

Luftschadstoff-Emissionen maßgeblich vom Straßenverkehr verursacht

Dr. Helmut Büringer, Walter Stenius

Bei den Stickoxiden (NO_x) beträgt der Anteil des Straßenverkehrs an den gesamten Emissionen im Land rund 55 %, bei den Kohlenmonoxid (CO)-Emissionen sind es sogar über 60 %. Die straßenverkehrsbedingten Staub-Emissionen machen mit rund 39 % ebenfalls einen beträchtlichen Teil der Gesamtfracht aus und auch bei den leicht flüchtigen Kohlenwasserstoffen (NMVOC) liegt der Anteil des Straßenverkehrs immerhin noch bei rund 25 % der jährlichen Emissionen. Lediglich bei den Schwefeldioxid-Emissionen (SO_2) spielt der Straßenverkehr mit einem Prozentanteil von knapp 4 % eine nur untergeordnete Rolle. Der Anteil des Straßenverkehrs an den jährlichen Schadstoff-Emissionen ist trotz der seit Mitte der 80er-Jahre anhaltenden Bemühungen, die Emissionen des Straßenverkehrs zu verringern, in Teilbereichen sogar angestiegen. Die Entwicklung ist vor allem vor dem Hintergrund der massiven Zuwächse sowohl im Personen- als auch Güterverkehr zu sehen. Trotz der Steigerung der Fahrleistungen um insgesamt über 50 % wurde vor allem durch nachgeschaltete Abgasreinigung eine deutliche, teilweise sogar durchgreifende Minderung der Emissionsfracht erzielt.

Stickoxid-Emissionen seit 1985 halbiert

Eine durchgreifende Verringerung der straßenverkehrsbedingten Emissionen ist seit 1985 bei den Schadstoffen NMVOC und Kohlenmonoxid (CO) erreicht worden. Die NMVOC-Emissionen des Straßenverkehrs, die sich aus Abgas- und Verdunstungsemissionen zusammensetzen, wurden im Zeitraum von 1985 bis 2003 immerhin um 74 % auf aktuell rund 42 000 Tonnen (t) verringert. In vergleichbarer Größenordnung (- 70 %) liegt die Emissionsminderung beim Kohlenmonoxid (CO). Hier ging die jährliche Emissionsfracht immerhin von rund 900 000 t im Jahr 1985 auf aktuell 269 000 t zurück. Bei den NO_x -Emissionen wurde ebenfalls eine deutliche Verringerung seit 1985 erreicht. Sie gingen um rund 50 % auf 88 000 t im Jahr 2003 zurück. Die Staub-Emissionen des Straßenverkehrs, die neben den abgasbedingten auch

die Emissionen durch Reifen- und Bremsabrieb umfassen, liegen noch rund 4 % höher als 1985. Erst nach einem Höchststand im Jahr 1995 konnte hier eine Trendumkehr erreicht werden.

Die Ursachen für die unterschiedlichen Minderungserfolge bei den genannten Schadstoffen liegen in erster Linie in den abweichenden Entstehungsstrukturen und der Tatsache, dass die Erfolge der Schadstoffreduzierung bei den verschiedenen Fahrzeugkategorien, den Pkw mit Otto- bzw. Dieselmotor sowie den Lkw und Bussen sehr verschieden sind. Insgesamt aber ist im Gegensatz zu den CO_2 -Emissionen durch



Berechnung der Schadstoff-Emissionen im Straßenverkehr

Die Emissionen des Straßenverkehrs werden errechnet auf der Basis der Fahrleistungen in der Differenzierung nach Fahrzeuggruppen sowie Straßenkategorien unter Berücksichtigung des Emissionsverhaltens der einzelnen Fahrzeuggruppen bei unterschiedlichen Fahrsituationen und in Abhängigkeit von Eigenschaften der Straßenkategorien (innerorts, außerorts, Straßenlängsneigung etc.), jeweils gegliedert nach Streckenabschnitten. Die entsprechend gegliederten Fahrleistungswerte in Kilometern werden mit analog differenzierten spezifischen Emissionsfaktoren (g/km) verknüpft. Grundlage der angewandten fahrleistungsspezifischen Emissionsfaktoren ist das so genannte Emissionshandbuch, erstellt im Auftrag des Umweltbundesamtes und herausgegeben von INFRAS, Bern. Die hier dargestellten Ergebnisse sind berechnet auf der Grundlage des aktuellen im April 2004 erschienenen Emissionshandbuches Version 2.1, Stand 2004. Deshalb unterscheiden sich die hier ausgewiesenen Emissionsangaben von früheren Veröffentlichungen (auf der Basis des Emissionshandbuches Version 1.2, Stand 1999) und sind mit diesen nicht oder nur eingeschränkt vergleichbar.

Dr. Helmut Büringer ist Leiter des Referats „Umweltbeobachtung, Ökologie, Umweltökonomische Gesamtrechnungen“ im Statistischen Landesamt Baden-Württemberg.

Dipl.-Geograf Walter Stenius ist Referent im gleichen Referat.

T	Kilometerspezifische Emissionen*) der Pkw und Lkw 1985 bis 2003 in Baden-Württemberg									
	Jahr	NO _x		CO		NMVOC (Abgas-Emissionen)		Partikel		
		g/km	1985: = 100	g/km	1985: = 100	g/km	1985: = 100	g/km	1985: = 100	g/km
Pkw mit Ottomotor										
1985	2,57	100	17,73	100	2,08	100	–	–	0,044	
1990	1,61	62,6	11,65	65,7	1,36	65,4	–	–	0,044	
1995	0,94	36,6	7,41	41,8	0,76	36,5	–	–	0,044	
2000	0,42	16,3	4,56	25,7	0,36	17,3	–	–	0,044	
2002	0,32	12,5	3,85	21,7	0,27	13,0	–	–	0,044	
2003	0,29	11,3	3,81	21,5	0,25	12,0	–	–	0,044	
Diesel-Pkw										
1985	0,66	100	0,58	100	0,12	100	0,143	100	0,044	
1990	0,60	90,9	0,48	82,8	0,09	75,0	0,115	80,4	0,044	
1995	0,60	90,9	0,47	81,0	0,09	75,0	0,114	79,7	0,044	
2000	0,64	97,0	0,36	62,1	0,07	58,3	0,072	50,3	0,044	
2002	0,60	90,9	0,33	56,9	0,07	58,3	0,054	37,8	0,044	
2003	0,58	87,9	0,29	50,0	0,06	50,0	0,049	34,3	0,044	
Lkw > 3,5 t										
1985	10,25	100	3,05	100	1,41	100	0,455	100	0,410	
1990	10,42	101,7	2,99	98,0	1,41	100,0	0,441	96,9	0,410	
1995	10,02	97,8	2,09	68,5	0,77	54,6	0,403	88,6	0,410	
2000	9,06	88,4	1,67	54,8	0,60	42,6	0,255	56,0	0,410	
2002	8,48	82,7	1,57	51,5	0,52	36,9	0,217	47,7	0,410	
2003	8,19	79,9	1,54	50,5	0,50	35,5	0,205	45,1	0,410	

*) Durchschnittliche Emissionswerte (einschließlich Kaltstart-Emissionen) bezogen auf die Summe der Jahresfahrleistungen auf Außerorts- und Innerortsstraßen. – 1) Quelle: IER Universität Stuttgart; Pregger und Friedrich, Ermittlung der Feinstaub-Emissionen in Baden-Württemberg, April 2004.

die Erneuerung der Fahrzeugflotte mit immer schadstoffärmeren Fahrzeugen eine deutliche Verringerung der spezifischen Schadstoff-Emissionen (Emissionsausstoß je gefahrenen Kilometer) erreicht worden. Emissionsmindernd wirkte dabei in erster Linie die Flottenerneuerung bei den Pkw mit Ottomotor, die seit Mitte der 80er-Jahre mit der Einführung und Weiterentwicklung des geregelten Katalysators (G-Kat) deutlich vorangeschritten ist. Der Anteil der Ottomotor-Pkw mit G-Kat ist zwischenzeitlich auf über 90 % angestiegen. Der Bestand an Alt-Pkw ohne G-Kat beschränkt sich auf noch gut 400 000 Fahrzeuge, die in den nächsten Jahren ebenfalls zum größten Teil altershalber durch schadstoffärmere Fahrzeuge ersetzt werden dürften. Im Rahmen der Verschärfung der zulässigen Abgasgrenzwerte gemäß den EU-Richtlinien wurden und werden die G-Kats in ihrer Wirkung erheblich verbessert. Zurzeit erfüllen immerhin 39 % der Ottomotor-Pkw mit G-Kat die strengeren Abgasnormen laut Euro-3- bzw. Euro-4-Norm.

Auch die Diesel-Pkw-Flotte im Land besteht zwischenzeitlich fast ausschließlich aus schadstoffreduzierten Fahrzeugen, die die Abgaswerte laut US-Norm bzw. Euro-1- bis Euro-3-Norm einhalten. Fast die Hälfte der im Land zugelassenen Diesel-Pkw erfüllt aktuell die Euro-3-Norm.

86 % weniger Stickoxide pro Pkw-Kilometer

Mit der Einführung und Weiterentwicklung der schadstoffreduzierten Pkw konnten die strecken-spezifischen Emissionen der verschiedenen Luftschadstoffe seit Mitte der 80er-Jahre erheblich verringert werden. Die hierbei größten Erfolge wurden bei den Ottomotor-Pkw erzielt. Bei dieser Fahrzeugkategorie gingen die spezifischen NO_x-Emissionen im Durchschnitt seit 1985 um 89 % von 2,57 Gramm pro Kilometer (g/km) im Jahr 1985 auf 0,29 g/km im Jahr 2003 zurück (Tabelle). Auch die abgasbedingten spezifischen NMVOC-Emissionen der Otto-Pkw

sanken um fast 88 % auf 0,25 g/km. Die spezifischen CO-Emissionen sind in vergleichbarer Größenordnung (78 %) zurückgegangen. Bei den Diesel-Pkw fiel die Minderung der spezifischen Emissionen vor allem beim NO_x spürbar geringer aus. Die Abnahme beträgt hier für den Zeitraum von 1985 bis 2003 rund 12 %, wobei allerdings das Ausgangsniveau mit 0,66 g/km bereits erheblich niedriger lag als bei den Ottomotor-Fahrzeugen. Noch deutlicher ist das nur geringe Ausgangsniveau der NMVOC-Emissionen bei Diesel-Pkw, für die sich eine dennoch deutliche Minderung von 0,12 auf aktuell noch 0,06 g/km errechnet. Die spezifischen Partikel-Emissionen, die insbesondere bei den Dieselmotor-Pkw ins Gewicht fallen, konnten seit 1985 um rund 66 % auf 0,049 g/km reduziert werden.

Insgesamt deutlich geringer fiel die Minderung der spezifischen Emissionen bei den schweren Lkw mit einem Gesamtgewicht über 3,5 t aus. Insbesondere die spezifischen NO_x-Emissionen konnten lediglich um 20 % auf 8,19 g/km verringert werden. Hier ging die Einführung schadstoffärmerer Fahrzeuge deutlich langsamer voran. Die Euro-1-Norm trat für neu zugelassene Lkw erst ab dem Jahr 1991 in Kraft, und bundesweit sind rund zwei Drittel der zugelassenen Lkw über 3,5 t Gesamtgewicht als schadstoffreduziert eingestuft. Seit 2000 gelten für die neu zugelassenen schweren Lkw die Vorgaben der strengeren Euro-3-Norm, die von rund 23 % der Anfang 2003 in Deutschland zugelassenen Fahrzeuge erfüllt werden.

Weit gehende Entkoppelung von Emissionen und Fahrleistungen bei den Pkw

Der Vergleich von Jahresfahrleistungen und Emissionen der Pkw über den Zeitraum von 1985 bis 2003 zeigt deutlich die Wirkung der erreichten Verbesserungen bei den spezifischen Emissionswerten. Trotz der Zunahme der Jahresfahrleistungen¹ um 50 % sind die NO_x-Emissionen der Pkw um drei Viertel, die der abgasbedingten NMVOC-Emissionen sogar um 74 % zurückgegangen (Schaubild 1). Bei den Pkw wurde eine deutliche Entkoppelung von Schadstoff-Emissionen und Fahrleistungen erreicht. Auffällig ist die Erhöhung des Anteils der Diesel-Pkw an den Stickoxid-Emissionen des Personenverkehrs von 4 % im Jahr 1985 auf aktuell rund 40 % infolge der deutlich überdurchschnittlichen Zunahme der Zulassungen und Fahrleistungen von Diesel-Pkw sowie den vergleichsweise geringen Minderungserfolgen bei den spezifischen Emissionen. Bei den NMVOC-Emissionen spielen die Dieselmotor-Fahrzeuge

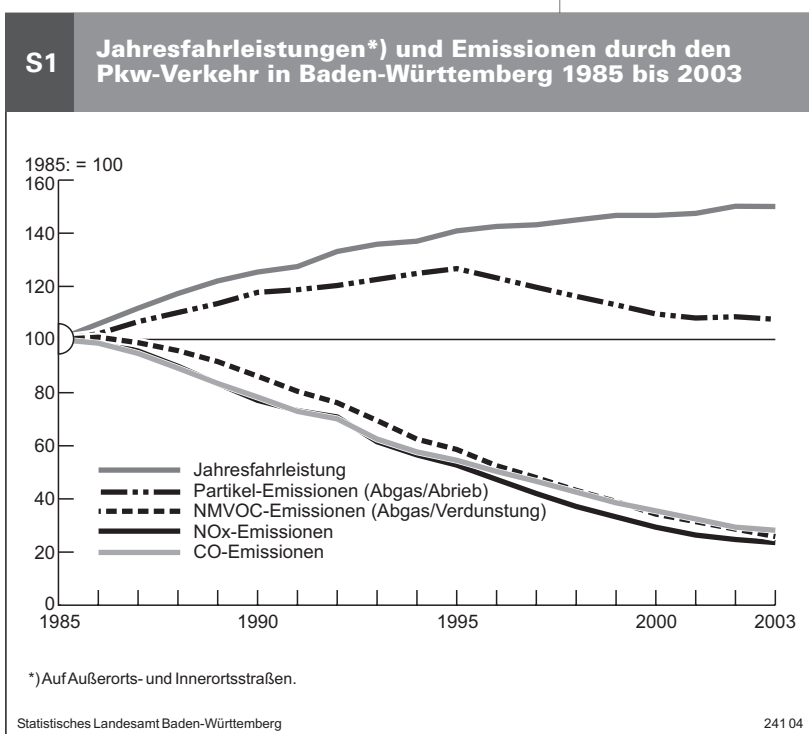
eine nur untergeordnete Rolle. Umgekehrt sind in erster Linie die Dieselmotor-Fahrzeuge verantwortlich für die Partikel-Emissionen des Pkw-Verkehrs.

Bei den schweren Lkw nahmen die Emissionen teilweise noch bis Ende der 90er-Jahre zu, erst danach zeichnet sich eine Trendwende ab. Die Entwicklung ist bei den einzelnen Schadstoffen unterschiedlich verlaufen, insbesondere die NO_x-Emissionen sind sogar noch bis 1999 angestiegen. Erst in den letzten Jahren ging der gesamte NO_x-Ausstoß der Lkw leicht zurück. Dennoch ist auch bei den Lkw zumindest ansatzweise eine Entkoppelung von Fahrleistungen und Emissionen erkennbar. Bei einer Zunahme der Fahrleistungen um 46 % haben die NO_x-Emissionen nur um rund 17 % zugenommen. Bei den Partikel-Emissionen konnte eine Reduzierung um immerhin 34 % erreicht werden.

Nachholbedarf bei Lkw, Haupt-Emittent von Stickoxiden und Partikeln

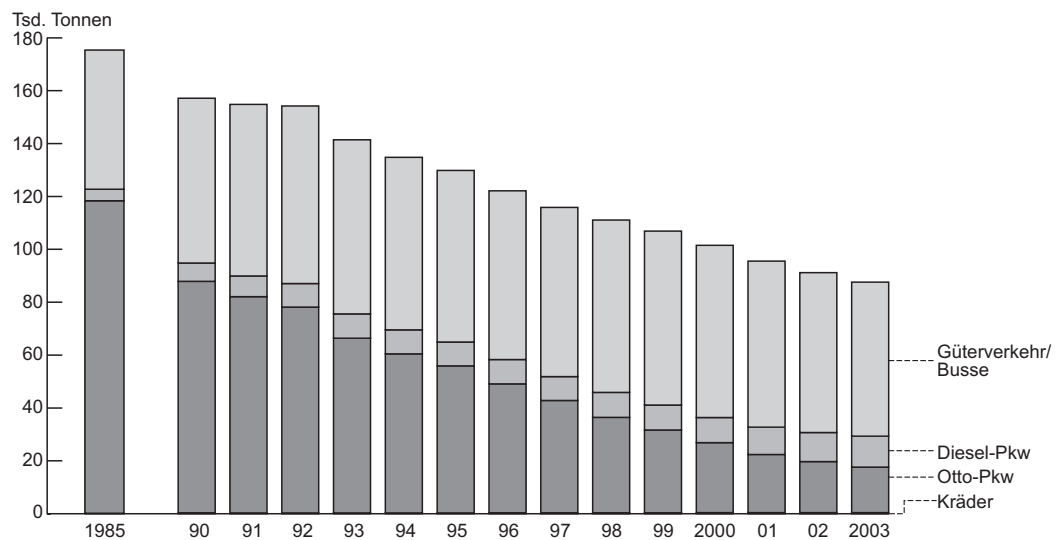
Die bei der Pkw-Flotte deutlich schnellere und wirksamere Umsetzung der verschärften Abgasnormen als bei den Lkw hat auch die Emittenten-Struktur der verkehrsbedingten Stickoxide deutlich verändert. Ende der 80er-Jahre wurde noch der überwiegende Teil (rund 70 %) der NO_x-Emissionen durch den Pkw-Verkehr verursacht. Seither ist sein Anteil auf 33 % zurückgegangen (Schaubild 2). Der weitaus überwiegende Teil (67 %) der aktuell im Straßenverkehr verursachten NO_x-Emissionen ist dem

¹ Vgl. Büringer, Helmut/ Stenius, Walter: Straßenverkehr und Klimagasemissionen, in: Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg, Heft 6/2004, S. 43 ff.



S2

Stickoxid-(NO_x)Emissionen*) in Baden-Württemberg 1980 bis 2003 nach Fahrzeugarten



*) Auf Außerorts- und Innerortsstraßen.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg

242.04

Güterverkehr und Bussen zuzuschreiben. Auch bei den Partikel-Emissionen dominieren die schweren Lkw mit einem Emissionsanteil von 47 %. Hier ist allerdings der Anteil des Pkw-Verkehrs aufgrund der enormen Zunahme der Diesel-Pkw bis zum Jahr 2003 auf rund 38 % gestiegen. Die NMVOC-Emissionen sind fast vollständig dem Personenverkehr zuzuschreiben. Der Anteil des Güterverkehrs wie auch der Dieselmotor-Pkw ist hier vergleichsweise gering, Hauptquelle der NMVOC-Emissionen sind die Ottomotor-Pkw, wobei abgas- und verdunstungsbedingte Emissionen zu unterscheiden sind. Von den 42 000 t an NMVOC-Emissionen im Jahr 2003 waren 58 % abgasbedingt. Die 42 % Verdunstungsemissionen setzen sich zusammen aus Emissionen durch Warm- und Heißabstellvorgänge, durch Tankatmung, Betankung und Tanklager sowie Frostschutzmittel. Die Minderungserfolge sind bei den verdunstungsbedingten Emissionen spürbar niedriger ausgefallen (65 %) als bei den abgasbedingten Emissionen (79 %).

Bestandteil der NMVOC-Emissionen sind auch die Benzol-Emissionen, denen besondere Aufmerksamkeit zukommt. Bei hohen Konzentrationen wirkt Benzol gesundheitsschädlich und ist als Krebs erzeugend eingestuft. Seit 1985 konnten die Benzol-Emissionen von 5 900 auf noch 1 500 t im Jahr 2003 verringert werden. Die 74 % Minderung resultieren zum einen aus der Verringerung der spezifischen abgasbedingten Emissionen bei Ottomotor-Fahrzeugen sowie einer Reduzierung des Benzolgehaltes im Benzin.

Ausblick

Die zukünftige Entwicklung der straßenverkehrsbedingten Schadstoff-Emissionen hängt in erster Linie davon ab, ob und wie rasch es gelingt, die spezifischen Emissionen der auf den Straßen des Landes fahrenden Pkw und Lkw zu verringern. Die Fahrleistungen werden aus heutiger Sicht sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr auch in den nächsten Jahren weiter ansteigen. Nur das Ausmaß der Verkehrszunahme dürfte in Abhängigkeit von der wirtschaftlichen Konjunkturerwicklung durch verkehrslenkende Maßnahmen beeinflussbar sein.

Tatsächlich ist mit der ab 2005 für Lkw gültigen Euro-4-Norm und der ab 2008 greifenden Euro-5-Norm mit einer weiteren Verringerung der spezifischen Emissionen bei allen Schadstoffen, mit der verstärkten Ausstattung mit Rußfiltern insbesondere auch der Partikel-Emissionen zu rechnen. Die Wirksamkeit dieser abgasspezifischen gesetzlichen Vorgaben hängt dabei von der mehr oder weniger raschen Flottenerneuerung mit schadstoffärmeren Fahrzeugen ab. ■

Weitere Auskünfte erteilen
Dr. Helmut Büringer, Telefon 0711/641-2418
E-Mail: Helmut.Bueringer@stala.bwl.de

Walter Stenius, Telefon 0711/641-2621
E-Mail: Walter.Stenius@stala.bwl.de