



Fluglärm-Monitoring der Stabsstelle für Fluglärmschutz der Stadt Frankfurt am Main

3. Quartal 2020

Inhalt

1. Ausgangslage3

1.1 Standorte der städtischen Lärmessstationen3

1.2 Betriebsrichtung6

1.3 Flugbewegungen10

2. Diagramme und Erläuterungen11

2.1 Dauerschallpegel L_{Tag} (6 bis 22 Uhr)11

2.2 Dauerschallpegel L_{Nacht} (0 bis 6 Uhr und 22 bis 24 Uhr)11

2.3 Lärmindex L_{den} (0 bis 24 Uhr)14

2.4 Anzahl der Lärmereignisse über 68 dB (A) nachts14

3. Zusammenfassung17

4. Quellennachweis18

1. Ausgangslage

Im vorliegenden Bericht wird die Fluglärmsituation während der Corona-Pandemie im 3. Quartal 2020 in Frankfurt am Main dargestellt. Es wird u. a. auf die Betriebsrichtungsverteilung, auf die Dauerschallpegel am Tag und in der Nacht und auf die durchschnittliche Anzahl der nächtlichen Lärmereignisse eingegangen.

Zur Plausibilitätsprüfung einzelner Schallereignisse und zur Trennung von tatsächlichem Fluglärm und Umgebungslärm an den jeweiligen Fluglärmmessstationen werden als Referenz Flugverlaufsdaten verwendet. Nicht erfasste Flugbewegungen führen dazu, dass die Ereigniserkennung an den Messstationen schlechter wird. Die Erfassungsrate des Deutschen Fluglärmdienstes e. V. (DFLD e. V.) lag im 3. Quartal 2020 bei rund 98 Prozent.

1.1 Standorte der städtischen Lärmessstationen

Die ersten Lärmessgeräte wurden von Seiten der Stadt Frankfurt am Main bereits 2007 in Betrieb genommen. Zwei Stationen sind in Sachsenhausen und Oberrad installiert und jeweils eine in Niederrad, Goldstein, Bergen-Enkheim und im Gallus.

Vier städtische Messgeräte sind auf Schulgeländen installiert:

- Sachsenhausen, Sachsenhäuser Landwehrweg – Martin-Buber-Schule
- Niederrad, Else-Alken-Straße – Friedrich-Fröbel-Schule
- Goldstein, Am Wiesenhof – Goldsteinschule
- Gallus, Schwalbacher Straße – Paul-Hindemith-Schule

Die vier weiteren Lärmessgeräte wurden in Wohngebieten bzw. Mischgebieten errichtet:

- Oberrad, Buchrainstraße – Mischgebiet
- Oberrad, Alter Friedhof – Wohngebiet
- Sachsenhausen, Wilhelm-Beer-Weg – Wohngebiet
- Bergen-Enkheim, Am Pohlsberg – Wohngebiet

Die aufgeführten Standorte sind im Überblick in Abbildung 1 dargestellt.

Bei der Messstation in Goldstein fiel bereits im Rahmen der Auswertung zum 4. Quartal 2018 in Teilen auf, dass große Schwierigkeiten bestehen Fluglärmgeräusche von Hintergrundgeräuschen zu separieren. Der Umstand hat sich während der Datenprüfung zum 1. Quartal und auch zum 2. Quartal 2019 bestätigt. Für die Betriebsrichtung 25 können die Messwerte in Goldstein nicht bewertet werden. Die übrigen Daten sind für die Station in Goldstein leider nicht aussagekräftig, deshalb wird auf die Messstation in Goldstein bis auf weiteres in den Diagrammen und Erläuterungen im folgenden Bericht nicht weiter eingegangen.

Alle Messgeräte der Stadt Frankfurt am Main sind sog. Klasse 1 Schallpegelmesser. Es handelt sich um hochwertige, professionelle Geräte, die regelmäßig gewartet werden, damit sie lange Zeit verlässliche Messwerte liefern.

Die Messungen der Stadt erfolgen nicht nach DIN 45643 (Messung und Beurteilung von Fluggeräuschen). Die Norm befasst sich mit Kenngrößen zur Beschreibung und Beurteilung von Fluggeräuschen. Sie beschreibt zudem die Anforderungen an Messgeräte, Messanlagen und die Auswertung für unbeobachtete Messungen. Einige Anforderungen an den Messstandort werden bei den Messgeräten der Stadt Frankfurt am Main teilweise nicht eingehalten.

Die Messwerte der städtischen Schallpegelmesser werden auf den Internetseiten des Deutschen Fluglärmdienstes e.V. ([DFLD](#)) veröffentlicht. Dort kann jede Station einzeln betrachtet werden und es sind unterschiedliche Auswertungen möglich. Die Messwerte bilden die Datenbasis für die in [Kapitel 2](#) erstellten Diagramme.

Des Weiteren werden die Messungen auch auf der Homepage des Umwelt- und Nachbarschaftshauses (UNH) unter folgendem Link publiziert <https://www.umwelthaus.org/fluglaerm/anwendungen-service/innaa-air-traffic-noise/>.

Monitoring der Stabsstelle für Fluglärm - Fluglärm

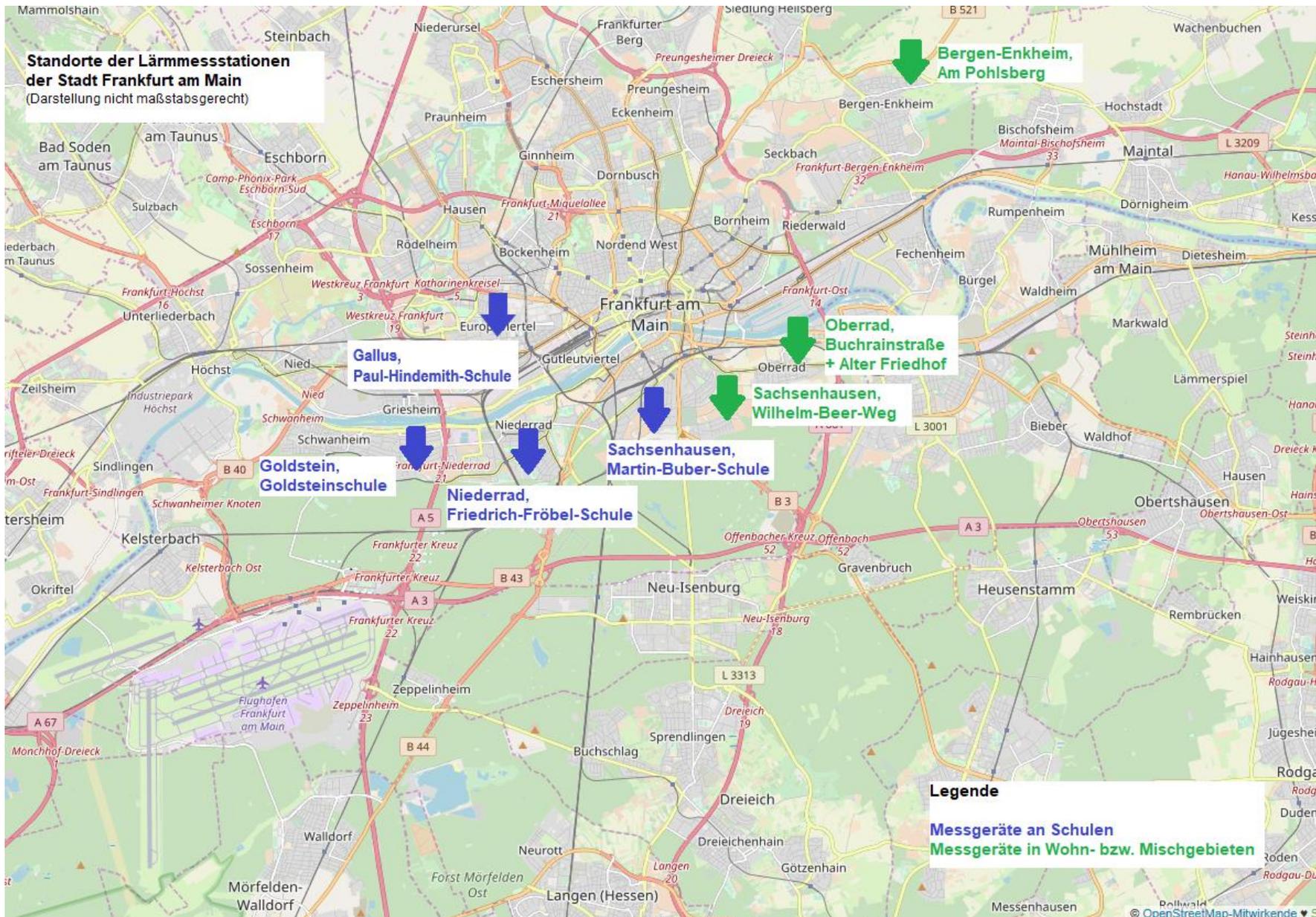


Abbildung 1: Standorte der städtischen Lärmessstationen (Ausschnitt OpenStreetMap, bearbeitet, nicht maßstabsgerecht)

1.2 Betriebsrichtung

Flugzeuge starten und landen grundsätzlich gegen den Wind. Deshalb finden in Abhängigkeit der vorherrschenden Windrichtung und Windstärke Wechsel der Start- und Landerichtung, der sogenannten Betriebsrichtung (BR) statt. Kommt der Wind aus dem Osten wird die Betriebsrichtung Ost (BR 07) angewendet, d.h. die Flugrichtung verläuft von West nach Ost. Weht der Wind aus dem Westen, wird zur Betriebsrichtung West (BR 25) gewechselt, die Flugrichtung verläuft nun von Ost nach West. Auf internationaler Ebene wird grundlegend festgelegt mit wieviel Rückenwind ([Rückenwindkomponente](#)) eine Start- und Landebahn benutzt werden darf. Daraus ergibt sich dann ein möglicher Wechsel der Betriebsrichtung. Bis zu 5 Knoten Rückenwind darf derzeit am Frankfurter Flughafen eine Betriebsrichtung aufrechterhalten werden. Das Stadtgebiet von Frankfurt am Main ist bei beiden Betriebsrichtungen belastet. Zudem kann die Startbahn West weitgehend unabhängig von beiden Betriebsrichtungen genutzt werden. Starts von der Startbahn West haben keinen Einfluss auf die Lärmentwicklung in Frankfurt am Main und sollen in diesem Bericht nicht weiter behandelt werden.

Bei BR 25 ist der Süden von Frankfurt am Main durch den Landeanflug vorwiegend von Lärm betroffen, bei BR 07 wirken sich die Starts verstärkt auf Niederrad, Oberrad und zusätzlich auf Bergen-Enkheim und das Gallusviertel inkl. Europaviertel aus. In den Abbildungen 2 und 3 sind die Standorte der städtischen Lärmmessstationen bei den unterschiedlichen Betriebsrichtungen bei Nutzung des gesamten Bahnsystems veranschaulicht.

Da der Wind in Mittel- und Westeuropa in der Regel aus westlicher Richtung weht, ist die vorherrschende Betriebsrichtung am Frankfurter Flughafen BR 25. Dennoch gab es z.B. im Sommer 2018 über mehrere Tage eine stabile Ostwetterlage, d.h. die BR 07 wurde in diesem Zeitraum überwiegend angewendet.

In Diagramm 1 ist die Betriebsrichtungsverteilung am Frankfurter Flughafen von Juli bis September 2020 im Vergleich zu den Gesamtjahren 2019, 2018 und 2017 dargestellt.

Im 3. Quartal 2020 herrschte in allen drei Monaten die Betriebsrichtung West vor. Im Juli wurde die BR 25 zu 68 Prozent angewendet, in den Monaten August und September zu 65 Prozent. Die Betriebsrichtungsverteilung im 3. Quartal 2020 kommt der Verteilung im Gesamtjahr 2019 sehr nah. Der langjährige Durchschnitt kann mit 70 Prozent Westbetrieb und 30 Prozent Ostbetrieb beziffert werden. Zur Verringerung der Flugbewegungszahlen aufgrund der weltweiten Corona-Pandemie wirkt sich die Betriebsrichtungsverteilung zusätzlich auf die Dauerschallpegel der einzelnen Messstationen aus.

Betriebsrichtungsverteilung 3. Quartal 2020
 (Quelle: Daten des HMWEVW, schriftlicher Bericht zur 248. und 254. FLK-Sitzung,
 Daten der Fraport AG, Daten des DFLD e.V.)

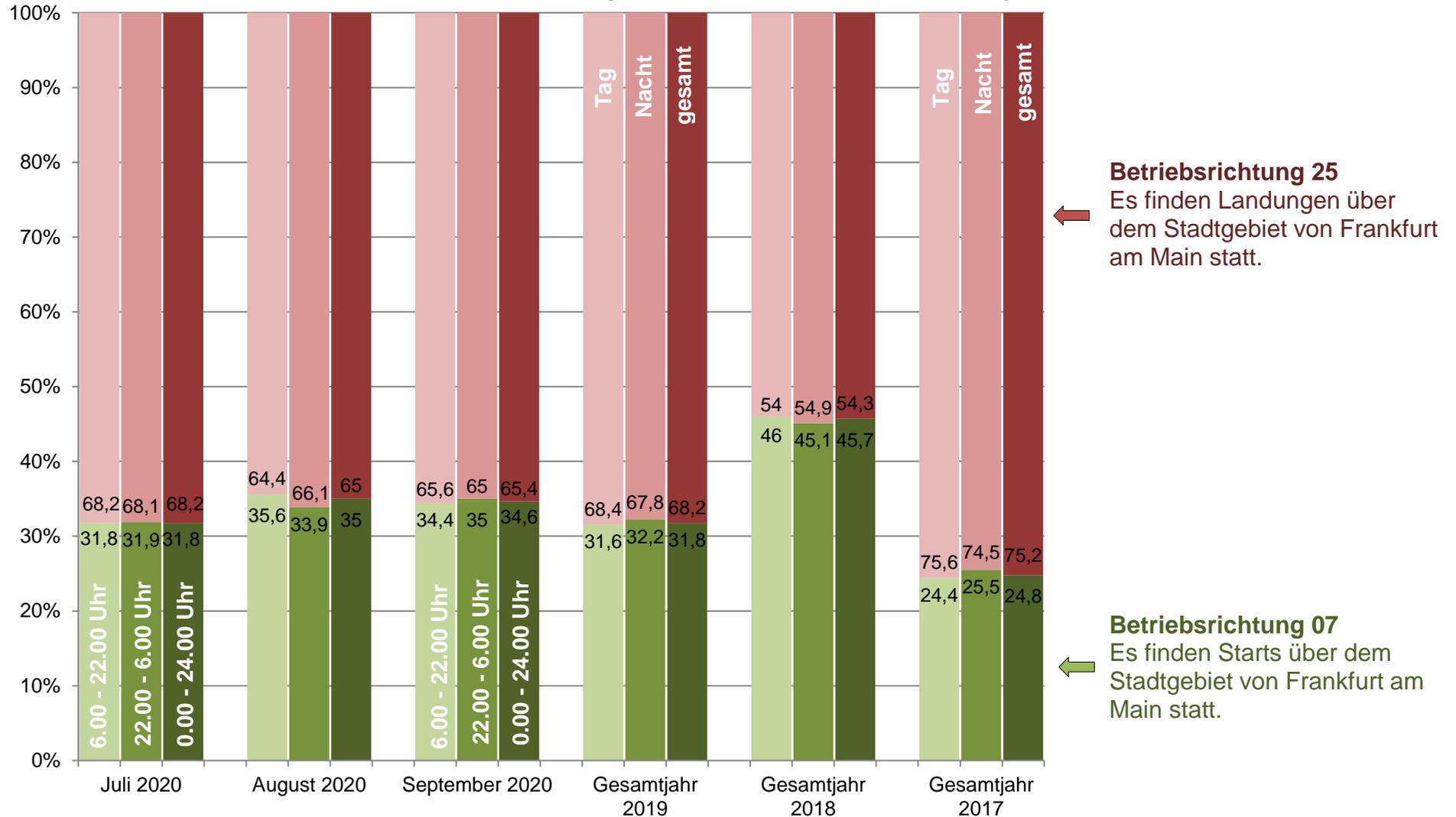


Diagramm 1: Betriebsrichtungsverteilung am Frankfurter Flughafen im 3. Quartal 2020 im Vergleich zu den Gesamtjahren 2017, 2018 und 2019

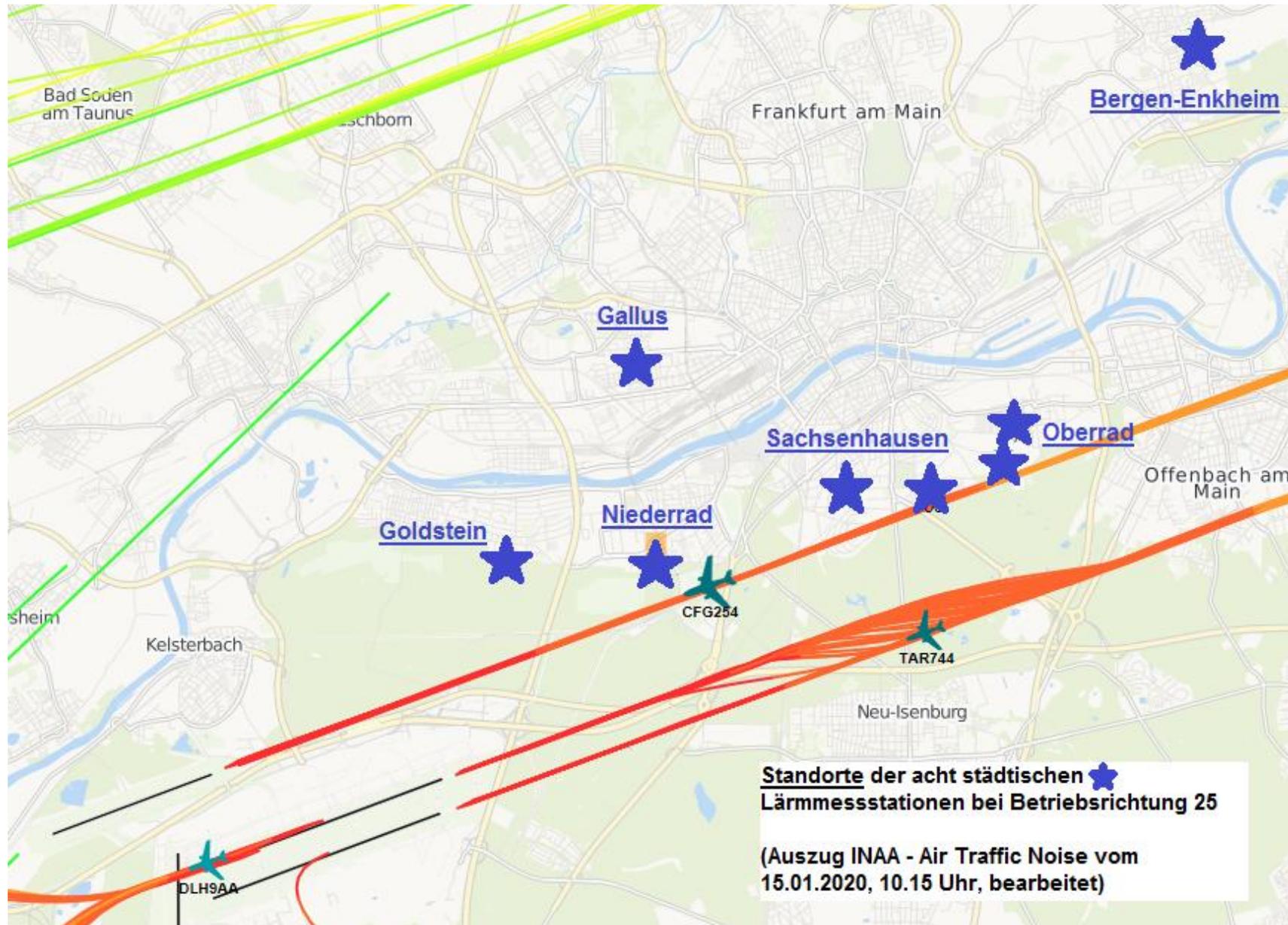


Abbildung 2: Standorte der städtischen Lärmmessstationen bei Betriebsrichtung 25, Ansicht mit 4h-Flugspuren
(Auszug INAA – Air Traffic Noise vom 15.01.2020, 10.15 Uhr, bearbeitet, nicht maßstabsgerecht)

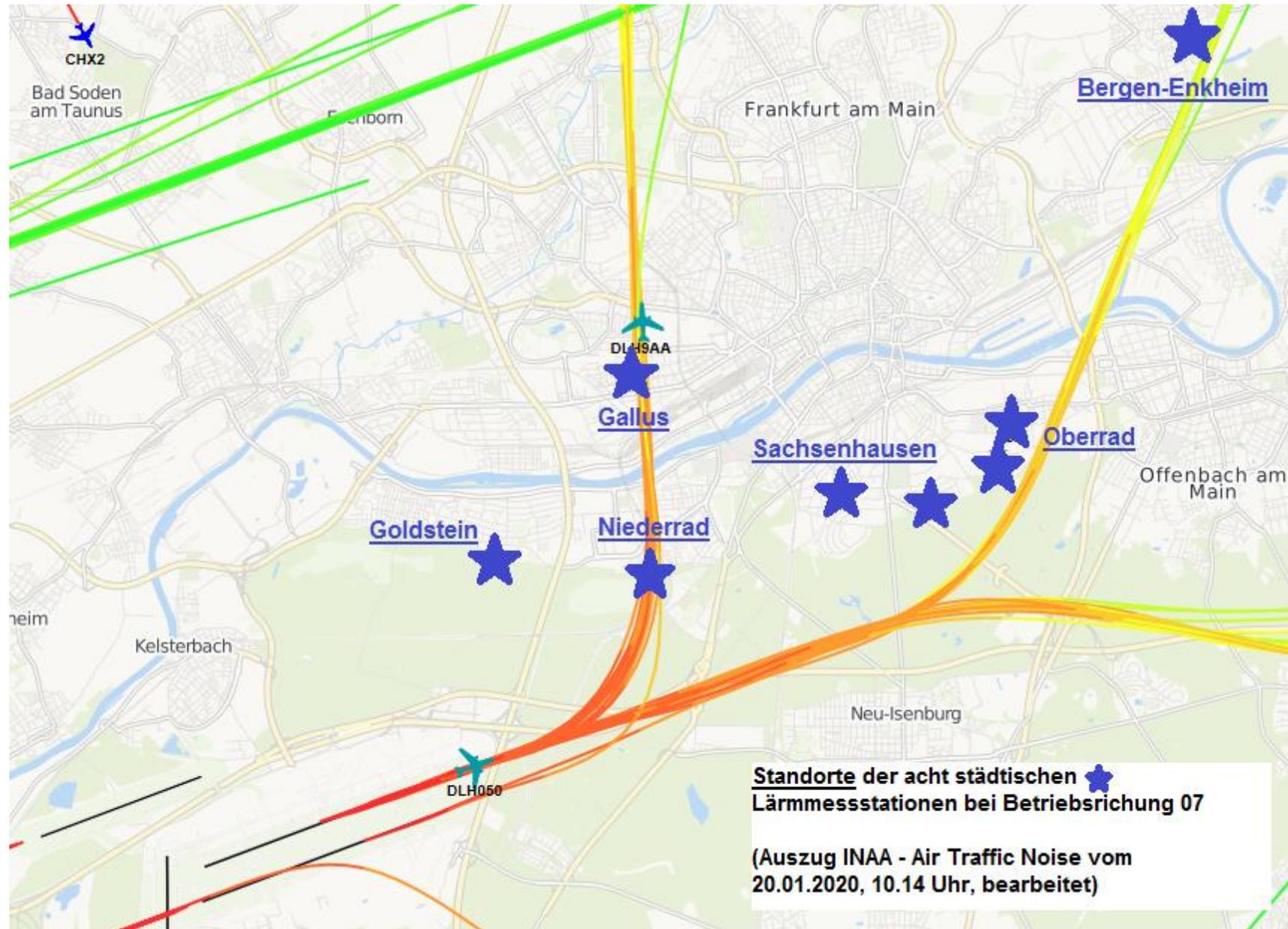


Abbildung 3: Standorte der städtischen Lärmmessstationen bei Betriebsrichtung 07, Ansicht mit 4h-Flugspuren (Auszug INAA – Air Traffic Noise vom 20.01.2020, 10.14 Uhr, bearbeitet, nicht maßstabsgerecht)

1.3 Flugbewegungen

Durch die weltweite Corona-Pandemie sind die Flugbewegungszahlen auch im 3. Quartal 2020 auf einem niedrigen Niveau. Das hat einen Einfluss auf die Lärmsituation in Frankfurt am Main. In Diagramm 2 ist die Entwicklung der Starts und Landungen über dem Frankfurter Süden von Juli bis September 2020 im direkten Vergleich zum Jahr 2019 dargestellt. Landungen auf der Northwest Landebahn bei Betriebsrichtung 25 und Starts (Ostbetrieb) und Landungen (Westbetrieb) auf der Centerbahn wirken sich auf die Lärmentwicklung im Frankfurter Süden aus. Stadtgebiete wie Bergen-Enkheim und das Gallus sind bei Ostbetrieb von startenden Flugzeugen betroffen. Seit Anfang Juli ist die Landebahn Northwest wieder in Betrieb, was sich folgerichtig auf die Anzahl der Flugbewegungen über dem Frankfurter Stadtgebiet auswirkt. Der Einfluss auf die Lärmesswerte wird in [Kapitel 2](#) anhand der einzelnen Dauerschallpegel näher betrachtet.

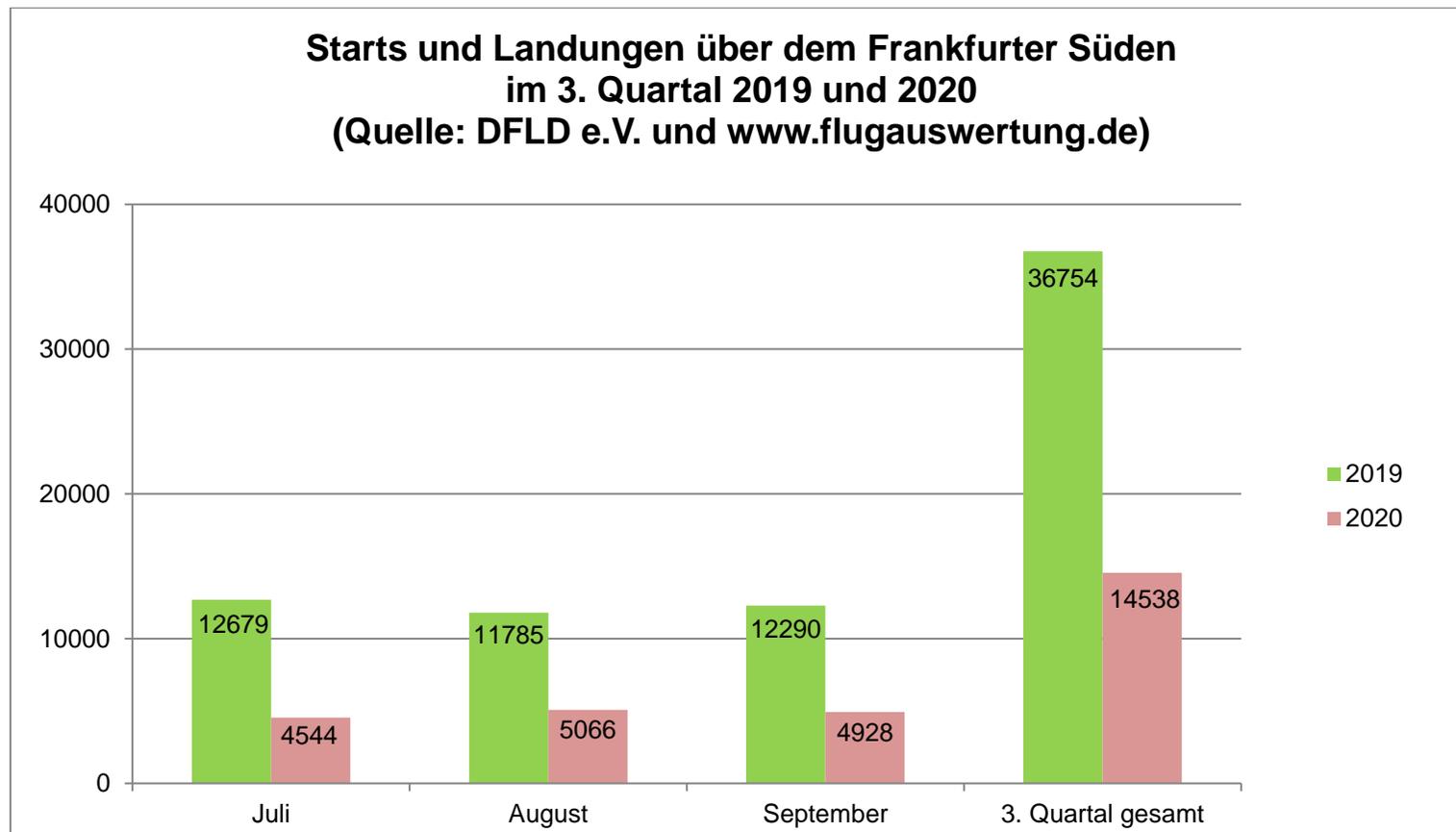


Diagramm 2: Starts und Landungen über dem Frankfurter Süden im 3. Quartal 2019 und 2020

2. Diagramme und Erläuterungen

2.1 Dauerschallpegel L_{Tag} (6 bis 22 Uhr)

Der energieäquivalente Dauerschallpegel ist ein Maß für eine durchschnittliche Lärmbelastung in einem definierten Zeitraum. Er ist ein „Mittelungspegel“, d.h. er stellt einen „Mittelwert“ für den betrachteten Zeitraum dar. Daher sollte beachtet werden, dass der Dauerschallpegel nur dann einigermaßen dem menschlichen Empfinden entspricht, wenn sich der Schalldruck während des definierten Zeitraumes nicht allzu stark ändert, d.h. wenn Schallereignisse auftreten, die sich in der Intensität nicht zu stark voneinander unterscheiden. Wenn über einen langen Zeitraum wenige aber durchaus von den Betroffenen als laut wahrgenommene und damit störende Ereignisse auftreten, ist der Dauerschallpegel für die Interpretation weniger geeignet. In der Nacht kommen weitere Kriterien ([siehe Kapitel 2.4](#)) zum Einsatz.

In Diagramm 3 ist der Dauerschallpegel für den Tag (6 bis 22 Uhr) für die städtischen Lärmmessstationen im 3. Quartal 2020 im Vergleich zum Jahr 2019 dargestellt. Die geringe Anzahl an Flugbewegungen ist an allen Standorten anhand des Dauerschallpegels erkennbar. Zudem ist der Unterschied zum Vorjahr deutlich ablesbar. Die Werte der einzelnen Stationen sind im gesamten Quartal jeweils auf einem ähnlich niedrigen Niveau geblieben, wobei an fast allen Stationen eine Steigerung des Dauerschallpegels zum August hin zu erkennen ist. Diese Erkenntnis deckt sich mit den leicht angestiegenen Flugbewegungszahlen in diesem Monat ([siehe Kapitel 1.3](#)).

2.2 Dauerschallpegel L_{Nacht} (0 bis 6 Uhr und 22 bis 24 Uhr)

Die WHO hat am 10.10.2018 ihre Leitlinien zum Umgebungslärm veröffentlicht. Für die Nacht empfiehlt die WHO durch Flugverkehr bedingte Lärmpegel auf weniger als 40 dB zu verringern. Nächtlicher Fluglärm ist oberhalb dieses Wertes mit negativen Auswirkungen auf den Schlaf verbunden. In Diagramm 4, welches den Dauerschallpegel L_{Nacht} (0 bis 6 Uhr und 22 bis 24 Uhr) aufzeigt, ist der empfohlene Grenzwert der WHO zusätzlich verzeichnet. An drei Lärmmessstationen (Sachsenhausen – Martin-Buber-Schule, Niederrad und Bergen-Enkheim) wird der WHO-Richtwert im gesamten 3. Quartal 2020 unterschritten. An den beiden Stationen in Oberrad und in Sachsenhausen (Wilhelm-Beer-Weg) liegt der Wert in den Monaten Juli bis September 2020 teilweise knapp über dem WHO-Richtwert. Die Anzahl der im Nachtzeitraum aufgrund der Pandemie genehmigten Flüge ist im 3. Quartal zurückgegangen, dennoch kann der Richtwert der WHO an drei Stationen im Stadtgebiet nicht eingehalten werden. Dies ist auf den Zuwachs der Starts und Landungen in den Nachtrandstunden (5 bis 6 Uhr und 22 bis 23 Uhr) im Vergleich zum 2. Quartal zurückzuführen. Beispielsweise gingen in die Berechnung des Dauerschallpegels in der Nacht am Wilhelm-Beer-Weg im Juli 171 Flugbewegungen ein, während im Juni noch 65 Starts und Landungen am Standort in den Nachtrandstunden gezählt wurden. Für die Messstationen in Oberrad (Buchrainstraße und Alter Friedhof) ist derselbe Effekt für die Überschreitung des von der WHO empfohlenen Wertes ausschlaggebend.

Dauerschallpegel L_{Tag} 6-22 Uhr in dB (A) im 3. Quartal 2020 und 2019 (Quelle: städtische Lärmmessstationen, Daten DFLD e.V.)

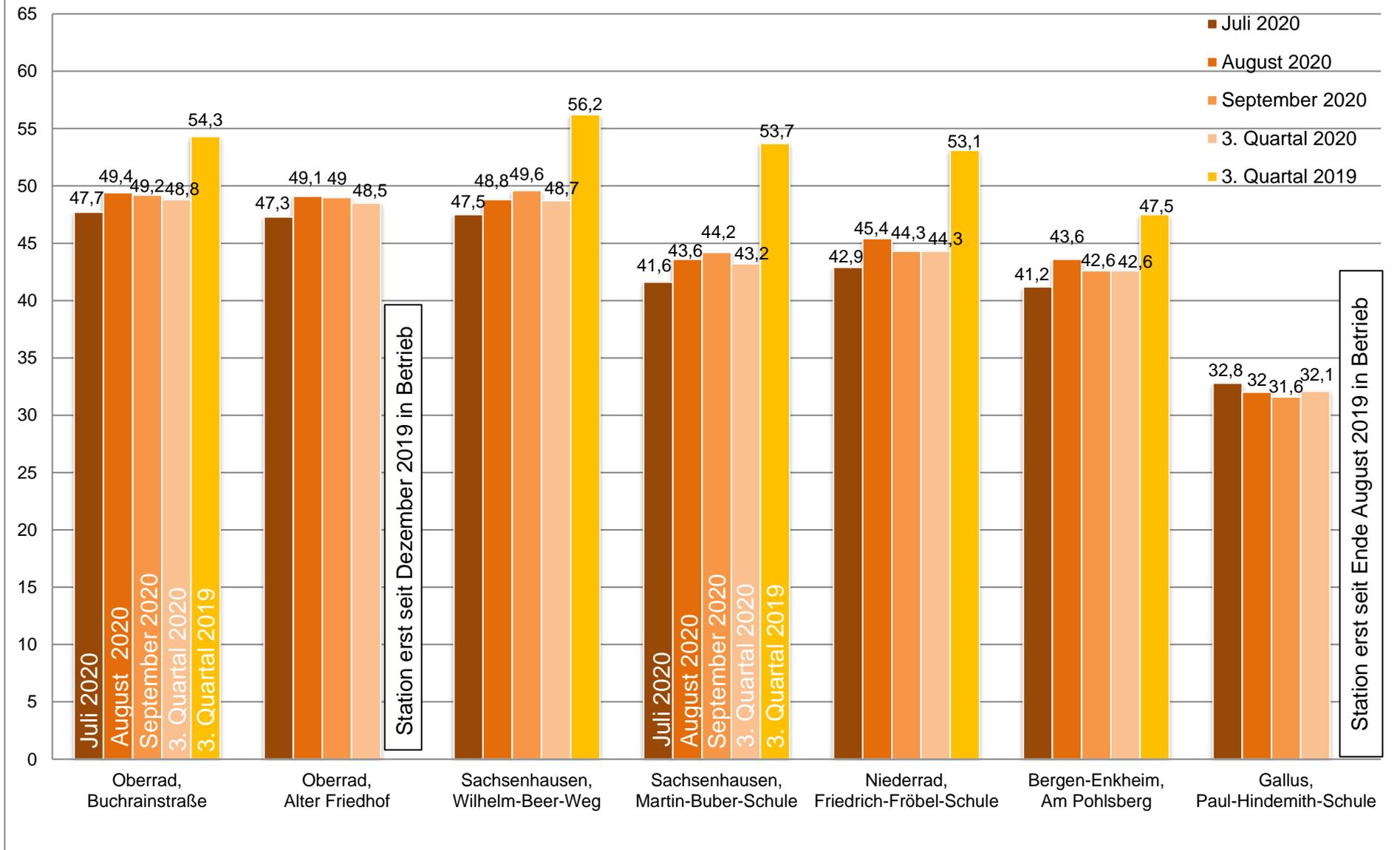


Diagramm 3: Dauerschallpegel L_{Tag} der städtischen Lärmmessstationen im 3. Quartal 2020 im Vergleich zum Jahr 2019

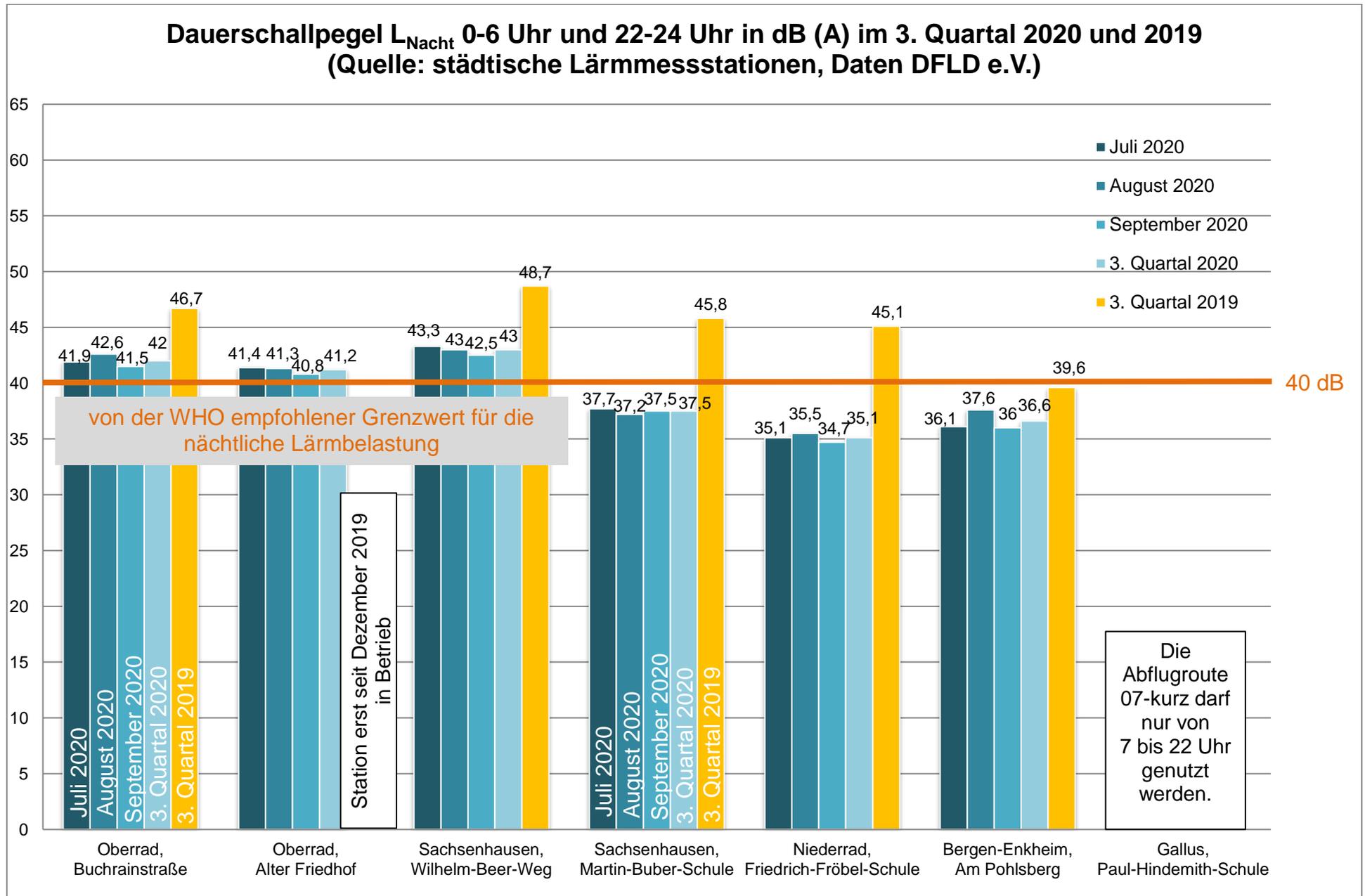


Diagramm 4: Dauerschallpegel L_{Nacht} der städtischen Lärmmessstationen im 3. Quartal 2020 im Vergleich zum Jahr 2019

2.3 Lärmindex L_{den} (0 bis 24 Uhr)

Der L_{den} (0 bis 24 Uhr) ist ein Lärmindex, der 2007 von der EU im Rahmen der Umgebungslärmrichtlinie eingeführt wurde. Er soll zur Bewertung der Lärmbelastung u. a. auch bezogen auf Fluglärm dienen. Der L_{den} wurde als gemeinsame Messgröße innerhalb der EU ausgewählt, „d“ steht dabei für „day“ (6 bis 18 Uhr), „e“ für „evening“ (18 bis 22 Uhr) und „n“ für „night“ (22 bis 6 Uhr). Der L_{den} wird aus dem äquivalenten Dauerschallpegel L_{eq} berechnet, wobei für die Tagesrandzeiten ein Aufschlag von 5 dB und für die Nacht ein Aufschlag von 10 dB vorgenommen wird. Eine Betrachtung der einzelnen Tagesabschnitte im Vergleich zu L_{Tag} und L_{Nacht} kann dabei entfallen, da durch die Aufschläge ein Wert für den ganzen Tag, der L_{den} , zu Rate gezogen werden kann. Durch die Aufschläge, die rechnerisch zu den gemessenen Werten hinzukommen, sollen die Nachtstunden stärker gewichtet werden. Durch eine Messgröße für den kompletten Tag ist die Vergleichbarkeit der einzelnen Tage leichter.

In den Leitlinien zum Umgebungslärm weist die WHO darauf hin, dass die durchschnittliche Lärmbelastung durch Flugverkehr bedingte Lärmpegel auf weniger als 45 dB L_{den} verringert werden sollte. Oberhalb dieses Wertes ist Fluglärm laut WHO mit schädlichen gesundheitlichen Auswirkungen verbunden. Das Umweltbundesamt (UBA) greift in seiner Publikation zum „Umweltschonenden Luftverkehr“ den angestrebten Wert der WHO auf. Laut UBA kann der empfohlene L_{den} von 45 dB bis 2050 nicht mit verhältnismäßigen Mitteln erreicht werden. Das UBA schlägt vor durch Lärmkontingentierung den Mittelungspegel für die Geräuschbelastung am Tag (L_{Tag}) auf maximal 58 dB (A) zu begrenzen.

Für die städtischen Lärmmessstationen ist der Lärmindex L_{den} in Diagramm 5 aufgezeigt. Zudem ist der von der WHO empfohlene Grenzwert vermerkt. An 3. Quartal 2020 konnte nur im Gallus der WHO-Richtwert unterschritten werden. An drei Stationen (Sachsenhausen – Martin-Buber-Schule, Niederrad und Bergen-Enkheim) wurde der Richtwert teils knapp eingehalten bzw. nur geringfügig überschritten. Bei den Standorten in Oberrad und Sachsenhausen (Wilhelm-Beer-Weg) liegen die Messwerte weiterhin über dem empfohlenen Wert. Das ist u. a. auf die Dauerschallpegel im Nachzeitraum zurückzuführen, die in die Berechnung des Lärmindex L_{den} mit einem Aufschlag von 10 dB eingehen. Da der L_{Nacht} an diesen drei Standorten über dem WHO-Richtwert lag, muss der L_{den} unweigerlich ebenfalls über dieser Grenze liegen. Eine deutliche Verringerung zum Vorjahr ist an allen Messstationen erkennbar.

2.4 Anzahl der Lärmereignisse über 68 dB (A) nachts

In Diagramm 6 werden die Lärmereignisse über 68 dB (A), die sogenannten NAT (68 dB (A)) (Number of Events Above Threshold) dargestellt. Das NAT-Kriterium (6 x 68 dB (A)) im Fluglärmgesetz besagt, dass wenn mehr als 6-mal pro Nacht der Einzelschallpegel von 68 dB(A) überschritten wird, dieser Ort zur Nachtschutzzone gehört. Der Durchschnitt bezieht sich auf die sechs verkehrsreichsten Monate und wird für die Einteilung in Lärmschutzbereiche berechnet.

Die Standorte der Lärmmessstationen in Sachsenhausen am Wilhelm-Beer-Weg sowie an der Martin-Buber-Schule befinden sich in der Nachtschutzzone. Im 3. Quartal 2020 wurde an keiner Messstation die Grenze der 6 Lärmereignisse über 68 dB (A) nachts durchschnittlich überschritten. Eine Verringerung zu 2019 ist deutlich erkennbar. Die Einteilung der Lärmschutzbereiche wird durch Berechnungen festgelegt und nicht durch Messwerte von einzelnen Stationen bestimmt. So können auch Prognosewerte für die jeweiligen Standorte berücksichtigt werden.

Dauerschallpegel L_{den} ganztags mit Aufschlag nach EU-Richtlinie in dB (A) im 3. Quartal 2020 und 2019 (Quelle: städtische Lärmmessstationen, Daten DFLD e.V.)

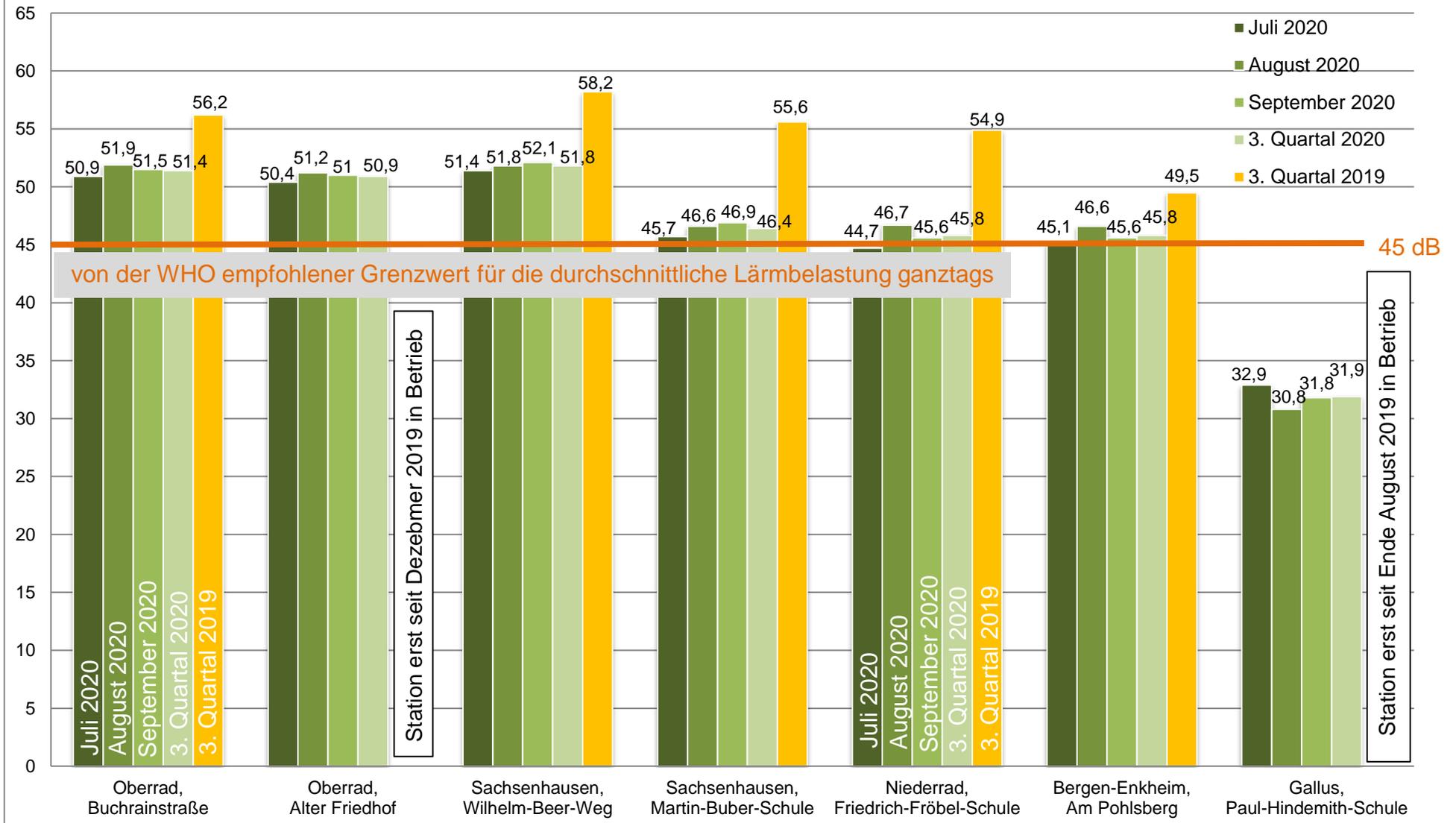


Diagramm 5: Dauerschallpegel L_{den} der städtischen Lärmmessstationen im 3. Quartal 2020 im Vergleich zum Jahr 2019

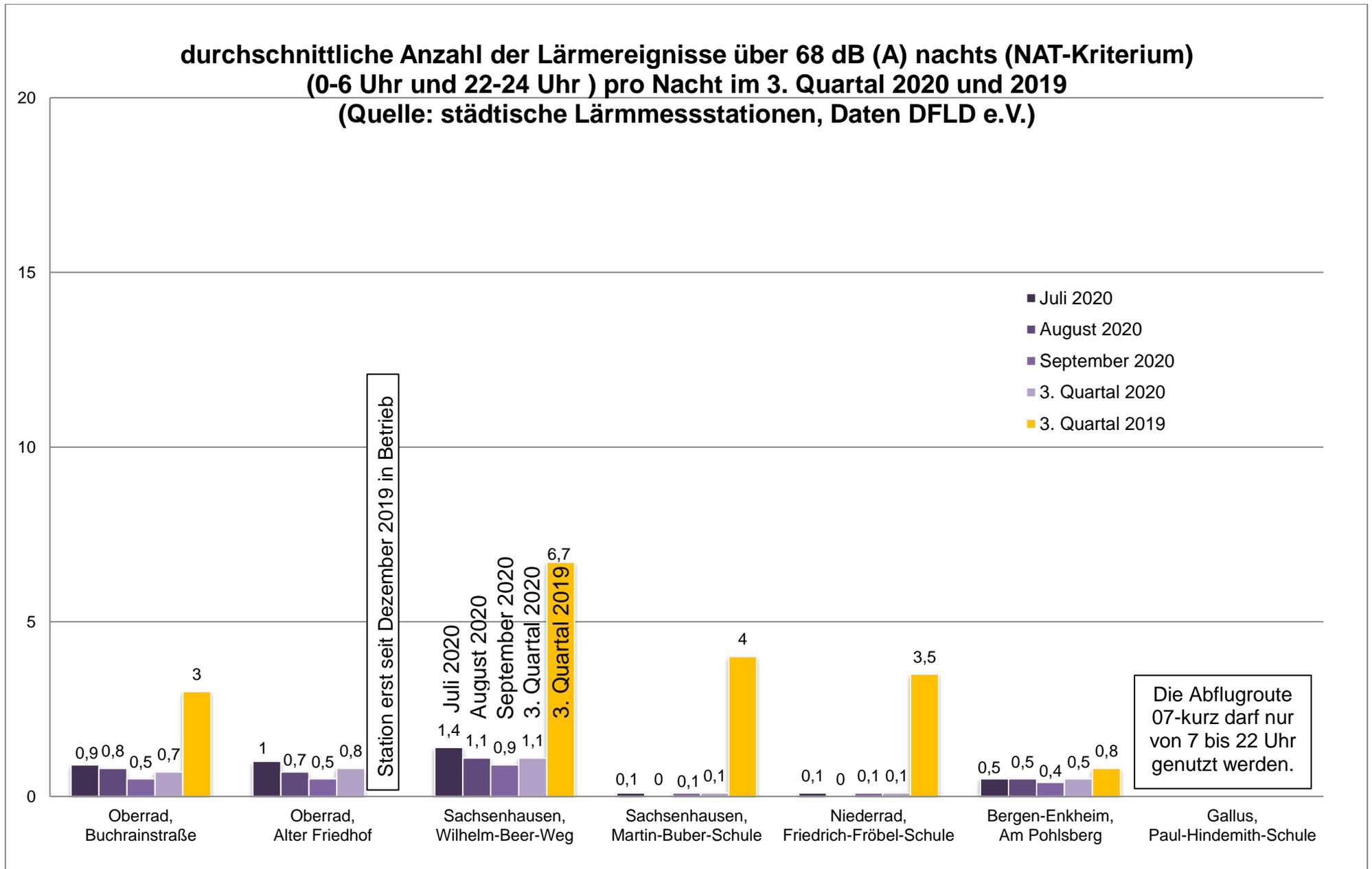


Diagramm 6: durchschnittliche Anzahl der Lärmereignisse über 68 dB (A) nachts (NAT-Kriterium) im 3. Quartal 2020 im Vergleich zum Jahr 2019

3. Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht wurden die Messwerte von sieben städtischen Lärmmessstationen in verschiedenen Zeitbereichen näher betrachtet. Die Messgeräte sind im Stadtgebiet von Frankfurt am Main verteilt und werden bei Anflügen auf den Frankfurter Flughafen und/oder bei Abflügen vom Flughafen überflogen. Die Standorte befinden sich in Oberrad, Sachsenhausen, Niederrad, Bergen-Enkheim und im Gallus.

Aufgrund der weltweiten Corona-Pandemie ist der Flugbetrieb auch in Frankfurt am Main sehr eingeschränkt. Seit Anfang Juli 2020 ist die Landebahn Nordwest wieder in Betrieb, was sich auf die Lärmbelastung im Frankfurter Süden auswirkt. Die Flugbewegungszahlen insgesamt befinden sich dennoch weiterhin auf einem geringen Niveau. Die von den Anwohnerinnen und Anwohnern wahrgenommene Lärmreduzierung im Vergleich zum Zeitraum vor der Pandemie kann anhand der Daten der städtischen Lärmmessstationen auch im 3. Quartal bestätigt werden. An allen Standorten ist eine Reduzierung des Dauerschallpegels am Tag (6 bis 22 Uhr) erkennbar. Auch bei den Messwerten im Nachtzeitraum zeichnet sich ein ähnliches Bild ab. An den Standorten in Sachsenhausen (Martin-Buber-Schule), Niederrad und Bergen-Enkheim wird der WHO-Richtwert von 40 dB nachts im gesamten 3. Quartal 2020 unterschritten. An den beiden Stationen in Oberrad und in Sachsenhausen (Wilhelm-Beer-Weg) liegt der Wert über dem WHO-Richtwert. Die Anzahl der im Nachtzeitraum aufgrund der Pandemie genehmigten Flüge ist im 3. Quartal 2020 zurückgegangen, dennoch kann der empfohlene Richtwert der WHO nicht an allen Messstationen eingehalten werden. Das ist auf den Zuwachs der Starts und Landungen in den Nachtrandstunden (5 bis 6 Uhr und 22 bis 23 Uhr) im Vergleich zum 2. Quartal 2020 zurückzuführen. Beispielsweise gingen in die Berechnung des Dauerschallpegels in der Nacht am Wilhelm-Beer-Weg im Juli 171 Flugbewegungen ein, während im Juni noch 65 Starts und Landungen am Standort in den Nachtrandstunden gezählt wurden. Diese Erhöhung im lärmsensiblen Zeitraum reicht bereits aus, um den angestrebten Wert der WHO zu übersteigen. Für die Messstationen in Oberrad (Buchrainstraße und Alter Friedhof) ist derselbe Effekt für die Überschreitung des WHO-Richtwertes ausschlaggebend.

Der Dauerschallpegel ist ein Maß für eine durchschnittliche Lärmbelastung in einem definierten Zeitraum. Direkt hörbar ist der Lärm allerdings bei jedem Überflug, d.h. jedes Einzelschallereignis wird wahrgenommen. Im alltäglichen Umgang ist der Dauerschallpegel damit meist nur schwer greifbar, da bekannte Ansätze zur Einordnung von Pegelunterschieden in Bezug auf Einzelschallereignisse auf den Dauerschallpegel nicht anwendbar sind. Er hat sich dennoch, nicht nur im Bereich des Verkehrslärms, in unterschiedlichen Gesetzen und Vorschriften etabliert, um Grenzwerte festzulegen und Vergleiche anzustellen. Lärm am Arbeitsplatz oder von Maschinen wird beispielsweise ebenfalls mit Hilfe des Dauerschallpegels bewertet. Ein erheblicher Rückgang des Dauerschallpegels kann jedoch als ein Indiz für einen starken Rückgang des Lärms gewertet werden.

4. Quellennachweis

1. Deutscher Fluglärmdienst – Messwerte der städtischen Lärmmessstationen (siehe u.a. <https://www.dfld.de/Mess/StatVStat.php?R=1&S=297>)
2. Schriftlicher Bericht der Fluglärmenschutzbeauftragten des Landes Hessen zur 248. FLK-Sitzung (http://www.flk-frankfurt.de/eigene_dateien/sitzungen/248_sitzung_am_28.11.2018/top_7b-schriftlicher_bericht_der_fluglaermenschutzbeauftragten_zur_248_flk-sitzung.pdf)
3. Schriftlicher Bericht der Fluglärmenschutzbeauftragten des Landes Hessen zur 254. FLK-Sitzung (http://www.flk-frankfurt.de/eigene_dateien/sitzungen/254_sitzung_am_19.2.2020/top_6b-schriftlicher_bericht_des_hmwewv_zur_254_sitzung_am_19.2.2020.pdf)
4. Fraport AG – u.a. Betriebsrichtungsverteilung (<https://sslapps.fraport.de/laermenschutz/public?area=betrieb&date=1.01.2020>)
5. Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen – Übersicht der verspäteten Starts und Landungen (<https://wirtschaft.hessen.de/verkehr/luftverkehr/laermenschutz/verspaetete-starts-und-landungen>)
6. WHO: Leitlinien für Umgebungslärm vom 10.10.2018 (http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0011/383924/noise-guidelines-exec-sum-ger.pdf?ua=1)
7. Umweltbundesamt: Umweltschonender Luftverkehr, November 2019 (https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-11-06_texte-130-2019_umweltschonender_luftverkehr_0.pdf)
8. INAA – Air Traffic Noise (<https://www.umwelthaus.org/fluglaerm/anwendungen-service/inaa-air-traffic-noise/>)
9. Lerch, R.; Sessler, G.; Wolf, D. „Technische Akustik – Grundlagen und Anwendungen“, Springer Verlag 2009