

/Mobile Luftgütemessung  
Besucherpark an der Kindertagesstätte  
»Airport Hopser« 04.01.2019 – 31.12.2019

Umwelt am Flughafen München



Verbindung leben



## Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	7
<b>1. Überblick über die Messkampagne an der KiTa „Airport Hopser“ .....</b>	<b>8</b>
<b>2. Die mobile Luftgütemessstation an der KiTa „Airport Hopser“ .....</b>	<b>10</b>
2.1. Mobile Luftgütemessungen am Flughafen München .....	10
2.2. Standortvorschläge.....	10
2.3. Messzeitraum .....	12
2.4. Mobile Luftgütemessstation.....	12
2.5. Messumfang / Parameter .....	13
2.6. Betrieb der mobilen Luftgütemessstation .....	14
<b>3. Meteorologie und Flugverkehr im Messzeitraum .....</b>	<b>15</b>
3.1. Meteorologische Situation während des Messzeitraums.....	15
3.2. Ergebnisse der meteorologischen Messungen an der mobilen LGM.....	16
3.3. Flugverkehr .....	21
<b>4. Luftschadstoffe.....</b>	<b>24</b>
4.1. Entstehung und Ausbreitung .....	24
4.2. Schichtung der Atmosphäre .....	25
4.3. Flugbewegungen in der atmosphärischen Grenzschicht.....	25
4.4. Verteilung von Flugzeugemissionen.....	26
4.5. Feinstaub .....	26
4.6. Benzo[a]pyren als Leitparameter für PAK.....	27
4.7. Stickstoffoxide.....	28
4.8. Schwefeldioxid.....	28
4.9. Ozon.....	29
4.10. Benzol und <i>n</i> -Alkane.....	29
<b>5. Bewertungsgrundlagen.....</b>	<b>32</b>
5.1. Allgemeine Bewertungsgrundlagen.....	33

5.2.	Mögliche Bewertungsmaßstäbe zur Beurteilung von <i>n</i> -Alkanen.....	35
5.3.	Langzeit-Luftqualitätsindex .....	35
<b>6.</b>	<b>Messergebnisse und Bewertung der Luftgüte an der Kindertagesstätte „Airport Hopser“.....</b>	<b>37</b>
6.1.	Messergebnisse Partikel PM <sub>10</sub> und PM <sub>2,5</sub> .....	37
6.2.	Messergebnisse Stickstoffdioxid [NO <sub>2</sub> ] .....	40
6.3.	Messergebnisse Schwefeldioxid [SO <sub>2</sub> ].....	44
6.4.	Messergebnisse Ozon [O <sub>3</sub> ] .....	46
6.5.	Messergebnisse Benzol, Toluol, Xylol, Ethylbenzol und <i>n</i> -Alkane.....	47
6.6.	Messergebnisse Benzo[a]pyren.....	51
<b>7.</b>	<b>Vergleich der Messstationen.....</b>	<b>53</b>
7.1.	Partikel PM <sub>10</sub> und PM <sub>2,5</sub> .....	53
7.2.	Stickstoffdioxid [NO <sub>2</sub> ].....	57
7.3.	Schwefeldioxid [SO <sub>2</sub> ] .....	61
7.4.	Ozon [O <sub>3</sub> ] .....	63
7.5.	Benzol, Toluol, Xylol, Ethylbenzol und <i>n</i> -Alkane .....	65
7.6.	Benzo[a]pyren .....	68
<b>8.</b>	<b>Zusätzliche Vergleichsbetrachtungen .....</b>	<b>70</b>
8.1.	Vergleich mit ausgewählten Messstationen des Lufthygienischen Landesüberwachungssystems Bayern (LÜB).....	70
8.2.	Langzeit-Luftqualitätsindex .....	73
<b>9.</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>75</b>
<b>10.</b>	<b>Index .....</b>	<b>78</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Standorte von LHY4, LHY7 und der mobilen Luftgütemessstation an der Kindertagesstätte „Airport Hopsler“. Kartendaten: © OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM   Kartendarstellung: © OpenTopoMap [CC-BY-SA].....	8
Abbildung 2. Übersichtskarte mit gewähltem Messstandort S4. Kartendaten: © OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM   Kartendarstellung: © OpenTopoMap [CC-BY-SA].....	11
Abbildung 3. Mobile Luftgütemessstation am Besucherpark im Umfeld der Kindertagesstätte „Airport Hopsler“.....	11
Abbildung 4. Innenausstattung der mobilen Luftgütemessstation.....	12
Abbildung 5. Windrichtungsverteilung der mobilen Luftgütemessungen an der Kindertagesstätte „Airport Hopsler“ (04.01. – 31.12.19).....	17
Abbildung 6. Mittlerer Verlauf der Windgeschwindigkeit für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19 [Stundenmittelwerte].....	20
Abbildung 7. Mittlerer Verlauf der Lufttemperatur für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19 [Stundenmittelwerte].....	20
Abbildung 8. Abflug- und Landerouten am Flughafen München sowie bisherige Standorte der mobilen Luftgütemessstation.....	22
Abbildung 9. Flugspuraufzeichnungen vom 28.12.2019 (Betriebsrichtung Ost).....	22
Abbildung 10. Flugspuraufzeichnungen vom 25.12.2019 (Betriebsrichtung West).....	23
Abbildung 11. Verlauf der gravimetrisch gemessenen PM <sub>10</sub> und PM <sub>2,5</sub> -Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19 [Tagesmittelwerte, Tagesimmissionsgrenzwert 50 µg/m <sup>3</sup> rot markiert].....	39
Abbildung 12. Verlauf der gemessenen NO <sub>2</sub> -Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19 [Stundenmittelwerte, NO <sub>2</sub> -Stundengrenzwert 200 µg/m <sup>3</sup> rot markiert].....	41
Abbildung 13. Verlauf der gemessenen NO-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 04.01 – 31.12.19 [Stundenmittelwerte].....	43
Abbildung 14. Verlauf der gemessenen SO <sub>2</sub> -Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19 [Stundenmittelwerte, SO <sub>2</sub> -Stundengrenzwert 350 µg/m <sup>3</sup> rot markiert].....	45
Abbildung 15. Verlauf der gemessenen O <sub>3</sub> -Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19 [Stundenmittelwerte, O <sub>3</sub> -Stundeninformationsschwelle 180 µg/m <sup>3</sup> rot markiert].....	47
Abbildung 16. Verlauf der Benzol-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19 [Wochenmittelwerte, Immissionsgrenzwert 5 µg/m <sup>3</sup> rot gestrichelt markiert].....	49
Abbildung 17. Verlauf der Summe der gemessenen n-Alkan-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19 [Wochenmittelwerte, hilfsweise herangezogener Beurteilungswert für Innenräume von 200 µg/m <sup>3</sup> rot gestrichelt markiert].....	50
Abbildung 18. Verlauf der gemessenen BaP-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.2019 [Monatsmittelwerte, Zielwert für das Jahr 1 µg/m <sup>3</sup> rot gestrichelt markiert].....	52
Abbildung 19. Verlauf der gravimetrisch gemessenen PM <sub>10</sub> -Konzentration der mobilen LGM und LHY7 für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19 [Tagesmittelwerte, Tagesimmissionsgrenzwert 50 µg/m <sup>3</sup> rot markiert].....	54

Abbildung 20. Verlauf der gravimetrisch gemessenen PM <sub>2,5</sub> -Konzentration der mobilen LGM und LHY7 für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19; Tagesmittelwerte. ....	55
Abbildung 21. Konzentrationswindrose: mittlere PM <sub>10</sub> -Konzentrationen aus allen Einzelmesswerten je 10°-Windrichtungsklasse an den Messorten mobile LGM und LHY7 im Vergleich; basierend auf kontinuierlichen Messdaten im Zeitraum vom 04.01. – 31.12.19. ....	56
Abbildung 22. Verlauf der NO <sub>2</sub> -Konzentration der mobilen LGM, der Hauptmessstation LHY7 und der Messstation LHY4 für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19 (Monatsmittelwerte, Grenzwert für das Kalenderjahr 40 µg/m <sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).....	58
Abbildung 23. 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 04.01. – 31.12.19.....	59
Abbildung 24. Verlauf der SO <sub>2</sub> -Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19 (Monatsmittelwerte, Grenzwert für das Tagesmittel 125 µg/m <sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).....	63
Abbildung 25. Verlauf der O <sub>3</sub> -Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19 (Monatsmittelwerte, Zielwert für den Tag von 120 µg/m <sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).....	65
Abbildung 26. Verlauf der Benzol-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19 (Wochenmittelwerte, Immissionsgrenzwert 5 µg/m <sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).....	67
Abbildung 27. Verlauf der n-Alkan-Konzentration (Summe) der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19 (Wochenmittelwerte, hilfswise herangezogener Beurteilungswert für Innenräume von 200 µg/m <sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).....	68
Abbildung 28. Vergleich der Benzo(a)pyren-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19 (Monatsmittelwerte, Zielwert für das Jahr 1 µg/m <sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).....	69
Abbildung 29. Vergleich der PM <sub>10</sub> -Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Kindertagesstätte (Monatsmittelwerte 2019, PM <sub>10</sub> -Jahresgrenzwert 40 µg/m <sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).....	71
Abbildung 30. Vergleich der PM <sub>2,5</sub> -Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Kindertagesstätte (Monatsmittelwerte 2019, PM <sub>2,5</sub> -Jahresgrenzwert 25 µg/m <sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).....	71
Abbildung 31. Vergleich der NO <sub>2</sub> -Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Kindertagesstätte (Monatsmittelwerte 2019, NO <sub>2</sub> -Jahresgrenzwert 40 µg/m <sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).....	72
Abbildung 32. Vergleich der O <sub>3</sub> -Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Kindertagesstätte (Monatsmittelwerte 2019, Zielwert für den Tag von 120 µg/m <sup>3</sup> rot, gestrichelt markiert).....	72
Abbildung 33. Standorte der mobilen Luftgütemessstation und Beurteilung der Luftgüte nach dem LaQx. ....	74

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Übersicht Messparameter, Messgeräte und Messverfahren.....	14
Tabelle 2. Monatskenngrößen von Lufttemperatur, relativer Luftfeuchte, Luftdruck und Windgeschwindigkeit für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19.....	18
Tabelle 3. Monatsmittelwerte für Temperatur und Niederschlag der DWD-Station München-Flughafen für den Zeitraum 04.01. – 31.12.2019 im Vergleich zum langjährigen Mittel.....	19
Tabelle 4. Starts und Landungen sowie Betriebsrichtungsverteilung 04.01.2019 – 31.12.2019.....	21
Tabelle 5. Beurteilungswerte.....	34
Tabelle 6. Langzeit-Luftqualitätsindex LaQx.....	35
Tabelle 7. Statistische Kenngrößen der PM <sub>10</sub> - und PM <sub>2,5</sub> -Konzentrationen im Messzeitraum.....	38
Tabelle 8. Statistische Kenngrößen der NO <sub>2</sub> -Konzentration für den Messzeitraum.....	40
Tabelle 9. Statistische Kenngrößen der NO-Konzentration für den Messzeitraum.....	42
Tabelle 10. Statistische Kenngrößen der SO <sub>2</sub> -Konzentration für den Messzeitraum.....	44
Tabelle 11. Statistische Kenngrößen der O <sub>3</sub> -Konzentration für den Messzeitraum.....	46
Tabelle 12. Statistische Kenngrößen der BTEX- und n-Alkan-Messungen.....	48
Tabelle 13. Statistische Kenngrößen der Benzo[a]pyren-Konzentration im PM <sub>10</sub> .....	51
Tabelle 14. Kenngrößen der PM <sub>10</sub> -Konzentration (mobile LGM/ LHY7).....	53
Tabelle 15. Kenngrößen der PM <sub>2,5</sub> -Konzentration (mobile LGM/ LHY7).....	55
Tabelle 16. Mittlere PM <sub>10</sub> -Konzentration und -differenz je Windsektor.....	57
Tabelle 17. Kenngrößen der NO <sub>2</sub> -Konzentration (mobile LGM/ LHY7/ LHY4).....	58
Tabelle 18. Mittlere NO <sub>2</sub> -Konzentration und -differenz je Windsektor.....	60
Tabelle 19. Kenngrößen der NO-Konzentration (mobile LGM/ LHY7/ LHY4).....	61
Tabelle 20. Kenngrößen der SO <sub>2</sub> -Konzentration (mobile LGM/ LHY7).....	62
Tabelle 21. Kenngrößen der O <sub>3</sub> -Konzentration (mobile LGM/ LHY7).....	64
Tabelle 22. Kenngrößen der BTEX- und n-Alkan-Konzentration (mobile LGM/ LHY7).....	66
Tabelle 23. Kenngrößen der Benzo[a]pyren-Konzentration (mobile LGM/ LHY7).....	69
Tabelle 24. Mittelwerte der LÜB-Stationen im Vergleich zur mobilen LGM an der Kindertagesstätte „Airport Hopser“ (04.01. – 31.12.19).....	70
Tabelle 25. Übersicht und Zusammenfassung des Langzeit-Luftqualitätsindex.....	73
Tabelle 26. Bewertung der Luftqualität an der Kindertagesstätte „Airport Hopser“.....	74
Tabelle 27. Vergleich Beurteilungswerte 39. BImSchV mit den Messwerten der mobilen LGM [Kindertagesstätte].....	75
Tabelle 28. Bewertung der Luftqualität an der Kindertagesstätte „Airport Hopser“ gemäß Langzeit-Luftqualitätsindex.....	77

## 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 ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{NO}$ ), Feinstaub ( $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$ ) und verschiedene Kohlenwasserstoffe (u.a. Benzol und Benzo[a]pyren).

Die Anforderungen an die Luftqualität haben sich seit Inbetriebnahme des Flughafens erheblich verschärft. Grund dafür sind v.a. europäische Maßgaben und deren Umsetzungen in 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. Anfragen von interessierten Gemeinden können über die Fluglärmkommission oder direkt an die Umwelta Abteilung des Flughafens München gerichtet werden. Die Messergebnisse werden auf den Internetseiten des Flughafens München veröffentlicht und auf Wunsch in der Kommune vorgestellt.

Die Auswahl der mit der mobilen Luftgütemessstation überwachten Messparameter orientiert sich an der 39. BImSchV [1]. Hierzu zählen Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ), Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ), Feinstaub ( $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2,5}$ ), Ozon ( $\text{O}_3$ ), 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.

Der hier vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse der mobilen LGM im Zeitraum vom 04.01.2019 – 31.12.2019 an der Kindertagestätte „Airport Hopser“ am Besucherpark des Flughafen München vor.

## 1. Überblick über die Messkampagne an der KiTa „Airport Hopper“

Im Rahmen der 61. turnusmäßigen Sitzung der Fluglärmkommission im Juli 2018 am Flughafen München wurde durch den Vorsitzenden der Fluglärmkommission angeregt, die mobile Luftgütemessstation der Flughafen München GmbH im Zentralbereich oder am Besucherpark des Flughafen München zu positionieren. Vom 04. Januar bis zum 31. Dezember 2019 wurden mit der mobilen Luftgütemessstation Messungen im Umfeld der Kindertagesstätte „Airport Hopper“ in der Nähe des Besucherparks durchgeführt. Die Dauer der Messkampagne an diesem Standort betrug ein Kalenderjahr.

Abbildung 1 zeigt die Standorte der stationären Luftgütemessstationen LHY4 und LHY7 auf dem Flughafengelände sowie den Standort der mobilen Luftgütemessstation im Zeitraum 04.01.2019 bis 31.12.2019 an der Kindertagesstätte „Airport Hopper“

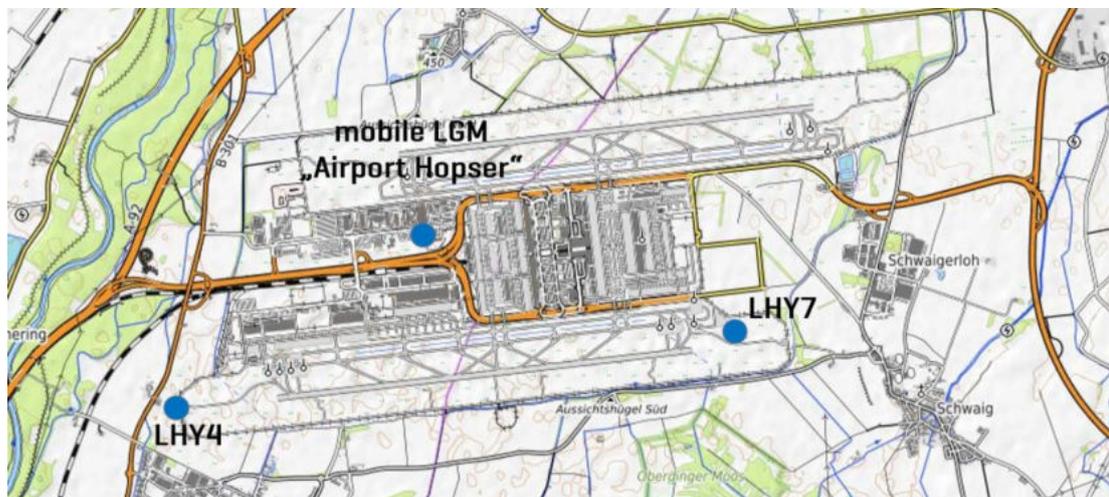


Abbildung 1. Standorte von LHY4, LHY7 und der mobilen Luftgütemessstation an der Kindertagesstätte „Airport Hopper“. Kartendaten: © OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM | Kartendarstellung: © OpenTopoMap [CC-BY-SA].

Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse der Messungen am Standort „Airport Hopper“ vor. Er erweitert den von Müller-BBM erstellten Messbericht „Abschlussbericht zu den Ergebnissen der mobilen Luftgütemessungen im Umfeld der Kindertagesstätte „Airport Hopper“/Besucherpark“ vom 31.01.2020 um zusätzliche Informationen zur Wahl des Standortes, zur mobilen Luftgütemessstation, zum Flugverkehr sowie den Luftschadstoffen und Bewertungsgrundlagen. Die Kapitel 6, 7 und 8 des vorliegenden Berichtes stellen die Messergebnisse und zusätzliche Vergleichsbetrachtungen dar. Sie sind, wie auch die Zusammenfassung (Kapitel 9), wort- und inhaltsgleich aus dem Messbericht von Müller-BBM übernommen.

Für alle gemessenen Parameter der 39. BImSchV [39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes – Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen][1] wurden die Immissionsgrenzwerte sicher eingehalten bzw. deutlich unterschritten. Für zusätzliche Parameter wurden die Beurteilungswerte des Länderaus-

schusses für Immissionsschutz [LAI] [2] und der hilfsweise herangezogene Richtwert I (Vorsorgewert) der Kommission für Innenraumlufthygiene (IRK) [3] am Umweltbundesamt ebenfalls deutlich unterschritten.

Die Messergebnisse zeigen, dass die Luftqualität am Messstandort am Besucherpark des Flughafensvergleichbar ist mit der in vorstädtischen bis ländlichen Gebieten. Einzig die  $\text{NO}_x$  Konzentrationen sind leicht erhöht was sich auf die lokalen Emission der in der Nähe liegenden Zentralallee zurückführen lässt.

## 2. Die mobile Luftgütemessstation an der KiTa „Airport Hopper“

### 2.1. Mobile Luftgütemessungen am Flughafen München

Im Rahmen der 61. turnusmäßigen Sitzung der Fluglärmkommission im Juli 2018 am Flughafen München wurde durch den Vorsitzenden der Fluglärmkommission angeregt, die mobile Luftgütemessstation der Flughafen München GmbH im Zentralbereich oder Besucherpark des Flughafens zu positionieren. Die Flughafen München GmbH erklärte sich daraufhin bereit, auf ihre Kosten eine Messkampagne durchzuführen.

### 2.2. Standortvorschläge

Die unabhängige, akkreditierte und notifizierte Messstelle nach §29b BImSchG Müller BBM wurde gebeten, einen geeigneten Standort vorzuschlagen. Der Standort muss folgenden Bedingungen genügen:

- Stabile und möglichst ebene Aufstellfläche, die gut mit der auf einem Anhänger befindlichen Station angefahren werden kann
- Stromversorgung mit mindestens 230 V
- 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...)
- Idealerweise umzäunt, um die Vandalismusgefahr zu minimieren

Am 28.10.2019 wurden, gemeinsam mit Vertretern des Bayerischen Landesamt für Umwelt (Herr Dr. Marb), des Flughafens München (Frau Dr. Kamilli, Herr Kaun und Herr Melzl) und der Müller-BBM GmbH (Frau Thiel), mögliche Messstandorte am Besucherpark im Umfeld der Kindertagesstätte „Airport Hopper“ für die mobile Luftgütemessstation besichtigt. Nach der Begutachtung der Außenflächen im Bereich der Kindertagesstätte „Airport Hopper“ wurde eine Grünfläche südwestlich der Kindertagesstätte einstimmig als Messort ausgewählt. Die Kindertagesstätte „Airport Hopper“ befindet sich östlich des FMG-Verwaltungsgebäudes in der Nähe des Besucherparks des Flughafens München. Im Norden grenzt seit 2018 das kürzlich erbaute Parkhaus P51 an. Die Beeinflussung durch lokale Emittenten ist an diesem Standort vergleichsweise gering und der Standort hat als Aufenthaltsort von Kindern eine besondere Bedeutung.

Zur besseren räumlichen Einordnung des Messortes ist der genaue Standort in Abbildung 2 dargestellt.

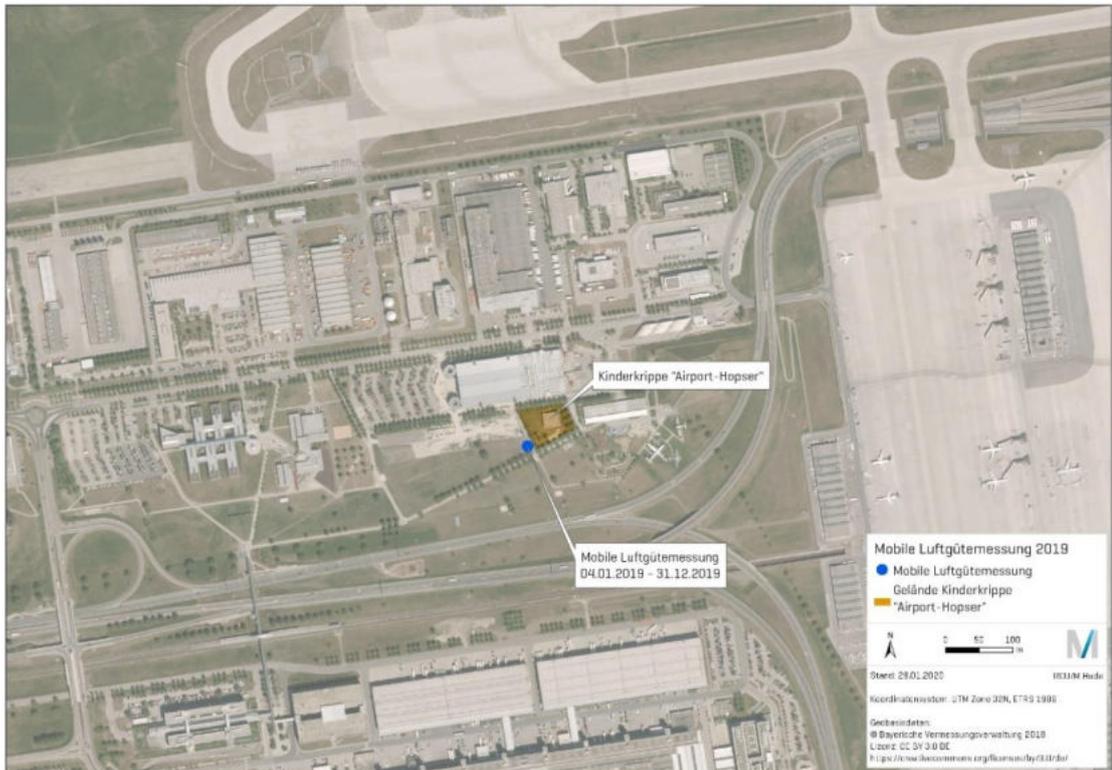


Abbildung 2. Übersichtskarte mit gewähltem Messstandort S4. Kartendaten: © OpenStreetMap-Mitwirkende, SRTM | Kartendarstellung: © OpenTopoMap [CC-BY-SA].

Abbildung 3 zeigt die mobile Messstation am Messstandort mit den Außenflächen der Kindertagesstätte im Hintergrund.



Abbildung 3. Mobile Luftgütemessstation am Besucherpark im Umfeld der Kindertagesstätte „Airport Hopser“.

### 2.3. Messzeitraum

Die Messungen wurden am 04.01.2019 am Standort „Airport Hopser“ am Besucherpark des Flughafens begonnen. Die mobile Luftgütemessstation war bis 31.12.2019 in Betrieb.

Der Zwischenbericht des ersten Halbjahrs wurde dem Vorsitzenden der Fluglärmkommission am 25.07.2019 in der 63. Sitzung der Fluglärmkommission übergeben. Der jetzt vorliegende Bericht umfasst ein ganzes Kalenderjahr und kann daher als repräsentativ angesehen werden.

### 2.4. Mobile Luftgütemessstation

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

Abbildung 4 zeigt die Innenausstattung der mobilen Luftgütemessstation.



Abbildung 4. Innenausstattung der mobilen Luftgütemessstation.

## 2.5. Messumfang / Parameter

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

- Feinstaub [PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>]
- Stickstoffoxide [NO<sub>x</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 im PM<sub>10</sub>

Zudem werden folgende meteorologischen Parameter bestimmt:

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

Nachfolgende Tabelle 1 enthält den Messumfang der mobilen Luftgütemessstation mit den gemessenen Parametern, dem eingesetzten Gerät sowie den verwendeten Messverfahren. Die Parameter, Geräte und Verfahren entsprechen den einschlägigen Vorgaben.

Die Messung von Ultrafeinstaub erfolgt nicht, da keine einheitlichen Messverfahren und keine Grenzwerte in der 39. BImSchV vorgegeben sind und keine Bewertungsgrundlage existiert.

Tabelle 1. Übersicht Messparameter, Messgeräte und Messverfahren.

Messumfang der mobilen Luftgütemessstation		
Parameter	Gerät	Verfahren
PM <sub>10</sub> kontinuierlich	Horiba Typ: APDA 372	DIN EN 16450
PM <sub>10</sub> gravimetrisch	Comde/Derenda Typ: LVS/PNS	DIN EN 12341
PM <sub>2,5</sub> kontinuierlich	Horiba Typ: APDA 372	DIN EN 16450
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: MCZ Typ: Mirco- PNS	DIN EN 14662
Benzo(a)pyren (im PM <sub>10</sub> )	Comde/Derenda Typ: LVS/PNS	DIN EN 15549
n-Alkane (C <sub>8</sub> -C <sub>14</sub> )	Horiba Typ: MCZ Typ: Mirco- PNS	DIN EN 14662
Temperatur	Wetterstation Thies/ Lufft	VDI 3786 Blatt 3
relative Feuchte	Wetterstation Thies/ Lufft	VDI 3786 Blatt 4
Windgeschwindigkeit	Wetterstation Thies/ Lufft	VDI 3786 Blatt 2
Windrichtung	Wetterstation Thies/ Lufft	VDI 3786 Blatt 2
Luftdruck	Wetterstation Thies/ Lufft	VDI 3786 Blatt 16

## 2.6. Betrieb der mobilen Luftgütemessstation

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

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

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

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

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

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

Die meteorologische Situation während der Luftgütemessung an der Kindertagesstätte „Airport Hopser“ kann aus lufthygienischer Sicht wie folgt zusammengefasst werden:

Im Januar 2019 dominierten meist Tiefdruckgebiete aus westlichen Richtungen. Immer wieder drückten dabei Wolken und Niederschlagsfelder gegen die Nordränder der Alpen und führten teilweise zu extremen Dauerschneefällen in Oberbayern. Zeitweise herrschten winterliche Temperaturen, während sonst eher milde Witterungsabschnitte überwogen. In der zweiten Monatshälfte gelangte Oberbayern für etwa eine Woche unter Hochdruckeinfluss. Dieser sorgte allgemein für Sonnenschein und auch einige Dauerfrostage.

Im Februar 2019 dominierten in Bayern meist Hochdruckgebiete mit geringer Bewölkung. Sie sorgten damit für außergewöhnlich viel Sonnenschein und sehr große Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht. Insgesamt lagen die Durchschnittstemperaturen und die Zahl der Sonnenscheinstunden weit über bzw. die Niederschlagsmenge unter dem vieljährigen Mittel.

Im Vergleich zum Februar 2019 zeigte die Witterung in Bayern im März 2019 einen deutlich anderen Charakter. Der März 2019 wurde von Tiefdruckgebieten mit vorwiegend feuchter und meist sehr milder Luft dominiert. Es traten immer wieder Starkwindfelder auf, die zu außergewöhnlichen Sturmserien führten. Ende der zweiten Dekade übernahmen dann wieder Hochdruckgebiete das Wettergeschehen. Sie brachten abwechselnd warme oder etwas kühlere, aber meist trockene Luft. Somit verlief der März insgesamt deutlich zu mild und niederschlagsreich bei ausgeglichener Sonnenscheindauer.

Der April 2019 ist in Bayern im Vergleich zum vieljährigen Durchschnitt zu warm ausgefallen. Es dominierte meist Hochdruckeinfluss, der überwiegend mit östlicher oder südlicher Strömung warme kontinentale Luftmassen nach Bayern brachte. Dabei stiegen die Temperaturen auf ein frühlinghaftes, teils auch schon auf frühlommerliches Niveau. In München-Stadt wurde am 25. April sogar eine Temperatur von 28,1 °C gemessen.

In der ersten Monatshälfte des Mai 2019 wehte immer wieder kühle Luft von Nordwesten und Norden heran. Hoher Luftdruck brachte dabei an manchen Tagen sonniges Wetter, aber nochmals auch Nachtfrost (z.B. 7. Mai). Ansonsten sorgten Tiefdruckgebiete vor allem im Süden für reichlich Niederschlag, der sogar teilweise vorübergehend als Schnee fiel.

Der Juni 2019 war in Deutschland der sonnigste und wärmste Monat seit dem Beginn flächendeckender meteorologischer Messungen. In Folge dessen war er, nach einem zu nassen Mai, hierzulande deutlich zu trocken. Örtlich führten jedoch schwere Gewitter mit großkörnigem Hagel, Sturmböen und Starkregen in den ersten zwei Monatsdekaden zu großen Niederschlagsmengen.

Der Juli 2019 war in Deutschland ein sehr sonniger, bis heißer, Monat. Eine Hitzewelle brachte im letzten Julidrittel regional an drei aufeinanderfolgenden Tagen Temperaturen von über 40 °C. Deutschlandweit kam es auch im Juli zu einem deutlichen Niederschlagsdefizit.

Die ersten beiden Augustdekaden waren von wechselhafter und feuchter Witterung geprägt. Dagegen zeigte sich das letzte Monatsdrittel durch zunehmenden Hochdruckeinfluss verbreitet sommerlich heiß.

Das Wetter im September 2019 zeigte sich am Flughafen München insgesamt als sehr sonnenscheinreich und niederschlagsarm. Das mittlere Drittel war von Lufthochdruck mit vereinzeltem Ostwindeinfluss geprägt. Im letzten Drittel des Monats kam es häufig zu Regen mit höheren Windgeschwindigkeiten, jedoch ohne heftige Gewitter.

Der Oktober 2019 zeigte sich am Flughafen-München aufgrund des anhaltenden Einflusses milder Südwestströmungen als tendenziell zu warm, vor allem zu Beginn des Monats. Dies führte unter anderem zu vergleichsweise wenig Nebel für die Jahreszeit. Gegen Ende der letzten Dekade leitete dann eine Kaltfront eine deutliche Abkühlung mit entsprechenden Temperaturen für einen Oktober im einstelligen Plusbereich ein. Sonnenscheindauer, Niederschlagsmengen sowie Windgeschwindigkeiten sind als durchschnittlich einzustufen.

Der November 2019 war in der ersten Dekade vor allem von Tiefdruckgebieten aus westlichen Richtungen, die milde Temperaturen und häufige Niederschläge brachten, geprägt. Ab der zweiten Novemberdekade zogen Tiefdruckgebiete um Deutschland herum und sorgten so trotz tiefen Luftdrucks für trockene Witterungsverhältnisse. Im Gegensatz dazu brachten in der dritten Novemberdekade Winde aus östlichen Richtungen kühle und trockene Luftmassen nach Deutschland.

Im Dezember 2019 dominierten in der ersten und dritten Monatsdekade Hochdruckgebiete. Zur Mitte des Monats sorgte Föhn sowohl für untypisch hohe Temperaturen, als auch zu inversen Wetterlagen. Im Mittel war daher der Dezember 2019 deutlich zu mild, trocken und sonnenscheinreich.

Zusammenfassend kann der Messzeitraum im Jahr 2019 als deutlich zu trocken, zu warm und zu sonnenscheinreich bezeichnet werden. Aus lufthygienischer Sicht war der Messzeitraum daher tendenziell im Sommerhalbjahr ungünstig bzw. im Winterhalbjahr günstig.

### **3.2. Ergebnisse der meteorologischen Messungen an der mobilen LGM**

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

Die Aufzeichnungen liegen für den Zeitraum vom 4. Januar bis 31. Dezember 2019 in Form von Halbstunden- und Stundenmittelwerten vor; für jedes Stundenintervall und jede Messgröße wurden ferner jeweils die höchsten und die niedrigsten Einzelmesswerte festgehalten [Extremwerte]. Die meteorologischen Größen dienen u. a. der Beurteilung der Immissionssituation.

In Abbildung 5 ist die Windrichtungsverteilung für den gesamten Messzeitraum dargestellt.

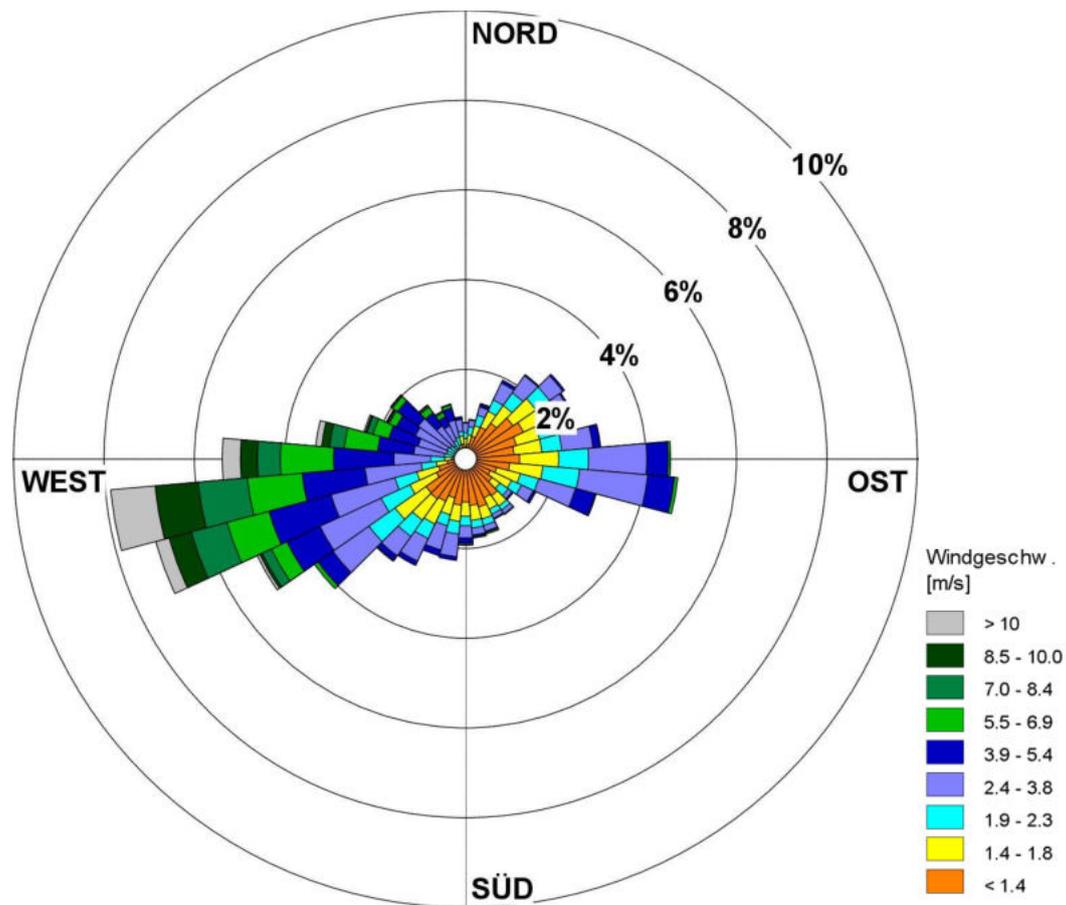


Abbildung 5. Windrichtungsverteilung der mobilen Luftgütemessungen an der Kindertagesstätte „Airport Hopser“ (04.01. – 31.12.19).

Die Häufigkeitsverteilungen der Windrichtung und -geschwindigkeit für den Zeitraum 4. Januar 2019 bis 31. Dezember 2019 zeigt ein Primärmaximum aus westlichen bis südwestlichen und ein Sekundärmaximum aus östlichen Richtungen. Insgesamt zeigt sich bei der Windrichtungshäufigkeitsverteilung des Messzeitraums eine gute Übereinstimmung zum repräsentativen Jahr 2012 [4] [5]. Der Anteil an Schwachwinden [Kalmen] betrug 6,7 %.

Für eine weiterführende detaillierte Beurteilung der Immissionskenngrößen sind in Kapitel 5.2 und 10.1. im Müller-BBM Bericht [6] zum gesamten Messzeitraum die Häufigkeitsverteilungen der Windrichtungen und -geschwindigkeiten in den einzelnen Messmonaten dargestellt. Zusammenfassend lagen der Januar, März, Juli und September im Einfluss teils kräftiger West- bis Südwestwinde. In den Monaten April und Juni wurden deutlich ausgeprägte Ostwindperioden registriert. In den Monaten Februar, Mai, Oktober, November und Dezember wurden neben Südwestanströmungen auch typische Ost- bzw. Nordostwetterlagen registriert. Typische langanhaltende, winterliche Hochdruckwetterlagen waren im Februar zu verzeichnen. Im August gab es einen ungewöhnlich hohen Anteil an Südwinden.

Die Windrichtungsverteilung des Messzeitraums ist im Wesentlichen durch die Lage des Messortes am nördlichen Rand der Münchner Schotterebene geprägt. Es zeigt sich grundsätzlich eine gute Übereinstimmung zur überregionalen Windrichtungsverteilung, die durch

die DWD-Station Flughafen München repräsentiert wird. Im Gegensatz zur langjährigen überregionalen Windverteilung wurde im Messzeitraum eine insgesamt stärker gefächerte Windrichtungsverteilung und weniger Westwind bestimmt

In der Tabelle 2 sind zunächst die Monatskenngrößen von Lufttemperatur, relativer Feuchte, Luftdruck und der Windgeschwindigkeit für den Messstandort „Airport Hopser“ dargestellt.

Tabelle 2. Monatskenngrößen von Lufttemperatur, relativer Luftfeuchte, Luftdruck und Windgeschwindigkeit für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19.

Kenngröße	Windgeschwindigkeit	Luftdruck	rel. Feuchte	Lufttemperatur
	m/s	hPa NN	%	°C
Januar 19	3,5	1011	79,6	-0,4
Februar 19	1,7	1022	70,3	3,2
März 19	3,5	1017	64,9	7,1
April 19	2,1	1012	57,2	10,7
Mai 19	1,6	1013	68,3	11,5
Juni 19	1,2	1016	62,4	20,9
Juli 19	1,2	1015	61,9	20,5
August 19	1,1	1017	68,7	20,0
September 19	1,3	1019	70,8	15,0
Oktober 19	1,3	1015	77,0	11,3
November 19	1,7	1005	82,1	5,1
Dezember 19	2,0	1014	78,2	3,0
<b>Mittelwert</b>	<b>1,8</b>	<b>1015</b>	<b>70</b>	<b>10,8</b>
Max. 1h-Mittelwert	13,4	1039	96	34,6
Min. 1h-Mittelwert	< 0,5	979	16	-7,8
Verfügbarkeit %	100	100	100	100

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

Tabelle 3. Monatsmittelwerte für Temperatur und Niederschlag der DWD-Station München-Flughafen für den Zeitraum 04.01. – 31.12.2019 im Vergleich zum langjährigen Mittel.

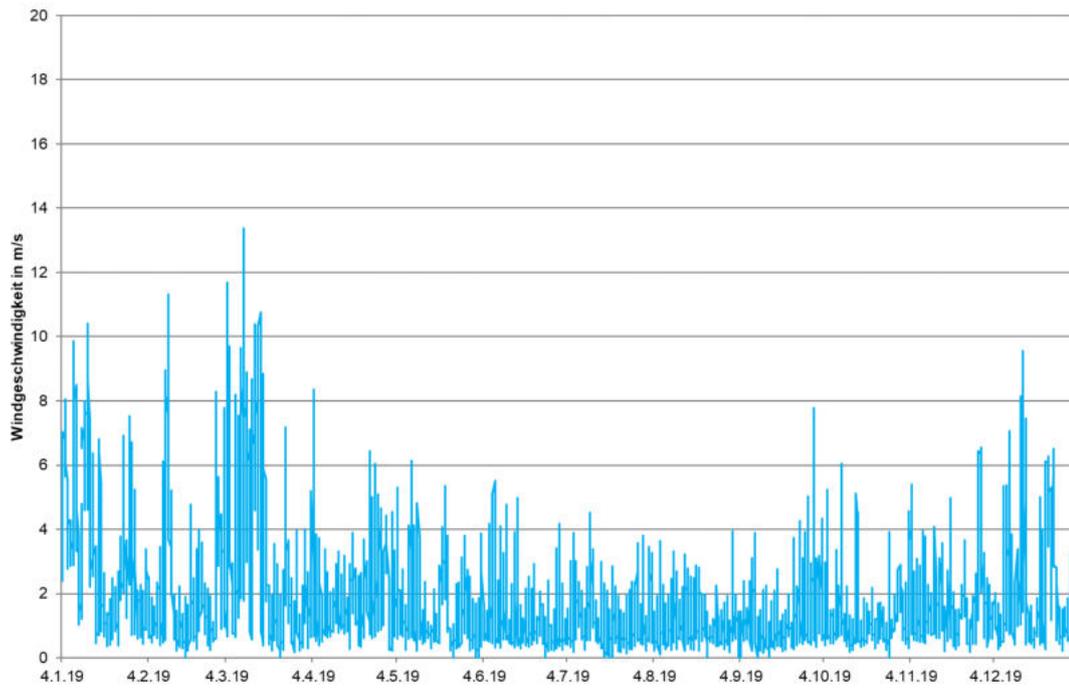
Kenngröße	Luft- temperatur	Luft- temperatur (langjähriges Mittel)	Nieder- schlag	Niederschlag (langjähriges Mittel)
	°C	°C	mm	mm
Januar 19	-0,4	-1,0	45	49
Februar 19	3,2	0,1	38	41
März 19	7,1	4,2	45	55
April 19	10,7	8,5	15	53
Mai 19	11,5	13,5	116	87
Juni 19	20,9	16,4	51	103
Juli 19	20,5	18,3	58	110
August 19	20,0	17,8	85	90
September 19	15,0	13,5	56	72
Oktober 19	11,3	8,9	56	58
November 19	5,1	3,5	35	56
Dezember 19	3,0	0,2	48	60
<b>Mittelwert</b>	<b>10,8</b>	<b>8,7</b>	-	-
<b>Summe</b>	-	-	<b>648</b>	<b>834</b>

Die mittlere Windgeschwindigkeit über den Messzeitraum betrug 1,8 m/s. Die höchsten Windgeschwindigkeiten wurden im Januar und März 2019 registriert. Im August wurden mit 1,1 m/s die geringsten Windgeschwindigkeiten gemessen.

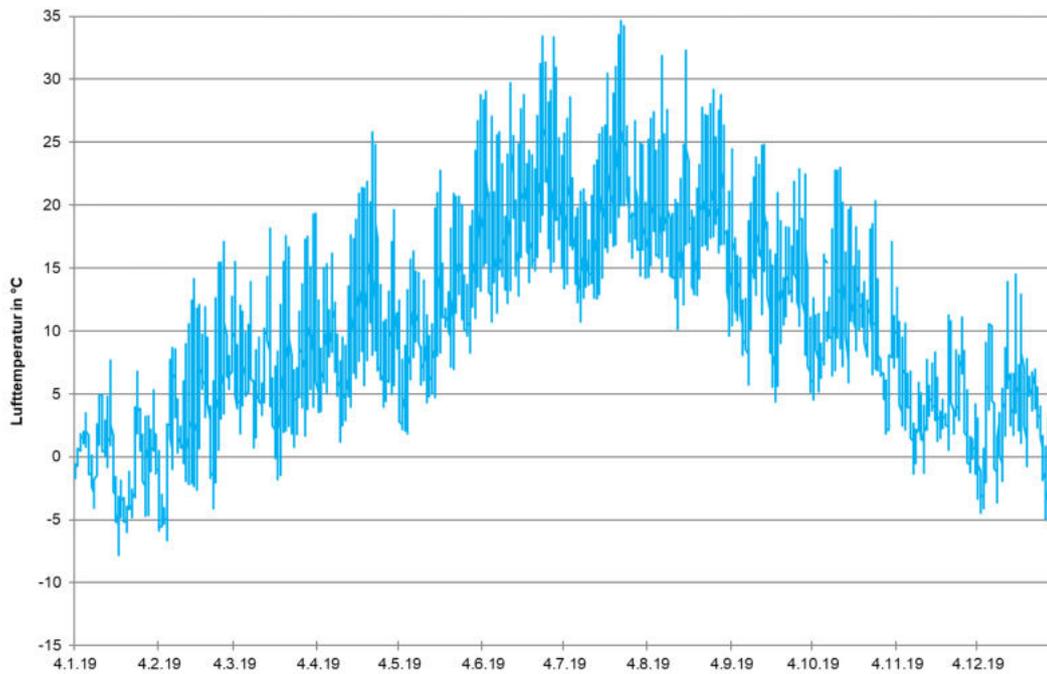
Die Temperatur im Messzeitraum war im Vergleich zum langjährigen Mittel der DWD-Messstation München-Flughafen in allen Monaten mit Ausnahme des Mai zu warm. Der Mai war hingegen mit 11,5 °C deutlich zu kühl. Im Mittel lag die Temperatur mit 10,8 °C ca. 2,1 °C über dem langjährigen Mittelwert am Flughafen München.

Die Niederschlagsmenge im Messzeitraum der mobilen Luftgütemessungen im Bereich der Kindertagesstätte „Airport Hopser“ lag unter dem langjährigen Mittel. Mit Ausnahme des Mai 2019 waren alle Monate im Vergleich zum langjährigen Mittel zu trocken. Insbesondere der April, Juni und Juli 2019 waren deutlich trockener als bisher im Mittel gemessen.

In Abbildung 6 ist abschließend der Verlauf der Windgeschwindigkeit bzw. in Abbildung 7 der Verlauf der Lufttemperatur an der mobilen Luftgütemessstation an der Kindertagesstätte „Airport Hopser“ im Messzeitraum dargestellt.



**Abbildung 6. Mittlerer Verlauf der Windgeschwindigkeit für den Messzeitraum 04.01. - 31.12.19 (Stundenmittelwerte).**



**Abbildung 7. Mittlerer Verlauf der Lufttemperatur für den Messzeitraum 04.01. - 31.12.19 (Stundenmittelwerte).**

### 3.3. Flugverkehr

Im Messzeitraum 04.01.2019 – 31.12.2019 fanden insgesamt 411.203 Flugbewegungen statt. In diesem Zeitraum war zu 38 % in Richtung Osten gestartet und von Westen kommend gelandet worden. Entsprechend wurde zu 62 % in Richtung Westen gestartet und von Osten kommend gelandet. Die Betriebsrichtungsverteilung beträgt im langjährigen Mittel [10 Jahre] rund 37 % Ost und rund 63 % West. Damit stellt die im Messzeitraum vorgefundene Luftverkehrssituation eine typische Situation dar. Tabelle 4 enthält die Starts und Landungen sowie die Betriebsrichtungsverteilung im Messzeitraum 04.01.2019 – 31.12.2019.

Tabelle 4. Starts und Landungen sowie Betriebsrichtungsverteilung 04.01.2019 – 31.12.2019.

Starts und Landungen im Messzeitraum	
Betriebsrichtung Ost	155.148
Betriebsrichtung West	256.055
Betriebsrichtungsverteilung im Messzeitraum	
Betriebsrichtung Ost	38 %
Betriebsrichtung West	62 %
Betriebsrichtungsverteilung im langjährigen Mittel [10 Jahre]	
Betriebsrichtung Ost	37 %
Betriebsrichtung West	63 %

Zur Veranschaulichung der Betriebsrichtungen zeigt Abbildung 8 die Abflug- und Landerouten am Flughafen München sowie die bisherigen Standorte der mobilen Luftgütemessstation.

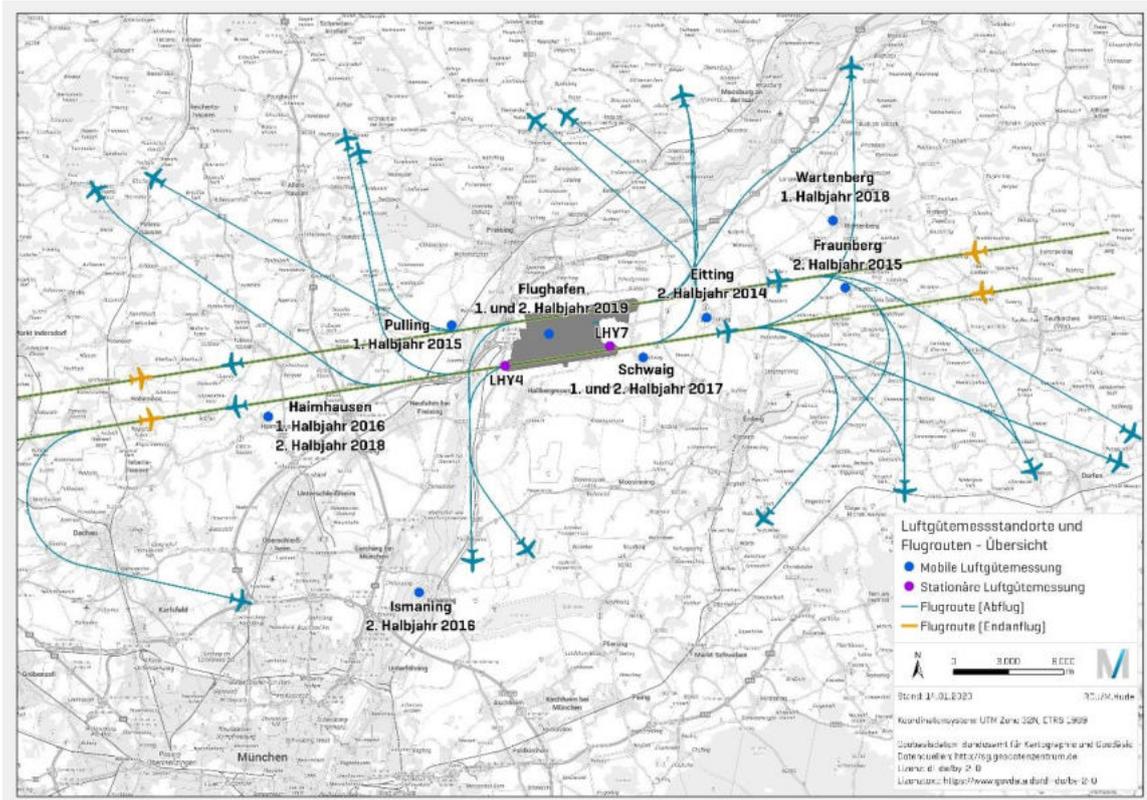


Abbildung 8. Abflug- und Landerouten am Flughafen MÜNchen sowie bisherige Standorte der mobilen Luftgütemessstation

Abbildung 9 stellt beispielhaft die Flugschpuraufzeichnungen im Messzeitraum bei Betriebsrichtung Ost (Flugschpuraufzeichnungen vom 28.12.2019) dar. Die Farbcodierung liefert Informationen über die Flughöhe (rot 2.000 feet – hellblau 60.000 feet)



Abbildung 9. Flugschpuraufzeichnungen vom 28.12.2019 (Betriebsrichtung Ost)

Abbildung 10 stellt beispielhaft die Flugspuraufzeichnungen im Messzeitraum bei Betriebsrichtung West (Flugspuraufzeichnungen vom 25.12.2019) dar. Die Farbcodierung liefert Informationen über die Flughöhe (rot 2.000 feet – hellblau 60.000 feet)



Abbildung 10. Flugspuraufzeichnungen vom 25.12.2019 (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 Luftreinhalteverordnung 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 darüber liegenden Schicht kann eine Sperre bilden, die bei Inversionswetterlagen die vertikale Ausbreitung der turbulenten Strömungen in die darüber liegenden 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

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 Partikelfraktionen können nach dem derzeitigen wissenschaftlichen 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. Die gesundheitlichen Auswirkungen von Ultrafeinstaub sind noch weitestgehend ungeklärt bzw. inkonsistent. Derzeit gibt es keine Studie, die einen unabhängigen Zusammenhang zwischen UFP-Langzeitbelastung und gesundheitlichen Endpunkten zeigt [12].

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 5).

## 4.6. Benzo(a)pyren als Leitparameter für PAK

### Entstehung

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

PAKs können überall in der Umwelt gefunden werden, sie entstehen auf natürlichem Wege oder durch menschliche Tätigkeit. Sie werden bei der Verbrennung von festen und flüssigen fossilen Brennstoffen (z.B. Kohle, Diesel, Heizöl, Benzin, Kerosin) freigesetzt, können aber auch in Teer (z.B. in Straßenbelägen) enthalten sein. Sie entstehen bei unvollständigen Verbrennungsprozessen und sind deshalb z.B. in den Abgasen des Straßenverkehrs, von Heizkesseln oder im Rauch von Kaminöfen enthalten. Im Zusammenhang mit der Luftqualitätsüberwachung wird Benzo(a)pyren im PM<sub>10</sub> als Leitparameter für PAKs verwendet [13]. Ein spezifisches „PAK-Profil“, das eindeutig auf den Flugverkehr als Emissionsquelle hinweist, existiert nicht [14]. 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

nen in der Umgebungsluft können z.B. das Lungenkrebsrisiko erhöhen oder zu einer Veränderung des Erbgutes führen [13].

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist daher in der 39. BImSchV für Benzo[a]pyren ein Jahreszielwert von  $1 \text{ ng/m}^3$  enthalten [1] (siehe auch Tabelle 5).

#### 4.7. Stickstoffoxide

##### Entstehung

Stickstoffoxide ( $\text{NO}_x$ ) entstehen u.a. durch Verbrennungsprozesse bei hohen Temperaturen. Die Hauptverursacher für  $\text{NO}_x$ -Emissionen sind Industrie, Energieerzeugung und der Verkehrssektor. Primär wird überwiegend Stickstoffmonoxid ( $\text{NO}$ ) emittiert, das in der Atmosphäre u.a. durch die Reaktion mit Ozon ( $\text{O}_3$ ) zu Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) umgewandelt wird.

##### Wirkung

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

Für den Menschen ist aus gesundheitlicher Sicht insbesondere Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) 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  $40 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  enthalten [1] (siehe auch Tabelle 5).

#### 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 [15].

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

Abgebaut wird  $\text{SO}_2$  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) [16].

## 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 ( $\text{O}_3$ ) nicht regional begrenzt ist, sind internationale Anstrengungen zur Ozonregulierung notwendig. In der Gesetzgebung sind aus diesem Grund Zielwerte und keine rechtsverbindlichen Grenzwerte festgelegt. Ozonkonzentrationen können indirekt durch die Begrenzung der Emissionen von VOC und Stickstoffoxiden kontrolliert werden [17].

### 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 [17].

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

## 4.10. Benzol und *n*-Alkane

Benzol und *n*-Alkane sind flüchtige Kohlenwasserstoffverbindungen (Volatile Organic Compounds – VOC). Während Benzol nur in geringen Mengen im Kraftstoff enthalten sein darf, sind die *n*-Alkane Hauptbestandteile von Kerosin, Heizöl, Diesel und Benzin [18]. Das typische Kohlenwasserstoffmuster für Kerosin zeigt ein Maximum für die *n*-Alkane C8 (*n*-Oktan) bis C13 (*n*-Tridekan). Die Zusammensetzung der Abgase von Flugzeugtriebwerken oder Dieselmotoren ist ähnlich. Bei Überlagerungen ist eine Zuordnung der Abgase zu einem bestimmten Emittenten nicht mehr möglich [14] [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 Xylole existieren keine Grenzwerte. Als möglicher Beurteilungsmaßstab können die Zielwerte des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) herangezogen werden [1] (siehe auch Tabelle 5).

## **n-Alkane - Entstehung**

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

Die Konzentrationen sind nach Untersuchungen in Innenräumen häufig höher (bis zum Zehnfachen) als im Freien, unabhängig davon, ob die Untersuchungen in ländlichen oder stark industriellen Gebieten durchgeführt wurden [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-Expositionen in Zusammenhang gebracht werden, sind Bindehautreizungen, Nasen- und Rachenbeschwerden, Kopfschmerzen, allergische Hautreaktionen, Atemnot, Schwindel, Erbrechen, Nasenbluten und Müdigkeit. Die

wichtigste Wirkung der *n*-Alkane besteht aber darin, dass sie Vorläufersubstanzen von Ozon sind.

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

Die Kommission für Innenraumlufthygiene (IRK) am Umweltbundesamt hat für die Alkane C9 [*n*-Nonan] bis C14 [*n*-Tetradekan] Richtwerte für Innenräume festgelegt. Diese Richtwerte sind wirkungsbezogene Werte, die sich auf die gegenwärtigen toxikologischen und epidemiologischen Kenntnisse zur Wirkungsschwelle eines Stoffes unter Einführung von Unsicherheitsfaktoren stützen. Der Richtwert I (Vorsorgewert) für C9 und C14-Alkane beträgt 0,2 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 [3].

## 5. Bewertungsgrundlagen

### Rechtsgrundlagen

In den Staaten der europäischen Union bildet die EU-Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa (Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG) [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 [ $PM_{10}$  und  $PM_{2,5}$ ], Schwefeldioxid, Benzol, Kohlenmonoxid sowie Blei, Ozon und Benzo[a]pyren.

### Zuständigkeiten

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

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

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

## 5.1. Allgemeine Bewertungsgrundlagen

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

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

### **Immissionsgrenzwert**

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

### **Informationsschwelle**

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

### **Alarmschwelle**

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

### **Richtwert**

Richtwerte sind nicht rechtsverbindlich, sie dienen der Orientierung und dürfen überschritten werden. Sie werden von Fachgremien aufgestellt und können als zusätzliche Beurteilungsgrundlagen herangezogen werden. Hierzu zählt u.a. die VDI-Richtlinienreihe 2310 [24].

### **Zielwert**

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

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

Tabelle 5. Beurteilungswerte.

Parameter	Immissionswert	Zeitbezug	Definition nach 39. BImSchV
Partikel PM <sub>10</sub>	40 µg/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert	Grenzwert
	50 µg/m <sup>3</sup> [35 Überschreitungen im Kalenderjahr zulässig]	Tagesmittelwert	Grenzwert
Partikel PM <sub>2,5</sub>	25 µg/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert	Grenzwert (seit 2015, vorher: Zielwert)
Stickstoffdioxid [NO <sub>2</sub> ]	40 µg/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert	Grenzwert
	200 µg/m <sup>3</sup> [18 Überschreitungen im Kalenderjahr zulässig]	1-h-Mittelwert	Grenzwert
	400 µg/m <sup>3</sup> [gemessen an 3 aufeinanderfolgenden Stunden]	1-h-Mittelwert	Alarmschwelle
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
	180 µg/m <sup>3</sup>	1-h-Mittelwert	Informationsschwelle
	240 µg/m <sup>3</sup>	1-h-Mittelwert	Alarmschwelle
Schwefeldioxid [SO <sub>2</sub> ]	125 µg/m <sup>3</sup> [3 Überschreitungen im Kalenderjahr zulässig]	Tagesgrenzwert	Grenzwert
	350 µg/m <sup>3</sup> [24 Überschreitungen im Kalenderjahr zulässig]	1-h-Mittelwert	Grenzwert
Benzol	5 µg/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert	Grenzwert
Benzo(a)pyren im PM <sub>10</sub>	1 ng/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert	Zielwert
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 am besucherpark ist in die Kategorie „vorstädtisch“ bis „städtisch“ einzuordnen.

## 5.2. Mögliche Bewertungsmaßstäbe zur Beurteilung von *n*-Alkanen

Gemäß LAI 2004 [Länderausschuss für Immissionsschutz] kann als Beurteilungswert 1/100 des Grenzwertes für die Konzentration in der Luft am Arbeitsplatz herangezogen werden (1/100\*MAK, AGW nach TRGS 900) [25].

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

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

## 5.3. Langzeit-Luftqualitätsindex

Zur Erleichterung der Beurteilung von Messergebnissen hat die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg einen Langzeit-Luftqualitätsindex (LaQx) für die Stoffe Benzol, Stickstoffdioxid und die Partikel PM<sub>10</sub> und Schwefeldioxid erstellt [26].

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

Tabelle 6. Langzeit-Luftqualitätsindex LaQx.

Bewertung	Benzol [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	

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

Die Kapitel 6 bis 9 sind aus dem von Müller-BBM erstellten Bericht „Abschlussbericht zu den Ergebnissen der mobilen Luftgütemessungen im Umfeld der Kindertagesstätte „Airport Hopser“/Besucherpark“ vom 31.01.2020 [6] wort- und inhaltsgleich übernommen.

## 6. Messergebnisse und Bewertung der Luftgüte an der Kindertagesstätte „Airport Hopser“

Im nachfolgenden Abschnitt sind die Ergebnisse der mobilen Luftgütemessungen im Bereich der Kindertagesstätte „Airport Hopser“ (mobile LGM) für den Messzeitraum 04. Januar bis 31. Dezember 2019 dargestellt. Zu berücksichtigen ist, dass die Darstellung der Monatskenngrößen für den Januar 2019 nur anteilig erfolgt, bedingt durch den Messbeginn am 04. Januar 2019.

Die Dauer der Messungen betrug circa ein Kalenderjahr und beinhaltete sowohl das Winter- als auch das Sommerhalbjahr.

Die Datenverfügbarkeit der Immissionsmessungen betrug im Messzeitraum zwischen 97 % und 100 %.

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

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

Zur Vergleichbarkeit werden die Ergebnisse der mobilen Luftgütemessungen am Messort an der Kindertagesstätte „Airport Hopser“ zusätzlich den Messergebnissen der Messstation LHY4 (westlich der Start- und Landebahn Süd) und der Hauptmessstation LHY7 (östlich der Start- und Landebahn Süd) gegenübergestellt.

An der Hauptmessstation LHY7 werden alle Messparameter der mobilen LGM erfasst; an der Messstation LHY4 die Stickstoffoxide. Die räumliche Lage dieser Messstationen ist Abbildung 3 dargestellt.

### 6.1. Messergebnisse Partikel $PM_{10}$ und $PM_{2,5}$

In der nachfolgenden Tabelle 7 sind die statistischen Kenngrößen der mit dem gravimetrischen Referenzmessverfahren ermittelten  $PM_{10}$ - und  $PM_{2,5}$ -Konzentrationen des Messortes Kindertagesstätte (KiTa, mobile LGM) auf der Basis von Tagesmittelwerten zusammengefasst.

Tabelle 7. Statistische Kenngrößen der PM<sub>10</sub>- und PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen im Messzeitraum.

Kenngröße	Einheit	mobile	mobile	39. BlmSchV
		LGM PM <sub>10</sub>	LGM PM <sub>2,5</sub>	
Januar 19	µg/m <sup>3</sup>	14	11	
Februar 19	µg/m <sup>3</sup>	22	15	
März 19	µg/m <sup>3</sup>	11	8	
April 19	µg/m <sup>3</sup>	18	13	
Mai 19	µg/m <sup>3</sup>	8	5	
Juni 19	µg/m <sup>3</sup>	13	9	
Juli 19	µg/m <sup>3</sup>	16	10	
August 19	µg/m <sup>3</sup>	11	8	
September 19	µg/m <sup>3</sup>	11	7	
Oktober 19	µg/m <sup>3</sup>	13	8	
November 19	µg/m <sup>3</sup>	12	9	
Dezember 19	µg/m <sup>3</sup>	14	9	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>40/25<sup>1)</sup></b>
max. TMW <sup>2)</sup>	µg/m <sup>3</sup>	44	39	-
<b>Tage &gt; 50 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Anzahl</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>35<sup>3)</sup></b>
Verfügbarkeit	%	97	99	

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

<sup>2)</sup> maximaler Tagesmittelwert (max. TMW)

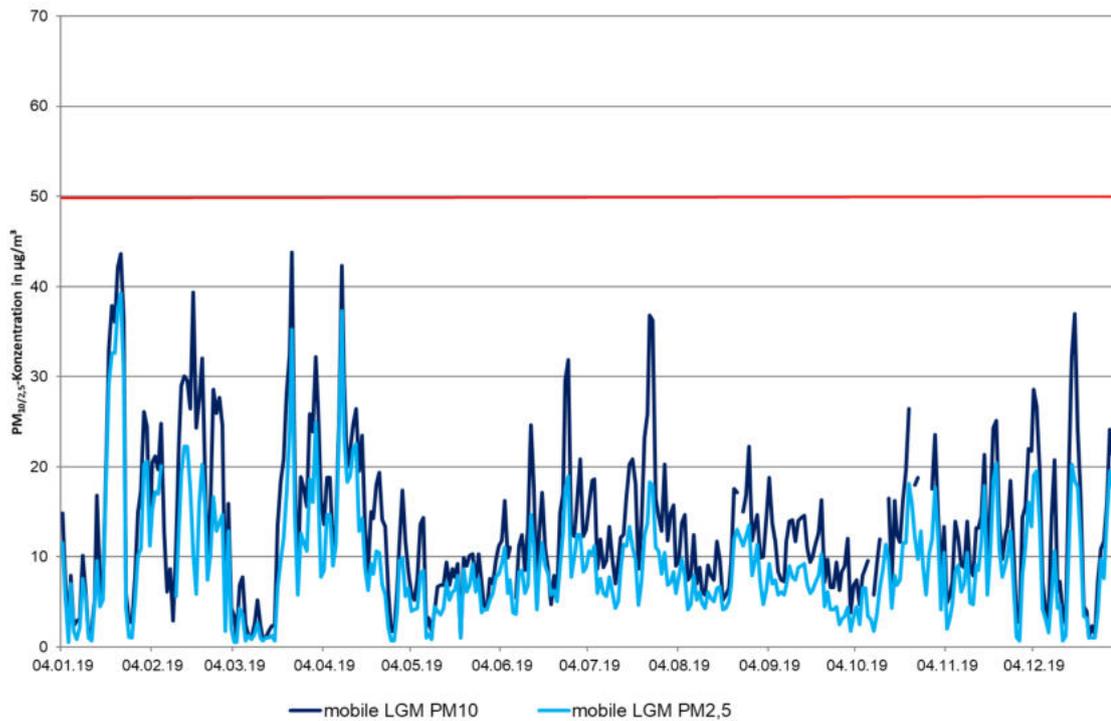
<sup>3)</sup> PM<sub>10</sub>-Tagesimmissionswert: zul. Überschreitungshäufigkeit im Jahr gemäß 39. BlmSchV

Im Messzeitraum betrug die mittlere PM<sub>10</sub>-Konzentration an der mobilen LGM an der Kindertagesstätte „Airport Hopper“ 13 µg/m<sup>3</sup>. Im Vergleich hierzu beträgt der Immissionsgrenzwert für das Kalenderjahr gemäß 39. BlmSchV 40 µg/m<sup>3</sup>. Der Grenzwert wurde somit im Messzeitraum deutlich unterschritten.

Bei den Partikeln PM<sub>10</sub> wurde der zusätzliche Tagesgrenzwert von 50 µg/m<sup>3</sup> mit 35 zulässigen Überschreitungstagen im Messzeitraum an der Kindertagesstätte „Airport Hopper“ nicht überschritten.

Die mittlere PM<sub>2,5</sub>-Konzentration wurde an der mobilen LGM an der Kindertagesstätte „Airport Hopper“ im Messzeitraum mit 9 µg/m<sup>3</sup> bestimmt. Der Mittelwert des Messzeitraums liegt somit ca. 63 % unter dem Grenzwert der 39. BlmSchV von 25 µg/m<sup>3</sup> für das Kalenderjahr.

In Abbildung 11 ist der Verlauf der PM<sub>10</sub> / PM<sub>2,5</sub>-Konzentration der mobilen LGM an der Kindertagesstätte „Airport Hopper“ dargestellt.



**Abbildung 11.** Verlauf der gravimetrisch gemessenen  $PM_{10}$  und  $PM_{2,5}$ -Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19 [Tagesmittelwerte, Tagesimmissionsgrenzwert  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  rot markiert].

Die  $PM_{10}$ - und  $PM_{2,5}$ -Konzentrationen waren im gesamten Messzeitraum auf einem ähnlichen Niveau. Im Winterhalbjahr bzw. Juli 2019 wurden die höchsten  $PM_{10/2,5}$ -Konzentrationen ermittelt, wogegen im Mai 2019 durch die feuchte Witterung geringere  $PM_{10}$  und  $PM_{2,5}$ -Konzentrationen ermittelt wurden.

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

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

In Tabelle 8 sind die statistischen Kenngrößen der an der mobilen LGM an der Kindertagesstätte „Airport Hopper“ gemessenen NO<sub>2</sub>-Konzentrationen und Monatsmittelwerte auf Basis von Stundenmittelwerten zusammengefasst.

Tabelle 8. Statistische Kenngrößen der NO<sub>2</sub>-Konzentration für den Messzeitraum.

Kenngröße	Einheit	mobile LGM NO <sub>2</sub>	39. BImSchV
Januar 19	µg/m <sup>3</sup>	25	
Februar 19	µg/m <sup>3</sup>	40	
März 19	µg/m <sup>3</sup>	23	
April 19	µg/m <sup>3</sup>	22	
Mai 19	µg/m <sup>3</sup>	20	
Juni 19	µg/m <sup>3</sup>	24	
Juli 19	µg/m <sup>3</sup>	25	
August 19	µg/m <sup>3</sup>	22	
September 19	µg/m <sup>3</sup>	24	
Oktober 19	µg/m <sup>3</sup>	26	
November 19	µg/m <sup>3</sup>	27	
Dezember 19	µg/m <sup>3</sup>	32	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>26</b>	<b>40<sup>1)</sup></b>
Max. 1h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	133	
<b>1h-Mittelwert &gt;200 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Anzahl</b>	<b>0</b>	<b>18<sup>2)</sup></b>
Min. 1h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	4	
Verfügbarkeit	%	98	

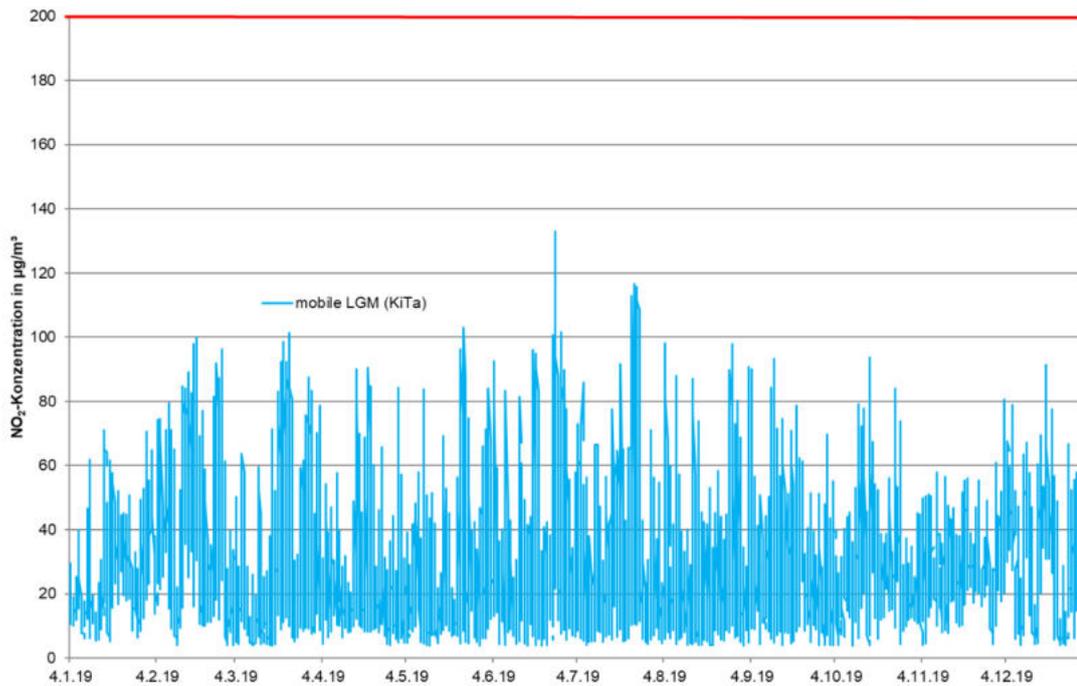
<sup>1)</sup>Jahresimmissionswert NO<sub>2</sub> gemäß 39. BImSchV

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

An der mobilen Luftgütemessstation an der Kindertagesstätte „Airport Hopper“ wurde eine mittlere NO<sub>2</sub>-Konzentration von 26 µg/m<sup>3</sup> im Messzeitraum festgestellt; dies entspricht einem Anteil von ca. 64 % am Jahresgrenzwert 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 133 µg/m<sup>3</sup> in der Stunde im Messzeitraum ebenfalls nicht überschritten.

In Abbildung 12 ist der Verlauf der NO<sub>2</sub>-Konzentration der mobilen LGM grafisch dargestellt.



**Abbildung 12. Verlauf der gemessenen NO<sub>2</sub>-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19 [Stundenmittelwerte, NO<sub>2</sub>-Stundengrenzwert 200 µg/m<sup>3</sup> rot markiert].**

Die NO<sub>x</sub>-Konzentration zeigt einen für Spurenstoffe typischen jahreszeitlichen Verlauf mit tendenziell höheren Konzentrationen in den Wintermonaten. Zudem zeigt sich beim NO<sub>x</sub> durch den luftchemischen Zusammenhang zwischen den Stickstoffoxiden und Ozon eine hohe tageszeitabhängige Variabilität.

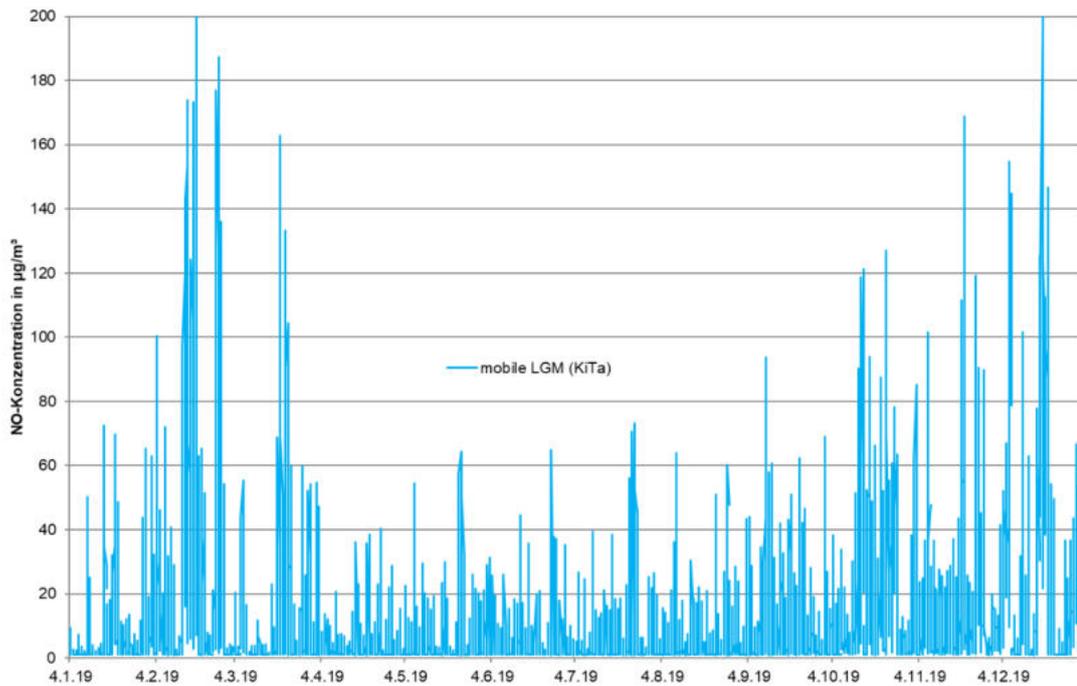
Informativ sind zudem in Tabelle 9 die Kenngrößen der NO-Konzentration der mobilen LGM [Kindertagesstätte], sowie der Hauptmessstation LHY7 und der LHY4 dargestellt. Für diesen Parameter ist kein Immissionswert in der 39. BImSchV festgelegt.

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

<b>Kenngröße</b>	<b>Einheit</b>	<b>mobile LGM NO</b>	<b>39. BlmSchV</b>
Januar 19	µg/m <sup>3</sup>	6	
Februar 19	µg/m <sup>3</sup>	27	
März 19	µg/m <sup>3</sup>	8	
April 19	µg/m <sup>3</sup>	2	
Mai 19	µg/m <sup>3</sup>	1	
Juni 19	µg/m <sup>3</sup>	1	
Juli 19	µg/m <sup>3</sup>	4	
August 19	µg/m <sup>3</sup>	4	
September 19	µg/m <sup>3</sup>	8	
Oktober 19	µg/m <sup>3</sup>	17	
November 19	µg/m <sup>3</sup>	14	
Dezember 19	µg/m <sup>3</sup>	25	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>10</b>	-
Max. 1h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	223	
Min. 1h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	1	
Verfügbarkeit %	%	98	

Die mittlere NO-Konzentration betrug im Messzeitraum an der mobilen Messstation 10 µg/m<sup>3</sup>. Für Stickstoffmonoxid gibt es keinen Grenzwert. Stickstoffmonoxid ist ein Indikator für nahegelegene Emittenten, da bei Verbrennungsvorgängen NO in deutlich höherer Konzentration als NO<sub>x</sub> emittiert wird. In der Außenluft wird in der Regel NO unter Reaktion mit Ozon zu NO<sub>x</sub> umgewandelt.

In Abbildung 13 ist informativ der Verlauf der NO-Konzentration der mobilen LGM (KiTa) grafisch dargestellt.



**Abbildung 13. Verlauf der gemessenen NO-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 04.01 – 31.12.19 (Stundenmittelwerte).**

Die höchsten NO-Konzentrationen wurden erwartungsgemäß im Winterhalbjahr ermittelt. Ursache hierfür können die geringere Sonnenscheindauer und Hochdruckwetterlagen in Verbindung mit Hoch- bzw. Frühnebel sein. Hierdurch gab es im bodennahen Bereich lokale Inversionen. Im Gegensatz hierzu wurden durch die typischerweise feuchtere Witterung im Juli und August geringe NO-Konzentrationen registriert.

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

### 6.3. Messergebnisse Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)

In Tabelle 10 sind die statistischen Kenngrößen der an der mobilen LGM an der Kindertagesstätte „Airport Hopser“ gemessenen SO<sub>2</sub>-Konzentrationen und Monatsmittelwerte auf Basis von Stundenmittelwerten zusammengefasst.

Tabelle 10. 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>
Januar 19	µg/m <sup>3</sup>	2	
Februar 19	µg/m <sup>3</sup>	2	
März 19	µg/m <sup>3</sup>	2	
April 19	µg/m <sup>3</sup>	2	
Mai 19	µg/m <sup>3</sup>	2	
Juni 19	µg/m <sup>3</sup>	2	
Juli 19	µg/m <sup>3</sup>	2	
August 19	µg/m <sup>3</sup>	2	
September 19	µg/m <sup>3</sup>	2	
Oktober 19	µg/m <sup>3</sup>	2	
November 19	µg/m <sup>3</sup>	2	
Dezember 19	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>	10	
<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>	4	
<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	

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

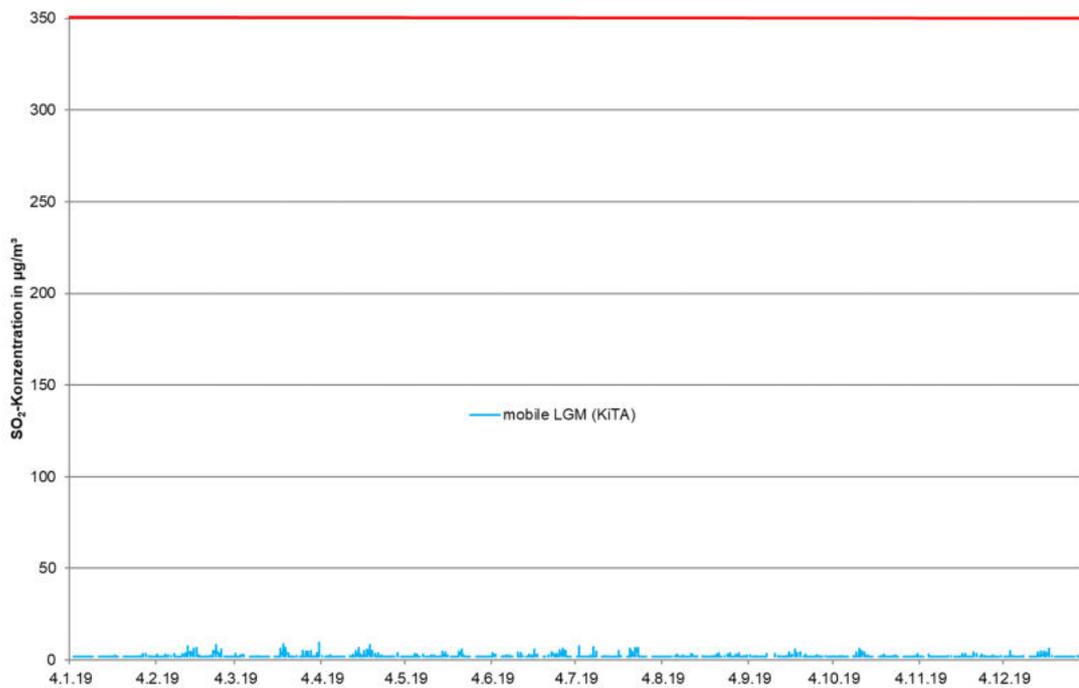
<sup>2)</sup> maximaler Tagesmittelwert von 125 µg/m<sup>3</sup> mit 3 zulässigen Überschreitungstagen gemäß 39. BImSchV

An der mobilen LGM an der Kindertagesstätte „Airport Hopser“ wurde für den Messzeitraum eine mittlere SO<sub>2</sub> Konzentration von 2 µg/m<sup>3</sup> ermittelt. In 89 % des Messzeitraums wurde eine SO<sub>2</sub>-Konzentration unterhalb der Bestimmungsgrenze von 2 µg/m<sup>3</sup> ermittelt.

Der maximale Tagesmittelwert betrug 4 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 10 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.

In Abbildung 14 ist der Verlauf der SO<sub>2</sub>-Konzentration der mobilen LGM [Kindertagesstätte] grafisch dargestellt.



**Abbildung 14. Verlauf der gemessenen SO<sub>2</sub>-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 01.01. – 31.12.19 [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, welches auch überregional festzustellen war. Aufgrund der sehr niedrigen Konzentrationen im Bereich der Bestimmungsgrenze ist auch kein ausgeprägter Jahresgang zu erkennen.

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

In Tabelle 11 sind die statistischen Kenngrößen der an der mobilen LGM an der Kindertagesstätte „Airport Hopser“ gemessenen O<sub>3</sub>-Konzentrationen und Monatsmittelwerte auf Basis von Stundenmittelwerten zusammengefasst.

Tabelle 11. Statistische Kenngrößen der O<sub>3</sub>-Konzentration für den Messzeitraum.

<b>Kenngröße</b>	<b>Einheit</b>	<b>mobile LGM O<sub>3</sub></b>	<b>39. BImSchV</b>
Januar 19	µg/m <sup>3</sup>	33	
Februar 19	µg/m <sup>3</sup>	26	
März 19	µg/m <sup>3</sup>	41	
April 19	µg/m <sup>3</sup>	59	
Mai 19	µg/m <sup>3</sup>	53	
Juni 19	µg/m <sup>3</sup>	63	
Juli 19	µg/m <sup>3</sup>	64	
August 19	µg/m <sup>3</sup>	53	
September 19	µg/m <sup>3</sup>	37	
Oktober 19	µg/m <sup>3</sup>	22	
November 19	µg/m <sup>3</sup>	17	
Dezember 19	µg/m <sup>3</sup>	23	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>41</b>	<b>-</b>
Max. 1h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	161	
Max. 8h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	137	
<b>1h-Mittelwert &gt;180 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Anzahl</b>	<b>0</b>	<b>180<sup>1)</sup></b>
<b>8h-Mittelwert &gt;120 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Anzahl</b>	<b>7</b>	<b>25<sup>2)</sup></b>
Min. 1h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	3	
Verfügbarkeit %	%	98	

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

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

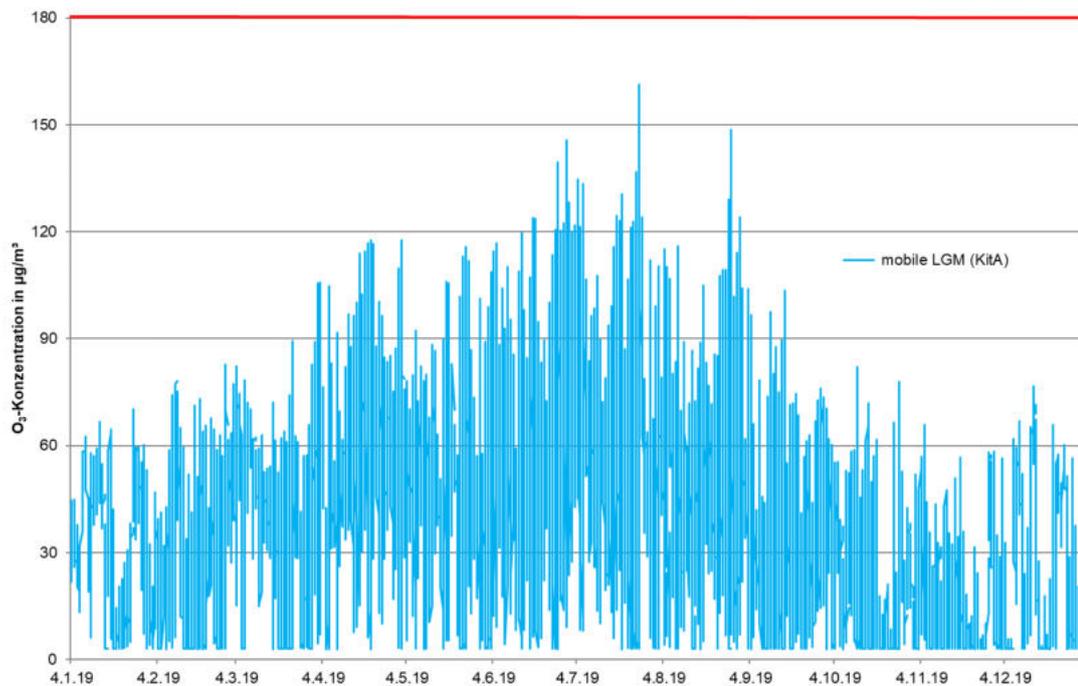
Die mittlere Ozonkonzentration an der mobilen LGM an der Kindertagesstätte „Airport Hopser“ (mobile LGM) betrug im Messzeitraum 41 µg/m<sup>3</sup>.

Es ist hierbei zu beachten, dass Ozon kein primärer Luftschadstoff ist, sondern durch photochemische Prozesse in der Außenluft gebildet wird.

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 an der Kindertagesstätte „Airport Hopser“ im Messzeitraum siebenmal überschritten.

Die Informationsschwelle für Stundenmittelwerte von größer  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wurde im Messzeitraum an der mobilen LGM an der Kindertagesstätte „Airport Hopser“ nicht überschritten. In Abbildung 15 ist der Verlauf der  $\text{O}_3$ -Konzentration der mobilen LGM [Kindertagesstätte „Airport Hopser“] grafisch dargestellt.



**Abbildung 15.** Verlauf der gemessenen  $\text{O}_3$ -Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19 [Stundenmittelwerte,  $\text{O}_3$ -Stundeninformationsschwelle  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  rot markiert].

Im Gegensatz zu den anderen Luftschadstoffen ist Ozon 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 und Januar und Februar gab es deshalb erwartungsgemäß geringere Ozonkonzentrationen. Im Juni und Juli 2019 wurden auch aufgrund der hohen Sonneneinstrahlung und den längeren Tagzeiten die höchsten Ozonkonzentrationen bestimmt.

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

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

Für die *n*-Alkane sind in der Außenluft keine Beurteilungswerte festgelegt. Alkane sind neben aromatischen Kohlenwasserstoffen u. a. Bestandteile von Kerosin. Analysen von Kerosin weisen insbesondere die *n*-Alkane *n*-Oktan bis *n*-Tridekan (mit 8 bis 13 Kohlenstoffatomen)

als charakteristische Hauptbestandteile auf. Auch die Xylole sind in geringen Anteilen im Kerosin enthalten.

In Tabelle 12 sind die Mittel- und Maximalwerte der an der mobilen LGM an der Kindertagesstätte „Airport Hopper“ gemessenen BTEX- und *n*-Alkan-Konzentrationen unter Berücksichtigung der jeweiligen Beurteilungswerte zusammengefasst.

Tabelle 12. Statistische Kenngrößen der BTEX- und *n*-Alkan-Messungen.

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	0,5	1,8	5 <sup>1)</sup>
	Toluol	0,8	2,5	30 <sup>2)</sup>
	Ethylbenzol	0,2	0,5	880 <sup>3)</sup>
	<i>m+p</i> -Xylol	0,6	1,6	
	<i>o</i> -Xylol	0,2	0,6	
	$\Sigma$ Xylole	0,8	2,2	30 <sup>2)</sup>
<b><i>n</i>-Alkane</b>	<i>n</i> -Hexan	0,21	0,59	
	<i>n</i> -Heptan	0,17	0,48	
	<i>n</i> -Oktan	0,09	0,21	
	<i>n</i> -Nonan	0,14	0,39	
	<i>n</i> -Dekane	0,13	0,41	
	<i>n</i> -Undekane	0,11	0,32	
	<i>n</i> -Dodekane	0,07	0,23	
	<i>n</i> -Tridekane	0,06	0,27	
	<i>n</i> -Tetradekane	0,05	0,27	
	$\Sigma$ <i>n</i> -Alkane	<b>1,03</b>	<b>2,8</b>	200 <sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> Immissionsgrenzwert für das Jahr [39. BImSchV]

<sup>2)</sup> Zielwert für das Jahr [LAI]

<sup>3)</sup> 1/100 AGW

<sup>4)</sup> Innenraum-Richtwert I [Vorsorgewert] für C9-C14-Alkane/Isalkane, UBA

Der Benzolmittelwert im Messzeitraum an der mobilen LGM an der Kindertagesstätte „Airport Hopper“ betrug  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Der Mittelwert lag somit ca. 90 % 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 Benzol-Wochenmittelwert an der Kindertagesstätte „Airport Hopper“ während des Messzeitraums betrug  $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und unterschreitet ebenfalls den Grenzwert, der ein Jahresmittelwert ist, deutlich.

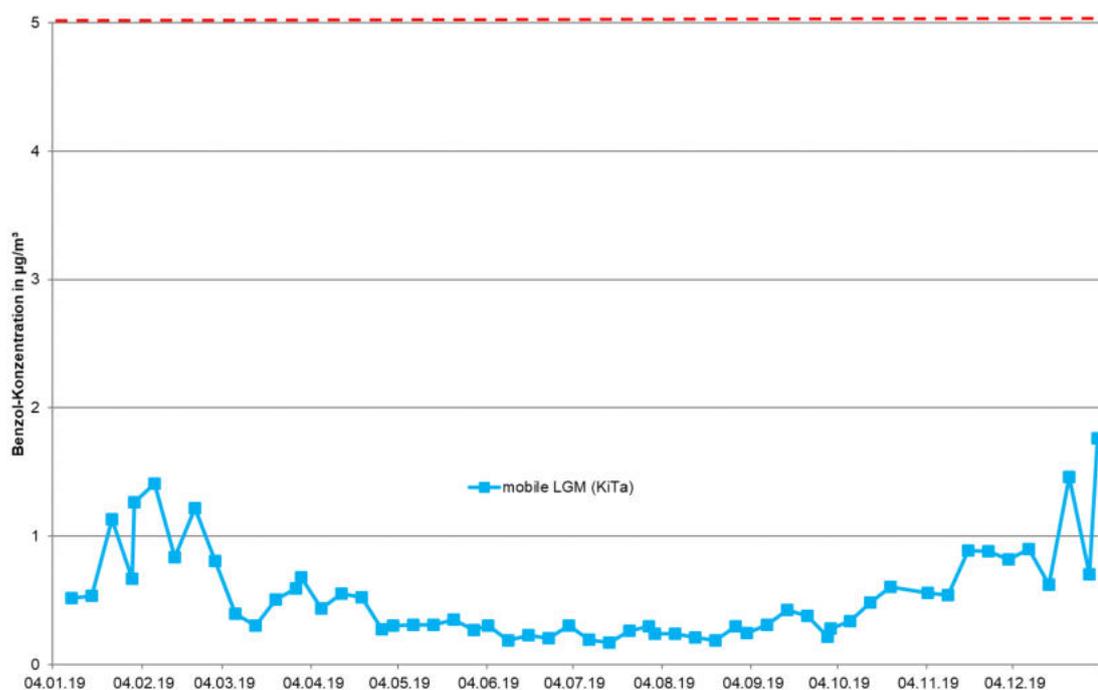
Auch beim Toluol und den Xylole wurden mit jeweils  $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Mittel Konzentrationen deutlich unterhalb der Zielwerte des LAI bestimmt. Die mittlere Ethylbenzol-Konzentration lag im Mittel mit  $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mehr als das 1000fache unterhalb des vom AGW abgeleiteten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

Bei den *n*-Alkanen wurden an der mobilen LGM im Mittel Summenkonzentrationen von ca. 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  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.

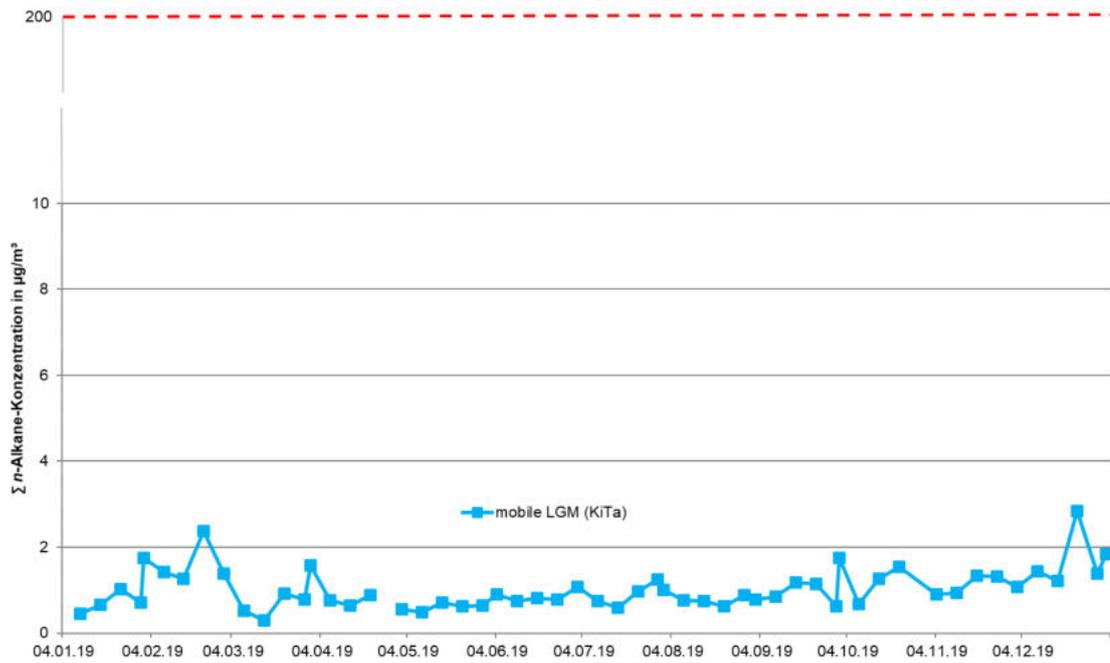
Ein Einfluss des Flugverkehrs auf die *n*-Alkan-Konzentrationen war nicht nachzuweisen, da die typischen Kerosinkomponenten *n*-Oktan und *n*-Tridekan innerhalb des Alkan-Spektrums nicht erhöht waren. Das an der mobilen LGM an der Kindertagesstätte „Airport Hopser“ vorgefundene Kohlenwasserstoffmuster zeigt diesbezüglich keine Auffälligkeiten.

In Abbildung 16 und Abbildung 17 sind die Verläufe der Benzol und *n*-Alkan-Konzentration an der mobilen LGM [Kindertagesstätte] grafisch dargestellt.



**Abbildung 16.** Verlauf der Benzol-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19 [Wochenmittelwerte, Immissionsgrenzwert 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  rot gestrichelt markiert].

Beim Benzol wurden wie auch teilweise beim  $\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2,5}$  und  $\text{NO}_2$  die höchsten Konzentrationen im Februar und Dezember 2019 festgestellt. Der jahreszeitliche Trend mit höheren Benzolkonzentrationen im Winterhalbjahr und niedrigeren Benzolkonzentrationen im Sommerhalbjahr ist auch für Toluol, Ethylbenzol und die Xylole typisch.



**Abbildung 17.** Verlauf der Summe der gemessenen *n*-Alkan-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19 [Wochenmittelwerte, hilfsweise herangezogener Beurteilungswert für Innenräume von 200 µg/m<sup>3</sup> rot gestrichelt markiert].

Die *n*-Alkan-Konzentrationen lagen sowohl im Winter- als auch im Sommerhalbjahr im Bereich der Bestimmungsgrenze, wobei im Mai bis Juni und September 2019 tendenziell geringere Konzentrationen festgestellt wurden.

## 6.6. Messergebnisse Benzo[a]pyren

Die Benzo[a]pyren-Konzentrationen (BaP) wurden als Monatsmittelwerte aus den PM<sub>10</sub>-Proben der mobilen LGM an der Kindertagesstätte „Airport Hopser“ und Haupt-messstation LHY7 ermittelt. Die Ermittlung der Monatskenngößen erfolgte hierbei für die Monate Januar 2019 bis Dezember 2019, wobei die Januarprobe an der mobilen LGM an der Kindertagesstätte „Airport Hopser“ lediglich den Messzeitraum 4. Januar bis 31. Januar beinhaltet.

In Tabelle 13 sind die gemessenen Benzo[a]pyren-Konzentrationen im PM<sub>10</sub> für die mobile LGM an der Kindertagesstätte „Airport Hopser“ dargestellt.

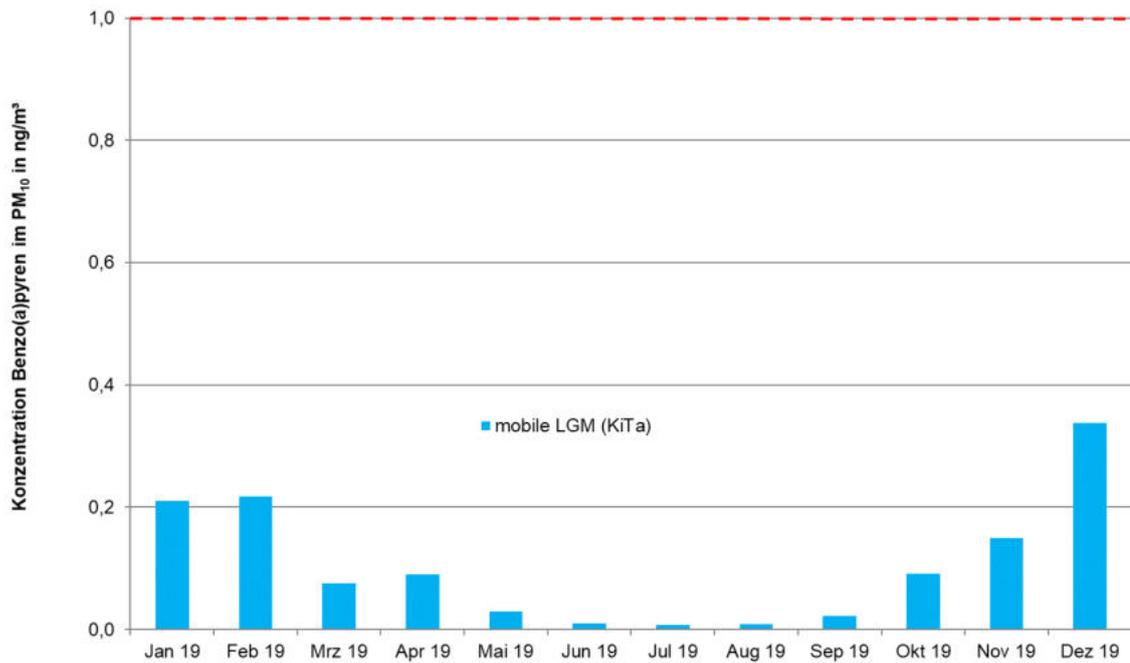
Tabelle 13. Statistische Kenngrößen der Benzo[a]pyren-Konzentration im PM<sub>10</sub>.

Benzo(a)pyren im PM <sub>10</sub>	mobile LGM	39. BImSchV
Januar 19	ng/m <sup>3</sup> 0,21	
Februar 19	ng/m <sup>3</sup> 0,22	
März 19	ng/m <sup>3</sup> 0,08	
April 19	ng/m <sup>3</sup> 0,09	
Mai 19	ng/m <sup>3</sup> 0,03	
Juni 19	ng/m <sup>3</sup> 0,01	
Juli 19	ng/m <sup>3</sup> 0,01	
August 19	ng/m <sup>3</sup> 0,01	
September 19	ng/m <sup>3</sup> 0,02	
Oktober 19	ng/m <sup>3</sup> 0,09	
November 19	ng/m <sup>3</sup> 0,15	
Dezember 19	ng/m <sup>3</sup> 0,34	
<b>Mittelwert</b>	<b>0,10</b>	<b>1<sup>1)</sup></b>

<sup>1)</sup>Zielwert für das Kalenderjahr nach 39. BImSchV

An der Kindertagesstätte „Airport Hopser“ wurde über den Messzeitraum eine mittlere Benzo[a]pyren-Konzentration im PM<sub>10</sub> von 0,10 ng/m<sup>3</sup> ermittelt. Der Zielwert für das Kalenderjahr von 1 ng/m<sup>3</sup> gemäß 39. BImSchV wurde somit im Messzeitraum deutlich unterschritten.

In Abbildung 18 ist der Verlauf der Benzo[a]pyren-Konzentration der mobilen LGM [Kindertagesstätte] grafisch dargestellt.



**Abbildung 18.** Verlauf der gemessenen BaP-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.2019 (Monatsmittelwerte, Zielwert für das Jahr  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  rot gestrichelt markiert).

Aus Abbildung 18 wird der ausgeprägte Jahrgang der Benzo(a)pyren-Belastung mit den höheren Konzentrationen in den Wintermonaten deutlich. Ein derartiger Effekt ist während des Messzeitraumes an der Kindertagesstätte bei keiner anderen geregelten Schadstoffkomponente in der Außenluft festzustellen. Ein Aspekt sind die ungleich ungünstigeren meteorologischen Ausbreitungsbedingungen im Winter im Vergleich zum Sommer. Dieser ausgeprägte Jahrgang wird zusätzlich noch durch den Betrieb von Holzfeuerungen, für welche Benzo(a)pyren u. a. ein Indikator ist, verstärkt.

## 7. Vergleich der Messstationen

Zur Vergleichbarkeit werden die Ergebnisse der mobilen Luftgütemessungen am Messort Kindertagesstätte „Airport Hopper“ zusätzlich den Messergebnissen der Messstation LHY4 [westlich des Flughafens] und der Hauptmessstation LHY7 [östlich des Flughafens] 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 14 sind die statistischen Kenngrößen der mit dem gravimetrischen Referenzmessverfahren ermittelten PM<sub>10</sub>-Konzentrationen der Messorte Kindertagesstätte (mobile LGM) und LHY7 auf der Basis von Tagesmittelwerten zusammengefasst.

Abbildung 19 zeigt den zeitlichen Verlauf der monatlichen PM<sub>10</sub>-Konzentrationen am Messort an der Kindertagesstätte im Vergleich zu der stationären Hauptmessstation LHY7.

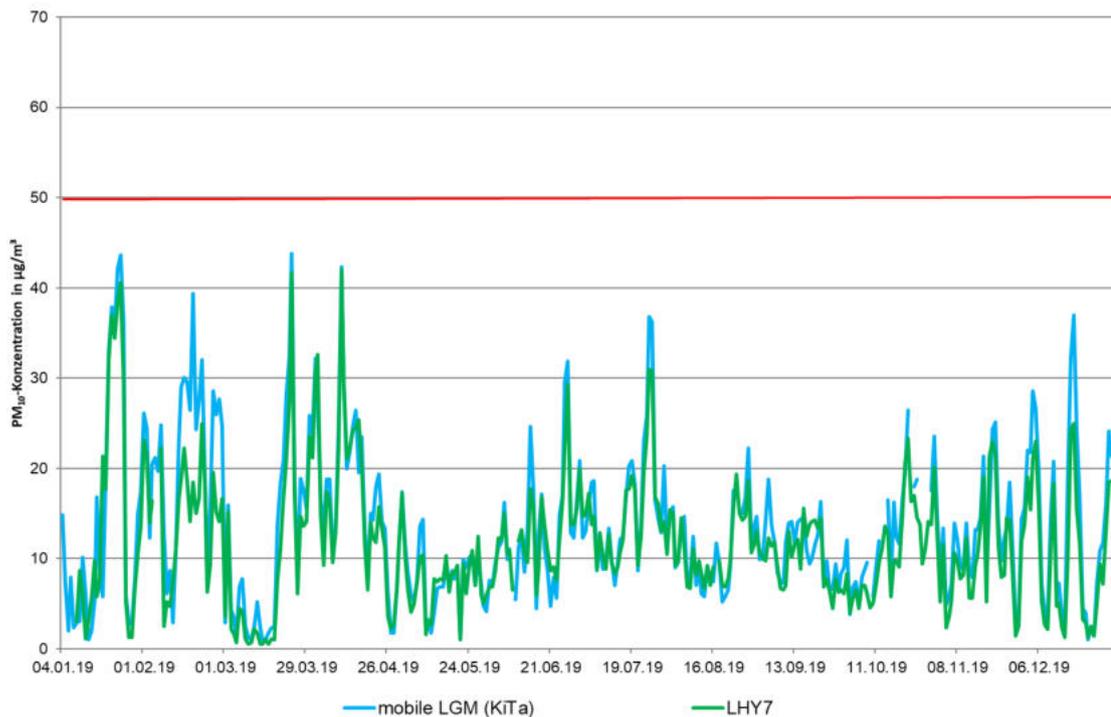
Tabelle 14. Kenngrößen der PM<sub>10</sub>-Konzentration [mobile LGM/ LHY7].

Kenngröße	Einheit	mobile LGM	LHY7	39.
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>10</sub>	BImSchV
Januar 19	µg/m <sup>3</sup>	14	15	
Februar 19	µg/m <sup>3</sup>	22	15	
März 19	µg/m <sup>3</sup>	11	9	
April 19	µg/m <sup>3</sup>	18	17	
Mai 19	µg/m <sup>3</sup>	8	7	
Juni 19	µg/m <sup>3</sup>	13	13	
Juli 19	µg/m <sup>3</sup>	16	15	
August 19	µg/m <sup>3</sup>	11	11	
September 19	µg/m <sup>3</sup>	11	10	
Oktober 19	µg/m <sup>3</sup>	13	11	
November 19	µg/m <sup>3</sup>	12	10	
Dezember 19	µg/m <sup>3</sup>	14	11	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>40<sup>1)</sup></b>
max. TMW <sup>2)</sup>	µg/m <sup>3</sup>	44	42	-
<b>Tage &gt; 50 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Anzahl</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>35<sup>3)</sup></b>
Verfügbarkeit	%	97	98	-

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

<sup>2)</sup> maximaler Tagesmittelwert [max. TMW]

<sup>3)</sup> PM<sub>10</sub>-Tagesimmissionswert: zul. Überschreitungshäufigkeit im Jahr gemäß 39. BImSchV



**Abbildung 19.** Verlauf der gravimetrisch gemessenen PM<sub>10</sub>-Konzentration der mobilen LGM und LHY7 für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19 (Tagesmittelwerte, Tagesimmissionsgrenzwert 50 µg/m<sup>3</sup> rot markiert).

Die mittlere PM<sub>10</sub>-Konzentration betrug für den gesamten Messzeitraum am Messort Kindertagesstätte (mobile LGM) 13 µg/m<sup>3</sup> und an der Hauptmessstation LHY7 12 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 Februar und April 2019 registriert.

An beiden Messorten wurden im Mai 2019 die geringsten PM<sub>10</sub>-Konzentrationen festgestellt.

Durch die mit im Mittel 1 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 15 sind die statistischen Kenngrößen der ermittelten PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen dargestellt. Abbildung 20 zeigt den zeitlichen Verlauf der monatlichen PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen am Messort an der Kindertagesstätte im Vergleich zu der Hauptmessstation LHY7.

Tabelle 15. Kenngrößen der PM<sub>2,5</sub>-Konzentration [mobile LGM/ LHY7].

Kenngröße	Einheit	mobile	LHY7	39.
		LGM	PM <sub>2,5</sub>	BImSchV
Januar 19	µg/m <sup>3</sup>	11	12	
Februar 19	µg/m <sup>3</sup>	15	11	
März 19	µg/m <sup>3</sup>	8	7	
April 19	µg/m <sup>3</sup>	13	12	
Mai 19	µg/m <sup>3</sup>	5	5	
Juni 19	µg/m <sup>3</sup>	9	8	
Juli 19	µg/m <sup>3</sup>	10	10	
August 19	µg/m <sup>3</sup>	8	8	
September 19	µg/m <sup>3</sup>	7	7	
Oktober 19	µg/m <sup>3</sup>	8	8	
November 19	µg/m <sup>3</sup>	9	9	
Dezember 19	µg/m <sup>3</sup>	9	9	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>25<sup>1)</sup></b>
max. TMW <sup>2)</sup>	µg/m <sup>3</sup>	39	38	-
<b>Verfügbarkeit</b>	%	99	97	-

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

<sup>2)</sup> maximaler Tagesmittelwert (max. TMW)

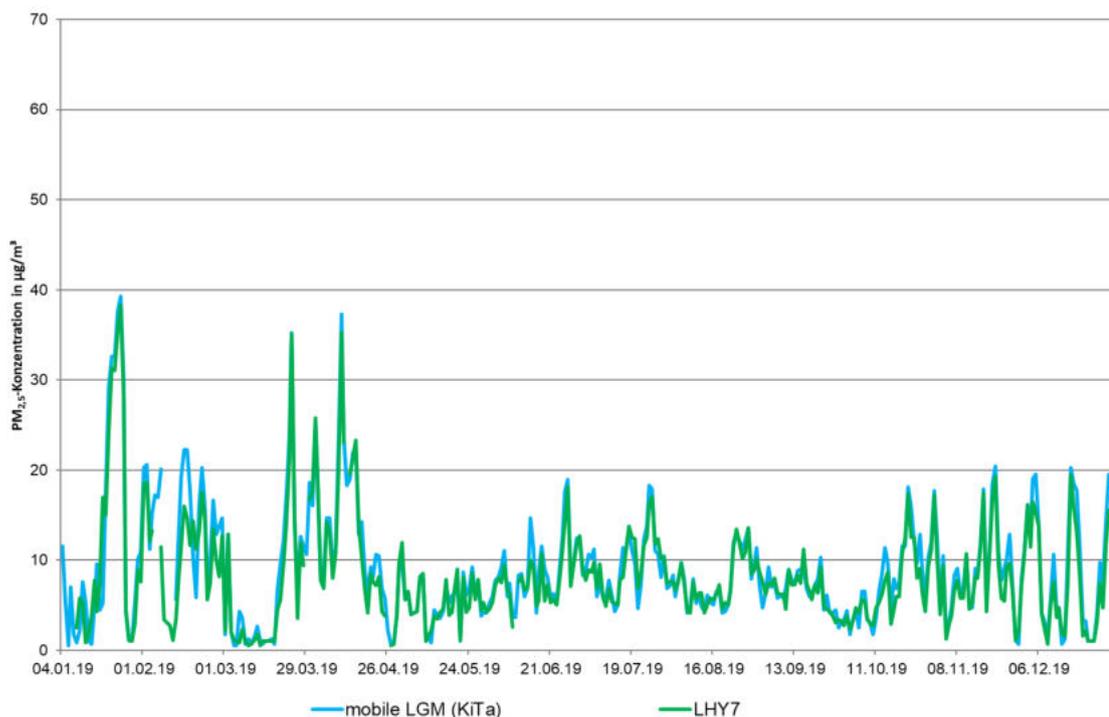


Abbildung 20. Verlauf der gravimetrisch gemessenen PM<sub>2,5</sub>-Konzentration der mobilen LGM und LHY7 für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19; Tagesmittelwerte.

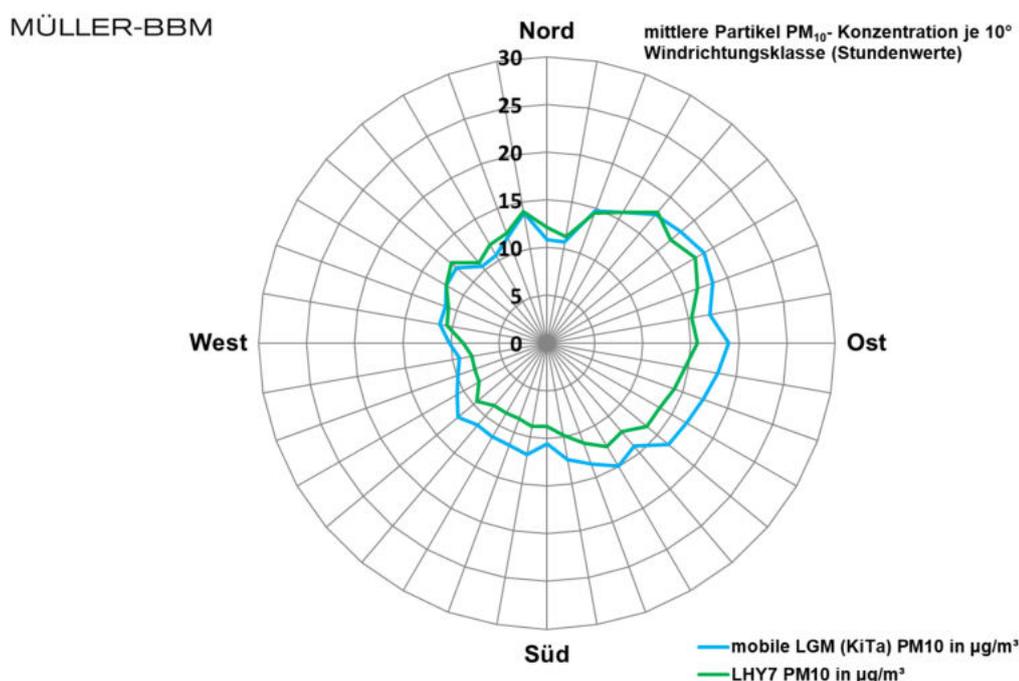
Für den gesamten Messzeitraum wurde am Messort der mobilen LGM (Kindertagesstätte) eine mittlere  $PM_{2,5}$ -Konzentration von  $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bzw. am Messort LHY7 von  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  festgestellt.

Anhand der Verläufe der  $PM_{2,5}$ -Konzentrationen sind gute Übereinstimmungen zwischen den beiden Messorten zu erkennen. Wie auch beim  $PM_{10}$  wurden an beiden Messorten im Mai 2019 die geringsten und im Februar und April 2019 die höchsten  $PM_{2,5}$ -Konzentrationen bestimmt.

Das Ergebnis der  $PM_{10}/PM_{2,5}$ -Messungen an der Kindertagesstätte im Vergleich mit den  $PM_{10}/PM_{2,5}$ -Messungen an der Station LHY7 bestätigt, dass ein relevanter Anteil der lokal vorliegenden Partikelbelastung durch die mesoskalige Immissions- und Ausbreitungssituation der bodennahen Atmosphäre gesteuert wird.

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

In Abbildung 21 wurden solche Konzentrationswindrosen für die mobile LGM an der Kindertagesstätte und die Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 4. Januar bis 31. Dezember 2019 dargestellt.



**Abbildung 21.** Konzentrationswindrose: mittlere  $PM_{10}$ -Konzentrationen aus allen Einzelmesswerten je  $10^\circ$ -Windrichtungsklasse an den Messorten mobile LGM und LHY7 im Vergleich; basierend auf kontinuierlichen Messdaten im Zeitraum vom 04.01. – 31.12.19.

In Tabelle 16 sind zudem die mittleren Abweichungen zwischen der mobilen LGM an der Kindertagesstätte und der Hauptmessstation LHY7 mit Bezug auf die vier Windsektoren Nord, Ost, Süd und West sowie die Kalmen [Windgeschwindigkeit  $< 0,5 \text{ m/s}$ ] dargestellt.

Tabelle 16. Mittlere PM<sub>10</sub>-Konzentration und -differenz je Windsektor.

Windrichtungssektoren WRS	mobile LGM		LHY7	Differenz mobile LGM zu LHY7	
				PM <sub>10</sub>	PM <sub>10</sub>
Mittelwert	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°	17,9	15,6	2
2 (Süd)	136°	225°	12,6	10,1	2
3 (West)	226°	315°	10,4	9,2	1
4 (Nord)	316°	045°	13,4	13,9	0
5 (Kalmen)	<	0,5 m/s	16,7	13,5	3

Tabelle 16 und Abbildung 21 zeigen, 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.

Bei Westwind lagen die PM<sub>10</sub>-Konzentrationen mit 10 bzw. 9 µg/m<sup>3</sup> ca. 7 – 8 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 [Kindertagesstätte, Nordallee] 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 an der Kindertagesstätte und der Hauptmessstation LHY7 wurden bei Kalmen mit 3 µg/m<sup>3</sup> bzw. bei Süd- und Ostwind mit je 2 µg/m<sup>3</sup> registriert. Ursachen hierfür können z.B. lokale Emittenten wie der Verkehr der Zentralallee oder Baumaßnahmen im Bereich der Nordallee sein.

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

In Tabelle 17 sind die statistischen Kenngrößen der NO<sub>2</sub>-Konzentration von der mobilen LGM an der Kindertagesstätte und der Hauptmessstation LHY7 sowie der Messstation LHY4 auf der Basis von Stundenmittelwerten zusammengefasst.

In Abbildung 22 sind die Monatsmittelwerte der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen für die drei Messorte grafisch dargestellt.

Tabelle 17. 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. BlmSchV
Januar 19	µg/m <sup>3</sup>	25	25	22	
Februar 19	µg/m <sup>3</sup>	40	32	37	
März 19	µg/m <sup>3</sup>	23	18	19	
April 19	µg/m <sup>3</sup>	22	14	21	
Mai 19	µg/m <sup>3</sup>	20	15	16	
Juni 19	µg/m <sup>3</sup>	24	12	19	
Juli 19	µg/m <sup>3</sup>	25	16	17	
August 19	µg/m <sup>3</sup>	22	13	13	
September 19	µg/m <sup>3</sup>	24	16	18	
Oktober 19	µg/m <sup>3</sup>	26	17	18	
November 19	µg/m <sup>3</sup>	27	19	20	
Dezember 19	µg/m <sup>3</sup>	32	24	25	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>26</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>40<sup>1)</sup></b>
Max. 1h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	133	97	104	
<b>1h-Mittelwert &gt;200 µg/m<sup>3</sup></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	

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

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

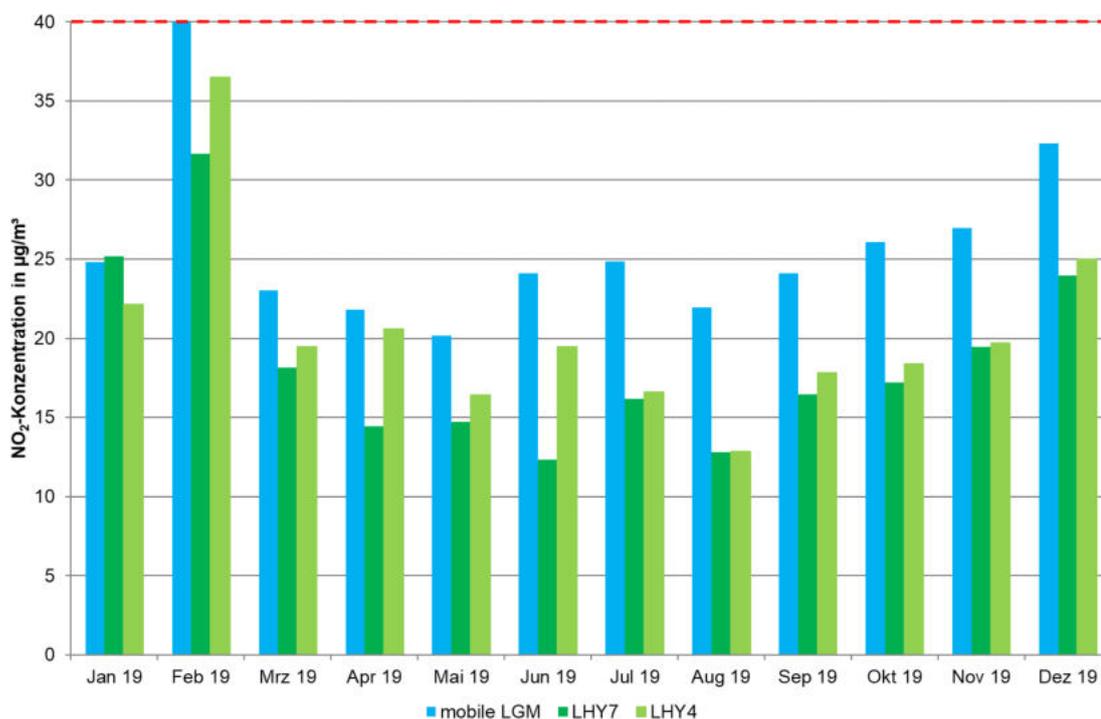


Abbildung 22. Verlauf der NO<sub>2</sub>-Konzentration der mobilen LGM, der Hauptmessstation LHY7 und der Messstation LHY4 für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19 [Monatsmittelwerte, Grenzwert für das Kalenderjahr 40 µg/m<sup>3</sup> rot gestrichelt markiert].

An der mobilen Luftgütemessstation an der Kindertagesstätte wurde mit  $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eine im Mittel ca.  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  höhere  $\text{NO}_2$ -Konzentration als an der Hauptmessstation LHY7 bzw.  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  höhere  $\text{NO}_2$ -Konzentration als an der Messstation LHY4 festgestellt. Mit Ausnahme des Januars wurden in allen Messmonaten an der mobilen Messstation höhere  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen als an der Hauptmessstation LHY7 und 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 (Inversionswetterlagen) tendenziell höhere  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen ermittelt, wobei der Jahresgang beim Messort der mobilen LGM (Kindertagesstätte) gedämpfter ausfällt. Dies kann auf die sekundäre Stickoxidbildung durch Ozon, welche bei verkehrsbelasteten Messorten höher ist, zurückgeführt werden.

In Abbildung 23 werden  $\text{NO}_2$ -Konzentrationswindrosen analog zu  $\text{PM}_{10}$  für die mobile LGM an der Kindertagesstätte, die Station LHY4 und die Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 4. Januar bis 31. Dezember 2019 dargestellt.

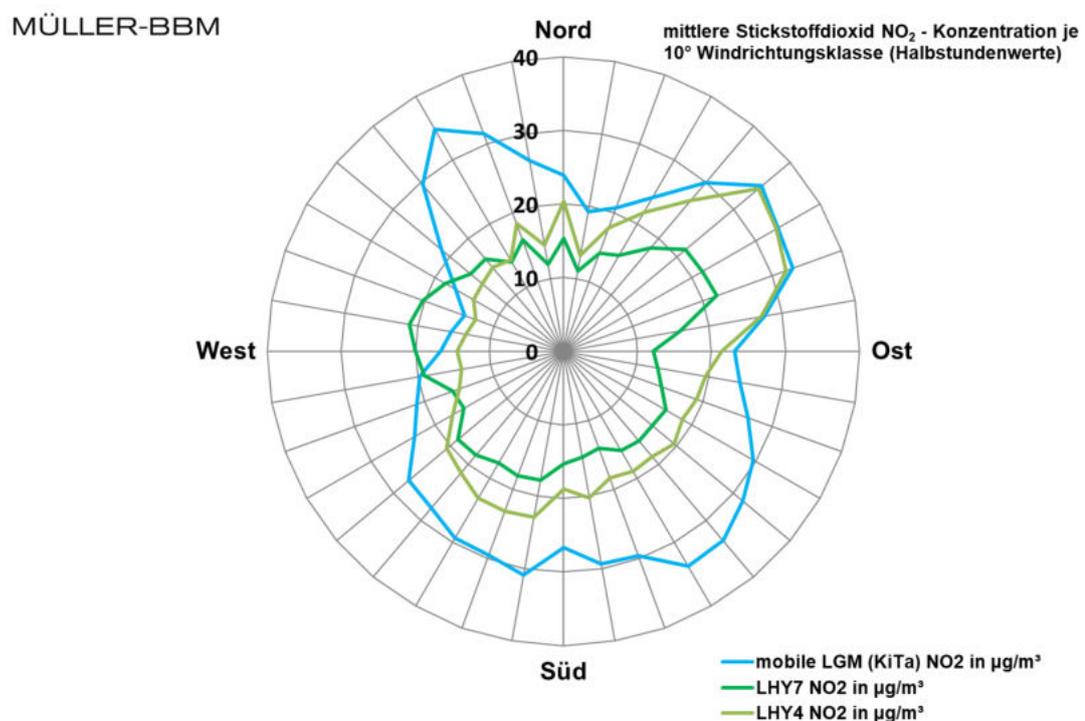


Abbildung 23. Konzentrationswindrose: mittlere  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen aus allen Einzelmesswerten je  $10^\circ$ -Windrichtungsklasse [WRK] an den Messorten mobile LGM, LHY7 und LHY4 im Vergleich; basierend auf kontinuierlichen Messdaten im Zeitraum vom 04.01. – 31.12.19.

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

Tabelle 18. 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			NO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>
Sektor	von	bis	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
1 (Ost)	46	135°	29,9	26,4	17,7	4	12
2 (Süd)	136°	225°	30,8	20,6	16,4	10	14
3 (West)	226°	315°	18,9	14,7	19,4	4	0
4 (Nord)	316°	045°	27,7	19,8	16,0	8	12
5 (Kalmen)	<	0,5 m/s	42,2	30,8	20,4	11	22

Die Konzentrationswindrosen der Messorte mobile LGM (Kindertagesstätte), 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>p</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. Ebenfalls erhöhte NO<sub>p</sub>-Konzentrationen konnten an der mobilen LGM an der Kindertagesstätte bei Süd- und Ostwind festgestellt werden. Eine Beeinflussung durch die Zentral- und Nordallee bzw. durch das Vorfeld des Flughafens ist hierbei wahrscheinlich.

Bei Betrachtung der westlichen Windrichtungen wurden an der mobilen LGM an der Kindertagesstätte im Vergleich zur Hauptmessstation LHY7 identische NO<sub>p</sub>-Konzentrationen bestimmt. Bei dieser Windrichtung befindet sich die Hauptmessstation im Abwind des Flughafens.

Signifikant sind zudem die Differenzen bei Nordwinden. Bei diesen Windverhältnissen wurden an der mobilen LGM an der Kindertagesstätte deutlich höhere NO<sub>p</sub>-Konzentrationen als an der Station LHY4 registriert. Ursache hierfür können die Nordallee sowie die nördliche Start- und Landebahn sein.

Zusammenfassend sind diese lokalen Beeinflussungen bei den NO<sub>p</sub>-Konzentrationswindrosen charakteristisch und wurden auch bei den vorangegangenen Luftgütemessungen in ähnlichem Umfang festgestellt.

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

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

<b>Kenngröße</b>	<b>Einheit</b>	<b>mobile LGM NO</b>	<b>LHY7 NO</b>	<b>LHY4 NO</b>	<b>39. BImSchV</b>
Januar 19	µg/m <sup>3</sup>	6	7	5	
Februar 19	µg/m <sup>3</sup>	27	11	20	
März 19	µg/m <sup>3</sup>	8	5	7	
April 19	µg/m <sup>3</sup>	2	2	4	
Mai 19	µg/m <sup>3</sup>	1	3	3	
Juni 19	µg/m <sup>3</sup>	1	2	4	
Juli 19	µg/m <sup>3</sup>	4	3	4	
August 19	µg/m <sup>3</sup>	4	2	3	
September 19	µg/m <sup>3</sup>	8	4	7	
Oktober 19	µg/m <sup>3</sup>	17	7	12	
November 19	µg/m <sup>3</sup>	14	7	10	
Dezember 19	µg/m <sup>3</sup>	25	17	21	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	-
Max. 1h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	223	265	223	
Min. 1h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	1	1	1	
Verfügbarkeit %	%	98	98	98	

Beim NO wurde am Messort Kindertagesstätte über den gesamten Messzeitraum mit 4 µg/m<sup>3</sup> eine um 2 µg/m<sup>3</sup> höhere NO-Konzentration als an der Messstation LHY7 bzw. eine um 3 µg/m<sup>3</sup> niedrigere NO-Konzentration als an der Station LHY4 ermittelt.

Die höchsten NO-Konzentrationen wurden erwartungsgemäß im Winterhalbjahr in der Heizperiode ermittelt. In den sonnenscheinreichen Monaten Mai bis August 2019 gab es durch die NO<sub>x</sub>-Sekundärbildung besonders geringe NO-Konzentrationen

### 7.3. Schwefeldioxid [SO<sub>2</sub>]

In Tabelle 20 sind die statistischen Kenngrößen der SO<sub>2</sub>-Konzentration der mobilen LGM [Kindertagesstätte] und der Hauptmessstation LHY7 auf der Basis von Stundenmittelwerten zusammengefasst. Es ist dabei zu beachten, dass im Februar 2019 an der Hauptmessstation LHY7 aufgrund eines Gerätedefektes kein Monatsmittelwert bestimmt werden konnte.

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

Tabelle 20. 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>
Januar 19	µg/m <sup>3</sup>	2	2	
Februar 19	µg/m <sup>3</sup>	2	-	
März 19	µg/m <sup>3</sup>	2	2	
April 19	µg/m <sup>3</sup>	2	3	
Mai 19	µg/m <sup>3</sup>	2	2	
Juni 19	µg/m <sup>3</sup>	2	2	
Juli 19	µg/m <sup>3</sup>	2	2	
August 19	µg/m <sup>3</sup>	2	2	
September 19	µg/m <sup>3</sup>	2	2	
Oktober 19	µg/m <sup>3</sup>	2	2	
November 19	µg/m <sup>3</sup>	2	2	
Dezember 19	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>	10	9	
<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>	4	4	
<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	

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

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

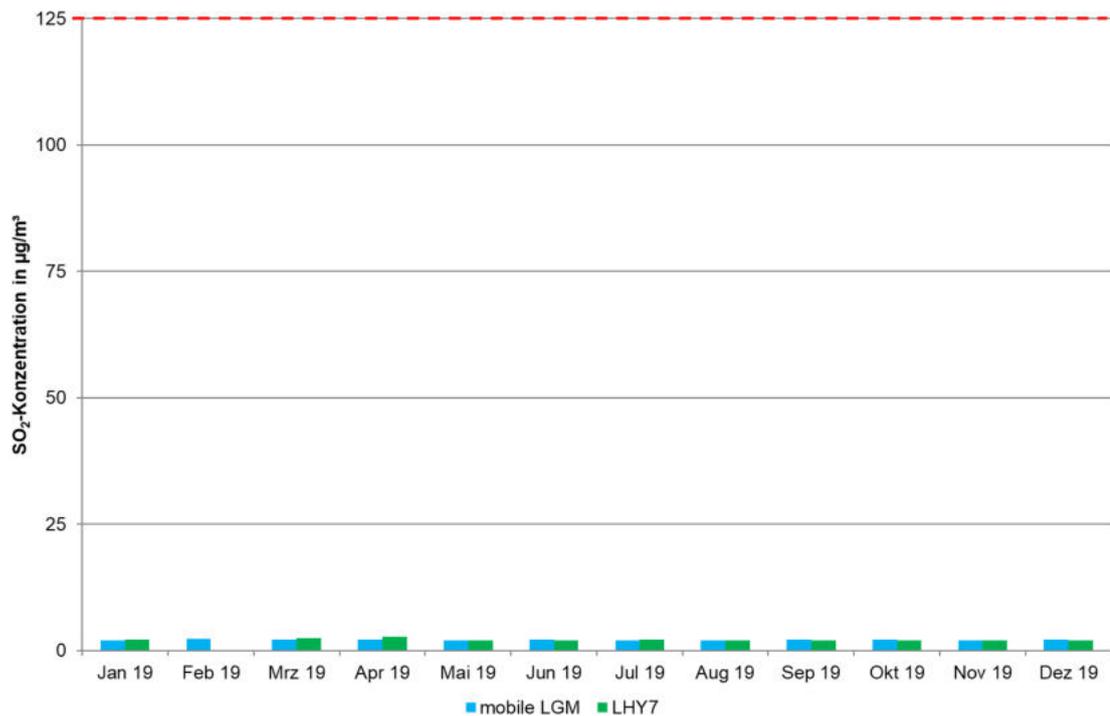


Abbildung 24. Verlauf der SO<sub>2</sub>-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19 [Monatsmittelwerte, Grenzwert für das Tagesmittel 125 µg/m<sup>3</sup> rot gestrichelt markiert].

Die Monatsmittelwerte an den beiden Messstationen mobile LGM [Kindertagesstätte] 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 21 sind die statistischen Kenngrößen der Ozon-Konzentration der mobilen LGM [Kindertagesstätte] 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 21. Kenngrößen der O<sub>3</sub>-Konzentration (mobile LGM/ LHY7).

Kenngröße	Einheit	mobile	LHY7	39.
		LGM	O <sub>3</sub>	BlmSchV
Januar 19	µg/m <sup>3</sup>	33	36	
Februar 19	µg/m <sup>3</sup>	26	32	
März 19	µg/m <sup>3</sup>	41	57	
April 19	µg/m <sup>3</sup>	59	69	
Mai 19	µg/m <sup>3</sup>	53	65	
Juni 19	µg/m <sup>3</sup>	63	81	
Juli 19	µg/m <sup>3</sup>	64	69	
August 19	µg/m <sup>3</sup>	53	60	
September 19	µg/m <sup>3</sup>	37	41	
Oktober 19	µg/m <sup>3</sup>	22	27	
November 19	µg/m <sup>3</sup>	17	22	
Dezember 19	µg/m <sup>3</sup>	23	27	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>41</b>	<b>49</b>	<b>-</b>
Max. 1h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	161	179	
Max. 8h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	137	158	
<b>1h-Mittelwert &gt;180 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Anzahl</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>180<sup>1)</sup></b>
<b>8h-Mittelwert &gt;120 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Anzahl</b>	<b>7</b>	<b>37</b>	<b>25<sup>2)</sup></b>
Min. 1h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	3	3	
Verfügbarkeit %	%	98	98	

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

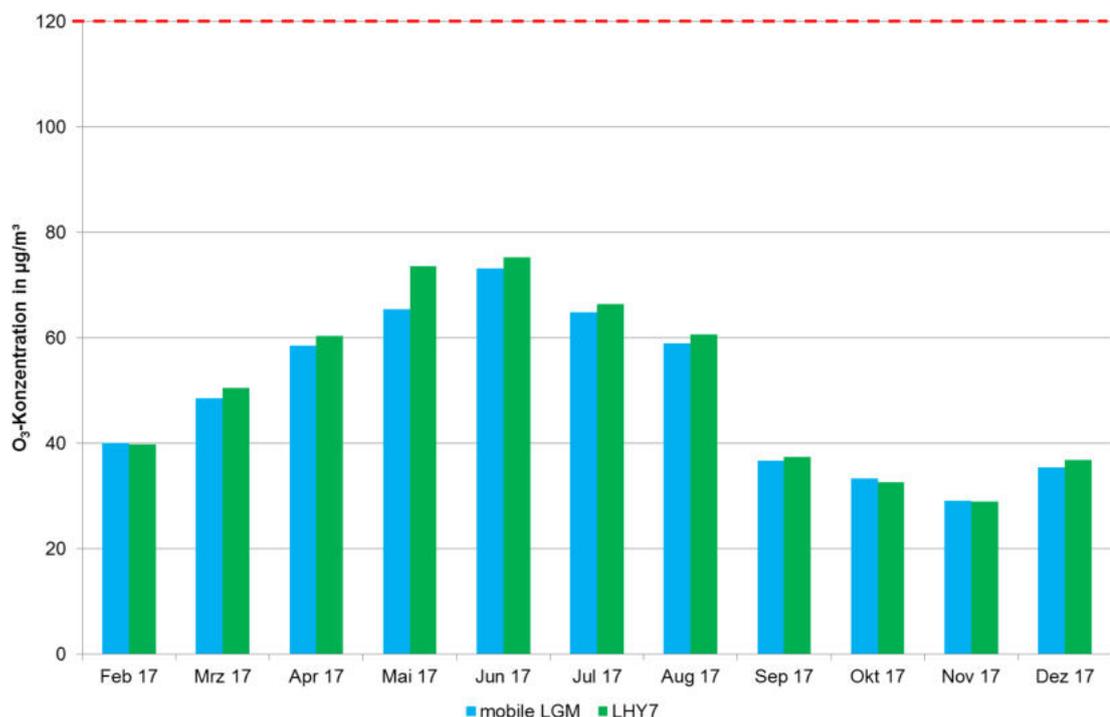
<sup>2)</sup> maximaler 8-h-Mittelwert mit 25 zulässigen Überschreitungstagen pro Jahr gemäß 39. BlmSchV

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 an der Kindertagesstätte im Messzeitraum 2019 an sieben Tagen überschritten. Im Vergleich hierzu wurde an der Hauptmessstation LHY7 im Messzeitraum der Immissionszielwert an 39 Tagen überschritten. Die vergleichsweise geringe Überschreitungshäufigkeit am Messort der mobilen LGM an der Kindertagesstätte im Vergleich zur Hauptmessstation LHY7 kann auf lokale NO<sub>x</sub>-Emittenten zurückgeführt werden. So sind bei höheren Stickoxidkonzentrationen die Ozonkonzentrationen typischerweise niedriger.

Bayernweit waren 2019 aufgrund der sonnenscheinreichen Witterung Überschreitungstage des 8-h-Zielwertes zu verzeichnen. Zu beachten ist grundsätzlich, dass der Zielwert für den gleitenden 8-Stundenmittelwert mit 25 zulässigen Überschreitungstagen pro Jahr über drei aufeinanderfolgende Jahre gemittelt werden muss, weshalb diese Kenngröße nicht abschließend bewertet werden kann.

Der maximale Stundenmittelwert an der mobilen LGM betrug 161 µg/m<sup>3</sup>. An der Station LHY7 wurde ein maximales Stundenmittel von 179 µg/m<sup>3</sup> festgestellt.

In Abbildung 25 ist der Verlauf der Ozonkonzentration an der Kindertagesstätte im Vergleich zur Hauptmessstation LHY7 grafisch dargestellt.



**Abbildung 25.** Verlauf der O<sub>3</sub>-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19 [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.

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. Daher wurden an der mobilen LGM an der Kindertagesstätte „Airport Hopsler“, welche sich in Nähe der verkehrsreichen Zentralallee befindet, im Vergleich zur Hauptmessstation LHY7 geringere Ozonkonzentrationen bestimmt.

Im Gegensatz zu den anderen Luftschadstoffen ist Ozon 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 Winterhalbjahr gab es deshalb erwartungsgemäß geringere Ozonkonzentrationen.

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

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

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

Zu beachten ist, dass es zwischen Juli und September 2019 einen ca. zehnwöchigen Ausfall bei den BTEX- und *n*-Alkanmessungen an der Hauptmessstation LHY7 gab.

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

Messparameter	Mittelwert mobile LGM	Mittelwert LHY7	Beurteilungswert	
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
<b>BTEX</b>	Benzol	0,5	0,6	5 <sup>1)</sup>
	Toluol	0,8	0,6	30 <sup>2)</sup>
	Ethylbenzol	0,2	0,1	880 <sup>3)</sup>
	<i>m+p</i> -Xylol	0,6	0,4	
	<i>o</i> -Xylol	0,2	0,1	
	$\Sigma$ Xylole	0,8	0,5	30 <sup>2)</sup>
	<b><i>n</i>-Alkane</b>	<i>n</i> -Hexan	0,21	0,18
<i>n</i> -Heptan		0,17	0,14	
<i>n</i> -Oktan		0,09	0,05	
<i>n</i> -Nonan		0,14	0,07	
<i>n</i> -Dekan		0,13	0,07	
<i>n</i> -Undekan		0,11	0,06	
<i>n</i> -Dodekan		0,07	0,04	
<i>n</i> -Tridekan		0,06	0,05	
<i>n</i> -Tetradekan		0,05	0,04	
<b><math>\Sigma</math> <i>n</i>-Alkane</b>		<b>1,03</b>	<b>0,69</b>	200 <sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> Immissionsgrenzwert für das Jahr [39. BImSchV]

<sup>2)</sup> Zielwert für das Jahr [LAI]

<sup>3)</sup> 1/100 AGW

<sup>4)</sup> Innenraum-Richtwert [Vorsorgewert] für C9-C14-Alkane/Isalkane, UBA

Der Benzolmittelwert lag im gesamten Messzeitraum an der mobilen LGM an der Kindertagesstätte bei  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bzw. 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 deutlich unterschritten.

Bei den *n*-Alkanen wurden mit in Summe  $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  an der mobilen LGM an der Kindertagesstätte und  $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  an der Hauptmessstation LHY7 unauffällige Konzentrationen festgestellt. In diesem niedrigen Konzentrationsbereich  $\leq 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  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 hilfsweise herangezogenen Beurteilungswert für Innenräume von  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

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

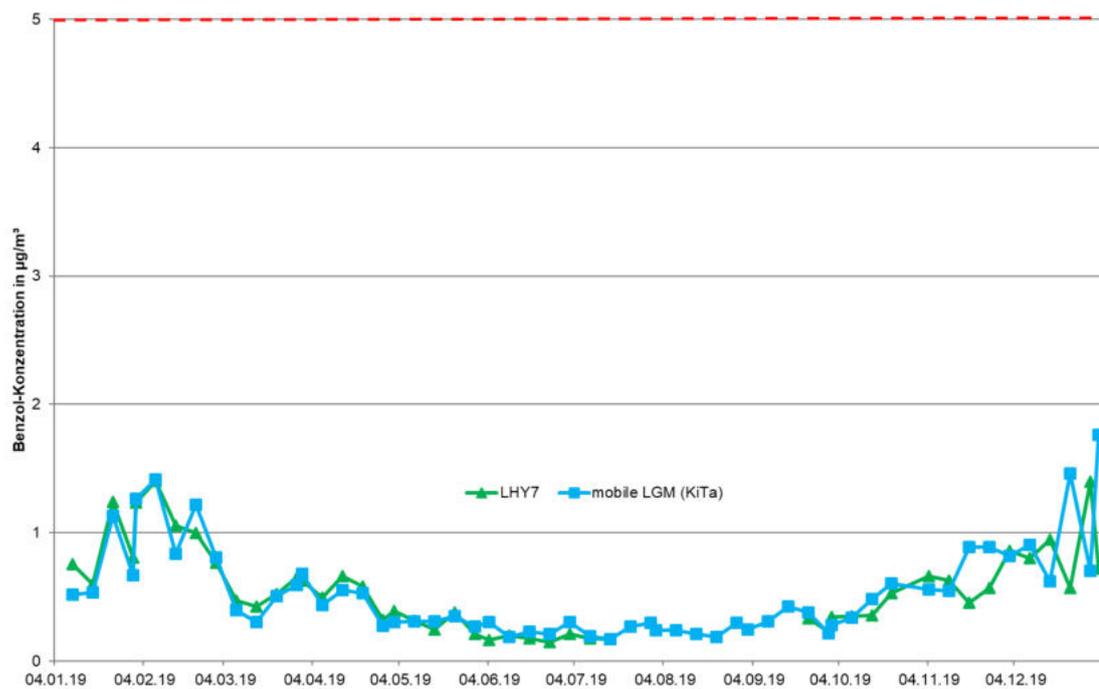


Abbildung 26. Verlauf der Benzol-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 04.01. - 31.12.19 (Wochenmittelwerte, Immissionsgrenzwert 5 µg/m<sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).

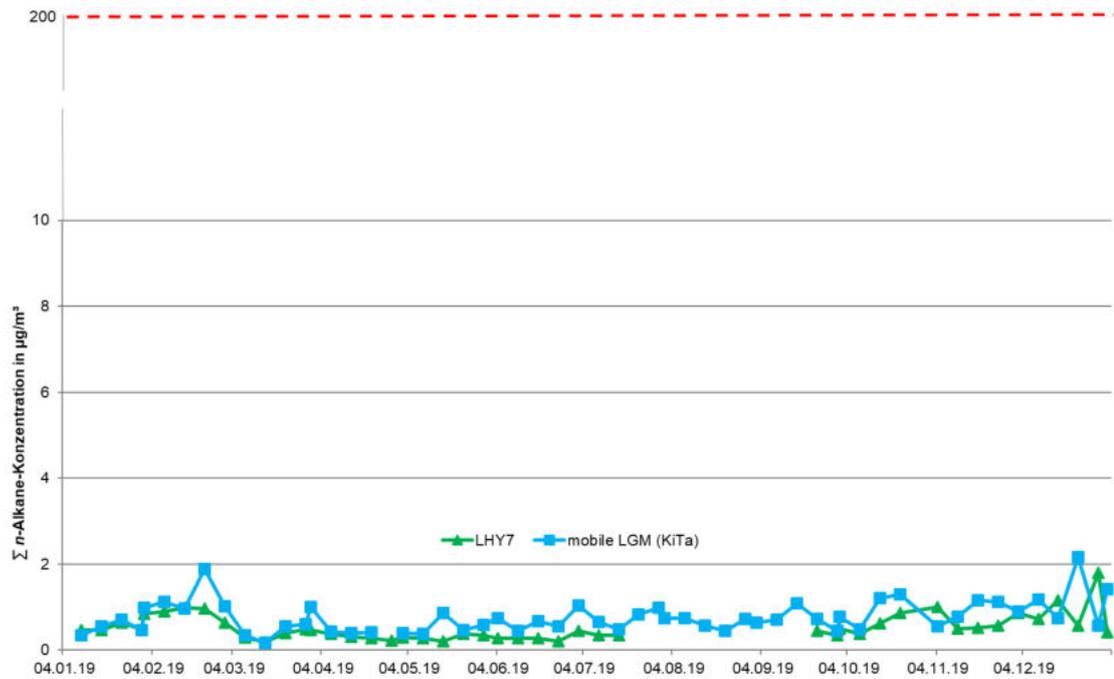


Abbildung 27 Verlauf der *n*-Alkan-Konzentration (Summe) der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19 (Wochenmittelwerte, hilfsweise herangezogener Beurteilungswert für Innenräume von 200 µg/m<sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).

Die Verläufe für die Benzol- und *n*-Alkan-Konzentrationen der mobilen Messstation an der Kindertagesstätte und der Hauptmessstation LHY7 zeigen gute Übereinstimmungen. An beiden Messorten wurden im Winter höhere Benzolkonzentrationen als im Sommer bestimmt. Bei den *n*-Alkanen war ein ähnlich ausgeprägter Jahresgang nicht zu erkennen.

## 7.6. Benzo(a)pyren

In Tabelle 23 und Abbildung 28 sind die gemessenen Benzo(a)pyren-Konzentrationen im PM<sub>10</sub> für die Messorte mobile LGM an der Kindertagesstätte und Hauptmessstation LHY7 als Monatsmittelwerte und Mittelwerte für den Messzeitraum dargestellt. Die Ermittlung der Monatskenngrößen erfolgte hierbei für die Monate Januar 2019 bis Dezember 2019, wobei die Januarprobe an der mobilen LGM an der Kindertagesstätte lediglich den Messzeitraum 4. Januar bis 31. Januar beinhaltet.

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

Benzo(a)pyren im PM <sub>10</sub>		mobile LGM	LHY7	39. BImSchV
Januar 19	ng/m <sup>3</sup>	0,21	0,23	
Februar 19	ng/m <sup>3</sup>	0,22	0,28	
März 19	ng/m <sup>3</sup>	0,08	0,09	
April 19	ng/m <sup>3</sup>	0,09	0,09	
Mai 19	ng/m <sup>3</sup>	0,03	0,02	
Juni 19	ng/m <sup>3</sup>	0,01	0,01	
Juli 19	ng/m <sup>3</sup>	0,01	0,01	
August 19	ng/m <sup>3</sup>	0,01	0,03	
September 19	ng/m <sup>3</sup>	0,02	0,01	
Oktober 19	ng/m <sup>3</sup>	0,09	0,08	
November 19	ng/m <sup>3</sup>	0,15	0,16	
Dezember 19	ng/m <sup>3</sup>	0,34	0,33	
<b>Mittelwert</b>	ng/m <sup>3</sup>	<b>0,10</b>	<b>0,11</b>	<b>1<sup>1)</sup></b>

1) Zielwert für das Kalenderjahr nach 39. BImSchV

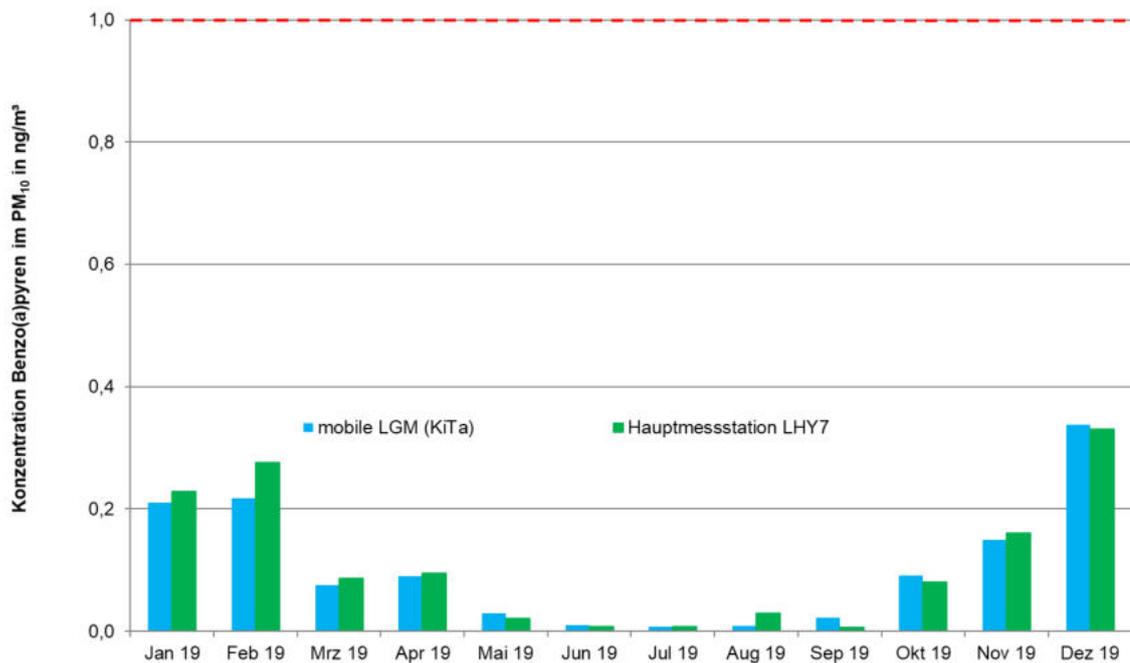


Abbildung 28. Vergleich der Benzo(a)pyren-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 04.01. – 31.12.19 (Monatsmittelwerte, Zielwert für das Jahr 1 µg/m<sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).

An der mobilen LGM an der Kindertagesstätte wurde im Mittel eine Benzo(a)pyren-Konzentration von 0,10 ng/m<sup>3</sup> ermittelt. Die BaP-Konzentration an der Hauptmessstation LHY7 war

mit 0,11 ng/m<sup>3</sup> minimal höher. Die Differenzen in den einzelnen Messmonaten bewegen sich zwischen beiden Messorten im Bereich der Messunsicherheit.

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

## 8. Zusätzliche Vergleichsbetrachtungen

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

Für die Bewertung der ermittelten 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 an der Kindertagesstätte mit Messwerten des Lufthygienischen Landesüberwachungssystems Bayern (LÜB) des Bayerischen Landesamtes für Umwelt verglichen. Als Referenzstandorte wurden die LÜB-Stationen München-Stachus (städtisch/Verkehr), Landshut-Podewilsstraße (städtisch/Verkehr) München-Lothstraße (städtisch/städtischer Hintergrund) München-Johanneskirchen (vorstädtisch/ländlicher Hintergrund) und Andechs (ländlich, regional) ausgewählt. Es ist hierbei zu beachten, dass die LfU-Messdaten noch nicht abschließend auf Plausibilität geprüft wurden [27].

In Tabelle 24 sind die mittleren Immissionskonzentrationen der LÜB-Stationen im Vergleich zur mobilen LGM an der Kindertagesstätte „Airport Hopper“ dargestellt. Die Mittelwertbildung erfolgte über den Messzeitraum 04. Januar 2019 bis 31. Dezember 2019.

In Abbildung 29 bis Abbildung 32 sind zusätzlich die Verläufe der LÜB-Messstationen im Vergleich zur mobilen LGM an der Kindertagesstätte „Airport Hopper“ grafisch dargestellt. In den Abbildungen sind jeweils die Monatsmittelwerte für Januar (ab 04. Januar 2019) bis Dezember 2019 dargestellt. Es ist hierbei zu beachten, dass an der LÜB-Station München-Lothstraße im Juni 2019 aufgrund eines längeren Messausfalls kein Ozon-Mittelwert vorliegt.

Tabelle 24. Mittelwerte der LÜB-Stationen im Vergleich zur mobilen LGM an der Kindertagesstätte „Airport Hopper“ (04.01. – 31.12.19).

Messparameter	LÜB-Stationen					KiTa mobile LGM µg/m <sup>3</sup>
	München-Stachus µg/m <sup>3</sup>	Landshut µg/m <sup>3</sup>	Andechs µg/m <sup>3</sup>	M-Lothstraße µg/m <sup>3</sup>	M-Johanneskirchen µg/m <sup>3</sup>	
NO <sub>2</sub> -Konzentration	42	24	7	27	19	26
PM <sub>10</sub> -Konzentration	19	16	11	15	14	13
PM <sub>2,5</sub> -Konzentration	11	-	8	10	10	9
O <sub>3</sub> -Konzentration	-	-	63	50	50	41

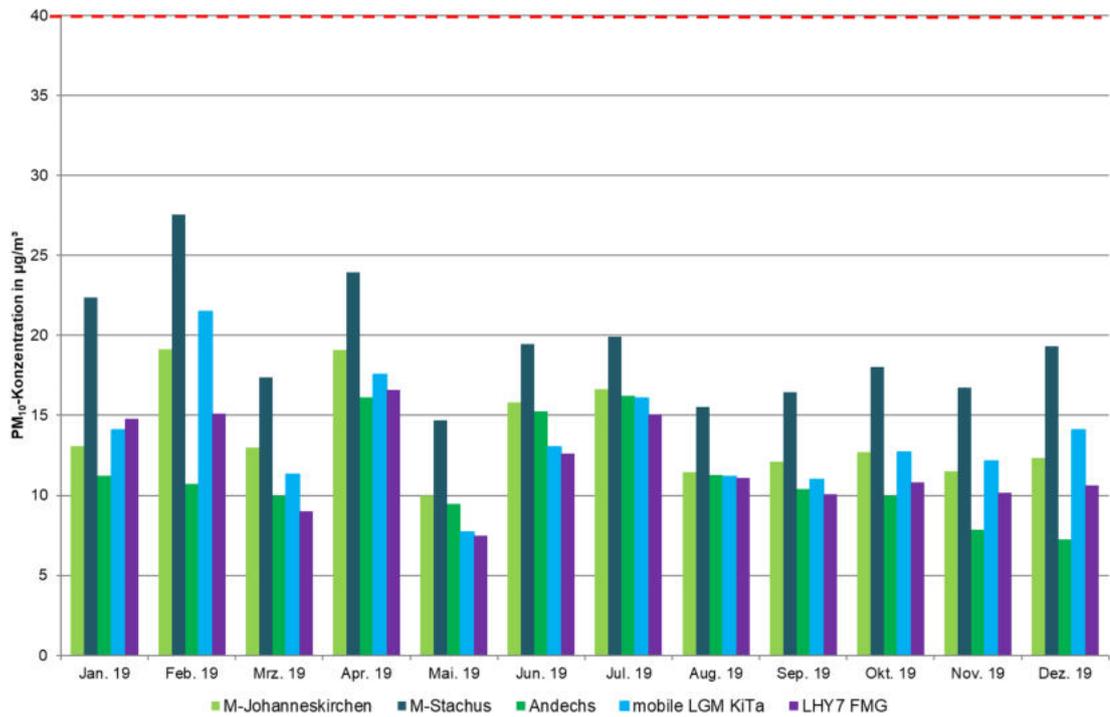


Abbildung 29. Vergleich der PM<sub>10</sub>-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Kindertagesstätte [Monatsmittelwerte 2019, PM<sub>10</sub>-Jahresgrenzwert 40 µg/m<sup>3</sup> rot gestrichelt markiert].

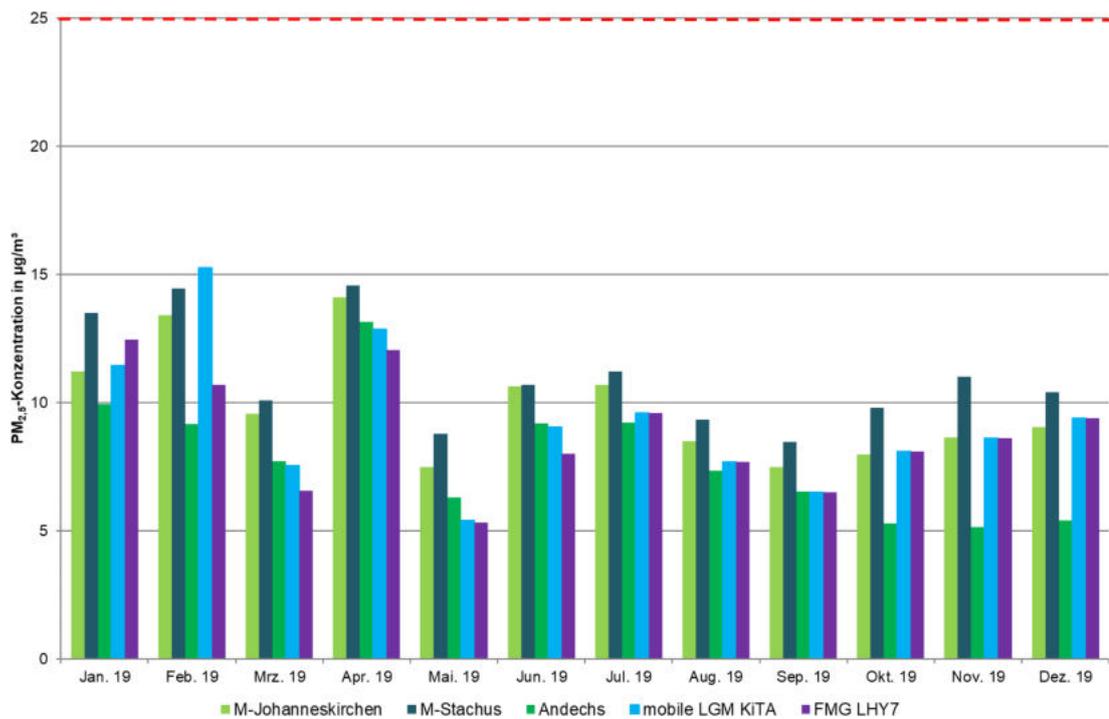


Abbildung 30. Vergleich der PM<sub>2,5</sub>-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Kindertagesstätte [Monatsmittelwerte 2019, PM<sub>2,5</sub>-Jahresgrenzwert 25 µg/m<sup>3</sup> rot gestrichelt markiert].

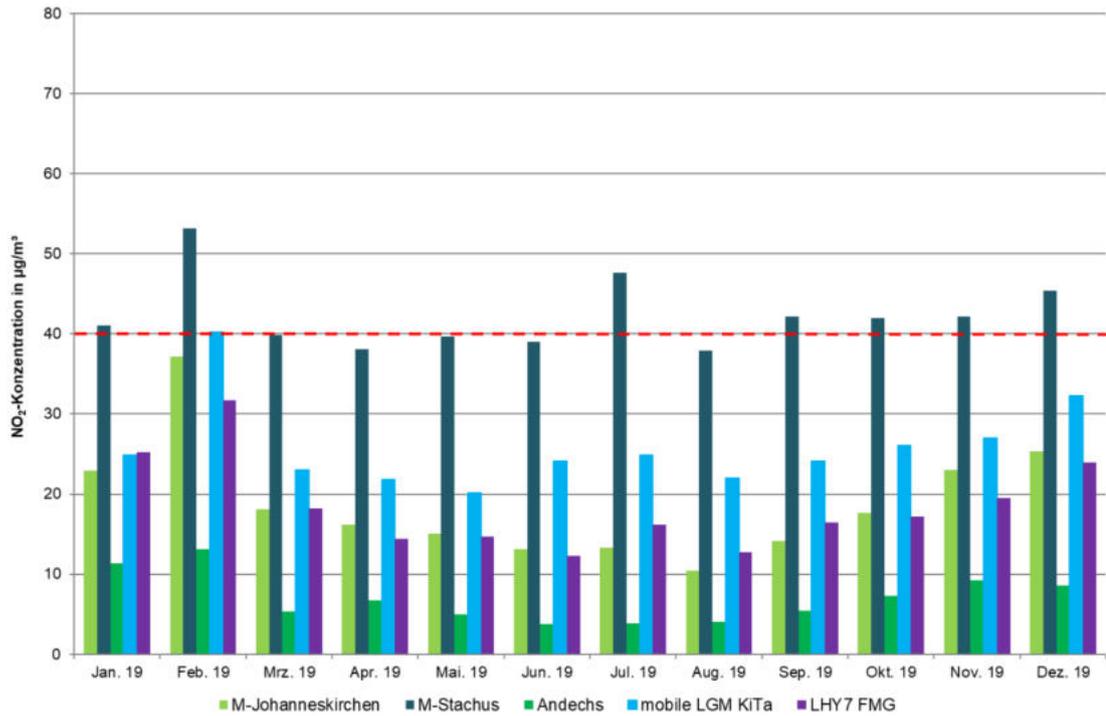


Abbildung 31. Vergleich der NO<sub>2</sub>-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Kindertagesstätte (Monatsmittelwerte 2019, NO<sub>2</sub>-Jahresgrenzwert 40 µg/m<sup>3</sup> rot gestrichelt markiert).

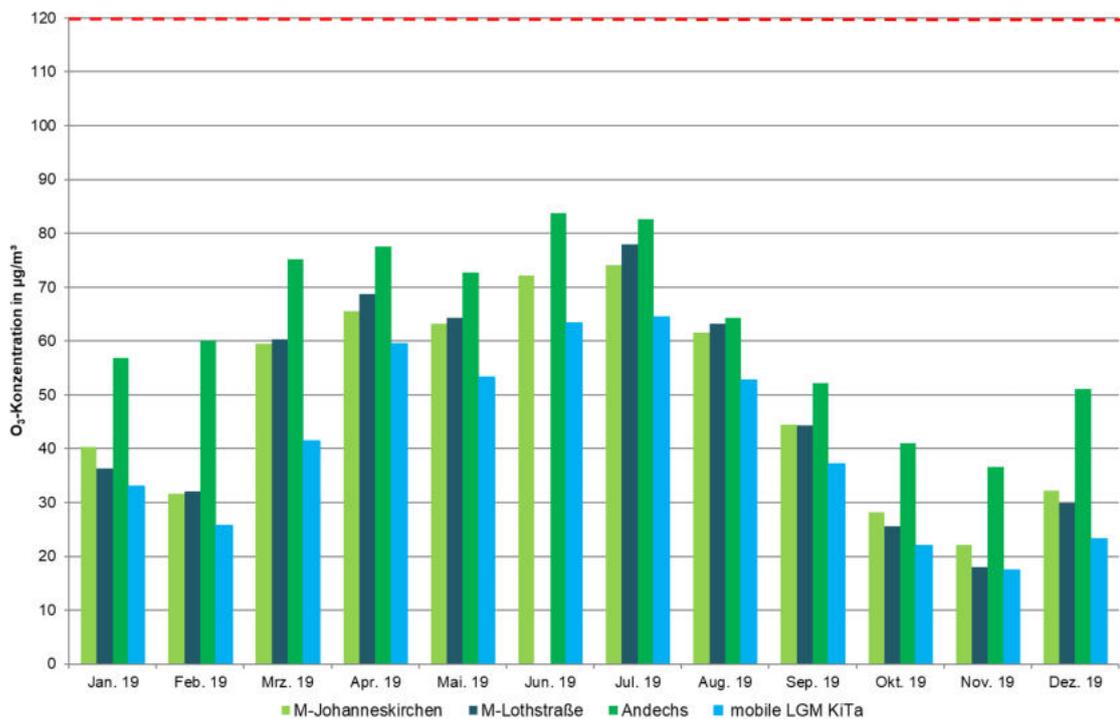


Abbildung 32. Vergleich der O<sub>3</sub>-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Kindertagesstätte (Monatsmittelwerte 2019, Zielwert für den Tag von 120 µg/m<sup>3</sup> rot, gestrichelt markiert).

Erwartungsgemäß zeigen die Konzentrationsverläufe der mobilen LGM und der LÜB Stationen einen ähnlichen jahreszeitlichen Verlauf. An der innerstädtischen Verkehrsstation München-Stachus wurden erwartungsgemäß die höchsten  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  und  $NO_2$ -Konzentrationen bestimmt.

Im Vergleich aller Stationen und unter Einbezug der Mittelwerte zeigt sich, dass die ermittelten Immissionskonzentrationen der mobilen LGM an der Kindertagesstätte „Airport Hopser“ i. d. R. unter den Konzentrationen der LÜB Stationen München-Lothstraße und Landshut-Podewilsstraße bzw. über den Konzentrationen der LÜB Station München-Johanneskirchen liegen.

## 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 ( $NO_2$ ), Schwefeldioxid ( $SO_2$ ) und die Partikel  $PM_{10}$  erstellt [26].

Der LaQx ist nach dem Schulnotensystem in die Klassen 1 („sehr gut“) bis 6 („sehr schlecht“) eingeteilt und in Tabelle 25 dargestellt.

Tabelle 25. Übersicht und Zusammenfassung des Langzeit-Luftqualitätsindex.

Bewertung	Benzol [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$NO_2$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$PM_{10}$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$SO_2$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	LaQx Klasse	Farbe
sehr gut	0,0 – 0,2	0 – 12	0 – 7	0 – 5	1	
gut	0,3 – 1,0	13 – 20	8 – 15	6 – 10	2	
befriedigend	1,1 – 2,0	21 – 30	16 – 30	11 – 20	3	
ausreichend	2,1 – 5,0	31 – 40	31 – 40	21 – 120	4	
<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 an der Kindertagesstätte „Airport Hopser“ gemessenen mittleren Immissionskonzentrationen an Benzol, Stickstoffdioxid, Partikel  $PM_{10}$  und Schwefeldioxid wie folgt bewertet werden:

Tabelle 26. Bewertung der Luftqualität an der Kindertagesstätte „Airport Hopsler“.

Parameter	Mittelwert des Messzeitraums	Bewertung	LaQx Klasse	Farbe
Benzol	0,5 µg/m <sup>3</sup>	gut	2	0,3 – 1,0 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	26 µg/m <sup>3</sup>	befriedigend	3	21 – 30 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	13 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>

Die Luftgüte nach LaQx an der Kindertagesstätte „Airport Hopsler“ kann für Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) als „befriedigend“, für die Partikel PM<sub>10</sub> und Benzol, als „gut“ und für Schwefeldioxid als „sehr gut“ bezeichnet werden.

In Abbildung 33 sind die bisherigen Messstandorte der mobilen Messstation sowie die ermittelte Bewertung nach dem LaQx (farblich codiert) für Benzol, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> und SO<sub>2</sub> dargestellt.

Der Standort an der Kindertagesstätte „Airport Hopsler“ liegt dabei auf einem ähnlichen Niveau wie die anderen ländliche Standorte in der Region.

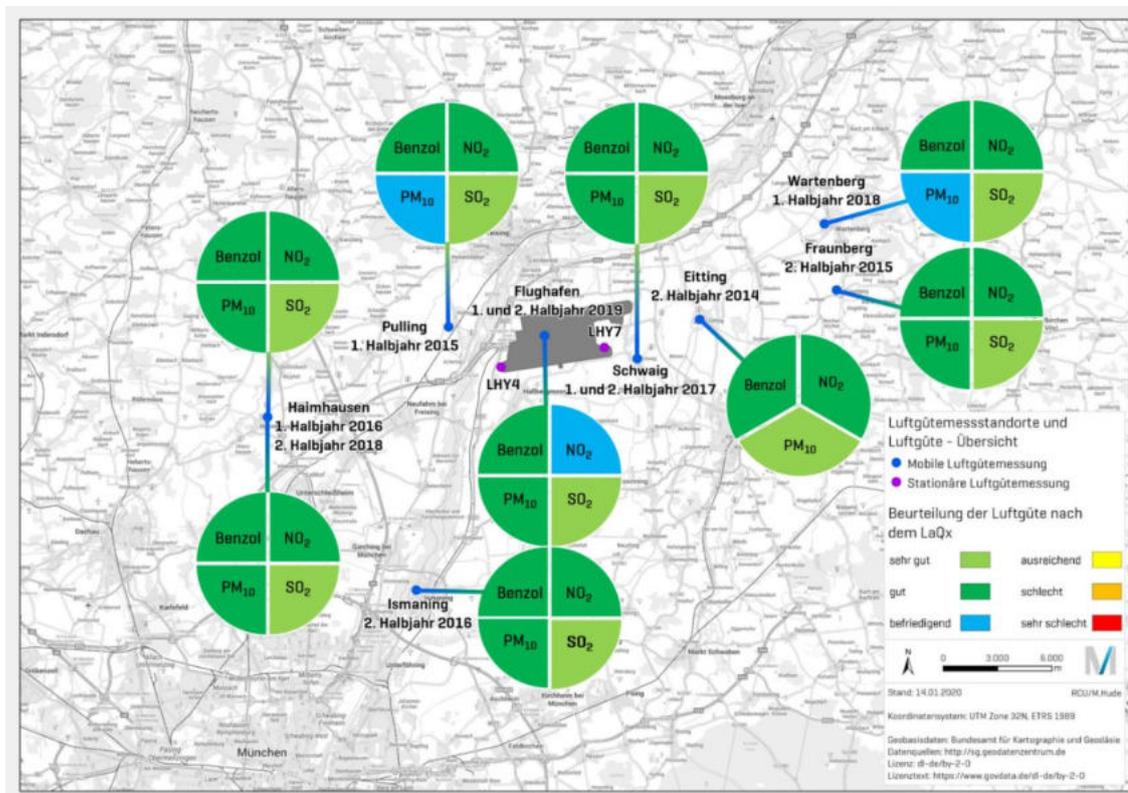


Abbildung 33. Standorte der mobilen Luftgütemessstation und Beurteilung der Luftgüte nach dem LaQx.

## 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 (LGM) angeschafft, um in den Anrainergemeinden des Flughafens weitere Immissionsmessungen anbieten zu können.

Mit der mobilen Luftgütemessstation können neben den meteorologischen Randparametern die immissionsseitig im Umfeld eines Flughafens relevanten Luftschadstoffe Partikel  $PM_{10}$  und  $PM_{2,5}$ , Stickstoffoxide ( $NO$  und  $NO_2$ ), Ozon ( $O_3$ ), Schwefeldioxid ( $SO_2$ ), Benzol, Toluol, Xylole, Ethylbenzol (BTEX), *n*-Alkane als Tracer für Kerosin (C6 – C14) sowie Benzo(a)pyren im  $PM_{10}$  gemessen werden.

Von 4. Januar bis 31. Dezember 2019 wurden diese mobilen Luftgütemessungen auf Anregung des Vorsitzenden der Fluglärnkommision in der Nordallee im Bereich der Kindertagesstätte „Airport Hopper“ in direkter Nachbarschaft zum Besucherpark des Flughafen Münchens für die Dauer eines Kalenderjahres durchgeführt. Die Ergebnisse der Messungen sind nachfolgend den jeweiligen Grenz- und Zielwerten der 39. BImSchV gegenübergestellt.

In der nachfolgenden Tabelle 27 sind die jeweiligen Grenz- und Zielwerte der 39. BImSchV den Messergebnissen der mobilen LGM für den gesamten Messzeitraum gegenübergestellt.

Tabelle 27. Vergleich Beurteilungswerte 39. BImSchV mit den Messwerten der mobilen LGM [Kindertagesstätte].

Messparameter	39. BImSchV			mobile LGM Kindertagesstätte	
	Grenz- bzw. Zielwert		Zul. Überschreitungen	Mittelwert bzw. Maximalwert (max.)	Überschreitung
Partikel $PM_{10}$	Jahresgrenzwert	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
	Tagesgrenzwert	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	35	max. 44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0
Partikel $PM_{2,5}$	Jahresgrenzwert	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
Stickstoffdioxid ( $NO_2$ )	Jahresgrenzwert	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
	1-h-Grenzwert	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	18	max. 133 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0
Ozon ( $O_3$ )	1-h Infoschwelle	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	max. 161 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
	8-h-Zielwert für den Tag	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	25	max. 137 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	7
Schwefeldioxid ( $SO_2$ )	Tagesgrenzwert	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	3	max. 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0
	1-h-Grenzwert	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24	max. 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0
Benzol	Jahresgrenzwert	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
Benzo(a)pyren	Jahreszielwert	1 $\text{ng}/\text{m}^3$	-	0,10 $\text{ng}/\text{m}^3$	-

Die Ergebnisse der mobilen Luftgütemessungen an der Kindertagesstätte „Airport Hopper“ können im Messzeitraum (4. Januar – 31. Dezember 2019) wie folgt zusammengefasst werden:

- Bei den Partikelmessungen wurde für  $PM_{10}$  ein Mittelwert von  $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und für  $PM_{2,5}$  ein Mittelwert von  $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ermittelt. Die Immissionsgrenzwerte der 39. BImSchV für das Kalenderjahr für  $PM_{10}$  von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und für  $PM_{2,5}$  von  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wurden somit deutlich unterschritten.  
Der maximal an 35 Tagen im Kalenderjahr zulässige Tagesmittelwert von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für  $PM_{10}$  wurde an keinem Tag überschritten.
- Für Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) wurde an der mobilen LGM während des Messzeitraums ein Mittelwert von  $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bestimmt. Der Immissionsgrenzwert für das Jahresmittel von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wurde sicher eingehalten. Der Stundenmittelwert von  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (18 zulässige Überschreitungen) wurde ebenfalls nicht überschritten.
- Bei den Ozonmessungen an der mobilen LGM wurde die in der 39. BImSchV festgelegte Informationsschwelle von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als 1-Stunden-Mittelwert nicht überschritten. Der zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegte Zielwert beträgt  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als höchster 8-Stunden-Mittelwert während eines Tages bei 25 zugelassenen Überschreitungen pro Kalenderjahr. 2019 wurde bei den mobilen Luftgütemessungen an der Kindertagesstätte „Airport Hopper“ dieser Zielwert insgesamt siebenmal überschritten.
- Für Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) wurde im Messzeitraum ein Mittelwert von  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ermittelt. Der maximale Tagesmittelwert betrug  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und unterschreitet somit den Immissionswert für den Tag gemäß 39. BImSchV von  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$  deutlich. Der Immissionswert für das Stundenmittel von maximal  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gemäß 39. BImSchV wurde mit maximal  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ebenfalls weit unterschritten.
- Die mittlere Benzol-Konzentration betrug im Messzeitraum  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Der Jahresimmissionsgrenzwert der 39. BImSchV von  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wurde damit sicher eingehalten.
- Bei den zusätzlich bestimmten Komponenten Toluol, Xylole und Ethylbenzol wurden Konzentrationen weit unterhalb der jeweiligen Beurteilungswerte des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) bestimmt.
- Der Mittelwert über den Messzeitraum der Summe der *n*-Alkane (*n*-Hexan [C6] – *n*-Tetradekan [C14]) lag an der mobilen LGM mit  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  auf einem sehr niedrigen Niveau. Für diese Parameter sind keine Grenzwerte festgelegt. Die gemessenen Werte liegen deutlich unter dem hilfsweise herangezogenen Beurteilungswert für Innenräume von  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .  
Ein Kohlenwasserstoffmuster für Kerosin, bei dem typischerweise die *n*-Alkane *n*-Oktan bis *n*-Tridekan erhöht sind, konnte nicht nachgewiesen werden.
- Für Benzo[a]pyren wurde im Jahr 2019 an der mobilen LGM an der Kindertagesstätte „Airport Hopper“ ein Mittelwert von  $0,10 \text{ ng}/\text{m}^3$  festgestellt. Der Jahresimmissionszielwert gemäß 39. BImSchV von  $1 \text{ ng}/\text{m}^3$  wurde somit deutlich unterschritten.

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

Tabelle 28. Bewertung der Luftqualität an der Kindertagesstätte „Airport Hopser“ gemäß Langzeit-Luftqualitätsindex.

Parameter	Mittelwert des Messzeitraums	Bewertung	LaQx Klasse	Farbe
Benzol	0,5 µg/m <sup>3</sup>	gut	2	0,3 – 1,0 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	26 µg/m <sup>3</sup>	befriedigend	3	21 – 30 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	19 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>

Die Luftgütekategorie nach LaQx kann für 2019 an der Kindertagesstätte „Airport Hopser“ für Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) als „befriedigend“, für die Partikel PM<sub>10</sub> und Benzol, als „gut“ und für Schwefeldioxid als „sehr gut“ bezeichnet werden.

Der Vergleich der Messergebnisse der mobilen LGM am Messstandort Kindertagesstätte „Airport Hopser“ mit den LÜB-Messstationen zeigt gute Übereinstimmungen. Die Konzentrationen der mobilen LGM am Messstandort „Airport Hopser“ lagen während des Messzeitraums vom 4. Januar bis 31. Dezember 2019 über dem Konzentrationsniveau der LÜB-Station München-Johanneskirchen bzw. unter dem Konzentrationsniveau der LÜB-Stationen München-Lothstraße und Landshut-Podewilsstraße.

## 10. Index

Alarmschwelle.....	33, 34	Luftqualitätsindex (LaQx).....	35
Benzo[a]pyren.....	7, 27, 34	Luftreinhaltepläne.....	32
Benzol.....	7, 29, 30, 34, 35	n-Alkane.....	7, 13, 30
Emission.....	24	NO.....	7, 13, 28
Emittenten.....	7	NO <sub>2</sub> .....	7, 13, 28, 34
Feinstaub.....	7	NO <sub>x</sub> .....	28
Grenzwert.....	34	O <sub>3</sub> .....	7, 13, 28, 29, 34
Immission.....	25	PAK.....	27
Immissionsgrenzwert.....	33	PM <sub>10</sub> .....	7, 13, 26, 27, 34, 35
Immissionsmessungen.....	7	PM <sub>2,5</sub> .....	7, 13, 26, 27, 34
Informationsschwelle.....	33, 34	Richtwert.....	33, 35
Inversionswetterlagen.....	24	Schadstoffe.....	7
IRK.....	35	SO <sub>2</sub> .....	7, 13, 28, 34
LAI.....	33, 35	Zielwert.....	33

## Literatur

- [1] 39. BImSchV, *Neununddreißigste Verordnung zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge – Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG)*, Fassung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274) zuletzt geändert durch Art. 1 G. vom 08.04.2019 | 432.
- [2] LAI – Länderausschuß für Immissionsschutz, „Bewertung von Schadstoffen für die keine Immissionswerte festgelegt sind – Orientierungswerte für die Sonderfallprüfung und für die Anlagenüberwachung sowie Zielwerte für die langfristige Luftreinhalteplanung...Beurteilung krebserzeugender Luftschadstoffe,“ Länderausschuß für Immissionsschutz, 21. September 2004.
- [3] IRK – Ausschuß für Innenraumrichtwerte, „Festgelegter Richtwert I für C9-C14-Alkane / Isalkane [aromatenarm],“ 2012. [Online]. Available: <http://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-arbeitsgruppen/ad-hoc-arbeitsgruppe-innenraumrichtwerte>. [Zugriff am 26. 02. 2016].
- [4] „Meteorologische Zeitreihe [AKTerm] Erdinger Moos, für das repräsentative Jahr 2012“.
- [5] „Ermittlung eines repräsentativen Jahres, München (Flughafen), Bezugszeitraum 2009-2016, Deutscher Wetterdienst 22.06.2017“.
- [6] MBBM, „Abschlussbericht zu den Ergebnissen der mobilen Luftgütemessungen der mobilen Luftgütemessungen im Umfeld der Kindertagesstätte "Airport Hopser"/Besucherpark,“ 2020.
- [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] M. Tobollik und K. Süring, „Gesundheitliche Wirkungen von Ultrafeinstaub – Was wissen wir aus medizinischer und epidemiologischer Sicht?“, in *Ultrafeinstaub in der Atmosphäre und Innenräumen*, Berlin, 19-20.09.2019.
- [13] 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].
- [14] I. Tesseraux, Flugzeugemissionen und -immissionen – Belastungen für die Anwohner von Flughäfen. Handbuch für Bioklima und Lufthygiene, M. u. Turowski, Hrsg., Ecomed-Verlag, 3/2000.
- [15] „www.chemie.de,“ [Online]. Available: <http://www.chemie.de/>. [Zugriff am 28. 10. 2015].
- [16] 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].
- [17] 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].
- [18] LUA, Fachinformationen des Landesumweltamtes Nr. 12, Landesumweltamt, Hrsg., Brandenburg, 2005.
- [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 17. 05.2013 (BGBl I S. 1274), zuletzt geändert durch Artikel 3 am 18.07.2017, 2017.
- [24] VDI 2310, Richtlinienreihe zu Maximalen Immissionswerten zum Schutz der Vegetation, zum Schutz des Menschen und zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere.

- [25] TRGS 900, Technische Regeln für Gefahrstoffe 900, G. 2. S.271-274, Hrsg., zuletzt geändert und ergänzt am 02.04.2014.
- [26] LUBW, „Ermittlung des Langzeit-Luftqualitätsindex (LaQx),“ 2014. [Online]. Available: <https://pudi.lubw.de/publikationen>. [Zugriff am 31. 03. 2016].
- [27] Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), „Download LÜB-Rohdaten,“ Stand Januar 2020. [Online]. Available: <https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/messwertarchiv/index.htm>.

## Danksagung

Dank gilt dem Bayerischen Landesamt für Umwelt, sowie allen weiteren an der Durchführung der Messkampagne in an der Kindertagesstätte „Airport Hopser“ Beteiligten, namentlich Frau Dr. Katharina Kamilli, Herrn Stefan Kaun, Herrn Dr. Jonathan Liebmann und Herrn Hans-Peter Melzl vom Flughafen München, Umwelta Abteilung. Besonderer Dank gilt Herrn Marcel Hude für die Erstellung der Karten.

# Impressum

## Herausgeber

Flughafen München GmbH

Konzernbereich: Recht, Gremien, Compliance und Umwelt

Postfach 23 17 55

85326 München

[www.munich-airport.de](http://www.munich-airport.de)

## 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

06.02.2020