

# Tempo 30 ist angewandter Klimaschutz



Anders als lange angenommen, kann Tempo 30 auch für den Klimaschutz hilfreich sein. Und das ist gut so, denn immerhin ein Viertel des gesamten CO<sub>2</sub>-Ausstoßes in Europa wird durch den Verkehr verursacht.

Schon vor der COP21-Konferenz in Paris hatte die EU sich das Ziel gesetzt, die verkehrsbezogenen Treibhausgase bis zum Jahr 2050 um 60% Prozent zu senken. Das bedeutet konkret: der Verkehrssektor darf dann nur noch 308 Millionen CO<sub>2</sub> ausstoßen, verglichen mit derzeit 771 Millionen Tonnen. (ECF 2011) Es geht also um 463 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> weniger, bei noch immer weiter steigendem Verkehr. Nur mit Fortschritten bei der Fahrzeugtechnik ist das nicht zu schaffen.

Positive Erfahrungen mit Tempo 30, oft im Zusammenhang mit anderen Instrumenten der Verkehrsberuhigung, eröffnen neue Perspektiven. Was Tempo 30 anderen Maßnahmen außerdem überlegen macht: Es kostet nicht viel und wirkt direkt auf das Verkehrsverhalten.

Das Thema ist noch nicht gut erforscht. Doch wir haben interessante Erfahrungswerte gefunden, die das Potenzial von Tempo 30 für den Klimaschutz umreißen. Gegenüber standardisierten Rechenmodellen, die in bisherigen wissenschaftlichen Studien manchmal verwendet wurden, zeigen sie mit realen Daten, dass Entlastungen fürs Klima möglich sind. Und je besser Tempo 30 umgesetzt und eingehalten wird, desto positiver sind die Effekte. Weitere Forschungen dazu lohnen sich auf jeden Fall.

## Klimarelevante Autoabgase – wo wir gesucht und gefunden haben

Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) gilt als dasjenige Gas, das am meisten zur Erderwärmung beiträgt. Es ist aber nicht das einzige Treibhausgas, das aus den Auspuffrohren kommt. Auch Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), also die Vorläufersubstanz für das dritt wichtigste Treibhausgas Ozon (O<sub>3</sub>), gehört als indirektes Treibhausgas dazu. Und Rußpartikel (EC), die vor allem von Dieselfahrzeugen ausgestoßen werden, leisten nach heutigem Kenntnisstand sogar den zweithöchsten Beitrag überhaupt zur globalen Erwärmung, nach CO<sub>2</sub>.

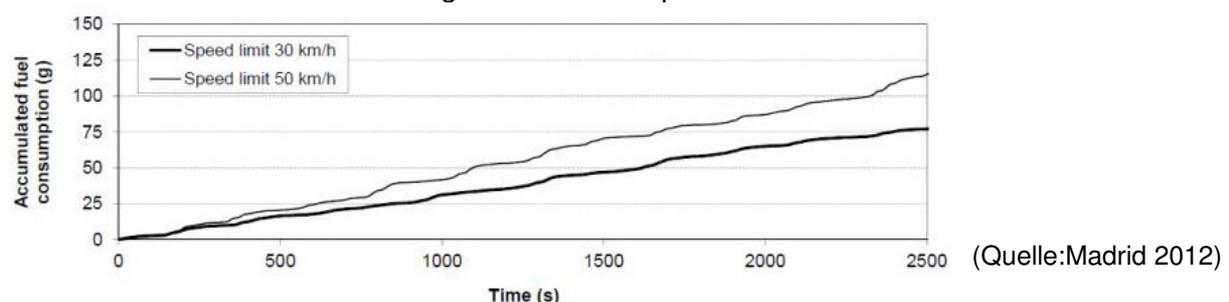
Die gefundenen Ergebnisse zeigen, dass dank Tempo 30 sowohl CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> als auch Ruß (EC) gesenkt werden können.

Schließlich möchten wir auch einzelne Ergebnisse zu hilfreichen Zusatzeffekten vorstellen: nämlich das Potenzial, das sich dann eröffnet, wenn Leute ihr Auto öfter stehen lassen und radeln oder zu Fuß gehen. Tempo 30 kann schließlich sogar Platz für mehr Grün im Straßenraum schaffen – echte CO<sub>2</sub>-Senken also.

## 1 Weniger CO<sub>2</sub> und Treibstoffverbrauch

### Beispiel Madrid

In Madrid (Spanien) wurden umfangreiche Untersuchungen mit zahlreiche Testfahrten in einem Stadtviertel durchgeführt, das sowohl Tempo 50- und Tempo-30-Bereichen hat. Sie ergaben dass auf den Tempo 30-Strecken insgesamt etwa ein Drittel weniger Treibstoff verbraucht wurde als auf den vergleichbaren Tempo-50-Strecken.



Die Grafik aus der Studie stellt den allmählichen Anstieg des insgesamt verbrauchten Benzins während der Fahrten durch das Stadtviertel dar. Bei Tempo 30 weist der Benzinverbrauch etwas weniger Schwankungen auf als bei Tempo 50. Die Verbrauchsspitzen lagen bei Tempo 50 bei 1,8-2,2 Gramm pro Sekunde, bei Tempo 30 bei 1 Gramm pro Sekunde. (Madrid 2012)

## 2. Erfolge durch stetigen Verkehrsfluss

Der wichtigste Spareffekt entsteht durch einen homogenen Verkehrsfluss. Das heißt, dass nur wenige Beschleunigungsvorgänge und Gangschaltungen nötig sind und der Anteil an Konstantfahrten hoch ist. Als Folge laufen die Motoren mit fast gleichbleibend niedrigen Drehzahlen. Optimal für den sparsamen Benzinverbrauch sind 1000 - 2000 U/min. Dann verläuft die Verbrennung langsamer und vollständiger, und es bilden sich weniger Schadstoffe.

### Beispiele

#### **Buxtehude / Deutschland:**

Nachdem die Stadt nahe Hamburg im Jahr 1983 die erste Tempo-30-Zone überhaupt eingeführt hatte, sank der Benzinverbrauch um 12 Prozent. Als Ursache dafür wurde die größere Homogenität im Verkehrsfluss identifiziert. „Waren die Geschwindigkeitsdifferenzen (..), als noch 50 k/h galt, aufgrund starken Abbremsens und Beschleunigens recht hoch (etwa 25-30 km/h), so haben sich die Differenzen nach der Tempoumstellung wesentlich verringert.“ Und „auch die weniger gewordenen Schalt- und Bremsvorgänge weisen deutlich auf einen besseren Verkehrsfluss hin.“ (Buxtehude / ADAC 1988)

Festgestellt wurde schließlich auch eine geänderte Fahrweise der Autofahrer: „Es wird gelassener und gleichmäßiger gefahren. Die befragten Autofahrer und Bewohner haben nach eigenem Bekunden sich freiwillig auf langsameres und vorsichtigeres Fahren eingestellt.“ (Buxtehude / ADAC 1988)

#### **Köniz / Schweiz:**

Tempo 30 wurde auf der Hauptstraße durch das Ortszentrum eingeführt. Es zeigte sich: „Die 18 000 Fahrzeuge fahren dank niedrigerem Tempo flüssiger durchs Ortszentrum als vorher. Koexistenz ist in Köniz Alltag.“ (Bern 2008)

#### **Madrid / Spanien**

In der schon erwähnten Studie wurden bei zahlreichen Testfahrten in einem zentralen Stadtviertel mit Tempo 50- und Tempo-30-Bereichen 15,4% weniger Treibstoff verbraucht, 20% weniger beschleunigt und um 5% niedrigere Motorendrehzahlen für die Tempo-30-Bereiche nachgewiesen. Das Fazit der Untersuchung: Ein niedrigeres Tempolimit in Wohnstraßen „ist eine gute Maßnahme, um den Treibstoffverbrauch und die dabei entstehenden Emissionen von Treibhausgas zu senken.“ (Madrid 2012)

#### **Rostock / Deutschland**

Anhand eines Modellversuchs wurde „tendenziell eine Reduzierung der Stausituationen beobachtet.“ (UBA 2015).

#### **Deutschlandweit**

In mehreren Untersuchungen aus ganz Deutschland, die sowohl Fahrten als auch Modellrechnungen umfassten, „wurde ein Rückgang beim Kraftstoffverbrauch und bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Einführung von Tempo 30 qualitativ nachgewiesen. Als Ursache wird der homogenere Verkehrsfluss bei niedrigem Geschwindigkeitsniveau genannt.“ (UBA 2015)

#### **Schweiz**

Vor und nach der Ausweisung von 2 Tempo 30-Zonen in Luzern und Bern wurden Praxistests mit einem Abgas-Messfahrzeug durchgeführt. Die positiven Auswirkungen sind vor allem auf die ruhigere und gleichmäßigere Fahrweise mit weniger Beschleunigungen und Verzögerungen zurückzuführen. (BUWAL 1998)

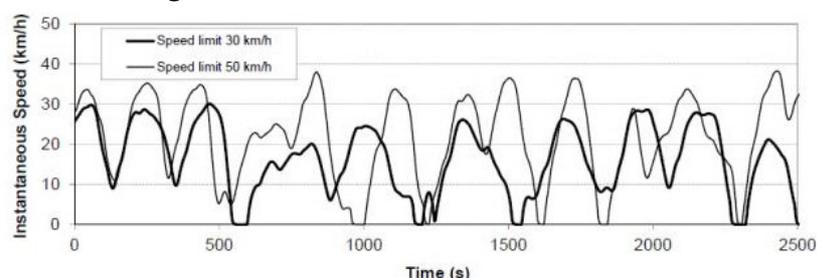


### 3. Einflüsse auf den individuellen Fahrstil

#### Details aus Madrid

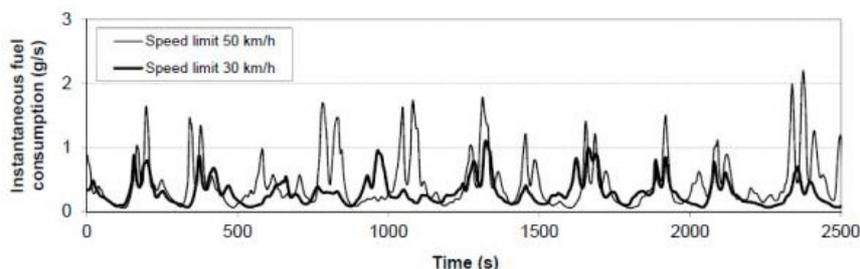
Die erwähnten Untersuchungen in Madrid legen die verblüffende Schlussfolgerung nahe, dass Tempolimits möglicherweise einen unwillkürlichen Einfluss auf den Fahrstil ausüben: Die Testfahrten führten durch ein Stadtviertel mit 30 km/h- und 50 km/h-Straßenanteilen, die optimal miteinander vergleichbar waren. Denn die Infrastrukturen hatten jeweils nach weniger als 100 Metern Kreuzungen, vor denen abgebremst werden musste. Die Verkehrsintensität war gleich, die Tageszeiten ebenfalls. Auch die Gesamtfahrzeiten waren gleich, weil u.a. wegen der Kreuzungen die 50 km/h nirgends erreicht wurden. Dennoch beschleunigte der Fahrer auf den Abschnitten mit 50 km/h um 20% mehr als bei Tempo 30, und die Drehzahlen waren 5% höher. Tempo 50 hatte demnach ohne äußere Notwendigkeit einen eher unruhigen Fahrstil provoziert, mit mehr Brems- und Beschleunigungsmanövern bei stärker durchgedrücktem Gaspedal. Dem entsprechen die Resultate für den Benzinverbrauch, die bei Tempo 50 mehr und höhere Verbrauchsspitzen zeigen als bei Tempo 30.

#### Geschwindigkeiten auf 50km/h-Strecke und 30 km/h-Strecke



Quelle: Madrid 2012

#### Benzinverbrauch auf 50 km/h-Strecke und 30 km/h-Strecke



Quelle: Madrid 2012

Weitere Tests während der Untersuchung bestätigten die bereits bekannte Annahme, dass auch der bewusst gewählte Fahrstil mit entscheidet. Das zeigte sich, als dem Testfahrer aufgetragen wurde, bewusst mit verschiedenen Fahrstilen zu fahren, einmal normal, einmal besonders sparsam, einmal aggressiv.

#### Benzinverbrauch bei bewusst unterschiedlichen Fahrstilen

Madrid	Benzinverbrauch (l / 100 km/h)
Tempo 50, normale Fahrweise	11,1 ± 0,8
Tempo 30, normale Fahrweise	9,4 ± 0,5
Tempo 30, sparsame Fahrweise	9,3 ± 1,0
Tempo 30, aggressive Fahrweise	12,2 ± 1,0
Tempo 30, im Durchschnitt	9,4 (Quelle: Madrid 2012)

Die Tabelle zeigt, dass normales und sparsames Fahren bei Tempo 30 klare Benzinspar-effekte gegenüber Tempo 50 mit normaler Fahrweise ergibt. Besonders aggressives Fahren bei Tempo 30 kann dagegen die möglichen Einsparungen überkompensieren.

## 4. Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Ruß

### Beispiel Berlin

Mit einer beeindruckenden Datenfülle aus Immissions-Messungen über jeweils sechs Jahre hinweg wurde in Berlin nachgewiesen, dass sowohl der Klimaschadstoff NO<sub>2</sub> als auch Ruß (EC) gesenkt werden können. Die Stickstoffdioxidwerte (NO<sub>2</sub>) sanken im 3-Jahresmittelwert um bis zu 20 Prozent und Ruß (EC) um bis zu 28 Prozent gegenüber vergleichbaren Tempo-50-Straßen. (Berlin / Rautterberg-Wulff 2015)

### 3-Jahresmittelwerte für Immissionen an 3 Berliner Hauptstraßen (vor und nach der Einführung von 30 km/h sowie im Vergleich mit anderen Hauptstraßen)

Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )	Ausgangswerte bei 50 km/h	nach der Einführung von 30 km/h		Unterschied zu vergleichbaren Hauptstraßen mit 50 km/h
		Wert	Prozent	
Silbersteinstr.	73,4 µg/m <sup>3</sup>	-11,7 µg/m <sup>3</sup>	- 17 %	- 20 %
Schildhornstr.	57,9 µg/m <sup>3</sup>	- 3,5 µg/m <sup>3</sup>	- 6 %	- 17 %
Beusselstr.	57,4 µg/m <sup>3</sup>	+ 0,2 µg/m <sup>3</sup>	+ 0,3 %	- 10 %

(Quelle: Berlin/Rautterberg-Wulff 2015)

Die Tabelle zeigt: Bezogen auf die Werte vor der Einführung von 30 km/h gingen die Immissionswerte für NO<sub>2</sub> in den drei Jahren nach der Einführung um bis zu 17% zurück. An den anderen Straßen stiegen sie weiter an. Ohne die Einführung von Tempo 30 hätten diese Schadstoffsteigerungen auch an den anderen Straßen stattgefunden. Sie müssen daher bei einem Vergleich mit eingezählt werden. Als Gesamtergebnis ergibt sich also durch Tempo 30 in der Silbersteinstraße (mit einem hohen Lkw-Anteil) eine Entlastung von insgesamt 20%, in der Schildhornstraße insgesamt 17% und in der Beusselstraße insgesamt 10%.

Ruß (EC)	Ausgangswerte bei 50 km/h	nach der Einführung von 30 km/h		Differenz im Vergleich zu Hauptstraßen mit 50 km/h
		Wert	Prozent	
Silbersteinstr.	7,6 µg/m <sup>3</sup>	- 2,9 µg/m <sup>3</sup>	- 38 %	- 17% bis -22%
Schildhornstr.	2,8 µg/m <sup>3</sup>	- 1,2 µg/m <sup>3</sup>	- 43 %	- 28%
Beusselstr.	2,7 µg/m <sup>3</sup>	- 0,9 µg/m <sup>3</sup>	- 33 %	- 7% bis -13%

(Quelle: Berlin/Rautterberg-Wulff 2015)

Diese Tabelle zeigt, dass Ruß in allen Straßen zurückging, in den Tempo-50-Straßen allerdings deutlich weniger als in den Tempo-30-Straßen. Nach dem Abzug der generellen Rückgänge beträgt der Effekt nur durch Tempo 30 in der Silbersteinstraße bis zu 22%; in der Schildhornstraße 28% und in der Beusselstraße bis zu 13%.

Es ist nicht nur die Datenfülle aus insgesamt 6 Jahren Dauermessungen, weswegen die Erkenntnisse aus Berlin so überzeugend sind. Hinzu kommt, dass Immissionen gemessen wurden, nicht die Emissionen. Dadurch sind die Daten unabhängig von einzelnen Einflussfaktoren, denn sie umfassen alles: die unterschiedlichen Fahrzeugtypen, alle Fahrstile – ob entspannt oder aggressiv. Nicht einmal die Wetterverhältnisse spielen eine Rolle, weil das ganze Jahr über bei Wind und Wetter Daten gesammelt werden.

### Weitere Erfolge bei Stickstoffoxiden (NO<sub>2</sub> und NO) und Ruß (EC)



#### Buxtehude:

Festgestellt wurde eine starke Reduzierung der NO<sub>x</sub>-Emissionen (NO<sub>2</sub> und NO), um ca 30%. Wurde eine bewusst „ruhigen Fahrweise“ gewählt, sanken die Emissionen um ca 50%. (Buxtehude / Holzmann 1988)

**Madrid:**

Bei Tempo 30 sank der NO<sub>x</sub>-Ausstoß von durchschnittlich 0,89 g/km auf 0,65 g/km, also um 27% (Madrid 2012)

**Graz**

Die NO<sub>x</sub>-Emissionen sanken nach der Einführung weiträumiger Tempo-30-Zonen um 24% und stadtweit – 2% (Graz 1995)

**München**

Bei Experimenten mit drei verschiedenen Pkw wurde festgestellt, dass bei Tempo 30 die NO<sub>x</sub>-Emissionen gegenüber Tempo 50 um etwa 50 % sanken, wenn Rechts-vor-Links galt. Wenn für die befahrene Straße die Vorfahrtsregelung galt, sanken bei Tempo 30 die Emissionen gegenüber Tempo 50 zwar auch, allerdings wurden dann nur Reduktionen von 9% erreicht. (zit. nach Berlin 2015 / Rautterberg-Wulff)

## 5 Ausblick: Zusätzliche Wirkungsmechanismen von Tempo 30 bei der Reduktion von Klimakillern

Die aktuellen Verkehrssteigerungen machen technische Verbesserungen an Fahrzeugen, E-Mobilität, alternative Treibstoffe etc, regelmäßig zunichte. Ohne dass die Mobilitätskultur sich insgesamt ändert, ist daher auch in den nächsten Jahren beim Straßenverkehr nur wenig Fortschritt für den Klimaschutz zu erwarten. Langsames und stetigeres Fahren dank Tempo 30 sind wirksame Gegenmittel, die durch indirekte Nebeneffekte ergänzt werden, nämlich durch:

- Umsteigeeffekte vom Auto aufs Fahrrad bzw das Zu-Fuß-Gehen
- eine gezielte Nutzung von frei werdendem Straßenraum für mehr Stadtgrün

Wir haben einige Beispiele gefunden, die eine Ahnung vom Potenzial vermitteln, das dadurch beim Klimaschutz helfen könnte.

## 6 Fahrrad statt Auto – und die Hälfte wäre schon geschafft



In **Bristol** (Großbritannien) waren nach der Einführung von Tempo 30 zwischen 10 - 36% mehr Menschen zu Fuß, bzw 4 – 37% mehr mit dem Fahrrad unterwegs, je nach Viertel, Wochentag und Wetter. (Bristol 2012)

Das Tempo-30 Menschen aus dem Auto heraus locken kann, zeigte auch die Stadt **Hilden** (Deutschland) , wo mit der Einführung von Tempo 30 in der Innenstadt auch der Anteil der Fahrradfahrten am gesamten Straßenverkehr auf 23 Prozent stieg. (20sPlentyforum 2010)

In **Kingston upon Hull** (Großbritannien) gaben nach der Einführung von 30 km/h-Tempolimits 25% der Anwohner.innen an, jetzt mehr zu laufen oder Fahrrad zu fahren. (Kingston upon Hull 2002)

Der **Europäische Fahrradclub** hat die CO<sub>2</sub>-Sparpotenziale für den Fall berechnet, dass die Menschen EU-weit verstärkt das Fahrrad benutzen.

- Wenn in ganz Europa so viel geradelt würde wie derzeit in Dänemark, könnte die EU zwischen 12 und 26% der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Verkehrsbereich einsparen, je nachdem, mit welchem anderen Verkehrsträger verglichen wird.
- Würde man den Anteil auf täglich 5 km Radeln statt Autofahren steigern, würde das den Einspareffekt auf 30% der verkehrsspezifischer CO<sub>2</sub>-Emissionen erhöhen – damit wäre das Ziel der EU, nämlich 60% weniger CO<sub>2</sub> im Verkehrsbereich zu erreichen, sogar schon zur Hälfte geschafft. (ECF 2011)

Von den vielen guten Kampagnen und Initiativen zur Förderung des Radverkehrs sei auch die deutsche Kampagne “**Kopf an, Motor aus**“ erwähnt, die sich 2009 und 2010 um das Umsteigen aufs Rad bei Kurzstrecken bemühte und ihre Erfolge in gesparte CO<sub>2</sub>-Emis-

sionen umrechnete. Neun Städte nahmen an der Kampagne teil. Abschließende Befragungen ergaben, dass die Kampagne so viele Menschen zum Umsteigen bewegte, dass 123 000 Millionen Auto-Kilometer eingespart wurden. Das entspricht 25.000 Tonnen CO<sub>2</sub>. (Kopf an – Motor aus 2010)

## 7 Klimafreundliche Umgestaltung des Straßenraumes



Bei der Anpassung von Städten an den Klimawandel spielen Grünflächen eine wichtige Rolle, allem voran die Bäume: Diese spenden Schatten auf den Straßen und fangen bei starken Regenfällen einen Teil der Niederschläge auf, die dann langsamer abfließen. Außerdem nehmen sie CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre auf, speichern den Kohlenstoff (C) daraus ein und geben den Sauerstoff (O<sub>2</sub>) wieder in die Atmosphäre ab (Fotosynthese). Bäume machen also die klimaveränderte Stadt nicht nur erträglicher für alle, sie tragen sogar aktiv zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes bei.

Je mehr Bäume in den Städten wachsen können, desto besser. Es muss allerdings darauf geachtet werden, dass die Straßen weiter gut durchlüftet werden. Und weil dort, wo der Verkehr langsamerer fließt, weniger breite Fahrbahnen nötig sind und weil sich überdies gezielte Fahrbahnverengungen als gutes Mittel der Verkehrsberuhigung erwiesen haben, gibt es auch Potenzial für zusätzlichen Klimaschutz.

Für **Leipzig** wurde nachgerechnet, dass jeder der dortigen fast 80 000 Stadtbäume durchschnittlich 44,1 kg CO<sub>2</sub> pro Jahr aufnimmt. Dabei war die Hälfte der Bäume erst nach dem Mauerfall gepflanzt worden und hat derzeit einen Stammdurchschnitt von nur etwa 5 – 10 cm (in Brusthöhe). Große alte Bäume können sogar bis zu tausend mal mehr Kohlenstoff durch die CO<sub>2</sub> abspalten und speichern. (Weigert 2011).

Die Stadt **Buxtehude** hat nach der Einführung von Tempo 30 die betreffenden Straßen umgestaltet und dabei insgesamt 420 zusätzliche Bäume gepflanzt. Die unversiegelten Flächenanteile in der Stadt konnten insgesamt verdoppelt werden, so dass bei Regen nun auch das Wasser besser versickern kann. (Buxtehude/Holzmann 1988)



## Anhang Übersicht über die wichtigsten klimarelevanten Stoffe aus dem Straßenverkehr

### CO<sub>2</sub> aus dem Autoverkehr

Alle fossile Treibstoffe enthalten chemisch gebundene Kohlenstoffatome (C). Wenn beim Fahren der Treibstoff zusammen mit Sauerstoffatomen (O) aus der Luft verbrennt, oxidieren die C-Atome zu Kohlenstoffoxiden, also zu CO<sub>2</sub> (Kohlendioxid) oder CO (Kohlenmonoxid). Über die Abgase entweichen diese dann in die Atmosphäre. Katalysatoren können sie nicht herausfiltern.

Der Maßstab für den Ausstoß von verkehrsbezogenem CO<sub>2</sub> ist der Kraftstoffverbrauch. Durch die Verbrennung von einem Liter Benzin entstehen 2370 Gramm CO<sub>2</sub>, bei einem Liter Diesel sind es 2650 Gramm CO<sub>2</sub>. Dass ein Liter Kraftstoff mehr als 2 kg CO<sub>2</sub> produziert, ist nur auf den ersten Blick erstaunlich. Dies liegt an der Masse des dabei eingebundenen Luftsauerstoffs. (Dekra 2016)

Wie viel Benzin verbraucht wird und dementsprechend CO<sub>2</sub> entsteht, hängt vom jeweiligen Fahrverhalten ab, ebenso wie von der Fahrzeugtechnik und der Treibstoffqualität.

### NO<sub>2</sub> und Bodenzon

Stickstoffoxide tragen indirekt zum Klimawandel bei, indem sie unter dem Einfluss des Sonnenlichts zu troposphärischem Ozon (O<sub>3</sub>), genannt „Bodenzon“, reagieren, einem starken Treibhausgas. Wenn die Sonne untergegangen ist, baut sich Ozon wieder ab.

Die Spitzenwerte von Ozonbelastungen haben in den letzten Jahren immer weiter abgenommen, was die unmittelbaren Gesundheitsrisiken stark reduziert hat. Allerdings ist der generelle Ozongehalt im 20. Jahrhundert stark angestiegen, was man an vergleichsweise hohen Jahresmittelwerten, vor allem im städtischen Hintergrund, ablesen kann. Als Folge funktioniert auch der Abbau-Effekt weniger gut. Selbst am Ende einer Nacht ist Ozon manchmal nicht mehr vollständig abgebaut. Ozon sowie die Stickoxide (als Vorläufersubstanz) sind deshalb ein wichtiger Aspekt beim Klimaschutz. Derzeit geht man davon aus, dass bodennahes Ozon 16 % der globalen Erwärmung, die durch die bisher von Menschen emittierten Treibhausgase verursacht wird, verursacht (EEA 2011)

Stickoxide entstehen, wenn bei dem Verbrennungsprozess im Motor sehr hohe Temperaturen erzeugt werden und der Stickstoff aus der Luft mit dem Sauerstoff zu Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) oder anderen Stickoxiden verbrennt.

### **VOC und Bodenozon**

Bei der Bildung des Treibhausgases Bodenozon gibt es verschiedene Reaktionswege. Immer spielt NO<sub>2</sub> dabei die Hauptrolle, und bei einem der Reaktionswege sind auch die VOC beteiligt, indem sie über Zwischenstufen mit NO zu NO<sub>2</sub> reagieren, das dann unter UV-Licht zu Ozon weiter reagiert (LfU 2015, siehe auch oben: „NO<sub>x</sub>“)

Die flüchtigen organischen Verbindungen („volatile organic compounds“, VOC) verstärken also die Ozonbildung. Zu den VOC gehören z.B. Kohlenwasserstoffe, Kohlenmonoxid und Aromate. VOC haben verschiedene Quellen: meistens stammen sie aus Aktivitäten, in denen Lösungsmittel verwendet werden, also zum Beispiel Farben und Lacke.

Etwa 10% der Gesamtbelastung durch VOC stammt aus dem Straßenverkehr.

Beim Verbrennungsprozess im Motor verhalten sich VOC gegenläufig zu NO<sub>x</sub> und anderen Schadstoffen: Beim langsameren Fahren werden VOC verstärkt emittiert, während die NO<sub>x</sub> abnehmen. Muss man sich also entscheiden, was wichtiger ist? Das wissenschaftliche Urteil geht dahin, dass die Abnahme der anderen Schadstoffe wichtiger ist und die VOC außerdem in anderen Sektoren, wie etwa Lösungsmitteln, besser reduziert werden können. Wer auch im Verkehr beides senken will, hat nur eine Wahl: das Kfz stehen lassen.

### **Ruß**

Rußpartikel (EC) tragen mehrfach zur Erwärmung der Atmosphäre bei:

Einerseits absorbieren sie die Sonnenstrahlung und erwärmen damit direkt die Umgebungsluft. Andererseits beeinflussen sie die Bildung der Wolken, so dass mehr Sonnenstrahlung die Erde erreicht.

Schließlich werden Schnee- und Eisflächen durch Rußablagerungen verdunkelt, und während weiße Flächen das Sonnenlicht fast vollständig reflektieren und kühl bleiben würden, verfärben die Rußpartikel die Fläche und verringern die Rückstrahlungsfähigkeit (Albedo) – der Schnee schmilzt schneller. Darunter kommt meist eine dunkle Fläche zum Vorschein, und als Folge wird noch mehr Sonne absorbiert. Die Umgebung erwärmt sich weiter. Man spricht deshalb auch von einer Eis-Albedo-Rückkoppelung.

An Alpengletschern wurde nachgewiesen, dass Rußablagerungen zu Beginn des 20. Jahrhunderts zusätzliche Schneeschmelzen von etwa 90 Zentimeter pro Saison verursachten. Damals stammten die Rußablagerungen aus der ersten großen Industrialisierungswelle. Heute finden die Effekte aufgrund des Alpenverkehrs statt. (Painter 2013). Nach dem heutigen Kenntnisstand verursachen Rußemissionen den nach CO<sub>2</sub> zweithöchsten Beitrag zur weltweiten Klimaerwärmung. (Bond 2013)

Eine Recherche von EUGENT – Europäische Gesellschaft für Entschleunigung gUG,  
unterstützt von der Dr. Joachim und Hanna Schmidt-Stiftung für Umwelt und Verkehr; Stand 1/2016

