

# Emissionen an Klimagasen und Luftschadstoffen im Straßenverkehr Baden-Württembergs

Dr. Helmut Büringer, Sandra Kruschel

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

Dipl.-Ing. Sandra Kruschel ist Referentin im gleichen Referat.

Für das Ziel einer nachhaltigen Entwicklung der Volkswirtschaft hat eine möglichst umweltschonende Mobilität von Personen und Gütern große Bedeutung. Angesichts der Diskussion um den Klimawandel spielt die Entwicklung der verkehrsbedingten Emissionen an Treibhausgasen – insbesondere an CO<sub>2</sub> – eine bedeutende Rolle. Und neben dem Lärm stellen die Luftschadstoffemissionen im Straßenverkehr nach wie vor ein erhebliches Umweltproblem dar. Die angestrebte Verringerung der Treibhausgas- sowie der Schadstoffemissionen wird durch die insbesondere im Güterverkehr weiter steigenden Fahrleistungen erheblich erschwert. Trotz erster Erfolge bei der Verringerung liegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Straßenverkehr noch über dem Niveau des Referenzjahres 1990 und bei den Stickoxid (NO<sub>x</sub>)- sowie Feinstaub-Emissionen war 2006 erstmals seit 1990 wieder ein leichter Anstieg zu verzeichnen. Im vorliegenden Beitrag werden die Jahresfahrleistungen im Straßenverkehr, die unter Klimaschutzaspekten besonders relevanten CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie die im Hinblick auf die verbindlichen EU-Grenz-

werte für die Luftbelastung besonders kritischen NO<sub>x</sub>- und Feinstaub-Emissionen differenziert nach Kraftfahrzeugarten auf den Außer- und Innerortsstraßen in Baden-Württemberg sowie in regionaler Gliederung nach Stadt- und Landkreisen betrachtet.

## Unterschiedliche Entwicklung bei Fahrleistungen und Emissionen

Die Entwicklung des Straßenverkehrs hat erhebliche Auswirkungen auf die Inanspruchnahme von Ressourcen und daraus resultierenden Umweltbelastungen. Der Antrieb der vielfältig genutzten Kraftfahrzeuge stützt sich bislang fast ausschließlich auf die fossilen Kraftstoffe Benzin und Diesel. Dies führt in erheblichem Umfang zu Emissionen an CO<sub>2</sub> sowie an Luftschadstoffen, von denen in erster Linie die Stickoxide und Feinstäube (PM10) wegen zu hoher Immissionswerte in der öffentlichen Diskussion stehen. Die Entwicklung der Emissionen wird im Wesentlichen durch drei Einflussfaktoren bestimmt:

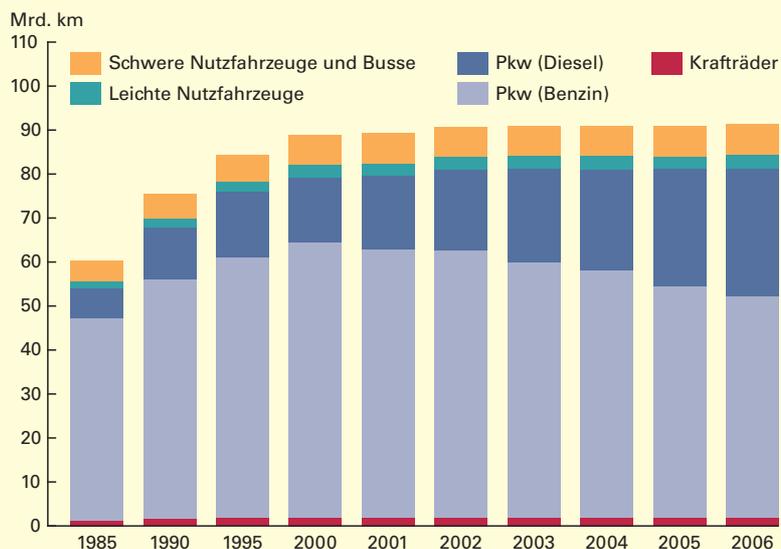
1. Durch die Entwicklung der mit Kraftfahrzeugen auf Außer- und Innerortsstraßen erbrachten Jahresfahrleistungen.
2. Durch die Menge und Art sowie Beschaffenheit der verbrauchten Kraftstoffe.
3. Durch die Wirksamkeit der meist nachgeschalteten Abgasreinigungssysteme zur Reduzierung der fahrleistungs- bzw. kraftstoffverbrauchsabhängigen Kfz-Abgase.

Die gegenwärtigen Möglichkeiten für eine Reduzierung der Emissionen und die in den zurückliegenden 20 Jahren tatsächlich erzielten Erfolge sind je nach Schadstoffkomponente bzw. Klimagas sehr unterschiedlich.

## Gedämpfter Anstieg der Jahresfahrleistung auf den Straßen im Land

Wesentliche Ursachen für die Entwicklung der Emissionen liegen zunächst in der Entwicklung

S1 Jahresfahrleistungen auf den Straßen\*) in Baden-Württemberg 1985 bis 2006



\*) Außerorts- und Innerortsstraßen.

der Jahresfahrleistungen sowie deren Verteilung nach Kraftfahrzeugarten. Von hoher Bedeutung ist dabei die zuletzt bei Pkw und Lkw stark unterschiedliche Tendenz der erbrachten Fahrleistungen. Erheblichen Einfluss haben weiter die Verteilung der Jahresfahrleistungen auf Diesel- bzw. Ottomotor-Pkw und die Entwicklung der Jahresfahrleistungen auf den verschiedenen Straßenkategorien, das heißt auf Autobahnen und übrigen Außerortsstraßen wie Bundesstraßen, Landesstraßen, Kreis- und Gemeindestraßen. Die Fahrleistungen auf innerörtlichen Straßen sind vor allem für die verkehrsbedingte Belastung mit Luftschadstoffen von hoher Relevanz.

Im Jahr 2006 stieg die Gesamtfahrleistung von Kraftfahrzeugen in Baden-Württemberg gegenüber dem Vorjahr leicht auf 91,4 Mrd. Kilometer an. Die Fahrleistungen mit Pkw, Lkw und Motorrädern auf Autobahnen, übrigen Außerortsstraßen und Innerortsstraßen haben sich gegenüber dem Vorjahr um 0,43 Mrd. Kilometer oder 0,5 % erhöht. Trotz dieses aktuellen Anstiegs gilt aber, dass die in den 90er-Jahren rasante Zunahme der Jahresfahrleistungen deutlich abgebremst wurde bzw. sogar in eine stagnierende Entwicklung übergegangen ist.

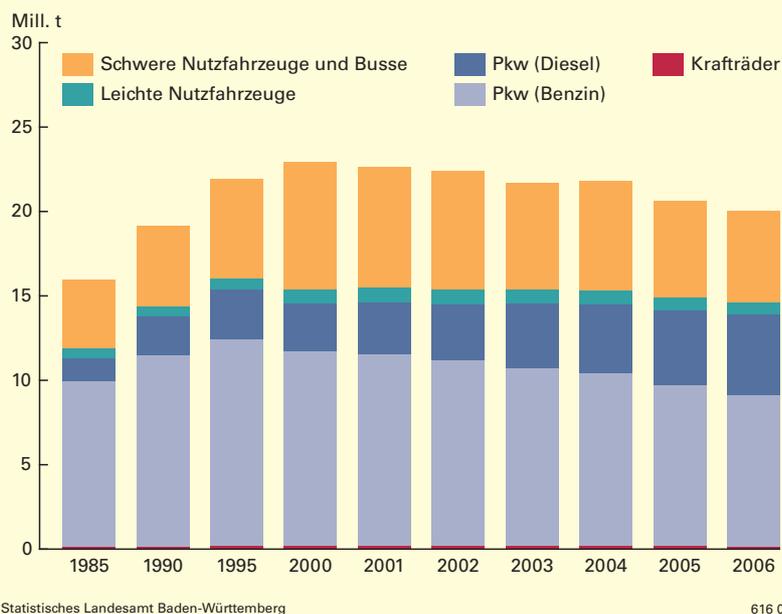
**Konjunkturbedingt starke Zunahme des Lkw-Verkehrs**

Die Ursache für den aktuellen Anstieg der Jahresfahrleistungen liegt insbesondere in der konjunkturbedingten Zunahme des Lkw-Verkehrs begründet. 2006 stiegen die Fahrleistungen der schweren Nutzfahrzeuge (> 3,5 Tonnen und Busse) um beachtliche 3,7 % auf 7,2 Mrd. Kilometer an. Dies entspricht einem Anteil von rund 8 % an den gesamten Jahresfahrleistungen im Land. Besonders stark, fast 5 %, erhöhten sich die Fahrleistungen bei Sattelzügen und Lastkraftwagen mit Anhängern. Hervorzuheben ist dabei besonders die deutliche Zunahme um plus 6,7 % auf Autobahnen. Dadurch erreichten die Jahresfahrleistungen der schweren Nutzfahrzeuge auf Autobahnen nach dem starken Rückgang infolge der Mauteinführung im Jahr 2005 fast wieder das Niveau von 2004. Die Lkw-Fahrleistungen auf den übrigen Außerorts- und Innerortsstraßen nahmen hingegen nur vergleichsweise schwach zu. Bei den leichten Nutzfahrzeugen stiegen die Jahresfahrleistungen 2006 um 1,4 % auf knapp 3 Mrd. Kilometer (gut 3 % der gesamten Fahrleistungen).

Maßgeblich für die Entwicklung der Jahresfahrleistung insgesamt sind aber weiterhin die Pkw, auf die fast 87 % der gesamten Jahresfahrleistungen entfallen (*Schaubild 1*). Die 2006 mit Pkw auf Außerorts- und Innerortsstraßen

**S2**

**CO<sub>2</sub>-Emissionen des Straßenverkehrs in Baden-Württemberg 1985 bis 2006**



im Land zurückgelegten Kilometer lagen mit fast 79,4 Mrd. Kilometern nur geringfügig höher (+ 0,1 %) als im Vorjahr. Damit blieben die Jahresfahrleistungen der Pkws seit 2002 praktisch unverändert, nachdem bis dahin deutliche jährliche Zuwachsraten von bis zu 2 % zu verzeichnen waren.

**Diesel-Pkw-Anteil steigt auf 37 %**

Dabei hat sich der Trend hin zu mehr Diesel-Pkw auch im Jahr 2006 unvermindert fortgesetzt. 2006 wurden insgesamt 29,1 Mrd. Kilometer mit dieselbetriebenen Pkw zurückgelegt. Dies entspricht einem Zuwachs um 9,5 %. Hingegen ging die Jahresfahrleistung der Ottomotor-Pkw um 4,6 % auf 50,2 Mrd. Kilometer zurück. Der Anteil der Diesel-Pkw an den gesamten Pkw-Jahresfahrleistungen stieg damit auf fast 37 %.

Deutliche Unterschiede bestehen bei der Verteilung der mit den verschiedenen Kraftfahrzeugen gefahrenen Kilometer auf den Straßen außerhalb und innerhalb geschlossener Ortschaften. Die mit Pkw erbrachten Jahresfahrleistungen lagen 2006 zu 22 % auf Autobahnen im Land. Fast die Hälfte (49 %) konzentrierte sich auf die übrigen Außerortsstraßen (Bundes-, Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen). Auf Ortsdurchfahrten und andere Innerortsstraßen entfielen 2006 zusammen rund 30 % der mit Pkw im Land gefahrenen Kilometer. Die Fahrleistung der schweren Nutzfahrzeuge (Lkw > 3,5 Tonnen und Busse) erfolgte 2006 zu 47 % auf Autobahnen

und weiteren 37 % auf den übrigen Außerortsstraßen. Auf Straßen innerhalb geschlossener Ortschaften entfielen 2006 lediglich 16 % der Fahrleistungen mit schweren Nutzfahrzeugen. Auch die Entwicklung nach Straßenkategorien verlief unterschiedlich. Bei den Pkw gingen die Fahrleistungen auf den Autobahnen im Land im Gegensatz zur Entwicklung bei den Lkw leicht zurück. Dieser Rückgang wurde durch erhöhte Fahrleistungen auf den übrigen Außerorts- und Innerortsstraßen allerdings kompensiert.

**27 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Straßenverkehr**

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Straßenverkehrs im Land betragen 2006 rund 20 Mill. Tonnen (Schaubild 2). Das waren knapp 27 % der gesamten energieverbrauchsbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen im Land. Obwohl seit dem Jahr 2000 ein merklicher Rückgang registriert werden kann, liegen die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Straßenverkehrs auch aktuell noch um knapp 1 Mill. Tonnen oder fast 5 % über dem Niveau von 1990, dem Vergleichsjahr für die Reduktionsziele in Deutschland. Der Anteil des Straßenverkehrs an den weiteren Treibhausgasen Methan und Distickstoffoxid (N<sub>2</sub>O) liegt bei vergleichsweise niedrigen 0,6 bzw. 4,2 %. Die Methanemissionen des Straßenverkehrs in Baden-Württemberg sind in den letzten Jahren ebenso zurückgegangen wie die N<sub>2</sub>O-Emissionen.

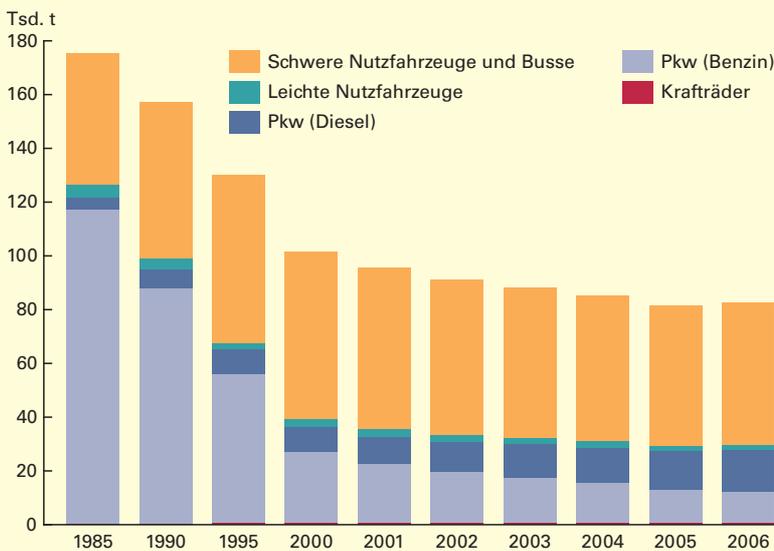
**Rückläufige Tendenz der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Straßenverkehr**

Gut zwei Drittel der straßenverkehrsbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen im Land werden durch den Pkw-Verkehr verursacht, wobei seit Ende der 90er-Jahre ein Rückgang um 9,2 % erreicht wurde. Der Grund für die Abnahme liegt jedoch nicht in erster Linie in einer Reduzierung des auf die gesamte Pkw-Flotte bezogenen mittleren Kraftstoffverbrauchs pro Kilometer; dieser hat sich gegenüber dem Jahr 2000 wenig verändert. Die Abnahme bei den Pkw wurde vielmehr auch dadurch erreicht, dass die Jahresfahrleistungen im Land nicht mehr weiter angestiegen sind und zudem in den Jahren 2005 und 2006 der Anteil der Biokraftstoffe erheblich erhöht wurde.

Seit 2001 ist auch ein merklicher Rückgang bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen des Lkw-Verkehrs zu verzeichnen. Diese Feststellung beruht auf den im Land gemäß Energiebilanz abgesetzten Kraftstoffmengen. Daraus wird erkennbar, dass der verringerte CO<sub>2</sub>-Ausstoß zumindest teilweise auf einen stark erhöhten Biodiesel-Anteil auch im Lkw-Bereich zurückzuführen ist. Ein weiterer Erklärungsfaktor liegt offenbar darin, dass vermehrt außerhalb der Landesgrenzen Kraftstoff getankt wird, worüber allerdings keine Daten vorliegen. Der Vergleich der aus Durchschnittsverbrauchswerten gemäß Emissionshandbuch und im Land zurückgelegten Lkw-Kilometern errechneten Verbrauchsmengen mit den gemäß Energiebilanz im Land abgesetzten Mengen lässt darauf schließen, dass der Rückgang der im Straßenverkehr im Land entstandenen CO<sub>2</sub>-Emissionen tatsächlich deutlich geringer ausfiel.

**S3**

**NO<sub>x</sub>-Emissionen des Straßenverkehrs in Baden-Württemberg 1985 bis 2006\*)**



\*) Außerorts- und Innerortsstraßen.

**Erstmals seit 1990 leichter Anstieg der NO<sub>x</sub>-Emissionen**

Im Hinblick auf den ab 2010 gültigen EU-Grenzwert für NO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Luft kommt besonders der Entwicklung der Stickoxidemissionen hohe Aufmerksamkeit zu. Dabei ist für die örtliche Immissionsbelastung vor allem die Verteilung der Emissionen auf Außerorts- und Innerortsstraßen von Bedeutung. Insgesamt wurden 2006 mit knapp 82 700 Tonnen mehr als die Hälfte der gesamten energieverbrauchsbedingten Stickoxidemissionen in Baden-Württemberg im Straßenverkehr emittiert (Schaubild 3). Das waren knapp 1 000 Tonnen oder 1,2 % mehr als im Jahr davor, sodass erstmals seit 1990 kein weiterer Rückgang der jährlichen NO<sub>x</sub>-Emissionen im Straßenverkehr erreicht wurde. Der aktuelle leichte Anstieg erklärt sich im Wesentlichen aus dem Zusammenwirken von 3 Faktoren. Hauptgrund ist der deutliche

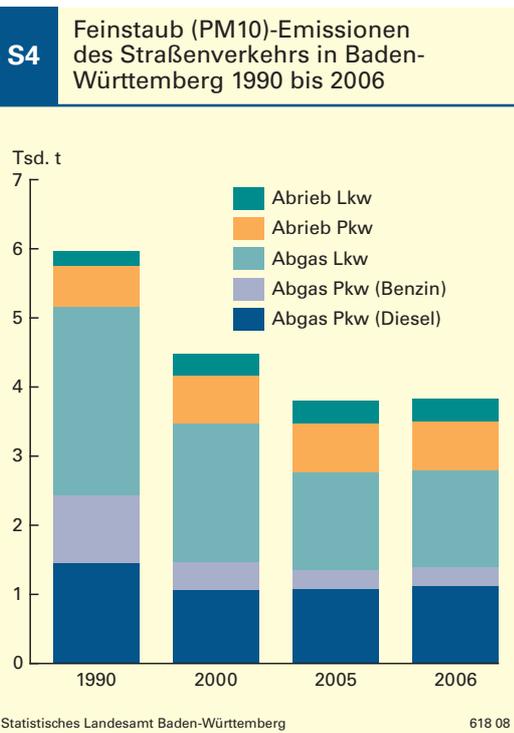
Anstieg der Lkw-Jahresfahrleistungen, sodass die NO<sub>x</sub>-Emissionen der schweren Nutzfahrzeuge trotz Flottenerneuerung mit geringeren Emissionen je Kilometer in der Summe angestiegen sind. Damit machen die Lkw jetzt immerhin fast zwei Drittel der gesamten NO<sub>x</sub>-Emissionen im Straßenverkehr des Landes aus. Jedoch auch die NO<sub>x</sub>-Emissionen der Pkw sind in der Summe erstmals seit 1990 leicht angestiegen. Zur Erklärung: die durchschnittlichen Emissionen je Kilometer sowohl bei Otto- als auch Dieselmotor-Pkw haben kaum noch abgenommen und da die durchschnittlichen Emissionen bei Diesel-Pkw nach wie vor höher liegen als bei Ottomotorfahrzeugen, hat die weiter verstärkte Verlagerung der Fahrleistungen hin zu Diesel-Pkw (+ 10 %) auch zu einer Erhöhung der NO<sub>x</sub>-Emissionen der Pkw insgesamt geführt.

Die straßenverkehrsbedingten NO<sub>x</sub>-Emissionen entstehen zum weitaus überwiegenden Teil auf Außerortsstraßen, wobei besonders der hohe Anteil des Lkw-Verkehrs auf Autobahnen zu Buche schlägt. Die innerörtlichen Emissionen, die mit 22 000 Tonnen gut ein Viertel der gesamten NO<sub>x</sub>-Emissionen im Straßenverkehr ausmachen, gehen überwiegend (52 %) auf schwere Nutzfahrzeuge und zu 45 % auf Pkw auf Innerortsstraßen zurück. Die Zunahme der NO<sub>x</sub>-Emissionen im Innerortsverkehr ist hauptsächlich auf den stark erhöhten Anteil der Diesel-Pkw an den innerörtlichen Fahrleistungen zurückzuführen.

### Ein Viertel der Feinstaub-Emissionen durch Straßenverkehr

Rund ein Viertel der gesamten in Baden-Württemberg jährlich emittierten Feinstäube (PM10) entstehen verkehrsbedingt auf den Außerorts- und Innerortsstraßen im Land. Im Jahr 2006 waren dies rund 3 840 Tonnen (Schaubild 4). Wie bei den Stickoxiden haben insbesondere die Zunahme des Lkw-Verkehrs und der stark erhöhte Anteil der Diesel-Pkw trotz fortschreitender Verringerung der durchschnittlichen Emissionen je Kilometer einen leichten Anstieg der PM10-Emissionen (+ 1 %) bewirkt.

Für die Entwicklung der PM10-Emissionen und damit auch für die Suche nach wirksamen Maßnahmen zur Verringerung der Feinstaubbelastung ist auch die Differenzierung nach abgasbedingten sowie bremsen-/reifenabriebbedingten Emissionen wichtig. Fast drei Viertel (73 %) der PM10-Emissionen im Straßenverkehr entstehen abgasbedingt. Rund 40 % davon entfallen auf Diesel-Pkw, sogar 50 % auf Lkw (einschließlich leichte Nutzfahrzeuge). Die abgasbedingten PM10-Emissionen der Ottomotor-Pkw sind da-



gegen vergleichsweise gering (10 %). Im Durchschnitt über alle Straßen- und Fahrzeugkategorien entstehen gut 27 % der PM10-Emissionen durch Reifen- und Bremsabrieb, wovon zwei Drittel auf Pkw und ein Drittel auf den Lkw-Verkehr entfallen. Zusätzlich zu diesen durch den Straßenverkehr primär verursachten PM10-Emissionen durch Abgas und Abrieb kommen die durch Aufwirbelung, das heißt sekundär durch den Verkehr verursachten Belastungen der Luft mit Feinstäuben, die aber hier unberücksichtigt bleiben. PM10-Emissionen durch Reifen- und Bremsabrieb verursachen auch Ottomotor-Fahrzeuge, sodass immerhin 43 % der gesamten abriebbedingten Emissionen auf Otto-Pkw entfallen.

Auch beim Feinstaub ist für die Festlegung von Maßnahmen zur Verringerung der Luftbelastung die Verteilung der Emissionen auf Außer- und Innerortsstraßen von großer Relevanz. Wobei jeweils zusätzlich die Verursacherstruktur, das heißt die Verteilung nach Fahrzeugarten einerseits und nach abgas- bzw. abriebbedingten Emissionen andererseits zu berücksichtigen ist. Von den insgesamt 3 840 Tonnen an Feinstäuben im Jahr 2006 wurden knapp 29 % auf Innerortsstraßen verursacht. Die anderen 71 % gehen auf den Verkehr auf Außerortsstraßen zurück. Wie bereits oben festgestellt entstehen 27 % der gesamten PM10-Emissionen durch Reifen- und Bremsabrieb. Der Anteil der abriebbedingten PM10-Emissionen auf den Innerortsstraßen ist mit 23 % niedriger als im Außerortsbereich (29 %). Hauptgrund dafür ist der bei Pkw im Außerortsbereich hohe Anteil des Reifen- und Bremsabriebs.

Von den innerorts entstehenden PM10-Emissionen in Höhe von insgesamt 1 100 Tonnen sind 62 % durch Pkw und 38 % durch Lkw verursacht. Und von den 2006 im Innerortsbereich durch Pkw emittierten 681 Tonnen waren 474 Tonnen (70 %) abgasbedingt und zwar in erster Linie durch Dieselmotor-Fahrzeuge (82 %)

verursacht. Von den außerorts emittierten PM10-Frachten (2 733 Tonnen) geht hingegen fast die Hälfte (48 %) auf Lkw zurück.

**Große regionale Unterschiede bei den straßenverkehrsbedingten Emissionen**

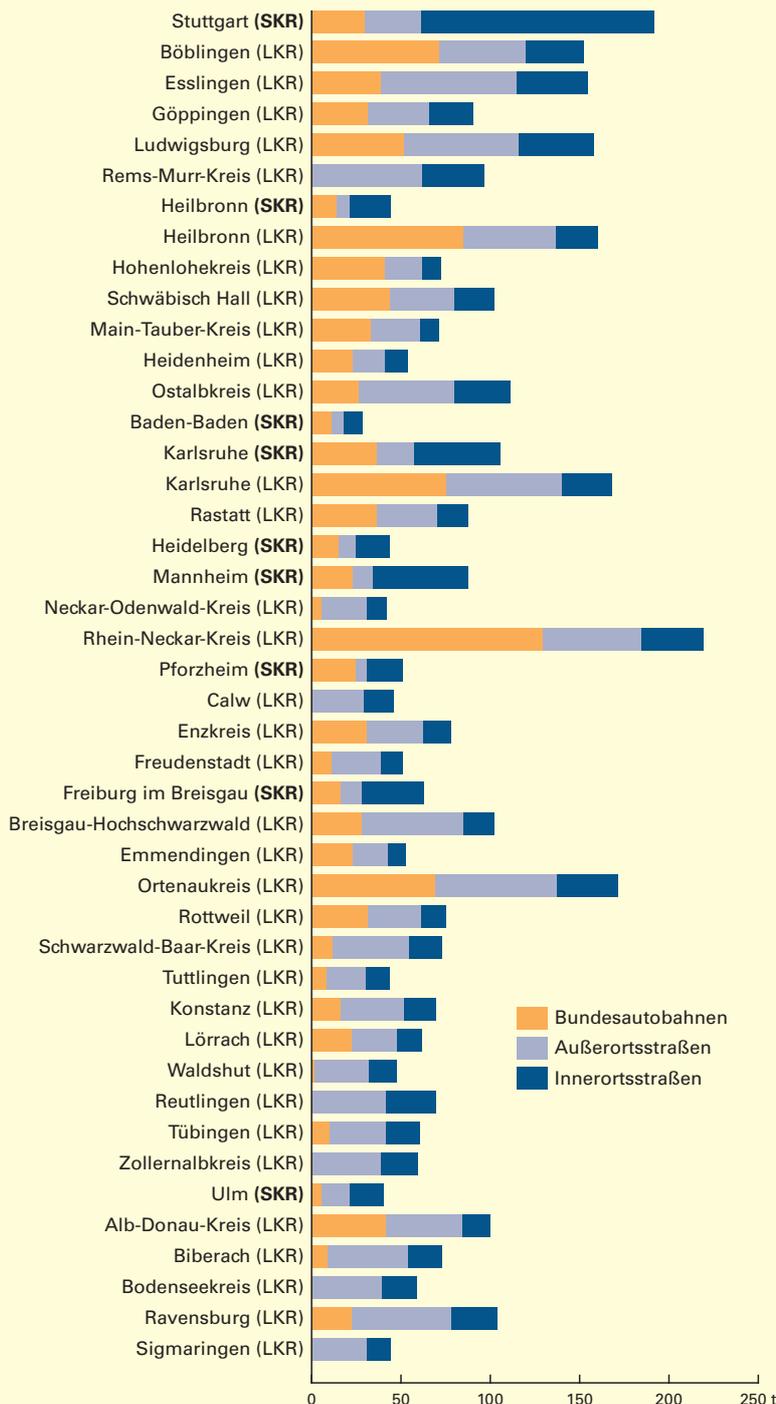
Höhe und Entwicklung der straßenverkehrsbedingten Emissionen in den Stadt- und Landkreisen sind in erster Linie abhängig von den jeweiligen Jahresfahrleistungen auf Außerorts- und Innerortsstraßen. Das Fahrleistungsaufkommen in den Stadt- und Landkreisen 2006 weist sehr große Unterschiede auf. So beträgt die Jahresfahrleistung im Rhein-Neckar-Kreis mit rund 5 Mrd. Kilometer fast das 8-fache der Fahrleistungen in Baden-Baden. Hohe Jahresfahrleistungen weisen auch Stuttgart, die Landkreise Esslingen, Ludwigsburg und Karlsruhe sowie der Ortenaukreis auf. Auch bestehen regional unterschiedliche Entwicklungen beim Lkw- und Pkw-Verkehr. Die Entwicklung vor allem bei CO<sub>2</sub>-Emissionen verläuft relativ eng verknüpft mit der Entwicklung der Jahresfahrleistungen. Allerdings weisen Jahresfahrleistung, CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie NO<sub>x</sub>- und PM10-Emissionen nicht zwingend die gleiche Tendenz auf. Veränderungen in der Verteilung nach Straßenkategorien und Fahrzeugarten führen teilweise sogar zu gegenläufigen Entwicklungen. Während die CO<sub>2</sub>-Emissionen in allen Kreisen zurückgingen, ist bei PM10 und Stickoxiden zuletzt verbreitet wieder eine Zunahme der Emissionen zu verzeichnen.

Die aktuelle Diskussion befasst sich vor allem mit möglichen Maßnahmen zur Reduzierung der PM10-Belastung in den Städten und Gemeinden im Land. Tatsächlich ist die Höhe der straßenverkehrsbedingten Feinstaub-Emissionen in den Stadt- und Landkreisen sehr verschieden. Auch die Verteilung auf Autobahnen, übrige Außerortsstraßen und auf Innerortsstraßen, die bei den Feinstäuben besonders relevant ist, weicht regional stark ab (*Schaubild 5*). Besonders hoch, sowohl absolut als auch bezogen auf den Strukturanteil, sind die PM10-Emissionen auf Innerortsstraßen in der Landeshauptstadt Stuttgart (68 %). Auch in den anderen Stadtkreisen (außer Baden-Baden) liegt der Anteil der innerörtlichen Feinstaub-Emissionen mit 40 % in Pforzheim und über 60 % in Mannheim deutlich höher als im Landesdurchschnitt (30 %). Aber auch zwischen den Landkreisen bestehen auffällige Unterschiede. ■

Weitere Auskünfte erteilen  
Dr. Helmut Büringer, Telefon 0711/641-24 18,  
[Helmut.Bueringer@stala.bwl.de](mailto:Helmut.Bueringer@stala.bwl.de)  
Sandra Kruschel, Telefon 0711/641-26 21,  
[Sandra.Kruschel@stala.bwl.de](mailto:Sandra.Kruschel@stala.bwl.de)

**S5**

Feinstaub (PM10)-Emissionen des Straßenverkehrs\*) in den Stadt- und Landkreisen Baden-Württembergs 2006 nach Straßenkategorien



\*) Personenkraftwagen, Lkw > 3,5 t und Busse, Lkw < 3,5 t, Krafträder. 1) Bundes-, Landes- und Gemeindenstraßen außerorts. 2) Ortsdurchfahrten und Gemeindestraßen innerorts.