



Handlungsempfehlungen zur Luftreinhaltung in Städten

Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesminister
für Verkehr und digitale Infrastruktur

2018

Handlungsempfehlungen zur Luftreinhaltung in Städten

Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats
beim Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur

13. April 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Anlass der Empfehlungen	4
2	Ausgangssituation	6
3	Identifizierung und Bewertung von Maßnahmen	11
4	Weitere Konsequenzen einer Plakettenregelung	15
5	Empfehlungen	16
6	Referenzen	18
	Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirats	24

1 Anlass der Empfehlungen

Mit dem Ziel, die schädlichen Wirkungen von Luftschadstoffen auf Mensch und Umwelt zu verringern, hat die Europäische Union Immissionsgrenzwerte für die Konzentration von Luftschadstoffen festgelegt. Messungen zeigen, dass die Schadstoffkonzentrationen zurückgehen und die gesetzlichen Grenzwerte beim Feinstaub in der Zwischenzeit in vielen Städten eingehalten werden. Bei Stickoxiden (NO_x) als Sammelbegriff für gesundheitsschädigende *Emissionen* und insbesondere bei Stickstoffdioxid (NO_2) als Messgröße von *Immissionen* ist diese Situation noch nicht erreicht¹. Hier werden die Grenzwerte in vielen Städten in Europa überschritten. Die Umsetzung der europäischen Vorgaben in nationales Recht erfolgt in Deutschland über das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG). Dieses Gesetz sieht vor, dass bei Grenzwertüberschreitungen Luftreinhaltepläne zu erstellen sind. Sie müssen Maßnahmen enthalten, die die Einhaltung der Grenzwerte auf Dauer sicherstellen.

Mit einem Emissionsanteil von insgesamt 38 Prozent ist der Verkehrssektor mit Abstand der größte Verursacher von NO_x -Emissionen (UBA, 2017a). An städtischen verkehrsnahen Standorten dominiert der Verkehr die Emissionen mit deutlich höheren Anteilen. Aus diesem Grund legt die Europäische Union Emissionsgrenzwerte für Kraftfahrzeuge fest. Diese werden bei Pkw bezogen auf zurückgelegte Fahrzeugkilometer angegeben und für neue Fahrzeugtypen schrittweise verschärft.

¹ Stickoxid NO_x ist eine Sammelbezeichnung für die gasförmigen Oxide des Stickstoffs, zu denen insbesondere Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO_2) zählen. Stickoxide werden überwiegend als NO emittiert und anschließend in NO_2 umgewandelt. NO_x wird deshalb zur Quantifizierung von Emissionen, NO_2 zur Quantifizierung von Immissionen als Luftschadstoffkonzentrationen genutzt.

Die Empfehlungen dieses Papiers entstehen aufgrund der Beobachtung, dass trotz erheblicher Anstrengungen der Kommunen die Immissionsgrenzwerte für Stickoxide (NO_2) in vielen Städten teils erheblich und dauerhaft überschritten werden. Derzeit diskutierte oder umgesetzte Maßnahmen zur Einhaltung der Grenzwerte sind entweder wenig wirksam, zu spät wirksam oder schwer umsetzbar.

Die Empfehlungen thematisieren nicht die Angemessenheit der gesetzlichen Grenzwerte, welche unterschiedlich beurteilt wird. Der Bericht des 5. Untersuchungsausschuss des Bundestags stellt u.a. fest, dass „in Deutschland keine toxikologisch bedenklichen NO_2 -Werte in öffentlich zugänglichen Bereichen bestehen und dass Überschreitungen von NO_2 -Grenzwerten an bestimmten Orten allein relativ wenig Aussagekraft besitzen. Es kommt vielmehr auf die an einem Ort bestehende Komposition bzw. Mischung mit anderen „Giftstoffen“ an“. (Deutscher Bundestag 2017, Bericht des 5. Untersuchungsausschusses, S. 492). Im gleichen Bericht findet sich im Teil Sondervoten (S. 591) dagegen folgende Bewertung: „Der Sachverständigenrat für Umweltfragen beklagte Anfang 2015 in einem Sondergutachten, „dass die Stickstoffdioxidgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit [...] bis heute in Deutschland nicht eingehalten werden“. Zudem muss der derzeit geltende Jahresmittelwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 „nur als Zwischenschritt auf dem Weg zu einer Luftqualität in Europa verstanden werden, bei der keine anthropogen verursachten Schäden an Mensch und Umwelt auftreten“. Eine Weiterentwicklung der geltenden Normen hielt der Sachverständigenrat für „dringend erforderlich“.

Vor diesem Hintergrund basieren die Empfehlungen auf folgenden Annahmen:

- Grenzwerte der Luftreinhaltung sind in Gesetzen festgeschrieben. Sie stellen damit harte Zielvorgaben dar, die - unter Beachtung des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit - bei einer Abwägung von Interessen eingehalten werden müssen und einklagbar sind. Das unterscheidet NO_2 -Immissionen von Treibhausgasen. Für Treibhausgase sind politische Ziele formuliert, die aber mit Ausnahme von Grenzwerten bei Fahrzeugen nicht Bestandteil von Gesetzen sind.
- Die verkehrsbedingten Emissionen in Abstimmung mit den Emissionen aus anderen Quellen müssen deshalb soweit gesenkt werden, dass die Einhaltung der gesetzlichen Grenzwerte gewährleistet ist. Durch die Einhaltung der Grenzwerte gilt die Berücksichtigung gesundheitlicher Belange ausreichend sichergestellt.
- Durch die Implementierung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung entstehen Kosten für die Allgemeinheit, die Nutzer von Verkehrsangeboten, für die Besitzer von Kraftfahrzeugen und ggf. auch für die Automobilhersteller. Zum Beispiel müssen Kfz-Nutzer, die von einem Fahrverbot betroffen sind, auf alternative Ziele oder Verkehrsmittel ausweichen, ein bestehendes Fahrzeug nachrüsten oder ein neues Fahrzeug beschaffen. Die Maßnahmen sollen deshalb möglichst so ausgewählt werden, dass diese Kosten der Implementierung zum Erreichen der Grenzwerte minimal sind. Dabei sind unerwünschte Nebenwirkungen der Maßnahmen zu prüfen, z.B. auf die Verkehrssicherheit oder auf den Durchgangsverkehr in Wohngebieten.

2 Ausgangssituation

Rechtliche Ausgangslage - Immissionen

Die EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG und die nationale Umsetzung in der 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes Verordnung (39. BImSchV) setzt u.a. Immissionsgrenzwerte für die Luftreinhaltepläne. Tabelle 1 zeigt die Immissionsgrenzwerte für ausgewählte Luftschadstoffe.

Bei Überschreitungen der Grenzwerte verpflichtet § 47 Abs. 1 BImSchG die zuständige Behörde, einen Luftreinhalteplan aufzustellen, der Maßnahmen zur dauerhaften Minderung von Luftverunreinigungen vorsieht. Nach § 47 Abs. 2 muss die zuständige Behörde außerdem Pläne mit kurzfristig zu ergreifenden Maßnahmen erstellen, wenn der in Tabelle 1 ausgewiesene Alarmwert überschritten wird. Die für die Luftreinhaltepläne zuständige Behörde wird von den Bundesländern bestimmt. Je nach Bundesland kann die zuständige Behörde ein Ministerium, ein Regierungspräsidium oder Kreis sein.

Die in einem Luftreinhalteplan festgelegten Maßnahmen können nach § 40 BImSchG auch Verkehrsbeschränkungen umfassen. Nach § 47 Abs. 4 BImSchG sind die Maßnahmen entsprechend des Verursacheranteils unter Beachtung des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit gegen alle Emittenten zu richten. Maßnahmen, die den Straßenverkehr betreffen, sind im Einvernehmen mit der zuständigen Straßenverkehrsbehörde festzulegen. Die zuständige Straßenverkehrsbehörde setzt dann die Maßnahmen nach „Maßgabe der straßenverkehrsrechtlichen Vorschriften“ um. Durch diese Maßgabe wird die Menge der möglichen Maßnahmen durch die Straßenverkehrsordnung (StVO) beschränkt. Hier ist § 45 StVO von Bedeutung, der u.a. folgende Maßnahmen vorsieht:

1. Die Benutzung bestimmter Straßenstrecken kann zum Schutz der Wohnbevölkerung vor Lärm und Abgasen beschränkt oder verboten werden (§ 45 Abs. 1).
2. Es können Umweltzonen (§ 45 Abs. 1f) eingerichtet werden, in denen der Betrieb nicht als schadstoffarm gekennzeichnete Kraftfahrzeuge verboten ist. Gesetzliche Grundlage hierfür ist die Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung (35. BImSchV). Hier werden den Fahrzeugen Schadstoffgruppen und Plakettenfarben (rot, gelb, grün) zugeordnet. In den Luftreinhalteplänen kann dann geregelt werden, welche Fahrzeuge in die Umweltzone einfahren dürfen. Gemäß § 1 Abs. 2 und Anhang 3 der 35. BImSchV werden bestimmte Fahrzeuge von der Kennzeichnungspflicht ausgenommen (u.a. Fahrzeuge zu bestimmten Einrichtungen, Arbeitsmaschinen, zwei- und dreirädrige Kraftfahrzeuge, Krankenwagen, Fahrzeuge von Behinderten, Oldtimer).

Die erste Regelung (ohne Umweltzonen) führt dazu, dass nur Maßnahmen auf Streckenebene umgesetzt werden können. Gebietsbezogene Maßnahmen sind nicht vorgesehen. Außerdem lassen sich nur Maßnahmen realisieren, die auf die derzeit in der StVO ausgewiesenen Verkehrszeichen zurückgreifen. Damit ist beispielsweise eine Privilegierung mehrfachbesetzter Fahrzeuge nicht möglich. Die zweite Regelung (mit Umweltzonen) ermöglicht gebietsbezogene Verkehrsbeschränkungen. Da sich allerdings die Anforderungen an „Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung“ mit der Zeit ändern, erschwert die Zuordnung von Schadstoffgruppen zu

Plakettenfarben² eine zeitgemäße Anpassung der Zufahrtsbeschränkungen.

² z.B. aufgrund der verfügbaren Farben

Komponente	Zeitraum	Einheit	Grenzwert	zulässige Überschreitungshäufigkeit pro Jahr	einzuhalten ab
NO ₂ Stickstoffdioxid	Stundenwert (1 h)	µg/m ³	200	18 mal	01.01.2010
	Alarmwert (3 h)	µg/m ³	400		
	Jahresmittelwert	µg/m ³	40		
PM ₁₀ Partikel mit Durchmesser < 10µm	Tageswert (24 h)	µg/m ³	50	35 mal	01.01.2005
	Jahresmittelwert	µg/m ³	40		
PM _{2,5} Partikel mit Durchmesser < 2,5µm	Jahresmittelwert	µg/m ³	25		01.01.2015

Tabelle 1: Grenzwerte für ausgewählte Luftschadstoffe nach EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG

Rechtliche Ausgangslage - Fahrzeugseitige Emissionen

Die europäische Umweltagentur EEA berichtet deutliche Minderungen der anthropogenen Emissionen für fast alle Luftschadstoffe und Mitgliedsländer. Die NO_x-Emissionen konnten seit 1990 um 56 Prozent gesenkt werden (EU-28) (EEA 2017). Auch im Verkehrsbereich sind in diesem Zeitraum deutliche Minderungen erzielt worden (EEA 2016). Dabei gilt, dass Pkw im Verkehrsbe- reich 71 Prozent des NO_x-Ausstoßes verursachen und Dieselmotoren für zwei Drittel davon verantwortlich sind (Deutscher Bundestag 2017).

Ein wichtiger Grund für diese substanziellen Erfolge in der Emissionsminderung sind die Europäischen Abgasnormen (Euronorm). Mit deren Einführung Anfang der 1990er Jahre und der anschließenden Überarbeitung wurden die Emissionsanforderungen für die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen kontinuierlich verschärft. Die derzeit gültigen Grenzwerte für Kraftfahrzeuge finden sich in der EU-Verordnung 2016/646³.

Betrachtet man die Absenkung der Grenzwerte über diesen Zeitraum, so müsste sich ein weitaus niedrigerer Schadstoßausstoß ergeben. Für die Einhaltung der bisherigen Normen war nur das Bestehen von Testzyklen unter „klinischen“ Bedingungen erforderlich. Damit wurden den Herstellern – technisch auch begründet mit dem Schutz des Motors – Schlupflöcher eröffnet. Diese wurden sehr weit ausgelegt, bspw. mit so ge-

nannten Thermofenstern, sodass die Wirksamkeit der Abgasschadstoffreduktion in weiten Betriebsbereichen aufgehoben war. Somit waren die Abgasnormen mit geringerem technischen Aufwand erreichbar. Dies war für den Hersteller wissentlich und für den Kunden unwissentlich vorteilhaft, da die Fahrzeuge zu Preisen verkauft und betrieben wurden, die unter den tatsächlichen Kosten zum Erreichen der Emissionsgrenzwerte lagen.

Für den überwiegenden Anteil heutiger Fahrzeuge kann davon ausgegangen werden, dass mit ihnen keine Einhaltung der NO₂-Immissionsgrenzwerte zu erreichen ist. Dazu passen auch die Ergebnisse des Umweltbundesamtes (UBA, 2017b), das für Fahrzeuge der Klassen Euro 3 bis Euro 6 Modellrechnungen zu den realen NO_x-Emissionen durchgeführt hat. Sie zeigen deutliche Überschreitungen der Grenzwerte. Eine weitere Absenkung der Emissionsgrenzwerte allein aber hätte nur eine geringe Auswirkung. Deutlich wirksamer wäre das Schließen der erwähnten signifikanten Schlupflöcher, damit die wirksame Technik auch in nahezu jedem Betriebsfall zum Einsatz kommt.

In der neuen EU-Verordnung 2016/646 werden u.a. die drei neuen Normen Euro 6c, Euro 6d-TEMP und Euro 6d eingeführt. Für diese Euronormen gelten die gleichen Grenzwerte wie für die Norm Euro 6, deren Grenzwerte bereits 2007 festgelegt wurden (Verordnung (EG) Nr. 715/2007). Nun kommen allerdings verschärfte Prüfverfahren zum Einsatz, die den bisherigen Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ) ersetzen. Euro 6c Fahrzeuge werden nun nach dem „Wor-

³ Verordnung (EU) 2016/646 der Kommission vom 20.04.2016 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 692/2008 hinsichtlich der Emissionen von leichten Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen (Euro 6)

ldwide harmonized Light vehicles Test Cycle“ (WLTC) geprüft, der zwar wie der NEFZ auf einem Rollenprüfstand durchgeführt wird, allerdings realistischere Bedingungen annimmt (u.a. Kaltstart und höhere Geschwindigkeiten). Euro 6d-TEMP und Euro 6d basieren hingegen auf Messfahrten unter realen Bedingungen auf der Straße. Damit sich die Hersteller an dieses als „Real Driving Emissions“ (RDE) bezeichnete Verfahren anpassen können, werden sogenannte Übereinstimmungsfaktoren festgelegt. Euro 6d-TEMP erlaubt einen Übereinstimmungsfaktor von 2,1, d.h. die Emissionen dürfen bei NO_x im realen Betrieb die Grenzwerte der Norm Euro 6 bis zu einem Faktor 2,1 überschreiten. Bei Euro 6d gilt ein Übereinstimmungsfaktor von 1,5.

Diese – überfällige – Neuordnung der Vorschriften insbesondere mit der RDE-Berücksichtigung verspricht auch in der Praxis, dass mit Fahrzeugen nach dieser Norm erheblich weniger NO_x emittiert wird. Immissionsrelevant werden die neuen Regelungen aber erst, wenn solche Fahrzeuge einen Großteil der Flotte mit in weiten Betriebsbereichen nicht wirksamer Abgasvorrichtung abgelöst haben. D.h. die Fahrzeuge ab EURO 6d-Temp lösen erst langfristig das Immissionsproblem.

Da Fahrzeuge der Norm Euro 6d-TEMP erst 2019 Pflicht werden, ist wohl ohne weitere Maßnahmen an den heutigen Hot-Spots von Überschreitungen der NO₂-Werte in den folgenden 5 Jahren auszugehen.

Euronorm	Gültigkeitszeitraum für neue Pkw Fahrzeugtypgenehmigungen	Zeitpunkt, ab dem Neufahrzeuge diese Norm erfüllen müssen	Prüfverfahren	Erlaubter Grenzwert NO _x [mg NO _x /km]	Emissionen Realbetrieb (UBA 2017b) [mg NO _x /km]
Euro 3	01.01.2000	01.01.2001	NEFZ	500	803
Euro 4	01.01.2005	01.01.2006	NEFZ	250	674
Euro 5	01.09.2009 / 31.08.2015	01.01.2011	NEFZ	180	906
Euro 6b	01.09.2014 / 31.08.2018	01.09.2015	NEFZ	80	507
Euro 6c	01.09.2017 / 31.08.2019	01.09.2018	WLTC	80	
Euro 6d-TEMP	01.09.2017 / 31.12.2020	01.09.2019	WLTC + RDE	80 × 2,1 = 168	
Euro 6d	01.01.2020	01.09.2021	WLTC + RDE	80 × 1,5 = 120	
NEFZ Neuer Europäischen Fahrzyklus, Rollenprüfstand, seit 1992					
WLTC Worldwide harmonized Light vehicles Test Cycle, Rollenprüfstand, ab 01.09.2017					
RDE Real Driving Emissions, Messfahrten unter realen Bedingungen auf der Straße					

Tabelle 2: Euronormen für Diesel-Pkw mit den zugehörigen NO_x-Emissionsgrenzwerten (Quelle: EU-Verordnung 2016/646) und Abschätzungen der realen NO_x-Emissionen (Quelle: UBA, 2017b)

Immissionsmessungen

In Deutschland wird NO₂ an rund 510 Messstationen erfasst. Dabei werden die Stationsarten „Verkehr“ und „Hintergrund“ unterschieden. Die Ortsbestimmung der Messstationen regelt dabei die Richtlinie 2008/50/EU. Deren Einhaltung sollte regelmäßig überprüft werden, um diesbezüglicher Skepsis konsequent zu begegnen.

An knapp 30 Prozent aller Messstationen werden derzeit Überschreitungen des Jahresmittelwertes gemessen. Die Überschreitungen betreffen fast

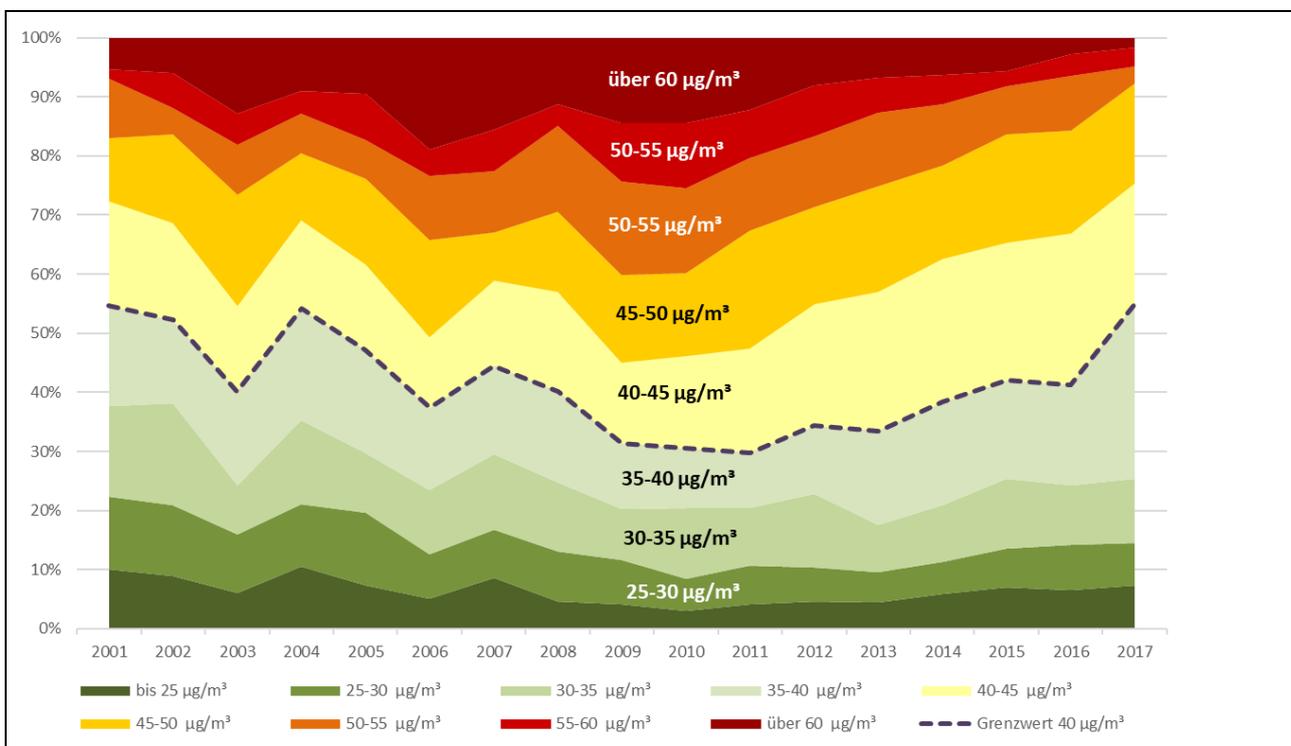
ausschließlich Messstationen an Straßen. An straßennahen Messstationen treten in fast 60 Prozent der Fälle Überschreitungen auf. Die Entwicklung der Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentrationen im Zeitraum 2001 bis 2016 sind in Bild 1 differenziert nach neun Immissionsklassen dargestellt. Die dunkelgrauen Klassen zeigen die Anteile der Messstellen mit Überschreitungen, die hellgrauen Klassen die Anteile der Messstellen, die die Grenzwerte einhalten. Seit 2010

sind die NO₂-Jahresmittelwerte über alle Stationen um etwa 15 Prozent zurückgegangen.

Bei Feinstaub (PM₁₀) zeigen die Emissionsmessungen ein anderes Bild. Hier ist der Anteil der Messstationen mit einer Überschreitung in den vergangenen 15 Jahren deutlich gesunken. Seit 2012 treten Überschreitungen nur noch an wenigen Messstationen auf. Die Grenzwerte für Feinstaub (PM_{2,5}) wurden an allen Messstationen eingehalten.

Malina und Scheffler (2015) untersuchten die Wirkung von Umweltzonen in 25 deutschen Städten und stellten fest, dass diese Maßnahme nach

einer Bereinigung um wetter- und verkehrsstärkebedingte Einflüsse eine signifikante Wirkung hat. Die lokalen PM₁₀-Belastungen an Messstationen in Umweltzonen sinken im Mittel aller Tage um 2,3 µg/m³ und um 4,9 µg/m³ bezogen auf die Werkstage. Boltze et al. (2014) weisen darauf hin, dass sich Umweltzonen durch die Veränderungen in der Fahrzeugflotte auch positiv auf die Luftqualität in Bereichen ohne Umweltzone auswirken. Bezogen auf die Stickoxidbelastung können Boltze et al. (2014) für die untersuchten Umweltzonen keine oder nur eine gering positive Wirkung erkennen.



Datenquelle: Daten des Umweltbundesamts basierend auf Daten der Messnetze der Länder und des Bundes

Die Auswertung umfasst nur Messstationen der Stationsart „Verkehr“ an straßennahen Stationen

Die Anzahl dieser Messstationen hat sich zwischen 2001 (n=130) und 2017 (n=248) verändert. Es sind Messstationen entfallen und neue Messstationen dazugekommen. Seit 2009 hat sich die Anzahl der Messstationen nur noch in kleinem Umfang verändert. Aus diesem Grund sind die dargestellten Jahreswerte vor 2009 nur eingeschränkt vergleichbar.

Bild 1: Entwicklung der Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentrationen an Messstationen der Stationsart „Verkehr“ an straßennahen Stationen. Dargestellt sind die Anteile der Stationen, die auf 9 Immissionklassen entfallen

3 Identifizierung und Bewertung von Maßnahmen

Zur Verminderung verkehrlicher Luftschadstoffemissionen stehen eine Vielzahl von Maßnahmen zur Verfügung. Tabelle 3 im Anhang gibt einen Überblick über diese Maßnahmen und ihre Wirkungen. Maßnahmen können zu einer Verringerung der Fahrten führen, eine räumliche/zeitliche/modale Verlagerung von Verkehren bewirken, den Verkehrsfluss so verändern, dass Luftschadstoffemissionen reduziert werden, oder die Emissionen direkt an der Quelle im Fahrzeug reduzieren. Die schlussendlich gemessene Luftqualität hängt neben den verkehrlichen und nicht verkehrlichen Emissionen auch von den Ausbreitungsbedingungen ab, die auch durch städtebauliche und klimatische Rahmenbedingungen beeinflusst werden.

Die Tabelle im Anhang zeigt, dass nur wenige kurzfristig umsetzbare und (ausreichend schnell) wirksame Maßnahmen existieren. Dies sind zum einen verschiedene Ausprägungen von Fahrverboten einschließlich Umweltzonen. Zum anderen eignen sich fahrzeugtechnische Maßnahmen, die auch Maßnahmen der Flottenerneuerung einschließen, sofern eine ausreichend große Anzahl von Fahrzeugen erneuert wird. Alle anderen Maßnahmen, einschließlich auch der im Rahmen des Sofortprogramms für bessere Luftqualität in Städten vorgeschlagenen Maßnahmen (siehe Bundesregierung 2018), haben entweder nur geringe Wirkungen (z.B. Maßnahmen der Verkehrssteuerung oder die Elektrifizierung von Taxis, Mietwagen und Carsharing-Fahrzeugen) oder wirken nur langfristig (z.B. die Förderung des Radverkehrs oder die Verbesserung von Logistikkonzepten). Diese Maßnahmen, zu denen u.a. die Förderung des Umweltverbands und die Umgestaltung städtischer Straßenräume gehören, haben eine große Bedeutung für die zukünftige Entwicklung des städtischen Verkehrs sowie auch für die Minderung verkehrlicher Umweltwirkun-

gen. Sie sollten in Verkehrsentwicklungspläne aufgenommen werden, sind aber keine geeigneten Maßnahmen für Luftreinhaltepläne. Im Folgenden werden Maßnahmen diskutiert, die kurzfristig umsetzbar sind und sich deshalb für Luftreinhaltepläne eignen.

Fahrverbote

Streckenbezogene Fahrverbote wirken vorrangig über eine nahräumige Verlagerung der Fahrzeuge. Die Maßnahme zielt damit nicht auf eine Vermeidung, sondern auf eine Verteilung der Luftschadstoffemissionen, so dass die Grenzwerte an allen Stellen im Netz eingehalten werden. Dies wird in belasteten Stadtregionen kaum erreichbar sein. Verbesserungen an der einen Stelle gehen mit Verschlechterungen an anderen Stellen einher. Eine gleichmäßige Verteilung des Kfz-Verkehrs im Straßennetz widerspricht zudem den planerischen Vorstellungen einer Hierarchisierung des Straßennetzes in Haupt- und Nebenstraßen und ist aus Sicht des Lärmschutzes problematisch. Streckenbezogene Fahrverbote führen nicht zu messbaren modalen Verlagerungen, da die Umwegbedingten Reisezeiterhöhungen klein sind.

Gebietsbezogene Fahrverbote sind in Form von Umweltzonen als bisher erfolgreiche Maßnahme für die Luftreinhaltung etabliert. Sie sollten aus diesen Erfahrungen heraus „ausreichend groß“ sein und möglichst wenige Ausnahmen zulassen. Die wesentliche Steuerungsentention des derzeitigen Plakettensystems liegt auf der Reduktion von Feinstaub. Konzepte zur Weiterentwicklung des Systems in Form einer blauen Plakette liegen ausgearbeitet und umsetzungsbereit vor (LAI 2016), orientieren sich verstärkt an den geplanten NO_x-Abgasstufen für reale Fahrmuster (RDE) und schließen Pkw und leichte Nutzfahrzeuge ein.

Auch Baumaschinen und Zweiräder könnten in die Plakettenlösungen eingebunden werden. Ziel der weiterentwickelten Plakettenlösungen sollte es sein, nur noch niedrig emittierenden Benzin-, Elektro- und Hybridfahrzeugen sowie Dieselfahrzeugen mit niedrigen realen NO_x-Emissionen (ggf. auch durch Nachrüstung mit NO_x-Minderungstechnologien) die Einfahrt in Umweltzonen zu gestatten. Nach dem derzeitigen Stand erfüllen Dieselfahrzeuge diese Anforderungen erst ab Euro 6d-Temp, so dass eine blaue Plakette für alle Euro 6 Fahrzeuge keine ausreichende Wirkung haben wird.

Angesichts der schnellen Entwicklung der Fahrzeugtechnik und Unsicherheiten zu deren jeweiligen Umweltwirkungen sollten die Plakettenregelungen dynamisiert werden. Bei einer dynamischen Plakettenregelung müssen die Fahrzeuge regelmäßig die Einhaltung von Emissionsgrenzwerten nachweisen. Die Emissionsgrenzwerte werden in planbaren zeitlichen Abständen an neue technologische Rahmenbedingungen angepasst. Mit einer derartigen Lösung wird vermieden, dass künftig immer wieder neue Farben vergeben werden müssen. Plaketten würden immer nur für einen gewissen Zeitraum vergeben (wie TÜV-Plaketten); Verbote könnten kontinuierlich angepasst werden. Bei Einführung derartiger Grundregeln ist ein Bestandschutz festzulegen (z.B. 4 Jahre), so dass Fahrverbote für Fahrzeuge, die die Anforderungen einmal erfüllen, erst nach Ablauf dieser Frist möglich werden.

Fahrverbote führen zu Kosten, die von der öffentlichen Hand, den Fahrzeugherstellern und/oder Fahrzeughaltern der betroffenen Fahrzeuge getragen werden müssen. Fahrzeughalter müssen in eine neue Fahrzeugtechnik investieren oder Opportunitätskosten in Kauf nehmen, die dann entstehen, wenn vorhandene Fahrtmöglichkeiten nicht mehr genutzt werden können oder Reisezeitverlängerungen z.B. beim Umstieg auf den ÖV auftreten. Eine Möglichkeit zur Senkung der Opportunitätskosten von Fahrverboten für die betroffenen Fahrzeughalter besteht in der Privilegierung mehrfach besetzter Fahrzeuge. Eine derartige Privilegierung kann den Besetzungsgrad

erhöhen und so zu einer Reduktion der Pkw-Fahrleistung in einer Region führen. Mehrfach besetzte Fahrzeuge können dann von Zufahrtsbeschränkungen bei einer Umweltzone auch dann ausgenommen werden, wenn sie die Abgasnorm nicht erfüllen. Die Umsetzung der Maßnahme erfordert analog zur Privilegierung von Elektrofahrzeugen über das Elektromobilitätsgesetz (E-moG) ein Gesetz zur Privilegierung mehrfach besetzter Fahrzeuge.

Alternativ oder ergänzend können Ausnahmeregelungen z.B. in Anlehnung an die bisherige Praxis der Umweltzonen eingeführt werden, bei denen ein Anteil der Pkw, welche die Anforderungen einer Umweltzone nicht erfüllen, von einem Fahrverbot ausgenommen werden. Ausgenommen sind in jedem Fall aufgrund des öffentlichen Interesses beispielsweise Feuerwehr, Krankenkraftwagen, Linienbusse und Polizei.

Möglich ist auch eine Auswahl der Fahrzeuge beispielsweise über die Endziffer des Kennzeichens. Jeden Tag wird eine bestimmte Menge von Kennzeichen (z.B. gerade / ungerade Endziffer) ausgewählt. Die Menge wird so bestimmt, dass die Grenzwerte statistisch eingehalten werden. Auch hierfür wäre eine Gesetzesänderung erforderlich. Außerdem müssten Regeln entwickelt werden, wie die aktuell ausgewählten Endziffern veröffentlicht werden.

Fahrzeugtechnische Maßnahmen

Die Abschätzung der realen NO_x-Emissionen (UBA 2017b) zeigt, dass messbare Rückgänge bei den NO₂-Immissionen nur dann zu erwarten sind, wenn entweder die Anzahl der Fahrten mit Dieselfahrzeugen abnimmt oder die realen Fahrzeugemissionen deutlich sinken. Ein Rückgang an Dieselfahrzeugfahrten lässt sich nur mit Fahrverboten erreichen. Um Fahrverbote zu vermeiden oder um die Anzahl der betroffenen Diesel-Fahrzeuge gering zu halten, bleiben in erster Linie fahrzeugtechnische Maßnahmen. Hier bestehen große Potenziale zur Verminderung verkehrlicher Luftschadstoffemissionen in der Nachrüstung

bestehender Fahrzeuge sowie in der Erneuerung der Fahrzeugflotten.

Für die Nachrüstung von Dieselfahrzeugen der Euro 5 und Euro 6b Norm existieren Lösungen mit Softwareupdates. Auch Lösungen mit Nachrüstungen (SRC-Katalysator, AdBlue-Einspritzung) werden demonstriert. Der ADAC (2017) hat für einzelne Fahrzeuge bei der Softwarelösung NO_x-Reduktionen im Realbetrieb von bis zu 60 Prozent gemessen. Ein nachgerüstetes Fahrzeug mit SCR-Kat und AdBlue-Einspritzung erreichte Werte, die der Norm Euro 6d-TEMP entsprechen. Allerdings erhöhte sich der Kraftstoffverbrauch um etwa 5 Prozent. UBA (2017) nimmt eine Reduktion der NO_x-Emissionen von 25 Prozent und IVU (2018) von 30 Prozent durch Softwareupdates an. Der ADAC (2017) weist darauf hin, dass es noch unbeantwortete Fragen zur Fehlerüberwachung, Dauerhaltbarkeit und Betriebssicherheit gibt, die vor dem Serieneinsatz geklärt werden müssen. Wegen fehlender langfristiger Marktperspektive für nachrüstbare Abgasreinigungsanlagen stellt sich auch die Frage, ob die Nachrüstlösungen für die Vielzahl der damit auszurüstenden Fahrzeug- und Motorentypen bereitstehen werden und ob die für einen Masseneinsatz notwendige technische Reife erreicht werden kann. Ein industriell üblicher Hochlauf über mehrere Technik-Generationen mit Zeiträumen von zehn oder mehr Jahren ist hier de facto nicht möglich, da bis dahin die Fahrzeugflotte weitgehend ausgetauscht sein wird.

Anders verhält es sich bei Fahrzeugmodellen, für die weitergehende Abgasreinigungstechniken verfügbar sind, weil diese bspw. in motorgleichen Schwestermodellen für andere Märkte verbaut wurden oder noch werden. Hier ist die (möglichst baldige) Nachrüstung tatsächlich eine reale und wirksame Option ohne großes technisches Risiko, auch wenn noch nicht bekannt ist, wie groß der darüber adressierbare Flottenanteil ist.

Eine Erneuerung der Fahrzeugflotte geschieht über die konsequente Umsetzung und Fortschreibung der NO_x-Emissionsgrenzwerte für konventionelle Antriebe sowie über die Förderung alternativer Antriebstechnologien. Diesel-

Pkw, die die Anforderung der Norm Euro 6d-TEMP oder 6d erfüllen, sind bisher noch nicht die Regel. Die Bekenntnisse der Automobilindustrie zum „neuen Diesel“ werden damit noch nicht abgebildet. Um die Einführung dieser Fahrzeuge zu fördern, kommen steuerliche Maßnahmen, die direkte Förderung spezieller Fahrzeugflotten (z.B. Taxi, Lieferfahrzeuge) oder Fahrverbote in Umweltzonen in Frage. Die Erneuerung spezieller Fahrzeugflotten alleine wird aber nicht ausreichend sein, da diese Flotten einen zu kleinen Anteil an der gesamten Verkehrsleistung haben (siehe IVU (2018) für Busse). Bei steuerlichen Maßnahmen ist zwischen Kaufanreizen für emissionsarme Fahrzeuge und Steuererhöhungen für andere Fahrzeuge abzuwägen. Kaufanreize führen zu einer einseitigen Förderung des motorisierten Individualverkehrs. Von großer Bedeutung für die Einhaltung der NO_x-Emissionsgrenzwerte sind die Überwachung der Emissionen im realen Betrieb über den gesamten Lebenszyklus der Fahrzeuge mit Hilfe eines Methodenmix unter Einschluss von Remote-Sensing-Messungen sowie eine hohe Transparenz der Messdaten, wie sie derzeit im 4. RDE-Paket diskutiert werden (EC 2016). Bzgl. alternativer Antriebstechnologien stehen Elektrofahrzeuge für viele Zwecke anwendungsbereit zur Verfügung und sollten konsequent gefördert werden.

Maßnahmen der Verkehrssteuerung

Maßnahmen der Verkehrssteuerung, die den Verkehrsfluss durch dynamische Geschwindigkeitsempfehlungen harmonisieren und die Anzahl der Halte durch eine Koordinierung der Lichtsignalanlagen reduzieren, verringern offensichtlich auch den Energieverbrauch und die Luftschadstoffemissionen. Verkehrsabhängige Steuerungsmaßnahmen erfordern moderne Steuergeräte und Detektionstechnik. Diese Maßnahmen sind allerdings nur dann wirksam, wenn die Verkehrsanlagen nicht überlastet sind. Dieser Zustand ist in den betroffenen Stadtregionen in der Regel nicht gegeben, so dass die Wirksamkeit der Maßnahmen als gering eingeschätzt wird. Zudem sind Rebound-Effekte zu beachten, wenn sich die

Verkehrsnachfrage durch bessere Verkehrsqualitäten erhöht. Flankierende Maßnahmen wie Geschwindigkeitstrichter, die die Bildung von Fahrzeugpuls fördern und die Anzahl der Halte minimieren, funktionieren nur dann, wenn sich die Autofahrer an die wechselnden Geschwindigkeitsempfehlungen halten. Das ist häufig nicht der Fall.

Die Nutzung von Lichtsignalanlagen für die Regelung der einfahrenden Verkehrsmengen ist geeignet, um Stauzustände in der Hauptverkehrs-

zeit aus der Stadt an den Stadtrand zu verlagern. Eine solche Zuflussregelung des Verkehrs gelingt aber nur dann, wenn es keine Ausweichrouten gibt. Derartige Maßnahmen können zudem nicht zwischen emissionsarmen und herkömmlichen Fahrzeugen unterscheiden, so dass aus Sicht der Luftreinhaltung gebietsbezogene Fahrverbote sinnvoller sind. Beachtet werden müssen dann zudem mögliche negative Folgen von potenziell erhöhten NO_x-Emissionen in jenen Bereichen, in die der Verkehr verlagert wird.

4 Weitere Konsequenzen einer Plakettenregelung

Eine blaue Plakette, definiert als ein Fahrverbot für Diesel-Pkw in Umweltzonen, die nicht eine Abgasnorm Euro 6d-TEMP oder Euro 6d erfüllen, hat eine Reihe von Auswirkungen, die nicht alle erwünscht sind.

Für alle Eigentümer von Diesel-Pkw ohne Euro 6d Zulassung ist es wichtig zu wissen, ob eine Nachrüstmöglichkeit auf die Plaketten-Norm möglich ist und wer ggf. die Kosten der Nachrüstung trägt. Ist eine Nachrüstung möglich, so begrenzen deren Kosten den Vermögensschaden, den die Eigentümer erleiden. Wenn die Möglichkeit besteht, den Pkw in Märkte zu verkaufen, in denen die Pkw alternativ genutzt werden können, ergibt sich auch hieraus eine Obergrenze für den Vermögensverlust. Mögliche negative Auswirkungen derartiger Verkäufe sind zu berücksichtigen.

Bei älteren Fahrzeugen mit einer sehr begrenzten erwarteten Restnutzungsdauer könnte die Nachrüstung wirtschaftlich nicht mehr sinnvoll sein. In diesem Fall wäre ein Fahrzeugwechsel notwendig, wobei dabei für den Nutzer ohne (teilweise) Kompensation z.B. durch Automobilhersteller relativ hohe Transaktionskosten anfallen. Oftmals sind die Eigentümer älterer Fahrzeuge auch Personen mit geringerem Einkommen und/oder Vermögen. Da die Nachrüstkosten nahezu unabhängig vom Restwert der Fahrzeuge sind, wäre die Gruppe der Eigentümer von älteren Fahrzeugen besonders betroffen und ggf. zu unterstützen. Die blaue Plakette wirkt in diesem Sinne indirekt regressiv.

Ist eine Nachrüstung nicht möglich - und dieses Szenario ist aus den oben genannten Gründen in weiten Bereichen zu befürchten - so müssen die Kunden auf Kfz mit alternativen Antrieben (Ottomotor mit Benzin, Erdgas oder Flüssiggas, Dieselmotor mit der Norm Euro 6d, Elektromotor) wechseln. Während der Wechsel auf Elektromo-

toren ein positiver Nebeneffekt wäre, ergäben sich beim Wechsel auf Ottomotoren mit Benzinverbrennung auch Nachteile: Zum einen wäre bei einem Wechsel auf Ottomotoren mit Direkteinspritzmotoren ohne Partikelfilter mit erhöhten Feinstaubemissionen zu rechnen. Darüber hinaus sind die Treibhausgasemissionen von Ottomotoren mit Benzinverbrennung höher als von vergleichbaren Dieselmotoren. Solange der Vorschlag des Beirats⁴, die Treibstoffe des Straßenverkehrs in das EU-ETS einzubeziehen, nicht umgesetzt ist, kann die Einführung der blauen Plakette die Treibhausgasemissionen erhöhen.

Je kürzer die Zeitperiode zwischen Ankündigung und Beginn der Plakettenpflicht ist, desto schwieriger und damit teurer wird der Anpassungsprozess. Während die verbindliche Ankündigung einer Plakettenpflicht auch bei mehrjähriger Vorlaufzeit einen Fahrzeugflottenaustausch anstoßen könnte, da viele Kunden keinen Neuwagen mehr kaufen würden, der die Norm nicht einhält, würde der direkte Effekt in diesem Falle aber auch nur verspätet eintreten. Insofern ist der zeitlichen Gestaltung dieses Prozesses besonderes Augenmerk zu widmen.

⁴ Siehe Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirats „Nach der Klimakonferenz in Paris: Wird eine neue Klimastrategie für den Verkehr benötigt?“ aus 10/2017. Siehe <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/VerkehrUndMobilitaet/wissenschaftlicher-beirat-gutachten-2016-1.html?nn=12830> [13.4.2018]

5 Empfehlungen

Der Handlungsdruck in den Kommunen ist hoch. Luftreinhaltepläne erfordern kurzfristig umsetzbare Maßnahmen, die die Luftqualität zeitnah verbessern. Die erforderlichen Wirkungen lassen sich kurzfristig nicht mit verkehrsplanerischen oder verkehrstechnischen Maßnahmen erreichen, sondern erfordern fahrzeugseitige Maßnahmen. Mittel- und langfristige Maßnahmen der Verkehrsplanung und Verkehrstechnik werden allerdings flankierend benötigt, um sowohl das Potenzial der verschiedenen Maßnahmen als auch die vielfältigen Synergien z.B. zur Verkehrssicherheit oder zu städtebaulichen Qualitäten vollumfänglich zu nutzen. Aus den oben dargelegten Zusammenhängen leitet der Beirat die folgenden Empfehlungen ab:

- Deutschlandweit sind einheitliche Regelungen zu schaffen, die es den Kommunen ermöglichen, die Vorgaben der Luftreinhaltung zu erreichen. Sonderlösungen sind zu vermeiden. Dies ist eine Aufgabe des Bundes.
- Gebietsbezogene Maßnahmen sind streckenbezogenen Maßnahmen vorzuziehen, da letztere zu unerwünschten Verlagerungen ins Nebenstraßennetz führen können und insofern schwer kontrollierbar sind. Maßnahmen der netzbezogenen Verkehrslenkung setzen zudem nicht nur am Verkehrsfluss, sondern auch an der Wahl von Zielen, Abfahrtszeiten, Routen und Verkehrsmodi an und generieren damit weitergehende positive Wirkungen. Deshalb sollte die vorhandene Lösung der Umweltzone so erweitert werden, dass sie den heutigen und zukünftigen Anforderungen der Luftreinhaltung gerecht wird. Hierfür wird eine dynamisierte Plakettenlösung mit zeitlich befristeter Gültigkeit empfohlen, damit die Grenzwerte der Plakettenfarben in regelmäßigen Abständen angepasst werden können.
- Die heutigen Anforderungen bei den NO₂-Immissionsgrenzwerten werden sich in Städten mit deutlichen Überschreitungen der Grenzwerte bei Dieselfahrzeugen erst mit Umsetzung der Abgasnorm Euro 6d-Temp oder entsprechend nachgerüsteten Fahrzeugen erreichen lassen. Das sollte bei einer neuen Plakettenregelung zeitlich berücksichtigt werden.
- Um eine einseitige Förderung privater Pkw gegenüber den Verkehrsmitteln des öffentlichen Personennahverkehrs zu vermeiden, sollte nicht die Förderung emissionsarmer Fahrzeuge, sondern die Besteuerung von Fahrzeugen mit hohen Emissionen im Vordergrund stehen.
- Die Gesetzgebung könnte so erweitert werden, dass mehrfachbesetzte, insbesondere emissionsarme Fahrzeuge analog zu Fahrzeugen mit Elektroantrieb bei Zufahrtsbeschränkungen privilegiert werden können.
- Für Fahrzeuge, die die Vorgaben nicht erfüllen, sollten zertifizierte, nachrüstbare Abgasreinigungssysteme angeboten werden, sodass für möglichst viele Fahrzeuge eine Nachrüstooption zur Verfügung steht.
- Fahrzeuge der Norm Euro 6d-Temp, die die Anforderungen von Euro 6d erfüllen, sollen bereits vor 2020 als Euro 6d zugelassen werden können, um so Vertrauen bei den Käufern herzustellen.
- Die Kennzeichnung zukünftiger Abgasnormen sollte verbraucherfreundlich(er) erfolgen. Die Politik kann nicht erwarten, dass der Verbraucher den Unterscheid zwischen Euro 6b und Euro 6d versteht. Die Käufer neuer Dieselfahrzeuge müssen von der Politik darüber informiert werden, dass in den kommenden Jahren nur Fahrzeuge der Norm Euro 6d-Temp oder

besser Euro 6d die Ansprüche der immissionsbezogenen Grenzwerte erfüllen.

- Die Verkehrspolitik sollte in Zukunft sicherstellen, dass die Emissionsgrenzwerte im Realbetrieb und über den gesamten Lebenszyklus der Fahrzeuge eingehalten werden. Zudem sind die Grenzwerte auf der Emissions- und Immissionsseite besser aufeinander abzustimmen. Alternative Antriebe und hier insbesondere

Elektrofahrzeuge sollten konsequent gefördert werden.

- Kommunen benötigen planbare und ausreichende Ressourcen zur Umsetzung sowohl kurz- als auch langfristiger Maßnahmen der Luftreinhaltung. Die diesbezüglichen Anstrengungen der Kommunen sind durch Bund und Länder zu unterstützen.

6 Referenzen

ADAC 2017. Diesel-Nachrüstung mit SCR-System, https://www.adac.de/infotestrat/tests/eco-test/diesel_nachruetzung/default.aspx [13.4.2018]

Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) (Hrsg.) 2017. MARLIS - Maßnahmen zur Reinhaltung der Luft in Bezug auf Immissionen an Straßen. Version 4.0. Webanwendung. www.bast.de/marlis [13.4.2018]

Boltze, M., Jiang, W., Groer, S., Scheuven, D. 2014. Analyse der Wirksamkeit von Umweltzonen hinsichtlich Feinstaub- und Stickstoffdioxidkonzentrationen. *Straßenverkehrstechnik*, Heft 4/2014.

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) 2016. Handlungsbedarf und –empfehlungen zur Einhaltung der NO₂-Grenzwerte. https://www.lai-immissionschutz.de/documents/handlungsbedarf_2_1503573109.pdf [13.4.2018]

Bundesregierung 2018. Sofortprogramm für bessere Luftqualität in Städten. https://www.bundesregierung.de/Webs/Breg/DE/Themen/Saubere-Luft/_node.html [13.4.2018]

Deutscher Bundestag 2017. Beschlussempfehlung und Bericht des 5. Untersuchungsausschusses gemäß Artikel 44 des Grundgesetzes. Drucksache 18/12900. <http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/18/129/1812900.pdf> [13.4.2018]

Diegmann, V., Pfäfflin, F. 2015. Sachverständigengutachten: Auswertung der Wirkung von Umweltzonen auf die Erneuerung der Fahrzeugflotten in deutschen Städten. Endbericht. UBA Texte 08/2015. <https://www.umweltbundesamt.de/> [13.4.2018]

European Environment Agency (EEA) 2017. Emissions of the main air pollutants in Europe. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/main-anthropogenic-air-pollutant-emissions/assessment-5> [13.4.2018]

European Environment Agency (EEA) 2016. Transitions towards a more sustainable mobility system. TERM 2016: Transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe.

<https://www.eea.europa.eu/publications/term-report-2016> [13.4.2018]

European Commission (EC) 2016. EU legislation on passenger car type approval and emissions standards - Fact Sheet. http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-16-4269_en.htm [13.4.2018]

IVU Umwelt GmbH 2018. Begutachtung der Wirkung von fahrzeugtechnischen Umrüstmaßnahmen bei Dieselfahrzeugen auf die Luftqualität hinsichtlich der Stickstoffdioxidkonzentration in Berlin und München. Im Auftrag des BMVI. Endbericht.

Malina, C., Scheffler, F. 2015. The impact of Low Emission Zones on particulate matter concentration and public health. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, 372-385. Sachverständigenrat für Umweltfragen 2015, Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem.

https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2012_2016/2015_01_SG_Stickstoff_HD.html [13.4.2018]

Umweltbundesamt (UBA) 2017c. Wirkung der Beschlüsse des Diesel-Gipfels auf die NO₂-Gesamtkonzentration. http://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Luft/dieselgipfel_wirkungen_bf.pdf [13.4.2018]

Umweltbundesamt (UBA) 2017a. Stickstoff-Emissionen. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschadstoff-emissionen-in-deutschland/stickstoffdioxid-emissionen#textpart-1> [13.4.2018]

Umweltbundesamt (UBA) 2017b. Stickstoff-Belastungen durch Diesel höher als gedacht, Pressemitteilung 16/2017. <https://www.umweltbundesamt.de/presse/press>

[emitteilungen/stickoxid-belastung-durch-diesel-pkw-noch-hoeher](#) [13.4.2018]

World Health Organization (WHO) 2013. Review of evidence on health aspects of air pollution–REVIHAAP, World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark.
http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report.pdf [13.4.2018]

	Maßnahme	Wir- kungsstu- fe ¹	Verant- wortliche	Gesell- schaftliche Akzeptanz	Umsetzungs- zeitraum	Kosten für Verantwortli- che	Wirkungen auf Kfz-Nutzer ²	Anmerkungen	Beispiele
Fahrverbote	Streckenbezogene Durchfahrtsverbote	4-5	Kommune	Mittel	Kurzfristig	Gering	0	Unerwünschte Verlagerungen ins Neben- netz möglich. Schwer kontrollierbar.	Lkw-Durchfahrtsverbote für einen Streckenzug
	Gebietsbezogene Durchfahrtsverbote	3-4	Kommune	Mittel	Kurzfristig	Gering	0	Unerwünschte räumliche Verlagerungen möglich. Bisher nur für Lkw umgesetzt, aber auch für Pkw denkbar. Schwer kon- trollierbar.	Lkw-Durchfahrtsverbot für ein Gebiet
	Gebietsbezogene Einfahrtsverbote	1-4	Kommune	Mittel	Kurzfristig	Gering	-	Wirkungen auf Fahrzeugflotte, Ziel- und Verkehrsmittelwahl. Vielfältige Differen- zierungen der Einfahrtsverbote denkbar. Hohe Wirksamkeit nur dann gegeben, wenn nur emissionsarme Fahrzeuge (z.B. Diesel ab Euro 6d-Tmp) in die Gebiete einfahren dürfen. Einfach kontrollierbar.	Umweltzonen
	Privilegierung mehr- fach besetzter Fahr- zeuge	3-4	Bund	Mittel	Mittelfristig	Gering	-/0	Erhöht den Besetzungsgrad von Fahrzeu- gen und reduziert so die Pkw- Fahrleistung. Wirkt in Verbindung mit einer Umweltzone.	Umweltzonen, in die mehrfachbesetzte Fahr- zeuge einfahren dürfen.
	Fahrverbote differen- ziert nach Kennzei- chen	2-4	Bund	Mittel	Kurzfristig	Gering	-/0	Ein Teil der Fahrzeuge, die nicht den Anforderungen der Umweltzone genügen, dürfen in die Umweltzone einfahren. Die Auswahl erfolgt über die Endziffer des Kennzeichens. Die Auswahl wird so do- siert, dass die Grenzwerte eingehalten werden.	Zufahrt abwechselnd für Fahrzeuge mit gerader bzw. ungerader Endzif- fer.
Netzplanerische, infrastrukturel- le Maßnahmen	Netzgestaltung mit Kapazitätsreduktion	2-4	Baulastträger, Fördergeber	Mittel	Mittelfristig- langfristig	Mittel-hoch	+	Voraussetzung: Leistungsfähige Alternati- ven im Umweltverbund. Vielfältige positive Nebenwirkungen z.B. für die städtebauliche Attraktivität von Straßenräumen, Begrünung kann PM ₁₀ mindern	Umbau Straßenraum, Reduktion Stellplatzver- fügbarkeit, Verkehrsber- uhigung
	Netzgestaltung mit Kapazitätsausbau	2-3	Baulastträger, Fördergeber	Mittel	Langfristig	Hoch	+	Begleitende Maßnahmen auf zu entlas- tenden Netzabschnitte notwendig, um tatsächlich Veränderungen in der Routen- wahl zu erreichen	Ortsumfahrung
	Tunnel	1-2	Baulastträger, Fördergeber	Mittel	Langfristig	Hoch	+		
Verkehrstechni- sche Maßnah- men	Geschwindigkeitsbe- schränkungen	3-5	Baulastträger	Mittel	Kurzfristig	Gering	0	Kontrollen erforderlich. Unerwünschte Verlagerungen ins Nebennetz möglich. Geschwindigkeitsreduzierung v<50km/h kann zu höheren Emissionen führen. Vielfältige positive Nebenwirkungen z.B. auf Verkehrssicherheit	Tempo 40 auf Steigungs- strecken

	Maßnahme	Wir- kungsstu- fe ¹	Verant- wortliche	Gesell- schaftliche Akzeptanz	Umsetzungs- zeitraum	Kosten für Verantwortli- che	Wirkungen auf Kfz-Nutzer ²	Anmerkungen	Beispiele
	Verkehrslenkung	4-5	Baulastträger	Hoch	Kurzfristig- mittelfristig	Mittel	0	Gezielte Entlastung bestimmter Gebiete möglich. Wirksam vor allem für Lkw-Verkehr, verschiedene Stufen der Dynamisierung von statisch bis umweltsensitiv.	Verkehrsleitsysteme, auch ruhender Verkehr, Konzepte Wirtschaftsverkehr
	Verkehrssteuerung Lichtsignalanlagen	4	Baulastträger	Hoch	Kurzfristig- mittelfristig	Mittel	0/+	Unerwünschte Verlagerungen ins Nebennetz möglich. Priorisierung verschiedener Verkehrsteilnehmer möglich. Verbesserung Verkehrsfluss nur bei Auslastung <100% möglich. Verbesserungen Verkehrsfluss kann zu Mehrverkehr führen. Verschiedene Stufen der Dynamisierung von statisch bis umweltsensitiv.	LSA-Koordinierung, Pfortneranlagen, ÖPNV-Priorisierung
Fahrzeugtechnische Maßnahmen	Flottenerneuerung Privat-Pkw, Elektro- fahrzeuge	1-4	Fahrzeughalter, Flottenbetreiber	Hoch	Mittelfristig	Bei vorgezogener Neuanschaffung hoch, sonst gering	-/0	Wirkt bei Diesel auf NO ₂ erst ab Euro 6d-Temp. Bei konsequenter Umsetzung und hohen Anteilen an Elektrofahrzeugen sehr wirksame Maßnahme. Abschreibungszeiträume für Durchsetzung mit neuen Fahrzeugen zu beachten, Wirksamkeit Plug-In-Fahrzeuge bisher unklar.	Förderung Elektrofahrzeuge, Umsteigeprämien. Quoten Elektrofahrzeuge/ konventionelle Verbrenner
	Nachrüstung	1-4	Fahrzeughalter, Fahrzeughersteller	Hoch	Kurzfristig	Gering-Mittel	-	Softwareupdates weniger wirksam als Hardwarenachrüstung mit einem SCR-Kat.	
	Erneuerung städtischer Fuhrpark	4	Kommune	Mittel	Kurzfristig	Mittel		Es wird nur ein kleiner Teil der städtischen Fahrzeuge erreicht.	Teil des betrieblichen Fuhrparkmanagements
	Erneuerung ÖPNV-Busflotte	3-4	ÖPNV-Anbieter	Mittel	Kurzfristig	Mittel		Es wird nur ein kleiner Teil der städtischen Fahrzeuge erreicht.	Innovative Technologien im ÖPNV bereits weit verbreitet
	Erneuerung Fuhrpark Unternehmen, Taxen	3-4	Unternehmen	Mittel	Kurzfristig	Mittel		Wirksamkeit abhängig von der Anzahl der umgerüsteten Fahrzeuge.	Teil des betrieblichen Fuhrparkmanagements
Preisliche Maßnahmen	Parkraumbewirtschaftung	4	Kommune	Mittel	Kurzfristig	Gering	-	Etablierte Maßnahme. Wirkt nur auf Straßenparker. Wirksamkeit nur bei ausreichend hohen Preisen und/oder Verknappung Parkraum.	
	Straßenbenutzungsgebühren	1-3	Bund, Kommune	Gering	Langfristig	Mittel	-	Räumliche Verlagerungseffekte möglich. Maßnahme besonders wirksam, wenn Gebühren von den Fahrzeugeigenschaften abhängig sind.	

	Maßnahme	Wir- kungsstu- fe ¹	Verant- wortliche	Gesell- schaftliche Akzeptanz	Umsetzungs- zeitraum	Kosten für Verantwortli- che	Wirkungen auf Kfz-Nutzer ²	Anmerkungen	Beispiele
	Anpassung Kfz-Steuer	2-4	Bund	Mittel	Mittelfristig	Mittel	o	Wirkt auf Fahrzeuganschaffung und Fahrzeugbesitz und nicht auf Fahrzeugnutzung. Befreiung für Elektrofahrzeuge bereits in Kraft. Abhängigkeit von Luftschadstoffemissionen notwendig für Wirksamkeit Luftqualität	
	Änderung Tarifsystem, Preisreduktion ÖPNV	4	ÖPNV-Anbieter	Hoch	Kurzfristig-mittelfristig	Hoch	+	Erhöht primär Nachfrage ÖV. Vermindert Nachfrage im motorisierten Verkehre besser bei flankierenden Maßnahmen im motorisierten Verkehr.	
Förderung Umweltver- bund	ÖPNV	3-4	Kommune, Land	Hoch	Kurzfristig-langfristig	Hoch	+	ÖPNV muss so ausgebaut werden, dass ausreichend Kapazitäten verfügbar sind	P+R, Steigerung Attraktivität (z.B. Takt, Zuverlässigkeit, Geschwindigkeit)
	Förderung Rad- und Fußverkehr	4-5	Kommune	Mittel	Mittelfristig	Mittel	o	Wege, die zu Fuß und mit dem Rad zurückgelegt werden, können kurze Kfz-Wege ersetzen. Die Wirkungen sind aber begrenzt, da die verlagerbare Verkehrsleistung gering ist	
Mobilitätsmanagement	Betrieblich	4	Kommune, Unternehmen	Hoch	Kurzfristig	Gering-hoch		Wirksam für Pendlerwege	Jobticket, Parkraumbewirtschaftung der Firmenparkplätze, Fahrgemeinschaften, Dienstfahräder
	Für bestimmte Personengruppen	4	Kommune	Hoch	Kurzfristig	Gering-hoch		Hohe Wirksamkeit bei Kombination mit Maßnahmen anderer Kategorien, bei Adressierung von Personen in biographischen Brüchen	Neubürgermarketing
	Förderung Sharing-Angebote	4	Kommune	Hoch	Kurzfristig	Gering		Bisher wenig wirksam, da die Flottengrößen klein sind.	Bereitstellung gewidmeter Stellplätze, Vergünstigungen Gebühren Parken, Mobilitätsstationen
Sonstige	Synthetische Kraftstoffe auf Methanolbasis	1-3		Hoch	Langfristig				
	Umrüstung Baufahrzeuge, Müllfahrzeuge		Unternehmen	Hoch	Mittelfristig	Mittel-hoch			
	Straßenreinigung	2-3 (PM10)	Kommune	Hoch	Kurzfristig	Mittel		Die Wirkung ist lokal begrenzt	

	Maßnahme	Wir- kungsstu- fe ¹	Verant- wortliche	Gesell- schaftliche Akzeptanz	Umsetzungs- zeitraum	Kosten für Verantwortli- che	Wirkungen auf Kfz-Nutzer ²	Anmerkungen	Beispiele
	Kontrolle	4	Kommune	Mittel	Kurzfristig	Mittel		Notwendig vor allem für Geschwindigkeitsbeschränkungen, Plakettenlösungen und ruhenden Verkehr. Schwierig bei strecken- und gebietsbezogenen Durchfahrtsverboten.	

¹ Bewertung Maßnahmenwirkung in Anlehnung an BASt 2017:

- 1 = sehr hohe Wirkung (Belastungsreduktion > 10 µg/m³)
- 2 = hohe Wirkung (Belastungsreduktion > 5 µg/m³ bis 10 µg/m³)
- 3 = mittlere Wirkung (Belastungsreduktion > 1 µg/m³ bis 5 µg/m³)
- 4 = geringe Wirkung (Belastungsreduktion bis 1 µg/m³)
- 5 = keine feststellbare Wirkung

² Wirkung auf Kfz-Nutzer

- + Die Maßnahme führt bei allen Kfz-Nutzern zu Vorteilen
- o Die Maßnahme führt für die betroffenen Kfz-Nutzer zu Nachteilen in geringem Umfang, z.B. zu Umwegfahrten.
- Die Maßnahme führt bei den betroffenen Kfz-Nutzern zu Nachteilen in Form von Investitionskosten (z.B. Fahrzeugneuanschaffung), in Form von direkten Kosten (z.B. Straßenbenutzungsgebühren, Umstieg auf andere Verkehrsmittel) oder in Form von Zeitkosten für längere Reisezeiten.

Tabelle 3: Maßnahmen zur Verminderung verkehrlicher Luftschadstoffemissionen (in Anlehnung an BASt 2017)

Mitglieder des Wissenschaftlichen Beirats
beim Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

Prof. Dr. Alexander Eisenkopf	Friedrichshafen
Prof. Dr.-Ing. Hartmut Fricke (Vorsitzender)	Dresden
Prof. Dr.-Ing. Markus Friedrich	Stuttgart
Prof. Dr. Regine Gerike	Dresden
Prof. Dr. Hans-Dietrich Haasis	Bremen
Prof. Dr. Günter Knieps	Freiburg
Prof. Dr. Dr. h.c. Andreas Knorr	Speyer
Prof. Dr. Kay Mitusch	Karlsruhe
Prof. Dr. Stefan Oeter	Hamburg
Prof. Dr. Dr. h.c. Franz Josef Radermacher	Ulm
Prof. Dr. Gernot Sieg	Münster
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Siegmann	Berlin
Prof. Dr. Wolfgang Stölzle	St. Gallen
Prof. Dr. rer. nat. Hermann Winner	Darmstadt

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
Weitere Adressangaben

Stand

Januar 2018

Redaktion

Wissenschaftlicher Beirat
beim Bundesministerium Verkehr und digitale Infrastruktur

Weitere Informationen im Internet unter

www.bmvi.de

Diese Broschüre ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit der Bundesregierung. Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt.