit
Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )	40 µg/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert	Grenzwert nach 39. BImSchV	menschliche Gesundheit
	200 µg/m <sup>3</sup> (18 Überschreitungen im Kalenderjahr zulässig)	1-h-Mittelwert	Grenzwert nach 39. BImSchV	menschliche Gesundheit
	400 µg/m <sup>3</sup> (gemessen an 3 aufeinanderfolgenden Stunden)	1-h-Mittelwert	Alarmschwelle nach 39. BImSchV	menschliche Gesundheit
Ozon (O <sub>3</sub> )	120 µg/m <sup>3</sup> (25 Überschreitungen im Kalenderjahr zulässig, gemittelt über 3 Jahre)	gleitender 8-h-Mittelwert	Zielwert nach 39. BImSchV	menschliche Gesundheit
	180 µg/m <sup>3</sup>	1-h-Mittelwert	Informationsschwelle nach 39. BImSchV	menschliche Gesundheit
	240 µg/m <sup>3</sup>	1-h-Mittelwert	Alarmschwelle nach 39. BImSchV	menschliche Gesundheit
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	125 µg/m <sup>3</sup> (3 Überschreitungen im Kalenderjahr zulässig)	Tagesgrenzwert	Grenzwert nach 39. BImSchV	menschliche Gesundheit
	350 µg/m <sup>3</sup> (24 Überschreitungen im Kalenderjahr zulässig)	1-h-Grenzwert	Grenzwert nach 39. BImSchV	menschliche Gesundheit
Benzol	5 µg/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert	Grenzwert nach 39. BImSchV	menschliche Gesundheit
Benzo(a)pyren im PM <sub>10</sub>	1 ng/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert	Zielwert nach 39. BImSchV	menschliche Gesundheit
Σ <i>n</i> -Alkane (C6-C14)	Für <i>n</i> -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 Haimhausen 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 ( $1/100 \cdot \text{MAK}$ , AGW nach TRGS 900) [26].

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  $0,2 \text{ mg/m}^3$ , das entspricht  $200 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  [4].

Für die Bewertung der Messergebnisse der mit der mobilen LGM 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].

**Vorbemerkungen zu den Kapiteln 6 bis 9:** In den nachfolgenden Kapiteln 6 bis 8 sind neben den Messergebnissen und der Bewertung der Luftgüte in Haimhausen, der Vergleich der Messergebnisse der mobilen LGM 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 Haimhausen 2018“ vom 30.08.2019 [2] wort- und inhaltsgleich übernommen.

## 6. Messergebnisse und Bewertung der Luftgüte in Haimhausen

Im nachfolgenden Abschnitt sind die Ergebnisse der mobilen Luftgütemessungen in Haimhausen (mobile LGM) für den Messzeitraum 03. Juli bis 31. Dezember 2018 dargestellt.

Die Dauer der Messungen betrug etwa sechs Monate und beinhaltete im Hinblick auf einen möglichst repräsentativen Messzeitraum sowohl das Winter- als auch Sommerhalbjahr. Der Messzeitraum von etwa sechs Monaten entspricht dem üblichen Auswertzeitraum der bisherigen mobilen Luftgütemessungen. Der Messzeitraum im zweiten Halbjahr ergänzt die früheren Messungen in Haimhausen aus dem Jahr 2016 um die zweite Jahreshälfte. Wir bitten zu beachten, dass die Messwerte beider Kampagnen dabei nicht gemeinsam als Jahreskenngrößen dargestellt werden können, da sie in unterschiedlichen Kalenderjahren erhoben wurden.

Die Datenverfügbarkeit der Immissionsmessungen betrug zwischen 98 % - 100 %.

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

Bei der Bestimmung der Monatsmittelwerte ist zu beachten, dass im Juli 2018 lediglich der Messzeitraum 03. Juli bis 31. Juli 2018 berücksichtigt werden konnte. 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 PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>

In Tabelle 5 sind die statistischen Kenngrößen der mit dem gravimetrischen Referenzmessverfahren ermittelten PM<sub>10</sub>- und PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen des Messortes Haimhausen (mobile LGM) auf der Basis von Tagesmittelwerten zusammengefasst.

Tabelle 5. Statistische Kenngrößen der PM<sub>10</sub>- und PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen im Messzeitraum.

Kenngröße	Einheit	mobile	mobile	39. BImSchV
		LGM PM <sub>10</sub>	LGM PM <sub>2,5</sub>	
Juli 18	µg/m <sup>3</sup>	17	9	
August 18	µg/m <sup>3</sup>	15	9	
September 18	µg/m <sup>3</sup>	14	8	
Oktober 18	µg/m <sup>3</sup>	18	11	
November 18	µg/m <sup>3</sup>	15	13	
Dezember 18	µg/m <sup>3</sup>	10	8	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>40/25<sup>1)</sup></b>
max. TMW	µg/m <sup>3</sup>	47	27	-
<b>Tage &gt; 50 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Anzahl</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>35<sup>2)</sup></b>
Verfügbarkeit	%	99	98	

<sup>1)</sup> Jahresimmissionswert gemäß 39. BImSchV (PM<sub>10</sub>/PM<sub>2,5</sub>)

<sup>2)</sup> PM<sub>10</sub>-Tagesimmissionswert: zul. Überschreitungshäufigkeit im Jahr gemäß 39. BImSchV

Im gesamten Messzeitraum betrug die mittlere  $PM_{10}$ -Konzentration an der mobilen LGM in Haimhausen  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Im Vergleich hierzu beträgt der Immissionsgrenzwert für das Kalenderjahr gemäß 39. BImSchV  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Der Grenzwert wurde somit im Messzeitraum deutlich unterschritten.

Beim  $PM_{10}$  wurde der zusätzliche Tagesgrenzwert von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mit 35 zulässigen Überschreitungstagen im gesamten Messzeitraum in Haimhausen an keinem Tag überschritten.

Die mittlere  $PM_{2,5}$ -Konzentration wurde an der mobilen LGM in Haimhausen im gesamten Messzeitraum mit  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bestimmt. Der Mittelwert über den gesamten Messzeitraum liegt somit fast 50 % unter dem Grenzwert der 39. BImSchV von  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für das Kalenderjahr.

Im Vergleich hierzu wurden im ersten Halbjahr 2016 am Messort in Haimhausen mit  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $PM_{10}$  und  $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $PM_{2,5}$  geringfügig niedrigere Partikelkonzentrationen festgestellt. In Abbildung 10 ist der Verlauf der  $PM_{10/2,5}$ -Konzentration der mobilen LGM (Haimhausen) grafisch dargestellt.

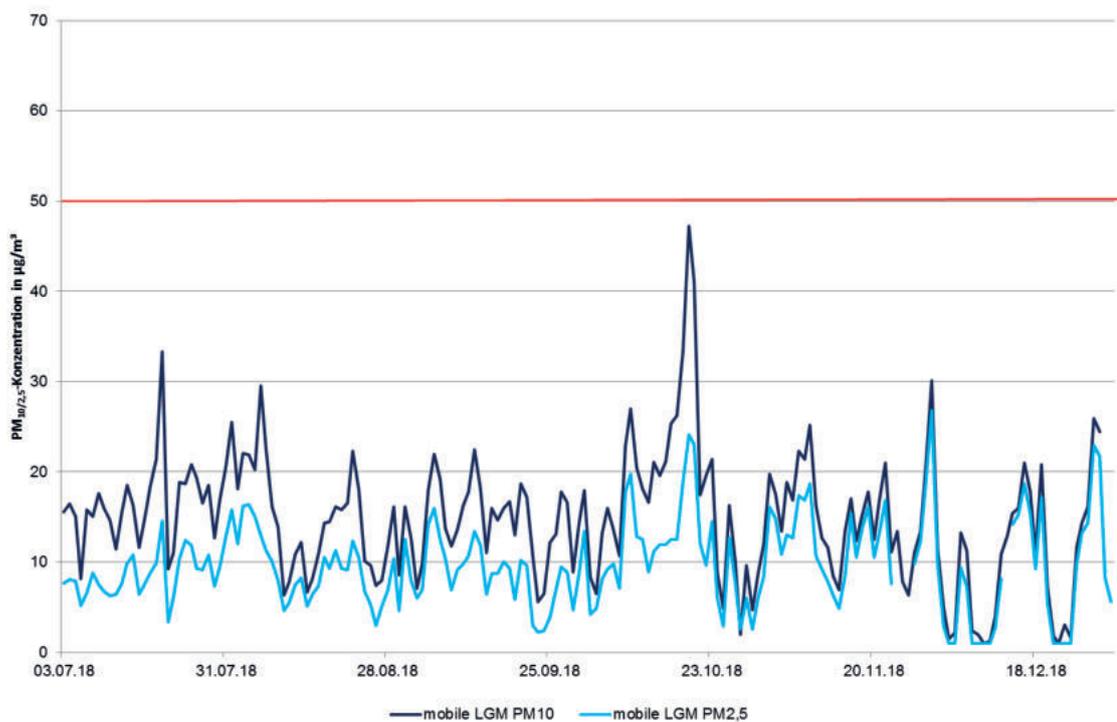


Abbildung 10. Verlauf der gravimetrisch gemessenen  $PM_{10/2,5}$ -Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Tagesmittelwerte,  $PM_{10}$ -Tagesgrenzwert  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  rot markiert).

Die  $PM_{10}$ - und  $PM_{2,5}$ -Konzentrationen weisen im gesamten Messzeitraum einen ähnlichen Verlauf auf. Aufgrund der ausgeprägten Trockenheit gab es von Juli bis Oktober 2018 ungewöhnlich große Unterschiede zwischen den beiden Partikelfractionen  $PM_{10}$  und  $PM_{2,5}$ . Die höchsten Monatsmittelwerte für  $PM_{10}$  wurden im Oktober 2018 festgestellt. Dies kann auf die überregionale Trockenheit in Verbindung mit lokalen Bodenaufwirbelungen zurückgeführt werden. Hingegen wurden bei der kleineren Partikelfraktion  $PM_{2,5}$  erwartungsgemäß im November 2018, bei ausgeprägten Hochdruckwetterlagen aus Ost, die höchsten  $PM_{2,5}$ -Konzentrationen festgestellt.

Die niedrigsten PM<sub>10</sub>- und PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen wurden im Dezember 2018 ermittelt. Dies erscheint aufgrund der feuchten, milden und instabilen Witterung mit südwestlichen Windrichtungen plausibel.

Zusammenfassend wurde im Messzeitraum in Haimhausen für PM<sub>10</sub> ein atypischer Jahresgang mit erhöhten Partikelkonzentrationen im Sommerhalbjahr und für PM<sub>2,5</sub> ein typischer Jahresgang mit höheren Partikelkonzentrationen im Winterhalbjahr festgestellt.

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

## 6.2. Messergebnisse Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>)

In Tabelle 6 sind die statistischen Kenngrößen der an der mobilen LGM in Haimhausen gemessenen NO<sub>2</sub>-Konzentrationen und Monatsmittelwerte auf Basis von Stundenmittelwerten zusammengefasst.

Tabelle 6. Statistische Kenngrößen der NO<sub>2</sub>-Konzentration für den Messzeitraum.

<b>Kenngröße</b>	<b>mobile LGM NO<sub>2</sub></b>	<b>39. BImSchV</b>
Juli 18	16	
August 18	18	
September 18	18	
Oktober 18	24	
November 18	24	
Dezember 18	20	
<b>Mittelwert</b>	20	<b>40<sup>1)</sup></b>
Max. 1h-Mittelwert	86	
<b>1h-Mittelwert &gt;200 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>0</b>	<b>18<sup>2)</sup></b>
Min. 1h-Mittelwert	4	
Verfügbarkeit	98	

1) Jahresimmissionswert NO<sub>2</sub> gemäß 39. BImSchV

2) maximaler 1-h-Mittelwert von 200 µg/m<sup>3</sup> mit 18 zulässigen Überschreitungen gemäß 39. BImSchV

An der mobilen LGM in Haimhausen wurde eine mittlere NO<sub>2</sub>-Konzentration von 20 µg/m<sup>3</sup> im gesamten Messzeitraum festgestellt; dies entspricht einem Anteil von ca. 50 % des Jahresgrenzwerts gemäß 39. BImSchV von 40 µg/m<sup>3</sup>. Der Grenzwert wurde somit im Messzeitraum deutlich unterschritten.

Der NO<sub>2</sub>-Stundenimmissionsgrenzwert von 200 µg/m<sup>3</sup> mit 18 zulässigen Überschreitungen wurde mit maximal 86 µg/m<sup>3</sup> in der Stunde im Messzeitraum ebenfalls nicht überschritten.

Im Vergleich hierzu wurden im ersten Halbjahr 2016 am Messort in Haimhausen mit 17 µg/m<sup>3</sup> um ca. 3 µg/m<sup>3</sup> niedrigere NO<sub>2</sub>-Konzentrationen festgestellt.

In Abbildung 11 ist der Verlauf der NO<sub>2</sub>-Konzentration der mobilen LGM (Haimhausen) grafisch dargestellt.

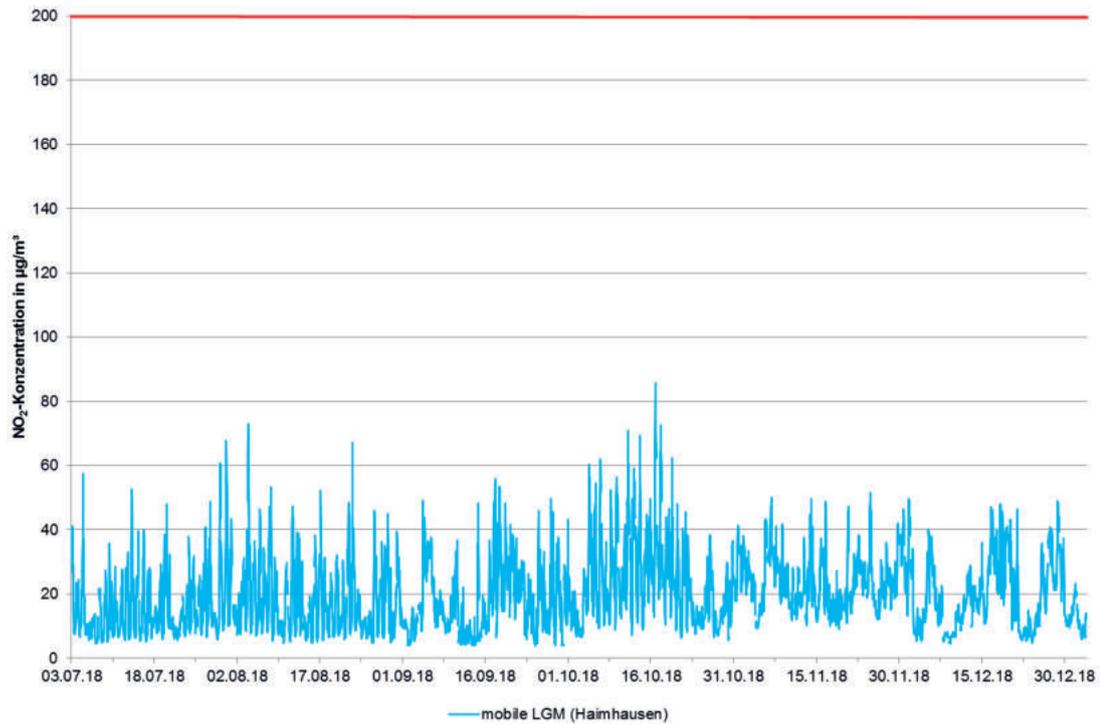


Abbildung 11. Verlauf der gemessenen NO<sub>2</sub>-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Stundenmittelwerte, NO<sub>2</sub>-Stundengrenzwert 200 µg/m<sup>3</sup> rot markiert).

Die NO<sub>2</sub>-Konzentration zeigt einen für Spurenstoffe typischen jahreszeitlichen Verlauf mit tendenziell höheren Konzentrationen im Winterhalbjahr (z. B. Oktober und November 2018). Zudem zeigt sich beim NO<sub>2</sub> durch den luftchemischen Zusammenhang zwischen den Stickstoffoxiden und Ozon eine hohe tageszeitabhängige Variabilität.

Informativ sind zudem in Tabelle 7 die Kenngrößen der NO-Konzentration dargestellt. Für diesen Parameter ist kein Immissionswert in der 39. BImSchV festgelegt.

Tabelle 7. Statistische Kenngrößen der NO-Konzentration für den Messzeitraum.

<b>Kenngröße</b>	<b>Einheit</b>	<b>mobile LGM NO</b>	<b>39. BImSchV</b>
Juli 18	µg/m <sup>3</sup>	2	
August 18	µg/m <sup>3</sup>	2	
September 18	µg/m <sup>3</sup>	6	
Oktober 18	µg/m <sup>3</sup>	7	
November 18	µg/m <sup>3</sup>	10	
Dezember 18	µg/m <sup>3</sup>	9	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>6</b>	-
Max. 1h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	109	
Min. 1h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	1	
Verfügbarkeit %	%	98	

Die mittlere NO-Konzentration betrug im Messzeitraum an der mobilen Messstation  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Für Stickstoffmonoxid gibt es keinen Grenzwert. Stickstoffmonoxid ist ein Indikator für nahe gelegene Emittenten, da bei Verbrennungsvorgängen NO in deutlich höherer Konzentration als  $\text{NO}_2$  emittiert wird. In der Außenluft wird in der Regel NO unter Reaktion mit Ozon zu  $\text{NO}_2$  umgewandelt.

In Abbildung 12 ist informativ der Verlauf der NO-Konzentration der mobilen LGM (Haimhausen) grafisch dargestellt.

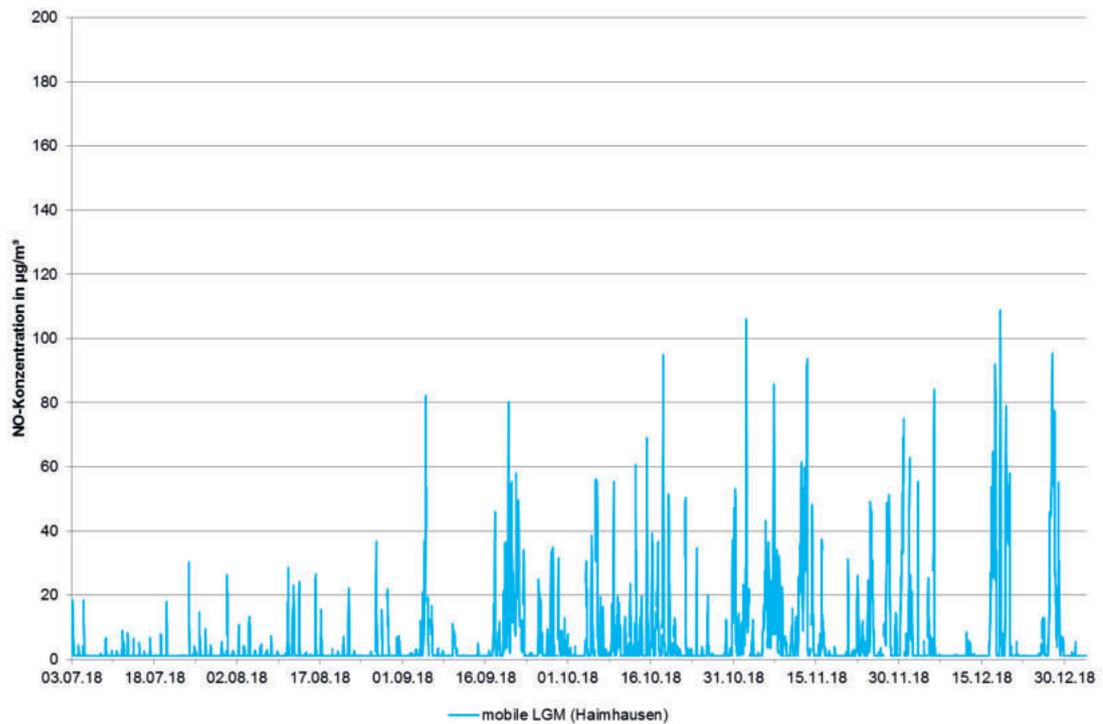


Abbildung 12. Verlauf der gemessenen NO-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Stundenmittelwerte).

Die höchsten NO-Konzentrationen wurden zwischen Oktober und Dezember 2018 ermittelt. Die niedrigsten NO-Konzentrationen wurden erwartungsgemäß in den sonnenscheinreichen Monaten Juli und August 2018 registriert, in denen die photochemische Reaktion mit Ozon üblicherweise verstärkt abläuft.

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

### 6.3. Messergebnisse Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ )

In Tabelle 8 sind die statistischen Kenngrößen der an der mobilen LGM in Haimhausen gemessenen  $\text{SO}_2$ -Konzentrationen und Monatsmittelwerte auf Basis von Stundenmittelwerten zusammengefasst.

Tabelle 8. Statistische Kenngrößen der SO<sub>2</sub>-Konzentration für den Messzeitraum.

<b>Kenngröße</b>	<b>Einheit</b>	<b>mobile LGM SO<sub>2</sub></b>	<b>39. BImSchV</b>
Juli 18	µg/m <sup>3</sup>	2	
August 18	µg/m <sup>3</sup>	2	
September 18	µg/m <sup>3</sup>	2	
Oktober 18	µg/m <sup>3</sup>	2	
November 18	µg/m <sup>3</sup>	2	
Dezember 18	µg/m <sup>3</sup>	2	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>2</b>	
Max. 1h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	4	
<b>1h-Mittelwert &gt;350 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Anzahl</b>	<b>0</b>	<b>24<sup>1)</sup></b>
Max. TMW	µg/m <sup>3</sup>	2	
<b>TMW &gt;125 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Anzahl</b>	<b>0</b>	<b>3<sup>2)</sup></b>
Min. 1h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	2	
Verfügbarkeit %	%	98	

1) maximaler 1-h-Mittelwert von 350 µg/m<sup>3</sup> mit 24 zulässigen Überschreitungen gemäß 39. BImSchV

2) maximaler Tagesmittelwert von 125 µg/m<sup>3</sup> mit 3 zulässigen Überschreitungstagen gemäß 39. BImSchV

An der mobilen LGM in Haimhausen wurde für den Messzeitraum eine mittlere SO<sub>2</sub>-Konzentration von 2 µg/m<sup>3</sup> ermittelt. In 98 % des Messzeitraums wurde eine SO<sub>2</sub>-Konzentration unterhalb der Bestimmungsgrenze von 2 µg/m<sup>3</sup> ermittelt.

Der maximale Tagesmittelwert betrug 2 µg/m<sup>3</sup>. Der Immissionsgrenzwert für das Tagesmittel gemäß 39. BImSchV beträgt 125 µg/m<sup>3</sup> und wurde somit deutlich unterschritten.

Der maximale Stundenmittelwert betrug 4 µg/m<sup>3</sup>. Der Immissionsgrenzwert für die Stunde gemäß 39. BImSchV beträgt 350 µg/m<sup>3</sup> und wurde somit ebenfalls deutlich unterschritten.

Im ersten Halbjahr 2016 wurden am Messort in Haimhausen ähnlich geringe SO<sub>2</sub>-Konzentrationen ermittelt.

In Abbildung 13 ist der Verlauf der SO<sub>2</sub>-Konzentration der mobilen LGM (Haimhausen) grafisch dargestellt.



Abbildung 13. Verlauf der gemessenen SO<sub>2</sub>-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Stundenmittelwerte, SO<sub>2</sub>-Stundengrenzwert 350 µg/m<sup>3</sup> rot markiert).

Der Verlauf der SO<sub>2</sub>-Konzentration zeigt, dass die SO<sub>2</sub>-Belastung auf einem sehr niedrigen Niveau lag, welche auch überregional festzustellen war. Aufgrund der sehr niedrigen Konzentrationen im Bereich der Bestimmungsgrenze ist auch kein ausgeprägter Jahresgang zu erkennen.

#### 6.4. Messergebnisse Ozon (O<sub>3</sub>)

In Tabelle 9 sind die statistischen Kenngrößen der an der mobilen LGM in Haimhausen gemessenen O<sub>3</sub>-Konzentrationen und Monatsmittelmittelwerte gemäß 39. BImSchV zusammengefasst.

Tabelle 9. Statistische Kenngrößen der O<sub>3</sub>-Konzentration für den Messzeitraum.

<b>Kenngroße</b>	<b>Einheit</b>	<b>mobile LGM O<sub>3</sub></b>	<b>39. BImSchV</b>
Juli 18	µg/m <sup>3</sup>	75	
August 18	µg/m <sup>3</sup>	65	
September 18	µg/m <sup>3</sup>	45	
Oktober 18	µg/m <sup>3</sup>	27	
November 18	µg/m <sup>3</sup>	12	
Dezember 18	µg/m <sup>3</sup>	27	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>42</b>	<b>-</b>
Max. 1h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	170	
Max. 8h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	154	
<b>1h-Mittelwert &gt;180 µg Anzahl</b>		<b>0</b>	<b>180<sup>1)</sup></b>
<b>8h-Mittelwert &gt;120 µg Anzahl</b>		<b>24</b>	<b>25<sup>2)</sup></b>
Min. 1h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	3	
Verfügbarkeit %	%	98	

1) maximaler 1-h-Mittelwert von 180 µg/m<sup>3</sup> gemäß 39. BImSchV

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

Die mittlere Ozonkonzentration am Messort in Haimhausen (mobile LGM) betrug im gesamten Messzeitraum 42 µg/m<sup>3</sup>.

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/m<sup>3</sup> als 8-Stunden-Mittel. Dieser soll nicht öfter als 25-mal pro Kalenderjahr, gemittelt über drei Jahre, überschritten werden. Zudem existiert für das Stundenmittel ein Informationsschwellenwert von 180 µg/m<sup>3</sup>.

Der Immissionszielwert von 120 µg/m<sup>3</sup> für den gleitenden 8-Stundenmittelwert mit 25 zulässigen Überschreitungstagen pro Jahr wurde an der mobilen LGM in Haimhausen im zweiten Halbjahr 2018 24-mal überschritten. Erhöhte Überschreitungsanzahlen wurden dabei bayernweit registriert. Eine abschließende Bewertung kann hierzu nicht erfolgen, da der Zielwert von 25 Überschreitungen pro Kalenderjahr gemäß 39. BImSchV über drei aufeinanderfolgende Jahre gemittelt werden muss.

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

Die Informationsschwelle für Stundenmittelwerte von mehr als 180 µg/m<sup>3</sup> wurde im Messzeitraum an der mobilen LGM in Haimhausen nicht überschritten.

In Abbildung 14 ist der Verlauf der O<sub>3</sub>-Konzentration der mobilen LGM (Haimhausen) grafisch dargestellt.

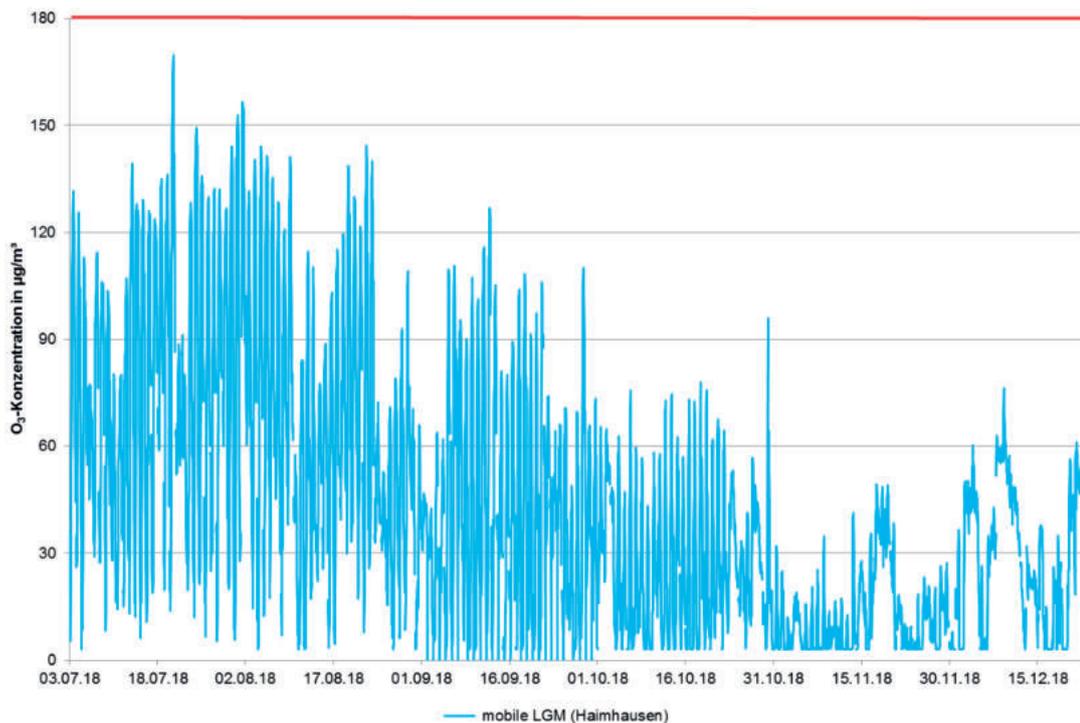


Abbildung 14. Verlauf der gemessenen O<sub>3</sub>-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Stundenmittelwerte, O<sub>3</sub>-Stundeninformationsschwelle 180 µg/m<sup>3</sup> rot markiert).

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

Im Gegensatz zu den anderen Luftschadstoffen ist die Ozonbildung kein primär emittierter Luftschadstoff. Die Ozonbildung ist abhängig von Ozonvorläufersubstanzen und der Sonneneinstrahlung, weshalb typischerweise im Sommer höhere Konzentrationen als im Winter gemessen werden. Im Oktober bis Dezember 2018 gab es deshalb erwartungsgemäß geringere Ozonkonzentrationen.

### 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 (C<sub>6</sub> – C<sub>14</sub>) erfolgten diskontinuierlich mittels Probenträger. Die Probenträger wurden nach der Probenahme im Labor mittels Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MS) auf die zu bestimmenden Komponenten analysiert. Die Probenahmedauer je Einzelmessung betrug ca. eine Woche.

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

In Tabelle 10 sind die Mittel- und Maximalwerte der an der mobilen LGM in Haimhausen gemessenen BTEX- und *n*-Alkankonzentrationen gemäß der jeweiligen Beurteilungswerte zusammengefasst.

Tabelle 10. Statistische Kenngrößen der BTEX- und *n*-Alkanmessungen (mobile LGM).

Messparameter		Mittelwert	max. Wochen-	Beurteilungs-
		mobile LGM	mittelwert	wert
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>BTEX</b>	Benzol	0,6	1,5	5 <sup>1)</sup>
	Toluol	1,2	2,5	30 <sup>2)</sup>
	Ethylbenzol	0,2	0,4	880 <sup>3)</sup>
	<i>m+p</i> -Xylol	0,7	1,6	
	<i>o</i> -Xylol	0,3	0,5	
	$\Sigma$ Xylole	1,0	2,1	30 <sup>2)</sup>
<b><i>n</i>-Alkane</b>	<i>n</i> -Hexan	0,29	0,51	
	<i>n</i> -Heptan	0,25	0,44	
	<i>n</i> -Oktan	0,07	0,13	
	<i>n</i> -Nonan	0,06	0,11	
	<i>n</i> -Dekan	0,07	0,13	
	<i>n</i> -Undekan	0,06	0,14	
	<i>n</i> -Dodekan	0,04	0,09	
	<i>n</i> -Tridekan	0,04	0,12	
	<i>n</i> -Tetradekan	0,04	0,12	
	$\Sigma$ <i>n</i> -Alkane	<b>0,92</b>	<b>1,8</b>	200 <sup>4)</sup>

1) Immissionsgrenzwert für das Jahr (39. BImSchV)

2) Zielwert für das Jahr (LAI)

3) 1/100 AGW

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

Der Benzolmittelwert im gesamten Messzeitraum an der mobilen LGM in Haimhausen betrug  $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Der Mittelwert lag somit ca. 88 % unter dem Immissionsgrenzwert für das Kalenderjahr gemäß 39. BImSchV von  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Der Grenzwert wurde somit deutlich unterschritten.

Der maximale Wochenmittelwert während des Messzeitraums betrug  $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und unterschreitet ebenfalls den Grenzwert, der ein Jahresmittelwert ist, deutlich.

Auch beim Toluol und den Xylole wurden mit  $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bzw.  $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Mittel Konzentrationen deutlich unterhalb der Zielwerte des LAI bestimmt. Die mittlere Ethylbenzol-Konzentration lag im Mittel mit  $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mehr als das 1000-fache unterhalb des vom AGW abgeleiteten Beurteilungswertes von  $880 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Der herangezogene Beurteilungswert wurde hiermit im Messzeitraum deutlich unterschritten.

Bei den *n*-Alkanen wurden in Haimhausen im Mittel Summenkonzentrationen von  $< 1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  festgestellt. Die Konzentrationen der einzelnen *n*-Alkane lagen bei fast allen Einzelmessungen auf dem Niveau der Bestimmungsgrenze und damit in einem Bereich, in dem die Messunsicherheit, verglichen mit dem Messergebnis, relativ hoch ist. Im Vergleich zum hilfsweise herangezogenen, toxikologisch abgeleiteten Beurteilungswert für Innenräume von  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zeigt sich, dass sich die hier vorgefundenen *n*-Alkan-Konzentrationen im nicht relevanten Bereich befinden. Der herangezogene Beurteilungswert wurde im Messzeitraum deutlich unterschritten.

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

Im Vergleich zu den Messungen im 1. Halbjahr 2016 wurden analog der Partikel- und  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen im 2. Halbjahr 2018 geringfügig höhere BTXE- und *n*-Alkan-Konzentrationen festgestellt.

In Abbildung 15 und Abbildung 16 sind die Verläufe der Benzol und *n*-Alkan-Konzentration an der mobilen LGM (Haimhausen) grafisch dargestellt.

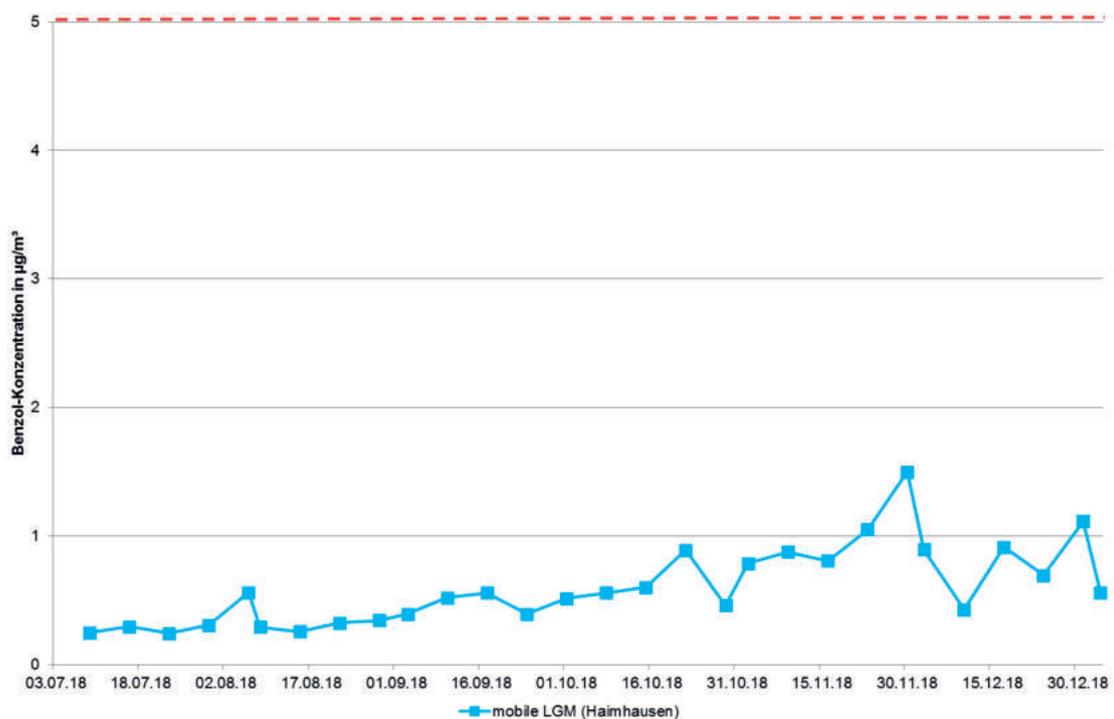


Abbildung 15. Verlauf der gemessenen Benzol-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 11.01.16 - 04.07.16 (Wochenmittelwerte, Jahresimmissionswert  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  rot gestrichelt markiert).

Beim Benzol wurden wie auch beim  $\text{PM}_{10/2,5}$  und  $\text{NO}_2$  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.

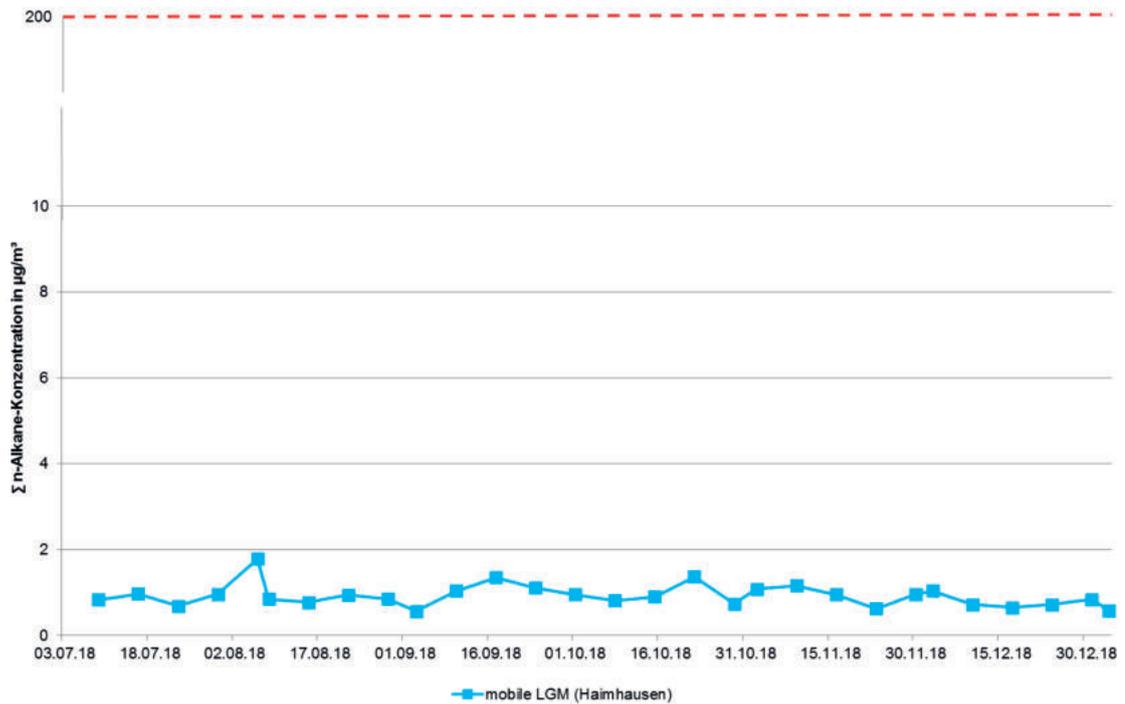


Abbildung 16. Verlauf der Summe der gemessenen *n*-Alkan-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Wochenmittelwerte, hilfsweise herangezogener Beurteilungswert für Innenräume von 200 µg/m³ rot gestrichelt markiert).

Die *n*-Alkan Konzentrationen lagen sowohl im Winter- als auch Sommerhalbjahr im Bereich der Bestimmungsgrenze. Ein Jahresgang ist in Folge nicht erkennbar.

## 6.6. Messergebnisse Benzo(a)pyren

Die Benzo(a)pyren-Konzentrationen (BaP) wurden als Monatsmittelwerte aus den PM<sub>10</sub>-Proben ermittelt. Die Ermittlung der Monatskenngrößen erfolgte hierbei für die Monate Juli 2018 bis Dezember 2018. Die Ermittlung des Juli-Mittelwertes erfolgte hierbei nur von 3. Juli bis 31. Juli 2018.

In Tabelle 11 sind die Ergebnisse der in Haimhausen gemessenen Benzo(a)pyren-Konzentrationen gemäß 39. BImSchV zusammengefasst.

Tabelle 11. Statistische Kenngrößen der Benzo(a)pyren-Konzentration im PM<sub>10</sub>.

Benzo(a)pyren im PM <sub>10</sub>		mobile LGM	39. BImSchV
Juli 18	ng/m <sup>3</sup>	0,01	
August 18	ng/m <sup>3</sup>	0,05	
September 18	ng/m <sup>3</sup>	0,05	
Oktober 18	ng/m <sup>3</sup>	0,14	
November 18	ng/m <sup>3</sup>	0,40	
Dezember 18	ng/m <sup>3</sup>	0,37	
<b>Mittelwert</b>	<b>ng/m<sup>3</sup></b>	<b>0,17</b>	<b>1<sup>1)</sup></b>

1) Zielwert für das Kalenderjahr nach 39. BImSchV

In Haimhausen wurde über den Messzeitraum eine mittlere Benzo(a)pyren-Konzentration im  $PM_{10}$  von  $0,17 \text{ ng/m}^3$  ermittelt. Der Zielwert für das Kalenderjahr von  $1 \text{ ng/m}^3$  gemäß 39. BImSchV wurde somit im Messzeitraum deutlich unterschritten. Im 1. Halbjahr 2016 wurde mit  $0,15 \text{ ng/m}^3$  eine ähnlich geringe Benzo(a)pyren-Konzentration im  $PM_{10}$  bestimmt.

In Abbildung 17 ist der Verlauf der Benzo(a)pyren-Konzentration der mobilen LGM (Haimhausen) grafisch dargestellt.

Abbildung 17. Verlauf der gemessenen BaP-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Monatsmittelwerte, Jahreszielwert  $1 \text{ ng/m}^3$  rot gestrichelt markiert).

Aus Abbildung 17 wird der ausgeprägte Jahresgang der Benzo(a)pyren-Belastung mit den höheren Konzentrationen in den Wintermonaten deutlich. Ein derartiger Effekt ist während des Messzeitraumes in Haimhausen bei keiner anderen geregelten Schadstoffkomponente in der Außenluft festzustellen. Ein Aspekt sind die ungleich ungünstigeren meteorologischen Ausbreitungsbedingungen im Winter im Vergleich zum Sommer. Dieser ausgeprägte Jahresgang wird zusätzlich noch durch den Betrieb von Holzfeuerungen, für welche Benzo(a)pyren u. a. ein Indikator ist, verstärkt.

Ein lokaler Einfluss von Holzfeuerung auf die gemessenen Benzo(a)pyren-Konzentrationen ist wahrscheinlich, da in den Monaten der Heizperiode, Oktober bis Dezember 2018, die höchsten Benzo(a)pyren-Konzentration ermittelt wurden. So wurde die höchste Benzo(a)pyren-Konzentration in Haimhausen mit  $0,40 \text{ ng/m}^3$  im November 2018 bestimmt.

## 7. Vergleich der Messstationen

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

An der Hauptmessstation LHY7 werden alle Messparameter der mobilen LGM erfasst; an der Messstation LHY4 die Stickstoffoxide.

Die räumliche Lage der Messstationen ist in Abbildung 1 dargestellt.

### 7.1. Partikel PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>

In Tabelle 12 sind die statistischen Kenngrößen der mit dem gravimetrischen Referenzmessverfahren ermittelten PM<sub>10</sub>-Konzentrationen der Messorte Haimhausen (mobile LGM) und LHY7 auf der Basis von Tagesmittelwerten zusammengefasst.

Abbildung 18 zeigt den zeitlichen Verlauf der monatlichen PM<sub>10</sub>-Konzentrationen am Messort Haimhausen im Vergleich zu der stationären Hauptmessstation LHY7.

Tabelle 12. Kenngrößen der PM<sub>10</sub>-Konzentration (mobile LGM/ LHY7).

<b>Kenngröße</b>	<b>Einheit</b>	<b>mobile LGM PM<sub>10</sub></b>	<b>LHY7 PM<sub>10</sub></b>	<b>39. BImSchV</b>
Juli 18	µg/m <sup>3</sup>	17	13	
August 18	µg/m <sup>3</sup>	15	15	
September 18	µg/m <sup>3</sup>	14	13	
Oktober 18	µg/m <sup>3</sup>	18	15	
November 18	µg/m <sup>3</sup>	15	15	
Dezember 18	µg/m <sup>3</sup>	10	9	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>40<sup>1)</sup></b>
max. TMW	µg/m <sup>3</sup>	47	36	-
<b>Tage &gt; 50 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Anzahl</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>35<sup>2)</sup></b>
Verfügbarkeit	%	99	100	-

<sup>1)</sup> Jahresimmissionswert gemäß 39. BImSchV

<sup>2)</sup> PM<sub>10</sub>-Tagesimmissionswert: zul. Überschreitungshäufigkeit im Jahr gemäß 39. BImSchV

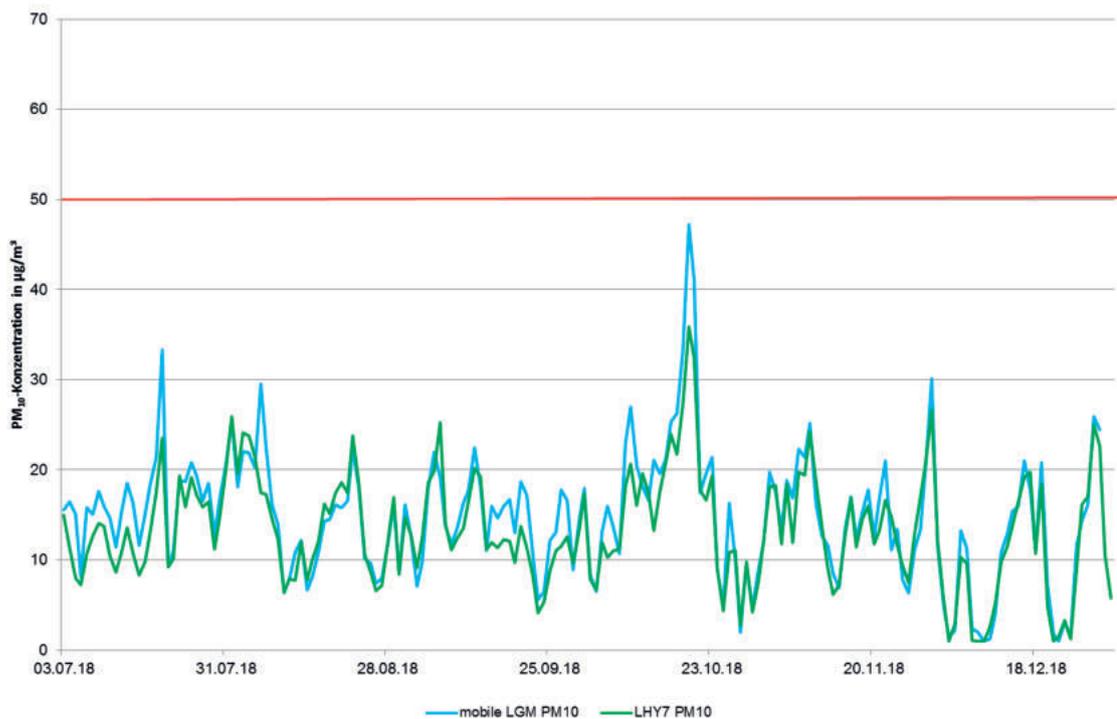


Abbildung 18. Verlauf der gravimetrisch gemessenen PM<sub>10</sub>-Konzentration der mobilen LGM und LHY7 für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Tagesmittelwerte, Tagesimmissionsgrenzwert 50 µg/m<sup>3</sup> rot markiert).

Die mittlere PM<sub>10</sub>-Konzentration betrug für den gesamten Messzeitraum am Messort in Haimhausen (mobile LGM) 15 µg/m<sup>3</sup> und an der Hauptmessstation LHY7 13 µg/m<sup>3</sup>. Die Verläufe der PM<sub>10</sub>-Mittelwerte zeigen eine gute Übereinstimmung zwischen den Messorten. Die Spitzenkonzentrationen wurden an beiden Messorten im Oktober 2018 registriert.

An beiden Messorten wurden im Dezember 2018 die geringsten PM<sub>10</sub>-Konzentrationen festgestellt.

Durch die mit im Mittel 2 µg/m<sup>3</sup> geringen Unterschiede zwischen den beiden Messstandorten kann kein dauerhafter signifikanter Einfluss lokaler Emittenten auf die PM<sub>10</sub>-Konzentrationen festgestellt werden.

In Tabelle 13 sind die statistischen Kenngrößen der ermittelten PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen dargestellt. Abbildung 19 zeigt den zeitlichen Verlauf der monatlichen PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen am Messort Haimhausen im Vergleich zu der Hauptmessstation LHY7.

Tabelle 13. Kenngrößen der PM<sub>2,5</sub>-Konzentration (mobile LGM/ LHY7).

Kenngröße	Einheit	mobile LGM	LHY7	39.
		PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>2,5</sub>	BImSchV
Juli 18	µg/m <sup>3</sup>	9	11	
August 18	µg/m <sup>3</sup>	9	12	
September 18	µg/m <sup>3</sup>	8	9	
Oktober 18	µg/m <sup>3</sup>	11	10	
November 18	µg/m <sup>3</sup>	13	12	
Dezember 18	µg/m <sup>3</sup>	8	8	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>25<sup>1)</sup></b>
max. TMW	µg/m <sup>3</sup>	27	24	-
<b>Verfügbarkeit</b>	%	98	98	-

1) Jahresimmissionswert gemäß 39. BImSchV

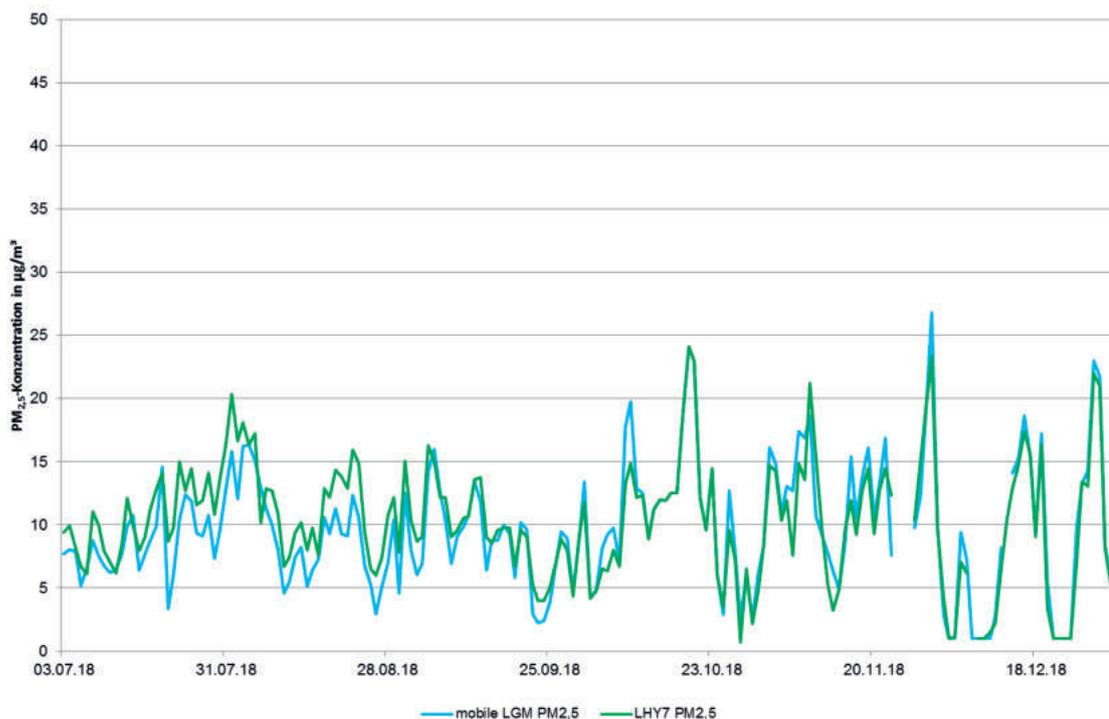


Abbildung 19. Verlauf der gravimetrisch gemessenen PM<sub>2,5</sub>-Konzentration der mobilen LGM und LHY7 für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18; Tagesmittelwerte.

Für den gesamten Messzeitraum wurde am Messort mobile LGM (Haimhausen) bzw. am Messort LHY7 eine mittlere PM<sub>2,5</sub>-Konzentration von 10 µg/m<sup>3</sup> festgestellt.

Anhand der Verläufe der PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen sind gute Übereinstimmungen zwischen den beiden Messorten zu erkennen. Wie auch beim PM<sub>10</sub> wurden an beiden Messorten im Dezember 2018 die geringsten PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen bestimmt.

Das Ergebnis der PM<sub>10</sub>/PM<sub>2,5</sub>-Messungen in Haimhausen im Vergleich mit den PM<sub>10</sub>/PM<sub>2,5</sub>-Messungen an der Station LHY7 bestätigt, dass ein relevanter Anteil der lokal vorliegenden Partikelbelastung durch die mesoskalige Immissions- und Ausbreitungssituation der bodennahen Atmosphäre gesteuert wird. So wurden durch die besonders langanhaltende Trockenheit bundesweit im Sommerhalbjahr 2018 erhöhte PM<sub>10</sub>-Konzentrationen festgestellt.

Zur Verdeutlichung der großräumigen Partikelverteilung wurden sogenannte Konzentrationswindrosen erstellt, in denen die jeweiligen Windrichtungen mit den PM<sub>10</sub>-Konzentrationen der kontinuierlichen PM<sub>10</sub>-Messungen verglichen wurden.

In Abbildung 20 wurden solche Konzentrationswindrosen für die mobile LGM in Haimhausen und die Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 3. Juli bis 31. Dezember 2018 dargestellt.

Abbildung 20. Konzentrationswindrose: mittlere PM<sub>10</sub>-Konzentrationen aus allen Einzelmesswerten je 10°-Windrichtungsklasse (WRK) an den Messorten mobile LGM und LHY7 im Vergleich; basierend auf kontinuierlichen Messdaten im Zeitraum vom 03.07. - 31.12.18.

In Tabelle 14 sind zudem die mittleren Abweichungen zwischen der mobilen LGM in Haimhausen und der Hauptmessstation LHY7 mit Bezug auf die vier Windsektoren Nord, Ost, Süd und West sowie die Kalmen (Windgeschwindigkeit <0,5 m/s) dargestellt.

Tabelle 14. Mittlere PM<sub>10</sub>-Konzentration und -differenz je Windsektor.

Windrichtungssektoren WRS			mobile LGM	LHY7	Differenz mobile LGM zu LHY7
Mittelwert Sektor	von	bis	PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup>
1 (Ost)	46	135°	17,2	16,3	1
2 (Süd)	136°	225°	15,2	13,2	2
3 (West)	226°	315°	12,0	10,9	1
4 (Nord)	316°	045°	13,4	13,3	0
5 (Kalmen)	<	0,5 m/s	18,8	14,4	4

Aus Abbildung 20 und Tabelle 14 geht hervor, dass generell die höchsten Konzentrationen bei östlichen Windrichtungen und Kalmen (Windstillen) auftreten. Die höheren Konzentrationen bei Ostwind sind auf die bereits genannten ungünstigen Ausbreitungsbedingungen zurückzuführen. Erhöhte Partikelkonzentrationen konnten bereits bei den Messungen im 1. Halbjahr 2016 in Haimhausen ebenfalls festgestellt werden, wenn großräumige Ostanströmung mit dem damit verbundenen Ferntransport von Partikeln dominierte.

Bei Westwind lagen die PM<sub>10</sub>-Konzentrationen mit 12 µg/m<sup>3</sup> ca. 5 µg/m<sup>3</sup> unter den Mittelwerten bei Ostwind.

Die Differenzen der PM<sub>10</sub>-Konzentrationen bei der windrichtungsabhängigen Auswertung zwischen der mobilen LGM (Haimhausen, nordöstlich des Flughafens) und der Hauptmessstation LHY7 (östlich der südlichen Start- und Landebahn) bewegen sich für alle Windsektoren mit Ausnahme der Kalmen (Windstillen) im Bereich der Messunsicherheit. Die größten Differenzen zwischen der mobilen LGM in Haimhausen und der Hauptmessstation LHY7 wurden bei Kalmen, 4 µg/m<sup>3</sup> registriert. Ursachen hierfür können lokale Emittenten im Umfeld des Messortes in Haimhausen sein, welche jedoch nicht im Einzelnen ermittelt werden konnten.

## 7.2. Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>)

In Tabelle 15 sind die statistischen Kenngrößen der NO<sub>2</sub>-Konzentration von der mobilen LGM in Haimhausen und der Hauptmessstation LHY7 auf der Basis von Stundenmittelwerten zusammengefasst.

In Abbildung 21 sind die mittleren Verläufe der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen für die beiden Messorte grafisch dargestellt.

Tabelle 15. Kenngrößen der NO<sub>2</sub>-Konzentration (mobile LGM/ LHY7/ LHY4).

Kenngröße	Einheit	mobile LGM NO <sub>2</sub>	LHY7 NO <sub>2</sub>	LHY4 NO <sub>2</sub>	39. BImSchV
Juli 18	µg/m <sup>3</sup>	16	14	20	
August 18	µg/m <sup>3</sup>	18	15	22	
September 18	µg/m <sup>3</sup>	18	16	23	
Oktober 18	µg/m <sup>3</sup>	24	21	30	
November 18	µg/m <sup>3</sup>	24	20	26	
Dezember 18	µg/m <sup>3</sup>	20	22	21	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>23</b>	<b>40<sup>1)</sup></b>
Max. 1h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	86	83	111	
<b>1h-Mittelwert &gt;200 µg</b>	<b>Anzahl</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>18<sup>2)</sup></b>
Min. 1h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	4	4	4	
Verfügbarkeit	%	98	98	98	

- 1) Jahresimmissionswert NO<sub>2</sub> gemäß 39. BImSchV
- 2) maximaler 1-h-Mittelwert von 200 µg/m<sup>3</sup> mit 18 zulässigen Überschreitungen gemäß 39. BImSchV

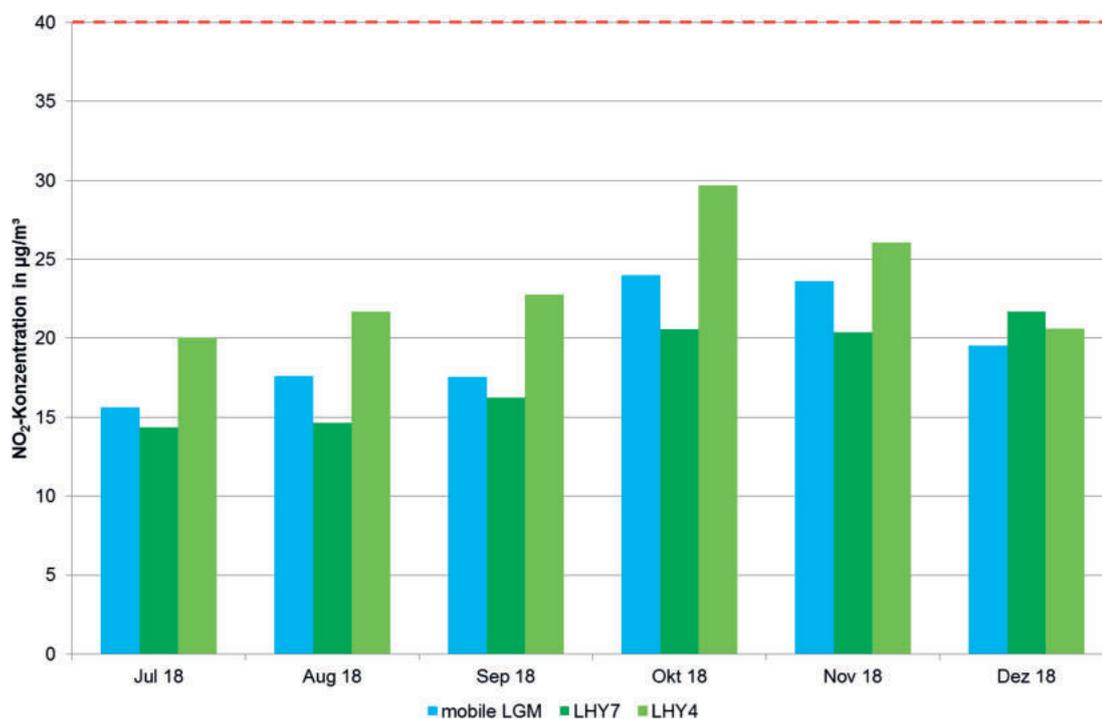


Abbildung 21. Verlauf der NO<sub>2</sub>-Konzentration der mobilen LGM, der Hauptmessstation LHY7 und der Messstation LHY4 für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Monatsmittelwerte, Grenzwert für das Kalenderjahr 40 µg/m<sup>3</sup> gestrichelt markiert).

An der mobilen LGM in Haimhausen wurde mit  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eine im Mittel ca.  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  höhere  $\text{NO}_2$ -Konzentration als an der Hauptmessstation LHY7 bzw.  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  geringere  $\text{NO}_2$ -Konzentration als an der Messstation LHY4 festgestellt. In allen Messmonaten wurden an der mobilen Messstation geringere  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen als an der ebenfalls westlich des Flughafens München gelegenen Messstation LHY4 ermittelt. Die Monatsmittelwerte aller Messstationen lagen deutlich unterhalb des Jahresimmissionsgrenzwertes von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gemäß 39. BImSchV. Wie auch bei den Partikeln und beim Benzo(a)pyren wurden im Winterhalbjahr typischerweise höhere  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen ermittelt. Dies kann auch auf die ungünstigeren Ausbreitungsbedingungen und die Heizperiode zurückgeführt werden.

In Abbildung 22 wurden  $\text{NO}_2$ -Konzentrationswindrosen analog zu  $\text{PM}_{10}$  für die mobile LGM in Haimhausen, die Station LHY4 und die Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 3. Juli bis 31. Dezember 2018 dargestellt.

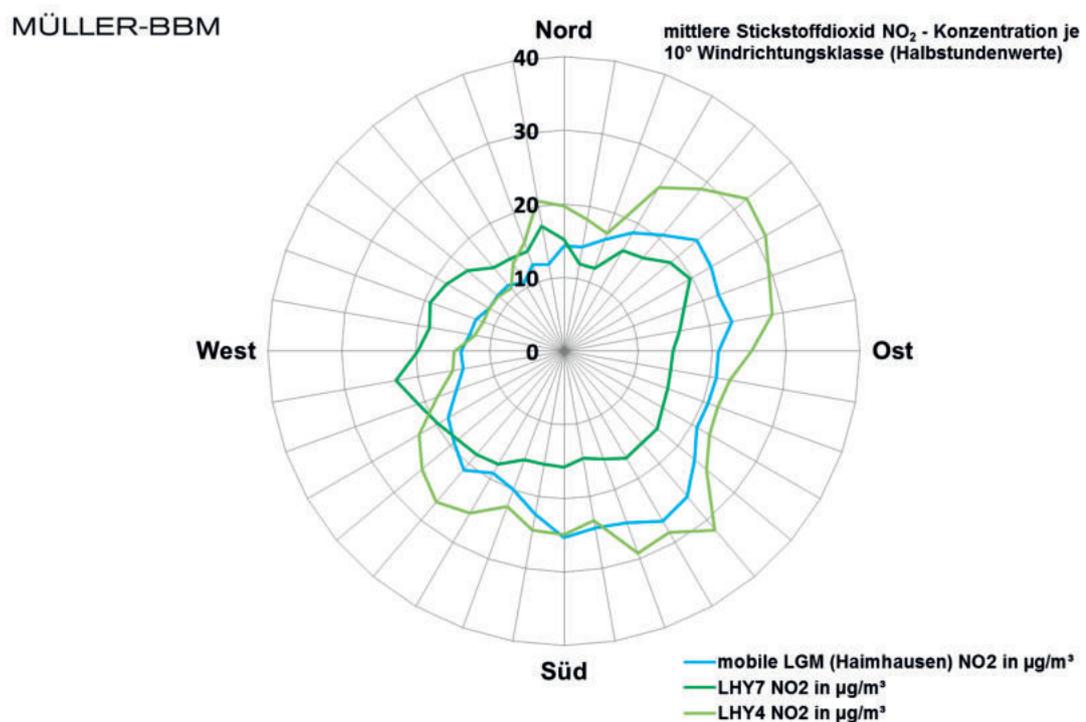


Abbildung 22. Konzentrationswindrose: mittlere  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen aus allen Einzelmesswerten je  $10^\circ$ -Windrichtungsklasse (WRK) an den Messorten mobile LGM, LHY7 und LHY4 im Vergleich; basierend auf kontinuierlichen Messdaten im Zeitraum vom 03.07. - 31.12.18.

In Tabelle 16 sind die mittleren Abweichungen zwischen Haimhausen und dem Messort LHY4 und der Hauptmessstation LHY7 mit Bezug auf die vier Windsektoren Nord, Ost, Süd und West sowie die Calmen (Windgeschwindigkeit  $<0,5 \text{ m/s}$ ) dargestellt.

Tabelle 16. Mittlere NO<sub>2</sub>-Konzentration und -differenz je Windsektor.

Windrichtungssektoren WRS			mobile LGM	LHY4	LHY7	Differenz mobile LGM zu LHY4	Differenz mobile LGM zu LHY7
Mittelwert Sektor	von	bis	NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>				
1 (Ost)	46	135°	22,0	26,6	16,2	-5	6
2 (Süd)	136°	225°	23,9	26,9	16,8	-3	7
3 (West)	226°	315°	15,1	17,1	20,5	-2	-5
4 (Nord)	316°	045°	15,4	20,4	15,1	-5	0
5 (Kalmen)	<	0,5 m/s	29,6	38,2	20,3	-9	9

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

Die höchsten NO<sub>2</sub>-Konzentrationen wurden an der mobilen LGM und Messstation LHY4 bei windstillen Situationen ermittelt. Dies ist auf die ungünstigen Austauschbedingungen bei diesen geringen Windgeschwindigkeiten zurückzuführen.

Bei Betrachtung der östlichen Windrichtungen wurden an der mobilen LGM in Haimhausen um ca. 5 µg/m<sup>3</sup> niedrigere NO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Vergleich zur Station LHY4 festgestellt. Ein Einfluss von landenden oder startenden Flugzeugen auf die mobile LGM in Haimhausen ist somit nicht anzunehmen.

Bei Betrachtung der westlichen Windrichtungen wurden an der mobilen LGM in Haimhausen im Vergleich zur Station LHY4 und zur Hauptmessstation LHY7 um ca. 5 µg/m<sup>3</sup> niedrigere NO<sub>2</sub>-Konzentrationen bestimmt. Ein Einfluss von in westliche Richtung startenden Flugzeugen auf die NO<sub>2</sub>-Konzentration in Haimhausen (mobile LGM) ist somit nicht feststellbar.

Signifikant sind zudem die Differenzen bei Nordwinden. Bei diesen Windverhältnissen wurden an der mobilen LGM in Haimhausen und Hauptmessstation LHY7 deutlich geringere NO<sub>2</sub>-Konzentrationen als an der Station LHY4 registriert. Ursache hierfür kann am Messort LHY4 der erhöhte Straßenverkehr auf der B11 bzw. A92 sein.

Zusammenfassend sind die Ergebnisse der NO<sub>2</sub>-Konzentrationswindrosen sehr gut mit den Ergebnissen aus den vorangegangenen Luftgütemessungen in Haimhausen vergleichbar.

Informativ sind in Tabelle 17 und in Abbildung 23 die Kenngrößen der NO-Konzentration zusammengefasst. Für diesen Parameter gibt es in der 39. BImSchV keinen Immissionsgrenzwert.

Tabelle 17. Kenngrößen der NO-Konzentration (mobile LGM/ LHY7/ LHY4).

<b>Kenngröße</b>	<b>Einheit</b>	<b>mobile LGM NO</b>	<b>LHY7 NO</b>	<b>LHY4 NO</b>	<b>39. BlmSchV</b>
Juli 18	µg/m <sup>3</sup>	2	3	4	
August 18	µg/m <sup>3</sup>	2	3	4	
September 18	µg/m <sup>3</sup>	6	4	9	
Oktober 18	µg/m <sup>3</sup>	7	7	18	
November 18	µg/m <sup>3</sup>	10	11	18	
Dezember 18	µg/m <sup>3</sup>	9	11	11	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	-
Max. 1h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	109	130	199	
Min. 1h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	1	1	1	
Verfügbarkeit %	%	98	98	98	

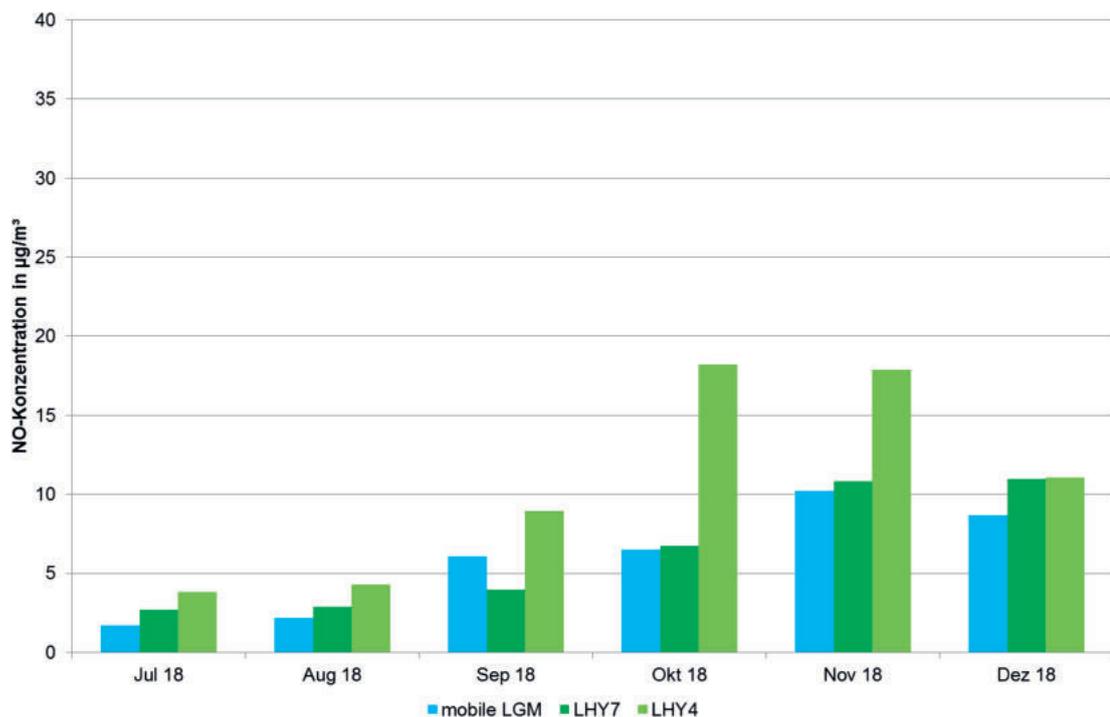


Abbildung 23. Verlauf der NO-Konzentration der mobilen LGM, der Hauptmessstation LHY7 und der Messstation LHY4 für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Monatsmittelwerte).

Beim NO wurde am Messort Haimhausen und an der Hauptmessstation LHY7 über den gesamten Messzeitraum mit jeweils 6 µg/m<sup>3</sup> eine um 5 µg/m<sup>3</sup> geringere NO-Konzentration als an der Messstation LHY4 ermittelt.

Die höchsten NO-Konzentrationen wurden erwartungsgemäß im Winterhalbjahr in der Heizperiode ermittelt. In den sonnenscheinreichen Monaten Juli und August gab es durch die NO<sub>2</sub>-Sekundärbildung besonders geringe NO-Konzentrationen.

### 7.3. Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)

In Tabelle 18 sind die statistischen Kenngrößen der SO<sub>2</sub>-Konzentration von Haimhausen (mobile LGM) und der Hauptmessstation LHY7 auf der Basis von Stundenmittelwerten zusammengefasst.

In Abbildung 24 sind die mittleren Verläufe der SO<sub>2</sub>-Konzentrationen für die beiden Messorte grafisch dargestellt.

Tabelle 18. Kenngrößen der SO<sub>2</sub>-Konzentration (mobile LGM/ LHY7).

<b>Kenngröße</b>	<b>Einheit</b>	<b>mobile LGM SO<sub>2</sub></b>	<b>LHY7 SO<sub>2</sub></b>	<b>39. BImSchV</b>
Juli 18	µg/m <sup>3</sup>	2	2	
August 18	µg/m <sup>3</sup>	2	2	
September 18	µg/m <sup>3</sup>	2	2	
Oktober 18	µg/m <sup>3</sup>	2	2	
November 18	µg/m <sup>3</sup>	2	2	
Dezember 18	µg/m <sup>3</sup>	2	2	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>2</b>	<b>2</b>	
Max. 1h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	4	7	
<b>1h-Mittelwert &gt;350 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Anzahl</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>24<sup>1)</sup></b>
Max. TMW	µg/m <sup>3</sup>	2	3	
<b>TMW &gt;125 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Anzahl</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3<sup>2)</sup></b>
Min. 1h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	2	2	
Verfügbarkeit %	%	98	96	

1) maximaler 1-h-Mittelwert von 350 µg/m<sup>3</sup> mit 24 zulässigen Überschreitungen gemäß 39. BImSchV

2) maximaler Tagesmittelwert von 125 µg/m<sup>3</sup> mit 3 zulässigen Überschreitungstagen gemäß 39. BImSchV

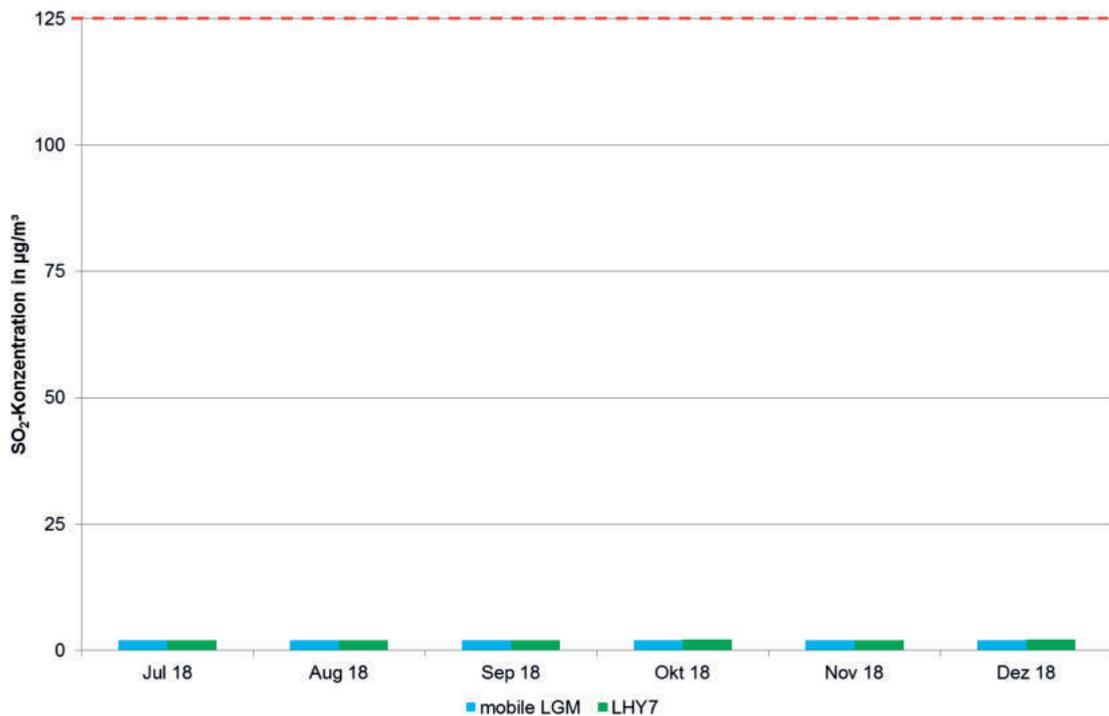


Abbildung 24. Verlauf der SO<sub>2</sub>-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Monatsmittelwerte, Grenzwert für das Tagesmittel 125 µg/m<sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).

Die Monatsmittelwerte an den beiden Messstationen mobile LGM (Haimhausen) und Hauptmessstation LHY7 lagen in allen Monaten im Bereich von 2 µg/m<sup>3</sup>. An beiden Messstationen wurden überwiegend Halbstunden- bzw. Stundenmittelwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze von 2 µg/m<sup>3</sup> ermittelt. Ein typischer Jahresgang ist bei SO<sub>2</sub> aufgrund der geringen Konzentrationen nicht zu erkennen

#### 7.4. Ozon (O<sub>3</sub>)

In Tabelle 19 sind die statistischen Kenngrößen der Ozon-Konzentration von Haimhausen (mobile LGM) und der stationären Hauptmessstation LHY7 auf der Basis von Stundenmittelwerten zusammengefasst.

In Abbildung 25 sind die mittleren Verläufe der Ozon-Konzentrationen für die beiden Messorte grafisch dargestellt.

Tabelle 19. Kenngrößen der O<sub>3</sub>-Konzentration (mobile LGM/ LHY7).

<b>Kenngröße</b>	<b>Einheit</b>	<b>mobile LGM</b>	<b>LHY7</b>	<b>39. BImSchV</b>
		<b>O<sub>3</sub></b>	<b>O<sub>3</sub></b>	
Juli 18	µg/m <sup>3</sup>	75	75	
August 18	µg/m <sup>3</sup>	65	59	
September 18	µg/m <sup>3</sup>	45	47	
Oktober 18	µg/m <sup>3</sup>	27	30	
November 18	µg/m <sup>3</sup>	12	16	
Dezember 18	µg/m <sup>3</sup>	27	30	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>-</b>
Max. 1h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	170	180	
Max. 8h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	154	159	
<b>1h-Mittelwert &gt;180 µg</b>	<b>Anzahl</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>180<sup>1)</sup></b>
<b>8h-Mittelwert &gt;120 µg</b>	<b>Anzahl</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>25<sup>2)</sup></b>
Min. 1h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	3	3	
Verfügbarkeit %	%	98	98	

1) maximaler 1-h-Mittelwert von 180 µg/m<sup>3</sup> gemäß 39. BImSchV

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

Die mittlere Ozonkonzentration in Haimhausen im Messzeitraum betrug 42 µg/m<sup>3</sup> und war damit identisch mit dem Mittelwert der Hauptmessstation LHY7. Die höchsten Ozonkonzentrationen wurden typischerweise zwischen Juli und August 2018 bestimmt.

In Abbildung 25 ist der Verlauf der Ozonkonzentration in Haimhausen im Vergleich zur Hauptmessstation LHY7 grafisch dargestellt.

Der Immissionszielwert von 120 µg/m<sup>3</sup> für den gleitenden 8-Stundenmittelwert mit 25 zulässigen Überschreitungstagen pro Jahr wurde aufgrund der außergewöhnlich sonnenscheinreichen Witterung an der mobilen LGM in Haimhausen im Messzeitraum an 24 Tagen überschritten. Im Vergleich hierzu wurde an der Hauptmessstation LHY7 im Messzeitraum der Immissionszielwert ebenfalls an 24 Tagen überschritten. Bayernweit war dieser Trend mit einer erhöhten Anzahl der Überschreitungstage des 8-h-Zielwertes zu verzeichnen. Zu beachten ist hierbei, dass der Zielwert für den gleitenden 8-Stundenmittelwert mit 25 zulässigen Überschreitungstagen pro Jahr über drei aufeinanderfolgende Jahre gemittelt werden muss, weshalb diese Kenngröße nicht abschließend bewertet werden kann.

Der maximale Stundenmittelwert an der mobilen LGM betrug 170 µg/m<sup>3</sup>. An der Station LHY7 wurde ein maximales Stundenmittel von 180 µg/m<sup>3</sup> festgestellt.

Der maximale Stundenmittelwert an der mobilen LGM betrug 128 µg/m<sup>3</sup> im Stundenmittel. An der LHY7 wurde ein maximaler Stundenmittelwert von 167 µg/m<sup>3</sup> ermittelt.

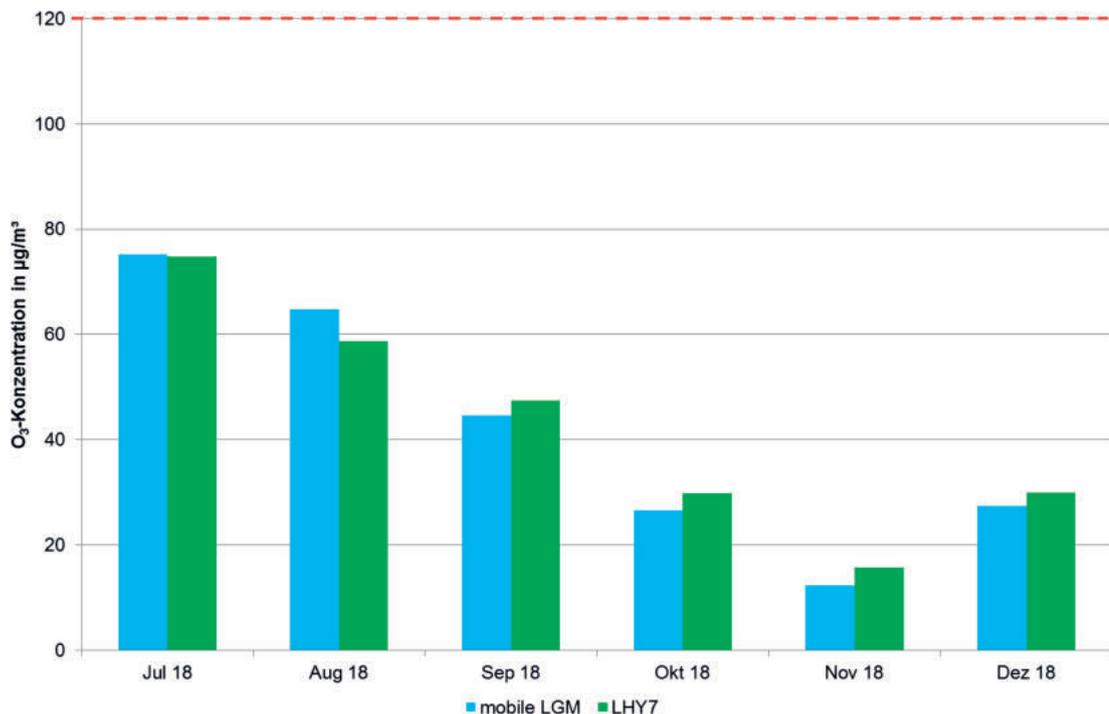


Abbildung 25. Verlauf der O<sub>3</sub>-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Monatsmittelwerte, Zielwert für den Tag von 120 µg/m<sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).

Anhand des Verlaufs der Ozonkonzentration zeigen sich grundsätzlich gute Übereinstimmungen zwischen den beiden Messorten. Die Differenzen zwischen den einzelnen Monatsmittelwerten der beiden Messorte bewegen sich dabei im Bereich von maximal 6 µg/m<sup>3</sup>. Typischerweise wurden, wie auch an den LÜB-Stationen in den Sommermonaten, durch die Sonneneinstrahlung begünstigt, höhere Ozonkonzentrationen gemessen.

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

In Tabelle 20 sind die Mittelwerte der BTEX- und *n*-Alkanmessungen von Haimhausen (mobile LGM) und der stationären Hauptmessstation LHY7 zusammengefasst.

In Abbildung 26 und Abbildung 27 sind die Verläufe der Einzelprobenahmen der Benzol- und der *n*-Alkankonzentrationen für den Messzeitraum grafisch dargestellt.

Tabelle 20. Kenngrößen der BTEX- und *n*-Alkan-Konzentration (mobile LGM/ LHY7).

Messparameter	Mittelwert mobile LGM	Mittelwert LHY7	Beurteilungswert	
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
<b>BTEX</b>	Benzol	0,6	0,6	5 <sup>1)</sup>
	Toluol	1,2	0,7	30 <sup>2)</sup>
	Ethylbenzol	0,2	0,1	880 <sup>3)</sup>
	<i>m+p</i> -Xylol	0,7	0,5	
	<i>o</i> -Xylol	0,3	0,2	
	$\Sigma$ Xylole	1,0	0,6	30 <sup>2)</sup>
	<b><i>n</i>-Alkane</b>	<i>n</i> -Hexan	0,29	0,22
<i>n</i> -Heptan		0,25	0,15	
<i>n</i> -Oktan		0,07	0,06	
<i>n</i> -Nonan		0,06	0,07	
<i>n</i> -Dekane		0,07	0,07	
<i>n</i> -Undekane		0,06	0,06	
<i>n</i> -Dodekane		0,04	0,03	
<i>n</i> -Tridekane		0,04	0,04	
<i>n</i> -Tetradekane		0,04	0,04	
$\Sigma$ <i>n</i> -Alkane		<b>0,92</b>	<b>0,72</b>	200 <sup>4)</sup>

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

Der Benzolmittelwert lag im gesamten Messzeitraum an der mobilen LGM in Haimhausen und an der Hauptmessstation LHY7 bei  $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Bei allen organischen Messparametern lagen die beiden Messorte auf einem vergleichbaren Konzentrationsniveau. Signifikante Konzentrationsunterschiede konnten nicht festgestellt werden. Die Zielwerte des LAI für das Jahr von jeweils  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für Toluol und die Xylole wurden aber deutlich unterschritten.

Bei den *n*-Alkanen wurden mit in Summe  $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  an der mobilen LGM in Haimhausen und  $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  an der Hauptmessstation LHY7 unauffällige Konzentrationen festgestellt. In diesem niedrigen Konzentrationsbereich  $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sind die Messunsicherheiten im Vergleich zum Messergebnis groß und der Unterschied zwischen den beiden Messwerten nicht signifikant.

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

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

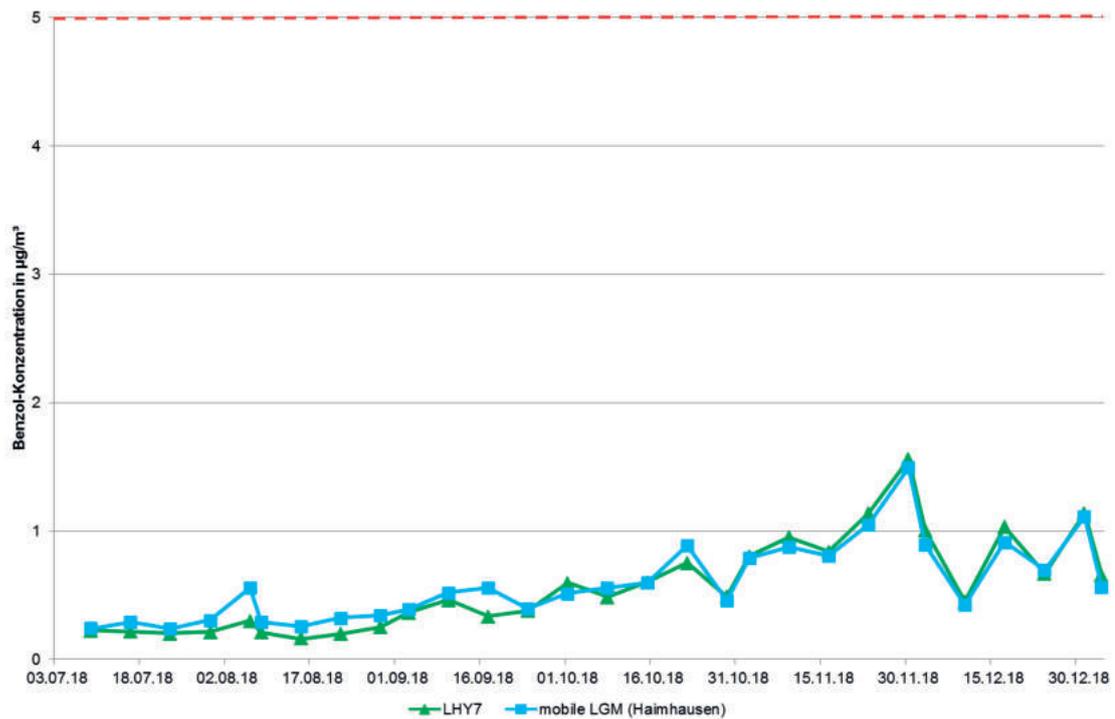


Abbildung 26. Verlauf der Benzol-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Wochenmittelwerte, Immissionsgrenzwert 5 µg/m³ rot gestrichelt markiert).

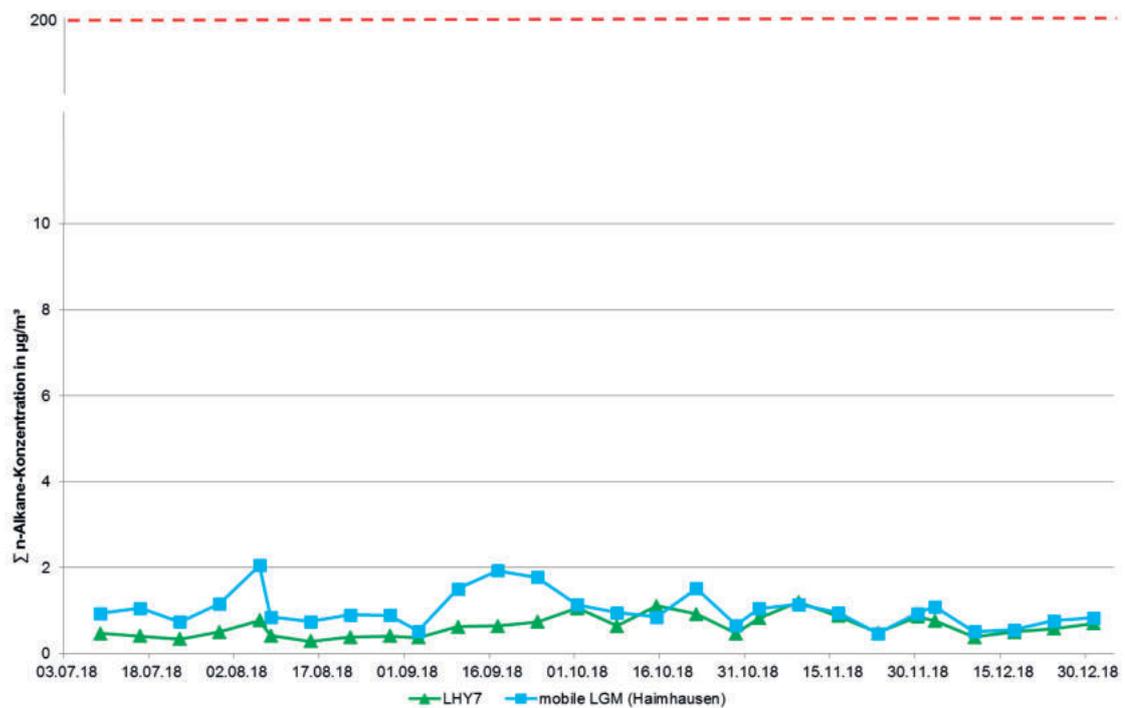


Abbildung 27. Verlauf der *n*-Alkane-Konzentration (Summe) der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 03.07. - 31.12.18 (Wochenmittelwerte, hilfswise herangezogener Beurteilungswert für Innenräume von 200 µg/m³ rot gestrichelt markiert).

Anhand der Verläufe für die Benzol- und *n*-Alkan-Konzentrationen der mobilen Messstation Haimhausen und der Hauptmessstation LHY7 sind gute Übereinstimmungen zwischen den Stationen erkennbar. An beiden Messorten wurden im Winter höhere Kohlenwasserstoff-Konzentrationen als im Sommer bestimmt. Bei den *n*-Alkanen war ein ähnlich ausgeprägter Jahresgang nicht zu erkennen.

## 7.6. Benzo(a)pyren

In Tabelle 21 und Abbildung 28 sind die gemessenen Benzo(a)pyren-Konzentrationen im PM<sub>10</sub> für die Messorte mobile LGM in Haimhausen und Hauptmessstation LHY7 als Monatsmittelwerte und Mittelwerte für den Messzeitraum dargestellt. Die Ermittlung der Monatskenngrößen erfolgte hierbei für die Monate Juli 2018 bis Dezember 2018, wobei die Juliprobe an der mobilen LGM in Haimhausen lediglich den Messzeitraum 3. Juli bis 31. Juli beinhaltet.

Tabelle 21. Kenngrößen der Benzo(a)pyren-Konzentration (mobile LGM/ LHY7).

<b>Benzo(a)pyren im PM<sub>10</sub></b>		<b>mobile LGM</b>	<b>LHY7</b>	<b>39. BImSchV</b>
Juli 18	ng/m <sup>3</sup>	0,01	0,01	
August 18	ng/m <sup>3</sup>	0,05	0,01	
September 18	ng/m <sup>3</sup>	0,05	0,03	
Oktober 18	ng/m <sup>3</sup>	0,14	0,13	
November 18	ng/m <sup>3</sup>	0,40	0,35	
Dezember 18	ng/m <sup>3</sup>	0,37	0,34	
<b>Mittelwert</b>	<b>ng/m<sup>3</sup></b>	<b>0,17</b>	<b>0,15</b>	<b>1<sup>1)</sup></b>

1) Zielwert für das Kalenderjahr nach 39. BImSchV

Abbildung 28. Vergleich der Benzo(a)pyren-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 (Monatsmittelwerte, Zielwert für das Jahr  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  rot gestrichelt markiert).

An der mobilen LGM in Haimhausen wurde im Mittel eine Benzo(a)pyren-Konzentration von  $0,17 \text{ ng}/\text{m}^3$  ermittelt. Die BaP-Konzentration an der Hauptmessstation LHY7 war mit  $0,15 \text{ ng}/\text{m}^3$  minimal geringer. Die minimal höheren Konzentrationen im Bereich der mobilen LGM sind wahrscheinlich auf die im Umfeld betriebenen Kleinf Feuerungen mit Holz als Brennstoff zurückzuführen. Folglich wurden die höchsten Benzo(a)pyren-Konzentrationen typischerweise in der Heizperiode Oktober bis Dezember ermittelt.

Die großen jahreszeitlichen Schwankungen sind, wie bereits unter 6. erwähnt, für Benzo(a)pyren charakteristisch. Ähnliche Konzentrationsverläufe mit höheren Benzo(a)pyren-Konzentrationen bei den mobilen Messungen wurden auch an den bereits untersuchten mobilen Messstandorten (Eitting, Pulling, Fraunberg, Haimhausen, Ismaning und Oberding) ermittelt.

## 8. Zusätzliche Vergleichsbetrachtungen

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

Für die Bewertung der ermittelten PM<sub>10</sub>-, PM<sub>2,5</sub>-, NO<sub>2</sub>- und O<sub>3</sub>-Konzentrationen werden die Monatsmittelwerte der Messungen am Messort in Haimhausen mit Messwerten des Lufthygienischen Landesüberwachungssystems Bayern (LÜB) des Bayerischen Landesamtes für Umwelt verglichen. Als Referenzstandorte wurden die LÜB-Stationen München-Stachus (städtisch/Verkehr), München-Johanneskirchen (vorstädtisch/ ländlicher Hintergrund) und Andechs (ländlich, regional) ausgewählt. Es ist hierbei zu beachten, dass die LfU-Messdaten noch nicht abschließend auf Plausibilität geprüft wurden [27].

In Tabelle 22 sind die mittleren Immissionskonzentrationen der LÜB-Stationen im Vergleich zur mobilen LGM in Haimhausen dargestellt. Die Mittelwertbildung erfolgte über den Messzeitraum 03. Juli bis 31. Dezember 2018.

In Abbildung 29 bis Abbildung 32 sind zusätzlich die Verläufe der LÜB-Messstationen im Vergleich zur mobilen LGM in Haimhausen grafisch dargestellt. In den Abbildungen sind jeweils die Monatsmittelwerte für Juli (03.07. – 31.07.18) bis Dezember 2018 dargestellt.

Tabelle 22. Mittelwerte der LÜB-Stationen im Vergleich zur mobilen LGM in Haimhausen (03.07. – 31.07.18).

Messparameter	LÜB-Stationen					Haimhausen mobile LGM µg/m <sup>3</sup>
	München- Stachus µg/m <sup>3</sup>	Lands- hut µg/m <sup>3</sup>	An- dechs µg/m <sup>3</sup>	M-Loth straße µg/m <sup>3</sup>	M-Johannes- kirchen µg/m <sup>3</sup>	
NO <sub>2</sub> -Konzentration	46	25	7	29	20	20
PM <sub>10</sub> -Konzentration	22	18	13	17	15	15
PM <sub>2,5</sub> -Konzentration	14	-	10	12	11	10
O <sub>3</sub> -Konzentration	-	-	59	47	47	42

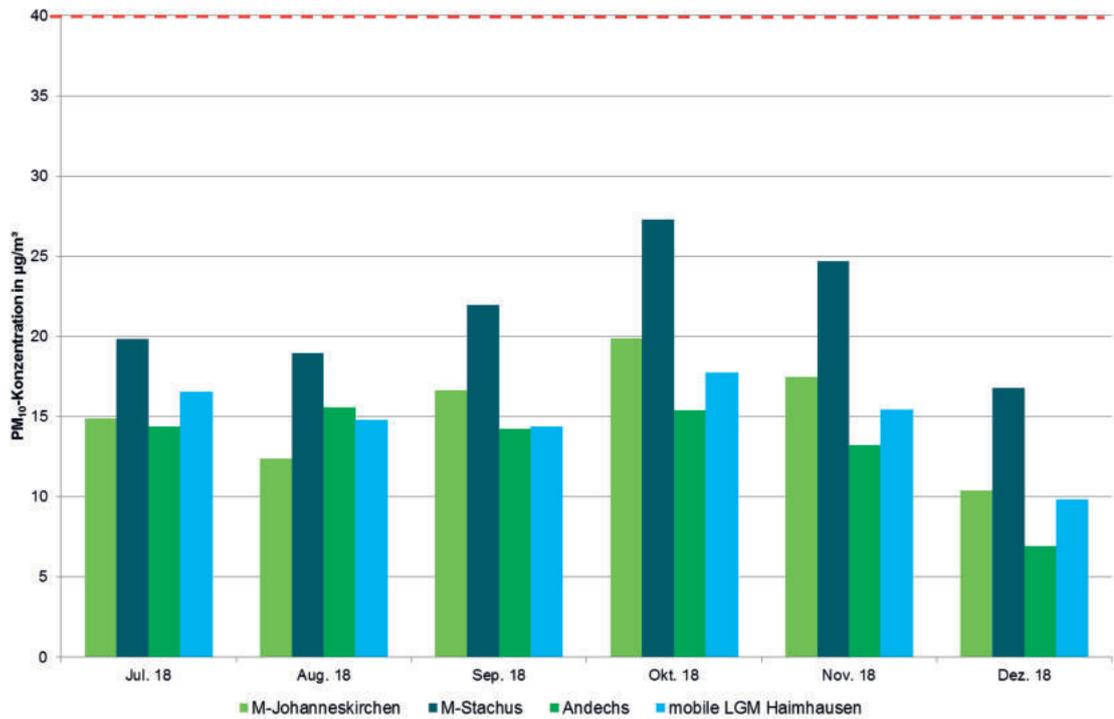


Abbildung 29. Vergleich der PM<sub>10</sub>-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Haimhausen (Monatsmittelwerte, PM<sub>10</sub>-Jahresgrenzwert 40 µg/m<sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).

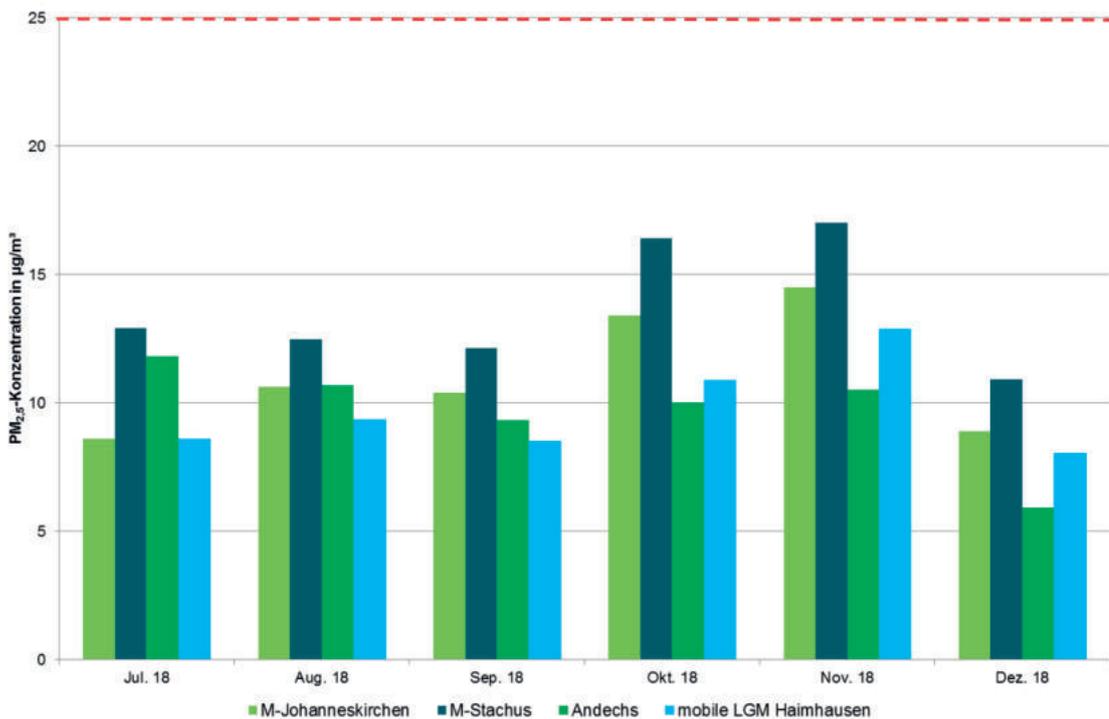


Abbildung 30. Vergleich der PM<sub>2,5</sub>-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Haimhausen (Monatsmittelwerte, PM<sub>2,5</sub>-Jahresgrenzwert 25 µg/m<sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).

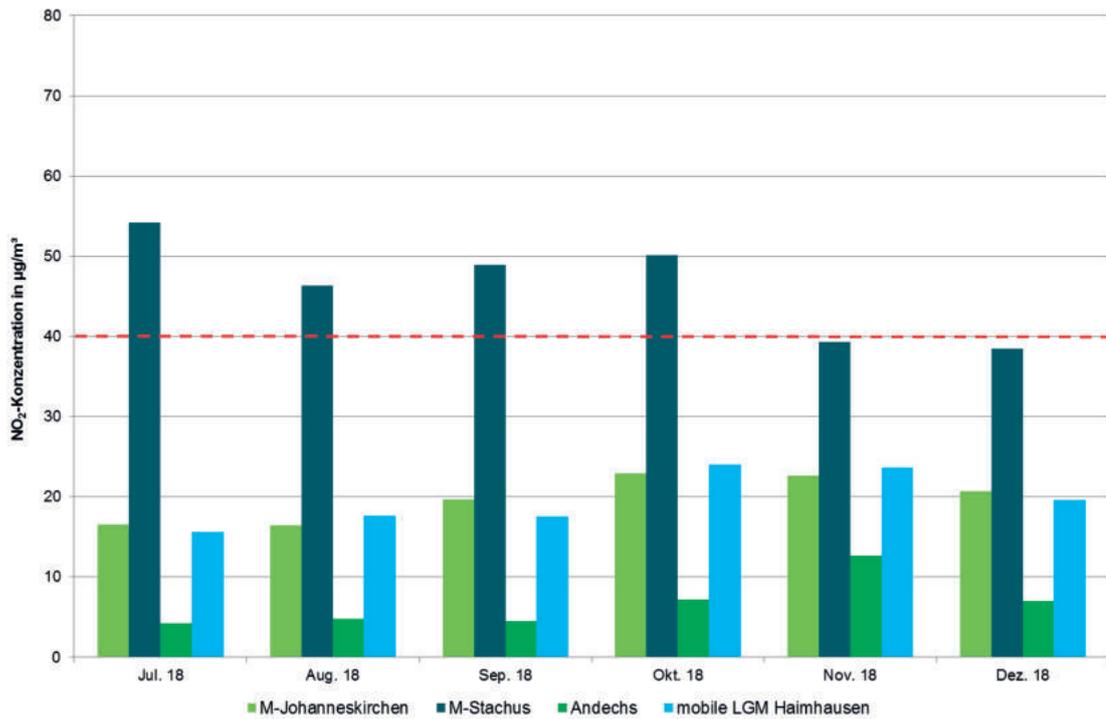


Abbildung 31. Vergleich der NO<sub>2</sub>-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Haimhausen (Monatsmittelwerte, NO<sub>2</sub>-Jahresgrenzwert 40 µg/m<sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).

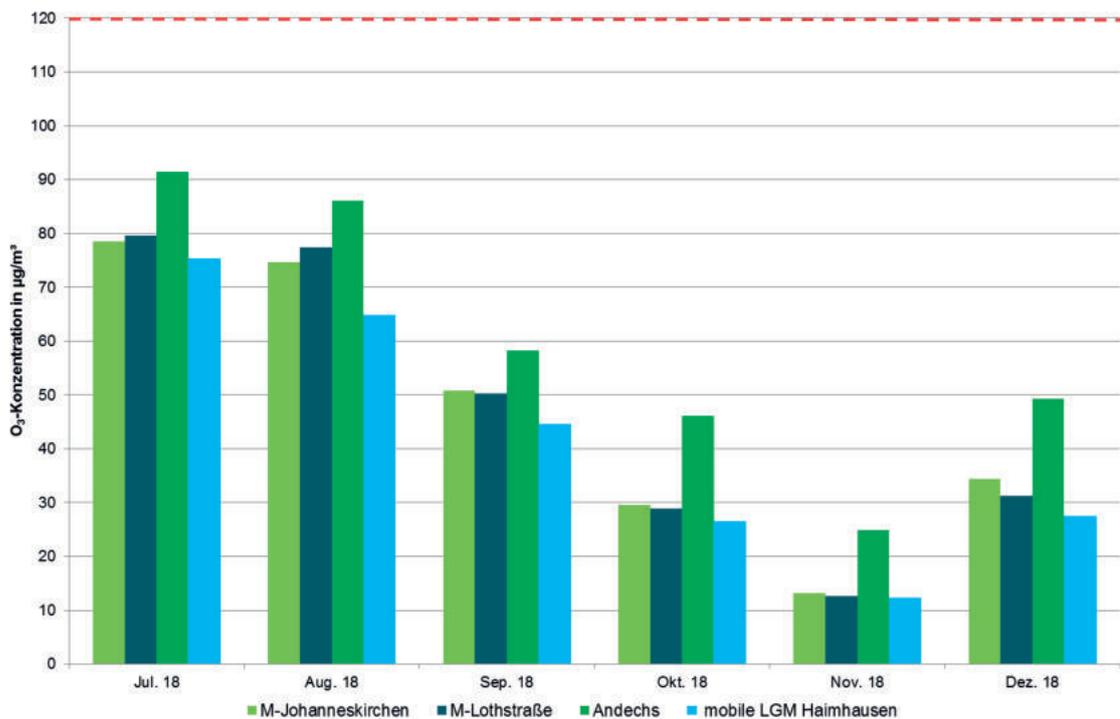


Abbildung 32. Vergleich der O<sub>3</sub>-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Haimhausen (Monatsmittelwerte, Zielwert für den Tag von 120 µg/m<sup>3</sup> rot, gestrichelt markiert).

An allen dargestellten Standorten wurden im Sommerhalbjahr im Vergleich zu den Vorjahren höhere Partikelkonzentrationen registriert. Ebenfalls wurden an allen Standorten im Dezember 2018 ungewöhnlich niedrige PM<sub>10</sub>- und PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen ermittelt.

Erwartungsgemäß zeigen die Konzentrationsverläufe für NO<sub>2</sub> und Ozon der Standorte mobile LGM, Andechs und Johanneskirchen einen ähnlichen jahreszeitlichen Verlauf.

An der innerstädtischen Verkehrsstation München-Stachus ist die Situation differenzierter zu bewerten. Während die Partikelkonzentrationen verkehrsnah auf einem etwas höheren Niveau einem ähnlichen jahreszeitlichen Verlauf zu den verkehrsfernen Messungen folgen, ist die Immissionsituation für Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) an verkehrsnahen Messorten gegenüber verkehrsfernen Messorten gegensätzlich. Durch ozonbedingte NO<sub>2</sub>-Bildung gibt es an verkehrsnahen Messorten im Sommer einen nur geringen Rückgang der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen.

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

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

## 8.2. Langzeit-Luftqualitätsindex

Zur Erleichterung der Beurteilung von Messergebnissen hat die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg einen Langzeit-Luftqualitätsindex (LaQx) für die Stoffe Benzol, Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) und die Partikel PM<sub>10</sub> erstellt [28].

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 23. Übersicht und Zusammenfassung des Langzeit-Luftqualitätsindex.

Bewertung	Benzol (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	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	
<b>Grenzwert</b>	<b>5</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>120</b>		
schlecht	5,1 – 25,0	41 - 200	41 – 50	121 – 350	5	
sehr schlecht	> 25	> 200	> 50	>350	6	

Auf Grundlage dieses Langzeit-Luftqualitätsindexes können die gemessenen mittleren Immissionskonzentrationen an Benzol, Stickstoffdioxid, Partikel PM<sub>10</sub> und Schwefeldioxid wie folgt bewertet werden.

Tabelle 24. Bewertung der Luftqualität in Haimhausen.

Parameter	Mittelwert des Messzeitraums	Bewertung	LaQx Klasse	Farbe
Benzol	0,6 µg/m <sup>3</sup>	gut	2	0,3 – 1,0 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	20 µg/m <sup>3</sup>	gut	2	13 – 20 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	15 µg/m <sup>3</sup>	gut	2	8 – 15 µg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	2 µg/m <sup>3</sup>	sehr gut	1	0 – 5 µg/m <sup>3</sup>

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 Haimhausen für Benzol, Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und PM<sub>10</sub> als „gut“ und für Schwefeldioxid als „sehr gut“ bezeichnet werden.

In Abbildung 33 sind die bisherigen Messstandorte der mobilen Messstation sowie die ermittelten Konzentrationen für Benzol, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> und SO<sub>2</sub> dargestellt. Die Messergebnisse wurden farblich nach dem LaQx codiert. Der Standort Haimhausen liegt dabei auf einem ähnlichen Niveau wie die anderen ländliche Standorte in der Region.

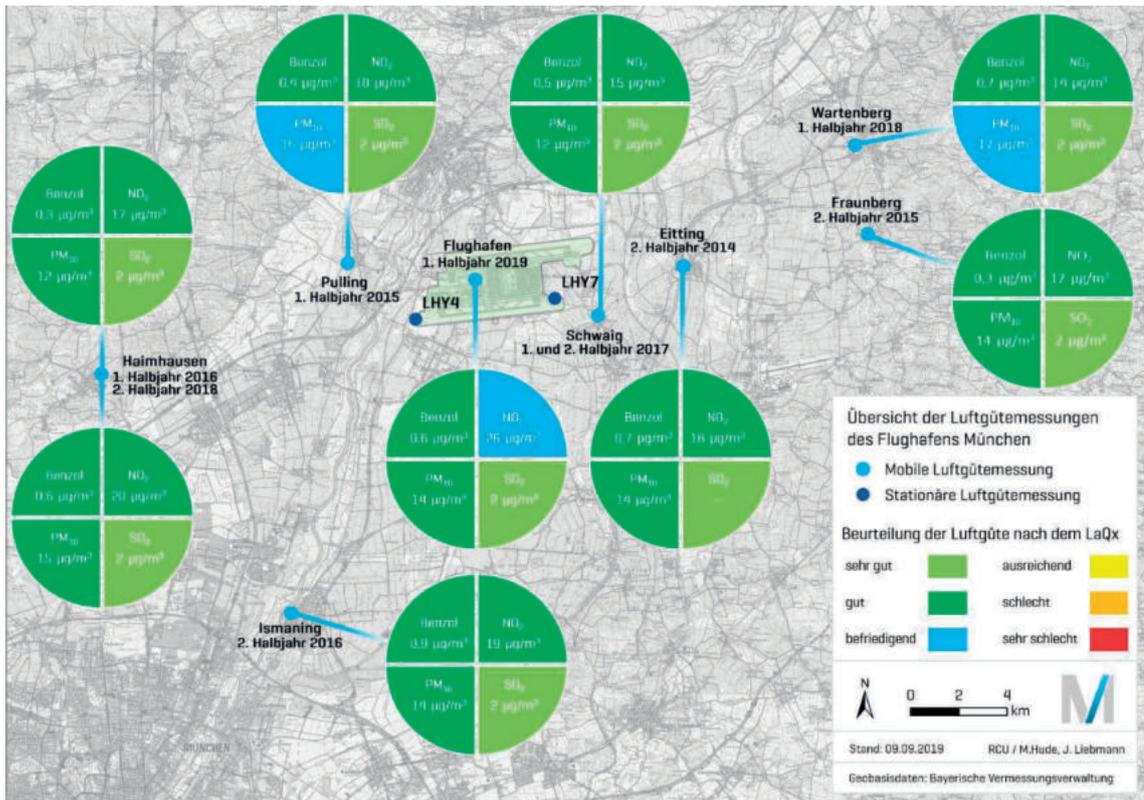


Abbildung 33. Standorte der mobilen Luftgütemesstation und Beurteilung der Luftgüte nach dem LaQx.

## 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 können neben den meteorologischen Randparametern die immissionsseitig im Umfeld eines Flughafens relevanten Luftschadstoffe Partikel PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>, Stickstoffoxide (NO und NO<sub>2</sub>), Ozon (O<sub>3</sub>), Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Benzol, Toluol, Xylole, Ethylbenzol (BTEX), *n*-Alkane als Tracer für Kerosin (C6 – C14), sowie Benzo(a)pyren im PM<sub>10</sub> gemessen werden.

Die Gemeinde Haimhausen hat im August 2017 ihr Interesse an einer erneuten Durchführung von Luftgütemessungen im Gemeindegebiet bekundet. Die Messungen sollten dabei nach den Messungen im ersten Halbjahr 2016 im zweiten Halbjahr 2018 durchgeführt werden.

Die mobilen Luftgütemessungen wurden daraufhin von 3. Juli bis 31. Dezember 2018 durchgeführt. Der Messzeitraum im zweiten Halbjahr 2018 kann als repräsentativ angesehen werden, da in etwa mit gleichen Anteilen das Sommer- als auch das Winterhalbjahr erfasst wurden.

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

Tabelle 25. Vergleich Beurteilungswerte 39. BImSchV mit den Messwerten der mobilen LGM (Haimhausen).

Messparameter	39. BImSchV			mobile LGM Haimhausen	
	Grenz- bzw. Zielwert		Zul. Überschreitungen	Mittelwert bzw. Maximalwert (max.)	Überschreitung
Partikel PM <sub>10</sub>	Jahresgrenzwert	40 µg/m <sup>3</sup>	-	15 µg/m <sup>3</sup>	-
	Tagesgrenzwert	50 µg/m <sup>3</sup>	35	max. 47 µg/m <sup>3</sup>	0
Partikel PM <sub>2,5</sub>	Jahresgrenzwert	25 µg/m <sup>3</sup>	-	10 µg/m <sup>3</sup>	-
Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )	Jahresgrenzwert	40 µg/m <sup>3</sup>	-	20 µg/m <sup>3</sup>	-
	1-h-Grenzwert	200 µg/m <sup>3</sup>	18	max. 86 µg/m <sup>3</sup>	0
Ozon (O <sub>3</sub> )	1-h Infoschwelle	180 µg/m <sup>3</sup>	-	max. 170 µg/m <sup>3</sup>	-
	8-h-Zielwert für den Tag	120 µg/m <sup>3</sup>	25	max. 154 µg/m <sup>3</sup>	24
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	Tagesgrenzwert	125 µg/m <sup>3</sup>	3	max. 2 µg/m <sup>3</sup>	0
	1-h-Grenzwert	350 µg/m <sup>3</sup>	24	max. 4 µg/m <sup>3</sup>	0
Benzol	Jahresgrenzwert	5 µg/m <sup>3</sup>	-	0,6 µg/m <sup>3</sup>	-
Benzo(a)pyren	Jahreszielwert	1 ng/m <sup>3</sup>	-	0,17 ng/m <sup>3</sup>	-

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

- Bei den Partikelmessungen wurde für PM<sub>10</sub> ein Mittelwert von 15 µg/m<sup>3</sup> bzw. für PM<sub>2,5</sub> ein Mittelwert von 10 µg/m<sup>3</sup> ermittelt. Die Grenzwerte der 39. BImSchV für das Kalenderjahr für PM<sub>10</sub> von 40 µg/m<sup>3</sup> und für PM<sub>2,5</sub> von 25 µg/m<sup>3</sup> wurden somit deutlich unterschritten.

Der maximal an 35 Tagen im Kalenderjahr zulässige Tagesmittelwert von 50 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>10</sub> wurde an keinem Kalendertag überschritten.

- Für Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) wurde an der mobilen LGM während des Messzeitraums ein Mittelwert von 20 µg/m<sup>3</sup> bestimmt. Der Immissionsgrenzwert für das Jahresmittel von 40 µg/m<sup>3</sup> wurde sicher eingehalten. Der Stundenmittelwert von 200 µg/m<sup>3</sup> (18 zulässige Überschreitungen) wurde ebenfalls nicht überschritten.
- Die NO-Konzentration lag mit 6 µg/m<sup>3</sup> im Mittel auf einem typischen Hintergrundniveau. Für NO gibt es in der 39. BImSchV keinen Beurteilungswert.
- Bei den Ozonmessungen an der mobilen LGM wurde die in der 39. BImSchV festgelegte Informationsschwelle von 180 µg/m<sup>3</sup> als 1-Stunden-Mittelwert nicht überschritten. Der zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegte Zielwert beträgt 120 µg/m<sup>3</sup> 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 Haimhausen wurde dieser Zielwert aufgrund der außergewöhnlich sonnenscheinreichen Witterung insgesamt 24 mal im zweiten Halbjahr 2018 überschritten. Eine abschließende Bewertung kann hierzu nicht erfolgen, da der Zielwert von 25 Überschreitungen pro Kalenderjahr gemäß 39. BImSchV über den Zeitraum von drei aufeinanderfolgenden Jahren gemittelt werden muss.

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

- Für Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) wurde im Messzeitraum ein Mittelwert von 2 µg/m<sup>3</sup> ermittelt. Der maximale Tagesmittelwert betrug 2 µg/m<sup>3</sup> und unterschreitet somit den Immissionswert für den Tag gemäß 39. BImSchV von 125 µg/m<sup>3</sup> deutlich. Der Immissionswert für das Stundenmittel von maximal 350 µg/m<sup>3</sup> gemäß 39. BImSchV wurde mit maximal 4 µg/m<sup>3</sup> ebenfalls weit unterschritten. Zudem lagen 98 % aller SO<sub>2</sub>-Konzentrationen während des Messzeitraums unter der Bestimmungsgrenze von 2 µg/m<sup>3</sup>.
- Die mittlere Benzol-Konzentration betrug im Messzeitraum 0,6 µg/m<sup>3</sup>. Der Jahresimmissionsgrenzwert der 39. BImSchV von 5 µg/m<sup>3</sup> 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 µg/m<sup>3</sup> 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 µg/m<sup>3</sup>. 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 Haimhausen ein Mittelwert von 0,17 ng/m<sup>3</sup> festgestellt. Der Jahresimmissionszielwert gemäß 39. BImSchV von 1 ng/m<sup>3</sup> 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 Haimhausen wie folgt eingestuft werden:

Tabelle 26. Bewertung der Luftqualität in Haimhausen gemäß Langzeit-Luftqualitätsindex.

Parameter	Mittelwert des Messzeitraums	Bewertung	LaQx Klasse	Farbe
Benzol	0,6 µg/m <sup>3</sup>	gut	2	0,3 – 1,0 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	20 µg/m <sup>3</sup>	gut	2	13 – 20 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	15 µg/m <sup>3</sup>	gut	2	8 – 15 µg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	2 µg/m <sup>3</sup>	sehr gut	1	0 – 5 µg/m <sup>3</sup>

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 Haimhausen für Benzol, Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und PM<sub>10</sub> als „gut“ und für Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) als „sehr gut“ bezeichnet werden.

Der Vergleich der Messergebnisse der mobilen LGM in Haimhausen mit den LÜB-Messstationen zeigt gute Übereinstimmungen. Die Konzentrationen der mobilen LGM in Haimhausen waren während des Messzeitraums vom 3. Juli bis 31. Dezember 2018 im Bereich der LÜB-Station München-Johanneskirchen bzw. zwischen den Konzentrationsniveaus der LÜB-Stationen München-Johanneskirchen und Andechs. Das Konzentrationsniveau der mobilen Luftgütemessungen in Haimhausen kann somit als vorstädtisch bis ländlich bezeichnet werden.

Es zeigt sich ebenfalls eine gute Übereinstimmung zu den bereits durchgeführten Luftgütemessungen aus dem ersten Halbjahr 2016. Unter Berücksichtigung der jeweiligen meteorologischen Bedingungen wurde bei beiden mobilen Luftgütemessungen in Haimhausen ein vergleichbares und in sich konsistentes Immissionsniveau ermittelt, welches auch zukünftig mit der Hauptmessstation LHY7 des Flughafens München verglichen werden kann.

## 10. Index

Alarmschwelle .....	26, 27	Luftreinhaltepläne.....	25
Benzo(a)pyren .....	1, 20, 27	n-Alkane .....	1, 6, 23, 27
Benzol.....	1, 22, 23, 27	NO .....	1, 6, 21
Emission .....	17	NO <sub>2</sub> .....	1, 6, 21, 27
Emittenten.....	1	NO <sub>x</sub> .....	21
Feinstaub.....	1	O <sub>3</sub> .....	1, 6, 21, 22, 27
Grenzwert .....	27	PAK .....	20
Immission .....	18	PM <sub>10</sub> .....	1, 6, 19, 20, 27
Immissionsgrenzwert.....	26	PM <sub>2,5</sub> .....	1, 6, 19, 20, 27
Immissionsmessungen .....	1	Richtwert .....	26, 28
Informationsschwelle.....	26, 27	Schadstoffe .....	1
Inversionswetterlagen .....	17	SO <sub>2</sub> .....	1, 6, 21, 27
IRK .....	28	UFP .....	7
LAI .....	26, 28	Zielwert.....	26

## 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. M124468/19: "Ergebnisse der mobilen Luftgütemessungen in Haimhausen 2018",“ MBBM, München, 2018.
- [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] D. R. u. S. Jacobi, „HNLUG,“ [Online]. Available: [https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/luft/sonstige\\_berichte/ufp/UFP-Zweiter\\_Zwischenbericht\\_20190819.pdf](https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/luft/sonstige_berichte/ufp/UFP-Zweiter_Zwischenbericht_20190819.pdf). [Zugriff am 03. 09. 2019].
- [6] DWD, „DWD - Langjährige und aktuelle Messdaten, sowie Pressemitteilungen,“ 25. 07. 2016. [Online]. Available: [www.dwd.de](http://www.dwd.de).
- [7] 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].
- [8] „Planetare Grenzschicht,“ 1998. [Online]. Available: <http://www.spektrum.de/lexikon/physik/planetare-grenzschicht/11314>. [Zugriff am 28. 10. 2015].
- [9] DWD - Grenzschichthöhen, „DWD,“ [Online]. Available: [http://beta.dwd.de/DE/forschung/atmosphaerenbeob/lindenbergersaeule/rao\\_download/aktuell\\_2012\\_01.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](http://beta.dwd.de/DE/forschung/atmosphaerenbeob/lindenbergersaeule/rao_download/aktuell_2012_01.pdf?__blob=publicationFile&v=5). [Zugriff am 29. 09. 2015].
- [10] ETH, „Die atmosphärische Grenzschicht,“ [Online]. Available: [http://www.iac.ethz.ch/staff/sprenger/dynmet\\_HS09/Kapitel\\_13.pdf](http://www.iac.ethz.ch/staff/sprenger/dynmet_HS09/Kapitel_13.pdf). [Zugriff am 27. 08. 2015].
- [11] LANUV NRW, „Gesundheitliche Wirkungen von Feinstaub und Stickstoffdioxid im Zusammenhang mit der Luftreinhalteplanung,“ Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, Recklinghausen, Januar 2012.
- [12] 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](http://db-airmontech.jrc.ec.europa.eu/download/PM_PAH_MBI.pdf). [Zugriff am 28. 10. 2015].
- [13] I. Tesseraux, Flugzeugemissionen und -immissionen - Belastungen für die Anwohner von Flughäfen. Handbuch für Bioklima und Lufthygiene, M. u. Turowski, Hrsg., Ecomed-Verlag, 3/2000.

- [14] „www.chemie.de,“ [Online]. Available: <http://www.chemie.de/>. [Zugriff am 28. 10. 2015].
- [15] DWD - Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), „DWD,“ [Online]. Available: [http://www.dwd.de/DE/forschung/atmosphaerenbeob/zusammensetzung\\_atmosphaere/spurengase/inh\\_nav/so2\\_node.html](http://www.dwd.de/DE/forschung/atmosphaerenbeob/zusammensetzung_atmosphaere/spurengase/inh_nav/so2_node.html). [Zugriff am 28. 10. 2015].
- [16] AirMonTech, „Air Pollution Monitoring Technologies for Urban Areas - Ozone,“ 2012. [Online]. Available: [http://db-airmontech.jrc.ec.europa.eu/download/GASES\\_Ozone\\_MBI.pdf](http://db-airmontech.jrc.ec.europa.eu/download/GASES_Ozone_MBI.pdf). [Zugriff am 28. 10. 2015].
- [17] LUA, Fachinformationen des Landesumweltamtes Nr. 12, Landesumweltamt, Hrsg., Brandenburg, 2005.
- [18] Vorläufige Messdaten der LÜB-Stationen, LfU Bayern, 2015.
- [19] HLfU, Hrsg., Schadstoffbelastungen durch den Flugverkehr, Bd. Heft 260, Hessische Landesanstalt für Umwelt, 1999.
- [20] AirMonTech, „Air Pollution Monitoring Technologies for Urban Areas - Benzene,“ 2012. [Online]. Available: [http://db-airmontech.jrc.ec.europa.eu/download/GASES\\_Benzene\\_MBI.pdf](http://db-airmontech.jrc.ec.europa.eu/download/GASES_Benzene_MBI.pdf). [Zugriff am 28. 10. 2015].
- [21] 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](http://db-airmontech.jrc.ec.europa.eu/download/GASES_VOC_MBI.pdf). [Zugriff am 28. 10. 2015].
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] 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).
- [25] VDI 2310, Richtlinienreihe zu Maximalen Immissionswerten zum Schutz der Vegetation, zum Schutz des Menschen und zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere.
- [26] TRGS 900, Technische Regeln für Gefahrstoffe 900, G. 2. S.271-274, Hrsg., zuletzt geändert und ergänzt am 02.04.2014.
- [27] Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), „Übermittlung der vorläufigen Messdaten, per email v. 02.08.2016“.
- [28] LUBW, „Luftqualitätsindex für langfristige Wirkungen (LaQx),“ 2004. [Online]. Available: <http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/14248/>. [Zugriff am 03. 09, 2019].

- [29] VDI 3957, Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation) - Emittentenbezogener Einsatz pflanzlicher Bioindikatoren, Bd. Blatt 10, 2004 - 12.
- [30] LfU, „E-Mail des Bayerischen Landesamtes für Umwelt: Übermittlung der vorläufigen Messdaten,“ 04. Februar 2016.

## Danksagung

Dank gilt Frau Angelika Keferloher für ihre tatkräftige Unterstützung bei der Auswahl des Standortes am östlichen Ortsrand von Haimhausen, dem Bayerischen Landesamt für Umwelt, insbesondere Herrn Regierungsdirektor Dr. Heinz Ott, für die fachliche Beratung sowie allen weiteren an der Durchführung der Messkampagne in Haimhausen Beteiligten, namentlich Herrn Hans-Peter Melzl, Frau Dr. Katharina Kamilli, Herrn Dr. Jonathan Liebmann 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](http://www.munich-airport.de)

## **Redaktion**

Konzernbereich Recht, Gremien, Compliance und Umwelt  
Wasser, Boden, Luft

## **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](mailto:umwelt@munich-airport.de)  
089/975-40408

30.10.2019