



Fachtagung am 29. Januar 2004

# Auto(mobil) und Umweltschutz

Technik und Fahrverhalten – an welchen Rädchen dreht der Fahrer?

**Augsburg, 2004 – ISBN 3–936385–47–5**

Herausgeber: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz  
Bürgermeister–Ulrich–Straße 160, 86179 Augsburg  
Tel.: (0821) 90 71 – 0  
Fax: (0821) 90 71 – 55 56  
eMail: [poststelle@lfu.bayern.de](mailto:poststelle@lfu.bayern.de)  
Internet: <http://www.bayern.de/lfu>

Zitiervorschlag:

Bayer. Landesamt für Umweltschutz (Veranst.):  
Auto(mobil) und Umweltschutz (Augsburg 29.01.2004), Augsburg, 2004

Das Bayerische Landesamt für Umweltschutz (LfU) gehört zum Geschäftsbereich des  
Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUGV).

© Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Augsburg, 2004

Gedruckt auf Recyclingpapier

# Inhaltsverzeichnis

<b>Programm</b>	2
<b>Umweltberatung Bayern – Informationen für Mensch und Umwelt</b>	3
Dr. Katharina Stroh, Susanne Weichwald, LfU	
<b>Schadstoff-Belastung durch das Auto – Schwerpunkt Luftschadstoffe</b>	5
Dr. Otto Wunderlich, Vizepräsident, LfU	
<b>Ansprache von Menschen mit unterschiedlichen Mobilitätsstilen in der Umweltkommunikation</b>	35
Konrad Götz, Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE-GmbH)	
<b>Ergebnisse der Klausurtagung „Biokraftstoffe“ BMU/UBA 26./27.06.2003 in Berlin</b>	40
Dr. Andreas Ostermeier, Umweltbundesamt (UBA) Berlin	
<b>Neue emissionsparende Fahrzeugkonzepte</b>	54
Dr.-Ing. Enno Thiele, Institut für Technische Verbrennung der Universität Hannover Prof. Dr. Ing. Günter Peter Merker	
<b>Straßenverkehr als Sorgenkind des Lärmschutzes – Leises Fahren –</b>	67
Dr. Alexander Attenberger, LfU	
<b>Spritsparendes Fahren</b>	80
Ingrid Hetzenecker, Lech-Elektrizitätswerke AG	
<b>Literaturliste „Auto(mobil) und Umweltschutz“</b>	92
<b>Linkliste „Auto(mobil) und Umweltschutz“</b>	95
<b>Tagungsleitung / Referenten</b>	97



**Auto(mobil) und Umweltschutz**  
**Technik und Fahrverhalten – an welchen Rädchen dreht der Fahrer?**

**29. Januar 2004**

**Leitung:** Vizepräsident Dr. Otto Wunderlich, Elisabeth Süß, LfU

- 09.30 – 09.45 Uhr **Begrüßung**  
Präsident Christoph Himmighoffen, LfU
- 09.45 – 10.45 Uhr **Schadstoff-Belastung durch das Auto – Schwerpunkt Luftschadstoffe**  
Dr. Otto Wunderlich, LfU
- 10.45 – 11.30 Uhr **Mobilitätsstile, Verbraucherwünsche, Verkehrsverhalten**  
Konrad Götz, Institut für sozial-ökologische Forschung
- 11.30 – 13.00 Uhr **Mittagessen**
- 13.00 – 13.45 Uhr **Neue Treibstoffe**  
Dr. Axel Friedrich, Umweltbundesamt
- 13.45 – 14.30 Uhr **Emissionssparende Fahrzeugkonzepte**  
Prof. Dr.-Ing. Günter Peter Merker, Universität Hannover
- 14.30 – 15.00 Uhr **Kaffeepause**
- 15.00 – 15.45 Uhr **Straßenverkehr als Sorgenkind des Lärmschutzes – leises Fahren**  
Dr. Alexander Attenberger, LfU
- 15.45 – 16.30 Uhr **Spritsparendes Fahren**  
Ingrid Hetzenecker, Verantwortliche für das Eco-Fahrtraining bei den Lechwerken Bayern

**begleitend**

- Fachausstellung im Foyer des LfU
- Literaturtisch
- Diskussionsmöglichkeiten nach jedem Vortrag

# Umweltberatung Bayern – Informationen für Mensch und Umwelt

**Dr. Katharina Stroh, Susanne Weichwald, LfU**

Basis jeder Arbeit im Umweltbereich ist neben dem unentbehrlichen Engagement auch ein breites Wissen über ökologische Zusammenhänge. Fakten dazu sind zwar reichlich vorhanden, aber oft in wissenschaftlichen Veröffentlichungen versteckt, die den Zusammenhang nur für Spezialisten erkennbar machen. An dieser Stelle möchte die Umweltberatung Bayern am Bayerischen Landesamt für Umweltschutz eine Brücke zwischen Fachwelt und Öffentlichkeit schlagen: In unseren Informationen übersetzen wir wissenschaftliche Erkenntnisse in eine allgemeinverständliche Sprache und stellen komplexe Zusammenhänge anschaulich dar.

Die Umweltberatung Bayern bietet Informationen für Menschen, die sich für eine intakte Umwelt engagieren wollen. Daher unterstützen wir Multiplikatoren in Behörden, Verbänden und anderen Institutionen in ihrer täglichen Arbeit. Wir wenden uns mit unserem Angebot z.B. an:

- Umweltberater
- Umweltschutzingenieure
- Abfallberater
- Verbraucherberater
- Lehrer
- Mediziner
- Agenda 21–Engagierte

**Vielseitig und informativ** – wir bearbeiten zahlreiche Umweltthemen:

- Umweltchemikalien
- Klima und Energie
- Strahlung
- Gentechnologie, Biotechnologie
- Lärm
- Natur- und Landschaftsschutz
- Produkte
- Umweltbewusstes Verhalten

Darüber hinaus vermitteln wir Ihnen bei fachübergreifenden Fragen auch gerne Beratungsstellen aus anderen Ressorts.

**Allgemeiner Überblick und Spezialwissen** – wir bieten Ihnen beides:

Unsere **Publikationen** vermitteln einen allgemeinen Überblick. Sie können zur Weiterbildung, aber auch als Anregung für die eigene Arbeit, z.B. als Informationsgrundlage für Flyer verwendet werden. Bei speziellen Fragestellungen bieten wir Unterstützung bei der **Recherche** an. Eine gezielte Fortbildung ermöglichen **Seminare**, die wir regelmäßig zu aktuellen Umweltthemen veranstalten und für Multiplikatoren konzipieren.

Bei allen Informationsangeboten ist uns die ausgewogene Darstellung ein zentrales Anliegen. Die tragfähige Basis dafür bildet das Fachwissen des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz, der zentralen Fachbehörde für den technischen und ökologischen Umweltschutz. Darüber hinaus kooperieren wir mit anderen Fachbehörden und mit Forschungsinstituten, um auch über ressortübergreifende Themen und über den Stand der wissenschaftlichen Diskussion zu informieren. Finanziert wird die Umweltberatung Bayern vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUGV).

*Sie finden unser Angebot im Internet. Wenn Sie unsere Informationen regelmäßig bekommen wollen, schreiben Sie uns einfach eine Email. Wir werden Sie dann gerne in unseren Verteiler aufnehmen.*

*Ansprechpartnerinnen: Dr. Katharina Stroh, Susanne Weichwald*

*Telefon : 0821/9071-5671*

*Internet: [www.bayern.de/lfu](http://www.bayern.de/lfu)*

*Email: [umweltberatung@lfu.bayern.de](mailto:umweltberatung@lfu.bayern.de)*

## Schadstoff–Belastung durch das Auto – Schwerpunkt Luftschadstoffe

**Dr. Otto Wunderlich, Vizepräsident, LfU**

Meine sehr geehrten Damen und Herren,

Sie werden dem Programm entnommen haben, dass der erste Vortragende eine viertel Stunde mehr Zeit zugeteilt bekommen hat als alle anderen.

Das liegt nun weniger daran, dass man dem Vizepräsidenten einen kleinen Vorteil verschaffen wollte, sondern vielmehr daran, dass ihm die **fachliche Einführung** in die Tagung zusätzlich zugeteilt worden ist (Folie 1).

Nun, „Auto(mobil) und Umweltschutz“ heißt das Thema und diese drei Worte **„Auto, mobil, Umweltschutz“** versprechen interessante Verknüpfungen, führen zu schwierigen Fragen und fordern zukunftsichere Antworten. Und das nicht zuletzt auch deshalb, weil hier jeder einzelne unmittelbar betroffen ist.

„Das **Auto** ist eine Wunschmaschine“ steht oben links in unserem Einladungs–Flyer. „Große wie kleine Abenteuer rücken näher, Besitzerstolz und Selbstbild werden transportiert, die individuelle Pflege und Gestaltung machen es zu einem persönlichen Freund, es dient als Wohn–, Musik– und Arbeitszimmer...“.

Das klingt wohlgeformt, allgemeinverständlich und bürgernah, also ganz der Stil, den sich unsere neue Umweltberatung auf die Fahnen geschrieben hat. Ergänzend dazu als Faktum die Entwicklung des Kraftfahrzeugbestandes in Deutschland von 1980 bis 2003 (Folie 2), die diese „Freundschaft“ eindrucksvoll bestätigt.

„**Mobil** zu sein, ist für viele ein Sinnbild für Freiheit und Individualität“ formuliert der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen in seinem Umweltgutachten 2002 an die Bundesregierung.

Und weiter: „Mobilität ist ein Grundelement unseres heutigen Lebens, sie ist Voraussetzung für die wirtschaftliche und soziale Entwicklung eines Landes.“ Dazu als Faktum die Entwicklung der Fahrleistung des Straßenverkehrs in Deutschland seit 1980 mit einer Prognose bis 2020 (Folie 3); und dann die berechtigte Frage, kann das denn so weitergehen?

Schließlich **Umweltschutz** in Verbindung mit Auto und Mobilität: hier sind unglaublich viele Fachbereiche betroffen. Die Bandbreite geht vom

- **Gesundheitsschutz**, konkret betreffend die Luftschadstoffe und den Lärm, über den
- **Klimaschutz** bis zum
- **Pflanzen–, Boden– und Gewässerschutz**. Daneben sind Fragen der
- **Abfallwirtschaft**, d.h. der Vermeidung, der Verwertung und der Entsorgung von Bedeutung.
- **Natur– und Stadtverträglichkeit** ist ein wichtiges Anliegen; und schließlich unser überragendes Zukunftsthema:
- **Energieverbrauch** und
- **Ressourcenschonung**.

Aus dieser großen Palette haben wir uns heute einige Punkte herausgegriffen mit dem Ziel, das Problem bewusster zu machen und mit den Vorträgen, mit den Daten im Tagungsband, mit der Fachausstellung im Foyer, dem Literaturlisch und insbesondere auch mit den Diskussionen konkrete Fakten an Sie, als unsere Multiplikatoren, zu vermitteln. Ein bewusster Schwerpunkt soll sein, aufzuzeigen, „an welchem Rädchen der Einzelne drehen kann“, um umweltfreundlicher zu handeln.

Und damit wollen wir nun beginnen.

**„Schadstoff-Belastung durch das Auto – Schwerpunkt Luftschadstoffe“** ist der Titel des ersten Vortrags und ich habe seinen Inhalt wie folgt gegliedert (Folie 4):

1. Zunächst werden die vom Auto verursachten, wesentlichen Luftschadstoffe im einzelnen benannt und Zuordnungen zu einzelnen, allgemeinverständlichen Gruppen getroffen (Folie 5).
2. Danach richtet sich unser Augenmerk auf den Schadstoff-Ausstoß (Emissionen) des Straßenverkehrs in Deutschland von 1980 bis heute, mit einer Prognose des IFEU-Instituts, Heidelberg, bis ins Jahr 2020 (Folien 6 – 12). Die Prognose, Stand 10.2002, wurde vom Umweltbundesamt in Auftrag gegeben und ist heute allgemein anerkannte Grundlage von Planungen. Erfreulicherweise ist bei allen Luftschadstoffen ein Rückgang festzustellen, bei einzelnen (z.B. Partikel und Stickstoffoxide) allerdings erst in jüngster Zeit und bei Kohlendioxid bei weitem nicht im erforderlichen Umfang.
3. Von noch größerem Interesse ist die Entwicklung der Schadstoff-Einwirkungen (Immissionen), hier beispielhaft dargestellt mit den Messergebnissen von 1979 bis 2002 an den Messstationen Augsburg/Königsplatz, Augsburg/LfU und München/Stachus (Folien 13 – 20). Die Immissions-trends folgen vielfach denen der Emissionen. Komplexere Zusammenhänge bestehen allerdings beim Feinstaub-PM<sub>10</sub>, bei den Stickstoffoxiden und beim Ozon. Die Ursachen dafür werden diskutiert.
4. Die Beurteilung der gemessenen Immissionskonzentrationen erfolgt jeweils in Verbindung mit den aufgezeigten Schadstoffverläufen; eine Zusammenstellung von Immissionswerten findet sich in Folie 21. Zusammenfassend ist festzustellen, dass bei
  - Feinstaub-PM<sup>10</sup> groß- und kleinräumig Probleme bestehen, den ab 2005 geltenden Grenzwert einzuhalten,
  - Ruß zukünftig nicht mehr gesondert geregelt, sondern im Feinstaub mit erfasst wird, wobei etwa seit dem Jahr 2000 abnehmende Werte festgestellt werden,
  - Stickstoffdioxid punktuell noch Probleme macht, die bis 2010 voraussichtlich weiter abnehmen,
  - Benzol im Jahr 2010 eher kein Problem mehr sein dürfte und beim
  - Ozon die Spitzenwerte rückläufig sind, die Mittelwerte sich allerdings uneinheitlich verhalten;
  - Kohlenmonoxid und Blei können als Erfolgsgeschichte „verkauft“ werden.
5. Bei den Maßnahmen schließlich gibt es viele erfolgsversprechende Lösungsansätze. Mobilität, Fahrzeugtechnik, Treibstoffe und Fahrverhalten sind hierbei Schlüsselthemen und diese werden deshalb auch heute in weiteren Vorträgen vertieft. Daneben bestehen Ansätze mit Immissions- (Folie 21), und Emissionsbegrenzungen (Folien 22, 23), mit Luftreinhalteplänen (Folie 24) und mit verkehrlichen und planerischen Maßnahmen (Folien 25 – 27), bei denen sich jeder Einzelne selbst einbringen kann.

Zum Schluss des Fazits (Folie 28) kann festgestellt werden, dass wir die Europa–einheitlichen Grenzwerte nicht überall zu den jeweiligen Stichtagen einhalten werden können; dies sollte uns aber nicht davon abhalten, trotzdem das Mögliche zu tun.

An der anschließenden Diskussionen werden sich auch der Leiter des zuständigen LfU–Referates, Herr Dr. Peter Rabl, und sein Vertreter, Herr Dr. Heinz Ott, beteiligen, denen ich für die Ausarbeitung wesentlicher Teile der Vortragsfolien danke.



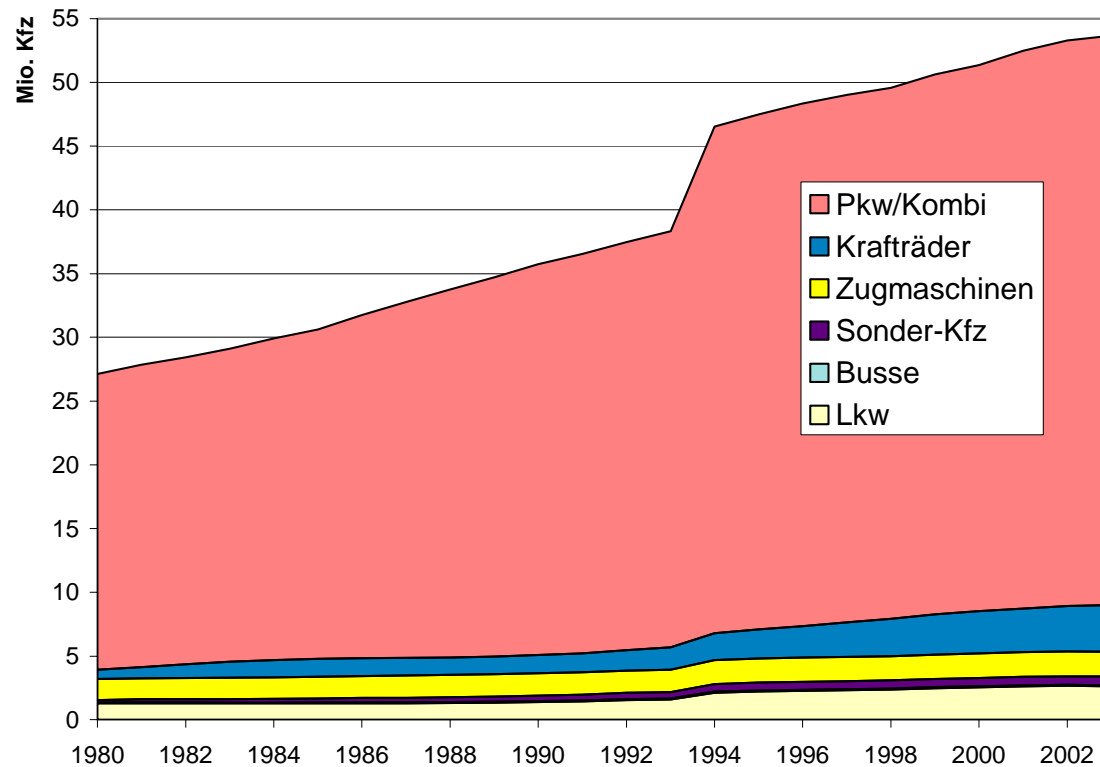
# Auto(mobil) und Umweltschutz

## Einführung

Dr. Wunderlich, Vizepräsident

- Auto
- mobil
- und
- Umweltschutz
  - **Gesundheitsschutz**  
Luftschadstoffe und Lärm
  - **Klimaschutz**
  - **Pflanzen–, Boden– und Gewässerschutz**
  - **Abfall und Reststoffe**
  - **Natur– und Stadtverträglichkeit**
  - **Energieverbrauch und Ressourcenschonung**

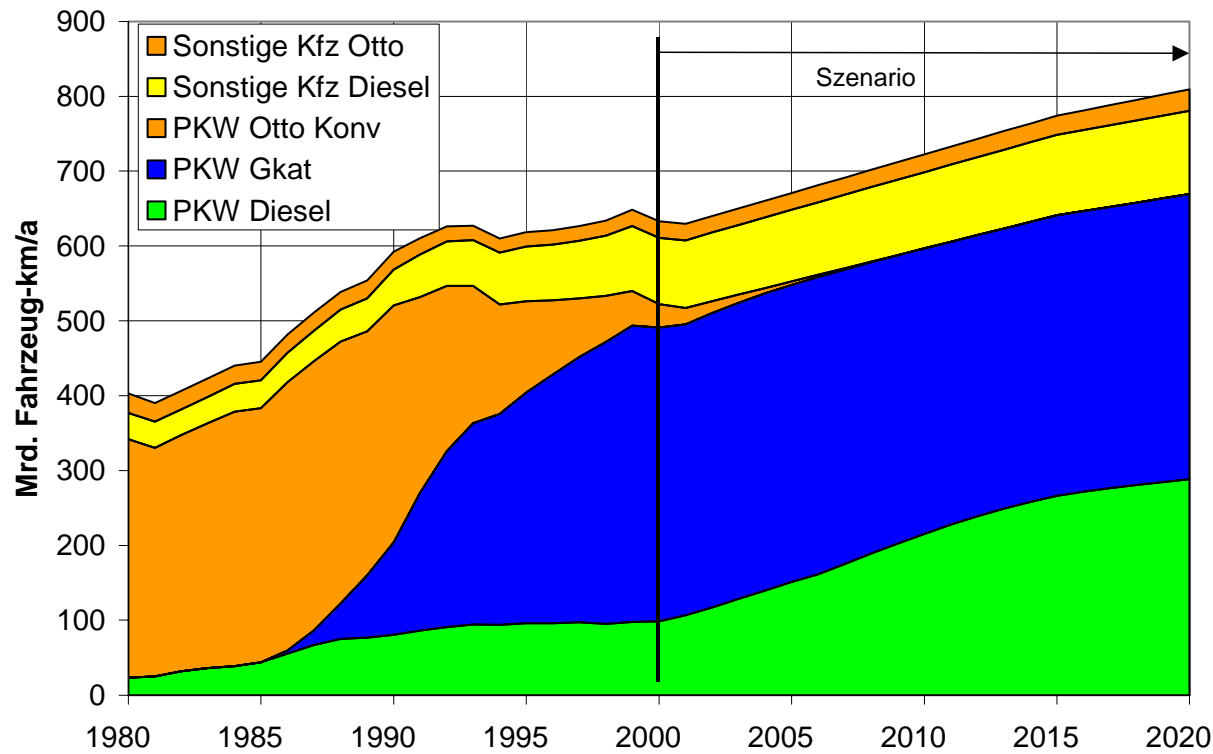
# Kfz-Bestand BRD 1980 – 2003



Zugmaschinen: ohne Landwirtschaft

Quelle: Kraftfahrtbundesamt  
01.01.2003

# Fahrleistung Straßenverkehr 1980 – 2020



**Straßenverkehr:  
Verkehr auf öffentlichen Straßen im Inland, ohne Landwirtschaft und Militär**

**Quelle: TREMOD (IFEU-Institut Heidelberg),  
Stand 10.2002**

# Schadstoffbelastung durch das Auto

## Schwerpunkt Luftschadstoffe

### Inhalt

#### 1. Autobezogene Luftschadstoffe

Benennung der relevanten, autobezogenen Luftschadstoffe (5)

#### 2. Schadstoff–Ausstoß (Emissionen)

Entwicklung der Emissionen einzelner Luftschadstoffe in Deutschland (6 – 12)

#### 3. Schadstoff–Einwirkung (Immissionen)

Entwicklung der Immissionen an den Messstationen Augsburg/Königsplatz, LfU und München/Stachus (13 – 20)

#### 4. Beurteilung anhand von Immissionswerten (21)

#### 5. Maßnahmen und Lösungsansätze

Fahrzeugtechnik, Treibstoffe, Fahrverhalten, I– + E– Begrenzung (22, 23), Luftreinhaltepläne (24), verkehrliche und planerische Maßnahmen (25 – 27), Fazit: Luftschadstoffe (28)

# Autobezogene Luftschadstoffe

## 1.1 Krebserzeugende Stoffe

Benzol, Ruß (Dieselrußpartikel)

## 1.2 Neu erkannte, hochproblematische Stoffe

Feinstaub-PM<sub>10</sub> (Partikel)

## 1.3 Sommersmog-relevante Stoffe

Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>: NO<sub>2</sub>, NO),  
Kohlenwasserstoffe (C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>)

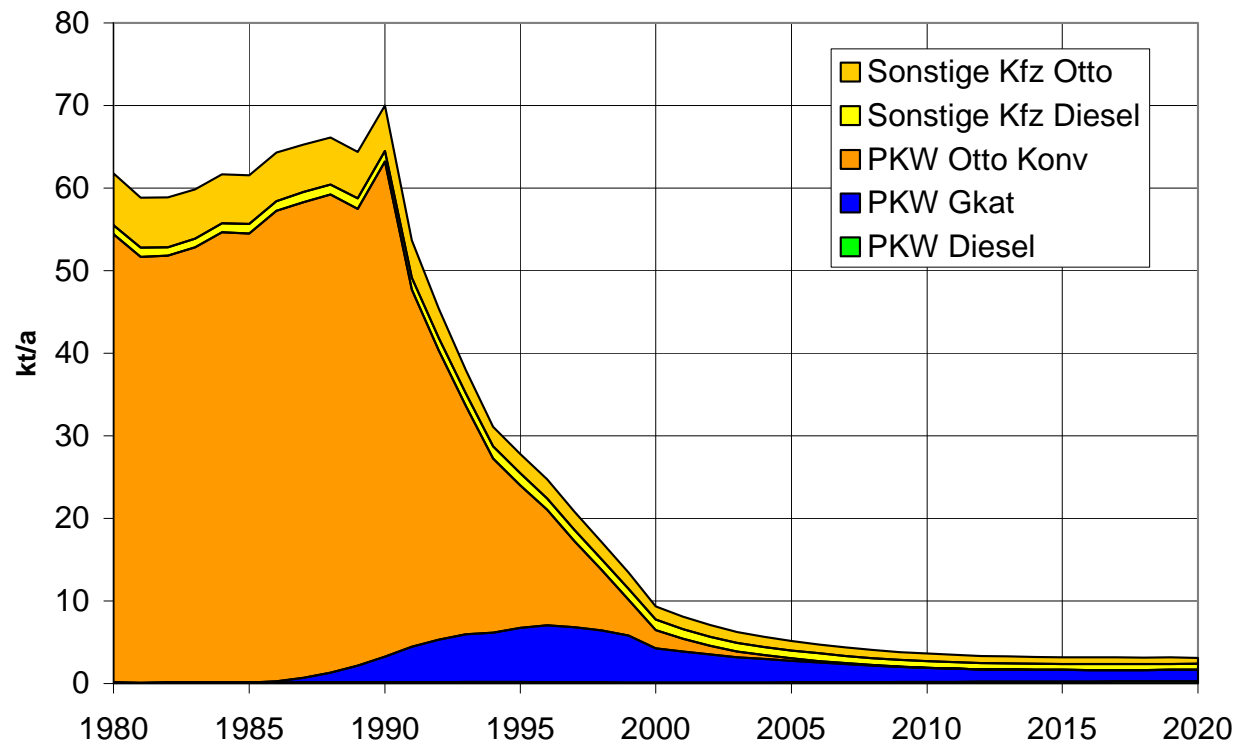
## 1.4 Weitere EU-geregelte Stoffe

Kohlenmonoxid (CO), Blei (Pb)

## 1.5 Klima-relevante Stoffe

Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Fluorchlorkohlenwasser-  
stoffe (FCKW)

# Benzol-Emissionen des Straßenverkehrs 1980 – 2020

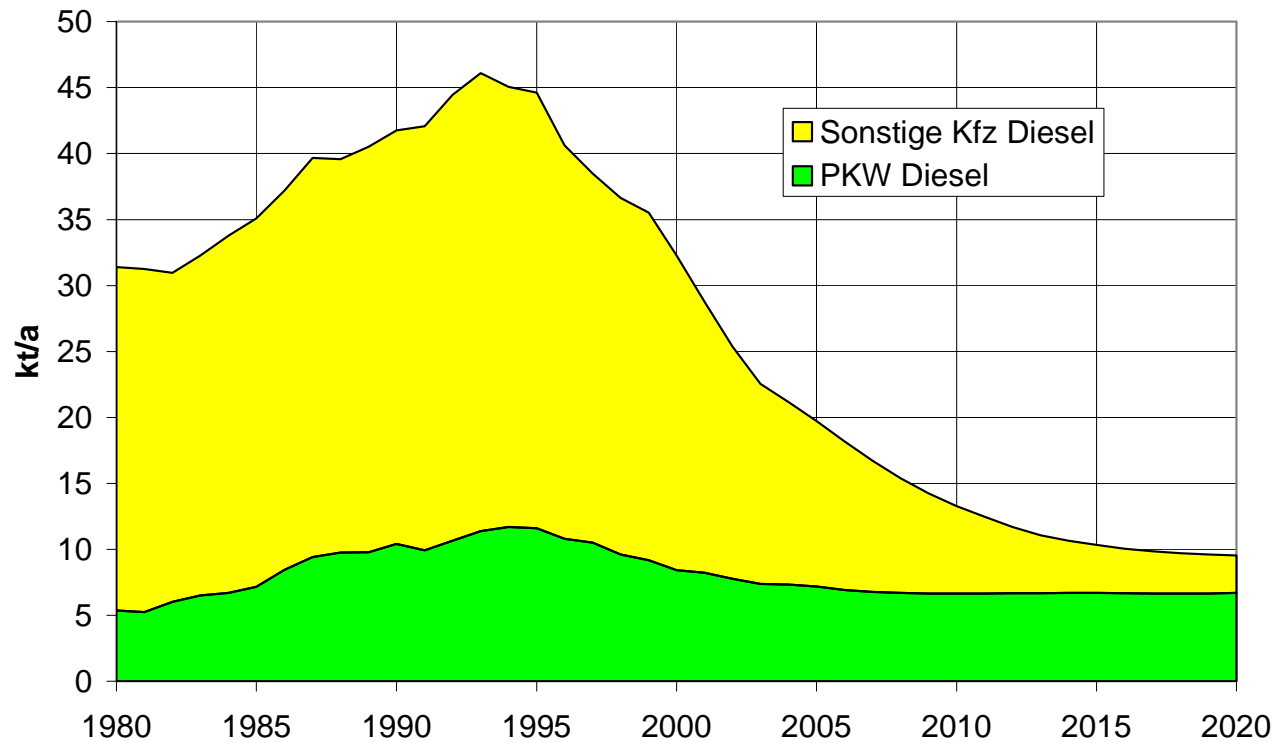


## Straßenverkehr:

Verkehr auf öffentlichen  
Straßen im Inland, ohne  
Landwirtschaft und  
Militär

Quelle: TREMOD (IFEU-  
Institut Heidelberg),  
Stand 10.2002

# Partikel-Emissionen des Straßenverkehrs 1980 – 2020

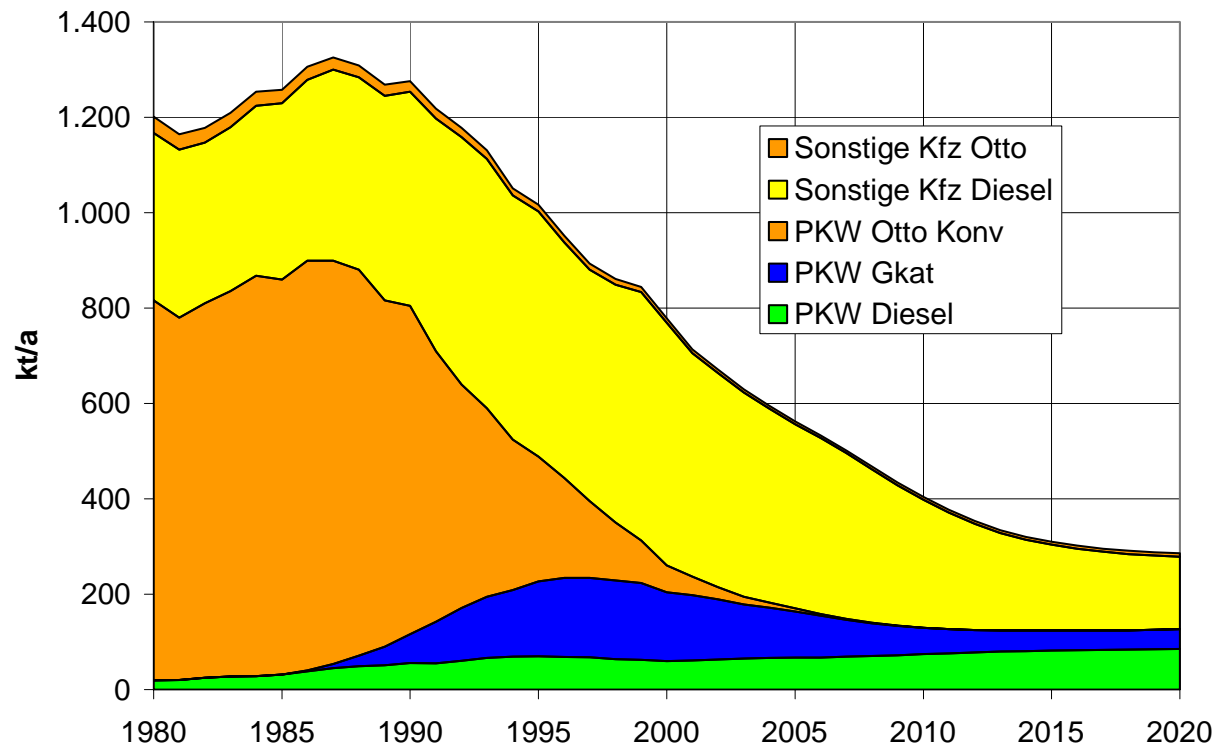


Partikel entspricht i.W.  
der  $PM_{10}$ -Fraktion

Straßenverkehr:  
Verkehr auf öffentlichen  
Straßen im Inland, ohne  
Landwirtschaft und Militär

Quelle: TREMOD (IFEU-Institut  
Heidelberg),  
Stand 10.2002

# Stickstoffoxid (NO<sub>x</sub>)– Emissionen des Straßenverkehrs 1980 – 2020



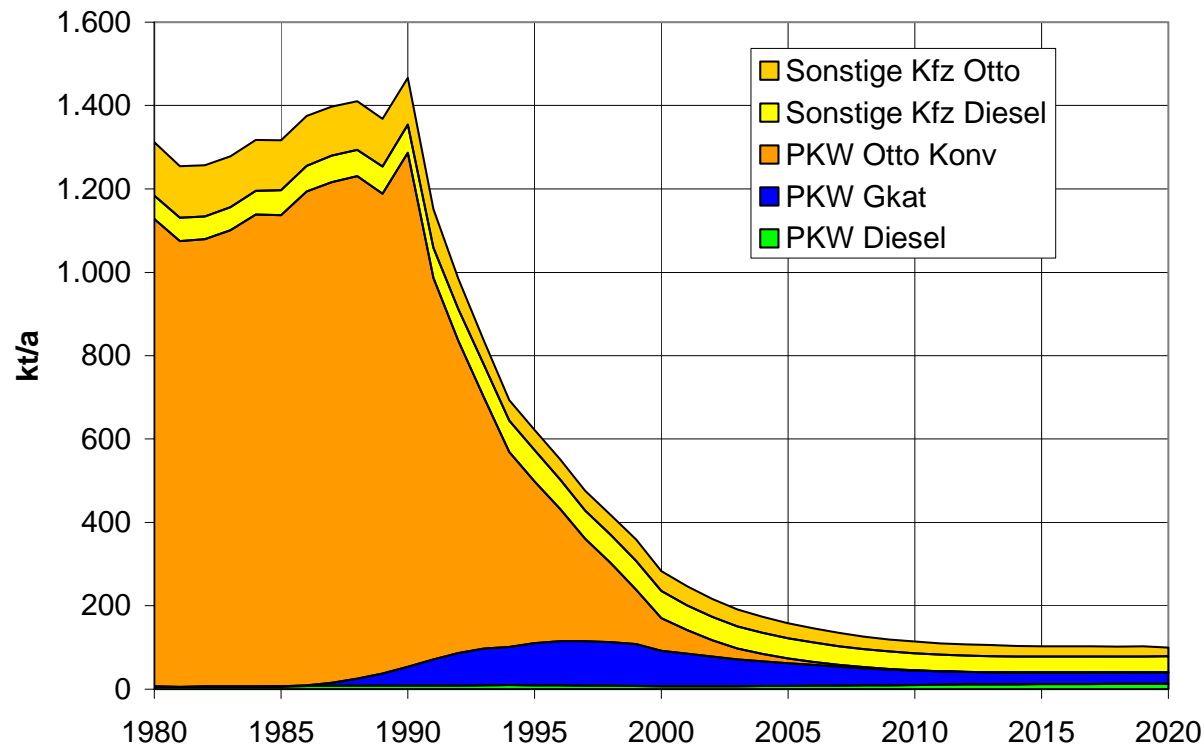
Angegeben als NO<sub>2</sub>

**Straßenverkehr:  
Verkehr auf öffentlichen  
Straßen im Inland, ohne  
Landwirtschaft und  
Militär**

Quelle: TREMOD (IFEU-  
Institut Heidelberg),  
Stand 10.2002



# Kohlenwasserstoff–Emissionen des Straßenverkehrs 1980 – 2020

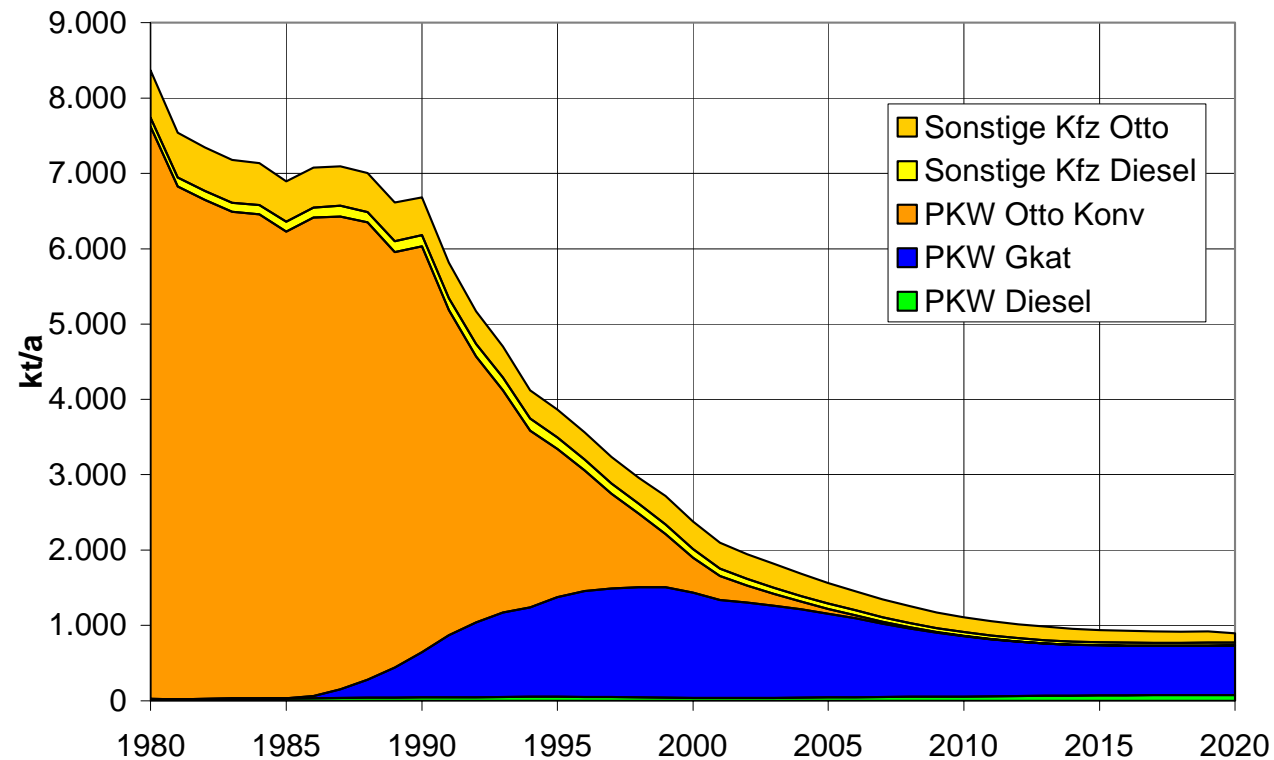


**Kohlenwasserstoffe  
ohne Methan (NMVOC),  
angegeben als CH<sub>1,85</sub>**

**Straßenverkehr:  
Verkehr auf öffentlichen  
Straßen im Inland, ohne  
Landwirtschaft und Militär**

**Quelle: TREMOD (IFEU-  
Institut Heidelberg),  
Stand 10.2002**

# Kohlenmonoxid (CO)–Emissionen des Straßenverkehrs 1980 – 2020

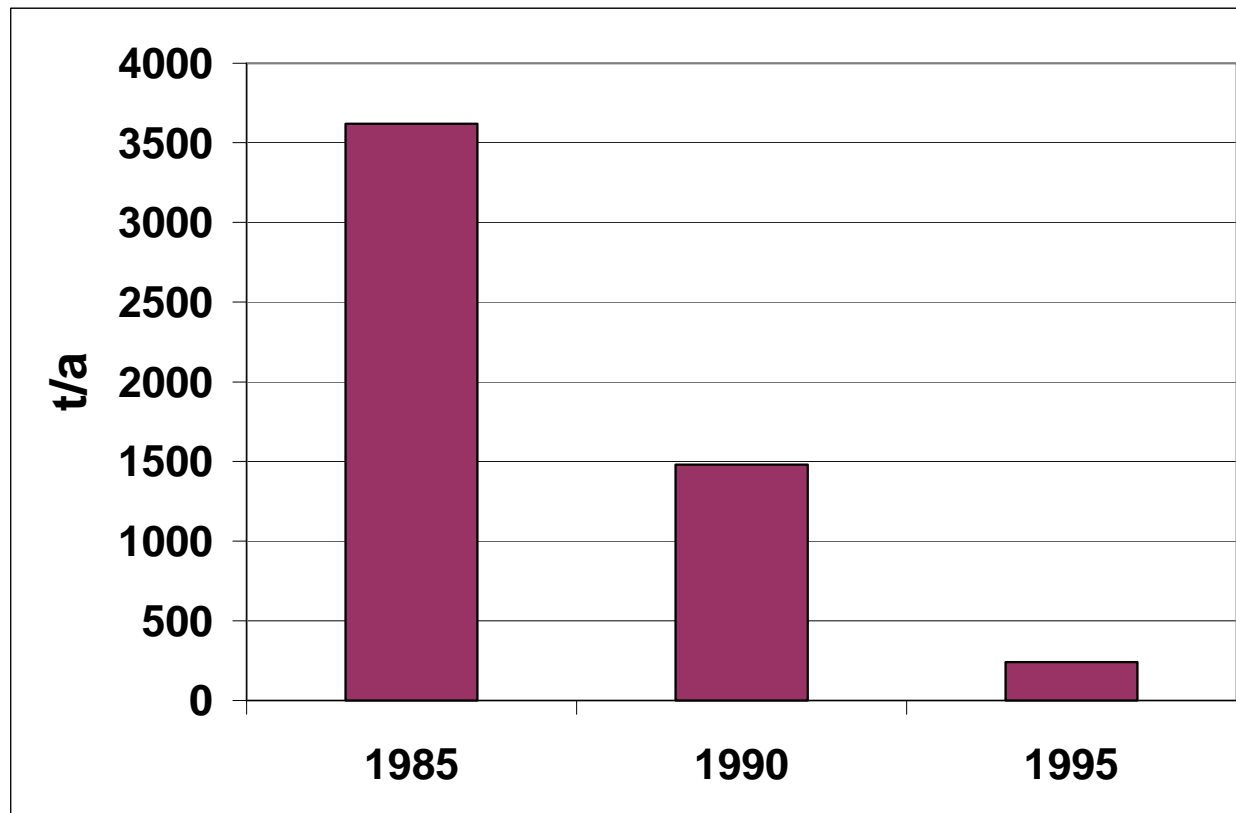


## Straßenverkehr:

Verkehr auf öffentlichen  
Straßen im Inland, ohne  
Landwirtschaft und  
Militär

Quelle: TREMOD (IFEU-  
Institut Heidelberg),  
Stand 10.2002

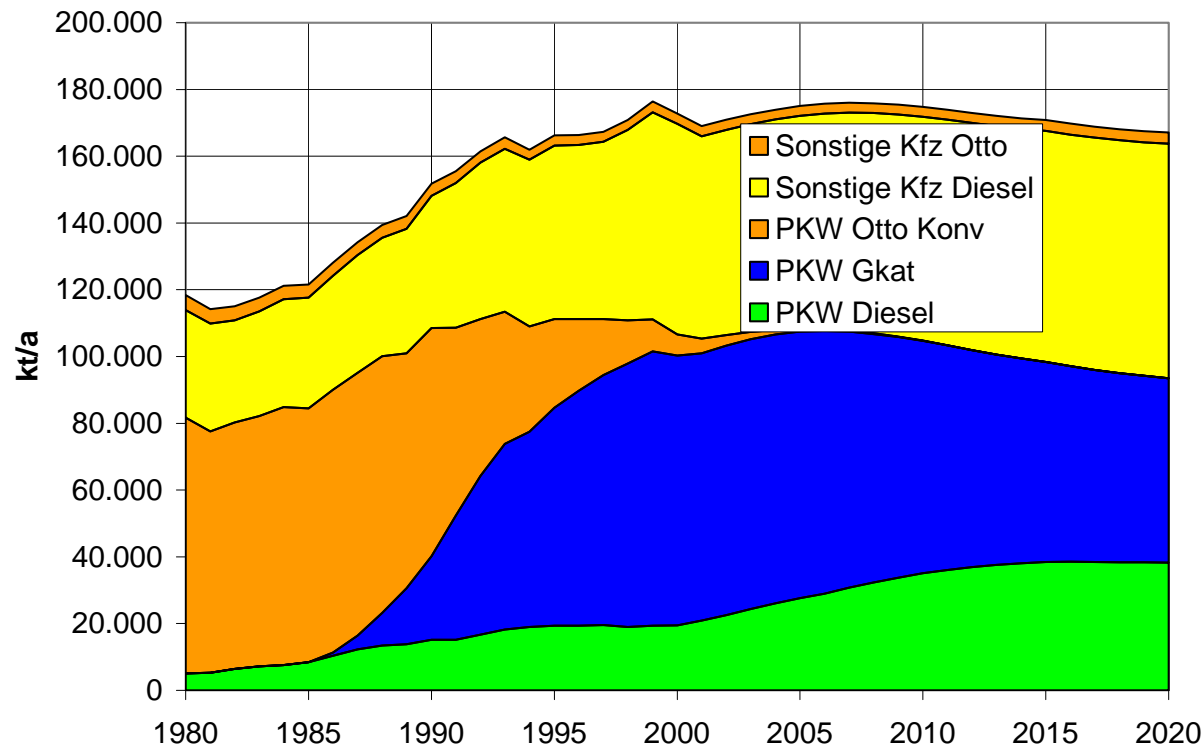
## Blei-Emissionen des Straßenverkehrs 1985 – 1995



Angaben für 1995  
geschätzt

Quelle: Umweltbundesamt,  
Stand 1998

# Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>–Emissionen des Straßenverkehrs 1980 – 2020



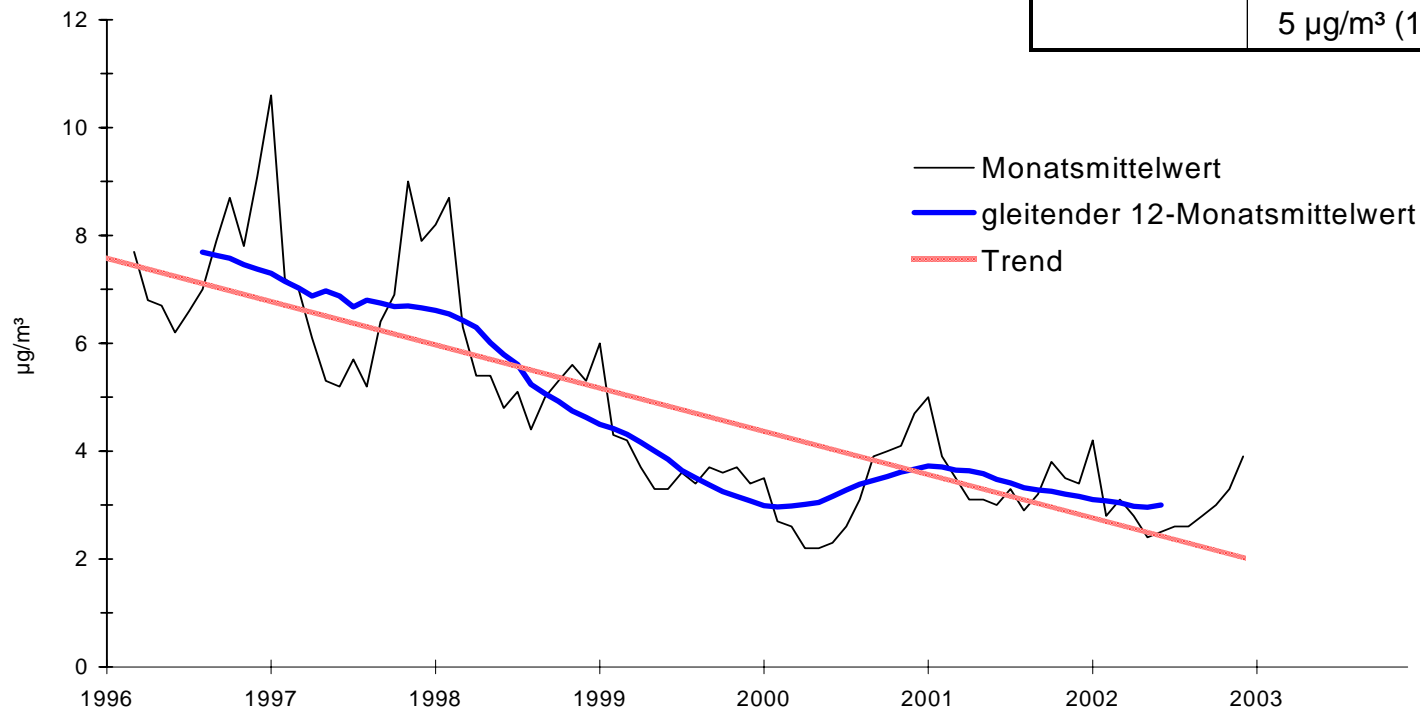
## Straßenverkehr:

Verkehr auf öffentlichen  
Straßen im Inland, ohne  
Landwirtschaft und Militär

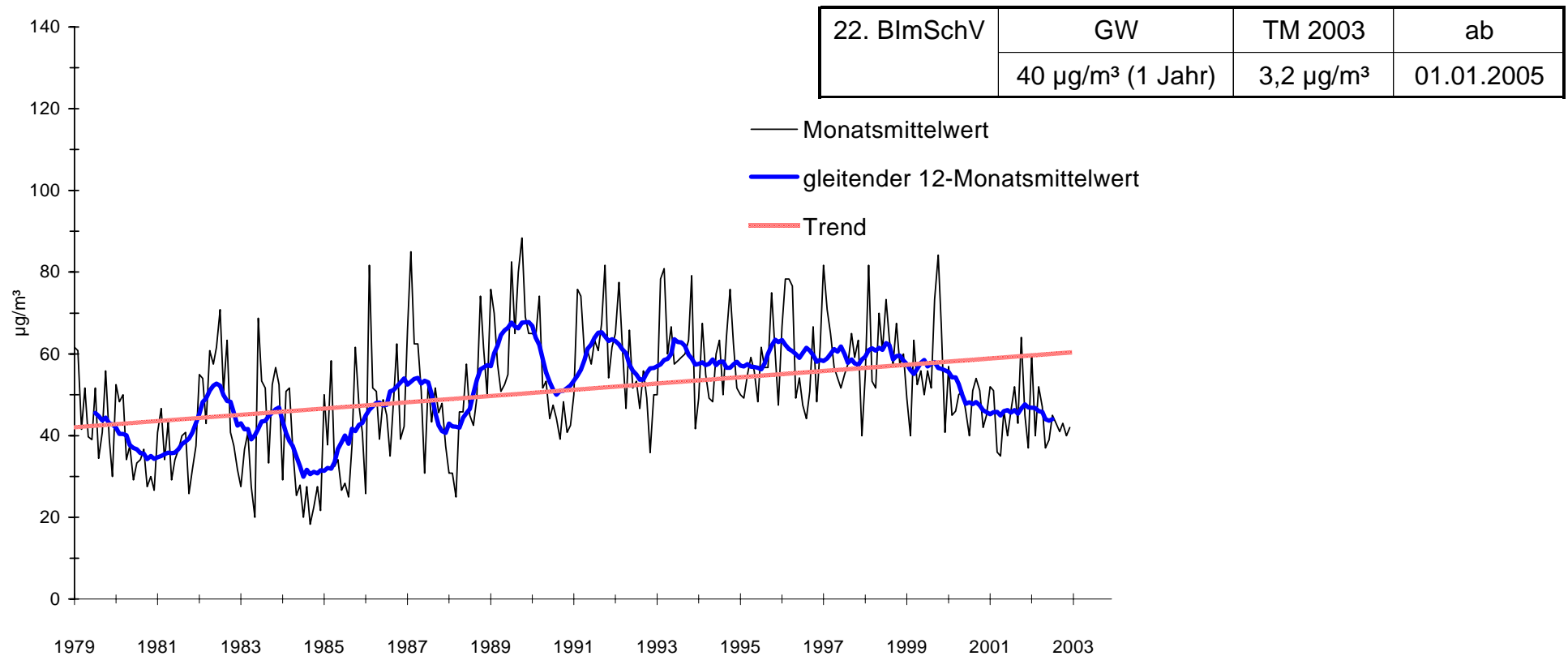
Quelle: TREMOD (IFEU-Institut  
Heidelberg),  
Stand 10.2002

# Langfristverlauf – Benzol – München/Stachus

22. BImSchV	GW	TM 2003	ab
	5 µg/m³ (1 Jahr)	5 µg/m³	01.01.2010



# Langfristverlauf – Feinstaub (PM<sub>10</sub>) – Augsburg/Königsplatz bis 31.12.1999 aus Schwebstaub berechnet



## Wodurch können Trendabweichungen zwischen Feinstaub–Emission und Immission bedingt sein?

### PM<sub>10</sub>-Quellen

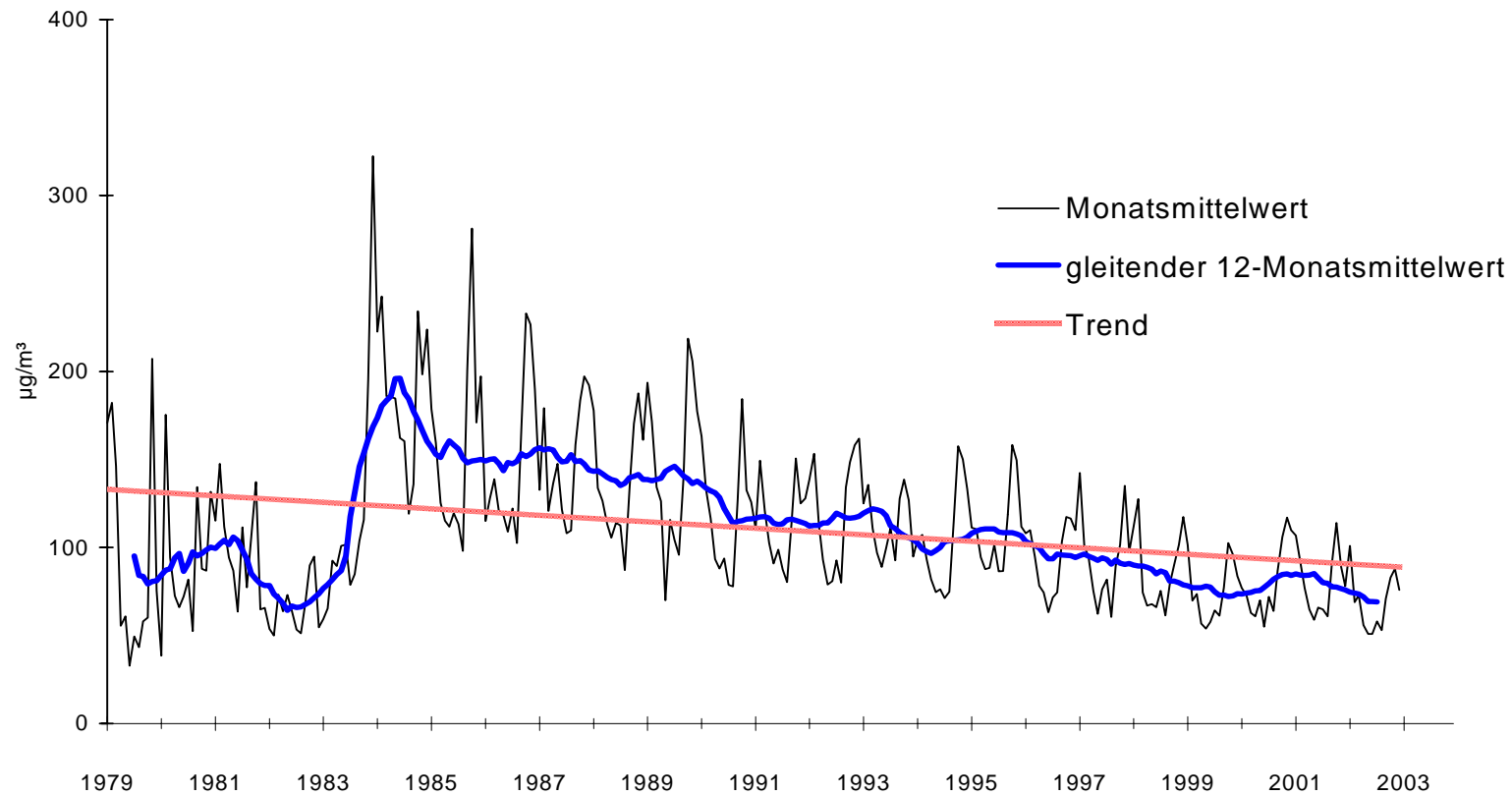
- Hintergrundbelastung durch andere Straßen / Quellen (Hausbrand, Industrie-feuerungen)
- Weitere nicht quantifizierte Quellen am Kfz: Abgase von Ottomotoren, Brems-, Reifen-, Straßenabrieb, Abwehungen von staubender Ladung, Abwaschung von Fahrzeugschmutz
- Wiederaufwirbelung von Straßenstaub

### PM<sub>10</sub>-Anteile

nach Untersuchungen 2003 in Hannover (Göttinger Straße):

- Hintergrund: 60-70 %
- Verkehr 30-40 %  
davon:  
20 % Auspuffabgase  
80 % Abrieb, Verschleppung und Wiederaufwirbelung;  
wesentlicher Einfluss der Lkw

# Langfristverlauf – Stickstoffmonoxid – Augsburg/Königsplatz



© LfU / Abt. 1 / Ref. 1/5 / 2003

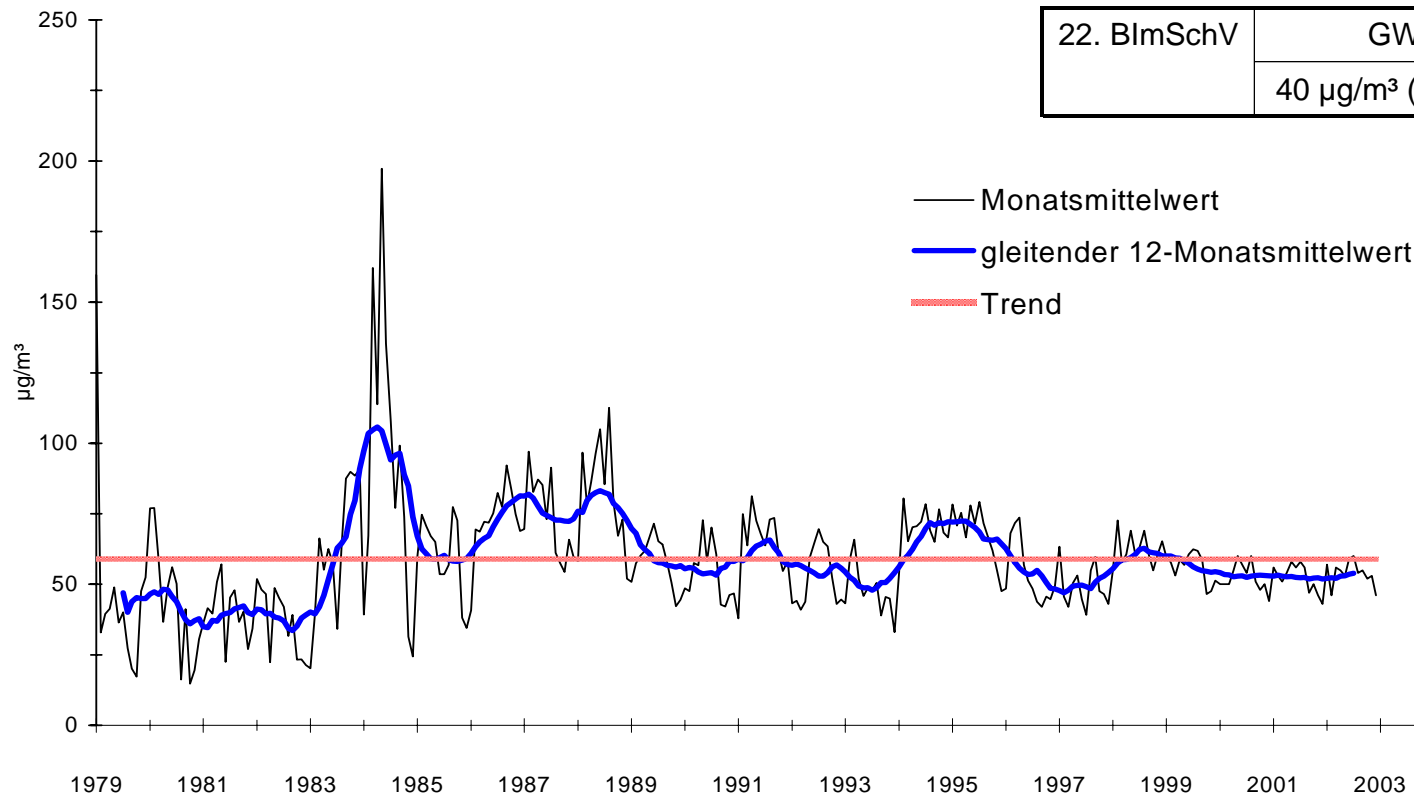
Bayerisches Landesamt  
für Umweltschutz



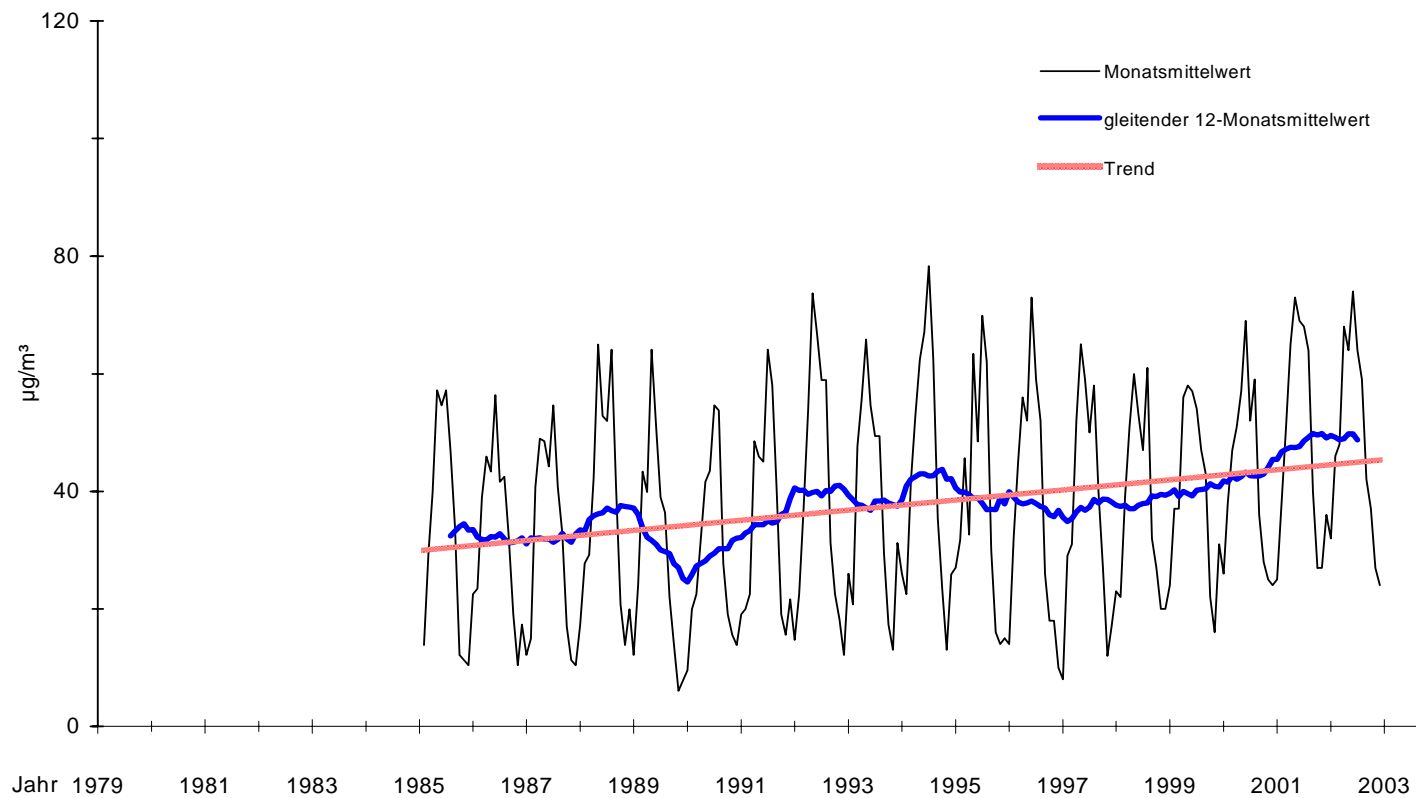


# Langfristverlauf – Stickstoffdioxid – Augsburg/Königsplatz

22. BImSchV	GW	TM 2003	ab
	40 µg/m³ (1 Jahr)	14 µg/m³	01.01.2010



# Langfristverlauf – Ozon – Augsburg/LfU



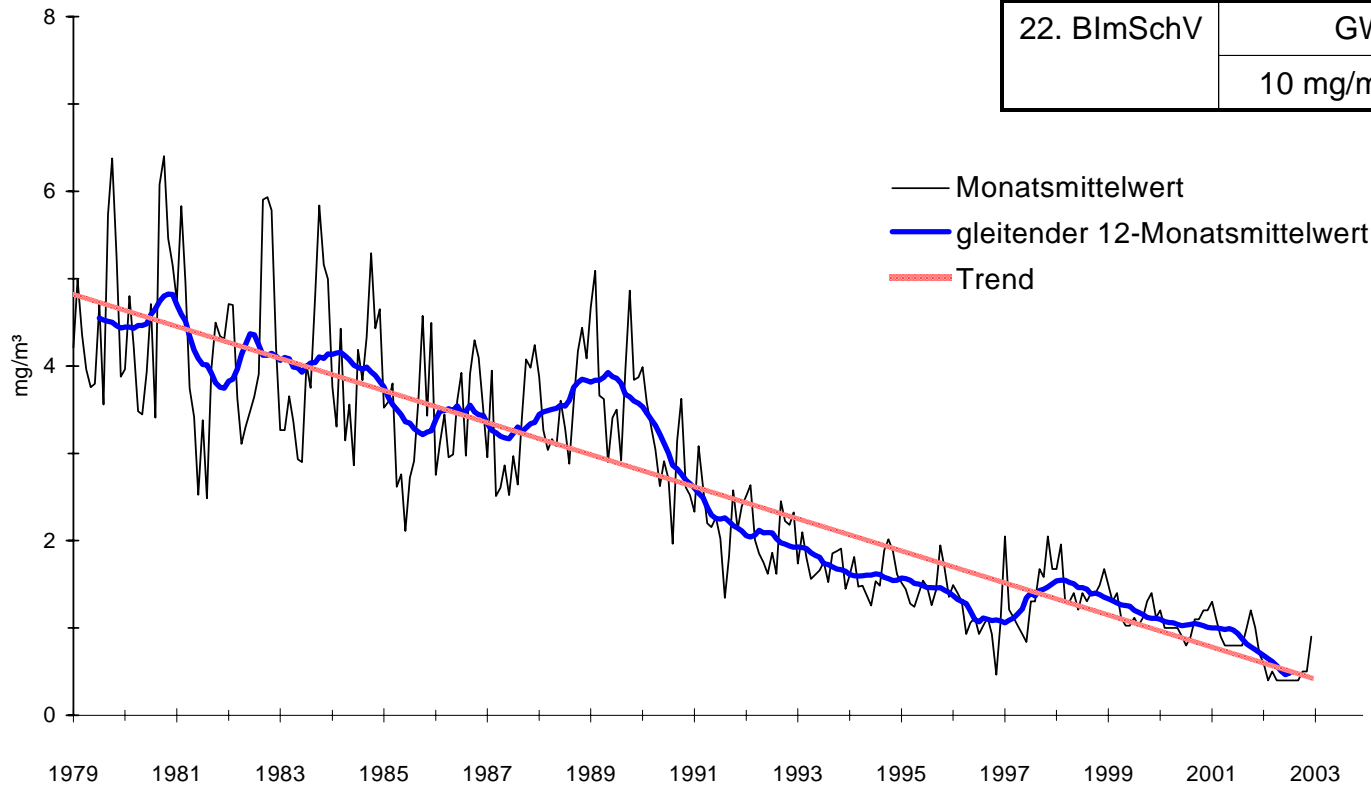
© LfU / Abt. 1 / Ref. 1/5 / 2003

Bayerisches Landesamt  
für Umweltschutz



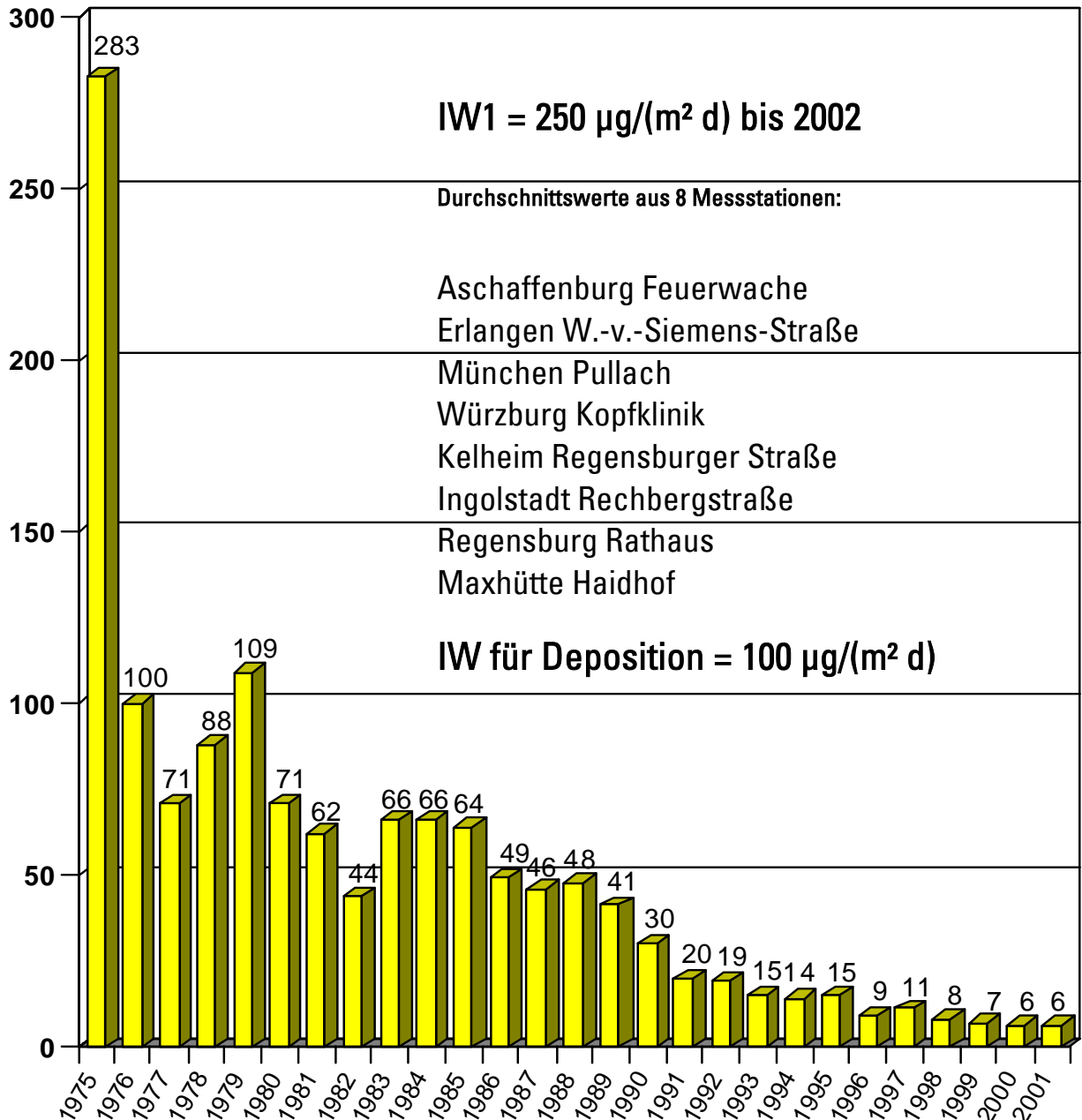
# Langfristverlauf – Kohlenmonoxid – Augsburg/Königsplatz

22. BImSchV	GW	TM 2003	ab
	10 mg/m <sup>3</sup> (8 h)	4 mg/m <sup>3</sup>	01.01.2005



# Entwicklung der Bleiniederschlagsbelastung in Bayern

$\mu\text{g}/(\text{m}^2 \text{ d})$



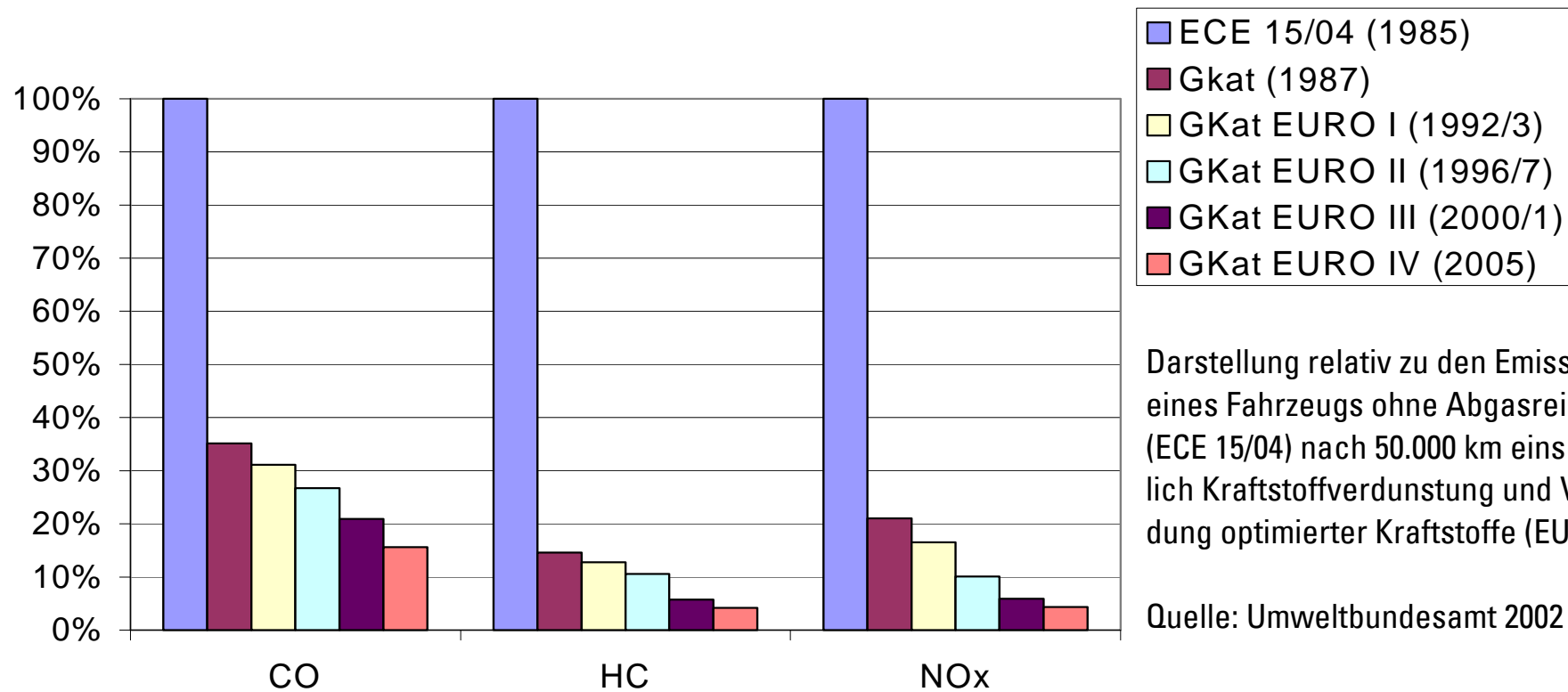
# Lufthygienische Beurteilungswerte verkehrsbedingter Luftverunreinigungen (22. und 23. BImSchV)

Schadstoff	Bezugszeitraum / Schutzgut	Grenzwerte	Toleranzmarge 2003	Grenzwert tritt in Kraft
Feinstaub	24 h / Mensch (darf nicht öfter als 35 mal im Jahr überschritten werden)	50 µg/m <sup>3</sup>	10 µg/m <sup>3</sup>	01.01.2005
Feinstaub	1 Jahr / Mensch	40 µg/m <sup>3</sup>	3,2 µg/m <sup>3</sup>	01.01.2005
Stickstoffdioxid	1 h / Mensch – an 3 aufeinander folgenden Stunden – max. 18 mal im Jahr	400 µg/m <sup>3</sup> * 200 µg/m <sup>3</sup>	– 70 µg/m <sup>3</sup>	18.09.2002 01.01.2010
Stickstoffdioxid	1 Jahr / Mensch	40 µg/m <sup>3</sup>	14 µg/m <sup>3</sup>	01.01.2010
Stickstoffoxide gesamt (als NO <sub>2</sub> )	1 Jahr / Vegetation	30 µg/m <sup>3</sup>	keine	18.09.2002
Benzol	1 Jahr / Mensch	5 µg/m <sup>3</sup> 10 µg/m <sup>3</sup> **	5 µg/m <sup>3</sup>	01.01.2010 01.07.1998
Kohlenmonoxid	8 h / Mensch	10 mg/m <sup>3</sup>	4 mg/m <sup>3</sup>	01.01.2005
Dieselpu	1 Jahr / Mensch	8 µg/m <sup>3</sup> **	–	01.07.1998

\* Alarmschwelle

\*\* Prüfwert der 23. BImSchV

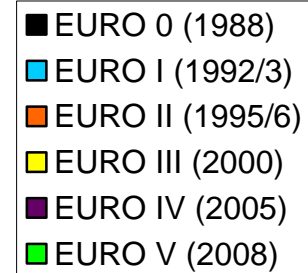
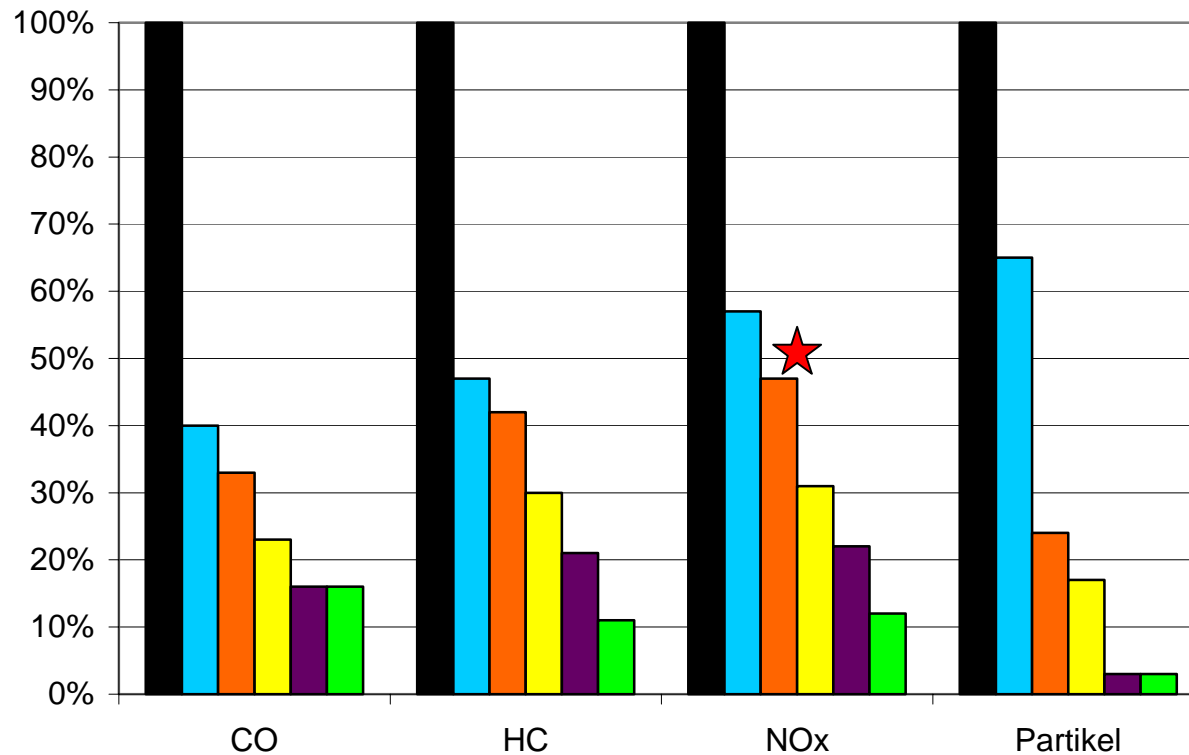
# EURO I bis IV bei Otto-Pkw



Darstellung relativ zu den Emissionen eines Fahrzeugs ohne Abgasreinigung (ECE 15/04) nach 50.000 km einschließlich Kraftstoffverdunstung und Verwendung optimierter Kraftstoffe (EURO IV)

Quelle: Umweltbundesamt 2002

# EURO I bis IV bei schweren Nutzfahrzeugen



Darstellung der relativen Abgaswerte bezogen auf EURO 0 und das ECE R49 Testverfahren.

★ Bei NOx liegen die realen Emissionen bei EURO II – Fahrzeugen bei ca. 60 % von EURO 0.

Quelle: IFEU Heidelberg 1999

# Luftreinhaltepläne

- Grundlage:** § 47 BImSchG, 22. BImSchV, EU–Luft–  
qualitäts–Rahmenrichtlinie
- Erstellung:** Bei Überschreitung von Grenzwert zuzüg–  
lich Toleranzmarge, Bezugsjahre 2002 und  
2003
- Zuständig:** Bayer. Staatsministerium für Umwelt,  
Gesundheit und Verbraucherschutz
- Auftrag an:** Regierungen, Kreisverwaltungsbehörden  
unter Beteiligung örtlich betroffener Stellen,  
wie Immissionsschutzbehörde, Straßen–  
verkehrsbehörde, Straßenbaubehörde,  
Bauleitplanungsbehörde, Polizei  
  
Landesamt für Umweltschutz
- Stand 10.03:** alle 7 Regierungen, 12 Städte
- Vorlage bis:** 31.08.2004
- Ziel:** Maßnahmen, damit Grenzwert eingehalten  
wird



## Beispiele für verkehrliche Maßnahmen

	Wirksamkeit	Probleme
Vergleichmäßigung des Verkehrsflusses (Grüne Welle)	nur bei niedrigen Geschwindigkeiten ( $\leq 50$ km/h)	Erhöhung des Kfz–Aufkommens möglich
Parkraum–bewirtschaftung	hoch, bei Minderung des Kfz–Aufkommens	Kontrolle
Pförtnerampeln	begrenzt, nur für Stauemissionen	Verlagerung der Emissionen

© LfU / Abt. 1 / Ref. 1/6 / 2003

Bayerisches Landesamt  
für Umweltschutz

## Beispiele für verkehrliche Maßnahmen

	Wirksamkeit	Probleme
Geschwindigkeitsbeschränkungen	hoch bei NO <sub>x</sub> und Staub, bes. wenn auch Minderung des Kfz–Aufkommens eintritt	Kontrolle notwendig; Maßnahme bes. bei „rechts vor links“ teilw. kontraproduktiv
Zeitlich begrenzte Fahrverbote	hoch, entspr. Minderung des Kfz–Verkehrsaufkommens	Ausnahmeregelungen, Kontrolle
Fahrverbote für bestimmte Kfz–Klassen	hoch, entspr. Minderung/ Substitution	Ausnahmeregelungen, Kontrolle
Innenstadtmaut	hoch, bei entspr. Preisgestaltung ( $\geq$ ÖPNV)	Gesetzesänderung, Investitionen für Sperr–, Kontrolleinrichtungen

© LfU / Abt. 1 / Ref. 1/6 / 2003

Bayerisches Landesamt  
für Umweltschutz

# Beispiele für planerische Maßnahmen

	Wirksamkeit	Probleme
Ausbau und Bevorzugung des ÖPNV, gesonderte Bus- und Tramtrassen	mittel, entspr. Verdrängung des MIV	bis zur Gewöhnung: Staus und höhere Emissionen möglich
Ausbau von Fahrrad- / Fußgänger-Verkehrswegen	begrenzt	nur wirksam i.V. mit anderen Maßnahmen, z.B Parkraumbeschränkung, ÖPNV-Förderung
Güterverteilzentren, Citylogistik	mittel bei Verminderung des Lkw-Aufkommens	hohe Akzeptanz erforderlich
Umgehungsstraßen	mittel bis hoch: jedoch nur bei innerörtl. Verkehrsberuhigung	hohe Kosten, häufig bald wieder Randbebauung
Autofreies Wohnen	hoch	Akzeptanz durch Anwohner erforderlich

## Fazit Luftschadstoffe

- Emissionen gehen zurück
- Immissionen überwiegend auch
- Probleme bestehen bei
  - Feinstaub–PM<sub>10</sub> (2005), groß– und kleinräumig
  - Ruß (im Feinstaub mit erfasst), seit 2000 rückläufig
  - Stickstoffdioxid (2010), punktuell
  - Benzol (2010), bis dahin eher nicht mehr
  - Ozon, Spitzen rückläufig, Mittelwerte uneinheitlich
- Maßnahmen
  - viele erfolgversprechende Ansätze
  - jeder Einzelne kann dazu beitragen
  - die europäischen Grenzwerte werden nicht überall eingehalten; dies sollte uns nicht davon abhalten, das Mögliche zu tun.

# Ansprache von Menschen mit unterschiedlichen Mobilitätsstilen in der Umweltkommunikation

**Konrad Götz, Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE-GmbH)**

## 1 ISOE

Zunächst ganz kurz zu der Frage, was wir eigentlich am ISOE erforschen. Wir betreiben Forschung an der Schnittstelle von ökologischen und sozialwissenschaftlichen Fragestellungen – wir arbeiten am Übergang zwischen Natur und Gesellschaft. Es kooperieren also an meinem Institut Natur- und Sozialwissenschaftler. Wir nennen das transdisziplinäre Forschung. Ich selbst bin Soziologe und betreibe empirische Sozialforschung, habe aber auch eine Vergangenheit als Marktforscher am Sinus-Institut in Heidelberg.

Heute leite ich die Mobilitätsforschung am ISOE in Frankfurt.

## 2 Mobilitätsstile

Der Begriff und das Forschungskonzept wurde vor acht Jahren von meinen Kollegen und mir am ISOE entwickelt und ist genau definiert. Mobilitätsstile – damit ist gemeint, dass wir Lebensstile, Mobilitätsorientierungen und Verkehrsverhalten im Zusammenhang betrachten.

Ich nehme an, der Begriff Lebensstil ist Ihnen geläufig. Wichtig ist, dass Sie ihn nicht lifestylemäßig verstehen. Lebensstile sind unterschiedliche Ausprägungen der Lebensführung, basierend auf unterschiedlichen normativen Orientierungen. Max Weber hat den Begriff eingeführt als er den Geist des Protestantismus unter dem Aspekt untersucht hat, dass hier die religiöse Orientierung zu einem bestimmten Verhalten in der Ökonomie, nämlich zur kapitalistischen Rationalisierung führen. Die grundsätzliche Erkenntnis war: Einstellungen und Motive bestimmen das Verhalten.

Jeder, der einmal mit Marktforschung und Marktsegmentierung zu tun hatte, weiß, dass sich die meisten Gesellschaften in den letzten 30 Jahren pluralisiert haben. Zwar gibt es immer noch und mit der Krise wieder stärker, eine Oben-Unten-Segmentierung. Und zugleich gibt es die zunehmende Vielfalt der neuen Familien- und Beziehungsformen. Entscheidend ist aber, dass es hinsichtlich der grundsätzlichen Orientierungen eine horizontale Differenzierung gibt. Diese schlägt sich in unterschiedlichen Milieus und Lebensstilen nieder.

Ursache dieser Pluralisierung ist das, was als Enttraditionalisierung bezeichnet wird.

Wenn es keine übergreifenden Institutionen mehr gibt, die allgemeine Orientierung vorgeben können (wie zum Beispiel die Kirche), dann müssen individuelle Orientierungen zum Leitfaden des Handelns werden. Diese sind aber in Wirklichkeit gar nicht so individuell – es scheint nur so – in Wirklichkeit werden sie in unterschiedlichen Gruppen ähnlich vertreten.

Das zweite Element der Mobilitätsstile sind die Mobilitätsorientierungen:

Mobilität, Verkehr, Fortbewegung sind so wichtige Felder, dass sich hier spezifische Einstellungen herausbilden, die sich auf alle Formen der Fortbewegung beziehen:

- auf das Auto
- auf den Öffentlichen Verkehr
- auf das Fahrrad
- auf das zu Fuß gehen.

Beispiele für solche Einstellungsmuster sind:

- Risiko–Orientierung beim Autofahren
- das Auto als Bedingung des Dazugehörens
- Sicherheits–Orientierung bei Zu Fuß gehen und ÖPNV
- Abneigung und Angst im ÖPNV
- Fahrrad–Affinität, gekoppelt mit Risiko–Orientierung.

Zwischenfazit:

Wir haben es also zum einen Lebensstile mit unterschiedlichen Lebensstilen zu tun und zum anderen, aber damit verknüpft, mit bestimmte Einstellungen zu den unterschiedlichen Verkehrsmitteln.

Als drittes untersuchen wir das Verkehrsverhalten. Die dahinter stehende Annahme ist, dass die Lebensstil– und Mobilitätsorientierungen das Verkehrsverhalten stark mitbestimmen.

Verkehrsverhalten bedeutet:

- Die Verkehrsmittelwahl, also der sog. modal split,
- die zurück gelegten Entfernungen,
- die Zwecke, warum gereist wird.

Wir wissen also von jedem Typus, von jeder Zielgruppe nicht nur den sozialen Hintergrund und die Einstellungen zu Verkehrsmitteln, sondern auch das alltägliche Verhalten als Verkehrsteilnehmer.

Diesen Zusammenhang nennen wir Mobilitätsstile. Man kann diese Gruppen aber auch gleich als Zielgruppen für Kommunikationsmaßnahmen verstehen.

### **3 Mobilitätsorientierungen und Verkehrsverhalten**

Ein wichtiges übergreifendes Ergebnis unserer Forschungen war: Orientierungen und Verhalten liegen gar nicht so weit auseinander. Die uralte und immer mal wieder aufgewärmte Thema, das Hauptproblem des so genannten Umweltverhaltens sei die Schere zwischen Bewusstsein und Handeln, ist einfach nicht richtig.

Zumindest im Bereich der Mobilität gilt: Je genauer und je näher am Problemgegenstand geforscht wird, desto klarer ist der Zusammenhang mit dem Verhalten.

### **4 Freizeitmobilitätsstile**

Um zum Kern des Themas zu kommen, will ich aus einer vor längerer Zeit abgeschlossenen, aber jüngst erst veröffentlichte Studie berichten.

Es ging um Mobilitätsstile in der Freizeit. Auftraggeber war das Umweltbundesamt. Geforscht wurde in ganz Deutschland. Ergebnis waren die folgenden Mobilitätsstile.

Wir haben fünf wichtige Gruppen gefunden. Sie unterscheiden sich hinsichtlich der Lebensphase in der sie sich befinden, hinsichtlich ihrer finanziellen und Bildungsressourcen, hinsichtlich ihrer grundsätzlichen Einstellungen, sie unterscheiden sich hinsichtlich ihres Freizeitverhaltens und besonders deutlich in ihrer Haltung zu modernen Technologien. Schließlich haben sie ein signifikant unterschiedliches Verkehrsverhalten.

Zunächst eine kurze Beschreibung der Gruppen, damit wir eine gemeinsame Basis haben.

### **Die Traditionell-Häuslichen**

Hier handelt es sich überwiegend um ältere Angehörige kleinbürgerlicher Milieus, für die Werte wie Nachbarschaft, Nähe und Häuslichkeit, aber auch Tugenden wie Sauberkeit, Disziplin, Ordnung immer noch handlungsleitend sind. Die Gruppe darf aber nicht mit den Älteren insgesamt verwechselt werden. Denn wie Sie wissen, gibt die neuen Alten, die „golden greys“, die nicht wenig Geld und moderne Orientierungen mitbringen.

### **Die Benachteiligten**

Bei der Gruppe der „Benachteiligten“ handelt es sich um die Verlierer in unserer Gesellschaft. Sozial Unterprivilegierte, deren einzig feststellbare Haltung eine gewisse Underdog-Einstellung ist und die ein instrumentelles Verhältnis zur Arbeit haben. Ansonsten ist allein ihre soziale Lage kennzeichnend. Sie hat den höchsten Anteil an ungelerten Arbeitern, sowie den höchsten Arbeitslosigkeits- und Sozialhilfeanteil aller Gruppen.

### **Die Belasteten-Familienorientierten**

Diese Gruppe sucht überdurchschnittlich stark den Lebenssinn in der Familie, gerät dabei aber in einen Konflikt zwischen der Erwerbsarbeit und der Familie. In dieser Gruppe gibt es überdurchschnittlich viele doppelt belastete Frauen, denen es nicht gelingt, ihre Zeit so zu strukturieren, dass eigene Zeit für sie selbst übrig bleibt. Diese Gruppe ist gestresst und schafft es nicht, die verschiedenen Aufgaben zu trennen.

### **Die Modern-Exklusiven**

Es handelt sich um eine Gruppe, die einerseits Distinktion und Exklusivität sucht, aber diese Haltung nicht mit einer Abgrenzung nach unten verbindet. Sie dürfen weder mit den klassischen Aufsteigern, noch mit den in den 80er Jahren sogenannten Yuppies verwechselt werden. Was bei ihnen besonders auffällt: Sie zeigen ein Engagement für soziale Fragen, haben eine gewisse Sensibilität für die ökologische Problematik und sie haben die mit Abstand höchsten Werte beim politischen und ehrenamtlichen Engagement. Ein Typus, der auf den ersten Blick nicht den Klischees entsprechen zu scheint. Aber wenn wir uns einmal die Führungsriege von Rot-Grün anschauen, dann fällt doch auf, dass, bevor die Krise kam, von einem Brioni-Kanzler die Rede war und dass selbst ein Trittin sich in einer Modezeitschrift ablichten ließ. Es handelt sich also bei dieser Gruppe um jenen Teil der rot-grünen Wählerschaft, für den Armani und Ökologie kein Widerspruch ist und der haargenau das repräsentiert, was die Wahlforscher die neue Mitte genannt haben.

### **Die Fun-Orientierten**

Die Fun-Orientierten weisen vor allem sämtliche traditionellen Werte zurück. Sie bekennen sich zu einem gewissen Egozentrismus, gehen gerne Risiken ein, wollen Spaß haben und verhalten sich gerne auch mal gegen die Vorschriften. Sie sollten aber nicht mit den reinen Hedonisten verwechselt werden, nach denen in den 80er Jahren mal ein ganzes Milieu benannt worden ist. Denn, und das ist wichtig, sie verbinden Spaß mit harter Arbeit. In dieser Gruppe gibt es nicht nur das höchste Bildungsniveau und die meisten Studenten, sondern auch einen überdurchschnittlichen Anteil Selbständige.

## 5 Neue Technologien

Deutlich unterscheiden sich die Gruppen auch bei der Akzeptanz neuer Technologien. Das ist für die Umweltberatung deshalb wichtig, weil I+K Technologien ja zugleich Kommunikationstechniken und Informationsmedien sind. Was früher getrennt war – Informationsmedien, Kommunikationstechnik, Fotografie und Schreibmaschine – wächst gerade zusammen. Ich nehme an, dass die Umweltberatung daraus ihre Schlüsse gezogen hat.

Die **Traditionell-Häuslichen** zeigen gegenüber neuen Technologien eine große Reserviertheit – eigentlich wollen sie nichts damit zu tun haben. Das Statement „Ich kann gut auch ohne Computer leben“ erhält in dieser Gruppe mit 83 % den höchsten Zustimmungswert. Hinsichtlich der Ausrüstung mit Computern, Handys und Internet-Accounts haben sie die niedrigsten Werte.

Die Gruppe, die ebenfalls keinen besonders intensiven Zugang zu neuen Technologien hat, sind – sie ahnen es – die **Benachteiligten**. Die Aussage „Ich bin froh, im Zeitalter des Internet zu leben“ weisen sie überdurchschnittlich stark zurück.

Die **Belasteten Familien-Orientierten** liegen hinsichtlich der Begeisterung für neue Techniken etwa in der Mitte.

Überdurchschnittlich an neuen Technologien interessiert sind die beiden verbleibenden Gruppen: Die **Modern-Exklusiven** – sie sind zwar selbst nicht unbedingt Trendsetter und Avantgardisten, aber sie interessieren sich für alles, was „in“ ist. Sie stimmen dem Statement „Die Nutzung des Computers macht mir Spaß zu 73 % zu. Ihre Ausrüstung mit neuen Technologien ist überdurchschnittlich. Sie hatten zum Zeitpunkt der Untersuchung 17 % mehr PCs als der Durchschnitt und 10 % mehr Internetzugänge.

Spitzenreiter in der praktischen Nutzung sind die **Fun-Orientierten**. Sie weisen in den Statements ähnlich hohe Werte auf, wie die Modern-Exklusiven, sind aber in der praktischen Nutzung aktiver: Ihre Ausrüstung mit PCs liegt 21 % und Ihre Ausstattung mit einem Internetzugang liegt 16 % über dem Durchschnitt. Praktisch tätig am Computer sind sie etwa doppelt so oft, wie der Durchschnitt.

## 6 Verkehrsverhalten

In Zusammenarbeit mit dem Öko-Institut wurde in dem Projekt auch das Verkehrsverhalten der Gruppen untersucht. Betrachten wir uns das Verkehrsverhalten in der Freizeit, dann werden tief greifende Unterschiede deutlich.

Dabei ist interessant: Die Fun-Orientierten haben einerseits den höchsten Anteil an regelmäßigen Nutzern des ÖPNV, aber sie weisen auch die höchste Verkehrsleistung mit dem Auto auf. Das gilt nicht nur für die Wege in der Freizeit, sondern auch hinsichtlich der anderen Wegezwecke.

Damit haben sie aber auch die insgesamt schlechteste CO<sub>2</sub> – Bilanz.

Auf der anderen Seite stehen die Traditionell-Häuslichen. Sie haben die niedrigste Verkehrsleistung. In dieser Gruppe gibt es die meisten Haushalte ohne Auto, den geringsten Prozentsatz an Führerscheinbesitzern und die kürzesten Wege. Es wird sehr viel zu Fuß gegangen. Diese Gruppe hat den kleinsten Aktionsraum aller Gruppen, aber sie ist nicht immobil. Ihre sozialen Kontakte befinden sich einfach in der Nähe und ihre Freizeitwege führen z.B. überdurchschnittlich oft in die Kirche, aber auch auf den Friedhof.

## 7 Folgerung für die Fragestellung?

Pluralisierung der Gesellschaft bedeutet, dass es den Konsumenten, die Konsumentin, den Autofahrer, die Autofahrerin, den Touristen, die Touristin nicht mehr gibt. Und deshalb gibt es auch nicht die eine, die durchschnittliche Anspracheform.

Wenn wir unsere Ergebnisse vereinfachen, dann muss eine Kommunikation, die Erfolge für die Umwelt erreichen will:

- Den Begriff „Umwelt“ für die meisten Zielgruppen nicht in den Mittelpunkt stellen.
- An den lebensstilspezifischen Orientierungen ansetzen
  - Sparsamkeit und Sicherheit bei den Traditionellen,
  - Entlastung, Stressreduzierung und Vorteile für die Familie bei den Belastet–Familien–Orientierten,
  - Spaß, convenience, moderne Technik, innovative Verkehrsmittel bei den Fun–Orientierten,
  - Distinktion, soziales Engagement, Exklusivität bei den Modern–Exklusiven,
  - Soziale Integration, gesellschaftliches dabei sein für die Benachteiligten.
- Wir sollten schließlich Schritte in Richtung Nachhaltigkeit mit Vorteilen und Problemlösungen für die Zielgruppen verbinden. Nur wenn es gelingt, die Verhaltensalternativen mit dem zu verknüpfen, was sich die Konsumenten ansonsten wünschen, können wir damit rechnen, dass ihre Motive Allianzen mit dem eingehen, was der Umwelt nutzt.



# Ergebnisse der Klausurtagung „Biokraftstoffe“ BMU/UBA 26./27.06.2003 in Berlin

Dr. Andreas Ostermeier, Umweltbundesamt (UBA) Berlin

Umweltbundesamt (UBA), Berlin  
I 3.2 - Schadstoffminderung und Energieeinsparung  
im Verkehr



## Energetische Nutzung von Biomasse

- Die **energetische Nutzung** von Biomasse ist aus Klimaschutzgründen **sinnvoll**.
- Biokraftstoffe wie RME tragen dazu bei, die **klimapolitischen Ziele** der Bundesregierung zu erreichen und stärken die **Akzeptanz** für die Verwendung nachwachsender Rohstoffe.
- **Mittel- bis langfristig** bieten weitere Biokraftstoffe (z.B. synthetische Kraftstoffe) **zusätzliche Potentiale**.
- Die Nutzung der Biomasse im Kraftstoffmarkt steht zukünftig verstärkt in **Konkurrenz zur Wärme- und Stromgewinnung**, weil auch in diesem Bereich ambitionierte Ziele verfolgt werden.
- Die politischen Rahmenbedingungen sollten so gestaltet werden, dass ökologisch und ökonomisch **effiziente Optionen** der energetischen Biomassenutzung **gestärkt** werden und der **Wettbewerb** zwischen den Anwendungsbereichen entwickelt wird.

Automobil und Umweltschutz  
Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, 29. 1. 2004

Abb. 1

Umweltbundesamt (UBA), Berlin  
I 3.2 - Schadstoffminderung und Energieeinsparung  
im Verkehr



## Ökobilanzen Biokraftstoffe vs. fossile Kraftstoffe

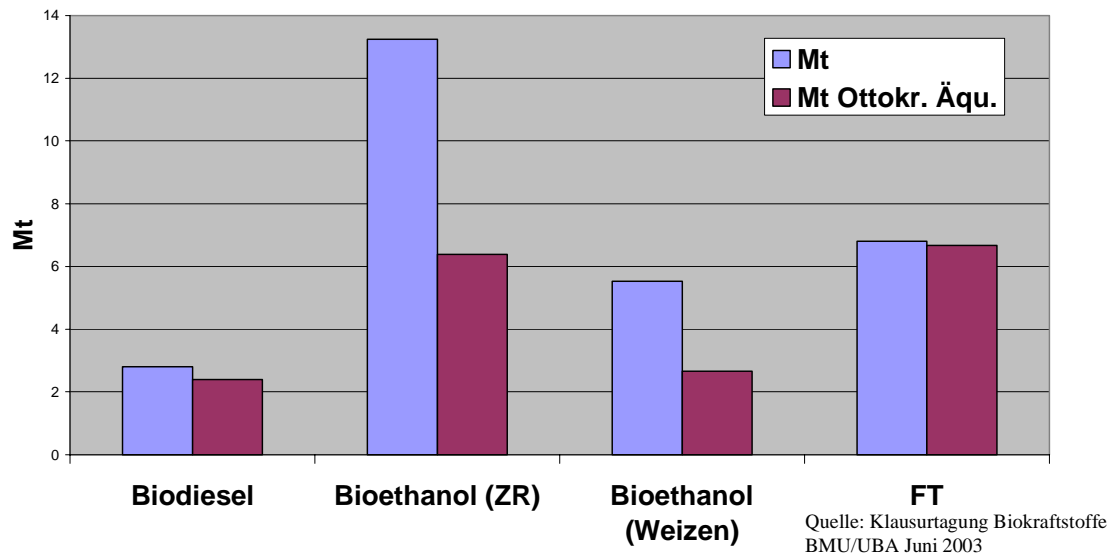
- Für Biokraftstoffe der **Pflanzenölschiene und Bioalkohole** (aus Fermentation) liegen für heutige Anbaubedingungen solide Ökobilanzen im Vergleich mit fossilen Kraftstoffen vor
  - Energie- und **Klimagasbilanzen** sind **positiv**.  
N<sub>2</sub>O-Emissionen sind dabei berücksichtigt.
  - Bei **Versauerung und Eutrophierung** ist die Bilanz der Biokraftstoffe nahezu immer **negativ**.
  - Bei Photosmog, **Ozonabbau** und Toxizität gibt es **keine einheitliche Richtung**.
  - **Wenn Ressourcenschonung und Klimaschutz hohe Priorität** haben, schneiden Biokraftstoffe gegenüber fossilen Kraftstoffen insgesamt **positiv** ab.
  - Ökobilanzen geben Hinweise auf **politische Handlungsfelder** bei der Herstellung und Nutzung von Biokraftstoffen.

Automobil und Umweltschutz  
Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, 29. 1. 2004

Abb. 2



### Mengenpotentiale p.a. der verschiedenen Biokraftstoffoptionen in Deutschland auf jeweils 2 Mha



### Grundsätzliche Aspekte der Biokraftstoffoptionen RME, Bioethanol und FT-Kraftstoffe

- **RME** hat kein weitreichendes Entwicklungspotential.
- **Ethanol** hat für Deutschland ein Problem mit der Rohstoffbereitstellung.
- **FT-Kraftstoffe** aus Biomasse haben ein hohes Mengenpotential, sind aber kurzfristig nicht verfügbar und benötigen weitere Forschung.



## Ökobilanzen Biokraftstoffe vs. fossile Kraftstoffe

- Für Biokraftstoffe der **Pflanzenölschiene und Bioalkohole** (aus Fermentation) liegen für heutige Anbaubedingungen solide Ökobilanzen im Vergleich mit fossilen Kraftstoffen vor
  - Energie- und **Klimagasbilanzen** sind **positiv**.  
N<sub>2</sub>O-Emissionen sind dabei berücksichtigt.
  - Bei **Versauerung und Eutrophierung** ist die Bilanz der Biokraftstoffe nahezu immer **negativ**.
  - Bei Photosmog, **Ozonabbau** und Toxizität gibt es **keine einheitliche Richtung**.
  - **Wenn Ressourcenschonung und Klimaschutz hohe Priorität** haben, schneiden Biokraftstoffe gegenüber fossilen Kraftstoffen insgesamt **positiv** ab.
  - Ökobilanzen geben Hinweise auf **politische Handlungsfelder** bei der Herstellung und Nutzung von Biokraftstoffen.



## Ökobilanzen Biokraftstoffe vs. fossile Kraftstoffe

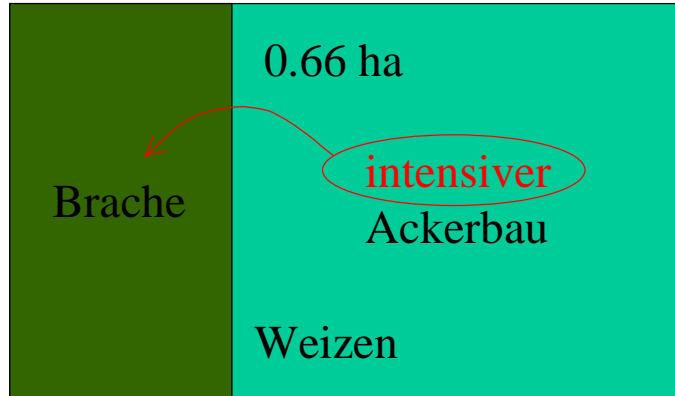
- Für Biokraftstoffe der **Pflanzenölschiene und Bioalkohole** (aus Fermentation) liegen für heutige Anbaubedingungen solide Ökobilanzen im Vergleich mit fossilen Kraftstoffen vor
  - Energie- und **Klimagasbilanzen** sind **positiv**.  
N<sub>2</sub>O-Emissionen sind dabei berücksichtigt.
  - Bei **Versauerung und Eutrophierung** ist die Bilanz der Biokraftstoffe nahezu immer **negativ**.
  - Bei Photosmog, **Ozonabbau** und Toxizität gibt es **keine einheitliche Richtung**.
  - **Wenn Ressourcenschonung und Klimaschutz hohe Priorität** haben, schneiden Biokraftstoffe gegenüber fossilen Kraftstoffen insgesamt **positiv** ab.
  - Ökobilanzen geben Hinweise auf **politische Handlungsfelder** bei der Herstellung und Nutzung von Biokraftstoffen.



## Ökobilanzen Biokraftstoffe vs. fossile Kraftstoffe

•Entscheidend für die ökobilanzielle Bewertung ist die Wahl des Referenzsystems!

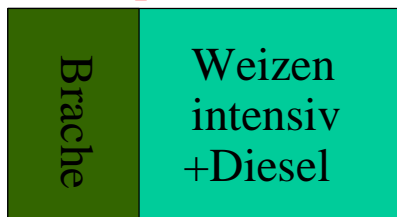
➤Beispiel:



heutige Situation (schematisch)

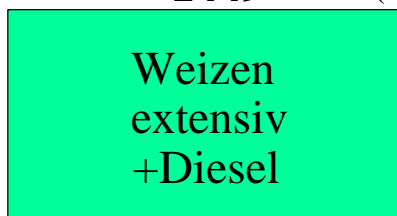


+ Biotop/Artenschutz



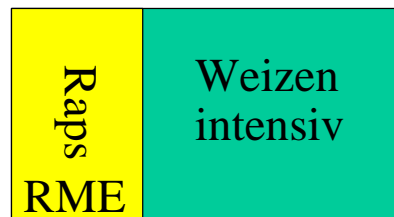
3097

1449



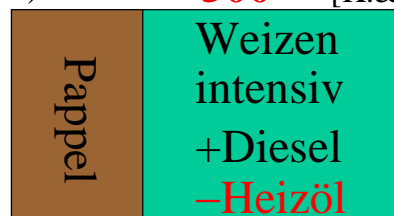
+ vielfältige Vorteile

- intensive Landw.



2326

-500



+ Ressourcen/Klima

Treibhausgase  
 kg CO<sub>2</sub>-Äq./ha  
 (incl. Diesel)

[ifeu 2000]

[K.&R. 1997]



## Ökologische Gesamtbilanz von Biokraftstoffen

### In den Wirkungskategorien

- globale Erwärmung
- fossiler Ressourcenverbrauch

### Im Kontext des gesamten Energiesystems!

#### Folgt:

- Biokraftstoffe bieten aufgrund von **Nutzungskonkurrenzen** (z.B. stationäre energetische Biomassenutzung) **keine** Minderungspotenziale in den nächsten 30 Jahren!



## Nutzungskonkurrenzen

bezüglich:

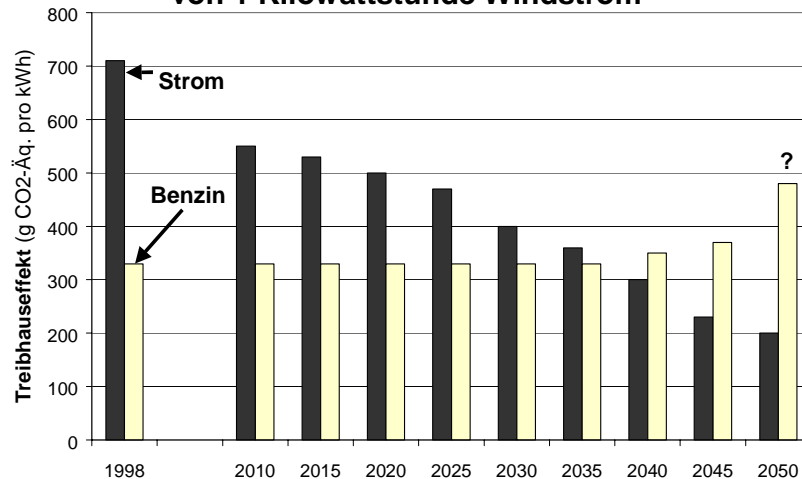
- Brennstoffzellen
  - Ihre Energieversorgung mit regenerativem Wasserstoff



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

Martin Peht  
jetzt ifeu Heidelberg

### Mögliche Reduktion von Treibhausgasen durch Einsatz von 1 Kilowattstunde Windstrom



Automobil und Umweltschutz  
Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, 29. 1. 2004

Abb. 11



## Ökologische Gesamtbilanz von Brennstoffzellen betrieben mit regenerativem Wasserstoff aus Elektrolyse

### In den Wirkungskategorien

- globale Erwärmung
- fossiler Ressourcenverbrauch

### Im Kontext des gesamten Energiesystems!

### Folgt:

- Brennstoffzellen bieten aufgrund von **Nutzungskonkurrenzen**, die sich aus der Substitution von fossilem Strom ergeben, **keine** Minderungspotenziale in den nächsten 30 Jahren!

Automobil und Umweltschutz  
Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, 29. 1. 2004

Abb. 12



### Vorteile von BZ-Antrieben

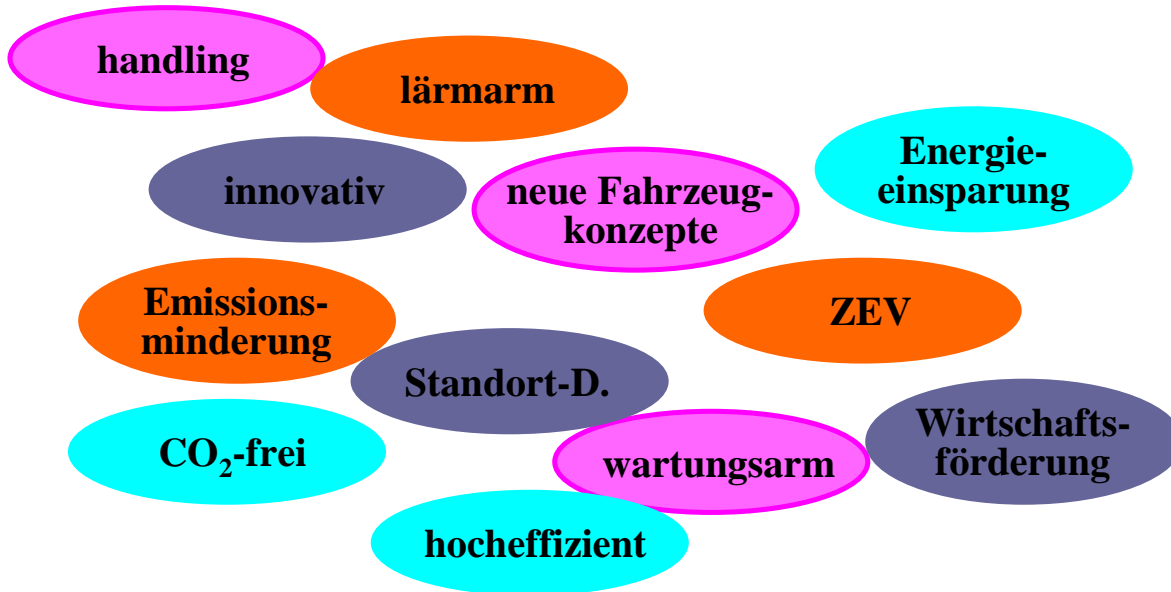


Abb. 13



### Vorteile von BZ-Antrieben

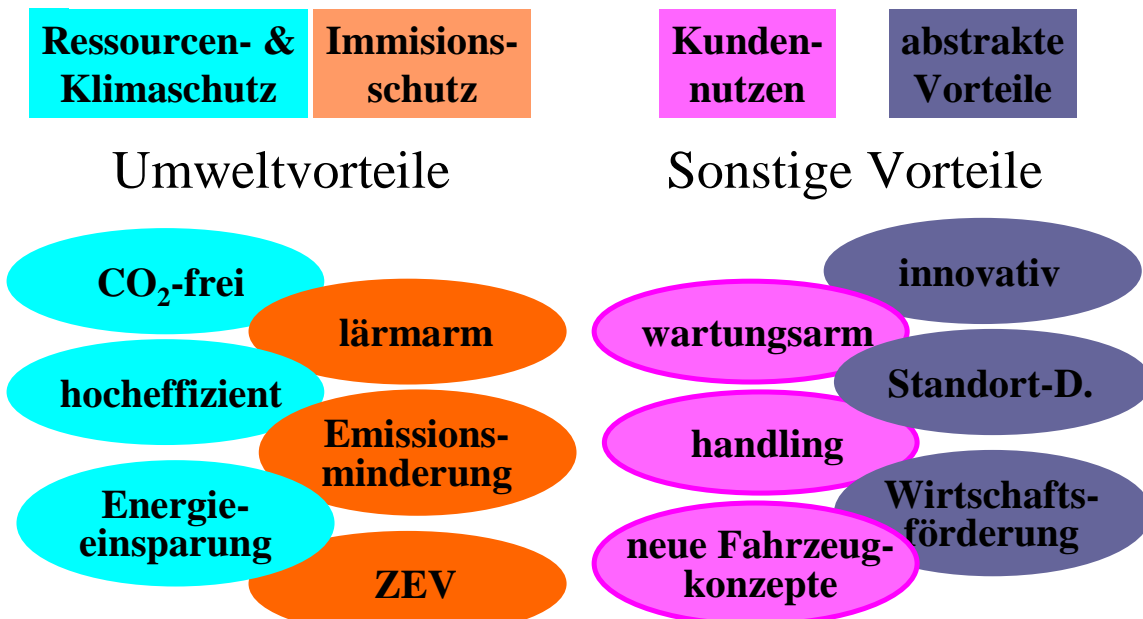
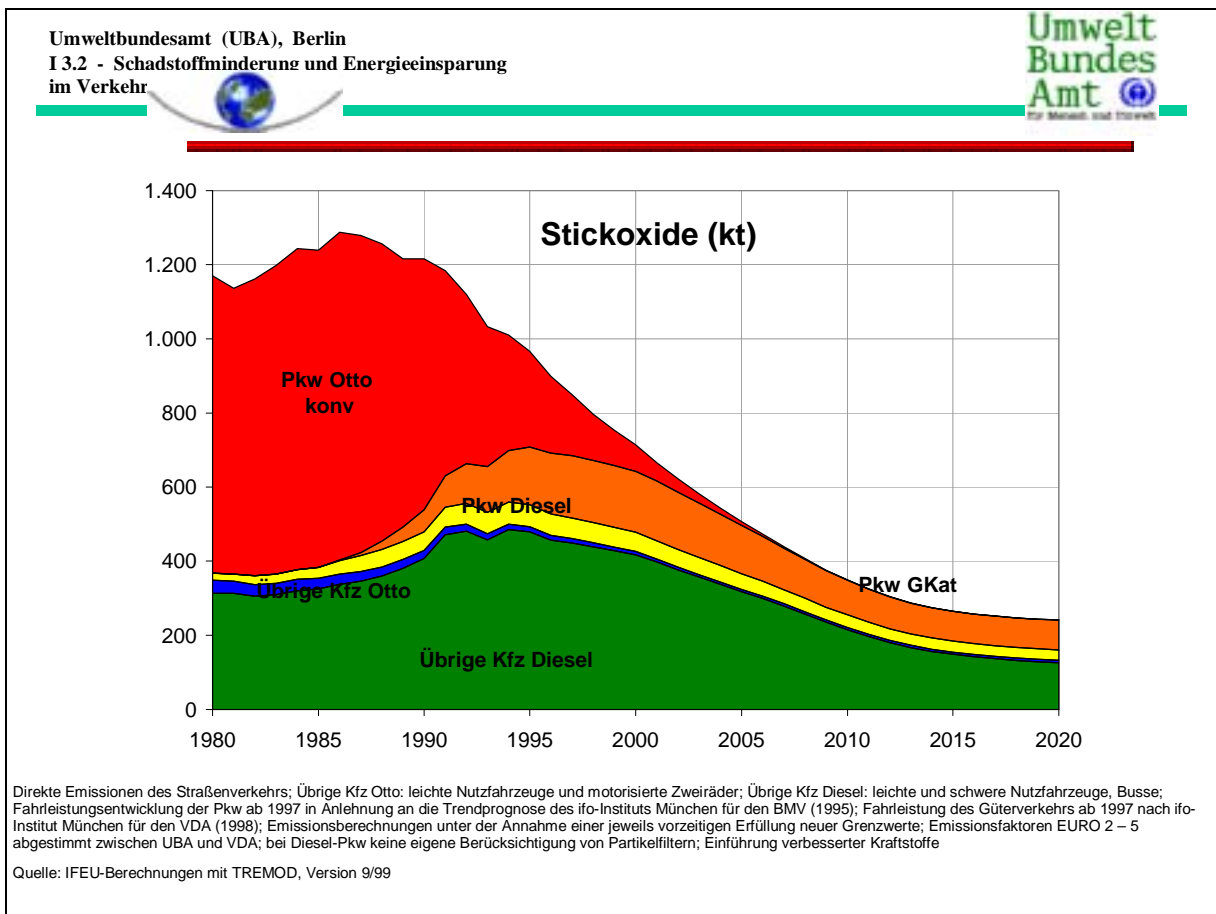
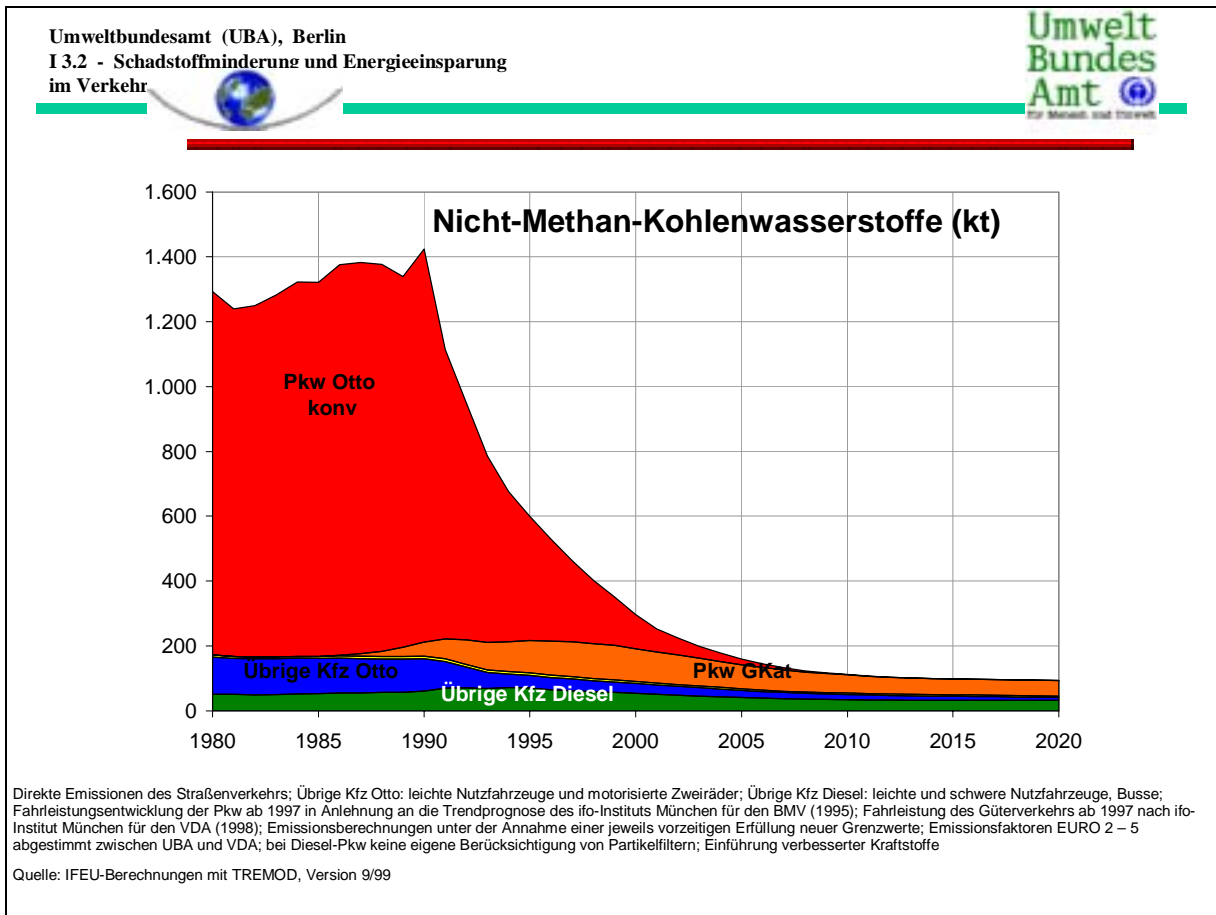
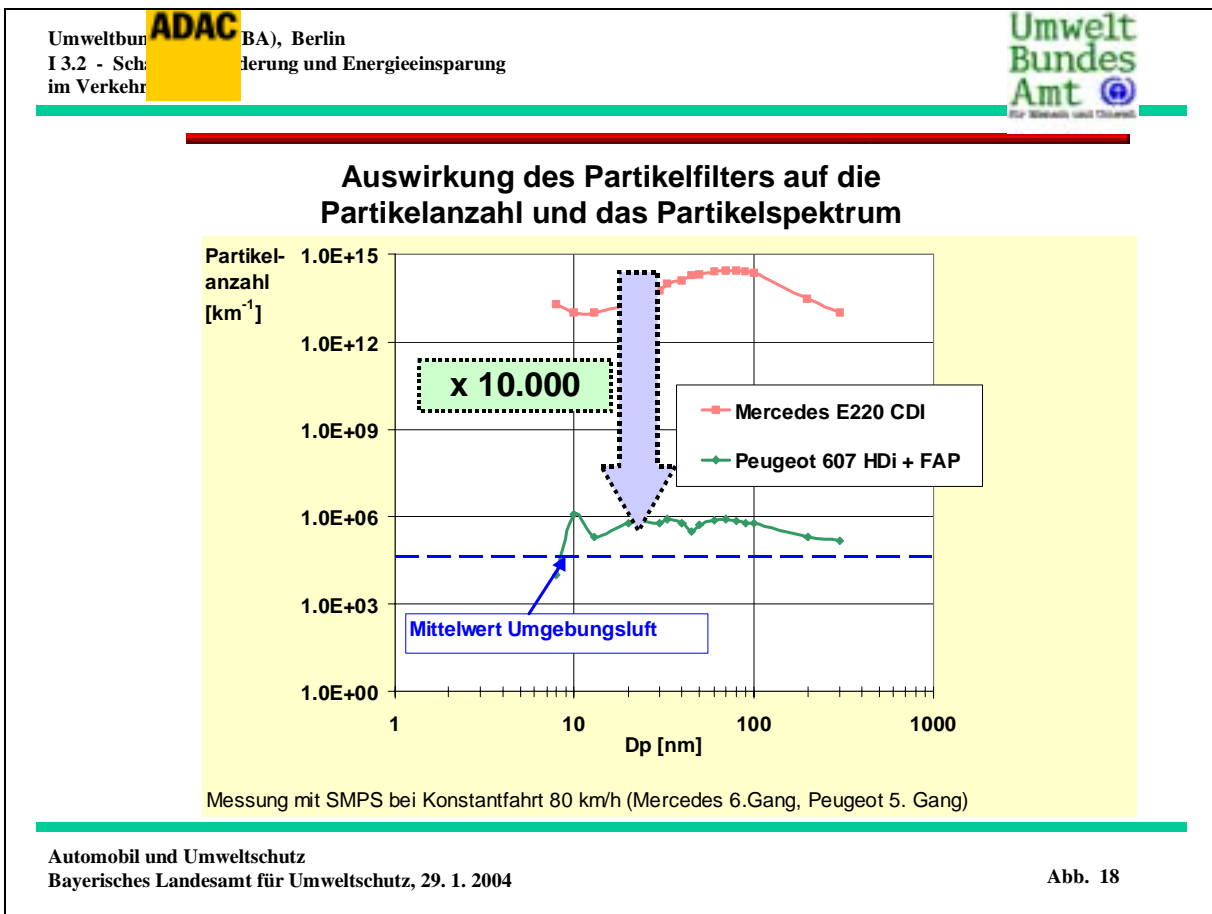
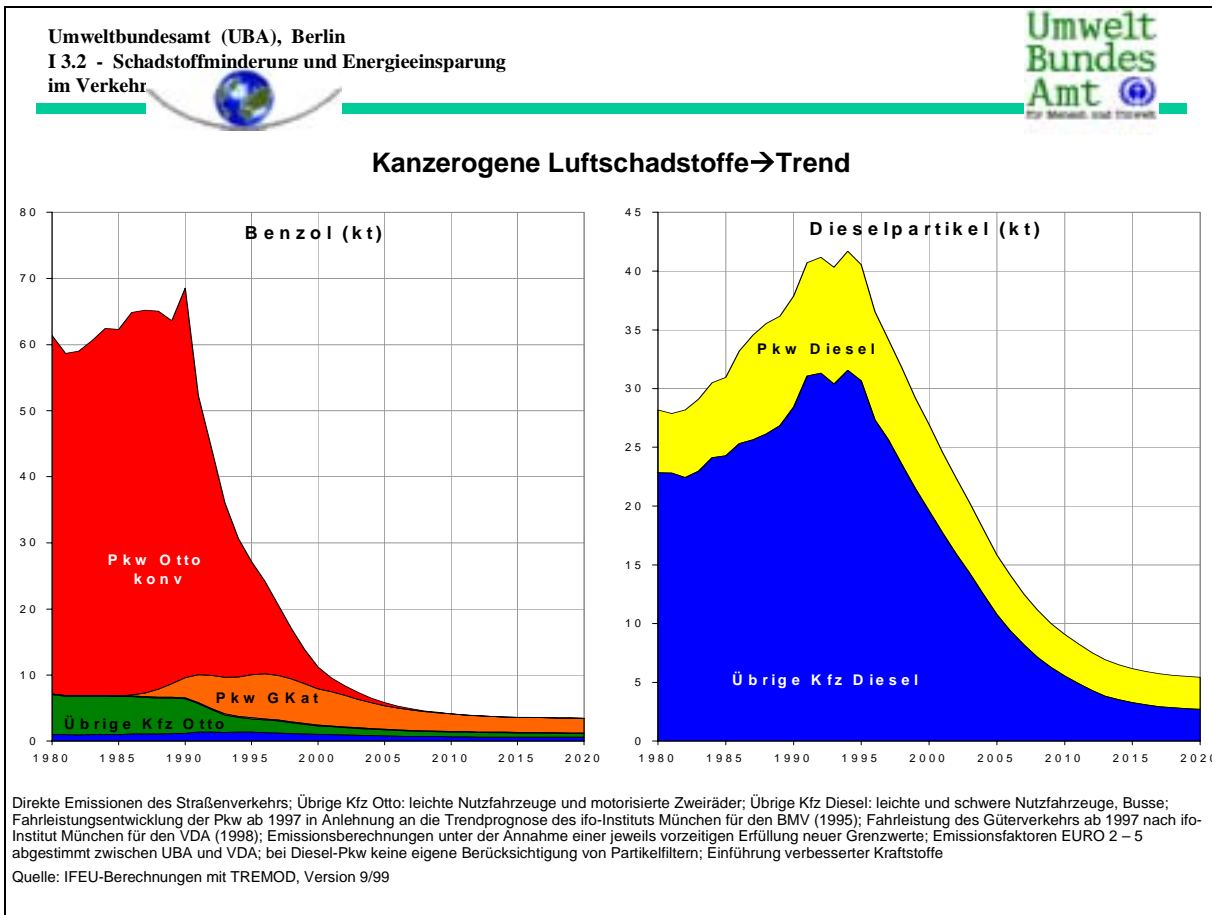


Abb. 14

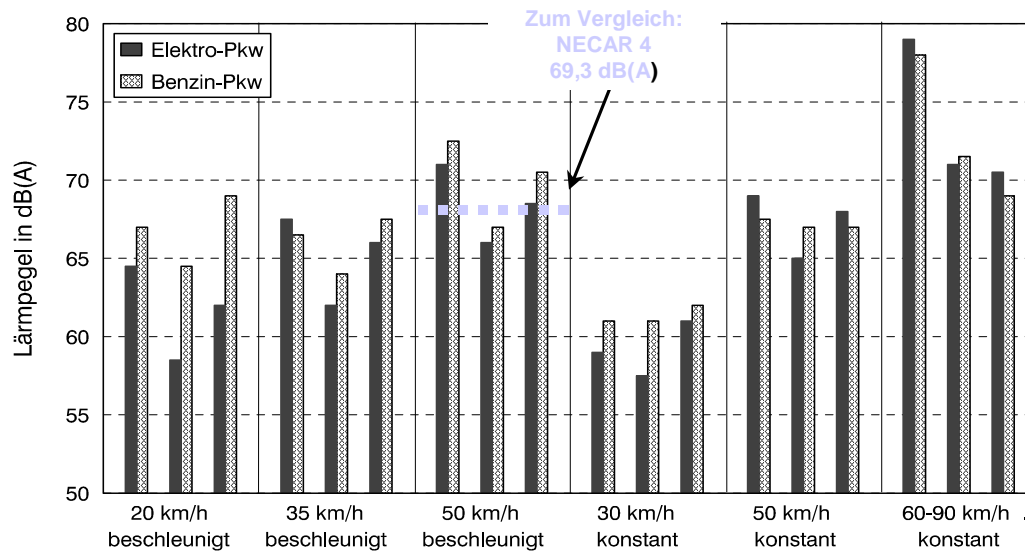








### Lärmpegel bei verschiedenen Fahrsituationen von jeweils drei Pkw-Fahrzeugpaaren



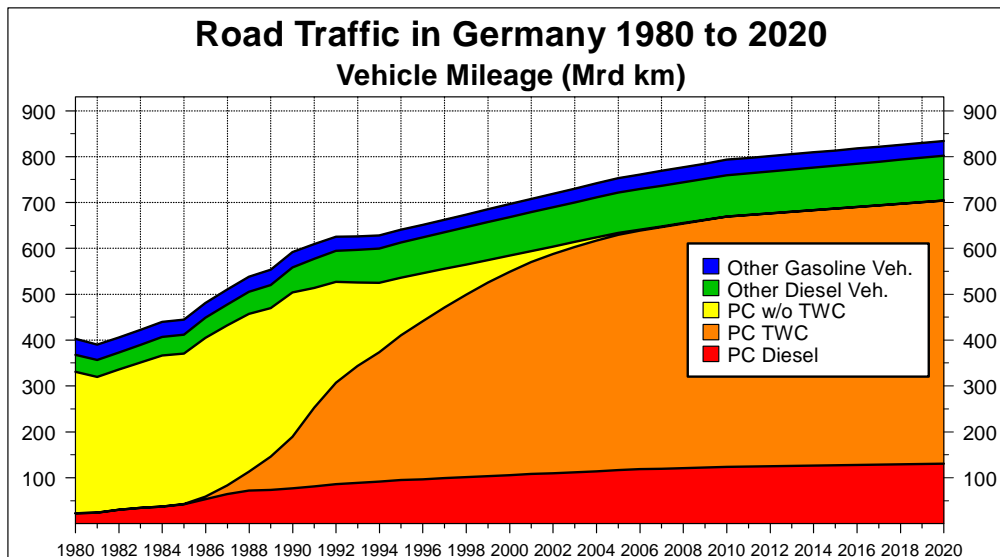
## BZ-Antriebe sind lokal emissionsfrei aber:

- BZ-Antriebe (allg. ZEV) sind aus lufthygienischer Sicht nicht notwendig
  - Die notwendigen Emissionsminderungen sind mit fortschrittlicher konventioneller Technik erreichbar
  - Der Verbrennungsmotor bietet - auch über die heute erkennbaren Notwendigkeiten hinaus - weitergehende Minderungspotenziale
- BZ-Antriebe können nur bei sehr niedrigen Geschwindigkeiten zur Verringerung der Lärmbelastung beitragen

## CO<sub>2</sub>-Reduktion (Verbrennung fossiler Treibstoffe) um

- 25% von 1990 bis 2005  
 (Klimaschutzprogramm der Bundesregierung)
  - 40% bis 2020  
 (Enquete Kommission)
  - 80% bis 2050  
 (Enquete Kommission)
- Berücksichtigung eines CO<sub>2</sub>-Anstieges in Entwicklungsländern

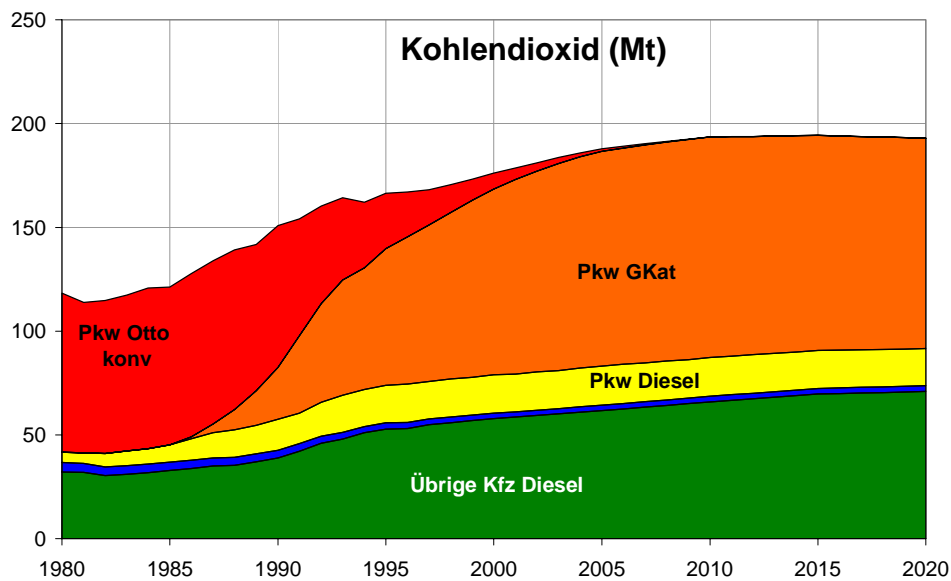
### Klimaschutz → Trend



Remarks: Results of "TREMOD" (Transport Emission Estimation Model), prepared under contract with Umweltbundesamt, Berlin (UFOPLAN-Nr. 105 06 057), version September 03, 1998 "Scenario"; values after 1996, including vehicle mileage forecast according to ifo-Institut München 1995; estimation of emissions with the parameters: new cars beginning 1996-1999 with EURO 2 standards, beginning 1997-2000 with EURO 3 standards and beginning 2002-2005 with EURO 4 standards; Results including improvement of fuel quality 1999-2005; direct emissions including evaporative emissions; PC: passenger cars; Other Gasoline Veh.: light duty vehicles and two wheelers; Other Diesel Veh.: light and heavy Duty vehicles and buses  
 Sources: Estimations with TREMOD IFEU Heidelberg, September 3, 1998



### Klimaschutz → Trend



Direkte Emissionen des Straßenverkehrs; Übrige Kfz Otto: leichte Nutzfahrzeuge und motorisierte Zweiräder; Übrige Kfz Diesel: leichte und schwere Nutzfahrzeuge, Busse; Fahrleistungsentwicklung der Pkw ab 1997 in Anlehnung an die Trendprognose des ifo-Instituts München für den BMV (1995); Fahrleistung des Güterverkehrs ab 1997 nach ifo-Institut München für den VDA (1998); Emissionsberechnungen unter der Annahme einer jeweils vorzeitigen Erfüllung neuer Grenzwerte; Emissionsfaktoren EURO 2 – 5 abgestimmt zwischen UBA und VDA; bei Diesel-Pkw keine eigene Berücksichtigung von Partikelfiltern; Einführung verbesserter Kraftstoffe

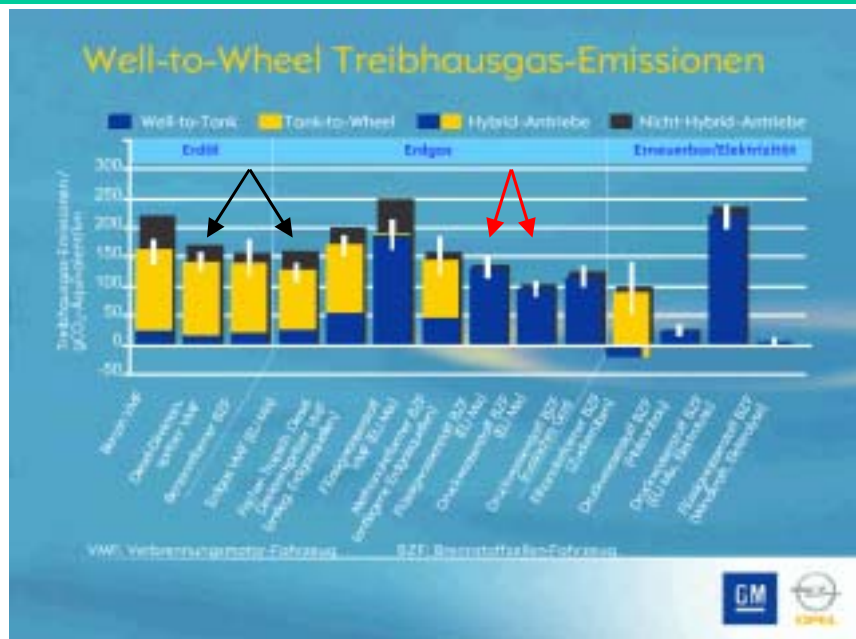
Quelle: IFEU-Berechnungen mit TREMOD, Version 9/99



## Herausforderung Klimaschutz:

Unter welchen Voraussetzungen kann die BZ im Verkehr einen Beitrag leisten?

- Betrachtung der gesamten Kraftstoff(vor)kette
  - Well-to-Wheel Analyse



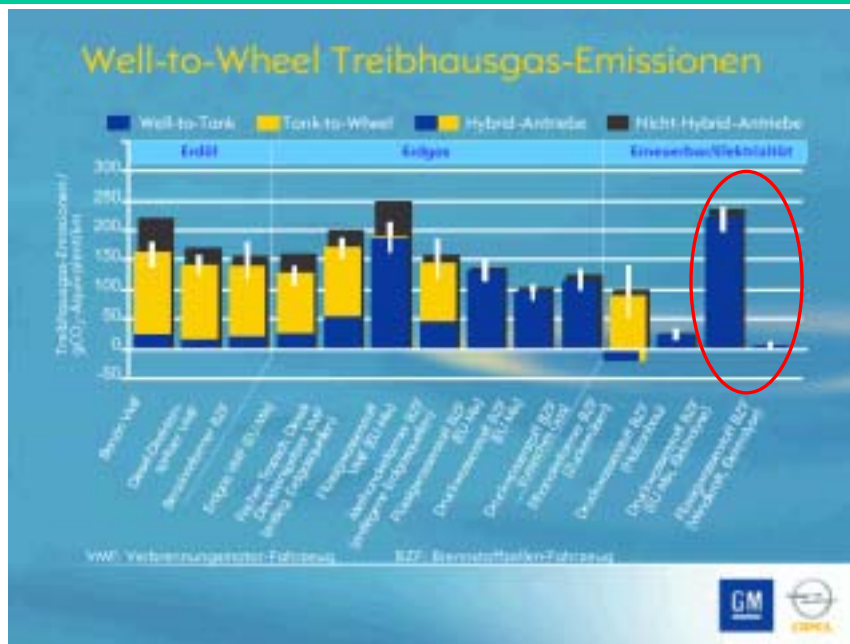
→ Beste fossile **BZF**- bzw. VMF-Varianten



Bei fossiler Kraftstoffbereitstellung 10%-40% THG-  
Minderung der BZ gegenüber dem VM

**aber:**

- VM-Verbräuche basieren auf heute verfügbarer Großserientechnologie.
    - Hiervon ausgehend sind 30%-50% Reduktion in den nächsten 10-20 Jahren möglich.
  - BZ-Verbräuche sind Zielwerte für das Jahr 2010.
    - Die technologische Umsetzbarkeit in die Großserie ist gegenwärtig offen.
- **Keine signifikante THG-Einsparung durch BZ-Antriebe bei fossiler Energieversorgung.**



**H<sub>2</sub>-Elektrolyse für BZF mit Netz- bzw. Windstrom**



## Fazit

- Die stationäre Nutzung regenerativer Energieträger ist mindestens für die nächsten 30 Jahre gegenüber einer mobilen Nutzung vorteilhaft.
- Oberste Priorität muß die Weiterentwicklung der konventionellen Antriebe und Kraftstoffe haben.
  - Dies erlaubt effizienten Klimaschutz.
  - Die aus lufthygienischer Sicht notwendigen Emissionsminderungen sind hiermit **kurzfristig** möglich!
  - Alternative Antriebe und regenerative Kraftstoffe bieten in diesem Zeitraum keine signifikanten Minderungspotenziale.

# Neue emissionsparende Fahrzeugkonzepte

**Dr.-Ing. Enno Thiele, Institut für Technische Verbrennung der Universität Hannover**

## 1 Einleitung

Die Mobilität, als Bestandteil persönlicher Freiheit, hat in den letzten Jahrzehnten für den Menschen einen hohen Stellenwert erreicht. So werden z.B. in Deutschland über 80% der gesamten Verkehrsleistung durch den Individualverkehr (PKW) erbracht. Kennzeichnend für diese Entwicklung ist der Anstieg des PKW-Bestandes. Während der Weltfahrzeugbestand 1960 etwa 100 Millionen Fahrzeuge betrug, rechnet man für das Jahr 2010 mit einem Bestand von etwa einer Milliarde Fahrzeugen. Der PKW-Bestand hätte sich damit innerhalb von 50 Jahren verzehnfacht!

Nutzfahrzeuge und Personenkraftwagen werden heute praktisch ausnahmslos durch Verbrennungsmotoren angetrieben, die man je nach Bauart in Diesel- und Ottomotoren unterteilt, wobei in Nutzfahrzeugen ausschließlich Dieselmotoren verwendet werden und deren Anteil und Akzeptanz als PKW-Motoren in den letzten 20 Jahren erheblich zugenommen hat. Moderne Verbrennungsmotoren zeichnen sich durch niedrigen Verbrauch – Stichwort 3-Liter-Auto – und damit hohem Wirkungsgrad, durch Einhaltung der vom Gesetzgeber erzwungenen geringen Emissionen, durch hohe Leistung, durch hohen Komfort und selbstverständlich durch niedrige Kosten aus.

Die bei der Verbrennung entstehenden, kritischen Schadstoffkomponenten (Bild 1) beim Ottomotor sind Stickoxide  $\text{NO}_x$  und vor allem Kohlenmonoxid  $\text{CO}$ , beim Dieselmotor  $\text{NO}_x$  und Ruß. Die Grenzwerte für die gesetzlich limitierten Schadstoffkomponenten werden in Zukunft weiter verschärft und zwar auf die ab 2005 gültige EURO 4 bzw. auf die ab 2008 in Kraft tretende EURO 5. Zusätzlich rückt die Reduzierung der  $\text{CO}_2$ -Emission und damit die Verringerung des Energieumsatzes stärker in den Vordergrund. Die Einhaltung dieser Randbedingungen führt bei den Motorenherstellern zu einem erheblichen Entwicklungsaufwand.

Damit stellt sich zwangsläufig die Frage: Lohnt sich die weitere sukzessive Verbesserung des bekannten Verbrennungsmotors auch unter dem Aspekt begrenzter Rohölressourcen oder ist es eventuell wirtschaftlicher, alternative Antriebssysteme ins Auge zu fassen.

## 2 Stand und Entwicklungspotenzial des Verbrennungsmotors

Bei der Wandlung der im Brennstoff gebundenen chemischen Energie in Wärme, welche dann im Hubkolbentriebwerk in mechanische Energie umgesetzt wird, sind Otto und Diesel unterschiedliche Wege gegangen.

### 2.1 Stand der ottomotorischen Verbrennung

Im konventionellen Ottomotor (Vergaser und Saugrohreinspritzung) erfolgt die Gemischbildung außerhalb des Brennraums. Das Luft-Brennstoffgemisch wird über das Einlassventil angesaugt und anschließend verdichtet, wobei eine weitgehende Homogenisierung stattfinden kann, bevor es dann kontrolliert durch Fremdzündung (Zündkerze) entflammt. Voraussetzung für eine sichere Zündung durch die Kerze ist jedoch die Einhaltung der Zündgrenzen des Luft-Brennstoffgemisches definiert durch das Luftverhältnis  $\lambda$  (Zündgrenze  $\lambda = 0,7 - 1,4$ ):

$\lambda = 1,0$ : Stöchiometrisches Luftverhältnis, allen Kraftstoffmolekülen stehen entsprechend Sauerstoffmoleküle zur vollständigen Oxidation zur Verfügung.

$\lambda > 1,0$ : Mageres Gemisch mit Luftüberschuss, spez. Verbrauch wird geringer.

$\lambda < 1,0$ : Fetttes Gemisch mit Luftmangel, unvollständige Verbrennung, jedoch hohe Verbrennungsgeschwindigkeit mit steigenden Mitteldrücken.

Heutige Ottomotoren mit 3-Wege-Kat und I-Sonde werden mit einem Luftverhältnis von exakt  $\lambda = 1,0$  betrieben, um höchstmögliche Effizienz bei der Abgasnachbehandlung der ottomotorischen Schadstoffkomponenten (Bild 2) CO, HC und NO<sub>x</sub> zu erreichen.

Bei konstantem Luftverhältnis, also immer gleichen Anteilen von Brennstoff und Luft im Zylinder kann die Lastregelung (im Fahrzeug über das Gaspedal) nur über die Menge des Gemisches (Quantitätsregelung) erfolgen. Ottomotoren besitzen deshalb im Ansaugtrakt eine Drosselklappe zur Regelung der lastabhängigen Luftmasse. Im unteren Lastbereich muss diese weitgehend geschlossen sein, weshalb hohe Drosselverluste den Wirkungsgrad des Motors verschlechtern und den spez. Verbrauch erhöhen.

## 2.2 Stand der dieselmotorischen Verbrennung

Dieselmotoren besitzen gegenüber Ottomotoren ein wesentlich höheres Verdichtungsverhältnis, so dass die in der Kompression erreichten Zylinderraumtemperaturen für eine Selbstzündung eines Luft-Brennstoffgemisches ausreichen. Wegen der Selbstzündung ergeben sich keine Zündgrenzen für das Gemisch, weshalb eine Drosselung der Ansaugluft entfallen kann und lediglich die eingespritzte Kraftstoffmasse lastabhängig geregelt wird. Zur Steuerung des Zündzeitpunktes darf die Einspritzung jedoch erst kurz vor Brennbeginn erfolgen, wodurch eine Homogenisierung aufgrund der geringen Zeitspanne nicht möglich ist, zumal der weitere Einspritzvorgang in die schon laufenden Verbrennung erfolgt. Trotz Verbrennung mit Luftüberschuss ergeben sich unter örtlichem Luftmangel und hohen lokalen Temperaturen in der Flamme die kritischen Schadstoffkomponenten Ruß und NO<sub>x</sub> (Bild 2). Der Schwerpunkt der Dieseleentwicklung liegt daher in einer starken Erhöhung der Einspritzdrücke (Common-Rail-System, Pumpe-Düse) bis über 2000 bar, um in Verbindung mit größerer Einspritzlochzahl und Verkleinerung der Lochdurchmesser eine immer feinere und gleichmäßigere Verteilung der Brennstofftröpfchen zu erreichen. Wegen der gesetzlich limitierten Partikelemission (Ruß) werden Dieselmotoren immer mit Luftverhältnis  $\lambda > 1,0$  betrieben, womit eine ähnlich effiziente Abgasnachbehandlung z.B. der Stickoxyde wie beim Ottomotor nicht möglich ist.

## 2.3 Stand des Verbrennungsmotors

Mit dem Ottomotor mit Saugrohreinspritzung, Abgasrückführung und  $\lambda$ -geregeltem 3-Wege-Kat steht heute ein Fahrzeugantrieb zur Verfügung, der alle gültigen und auch die nächste Stufe der Abgasgrenzwerte erfüllen kann. Im Verbrauch und damit der CO<sub>2</sub>-Emission liegt er gegenüber dem Dieselmotor um ca. 15 – 20% schlechter, wobei besonders der untere Teillastbereich Entwicklungspotenzial bietet.

Beim Dieselmotor – als Verbrennungsmotor mit dem höchsten Wirkungsgrad – konnten bisher durch innermotorische Maßnahmen wie Vierventiltechnik, Abgasturboaufladung mit Leitschaufelverstellung, Abgasrückführung und Hochdruckeinspritzung mit Einspritzverlaufsformung die gültigen Grenzwerte eingehalten werden.



Die EURO 4 ist mit diesem Entwicklungsstand nur von kleinen, leistungsschwächeren PKW erreichbar, schwerere Fahrzeuge werden einen Partikelfilter benötigen. Der Mehrverbrauch beträgt wegen der erforderlichen Regenerationstemperatur ca. 3 – 5%. Die Reduktion der NO<sub>x</sub> durch inner- oder nachmotorische Maßnahmen führt ebenfalls zu einer Verbrauchserhöhung.

Die Erfolge der Weiterentwicklung von Verbrennungsmotoren drücken sich deutlich in der Abnahme der verkehrsbedingten Emissionen (Bild 3) aus, wobei sowohl die Zunahme des gesamten Fahrzeugbestandes als auch der erst verzögernd greifende Einfluss durch Erneuerung des Altfahrzeugbestandes berücksichtigt werden muss.

## 2.4 Entwicklungspotenzial des Verbrennungsmotors

Als besonders nachteilig für den Kraftstoffverbrauch im unteren Teillastbereich hatten sich – in Konkurrenz zum Dieselmotor – nach Kap. 2.1 die durch Lastregelung mittels Drosselklappe bedingten, höheren Gaswechselperluste des Ottomotors herausgestellt. Daraus leitet sich die Zielrichtung direkteinspritzender Ottomotoren ab, deren Serienanlauf bereits begonnen hat: Durch Weglassen der Drosselklappe reduzieren sich die Gaswechselperluste auf das Niveau des Dieselmotors.

Zur erforderlichen, alternativen Laststeuerung konkurrieren zur Zeit zwei Strategien:

- Variable Ventilsteuerzeiten (z.B. BMW Valvetronic)
- Ladungsschichtung des Gemisches im Brennraum (z.B. VW FSI)

Beim ersten Verfahren wird durch unterschiedlichen Hub und Öffnungsdauer des Einlassventils die angesaugte Luftmasse wie bei einem Motor mit Drosselklappe variiert. Damit kann der Motor bei homogenem Gemisch und einem Luftverhältnis  $\lambda = 1,0$  im gesamten Kennfeld betrieben werden, wodurch die bewährte Abgasnachbehandlung mit 3-Wege-Kat und I-Sonde unverändert genutzt werden kann. Die Verbrauchsminderung liegt im untersten Teillastgebiet bei ca. 12% und nimmt mit steigender Last ab.

Das zweite Verfahren (Bild 4) saugt bei unverändertem Ventiltrieb analog zu einem Dieselmotor praktisch immer die gleiche Vollast-Luftmasse pro Arbeitsspiel an. Wie bei diesem erfolgt nun die Laststeuerung ebenfalls durch Variation der Einspritzmenge. Zur Zündung mittels Fremdenergie muss (siehe Kap. 2.1) das Luft-Brennstoffgemisch zumindest an der Zündkerze innerhalb der Zündgrenzen liegen, was wegen des hohen Luftüberschusses ein homogenes Gemisch ausschließt. Deshalb wird bei diesem Verfahren eine Ladungsschichtung derart vorgenommen, dass zum Zündzeitpunkt eine Wolke zündfähigen Gemisches an der Kerze vorliegt, während der übrige Brennraum ein Luftverhältnis von  $\lambda \gg 1$  aufweist. Als in Serie befindliche Lösung existiert der Direkteinspritzer mit wandgeführtem Einspritzstrahl, wobei dieser von einer Art Rampe auf dem Kolbenboden zur Kerze umgelenkt wird. Einspritz- und Zündzeitpunkt hängen damit unmittelbar zusammen. Diese Variante mit Benetzung des Kolbenbodens durch Kraftstoff ist aus Emissionsgründen nicht optimal, weshalb das strahlgeführte Verfahren (Bild 4) zur Zeit als zukunftssträchtiger angesehen wird.

Neben der Verringerung der Gaswechselperluste ergibt der Betrieb mit Luftüberschuss einen weiteren Verbrauchsvorteil (Kap. 2.1), so dass sich insgesamt ein Sparpotenzial im unteren Teillastbereich von bis zu ca. 18% gegenüber der Saugrohreinjection erreichen lässt.

Auf der anderen Seite bewirkt der Luftüberschuss, dass wegen des Luftsauerstoffs im Abgas die Reduktion der Stickoxide im 3-Wege-Kat verhindert wird, weshalb zusätzlich ein NO<sub>x</sub>-Speicherkat vorzusehen ist, der einmal möglichst schwefelfreien Kraftstoff verlangt, zum anderen durch auto-

matisches, kurzfristiges Umschalten des Motors in Homogenbetrieb bei  $\lambda < 1,0$  zyklisch regeneriert werden muss.

In Zukunft wird die Herausforderung darin bestehen die beschriebenen Brennverfahren so zu verbessern, dass man weitgehend ohne Abgasnachbehandlungssysteme auskommt. Unter Nutzung der optimierten „Bausteine“ Einspritzung, Gemischbildung, Zündung und Verbrennung deutet sich eine zunehmende Annäherung der Brennverfahren beim Otto– (CAI–Verfahren) und Dieselmotor (HCCI–Verfahren) an (Bild 4). Als Ergebnis dieser Entwicklung könnten das Otto– und Dieselmotorverfahren als getrennte Verfahren verschwinden und ein neuer Motor mit einem neuen Brennverfahren, dem sog. „CCS – combined–combustion–system“ entstehen, dessen Vorteile durch neue synthetische Brennstoffe (Syn–Fuel) verstärkt werden.

Erste Versuche mit dem HCCI–Verfahren im Institut zeigen das Potenzial auf: Durch die homogene Gemischbildung werden nach Bild 5 sowohl die Bereiche lokalen Luftmangels (Ursache für die Rußentstehung) als auch Bereiche hoher Temperaturen (Ursache für Stickoxidbildung) vermieden. Die Folge ist, dass in einzelnen Teillastpunkten die Rußemission bis an die Nachweisbarkeitsgrenze, die Stickoxide auf 4% eines Dieselmotors mit konventioneller Hochdruckeinspritzung absinken. Im gesamten Motorkennfeld werden im Mittel ca. 80% Minderungspotenzial dieser kritischen Komponenten bei gleichzeitiger Verbrauchminderung um ca. 5% erwartet.

### 3 Alternative Antriebskonzepte

Bei der Beurteilung von verschiedenen Antriebskonzepten ist es für die Vergleichbarkeit sinnvoll die Energiewandlung als „Tank to wheel“–Wirkungsgrad darzustellen. Bild 6 zeigt die möglichen Energiewandler Verbrennungskraftmaschine (VKM) und Brennstoffzelle (BZ) und deren Antriebswirkungsgrade bei Verwendung handelsüblicher (Benzin, Diesel, Erdgas) und zukünftiger Brennstoffe (Methanol, Wasserstoff, Syn–Fuels) im heute gültigen Fahrzyklus (NEFZ). Es wird deutlich, dass der Brennstoffzellen–Antrieb u.U. in Verbindung mit einem Reformier bei jedem, von ihr nutzbaren Brennstoff Wirkungsgradvorteile hat.

Dies soll im Folgenden etwas näher betrachtet werden: Ihnen sicherlich bekannt sind Wirkungsgradangaben für

- Ottomotoren ca. 35%
- Dieselmotoren PKW ca. 42%
- Brennstoffzelle ca. 50%

Weniger geläufig ist, dass diese Wirkungsgrade nur in einem begrenzten Kennfeldbereich (Verbrennungsmotor) bzw. Lastbereich (Brennstoffzelle) als Maximalwerte erreicht werden. Jeder dieser Energiewandler hat also Wirkungsgrade zwischen Null (es wird keine Nutzleistung abgenommen – z.B. im Leerlauf) und dem angegebenen Maximum.

Bei dem als Vergleichsbasis in Bild 6 herangezogenen Fahrzyklus (NEFZ) wird vorwiegend ein Niedriglastbereich des Antriebs genutzt, bei dem nach Bild 7 der Verbrennungsmotor relativ geringe Wirkungsgrade aufweist, wogegen die Brennstoffzelle bei geringen Lasten ihr Maximum erreicht, ihr Wirkungsgrad im Gegensatz zum Verbrennungsmotor aber in Richtung Vollast abfällt.

Für den energie– und emissionssparenden Betrieb von Verbrennungsmotoren bei hohen Wirkungsgraden kommt dem nachgeschalteten Kennungswandler – z.B. hand– bzw. automatisch geschaltete Stufen– oder auch stufenlose Getriebe – eine steigende Bedeutung zu. Neben dem Erreichen bestimmter Fahrleistungen wie Beschleunigung, Bergsteigfähigkeit und Höchstgeschwindigkeit

keit, verlangt eine verbrauchsoptimierte Auslegung nach deutlich höherer Getriebespreizung, um auch bei Konstantfahrt nahe dem Motorbestpunkt zu bleiben.

Eine konsequente, wenn auch sehr aufwändige Alternative in Verbindung mit einem Verbrennungsmotor bietet der Hybridantrieb nach Bild 8 (Kleinserie Toyota Prius). Durch einen nachgeschalteten Elektromotor/Generator mit einer Batterie als Energiespeicher und ein stufenloses Automatikgetriebe kann ein kleiner Verbrennungsmotor praktisch durchgehend in seinem Wirkungsgradoptimum betrieben werden. Bei Leistungsüberschuss des Motors läuft die E-Maschine als Generator und speist die Batterie, bei Leistungsmangel übernimmt der Elektromotor die fehlende Leistungsdifferenz. Zusätzlich ist der Betrieb ohne Verbrennungsmotor z.B. im Stadtverkehr und eine Rückspeisung der Bremsleistung (Generatorbetrieb) vorgesehen. Das in den USA eingeführte Mittelklasse-Fahrzeug (1300 kg) erreicht die kalifornischen Abgasgrenzwerte SULEV (Super ultra low emission vehicle) bei einem Verbrauch von ca. 3 l/100 km.

Ähnliche Hybrid-Konzepte verfolgen ebenfalls Versuchsfahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieb, wobei die Zwischenspeicherung von elektrischer Energie der Überbrückung der noch zeitintensiven Kaltstartphase (Aufheizen der Brennstoffzelle auf Betriebstemperatur) und einem verzögerungsfreien Ansprechen bei Lastaufschaltung dient.

## 4 Alternative Brennstoffe

Das Szenario möglicher Brennstoffe aus heutiger Sicht ist in Bild 9 dargestellt. Aufgrund der steigenden CO<sub>2</sub>-Problematik werden längerfristig nur noch Brennstoffe aus erneuerbaren Energien (Wasserstoff und synthetische Brennstoffe aus Biomasse) eine Zukunft haben. Bis zum Aufbau der entsprechenden Produktionsanlagen und der Infrastruktur dürfte noch mindestens ein Jahrzehnt vergehen.

Für eine Übergangszeit stellt Erdgas eine interessante Alternative dar:

- Der momentane Jahresverbrauch liegt bei ca. 1,5% der Gesamtgasreserven. Erdgas bleibt damit noch längere Zeit ausreichend verfügbar.
- Wegen des geringeren Kohlenstoffanteils des Erdgases entstehen bei der Verbrennung ca. 25% weniger CO<sub>2</sub>.
- Ottogasmotoren erreichen schon heute die schärfsten amerikanischen Abgasgrenzwerte (bis EZEV – Equal zero emission vehicle)
- Aus Erdgas lassen sich synthetische, flüssige Brennstoffe (GTL-Brennstoffe) höchster Reinheit (praktisch schwefel- und aromatenfrei) herstellen, wie z.B. Methanol (Anwendung Brennstoffzelle) oder Dieselmotorkraftstoff.
- Im Vergleich mit konventionellem Dieselmotorkraftstoff sinkt die an Serienmotoren gemessene Partikelemission um ca. 50%, die NO<sub>x</sub>-Emission um ca. 20%.
- Das zur Erdgasverflüssigung benutzte Verfahren (Fischer-Tropsch-Synthese) ist weitgehend identisch mit demjenigen zur Verflüssigung von Synthesegas zur Brennstoffherzeugung aus Biomasse.

# Neue Emissionssparende Fahrzeugkonzepte

Folie 1

Neue emissionssparende Fahrzeugkonzepte

Prof. Dr.-Ing. G. P. Merker

## Gliederung

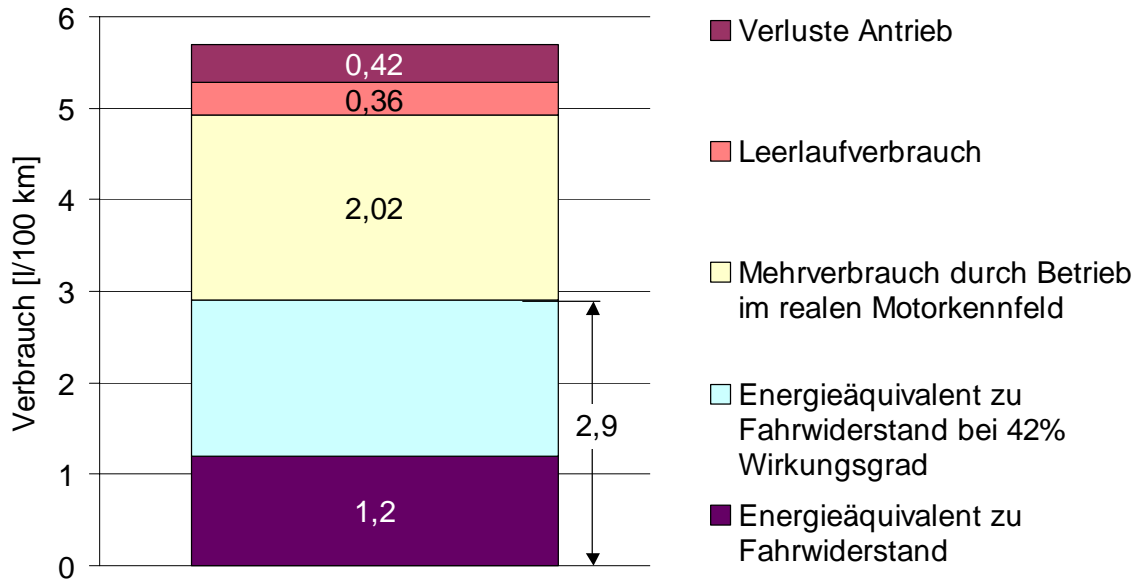
- Konventionelle Verbrennungsmotoren
- Zukunftspotenzial des  
Verbrennungsmotors
- Alternative Antriebsaggregate
- Zukunftsszenario

Folie 2

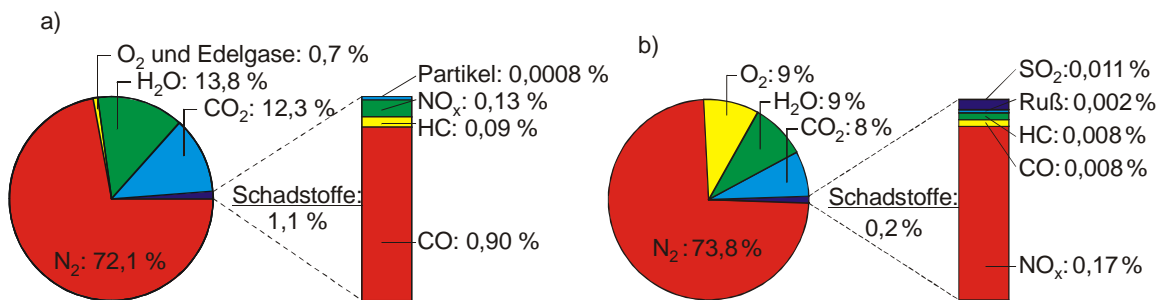
Neue emissionssparende Fahrzeugkonzepte

Prof. Dr.-Ing. G. P. Merker

### Energiebedarf im NEFZ



### Rohemissionen (ohne Katalysator) von Otto- (a) und Dieselmotor (b)



%	Schadstoffe	CO	HC	NO <sub>x</sub>	Ruß
Otto	1,1	0,9	0,09	0,13	0,0008
Diesel	0,2	0,008	0,008	0,17	0,002

## unvollständige Verbrennung

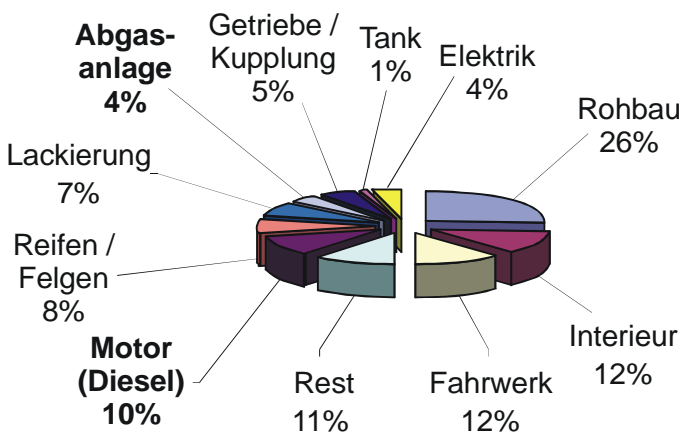
- örtlicher Luftmangel
  - Dissoziation von CO<sub>2</sub>
  - Nachreaktion von unverbranntem HC
- ▶ CO
- QUENCH-Effekte in Wandnähe, bei niedrigen Temperaturen (Teillast) erfolgt keine rechtzeitige Umsetzung
- ▶ HC
- Verbrennung unter Luftmangel
  - thermisches Cracken der Kraftstoffmoleküle unter O<sub>2</sub>-Mangel
- ▶ Ruß

## ungewollte Nebenreaktionen

- Oxidation des Kraftstoffschwefels (Nur von der Kraftstoffzusammensetzung abhängig)
- ▶ SO<sub>2</sub>
- Reaktionstemperatur (exponentiell)
  - Konzentration von N<sub>2</sub> und O<sub>2</sub> (linear)
  - Zeldovich-Kettenreaktion
- ▶ NO<sub>x</sub>

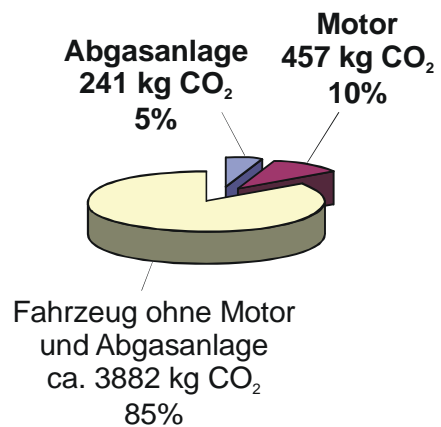
# Primärenergiebedarf und CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Herstellungsphase (EU III)

## Primärenergiebedarf Mittelklassefahrzeug



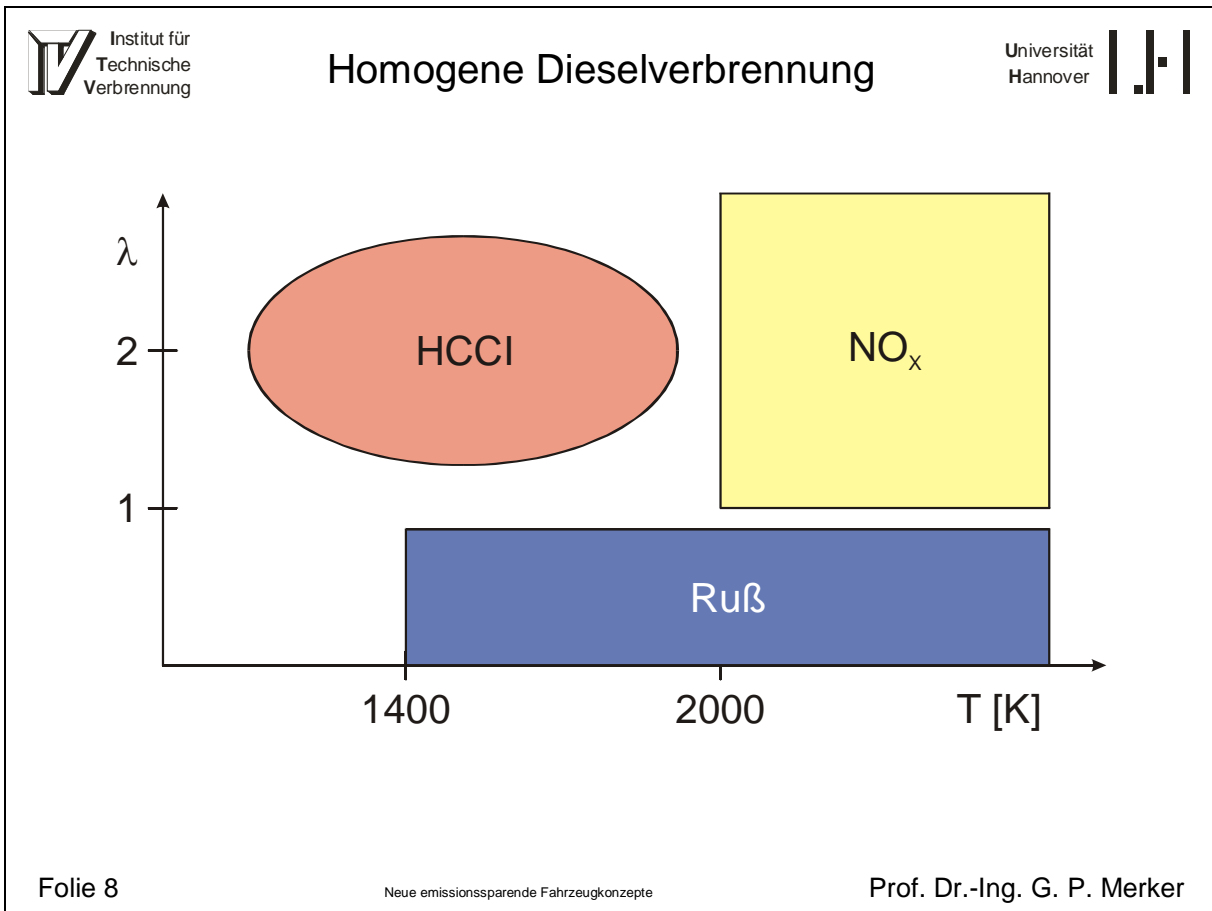
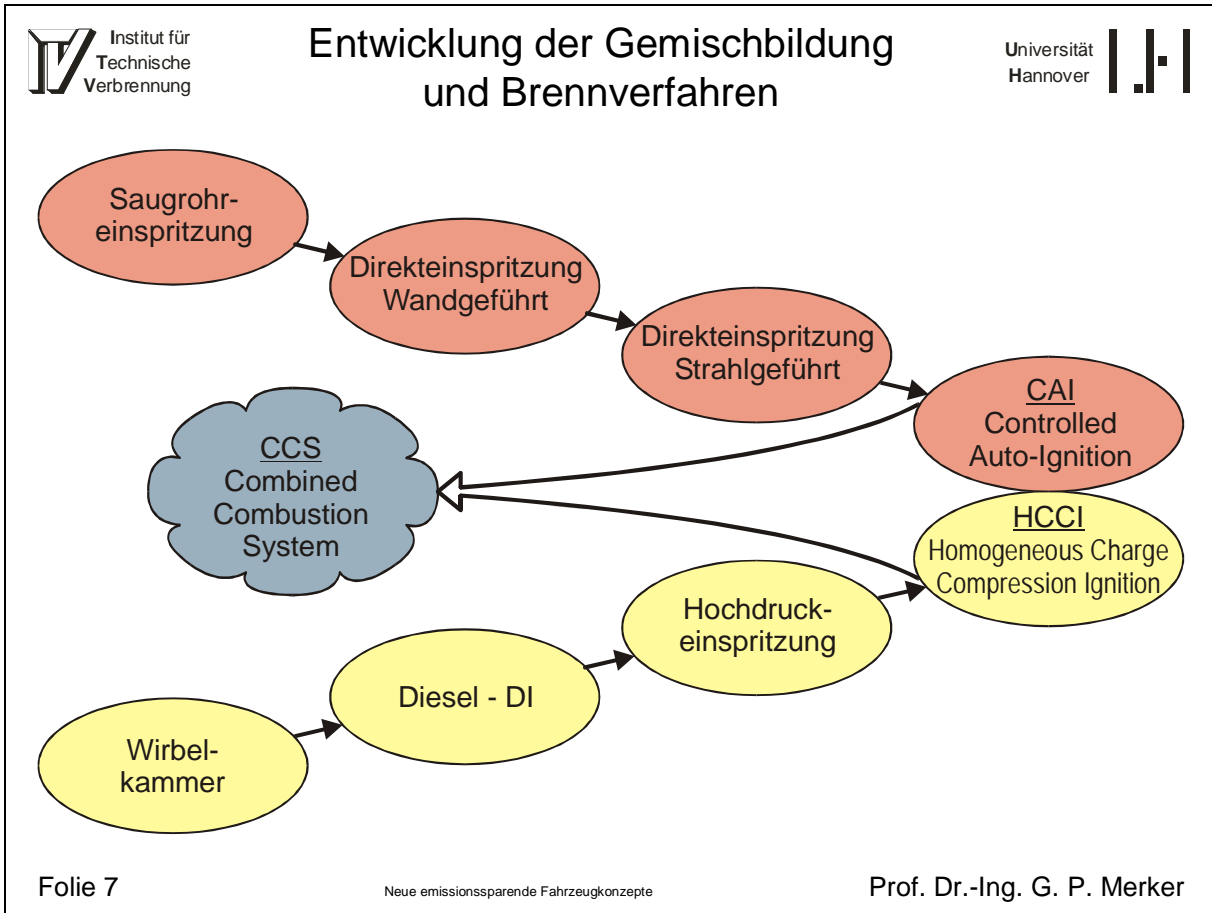
Aufteilung nach IKP für Motor und Abgasanlage projektspez. Werte  
**ca. 88 GJ Gesamt-PE-Bedarf**  
 nach Volkswagen AG: Sachbilanz des Golf A4

## CO<sub>2</sub>-Emission Mittelklassefahrzeug (Diesel-Pkw)



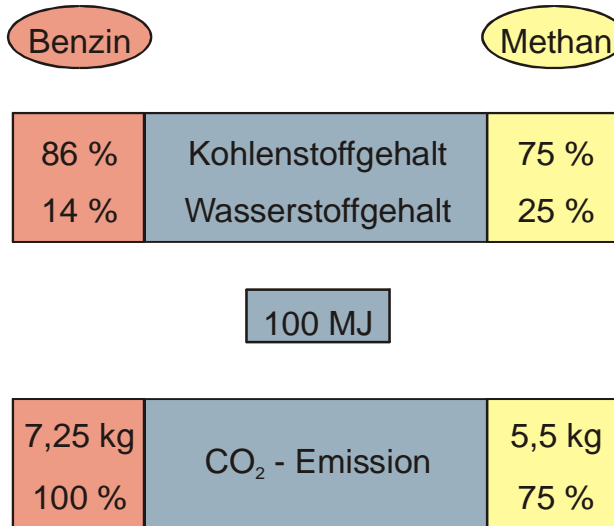
Aufteilung nach IKP für Motor und Abgasanlage projektspez. Werte  
**ca. 4580 kg Gesamt-CO<sub>2</sub>-Emission**  
 nach Volkswagen AG: Sachbilanz des Golf A4

Quelle: Pischinger, FVV - Info - Tagung 04/2003

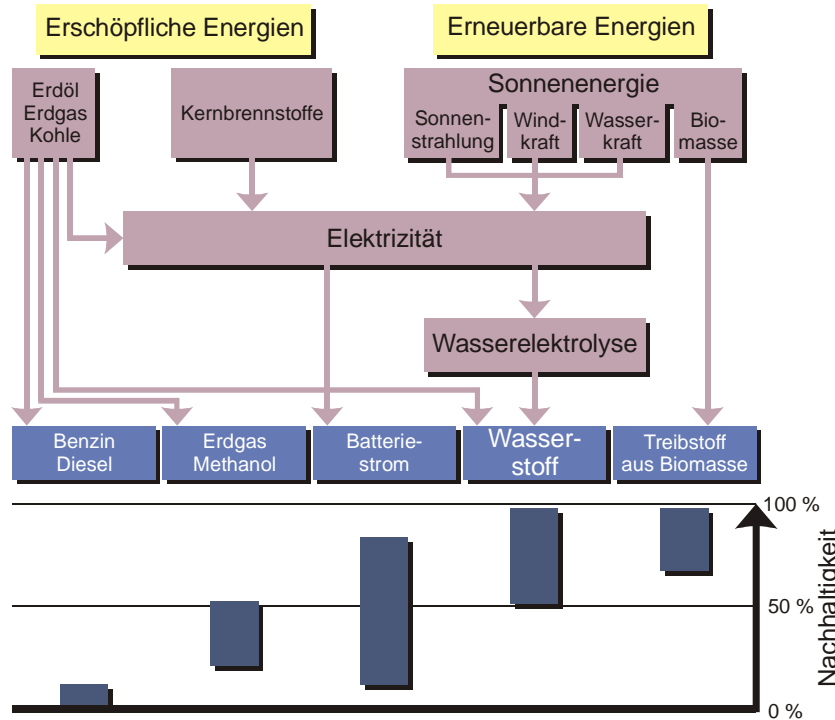


### Alternative Kraftstoffe

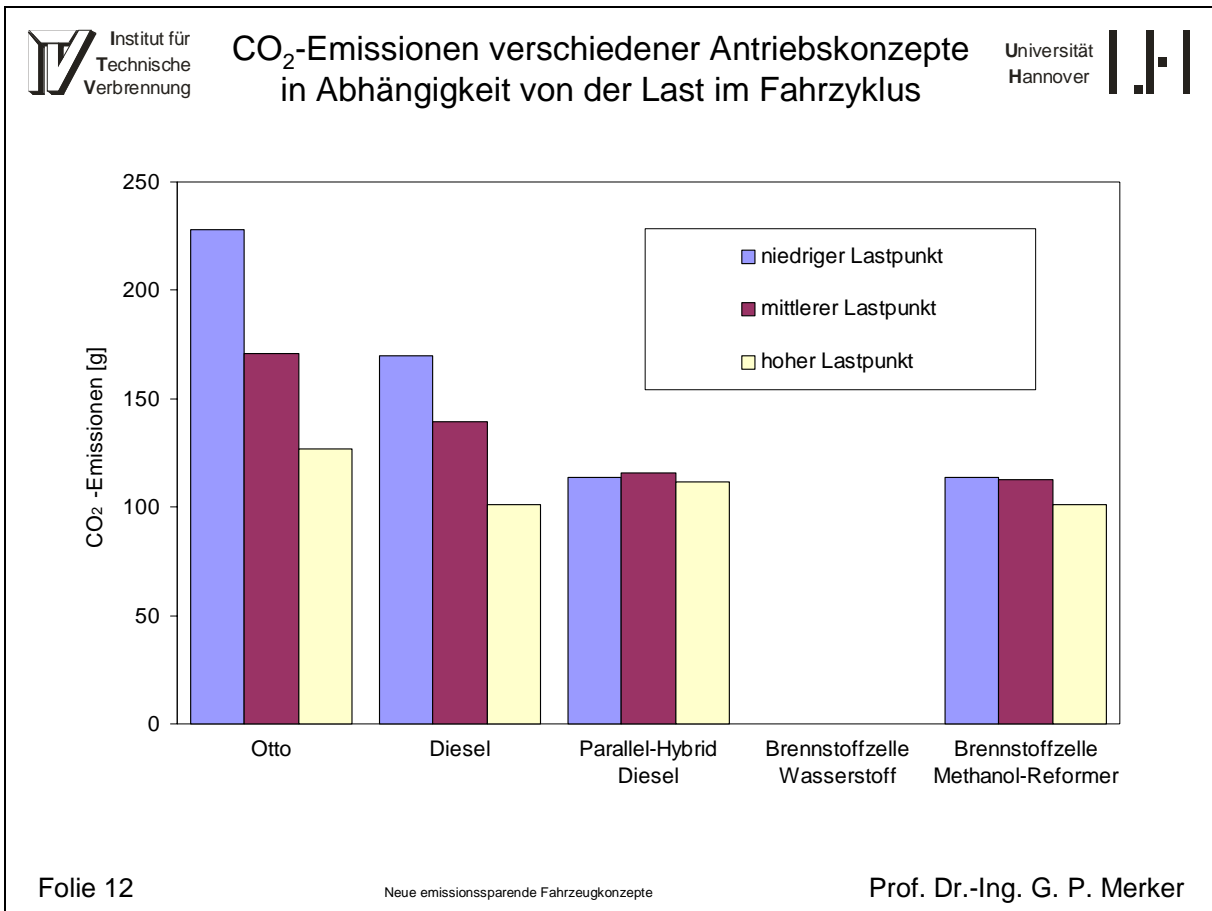
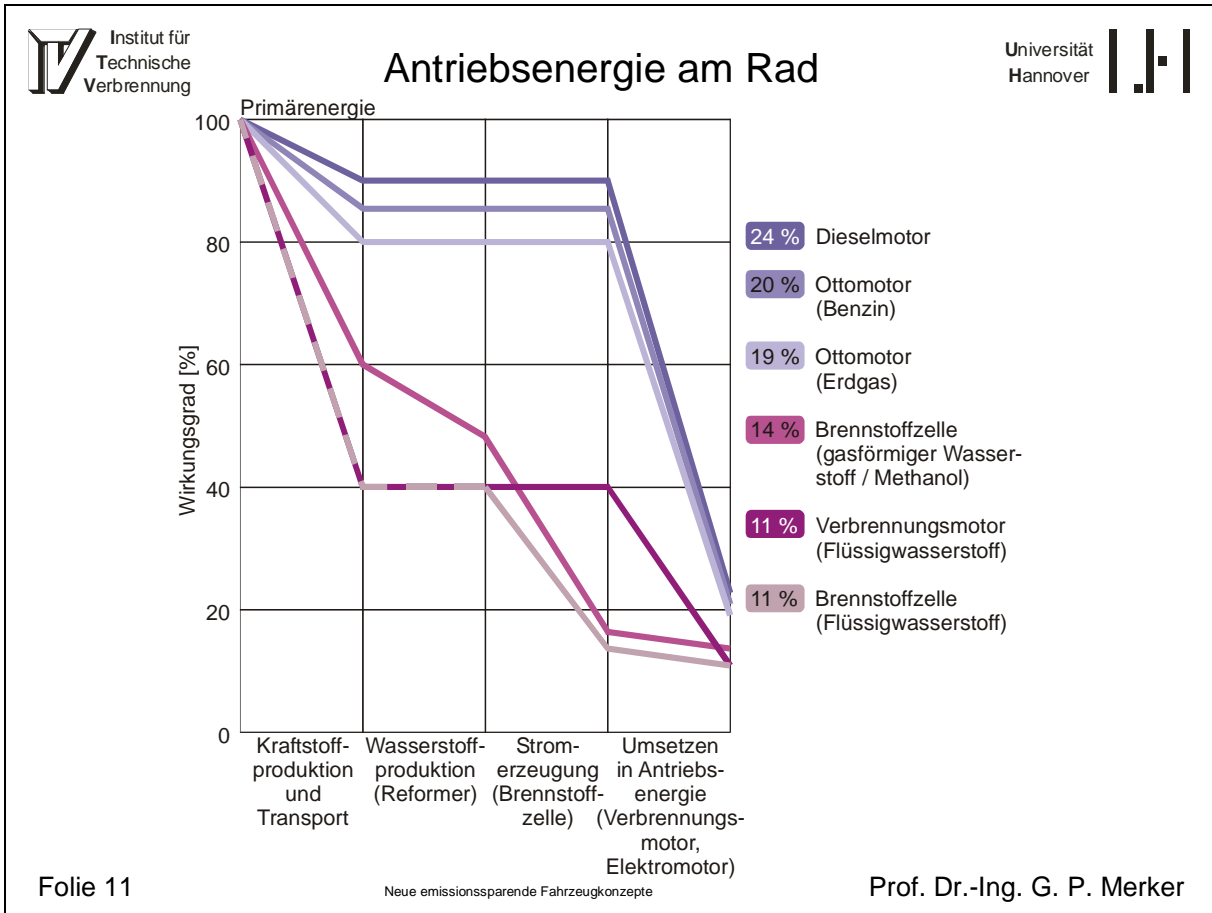
#### CO<sub>2</sub>-Emission bei Verbrennung von Methan und Benzin



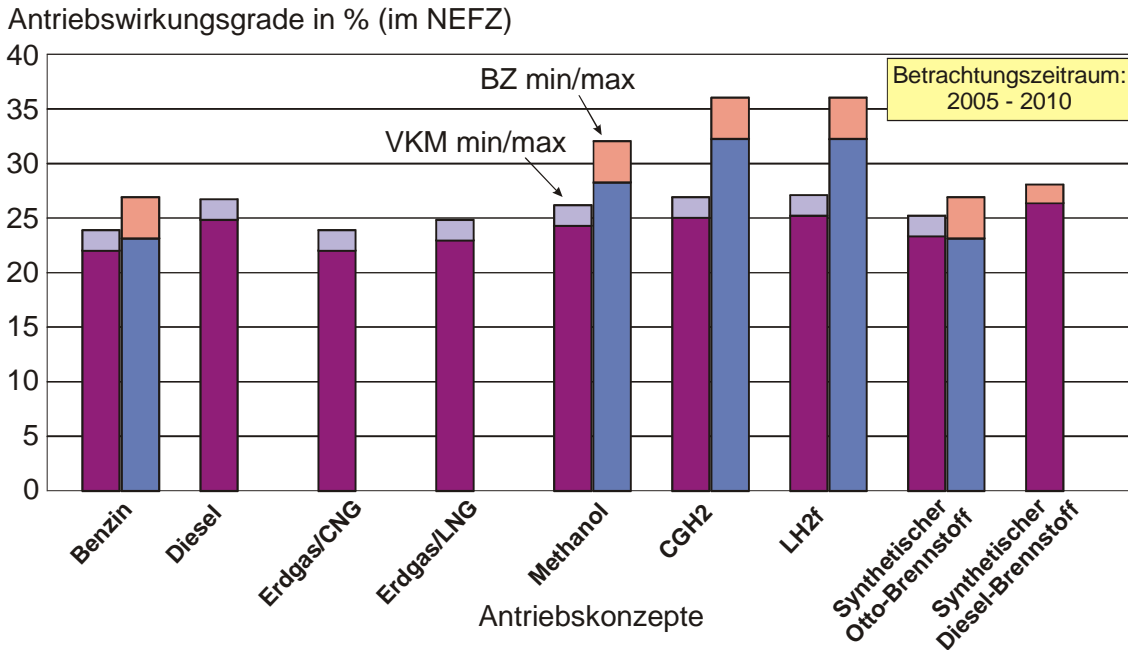
### Mögliche Energien für den Antrieb von Fahrzeugen







### Wirkungsgrade verschiedener Antriebskonzepte

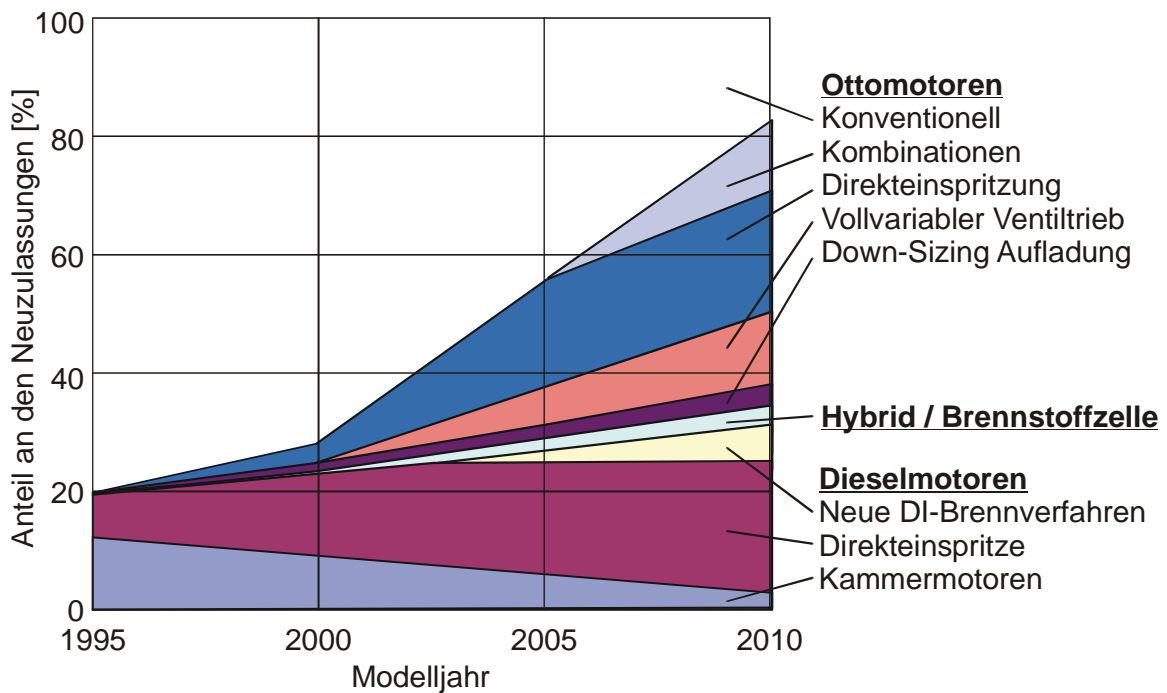


Folie 13

Neue emissionsparende Fahrzeugkonzepte

Prof. Dr.-Ing. G. P. Merker

### Zukunftsszenario für neue Pkw-Antriebe in Europa

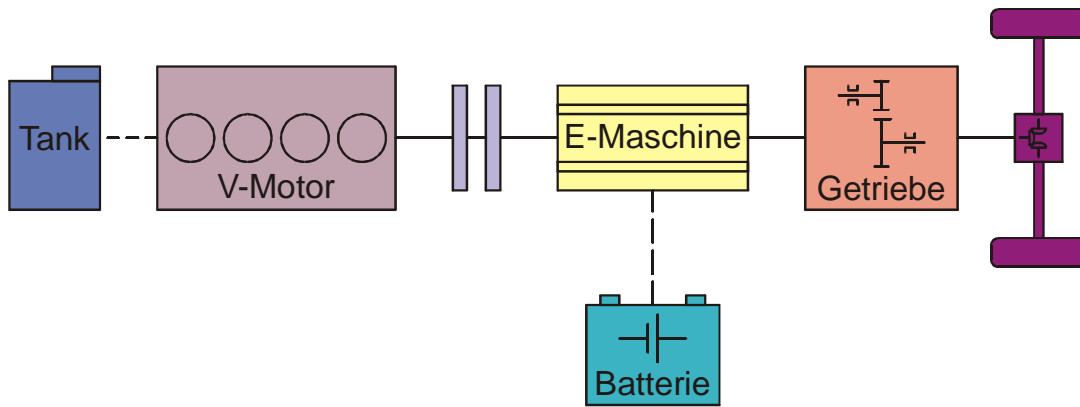


Folie 14

Neue emissionsparende Fahrzeugkonzepte

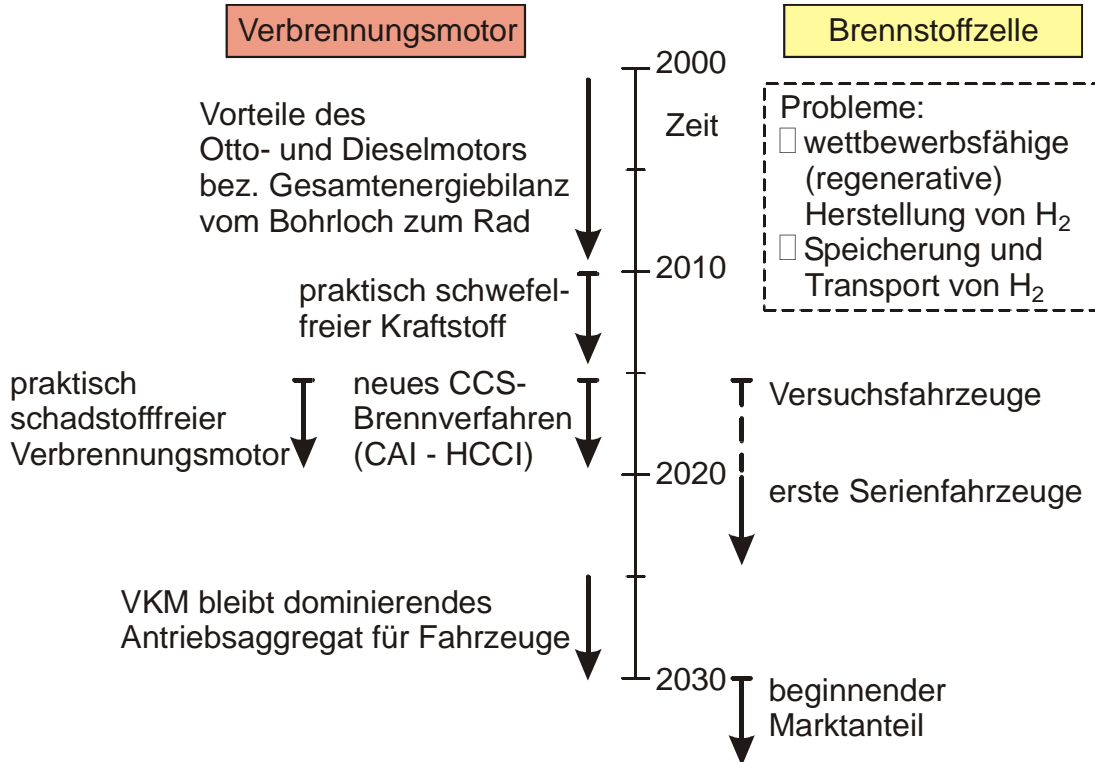
Prof. Dr.-Ing. G. P. Merker

### Struktur des parallelen Hybridkonzeptes



- mechanische Verbindung
- elektrische Verbindung
- Versorgungsleitung

### Zukunftsszenario



## **Straßenverkehr als Sorgenkind des Lärmschutzes – Leises Fahren –**

**Dr. Alexander Attenberger, LfU**

### **Lärmbelästigung der Bevölkerung – Flächenverlärmung durch Straßenverkehr**

Lärm ist die täglich und persönlich wahrgenommene und nicht erst durch wissenschaftliche Erkenntnisse ins Bewusstsein gedrungene Umweltbelastung. Lärmschutz ist kein Modethema der Umweltszene. Umfragen des Umweltbundesamtes (UBA) seit Ende der fünfziger Jahre ergeben einen hohen und ansteigenden Prozentsatz an Beeinträchtigten. Etwa zwei Drittel der Deutschen klagen heute allein über Straßenverkehrslärm. Der Verkehrslärm durch Kraftfahrzeuge ist nahezu allgegenwärtig – ein flächendeckendes Problem! Zwischen 1976 und 1991 hat sich in Bayern die Zahl der „ruhigen“ Wohngebiete halbiert. Straßen durchziehen das ganze Land und führen so zu einer großflächigen Verlärmung, insbesondere in den Siedlungsgebieten. Der Immissionsgrenzwert der 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchV) nachts von 49 dB(A) für allgemeine Wohngebiete wird bei Landstraßen (durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV): 1250 bis 10.000) erst in einem Abstand von 25 – 105 m, bei Bundesstraßen (DTV: 910 bis 20.000) in 30 – 290 m und bei Autobahnen (DTV: 20.000 bis 160.000) in 510 – 1280 m eingehalten.

### **Zeitliche Entwicklung der Geräuschemissionsgrenzwerte**

Alle in der Bundesrepublik im Verkehr befindlichen Fahrzeugtypen benötigen eine allgemeine Betriebserlaubnis (ABE) vom Kraftfahrzeugbundesamt. Diese wird nur dann erteilt, wenn die Lärmemission die EG-weit geltenden Geräuschgrenzwerte einhält (sogenannte „EWG-Betriebserlaubnis“). Zu messen ist der höchste Geräuschpegel in 7,5 m seitlichem Abstand bei definierter Geschwindigkeit und Vollastbeschleunigung. Die Messvorschrift stellt die Vergleichbarkeit der so ermittelten Lärmwerte sicher; im praktischen Fahrbetrieb kann sich das Geräuschniveau völlig anders darstellen. Die gesetzlich festgelegten Grenzwerte sind in den vergangenen Jahren mehrfach verschärft worden. Die damit verbundenen Minderungen wirken sich in erster Linie auf die Antriebsgeräusche aus.

Wesentliche Verschärfungen der Geräuschemissionsgrenzwerte für die Fahrzeugtypprüfung aller Kraftfahrzeugtypen traten Mitte der 70-er Jahre sowie Anfang und Ende der 80-er und 90-er Jahre in Kraft. Bereits seit Anfang der 70-er Jahre gab es vielfältige Bemühungen, insbesondere die Lkw leiser zu machen. So wurden die zulässigen Grenzwerte für Lkw der Leistungsklasse über 150 kW schrittweise von 92 auf heute 80 dB(A) und für Pkw von 82 auf 74 dB(A) herabgesetzt.

### **Lärmkomponenten am Kfz**

Niemand kann daran gehindert werden, z.B. Tempo 40 mit dem 1., 2., 3. oder 4. Gang zu fahren. Eines steht fest: je niedriger der Gang, desto höher die Drehzahl und desto größer der Lärm. Im praktischen Betrieb setzen sich die Geräusche eines jeden Kraftfahrzeugs aus zwei Anteilen zusammen: dem Antriebsgeräusch und dem Reifen/Fahrbahngeräusch. Erst bei sehr hohen Geschwindigkeiten tritt das aerodynamische Geräusch (Umströmungsgeräusch) störend hinzu.

Der Begriff Antriebsgeräusch umfasst die Beiträge des Motors einschließlich seiner Nebenaggregate mit Ansaugsystem sowie der Auspuffanlage. Es hängt in der Höhe nur von der Motordrehzahl und der Motorbelastung ab, nicht jedoch von der Fahrgeschwindigkeit. Verkehrssituation und Fahrweise bestimmen also, wie laut der Antrieb ist. Daneben spielt natürlich die technische Auslegung des Fahrzeugs eine Rolle.

Das Antriebsgeräusch ist nur bei Anfahr- und Beschleunigungsvorgängen pegelbestimmend. In allen anderen Fahrsituationen herrscht das Reifen/Fahrbahngeräusch vor. Es entsteht durch die Wechselwirkung des Reifens mit der Fahrbahnoberfläche und steigt mit wachsender Fahrgeschwindigkeit kontinuierlich an und wird bereits ab ca. 35 km/h pegelbestimmend. Hinzu kommt ein Trend zu größeren Geschwindigkeiten und zu breiteren Reifen. Beides hat die Verschiebung hin zum Reifen/Fahrbahngeräusch noch erheblich verstärkt.

Kfz, Reifen und Straße sind akustisch grundsätzlich als Einheit zu betrachten!

## Reifen/Fahrbahngeräusche

Von zentraler Bedeutung ist die Abplattung des Reifens im Kontaktbereich mit der Fahrbahn. Die Profilelemente schlagen an der einlaufenden Kante auf die Straße auf (Aufschlageffekt), werden in der Kontaktfläche (Fahrbahnunebenheiten) durch Schubspannungen verformt (Reibschwingung) und schnappen im Auslauf aus der Aufstandsfläche heraus (Austrittseffekte). Hierbei entstehen tieffrequente Profil- und Reifenschwingungen, die umso stärker sind, je unebener und rauher die Straßenoberfläche ist. So können auf sehr unebenem Pflaster mehr als 10 dB(A) höhere Pegel entstehen als auf einem geräuschkäufgünstigen Belag.

Aber auch die Profilrillen des Reifens sind akustisch wirksam: Sie bildet mit der Fahrbahnoberfläche Hohlräume, in denen sich durch Profilschwingungen angeregte Rillenresonanzen aufbauen. „Luftkammern“ werden in schnellem Wechsel von der Fahrbahnoberfläche abgeschlossen, wieder geöffnet; Luft mit hoher Wechselfrequenz „gepumpt“ (Airpumping). Der Lärm ist um so lauter, je dichter das Profil von der Fahrbahnoberfläche abgeschlossen wird, also je „glatter“ ihre Oberfläche ist.

Es ist zu beachten, dass das Geräuschniveau eines Glattreifens (Slick) erheblich niedriger liegt, da dieser quasistationär abrollt. Beachtenswert ist, dass für den Glattreifen die extrem glatte Straßenoberfläche die günstigste Kombination darstellt. Dies gilt nicht für den profilierten Reifen, der auf dem glatten Belag alle Airpumping-Effekte und Rillenresonanzen deutlich ausbildet.

„Geräuschkäufgünstig“ bedeutet bei einem Fahrbahnbelag also zweierlei. Zum einen muss er so ausgelegt sein, dass die erwähnten Mechanismen überhaupt möglichst wenig Rollgeräusch entstehen lassen. Andererseits kommt es darauf an, den nicht weiter reduzierbaren Schall möglichst wirkungsvoll zu absorbieren. Das setzt eine offenporige Deckschicht mit hohem Hohlraumanteil voraus.

Unter Antriebsmoment erhöhen sich die Reifen/Fahrbahngeräusche aufgrund der größeren Profilverformung, die wiederum zu höheren Schwingungen führt.

Mit verschiedenen Reifengrößen, Reifenfabrikaten und Einsatzbereichen (Sommer-, Winterreifen) wurde der Vorbeifahrtpegel bestimmt. Man kann sehen, dass die Betonfahrbahn deutlich höhere Vorbeifahrtpegel hervorruft als die Drainasphaltdecke, wobei die leiseste Fahrzeug-Reifen-Kombination auf der Betonfahrbahn bei vergleichbarer Geschwindigkeit noch immer deutlich höhere

Pegel hervorruft als die lauteste Fahrzeug–Reifen–Kombination auf der Drainspaltfahrbahn. Das ist nicht nur bei höheren, sondern auch bei niedrigen Geschwindigkeiten der Fall, wo ein höherer Anteil der Antriebsgeräusche zu erwarten ist. Der Schalldruckpegel könnte um mindestens 15 dB(A) gemindert werden. Eine deutlich intensivierte Rollgeräusch Forschung ist angesichts der wirtschafts– und umweltpolitischen Bedeutung des Verkehrssektors sicher gerechtfertigt und wäre eine Investition für die Zukunft. Sie ist darüber hinaus eine wissenschaftliche und technische Herausforderung. Bei 15 dB(A) leiseren Fahrzeugen könnte der Straßenverkehrslärm – ähnlich wie heute der Gewerbelärm – als weitgehend bewältigtes Kapitel bezeichnet werden.

## Der Reifen

Bereits ab einer Geschwindigkeit von etwa 35 km/h ist das Reifen/Fahrbahngeräusch lauter als das Motorengeräusch. Doch alle gängigen Reifentypen unterbieten bereits heute die ab August 2003 verbindliche EU–Geräuschvorschriften deutlich. Das zeigen Testergebnisse an 82 markenrelevanten Reifentypen verschiedener Hersteller, die das Reifen/Räder–Test–Center der TÜV Automotive GmbH im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) kürzlich vorlegte. Die Ergebnisse sind im Internet veröffentlicht. Innerhalb einer Reifenklasse haben sich Unterschiede beim Abrollgeräusch von bis 4 dB(A) und beim Rollwiderstand von bis zu 30 % ergeben. Der Präsident des UBA, Prof. Dr. Andreas Troge, sagte zu den Ergebnissen der Tests: „Die Geräuschgrenzwerte für Reifen sollten möglichst rasch gesenkt werden. Das mindert die Lärmbelastung der Bevölkerung und ist technisch ohne weiteres machbar. ... Als wichtige Käuferinformation ist eine Kennzeichnung aller Reifen mit den Werten für Abrollgeräusche und Rollwiderstand zu empfehlen.“ Wir schließen uns dieser Forderung an.

Die Liste mit den Testergebnissen ist im Internet unter der Adresse:

[www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/nutzfahrzeugreifen.htm](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/nutzfahrzeugreifen.htm) veröffentlicht.

## Lärmarme Straßendecken

Die Straßenbautechnik weist neben Fortschritten in dem Belang Sicherheit auch Verbesserungen bezüglich der Geräuschemissionen auf. So wurde schon frühzeitig Kopfsteinpflaster von ebenen Asphalt– oder Betondecken verdrängt. „Splittmastix“ ist leiser als ein üblicher Asphaltbeton. Die jüngste Entwicklung liegt jedoch bei dem Konzept eines offenporigen Belages. Diese Belagsart weist erstaunliche Vorteile auf:

- Hohe Pegelminderungen von anfangs bis zu 10 dB(A) für Pkw–Reifen, ca. 7 dB(A) für Lkw–Reifen
- Vergleichsweise angenehmes Geräusch durch Wegfall der hohen Frequenzen, daher positive Bewertung und hohe Akzeptanz bei der Bevölkerung
- Pegelminderung an der Quelle, d.h. Verzicht oder Reduktion von baulichen Schallschutzmaßnahmen oder Schallschutzfenstern
- Pegelminderung im gesamten Einwirkungsbereich (auch in größeren Entfernungen)
- Pegelminderung auch bei nasser Fahrbahn, keine Pegelerhöhung und Frequenzverschiebung („Zischen“)
- Kein Aquaplaning
- Kaum Sprühfahnenbindung
- Kein Anspritzen der Fußgänger und Radfahrer bei Regen
- Kaum Blendwirkung bei Nässe und Dunkelheit

- Hoher Fahrkomfort, angenehmes Fahrzeuginnengeräusch
- Kein Vandalismus (Graffiti), wie häufig bei Lärmschutzwänden
- Keine Reparaturen und Wartungsarbeiten an Lärmschutzanlagen
- Keine aufwändige Pflege einer Begrünung einer Lärmschutzanlage
- Hohe Standfestigkeit bei korrektem Einbau
- Bessere Griffbarkeit über einen längeren Zeitraum
- Geringe Spurrinnenbildung

Die Bauverwaltung zeigt sich jedoch sehr zurückhaltend in der Anwendung dieses Belagstypus. Folgende Nachteile werden gesehen:

- Erhöhte Kosten
- Besondere Anforderungen an den Winterdienst
- Hohe Anforderungen an die Bauindustrie im gesamten Fertigungsprozess
- Reparaturen nur großflächig möglich
- Nachlassen der akustischen Minderungswirkung bei fehlerhaftem Einbau
- Reinigungsverfahren noch nicht ausgereift

## **Fahrgeschwindigkeit und Geschwindigkeitsverlauf**

An Straßenabschnitten mit frei fließendem Verkehr, z.B. Außerortsstraßen, innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen oder Stadtautobahnen, wird das Gesamtgeräusch vom Reifen/Fahrbahngeräusch dominiert. Verkehrssituationen, bei denen häufiger angefahren oder beschleunigt wird, wie es z.B. typisch ist für Kreuzungen oder Einmündungen, sind dagegen mehr durch die Antriebsgeräusche geprägt. Für die Beschleunigung des Fahrzeugs wird eine erheblich höhere Motorleistung benötigt als für das Fahren mit konstanter Geschwindigkeit. Das häufigere Benutzen niedriger Gänge, die höhere Motorbelastung und Motordrehzahlen führt damit auch zu höherem Gesamtgeräusch.

Etwas vereinfacht kann man sagen: die Höhe der Fahrzeuggeräusche wird sowohl von der Geschwindigkeit als auch vom Geschwindigkeitsverlauf bestimmt. Besonders wichtig ist die Beachtung dieses Zusammenhangs bei der Planung von Verkehrsberuhigungsmaßnahmen. Sie sollen beruhigen und den Fahrer nicht zu immer neuen Stopp- und Beschleunigungsmanövern zwingen. Aber auch Maßnahmen zur Verstetigung des Verkehrsflusses können zu einer gewissen Lästigkeitsabnahme beim Lärm beitragen.

## **Fahrweise**

Einen sehr starken Einfluss auf die Geräuschentwicklung seines Fahrzeugs hat der Fahrer selbst. Hochtouriges Fahren und starkes Beschleunigen ist laut. Günstig hingegen ist, mit niedrigen Motordrehzahlen zu fahren und auf unnötiges Beschleunigen zu verzichten. Dabei ist „niedertourig“ keineswegs gleichbedeutend mit „langsam“. Eine solche Fahrweise ist ökologischer und zugleich ökonomischer, denn Kraftstoffverbrauch und Schadstoffemissionen sind geringer. Niedertourige Fahrweise und Verzicht auf unnötiges Beschleunigen erfordern aber ein entsprechendes Umweltbewusstsein beim Fahrer: das „vorausschauende Gleiten“ will gelernt und geübt sein. Intelligentes und vorausschauendes Fahren mit möglichst wenig Beschleunigen und Bremsen macht Spaß. Für manchen, der nicht viel von Rücksicht hält, wäre dosiert eingesetzte technische Nachhilfe, z.B. durch Drehzahlbegrenzung oder Automatikgetriebe, eine Starthilfe in diese Richtung.

## Instrumente der Bekämpfung des Straßenverkehrslärms

- **Verkehrsstärke reduzieren:**  
Möglich mit Hilfe einer entsprechend angelegten Stadtentwicklungsplanung – z.B. Verkehr bündeln, auf weniger lärmempfindliche Routen verlegen, Schleichverkehr unterbinden.
- **Fahrzeuggeschwindigkeit begrenzen:**  
Am wirkungsvollsten an Straßen und in Zeiten mit freiem Verkehrsfluss und mit niedrigem Lkw-Anteil.
- **Geschwindigkeitsverlauf verstetigen:**  
Möglich durch Nutzung moderner Verkehrserkennungs- und Steuerungssysteme, durch geeignete Anpassung des Straßenraumes an die (ggf. verringerten) Höchstgeschwindigkeiten sowie durch lärmbewusstes Fahren („vorausschauendes Gleiten“).
- **Reifen- / Fahrbahnkombination verbessern:**  
Wobei auf Straßen mit frei fließendem Verkehr für eine wirkungsvolle Lärminderung an der Quelle in erster Linie leise Fahrbahnbeläge erforderlich sind. Eine – wenn nicht sogar die wichtigste – Lärmforschungsaufgabe der Gegenwart und Zukunft.

Die drei zuerst aufgeführten Instrumente fasst man unter dem Begriff „Verkehrsberuhigung“ zusammen. Deutlich spürbare Minderungen werden in der Regel erst durch die Kombination der verschiedenen Maßnahmen erreicht. Wenn Sie selbst umweltbewusst, geräuscharm fahren, haben Sie auch das Recht von der Politik mehr Lärmschutz zu fordern.

## Straßenverkehr als Sorgenkind des Lärmschutzes

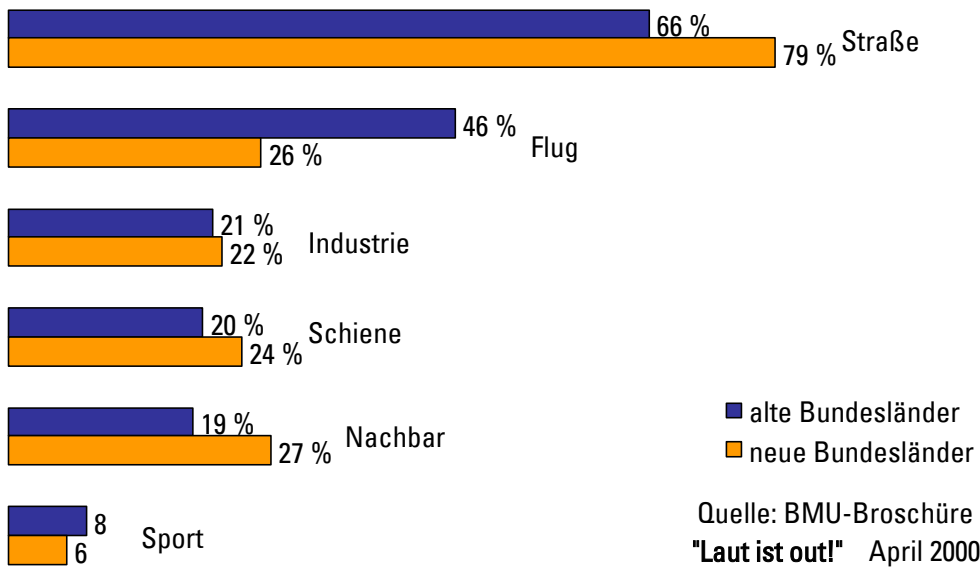
– Leises Fahren –

- Flächendeckende Verlärmung
- Fahrbahnen und Reifen
- Fahrverhalten

Dr. Alexander Attenberger  
Bayer. Landesamt für Umweltschutz



## Lärmart und Lärmbelastigung der Bevölkerung



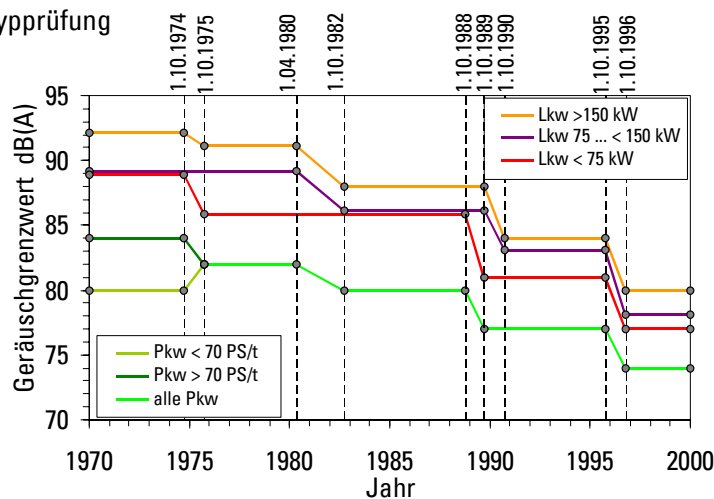
Auto(mobil) und Umweltschutz, 04. Nov. 2003  
Alexander Attenberger / Abt. 2

Bayrisches Landesamt  
für Umweltschutz



## Zeitliche Entwicklung der Geräuschemissionsgrenzwerte

für die Fahrzeugtypprüfung



die abfallenden Flanken markieren den Übergangszeitraum zwischen der Geltung der Grenzwerte für neue Typen und für alle Neufahrzeuge

Auto(mobil) und Umweltschutz, 04. Nov. 2003  
Alexander Attenberger / Abt. 2

Bayrisches Landesamt  
für Umweltschutz



## Kfz-Bestand und Verkehrslärmpotential in Bayern

- Auf 1000 Einwohner: kamen vor 40 Jahren 80 Pkw, heute sind es 576 Pkw
- Straßennetz des überörtlichen Verkehrs: 41.700 km Statistisches Bundesamt 01.01.2002
- Bestand an Kraftfahrzeugen (ohne Transit): Statistisches Bundesamt 01.01.2003

<b>Pkw</b>	<b>Lkw</b>
7,1 Mio. $\hat{=}$ 39.100 km	0,4 Mio. (5%)
<small>(mit der Länge eines Pkw: 5,5 m)</small>	

Schalleistungspegel: eines: 106 /  $\Sigma$ : 154 dB(A) eines: 115 /  $\Sigma$ : 150dB(A)  
(bei v=100km/h) (bei v=80km/h)

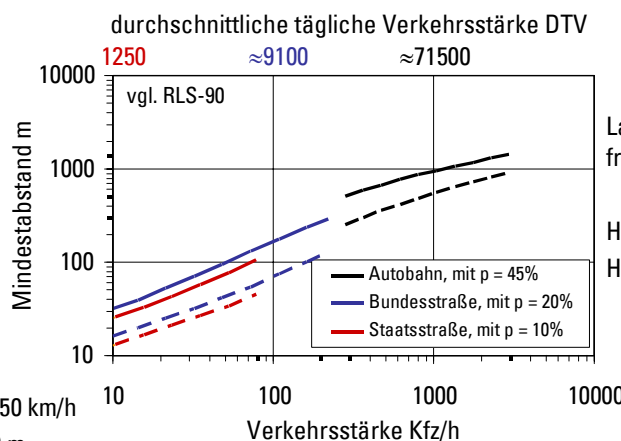
- d.h. die Hälfte der Fläche Bayerns ist mit einem Flächenschalleistungspegel von 50 dB(A) belegt

Korrekturwert für unterschiedliche Straßenoberflächen,  $D_{Str0} = 0$

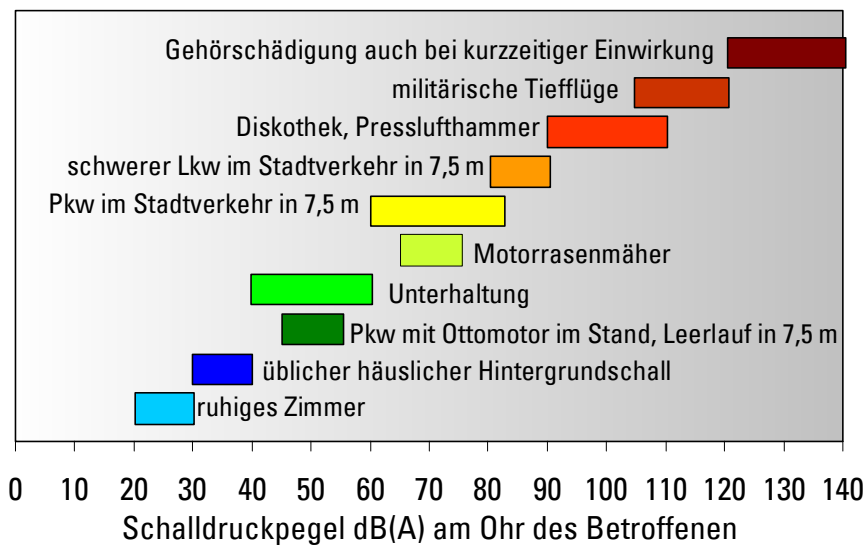
Umfang der Erde: 40.074 km

## Flächenverlärmung durch Straßenverkehr

Mindestabstände von Straßen zur Einhaltung des Immissionsgrenzwertes von **49 dB(A)** für allgemeine Wohngebiete bzw. **54 dB(A)** Dorf- und Mischgebiete **nachts nach 16.** BImSchV



## Pegelbereiche charakteristischer Geräusche

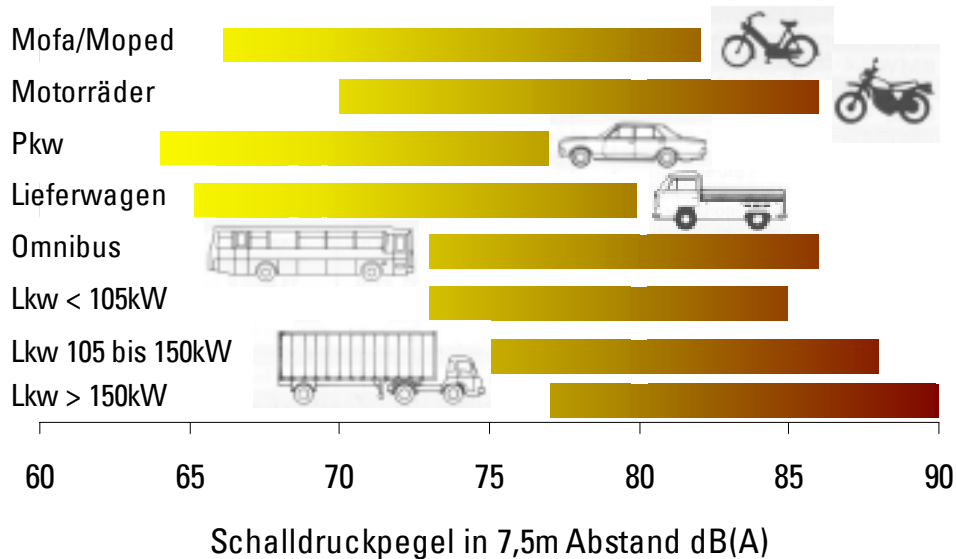


Auto(mobil) und Umweltschutz, 04. Nov. 2003  
Alexander Attenberger / Abt. 2

Bayrisches Landesamt  
für Umweltschutz



## Mittlere Vorbeifahrtpegel von Kfz im Straßenverkehr

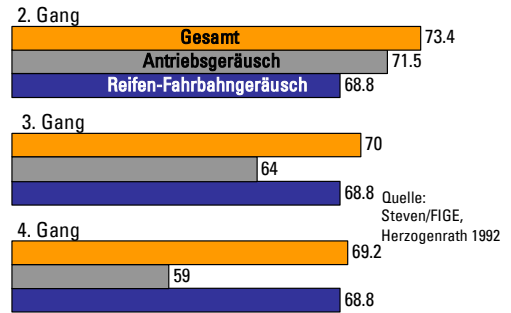
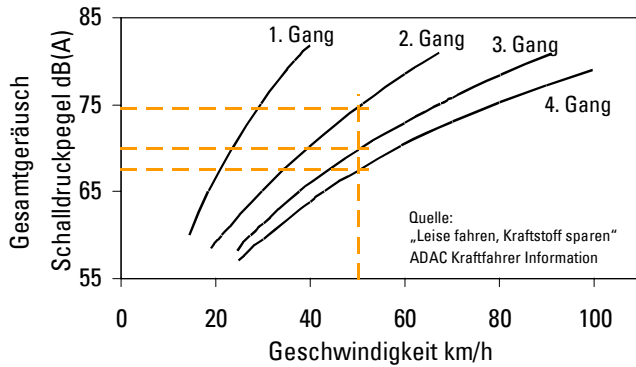


Auto(mobil) und Umweltschutz, 04. Nov. 2003  
Alexander Attenberger / Abt. 2

Bayrisches Landesamt  
für Umweltschutz



## Lärmkomponenten eines Pkw



Reifen/Fahrbahn- und Antriebsgeräusche eines Pkw bei v = 50 km/h

- Je höher der gewählte Gang, desto leiser werden bei gleicher Geschwindigkeit die Fahrgeräusche.
- ▶ also Runter mit der Drehzahl!

- Bereits ab 35 km/h dominiert das Reifen/Fahrbahngeräusch eines modernen Pkw

Kfz, Reifen und Straße sind **akustisch** grundsätzlich als **Einheit** zu betrachten!!



## Der Reifen

- Anforderungen an moderne Reife: **Zielkonflikt** der Reifeneigenschaften

- Alle derzeit üblichen Reifen unterbieten bereits heute die ab August 2003 verbindliche EU-Geräuschvorschrift

Quelle: Continental, Projekt „Leiser Verkehr“

	Geräusch	Laufleistung	Abriebbild	Rollwiderstand	Bremsen	Aquaplaning	Handling	Winter
Hohe Dämpfung	✓	X		X	✓			✓
Wenig Rillen	✓	✓	(X)			X	✓	
Geringe Profiltiefe	✓	X	✓	✓		X	✓	X
Lange Blöcke	✓	(X)	X		X	X	✓	X
Lamellen längs	✓	(X)	X				✓	X
Keine Lamellen	✓	(X)	X		X		✓	X
Weiches Laufband	✓	X			✓		X	✓

<http://www.stiftung-warentest.de>

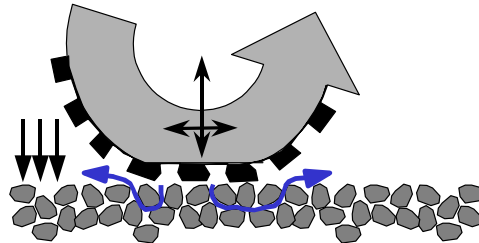
<http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/nutzfahrzeugreifen.htm>



## Wechselwirkung des Reifens mit der Straßenoberfläche

### Entstehungsmechanismus des Reifen/Fahrbahngeräusches

- Deformation des Reifens
- ▶ Profil- & Reifenschwingungen (radial & tangential)
- ▶ Resonanzen
- Schallabsorption
- Pneumatische Effekte

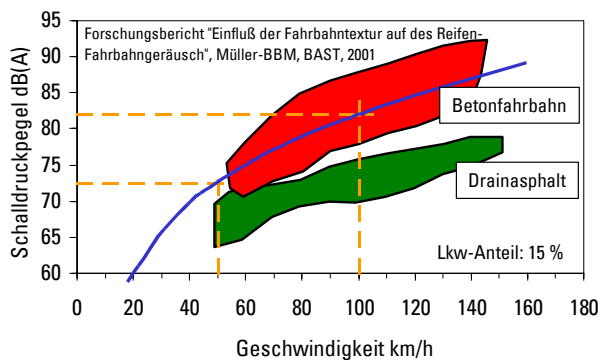


Einbau von offenporigen Straßendecken!



## Das Reifen / Fahrbahngeräusch

### Statistische Vorbeifahrt



- Reifenkonstruktion
- Fahrbahndecke
- Fahrgeschwindigkeit

### Wenn Sie leise fahren möchten, dann:

- Reifen verwenden, die den Anforderungen des „Blauen Engel“ genügen würden; siehe UBA, Stiftung Warentest
- runter mit der Geschwindigkeit:
  - ▶ auf schallintensiven Fahrbahndecken (Kopfsteinpflaster, ...) und
  - ▶ bei Nässe
- Reifendruck regelmäßig überprüfen
- Geschwindigkeitsbegrenzungen mit dem Untertitel „Lärmschutz“ ernst nehmen

Verdoppelung der Geschwindigkeit verursacht ungefähr 10 dB(A) mehr Lärm!



## Lärmarme Straßendecken

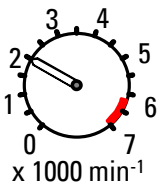
- Vorteile offener Beläge:
  - ▶ Pegelminderung an der Quelle, sehr hohe: für Pkw-Reifen anfangs bis zu 10 dB(A)
  - ▶ Hoher Fahrkomfort: angenehmes Fahr- & Fahrzeuginnen-Geräusch (Wegfall der hohen Frequenzen)
  - ▶ Pegelminderung auch bei nasser Fahrbahn, keine Pegelerhöhung und Frequenzverschiebung („Zischen“)
  - ▶ Verkehrssicherheit: bei Nässe: kein Aquaplaning, kaum Sprühfahnenbindung, reduzierter Bremsweg und kaum Blendwirkung bei Dunkelheit
  - ▶ Hohe Standfestigkeit bei korrektem Einbau, geringe Spurrinnenbildung, bessere Griffigkeit
  - ▶ Kein Anspritzen der Fußgänger und Radfahrer bei Regen, .....
  
- Nachteile offener Beläge:
  - ▶ Erhöhte Kosten; hohe Anforderungen an die Bauindustrie im gesamten Fertigungsprozess
  - ▶ Besondere Anforderungen an den Winterdienst
  - ▶ Reparaturen nur großflächig möglich
  - ▶ Nachlassen der akustischen Minderungswirkung bei fehlerhaftem Einbau
  - ▶ Reinigungsverfahren noch nicht ausgereift

Auto(mobil) und Umweltschutz, 04. Nov. 2003  
Alexander Attenberger / Abt. 2

Bayerisches Landesamt  
für Umweltschutz




## Grundproblem: Fahrweise – „sound“




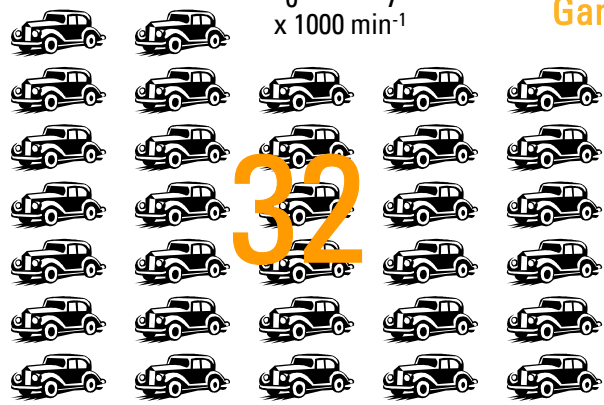
3 4 5 6 7  
2 1 0  
x 1000 min<sup>-1</sup>

**Runter mit der  
Drehzahl,  
rauf mit dem  
Gang!**



3 4 5 6 7  
2 1 0  
x 1000 min<sup>-1</sup>





32

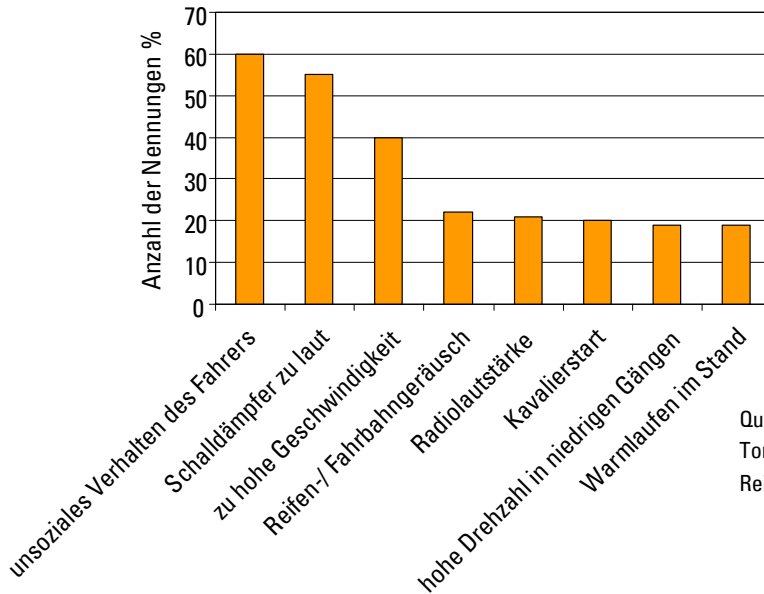
- regelmäßige Überprüfung:
  - ▶ der Leerlaufdrehzahl und
  - ▶ der Startautomatik
  
- Bewußter mobil:
  - ▶ gleichmäßiger (stetiger) Verkehrsfluß
  - ▶ immer im höchstmöglichen Gang fahren
  - ▶ kein Warmlaufenlassen des Motors!

Auto(mobil) und Umweltschutz, 04. Nov. 2003  
Alexander Attenberger / Abt. 2

Bayerisches Landesamt  
für Umweltschutz



## Gründe für Auffälligkeiten im Straßenverkehr



Quelle:  
Tonhauser (BMW),  
Reifen/Fahrbahn Symposium 99

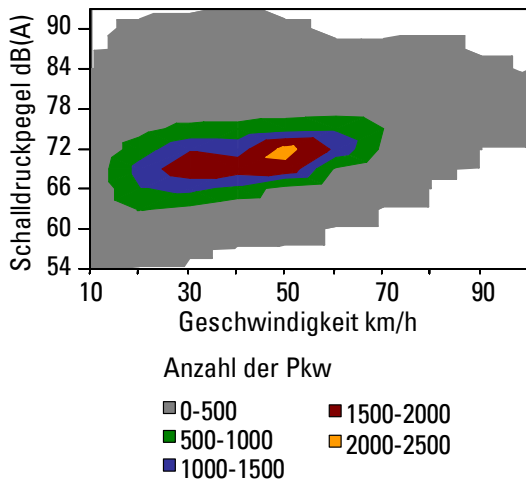
Auto(mobil) und Umweltschutz, 04. Nov. 2003  
Alexander Attenberger / Abt. 2

Bayrisches Landesamt  
für Umweltschutz

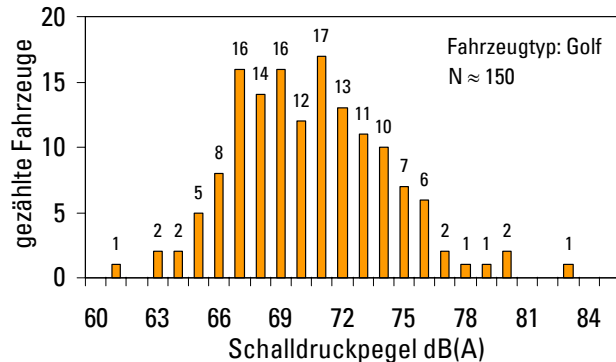


## Realistisches Bild des Stadtverkehrs

Wieviele Autos fahren mit welcher Geschwindigkeit und erzeugen dabei wieviel Lärm?



Zufällig gemessener Schalldruckpegel beim Beschleunigung von 20 bis 40 km/h



Quelle:  
„Leise fahren, Kraftstoff sparen“  
ADAC Kraftfahrer Information

**vorausschauend Fahren!**

Auto(mobil) und Umweltschutz, 04. Nov. 2003  
Alexander Attenberger / Abt. 2

Bayrisches Landesamt  
für Umweltschutz



## Administrative Instrumentarien mit der StVO

- **StVO § 1 Grundregeln**

- (1) Die Teilnahme am Straßenverkehr erfordert ständige Vorsicht und gegenseitige Rücksicht.  
 (2) Jeder Verkehrsteilnehmer hat sich so zu verhalten, daß kein Anderer geschädigt, gefährdet oder mehr, als nach den Umständen unvermeidbar, behindert oder belästigt wird.

- **StVO § 30 Umweltschutz und Sonntagsfahrverbot**

- (1) Bei der Benutzung von Fahrzeugen sind unnötiger Lärm und vermeidbare Abgasbelastigungen verboten. Es ist insbesondere verboten, Fahrzeugmotoren unnötig laufen zu lassen und Fahrzeugtüren übermäßig laut zu schließen. Unnützes Hin- und Herfahren ist innerhalb geschlossener Ortschaften verboten, wenn andere dadurch belästigt werden.

- **StVO § 45 Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen**

- Die Straßenverkehrsbehörden können nach (1) die Benutzung bestimmter Straßen oder Straßenstrecken zum Schutz der Wohnbevölkerung vor Lärm und Abgasen beschränken oder verbieten.

## Zusammenfassung

- Ursachen des Straßenverkehrslärm:

- ▶ Fahrzeug & Reifen
- ▶ Straßenoberflächen
- ▶ Fahrverhalten

- Vorteile einer lärmbewußten Fahrweise:

- ▶ verhindert Reifenabrieb
- ▶ Niedertouriges Fahren schont Motor & Getriebe
- ▶ Spart Kraftstoff

weniger + langsamer + gleichmäßiger = leise

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



## Spritsparendes Fahren

**Ingrid Hetzenecker, Lech–Elektrizitätswerke AG**

### Teil 1: Eco–Fahrweise

Im häuslichen Bereich ist das Energiesparen schon selbstverständlich. Dieses Denken sollte auch auf den Verkehrsbereich ausgedehnt werden.

Die moderne Technik der neuen Fahrzeuge kann nicht voll genutzt werden, wenn sie mit dem Fahrstil vergangener Tage betrieben wird. Die „neue“ Eco–Fahrweise kann in halbtägigen Seminaren erlernt werden. Dabei werden die Möglichkeiten, die eine moderne Fahrzeugtechnik bietet, auf leicht verständliche Art und Weise erläutert und die gezielte Anwendung praktisch geübt.

Ein Ziel der Eco–Fahrweise ist die Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs um bis zu 30 %. Dies kann durch Beachten folgender Tipps erreicht werden:

- Am sparsamsten fährt man im niedertourigen, aber nicht untertourigen Bereich, den ersten Gang nur zum Anfahren benutzen, sofort hoch schalten und den 5. Gang schon ab 50 km/h verwenden.
- Ein zu niedriger Reifendruck erhöht den Rollwiderstand erheblich; das kostet Sprit. Deshalb: Auf den richtigen Reifendruck achten und regelmäßig überprüfen.
- Im Leerlauf verbraucht ein Motor unnötig Benzin. Das Abstellen lohnt sich bereits ab einer Standzeit von mehr als zwanzig Sekunden. Deswegen immer dann, wenn das Auto steht, z.B. im Stau, an roten Ampeln, vor geschlossenen Bahnübergängen, den Motor ausschalten.
- Jedes zusätzliche Gewicht im Fahrzeug treibt den Kraftstoffverbrauch nach oben. Ein voller Kofferraum oder ein ungenutzter Dachgepäckträger kosten auf 100 Kilometer mindestens einen Liter mehr. Daher sollte unnötiger Ballast entfernt und ungenutzte Aufbauten abmontiert werden.
- Elektrische Verbraucher wie Gebläse, Heckscheibenheizung und zu hoch eingestellte Klimaanlage steigern den Kraftstoffverbrauch beträchtlich. Deshalb sollten sie nur benutzt werden, wenn man sie wirklich braucht.
- Regelmäßige Kfz–Inspektionen sollten zum Pflichtprogramm jedes Autofahrers gehören. Weitere Möglichkeiten, Sprit zu sparen, bieten auch neue Generationen von vollsynthetischen Schmierstoffen und moderne Leichtlaufreifen, die den Verbrauch um jeweils 5 bis 10 % senken.
- Vorausschauendes Fahren lohnt sich. Durch häufiges Abbremsen und Beschleunigen wird Kraftstoff vergeudet. Autofahrer, die beim Fahren den einmal erzeugten Fahrschwung richtig einsetzen, können unnötige Stopp–and–Go–Vorgänge vermeiden und Benzin sparen. Um die Bewegungsenergie optimal zu nutzen, sollten Hindernisse frühzeitig erkannt werden, um sie in den Fahrrhythmus einzuplanen. Das heißt, vor einer roten Ampel nicht beschleunigen und abbremsen, sondern das Fahrzeug unter Nutzung der Schubabschaltung ausrollen lassen.
- Es macht sich bezahlt, bei kurzen Strecken zu Fuß zu gehen. So oft es geht, sollen unnötige Fahrten mit dem Auto tunlichst vermieden werden. Stattdessen empfiehlt es sich, öfters aufs Fahrrad oder auf öffentliche Verkehrsmittel umzusteigen bzw. Fahrgemeinschaften zu bilden.

## **Nutzen für das Klima**

Bei jeder Verbrennung entsteht Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), das erheblich zum Treibhauseffekt beiträgt. Je weniger Kraftstoff verbrannt wird, desto weniger CO<sub>2</sub> wird freigesetzt. Wer energiesparend fährt, reduziert also gleichzeitig die Belastungen für unser Klima.

## **Nutzen für die Umwelt**

Ein geringerer Kraftstoffverbrauch wirkt sich durch Reduzierung der Luftschadstoffe auf die Umwelt aus. Wird die Schadstoffmenge, die ein Motor bei 3.500 U/min (im 2. Gang) produziert, gleich 100 % gesetzt, so reduziert sich der Anteil an Kohlenmonoxid um die Hälfte, der Anteil der Kohlenwasserstoffe um fast ein Drittel und der Anteil an Stickoxiden um fast ein Viertel, wenn die Drehzahl durch eine entsprechende Gangwahl auf 2.500 U/min gesenkt wird. Dabei ist das Fahrzeug mit der gleichen Geschwindigkeit unterwegs.

## **Verkehrslärm**

Unter dem Verkehrslärm leiden die meisten Menschen. Die Lärminderung mit der niedertourigen Fahrweise ist beachtlich. Ein Vergleich zeigt, dass 32 Fahrzeuge bei einer Drehzahl von 2.000 U/min den gleichen Lärm verursachen wie ein einziges Fahrzeug, das mit 4.000 U/min fährt. Daher kann mit der Eco-Fahrweise sehr viel zum Lärmschutz in Städten beigetragen werden.

## **Ablauf des Eco-Fahrtrainings**

Die Kursteilnehmer fahren im gewohnten Fahrstil eine Strecke von rund 15 km im Stadt- und Überlandverkehr. Mit einem Bordcomputer wird der Kraftstoffverbrauch und die Fahrgeschwindigkeit gemessen. Im theoretischen Teil gibt der Kursleiter einige wichtige Tipps zum Kraftstoffsparen und zur Eco-Fahrweise, die er auch praktisch vorführt. Die Teilnehmer fahren anschließend dieselbe Strecke unter Berücksichtigung der Eco-Fahrweise noch einmal. Wieder wird die Geschwindigkeit und der Kraftstoffverbrauch gemessen. Die Abschlussfahrt wird von einem Moderator begleitet. Aus dem Vergleich der Eingangs- und Abschlussfahrt kann man den Erfolg der Eco-Fahrweise ableiten.

## **Teil 2: Eco-Fahrtraining bei den Lechwerken**

Begonnen hat es mit der Teilnahme der Lechwerke am Projekt „Ökoprotit Augsburg“. Das Eco-Fahrtraining wurde dort im Herbst 2000 auf einem Workshop vorgestellt.

Daran anschließend wurde eine Testschulung mit dem Leiter des Fuhrparks und einigen Mitarbeitern durchgeführt. Im Frühjahr 2001 wurde dann das Pilotprojekt gestartet, bei dem ca. 70 Mitarbeiter von verschiedenen Abteilungen, die Dienstfahrzeuge nutzen (nur PKW) geschult wurden. Das Pilotprojekt wurde deswegen durchgeführt, um zu überprüfen, ob Mitarbeiter ihren Fahrstil nachhaltig ändern.

**LEW**

## Eco-Fahrtraining bei den Lechwerken


Warum ein Pilotprojekt?

- Nachweisbar und unstrittig ist die Einsparung bei der Schulung


Aber:

- Für den **langfristigen** Erfolg ist eine Verhaltensänderung der Fahrweise der Teilnehmer erforderlich.

Große Skepsis im Unternehmen, ob die Mitarbeiter diese nachhaltige Verhaltensänderung „durchhalten“.



---

Umweltschutz  
US/Geißler Eco-Fahrtraining 

### Ergebnis des Pilotprojektes:

Bei der Schulung Kraftstoffreduzierung im Mittel um ca. 20 %. Nach neun Monaten ergab sich eine Reduzierung um durchschnittlich 7 %. Von den Mitarbeitern wurde die Schulung durchwegs positiv beurteilt.

Es stellte sich heraus, dass es große Unterschiede bei den Teilnehmern gab. Manche Mitarbeiter haben ihren Fahrstil nicht geändert, andere wieder haben kontinuierlich die Eco-Fahrweise angewandt und deshalb dauerhaft eine Einsparung von 25 % erzielt.


**LEW**

## Eco-Fahrtraining bei den Lechwerken

### Mitarbeiterinformation

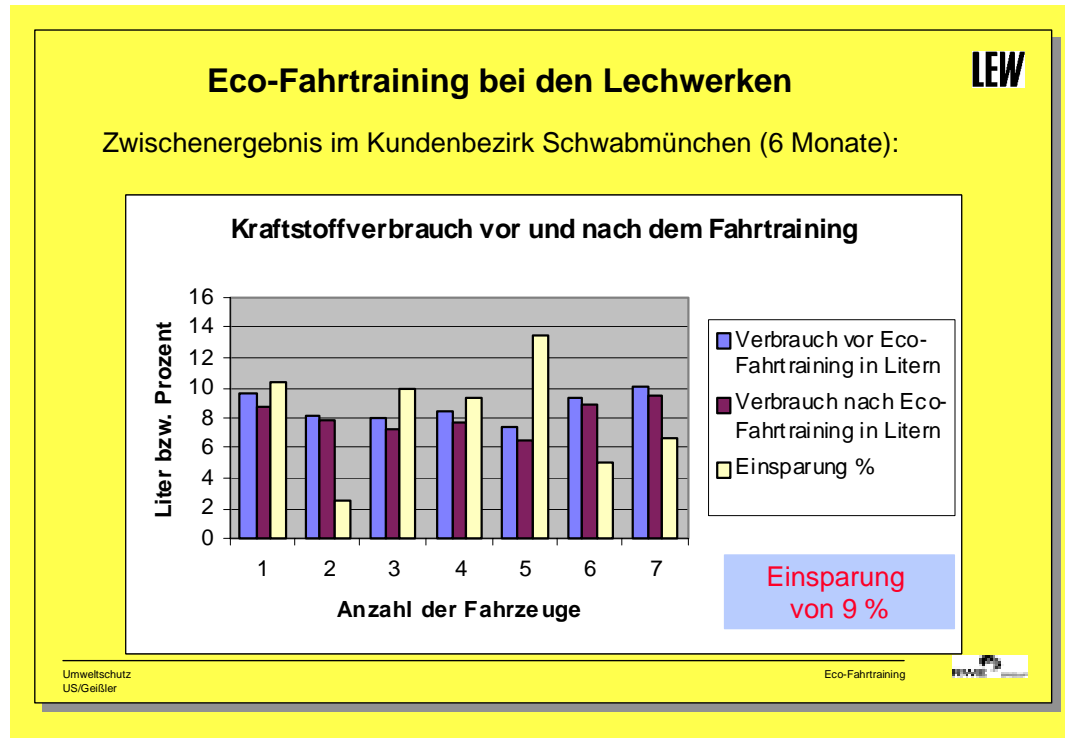
- Die Mitarbeiter wurden in der Mitarbeiterzeitung über das Pilotprojekt und die weitere Vorgehensweise informiert
- Umwelttipps zum Thema Eco-Fahren wurden ins Intranet gestellt

---

Umweltschutz  
US/Geißler Eco-Fahrtraining 

Nachdem das Pilotprojekt erfolgreich abgeschlossen und positiv bewertet wurde, gab der Vorstand seine Zustimmung dazu, dass nun **alle** Mitarbeiter, die Dienstfahrzeuge benutzen, geschult werden. Von Oktober 2002 bis Juli 2003 konnten 500 Mitarbeiter das Eco-Fahrtraining absolvieren.

Als Anreiz für die teilnehmenden Organisationseinheiten am Eco-Fahrtraining erhält jede Organisationseinheit 50 % der eingesparten Kraftstoffkosten innerhalb des ersten Jahres nach Durchführung des Trainings zur freien Verfügung (z.B. für ein Mitarbeiterfest).



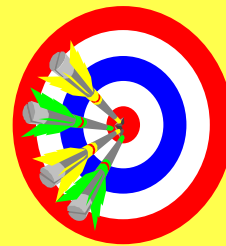
Die ersten Ergebnisse der gesamten Schulung liegen im November 2003 vor.

## Energie- und umweltschonendes Fahren

LEW

Mit der Eco-Fahrweise kann man folgende Ziele erreichen:

- Den Kraftstoffverbrauch um bis zu 30 % senken,
- Die Umweltschadstoffe überproportional reduzieren,
- Den Verkehrslärm mindern,
- Stressfreier und entspannter fahren.



Umweltschutz  
US/Geißler

Eco-Fahrtraining

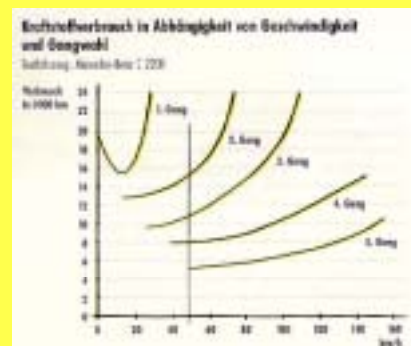


## Mitmachen beim Spritsparen Tipp 1

LEW

Legen Sie einen Gang zu:

- Je höher die Drehzahl, umso höher der Verbrauch
- Sparsam fahren im niedertourigen Bereich
- Ersten Gang nur zum Anfahren nutzen und sofort hoch schalten
- Fünfte Gang bereits ab 50 km/h verwenden



Umweltschutz  
US/Geißler

Eco-Fahrtraining

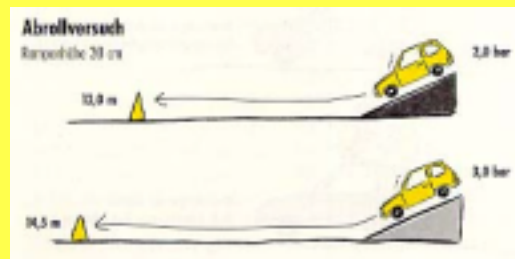


## Mitmachen beim Spritsparen Tipp 2

LEW

Machen Sie Druck:

- Auf den richtigen Reifendruck achten
- Reifendruck regelmäßig überprüfen
- Ungenügender Reifendruck kostet unnötig Sprit



Umweltschutz  
US/Geißler

Eco-Fahrtraining



## Mitmachen beim Spritsparen Tipp 3

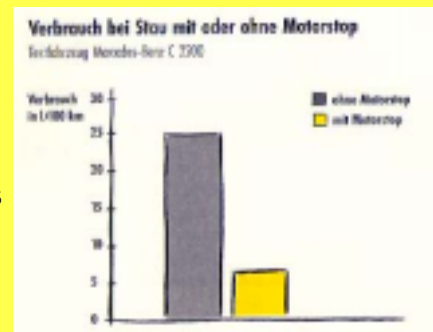
LEW

Schalten Sie mal ab:

Abschalten bei einer Standzeit von mehr als 20 Sekunden

Also Motor aus:

- an geschlossenen Bahnschranken
- im Stau
- Beim Be- und Entladen des Fahrzeugs
- an Ampeln mit längerer Rotphase



Umweltschutz  
US/Geißler

Eco-Fahrtraining

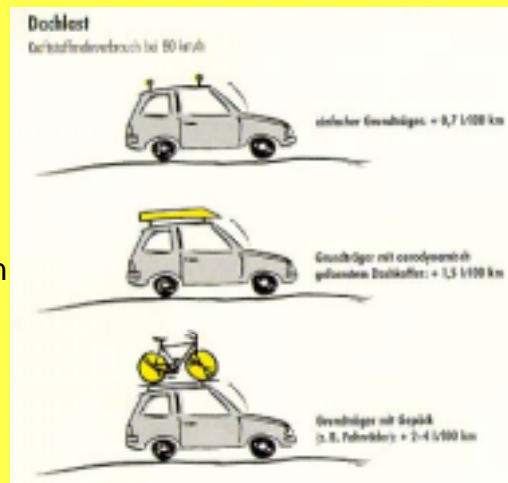


## Mitmachen beim Spritsparen Tipp 4

LEW

Werfen Sie Ballast ab:

- Vollen Kofferraum vermeiden
- Ungenutzte Dachaufbauten abmontieren



Umweltschutz  
US/Geißler

Eco-Fahrtraining

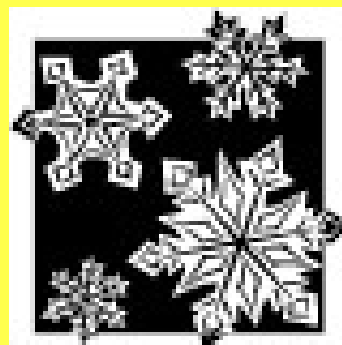


## Mitmachen beim Spritsparen Tipp 5

LEW

Weniger ist mehr:

Gebälse, Heckscheibenheizung  
und Klimaanlage optimal einstellen



Umweltschutz  
US/Geißler

Eco-Fahrtraining



## Mitmachen beim Spritsparen Tipp 6

LEW

Warten Sie nicht zu lange mit der Wartung:

- Fahrzeug regelmäßig zur Inspektion bringen
- Vollsynthetische Schmierstoffe verwenden
- Fahrzeug mit Leichtlaufreifen ausrüsten



## Mitmachen beim Spritsparen Tipp 7

LEW

Gehen Sie es gelassen an:

Fahren Sie vorausschauend





## Mitmachen beim Spritsparen Tipp 8

LEW

Fahren Sie mit Schwung:

- Vor Hindernissen frühzeitig vom Gas gehen
- Fahrzeug in einem hohen Gang ausrollen lassen
- Stop-and-Go-Vorgänge umgehen

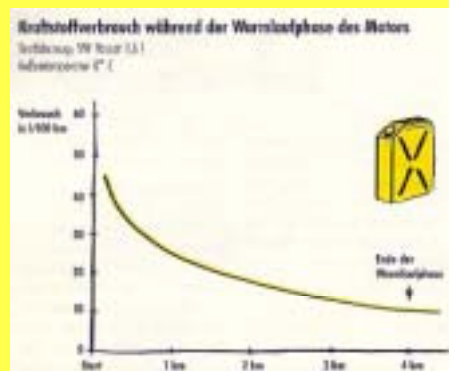


## Mitmachen beim Spritsparen Tipp 9

LEW

Steigen Sie mal um:

- Bei kurzen Strecken zu Fuß gehen oder mit dem Fahrrad fahren
- Fahrgemeinschaften bilden oder öffentliche Verkehrsmittel nutzen



## Was hat das Klima davon?

**LEW**

Bei jeder Verbrennung entsteht Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), das erheblich zum Treibhauseffekt beiträgt.



So ergibt eine Kraftstoffreduzierung um beispielsweise 10 % eine Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes um ebenfalls 10 %.

## Und was hat die Umwelt davon?

**LEW**

Reduzierung der Schadstoffe durch eine niedertourige Fahrweise.

Beispiel:

Bei gleicher Geschwindigkeit im 2. Gang ergibt sich folgende Veränderung:

	3.500 U/min	2.500 U/min
CO (Kohlenmonoxid)	100 %	- 49,7 %
HC (Kohlenwasserstoffe)	100 %	- 31,3 %
NOx (Stickoxide)	100 %	- 23,1 %

## Und was ist mit dem Lärm?

LEW

Viele Menschen empfinden den Verkehrslärm als sehr unangenehm und störend.

32 Fahrzeuge, die mit 2.000 U/min unterwegs sind, verursachen nicht mehr Lärm als ein einzelnes Fahrzeug mit 4.000 U/min



Deshalb gilt auch hier:

Frühzeitig in die höheren Gänge schalten und stets im höchstmöglichen Gang fahren

Umweltschutz  
US/Geißler

Eco-Fahrtraining



## Eco-Fahrtraining bei den Lechwerken

LEW

Warum ein Pilotprojekt?

- Nachweisbar und unstrittig ist die Einsparung bei der Schulung

Aber:

- Für den **langfristigen** Erfolg ist eine Verhaltensänderung der Fahrweise der Teilnehmer erforderlich.

Große Skepsis im Unternehmen, ob die Mitarbeiter diese nachhaltige Verhaltensänderung „durchhalten“.



Umweltschutz  
US/Geißler

Eco-Fahrtraining



## Eco-Fahrtraining bei den Lechwerken

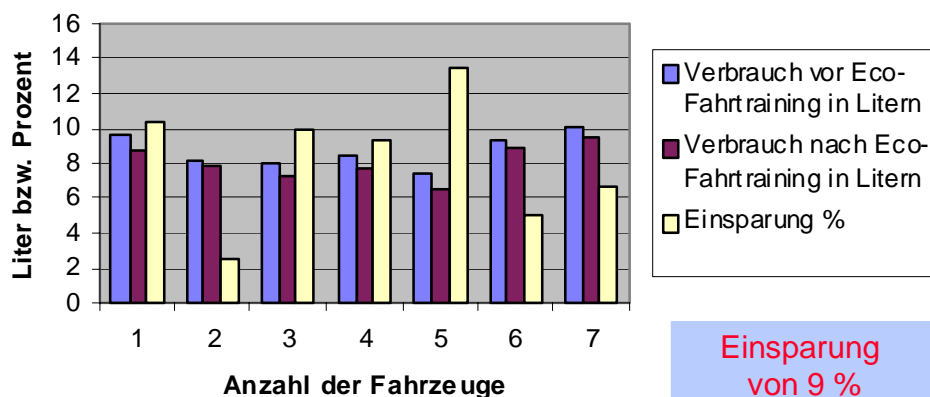
### Mitarbeiterinformation

- Die Mitarbeiter wurden in der Mitarbeiterzeitung über das Pilotprojekt und die weitere Vorgehensweise informiert
- Umwelttipps zum Thema Eco-Fahren wurden ins Intranet gestellt

## Eco-Fahrtraining bei den Lechwerken

Zwischenergebnis im Kundenbezirk Schwabmünchen (6 Monate):

**Kraftstoffverbrauch vor und nach dem Fahrtraining**



## Literaturliste „Auto(mobil) und Umweltschutz“

**Dr. Katharina Stroh, Susanne Weichwald, Umweltberatung Bayern**

**ADAC (1984):** Leise fahren, Kraftstoff sparen; Kraftfahrer Information Nr. 16

**Baumbach (1992):** Luftreinhaltung; Springer Verlag; 400 Seiten

**Bargende M. (2002):** Dieselmotorenteknik 2002 – Aktuelle Stand und Darstellung neuester Entwicklungen und Entwicklungsziele; expert; 209 Seiten

**Bayerisches Landesamt für Umweltschutz:**

- **(1995):** Luftbelastung durch Kfz-Verkehr; Tagungsband
- **(1996):** Ergebnisse des Auto-Öl-Programms der Europäischen Union; Tagungsband
- **(1999):** Luftreinhaltung in verkehrsbelasteten Innenstädten – Vollzug § 40 Abs. 2 BImSchG in Bayern; Tagungsband
- **(2001):** Luftschadstoffe in und um Parkgaragen; Tagungsband  
[www.bayern.de/lfu/bestell/index.html](http://www.bayern.de/lfu/bestell/index.html)
- **(2001):** Feinstaub-(PM10)-Immissionen – Schwerpunkt Verkehr; Tagungsband  
[www.bayern.de/lfu/bestell/index.html](http://www.bayern.de/lfu/bestell/index.html)
- **(2001):** Umwelt und Verkehr – Beiträge zur umweltverträglichen Planung und Beurteilung von Verkehrswegen; Schriftenreihe Heft 147
- **(2003):** Information über Abgase des Kraftstoffverkehrs; Kurzinformation  
[www.bayern.de/lfu/luft/index.html](http://www.bayern.de/lfu/luft/index.html)

**Bayerisches Staatministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (1997):** Luftschadstoffe – Auswirkungen auf Gesundheit und Natur; Umwelthygiene 1/1997

**Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten (2001):** Ganzheitliche Systemanalyse für die Erzeugung und Anwendung von Biodiesel und Naturdiesel im Verkehrssektor; Gelbes Heft 72; 71 Seiten

**BBE (2002):** Kraftfahrstoffe der Zukunft 2002, Fachkongress für Biokraftstoffe 4. und 5. Dezember, Berlin; 158 Seiten

**BMWVT:** Verkehr in Zahlen (erscheint jährlich)

**Bode P., Hamberger S., Zängl W. (1991):** Alptraum Auto: Eine hundertjährige Erfindung und ihre Folgen; Raben Vig; 240 Seiten

**Bosch R. (2002):** Kraftfahrtechnisches Taschenbuch; Vieweg, F/VVA; 1036 Seiten

**Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2002):** Deutscher Bundestag – 14. Wahlperiode; Umweltbericht 2002 – Bericht über die Umweltpolitik der 14. Legislaturperiode  
[www.bmu.de](http://www.bmu.de)

**Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (1998):**

- Ökopprofile von Treibstoffen; Umweltmaterialien Nr. 104 Luft; Bern
- Möglichkeiten des technischen Umweltschutzes beim öffentlichen Strassenverkehr; zu Umwelt-Materialien Nr. 79 /Luft; Sonderdruck

**Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (2002):** Schadstoffreduktion von Dieselmotoren im öffentlichen Verkehr, Bern

**Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (2003):**

- Einsatz von biologisch schnell abbaubaren Schmierstoffen und Hydraulikflüssigkeiten;
- Erfahrungsbericht: Biogene Schmierstoffe; 36 Seiten

**Dietrich P., Scherer G., Boulouchos K. (2002):** Antriebsstrategien für eine umweltfreundliche Mobilität, ATZ Heft 7–8, Seite 632 – 641

**Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe e.V.(1999):** Gülzower Fachgespräche: Bioschmierstoffe in der kommunalen Praxis – Fachtagung Lokale Agenda 21

**Garche J. (2001):** Integration Erneuerbarer Energien in den Verkehr; FVS Themen 2001

**Heil B., Weining H.K., Karl G., Panten D., Wunderlich K. (2001):**

- Verbrauch und Emissionen – Reduzierungskonzepte beim Ottomotor. Teil 1. MTZ Heft 11, Seite 900 – 915
- Verbrauch und Emissionen – Reduzierungskonzepte beim Ottomotor. Teil 2. MTZ Heft 12, Seite 1022 – 1035

**Institut für Energie und Umweltforschung:**

- **(2000):** Umweltaspekte des Einsatzes von Brennstoffzellen und ihrer Energieträger.
- **(2002):** Wissenschaftlicher Grundlagenbericht zum „UmweltMobilCheck“ und zum Softwaretool „Reisen und Umwelt in Deutschland“
- **(2003):** Gutachten – Erweiterung der Ökobilanz von RME; Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V.; Projekt Nr. 530/025; Heidelberg  
[www.ufop.de](http://www.ufop.de)

**Internationaler Eisenbahnverbund (2000):** Der Weg zur nachhaltigen Mobilität – die externen Kosten des Verkehrs reduzieren.

**Kahrstedt J., Behnk K., Sommer A., Wormbs T. (2003):** Entwicklungsszenario für PKW–Dieselmotoren mit optimierten Brennverfahren zur Erfüllung künftiger Abgasstandards. MTZ Heft 10, Seite 832 – 839.

**Kolke Reinhard:**

- Brennstoffzellen für den Straßenverkehr – Ausweg oder Sackgasse; Forschungsverbund Sonnenenergien „Themen 98/99“.
- **(1999):** Gegenüberstellung von konventionellen und alternativen Antrieben aus Sicht einer dauerhaft umweltgerechten Entwicklung
- **(1999):** Technische Optionen zur Verminderung der Verkehrsbelastungen – Brennstoffzellenfahrzeuge im Vergleich zu Fahrzeugen mit Wärmekraftmaschinen
- **(2001):** Car of the Future – Das Spannungsfeld zwischen umweltpolitischer Notwendigkeit und Selbstzweck
- Alternative Antriebe aus Umweltsicht: Vision oder Illusion?

**Kollmann K., Niefer H., Panten D. (1998):**

- Wohin führt die Weiterentwicklung der Ottomotoren?, MTZ Heft 10, Seite 630 – 642.
- Where Does the Further Development of the Gasoline Engine Lead Us?; MTZ worldwide; Seite 2 – 32.

**Krüger R., Fahl U., Voß A. (1998):** Alternative Kraftstoffe und Antriebe – ein Weg zur Minderung der Kohlenwasserstoffemissionen?, ATZ Heft 1, Seite 26 – 33.

**Ministerium für Umwelt und Verkehr: Baden–Württemberg**

- **(2000):** Reifen – Die Füße Ihres Autos
- **(2001):** Energiesparendes Fahren

**Mücke W. (2002):** Wirkung und Erfassung von Fein– und Ultrafeinstäuben; Institut für Toxikologie und Umwelthygiene der Technischen Universität München.

**Öko-Test (10/2003):**

- Flüssig oder überflüssig? Auto – contra Erdgas; Seite 112–113.
- Test Gasbetriebene Autos – Ruhig Gas geben!; Seite 114–116.

**Schmidt G., Liebl, J. (2001):** Senkung der PKW–CO<sub>2</sub>–Emission – wirksame Maßnahmen für alle Betriebsbedingungen; MTZ Heft 6, Seite 482 – 489.

**Seguelong T., Naschke W. (2002):** Serieneinsatz eines Dieselpartikelfilters in Kombination mit einem im Kraftstoff gelösten Katalysator auf Ceriumbasis. MTZ Heft 3, Seite 186 – 191.

**Specht M. (2001):** Regenerative Kraftstoffe – Bereitstellung und Perspektiven; FVS; Seite 114 – 126

[www.fv-sonnenenergie.de](http://www.fv-sonnenenergie.de)

**TÜV:**

- PKW Reifen-Test der TÜV Automotive GmbH – Sommerreifen, Winter/Ganzjahresreifen;  
[www.umweltdaten.de](http://www.umweltdaten.de)
- Nutzungsfahrzeugreifen; TÜV Automotive GmbH; Umweltbundesamt;  
[www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

**Ufop (2002):** Biodiesel in Linienomnibussen – Erfahrungen der Kreiswerke Heinsberg GmbH und der Stadtwerke Neuwied; 56 Seiten  
[www.ufop.de](http://www.ufop.de)

**Ufop (2003):** Biodiesel – Fakten, Argumente, Tipps; Berlin  
[www.ufop.de](http://www.ufop.de)

**Umweltbundesamt (2003):**

- Richtlinie – Mobilitätsstile in der Freizeit – Minderung der Umweltbelastungen des Freizeit- und Tourismusverkehrs; Berichte 2/2003; Schmidt Verlag
- Future Diesel – Abgasgesetzgebung Pkw, leichte Nfz und Lkw – Fortschreibung der Grenzwerte bei Dieselfahrzeugen; 77 Seiten, Berlin  
[www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

**Verbraucher-Zentrale NRW (2003):** Umweltschonend Automobil; 8/2003; Düsseldorf

**VCD (2002):** Auto-Umweltliste 2002/2003, Berlin

**Voigt D. (2003):** Schlau fahren – Sprit sparen, expert, 75 Seiten

**Wichmann E. (2003):** Abschätzung positiver gesundheitlicher Auswirkungen durch den Einsatz von Partikelfiltern bei Dieselfahrzeugen in Deutschland; Gut-BMU-Diesel; Umweltbundesamt Berlin; 45 Seiten  
[www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)

**Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (2003):** Bedeutung von Erdgas als neuer Kraftstoff im Kontext einer nachhaltigen Energieversorgung; Kurzzusammenfassung; Wissenschaftszentrum Nordrhein-Westfalen

**Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (1998):** External Costs of Road, Rail and Air Transport – a Bottom-Up Approach; Discussion Paper No. 98-06  
[www.zew.de](http://www.zew.de)

## Linkliste „Auto(mobil) und Umweltschutz“

**Susanne Weichwald, Dr. Katharina Stroh, Umweltberatung Bayern**

Hier finden Sie einige Internet-Seiten, die interessante Informationen enthalten bzw. die Umweltwirksamkeit des eigenen Verhaltens einschätzen helfen. Diese Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

PDF-Dokumente finden Sie in der Literaturliste.

### **Umfangreiche Informationsangebote zum Thema „Verkehr und Umwelt“**

#### **Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg**

[www.ifeu.de/verkehr/nav\\_seit/fr\\_qua.htm](http://www.ifeu.de/verkehr/nav_seit/fr_qua.htm)

Seit 1984: Analyse des Energieverbrauchs und der Luftschadstoffemissionen aller motorisierten Verkehrssysteme.

#### **Umweltbundesamt**

[www.env-it.de/umweltdaten/jsp/dispatcher?event=WELCOME](http://www.env-it.de/umweltdaten/jsp/dispatcher?event=WELCOME)

Daten zum Verkehr, Entwicklung im Zeitverlauf

[www.umweltbundesamt.de/verkehr/index.htm](http://www.umweltbundesamt.de/verkehr/index.htm)

Aktuelles, Alternative Antriebstechnik, Daten und Modelle, Emissionen, Kraft- und Betriebsstoffe, Lärm, nachhaltige Entwicklung, Rechtliche Rahmenbedingungen, Technische Emissionsminderung, Verkehrsplanung, Verkehrsträger, Wirtschaftliche Aspekte

#### **BMBF-Forschungsbereich „Freizeitverkehr“**

[www.freizeitverkehr.de/projekte.shtml](http://www.freizeitverkehr.de/projekte.shtml)

Verschiedene Forschungsprojekte zum Freizeitverkehr, z.B. Alltags- und Erlebnisfreizeit, Events, ältere Menschen, Freizeitgroßeinrichtungen, Kontrasträume, Alternativen zur Nutzung des eigenen PKW für Kurz- und Tagesreisen am Beispiel des Harzes  
gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung

#### **Forschungsverbund „Leiser Verkehr“**

[www.fv-leiserverkehr.de/FV-LeiserVerkehr](http://www.fv-leiserverkehr.de/FV-LeiserVerkehr)

[www.bast.de/htdocs/fachthemen/referat/s3-1/s3-1.htm](http://www.bast.de/htdocs/fachthemen/referat/s3-1/s3-1.htm)

U.a. Lärminderung im Straßen- und Schienenverkehr, übergreifende Querschnittsaufgaben und Lärmwirkung auf den Menschen.

### **Themenseiten**

#### **Luftschadstoffe: Aktuelle Messwerte in Bayern**

[www.bayern.de/lfu/luft/index.html](http://www.bayern.de/lfu/luft/index.html)

SO<sub>2</sub>, CO, Stickoxide, Ozon, Feinstaub (PM<sub>10</sub>)

#### **Erdgas**

[www.erdgasfahrzeuge.de/index.html](http://www.erdgasfahrzeuge.de/index.html)

Umwelt, Fahrzeuge, Wirtschaftlichkeit, Förderung

[www.erdgasfahrzeuge.de/starthtml/erdgasfahrzeug\\_finder.html](http://www.erdgasfahrzeuge.de/starthtml/erdgasfahrzeug_finder.html)

Erdgastankstellen in Deutschland



### **Biogene Treib- und Schmierstoffe**

[www.pflanzenoelinitiative.de/](http://www.pflanzenoelinitiative.de/)

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Markteinführungsprogramm des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft

Produkte unter: [www.pflanzenoelinitiative.de/weiter/index.htm](http://www.pflanzenoelinitiative.de/weiter/index.htm) (-> unteres Menu: Bioschmierstoffe  
-> linkes Menu: Positivliste)

[www.ufop.de/2\\_2\\_1\\_1.html](http://www.ufop.de/2_2_1_1.html)

Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e. V. (UFOP), u.a. Biodieseltankstellen in Deutschland und Österreich

### **Schwefelarme und schwefelfreie Kraftstoffe**

[www.bmu.de/de/1024/js/sachthemen/luft/schwefelfreie\\_kraftstoffe/?id=659&nav\\_id=7221&page=1&sub\\_id=7391&page\\_sub=1](http://www.bmu.de/de/1024/js/sachthemen/luft/schwefelfreie_kraftstoffe/?id=659&nav_id=7221&page=1&sub_id=7391&page_sub=1)

### **Spritsparen**

[www.bmu.de/de/1024/js/aktuell/tipps/](http://www.bmu.de/de/1024/js/aktuell/tipps/)

[www.neues-fahren.de/neues-fahren/default.htm](http://www.neues-fahren.de/neues-fahren/default.htm)

[www.sparsprit.info](http://www.sparsprit.info)

[www.spritsparkurs.de](http://www.spritsparkurs.de)

### **Interaktive Programme**

#### **Vergleich Auto-Bahn**

UmweltMobilCheck – die persönliche Umweltbilanz

[www.bahn.de/pv/fahrplan/umchk/die\\_bahn\\_umweltmobilcheck.shtml](http://www.bahn.de/pv/fahrplan/umchk/die_bahn_umweltmobilcheck.shtml)

#### **Berechnung CO<sub>2</sub>-Bilanz Flugreisen**

[www.chooseclimate.org/flying/mapcalc.html](http://www.chooseclimate.org/flying/mapcalc.html)

#### **Programm Reisen und Umwelt**

Individuell innerdeutsche Fernreisen auf Umweltverträglichkeit nachrechnen

[www.bahn.de/pv/fahrplan/umchk/die\\_bahn\\_flugz\\_bahn.shtml](http://www.bahn.de/pv/fahrplan/umchk/die_bahn_flugz_bahn.shtml)

#### **Spritsparrechner**

[www.nabu.de/spritsparen/spritrechner.swf](http://www.nabu.de/spritsparen/spritrechner.swf)

[www.neues-fahren.de/neues-fahren/spritsparrechner.htm](http://www.neues-fahren.de/neues-fahren/spritsparrechner.htm)

#### **Spritsparen: Testen Sie Ihr Wissen**

[www.spritsparkurs.de/wissen.html](http://www.spritsparkurs.de/wissen.html)

[www.spritsparstunde.de/spritsparstunde/wissenstest.htm](http://www.spritsparstunde.de/spritsparstunde/wissenstest.htm)

## Tagungsleitung / Referenten

Elisabeth Süß  
Bayer. Landesamt für Umweltschutz  
Bürgermeister-Ulrich-Str. 160  
86179 Augsburg

Tel.: (0821) 90 71 – 52 23  
Fax: (0821) 90 71 – 50 09  
eMail: [elisabeth.suess@lfu.bayern.de](mailto:elisabeth.suess@lfu.bayern.de)

Dr. Otto Wunderlich  
Bayerisches Landesamt für Umweltschutz  
Bürgermeister-Ulrich-Str. 160  
86179 Augsburg

Tel.: (0821) 90 71 – 52 00  
Fax: (0821) 90 71 – 55 60  
eMail: [otto.wunderlich@lfu.bayern.de](mailto:otto.wunderlich@lfu.bayern.de)

Umweltberatung Bayern  
Dr. Katharina Stroh  
Susanne Weichwald  
Bayerisches Landesamt für Umweltschutz  
Bürgermeister-Ulrich-Str. 160  
86179 Augsburg

Tel.: (0821) 90 71 – 56 71  
Fax: (0821) 90 71 – 55 36  
eMail: [umweltberatung@lfu.bayern.de](mailto:umweltberatung@lfu.bayern.de)

Dr. Alexander Attenberger  
Bayerisches Landesamt für Umweltschutz  
Bürgermeister-Ulrich-Str. 160  
86179 Augsburg

Tel.: (0821) 90 71 – 51 76  
Fax: (0821) 90 71 – 55 53  
eMail: [alexander.attenberger@lfu.bayern.de](mailto:alexander.attenberger@lfu.bayern.de)

Dr. Andreas Ostermeier  
Umweltbundesamt  
Postfach 33 00 22  
14191 Berlin

Tel.: (030) 89 03 – 27 19  
Fax: (030) 89 03 – 22 85  
eMail: [andreas.ostermeier@uba.de](mailto:andreas.ostermeier@uba.de)

Konrad Götz  
Institut für sozial-ökologische Forschung  
(ISOE-GmbH)  
Hamburger Allee 45  
60486 Frankfurt am Main

Tel.: (069) 707 69 19 – 21  
Fax: (069) 707 69 19 – 11  
eMail: [goetz@isoe.de](mailto:goetz@isoe.de)

Ingrid Hetzenecker  
Abteilung Umweltschutz  
Lech-Elektrizitätswerke AG  
Stuttgarter Straße 4  
86154 Augsburg

Tel.: (0821) 3 28 – 24 70  
Fax: (0821) 3 28 – 24 90  
eMail: [ingrid.hetzenecker@lew.de](mailto:ingrid.hetzenecker@lew.de)

Prof. Dr.-Ing. Günter Peter Merker  
Dr.-Ing. Enno Thiele  
Institut für Technische Verbrennung  
Universität Hannover  
Welfengarten 1A  
30167 Hannover

Tel.: (0511) 7 62 – 22 45  
Fax: (0511) 7 62 – 25 30  
eMail: [merker@itv.uni-hannover.de](mailto:merker@itv.uni-hannover.de)