Auswertung Daten DNMS Lärmsensor

Sensor 80326 Standort Fürth

1. Hintergrund

1.1. Aufbau und Funktionsweise des Lärmsensors

Das DNMS (Digital Noise Measurement Sensor) ist ein Sensor-Modul zur Schallpegelmessung. Es ist auf die kontinuierliche Messung von Umgebungslärm hin ausgerichtet und optimiert. Die gemessenen Werte werden über eine I²C Schnittstelle an einen abfragenden Mikrocontroller zur Weiterverarbeitung übertragen.

Das zentrale Element des DNMS ist ein digitales MEMS-Mikrofon (TDK InvenSense ICS-43434). Ein Mikrocontroller-Board (Teensy 4.0 / Teensy 3.6) übernimmt die digitalen Daten vom Mikrofon über die I²S Schnittstelle als 16-Bit, 44,1 kHz PCM-Daten. Die Audiodaten werden über einen digitalen A-Filter bewertet, dann wird der Effektivwert bestimmt und daraus der Schalldruckpegel entsprechend der Mikrofonsensitivität berechnet. Die einzelnen Schalldruckpegelwerte werden zu einem fortlaufenden L_{Aeq}-Wert weitergerechnet.

In der vorliegenden Version liefert der Sensor folgende 3 Schallpegel-Messwerte jeweils über eine Taktzeit. Die Taktzeit kann zwischen 1 und 3600 sec liegen und wird vom abfragenden Mikrocontroller bestimmt:

- L_{Aeq}: Der äquivalente Dauerschallpegel A-bewertet. Dies ist die über die Zeit gemittelte Schallenergie. Der L_{Aeq} ist der wesentliche Messwert bei Lärmmessungen. Grenzwerte aus Richtlinien, Verordnungen und Gesetzen beziehen sich meist auf den L_{Aeq}.
- L_{Amax}: Höchster Einzelpegel innerhalb des Taktes, wobei die interne Taktrate eines Einzelpegels 35 Millisekunden beträgt
- L_{Amin}: Niedrigster Einzelpegel innerhalb des Taktes, wobei die interne Taktrate eines Einzelpegels 35 Millisekunden beträgt

Aus dem L_{Aeq} können die üblichen Mittelwerte wie Stundenmittel, Tagesmittel, Tages- und Nachtmittel oder der EU-Indexwert L_{den} gebildet werden.

Die Entwicklung des Sensors erfolgte in enger Zusammenarbeit mit der Hochschule für Technik Stuttgart. Im Akustiklabor erfolgten Vergleichsmessungen zwischen mehreren Versionen des Lärmsensors und einem Klasse 1 Referenz-Messgerät des Instituts. In einer iterativen Vorgehensweise wurden die Signale des Mikrofons mit Hilfe von Software so angepasst, dass die zur Messung des Umgebungslärms notwendigen Anforderungen erreicht werden konnten. Die zeitaufwändige Arbeit war nötig, da die Rohwerte der MEMS-Mikrofone diese Anforderungen bei weitem nicht erfüllen können. Diese spezielle auf einen Mikrofontyp ausgerichtete Anpassung entscheidet über die Qualität der gemessenen Werte für den angestrebten Zweck.

Die Idee zur Entwicklung des Sensors entstand aus dem Projekt der Sensor.community (vormals luftdaten.info) als Erweiterung der Feinstaubmessungen um die Messung von Umgebungslärm. Daher werden die vom DNMS gemessenen Werte an den Kommunikations-Prozessor der Sensor.community übertragen und auf den Servern des Netzwerkes gespeichert, ausgewertet, visualisiert und archiviert. Dies erfolgt in ähnlicher Weise wie bei den bereits bewährten Messungen von Feinstaub, wobei die Auswertungen selbstverständlich zusätzlich auf die akustischen Anforderungen ausgerichtet sind. Zur Auswertung und Visualisierung der Daten stehen verschiedene Webseiten zur Verfügung.

Der Sensor als eigenständiger Lärmsensor kann über zwei verschiedene Konfigurationen realisiert werden, wobei sich davon vor allem eine etabliert hat. So enthält der Sensor die Mikrofoneinheit und den Akustik-Prozessor und nutzt über ein Datenkabel (I^2C-Bus) den Kommunikationsprozessor des (Feinstaub-) Sensors. Die folgende Abbildung gibt eine Übersicht über die Konfiguration:

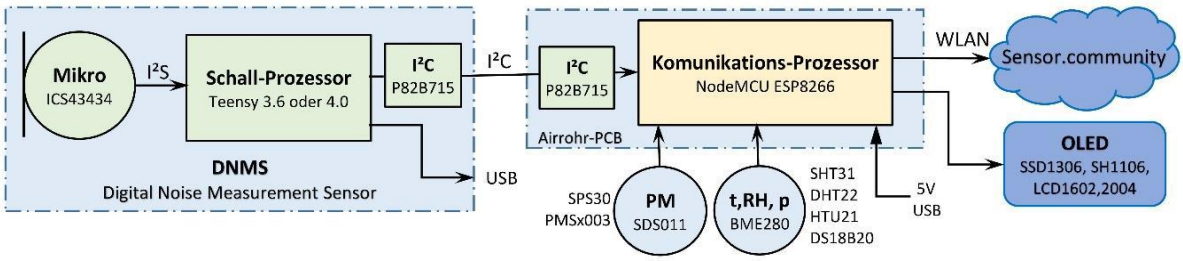

Abbildung 1 DNMS getrennt vom Kommunikations-Prozessor

Besonderer Wert wurde auf ein wetterfestes Gehäuse gelegt, denn nur so sind kontinuierliche Umgebungslärmmessungen überhaupt sinnvoll möglich.

Aufgrund dieses modularen Konzepts und insbesondere aufgrund der hohen Leistungsfähigkeit des Teensy Boards sind künftig auch komplexe funktionale Erweiterungen möglich. Bereits getestet werden insbesondere die zusätzliche Ausgabe von L_Z-Werten (ohne A-Filter) sowie die Werte einer Frequenzanalyse (FFT-Analyse). Denkbar wären auch Analysen zur Erkennung von Lärmarten, ggf. auch mit Hilfe von Methoden der KI.

1.2. Messgenauigkeit

Es wurde ein Test zur Überprüfung des Messbereichs und der Messgenauigkeit des DNMS auf der Basis der Firmware Version 2 durchgeführt. Er erfolgte zusammen mit der HFT (Hochschule für Technik, Stuttgart) im Akustik Labor des Zentrums für Akustische und Thermische Bauphysik (ZFB).

Datum: 18.03.2021 und 22.04.2021
Ort: Reflexionsarmer Raum im ZFB, Stuttgart-Vaihingen
Teilnehmer: Andreas Drechsler (HFT Stuttgart) und Helmut Bitter (Entwickler DNMS)

Am 18.03.2021 waren 3 DNMS-Systeme basierend auf Teensy4.0 aufgebaut. In zwei Durchgängen wurden mit diesen Systemen 6 Mikrofone getestet. Am 22.04.2021 waren 5 DNMS-Systeme basierend auf Teensy4.0 aufgebaut. In einem Durchgang wurden 5 Mikrofone getestet.
Als Vergleichsreferenz kam ein Klasse 1 Audio- und Akustik-Analysator XL2 der Firma NTi Audio mit MA220 Vorverstärker und M2230 Mikrofonkapsel zum Einsatz. Das XL2 wurde zu Beginn der Messreihe am 18.03.2021 und am 22.04.2021 mit einem Klasse 1 Schallkalibrator kalibriert.

Die Abweichungen der Messergebnisse der DNMS-Mikrofone zu den Ergebnissen mit dem kalibrierten Klasse 1 Analysator NTi Audio XL 2 liegen bei den Einzahlwerten fast immer unter ± 1 dB(A). Ausnahme

sind sehr geringe Schalldruckpegel unter 40 dB(A). Hier sind größere Abweichungen bis zu + 3 dB(A) feststellbar. Das Eigengeräusch der verwendeten DNMS-Mikrofone liegt knapp unter 30 dB(A). Auch bei den Spektren und Zeitsignalen zeigt sich eine gute bis sehr gute Übereinstimmung, ebenfalls mit Ausnahmen bei geringen Schalldruckpegeln unter 40 dB(A). Hier ist bei den unten dargestellten Auswertungen (siehe Anlage) eine Überhöhung im Bereich von etwa 100 Hz erkennbar, die bei höheren Pegeln verschwindet. Vermutet wird ein bei dieser Messung eingetragenes Netzbrummen, das bei späteren Messungen nicht mehr auftauchte. Für den Einsatz in den selbstgebauten Lärmsensoren sind die Mikrofone gut geeignet, die Messgenauigkeit ist für übliche Umweltgeräusche sehr gut und das über einen großen Frequenz- und Dynamikbereich.

2. Messergebnisse

Sensor 80326

Messort: Cadolzburger Straße, 90766 Fürth

Messzeitraum: November 2023 und Dezember 2023

Abbildung 2 Beispielfoto eines Anbringungsortes eines DNMS-Lärmsensors (©DUH)

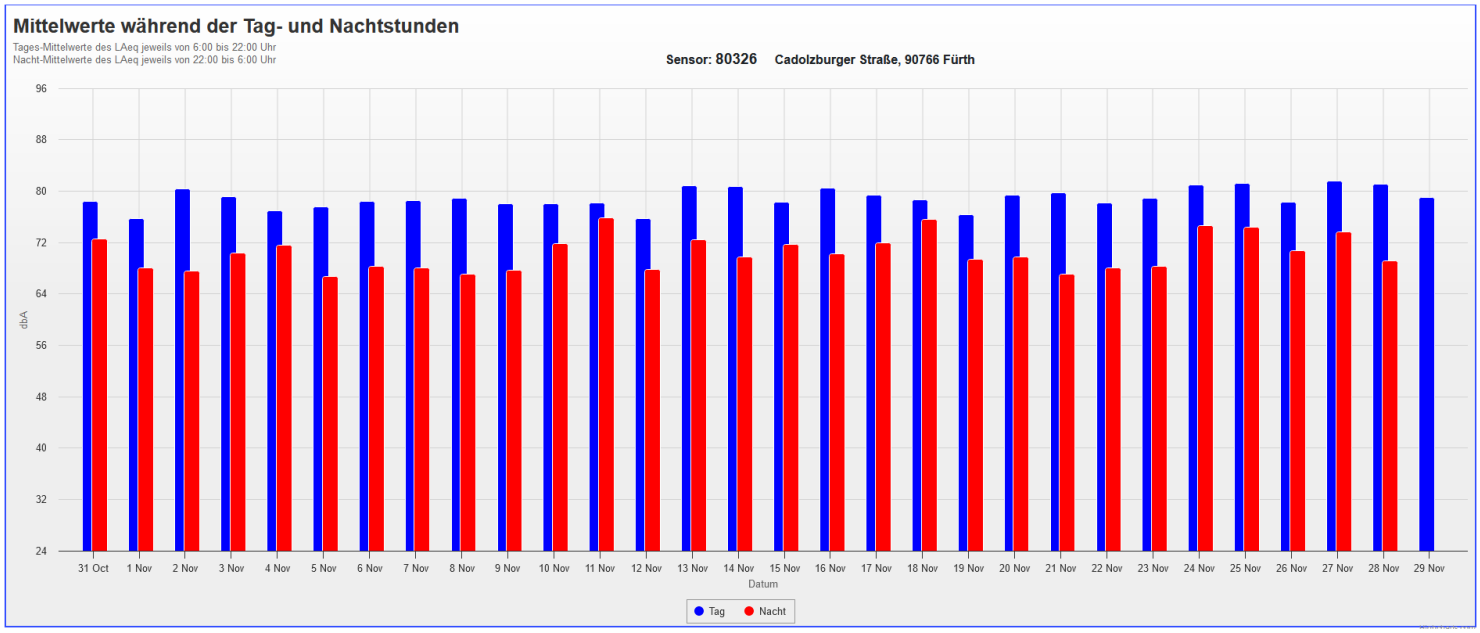

Abbildung 3 Diagramm Gegenüberstellung Tages- und Nachtwerte, $L_{Aeq,\ Tag}$ und $L_{Aeq,\ Nacht}$; November 2023

Datum	$L_{Aeq,Tag}$ in dB(A)	$L_{Aeq,Nacht}$ in dB(A)
01.11.2023	75.7	68.1
02.11.2023	80.3	67.6
03.11.2023	79.1	70.3
04.11.2023	77	71.6
05.11.2023	77.5	66.7
06.11.2023	78.4	68.3
07.11.2023	78.5	68.1
08.11.2023	78.9	67
09.11.2023	78.1	67.6
10.11.2023	78	71.8
11.11.2023	78.1	75.8
12.11.2023	75.8	67.8
13.11.2023	80.9	72.4
14.11.2023	80.8	69.7
15.11.2023	78.3	71.7
16.11.2023	80.4	70.3
17.11.2023	79.3	71.9
18.11.2023	78.6	75.6
19.11.2023	76.4	69.4
20.11.2023	79.4	69.7
21.11.2023	79.8	67
22.11.2023	78.2	68
23.11.2023	78.9	68.3
24.11.2023	80.9	74.6
25.11.2023	81.2	74.4
26.11.2023	78.3	70.7
27.11.2023	81.6	73.6
28.11.2023	81.1	69.1
29.11.2023	79	68.8
30.11.2023	77.9	0

Tabelle 1 Messwerte Tages- und Nachtwerte, $L_{Aeq,\,Tag}$ und $L_{Aeq,\,Nacht}$; November 2023

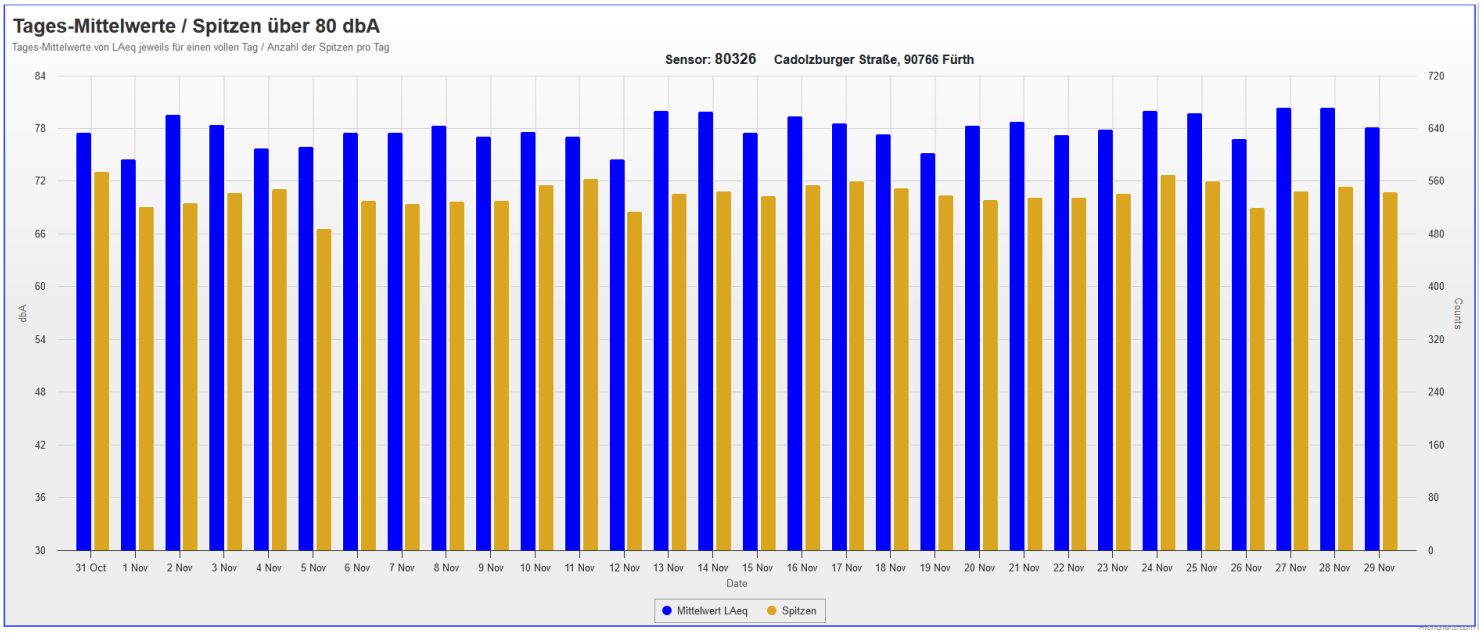

Abbildung 4 Diagramm zu Anzahl an Lärmspitzen über 80 dB(A); November 2023

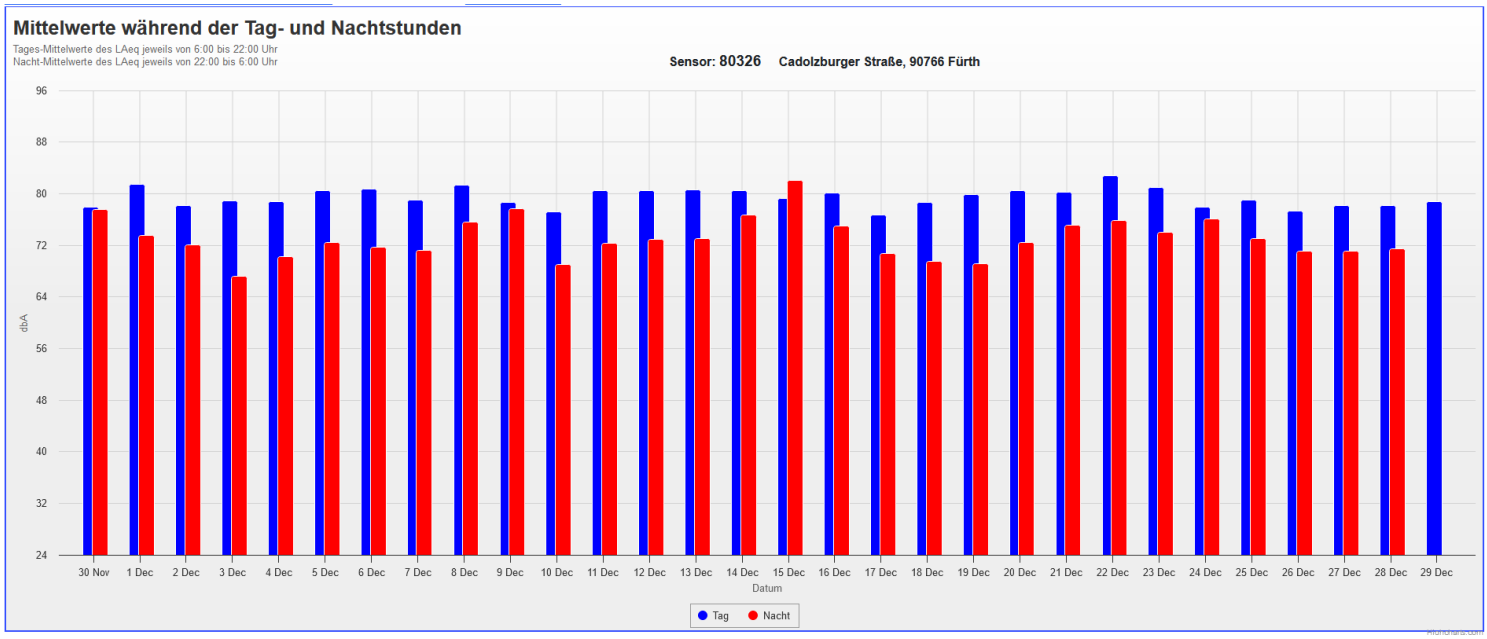

Abbildung 5 Diagramm Gegenüberstellung Tages- und Nachtwerte, $L_{Aeq,\ Tag}$ und $L_{Aeq,\ Nacht}$; Dezember 2023

Datum	$L_{Aeq,Tag}$ in dB(A)	$L_{Aeq,Nacht}$ in dB(A)
01.12.2023	81.4	73.5
02.12.2023	78.2	72.1
03.12.2023	78.9	67.2
04.12.2023	78.8	70.3
05.12.2023	80.5	72.4
06.12.2023	80.8	71.6
07.12.2023	79	71.2
08.12.2023	81.3	75.6
09.12.2023	78.7	77.7
10.12.2023	77.1	69.1
11.12.2023	80.4	72.4
12.12.2023	80.4	73
13.12.2023	80.6	73.1
14.12.2023	80.5	76.7
15.12.2023	79.3	82
16.12.2023	80.1	75
17.12.2023	76.7	70.7
18.12.2023	78.7	69.5
19.12.2023	79.8	69.1
20.12.2023	80.4	72.4
21.12.2023	80.3	75.1
22.12.2023	82.7	75.8
23.12.2023	80.9	74.1
24.12.2023	77.9	76
25.12.2023	79	73
26.12.2023	77.3	71.1
27.12.2023	78.1	71
28.12.2023	78.2	71.5
29.12.2023	78.8	72.5
30.12.2023	78.7	0

Tabelle 2 Messwerte Tages- und Nachtwerte, $L_{Aeq,\ Tag}$ und $L_{Aeq,\ Nacht}$; Dezember 2023

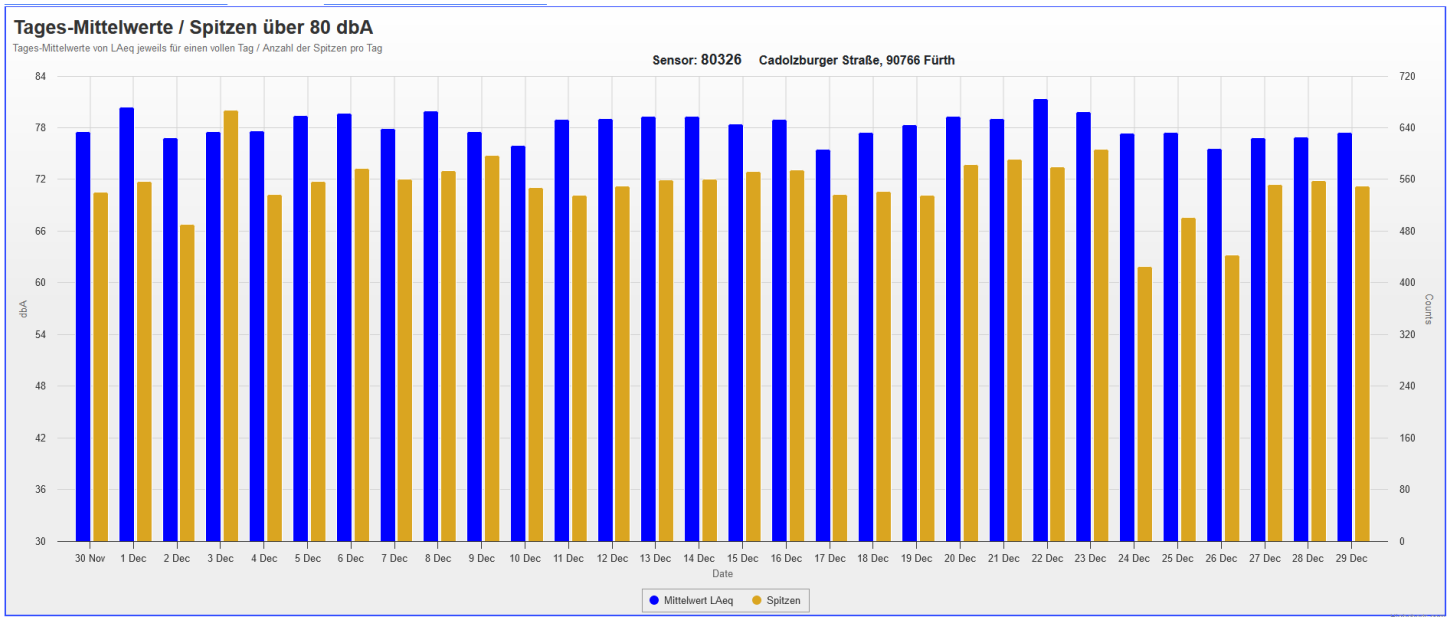

Abbildung 6 Diagramm zu Anzahl an Lärmspitzen über 80 dB(A); Dezember 2023

3. Einordnung der Messergebnisse

Die WHO empfiehlt in ihren Leitlinien für Umgebungslärm, den durch Straßenverkehr bedingten Lärmpegel auf weniger als 53 dB(A) im Tagesmittel beziehungsweise auf 45 dB(A) in der Nacht zu verringern. Zum Vergleich: Die in Deutschland geltenden Grenzwerte der Lärmvorsorge beim Neubau beziehungsweise der wesentlichen Änderung von Straßen im urbanen Raum liegen bei 64 dB(A) im Tagesmittel und 54 dB(A) in der Nacht.

Zwar messen die hier genutzten Lärmsensoren nicht konform zu Normmessungen im Straßenverkehr nach geltendem Recht, jedoch zeigen sie eine mehr als deutliche Überschreitung der Werte zur Lärmvorsorge in Deutschland und erst recht der WHO-Empfehlungen in beiden untersuchten Monaten. Dabei sind auch keine wesentlichen Unterschiede zwischen Werktagen und Wochenende erkennbar. Auch die Anzahl der Lärmspitzen über 80 dB(A) sind in beiden Monaten, besonders jedoch im November, sehr hoch und entsprechen nach unseren Erfahrungswerten eher dem Niveau einer Hauptverkehrsstraße.

Stand: 22. 01.2025

Deutsche Umwelthilfe

Deutsche Umwelthilfe e.V.

Bundesgeschäftsstelle Radolfzell
Fritz-Reichle-Ring 4
78315 Radolfzell
Tel.: 07732 9995-0

Bundesgeschäftsstelle Berlin
Hackescher Markt 4
Eingang: Neue Promenade 3
10178 Berlin
Tel.: 030 2400867-0

Ansprechpartner

Dorothee Saar
Bereichsleiterin Verkehr & Luftreinhaltung
Tel.: 030 2400867-72
E-Mail: saar@duh.de

Patrick Pohle
Referent Umwelttechnik
Tel.: 030 2400867-739
E-Mail: pohle@duh.de

www.duh.de **info@duh.de** **umwelthilfe**

Wir halten Sie auf dem Laufenden: **www.duh.de/newsletter-abo**

Die Deutsche Umwelthilfe e.V. ist als gemeinnützige Umwelt- und Verbraucherschutzorganisation anerkannt. Wir sind unabhängig, klageberechtigt und kämpfen seit über 40 Jahren für den Erhalt von Natur und Artenvielfalt. Bitte unterstützen Sie unsere Arbeit mit Ihrer Spende: **www.duh.de/spenden**

Transparent gemäß der Initiative Transparente Zivilgesellschaft. Ausgezeichnet mit dem DZI Spenden-Siegel für seriöse Spendenorganisationen.

Initiative Transparente Zivilgesellschaft

DZI Spenden-Siegel

Unser Spendenkonto: SozialBank | IBAN: DE45 3702 0500 0008 1900 02 | BIC: BFSWDE33XXX