

STABSSTELLE FÜR
FLUGLÄRM
-SCHUTZ



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

3. Quartal 2021 (Juli, August, September)

Inhalt

- 1. Ausgangslage3
 - 1.1 Standorte der städtischen Lärnessstationen3
 - 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 2021 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.

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/inaa-air-traffic-noise/>.

Im 3. Quartal gab es Ausfälle an folgenden Messstationen:

- Gallus (Zeitraum:09.07./00:00– 20.09. 2021/12:30h --> Messwerte nur an 18, 5 von 92 Tagen)
- Oberrad 2 - Alter Friedhof (Zeitraum: 05.08.21/09:30 – 20.09.2021/11:30h--> Messwerte nur zu ca. 50 % der Tage)
- Sachsenhausen 1 – Martin-Buber-Schule (Zeitraum:13.07.2021/15:00 – 20.09.2021/13:30h) --> Messwerte nur an 23 von 92 Tagen)
- Sachsenhausen 2 – Wilhelm-Beer-Weg (08.09.2021) --> Messwerte nahezu 99 % an allen Tagen vorhanden)

Monitoring der Stabsstelle für Fluglärmschutz - Fluglärm

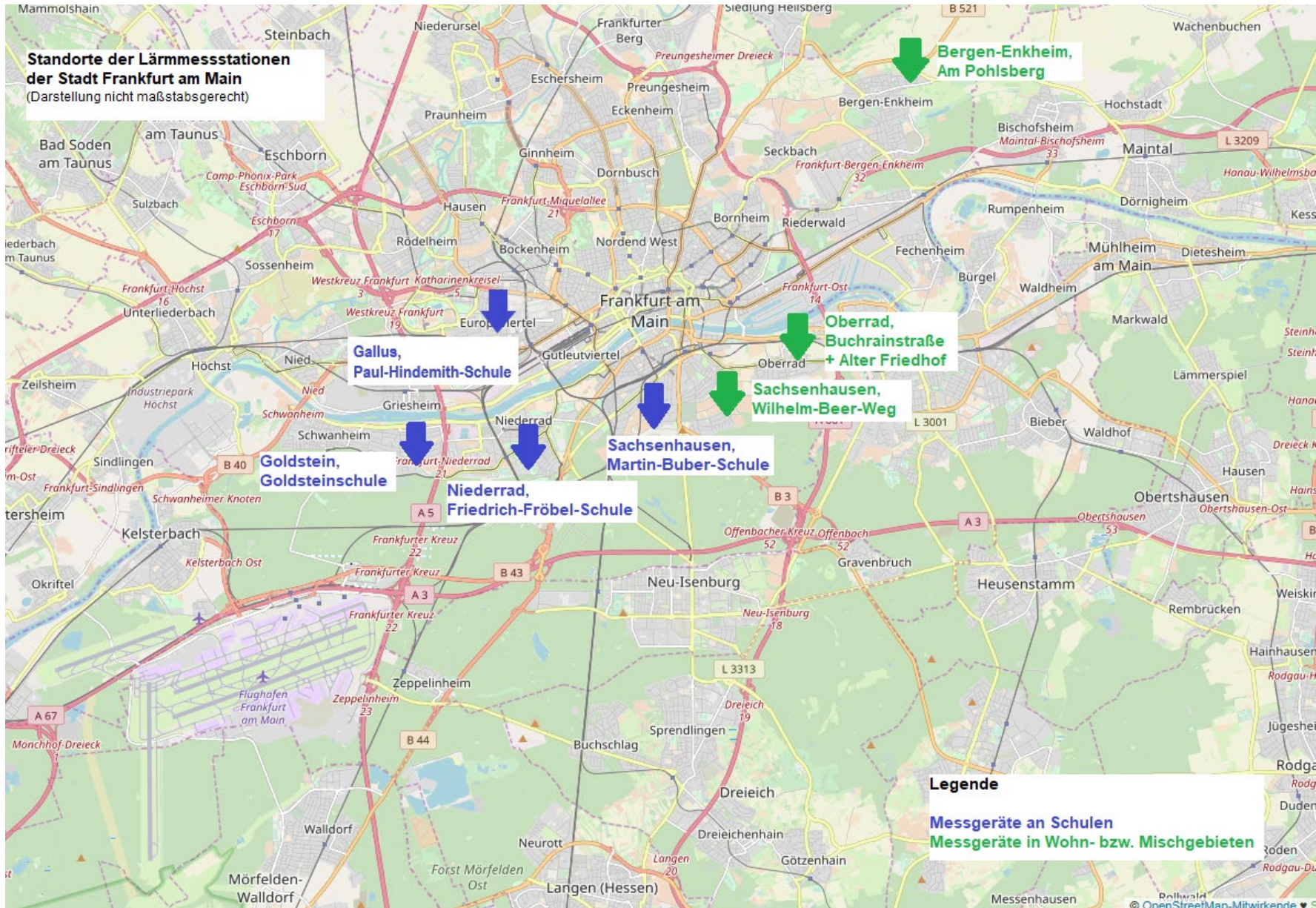


Abbildung 1: Standorte der städtischen Lärmessstationen (Ausschnitt OpenStreetMap, bearbeitet, nicht maßstabsgerecht)

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 2021 im Vergleich zu den Gesamtjahren 2020, 2019, 2018 und 2017 dargestellt.

Im 3. Quartal war die Betriebsrichtung wie folgt:

Betriebsrichtung 25 → Juli 51,2 % / August 88,5 % / September 47,6 %

Betriebsrichtung 07 → Juli 48,8 % / August 11,5 % / September 52,4 %

Die Auswertungen dokumentieren wieder sehr anschaulich, dass es keine generelle Ost/Westverteilungen gibt. Im Juli und September waren die Betriebsrichtungen fast ausgeglichen, während im August die Betriebsrichtung 25 und damit die Lärmbelastung durch die Landungen im Frankfurter Süden fast 90 % erreichte. Entsprechend spiegelt sich das in den Dauerschallpegeln wieder.

Betriebsrichtungsverteilung 3.Quartal 2021
 (Quelle: Daten des HMWEVW, schriftlicher Bericht zur 248. und 254. FLK-Sitzung, der Fraport AG und des DFLD e.V.)

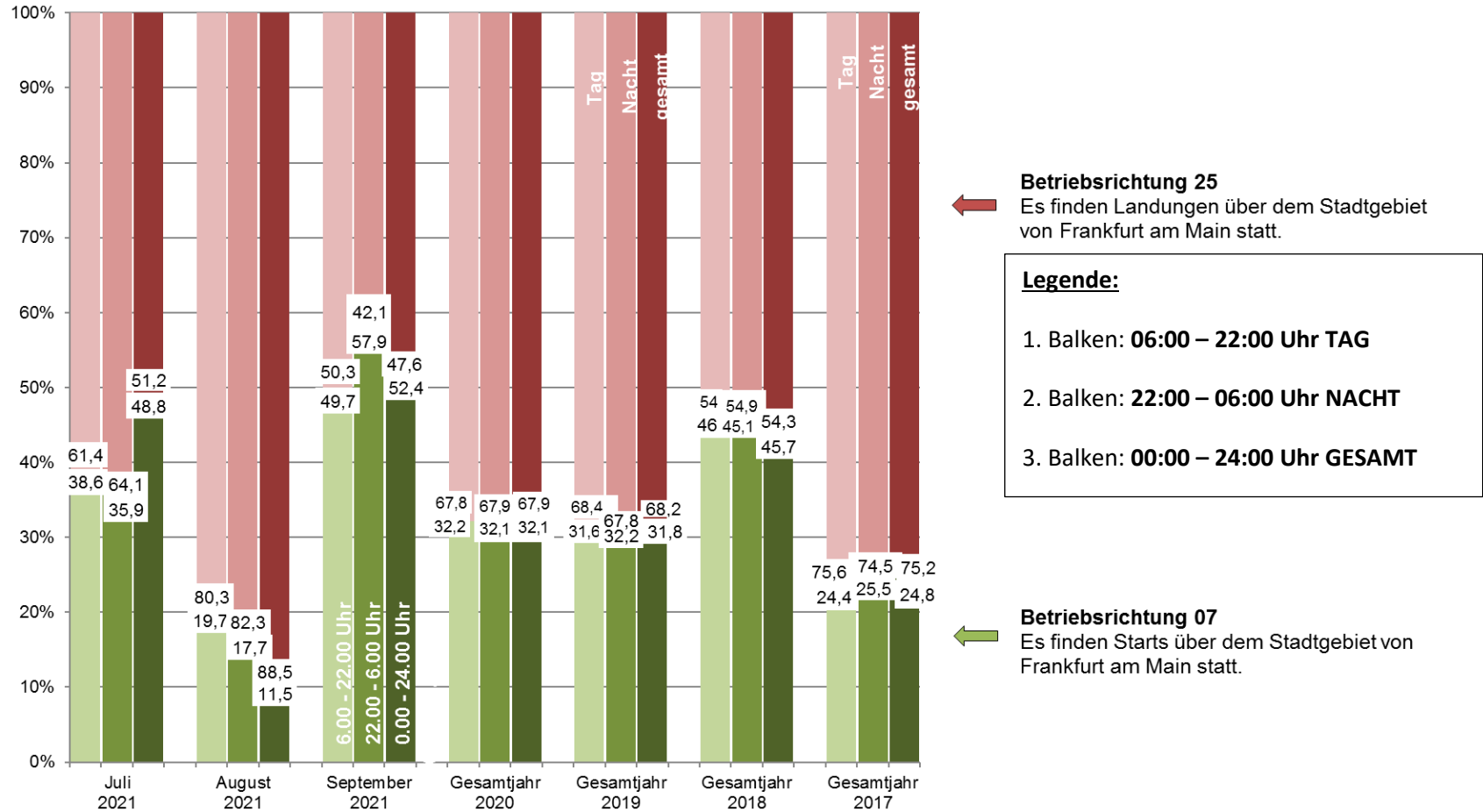


Diagramm 1: Betriebsrichtungsverteilung am Frankfurter Flughafen im 3. Quartal 2021 im Vergleich zu den Gesamtjahren 2020, 2019, 2018 und 2017

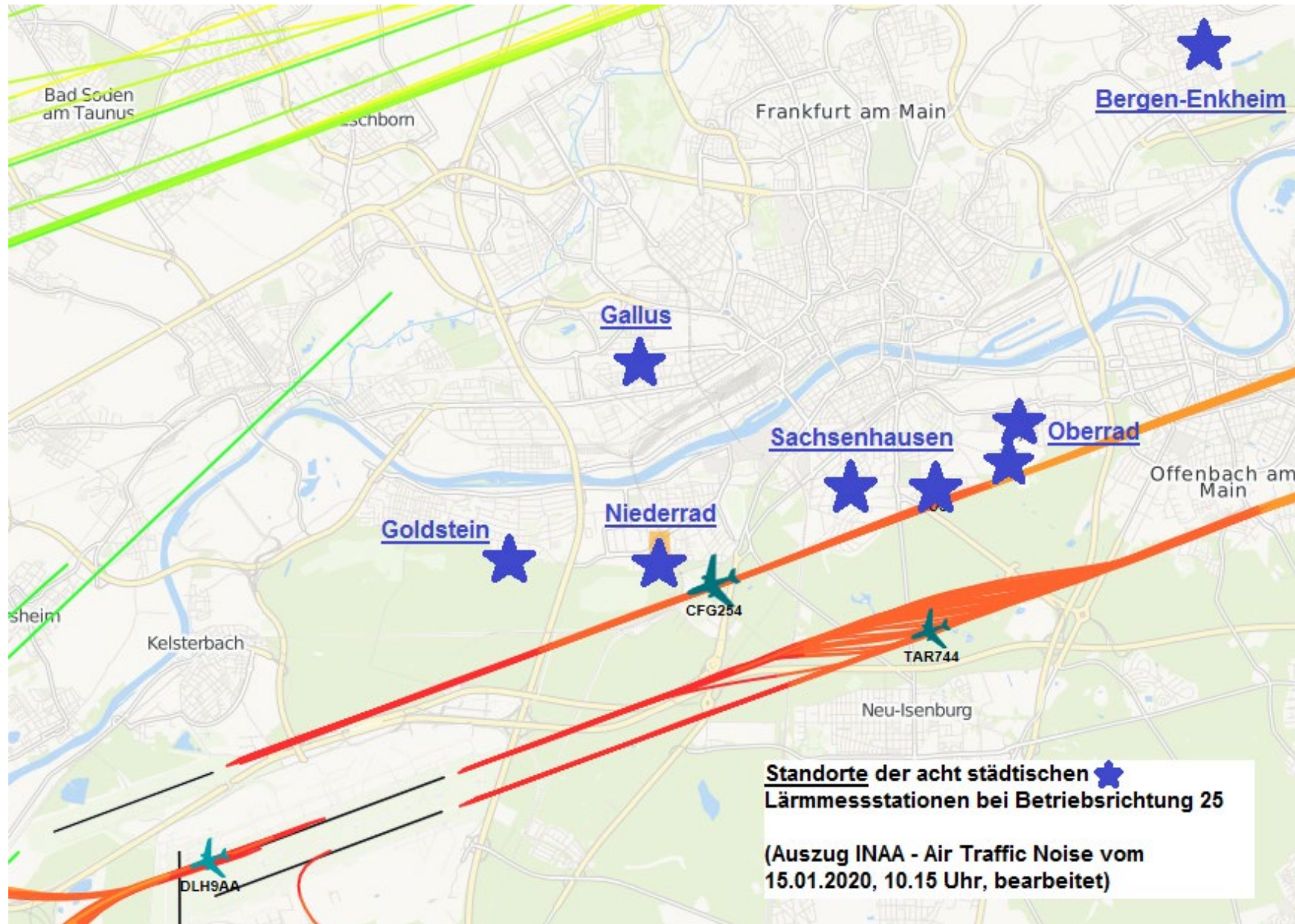


Abbildung 2: Standorte der städtischen Lärmmessstationen bei Betriebsrichtung 25, Ansicht mit 4h-Flugspuren
(Auszug INAA – Air Traffic Noise vom 15.01.2020, 10.15 Uhr, bearbeitet, nicht maßstabsgerecht)

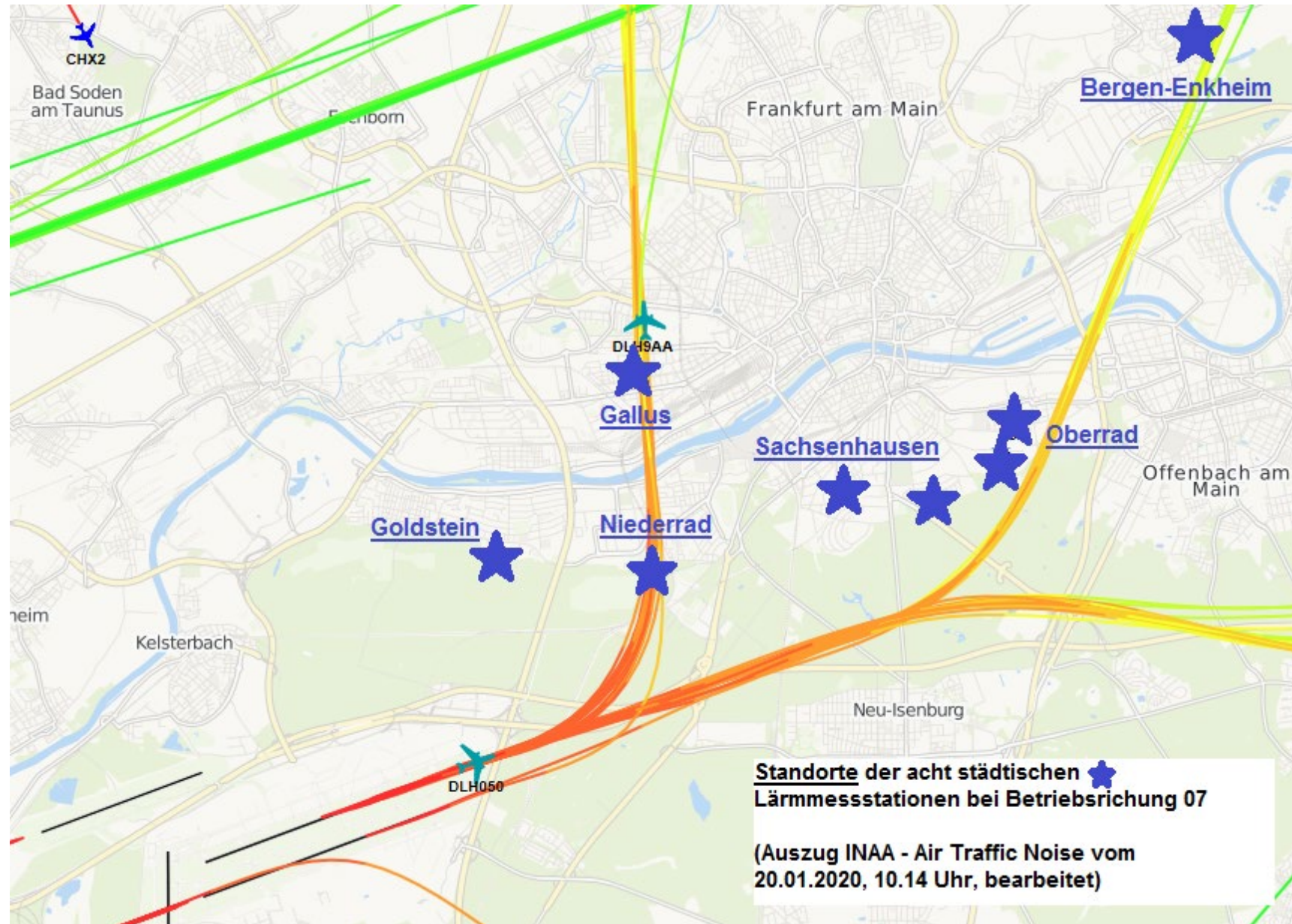


Abbildung 3: Standorte der städtischen Lärmmessstationen bei Betriebsrichtung 07, Ansicht mit 4h-Flugspuren
(Auszug INAA – Air Traffic Noise vom 20.01.2020, 10.14 Uhr, bearbeitet, nicht maßstabsgerecht)

1.3 Flugbewegungen

Auch im 3. Quartal 2021 sind die Flugbewegungszahlen auf einem niedrigeren Niveau wie beispielsweise vor der Corona-Pandemie im Jahr 2019. Dennoch ist erkennbar, dass diese im Vergleich zu 2020 wieder gestiegen sind, sobald die Urlaubszeit beginnt.

Im Juli waren es somit 6589 Flugbewegungen im Vergleich zu 2020 mit 4544. Im Juli 2019 waren es 12679. Auch die Monate August sowie September zeigen den Trend im Jahr 2021 mit mehr Flugbewegungen im Vergleich zu 2020. Während der Anstieg im Juli und August vermutlich auf die Sommerferien zurückzuführen ist, könnte der weitere Anstieg im September mit der zeitweisen Entspannung der Corona Lage zusammenhängen.

Im u. a. **Diagramm 2** ist die Entwicklung der Starts und Landungen über dem Frankfurter Süden von Juli bis September 2021 im direkten Vergleich zum Jahr 2020 dargestellt sowie 2019. Landungen auf der Nordwest Landebahn bei Betriebsrichtung 25 und Starts (Ostbetrieb) und Landungen (Westbetrieb) auf der Centerbahn wirken sich auf die Lärmentwicklung im Frankfurter Süden aus. Weitere Stadtgebiete wie Bergen-Enkheim und das Gallus sind bei Ostbetrieb ebenso von startenden Flugzeugen betroffen. Der Einfluss auf die Lärmesswerte wird in [Kapitel 2](#) anhand der einzelnen Dauerschallpegel näher betrachtet.

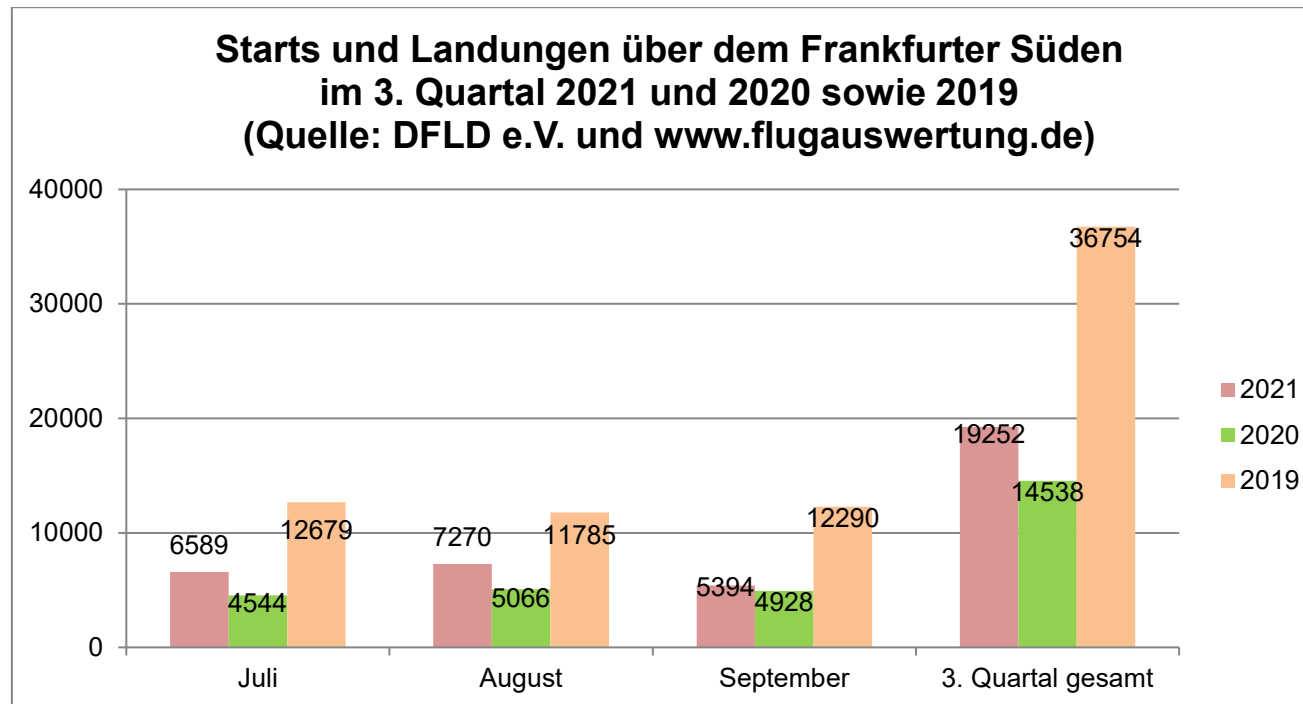


Diagramm 2: Starts und Landungen über dem Frankfurter Süden im 3. Quartal 2021 und 2020 sowie 2019

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 Einzel-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 2021 im Vergleich zum Jahr 2020 dargestellt. Anhand des Dauerschallpegels kann man erkennen, dass es trotz der eingeschränkten Messwerte doch „lauter“ ist im Vergleich zu dem Jahr 2020. Dies hat sicherlich auch damit zu tun, dass es im Sommer 2021 zu einer deutlichen Zunahme der Flugbewegungen gekommen ist im Vergleich zu 2020.

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

Die Weltgesundheitsorganisation (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.

Im 3. Quartal 2021 zeigt sich im Vergleich zu 2020 ein Anstieg der Lärmbelastung in diesem Zeitraum. Der nächtliche Dauerschallpegel ist tendenziell höher. Es ist auch hier ablesbar, dass mehr Flugbewegungen zu mehr Fluglärm führen.

An drei Lärmmessstationen (Oberrad-Buchrain/Alter Friedhof sowie Sachsenhausen–Wilhelm-Beer-Weg) liegt der Wert in den Monaten Juli bis September 2021 fast durchgängig über dem empfohlenen WHO-Richtwert. D. h., hier ist die Bevölkerung deutlich mehr mit Fluglärm belastet, als von der WHO empfohlen. Somit steigt auch das gesundheitliche Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen signifikant an. Gerade die nächtlichen Aufwachreaktionen zeigen in wissenschaftlichen Studien dieses Risiko.

Dauerschallpegel L_{Tag} 6-22 Uhr in dB (A) im 3.Quartal 2021
 (Quelle: städtische Lärmmessstationen, Daten DFLD e.V.)

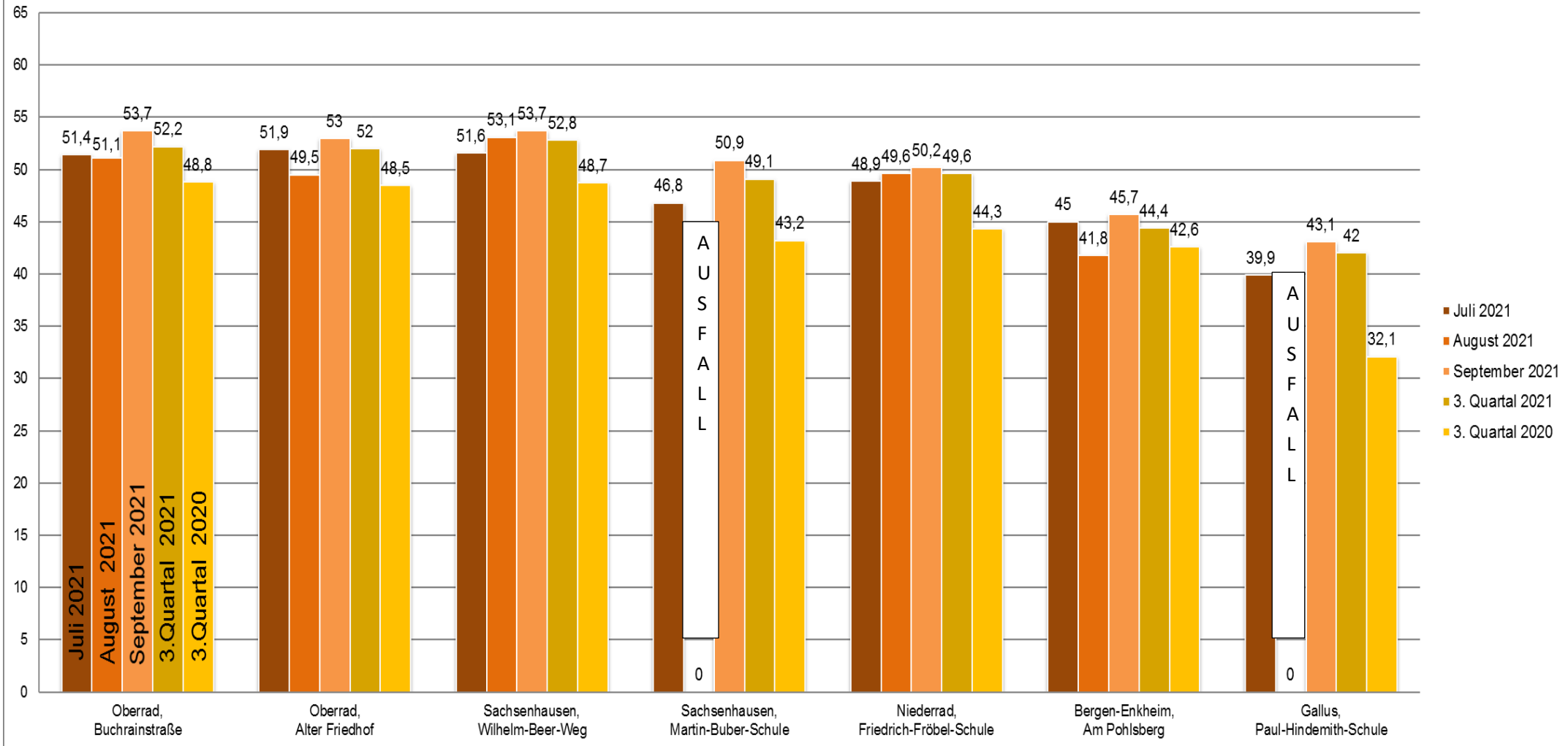


Diagramm 3: Dauerschallpegel L_{Tag} der städtischen Lärmmessstationen im 3. Quartal 2021 im Vergleich zum Jahr 2020

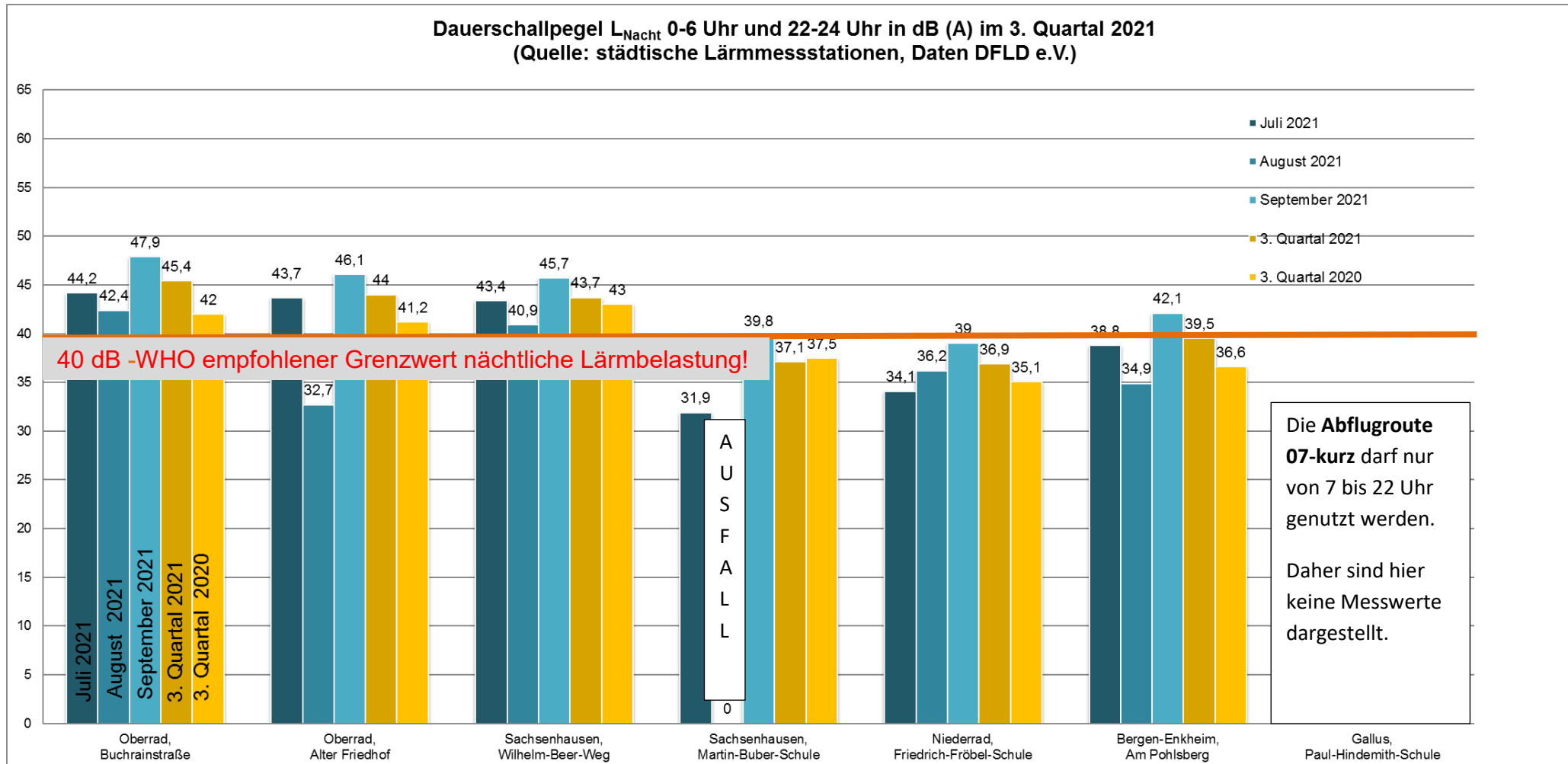


Diagramm 4: Dauerschallpegel L_{Nacht} der städtischen Lärmmessstationen im 3. Quartal 2021 im Vergleich zum Jahr 2020

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 von 45 dB vermerkt. Im gesamten 3. Quartal 2021 konnte nur im Gallus der WHO-Richtwert von 45 dB konstant unterschritten werden. Ebenso ist ersichtlich, dass es im Vergleich zu 2020 wieder lauter geworden ist im Gallus. Der Stadtteil Gallus ist von der Flugroute 07-kurz betroffen. Diese darf nur von 7 – 22 Uhr genutzt werden.

An den Schulen Martin-Buber (Sachsenhausen) sowie Friedrich-Fröbel (Niederrad) liegen die Messwerte weiterhin über dem empfohlenen Grenzwert von 45 dB. Auch hier zeigt sich ein Anstieg der Messwerte im Vergleich zu 2020.

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, so können auch Prognosewerte für die jeweiligen Standorte berücksichtigt werden.

Die Standorte der Lärmmessstationen in Sachsenhausen am Wilhelm-Beer-Weg sowie an der Martin-Buber-Schule befinden sich in der Nachtschutzzone. Im 3. Quartal 2021 wurde an keiner Messstation die Grenze der 6 Lärmereignisse über 68 dB (A) nachts durchschnittlich überschritten. Trotz der Ausfälle von Messwerten an den einzelnen Messstationen ist jedoch ein Anstieg der Lärmereignisse erkennbar im Vergleich zu 2020.

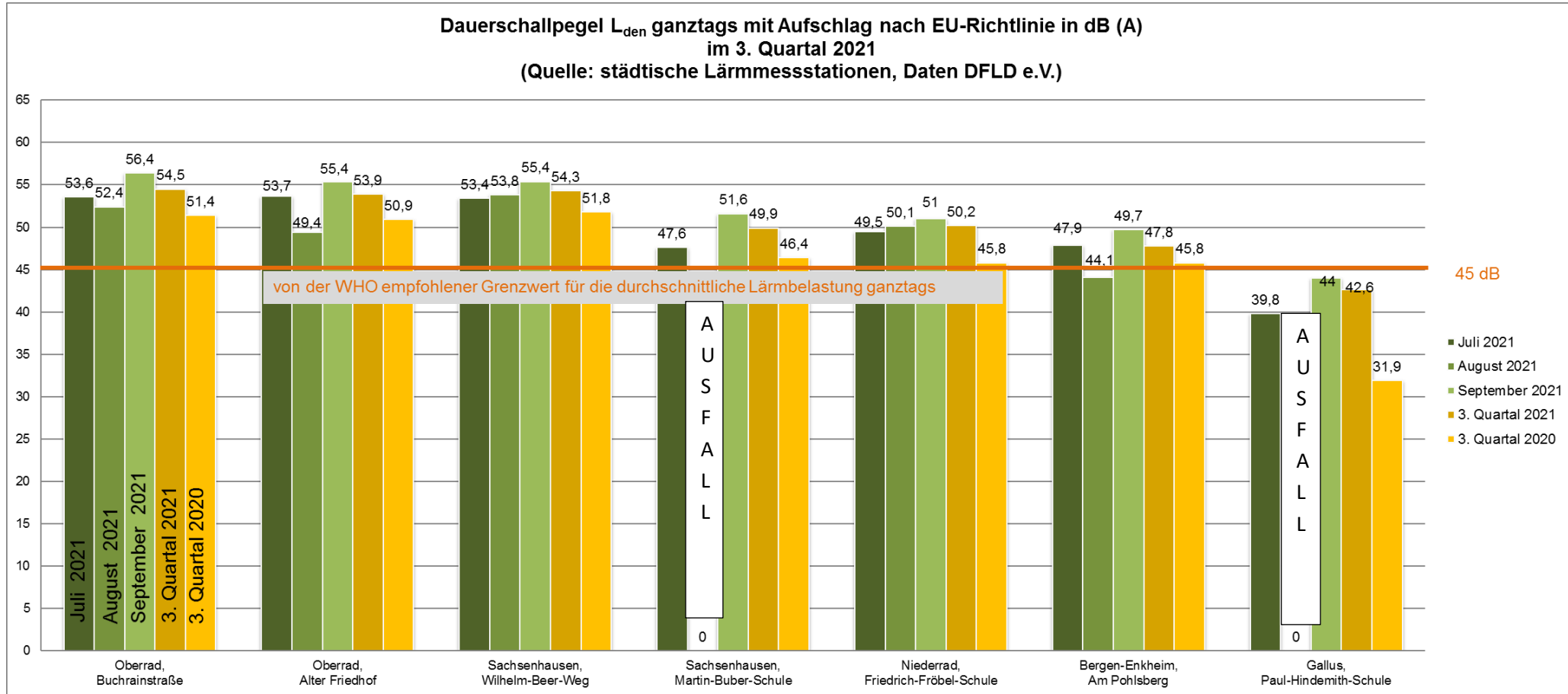


Diagramm 5: Dauerschallpegel L_{den} der städtischen Lärmmessstationen im 3. Quartal 2021 im Vergleich zum Jahr 2020

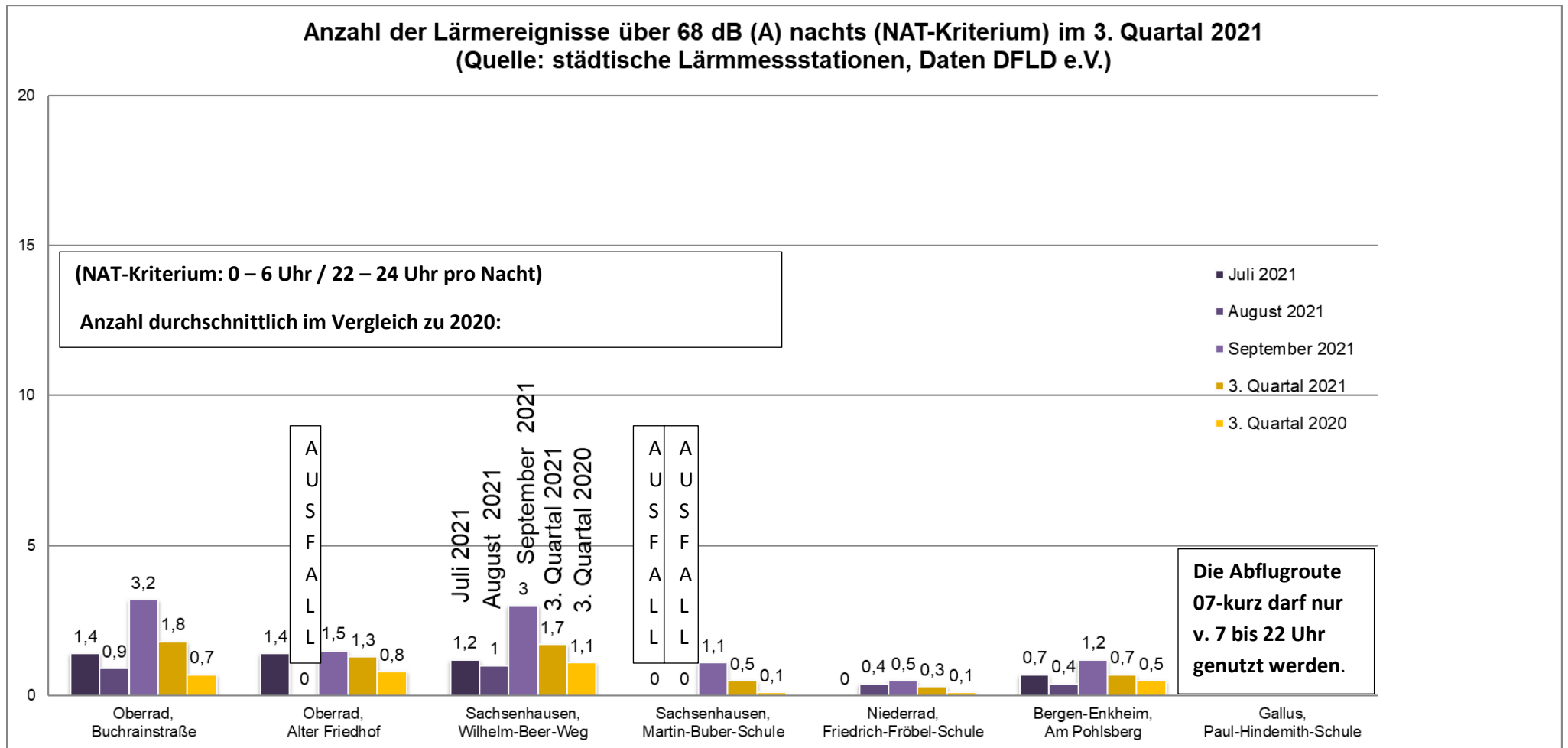


Diagramm 6: Durchschnittliche Anzahl der Lärmereignisse über 68 dB (A) nachts (NAT-Kriterium) im 3. Quartal 2021 im Vergleich zum Jahr 2020

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.

Im Vergleich zu 2020 haben die Flugbewegungen zwar wieder zugenommen, liegen aber noch immer unter den Werten der Vor-Corona-Zeit. Trotz des daher noch reduzierten Flugbetriebes liegt die Lärmbelastung nach der Auswertung der einzelnen Lärmmessstationen immer noch über den WHO-Grenzwerten. Die WHO empfiehlt einen Wert von 45 dB für durchschnittlich ganztags sowie 40 dB für nächtliche Lärmbelastung. Gerade an den Schulen Martin-Buber (Sachsenhausen) sowie Friedrich-Fröbel (Niederrad) liegen die Messwerte weiterhin über dem empfohlenen Grenzwert für die durchschnittliche Lärmbelastung ganztags von 45 dB. Auch hier zeigt sich ein Anstieg der Messwerte im Vergleich zu 2020. Für die nächtliche Lärmbelastung liegt dieser bei drei Lärmmessstationen (Oberrad-Buchrain/Alter Friedhof sowie Sachsenhausen–Wilhelm-Beer-Weg) in den Monaten Juli bis September 2021 fast durchgängig über dem empfohlenen WHO-Richtwert von 40 dB. Auch in diesem Zeitraum ist die Bevölkerung weiterhin deutlich mit mehr Fluglärm belastet, als von der WHO empfohlen.

Ein weiterer Aspekt, der sich auch auf die Lärmverteilung auswirkt, ist die Verteilung der aktuellen Betriebsrichtung, da die Nutzung des Bahnsystems von dieser abhängig ist. In unserem Monitoring - Flugauswertung erhalten Sie über die aktuelle Nutzung des Bahnsystems weitere Informationen--> [Monitoring Flugbewegungen – Stabsstelle für Fluglärmschutz Stadt Frankfurt am Main \(frankfurt-fluglaermschutz.de\)](https://www.frankfurt-fluglaermschutz.de)

In jetzigen Quartal war die Verteilung der jeweiligen Betriebsrichtungen wie folgt:

Betriebsrichtung 25 (West) → Juli 51,2 % / August 88,5 % / September 47,6 %

Betriebsrichtung 07 (Ost) → Juli 48,8 % / August 11,5 % / September 52,4 %

Obwohl der Flugbetrieb noch immer durch die Corona-Pandemie eingeschränkt ist, zeigen die Messdaten, dass die Lärmbelastung noch immer über der von der WHO empfohlenen Grenze liegen. Dies zeigt, dass weiter alle Anstrengungen zur Lärmreduzierung weiterlaufen müssen.

4. Quellennachweis

1. Deutscher Fluglärmdienst – Messwerte der städtischen Lärmmessstationen z. B. Oberrad: [Messwerte \(dfld.de\)](https://www.dfld.de)
Weitere Lärmmessstationen finden Sie unter der Regionsauswahl: <https://www.dfld.de/Mess.php?R=1> (Region: Frankfurt)
(Hinweis: Bitte Messwerte anklicken, Datum + Messstation (z. B. Frankfurt – Sachsenhausen 2) auswählen)
2. Schriftlicher Bericht der Fluglärmschutzbeauftragten 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 fluglaermschutzbeauftragten zur 248. flk-sitzung.pdf](http://www.flk-frankfurt.de/eigene_dateien/sitzungen/248_sitzung_am_28.11.2018/top_7b-schriftlicher_bericht_der_fluglaermschutzbeauftragten_zur_248_flk-sitzung.pdf))
3. Schriftlicher Bericht der Fluglärmschutzbeauftragten 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 hmweww zur 254. sitzung am 19.2.2020.pdf](http://www.flk-frankfurt.de/eigene_dateien/sitzungen/254_sitzung_am_19.2.2020/top_6b_-_schriftlicher_bericht_des_hmweww_zur_254_sitzung_am_19.2.2020.pdf))
4. Fraport AG – u.a. Betriebsrichtungsverteilung (<https://sslapps.fraport.de/laermschutz/public?area=betrieb&date=1.01.2020>)
5. Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen – Übersicht der verspäteten Starts und Landungen
([Verspätete Starts und Landungen | wirtschaft.hessen.de](https://www.wirtschaft.hessen.de/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](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](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