



Vergleich der Verkehrsträger

Subventionen und staatlich induzierte Preisbestandteile im Güterverkehr auf Schiene und Straße



Veröffentlichung: Mai 2023

Im Auftrag von Netzwerk Europäischer Eisenbahnen (NEE)

Herausgeber

Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (FÖS)

Schwedenstraße 15a
13357 Berlin

Tel +49 (0) 30 76 23 991 – 30

Fax +49 (0) 30 76 23 991 – 59

www.foes.de – foes@foes.de

Über das FÖS

Das Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft e.V. (FÖS) ist ein überparteilicher und unabhängiger politischer Think Tank. Wir setzen uns seit 1994 für eine Weiterentwicklung der sozialen Marktwirtschaft zu einer ökologisch-sozialen Marktwirtschaft ein und sind gegenüber Entscheidungsträger*innen und Multiplikator*innen Anstoßgeber wie Konsensstifter. Zu diesem Zweck werden eigene Forschungsvorhaben

durchgeführt, konkrete Konzepte entwickelt und durch Konferenzen, Hintergrundgespräche und Beiträge in die Debatte um eine moderne Umweltpolitik eingebracht. Das FÖS setzt sich für eine kontinuierliche ökologische Finanzreform ein, die die ökologische Zukunftsfähigkeit ebenso nachhaltig verbessert wie die Wirtschaftskraft.

Bildnachweise

Foto Titelseite: CCO Public Domain

Subventionen und staatlich induzierte Preisbestandteile im Güterverkehr

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung der Ergebnisse	3
1 Einleitung	4
2 Klimapolitischer Hintergrund	4
3 Externe Kosten im Güterverkehr	6
3.1 Absolute externe Kosten.....	6
3.2 Durchschnittliche externe Kosten.....	6
3.3 Marginale externe Kosten.....	7
3.4 Infrastrukturkosten	8
4 Staatlich induzierte Preisbestandteile	9
4.1 Kosteninternalisierung	13
5 Total Cost of Ownership	14
6 Fiskalische Auswirkungen	15
7 Fazit	18
Literaturverzeichnis	19

ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Der dieselbetriebene Straßengüterverkehr ist für fast 90 % der externen Kosten des nationalen Güterverkehrs verantwortlich. Diese Kosten werden ihm aber nur unzureichend angelastet. Der Grad der Kosteninternalisierung durch Lkw-Maut und Steuern ist sehr gering. Das gewährt ihm einen unsachgemäßen Kostenvorteil gegenüber alternativen Antriebsformen und anderen Verkehrsträgern. Mit einer höheren Anlastung von Klima-, Umwelt- und Gesundheitskosten durch staatliche Instrumente ließe sich ein gerechterer Kostenwettbewerb erzielen, der die gewünschte Verlagerung des Straßengüterverkehrs auf die Schiene sowie die Elektrifizierung der Antriebe beschleunigt. Dazu eignen sich die im Koalitionsvertrag geplante Anlastung von Klimakosten über die Lkw-Maut, eine zusätzliche Ausweitung der Maut auf alle Straßen und der Abbau des Steuervorteils für Diesel in der Energiesteuer. In Kombination würden diese Maßnahmen die Total Cost of Ownership eines Diesel-Lkw in etwa auf die eines E-Lkw anheben, so dass der Antriebswechsel in vielen Fällen auch ohne zusätzliche Fördermaßnahmen für E-Lkw finanziell vorteilhaft wäre. Den Staatshaushalt würde eine solche Reform doppelt entlasten: Neben den zusätzlichen Einnahmen von jährlich rund 7,2 bzw. 10 Mrd. Euro aus Lkw-Maut und Energiesteuer könnten die Fördermaßnahmen (rund 1 bis 2 Mrd. Euro) reduziert werden. Statt die Antriebswende durch Subventionierung herbeiführen zu wollen, könnte der Staat das Ziel der Verkehrsverlagerung priorisieren und dafür auf eine verursachergerechte Kostenanlastung setzen. Dafür sind eine stetige Fortentwicklung der Maut (insbesondere Ausweitung auf alle Straßen) und der Abbau bestehender Subventionen im dieselbetriebenen Straßengüterverkehr zentral. Mehreinnahmen könnten für die Verlagerung und die Stärkung des Kombinierten Verkehrs sowie den Aufbau der Tank- und Ladeinfrastruktur genutzt werden.

1 Einleitung

Die Verlagerung des Straßengüterverkehrs auf die Schiene und dessen Elektrifizierung sind entscheidende Bausteine vieler Szenarien für erfolgreichen Klimaschutz. An verschiedenen Stellen sind die Pläne mit konkreten Zielsetzungen hinterlegt: Der **Anteil der Schiene** an der Güterverkehrsleistung soll bis 2030 auf 25 % steigen (BMVI 2020, Bundesregierung 2021). Beim Lkw-Verkehr wird im gleichen Zeitraum ein **elektrischer Fahrleistungsanteil** von über 30 % bis 2030 anvisiert (BMWK 2022).

Wichtige Instrumente zur Erreichung dieser Ziele sind die im Koalitionsvertrag (Bundesregierung 2021) genannte **Reform der Lkw-Maut** (CO₂-Aufschlag, Ausweitung auf Fahrzeuge ≥3,5 t) im Rahmen der EU-Richtlinie, eine zusätzliche Ausweitung der Maut auf allen Straßen **und der Abbau der Subventionierung des Dieselmotors**. Bislang hat sich die Ampel-Regierung auf die ersten Reformschritte der Lkw-Maut geeinigt und dies im Koalitionsausschuss bekräftigt und präzisiert (Bundesregierung 2023). Eine Ausweitung auf alle Straßen ist hingegen noch nicht abzusehen. Auch die Diesel-Subventionierung besteht weiterhin und wurde während der Energiepreiskrise sogar durch einen dreimonatigen „Tankrabbat“ im Jahr 2022 ausgeweitet (siehe Abschnitt 4).

Mit ökonomischen Instrumenten (Steuern, Abgaben, Entgelte, Subventionen etc.) nimmt der Staat direkten Einfluss auf den Kostenwettbewerb, sowohl zwischen den Antrieben als auch zwischen den Verkehrsträgern. Derzeit ist der Wettbewerb oft jedoch durch die staatlich induzierten Preisbestandteile (SiP) verzerrt und steuerliche Anreize stehen Verlagerung und Elektrifizierung häufig im Wege – trotz der Potentiale für die Reduktion von Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen sowie der politischen Zielsetzungen.

Ein Ziel des Einsatzes ökonomischer Instrumente ist neben der Generierung von Einnahmen die **Internalisierung externer Kosten**. Im Vergleich der Verkehrsträger und Antriebe zeigt sich, dass die externen Kosten des dieselbetriebenen Straßengüterverkehrs deutlich über denen der Alternativen liegen und der Grad der Internalisierung am geringsten ist. Eine stärkere Nutzerfinanzierung und Kosteninternalisierung durch Lkw-Maut und Subventionsabbau erscheint sinnvoll und zielführend. Auch haben sie das Potenzial den **Staatshaushalt** doppelt zu entlasten. Auf der einen Seite stärkt sie die Nutzerfinanzierung der Verkehrsinfrastruktur. Auf der anderen Seite könnte die hohe Subventionierung von Elektro-Lkw zurückgefahren werden, wenn die externen Kosten der Diesel-Lkw gerechter angelastet werden. Darüber hinaus ginge mit einem reduzierten Verbrauch am fossilen Kraftstoff Diesel eine reduzierte Energieabhängigkeit einher.

Ziel dieser Studie ist es, die externen Kosten im Güterverkehr auf Straße und Schiene zu vergleichen und das Potenzial der stärkeren Kosteninternalisierung mit staatlichen Instrumenten hinsichtlich der gewünschten Verlagerung und Elektrifizierung zu untersuchen. Dazu wird in Kapitel 2 zunächst der klimapolitische Hintergrund beleuchtet. Kapitel 3 vergleicht die externen Kosten des Güterverkehrs und berücksichtigt dabei Diesel-, Elektro-Lkw und die Schiene. Kapitel 4 gibt einen Überblick über staatlich induzierte Preisbestandteile, die den Kostenwettbewerb der Verkehrsträger im Güterverkehr beeinflussen, und stellt die Kosteninternalisierung gegenüber. Kapitel 5 vergleicht den Einfluss von Lkw-Maut und Dieselmotoren auf die Total Cost of Ownership (TCO, Gesamtkosten) von Diesel- und Elektro-Lkw. Kapitel 6 wirft einen Blick auf die fiskalischen Auswirkungen der Maßnahmen und die Höhe der impliziten Subventionierung des Diesel-Kraftstoffs.

2 Klimapolitischer Hintergrund

In Hinblick auf die ambitionierten **Klimaschutzziele** besteht Handlungsbedarf. Im Jahr 2022 trug der Verkehrssektor mit 148 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalenten rund 20 % zu den deutschen Treibhausgasemissionen bei (UBA 2023). Damit hat der Verkehr die im Bundesklimaschutzgesetz für 2022 zulässige Jahresemissionsmenge um 9 Mio. t überschritten (ebd.). Bis 2030 muss der Treibhausgasausstoß auf 84 Mio. Tonnen fallen. Im Vergleich zum Jahr 2022 bedeutet das fast eine **Halbierung der Emissionen**. Der Güterverkehr steht mit einem Anteil von rund 40 % der CO₂-Emissionen im Verkehr (Eurostat 2020) in der Verantwortung, wesentlich zu diesen Einsparungszielen beizusteuern.

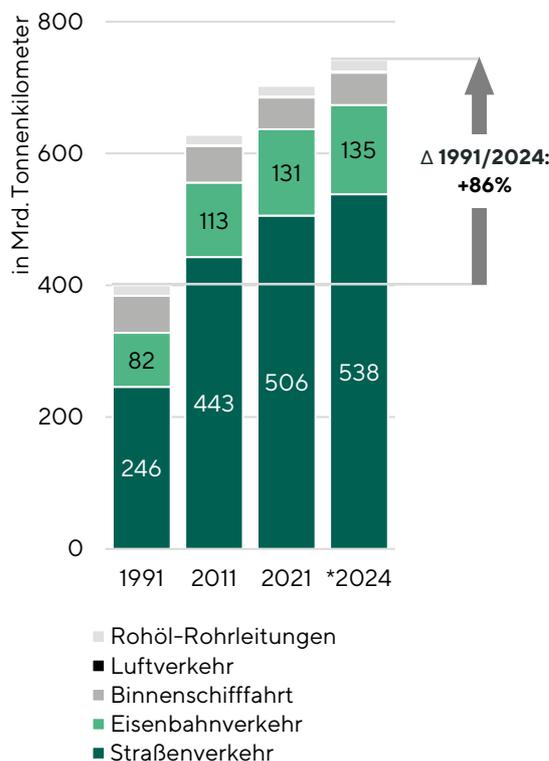
Für den Klimaschutz im Verkehr sind dabei **drei Handlungsbereiche** zentral: Die Steigerung der Effizienz, vor allem durch die Verlagerung auf emissionsärmere Verkehrsträger, der Übergang zu emissionsarmen Fahrzeugen und Antrieben sowie der Einsatz emissionsarmer Kraftstoffe.

Die **Verkehrsverlagerung von der Straße auf die Schiene** hat ein enormes Potenzial für die Reduktion der Treibhausgasemissionen. Von den 58,7 Mio. t CO₂ im Güterverkehr (Jahr 2019) entstehen 55,1 Mio. t CO₂, also fast 94 %, auf der Straße (Dannhoff u. a. 2021). Dabei trägt sie aber nur 72,3 % zur Güterverkehrsleistung bei (BMVI 2021a; UBA 2021a). Der Schienengüterverkehr hingegen leistet derzeit 20,2 % (Bundesnetzagentur 2023) und emittiert dabei lediglich 0,6 Mio. t CO₂ (rund 1 %). Eine Verlagerung geht daher mit hohen Emissionseinsparungen einher, reduziert weitere externe Kosten (z. B. Lärm, Luft, Stau) und beugt weiteren Herausforderungen eines wachsenden

Straßengüterverkehrs vor (z. B. Personalmangel, steigende Personal- und Energiekosten). Dabei wird dem **Kombinierten Verkehr** eine steigende Bedeutung zukommen, um Straße und Schiene zu verbinden und vor allem den schweren Güterfernverkehr zu verlagern.

Die Verlagerung kommt bisher aber nicht voran. Das im „Masterplan Schiene“ (BMVI 2020) formulierte und im Koalitionsvertrag (Bundesregierung 2021) wiederholte Ziel, den **Anteil der Schiene bis 2030 auf 25 % zu erhöhen**, entfernt sich derzeit noch. Zwischen 1991 und 2021 hat die Transportleistung auf der Straße überproportional zugelegt und auch zukünftig ist von weiterem Wachstum auszugehen (siehe Abbildung 1). Bis 2024 wird die gesamte Beförderungsleistung des Güterverkehrs gegenüber 1991 knapp 86 % zugelegt haben. Größter Wachstumstreiber ist und bleibt die Straße. Umso wichtiger ist daher die Verzahnung der Verkehrsträger z. B. durch den Kombinierten Verkehr.

Abbildung 1: Beförderungsleistung im Güterverkehr nach Verkehrsträgern



Quelle: BMVI (2021); Statistisches Bundesamt (2022); UBA (2021b), eigene Berechnungen. * = Prognose, ++ = im Jahr 2000 lag der Anteil des Luftverkehrs bei 0,1 % und in den Jahren 2021 und 2024 bei 0,2 %.

Neben Investitionen in den Ausbau der Schieneninfrastruktur und des Kombinierten Verkehrs, die beide Grundlage für eine höhere Verkehrsleistung auf der Schiene sind, ist der Kostenwettbewerb zwischen den Verkehrsträgern und -mitteln eine entscheidende Größe für die Verlagerung und die Reduzierung der Emissionen.

Je weniger Verkehr auf der Straße verbleibt, desto einfacher die **Antriebswende** (Elektrifizierung) beim Lkw. Derzeit hält die Bundesregierung beim Lkw-Verkehr einen **elektrischen Fahrleistungsanteil von über 30 % bis 2030** für erreichbar (BMWK 2022). Die Emissionen des Straßengüterverkehrs würden damit in selbem Umfang reduziert, denn die CO₂-Emissionen der Stromerzeugung entfallen auf den Energiesektor. Ob dieses Ziel jedoch auch erreichbar ist, ist noch offen.

Zur Zielerreichung ist eine deutliche **Beschleunigung der Antriebswende** maßgeblich. Gemäß einer Umfrage unter Herstellern, die im Auftrag des Verkehrsministeriums durchgeführt wurde, könnte der Anteil der Verbrenner unter den schweren Nutzfahrzeugen bis 2030 auf 25 % sinken und der Anteil von batterieelektrischen und Wasserstoff-Lkw auf rund 58 % bzw. 17 % steigen (dpa 2023). Eine Potenzialanalyse von TNO (2022) im Auftrag von Agora Verkehrswende und Transport & Environment (2022) kommt zum Ergebnis, dass es sowohl technisch als auch wirtschaftlich machbar sei, dass nahezu alle neuen Güterverkehrs-Lkw bis 2035 Nullemissionsfahrzeuge sind. In einer ähnlichen Studie (ifeu 2022) haben Batterie-Lkw bereits 2030 – trotz noch deutlich höherer Anschaffungskosten – einen Vollkostenvorteil gegenüber Diesel-Lkw für nahezu alle betrachteten Einsatzprofile. Die Ergebnisse dürfen dabei aber nicht als Modellierung des tatsächlichen Markthochlaufs missverstanden werden (ebd.).

Den **Markthochlauf beschleunigen** können in den Jahren bis 2030 laut TNO (2022) anspruchsvolle Emissionsstandards sowie ökonomische Instrumente auf Nachfrageseite. Eine CO₂-basierte Lkw-Maut kann die Antriebswende demnach um ein bis drei Jahre vorziehen. Die Einführung des EU-ETS 2 für Verkehr und Wärme kommt laut den Autor*innen (ebd.) zu spät, um darauf einwirken zu können. Auf nationaler Ebene könnte Deutschland mit dem nationalem Emissionshandel und der Energiesteuer auf Diesel frühzeitige Anreize setzen.

Die technisch-wirtschaftliche Machbarkeit stellt aber, wie gesagt, noch keine Modellierung der tatsächlichen Umsetzung dar. Dafür gibt es laut TNO (2022) noch einige **Hemmnisse**. Vor allem die Verfügbarkeit der Fahrzeuge, die Verfügbarkeit der Ladeinfrastruktur und die Ungewissheiten bzgl. der neuen Technologien werden dabei genannt. Zu ähnlichen Ergebnis kommt das ICCT (2022) in einer Umfrage unter Flottenbetreibern, Logistikunternehmen und Wirtschaftsverbänden: mangelnde Ladeinfrastruktur und zu geringe Reichweiten werden dort als besonders große Herausforderungen identifiziert. Vor allem kleinere Transportunternehmen geben daneben an, Schwierigkeiten mit der Finanzierung der Investitionen zu haben, obwohl sich die Befragten einig sind, dass Elektro-Lkw kostengünstig konkurrenzfähig sein können.

Ob die technisch mögliche Antriebswende in der Realität schnell genug vollzogen werden kann, bleibt also offen. Das ifeu (2022, S. 11) weist in seiner Studie auf die Grenzen der Emissionsminderungen durch einen abschließlichen Antriebswechsel hin und schlussfolgert: „Insbesondere Maßnahmen zur Verringerung der Transportleistung (Vermeidung) und Verlagerung auf den systemisch effizienteren Verkehrsträger Schiene sind damit weiterhin entschieden voranzutreiben, um die gesteckten Klimaziele erreichen zu können.“

3 Externe Kosten im Güterverkehr

Mit dem Güterverkehr gehen Belastungen und unerwünschte Auswirkungen auf die Umwelt und Gesellschaft einher. Zu diesen **Externalitäten** zählen Umweltverschmutzung, klimaschädliche Treibhausgasemissionen, Unfälle und Lärmemissionen sowie der übermäßige Ressourcenverbrauch (Infras 2019). Bisher werden viele dieser Auswirkungen nicht preiswirksam adressiert. Die Externalisierung ist ein Marktversagen und kommt in ihrer Wirkung einer **Subventionierung** gleich. Die fehlende Kostenwahrheit verzerrt die signalgebende Funktion von Preisen und führt zu **Wettbewerbsverzerrungen** zwischen den Verkehrsmitteln sowie falschen Transportentscheidungen. In Folge werden zu viele Güter auf ineffizienten Transportwegen befördert.

Akteure des gewerblichen Güterverkehrs, die Klimagase und Luftschadstoffe ausstoßen oder in Unfälle verwickelt sind, verantworten Kosten für die Allgemeinheit. Wenn sie als Verursacher*innen die Auswirkungen ihres Handels auf Dritte überwälzen, ohne dass diese dafür kompensiert werden, liegen externe Kosten vor. Ökonomisch lassen sich externe Kosten aus der Differenz zwischen sozialen Kosten (Kosten für die Allgemeinheit) und privaten Kosten (Kosten auf Seite des Gütergewerbes) ausdrücken.

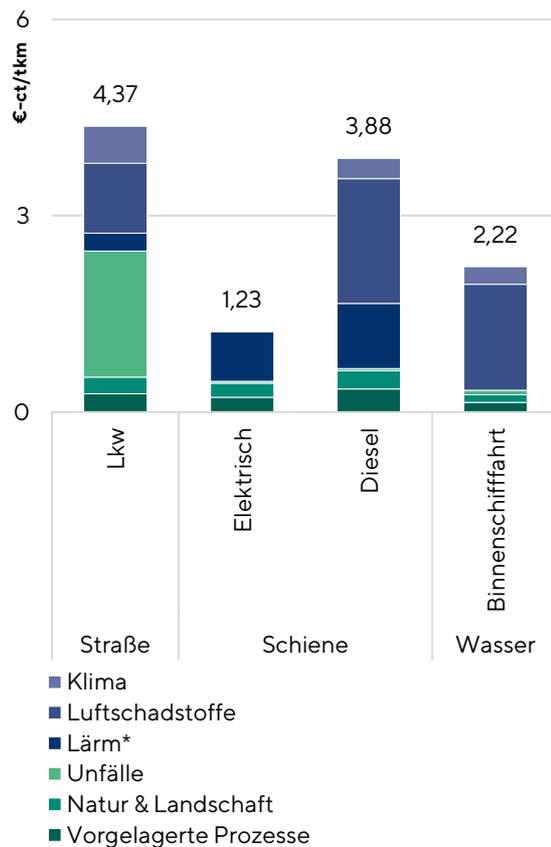
3.1 Absolute externe Kosten

Die **absoluten externen Kosten** des gesamten Verkehrssektors betragen im Jahr 2017 rund 149 Mrd. Euro (Infras 2019). Davon sind mit 32,56 Mrd. Euro ca. 28 % dem inländischen Warentransport zuzurechnen. Der **Straßengüterverkehr** verursachte mit 88 % bzw. 28,71 Mrd. Euro den größten Anteil an den externen Kosten des Gütertransports. Rund 21 Mrd. Euro entfallen dabei auf Lkw mit einem zulässigen Gesamtgewicht von über 3,5 t (Infras 2022). Deutlich geringer fiel mit 8,1% (2,63 Mrd. Euro) der Anteil des **Schienengüterverkehrs** aus (Infras 2019). Beim Eisenbahnverkehr bestehen wiederum Unterschiede zwischen elektrischen (2,38 Mrd. Euro) und dieselbetriebenen Antriebstypen (0,25 Mrd. Euro). Die Binnenschifffahrt verursachte mit 1,22 Mrd. Euro etwa 3,7 % der Gesamtkosten (ebd.).

3.2 Durchschnittliche externe Kosten

Beim Vergleich der externen Kosten verschiedener Verkehrsträger und Transportmittel sollte beachtet werden, dass die Beförderungsleistung die absoluten Beträge maßgeblich beeinflusst (siehe Abbildung 1). Eine bessere Vergleichbarkeit kann durch Betrachtung der **durchschnittlichen externen Kosten** erzielt werden. Im Güterverkehr erfolgt diese Durchschnittsbetrachtung in Euro pro Tonnenkilometer (tkm). Auch mit Blick auf die durchschnittlichen externen Kosten zeigt sich, dass der straßengebundene Güterverkehr deutlich höhere Externalitäten als der Warentransport auf anderen Verkehrsträgern aufweist (Abbildung 2). In Summe liegen die externen Kosten eines in Deutschland verkehrenden Lkw (zulässiges Gewicht > 3.5 t) bei 4,37 ct/tkm. Mit 44 % (1,93 ct/tkm) sind Unfälle der größte Kostenbereich. Luftverschmutzung und Klimaschäden machen 24 % (1,07 ct/tkm) bzw. 13 % (0,57 ct/tkm) der externen Kosten eines Lkw aus.

Abbildung 2: Durchschnittliche externe Kosten des innerdeutschen Güterverkehrs (2016)



Quelle: Europäische Kommission (2020b), eigene Berechnungen. Ohne Berücksichtigung der externen Staukosten, * = Lärmemissionen eines Lkw > 32 t

Beim Straßenverkehr ist die Fahrzeuggröße wesentlich für die spezifischen Emissionen. Während der Treibhausgasausstoß kleinerer Last- und Sattelzüge um den Faktor 3 höher ist als beim Schienengüterverkehr, steigt dieser Wert bei kleineren Fahrzeugen und Transportern bis auf den Faktor 18 an (Allekotte u. a. 2020).

Gegenüber dem Straßengüterverkehr belastet die Schiene die Allgemeinheit durch ihre externen Kosten also deutlich geringer. Pro Tonnenkilometer liegen die externen Kosten des Eisenbahnverkehrs bis zu 72 % unter denen eines Lkw. Allein im Kostenbereich „Klima“ unterschreitet der durchschnittliche Treibhausgasausstoß einer Güterbahn (16 g CO₂-Äq/tkm) die Emissionen eines Lkw (111 g CO₂-Äq/tkm) etwa um den Faktor 7 (UBA 2022).

Zwischen Güterzügen mit Diesel- und elektrischem Antrieb bestehen große Unterschiede bezüglich der durchschnittlichen externen Kosten:

- Pro Tonnenkilometer verursachen Dieselloks **Klimaschäden** in Höhe von 0,31 ct/tkm. Eine Diesellok stößt demnach je Tonnenkilometer durchschnittlich 1,7-mal mehr CO₂ aus als das elektrisch betriebene Äquivalent (Allianz pro Schiene 2022a).
- Mit einem Anteil von 49 % machen **Luftschadstoffemissionen** (1,91 ct/tkm) bei fossil angetriebenen Loks den höchsten Kostenpunkt aus. Bei E-Loks fallen keine externen Kosten durch Luftverschmutzung an.
- Auch bei den **Lärmmissionen** schneiden dieselbetriebene Züge mit 1 ct/tkm schlechter ab als elektrische (0,76 ct/tkm).

Der Diesel-Anteil im Güterverkehr ist jedoch gering. Im Jahr 2019 wurden 93 % aller Tonnenkilometer auf der Schiene elektrisch zurückgelegt (BMVI 2021b). Folglich stellen im Vergleich die externen Kosten elektrischer Loks die aussagekräftigere Referenzgröße gegenüber der Straße dar.

3.3 Marginale externe Kosten

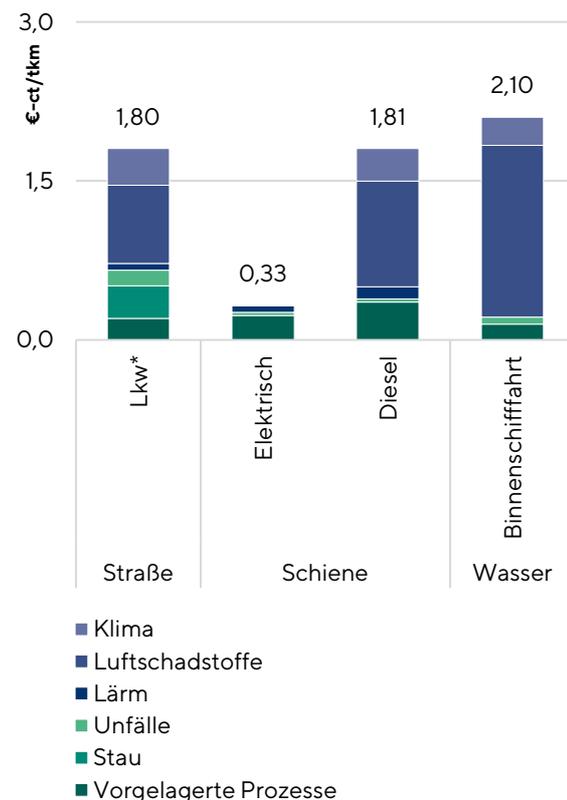
Eine weitere Darstellungsform der Externalitäten zum Vergleich der Umwelt- und Gesundheitswirkung verschiedener Verkehrsträger und Antriebstechnologien sind die marginalen externen Kosten (**soziale Grenzkosten**). Diese beschreiben die Höhe der zusätzlichen externen Kosten, die mit jedem zusätzlichen Tonnenkilometer anfallen, nicht aber diejenigen, die bereits angefallen sind (z. B. Schäden an Natur und Landschaft aufgrund der bestehenden Verkehrsinfrastruktur). Im Vergleich zu den durchschnittlichen externen Kosten fallen sie daher geringer aus.

Die Bepreisung sozialer Grenzkosten (inklusive Infrastrukturkosten) gilt grundsätzlich als ein „first-best“

Ansatz, um Verursacher*innen den gesellschaftlichen Schäden einer zusätzlichen Verkehrsleistung (oder zusätzlichen Verkehrsmittels) anzulasten. Werden marginale externe Kosten internalisiert, nehmen Verkehrsteilnehmende die sozialen Grenzkosten ebenso in ihre Transportentscheidung auf wie private Kosten, so dass effiziente Marktergebnisse erreicht werden können (Hintermann u. a. 2021).

Die kurzfristigen marginalen externen Kosten (ohne Infrastrukturkosten) eines Lkw mit zulässigem Gewicht von über 32 Tonnen belaufen sich auf 1,80 ct/tkm. Sie liegen damit auf dem Niveau einer dieselbetriebenen Gütereisenbahn (1,81 ct/tkm). Die sozialen Grenzkosten einer E-Lok fallen im Vergleich zum Lkw hingegen mehr als 5-Mal geringer aus und liegen bei 0,33 ct/tkm. Der elektrische Schienengüterverkehr weist damit nicht nur bei der Durchschnittsbetrachtung einen erheblich geringeren negativen Einfluss auf die Umwelt und Gesundheit als der Straßengüterverkehr auf. Auch mit Blick auf die Grenzkosten für den nächsten Tonnenkilometer ist sie überlegen.

Abbildung 3: Marginale externe Kosten des innerdeutschen Güterverkehrs (exkl. Infrastrukturkosten, 2016)



Quelle: Europäische Kommission (2019a), repräsentatives Kostenszenario, exkl. Infrastrukturkosten, * = Lkw > 32 t; eigene Berechnungen.

Für einige Kostenbereiche ähneln sich durchschnittliche und marginale externe Kosten über die verschiedenen Verkehrsträger hinweg. Für die **Klimakosten**

des Güterverkehrs gilt beispielsweise, dass eine je Tonnenkilometer zusätzlich emittierte Tonne CO₂ zu denselben externen Kosten wie eine durchschnittlich ausgestoßene Tonne des Klimagases führt. Die Folgekosten der Klimakrise sind ceteris paribus unabhängig von Zeit oder Ort der Emission, allerdings stark abhängig vom CO₂-Gehalt des Treibstoffs, dem Anteil fossiler Energien im Strommix oder dem Fahrzeugtyp und dessen Abgasnorm (Nash u. a. 2010).

Vor diesem Hintergrund sind auch divergierende Klimakosten des Straßengüterverkehrs in Abbildung 2 und Abbildung 3 zu erklären. Die Europäische Kommission (2020a) weist die durchschnittlichen externen Kosten für Lkw mit einem Gewicht von über 3,5 Tonnen aus. Die marginalen externen Kosten beziehen sich hingegen auf einen Lkw mit zulässigem Gewicht größer 32 Tonnen. Im Schienengüterverkehr (Diesel sowie E-Lok) und der Binnenschifffahrt gleichen sich durchschnittliche und marginale externe Kosten hingegen.

Auch in anderen Kostenbereichen sind Fahrzeugeigenschaften oder spezifische Umweltzustände Treiber auseinanderfallender durchschnittlicher und marginaler externer Kosten. Die Kapazitätsauslastung eines Verkehrsträgers wirkt sich beispielsweise auf die Lärmemissionen oder Unfälle aus. Für Verkehrsmittel, die wie der Schienengüterverkehr einem getakteten Fahrplan folgen, hängt das Unfallrisiko nur in geringem Maße vom Verkehrsaufkommen ab (beide Kostentypen gleichen sich). Im Straßengüterverkehr ist hingegen grundsätzlich davon auszugehen, dass die marginalen externen Kosten umso höher ausfallen, je stärker die Infrastruktur ausgelastet ist (Christen u. a. 2021).

3.4 Infrastrukturkosten

Neben den externen Kosten durch Umwelt- und Gesundheitsschäden sind Infrastrukturkosten der Verkehrsträger zu berücksichtigen. Die Kosten der Infrastruktur teilen sich in variable und fixe Kostenpunkte ein. **Fixe Infrastrukturkosten** beziehen sich auf Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur (z. B. Neubau oder Erweiterung bestehender Gleisanlagen, Straßen oder

Häfen). **Variable Infrastrukturkosten** (auch Grenzinfrastukturkosten) umfassen hingegen im weiteren Sinne Betriebs- und Wartungskosten (z. B. Instandhaltung von Infrastruktur) und sind maßgeblich von Umweltzuständen, wie dem Verkehrsaufkommen, dem Fahrzeuggewicht oder Wetterbedingungen abhängig (Atkins/Jacobs 2019).

Bei der nutzerseitigen Anlastung externer Infrastrukturkosten werden Fixkosten üblicherweise vernachlässigt und sind damit nicht ausschlaggebend für die Transportmittelwahl (Korzhenevych u. a. 2014). Variable Infrastrukturkosten werden hingegen als Näherungswert verstanden, um marginale externe Infrastrukturkosten zu berechnen. Werden marginale externe Infrastrukturkosten den Verkehrsteilnehmenden angelastet (z. B. Infrastrukturkomponente der Lkw-Maut), tragen sie zur Lenkungswirkung von ökonomischen Steuerungsinstrumenten bei. Daneben gilt die Nutzerfinanzierung als Möglichkeit, die Finanzierung von Infrastrukturen langfristig sicherzustellen (FÖS u. a. 2021).

Tabelle 1 verdeutlicht, dass die höchsten marginalen Infrastrukturkosten mit 77 ct/tkm im Straßengüterverkehr (Lkw > 32 t) vorliegen. Im Schienengüterverkehr belaufen sich die marginalen Infrastrukturkosten je Tonnenkilometer auf 0,30 ct für elektrisch und 0,31 ct für dieselbetriebene Güterbahnen; für die Binnenschifffahrt liegen sie bei 0,18 ct/tkm. Ein zusätzlicher Tonnenkilometer verursacht demnach auf der Straße die höchsten variablen Infrastrukturkosten.

Tabelle 1: Marginale Infrastrukturkosten des innerdeutschen Güterverkehrs (2016)

Verkehrsträger	Verkehrsmittel	Marginale Infrastrukturkosten (€-ct/tkm)
Straße	Lkw*	0,77
Schiene	elektrisch	0,30
	dieselbetrieben	0,31
Wasser	Binnenschifffahrt	0,18

Quelle: Europäische Kommission (2019a); Europäische Kommission (2019b), repräsentatives Kostenszenario, * = Lkw > 32 t.

4 Staatlich induzierte Preisbestandteile

Für Marktteilnehmende bestehen ohne Kosteninternalisierung keine preislichen Anreize, Externalitäten in ihren individuellen Kostenkalkulationen einzubeziehen. Das kann ein Grund für die übermäßige Nutzung der Straße im Güterverkehr trotz der hohen gesellschaftlichen Kosten sein. Mit Preisinstrumenten wie Steuern und Abgaben kann der Staat versuchen, individuelle und gesellschaftliche Kostenerwägungen besser in Einklang zu bringen und Marktversagen zu korrigieren. Zudem generiert er mit diesen Instrumenten Einnahmen, mit denen die Infrastruktur finanziert werden kann.

In Deutschland existiert eine Reihe an Steuern und Abgaben, die den Straßen- und Schienengüterverkehr betreffen und als staatlich induzierter Preisbestandteil (SiP) die Kostenkalkulationen der Marktakteure beeinflussen. Dabei sind klare Differenzen in der Behandlung der Verkehrsträger (Straße und Schiene) sowie des Kraftstoffs (Diesel und Strom) zu erkennen, die an einigen Stellen zuungunsten des elektrischen Schienenverkehrs ausfallen. Dies ist z. B. bei Steuern und Abgaben auf Energie der Fall (siehe Abbildung 4). Der Strom der Schiene enthält mit 7,07 ct/kWh rund 25 % höhere SiP als der Dieselmotorkraftstoff eines Lkw. Vor Abschaffung der EEG-Umlage waren es fast 50 % (vgl. Allianz pro Schiene 2022). Die **Lenkungswirkung** der Preisinstrumente steht damit oft im Widerspruch zu den Zielen der Verkehrsverlagerung und der Elektrifizierung.

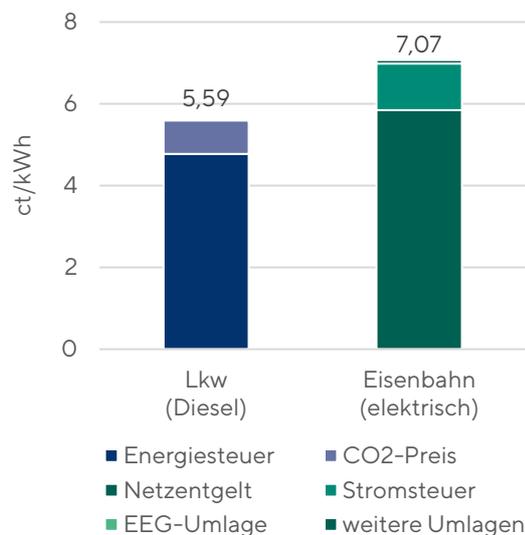
Im Folgenden werden die zentralen SiP im Güterverkehr kurz beschrieben und in Tabelle 2 gegenübergestellt.

- Die **Lkw-Maut** ist eine streckenbezogene Straßenbenutzungsgebühr. Sie gilt für schwere Nutzfahrzeuge (Lkw ab 7,5 t) auf Autobahnen und Bundesstraßen. Landes- und Kommunalstraßen sind bislang nicht bemautet. Bei der Berechnung des Mautsatzes je Kilometer werden Infrastruktur-, Luftverschmutzungs- und Lärmbelastungskosten berücksichtigt. Laut Ergebnis des Koalitionsausschusses im März 2023 soll im Rahmen der EU-Richtlinie ein CO₂-Aufschlag eingeführt werden, der sich – abhängig vom Ausstoß – an einem CO₂-Preis von 200 Euro/tCO₂ orientiert. Für dreiachsige Lkw ≥18 t entspricht dies – je nach Schadstoffklasse – einem Mautsatz von 6,3 bis 15,8 ct/km (Alfen Consult/Aviso 2023, Tabelle 11). Zudem soll die Maut auf Lkw über 3,5 bis 7,5 t ausgeweitet werden (Bundesregierung 2023). Mit den Reformschritten erfüllt die Bundesregierung wichtige Forderungen für eine sinnvolle Weiterentwicklung der Maut (Infas 2022). Ein konsequenter nächster Schritt wäre

die Ausweitung der Maut auf das gesamte Straßennetz (ebd.).

- Die **Trassenpreise** sind ein Entgelt, das für die Nutzung der deutschen Eisenbahninfrastruktur anfällt. Die Höhe des Entgelts pro Trassenkilometer bemisst sich im Güterverkehr am Gewicht, der Art des transportierten Guts (Gefahrgut) und der Leistung (Pünktlichkeit).
- Über die **Kraftfahrzeugsteuer** werden alle Fahrzeugen, die am öffentlichen Straßenverkehr in Deutschland teilnehmen, besteuert. Grundsätzlich werden Lkw gemäß dem zulässigen Gesamtgewicht besteuert. Ab einem zulässigen Gesamtgewicht von über 3,5 t werden zusätzlich Schadstoff- und Geräuschklasse berücksichtigt.

Abbildung 4: Steuern und Abgaben auf Energie im Güterverkehr



Quelle: eigene Darstellung nach Allianz pro Schiene (2022b), Bundesnetzagentur (2023)

- Die **Energiesteuer** besteuert den Verbrauch aller Energiearten. Die Höhe der Steuer ist je nach Energieerzeugnis und Verwendungszweck unterschiedlich. Für Straßen- und Schienengüterverkehr ist vor allem die Besteuerung des Dieselmotorkraftstoffs von Relevanz. Dieser ist trotz höherem Energiegehalt je Liter rund 28 % niedriger als der für Benzin. Im Entlastungspaket II (BMF 2022) wurde die Energiesteuer auf Kraftstoffe im Zeitraum Juni bis August 2022 temporär auf das europäische Mindestmaß abgesenkt („Tankrabbat“).
- Die **Stromsteuer** besteuert den Verbrauch von elektrischem Strom. Sie wird beim Versorger als

Steuerschuldner erhoben und über den Strompreis an die Verbraucher*innen weitergegeben. Aktuell ist die Stromsteuer vor allem für den elektrischen Schienenverkehr, perspektisch aber zunehmend für den Straßenverkehr relevant. Aufgrund umweltpolitischer Abwägungen gilt im Schienenbahnverkehr ein ermäßigter Stromsteuersatz für den Fahrbetrieb.

- Der **europäische Emissionshandel (EU-ETS)** begrenzt den Treibhausgasausstoß emissionshandlungspflichtiger Anlagen (z. B. der Stromerzeugung) und gibt jeder Tonne CO₂ einen Preis, der durch den Handel mit den Emissionsberechtigungen entsteht. Über den Strompreis trifft der CO₂-Preis (derzeit zwischen 90 und 100 Euro/tCO₂) den elektrischen Verkehr.
- Das **Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG)** erfasst Treibhausgas-Emissionen, die bisher nicht unter den europäischen Emissionshandel fallen (z. B. durch die Verbrennung von Kraftstoffen). Dieser auf die Kraftstoffe umgelegte CO₂-Preis betrifft damit dieselbetriebene Lkw und Züge. Im vorgegebenen Preispfad war für das Jahr 2023 eine Erhöhung von 30 auf 35 Euro/tCO₂ vorgesehen, die im Entlastungspaket III jedoch um ein Jahr verschoben wurde (Bundesregierung 2022).
- **EEG-Umlage und weitere Entgelte:** Bis zum 30. Juni 2022 regelte die Erneuerbare-Energien-Gesetz-Umlage die bevorzugte Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Quellen ins Stromnetz und garantierte deren Erzeugern feste Einspeisevergütungen. Grundsätzlich mussten alle Stromverbraucher*innen die EEG-Umlage als Teil des Strompreises zahlen. Für den Schienenverkehr existierte dabei eine Obergrenze. Die EEG-Umlage wurde im Rahmen der Entlastungspakete frühzeitig abgeschafft. Neben der EEG-Umlage enthält der Strompreis weiterhin Netzentgelte und weitere Abgaben.
- **Förderprogramme (De-minimis):** Im Rahmen der „De-minimis“-Förderung werden Unternehmen des Güterkraftverkehrs mit schweren Nutzfahrzeugen gefördert, die Maßnahmen zur Stärkung von Sicherheit und Umwelt durchführen.
- **Trassenpreisförderung:** Seit Juli 2018 bis derzeit Juni 2023 übernimmt der Bund jährlich 350 Mio. Euro an Trassengebühren der Güterbahnen im DB-Netz. Für 2024 ist die Fortführung noch nicht beschlossen. Erstempfänger der Zuwendung ist die DB Netz AG als Betreiberin der Schienenwege des Bundes; Letztempfänger sind die Zugangsberechtigten des Schienengüterverkehrs (SGV).
- **Anlagenpreisförderung:** Seit 13.12.2020 bis 30.11.2025 fördert der Bund die Nutzung von Serviceanlagen des SGV mit Beträgen zwischen 40 Mio. Euro und aktuell 83 Mio. Euro pro Jahr (insgesamt 200 Mio. Euro). Zuwendungsempfänger sind die SGV-Zugangsberechtigten. Die Förderung kommt im Wesentlichen jedoch der DB zugute. Beispielsweise werden Hafen- und Werksbahnen nicht gefördert und die Förderung ist auf "Zugbildungsgleise" beschränkt. Perspektivisch soll die Anlagenpreisförderung in der neuen Einzelwagenverkehrs-Förderung aufgehen.
- **Mehrwertsteuer:** Die Mehrwertsteuer, gesetzlich Umsatzsteuer, besteuert den Mehrwert eines Produktes. Die Steuer wird von Unternehmen auf ihre Waren und Dienstleistungen aufgeschlagen und über den Kaufpreis von ihren Kunden erhoben.

Tabelle 2: Gegenüberstellung der staatlich induzierten Preisbestandteile im Straßen- und Schienengüterverkehr

	Straßengüterverkehr (Diesel-Lkw)	Schienengüterverkehr (elektrisch)
Infrastruktur		
Nutzungsentgelte	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lkw-Maut: 9,8 bis 19,0 ct je Kilometer für einen Lkw der Schadstoffklasse Euro 6 mit $\geq 7,5$ t Gewicht ▪ Gilt auf Autobahnen und Bundesstraßen, nicht jedoch auf Landes- und Kommunalstraßen ▪ Ab Dezember 2023 ist ein CO₂-Aufschlag in Höhe von 200 Euro/tCO₂ geplant (für einen dreiachsigen Lkw ≥ 18 t von 6,3 bis 15,8 ct/km je nach Schadstoffklasse) ▪ Ausweitung auf Lkw über 3,5 t für 2024 geplant 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Standardentgelt: 3,21 Euro Trassenpreis je Trassenkilometer (Fahrplan 2023/24)
Fahrzeug		
Besteuerung der Fahrzeughaltung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 534 Euro Kfz-Steuer im Jahr für Lkw >12 t mit Emissionsklasse S1, S2 und besser 	
Betrieb (Kraftstoff, Strom)		
CO₂-Bepreisung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 30 Euro/tCO₂ in 2023 auf Dieselkraftstoff (BEHG) ▪ Die für 2023 vorhergesehen Erhöhung auf 35 Euro/tCO₂ wurde im Entlastungspaket III um ein Jahr verschoben. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 90 bis Euro/tCO₂ im März 2023 (EU-ETS) auf Strom
Energiesteuer	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diesel: 47,04 ct/l (4,77 ct/kWh) 	
Stromsteuer		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1,142 ct/kWh Stromsteuer
EEG-Umlage		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Seit 1. Juli 2022: Abschaffung der EEG-Umlage ▪ Bis 30. Juni 2022: 0,7446 ct/kWh EEG-Umlage (gegenüber 3,723 ct/kWh auf 20 % begrenzt)
Weitere Entgelte		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Netzentgelte (durchschnittlich 5,8 ct/kWh im Jahr 2021) und weitere Umlagen (0,09 ct/kWh)
Subventionen, Förderungen, Steuervergünstigungen		
Förderprogramme (De-minimis)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 33.000 Euro (absoluter Förderhöchstbetrag) 	
Steuervergünstigungen Kraftstoff/Strom	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Um 2,69 ct/kWh bzw. 18,41 ct/l geringerer Energiesteuersatz ggü. Benzin ▪ Im Entlastungspaket II wurde die Energiesteuer auf 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Um 0,908 ct/kWh ermäßigter Stromsteuersatz (1,142 statt 2,05 ct/kWh) ▪ Um 2,9784 ct/kWh reduzierte EEG-Umlage (EEG-Umlage abgeschafft seit 1.7.2022)

	Kraftstoffe im Zeitraum Juni bis August 2022 temporär auf das EU-Mindestmaß gesenkt: für Benzin um 30 ct/l und für Diesel um 14 ct/l.	
Trassenpreisförderung		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Seit 07/18 bis derzeit 06/23 übernimmt der Bund jährlich 350 Mio. Euro an Trassengebühren der Güterbahnen im DB-Netz. (Für 2024 noch nicht beschlossen.) ▪ Erstempfänger der Zuwendung ist die DB Netz AG als Betreiberin der Schienenwege; Letztempfänger sind die SGV-Zugangsberechtigten
Anlagenpreisförderung		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Im Zeitraum 13.12.2020 bis 30.11.2025 fördert der Bund die Nutzung von Serviceanlagen des SGV mit Beträgen zwischen 40 Mio. Euro und aktuell 83 Mio. Euro pro Jahr (insgesamt 200 Mio. Euro) ▪ Zuwendungsempfänger sind die SGV-Zugangsberechtigten. Die Förderung kommt im Wesentlichen der DB zugute.
Übergeordnet		
Mehrwertsteuer		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 19 %

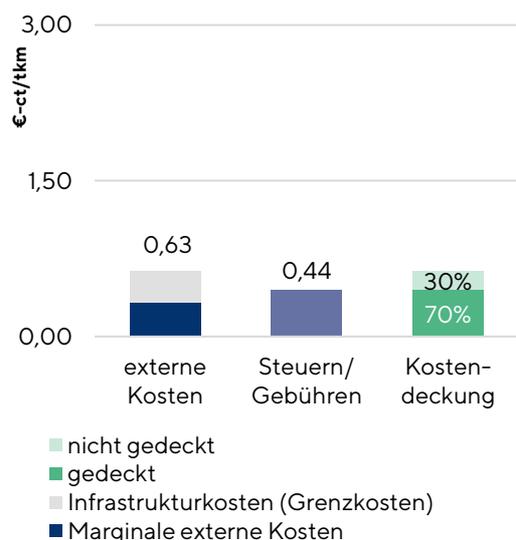
Quellen: u.a. Alfen Consult/Aviso (2023), Allianz pro Schiene (2022), BMDV (2022b), BMF (2022), Bundesnetzagentur (2023), Tagesspiegel Background (2023)

4.1 Kosteninternalisierung

Die marginalen externen Kosten und Infrastrukturkosten des Güterverkehrs sind durch die staatlich induzierten Preisbestandteile nicht vollständig internalisiert. Der **Grad der Internalisierung** für den elektrischen Schienenverkehr liegt jedoch deutlich höher als für Diesel-Lkw auf der Straße (siehe Abbildung 5 und Abbildung 6).

Die Steuern und Gebühren (umgerechnet auf einen Tonnenkilometer), die ein elektrisch betriebener **Güterzug** zu zahlen hat, belaufen sich gemäß den Zahlen einer Studie für die Europäische Kommission (2019a, 2019b) auf 44 ct/tkm. Damit übersteigen sie die marginalen externen Kosten in Höhe von 0,33 ct/tkm (siehe Abbildung 3). Unter Berücksichtigung der Infrastrukturkosten in Höhe von 30 ct/tkm (siehe Tabelle 1) beläuft sich die gesamte Kostendeckung auf **70 %**.

Abbildung 5: Externe Kosten und Kosteninternalisierung über Steuern und Gebühren (Schiene elektrisch)

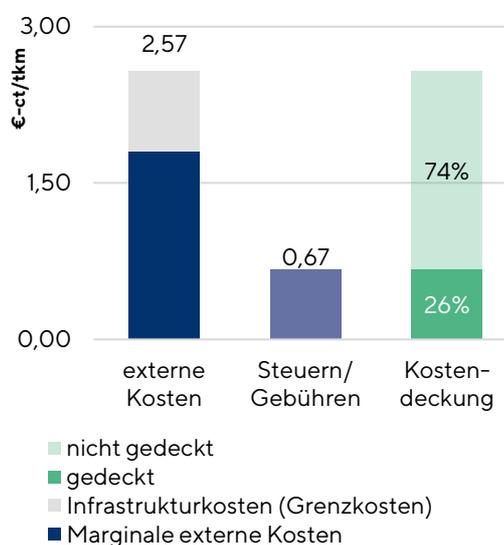


Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage Europäische Kommission (2019a); Europäische Kommission (2019b).

Die Kostendeckung bei einem **Diesel-Lkw** beläuft sich auf lediglich **26 %**. Den Steuern und Gebühren in Höhe von 67 ct/tkm stehen marginale externe Kosten und Infrastrukturkosten in Höhe von 180 ct/tkm und 77 ct/km gegenüber.

Eine deutliche Anhebung der staatlichen Preisbestandteile erscheint vor diesem Hintergrund aus gleich mehreren Gründen gerechtfertigt. Hierzu eignen sich vor allem solche Instrumente, die mit jedem Tonnenkilometer eines Diesel-Lkw zusätzlich anfallen (z. B. Lkw-Maut, Energiesteuer und CO₂-Bepreisung).

Abbildung 6: Externe Kosten und Kosteninternalisierung über Steuern und Gebühren (Diesel-Lkw)



Quelle: eigene Darstellung auf Grundlage Europäische Kommission (2019a); Europäische Kommission (2019b).

5 Total Cost of Ownership

Die Gesamtbetriebskosten (oder TCO, Total Costs of Ownership) von Transportfahrzeugen sind in aller Regel ein zentrales Kriterium bei der **Kaufentscheidung** und damit für die **Antriebswende** von großer Relevanz. Sie umfassen neben den Anschaffungskosten auch potenzielle Erlöse durch den Weiterverkauf sowie Kosten für Wartung und Betrieb, inklusive möglicher Steuern, Mautzahlungen etc.

Das ICCT (International Council on Clean Transportation) hat die TCO von Elektro- und Diesel-Lkw (Sattelzugmaschinen im Fernverkehr) für Deutschland und andere europäische Länder analysiert (ICCT 2021a, ICCT 2021b). Die TCO wurden dabei aus Sicht des Erstbesitzers mit fünf Jahre Haltedauer berechnet. Die starken Anstiege der Strom- und Energiepreise des Jahres 2022 sind darin noch nicht berücksichtigt, betreffen aber beide Antriebsarten.

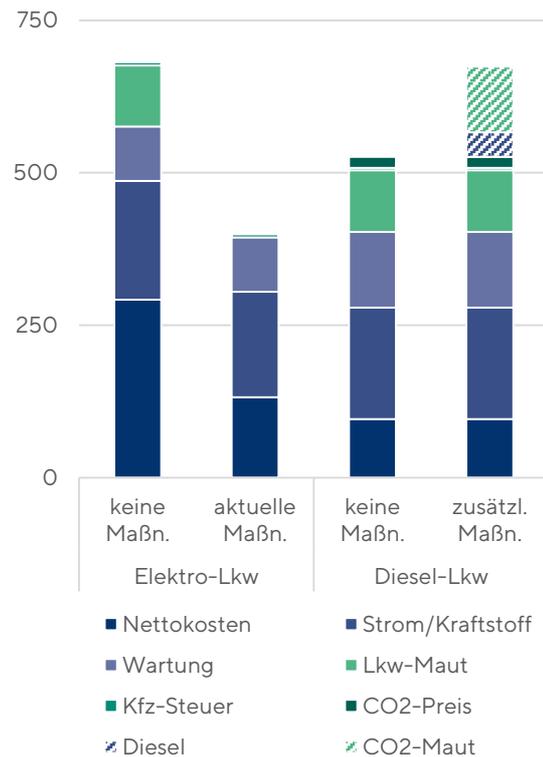
Wie Abbildung 7 verdeutlicht, werden die TCO maßgeblich von den **staatlich induzierten Preisbestandteilen** beeinflusst. Die TCO eines Elektro-Lkw würden sich ohne staatliche Maßnahmen über fünf Jahre auf rund 680 Tsd. Euro belaufen. Aufgrund der Förderprogramme (Kaufprämien) und der temporären Befreiung von der Lkw-Maut sind es jedoch lediglich rund 400 Tsd. Euro. Damit lagen die TCO eines Elektro-Lkw dank der staatlichen Förderung bereits im Jahr 2021 unter denen eines Diesel-Lkw (rund 510 Tsd. Euro).

Der Vorteil der Elektro-Lkw basiert derzeit also vor allem auf Subventionen und Vergünstigungen. Für den Staat günstiger und effizienter wäre es den Kostenvorteil durch eine höhere Anlastung der externen Kosten und den Subventionsabbau beim Diesel-Lkw zu erreichen. Im Koalitionsvertrag genannt werden in diesem Kontext die Anlastung von **Klimakosten über die Lkw-Maut** sowie die **Abschaffung des steuerlichen Vorteils für den Dieseldieselkraftstoff** (siehe „CO₂-Maut“ und „Diesel“ in Abbildung 7). Darüber hinaus wäre auch die Ausweitung der Maut auf alle Straßen erstrebenswert (Infras 2022). Bislang hat die Ampel-Regierung jedoch nur die Reform der Lkw-Maut im Rahmen der EU-Richtlinie vereinbart (Bundesregierung 2023).

Die Auswirkung der CO₂-Maut auf die TCO wird in der Studie des ICCT bereits beschrieben. Die Wirkung der reformierten Dieseldieselbesteuerung basiert auf eigenen Berechnungen, die sich am **Kommissionsvorschlag** für die Revision der **Energiesteuerrichtlinie** orientieren. Derzeit wird Diesel in den meisten EU-Staaten (auch in Deutschland) geringer besteuert als Benzin. Der Vorschlag sieht nun eine Besteuerung der Kraftstoffe gemäß ihrem Energiegehalt vor. Der Steuersatz für Diesel (47,04 ct/l) muss dann aufgrund des höheren Energiegehalts höher liegen als der für Benzin (65,45 ct/l). Ausgehend davon, dass der Steuersatz für Benzin

unverändert bleibt, würde der neue Steuersatz für Diesel 72,70 ct/l betragen und läge damit rund 26 ct höher. Hinzu kämen zusätzliche Kosten durch die Mehrwertsteuer. Die Ausgaben für Kraftstoffe würden somit um ca. 20 % steigen (blau-schraffierter Kostenpunkt „Diesel“ in Abbildung 7).

Abbildung 7: Gesamtbetriebskosten (TCO) über 5 Jahre von Elektro- und Diesel-Lkw (2021, in Tausend Euro) (ICCT 2021a)



Quelle : eigene Darstellung nach ICCT (2021a), ergänzt um die Reform der Dieseldieselbesteuerung auf Grundlage eigener Berechnungen.

Für das Jahr 2030 wird in der Verkehrsverflechtungsprognose (BMVI 2014) von einem Dieseldiesel von 2 Euro/l ausgegangen (im Mai 2023 liegt er bei rund 1,70 Euro/l). Für die weitere Steigerung um ca. 30 ct/l müsste der CO₂-Preis (BEHG) bis zum Jahr 2030 auf rund 140 Euro/tCO₂ steigen. Sollte der CO₂-Preis dieses Niveau nicht erreichen, wäre eine entsprechende Anhebung der Energiesteuersätze eine denkbare Option.

In Kombination würden die geplanten Reformen der Lkw-Maut und der Energiebesteuerung – unter den getroffenen Annahmen – die TCO eines Dieseldiesel auf die eines Elektro-Lkw (ohne Maßnahmen) anheben. In Anbetracht der sehr geringen Kosteninternalisierung von durchschnittlich 26 % (siehe Abschnitt 4.1) erscheinen beide Maßnahmen gerechtfertigt. Die **Subventionierung der Elektro-Lkw** könnte dann schneller zurückgefahren werden. Auch dies erscheint vor diesem

Hintergrund sinnvoll. Zwar fallen die externen Kosten geringer aus (was sich auf die Höhe der Lkw-Maut positiv auswirkt), jedoch fallen z. B. ebenso Infrastruktur- und Staukosten an. Auch im Wettbewerb zur Schiene stellt die Mautbefreiung elektrischer Lkw eine Verzerrung dar und steht im Widerspruch zur anvisierten Verkehrsverlagerung.

6 Fiskalische Auswirkungen

Wie in den vorherigen Kapiteln erläutert, könnten mit einer Neuordnung der staatlich induzierten Preisbestandteile die externen Kosten des Güterverkehrs verursachergerecht angelastet bzw. internalisiert werden. Zuletzt hatte die OECD (2023) Deutschland im Umweltprüfbericht 2023 zu mehr Verursachergerechtigkeit im Steuersystem und dem Abbau umweltschädlicher Subventionen ermahnt. Das würde zu einem gerechteren Kostenwettbewerb der Verkehrsträger und Antriebstechnologien führen und die Ziele der Verlagerung und Elektrifizierung unterstützen.

Eine solche Neuordnung hätte darüber hinaus fiskalische Auswirkungen. Die Anlastung von Klimakosten in der Lkw-Maut, deren Ausweitung auf alle Straßen sowie der Abbau der Subventionierung des Dieselmotors würden zunächst zu Mehreinnahmen führen. Langfristig sinken die Einnahmen aus der Besteuerung fossiler Kraftstoffe und der Bepreisung von CO₂ bei zunehmender Elektrifizierung und erfolgreicher Dekarbonisierung (FÖS u. a. 2021, ITF 2023). Gleichzeitig wäre mit Blick auf den TCO-Vergleich ein schnelleres Zurückfahren von Subventionen für Elektro-Lkw denkbar (siehe Abschnitt 5) und mit Blick auf die langfristige Tragfähigkeit der Verkehrsfinanzierung auch notwendig.

Die zentralen Veränderungen der staatlichen Einnahmen und Ausgaben in Folge möglicher Reformen werden in den folgenden Abschnitten beleuchtet. Zentrale Ergebnisse zum finanziellen Umfang der Maßnahmen sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3: Finanzieller Umfang der Maßnahmen

Maßnahme	Mrd. Euro
Steuervorteil Diesel	4,3 (nur Lkw; 10,1 inkl. Pkw)
Klimakosten in der Lkw-Maut	6,5 - 6,8
Ausweitung der Lkw-Maut auf alle Straßen	2,2
Maut-Befreiung für Elektro-Lkw	0,5 - 2,0
Kaufprämien für Elektro-Lkw	0,26

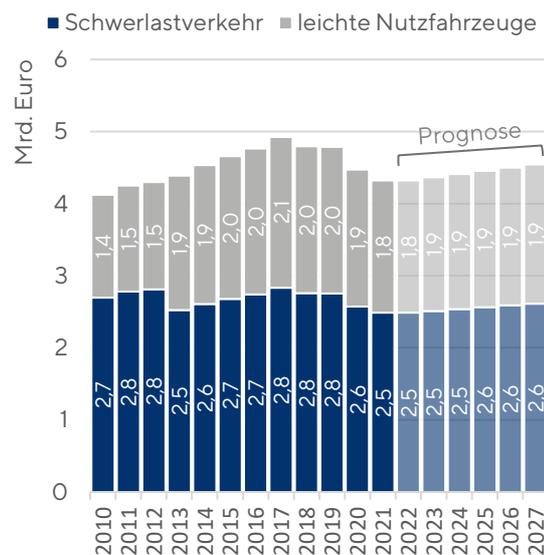
Abbau der Subventionierung von Dieselmotoren

Der Dieselmotorsatz (Lkw und Pkw) in Deutschland im Jahr 2021 betrug 40,2 Mio. m³ (Destatis 2022), was in etwa 107 Mio. tCO₂ Emissionen entspricht. Im Jahr 2019 vor der Corona-Pandemie waren es noch rund 44,5 Mio. m³ (ebd.). Bei gleichbleibender Nachfrage würde die Anhebung des Steuersatzes von 47,04 auf 72,70 ct/l zu **Mehreinnahmen der Energiesteuer von rund 10,1 Mrd. Euro pro Jahr** führen. Bei einer solcher Erhöhung ist jedoch mit einer Reduktion der Nachfrage zu rechnen, die in Agora Verkehrswende (2018) mit 2,8 % für Lkw und 2,5 % für Pkw beziffert wird. Die Mehreinnahmen würden in diesem Fall rund 9 Mrd. Euro betragen.

Gemäß den Daten des Statistischen Bundesamts (2019) entfielen im Jahr rund 47,6 % des Dieselmotorsatzes auf Pkw und 44 % auf Lkw. An den Mehreinnahmen wären demnach Pkw mit 4,7 Mrd. Euro und **Lkw mit 4,3 Mrd. Euro beteiligt**. Innerhalb der Gruppe der Pkw entfielen 85,1 % des Verbrauchs auf die privaten Haushalte und 14,9 % auf die Produktionsbereiche. Innerhalb der Lkw (Sattelzüge) entfielen 63,1 % auf den gewerblichen Verkehr und der Rest (inkl. Werksverkehr) auf übrige Halter*innen.

Abbildung 8 zeigt die **Subventionierung des Diesels** aufgrund des geringeren Steuersatzes der letzten Jahre sowie eine Schätzung für die kommenden Jahre, sollte die angestrebte Anpassung des Steuersatzes nicht erfolgen. Die Werte sind unterteilt in den Schwerlastverkehr und leichte Nutzfahrzeuge. Der Prognose hinterlegt ist der Einfachheit halber ein Anstieg des Kraftstoffverbrauchs von 1 % pro Jahr.

Abbildung 8: Subventionierung des Diesels im Güterverkehr



Quelle: eigene Berechnungen auf Grundlage Agora Verkehrswende 2018; Destatis 2020; Destatis 2022; Statistisches Bundesamt 2019

In der Abbildung nicht berücksichtigt, ist die dreimonatige Absenkung der Energiesteuer auf Kraftstoffe im Jahr 2022 („Tankrabatt“). Das Subventionsvolumen belief sich auf 3,1 Mrd. Euro (BMF 2022) bzw. 3,4 Mrd. Euro (DIW 2022). Auf den Diesel entfielen dabei schätzungsweise 1,4 Mrd. Euro.¹

Klimakosten in der Lkw-Maut

Mit der Umsetzung der Eurovignettenrichtlinie werden zukünftig Klimakosten über die Lkw-Maut angelastet. Die Mehreinnahmen würden sich nach dem Ergebnis des Koalitionsausschusses im März 2023 bei einem CO₂-Preis von 200 Euro/tCO₂ (Bundesregierung 2023) auf **6,5 bis 6,8 Mrd. Euro** ab dem Jahr 2024 belaufen (Alfen Consult/Aviso 2023, Tabelle 12).

Ausweitung der Lkw-Maut auf alle Straßen

Bislang wird die Lkw-Maut auf Autobahnen und Bundesstraßen erhoben, nicht jedoch auf Landes- und Kommunalstraßen. Eine Ausweitung würde gemäß Infras (2022) zu Mehreinnahmen in Höhe von rund **2,2 Mrd. Euro** führen. Angenommen werden dabei durchschnittliche Kilometerkosten von 13 ct/km und 17 Mrd. km Fahrleistung für Lkw > 3,5 t (ebd.).

Maut-Befreiung für Elektro-Lkw

Elektro-Lkw sind derzeit komplett von der Lkw-Maut befreit (BMDV 2022a). Ab dem Jahr 2026 soll ihnen nach Plänen des BMDV eine 75 %-Ermäßigung des Mautteilsatzes für die Infrastrukturkosten gewährt werden (Alfen Consult/Aviso 2023).

Aufgrund des noch sehr geringen elektrischen Fahranteils im Straßengüterverkehr ist das Subventionsvolumen aktuell gering. Bereits im Jahr 2025 könnte der elektrische Fahranteil bei Lkw über 3,5 t aber bei 7 % liegen (siehe Tabelle 41, FÖS u. a. 2021) und sich damit die **entgangenen Mauteinnahmen auf rund 0,5 Mrd. Euro** belaufen.² Die Bundesregierung (BMWK 2022) hält einen E-Anteil von über 30 % im Jahr 2030 für möglich. Der Einnahmeausfall könnte dann rund 2 Mrd. Euro betragen. Die ermäßigten Mautsätze sind mit den wachsenden Aufgaben zum Erhalt der Verkehrsinfrastruktur nicht vereinbar, verzerren den intermodalen Wettbewerb und sollten daher schnell beendet werden.

Kaufprämien für Elektro-Lkw

In den Jahren 2018 bis 2021 wurden im Rahmen des Förderprogramms „Energieeffiziente und/oder CO₂-arme schwere Nutzfahrzeuge“ (EEN) Zuschüsse bei der Anschaffung mautpflichtiger Lkw mit alternativen Antrieben gewährt. Lkw mit Erd- bzw. Flüssiggasantrieb wurden mit bis zu 8.000 bzw. 12.000 Euro, Elektro-Lkw mit bis zu 12.000 Euro und ab 12 t mit bis zu 40.000 Euro gefördert. In der Periode 2018–2020 hatte das Programm ein Budget von 10 Mio. Euro jährlich. Das Förderprogramm endete zum 31.03.2021 (Bundesamt für Logistik und Mobilität 2021). Wegen der stark gestiegenen Gaspreise wurden keine nachhaltigen Anreize zum Antriebswechsel gesetzt und sowohl Steuermittel ineffizient verausgabt als auch geförderte Unternehmen geschädigt.

Seit 2021 wird der Kauf von Nutzfahrzeugen mit Elektro- und Wasserstoffantrieben im Rahmen der Richtlinie KsNI mit bis zu 80 % des Kaufpreises sowie die Beschaffung von entsprechender Tank- und Ladeinfrastruktur gefördert (BMVI 2021). Bis zum Jahr 2025 stehen insgesamt rund 1,3 Mrd. Euro für Kaufprämien (0,26 Mrd. Euro pro Jahr) sowie rund 6,3 Milliarden Euro für die Infrastruktur zur Verfügung (NOW GmbH 2022). In den ersten beiden Förderaufrufen in den Jahren 2021 und 2022 wurden 1.217 bzw. 1.670 Nutzfahrzeuge mit Elektro- und Wasserstoffantrieben bezuschusst (ebd.).

Ausblick: Langfristige Verkehrsfinanzierung

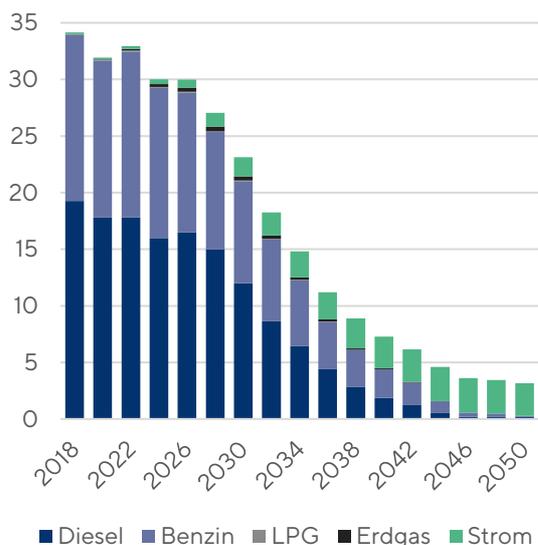
Die Einnahmen aus der Besteuerung fossiler Kraftstoffe werden mit der Elektrifizierung und erfolgreicher Dekarbonisierung von Lkw und Pkw perspektivisch stark zurückgehen (Abbildung 9) (FÖS u. a. 2021, ITF 2023). Damit entfällt eine Säule der Verkehrsfinanzierung und eine Neugestaltung wird notwendig.

¹ Ein Viertel (drei von zwölf Monaten) des Vorjahresverbrauches multipliziert mit dem Steuernachlass ($1/4 * 40,2 \text{ Mio. m}^3 * 14,04 \text{ ct/l} = 1,41 \text{ Mrd. Euro}$).

² Im Jahr 2021 wurden auf mautpflichtigen Straßen rund 41,8 Mrd. Kilometer zurückgelegt. 2,9 Mrd. km

(7 %) könnten im Jahr 2025 auf Elektro-Lkw zurückzuführen sein. Bei einem maximalen Mautsatz von 17,1 ct/km (Infrastruktur und Lärm für >18 t ab 4 Achsen) wäre mit Einnahmen von bis zu 0,5 Mrd. Euro zu rechnen.

Abbildung 9: Energiesteuereinnahmen aus dem Verkehrssektor, 2018 bis 2050



Quelle: eigene Darstellung nach FÖS u.a. (2021)

Mit der Lkw-Maut existiert bereits ein Instrument, mit dem die Finanzierungslücke im Straßengüterverkehr geschlossen werden kann. Im Unterschied zu energieabsatzbezogenen Abgabenlösungen erfasst sie auch diskriminierungsfrei Kraftfahrzeuge, die nicht in Deutschland zugelassen sind bzw. Kraftstoff tanken oder andere Energie beziehen. Ihr wird in Zukunft eine noch gewichtigere Rolle zukommen – insbesondere für E-Lkw, denn die Stromsteuer kann die Energiesteuer auf Diesel nicht ansatzweise ausgleichen (Abbildung 9). Das liegt vor allem an der höheren Energieeffizienz elektrischer Fahrzeuge. Der Finanzierungsbeitrag von E-Lkw wird also noch stärker über die Lkw-Maut geleistet werden müssen als es bei Verbrenner-Lkw heute der Fall ist. Die langfristigen Maut-Ermäßigungen für E-Lkw sind vor diesem Hintergrund kritisch zu prüfen.

Zu beachten ist, dass für die Ausgestaltung der Maut die Eurovignetten-Richtlinie der EU maßgeblich ist. Die Änderungen müssten also auf EU-Ebene angestoßen werden. (In diesem Kontext könnte eine Ausweitung der Maut auf Pkw ab ca. 2030 vorbereitet werden. Für Pkw existiert derzeit noch kein Instrument, um E-Autos zukünftig sinnvoll an der Verkehrsfinanzierung zu beteiligen.)

7 Fazit

Im Vergleich mit E-Lkw und dem elektrischen Schienengüterverkehr hat der Diesel-Lkw die höchsten externen Umwelt- und Gesundheitskosten. Die **Verlagerung** des Straßengüterverkehrs auf die Schiene sowie die **Elektrifizierung** der Antriebe sind daher von zentraler Bedeutung für mehr Umwelt- und Gesundheitsschutz sowie die Erreichung der Klimaziele im (Güter-) Verkehr im Speziellen. Mit einem reduzierten Verbrauch am fossilen Kraftstoff Diesel ginge darüber hinaus eine reduzierte Energieabhängigkeit einher.

Die **externen Kosten des Güterverkehrs** rechtfertigen den **Einsatz ökonomischer Instrumente**. Mit ihnen können die Kosten verursachergerecht angelastet bzw. internalisiert werden. Zuletzt hatte die OECD Deutschland zu mehr Verursachergerechtigkeit im Steuersystem und dem Abbau umweltschädlicher Subventionen ermahnt.

Als staatlich induzierte Preisbestandteile haben Steuern, Abgaben, Entgelte, Subventionen etc. direkten Einfluss auf den **Kostenwettbewerb** im Güterverkehr, sowohl zwischen den Verkehrsträgern als auch den Antrieben. Aktuell ist der Wettbewerb jedoch an vielen Stellen verzerrt und die staatlichen Anreize stehen oft nicht im Einklang mit den Zielen. Diesel-Lkw weisen besonders hohe externe Kosten, aber einen sehr

geringen Grad der **Internalisierung** auf. Der elektrische Schienengüterverkehr hingegen hat deutlich geringere externe Kosten, aber einen deutlich höheren Internalisierungsgrad.

Aufgrund der geringen Internalisierung bei Diesel-Lkw sind Elektro-Lkw mit Blick auf die Total Cost of Ownership derzeit nur aufgrund umfangreicher Subventionen und Vergünstigungen konkurrenzfähig. Diese sollten zeitnah beendet werden, da Subventionen grundsätzlich nur befristet gewährt werden sollten. Ein für die Verkehrsfinanzierung nachhaltigerer Weg wäre stattdessen die geplante Anlastung von Klimakosten über die **Lkw-Maut**, die Ausweitung der Maut auf alle Straßen sowie der Abbau des Steuervorteils für Diesel in der **Energiesteuer**. Die TCO von Elektro- und Diesel-Lkw lägen dann auch ohne Vergünstigungen in etwa gleich auf.

Für den **Staatshaushalt** und die Verkehrsfinanzierung würde die verursachergerechte Kostenanlastung ein deutliches Plus auf Einnahmenseiten und eine Entlastung auf Ausgabenseite bedeuten. Diesel-Lkw würden einen vollständigeren Beitrag zur verursachergerechten Nutzerfinanzierung leisten, was die Notwendigkeit von Subventionen für Elektro-Lkw verringert.

LITERATURVERZEICHNIS

- Agora Verkehrswende (2018): Klimaschutz im Verkehr: Maßnahmen zur Erreichung des Sektorziels 2030. Abrufbar unter: [https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2017/Klimaschutzszenarien/Agora_Verkehrswende Klimaschutz im Verkehr Massnahmen zur Erreichung des Sektorziels 2030.pdf](https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2017/Klimaschutzszenarien/Agora_Verkehrswende_Klimaschutz_im_Verkehr_Massnahmen_zur_Erreichung_des_Sektorziels_2030.pdf)
- Agora Verkehrswende, Transport and Environment (2022): Elektro-Lkw schneller auf die Straße bringen. Abrufbar unter: https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Veranstaltungen/2022/Elektrische-Lkw/Elektro-Lkw_Agora-Schlussfolgerungen_20221012.pdf
- Alfen Consult, Aviso (2023): Berechnung des CO₂-Aufschlages nach Maßgabe der Änderung der Richtlinie 1999/62/EG für die Jahre 2023 bis 2027. Abrufbar unter: https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/StV/lkw-maut-2-ergaenzung-endbericht.pdf?__blob=publicationFile
- Allekotte, M., Bergk, F., Biemann, K., Deregowski, C., Knörr, W., Althaus, H.-G., Sutter, D., Bergmann, T. (2020): Ökologische Bewertung von Verkehrsarten. Abschlussbericht. In: UBA Texte 156/2020.
- Allianz pro Schiene (2022a): Ein Überblick: Alternative Antriebe auf der Schiene. Abrufbar unter: <https://www.allianz-pro-schiene.de/themen/aktuell/innovative-antriebe-auf-der-schiene/#:~:text=Alternative%20Antriebe%20auf%20der%20Schiene%20erlebar&text=Eine%20Diesel-lok%20st%C3%B6%C3%9Ft%20im%20G%C3%BCterverkehr,etwa%201%2C2%20pro%20Personenkilometer>
- Allianz pro Schiene (2022b): Energiesteuern, -umlagen und -entgelte im Güterverkehr. Abrufbar unter: https://www.allianz-pro-schiene.de/wp-content/uploads/2022/01/220131_Steuern-und-Abgaben-Bahnstrom.png
- Atkins, Jacobs (2019): Updating Marginal External Costs of Road Freight. Technical Report. Abrufbar unter: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/865553/marginal-external-costs-technical-report.pdf
- BMDV (2021): Förderung von Fahrzeugen (verkehrsträgerübergreifend). Abrufbar unter: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/Alternative-Kraftstoffe/foerderung-von-fahrzeugen.html>
- BMDV (2022a): Lkw-Maut. Abrufbar unter: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/StV/Strassenverkehr/lkw-maut.html>
- BMDV (2022b): Anlagenpreisförderung im Schienengüterverkehr. Abrufbar unter: <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/E/schiene-schienengueterverkehr/anlagenpreisfoerderung-im-schieneverkehr.html>
- BMF (2022): Schnelle und spürbare Entlastungen in Milliardenhöhe. Abrufbar unter: <https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Schlaglichter/Entlastungen/schnelle-spuerbare-entlastungen.html>
- BMVI (2014): Verkehrsverflechtungsprognose 2030. Schlussbericht. Abrufbar unter: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/verkehrsverflechtungsprognose-2030-schlussbericht-los-3.pdf?__blob=publicationFile
- BMVI (2021): Bekanntmachung der Richtlinie über die Förderung von leichten und schweren Nutzfahrzeugen mit alternativen, klimaschonenden Antrieben und dazugehöriger Tank- und Ladeinfrastruktur für elektrisch betriebene Nutzfahrzeuge (reine Batterieelektrofahrzeuge, von außen aufladbare Hybridelektrofahrzeuge und Brennstoffzellenfahrzeuge). Abrufbar unter: https://www.balm.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Foerderprogramme/KsNI/2_Foerderung/KsNI_RiLi.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- BMVI (2020): Masterplan Schienenverkehr. Abrufbar unter: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/E/masterplan-schieneverkehr.pdf?__blob=publicationFile
- BMVI (2021a): Gleitende Mittelfristprognose für den Güter- und Personenverkehr. Mittelfristprognose Winter 2020/21. Abrufbar unter: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/gleitende-mittelfristprognose-winter-2020-2021.pdf?__blob=publicationFile
- BMVI (2021b): Mit der Elektrobahn klimaschonend in die Zukunft – Das Bahn-Elektrifizierungsprogramm des Bundes. Abrufbar unter: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/E/schiene-aktuell/elektrobahn-klimaschonend-zukunft-bahn-elektrifizierungsprogramm.html>
- BMWK (2022): Eröffnungsbilanz Klimaschutz. Abrufbar unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/220111_eroeffnungsbilanz_klimaschutz.pdf?__blob=publicationFile&v=22

- Bundesamt für Logistik und Mobilität (2021): Antragsende Förderprogramm EEN. Abrufbar unter: https://www.balm.bund.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/DE/Foerderprogramme/Gueterverkehr/EEN/Antragsende_Foerderprogramm_EEN.html;jsessionid=2B60B8288CE4885D749BECD5B2C9FE00.live21303?nn=3294496
- Bundesnetzagentur (2023): Bericht: Marktuntersuchung Eisenbahnen 2022. Abrufbar unter: https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Eisenbahn/Unternehmen_Institutionen/Veroeffentlichungen/Marktuntersuchungen/MarktuntersuchungEisenbahnen/MarktuntersuchungEisenbahn2022.pdf?blob=publicationFile&v=1
- Bundesregierung (2021): Mehr Fortschritt wagen. Koalitionsvertrag zwischen SPD, Bündnis 90/Die Grünen und FDP. Abrufbar unter: <https://www.bundesregierung.de/re-source/blob/974430/1990812/1f422c60505b6a88f8f3b3b5b8720bd4/2021-12-10-koav2021-data.pdf?download=1>
- Bundesregierung (2022): Drittes Entlastungspaket - Deutschland steht in einer schwierigen Zeit zusammen. Abrufbar unter: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/suche/drittes-entlastungspaket-2082584>
- Bundesregierung (2023): Modernisierungspaket für Klimaschutz und Planungsbeschleunigung. Abrufbar unter: https://www.spd.de/fileadmin/Dokumente/Beschluesse/20230328_Koalitionsausschuss.pdf
- Christen, E., Meinhart, B., Sinabell, F., Streicher, G. (2021): Transportkostenwahrheit im internationalen Handel. In: FIW-Research Reports No. 3. Abrufbar unter: https://fiw.ac.at/fileadmin/Documents/Publikationen/Studien_2021/FIW_RR_Transportkostenwahrheit_im_internationalen_Handel_03_2021.pdf
- Creutzig, F., Lohrey, S., Koch, N., Kraus, S. (2021): Emissionen im Verkehrssektor in Deutschland in 2020. Effekt von COVID-19. Abrufbar unter: https://www.mcc-berlin.net/fileadmin/data/B2.3_Publications/Working%20Paper/2021_Verkehrsemissionen_Effekt_von_COVID.pdf
- Dannhoff, S., Falk, N., Möller, A., Nickel, J., Schwilling, A. (2021): Gutachten zum Schienengüterverkehr in Deutschland bis 2030. Schienengüterverkehr als Garant des Klimaschutzes im Verkehr – Qualität, Innovation und Kunden im Fokus. Abrufbar unter: <https://www.vdv.de/schienengueterverkehr-als-garant-des-klimaschutzes.aspx>
- Destatis (2020): Energiesteuerstatistik - Fachserie 14 Reihe 9.3 - 2019. Abrufbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Staat/Steuern/Verbrauchssteuern/Publikationen/Downloads-Verbrauchssteuern/energiesteuer-2140930197004.html>
- Destatis (2022): Energiesteuerstatistik - Fachserie 14 Reihe 9.3 - 2011. Abrufbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Staat/Steuern/Verbrauchssteuern/Publikationen/Downloads-Verbrauchssteuern/energiesteuer-2140930217004.html>
- Deutsche Verkehrs-Zeitung (2023): Mautsätze werden nahezu verdoppelt. Abrufbar unter: <https://www.dvz.de/rubriken/land/strasse/detail/news/mautsaetze-werden-naezu-verdoppelt.html>
- DIW (2022): Hohe Energiepreise: Ärmere Haushalte werden trotz Entlastungspaketen stärker belastet als reichere Haushalte. Abrufbar unter: https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01c.840036.de/22-17-1.pdf
- dpa (2023): Noch ein weiter Weg: E-Lkw im Fernverkehr. Abrufbar unter: <https://www.idowa.de/inhalt.e-mobilitaet-noch-ein-weiter-weg-e-lkw-im-fernverkehr.0761c4d0-8fbf-4a06-b23e-d4c9abec1cdf.html>
- Europäische Kommission (2019a): State of play of Internalisation in the European Transport Sector (Daten auf Anfrage bei den Autor/innen erhalten). Abrufbar unter: <https://data.europa.eu/doi/10.2832/537526>
- Europäische Kommission (2019b): Overview of transport infrastructure expenditures and costs. Abrufbar unter: https://cedelft.eu/wp-content/uploads/sites/2/2021/03/CE_Delft_4K83_Overview_transport_infrastructure_expenditures_costs_Final.pdf
- Europäische Kommission (2020a): Study Sustainable Transport Infrastructure Charging and Internalisation of Transport Externalities (June 2019) - Annexes. Abrufbar unter: https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/sustainable-transport/internalisation-transport-external-costs_en
- Europäische Kommission (2020b): Handbook on the external costs of transport: version 2019 - 1.1. Abrufbar unter: <https://op.europa.eu/de/publication-detail/-/publication/9781f65f-8448-11ea-bf12-01aa75ed71a1>

Eurostat (2020): Treibhausgasemissionen nach Quellsektor (Quelle: EUA) [env_air_gg].

FÖS, Öko-Institut, Klinski, S. (2021): Mobilität in die Zukunft steuern: Gerecht, individuell und nachhaltig. Abschlussbericht zum UBA-Vorhaben „Fiskalische Rahmenbedingungen für eine postfossile Mobilität“. Abrufbar unter: <https://foes.de/publikationen/2021/2021-11-FOES-Mobilitaet-in-die-Zukunft-steuern.pdf>

Handelsblatt (2022): Straßengebühren: Die neue Klima-Maut beschert der Staatskasse Extra-Milliarden. Abrufbar unter: <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/strassengebuehren-die-neue-klima-maut-beschert-der-staatskasse-extra-milliarden/28075602.html?ticket=ST-1859562-iXld1zu1l2NdMPaWaaVw-ap6>

Hintermann, B., Schoeman, B., Molloy, J., Götschli, T., Castro, A., Tchervenkov, C., Tomic, U., Axhausen, K. W. (2021): Pigovian Transport Pricing in Practice. In: WWZ Working Paper, 2021 (11). Abrufbar unter: https://e-doc.unibas.ch/84658/1/20210930154851_6155c043f3be9.pdf

ICCT (2021a): Total cost of ownership von Sattelzugmaschinen in Deutschland: Batterieelektrisch gegen diesel. Abrufbar unter: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/01/DE-TCO-BETs-Europe-fact-sheet-v3-dec21.pdf>

ICCT (2021b): Total Cost of Ownership for Tractor-Trailers in Europe: Battery Electric versus Diesel. Abrufbar unter: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/11/tco-bets-europe-1-nov21.pdf>

ICCT (2022): Road freight decarbonization in Europe. Abrufbar unter: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/09/road-freight-decarbonization-europe-sep22.pdf>

ifeu (2022): Vergleichende Analyse der Potentiale von Antriebstechnologien für Lkw im Zeithorizont 2030. Teilbericht im Rahmen des Vorhabens „Elektrifizierungspotential des Güter- und Busverkehrs – My eRoads“. Abrufbar unter: https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/2022-02-04-My_eRoads-Potentiale-Lkw-Antriebstechnologien-final_01.pdf

Infras (2019): Externe Kosten des Verkehrs in Deutschland: Straßen-, Schienen-, Luft- und Binnenschiffverkehr 2017. Abrufbar unter: <https://www.allianz-pro-schiene.de/wp-content/uploads/2019/08/190826-infras-studie-externe-kosten-verkehr.pdf>

Infras (2022): Konzept für eine verkehrswendefreundliche Lkw-Maut. Abrufbar unter: <https://die-gueterbahnen.com/assets/files/news/2021/konzept-fuer-eine-verkehrswendefreundliche-lkw-maut-maerz-2022-infras.pdf>

ITF (2023): ITF Verkehrsausblick 2023: Zusammenfassung. OECD Publishing, Paris. Abrufbar unter: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/repositories/itf-transport-outlook-2023-summary-de.pdf>

Korzhenevych, A., Dehnen, N., Bröcker, J., Holtkamp, M., Meier, H., Gibson, G., Varma, A., Cox, V. (2014): Update of the Handbook on External Costs of Transport. Final Report. Abrufbar unter: <http://www.studiomessori.it/content/2014-handbook-external-costs-transport.pdf>

Nash, C., Shires, J., Link, H. (2010): Quantifizierung der sozialen Grenzkosten des Straßenverkehrs: welches sind die wichtigsten Komponenten? In: Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung. Jg. 79, Nr. 2. S. 13–38.

NOW GmbH (2022): BMDV unterstützt den Hochlauf des klimafreundlichen Straßengüterverkehrs. Abrufbar unter: <https://www.now-gmbh.de/aktuelles/pressemitteilungen/bmdv-unterstuetzt-den-hochlauf-des-klimafreundlichen-strassengueterverkehrs/>

Statistisches Bundesamt (2019): Umweltökonomische Gesamtrechnungen. Transportleistungen und Energieverbrauch im Straßenverkehr 2005 – 2017. Abrufbar unter: <https://www.efgs2021.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/verkehr-tourismus/Publikationen/Downloads/ugr-transportleistungen-energieverbrauch-5850010179004.pdf;jsessionid=4F3B49B73FA9651DB1BCB241188FDCDD.live742?blob=publicationFile>

Statistisches Bundesamt (2022): Güterverkehr. Beförderungsmenge und Beförderungsleistung nach Verkehrsträgern. Abrufbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Transport-Verkehr/Gueterverkehr/Tabellen/gueterbefoerderung-1r.html>

Tagesspiegel Background (2023): Wissing kann Zeitpunkt der CO₂-Maut im Alleingang bestimmen. Abrufbar unter: <https://background.tagesspiegel.de/mobilitaet/wissing-kann-zeitpunkt-der-co2-maut-im-alleingang-bestimmen>

TNO (2022): Techno-economic uptake potential of zero-emission trucks in Europe. Abrufbar unter: https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Veranstaltungen/2022/Elektrische-Lkw/TNO_2022_R11862_Techno-economic_uptake_potential_of_zero-emission_trucks_in_Europe.pdf

UBA (2021a): Klimaschutz im Verkehr. Abrufbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/klimaschutz-im-verkehr#undefined>

UBA (2021b): Fahrleistungen, Verkehrsleistungen und „Modal Split“. Abrufbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/fahrleistungen-verkehrsaufwand-modal-split#fahrleistung-im-personen-und-guter-verkehr>

UBA (2022): Emissionsdaten. Abrufbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsdaten>

UBA (2023): UBA-Prognose: Treibhausgasemissionen sanken 2022 um 1,9 Prozent. Abrufbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemittelungen/uba-prognose-treibhausgasemissionen-sanken-2022-um>