

# / Mobile Luftgütemessung Pulling 24.01.2015 – 23.07.2015

Umwelt am Flughafen München

Verbindung leben

# M





## Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Veranlassung</b> .....	<b>10</b>
<b>2.</b>	<b>Die mobile Luftgütemessstation in Pulling</b> .....	<b>12</b>
2.1.	Anfrage der Stadt Freising .....	12
2.2.	Standortfindung.....	12
2.3.	Standortwahl .....	13
2.4.	Messzeitraum .....	14
2.5.	Messdatenübermittlung an die Stadt Freising .....	15
2.6.	Offizielle Vorstellung der Messkampagne .....	16
2.7.	Park & Fly-Parkplatz.....	16
2.8.	Mobile Luftgütemessstation.....	17
2.9.	Messumfang / Parameter .....	19
2.10.	Betrieb der mobilen Luftgütemessstation.....	20
<b>3.</b>	<b>Meteorologie und Flugverkehr im Messzeitraum</b> .....	<b>20</b>
3.1.	Meteorologie .....	20
3.2.	Flugverkehr .....	24
<b>4.</b>	<b>Luftschadstoffe</b> .....	<b>26</b>
4.1.	Entstehung und Ausbreitung.....	27
4.2.	Schichtung der Atmosphäre.....	28
4.3.	Flugbewegungen in der atmosphärischen Grenzschicht.....	28
4.4.	Verteilung von Flugzeugemissionen.....	29
4.5.	Feinstaub.....	29
4.6.	Benzo[a]pyren als Leitparameter für PAK.....	30
4.7.	Stickstoffoxide .....	31
4.8.	Schwefeldioxid .....	31
4.9.	Ozon .....	32
4.10.	Benzol und n-Alkane.....	32
<b>5.</b>	<b>Bewertungsgrundlagen</b> .....	<b>34</b>

5.1.	Allgemeine Bewertungsgrundlagen.....	35
5.2.	Mögliche Bewertungsmaßstäbe zur Beurteilung von n-Alkanen.....	37
5.3.	Langzeit-Luftqualitätsindex.....	37
<b>6.</b>	<b>Messergebnisse und Bewertung der Luftgüte in Pulling.....</b>	<b>39</b>
6.1.	Besondere Ereignisse während des Messzeitraums.....	39
6.2.	Messergebnisse Partikel PM <sub>10</sub> und PM <sub>2,5</sub> .....	42
6.3.	Messergebnisse Stickstoffdioxid [NO <sub>2</sub> ].....	43
6.4.	Messergebnisse Schwefeldioxid [SO <sub>2</sub> ].....	46
6.5.	Messergebnisse Ozon [O <sub>3</sub> ].....	47
6.6.	Messergebnisse Benzol, Toluol, Xylole, Ethylbenzol und n-Alkane.....	49
6.7.	Messergebnisse Benzo[a]pyren.....	52
<b>7.</b>	<b>Vergleich der Messstationen.....</b>	<b>54</b>
7.1.	Partikel PM <sub>10</sub> und PM <sub>2,5</sub> .....	54
7.2.	Stickstoffdioxid [NO <sub>2</sub> ].....	58
7.3.	Schwefeldioxid [SO <sub>2</sub> ].....	63
7.4.	Ozon [O <sub>3</sub> ].....	64
7.5.	Benzol, Toluol, Xylole, Ethylbenzol und n-Alkane.....	66
7.6.	Benzo[a]pyren.....	69
<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>79</b>
<b>11.</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>80</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Standorte von LHY4, LHY7 und der mobilen Luftgütemessstation in Pulling.	11
Abbildung 2. Vorgeschlagene Standorte der Stadt Freising.	13
Abbildung 3. Ursprünglich vorgesehener Standort am Kindergarten in Pulling.	14
Abbildung 4. Lage des neuen Standortes in der Theodor-Scherg-Straße 28 in Pulling.	15
Abbildung 5. Mobile LGM am neuen Standort.	15
Abbildung 6. Teilnehmer an der Eröffnungsveranstaltung: Herr OB Tobias Eschenbacher (Stadt Freising), Frau Ministerialdirigentin Dr. Monika Kratzer (StMUV), Herr Prokurist Dr. Josef Schwendner (FMG).	16
Abbildung 7. Nutzung des Standortes als Park & Fly-Parkplatz.	17
Abbildung 8. Außenansicht der mobilen Luftgütemessstation in Pulling, Blickrichtung Süden.	18
Abbildung 9. Innenausstattung der mobilen Luftgütemessstation.	18
Abbildung 10. Windrichtungsverteilung der mobilen Luftgütemessungen in Pulling [24.01. – 23.07.2015].	22
Abbildung 11. Mittlerer Verlauf der Windgeschwindigkeit in Pulling für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015.	23
Abbildung 12. Mittlerer Verlauf der Lufttemperatur und -feuchte im Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 [Tagesmittelwerte].	24
Abbildung 13. Auszug aus AIP Germany.	25
Abbildung 14. Flugspuraufzeichnungen vom 10.06.2015 (Betriebsrichtung Ost).	26
Abbildung 15. Flugspuraufzeichnungen vom 01.06.2015 (Betriebsrichtung West).	26
Abbildung 16. Sturmschäden der mobilen LGM (Pulling) – Bild 1 [09.04.2015].	40
Abbildung 17. Sturmschäden der mobilen LGM (Pulling) – Bild 2 [09.04.2015].	40
Abbildung 18. Inhaltsstoffe des eingesetzten Silikonentferners.	41
Abbildung 19. Verlauf der gravimetrisch gemessenen PM <sub>10/2,5</sub> -Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 (Monatsmittelwerte, PM <sub>10</sub> -Tagesgrenzwert 50 µg/m <sup>3</sup> rot markiert).	43
Abbildung 20. Verlauf der gemessenen NO <sub>2</sub> -Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 (Stundenmittelwerte, NO <sub>2</sub> -Stundengrenzwert 200 µg/m <sup>3</sup> rot markiert).	45
Abbildung 21. Verlauf der gemessenen SO <sub>2</sub> -Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 (Stundenmittelwerte, SO <sub>2</sub> -Stundengrenzwert 350 µg/m <sup>3</sup> rot markiert).	47
Abbildung 22. Verlauf der gemessenen O <sub>3</sub> -Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 (Stundenmittelwerte, O <sub>3</sub> -Stundeninformationsschwelle 180 µg/m <sup>3</sup> rot markiert).	49
Abbildung 23. Verlauf der gemessenen Benzol-Konzentration der mobile LGM für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 (Wochenmittelwerte, Jahresimmissionswert 5 µg/m <sup>3</sup> rot markiert).	51
Abbildung 24. Verlauf der Summe der gemessenen n-Alkan-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 (Wochenmittelwerte, Beurteilungswert für Innenräume von 200 µg/m <sup>3</sup> rot markiert).	52
Abbildung 25. Verlauf der gemessenen BaP-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 (Monatsmittelwerte, Jahreszielwert 1 ng/m <sup>3</sup> rot markiert).	53

Abbildung 26. Verlauf der gravimetrisch gemessenen PM <sub>10</sub> -Konzentration der mobilen LGM und LHY7 für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 [Monatsmittelwerte, Jahresgrenzwert 40 µg/m <sup>3</sup> rot markiert].	55
Abbildung 27. Verlauf der gravimetrisch gemessenen PM <sub>2,5</sub> -Konzentration der mobilen LGM und LHY7 für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 [Monatsmittelwerte, Jahresgrenzwert 25 µg/m <sup>3</sup> rot markiert].	56
Abbildung 28. Konzentrationswindrose: mittlere PM <sub>10</sub> -Konzentrationen aus allen Einzelmesswerten je 10°-Windrichtungsklasse [WRK] an den Messorten mobile LGM und LHY7 im Vergleich; basierend auf kontinuierlichen Messdaten im Zeitraum vom 24.01. – 23.07.2015.	57
Abbildung 29. Verlauf der NO <sub>2</sub> -Konzentration der mobilen LGM, der LHY4 und der LHY7 für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 [Monatsmittelwerte, Grenzwert für das Kalenderjahr 40 µg/m <sup>3</sup> rot markiert].	59
Abbildung 30. 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 24.01. – 23.07.2015.	60
Abbildung 31. Verlauf der NO-Konzentration der mobilen LGM, der LHY4 und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 [Monatsmittelwerte].	62
Abbildung 32. Verlauf der SO <sub>2</sub> -Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 [Monatsmittelwerte, Grenzwert für das Tagesmittel 125 µg/m <sup>3</sup> rot markiert].	64
Abbildung 33. Verlauf der O <sub>3</sub> -Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 [Monatsmittelwerte, Zielwert für den Tag von 120 µg/m <sup>3</sup> rot markiert].	66
Abbildung 34. Verlauf der Benzol-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 [Wochenmittelwerte, Immissionsgrenzwert 5 µg/m <sup>3</sup> rot markiert].	68
Abbildung 35. Verlauf der n-Alkan-Konzentration [Summe] der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 [Wochenmittelwerte, hilfsweise herangezogenen Beurteilungswert für Innenräume von 200 µg/m <sup>3</sup> , rot markiert].	68
Abbildung 36. Vergleich der Benzo[a]pyren-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 [Monatsmittelwerte, Zielwert für das Jahr 1 µg/m <sup>3</sup> rot markiert].	70
Abbildung 37. Vergleich der PM <sub>10</sub> -Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Pulling.	71
Abbildung 38. Vergleich der PM <sub>2,5</sub> -Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Pulling.	72
Abbildung 39. Vergleich der NO <sub>2</sub> -Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Pulling.	72
Abbildung 40. Vergleich der Ozon-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Pulling.	73

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Übersicht Messparameter, Messgeräte und Messverfahren.....	19
Tabelle 2. Monatskenngößen von Lufttemperatur, relativer Luftfeuchte, Luftdruck und Windgeschwindigkeit für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015.....	21
Tabelle 3. Starts und Landungen sowie Betriebsrichtungsverteilung.....	25
Tabelle 4. Beurteilungswerte.....	36
Tabelle 5. Langzeit-Luftqualitätsindex LaQx.....	38
Tabelle 6. Statistische Kenngrößen der PM <sub>10</sub> - und PM <sub>2,5</sub> -Konzentrationen im Messzeitraum.....	42
Tabelle 7. Statistische Kenngrößen der NO <sub>2</sub> -Konzentration für den Messzeitraum.....	44
Tabelle 8. Statistische Kenngrößen der NO-Konzentration für den Messzeitraum.....	45
Tabelle 9. Statistische Kenngrößen der SO <sub>2</sub> -Konzentration für den Messzeitraum.....	46
Tabelle 10. Statistische Kenngrößen der O <sub>3</sub> -Konzentration für den Messzeitraum.....	48
Tabelle 11. Statistische Kenngrößen der BTEX- und n-Alkanmessungen (mobile LGM).....	50
Tabelle 12. Statistische Kenngrößen der Benzo[a]pyren-Konzentration im PM <sub>10</sub> .....	53
Tabelle 13. Kenngrößen der PM <sub>10</sub> -Konzentration [Mobile LGM/ LHY7].....	54
Tabelle 14. Kenngrößen der PM <sub>2,5</sub> -Konzentration [Mobile LGM/ LHY7].....	56
Tabelle 15. Mittlere PM <sub>10</sub> -Konzentration und -differenz je Windsektor.....	58
Tabelle 16. Kenngrößen der NO <sub>2</sub> -Konzentration [Mobile LGM/ LHY7/ LHY4].....	59
Tabelle 17. Mittlere NO <sub>2</sub> -Konzentration und -differenz je Windsektor.....	61
Tabelle 18. Kenngrößen der NO-Konzentration [Mobile LGM/ LHY7/ LHY4].....	62
Tabelle 19. Kenngrößen der SO <sub>2</sub> -Konzentration [Mobile LGM/ LHY7].....	63
Tabelle 20. Kenngrößen der O <sub>3</sub> -Konzentration [Mobile LGM/ LHY7].....	65
Tabelle 21. Kenngrößen der BTEX- und n-Alkan-Konzentration [mobile LGM/ LHY7].....	67
Tabelle 22. Kenngrößen der Benzo[a]pyren -Konzentration [Mobile LGM/ LHY7].....	69
Tabelle 23. Mittelwerte der LÜB-Stationen im Vergleich zur mobilen LGM in Pulling [Feb. bis Juni 2015]..	71
Tabelle 24. Übersicht und Zusammenfassung des Langzeit-Luftqualitätsindex.....	74
Tabelle 25. Bewertung der Luftqualität in Pulling.....	74
Tabelle 26. Vergleich Beurteilungswerte 39. BImSchV mit den Messwerten der mobilen LGM [Pulling].....	76
Tabelle 27. Bewertung der Luftqualität in Pulling gemäß Langzeit-Luftqualitätsindex.....	77

## **Einführung und Überblick über die Messkampagne Pulling**

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

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.

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

Die mobile Luftgütemessstation wurde von der Flughafen München GmbH in der Sitzung der Fluglärmkommission am 04.12.2013 vorgestellt. Mit dieser mobilen Luftgütemessstation geht der Flughafen München seit 2014 einen neuen Weg bei der Luftgüteüberwachung. Als erster Flughafen Deutschlands stellt er den Kommunen im Umland seine mehr als 100.000 EUR teure Anlage kostenlos zur Verfügung. Mit der bestens ausgestatteten Anlage braucht der Flughafen keinen Vergleich mit anderen etablierten Messnetzen zu scheuen.

Die Stadt Freising griff mit Schreiben vom 04.07.2014 das freiwillige Angebot der Flughafen München GmbH zur mobilen Messung der Luftgüte im Stadtbereich auf. Mit Schreiben vom 17.11.2014 waren von der Stadt Freising insgesamt fünf mögliche Standorte vorgeschlagen worden.

Am 26.11.2014 wurde gemeinsam von Vertretern der Stadt Freising, dem Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU), des Flughafens München und des unabhängigen Gutachterbüros Müller-BBM ein Standort für die mobile Luftgütemessstelle am Kindergarten in Pulling ausgewählt, an dem die Messungen ab dem 02.01.2015 durchgeführt werden sollten. Müller-BBM ist ein akkreditiertes Prüflaboratorium, das gemäß § 29b des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) in Verbindung mit der Bekanntgabeverordnung (41. BImSchV) als sachverständige Stelle bekannt gegeben ist.

Am 23.12.2015 teilte die Stadt Freising dem Flughafen München mit, dass die Bürgerinitiative Freising mit dem gewählten Standort nicht einverstanden und die Standortfrage neu abzustimmen sei, da der am 26.11.2014 gewählte Standort nicht direkt in Verlängerung einer Start- und Landebahn liegt.

Am 13.01.2015 wurde daraufhin in Abstimmung mit Vertretern der Stadt Freising, der Bürgerinitiative Freising, dem Landesamt für Umwelt, des Flughafens München und Müller-BBM ein neuer Standort am Südrand von Pulling in der Theodor-Scherg-Straße 28 auf dem Grundstück der Familie Haller gefunden. In der näheren Umgebung dieses Standortes befinden sich u.a. ein Kieswerk mit Asphaltmischanlage sowie mehrere Biogasanlagen. Das Lan-



desamt für Umwelt und Müller-BBM wiesen im Rahmen der Besprechung am 13.01. 2015 auf mögliche Beeinflussungen der Messergebnisse durch diese Anlagen hin.

Am 23.01.2015 wurde die mobile Luftgütemessstation nach Klärung von Detailfragen auf dem Grundstück der Familie Haller Standort aufgestellt, mit den Messungen konnte am 24.01.2015 begonnen werden. Die mobile Luftgütemessstation war im Zeitraum 24.01.2015 bis 23.07.2015 am Standort Pulling in Betrieb.

Seit Mitte Mai 2015 wird die Freifläche um die Messstation auf dem Grundstück der Familie Haller als „Park & Fly“-Parkplatz genutzt.

Der vorliegende Messbericht der „Messkampagne Pulling 2015“ stellt die Ergebnisse der im Messzeitraum durchgeführten Messungen dar und stellt sie zusätzlich Messergebnissen an anderen Überwachungsstationen gegenüber. Nähere Informationen zur mobilen Luftgütemessstation (z.B. Innenausstattung, Messumfang, Betrieb), zum Flugverkehr im Messzeitraum, zu Luftschadstoffen sowie den Bewertungsgrundlagen werden erläutert. Detaillierte Ausführungen zu den Messergebnissen sowie zusätzliche Vergleichsbetrachtungen des mit den Messungen beauftragten akkreditierten Prüflaboratoriums Müller-BBM finden sich in den Kapiteln 6, 7 und 8. Die Ergebnisse der Messkampagne Pulling 2015 sind in Kapitel 9 zusammengefasst.

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

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

## 1. Veranlassung

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

Durch den Betrieb des Flughafens München werden Emissionen freigesetzt. Emittenten sind neben den Flugzeugturbinen auch die Abfertigung der Flugzeuge am Boden, die Erzeugung von elektrischem Strom, Wärme und Kälte, die Flugzeugwartung, der öffentliche und nicht-öffentliche Straßenverkehr sowie weitere Aktivitäten. Wesentliche Schadstoffe, die dabei freigesetzt werden können, sind Stickstoffoxide ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ), Feinstaub ( $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$ ) und verschiedene Kohlenwasserstoffe [u.a. Benzol und Benzo[a]pyren].

Um den Einfluss des Flughafenbetriebs auf die Luftqualität kontinuierlich zu überwachen, betreibt der Flughafen München umfangreiche Immissionsmessungen in ortsfesten Luftgütemessstationen.

Seit 2014 ergänzt der Flughafen München die ortsfesten Immissionsmessungen um eine mobile Luftgütemessstation. Durch den Einsatz dieser Messstation im Umland des Flughafens wird es möglich, die Luftqualität direkt vor Ort zu beobachten. Die Auswahl der 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 wurden 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 und entsprechen den Anforderungen der 39. BImSchV. Die eingesetzten Messsysteme entsprechen den einschlägigen Technischen Richtlinien und sind mit dem Lufthygienischen Landesüberwachungssystem Bayern (LÜB) vergleichbar.

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

Die Standortwahl erfolgte am 26.11.2014 gemeinsam mit Vertretern der Stadt Freising, dem Bayerischen Landesamt für Umwelt, Müller-BBM und der Umweltabteilung des Flughafens München.

Die Messdauer beträgt üblicherweise rund sechs Monate und umfasst jeweils sowohl Monate des Winter- als auch des Sommerhalbjahres. Die Messergebnisse werden auf Wunsch in der Kommune vorgestellt und auf den Internetseiten des Flughafens München veröffentlicht.

Der Flughafen München ist der erste Flughafen Deutschlands, der diese Umweltleistung anbietet. Das Angebot ist eine freiwillige Maßnahme, um größtmögliche Transparenz beim Einfluss des Flughafens München auf die Luftqualität in der Region zu gewährleisten.

Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse der Messungen im Ortsteil Pulling der Stadt Freising vor. Er erweitert den von Müller-BBM erstellten Bericht „Ergebnisse der mobilen Luftgütemessungen in Pulling – Messzeitraum 24. Januar.2015 – 23. Juli.2015“ vom 30.10.2015 [2] um die Kapitel 2 bis 5 mit zusätzlichen Informationen zur mobilen Luftgütemessstation, zum Flugverkehr sowie den Luftschadstoffen und Bewertungsgrundlagen. Die Kapitel 6, 7 und 8 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.

Abbildung 1 zeigt die Standorte der stationären Luftgütemessstationen LHY4 und LHY7 auf dem Flughafengelände sowie den Standort der mobilen Luftgütemessstation im Zeitraum 23.01.2015 bis 24.07.2015 in Pulling.



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

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

### **2.1. Anfrage der Stadt Freising**

Die Stadt Freising wandte sich mit Schreiben vom 04.07.2014 an die Flughafen München GmbH und bat um Durchführung einer mobilen Luftgütemessung auf ihrem Gemeindegebiet. Die FMG erklärte sich daraufhin bereit, auf Ihre Kosten eine Messkampagne durchzuführen.

### **2.2. Standortfindung**

Im Rahmen der durchzuführenden Standortfindung schlug die Stadt Freising fünf mögliche Standorte vor. Am 26.11.2014 erfolgte eine gemeinsame Begehung aller vorgeschlagenen Standorte von Vertretern der Stadt Freising, dem Bayerischen Landesamt für Umwelt, des Flughafens München und Müller-BBM. Dabei wurden die Standorte wie folgt bewertet:

#### **Standortvorschlag 1: ATT1 – Westlich S/L-Bahn Nord**

Der vorgeschlagene Standort ATT1 befindet sich in westlicher Verlängerung der Start- und Landebahn Nord, südwestlich von Attaching, am Landekurssender 26R.

Eine dem vorgeschlagenen Standort ATT1 vergleichbare Immissionssituation wird bereits mit den stationären Messstationen LHY4 und LHY7 an der südlichen Start- und Landebahn „abgedeckt“.

Das Landesamt für Umwelt und Müller-BBM erklärten, dass der vorgeschlagene Standort ATT1 deshalb keinen Erkenntnisgewinn erwarten lässt.

#### **Standortvorschlag 2: PUL1 – Südlich Pulling**

Der vorgeschlagene Standort PUL1 liegt südlich der Ortschaft Pulling in der Nähe einer Bahnstrecke, einer Asphaltmischanlage und einer Biogasanlage.

Da Einflüsse der Bahnstrecke [Metalle] und der Anlagen [Staub, PAK, Benzol] nicht ausgeschlossen werden können, halten das Landesamt für Umwelt und Müller-BBM den Standort für ungeeignet.

#### **Standortvorschlag 3: PUL2 – Pulling Kindergarten**

Der vorgeschlagene Standort PUL2 liegt neben dem Kindergarten von Pulling. Er wird von allen Beteiligten als geeignet angesehen, da der Standort fast direkt überflogen wird und im Bereich eines Kindergartens und von Schulen liegt, erscheinen Immissionsmessungen hier besonders sinnvoll.

#### **Standortvorschlag 4: TWSG 4.1 bis TWSG 4.3 – Trinkwasserschutzgebiet**

Der vorgeschlagene Standort TWSG 4.1 bis 4.3 liegt zwischen Pulling und Freising im Bereich des Trinkwasserschutzgebietes von Freising Süd. Der Standort wäre grundsätzlich geeignet. Er kommt nach Ansicht aller Beteiligten als evtl. zukünftiger Aufstellort, möglicherweise in Verbindung mit Biomonitoringuntersuchungen, in Frage.

### Standortvorschlag 5: ATT2 - Sportplatz in Attaching

Der vorgeschlagene Standort ATT2 befindet auf dem Gelände des BC Attaching. Der Standort liegt seitlich der Start- und Landebahn Nord und nicht in deren Hauptwindrichtung, er wird zudem nicht überflogen.

Der vorgeschlagene Standort ist daher nach Meinung des Landesamtes für Umwelt und Müll-er-BBM nicht geeignet, zudem werden Gefahren durch Vandalismus am Standort 5 von allen Beteiligten als erhöht eingeschätzt.

Die nachfolgende Abbildungen 2 zeigt die von der Stadt Freising vorgeschlagenen Standorte.

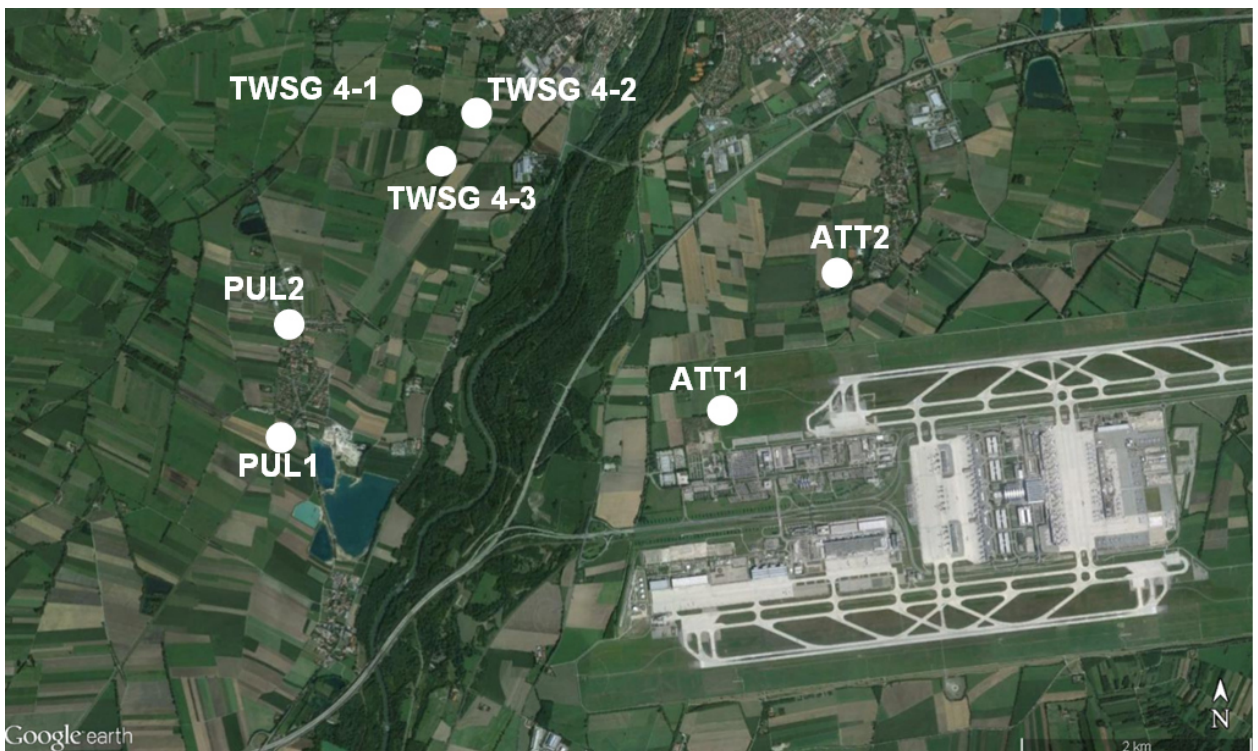


Abbildung 2. Vorgeschlagene Standorte der Stadt Freising.

### 2.3. Standortwahl

Die Festlegung des Standortes für die Messkampagne Pulling erfolgte am 26.11.2014 gemeinsam von Vertretern der Stadt Freising [Frau Metz, Herr Koch], dem Bayerischen Landesamt für Umwelt [Herr Dr. Ott], dem Flughafen München [Herr Melzl, Herr Kaun] und Müller-BBM [Frau Dutzi]. Für die Messkampagne Pulling wurde einvernehmlich der Standort PUL2 am Kindergarten in Pulling ausgewählt, da er für die Messung die geeignetsten Randbedingungen mitbringen würde.



**Abbildung 3. Ursprünglich vorgesehener Standort am Kindergarten in Pulling.**

### **Verlegung des Standortes**

Am 23.12.2015 teilte die Stadt Freising entgegen der vorherigen Abstimmung dem Flughafen München mit, dass die Bürgerinitiative Freising mit dem gewählten Standort nicht einverstanden und die Standortfrage neu zu klären sei.

Am 13.01.2015 fand daraufhin ein erneutes Treffen bei der Stadt Freising statt. In Abstimmung mit der Stadt Freising, der Bürgerinitiative Freising, dem Bayerischen Landesamt für Umwelt, dem Flughafen München und Müller-BBM wurde daraufhin nach Gesprächen einvernehmlich entschieden, dass die Messungen nun am Südrand von Pulling in der Theodor-Scherg-Straße 28 auf dem Grundstück der Familie Haller durchgeführt werden (neuer Standort). In der näheren Umgebung des neuen Standortes befinden sich u.a. ein Kieswerk mit Asphaltmischanlage sowie mehrere Biogasanlagen. Das Landesamt für Umwelt und Müller-BBM wiesen auf mögliche Einflüsse dieser Anlagen auf das Ergebnis der Messungen hin.

### **2.4. Messzeitraum**

Am neuen Standort wurde mit den Messungen am 24.01.2015 begonnen. Die mobile Luftgütemessstation war im Zeitraum 24.01.2015 bis 23.07.2015 am Standort Pulling in Betrieb.

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



tung, Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur, Luftfeuchte und Luftdruck als auch der Luftschadstoffe Feinstaub ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ ), Stickstoffoxide ( $NO_2$ ,  $NO$ ), Ozon ( $O_3$ ), Schwefeldioxid ( $SO_2$ ), Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol (BTEX), n-Alkane (n-Hexan bis n-Tetradekan), Benzo[a]pyren übersandt.

## 2.6. Offizielle Vorstellung der Messkampagne

Am 12.02.2015 war die mobile Luftgütemessstation in Pulling im Rahmen einer Veranstaltung unter Beteiligung der Stadt Freising, des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz, des Bayerischen Landesamtes für Umwelt, der Familie Haller, Müller-BBM und der Flughafen München GmbH sowie Medienvertretern offiziell der Öffentlichkeit vorgestellt worden.



Abbildung 6. Teilnehmer an der Eröffnungsveranstaltung: Herr OB Tobias Eschenbacher (Stadt Freising), Frau MinisterialdirigentIn Dr. Monika Kratzer (StMUV), Herr Prokurist Dr. Josef Schwendner (FMG).

## 2.7. Park & Fly-Parkplatz

Seit Mitte Mai 2015 wird die Freifläche um die Messstation als „Park & Fly“-Parkplatz genutzt. Damit sind in unmittelbarer Nähe zur Messstation Emissionen von Pkws und Lkws hinzugekommen.





Abbildung 7. Nutzung des Standortes als Park & Fly-Parkplatz.

## 2.8. Mobile Luftgütemessstation

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

Die mobile Luftgütemessstation benötigt für ihren Betrieb einen externen 220 V-Anschluss.

Abbildung 8 zeigt die Außenansicht der mobilen Luftgütemessstation am Standort Pulling, Abbildung 9 die Innenausstattung.



**Abbildung 8. Außenansicht der mobilen Luftgütemessstation in Pulling, Blickrichtung Süden.**



**Abbildung 9. Innenausstattung der mobilen Luftgütemessstation.**

## 2.9. 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>2</sub>, NO]
- Ozon [O<sub>3</sub>]
- Schwefeldioxid [SO<sub>2</sub>]
- Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol [BTEX]
- n-Alkane [n-Hexan bis n-Tetradekan]
- Benzo[a]pyren

Zudem werden folgende meteorologischen Parameter bestimmt:

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

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

**Tabelle 1. Übersicht Messparameter, Messgeräte und Messverfahren.**

Messumfang der mobilen Luftgütemessstation		
Parameter	Gerät	Verfahren
PM <sub>10</sub> kontinuierlich	Horiba Typ: APDA 371	In Anlehnung an DIN EN 12341
PM <sub>10</sub> gravimetrisch	Comde/Derenda Typ: LVS/PNS	DIN EN 12341
PM <sub>2,5</sub> kontinuierlich	Horiba Typ: APDA 371	In Anlehnung an DIN EN 12341
PM <sub>2,5</sub> gravimetrisch	Comde/Derenda Typ: LVS/PNS	DIN EN 12341
Schwefeldioxid [SO <sub>2</sub> ]	Horiba Typ: APSA 370	DIN EN 14212
Ozon [O <sub>3</sub> ]	Horiba Typ: APOA 370	DIN EN 14625
Stickstoffmonoxid [NO]	Horiba Typ: APNA 370	DIN EN 12411
Stickstoffdioxid [NO <sub>2</sub> ]	Horiba Typ: APNA 370	DIN EN 14211
BTEX	Horiba Typ: GPS5-8D bzw. MCZ Typ: MircoPNS	DIN EN 14662
Benzo[a]pyren [im PM <sub>10</sub> ]	Comde/Derenda Typ: LVS/PNS	DIN EN 15549
n-Alkane [C <sub>6</sub> -C <sub>14</sub> ]	Horiba Typ: GPS5-8D bzw. MCZ Typ: MircoPNS	DIN EN 14662
Temperatur	Wetterstation Thies/ Luftt	VDI 3786 Blatt 3
relative Feuchte	Wetterstation Thies/ Luftt	VDI 3786 Blatt 4
Windgeschwindigkeit	Wetterstation Thies/ Luftt	VDI 3786 Blatt 2
Windrichtung	Wetterstation Thies/ Luftt	VDI 3786 Blatt 2
Luftdruck	Wetterstation Thies/ Luftt	VDI 3786 Blatt 16

In diesem Zusammenhang war auch die Frage einer Messung von ultrafeinen Partikeln diskutiert worden. Allerdings wurde u.a. wegen nicht vorhandener Standards bei der Messtechnik, keinen validierten Messverfahren und fehlender Beurteilungs- bzw. Bewertungsgrundlagen in Abstimmung mit dem Landesamt für Umwelt keine Messung durchgeführt. Ultrafeine Partikel werden derzeit nur im Rahmen von wissenschaftlichen Sonderuntersuchungen gemessen.

## **2.10. Betrieb der mobilen Luftgütemessstation**

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

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

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

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

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

### **3.1. Meteorologie**

Zusätzlich zu den lufthygienischen Messkomponenten wurden in Pulling die meteorologischen Größen Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Luftdruck sowie Windrichtung und Windgeschwindigkeit kontinuierlich erfasst. Die Aufzeichnungen liegen für den Zeitraum 24.01.2015 bis 23.07.2015 als Halbstunden- und Stundenmittelwerte vor; für jedes Stundenintervall und jede Messgröße wurden ferner jeweils die höchsten und die niedrigsten Einzelmesswerte festgehalten (Extremwerte). Die Datenverfügbarkeit für den Messzeitraum betrug bei allen Messungen zwischen 98 % und 100 %. Die meteorologischen Größen dienen u. a. der Beurteilung der Immissionssituation.

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

Tabelle 2. Monatskenngrößen von Lufttemperatur, relativer Luftfeuchte, Luftdruck und Windgeschwindigkeit für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015.

Kenngröße	Windgeschwindigkeit	Luftdruck	Lufttemperatur	rel. Feuchte
	m/s	hPa NN	°C	%
Mittelwert Januar 2015	2,5	1007	0,3	84
Mittelwert Februar 2015	1,6	1016	-1,0	84
Mittelwert März 2015	2,3	1019	5,6	70
Mittelwert April 2015	1,8	1020	9,1	65
Mittelwert Mai 2015	1,2	1017	13,6	76
Mittelwert Juni 2015	1,1	1020	17,4	73
Mittelwert Juli 2015	1,0	1019	22,4	64
<b>Mittelwert</b>	<b>1,6</b>	<b>1018</b>	<b>10,4</b>	<b>73</b>
Max. 1-h-Mittelwert	13,7	1040	33,8	98
Min. 1-h-Mittelwert	<0,5	974	-10,1	22
Verfügbarkeit %	100	99	100	100

In der nachfolgenden Abbildung ist die Windrichtungsverteilung der mobilen Luftgütemessungen in Pulling zusammengefasst. Auf Grundlage dieser Windverteilung können die Luftschadstoffkonzentrationen bewertet werden. Weitere Betrachtungen der Windrichtungsverteilungen sind im Müller-BBM-Bericht vom 30.10.2015 in Kapitel 5 (S. 29 - 32) zu finden.

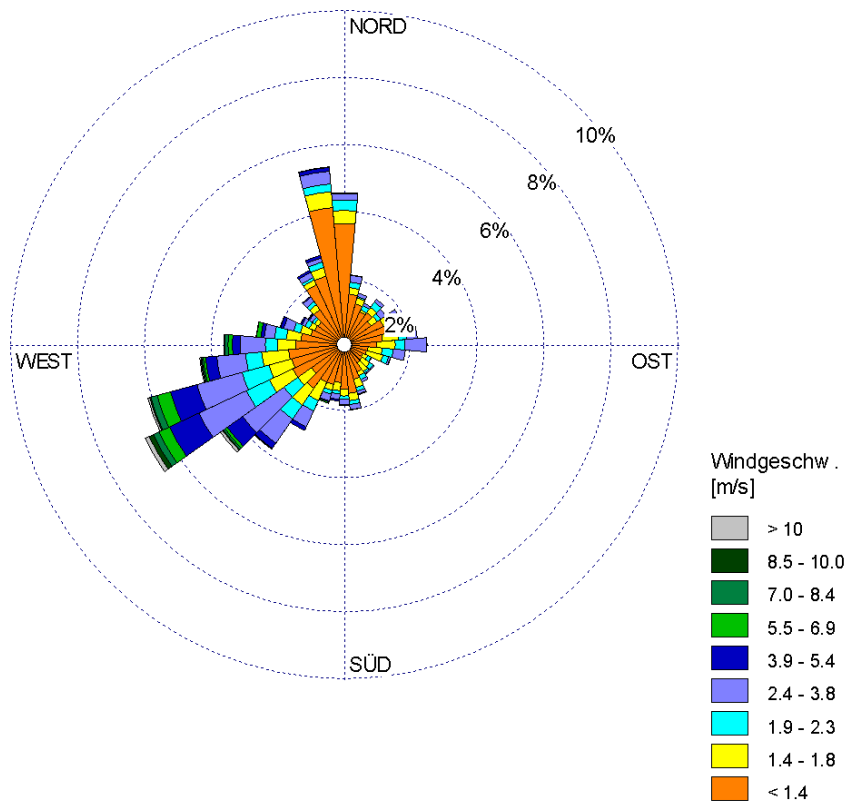
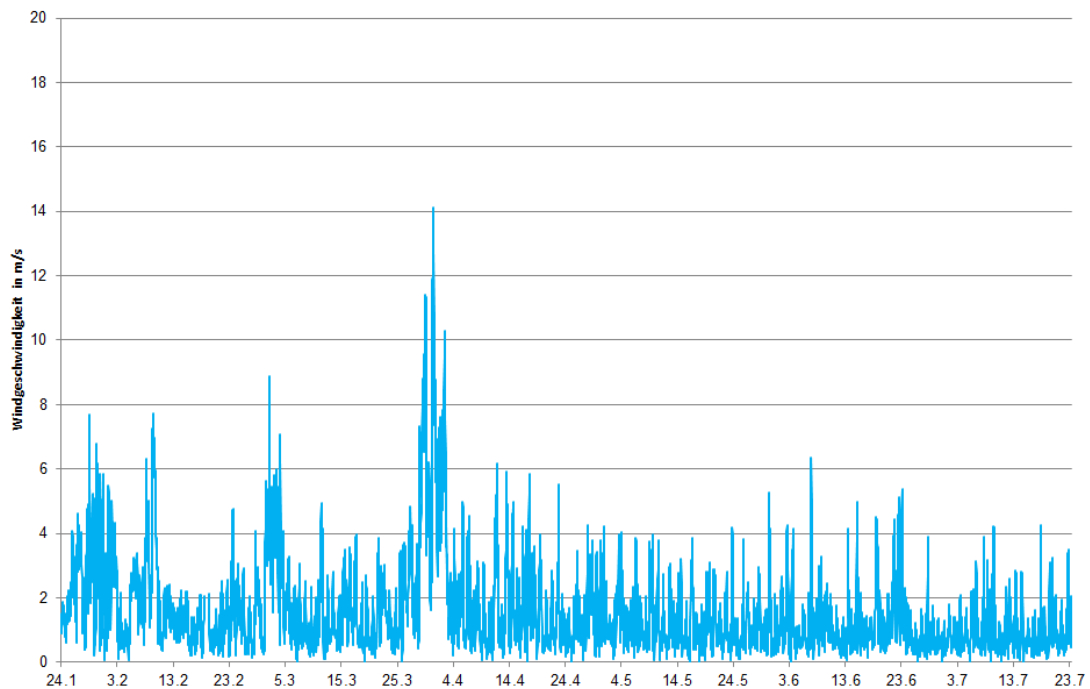


Abbildung 10. Windrichtungsverteilung der mobilen Luftgütemessungen in Pulling (24.01. – 23.07.2015).

Die Häufigkeitsverteilungen der Windrichtung- und geschwindigkeit für den Zeitraum 24.01.2015 bis 23.07.2015 zeigen ein deutlich ausgeprägtes Primärmaximum aus west-südwestlichen Richtungen. Ein außergewöhnliches Sekundärmaximum ist aus nördlichen Richtungen zu verzeichnen. Der Anteil an Schwachwinden bei diesen Windverhältnissen war sehr hoch, weshalb ein lokaler kleinräumiger Effekt auf die Immissionssituation der Luftschadstoffe wahrscheinlich ist.

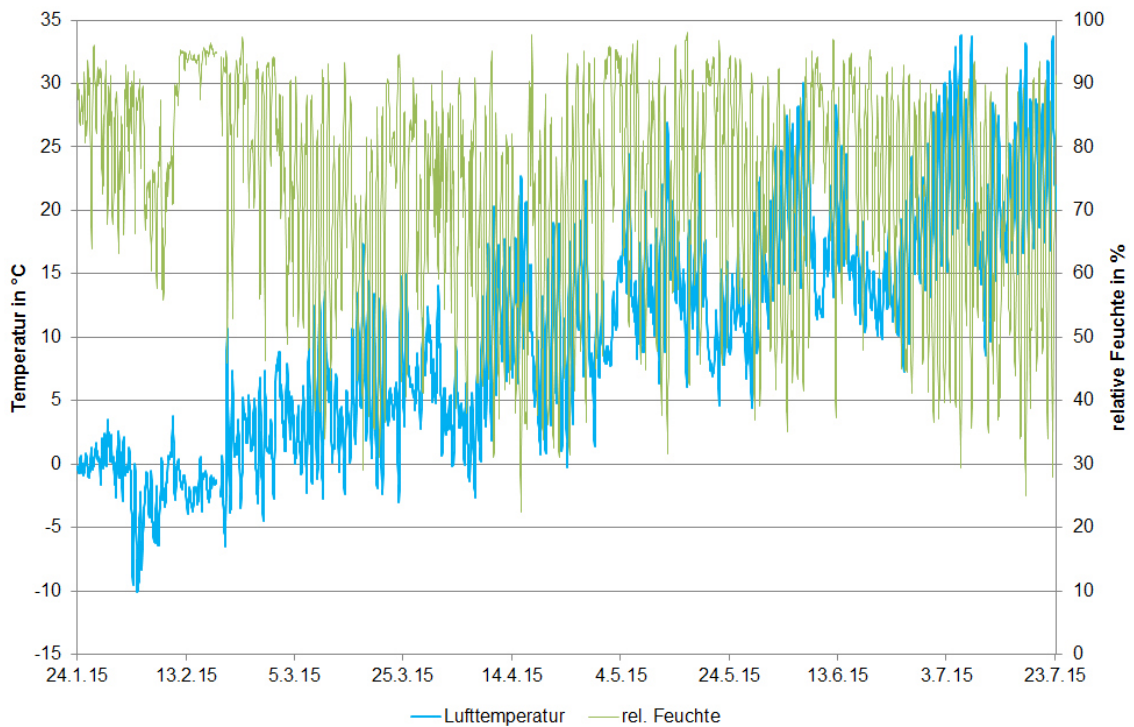
Abbildung 11 zeigt den Verlauf der Windgeschwindigkeiten im Messzeitraum.



**Abbildung 11. Mittlerer Verlauf der Windgeschwindigkeit in Pulling für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015.**

Die mittlere Windgeschwindigkeit über den gesamten Messzeitraum betrug 1,6 m/s. Die höchsten Windgeschwindigkeiten wurden am 31.03.2015 mit 14 m/s registriert. Zu diesem Zeitpunkt wütete Orkantief Niklas über Bayern. Im Vergleich zur Hauptmessstation LHY7 wurden im Mittel in Pulling um ca. 1 m/s geringere Windgeschwindigkeiten gemessen. Dies ist auf die geringere Messhöhe an der mobilen LGM in Pulling zurückzuführen. Windstillen traten im gesamten Messzeitraum in Pulling mit einer Häufigkeit von 13 % auf.

In Abbildung 12 ist der Verlauf der Lufttemperatur und der Luftfeuchte an der mobilen Luftgütemessstation in Pulling für den Messzeitraum dargestellt.



**Abbildung 12. Mittlerer Verlauf der Lufttemperatur und -feuchte im Messzeitraum 24.01. - 23.07.2015 [Tagesmittelwerte].**

### 3.2. Flugverkehr

Im Messzeitraum 24.01.2015 bis 23.07.2015 fanden insgesamt 185.414 Flugbewegungen statt.

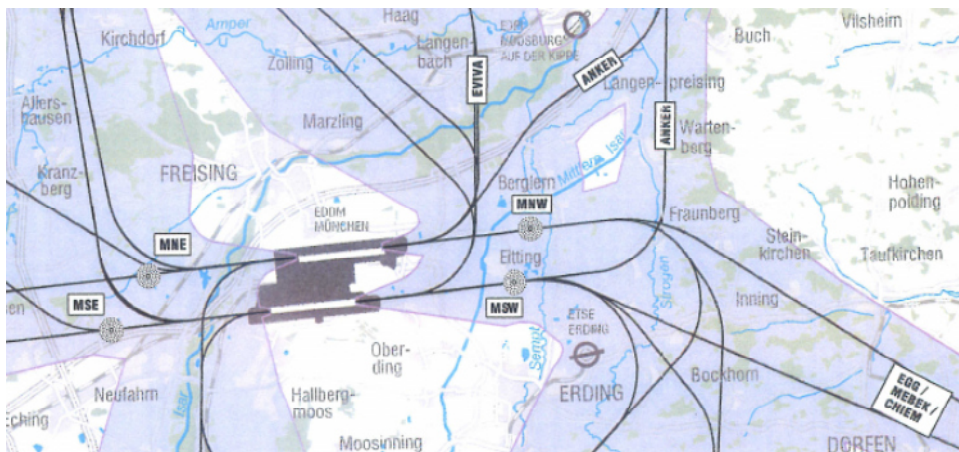
In diesem Zeitraum war zu 35,3 % in Richtung Osten gestartet und von Westen kommend gelandet worden. Damit wurde zu 64,7 % in Richtung Westen gestartet und von Osten kommend gelandet. Die Betriebsrichtungsverteilung beträgt im langjährigen Mittel rund 38 % Ost und rund 62 % West. Damit stellt die im Messzeitraum vorgefundene Luftverkehrssituation eine weitestgehend ähnliche Situation dar, wie sie im langjährigen Durchschnitt am Flughafen München auftritt. Tabelle 2 enthält die Starts und Landungen sowie die Betriebsrichtungsverteilung im Messzeitraum 24.01.2015 bis 23.07.2015.



**Tabelle 3. Starts und Landungen sowie Betriebsrichtungsverteilung.**

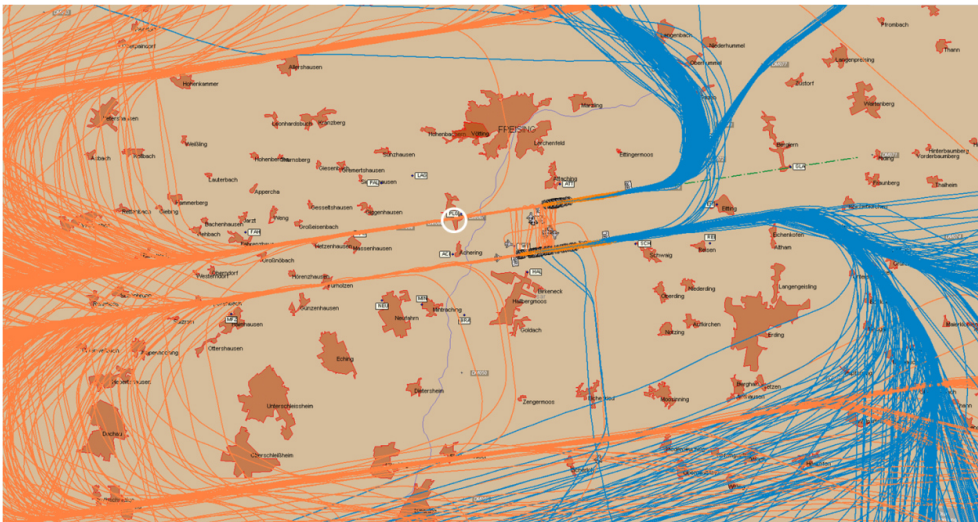
<b>Starts und Landungen im Messzeitraum</b>	
Betriebsrichtung Ost	65.002
Betriebsrichtung West	120.414
<b>Betriebsrichtungsverteilung im Messzeitraum</b>	
Betriebsrichtung Ost	35,3 %
Betriebsrichtung West	64,7 %
<b>Betriebsrichtungsverteilung im langjährigen Mittel</b>	
Betriebsrichtung Ost	38 %
Betriebsrichtung West	62 %

Zur Veranschaulichung zeigt Abbildung 13 einen Ausschnitt aus AIP Germany zu den Flugroutenfestlegungen.



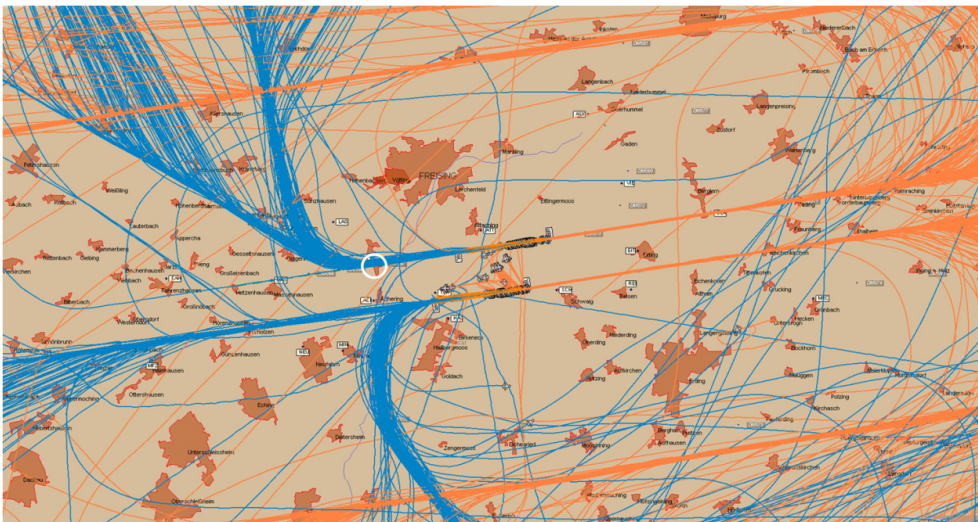
**Abbildung 13. Auszug aus AIP Germany.**

Abbildung 14 stellt beispielhaft die Flugspuraufzeichnungen im Messzeitraum bei Betriebsrichtung Ost (Flugspuraufzeichnungen vom 10.06.2015) dar. Dargestellt sind Starts (blau) und Landungen (orange). Die Lage der mobilen LGM in Pulling ist mit einem Kreis markiert.



**Abbildung 14. Flugspuraufzeichnungen vom 10.06.2015 (Betriebsrichtung Ost).**

Abbildung 15 stellt beispielhaft die Flugspuraufzeichnungen im Messzeitraum bei Betriebsrichtung West (Flugspuraufzeichnungen vom 01.06.2015) dar. Dargestellt sind Starts (blau) und Landungen (orange). Die Lage der mobilen LGM in Pulling ist mit einem Kreis markiert.



**Abbildung 15. Flugspuraufzeichnungen vom 01.06.2015 (Betriebsrichtung West).**

#### **4. Luftschadstoffe**

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

## 4.1. Entstehung und Ausbreitung

### 4.1.1. Emission

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

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

### 4.1.2. Transmission

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

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

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

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

hindert, 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 [3] [4]. 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 [5]. 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 [6].

### **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 bei üblichen meteorologischen Verhältnissen nach rund 2 Minuten Flugzeit startende Flugzeuge eine Höhe von rund 1 km und somit bereits die freie Atmosphäre erreichen.

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

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

#### 4.4. Verteilung von Flugzeugemissionen

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

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

#### 4.5. Feinstaub

##### Entstehung

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

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

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

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

##### Wirkung

PM<sub>10</sub> kann durch Nase und Mund in die Lunge gelangen, wo er je nach Größe bis in die Bronchien oder Lungenbläschen transportiert werden kann. Je kleiner die Partikel sind desto tiefer können sie in den menschlichen Körper vordringen. PM<sub>10</sub> oder die kleineren Partikelfraktionen können nach derzeitigem wissenschaftlichem Kenntnisstand zu Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen führen [7].

PM<sub>2,5</sub> als Bestandteil von PM<sub>10</sub> kann aufgrund seiner geringeren Größe tiefer in die Lunge gelangen. Seit 2010 wird nach 39. BImSchV bei Risikoabschätzungen von Feinstaub auf die Gesundheit der Bevölkerung im Allgemeinen nicht mehr PM<sub>10</sub>, sondern PM<sub>2,5</sub> zugrunde gelegt. Dies ist auf die anzunehmende größere Gesundheitsgefährdung durch PM<sub>2,5</sub> im Vergleich zu PM<sub>10</sub> zurückzuführen.

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

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist in der 39. BImSchV für PM<sub>10</sub> ein Immissionsgrenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> und für PM<sub>2,5</sub> ein Zielwert von 25 µg/m<sup>3</sup>, der seit 2015 Grenzwert ist, enthalten [1] (siehe auch Tabelle 4).

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

### Entstehung

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

PAKs können überall in der Umwelt gefunden werden, sie entstehen auf natürlichem Wege oder durch menschliche Tätigkeit. Sie werden bei der Verbrennung von festen und flüssigen fossilen Brennstoffen (z.B. Kohle, Diesel, Heizöl, Benzin, Kerosin) freigesetzt, können aber auch in Teer (z.B. in Straßenbelägen) enthalten sein. Sie entstehen bei unvollständigen Verbrennungsprozessen und sind deshalb z.B. in den Abgasen des Straßenverkehrs, von Heizkesseln oder im Rauch von Kaminöfen enthalten. Im Zusammenhang mit der Luftqualitätsüberwachung wird Benzo(a)pyren im PM<sub>10</sub> als Leitparameter für PAKs verwendet [8]. Ein spezifisches „PAK-Profil“, das eindeutig auf den Flugverkehr als Emissionsquelle hinweist, existiert nicht [9]. Benzo(a)pyren im PM<sub>10</sub> hat als einzige PAK-Substanz einen Jahreszielwert in der 39. BImSchV. Deshalb wird bei Immissionsmessungen Benzo(a)pyren im PM<sub>10</sub> bestimmt.

### Wirkung

Höhere PAK-Konzentrationen können giftig sein, aber auch schon niedrigere Konzentrationen in der Umgebungsluft können z.B. das Lungenkrebsrisiko erhöhen oder zu einer Veränderung des Erbgutes führen [8].

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

## 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

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 Grenzwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  enthalten [1] (siehe auch Tabelle 4).

Durch Stickstoffverbindungen wird zusätzlich 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.

## 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 [10].

Abgebaut wird es 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) [11].

## 4.9. Ozon

### Entstehung

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

In der bodennahen Atmosphäre (Troposphäre) wird Ozon in relevantem Ausmaß nicht direkt als Schadstoff emittiert. Es handelt sich vielmehr um einen sogenannten Sekundärspurenstoff, der photochemisch durch die vom Sonnenlicht ausgelöste Oxidation von leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffverbindungen (VOC) oder aus Stickstoffoxiden entsteht. Da die Bildung von Ozon ( $O_3$ ) nicht regional begrenzt ist, sind internationale Anstrengungen zur Ozonregulierung notwendig. In der Gesetzgebung sind aus diesem Grund Zielwerte und keine rechtsverbindlichen Grenzwerte festgelegt. Ozonkonzentrationen können indirekt durch die Begrenzung der Emissionen von VOC und Stickstoffoxiden kontrolliert werden [12].

### 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 [12].

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit sind daher in der 39. BImSchV für Ozon ein Zielwert von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mit 25 zulässigen Überschreitungen im Kalenderjahr gemittelt über drei Jahre sowie eine Informations- und Alarmschwelle enthalten [1] (siehe auch Tabelle 4).

## 4.10. Benzol und n-Alkane

Benzol und n-Alkane sind flüchtige Kohlenwasserstoffverbindungen (Volatile Organic Compounds – VOC). Während Benzol nur in geringen Mengen im Kraftstoff enthalten sein darf, sind die n-Alkane Hauptbestandteile von Kerosin, Heizöl, Diesel und Benzin [13]. Das typische Kohlenwasserstoffmuster für Kerosin zeigt ein Maximum für die n-Alkane C8 (n-Oktan) bis C13 (n-Tridekan) [14]. Die Zusammensetzung der Abgase von Flugzeugtriebwerken oder Dieselmotoren ist ähnlich. Bei Überlagerungen ist eine Zuordnung der Abgase zu einem bestimmten Emittenten nicht mehr möglich [9][15].

### 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 [16].

### **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 [16].

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist daher in der 39. BImSchV für Benzol ein Grenzwert von  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  enthalten, für Toluol, Ethylbenzol und Xylole nicht [1] (siehe auch Tabelle 4).

### **n-Alkane - Entstehung**

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

Die Konzentrationen sind nach Untersuchungen in Innenräumen häufig höher (bis zum Zehnfachen) als im Freien, unabhängig davon, ob die Untersuchungen in ländlichen oder stark industriellen Gebieten durchgeführt wurden [17].

### **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 Un-

sicherheitsfaktoren 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> [18].

## 5. Bewertungsgrundlagen

### Rechtsgrundlagen

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

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

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

### Zuständigkeiten

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

Luftreinhaltepläne sind dann aufzustellen, wenn in bestimmten Gebieten oder Ballungsräumen Immissionsgrenzwerte zuzüglich festgelegter Toleranzmargen oder der Zielwert für PM<sub>2,5</sub> überschritten werden. Sie beinhalten u.a. erforderliche Maßnahmen zur dauerhaften Verminderung der Luftverunreinigungen. Besteht die Gefahr, dass in der 39. BImSchV festgelegte Immissionsgrenzwerte oder der Zielwert für PM<sub>2,5</sub> überschritten werden, wird zudem ein Plan für kurzfristig zu ergreifende Maßnahmen aufgestellt. Die Maßnahmen sind entsprechend des Verursacheranteils unter Berücksichtigung des Verhältnismäßigkeitsgrundsatzes gegen alle Emittenten zu richten, die zur Überschreitung der Immissionswerte beitragen. Die Öffentlichkeit ist nach § 30 der 39. BImSchV von der zuständigen Behörde über

die Luftqualität und insbesondere über die Überschreitung von Alarm- und Informationsschwellen zu unterrichten.

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

## 5.1. Allgemeine Bewertungsgrundlagen

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

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

### **Immissionsgrenzwert**

Immissionsgrenzwert ist ein Wert, der aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse mit dem Ziel festgelegt wird, schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhüten oder zu verringern und der innerhalb eines bestimmten Zeitraums eingehalten werden muss und danach nicht überschritten werden darf. In der Bundesrepublik Deutschland sind rechtsverbindliche Grenzwerte für Immissionen in der 39. BImSchV geregelt. Vorgaben für genehmigungsbedürftige Anlagen sind in der TA Luft festgelegt [21], sie ist als Verwaltungsvorschrift jedoch nicht einschlägig.

### **Informationsschwelle**

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

### **Alarmschwelle**

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

### **Richtwert**

Richtwerte sind nicht rechtsverbindlich, sie dienen der Orientierung und dürfen überschritten werden. Sie werden von Fachgremien aufgestellt und können als zusätzliche Beurteilungsgrundlagen herangezogen werden. Hierzu zählt u.a. die VDI-Richtlinienreihe 2310 [22].

### **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] [23].

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

**Tabelle 4. Beurteilungswerte.**

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

## Standortcharakteristik

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

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

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

Gemäß LAI 2004 [Länderausschuss für Immissionsschutz] kann als Beurteilungswert 1/100 des Grenzwertes für die Konzentration in der Luft am Arbeitsplatz herangezogen werden [ $1/100 \cdot \text{MAK}$ , AGW nach TRGS 900] [24].

Für C9 bis C14-Alkane wird hier hilfsweise der Richtwert I [Vorsorgewert] der Kommission für Innenraumlufthygiene [IRK] am Umweltbundesamt herangezogen. Diese Richtwerte sind wirkungsbezogene Werte, die sich auf die gegenwärtigen toxikologischen und epidemiologischen Kenntnisse zur Wirkungsschwelle eines Stoffes unter Einführung von Unsicherheitsfaktoren stützen. Der Richtwert I [Vorsorgewert] für C9 bis C14-Alkane beträgt  $0,2 \text{ mg/m}^3$ , das entspricht  $200 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  [18].

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








## 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  $\text{PM}_{10}$  und Schwefeldioxid erstellt [25].

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

Tabelle 5 zeigt den Langzeit-Luftqualitätsindex.

**Tabelle 5. Langzeit-Luftqualitätsindex LaQx.**

Bewertung	Benzol [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$\text{NO}_2$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$\text{PM}_{10}$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	$\text{SO}_2$ [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	LaQX Klasse	Farbe
sehr gut	0,0 – 0,2	0 – 12	0 – 7	0 – 5	1	
gut	0,3 – 1,0	13 – 20	8 – 15	6 – 10	2	
befriedigend	1,1 – 2,0	21 – 30	16 – 30	11 – 20	3	
ausreichend	2,1 – 5,0	31 – 40	31 – 40	21 – 120	4	
[Grenzwert]	5	40	40	120		
schlecht	5,1 – 25,0	41 – 200	41 – 50	121 – 350	5	
sehr schlecht	> 25	> 200	> 50	>350	6	

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

Die Kapitel 6 bis 9 sind aus dem von Müller-BBM erstellten Bericht „Ergebnisse der mobilen Luftgütemessungen in Pulling – Messzeitraum 24. Januar – 23. Juli 2015 vom 30.10.2015 wort- und inhaltsgleich übernommen.

## **6. Messergebnisse und Bewertung der Luftgüte in Pulling**

Im nachfolgenden Abschnitt sind die Besonderheiten des Messzeitraumes 24. Januar 2015 bis 23. Juli 2015 und die Ergebnisse der mobilen Luftgütemessungen in Pulling (mobile LGM) dargestellt.

Die Datenverfügbarkeit der Immissionsmessungen betrug zwischen 98 % - 100 %. Im Mai 2015 gab es bei den diskontinuierlichen BTEX und n-Alkanmessungen einen ca. einwöchigen Messausfall, der aufgrund einer Undichtigkeit an der Probenahmepumpe hervorgerufen wurde.

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

Bei der Bestimmung der Monatsmittelwerte ist zu beachten, dass im Januar 2015 lediglich der Messzeitraum 24. Januar bis 31. Januar berücksichtigt werden konnte. Im Juli 2015 wird lediglich der Messzeitraum 01. Juli bis 23. Juli 2015 betrachtet. Die hier erwähnten Mittelungszeiträume beziehen sich auf alle nachfolgenden Auswertungen.

### **6.1. Besondere Ereignisse während des Messzeitraums**

#### **6.1.1. Sturmschäden Orkantief Niklas**

Am 31. März 2015 entstanden durch Orkan Niklas an der mobilen Luftgütemessstation Pulling Sturmschäden durch umherfliegende, teerhaltige Dachpappen.

Die beiden nachfolgenden Abbildungen zeigen das Dach der Messstation mit den Rückständen der angewehten Teerpappe.



Abbildung 16. Sturmschäden der mobilen LGM (Pulling) – Bild 1 (09.04.2015).



Abbildung 17. Sturmschäden der mobilen LGM (Pulling) – Bild 2 (09.04.2015).



In Folge der Reinigungsarbeiten durch den Grundstückseigentümer und den Flughafen München sind einige Immissionskonzentrationen der Luftgütemessungen zu hinterfragen. Betroffen sind nachfolgende Parameter und Messzeiträume:

- n-Alkane [13 – 15. April 2015]: Die Außenwände der Messstation wurden vom Grundstückseigentümer mit Silikonentferner gereinigt, um die restlichen Teerrückstände zu beseitigen. Das Reinigungsmittel beinhaltet n-Alkane, weshalb sehr wahrscheinlich die ermittelten Konzentrationen an n-Oktan bis n-Dekan in diesem Zeitraum erhöht waren. Abbildung 18 zeigt die Inhaltsstoffe des Silikonentferners [rot umrandet].
- Partikel PM<sub>10</sub> [16./17. April]: In diesem Zeitraum wurde die unmittelbare Umgebung der Messstation mit einer Straßenkehrmaschine der FMG gereinigt. An beiden Tagen war die PM<sub>10</sub>-Konzentration leicht erhöht.

Die in Folge des Orkantiefs Niklas zu hinterfragenden Messdaten wurden in der Messdatenübermittlung an die Stadt Freising jeweils rot markiert.

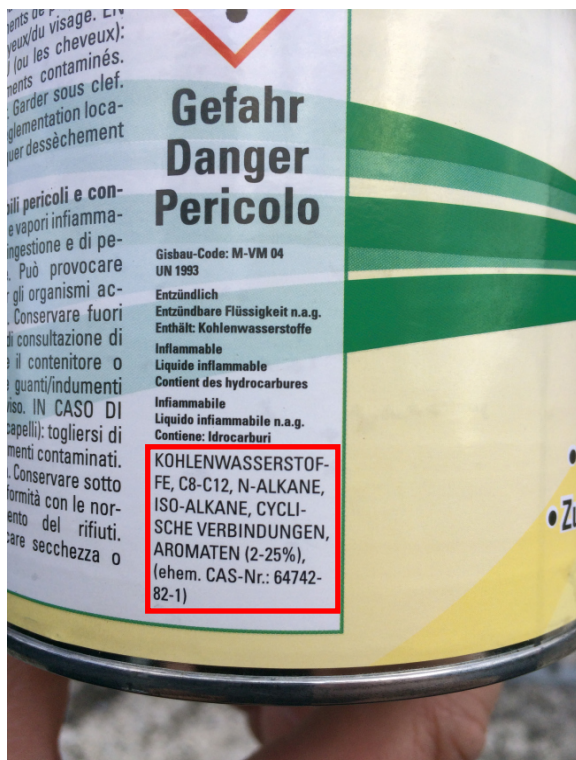


Abbildung 18. Inhaltsstoffe des eingesetzten Silikonentferners.

### 6.1.2. Park and Fly- Parkplatz

Seit Mai 2015 wird die ehemalige Lagerfläche im Umfeld der Messstation als „Park and Fly“-Parkplatz verwendet. Durch diese zusätzlichen motorischen Emissionen können lokale Einflüsse auf die Messergebnisse nicht ausgeschlossen werden.

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

In Tabelle 6 sind die statistischen Kenngrößen der mit dem gravimetrischen Referenzmessverfahren ermittelten PM<sub>10</sub>- und PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen des Messortes Pulling (mobile LGM) auf der Basis von Tagesmittelwerten zusammengefasst.

**Tabelle 6. Statistische Kenngrößen der PM<sub>10</sub>- und PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen im Messzeitraum.**

<b>Kenngröße</b>	<b>Einheit</b>	<b>mobile LGM PM10</b>	<b>mobile LGM PM2,5</b>	<b>39. BImSchV</b>
Mittelwert Januar 2015	µg/m <sup>3</sup>	10	9	
Mittelwert Februar 2015	µg/m <sup>3</sup>	21	19	
Mittelwert März 2015	µg/m <sup>3</sup>	20	17	
Mittelwert April 2015	µg/m <sup>3</sup>	14	9	
Mittelwert Mai 2015	µg/m <sup>3</sup>	11	9	
Mittelwert Juni 2015	µg/m <sup>3</sup>	14	11	
Mittelwert Juli 2015	µg/m <sup>3</sup>	19	12	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>40/25<sup>1)</sup></b>
max. TMW	µg/m <sup>3</sup>	40	38	-
Tage > 50 µg/m <sup>3</sup>	Anzahl	0		35 <sup>2)</sup>
Verfügbarkeit	%	99	100	

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

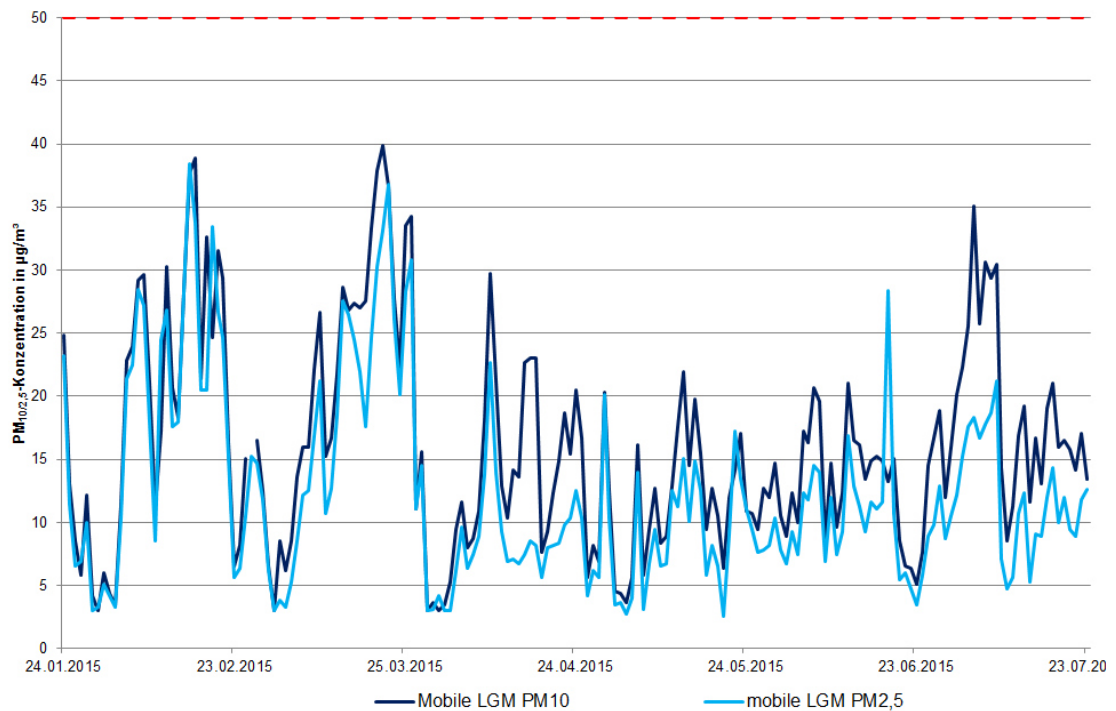
2) PM<sub>10</sub>-Tagesimmissionswert: zul. Überschreitungshäufigkeit im Jahr gemäß 39. BImSchV

Für den gesamten Messzeitraum beträgt die mittlere PM<sub>10</sub>-Konzentration an der mobilen LGM in Pulling 16 µg/m<sup>3</sup>. Im Vergleich hierzu beträgt der Immissionsgrenzwert für das Kalenderjahr gemäß 39. BImSchV 40 µg/m<sup>3</sup>. Der Grenzwert wurde somit im Messzeitraum deutlich unterschritten.

Beim PM<sub>10</sub> wurde der zusätzliche Tagesgrenzwert von 50 µg/m<sup>3</sup> mit 35 zulässigen Überschreitungstagen im gesamten Messzeitraum in Pulling nicht einmal überschritten.

Die PM<sub>2,5</sub>-Konzentration wurde an der mobilen LGM in Pulling mit 12 µg/m<sup>3</sup> bestimmt. Dieser Mittelwert liegt somit mehr als 50% unter dem ab 2015 gültigen Grenzwert der 39. BImSchV von 25 µg/m<sup>3</sup> für das Kalenderjahr.

In Abbildung 19 ist der Verlauf der PM<sub>10/2,5</sub>-Konzentration der mobilen LGM (Pulling) grafisch dargestellt.



**Abbildung 19. Verlauf der gravimetrisch gemessenen  $PM_{10/2,5}$ -Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 [Monatsmittelwerte,  $PM_{10}$ -Tagesgrenzwert  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  rot markiert].**

Die  $PM_{10/2,5}$ -Konzentrationen waren in den Wintermonaten Februar und März typischerweise höher als im Sommerhalbjahr.

Dies ist auf stabile, austauscharme Hochdruckwetterlagen und auf ungünstigere Ausbreitungsbedingungen bei Ostwind zurückzuführen, die vornehmlich im Winter auftreten. Die bei Ostwind vorherrschenden trockenen, kontinentalen Luftmassen begünstigen zudem den Ferntransport von Spurenstoffen durch geringe turbulente Mischung und oft fehlende Auswaschung durch Niederschläge.

Die vergleichsweise geringen  $PM_{10/2,5}$ -Konzentrationen im Januar sind aufgrund des begrenzten Messzeitraums im Januar [nur eine Woche] nur bedingt für den Kalendermonat repräsentativ.

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

### 6.3. Messergebnisse Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ )

In Tabelle 7 sind die statistischen Kenngrößen der an der mobilen LGM in Pulling gemessenen  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen und Monatsmittelwerte auf Basis von Stundenmittelwerten zusammengefasst.

Tabelle 7. Statistische Kenngrößen der NO<sub>2</sub>-Konzentration für den Messzeitraum.

Kenngröße	Einheit	mobile LGM NO <sub>2</sub>	39. BImSchV
Mittelwert Januar 2015	µg/m <sup>3</sup>	21	
Mittelwert Februar 2015	µg/m <sup>3</sup>	30	
Mittelwert März 2015	µg/m <sup>3</sup>	20	
Mittelwert April 2015	µg/m <sup>3</sup>	17	
Mittelwert Mai 2015	µg/m <sup>3</sup>	12	
Mittelwert Juni 2015	µg/m <sup>3</sup>	12	
Mittelwert Juli 2015	µg/m <sup>3</sup>	13	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>18</b>	<b>40<sup>1)</sup></b>
Max. 1-h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	86	
<b>1-h-Mittelwert &gt;200 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Anzahl</b>	<b>0</b>	<b>18<sup>2)</sup></b>
Min. 1-h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	2	
Verfügbarkeit %	%	98	

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

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

An der mobilen Luftgütemessstation in Pulling wurde eine mittlere NO<sub>2</sub>-Konzentration von 18 µg/m<sup>3</sup> festgestellt; dies entspricht einem Anteil von 45 % des Jahresgrenzwerts gemäß 39. BImSchV von 40 µg/m<sup>3</sup>. Der Grenzwert wurde somit im Messzeitraum deutlich unterschritten.

Der NO<sub>2</sub>-Stundenimmissionsgrenzwert von 200 µg/m<sup>3</sup> mit 18 zulässigen Überschreitungen wurde im Messzeitraum nicht einmal überschritten.

In Abbildung 20 ist der Verlauf der NO<sub>2</sub>-Konzentration der mobilen LGM [Pulling] grafisch dargestellt.

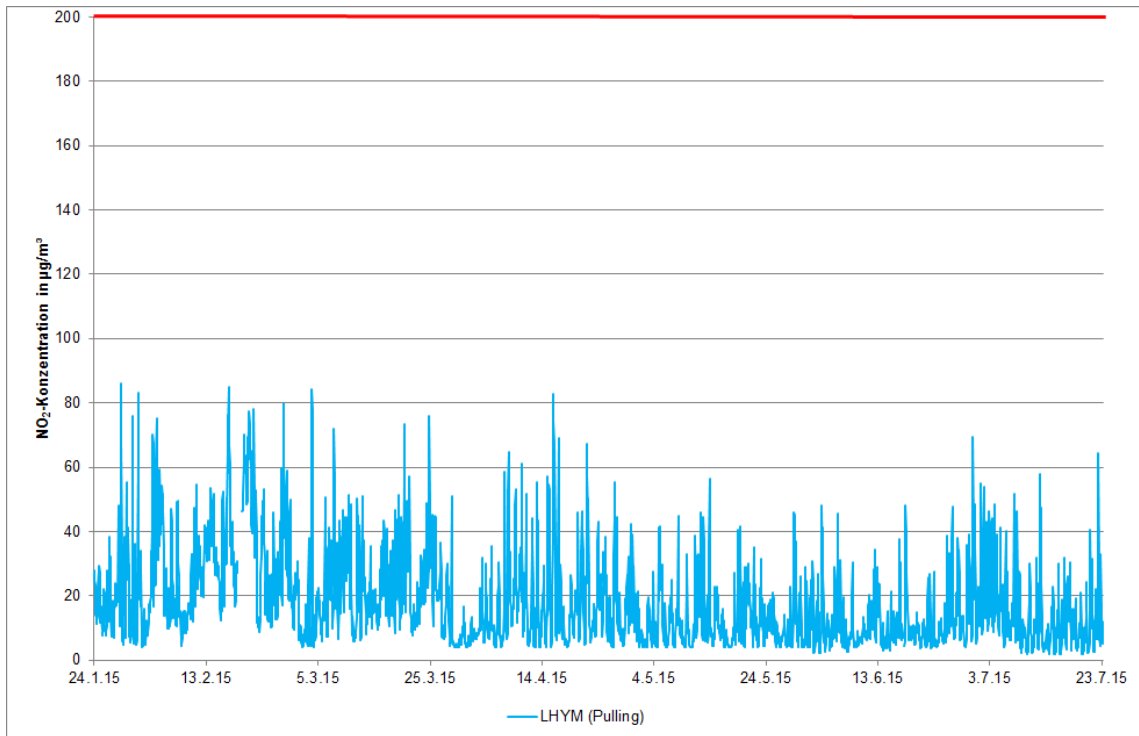


Abbildung 20. Verlauf der gemessenen NO<sub>2</sub>-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 [Stundenmittelwerte, NO<sub>2</sub>-Stundengrenzwert 200 µg/m<sup>3</sup> rot markiert].

Die NO<sub>2</sub>-Konzentration zeigt einen für Spurenstoffe typischen jahreszeitlichen Verlauf mit höheren Konzentrationen in den Wintermonaten. Zudem zeigt sich eine hohe tagszeitabhängige Variabilität.

Informativ sind zudem in Tabelle 8 die Kenngrößen der NO-Konzentration dargestellt. Für diesen Parameter ist kein Immissionswert in der 39. BImSchV festgelegt.

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

Kenngröße	Einheit	mobile LGM NO	39. BImSchV
Mittelwert Januar 2015	µg/m <sup>3</sup>	3	
Mittelwert Februar 2015	µg/m <sup>3</sup>	10	
Mittelwert März 2015	µg/m <sup>3</sup>	6	
Mittelwert April 2015	µg/m <sup>3</sup>	4	
Mittelwert Mai 2015	µg/m <sup>3</sup>	2	
Mittelwert Juni 2015	µg/m <sup>3</sup>	2	
Mittelwert Juli 2015	µg/m <sup>3</sup>	3	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>5</b>	<b>-</b>
Max. 1-h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	147	
Min. 1-h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	1	
Verfügbarkeit %	%	98	

Die NO-Konzentration betrug im Messzeitraum an der mobilen Messstation 5 µg/m<sup>3</sup>. Für Stickstoffmonoxid gibt es keinen Grenzwert. Stickstoffmonoxid ist ein Indikator für nahe gelegene Emittenten, da bei Verbrennungsvorgängen in deutlich höherer Konzentration NO als NO<sub>2</sub> emittiert wird. In der Außenluft wird in der Regel NO zu NO<sub>2</sub> umgewandelt. Deshalb ist nur für die NO<sub>2</sub>-Konzentration in der Außenluft ein Grenzwert festgelegt.

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

In Tabelle 9 sind die statistischen Kenngrößen der an der mobilen LGM in Pulling gemessenen SO<sub>2</sub>-Konzentrationen und Monatsmittelwerte auf Basis von Stundenmittelwerten zusammengefasst.

Tabelle 9. Statistische Kenngrößen der SO<sub>2</sub>-Konzentration für den Messzeitraum.

Kenngröße	Einheit	mobile LGM SO <sub>2</sub>	39. BImSchV
Mittelwert Januar 2015	µg/m <sup>3</sup>	2	
Mittelwert Februar 2015	µg/m <sup>3</sup>	2	
Mittelwert März 2015	µg/m <sup>3</sup>	2	
Mittelwert April 2015	µg/m <sup>3</sup>	2	
Mittelwert Mai 2015	µg/m <sup>3</sup>	2	
Mittelwert Juni 2015	µg/m <sup>3</sup>	2	
Mittelwert Juli 2015	µg/m <sup>3</sup>	2	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>2</b>	<b>-</b>
Max. 1-h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	7	
<b>1-h-Mittelwert &gt;350 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Anzahl</b>	<b>0</b>	<b>24<sup>1)</sup></b>
<b>TMW &gt;125 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Anzahl</b>	<b>0</b>	<b>3<sup>2)</sup></b>
Min. 1-h-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

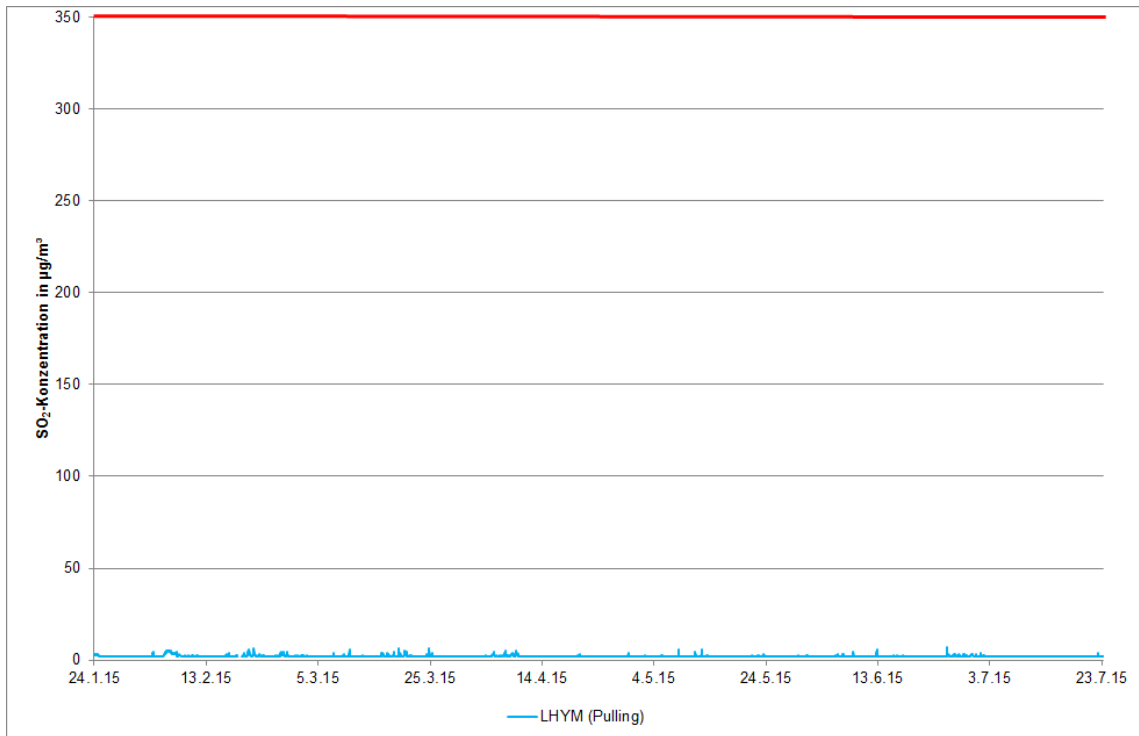
<sup>2)</sup> maximaler Tagesmittelwert von 125 µg/m<sup>3</sup> mit 3 zulässigen Überschreitungstagen gemäß 39. BImSchV

An der mobilen LGM in Pulling wurde für den Messzeitraum eine mittlere SO<sub>2</sub>-Konzentration von 2 µg/m<sup>3</sup> ermittelt. In 80 % des Messzeitraums wurde eine SO<sub>2</sub>-Konzentration unterhalb der Bestimmungsgrenze von 2 µg/m<sup>3</sup> ermittelt.

Der maximale Tagesmittelwert betrug 5 µg/m<sup>3</sup>. Der Immissionsgrenzwert für den Tag gemäß 39. BImSchV beträgt 125 µg/m<sup>3</sup> und wurde somit deutlich unterschritten.

Der maximale Stundenmittelwert betrug 7 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 21 ist der Verlauf der SO<sub>2</sub>-Konzentration der mobilen LGM (Pulling) grafisch dargestellt.



**Abbildung 21. Verlauf der gemessenen SO<sub>2</sub>-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 [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 liegt. Die geringen SO<sub>2</sub>-Konzentrationen sind überregional festzustellen. Aufgrund der sehr niedrigen Konzentrationen im Bereich der Bestimmungsgrenze ist auch kein ausgeprägter Jahresgang zu erkennen.

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

In Tabelle 10 sind die statistischen Kenngrößen der an der mobilen LGM in Pulling gemessenen O<sub>3</sub>-Konzentrationen und Monatsmittelmittelwerte gemäß 39. BImSchV zusammengefasst.

Tabelle 10. 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>
Mittelwert Januar 2015	µg/m <sup>3</sup>	43	
Mittelwert Februar 2015	µg/m <sup>3</sup>	31	
Mittelwert März 2015	µg/m <sup>3</sup>	47	
Mittelwert April 2015	µg/m <sup>3</sup>	59	
Mittelwert Mai 2015	µg/m <sup>3</sup>	57	
Mittelwert Juni 2015	µg/m <sup>3</sup>	66	
Mittelwert Juli 2015	µg/m <sup>3</sup>	72	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>54</b>	<b>-</b>
Max. 1-h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	167	
<b>1-h-Mittelwert &gt;180 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Anzahl</b>	<b>0</b>	<b>180<sup>1)</sup></b>
<b>8-h-Mittelwert &gt;120 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Anzahl</b>	<b>17</b>	<b>25<sup>2)</sup></b>
Min. 1-h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	3	
Verfügbarkeit %	%	98	

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

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

Die mittlere Ozonkonzentration am Messort in Pulling (mobile LGM) betrug im Messzeitraum 54 µg/m<sup>3</sup>.

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

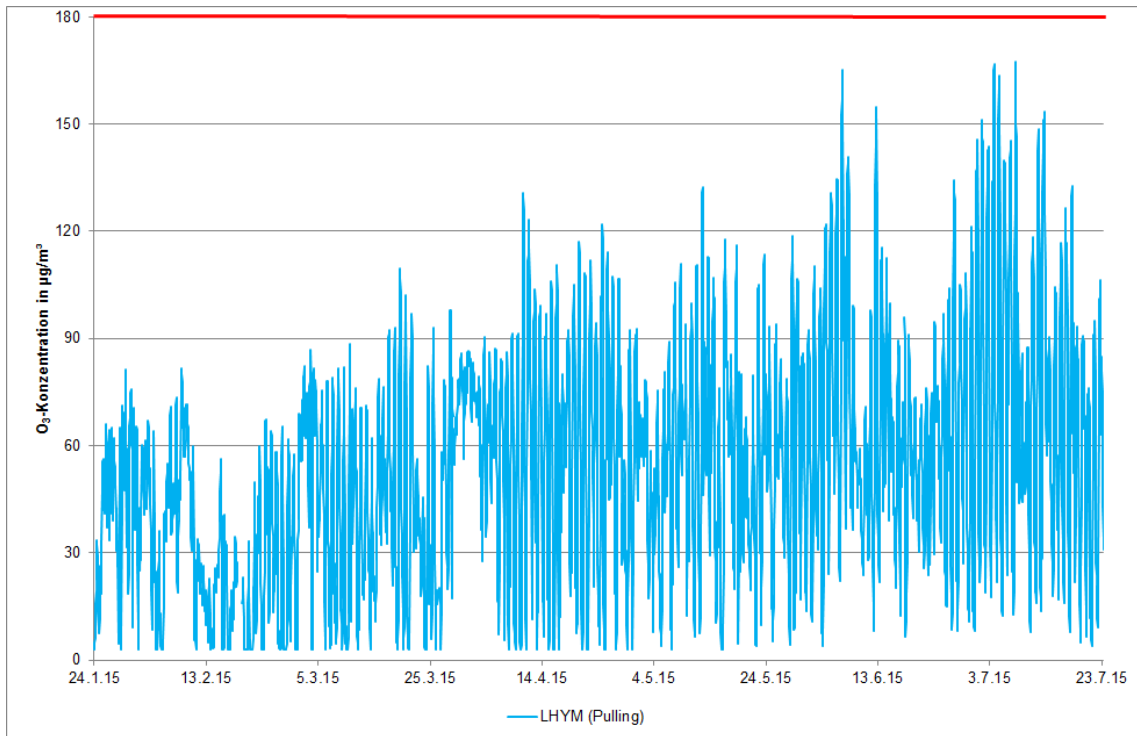
Für Ozon wurde kein Jahresmittelwert zum Schutz der Gesundheit festgelegt. Es gibt einen Immissionszielwert von 120 µg/m<sup>3</sup>, der sich auf den gleitenden 8-Stundenmittelwert mit 25 zulässigen Überschreitungstagen pro Jahr bezieht. Zudem existiert für das Stundenmittel ein Informationsschwellenwert von 180 µg/m<sup>3</sup>.

Der Immissionszielwert von 120 µg/m<sup>3</sup> wurde an der mobilen LGM in Pulling im Messzeitraum insgesamt 17 mal überschritten. Im Vergleich hierzu wurde an der Hauptmessstation LHY7 im Messzeitraum der Immissionszielwert an 32 Tagen überschritten.

Die Informationsschwelle (Stundenmittelwerte > 180 µg/m<sup>3</sup>) wurde im Messzeitraum weder an der mobilen LGM in Pulling, noch an der Hauptmessstation LHY7 überschritten.

In Abbildung 22 ist der Verlauf der O<sub>3</sub>-Konzentration der mobilen LGM (Pulling) grafisch dargestellt.





**Abbildung 22. Verlauf der gemessenen O<sub>3</sub>-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 [Stundenmittelwerte, O<sub>3</sub>-Stundeninformationsschwelle 180 µg/m<sup>3</sup> rot markiert].**

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

Im Gegensatz zu den anderen Luftschadstoffen ist die Ozonbildung abhängig von der Sonneneinstrahlung, weshalb typischerweise im Sommer höhere Konzentrationen als im Winter gemessen werden.

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

Die Messungen für die Bestimmung der aromatischen Kohlenwasserstoffe (Benzol, Toluol, Xylole, Ethylbenzol) und der n-Alkane (C<sub>6</sub> – C<sub>14</sub>) erfolgten diskontinuierlich mittels Probenträger. Die Probenträger wurden nach der Probenahme im Labor mittels 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 [26].

In Tabelle 11 sind die Mittel- und Maximalwerte der an der mobilen LGM in Pulling gemessenen BTEX- und n-Alkankonzentrationen gemäß den jeweiligen Beurteilungswerten zusammengefasst.

Tabelle 11. Statistische Kenngrößen der BTEX- und n-Alkanmessungen [mobile LGM].

Messparameter	Mittelwert	max. Wochen- mittelwert	Beurteilungs- wert
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
BTEX	Benzol	0,4	5 <sup>1)</sup>
	Toluol	0,5	30 <sup>2)</sup>
	Ethylbenzol	0,1	880 <sup>3)</sup>
	m+p-Xylol	0,3	
	o-Xylol	0,1	
	$\Sigma$ Xylole	0,4	30 <sup>2)</sup>
	n-Alkane	n-Hexan	0,09
n-Heptan		0,08	
n-Oktan		0,04	
n-Nonan		0,05	
n-Dekan		0,06	
n-Undekan		0,04	
n-Dodekan		0,03	
n-Tridekan		0,04	
n-Tetradekan		0,04	
$\Sigma$ n-Alkane		<b>0,47</b>	<b>1,7</b>

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

<sup>2)</sup> Zielwert für das Jahr (LAI)

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

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

Der Benzolmittelwert über den Messzeitraum an der mobilen LGM in Pulling betrug  $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und lag somit 93 % unter dem Immissionsgrenzwert für das Kalenderjahr gemäß 39. BImSchV von  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Der Grenzwert wurde somit im Messzeitraum deutlich unterschritten.

Der maximale Wochenmittelwert während des Messzeitraums betrug  $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und unterschreitet ebenfalls den Grenzwert, der ein Jahresmittelwert ist.

Auch beim Toluol und den Xylenen sind mit  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bzw.  $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Mittel Konzentrationen deutlich unterhalb der Zielwerte des LAI bestimmt worden. Die mittlere Ethylbenzol-Konzentration lag mit  $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mehr als das 1000fache unterhalb des vom AGW abgeleiteten Beurteilungswertes von  $880 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Der herangezogene Beurteilungswert wurde somit im Messzeitraum deutlich unterschritten.

Bei den n-Alkanen wurden in Pulling im Mittel Summenkonzentrationen von  $< 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  festgestellt. Die Konzentrationen der einzelnen n-Alkane lagen bei fast allen Einzelmessungen

im Bereich der Bestimmungsgrenze und damit in einem Bereich, in dem die Messunsicherheit verglichen mit dem Messergebnis relativ hoch ist.

Im Vergleich zum hilfsweise herangezogenen, toxikologisch abgeleiteten Beurteilungswert für Innenräume von  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zeigt sich, dass sich die hier vorgefundenen n-Alkan-Konzentrationen im nicht relevanten Bereich befinden. Der herangezogene Beurteilungswert wurde somit im Messzeitraum deutlich unterschritten.

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

In Abbildung 23 und Abbildung 24 sind die Verläufe der Benzol und n-Alkan-Konzentration an der mobilen LGM [Pulling] grafisch dargestellt.

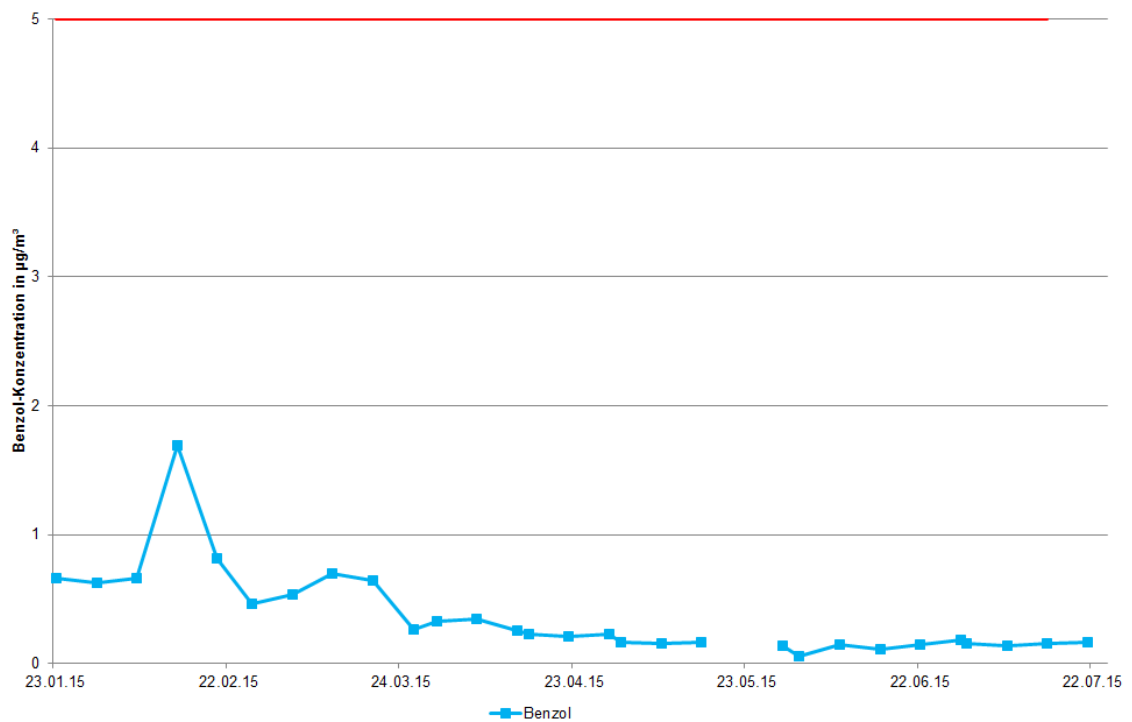


Abbildung 23. Verlauf der gemessenen Benzol-Konzentration der mobile LGM für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 [Wochenmittelwerte, Jahresimmissionswert  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  rot markiert].

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

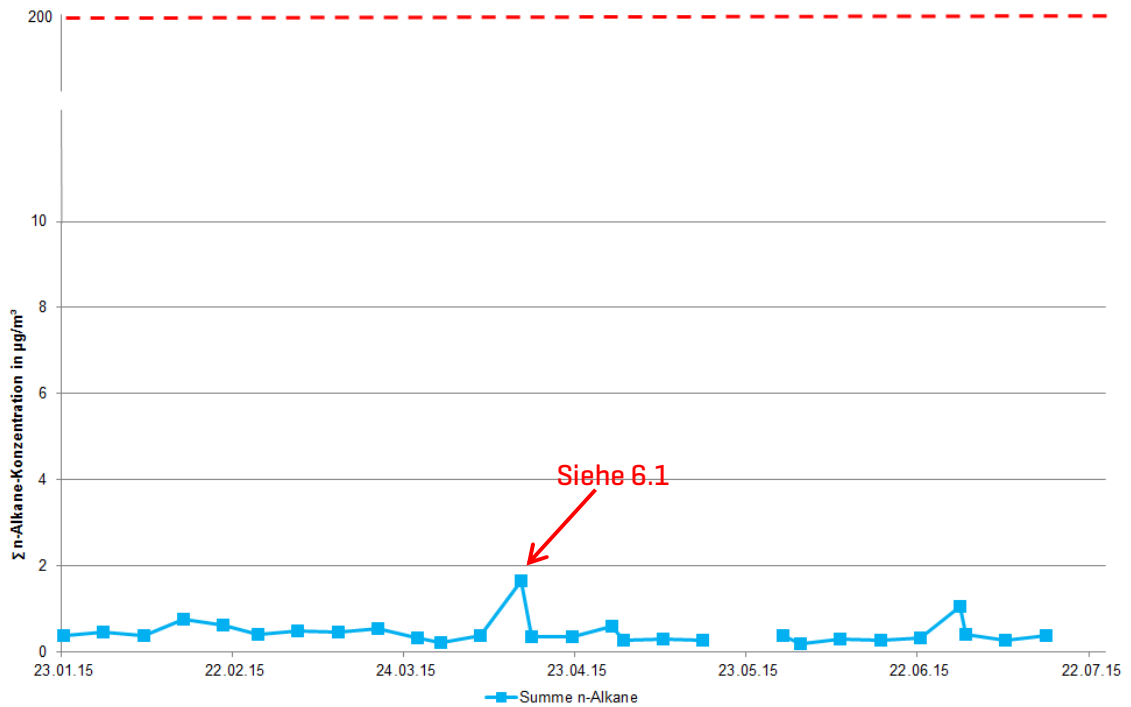


Abbildung 24. Verlauf der Summe der gemessenen n-Alkan-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 [Wochenmittelwerte, Beurteilungswert für Innenräume von 200 µg/m<sup>3</sup> rot markiert].

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

Im April 2015 wurde an der mobilen LGM ein Maximalwert von 1,7 µg/m<sup>3</sup> für die Summe der n-Alkane ermittelt. Dieser Maximalwert wurde durch das Verwenden von Silikonentferner verursacht, welcher zur Säuberung der Messstation nach den Sturmschäden verwendet wurde (vgl. Abschnitt 6.1.).

## 6.7. Messergebnisse Benzo[a]pyren

Die Benzo[a]pyren-Konzentrationen [BaP] wurden als Monatsmittelwerte aus den PM<sub>10</sub>-Proben ermittelt.

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

Tabelle 12. 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 15	ng/m <sup>3</sup>	0,10 <sup>2)</sup>
Februar 15	ng/m <sup>3</sup>	0,39
März 15	ng/m <sup>3</sup>	0,40
April 15	ng/m <sup>3</sup>	0,11
Mai 15	ng/m <sup>3</sup>	0,04
Juni 15	ng/m <sup>3</sup>	0,02
Juli 15	ng/m <sup>3</sup>	0,01
<b>Mittelwert</b>	<b>ng/m<sup>3</sup></b>	<b>0,16</b>
		<b>1<sup>1)</sup></b>

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

<sup>2)</sup> Mittelwert für den Zeitraum von 24.01.-31.01.15

In Pulling wurde über den Messzeitraum eine mittlere Benzo[a]pyren-Konzentration im PM<sub>10</sub> von 0,16 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 25 ist der Verlauf der Benzo[a]pyren-Konzentration der mobilen LGM [Pulling] grafisch dargestellt.

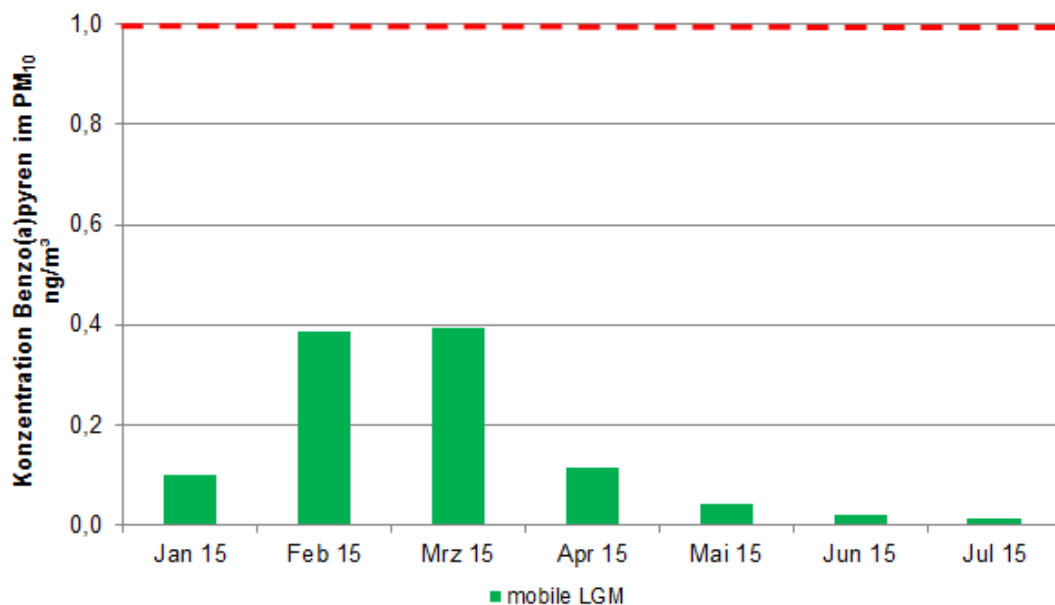


Abbildung 25. Verlauf der gemessenen BaP-Konzentration der mobilen LGM für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 [Monatsmittelwerte, Jahreszielwert 1 ng/m<sup>3</sup> rot markiert].

Die Benzo[a]pyren-Konzentration im Januar 2015 war aufgrund der sehr milden Witterung im Messzeitraum 24. Januar bis 31. Januar ungewöhnlich niedrig.

Die höchsten Benzo[a]pyren-Konzentrationen in Pulling wurden im Februar und März 2015 bestimmt. In diesen Monaten gab es, wie bereits in den Kapitel 3.1 und 6.2 erläutert, austauscharme Witterungssituationen mit typischerweise niedrigen Windgeschwindigkeiten oder windstillen Witterungssituationen. Zudem befand sich in unmittelbarer Umgebung zum Messort eine Holzfeuerung. Benzo[a]pyren ist üblicherweise ein Indikator für Holzfeuerungen. Ein lokaler Einfluss der Holzfeuerung auf die gemessenen Benzo[a]pyren-Konzentrationen ist deshalb wahrscheinlich.

## 7. Vergleich der Messstationen

Zur besseren lufthygienischen Einordnung werden die Ergebnisse der mobilen Luftgütemessungen am Messort Pulling zusätzlich mit Messergebnissen der Hauptmessstationen LHY7 und der Station LHY4 (NO/NO<sub>2</sub>) des Flughafens verglichen.

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

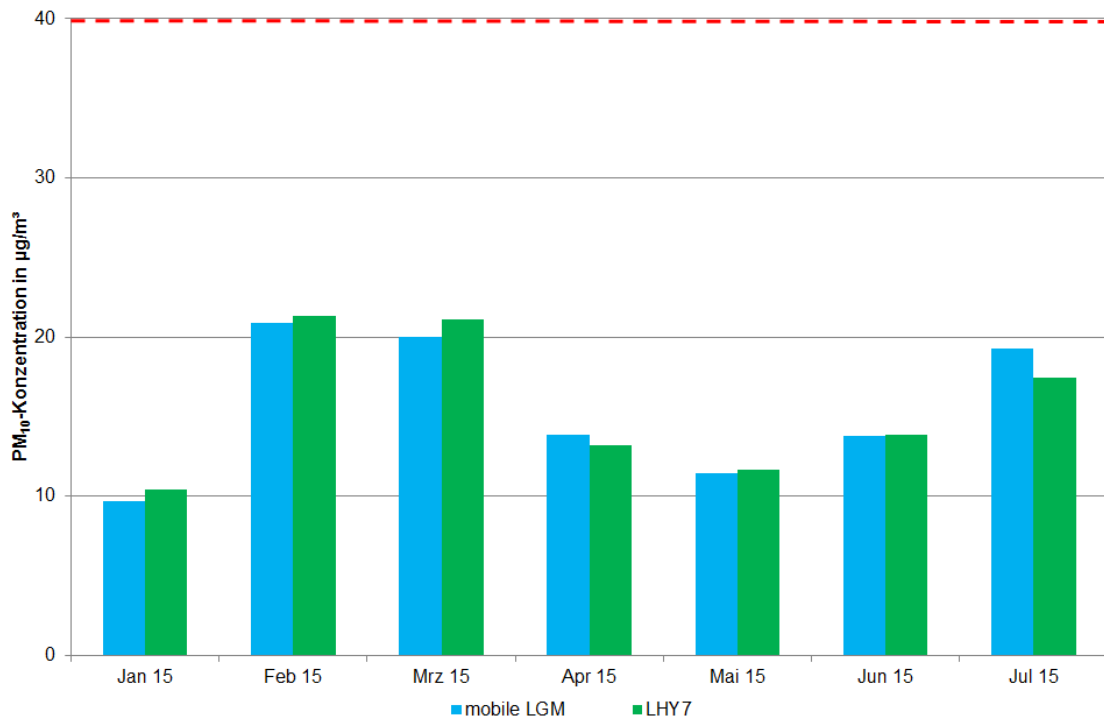
Abbildung 26 zeigt den zeitlichen Verlauf der monatlichen PM<sub>10</sub>-Konzentrationen am Messort Pulling im Vergleich zu der stationären Hauptmessstation LHY7.

Tabelle 13. Kenngrößen der PM<sub>10</sub>-Konzentration [Mobile LGM/ LHY7].

Kenngröße	Einheit	mobile	LHY7	39.
		LGM PM10	PM10	BlmSchV
Mittelwert Januar 2015	µg/m <sup>3</sup>	10	10	
Mittelwert Februar 2015	µg/m <sup>3</sup>	21	21	
Mittelwert März 2015	µg/m <sup>3</sup>	20	21	
Mittelwert April 2015	µg/m <sup>3</sup>	14	13	
Mittelwert Mai 2015	µg/m <sup>3</sup>	11	12	
Mittelwert Juni 2015	µg/m <sup>3</sup>	14	14	
Mittelwert Juli 2015	µg/m <sup>3</sup>	19	17	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>40<sup>1)</sup></b>
max. TMW	µg/m <sup>3</sup>	40	43	-
Tage > 50 µg/m <sup>3</sup>	Anzahl	0	0	35 <sup>2)</sup>
Verfügbarkeit	%	99	100	

1) Jahresimmissionswert gemäß 39. BImSchV

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



**Abbildung 26. Verlauf der gravimetrisch gemessenen PM<sub>10</sub>-Konzentration der mobilen LGM und LHY7 für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 (Monatsmittelwerte, Jahresgrenzwert 40 µg/m<sup>3</sup> rot markiert).**

Die mittlere PM<sub>10</sub>-Konzentration betrug an den Messorten in Pulling (mobile LGM) und an der Hauptmessstation LHY7 16 µg/m<sup>3</sup> für den Messzeitraum 24. Januar 2015 bis 23. Juli 2015. Die Verläufe der PM<sub>10</sub>-Konzentrationen zeigen eine gute Übereinstimmung zwischen den Messorten.

Im Februar und März 2015 wurden aufgrund der bereits unter 3.1 und 6.2 erläuterten ungünstigen Ausbreitungsbedingungen höhere PM<sub>10</sub>-Konzentrationen festgestellt. Im Juli 2015 wurden aufgrund der trockenen, austauscharmen Witterung ebenfalls höhere PM<sub>10</sub>-Konzentrationen festgestellt. Dies ist in erster Linie auf den in diesem Jahr ungewöhnlich trockenen Monat Juli in Verbindung mit windstillen Wetterlagen zurückzuführen.

In der Tabelle 14 sind die statistischen Kenngrößen der ermittelten PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen dargestellt. Abbildung 27 zeigt den zeitlichen Verlauf der monatlichen PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen am Messort Pulling im Vergleich zu der Hauptmessstation LHY7.

Tabelle 14. Kenngrößen der PM<sub>2,5</sub>-Konzentration [Mobile LGM/ LHY7].

Kenngröße	Einheit	mobile	LHY7	39.
		LGM	PM2,5	BImSchV
Mittelwert Januar 2015	µg/m <sup>3</sup>	9	8	
Mittelwert Februar 2015	µg/m <sup>3</sup>	19	18	
Mittelwert März 2015	µg/m <sup>3</sup>	17	16	
Mittelwert April 2015	µg/m <sup>3</sup>	9	9	
Mittelwert Mai 2015	µg/m <sup>3</sup>	9	9	
Mittelwert Juni 2015	µg/m <sup>3</sup>	11	10	
Mittelwert Juli 2015	µg/m <sup>3</sup>	12	12	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>25<sup>1)</sup></b>
max. TMW	µg/m <sup>3</sup>	38	37	-
Tage > 50 µg/m <sup>3</sup>	1			
Verfügbarkeit	%	100	99	

1) Jahresmittelwert

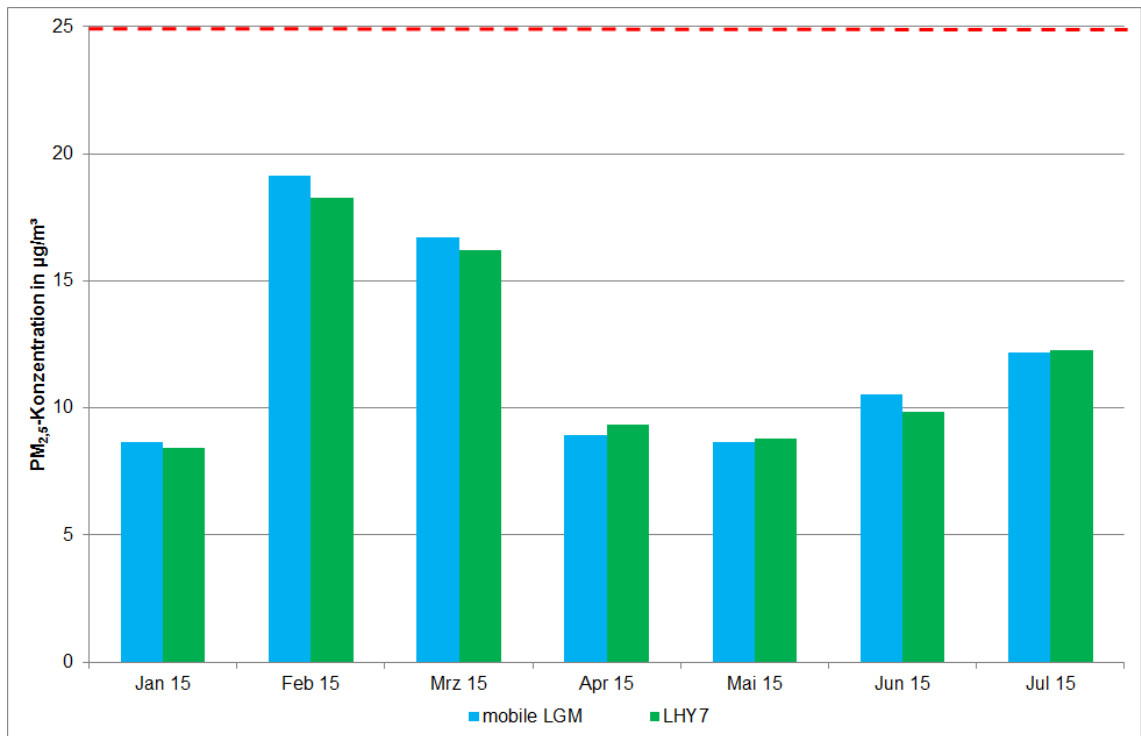


Abbildung 27. Verlauf der gravimetrisch gemessenen PM<sub>2,5</sub>-Konzentration der mobilen LGM und LHY7 für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 (Monatsmittelwerte, Jahresgrenzwert 25 µg/m<sup>3</sup> rot markiert).

Für den Messzeitraum 24. Januar 2015 bis 23. Juli 2015 wurde an beiden Messorten eine PM<sub>2,5</sub>-Konzentration von 12 µg/m<sup>3</sup> festgestellt.

Anhand der Verläufe der PM<sub>10</sub>- und PM<sub>2,5</sub>-Konzentrationen sind gute Übereinstimmungen zwischen den Messorten zu erkennen. Wie auch beim PM<sub>10</sub> wurden im Februar und März die



höchsten  $PM_{2,5}$ -Konzentrationen bestimmt. Dies ist auf die bereits genannte mesoskalige Immissions- und Ausbreitungssituation zurück zu führen [vgl. 3.1 und 6.2].

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

In Abbildung 28 wurden solche Konzentrationswindrosen für die mobile LGM in Pulling und die Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 24. Januar 2015 bis 23. Juli 2015 dargestellt.

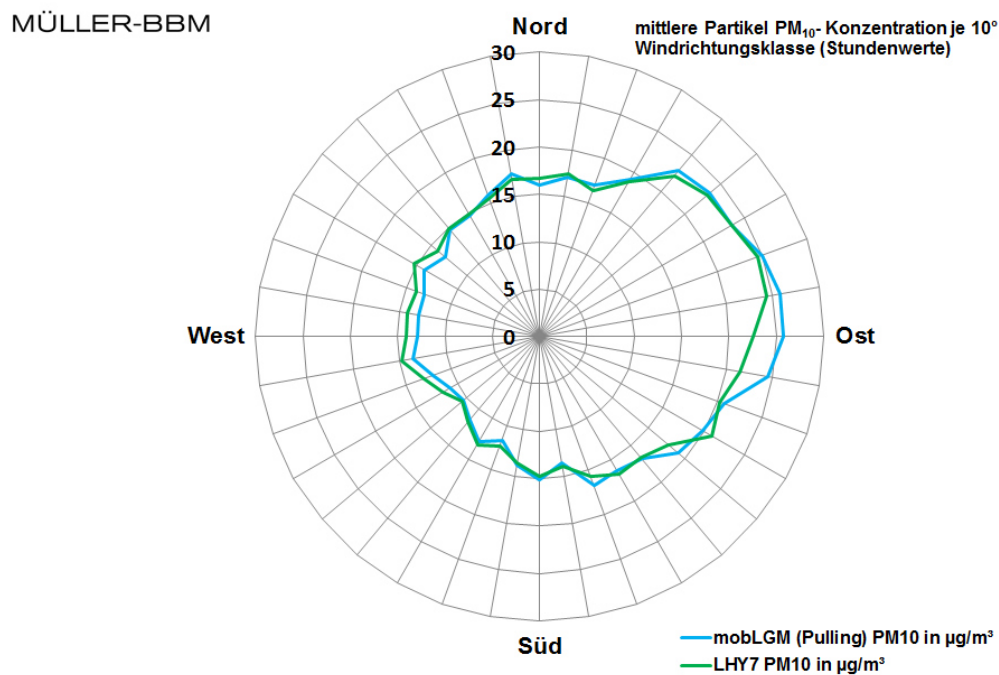


Abbildung 28. Konzentrationswindrose: mittlere  $PM_{10}$ -Konzentrationen aus allen Einzelmesswerten je  $10^\circ$ -Windrichtungsklasse [WRK] an den Messorten mobile LGM und LHY7 im Vergleich; basierend auf kontinuierlichen Messdaten im Zeitraum vom 24.01. – 23.07.2015.

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

Tabelle 15. Mittlere PM<sub>10</sub>-Konzentration und -differenz je Windsektor.

Windrichtungssektoren WRS			mobile LGM	LHY7	Differenz
Mittelwert			PM10	PM10	PM10
Sektor	Von	bis	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
1 (Ost)	46	135°	24	23	1
2 (Süd)	136°	225°	14	14	0
3 (West)	226°	315°	12	13	-1
4 (Nord)	316°	045°	17	17	0
5 (Calmen)	<	0,5 m/s	18	17	0

Abbildung 28 und Tabelle 15 zeigen, dass generell die höchsten Konzentrationen bei östlichen Windrichtungen bzw. bei Windstillen auftreten. Die höheren Konzentrationen bei Ostwind und Windstille sind auf die bereits genannten ungünstigen Ausbreitungsbedingungen zurückzuführen [vgl. 3.1 und 6.2].

Die PM<sub>10</sub>-Differenzen mit maximal 1 µg/m<sup>3</sup> bei der windrichtungsabhängigen Auswertung zwischen der mobilen LGM [Pulling, westlich des Flughafens] und der Hauptmessstation LHY7 [östlich der südlichen Start- und Landebahn] bewegen sich im Bereich der Messunsicherheit.

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

## 7.2. Stickstoffdioxid [NO<sub>2</sub>]

In Tabelle 16 sind die statistischen Kenngrößen der NO<sub>2</sub>-Konzentration von der mobilen LGM in Pulling, der Hauptmessstation LHY7 und der Station LHY4 auf der Basis von Stundenmittelwerten zusammengefasst.

In Abbildung 29 sind die mittleren Verläufe der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen für die drei Messorte grafisch dargestellt.

Tabelle 16. Kenngrößen der NO<sub>2</sub> – Konzentration [Mobile LGM/ LHY7/ LHY4].

Kenngröße	Einheit	mobile LGM	LHY7	LHY4	39. BImSchV
		NO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	
Mittelwert Januar 2015	µg/m <sup>3</sup>	21	27	22	
Mittelwert Februar 2015	µg/m <sup>3</sup>	30	32	33	
Mittelwert März 2015	µg/m <sup>3</sup>	20	23	26	
Mittelwert April 2015	µg/m <sup>3</sup>	17	21	24	
Mittelwert Mai 2015	µg/m <sup>3</sup>	12	15	15	
Mittelwert Juni 2015	µg/m <sup>3</sup>	12	14	16	
Mittelwert Juli 2015	µg/m <sup>3</sup>	13	15	22	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>18</b>	<b>21</b>	<b>23</b>	<b>40<sup>1)</sup></b>
Max. 1-h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	86	89	116	
<b>1-h-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. 1-h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	2	4	4	
Verfügbarkeit %	%	98	98	99	

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

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

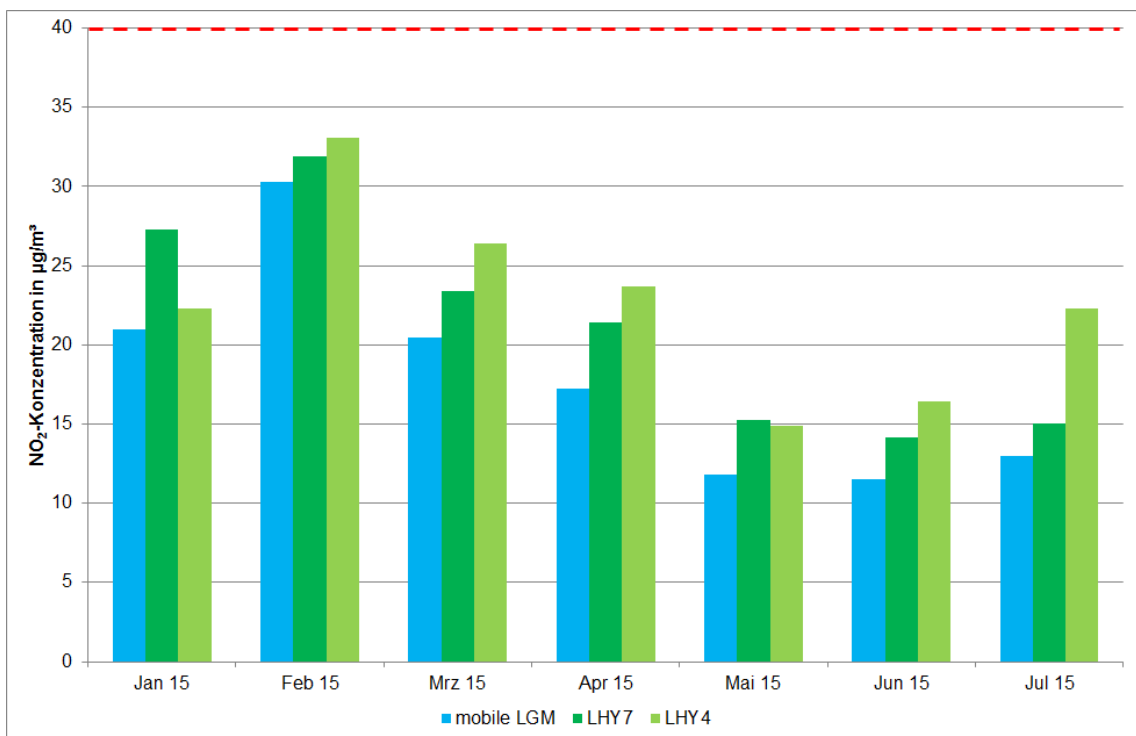


Abbildung 29. Verlauf der NO<sub>2</sub>-Konzentration der mobilen LGM, der LHY4 und der LHY7 für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 [Monatsmittelwerte, Grenzwert für das Kalenderjahr 40 µg/m<sup>3</sup> rot markiert].

An der mobilen Luftgütemessstation in Pulling wurde mit  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eine im Mittel ca.  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bis  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  geringere  $\text{NO}_2$ -Konzentration als an der stationären Station LHY4 und Hauptmessstation LHY7 festgestellt. In allen Messmonaten lag die  $\text{NO}_2$ -Konzentration in Pulling unter den Konzentrationen der Station LHY4 bzw. Hauptmessstation LHY7.

In Abbildung 30 wurden  $\text{NO}_2$ -Konzentrationswindrosen analog zum  $\text{PM}_{10}$ , für die mobile LGM in Pulling, die Station LHY4 und die Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 24. Januar 2015 bis 23. Juli 2015 dargestellt.

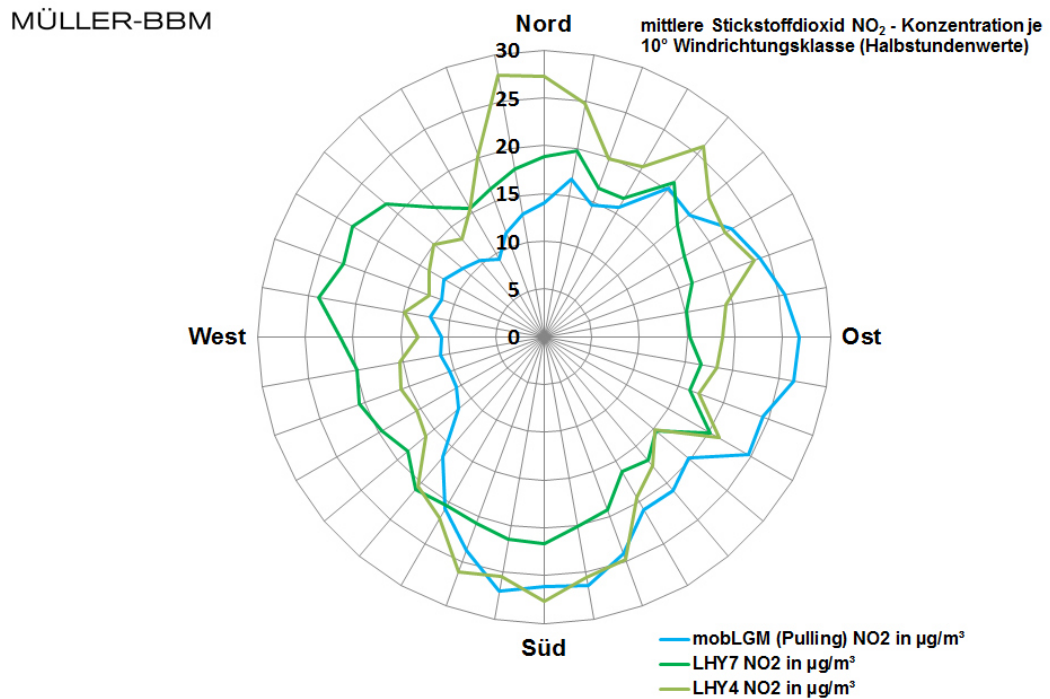


Abbildung 30. Konzentrationswindrose: mittlere  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen aus allen Einzelmesswerten je  $10^\circ$ -Windrichtungsklasse [WRK] an den Messorten mobile LGM, LHY7 und LHY4 im Vergleich; basierend auf kontinuierlichen Messdaten im Zeitraum vom 24.01. – 23.07.2015.

In Tabelle 17 sind die mittleren Abweichungen zwischen Pulling und dem Messort LHY4 und der Hauptmessstation LHY7 mit Bezug auf die vier Windsektoren Nord, Ost, Süd und West sowie die Calmen (Windgeschwindigkeit  $<0,5 \text{ m/s}$ ) dargestellt.

Tabelle 17. Mittlere NO<sub>2</sub>-Konzentration und -differenz je Windsektor.

Windrichtungssektoren WRS	Mittelwert		Mobile			Differenz	Differenz
			LGM	LHY7	LHY4	Pulling/LHY7	Pulling/LHY4
Sektor	Von	bis	NO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>
			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)	046°	135°	25	17	20	8	5
2 (Süd)	136°	225°	23	21	24	2	-1
3 (West)	226°	315°	12	21	16	-10	-4
4 (Nord)	316°	045°	15	19	24	-4	-10
5 (Calmen)	<	0,5 m/s	21	24	36	-4	-16

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

Bei Betrachtung der östlichen Windrichtungen wurden an der mobilen LGM in Pulling um ca. 8 µg/m<sup>3</sup> bzw. 5 µg/m<sup>3</sup> höhere NO<sub>2</sub>-Konzentrationen im Vergleich zu der Hauptmessstation LHY7 bzw. Station LHY4 festgestellt. Der NO<sub>2</sub>-Anstieg zwischen der Station LHY4 und der mobilen LGM in Pulling von 5 µg/m<sup>3</sup> wurde wahrscheinlich durch die Autobahn A92 bzw. die Bundesstraße B11 und weiterer lokaler bodennaher Emittenten (Kies- und Asphaltwerk, sowie mehrere Biogasanlagen) verursacht. Eine genaue Quellzuordnung ist aufgrund der Vielzahl der Quellen nicht möglich. Ein Einfluss von landenden Flugzeugen ist wegen deren Höhe von ca. 250 m über der Messstation nicht anzunehmen.

Bei Betrachtung der westlichen Windrichtungen wurden an der mobilen LGM in Pulling im Vergleich zur Station LHY4 und zur Hauptmessstation LHY7 um ca. 4 µg/m<sup>3</sup> bzw. 10 µg/m<sup>3</sup> niedrigere NO<sub>2</sub>-Konzentrationen bestimmt. Ein Einfluss von in westliche Richtung startenden Flugzeugen auf die NO<sub>2</sub>-Konzentration in Pulling (mobile LGM) ist somit nicht feststellbar.

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

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

Tabelle 18. Kenngrößen der NO-Konzentration (Mobile LGM/ LHY7/ LHY4).

Kenngröße	Einheit	mobile LGM	LHY7	LHY4	39. BImSchV
		NO	NO	NO	
Mittelwert Januar 2015	µg/m <sup>3</sup>	3	6	3	
Mittelwert Februar 2015	µg/m <sup>3</sup>	10	12	17	
Mittelwert März 2015	µg/m <sup>3</sup>	6	5	12	
Mittelwert April 2015	µg/m <sup>3</sup>	4	4	8	
Mittelwert Mai 2015	µg/m <sup>3</sup>	2	3	4	
Mittelwert Juni 2015	µg/m <sup>3</sup>	2	2	3	
Mittelwert Juli 2015	µg/m <sup>3</sup>	3	2	5	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>-</b>
Max. 1-h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	147	144	270	
Min. 1-h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	1	1	1	
Verfügbarkeit %	%	98	98	99	

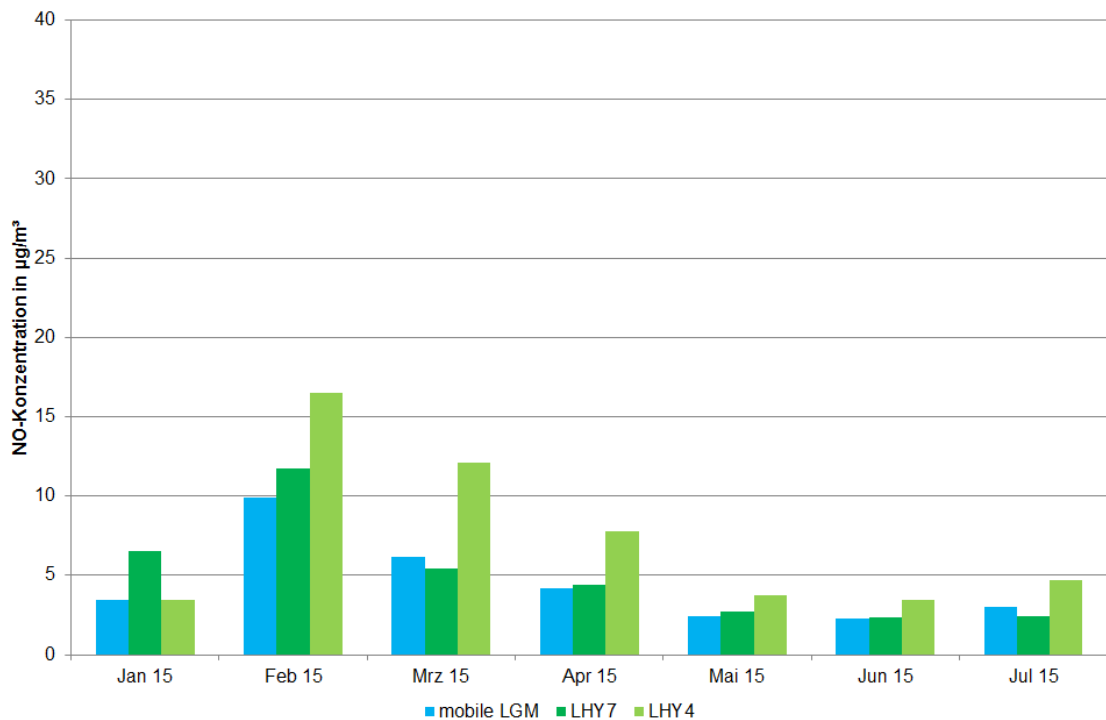


Abbildung 31. Verlauf der NO-Konzentration der mobilen LGM, der LHY4 und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 (Monatsmittelwerte).

Beim NO wurden wie beim NO<sub>2</sub> am Messort Pulling geringere Konzentrationen als an den beiden stationären Messorten LHY4 und LHY7 ermittelt.

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

In Tabelle 19 sind die statistischen Kenngrößen der SO<sub>2</sub>-Konzentration von Pulling und der Hauptmessstation LHY7 auf der Basis von Stundenmittelwerten zusammengefasst.

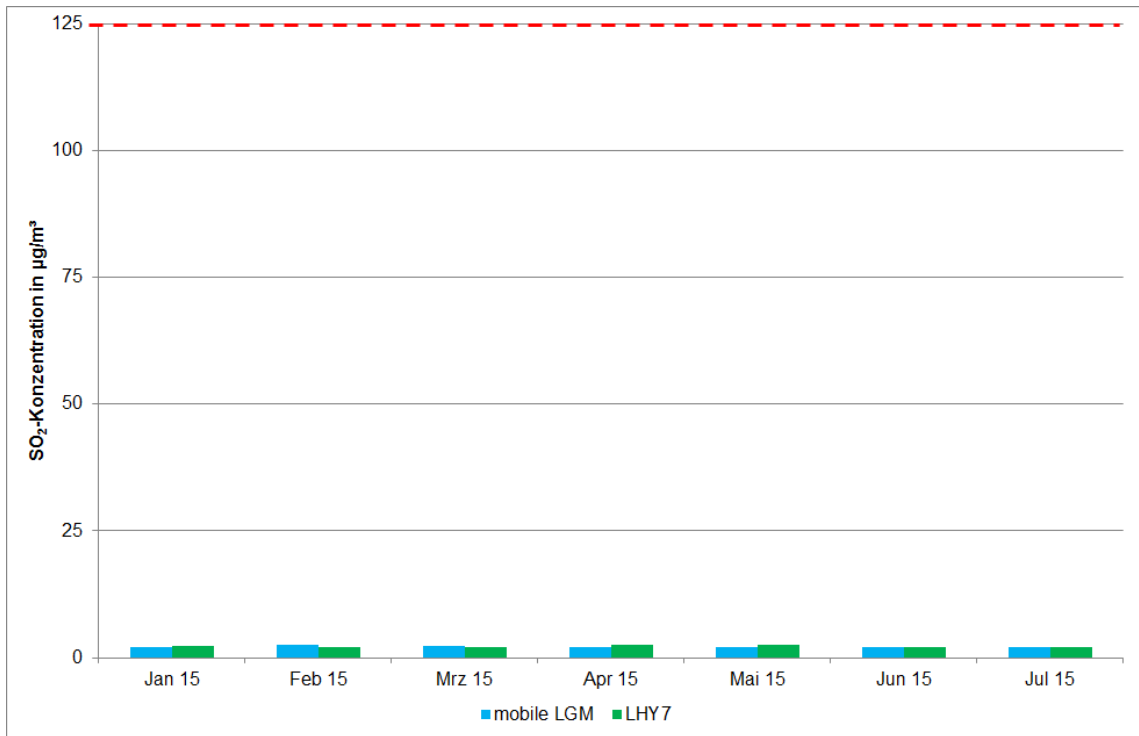
In Abbildung 32 sind die mittleren Verläufe der SO<sub>2</sub>-Konzentrationen für die beiden Messorte grafisch dargestellt.

Tabelle 19. Kenngrößen der SO<sub>2</sub>-Konzentration (Mobile LGM/ LHY7).

Kenngröße	Einheit	mobile LGM SO <sub>2</sub>	LHY7 SO <sub>2</sub>	39. BlmSchV
Mittelwert Januar 2015	µg/m <sup>3</sup>	2	2	
Mittelwert Februar 2015	µg/m <sup>3</sup>	2	2	
Mittelwert März 2015	µg/m <sup>3</sup>	2	2	
Mittelwert April 2015	µg/m <sup>3</sup>	2	2	
Mittelwert Mai 2015	µg/m <sup>3</sup>	2	2	
Mittelwert Juni 2015	µg/m <sup>3</sup>	2	2	
Mittelwert Juli 2015	µg/m <sup>3</sup>	2	2	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>-</b>
Max. 1-h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	7	14	
<b>1-h-Mittelwert &gt;350 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Anzahl</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>24<sup>1)</sup></b>
<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. 1-h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	2	2	
Verfügbarkeit %	%	98	98	

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

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



**Abbildung 32. Verlauf der SO<sub>2</sub>-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 [Monatsmittelwerte, Grenzwert für das Tagesmittel 125 µg/m<sup>3</sup> rot markiert].**

Die Monatsmittelwerte an den beiden Messstationen mobile LGM in Pulling und Hauptmessstation LHY7 lagen in allen Monaten im Bereich von 2 µg/m<sup>3</sup>. An beiden Messstationen wurden überwiegend Halbstundenmittelwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze von 2 µg/m<sup>3</sup> ermittelt. Ein typischer Jahrgang ist beim SO<sub>2</sub> aufgrund der geringen Konzentrationen nicht zu erkennen.

#### 7.4. Ozon [O<sub>3</sub>]

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

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



Tabelle 20. Kenngrößen der O<sub>3</sub> –Konzentration [Mobile LGM/ LHY7].

Kenngröße	Einheit	mobile	LHY7	39.
		LGM	O <sub>3</sub>	BlmSchV
Mittelwert Januar 2015	µg/m <sup>3</sup>	43	46	
Mittelwert Februar 2015	µg/m <sup>3</sup>	31	33	
Mittelwert März 2015	µg/m <sup>3</sup>	47	53	
Mittelwert April 2015	µg/m <sup>3</sup>	59	66	
Mittelwert Mai 2015	µg/m <sup>3</sup>	57	70	
Mittelwert Juni 2015	µg/m <sup>3</sup>	66	70	
Mittelwert Juli 2015	µg/m <sup>3</sup>	72	77	
<b>Mittelwert</b>	<b>µg/m<sup>3</sup></b>	<b>54</b>	<b>61</b>	<b>-</b>
Max. 1-h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	167	180	
<b>1-h-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>8-h-Mittelwert &gt;120 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>Anzahl</b>	<b>17</b>	<b>32</b>	<b>25<sup>2)</sup></b>
Min. 1-h-Mittelwert	µg/m <sup>3</sup>	3	3	
Verfügbarkeit %	%	98	98	

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

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

Die mittlere Ozonkonzentration in Pulling im Messzeitraum betrug 54 µg/m<sup>3</sup> und lag somit ca. 7 µg/m<sup>3</sup> unter dem Mittelwert der Hauptmessstation LHY7. In der Abbildung 33 ist der Verlauf der Ozonkonzentration in Pulling im Vergleich zur Hauptmessstation LHY7 grafisch dargestellt.

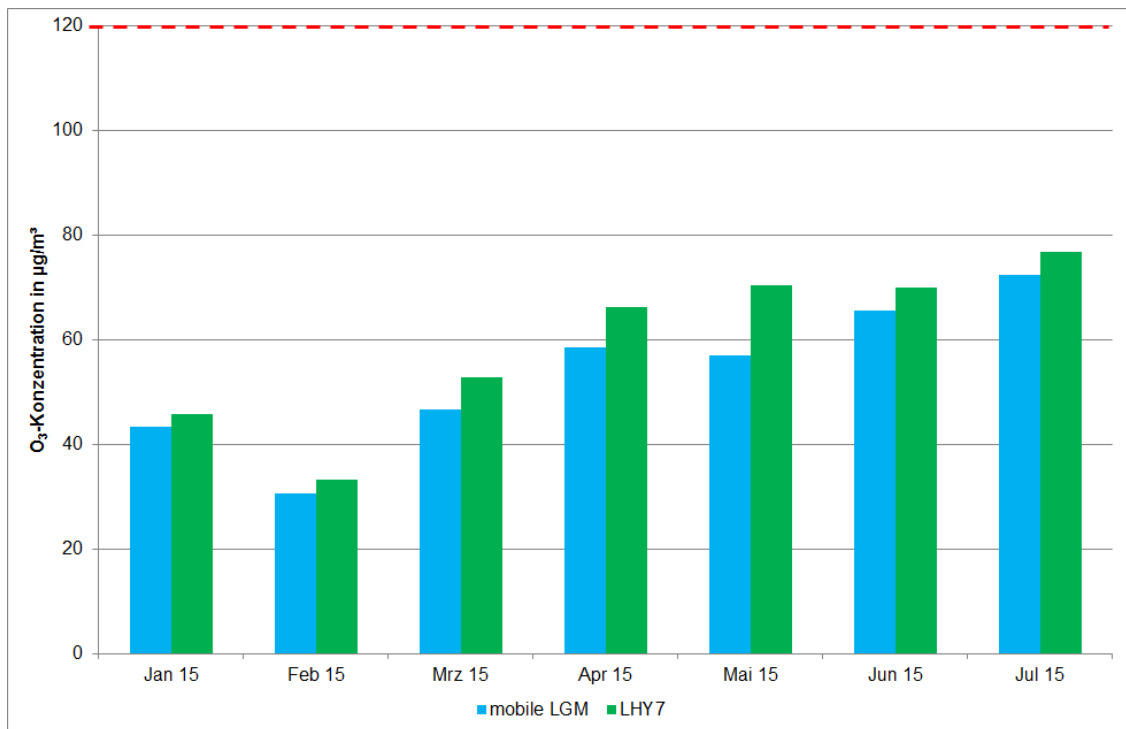


Abbildung 33. Verlauf der O<sub>3</sub>-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 [Monatsmittelwerte, Zielwert für den Tag von 120 µg/m<sup>3</sup> rot markiert].

Anhand des Verlaufs der Ozonkonzentration zeigen sich sehr gute Übereinstimmungen zwischen den beiden Messorten. Typischerweise wurden wie auch an den LÜB-Stationen in den Sommermonaten höhere Ozonkonzentrationen gemessen. Im Februar 2015 gab es durch den verstärkten Hochnebelanteil und die damit verringerte UV-Einstrahlung besonders niedrige Ozonkonzentrationen.

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

In Tabelle 21 sind Mittelwerte der BTEX- und n-Alkanmessungen von Pulling [mobile LGM] und der stationären Hauptmessstation LHY7 zusammengefasst.

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

Tabelle 21. Kenngrößen der BTEX- und n-Alkan-Konzentration [mobile LGM/ LHY7].

Messparameter	mobile LGM	LHY7	Beurteilungswert
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
<b>BTEX</b>	Benzol	0,4	5 <sup>1)</sup>
	Toluol	0,5	30 <sup>2)</sup>
	Ethylbenzol	0,1	880 <sup>3)</sup>
	m+p-Xylol	0,3	
	o-Xylol	0,1	
	$\Sigma$ Xylole	0,4	30 <sup>2)</sup>
<b>n-Alkane</b>	n-Hexan	0,09	
	n-Heptan	0,08	
	n-Oktan	0,04	
	n-Nonan	0,05	
	n-Dekan	0,06	
	n-Undekan	0,04	
	n-Dodekan	0,03	
	n-Tridekan	0,04	
	n-Tetradekan	0,04	
	<b><math>\Sigma</math> n-Alkane</b>	<b>0,47</b>	<b>0,87</b>

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

<sup>2)</sup> Zielwert für das Jahr (LAI)

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

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

Der Benzolmittelwert an der mobilen LGM in Pulling war mit  $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ca.  $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  niedriger als an der Hauptmessstation LHY7. Diese Tendenz konnte auch für die Parameter Toluol, Ethylbenzol und die Xylole festgestellt werden. Unter Berücksichtigung der Messunsicherheit sind die Differenzen zwischen den Messorten jedoch nicht signifikant.

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

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

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

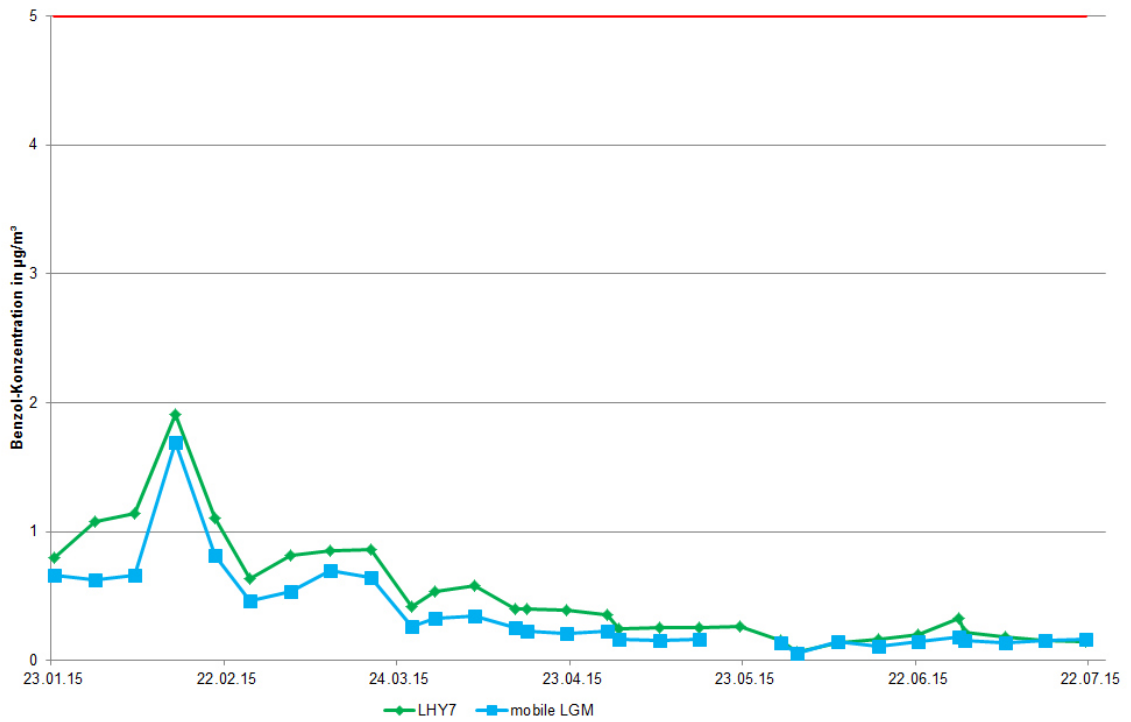


Abbildung 34. Verlauf der Benzol-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 [Wochenmittelwerte, Immissionsgrenzwert 5 µg/m³ rot markiert].

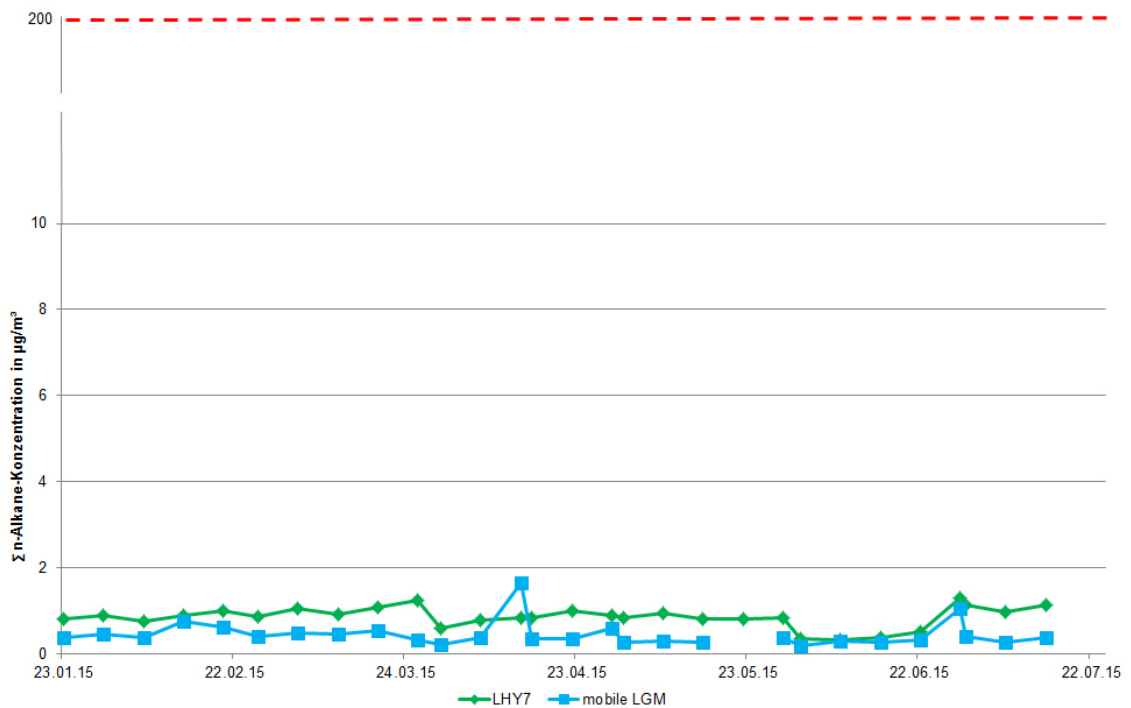


Abbildung 35. Verlauf der n-Alkan-Konzentration [Summe] der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 für den Messzeitraum 24.01. – 23.07.2015 [Wochenmittelwerte, hilfsweise herangezogenen Beurteilungswert für Innenräume von 200 µg/m³, rot markiert].

Anhand der Verläufe für die Benzol- und n-Alkankonzentrationen der mobilen Messstation Pulling und der Hauptmessstation LHY7 kann man gute Übereinstimmungen zwischen den Stationen erkennen.

## 7.6. Benzo[a]pyren

In Tabelle 22 und Abbildung 36 sind die gemessenen Benzo[a]pyren-Konzentrationen im PM<sub>10</sub> für die Messorte mobile LGM in Pulling und Hauptmessstation LHY7 als Monatsmittelwerte und Mittelwerte für den gesamten Messzeitraum dargestellt. Für die Hauptmessstation LHY7 bezieht sich der Messzeitraum auf den gesamten Januar 2015; für die mobile LGM in Pulling nur auf den Zeitraum 24. Januar bis 31. Januar 2015. Ein Vergleich in diesem Monat ist deshalb nur bedingt möglich, weshalb für die Mittelwertbildung nur die Monate Februar bis Juli berücksichtigt wurden.

Tabelle 22. Kenngrößen der Benzo[a]pyren -Konzentration [Mobile LGM/ LHY7].

Benzo(a)pyren im PM <sub>10</sub>	mobile LGM	LHY7	39. BImSchV
Januar 15	ng/m <sup>3</sup>	0,10 <sup>2)</sup>	0,36
Februar 15	ng/m <sup>3</sup>	0,39	0,34
März 15	ng/m <sup>3</sup>	0,40	0,27
April 15	ng/m <sup>3</sup>	0,11	0,09
Mai 15	ng/m <sup>3</sup>	0,04	0,04
Juni 15	ng/m <sup>3</sup>	0,02	0,02
Juli 15	ng/m <sup>3</sup>	0,01	0,01
<b>Mittelwert</b>	<b>ng/m<sup>3</sup></b>	<b>0,16</b>	<b>0,13</b>
			<b>1<sup>1)</sup></b>

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

<sup>2)</sup> Mittelwert für den Zeitraum von 24.01-31.01.15

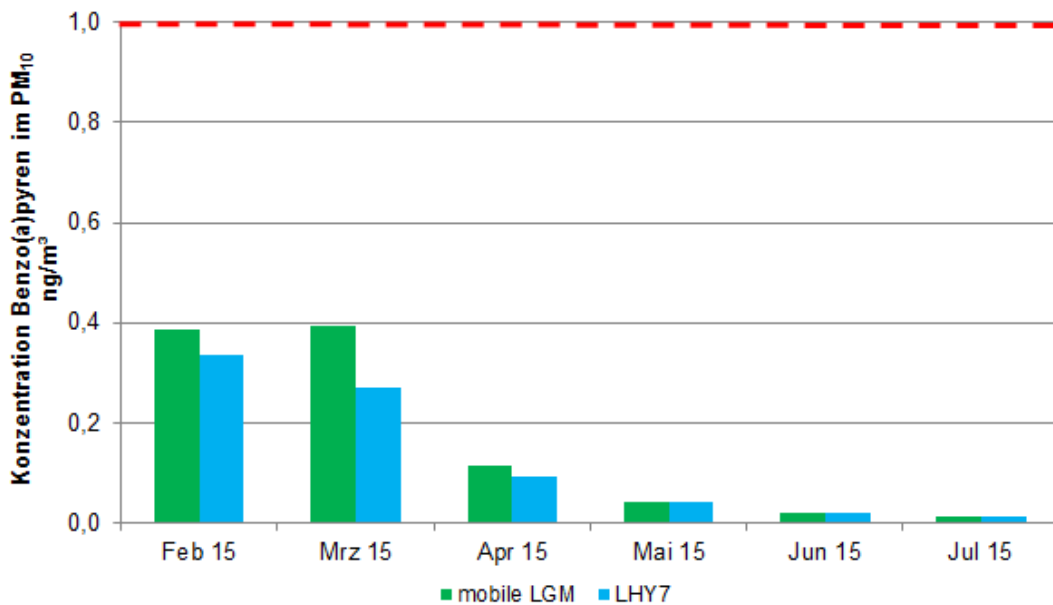


Abbildung 36. Vergleich der Benzo(a)pyren-Konzentration der mobilen LGM und der Hauptmessstation LHY7 [Monatsmittelwerte, Zielwert für das Jahr 1 µg/m<sup>3</sup> rot markiert].

An der mobilen LGM in Pulling wurde im Mittel eine Benzo(a)pyren-Konzentration von 0,16 ng/m<sup>3</sup> ermittelt. Die BaP-Konzentration an der Hauptmessstation LHY7 war mit 0,13 ng/m<sup>3</sup> geringfügig niedriger. Die Differenzen zwischen den Messorten liegen im Bereich der Messunsicherheit. Die höchsten Benzo(a)pyren-Konzentrationen wurden typischerweise in der Heizperiode, Januar bis März, ermittelt. Da Benzo(a)pyren u.a. ein Indikator für Holzfeuerungsanlagen ist, kann davon ausgegangen werden, dass die Benzo(a)pyren-Konzentrationen in Pulling durch lokale Emittenten (z. B. Holzfeuerungen) beeinflusst wurden.

Die großen jahreszeitlichen Schwankungen sind für Benzo(a)pyren charakteristisch.

## 8. Zusätzliche Vergleichsbetrachtungen

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

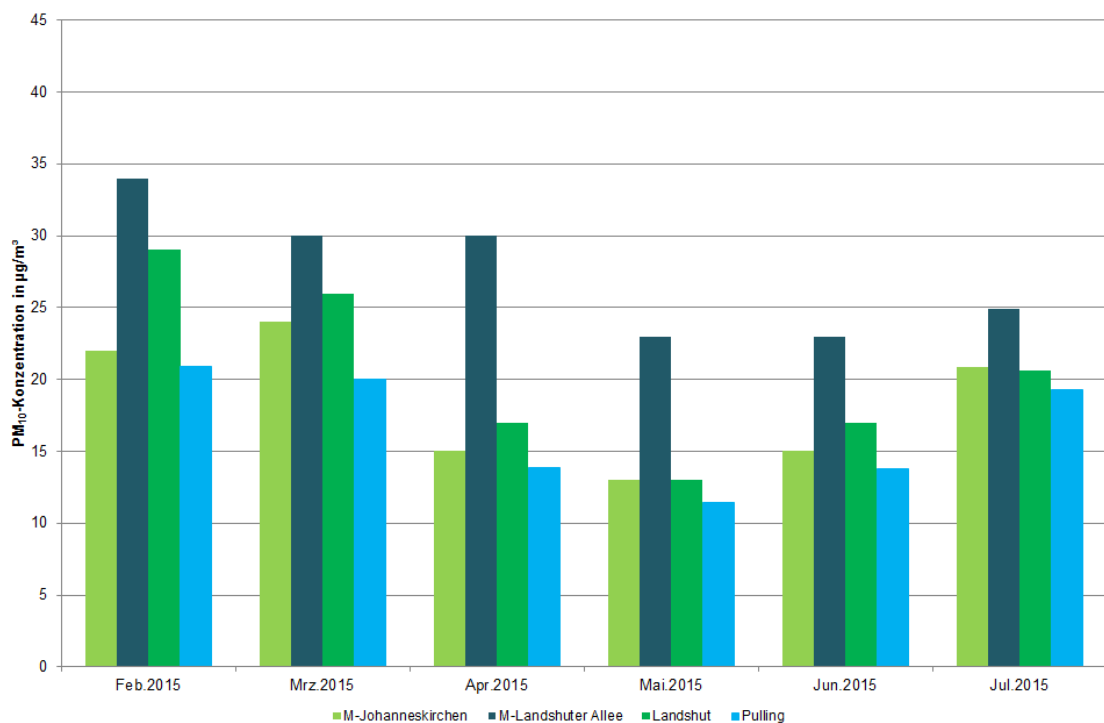
Für die Bewertung der ermittelten PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, NO<sub>2</sub> und O<sub>3</sub>-Konzentrationen werden die Monatsmittelwerte der Messungen am Messort in Pulling mit Messwerten des Lufthygienischen Landesüberwachungssystems Bayern (LÜB) des Bayerischen Landesamtes für Umwelt verglichen. Als Referenzstandorte wurden die LÜB-Stationen München-Stachus (städtisch/Verkehr) Landshut – Podewilsstraße (städtisch/Verkehr) bzw. München-Lothstraße (städtischer Hintergrund) und Johanneskirchen (vorstädtisch/ländlicher Hintergrund) ausgewählt. Der Vergleich erfolgte nur für Messmonate, die komplett erfasst wurden (Februar 2015 bis Juni 2015). Die LfU-Messdaten sind zudem nicht abschließend auf Plausibilität geprüft und somit als vorläufige Messdaten zu bezeichnen [27].

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

In Abbildung 37 bis Abbildung 40 sind zusätzlich die Verläufe der LÜB-Messstationen im Vergleich zur mobilen LGM in Pulling grafisch dargestellt. In den Abbildungen sind jeweils die Monatsmittelwerte für Februar bis Juni 2015 sowie der Mittelwert für Juli [bis 23. Juli 2015] dargestellt. Für den Juli 2015 waren keine Daten der LÜB-Messstation München-Landshuter Allee zum Vergleich verfügbar.

**Tabelle 23. Mittelwerte der LÜB-Stationen im Vergleich zur mobilen LGM in Pulling (Feb. bis Juni 2015).**

Messparameter	LÜB-Stationen				Pulling
	M-Lands- huter Allee	Lands- hut	M-Loth- straße	M- Johannes- kirchen	mobile LGM
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO <sub>2</sub> -Konzentration	84	28	33	22	18
PM <sub>10</sub> -Konzentration	29	20	19	18	16
PM <sub>2,5</sub> -Konzentration	16	-	13	13	13
O <sub>3</sub> -Konzentration	21	-	50	53	52



**Abbildung 37. Vergleich der PM<sub>10</sub>-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Pulling.**

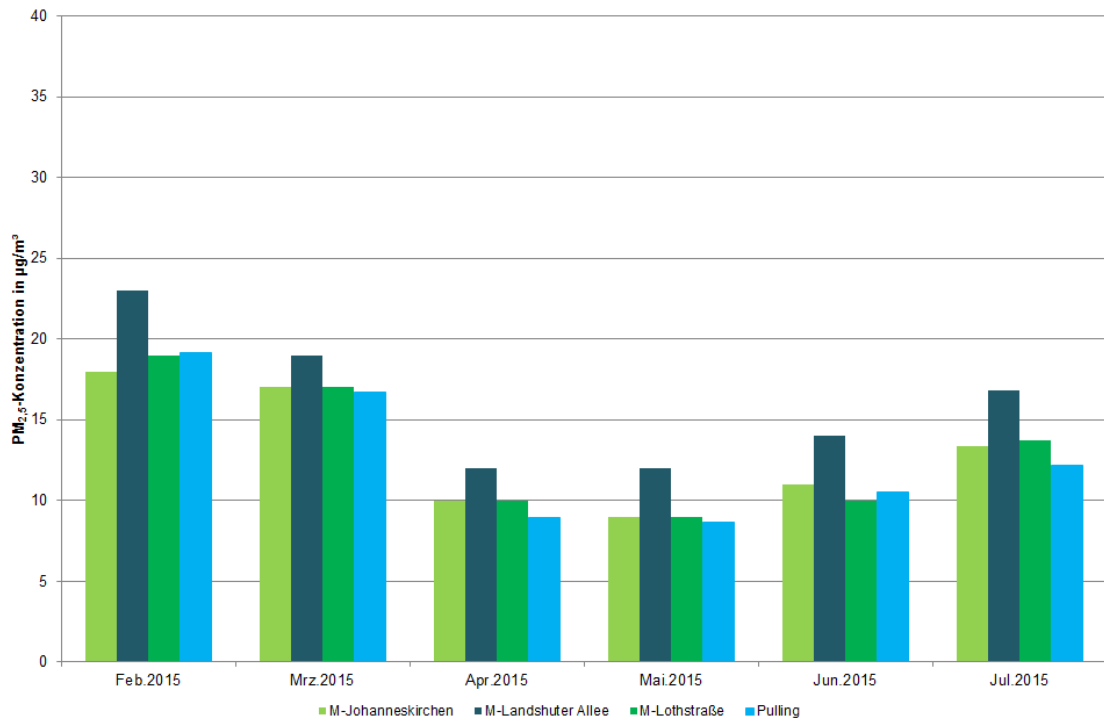


Abbildung 38. Vergleich der PM<sub>2,5</sub>-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Pulling.

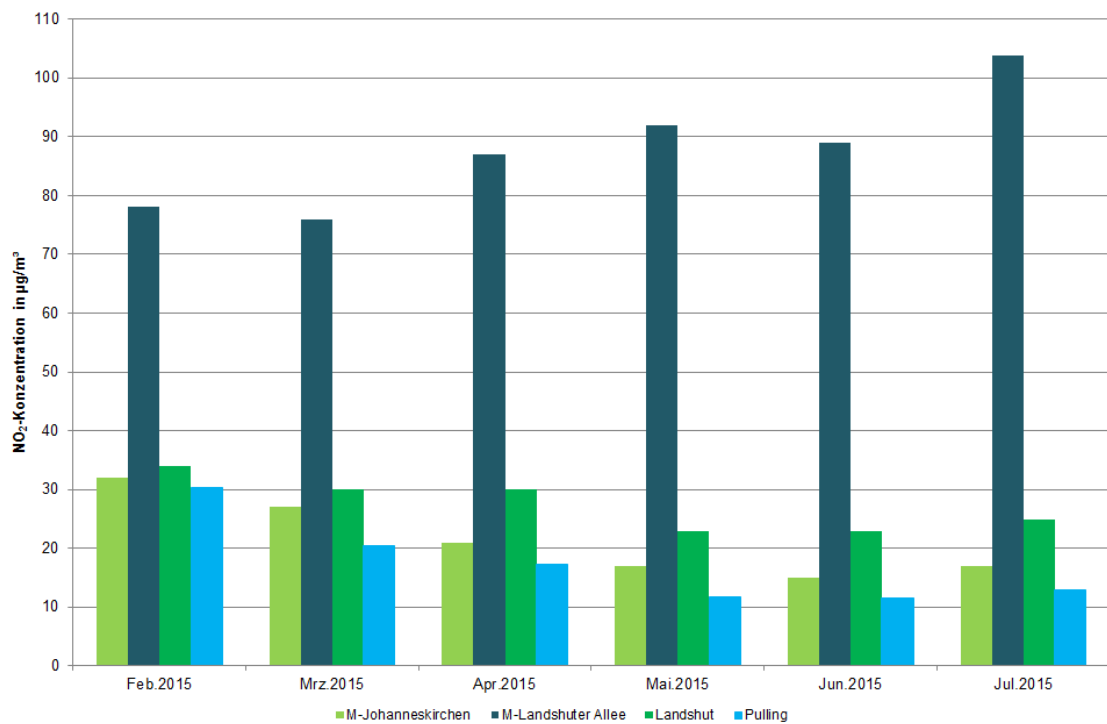
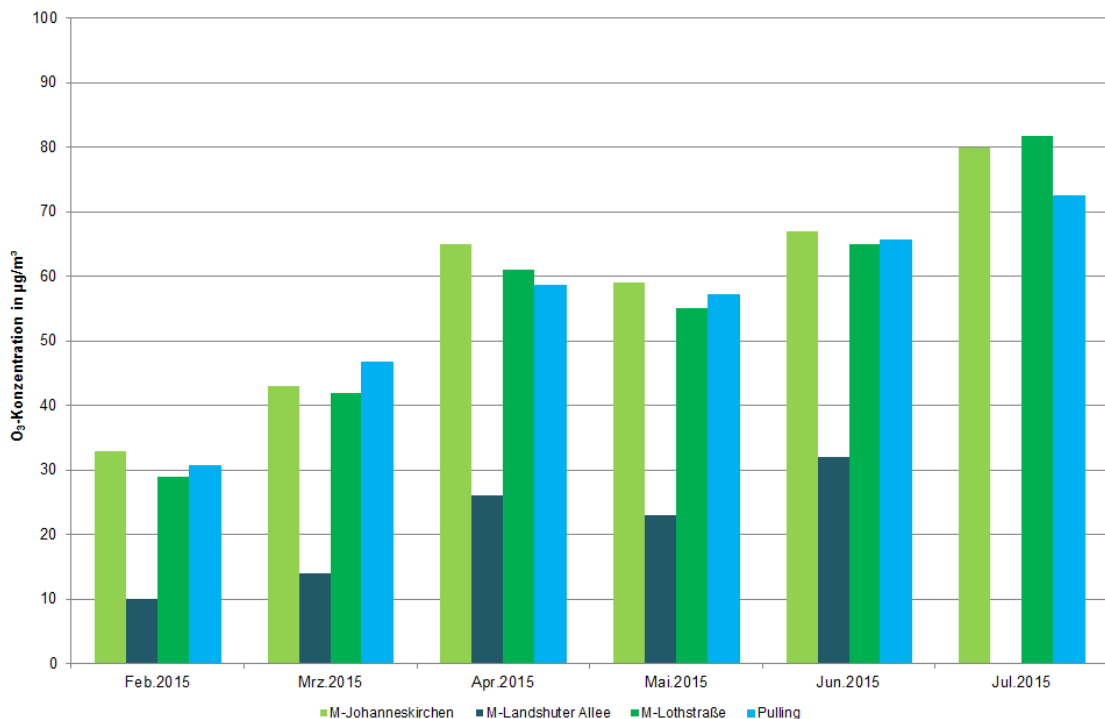


Abbildung 39. Vergleich der NO<sub>2</sub>-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Pulling.





**Abbildung 40. Vergleich der Ozon-Monatsmittelwerte LÜB – mobile LGM Pulling.**

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

So wurden sowohl bei den LÜB-Stationen, als auch an der mobilen LGM in Pulling, die höchsten Partikelbelastungen in den Monaten Februar 2015, März 2015 und Juli 2015 festgestellt.

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








## 8.2. Langzeit-Luftqualitätsindex

Zur Erleichterung der Beurteilung von Messergebnissen hat die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg einen Langzeit-Luftqualitätsindex (LaQx) für die Stoffe Benzol, Stickstoffdioxid [NO<sub>2</sub>], Schwefeldioxid [SO<sub>2</sub>] und die Partikel PM<sub>10</sub> erstellt [25].

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

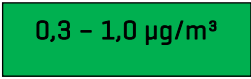
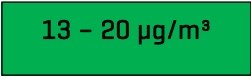
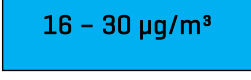
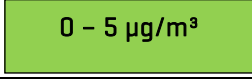
Der LaQx ist nach dem Schulnotensystem in die Klassen 1 („sehr gut“) bis 6 („sehr schlecht“) eingeteilt.

**Tabelle 24. Übersicht und Zusammenfassung des Langzeit-Luftqualitätsindex.**

Bewertung	Benzol [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	NO <sub>2</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	PM <sub>10</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	SO <sub>2</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	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 Langzeitluftqualitätsindex können die gemessenen mittleren Immissionskonzentrationen an Benzol, Stickstoffdioxid, Partikel PM<sub>10</sub> und Schwefeldioxid wie folgt bewertet werden.

**Tabelle 25. Bewertung der Luftqualität in Pulling.**

Parameter	Mittelwert des Messzeitraums	Bewertung	LaQx Klasse	Farbe
Benzol	0,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	gut	2	
NO <sub>2</sub>	18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	gut	2	
PM <sub>10</sub>	16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	befriedigend	3	
SO <sub>2</sub>	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	sehr gut	1	

Auch wenn der Messzeitraum nicht ein ganzes Jahr umfasste, kann im Analogieschluss, z. B. durch die unter 7 und 8.1 durchgeführten Vergleiche mit langjährig betriebenen Messstationen, die Luftgüte nach LaQx in Pulling für PM<sub>10</sub> als „befriedigend“, für Benzol und Stickstoffdioxid als „gut“ und für Schwefeldioxid als „sehr gut“ bezeichnet werden.

## 9. Zusammenfassung

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

Mit der mobilen Luftgütemessstation (mobile LGM) können neben den meteorologischen Randparametern, die immissionsseitig im Umfeld eines Flughafens relevanten Luftschadstoffe Partikel  $PM_{10}$  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.

Die Stadt Freising hatte mit ihrem Schreiben vom 04. Juli 2014 Interesse an der Durchführung mobiler Luftgütemessungen bekundet. Als erster Messort im Landkreis Freising wurde gemeinsam mit der Stadt Freising, der Bürgerinitiative Freising, dem Bayerischen Landesamt für Umwelt, der Flughafen München GmbH und der Müller-BBM GmbH der Stadtteil Pulling ausgewählt.

Geplanter Messbeginn war am 02. Januar 2015. Aufgrund von Bedenken der Bürgerinitiative Freising zum Standort der mobilen Luftgütemessstation am Kindergarten von Pulling, musste kurzfristig ein neuer Standort ausgewählt werden. Dieser neue Standort wurde am 13. Januar 2015 im Süden von Pulling gefunden. Aufgrund der Verlegung des Standortes und den damit verbundenen Verzögerungen konnten die Messungen erst zum 24. Januar 2015 gestartet werden.

Die Messungen wurden anschließend über einen Zeitraum von sechs Monaten, zwischen 24. Januar bis 23. Juli 2015 durchgeführt. Dieser Messzeitraum kann als repräsentativ angesehen werden, da sowohl Teile des Sommer- und des Winterhalbjahres erfasst wurden.

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

Tabelle 26. Vergleich Beurteilungswerte 39. BImSchV mit den Messwerten der mobilen LGM [Pulling]

Messparameter	39. BImSchV			mobile LGMPulling	
	Grenz- bzw. Zielwert		Zul. Überschreitung	Messwert	Zul. Überschreitung
Partikel PM <sub>10</sub>	Jahresgrenzwert	40 µg/m <sup>3</sup>	-	16 µg/m <sup>3</sup>	-
	Tagesgrenzwert	50 µg/m <sup>3</sup>	35	max. 40 µg/m <sup>3</sup>	0
Partikel PM <sub>2,5</sub>	Jahresgrenzwert	25 µg/m <sup>3</sup>	-	12 µg/m <sup>3</sup>	-
Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )	Jahresgrenzwert	40 µg/m <sup>3</sup>	-	18 µg/m <sup>3</sup>	-
	1-h-Grenzwert	200 µg/m <sup>3</sup>	18	max. 86 µg/m <sup>3</sup>	0
Ozon (O <sub>3</sub> )	1-h Infoschwelle	180 µg/m <sup>3</sup>	-	max. 167 µg/m <sup>3</sup>	-
	8-h-Zielwert für den Tag	120 µg/m <sup>3</sup>	25	max. 152 µg/m <sup>3</sup>	17
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	Tagesgrenzwert	125 µg/m <sup>3</sup>	3	max. 5 µg/m <sup>3</sup>	0
	1-h-Grenzwert	350 µg/m <sup>3</sup>	24	max. 7 µg/m <sup>3</sup>	0
Benzol	Jahresgrenzwert	5 µg/m <sup>3</sup>	-	0,4 µg/m <sup>3</sup>	-
Benzo(a)pyren	Jahreszielwert	1 ng/m <sup>3</sup>	-	0,16 ng/m <sup>3</sup>	-

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

- Bei den Partikelmessungen wurde für PM<sub>10</sub> ein Mittelwert von 16 µg/m<sup>3</sup> bzw. für PM<sub>2,5</sub> ein Mittelwert von 12 µg/m<sup>3</sup> ermittelt. Die Grenzwerte der 39. BImSchV für das Kalenderjahr für PM<sub>10</sub> von 40 µg/m<sup>3</sup> und für PM<sub>2,5</sub> von 25 µg/m<sup>3</sup> wurden somit deutlich unterschritten.  
Der maximal an 35 Tagen im Kalenderjahr zulässige Tagesmittelwert von 50 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>10</sub> wurde an keinem Kalendertag überschritten.  
Die Partikelimmissionen wurden zudem hauptsächlich durch die mesoskalige Immissions- und Ausbreitungssituation der bodennahen Atmosphäre gesteuert.
- Für Stickstoffdioxid [NO<sub>2</sub>] wurde an der mobilen LGM während des Messzeitraums ein Mittelwert von 18 µg/m<sup>3</sup> bestimmt. Der Grenzwert für das Jahresmittel von 40 µg/m<sup>3</sup> wurde sicher eingehalten. Der Stundenmittelwert von 200 µg/m<sup>3</sup>, mit 18 zulässigen Überschreitungen, wurde ebenfalls nicht überschritten.  
Auch die NO-Konzentration lag mit 5 µg/m<sup>3</sup> im Mittel auf einem sehr niedrigen, ländlichen Niveau.
- Bei den Ozonmessungen an der mobilen LGM wurde die in der 39. BImSchV festgelegte Informationsschwelle von 180 µg/m<sup>3</sup> als 1-Stunden-Mittelwert nicht überschritten. Der zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegte Zielwert beträgt 120 µg/m<sup>3</sup> als höchster 8-Stunden-Mittelwert während eines Tages bei 25 zugelassenen Überschreitungen pro Kalenderjahr. Der Wert ist seit 01.01.2010 einzuhalten, wobei die Überschreitungstage gemittelt über drei Jahre auszuwerten sind.  
Während der mobilen Luftgütemessungen in Pulling, wurde dieser Zielwert insgesamt 17 mal überschritten.

- Für Schwefeldioxid [SO<sub>2</sub>] wurde ein Mittelwert für den Messzeitraum von 2 µg/m<sup>3</sup> ermittelt. Der maximale Tagesmittelwert betrug 5 µg/m<sup>3</sup> und unterschreitet somit den Immissionswert für den Tag gemäß 39. BImSchV von 125 µg/m<sup>3</sup> deutlich. Der Immissionswert für das Stundenmittel von maximal 350 µg/m<sup>3</sup> gemäß 39. BImSchV wurde somit ebenfalls deutlich unterschritten. Zudem lagen 75 % aller SO<sub>2</sub>-Konzentrationen während des Messzeitraums unter der Bestimmungsgrenze von 2 µg/m<sup>3</sup>.
- Die mittlere Benzol-Konzentration betrug im Messzeitraum 0,4 µg/m<sup>3</sup>. Der Jahresgrenzwert der 39. BImSchV von 5 µg/m<sup>3</sup> wurde damit sicher eingehalten.
- Bei den zusätzlich bestimmten Komponenten Toluol, Xylol und Ethylbenzol wurden Mittelwerte weit unterhalb der jeweiligen Beurteilungswerte des Länderausschusses für Immissionsschutz [LAI] bestimmt.
- Der Halbjahresmittelwert der Summe der n-Alkane n-Hexan [C6] – n-Tetradekan [C14] lag an der mobilen LGM mit < 1 µg/m<sup>3</sup> auf einem sehr niedrigen Niveau. Ein Grenzwert für diese Parameter existiert nicht.  
Die gemessenen Werte liegen deutlich unter dem hilfswise herangezogenen Beurteilungswert für Innenräume von 200 µg/m<sup>3</sup>.  
Ein Kohlenwasserstoffmuster für Kerosin, bei dem typischerweise die n-Alkane n-Oktan bis n-Tridekan erhöht sind, konnte nicht nachgewiesen werden.
- Für Benzo[a]pyren wurde an der mobilen LGM in Pulling ein Mittelwert von 0,16 ng/m<sup>3</sup> festgestellt. Der Jahreszielwert gemäß 39. BImSchV von 1 ng/m<sup>3</sup> wurde somit deutlich unterschritten.

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

**Tabelle 27. Bewertung der Luftqualität in Pulling gemäß Langzeit-Luftqualitätsindex.**

Parameter	Mittelwert des Messzeitraums	Bewertung	LaQx Klasse	Farbe
Benzol	0,4 µg/m <sup>3</sup>	gut	2	0,3 – 1,0 µg/m <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	18 µg/m <sup>3</sup>	gut	2	13 – 20 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	16 µg/m <sup>3</sup>	befriedigend	3	16 – 30 µg/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	2 µg/m <sup>3</sup>	sehr gut	1	0 – 5 µg/m <sup>3</sup>

Auch wenn der Messzeitraum nicht ein ganzes Jahr umfasste, kann im Analogieschluss, z. B. durch die unter 7 und 8.1 durchgeführten Vergleiche mit langjährig betriebenen Messstationen, die Luftgüte nach LaQx in Pulling für  $PM_{10}$  als „befriedigend“, für Benzol und Stickstoffdioxid als „gut“ und für Schwefeldioxid als „sehr gut“ bezeichnet werden.

Der Vergleich der Messergebnisse der mobilen LGM in Pulling mit den LÜB-Messstationen zeigt gute Übereinstimmungen. Die Konzentrationen der mobilen LGM in Pulling waren während des Messzeitraums 24. Januar 2015 bis 23. Juli 2015 auf vergleichbarem Niveau bzw. unter den Konzentrationen der LÜB-Station München-Johanneskirchen. Das Konzentrationsniveau der mobilen Luftgütemessungen in Pulling kann somit als vorstädtisch bis ländlich bezeichnet werden.

Es zeigt sich auf den Messzeitraum 24. Januar 2015 bis 23. Juli 2015 bezogen ebenfalls eine gute Übereinstimmung zu den stationären Messstationen LHY7 und LHY4 des Flughafens Münchens. Die Luftqualität in Pulling kann deshalb zukünftig auch über die stationären Messstationen abgeschätzt werden.

## 10. Index

Alarmschwelle.....	35, 36	NO .....	10, 19, 31
Benzo[a]pyren .....	10, 30, 36	NO <sub>2</sub> .....	10, 19, 31, 36, 37
Benzol .....	10, 32, 36, 37	NO <sub>x</sub> .....	31
Emission.....	27	O <sub>3</sub> .....	10, 19, 31, 32, 33, 36
Emittenten.....	10	PAK.....	30
Feinstaub .....	10	PM <sub>10</sub> .....	10, 19, 29, 30, 36, 37
Grenzwert.....	36, 38	PM <sub>2,5</sub> .....	10, 19, 29, 30, 36
Immission .....	28	Richtwert .....	35, 37
Immissionsgrenzwert.....	35	Schadstoffe .....	10
Immissionsmessungen.....	10	SO <sub>2</sub> .....	10
Informationsschwelle.....	35, 36	SO <sub>2</sub> .....	19
Inversionswetterlagen.....	27	SO <sub>2</sub> .....	31
Länderarbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI) .....	35, 37	SO <sub>2</sub> .....	36
Luftqualitätsindex [LaQx] .....	37	SO <sub>2</sub> .....	46
Luftreinhaltepläne.....	34	SO <sub>2</sub> .....	64
n-Alkane .....	10, 19, 33, 36	Zielwert .....	35

## 11. Literatur

- [1] 3. BImSchV, Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes [Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen], BGBl. I S. 1065, 2. August 2010.
- [2] Müller-BBM, Bericht Nr. M90897/79, „Bericht „Flughafen München - Ergebnisse der mobilen Luftgütemessungen in Pulling [mobile LGM] – Messzeitraum 24.Januar – 23. Juli 2015“,“ 30.10.2015.
- [3] 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].
- [4] „Planetare Grenzschicht,“ 1998. [Online]. Available: <http://www.spektrum.de/lexikon/physik/planetare-grenzschicht/11314>. [Zugriff am 28 10 2015].
- [5] „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].
- [6] 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].
- [7] LANUV NRW, „Gesundheitliche Wirkungen von Feinstaub und Stickstoffdioxid im Zusammenhang mit der Luftreinhalteplanung,“ Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW, Recklinghausen, Januar 2012.
- [8] 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].
- [9] I. Tesseraux, Flugzeugemissionen und -immissionen - Belastungen für die Anwohner von Flughäfen. Handbuch für Bioklima und Lufthygiene, M. u. Turowski, Hrsg., Ecomed-Verlag, 3/2000.
- [10] „www.chemie.de,“ [Online]. Available: <http://www.chemie.de/>. [Zugriff am 28 10 2015].
- [11] „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].
- [12] 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].



- [13] LUA, Fachinformationen des Landesumweltamtes Nr. 12, Landesumweltamt, Hrsg., Brandenburg, 2005.
- [14] Vorläufige Messdaten der LÜB-Stationen, LfU Bayern, 2015.
- [15] HLfU, Hrsg., Schadstoffbelastungen durch den Flugverkehr, Bd. Heft 260, Hessische Landesanstalt für Umwelt, 1999.
- [16] 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].
- [17] 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].
- [18] Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte, „Festgelegter Richtwert II für C9-C14-Alkane / Isoalkane (aromatenarm),“ 2012. [Online]. Available: <http://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-arbeitsgruppen/ad-hoc-arbeitsgruppe-innenraumrichtwerte>.
- [19] RL 2008/50/EG, Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa, A. d. e. Union, Hrsg., 11.06.2008.
- [20] BImSchG, Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge – Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) vom 26. September 2002 (BGBl I S. 3830), zuletzt geändert am 2. Juli 2013, 2013.
- [21] TA-Luft, Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 24. Juli 2002 (GMBl. Nr. 25 - 29 vom 30.07.2002 S. 511), 2012.
- [22] VDI 2310, Richtlinienreihe zu Maximalen Immissionswerten zum Schutz der Vegetation, zum Schutz des Menschen und zum Schutz landwirtschaftlicher Nutztiere.
- [23] VDI 3957, Biologische Messverfahren zur Ermittlung und Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Pflanzen (Bioindikation) – Emittentenbezogener Einsatz pflanzlicher Bioindikatoren, Bd. Blatt 10, 2004 - 12.
- [24] TRGS 900, Technische Regeln für Gefahrstoffe 900, G. 2. S.271-274, Hrsg., zuletzt geändert und ergänzt am 02.04.2014.
- [25] LUBW, „Ermittlung des Langzeit-Luftqualitätsindex (LaQx),“ 2014. [Online]. Available: <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/20148/>.

- [26] LAI, „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.
- [27] LfU, „email des Bayerischen Landesamtes für Umwelt: Übermittlung der vorläufigen Messdaten,“ 09. Juli 2015.

## **Danksagung**

Dank gilt Familie Haller für die Bereitschaft, ihr Grundstück als Standort für die mobile Luftgütemessstation zur Verfügung zu stellen, dem Bayerischen Landesamt für Umwelt, insbesondere Herrn Regierungsdirektor Dr. Heinz Ott, für die fachliche Beratung, dem akkreditierten Prüflaboratorium Müller-BBM für das außerordentliche Engagement sowie allen weiteren an der Durchführung der Messkampagne in Pulling 2015 Beteiligten, namentlich Herrn Hans-Peter Melzl, Herrn Stefan Kaun, Frau Katharina Kamilli und Frau Melanie Richter vom Flughafen München, Umweltabteilung, und nicht zuletzt der Stadt Freising, Herrn Stadtdirektor Gerhard Koch und Frau Beate Metz.

## **Impressum**

### **Herausgeber**

Flughafen München GmbH  
Recht, Gremien, Compliance und Umwelt  
Postfach 23 17 55  
85326 München  
[www.munich-airport.de](http://www.munich-airport.de)

### **Redaktion**

Konzerneinheit Projektteam Kapazitäten und Umwelt

### **Fotos und Grafiken**

Flughafen München GmbH, Müller-BBM GmbH

### **Weitere Informationen / Fragen**

<http://www.munich-airport.de/de/company/umwelt/index.jsp>  
[umwelt@munich-airport.de](mailto:umwelt@munich-airport.de)  
089/975-40460

30. Oktober 2015