

**Neuberechnung der externen Kosten
nach Maßgabe der Änderung der
Richtlinie 1999/62/EG für die Jahre
2023 bis 2027**



**Ergänzung zum Endbericht vom
Dezember 2021**

**Bundesministerium für
Digitales und Verkehr**

Referat StV 10
Invalidenstraße 44
10115 Berlin

Februar 2022



Ergänzung zum Endbericht

Neuberechnung der externen Kosten für Luftverschmutzung und Lärmbelastung nach Maßgabe der Änderung der Richtlinie 1999/62/EG (Standpunkt des Rates vom 29.10.2021) für die Jahre 2023 bis 2027

Im Auftrag des

Bundesministeriums für Digitales und Verkehr

Version 1.0 Entwurf

Schneider, 18.02.2022

Version 1.1 freigegeben

Korn, 28.02.2022

Auftragnehmer:

Alfen Consult GmbH, Leipzig & Aachen (Federführung)

AVISO GmbH, Aachen

Autoren:

Michael Korn (Alfen Consult)

Andreas Leupold (Alfen Consult)

Christiane Schneider (AVISO)

Leipzig, Aachen, im Februar 2022

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| Abbildungsverzeichnis | 4 |
| Tabellenübersicht | 5 |
| Abkürzungsverzeichnis | 5 |
| 1 Zusammenfassung | 6 |
| 2 Vorbemerkung | 8 |
| 2.1 Veranlassung | 8 |
| 2.2 Relevante Änderungen durch die Neufassung der RL | 8 |
| 3 Aktualisierung der externen Kosten der verkehrsbedingten Luftverschmutzung und Lärmbelastung | 9 |
| 3.1 Bezugswerte für die Gebühr für externe Kosten der verkehrsbedingten Luftverschmutzung und Lärmbelastung | 9 |
| 3.2 Verursachte externe Kosten der verkehrsbedingten Luftverschmutzung | 11 |
| 3.2.1 Vorgaben der Richtlinie zur Ermittlung der verursachten Kosten | 11 |
| 3.2.2 Angewendetes Berechnungsverfahren | 12 |
| 3.2.3 Resultierende verursachte Kosten der verkehrsbedingten Luftverschmutzung | 15 |
| 3.3 Verursachte externe Kosten der verkehrsbedingten Lärmbelastung | 16 |
| 3.3.1 Vorgaben der Richtlinie zur Ermittlung der verursachten Kosten | 16 |
| 3.3.2 Angewendetes Berechnungsverfahren | 18 |
| 3.3.3 Resultierende verursachte Kosten der verkehrsbedingten Lärmbelastung | 20 |
| 3.4 Externe Kosten der verkehrsbedingten Luftverschmutzung und Lärmbelastung | 21 |
| Literatur | 26 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Prinzipieller Ablauf des Vorgehens zur Berechnung der verursachten externen Kosten der verkehrsbedingten Luftverschmutzung | 13 |
| Abbildung 2: Prognose der Flottenzusammensetzung nach Euronormstufen für die Lkw $\geq 7,5t$ differenziert nach den Fahrzeugklassen 1 bis 4..... | 14 |
| Abbildung 3: Prinzipieller Ablauf des Vorgehens zur Berechnung der verursachten externen Kosten der verkehrsbedingten Lärmbelastung..... | 18 |
| Abbildung 4: Externe Kosten der verkehrsbedingten Luftverschmutzung und Lärmbelastung auf Bundesfernstraßen (ohne räumliche Differenzierung bei den Kosten auf Basis der Bezugswerte gemäß Anhang IIIb)..... | 22 |
| Abbildung 5: Vergleich der spezifischen gewogenen Kostensätze der Luftverschmutzung und Lärmbelastung für Lkw $\geq 7,5t$ zGG, verursacherbezogen und gemäß Bezugswerte aus dem Entwurf der Neufassung der Richtlinie 1999/62/EG (ohne Preissteigerung)..... | 23 |

Tabellenübersicht

HINWEIS:

Die Ergebnisse und Zwischenergebnisse des Gutachtens sind zum größten Teil in Tabellenform dargestellt. Diese Tabellen wurden in MS-Excel oder MS-Access erstellt und können aufgrund von Rundungen Differenzen aufweisen. Die Berechnungen erfolgten immer mit nicht gerundeten Werten.

| | | |
|-------------|--|----|
| Tabelle 1: | Spezifische gewogene Kostensätze der Luftverschmutzung und Lärmbelastung für Lkw $\geq 7,5$ t zGG auf Bundesfernstraßen, differenziert nach Fahrzeugklassen und Euronormstufen | 7 |
| Tabelle 2: | Bezugswerte für die Gebühr für externe Kosten, einschließlich der Kosten für Luftverschmutzung und Lärmbelastung nach dem Entwurf der Neufassung der Richtlinie 1999/62/EG, Anhang IIIb | 10 |
| Tabelle 3: | Kostensätze für Luftschadstoffe aus dem Straßenverkehr in $\text{€}_{2020}/\text{t}$ | 15 |
| Tabelle 4: | Externe Kosten der verkehrsbedingten Luftverschmutzung auf Bundesfernstraßen | 16 |
| Tabelle 5: | Kostensätze für Lärmeinwirkung p.a. und exponierter Person in €_{2020} , bezogen auf L_{DEN} -Werte | 19 |
| Tabelle 6: | Externe Kosten der verkehrsbedingten Lärmbelastung auf Bundesfernstraßen | 20 |
| Tabelle 7: | Externe Kosten der verkehrsbedingten Luftverschmutzung und Lärmbelastung auf Bundesfernstraßen (ohne räumliche Differenzierung bei den Kosten auf Basis der Bezugswerte gemäß Anhang IIIb) | 21 |
| Tabelle 8: | Spezifische gewogene Kostensätze der Luftverschmutzung für Lkw $\geq 7,5$ t zGG auf Bundesfernstraßen, differenziert nach Fahrzeugklassen und Euronormstufen | 24 |
| Tabelle 9: | Spezifische gewogene Kostensätze der Lärmbelastung für Lkw $\geq 7,5$ t zGG auf Bundesfernstraßen, differenziert nach Fahrzeugklassen | 24 |
| Tabelle 10: | Spezifische gewogenen Kostensätze der Luftverschmutzung und Lärmbelastung für Lkw $\geq 7,5$ t zGG auf Bundesfernstraßen, differenziert nach Fahrzeugklassen und Euronormstufen | 25 |

Abkürzungsverzeichnis

BMDV *Bundesministerium für Digitales und Verkehr*

WKR2023... *Wegekostenrechnung für die Mautperiode 2023-2027*

1 Zusammenfassung

Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) beauftragte das Gutachterteam Alfen Consult GmbH, Leipzig und AVISO GmbH, Aachen, auf Basis des für die Mautperiode 2023 bis 2027 erstellten Wegekostengutachtens die Änderungen der Richtlinie 1999/62/EG für die deutschen Bundesfernstraßen in Bezug auf die externen Kosten der Luftverschmutzung und Lärmbelastung zu bewerten.

Die vorliegende Ergänzung zum Endbericht des Wegekostengutachtens für die Mautperiode 2023 bis 2027 (WKR2023) untersuchte die für die externen Kosten der Luftverschmutzung und der Lärmbelastung möglichen Änderungen der Anlastung dieser Kosten. Wesentliche Änderungen gegenüber der bisher geltenden Fassung der Richtlinie 1999/62/EG in Bezug auf die Anlastung externer Kosten der Luftverschmutzung und Lärmbelastung sind:

- Bisher als Höchstwerte definierte Aufschläge für die Anlastung externer Kosten sind Bezugswerten gewichen, die ohne weiteren Nachweis durch die Mitgliedstaaten angewendet werden dürfen.
- Die Mitgliedstaaten können Kosten gelten machen, die höher als die Bezugswerte sind, sofern diese wissenschaftlich ermittelt und transparent umgelegt werden.

Die Vorgaben der RL im Hinblick auf die Berechnung der externen Kosten bleiben bestehen. Anhang III regelt die Mindestanforderungen bei der Erhebung der externen Kosten in Bezug auf:

- betroffene Abschnitte des Straßennetzes,
- betroffene Fahrzeuge, Straßen und Zeiträume und
- Gebührenbestandteile (hier Kosten der verkehrsbedingten Luftverschmutzung und Lärmbelastung).

Die Gebührenhöhe wurde für die Luftverschmutzung mittels der im Endbericht zur WKR2023 dargestellten Vorgehensweise nach Anhang IIIa der Richtlinie 1999/62/EG bzw. der Änderung der RL in der Fassung vom 29.10.2021 berechnet. Bei der Berechnung werden die neuesten Erkenntnisse zu Emissionsfaktoren und Wertansätzen, sowie der Zusammensetzung des Fahrzeugkollektivs berücksichtigt.

Zur Ermittlung der externen Kosten der Lärmbelastung wurden aktuell mit dem Modell LimA die straßenverkehrsbedingten Lärmbelastungen analog zu dem bei der EU-Umgebungslärmkartierung 2017 in Deutschland eingesetzten Verfahren neu berechnet und die

Lärmpegel als L_{DEN}^1 ausgewiesen. Die berechneten Lärmpegel wurden mit den Einwohnerdaten räumlich verschnitten und somit die Betroffenheiten ermittelt. Mit den in der UBA-Methodenkonvention 3.1 (UBA, 2020) ausgewiesenen Kostensätzen konnten dann die externen Lärmkosten abgeleitet werden.

Es ergeben sich für Lkw $\geq 7,5$ t zGG im Zeitraum 2023-2027 externe Kosten der Luftverschmutzung in Höhe von durchschnittlich 1.083,1 Mio. € p.a. und der Lärmbelastung in Höhe von 550,6 Mio. € p.a.

Werden die ermittelten externen Kosten für Luftverschmutzung und Lärmbelastung vollständig auf den mautpflichtigen Verkehr umgelegt, ergeben sich in nachfolgender Tabelle 1 dargestellten spezifischen gewogenen Kostensätze für Lkw $\geq 7,5$ t zGG im Zeitraum 2023-2027.

| €-Cent/km | Lkw ab 7,5t bis <12t zGG | Lkw ab 12t bis einschließlich 18 t zGG | Lkw >18t zGG und bis zu 3 Achsen | Lkw >18t zGG und mit 4 und mehr Achsen |
|--|--------------------------|--|----------------------------------|--|
| Euro I und schlechter | 13,0 | 13,8 | 18,5 | 19,9 |
| Euro II | 12,8 | 13,7 | 18,0 | 19,4 |
| Euro III | 10,4 | 11,7 | 15,1 | 16,1 |
| Euro IV | 7,4 | 7,8 | 9,7 | 9,9 |
| Euro V | 5,9 | 6,8 | 7,8 | 7,4 |
| Euro VI | 3,1 | 3,0 | 3,8 | 3,5 |
| umweltfreundlicher als Euro VI einschl. emissionsfrei | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,3 |

Tabelle 1: Spezifische gewogene Kostensätze der Luftverschmutzung und Lärmbelastung für Lkw $\geq 7,5$ t zGG auf Bundesfernstraßen, differenziert nach Euronormstufen

Aufgrund der höheren Fahrleistungsanteile der Lkw > 18t mit 4 und mehr Achsen auf den Autobahnen sinken die Kostensätze für die Fahrzeuge ab Euro V gegenüber Lkw > 18t mit bis zu 3 Achsen ab, da dort tendenziell weniger vom Lärm Betroffene vorliegen als an den Bundesstraßen.

Da aktuell auf eine räumliche Differenzierung der Mautteilsätze für die Luftverschmutzung und die Lärmbelastung verzichtet werden soll, sollten die Tabellenwerte im gesamten mautpflichtigen Netz unverändert angesetzt werden. Aus dem Ansatz der dargestellten Aufschläge lassen sich Einnahmen für externe Kosten der Luftverschmutzung und Lärmbelastung bei den Lkw $\geq 7,5$ t zGG in Höhe von 1,63 Mrd. € p.a. im Zeitraum 2023 bis 2027 erzielen.

¹ L_{DEN} = Tag-Abend-Nacht-Lärmindex, angegeben in dB(A),

dB(A) = Mit der A-Bewertungsfilterkurve bewerteter Schalldruckpegel; die A-Kurve gibt das für Verkehrsgeräusche typische Frequenzspektrum für das menschliche Ohr am besten wider.

2 Vorbemerkung

2.1 Veranlassung

Für die Mautperiode 2023 bis 2027 haben die Gutachter Alfen Consult GmbH, Leipzig und AVISO GmbH, Aachen im Dezember 2021 den Endbericht zur Berechnung der Wegekosten und der potenziellen Mautsätze vorgelegt (WKR2023). Dieser basiert auf der Richtlinie 1999/62/EG in der Fassung ABl. 07.07.2020, C 223, S.1. Aktuell ist eine Änderung der Richtlinie in Endabstimmung und liegt den Gutachtern als Standpunkt des Rates vom 29. Oktober 2021 (Dok.-Nr. 10542/21) vor. Die Gutachter wurden gebeten, die beabsichtigten Änderungen bei der Anlastung der externen Kosten der Luftverschmutzung und der Lärmbelastung als gegeben anzusehen und eine Neuberechnung der externen Kosten und der Ableitung von diesbezüglichen Mautsätzen vorzunehmen.

2.2 Relevante Änderungen durch die Änderung der RL in Bezug auf die Anlastung externer Kosten der Luftverschmutzung und Lärmbelastung

Die Änderung der RL 1999/62/EG ersetzt die bisher in Anhang IIIb benannten Höchstwerte zur Anlastung externer Kosten der Luftverschmutzung und Lärmbelastung durch Bezugswerte. Beabsichtigt ein Mitgliedstaat höhere Kosten anzulasten, als durch die Bezugswerte angelastet werden können, so hat er deren Höhe durch Berechnungsverfahren darzulegen, die in Anhang IIIa Abs. 3 der geänderten Richtlinie bestimmt sind.

Die bisher für die externen Kosten der Luftverschmutzung und der Lärmbelastung jeweils gesondert ausgewiesenen Höchstwerte wurde in Anhang IIIb der Änderung zu einem Bezugswert zusammengelegt. Zudem sind die Bezugswerte niedriger als die bisherigen Höchstwerte.

3 Aktualisierung der externen Kosten der verkehrsbedingten Luftverschmutzung und Lärmbelastung

Gemäß der Richtlinie 1999/62/EG (in der Fassung ABl. 07.07.2020, C 223, S.1) ist der Nachweis zur Anlastbarkeit der externen Kosten der verkehrsbedingten Luftverschmutzung und Lärmbelastung zu führen.

Daher wurden bisher zunächst die durch Luftverschmutzung und Lärmbelastung verursachten Kosten ermittelt. Diese verursachten Kosten wurden den maximal anlastbaren Kosten gemäß Richtlinie 1999/62/EG (in der Fassung ABl. 07.07.2020, C 223, S.1) gegenübergestellt, um nachzuweisen, dass die verursachten Kosten höher liegen als die maximal anlastbaren.

In der hier vorliegenden Ergänzung zum Wegekostengutachten für die Mautperiode 2023 bis 2027 (Stand Endbericht Dezember 2021, (Korn et al. 2021)) werden die externen Kosten aus Luftverschmutzung und Lärmbelastung gemäß dem Entwurf der Änderung der Richtlinie 1999/62/EG ermittelt.

3.1 Bezugswerte für die Gebühr für externe Kosten der verkehrsbedingten Luftverschmutzung und Lärmbelastung

Im Anhang IIIb des Entwurfs der Änderung der Richtlinie 1999/62/EG sind die Bezugswerte für die Gebühr für externe Kosten einschließlich der Kosten für Luftverschmutzung und Lärmbelastung in €-Cent/km ausgewiesen, differenziert nach vier Fahrzeugklassen und nach Euronormstufen einschließlich emissionsfreier Fahrzeuge. Außerdem ermöglicht die Richtlinie die Klassifizierung der Straßen in Vorstadtstraßen und außerstädtische Straßen mit unterschiedlich hohen Kostensätzen. Die Bezugswerte sind in Tabelle 2 aufgeführt.

| Fahrzeugklasse | | €-Cent/Fahrzeugkilometer | |
|---|---|--------------------------|-----------------------------|
| | | Vorstadt ¹ | Außerstädtisch ² |
| Lastkraftwagen mit einer technisch zulässigen Gesamtmasse im beladenen Zustand unter 12 t oder mit zwei Achsen (Fahrzeugklasse 1) | EURO 0 | 18,6 | 9,9 |
| | EURO I | 12,6 | 6,4 |
| | EURO II | 12,5 | 6,3 |
| | EURO III | 9,6 | 4,8 |
| | EURO IV | 7,3 | 3,4 |
| | EURO V | 4,4 | 1,8 |
| | EURO VI | 2,3 | 0,5 |
| | Umweltfreundlicher als EURO VI, einschließlich emissionsfreie Fahrzeuge | 2,0 | 0,3 |
| Lastkraftwagen mit einer technisch zulässigen Gesamtmasse im beladenen Zustand zwischen 12 und 18 t oder mit drei Achsen (Fahrzeugklasse 2) | EURO 0 | 24,6 | 13,7 |
| | EURO I | 15,8 | 8,4 |
| | EURO II | 15,8 | 8,4 |
| | EURO III | 12,5 | 6,6 |
| | EURO IV | 9,2 | 4,5 |
| | EURO V | 5,6 | 2,7 |
| | EURO VI | 2,8 | 0,7 |
| | Umweltfreundlicher als EURO VI, einschließlich emissionsfreie Fahrzeuge | 2,3 | 0,3 |
| Lastkraftwagen mit einer technisch zulässigen Gesamtmasse im beladenen Zustand zwischen 18 und 32 t oder mit vier Achsen (Fahrzeugklasse 3) | EURO 0 | 27,8 | 15,8 |
| | EURO I | 20,4 | 11,3 |
| | EURO II | 20,4 | 11,2 |
| | EURO III | 16,3 | 8,9 |
| | EURO IV | 11,8 | 6,0 |
| | EURO V | 6,6 | 3,4 |
| | EURO VI | 3,1 | 0,8 |
| | Umweltfreundlicher als EURO VI, einschließlich emissionsfreie Fahrzeuge | 2,5 | 0,3 |
| Lastkraftwagen mit einer technisch zulässigen Gesamtmasse im beladenen Zustand über 32 t oder mit fünf oder mehr Achsen (Fahrzeugklasse 4) | EURO 0 | 33,5 | 19,4 |
| | EURO I | 25,0 | 14,1 |
| | EURO II | 24,9 | 13,9 |
| | EURO III | 20,1 | 11,1 |
| | EURO IV | 14,2 | 7,5 |
| | EURO V | 7,6 | 3,8 |
| | EURO VI | 3,4 | 0,8 |
| | Umweltfreundlicher als EURO VI, einschließlich emissionsfreie Fahrzeuge | 2,8 | 0,3 |

1) Als Vorstadt gelten Gebiete mit einer Bevölkerungsdichte zwischen 150 und 900 Einwohnern/km² (einer mittleren Bevölkerungsdichte von 300 Einwohnern/km²).

2) Als außerstädtisch gelten Gebiete mit einer Bevölkerungsdichte unter 150 Einwohnern/km².

Tabelle 2: Bezugswerte² für die Gebühr für externe Kosten, einschließlich der Kosten für Luftverschmutzung und Lärmbelastung nach dem Entwurf der Änderung der Richtlinie 1999/62/EG, Anhang IIIb

² Die Werte dürfen in Bergregionen und in Ballungsräumen mit dem Faktor von höchstens 2 multipliziert werden, soweit das durch geringere Streuung, Straßensteigung bzw. -gefälle, geografische Höhe oder Temperaturinversionen gerechtfertigt ist. Wenn wissenschaftliche Erkenntnisse für einen höheren Faktor für Bergregionen oder Ballungsräume sprechen, kann der betreffende Bezugswert mit einer ausführlichen Begründung erhöht werden.

Es werden bei den Bezugswerten die folgenden vier Fahrzeugklassen unterschieden:

- Fahrzeugklasse 1: Lastkraftwagen mit einer technisch zulässigen Gesamtmasse im beladenen Zustand unter 12 Tonnen oder mit zwei Achsen
- Fahrzeugklasse 2: Lastkraftwagen mit einer technisch zulässigen Gesamtmasse im beladenen Zustand zwischen 12 und 18 Tonnen oder mit drei Achsen
- Fahrzeugklasse 3: Lastkraftwagen mit einer technisch zulässigen Gesamtmasse im beladenen Zustand zwischen 18 und 32 Tonnen oder mit vier Achsen
- Fahrzeugklasse 4: Lastkraftwagen mit einer technisch zulässigen Gesamtmasse über 32 Tonnen oder mit fünf oder mehr Achsen

Zur Ermittlung der externen Kosten auf Basis dieser Bezugswerte wird die Fahrleistung des Mautverkehrs aus der WKR2023 (Korn et.al. ,2021) übernommen und in die Differenzierung nach den oben aufgeführten Fahrzeugklassen überführt. Es wurde diesbezüglich die folgende Zuordnung verwendet:

- Fahrzeugklasse 1: Fahrleistung der Mautklasse Lkw 7,5 t bis <12 t, alle Achsklassen
- Fahrzeugklasse 2: Fahrleistung der Mautklasse Lkw 12 t bis 18 t, alle Achsklassen
- Fahrzeugklasse 3: Fahrleistung der Mautklasse Lkw >18 t bis 4 Achsen
- Fahrzeugklasse 4: Fahrleistung der Mautklasse Lkw >18 t mit 5 oder mehr Achsen

Bezüglich der Euronormstufen wird nach den Stufen EURO 0 bis EURO VI differenziert. Zusätzlich gibt es die Stufe „umweltfreundlicher als EURO VI, einschließlich emissionsfreier Fahrzeuge“.

Die Prognose der Flottenzusammensetzung bezüglich der Euronormstufen wurde, wie im folgenden Teilkapitel erläutert, aus aktuellen Daten des Umweltbundesamtes (UBA) zur Prognose der Zusammensetzung der Fahrzeugflotte auf Autobahnen, Außerorts- und Innerortsstraßen (UBA, 2022) abgeleitet.

Die Ergebnisse der Berechnung mit dem Ansatz der Bezugswerte finden sich in Tabelle 7.

3.2 Verursachte externe Kosten der verkehrsbedingten Luftverschmutzung

3.2.1 Vorgaben der Richtlinie zur Ermittlung der verursachten Kosten

Die gemäß dem Entwurf der Änderung der Richtlinie anzuwendende Methodik zur Berechnung der durch den Straßenverkehr verursachten Kosten der Luftverschmutzung hat sich gegenüber der noch geltenden Version nicht verändert.

Die Formel zur Berechnung der verkehrsbedingten Luftverschmutzung lautet wie folgt:

$$PCV_{ij} = \sum_k EF_{ik} \times PC_{jk} \quad (1)$$

Es bedeuten:

PCV_{ij} - Kosten der Luftverschmutzung durch ein Fahrzeug der Klasse i auf einer Straße der Kategorie j (€/Fzkm)

EF_{ik} - Emissionsfaktor des Schadstoffes k und der Fahrzeugklasse i (g/Fzkm)

PC_{jk} - monetäre Kosten des Schadstoffes k für eine Straße der Kategorie j (€/g)

Die verursachten Kosten durch Luftverschmutzung berechnen sich - vereinfacht ausgedrückt - aus der Multiplikation eines Emissionsfaktors in g/Fzkm mit einem Kostenansatz in €/g (je Fahrzeuggruppe und Straßenklasse). Damit beschränkt sich die Berechnung bei den Luftschadstoffen auf die **Emissionsseite**. Die Luftschadstoffkomponenten, die in die Berechnungen einzubeziehen sind, ergeben sich aus der Richtlinie 2001/81/EG zur Erstellung nationaler Emissionsinventare (NO_x, NMVOC, SO₂, NH₃, PM₁₀/PM_{2.5}).

Berechnungsverfahren bzw. Datenbasen für Emissionsfaktoren werden in der Richtlinie vorgeschlagen, können aber, ebenso wie die Kostensätze, von den einzelnen Mitgliedstaaten in eigener Regie gewählt werden, wenn sie wissenschaftlich nachgewiesen sind.

3.2.2 Angewendetes Berechnungsverfahren

Das angewendete Verfahren zur Berechnung der durch Luftverschmutzung verursachten Kosten entspricht dem im Endbericht der WKR2023 (Korn et.al., 2021) beschriebenen und nochmals in Abbildung 1 dargestelltem Verfahren. Die Emissionsberechnungen wurden mit dem von AVISO entwickelten und ständig fortgeschriebenen Programmsystem *roadTEIM* (AVISO, 2020) durchgeführt. Das dort umgesetzte Emissionsmodell entspricht der VDI 3782, Bl. 7 (VDI, 2020) und damit dem aktuellen Wissensstand.

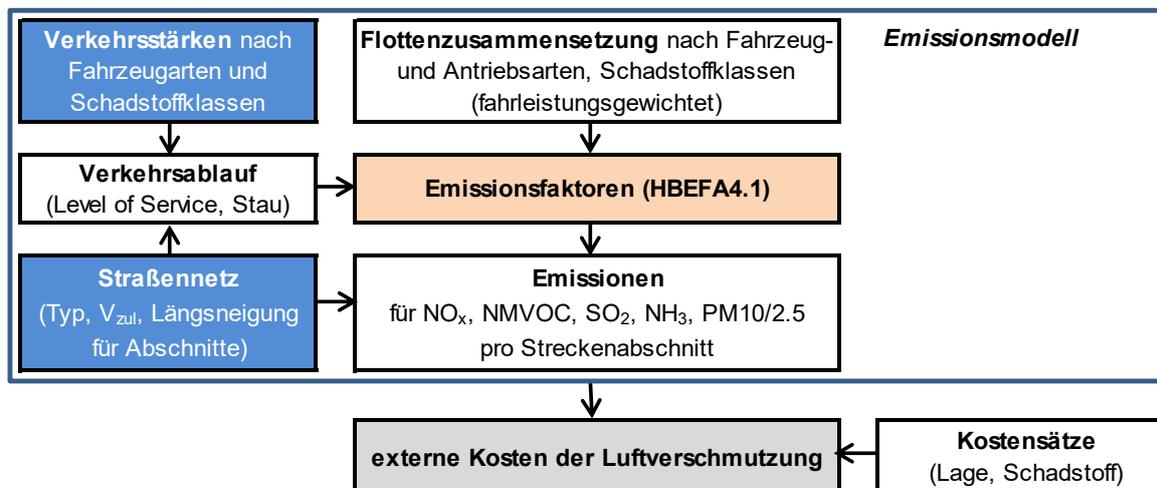


Abbildung 1: Prinzipieller Ablauf des Vorgehens zur Berechnung der verursachten externen Kosten der verkehrsbedingten Luftverschmutzung

1. Grundlagen Emissionsberechnung

Zentrale Datengrundlage zur Ermittlung der Emissionen stellt in Deutschland und anderen europäischen Ländern das Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs in der Version 4.1 (HBEFA 4.1, Stand 2019) dar.

Die HBEFA 4.1-Datenbank enthält pro Fahrzeugkategorie für einzelne Fahrzeugschichten (unterschieden nach Motorkonzept, Euronormstufe, Gewichtsklasse, Steigungsklasse, etc.) und pro Verkehrssituation sogenannte Schichtemissionsfaktoren für verschiedene reglementierte und nicht-reglementierte Abgaskomponenten und erstmals auch Emissionsfaktoren für Abriebe (Bremsen, Reifen, Straße). Die Schichtemissionsfaktoren geben pro Luftschadstoff die charakteristischen spezifischen Emissionen für definierte Verkehrssituationen in $g/(Fzg \cdot km)$ an.

Im HBEFA 4.1 sind zur Ermittlung der Emissionsfaktoren je Fahrzeugart typische bundesmittlere Flottenzusammensetzungen für Autobahnen, Außerortsstraßen und Innerortsstraßen hinterlegt. Die zugrundeliegenden dynamischen (fahrleistungsgewichteten) Flotten werden aus den statischen (beim Kraftfahrt-Bundesamt gemeldeten) Fahrzeugbeständen unter Berücksichtigung einer Fahrleistungsgewichtung zur Abbildung der im Verkehr auf den Straßen vorliegenden Flottenzusammensetzung bestimmt. Es wurden vom Umweltbundesamt (UBA) hierzu aktuelle Daten aus dem Modell TREMOD zur Prognose der Flottenzusammensetzung des Verkehrs auf Autobahnen, Außerorts- und Innerortsstraßen zur Verfügung gestellt (UBA, 2022).

Für die schweren Nutzfahrzeuge wurde eine Zuordnung der Fahrzeugschichten aus der UBA-Flottenzusammensetzung zu den 4 aus der Berechnung der Infrastrukturkosten bekannten Fahrzeugklassen durchgeführt, die sich vor allem an den Gewichtsklassen orientiert.

Für die Gruppe der Lkw $\geq 7,5$ t zGG liegen außerdem die realen Verteilungen nach Schadstoffklassen aus den Daten zum Mautverkehr 2018 bis 2020 vor. Die vom UBA aktuell übernommenen Lkw-Flotten für Autobahnen und Außerortsstraßen wurden für das Jahr 2020 differenziert nach Gewichtsklassen an die real erhobenen Verteilungen nach Schadstoffklassen der Mautverkehre angepasst. Ausgehend von diesen Flottenzusammensetzungen wurden auch die Flottenzusammensetzungen der Lkw $\geq 7,5$ t zGG für die Prognosejahre 2023 und 2027 angepasst. Für die übrigen Fahrzeugarten wurden die bundesmittleren Flottenzusammensetzungen aus den aktuellen UBA-Daten für die Jahre 2023 bis 2027 unverändert übernommen.

In Abbildung 2 ist für die vier Fahrzeugklassen der Lkw $\geq 7,5$ t zGG die nach dem beschriebenen Vorgehen ermittelte Prognose bezüglich der Flottenzusammensetzung nach Euronormstufen dargestellt. Insgesamt zeigt sich für die Flottenzusammensetzung des Mautverkehrs $\geq 7,5$ t zGG weiterhin eine Dominanz der EURO VI Fahrzeuge im Jahr 2023 mit Anteilen je nach Fahrzeugklasse zwischen 72 % (Fahrzeugklasse 1) und 93 % (Fahrzeugklasse 4). Zukünftig werden die Anteile der alternativen Antriebskonzepte ansteigen, es wird aber für die Fahrzeugklasse 4 auch im Jahr 2027 noch ein relativ geringer Anteil (ca. 1 % Elektro, 2 % Gas) prognostiziert.

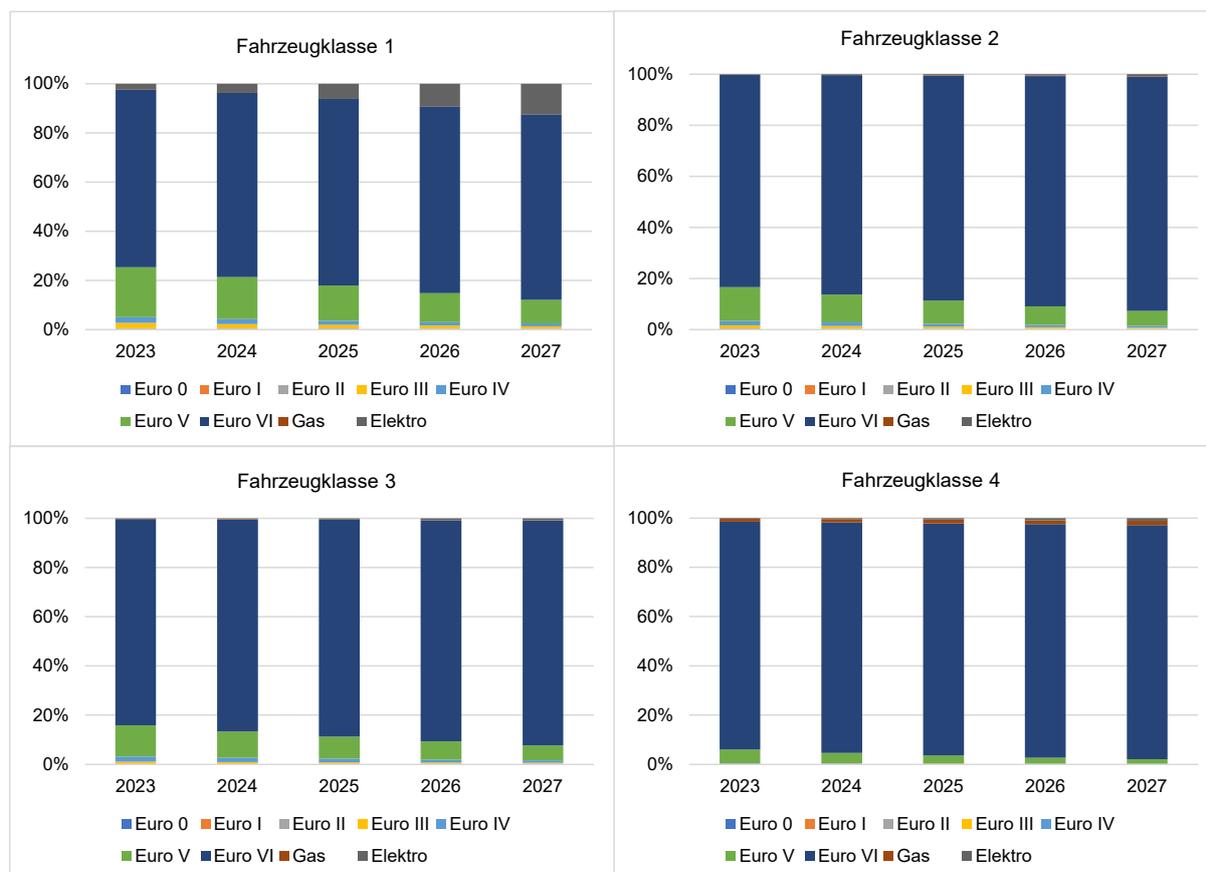


Abbildung 2: Prognose der Flottenzusammensetzung nach Euronormstufen für die Lkw $\geq 7,5$ t differenziert nach den Fahrzeugklassen 1 bis 4

Unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Flottenzusammensetzung pro Fahrzeugart und bei den schweren Nutzfahrzeugen pro Fahrzeugklasse und der Schichtemissionsfaktoren aus HBEFA4.1 wurden zunächst Emissionsfaktoren pro Fahrzeugart bzw. Fahrzeugklasse berechnet und diese dann zur Ermittlung der Emissionen pro Streckenabschnitt für alle Jahre 2023 bis 2027 für die Luftschadstoffe NO_x, NMVOC, SO₂, NH₃, PM10/PM2.5 (bei den Partikeln jeweils Abgas und nichtabgasbedingte Emissionen durch Aufwirbelung/Abriebe) eingesetzt. Aufgrund der nicht abgasbedingten Emissionen werden auch Fahrzeugen mit emissionsfreien Antrieben Emissionen zugeordnet.

2. Wert-/Kostensätze

Es wurden die Kostensätze aus der Methodenkonvention 3.1 des UBA (UBA 2020) zur Ermittlung der verursachten Kosten verwendet. Diese haben den Preisstand 2020 und können der nachstehenden Tabelle 3 entnommen werden. Die Schadenkosten beinhalten Gesundheits-, Material- und Ernteschäden sowie Biodiversitätsverluste.

| in € ₂₀₂₀ / t Emission | Gesundheitsschäden | | | | Nichtgesundheitliche Schäden | |
|--------------------------------------|--------------------|-----------|---------|----------|---------------------------------|----------|
| | Umgebung | Unbekannt | Urban | Suburban | | Ländlich |
| PM2.5 | | 62.900 | 255.300 | 73.600 | 43.200 | 0 |
| PM coarse | | 1.000 | 4.900 | 1.200 | 600 | 0 |
| PM10 | | 72.000 | 30.000 | 8.500 | 4.900 | 0 |
| NO _x | | 15.800 | 15.800 | 15.800 | 15.800 | 3.700 |
| SO ₂ | | 14.900 | 14.900 | 14.900 | 14.900 | 1.500 |
| NMVOC | | 1.200 | 1.200 | 1.200 | 1.200 | 1.000 |
| NH ₃ | | 24.200 | 24.200 | 24.200 | 24.200 | 10.900 |

Tabelle 3: Kostensätze für Luftschadstoffe³ aus dem Straßenverkehr in €₂₀₂₀/t
Quelle: UBA, 2020

3.2.3 Resultierende verursachte Kosten der verkehrsbedingten Luftverschmutzung

Aus den pro Streckenabschnitt ermittelten Emissionen und den Kostensätzen gemäß der UBA-Methodenkonvention 3.1 wurden pro Streckenabschnitt die verkehrsbedingten verursachten Kosten durch Luftverschmutzung insgesamt und pro Fahrzeugart berechnet. Hierbei wird eine allgemeine Preissteigerung von 2 % p.a. angenommen.

³ Die Kategorien Urban, Suburban und Ländlich unterscheiden sich nach der Bevölkerungsdichte (Urban > 1.500, 300 < Suburban < 1.500, Ländlich < 300), Annahme: PM10 besteht zu 10% aus PM2.5 und zu 90% aus PMcoarse. Für NO_x und SO₂ bilden die Kosten die Schäden durch sekundäre Feinstaubbildung ab.

Die zusammengefassten Berechnungsergebnisse sind in Tabelle 4 aufgeführt. Die verursachten externen Luftschadstoffkosten aller Fahrzeuge (Kfz) belaufen sich für 2023 auf den Bundesfernstraßen insgesamt auf ca. 4,6 Mrd. Euro, wovon auf die mautpflichtigen Lkw $\geq 7,5$ t zGG rund 22 % entfallen. Aufgrund der stetigen Flottenerneuerung sinken die verursachten externen Luftschadstoffkosten trotz Fahrleistungszuwächsen bis 2027 auf ca. 4,2 Mrd. Euro ab. Bei den Lkw $\geq 7,5$ t zGG sind bis 2027 leichte Zunahmen zu erkennen. Dies ist vor allem darin begründet, dass bereits 2023 die Flotte überwiegend aus Diesel EURO VI Fahrzeugen besteht und die Zunahme der Fahrleistung bis 2027 den Trend dominiert. Der Anteil der durch mautpflichtige Lkw verursachten Luftschadstoffkosten an den gesamten Luftschadstoffkosten steigt von 22 % im Jahr 2023 auf 27 % im Jahr 2027 an.

| verursachte Kosten Luft in Mio. €/a | | | |
|--|------------|------------------|-------------------------|
| Jahr | Kfz Gesamt | Lkw $\geq 7,5$ t | Anteil Lkw $\geq 7,5$ t |
| Bundesfernstraßen | | | |
| 2023 | 4.639,5 | 1.034,3 | 22% |
| 2024 | 4.489,9 | 1.050,6 | 23% |
| 2025 | 4.385,9 | 1.076,0 | 25% |
| 2026 | 4.285,0 | 1.108,4 | 26% |
| 2027 | 4.200,2 | 1.146,0 | 27% |
| mittlere jährliche Kosten 2023-2027 | | | |
| | 4.400,1 | 1.083,1 | 25% |

Tabelle 4: Externe Kosten der verkehrsbedingten Luftverschmutzung auf Bundesfernstraßen⁴

3.3 Verursachte externe Kosten der verkehrsbedingten Lärmbelastung

3.3.1 Vorgaben der Richtlinie zur Ermittlung der verursachten Kosten

Die gemäß dem Entwurf der Änderung der Richtlinie anzuwendende Methodik zur Berechnung der durch den Straßenverkehr verursachten Kosten durch Lärmbelastung hat sich gegenüber der noch geltenden Version nicht verändert.

Die Formel zur Berechnung der verkehrsbedingten Lärmbelastung kann wie folgt zusammengefasst werden:

⁴ Preisstand der Kostensätze aus der UBA Methodenkonvention 3.1 ist 2020. Es wurde eine allgemeine Preissteigerung von 2% p.a. angenommen.

$$\text{NCV}_j \text{ (täglich)} = e \times \sum_k \text{NC}_{jk} \times \text{POP}_k / \text{WADT} \quad (2)$$

$$\text{NCV}_j \text{ (Tag)} = a \times \text{NCV}_j$$

$$\text{NCV}_j \text{ (Nacht)} = b \times \text{NCV}_j$$

Es bedeuten:

NCV_j - Kosten der Lärmbelastung durch einen Lastkraftwagen auf einer Straße der Kategorie j (€/Fzkm)

NC_{jk} - Kosten der Lärmbelastung pro Person, die auf einer Straße der Kategorie j Lärm des Pegels k ausgesetzt ist (€/Person)

POP_k -Zahl der Einwohner, die dem täglichen Lärmpegel k pro Kilometer ausgesetzt sind (Personen/km)

WADT-gewogenes durchschnittliches tägliches Verkehrsvolumen (Pkw-Äquivalent)

a und b -Gewichtungsfaktoren, die vom Mitgliedsstaat so festgelegt werden, dass die daraus resultierende gewogene durchschnittliche Lärmgebühr pro Fzkm den (täglich) NCV_j entspricht

e - Äquivalenzfaktor zur Umrechnung zwischen Lastkraftwagen und Pkw

Das Verfahren zur Berechnung der verursachten Lärmkosten stellt sich komplexer dar als bei den Luftschadstoffen. Es wechselt hier auf die **Immissions-/Rezeptorseite**, bezieht also die Lärmbetroffenheit (Anzahl Einwohner, die mit einem bestimmten Lärmpegel belastet sind) mit ein. Die Lärmwirkungsforschung gibt ab einem Pegelwert von 45 dB(A) Lärmkostensätze an, so dass Betroffene erst ab diesem Schallpegel in die Berechnung der externen Lärmbelastungskosten eingehen.

Gemäß der Richtlinie kann die Anzahl der dem Lärmpegel ausgesetzten Einwohner den strategischen Lärmkarten, die im Rahmen der EU-Umgebungslärmkartierung erstellt wurden, oder anderen gleichwertigen Datenquellen entnommen werden. Aktuell liegen Daten aus der EU-Umgebungslärmkartierung 2017 vor.

Auch bei der Ermittlung der Lärmbelastung heißt es in der Richtlinie, dass die Berechnungsverfahren, ebenso wie die Kostensätze, von den einzelnen Mitgliedstaaten in eigener Regie gewählt werden können, wenn sie wissenschaftlich nachgewiesen sind.

3.3.2 Angewendetes Berechnungsverfahren

Aus der EU-Umgebungslärmkartierung (Stand 2017) stehen keine vollständigen Daten zur Lärmbelastung durch Straßenverkehr auf den Bundesfernstraßen zur Verfügung. Zum einen werden nur Lärmdaten ab der Pegelklasse > 55 dB(A) ausgewiesen und zum anderen wird außerhalb der Ballungsräume nicht das vollständige Straßennetz betrachtet.

Daher wurde für die Berechnung der verursachten Lärmkosten hier eine Neuberechnung der Lärmbelastung an den Bundesfernstraßen durchgeführt. Ziel war es, die Ergebnisse des bisher seit der WKR2013 verwendete vereinfachte, aber netzabdeckende Lärmscreenings zu aktualisieren. Das grundsätzliche Verfahren für die Ermittlung der verursachten Kosten durch Lärmbelastung hat sich ansonsten gegenüber den bisherigen Berechnungen nicht geändert und ist in seinen Grundzügen in nachfolgender Abbildung 3 skizziert.

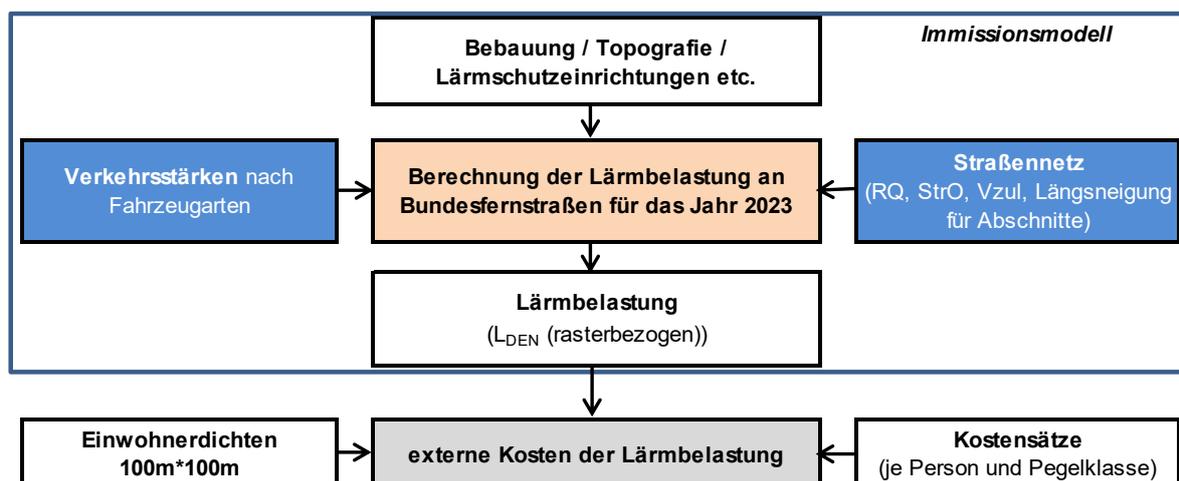


Abbildung 3: Prinzipieller Ablauf des Vorgehens zur Berechnung der verursachten externen Kosten der verkehrsbedingten Lärmbelastung

1. Berechnungsmethode

Es wurden mit dem Modell LimA die straßenverkehrsbedingten Lärmbelastungen analog zu dem bei der EU-Umgebungslärmkartierung 2017 in Deutschland eingesetzten Verfahren VBUS⁵ berechnet und die Lärmpegel als L_{DEN} ⁶ ausgewiesen. Die Berechnungen wurden in einem 25m-Raster für den Gesamtverkehr und für einen Korridor rechts und links der Straßenachsen von 2 km

⁵ VBUS = Vorläufiges Berechnungsverfahren für den Umgebungslärm an Straßen (für die EU-Umgebungslärmkartierung 2017 eingesetztes Berechnungsverfahren. Für die EU-Umgebungslärmkartierung 2022 wird das mittlerweile eingeführte Berechnungsverfahren CNOSSOS eingesetzt. Diese benötigt ein Vielfaches an Rechenzeit verglichen mit dem Verfahren VBUS).

⁶ L_{DEN} = Tag-Abend-Nacht-Lärmindex, angegeben in dB(A),
dB(A) = Mit der A-Bewertungsfiterkurve bewerteter Schalldruckpegel; die A-Kurve gibt das für Verkehrsgeräusche typische Frequenzspektrum für das menschliche Ohr am besten wider.

durchgeführt, so dass sichergestellt ist, dass für alle Bereiche mit Pegel > 45 dB(A) Daten ermittelt wurden. Es wurden dabei pro Streckenabschnitt Angaben zu Topografie, Bebauung, Schallschutzeinrichtungen etc. explizit berücksichtigt. Die hierfür verwendete Datenbasis konnte aus einem aktuellen Projekt des UBA übernommen werden⁷. Die Berechnungen wurden von dem Auftragnehmer des UBA-Projektes durchgeführt.

Die aufwändigen Berechnungen der Lärmbelastungen wurden für das Jahr 2023 durchgeführt, wobei das Rechengebiet in einzelne Kacheln aufgeteilt wurde. Die Rechenzeit betrug ca. 4 Wochen auf 90 Rechenkernen. Im Ergebnis liegen im 25m-Raster die Pegelwerte L_{DEN} für das Gebiet entlang des gesamten Bundesfernstraßennetzes vor.

Die berechneten, vom Straßenverkehr verursachten Lärmpegel im 25 m-Raster wurden im nächsten Schritt mit im 100 m*100 m-Raster vorliegenden Einwohnerdaten (Zensusdaten 2011, letzte Vollerhebung) mittels eines geographischen Informationssystems (GIS) räumlich verschnitten. Im Ergebnis liegen für jedes Rasterelement Angaben zu den betroffenen Einwohnern pro Pegelklasse vor. Diese Daten wurden mit den BISStra-Sektoren des aktuell verwendeten BISStra-Netzes räumlich verschnitten, so dass jedem Streckenabschnitt die betroffenen Einwohner pro Pegelklasse zugewiesen werden konnten. Diese Daten bildeten dann die Grundlage zur Ermittlung der verursachten Kosten.

2. Wert-/Kostensätze

Aktuelle Kostensätze für die Lärmexposition differenziert nach L_{DEN} -Pegelklassen wurden der Methodenkonvention 3.1 des UBA (UBA, 2020) entnommen und sind in der nachstehenden Tabelle 5H aufgeführt. Die Kostensätze repräsentieren im Wesentlichen die Kosten für die Vermeidung/Verminderung von Gesundheitsschäden und sonstigen Belästigungswirkungen (direkte und indirekte (Folge)kosten).

| Gesamtkosten für Lärmwirkungen | | | | | | | |
|--|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| dB(A) | 45-49 | 50-54 | 55-59 | 60-64 | 65-69 | 70-74 | >=75 |
| Gesamtkosten in € ₂₀₂₀ / Person,a | 29,46 | 62,65 | 116,38 | 196,34 | 306,27 | 454,91 | 650,74 |

Tabelle 5: Kostensätze für Lärmeinwirkung p.a. und exponierter Person in €₂₀₂₀, bezogen auf L_{DEN} -Werte
Quelle: UBA 2020

⁷ UBA-Projekt „Lärmbelastungsmodell Deutschland“, FKZ 3717561010, in Bearbeitung von Stapelfeldt Ingenieurgesellschaft mbH, im Auftrag des UBA.

3.3.3 Resultierende verursachte Kosten der verkehrsbedingten Lärmbelastung

Die Berechnung der verursachten Kosten auf Basis der oben ausgewiesenen Kostensätze und der vorab pro Streckenabschnitt ermittelten Betroffenen pro Pegelklasse wurden für das Jahr 2023 durchgeführt. Es wurde hierbei eine allgemeine Preissteigerung von 2% p.a. angenommen. Um die Kosten des Mautverkehrs $\geq 7,5$ t zGG von den Gesamtkosten zu separieren, wurde zusätzlich berücksichtigt, dass die Lärmbelastung verursacht durch einen Lkw störender wirkt als die verursacht durch einen Pkw. Es wurden hierzu die in DG MOVE (DG MOVE 2019) ausgewiesenen Lärmgewichtungsfaktoren herangezogen. Für Lkw $\geq 7,5$ t zGG liegen die Gewichtungsfaktoren je nach Gewichtsklasse zwischen 4,2 und 5,5.

Die aggregierten Ergebnisse der Kostenberechnung für das Jahr 2023 sind in Tabelle 6 ausgewiesen. Von den für 2023 insgesamt vom Straßenverkehr verursachten Kosten von ca. 2,3 Mrd. Euro für die Bundesfernstraßen insgesamt entfallen 22 % (ca. 0,5 Mrd. Euro) auf die mautpflichtigen Lkw $\geq 7,5$ t zGG.

Die Ergebnisse zeigen, dass die auf Basis der Neuberechnung der Lärmbelastungen ermittelten Kosten sich nur geringfügig von den bisher auf Basis des Lärmscreenings aus WKR2018 ermittelten Kosten unterscheiden: Die Gesamtkosten liegen jetzt ca. 3 % über den bisher ermittelten, die des Mautverkehrs $\geq 7,5$ t ca. 22 % darüber, wobei hier zu beachten ist, dass in Anlehnung an DG MOVE (DG MOVE, 2019) etwas höhere Gewichtungsfaktoren als früher angesetzt wurden. Während gemäß der noch geltenden Richtlinie der Gewichtungsfaktor bzw. Äquivalenzfaktor für schwere Nutzfahrzeuge auf maximal 4 begrenzt ist, ist diese Obergrenze im Entwurf der Änderung der Richtlinie nicht mehr enthalten.

| verursachte Kosten Lärm in Mio. €/a | | | |
|-------------------------------------|------------|-----------------|------------------------|
| Jahr | Kfz Gesamt | Lkw $\geq 7,5t$ | Anteil Lkw $\geq 7,5t$ |
| Bundesfernstraßen | | | |
| 2023 | 2.325,1 | 515,9 | 22% |

Tabelle 6: Externe Kosten der verkehrsbedingten Lärmbelastung auf Bundesfernstraßen⁸

Aufgrund der logarithmischen Abhängigkeit zwischen Lärm und Verkehr führen Veränderungen der Verkehrsbelastungen, wie sie für das Bundesfernstraßennetz zwischen 2023 und 2027 prognostiziert wurden, nur zu vergleichsweise geringen Veränderungen der Lärmpegel. Es wurden

⁸ Preisstand der Kostensätze aus der UBA Methodenkonvention 3.1 ist 2020. Es wurde eine allgemeine Preissteigerung von 2% p.a. angenommen.

daher für die Jahre 2024 bis 2027 keine aufwändigen Lärberechnungen durchgeführt wie für das Jahr 2023, sondern es wurden die aus den Ergebnissen für das Jahr 2023 ermittelten spezifische Kostensätze in €-Cent/Fzkm unverändert auch für die Folgejahre bis 2027 angesetzt, um die verursachten Kosten bis 2027 zu ermitteln. Es wurde dabei zusätzlich eine allgemeine Preissteigerung von 2 % p.a. angenommen.

3.4 Externe Kosten der verkehrsbedingten Luftverschmutzung und Lärmbelastung

Die ermittelten verursachten Kosten durch Luftverschmutzung und Lärmbelastung sind den aus den Bezugswerten (Anhang IIIb des Entwurfs der Änderung der Richtlinie 1999/62/EG) ermittelten externen Kosten in nachfolgender Tabelle 7 und Abbildung 4 gegenübergestellt.

Die über die Bezugswerte ermittelten Kosten liegen 2023 bei 29 % der verursachten Kosten der Lkw $\geq 7,5$ t zGG. Dieser Anteil fällt im Zeitraum bis 2027 auf 23 %. Summarisch für die gesamte Mautperiode 2023 bis 2027 liegen die verursachten Kosten durch Luftverschmutzung und Lärmbelastung bei 1,63 Mrd. Euro pro Jahr.

| Kosten Luft+Lärm in Mio. €/a | | | | | |
|--|------------|------------------|-------------------------|--|--|
| | | | | ohne örtlicher Differenzierung | |
| Jahr | Kfz Gesamt | Lkw $\geq 7,5$ t | Anteil Lkw $\geq 7,5$ t | für Lkw $\geq 7,5$ t auf Basis der Bezugswerte gemäß Anhang IIIb | Kostendeckung ggü. verursachten Kosten |
| Bundesfernstraßen | | | | | |
| 2023 | 6.964,6 | 1.550,2 | 22% | 452,2 | 29% |
| 2024 | 6.861,4 | 1.583,2 | 23% | 434,5 | 27% |
| 2025 | 6.804,9 | 1.625,9 | 24% | 421,7 | 26% |
| 2026 | 6.752,4 | 1.676,5 | 25% | 412,1 | 25% |
| 2027 | 6.717,0 | 1.732,4 | 26% | 405,2 | 23% |
| mittlere jährliche Kosten 2023-2027 | | | | | |
| | 6.820,1 | 1.633,6 | 24% | 425,1 | 26% |

Tabelle 7: Externe Kosten der verkehrsbedingten Luftverschmutzung und Lärmbelastung auf Bundesfernstraßen (ohne räumliche Differenzierung bei den Kosten auf Basis der Bezugswerte gemäß Anhang IIIb)

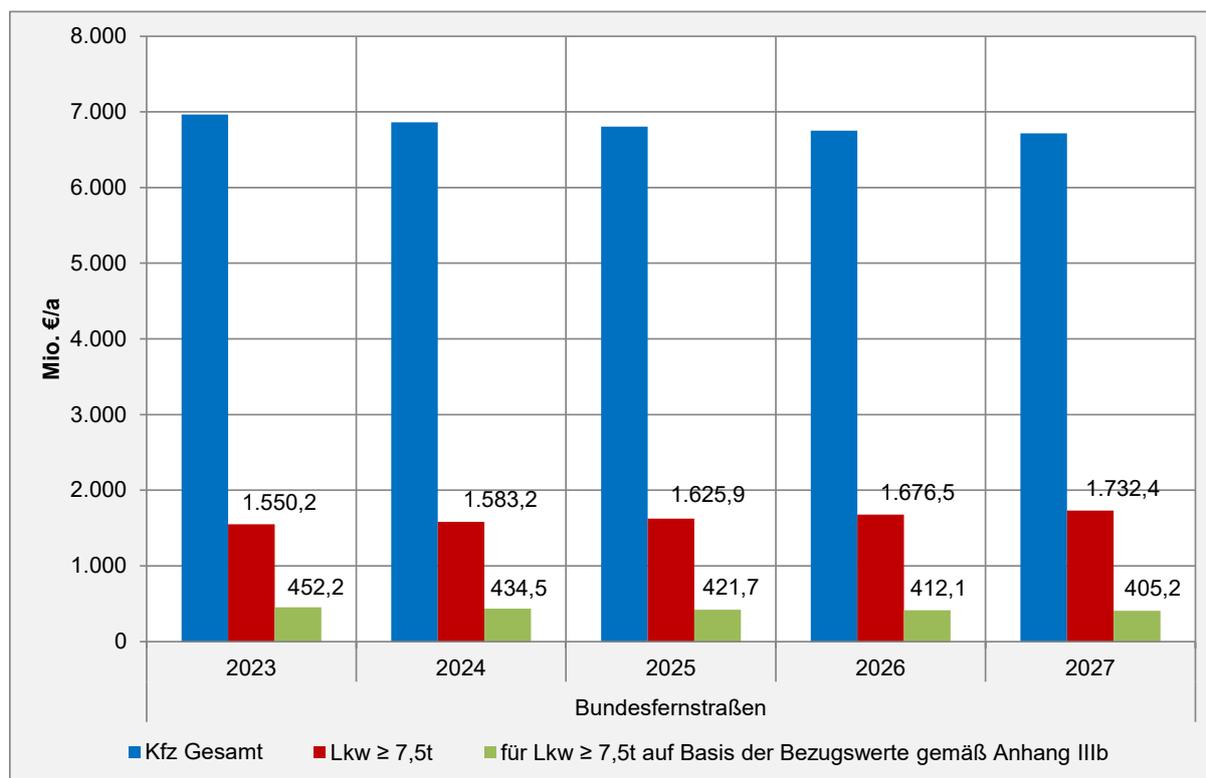


Abbildung 4: Externe Kosten der verkehrsbedingten Luftverschmutzung und Lärmbelastung auf Bundesfernstraßen (ohne räumliche Differenzierung bei den Kosten auf Basis der Bezugswerte gemäß Anhang IIIb)

Nachstehende Abbildung 5 zeigt die Unterschiede der auf die Fahrleistung bezogenen gewogenen Kostensätze der verursachten Kosten im Vergleich zu den Bezugswerten gemäß des Entwurfs der Änderung der Richtlinie 1999/62/EG für die mautpflichtigen Lkw ≥ 7,5t zGG.

Für das Jahr 2023 ergibt sich gemäß der Bezugswerte ein mittlerer Kostensatz von 1 €-Cent/Fzkm, während der Kostensatz für die verursachten Kosten Luftverschmutzung und Lärmbelastung deutlich höher bei 3,6 €-Cent/km liegt. Bis zum Jahr 2027 verändern sich die spezifischen Kostensätze nur geringfügig.

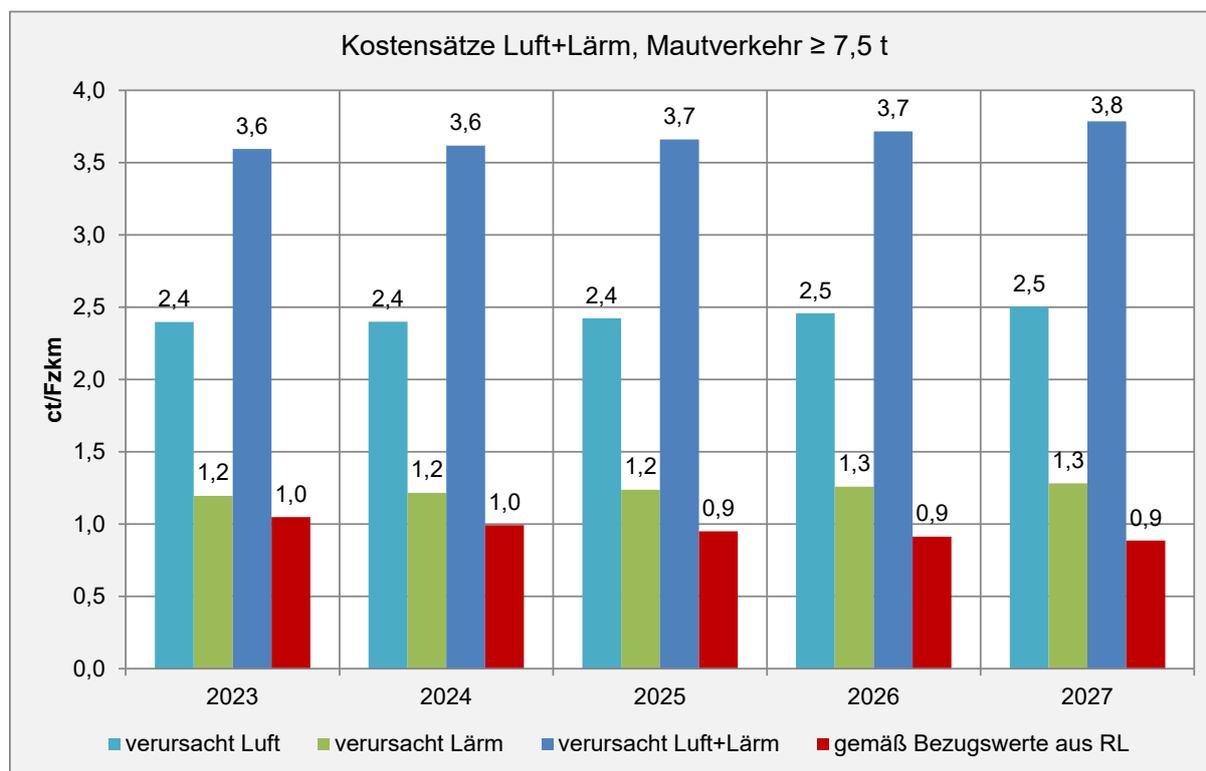


Abbildung 5: Vergleich der spezifischen gewogenen Kostensätze der Luftverschmutzung und Lärmbelastung für Lkw $\geq 7,5t$ zGG, verursacherbezogen und gemäß Bezugswerte aus dem Entwurf der Änderung der Richtlinie 1999/62/EG (ohne Preissteigerung)

Die aus den verursachten Kosten für Luftverschmutzung ermittelten spezifischen Kostensätze differenziert nach Euronormstufen und gemittelt über die gesamte Mautperiode 2023 bis 2027 sind in nachfolgender Tabelle 8 ausgewiesen. In Anlehnung an die Gruppeneinteilung für die Mautteil-sätze Infrastrukturkosten wird hierbei neben der Differenzierung nach Euronormstufen nach den folgenden Gruppen differenziert:

- 7,5 bis 12 t alle Achsklassen
- 12 bis 18 t alle Achsklassen
- >18t und 3 Achsen
- >18 t und 4 und mehr Achsen.

Da die bei der Emissionsberechnung verwendeten Flottenzusammensetzungen differenziert nach Gewichtsklassen und nicht nach Achsklassen vorliegen, orientierte sich die Zuordnung der Fahrzeugschichten zu den Mautklassen an dem maximal zulässigen Gesamtgewicht für Lkw mit 3 oder 4 und mehr Achsen.

Die spezifischen Kostensätze für Luftverschmutzung sinken deutlich mit steigender Euronormstufe, z.B. für die Lkw >18t und 4 und mehr Achsen von 18,7 €-Cent/Fzkm für EURO I auf 2,3 €-Cent/Fzkm für EURO VI. Im Vergleich steigen die Kostensätze mit steigendem Gewicht an.

| €-Cent/km | Lkw ab 7,5t bis <12t zGG | Lkw ab 12t bis einschließlich 18 t zGG | Lkw >18t zGG und bis zu 3 Achsen | Lkw >18t zGG und mit 4 und mehr Achsen |
|--|--------------------------|--|----------------------------------|--|
| Euro I und schlechter | 11,4 | 12,3 | 16,9 | 18,7 |
| Euro II | 11,3 | 12,1 | 16,4 | 18,2 |
| Euro III | 8,8 | 10,1 | 13,4 | 14,9 |
| Euro IV | 5,9 | 6,3 | 8,0 | 8,7 |
| Euro V | 4,3 | 5,2 | 6,2 | 6,2 |
| Euro VI | 1,5 | 1,5 | 2,2 | 2,3 |
| umweltfreundlicher als Euro VI einschl. emissionsfrei | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |

Tabelle 8: Spezifische gewogene Kostensätze der Luftverschmutzung für Lkw ≥ 7,5 t zGG auf Bundesfernstraßen, differenziert nach Euronormstufen

Die aus den verursachten Kosten für Lärmbelastung ermittelten spezifischen Kostensätze gemittelt über die gesamte Mautperiode 2023 bis 2027 sind in nachfolgender Tabelle 9 ausgewiesen. Es wurde bezüglich der Gewichts- und Achsklassen die gleiche Einteilung verwendet wie für die Kostensätze durch Luftverschmutzung.

Die spezifischen Kostensätze für Lärmbelastung liegen für die Lkw bis 18t zGG und bis zu 3 Achsen bei 1,6 €-Cent/Fzkm, und für die Lkw >18t und 4 und mehr Achsen bei 1,2 €-Cent/Fzkm. Grund für die sinkenden Kostensätze ist, dass Lkw >18t und 4 und mehr Achsen höhere Fahrleistungsanteile auf den Autobahnen haben und dort tendenziell weniger vom Lärm Betroffene vorliegen als an den Bundesstraßen.

| €-Cent/km | Lkw ab 7,5t bis <12t zGG | Lkw ab 12t bis einschließlich 18 t zGG | Lkw >18t zGG und bis zu 3 Achsen | Lkw >18t zGG und mit 4 und mehr Achsen |
|-----------|--------------------------|--|----------------------------------|--|
| | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,2 |

Tabelle 9: Spezifische gewogene Kostensätze der Lärmbelastung für Lkw ≥ 7,5 t zGG auf Bundesfernstraßen

Für die Summe der Kosten aus Luftverschmutzung und Lärmbelastung sind in Tabelle 10 die spezifischen gewogenen Kostensätze ausgewiesen. Für die Lkw >18t und 4 und mehr Achsen liegen die spezifischen verursachten Kosten zwischen 19,9 €-Cent/km für EURO I und 3,5 €-Cent/km für

EURO VI bzw. 1,3 €-Cent/km für umweltfreundlicher als EURO VI einschließlich emissionsfrei (Elektrofahrzeuge).

| €-Cent/km | Lkw ab 7,5t bis <12t zGG | Lkw ab 12t bis einschließlich 18 t zGG | Lkw >18t zGG und bis zu 3 Achsen | Lkw >18t zGG und mit 4 und mehr Achsen |
|--|--------------------------|--|----------------------------------|--|
| Euro I und schlechter | 13,0 | 13,8 | 18,5 | 19,9 |
| Euro II | 12,8 | 13,7 | 18,0 | 19,4 |
| Euro III | 10,4 | 11,7 | 15,1 | 16,1 |
| Euro IV | 7,4 | 7,8 | 9,7 | 9,9 |
| Euro V | 5,9 | 6,8 | 7,8 | 7,4 |
| Euro VI | 3,1 | 3,0 | 3,8 | 3,5 |
| umweltfreundlicher als Euro VI einschl. emissionsfrei | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,3 |

Tabelle 10: Spezifische gewogenen Kostensätze der Luftverschmutzung und Lärmbelastung für Lkw ≥ 7,5 t zGG auf Bundesfernstraßen, differenziert nach Euronormstufen

In der Gesamtschau können bei Ansatz der in diesem Ergänzungsbericht berechneten Mautsätze auf dem gesamten mautpflichtigen Netz einschließlich der Anlastung der Mautsätze für die Infrastrukturkosten folgenden Mauteinnahmen prognostiziert werden.

| Jahr | Einnahmen aus | | Einnahmen Gesamt |
|---------------|-------------------|---------------------------|------------------|
| | Infrastrukturmaut | Aufschlag für Luft + Lärm | |
| | Mrd.€ | | |
| 2023 | 6,471 | 1,550 | 8,021 |
| 2024 | 6,569 | 1,583 | 8,152 |
| 2025 | 6,667 | 1,626 | 8,293 |
| 2026 | 6,774 | 1,677 | 8,451 |
| 2027 | 6,873 | 1,732 | 8,605 |
| Gesamt | 33,354 | 8,168 | 41,522 |

Tabelle 11: Prognostizierte Mauteinnahmen für die Bundesfernstraßen im Zeitraum 2023 bis 2027 bei Einführung der neuen Mautsätze zum 01.01.2023

Literatur

- KORN et.al. (2021)*: Berechnung der Wegekosten für das Bundesfernstraßennetz sowie der externen Kosten nach Maßgabe der Richtlinie 1999/62/EG für die Jahre 2023 bis 2027, Endbericht Dezember 2021, Alfen Consult und AVISO GmbH im Auftrag des BMVI.
- AVISO (2020)*: roadTEIM, Road Transport Emission Inventory Model, Version 1.4.1.1, Handbuch, AVISO GmbH.
- DG MOVE (2019)*: Handbook on the external costs of transport, Version 2019, European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport, Delft, January 2019.
- HBEFA (2019)*: Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 4.1.
- UBA (2020)*: Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten, Kostensätze Stand 12/2020.
- UBA (2022)*: Flottenzusammensetzung aus TREMOD, Stand Januar 2022, persönliche Mitteilung des Umweltbundesamt per Mail am 10.01.2022.
- VDI (2020)*: Verein Deutscher Ingenieure (2020): Umweltmeteorologie Kfz-Emissionsbestimmung Luftbeimengungen; VDI 3782, Blatt 7; VDI.