



---

Programm Transfer-21

Lernangebot Nr. 10  
**Mobilität – Argumente für eine  
Verkehrsmittelwahl**

Erstellt von der „AG Qualität & Kompetenzen“ des  
Programms Transfer-21

## Impressum

Dieses Material ist eine Veröffentlichung des Programms Transfer-21 und wurde von der Arbeitsgruppe „Qualität & Kompetenzen“ entwickelt.

### **Mitglieder der „AG Qualität & Kompetenzen“ des Programms Transfer-21:**

Dr. Dietrich Aldefeld (ehemals Mitglied des Lenkungsausschusses Mecklenburg-Vorpommern), Dr. Christiane Averbeck (ehemals Geschäftsführung Koordinierungsstelle, FU-Berlin), Elisabeth Geffers-Strübel (Projektleitung Thüringen), Prof. Dr. Gerhard de Haan (Projektleitung Koordinierungsstelle, FU-Berlin), Jürgen Drieling (Projektleitung Niedersachsen), Armin von Dziegielewski (IFB Rheinland-Pfalz), Beate Fritz (Projektleitung Brandenburg), Hilla Metzner (Projektleitung Berlin), Melanie Helm (Projektleitung Saarland), Reiner Mathar (Projektleitung Hessen), Gerhard Nobis (Projektleitung Hamburg), Dr. Michael Plesse (Koordinierungsstelle, FU-Berlin), Sabine Preußner (Koordinierungsstelle, FU-Berlin), Rolf Schulz (Projektleitung Nordrhein-Westfalen), Jörg Utermöhlen (Landesschulbehörde Niedersachsen), Dorothee Werner-Tokarski (Pädagogisches Zentrum Rheinland-Pfalz)

### **Autorin**

Sabine Preußner

### **Layout**

Mareike Hoffmann

### **Herausgeber**

Programm Transfer-21  
Koordinierungsstelle  
Freie Universität Berlin  
Prof. Dr. Gerhard de Haan  
Arnimallee 9  
14195 Berlin

Telefon: (030) 838 525 15  
info@transfer-21.de  
www.transfer-21.de

Berlin 2007



Gefördert als BLK-Programm von  
Bund und Ländern im Zeitraum vom  
01.08.2004 bis 31.12.2006.

## Mobilität – Argumente für eine Verkehrsmittelwahl

Im Vordergrund dieses Lernangebots steht die folgende Teilkompetenz der Gestaltungskompetenz: *Interdisziplinär Erkenntnisse gewinnen und handeln*:

Die Schüler stellen Konzepte der Nachhaltigkeit in den Bereichen Technik, Ökonomie, Handel, Mobilität, Flächennutzung, Bauen und Wohnen, Konsum, Freizeit anhand einzelner Beispiele dar (T.3.4).

### Allgemeine Hinweise:

In dem vorliegenden Lernangebot erarbeiten die Schüler sich selbstständig Kriterien und Argumente für die Wahl eines Verkehrsmittels für eine Familienreise innerhalb Deutschlands. Um das optimale Verkehrsmittel zu selektieren sollen soziale, ökologische und ökonomische Aspekte des jeweiligen Verkehrsmittels berücksichtigt und verglichen werden.

Die Lösung der Arbeitsaufträge erfordert keine besonderen Vorkenntnisse. Die Schüler erarbeiten sich selbstständig einen neuen Themenkomplex. Wichtig ist die Auswertung der Ergebnisse. Hier sollte den Schülern genügend Gelegenheit gegeben werden ihre Ergebnisse zu präsentieren und sich mit den Argumenten der Mitschüler auseinanderzusetzen. Eine Diskussionsrunde zunächst in Kleingruppen und später im großen Plenum ist sinnvoll, um die erarbeiteten Argumente auszutauschen und voneinander zu lernen.

**Methode:** Projektarbeit

### 1. Allgemeine Hinweise:

- a. Ein häufiger Methodenwechsel mit Einzel- und Gruppenarbeit ist intendiert.
- b. Wenn entsprechende Informationsmöglichkeiten (Internet/Bibliothek/u.a.) vorhanden sind, können die Anlagen 1 und 2 auch von Schülerinnen und Schülern eigenständig eingeholt werden.
- c. Die Berechnung des Bahnpreises ist nur online unter [www.bahn.de](http://www.bahn.de) möglich. Alternativ können die Preise tabellarisch vom Unterrichtenden zur Verfügung gestellt werden.

### 2. Texterarbeitung in Arbeitsauftrag 1:

In Einzelarbeit Einübung der 5-Schritt-Lesetechnik:

1. „Überfliegen“
2. Fragen
3. Lesen
4. Zusammenfassen
5. Wiederholen – Informationen darstellen, reflektieren, bewerten

### 3. Präsentation der Ergebnisse:

Die Präsentationen in den einzelnen Aufgaben können auch auf PC vorgenommen werden. Hilfreich wäre das Vorhandensein eines Beamer.

**Zeitrahmen:** Die nachfolgende Projekt-Aufgabe ist für einen Zeitrahmen von drei und mehr Unterrichtsstunden bzw. Blockstunden konzipiert.

## **Materialien:**

Materialien für die Schüler:

1. **Internetzugang/Computer**
2. **Links zu Verkehrsmittelangeboten Bahn/Bus/:**  
[www.bahn.de](http://www.bahn.de)
3. evtl. Internetadressen örtlicher Busunternehmer, Fluganbieter und privater Bahnanbieter.
4. **Textvorgaben (Materialien 1-3)**  
Schadstoffe  
Feinstaub  
Externe Kosten Verkehr
5. **Linkadressen:**  
[www.umweltlexikon-online.de](http://www.umweltlexikon-online.de)  
[www.verkehrsoekologie.de](http://www.verkehrsoekologie.de) und [www.upi-institut.de](http://www.upi-institut.de)
6. **Text aus dem Heft „fairkehr“:** „Was kostet Verkehr“, Ausgabe Nr. 1/2005 Februar/März, Berlin, S. 12-21
7. **Arbeitsaufträge**

**Altersstufe:** 9./10. Schuljahr

**Fächer:** Politik, Sozialkunde, Wirtschaft

## **Arbeitsaufträge:**

### **I. Hinweise:**

Du sollst für eine Familienferienreise in eine mit öffentlichen Verkehrsmitteln gut erreichbare Stadt ein optimales Verkehrsmittel auswählen. Die Reise soll auch Ansprüchen Spaß machen, umweltbewusst und gesund sein und nicht zu viel kosten.

Ihr wollt mit vier Personen zu einem Reiseziel (ca. 400 km entfernt) innerhalb der Bundesrepublik fahren.

### **II. Materialien:**

Dir liegen online und in schriftlicher Form Informationen vor über:

1. Unterschiedliche Verkehrsmittelanbieter (ihre Fahrzeiten, Fahrtkosten) und
2. zusätzliche Informationen über Umweltaspekte, Kosten für Gesundheit, Verkehr und Infrastruktur und über soziale Aspekte bei der Wahl eines Verkehrsmittels.

### **1.: Einzelarbeit oder Gruppenarbeit - Informationen beschaffen und vergleichen**

a) Untersuche die Verkehrsmittelangebote nach Unterschieden im Preis, nach ihrer Zeitdauer und nach sozialen Aspekten.

b) Stelle jetzt die Angebote der Verkehrsmittel nebeneinander und vergleiche sie.

c) Lies und vergleiche die Materialien 1-3 in Einzelarbeit oder getrennt in Gruppenarbeit.

Arbeite die wichtigsten Kriterien, bzw. Merkmale, die bei einem Verkehrsmittelvergleich wichtig sein könnten, heraus.

Benenne weitere Kosten und gesundheitliche Probleme, die dort aufgeführt werden.

d) Beschreibe kurz, welchen Einfluss die Kriterien auf die Verkehrsmittelwahl haben können.

### **2.: Einzelarbeit oder Gruppenarbeit – Ordnen, Auswählen und Begründen**

Ordne die Aspekte, die du herausgefunden hast und die auch für die Wahl eines Verkehrsmittels wichtig sind, nach sozialen, ökologischen und ökonomischen Aspekten und entwirf dazu ein Schaubild.

### 3.: Einzelarbeit oder Gruppenarbeit

Wähle jetzt aus der folgenden Liste drei dir am wichtigsten erscheinende Kriterien aus.

#### Liste:

- Kommunikation, soziale Kontakte und Bewegung im Verkehrsmittel
- Landschaftserlebnis durch ein Verkehrsmittel
- Produktionskosten, z.B. bei der Herstellung von Teilen eines Verkehrsmittels in Ländern, in denen die Menschen sehr viel weniger verdienen  
oder Kinderarbeit geleistet wird
- Gesundheit (Lärm/Anstrengung) bei dem Verbrauch von Energie bei der Benutzung des Verkehrsmittels
- Serviceleistungen der Anbieter (z. B. Gepäckmitnahme/ Anfahrt vor Ort)
- Zeitaufwand für die Beschaffung von Fahrkarten
- Prestige und Ansehen, das mit einem Verkehrsmittel verbunden ist (z.B. Werbung)
- Zeitdauer der Reise
- Sicherheitsbedürfnisse der Menschen
- Verbrauch von Rohstoffen bei der Produktion eines Verkehrsmittels
- Umweltbelastung bei der Produktion und Anwendung der Verkehrsmittel
- weitere eigene Kriterien:

#### 4. Aufgabe: Einzelarbeit

Begründe die Auswahl für die drei wichtigsten Kriterien.

#### 5. Aufgabe: Einzelarbeit: Begründung für ein Verkehrsmittel

- a) Begründe abschließend die Wahl des Verkehrsmittels, das du unter Berücksichtigung von vielen Argumenten, gewählt hast.
- b) Überlege, wie du deine Mitschüler von deinem Verkehrsmittel in einer kurzen Präsentation deiner Kriterien und Argumente überzeugen kannst.

#### Erwartungshorizont:

Arbeitsauftrag Nr.	Erwartete Schülerleistung	Gestaltungskompetenz
1	Recherchieren, Auswählen von Daten, Auswertung von Informationen über interne und externe Kosten unterschiedlicher Verkehrsmittel	T.1
2	Vergleichen der Unterschiede und/oder Gemeinsamkeiten der Verkehrsmittel; Einordnen der Kriterien in soziale, ökologische und wirtschaftliche Zusammenhänge	T.2, T.3.4
3	Erkennen von zusätzlichen Verkehrskosten, Benennung von Zusammenhängen z.B. zwischen Gesundheit, Verkehr, Zeit, Gesellschaft, Konsum. Reflexion der eigenen kulturellen Leitbilder durch Einbeziehung unterschiedlicher Aspekte bzw. Kriterien. Entwicklung eines Schaubildes Mit Mitschülern eine Entscheidung für ein Verkehrsmittel fällen und sich	T.3.4, G.1.1, G.2.4,

	in einer Gruppe mit Argumenten durchsetzen, gemeinsam eine Einigung erzielen und begründen können.	
4	Sich und andere motivieren können, die Entscheidung nachvollziehen und sie durchzusetzen können; sie präsentieren und dokumentieren können, Handlungsoptionen für Nachhaltigkeit erkennen und dafür motivieren können	G.3.1, E.1.1, E.1.3, T.3.4
1-4	Die Schüler weisen anhand der Durchführung des Projektes zur Nachhaltigkeit eigene Erfahrungen mit selbständiger Planung nach	E.2.2

#### **Literaturhinweise/Internetlinks:**

Heft fairkehr (Ausgabe Nr.1/2005). Was kostet Verkehr? S. 12-21 unter:  
[www.fairkehr.de](http://www.fairkehr.de)

#### **Links zu Verkehrsmittelangeboten Bahn/Bus/:**

[www.bahn.de](http://www.bahn.de) und evtl. Internetadressen örtlicher Busunternehmer, Fluganbieter und privater Bahnanbieter

#### **Weitere Links:**

[www.umweltlexikon-online.de](http://www.umweltlexikon-online.de)  
[www.upi-institut.de](http://www.upi-institut.de)  
[www.verkehrsoekologie.de](http://www.verkehrsoekologie.de)

## Material 1 – Schadstoffe

### Schadstoffe aus Kfz

Schadstoffe sind Betankungs- und Schmierölverluste (Altöl), Abgase aus der Verbrennung und Schwermetallabgaben aus Katalysatoren sowie Abrieb von Reifen und Bremsbelägen. Das Abgas eines Autos enthält hauptsächlich Stickstoff, Wasserdampf und Kohlendioxid<sup>1</sup>, das als Hauptverursacher des Treibhauseffektes gilt. Daneben werden eine Reihe von Substanzen mit unterschiedlicher Schädigungswirkung emittiert. Dazu zählen v.a. die durch Grenzwerte<sup>2</sup> beschränkten Schadstoffe<sup>3</sup>: Kohlenmonoxid<sup>4</sup> (CO), Kohlenwasserstoffe (CH) und Stickoxide<sup>5</sup> (NOx).

Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffe entstehen bei unvollständiger Verbrennung<sup>6</sup> aufgrund von Sauerstoffmangel oder zu niedriger Temperatur<sup>7</sup>, Kohlenwasserstoffe<sup>8</sup> auch durch Verdunstung des Kraftstoffs (Betankungsverlust<sup>9</sup>).

Die spezifischen CO-Emissionen aus den Kraftfahrzeugen sind aufgrund der Abgasgesetzgebung seit Anfang der 80er Jahre rückläufig. Diese Erfolge werden jedoch durch insgesamt stark ansteigenden Verkehr<sup>10</sup> wieder aufgehoben.

Stickoxide<sup>11</sup> (NOx) entstehen aus dem in der Luft<sup>12</sup> enthaltenen Stickstoff als Folge verschiedener chemischer Reaktionen mit dem Sauerstoff<sup>13</sup> bei der Verbrennung. Hierbei spielen Temperatur, Kraftstoffart und Sauerstoffanteil die Hauptrolle. Die NOx-Bildung nimmt bei höheren Temperaturen stark zu. Um den Wirkungsgrad<sup>14</sup> hoch und damit den Kraftstoffverbrauch<sup>15</sup> niedrig zu halten, arbeitet man jedoch mit höheren Verdichtungen und höheren Verbrennungstemperaturen im Motor, so dass der geringe Kraftstoffverbrauch

---

<sup>1</sup> Farbloses, unbrennbares, schwach säuerliches riechendes und schmeckendes Gas. In freiem Zustand natürlicher Bestandteil von Luft (0,03 – 0,036 Vol.-Prozent) und Mineralquellen.

<sup>2</sup> Rechtliche zulässige Höchstwerte für Emission und Immission von Schadstoffen, Lärm, Strahlung usw., die oft recht willkürlich festgelegt werden und dem Anspruch nach Bevölkerung und Umwelt vor gesundheitlichen Beeinträchtigungen schützen sollen.

<sup>3</sup> Stoffe, die durch ihre chemische oder physikalische Wirkung in der Lage sind, Mensch und Umwelt zu schädigen.

<sup>4</sup> K. (CO) ist ein Gas ohne Farbe, Geruch und Geschmack; Hauptquelle sind Verbrennungsprozesse.

<sup>5</sup> Die Gase Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid werden unter dem Begriff zusammengefasst.

<sup>6</sup> Als V. bezeichnet man umgangssprachlich eine chemische Reaktion, bei der sich ein chemisches Element schnell und unter Wärmeabgabe mit Sauerstoff verbindet.

<sup>7</sup> Globaler T.-Anstieg: Treibhauseffekt; T. im Wohnbereich: Raumklima

<sup>8</sup> K. Verbindungen der organischen Chemie aus Kohlenstoff und Wasserstoff, meist in einem Gerüst aus Kohlenstoffatomen. Während beispielsweise Propan ein kettenförmiger K. ist, ist Benzol ein ringförmiger K.

<sup>9</sup> Als B. bezeichnet man den Teil des (Benzin-)Kraftstoffes, der auf dem Weg von der Raffinerie bis zum Motor als gasförmige Kohlenwasserstoffe in die Umwelt entweicht.

<sup>10</sup> V. verursacht Umweltauswirkungen, die v.a. durch die Transportaktivitäten und durch den Ausbau und Erhalt der V.-Infrastruktur entstehen.

<sup>11</sup> Die Gase Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid werden unter dem Begriff zusammengefasst.

<sup>12</sup> Die L. besteht hauptsächlich aus den Gasen Stickstoff (ca. 78 Vol.-%), Sauerstoff (ca. 21 Vol.-%), ca. 0,03 Vol.-% Kohlendioxid, unterschiedlichen Edelgasen (weniger als 1 Vol.-%) sowie verschiedenen Schadstoffen.

<sup>13</sup> Chemisches Element der VI. Hauptgruppe, Symbol O, Ordnungszahl 8, Siedepunkt –182,97 °C, Schmelzpunkt –218,79 °C, bei Normalbedingungen farb- und geruchloses Gas, tritt normalerweise als S.-Molekül auf, kann aber auch kurzzeitig atomar oder als Ozon auftreten. Es ist das häufigste Element auf der Erde (Erdrinde 46,5 Gew-%, Gewässer 89 Gew-%, Luft 23 Gew-%).

<sup>14</sup> Der W. einer Anlage gibt an, wieviel Prozent der eingesetzten Energie in Strom umgewandelt wird. Bei der Umwandlung verschiedener Energieformen entsteht Wärme, die entweder als Prozess- oder Heizenergie verwendet wird oder bei alten Anlagen in die Umwelt gelangt.

<sup>15</sup> Der K. bei Fahrzeugen hängt ab vom Wirkungsgrad des Antriebs, vom Luftwiderstand (cW-Wert) und vom Rollwiderstand des Fahrzeugs, vom Straßenzustand und vor allem von Fahrweise und Fahrgeschwindigkeit.

hochverdichteter Motoren direkt eine höhere NO<sub>x</sub>-Emission<sup>16</sup> zur Folge hat.

Einen Ausweg aus dem Zielkonflikt zwischen niedrigem Kraftstoffverbrauch und niedrigen NO<sub>x</sub>-Emissionen bietet beim Ottomotor<sup>17</sup> die Nachbehandlung des Abgases mit einem Katalysator (Drei-Wege-Katalysator), bei Diesel-Fahrzeugen (Dieselmotor) v.a. die Abgasrückführung. Bei schweren Nutzfahrzeugen wird eine NO<sub>x</sub>-Minderung auch mit Turboaufladung (Turbolader) und Ladeluftkühlung erzielt.

Aufgrund steigender Fahrleistungen und zunehmender Anteile des Lkw-Verkehrs konnte der Anstieg der NO<sub>x</sub>-Emissionen im Straßenverkehr bisher nicht gestoppt werden (Schadstoffarme Kfz). Besonders problematisch sind die NO<sub>x</sub>-Emissionen, weil aus ihnen unter Einwirkung von Sonnenlicht Ozon entsteht, Hauptbestandteil des Sommersmogs. In Großstädten stellt dies im Sommer eine zentrale Gesundheitsgefahr dar (Ozon). Außerdem sind Stickoxide (und das Folgeprodukt Ozon<sup>18</sup>) Hauptverursacher des Waldsterbens.

		1990	1996	2000	2005	2010
Fahleistung in Mrd km	Gesamt	592,1	652,2	697,2	753,7	794,1
	Pkw	504,2	546,4	584,7	634,4	670,1
	Nutzfahrzeuge/	68,1	89,4	94,9	99,8	102,4
	Busse	4,2	4	4,1	4,4	4,8
Kohlendioxid Mt/a	Gesamt	150	166,7	174,5	181,8	183,3
	Pkw	104,8	111,2	117,2	122,5	123,1
	Nutzfahrzeuge/	40,1	50,7	52,3	54	54,5
	Busse	3,8	3,6	3,7	3,9	4,1
Kohlenmonoxid	Gesamt	6487	3435,5	2395,3	1754,6	1561,5
	Pkw	5614,8	2781,9	1845,8	1282,4	1107,6
	Nutzfahrzeuge/	563,3	380,4	266,7	219,6	212,4
	Busse	22,7	17,5	17	17,4	18
Kohlenwasserstoffe kt/a	Gesamt	1469	568,1	344,6	240,2	216,8
	Pkw	1261,1	436,4	237,5	145,2	124,5
	Nutzfahrzeuge/	136,2	92,2	73,1	65,3	63,3
	Busse	8,1	6,7	6,5	6,6	6,9
Stickstoffoxide kt/a	Gesamt	1223	965	822,2	763,1	756,6
	Pkw	764,3	474	394,2	367,2	368,8
	Nutzfahrzeuge/	407,8	443,8	383,8	352,8	344,6
	Busse	49,1	44,7	40,9	38,9	38
Dieselrußpartikel kt/a	Gesamt	40,5	39,9	31,3	26,5	25,9
	Pkw	9,0	9,8	9,7	10,6	12,2
	Nutzfahrzeuge/	28,1	28	20	14,7	12,7
	Busse	3,4	2	1,6	1,2	1
Benzol kt/a	Gesamt	68,7	24,7	14,9	10,1	8,8
	Pkw	60,2	20,4	11,6	7,3	6,1
	Nutzfahrzeuge/	5,0	2,4	1,7	1,4	1,4
	Busse	0,2	0,1	0,1	1,0	0,1

Quelle: Jahresbericht 1996 des Umweltbundesamtes

Bleiemissionen entstehen in der Menge, in der  $\square$  Blei<sup>19</sup> dem Benzin zugesetzt wird

<sup>16</sup> Jeglich Art der Abgabe von Stoffen, Energien und Strahlen an die Umgebung durch eine bestimmte Quelle wird als E. bezeichnet.

<sup>17</sup> Der O. ist ein Verbrennungsmotor mit interner Verbrennung.

<sup>18</sup> O. ist ein Sauerstoffmolekül aus drei Sauerstoffatomen, es wirkt als sehr starkes Oxidationsmittel mit typischem, leicht stechendem Geruch (Geruchsschwelle bei 10 pp in der Luft).

<sup>19</sup> B. wird zur Herstellung von Akkumulatoren, Batterien, Kabelummantelungen, Rohren, Legierungen und Farben eingesetzt. B. ist chemisches Element der IV. Hauptgruppe, Symbol Pb (lat.: plumbum), Ordnungszahl



(Kraftstoffzusätze, Benzinbleigesetz, Bleifreies Benzin).

Ruß wird hauptsächlich von Dieselmotoren, aber auch von Gasturbinen ausgestoßen. Der Bildungsmechanismus ist kompliziert und noch nicht vollständig erforscht. Ruß ist v.a. deshalb sehr schädlich, weil sich an den Rußteilchen andere Schadstoffe, wie z.B. Metalloxide, organische Verbindungen<sup>20</sup> und speziell polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe<sup>21</sup>, PAK<sup>22</sup>, Benzo[a]pyren,<sup>23</sup> Aromaten<sup>24</sup> anlagern, die z.T. krebsregierend sind. Insbesondere aufgrund der Zunahme des Lkw-Verkehrs wird sich der Ausstoß von Rußpartikeln trotz neuer Grenzwerte (Emissionsgrenzwerte<sup>25</sup> für Kraftfahrzeuge) weiter erhöhen.

Dringend erforderlich ist der Einbau von Rußfiltern (Partikelfilter<sup>26</sup>). Schwefeldioxid<sup>27</sup> entsteht bei Dieselfahrzeugen, sofern der Dieselkraftstoff Schwefel<sup>28</sup> enthält.

Unter den summarisch als Kohlenwasserstoffe bzw. als flüchtige organische Verbindungen registrierten S. gibt es einige besonders giftige, wie z.B. Benzol<sup>29</sup>, Formaldehyd<sup>30</sup>, Benzo[a]pyren. Diese müßten beim Vergleich der verschiedenen Techniken zur Verminderung der S. gesondert betrachtet werden. Dabei schneidet der Betrieb mit Autogas besonders gut ab. Die gesundheitlich relevantesten S. sind die krebsauslösenden Substanzen Dieselruß und Benzol, das auch von Fahrzeugen mit Drei-Wege-Katalysator ausgestoßen wird, sowie Stickoxide aufgrund ihrer Ozon-Bildung. Die Mehrheit der Wissenschaftler geht dabei davon aus, dass Dieselrußpartikel bis zum Faktor 5 stärker krebsauslösend wirken als Benzol. Eine bereits 1992 veröffentlichte Studie des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) kam zu dem Ergebnis, dass in Deutschland jährlich 4000 Menschen an Krebs infolge von Luftschadstoffen sterben. Dominierende Rolle dabei spielen die Abgase der Autos und v.a. des LKW-Verkehrs.

(Text und Abbildung aus: Jahresbericht 1996 des Umweltbundesamtes)

---

82, Schmelzpunkt 327,5 °C, Siedepunkt 1.744 °C, Dichte 11,34 g/Kubikzentimeter, an frischen Schnittstellen bläulich glänzendes, weiches (mit dem Fingernagel ritzbares) Schwermetall

<sup>20</sup> Chemische Verbindungen werden unterteilt in anorganische und Organische Verbindungen.

<sup>21</sup> PAK, englisch PAH, Gruppe von ringförmigen Kohlenwasserstoff-Verbindungen, deren Molekülgerüst aus mehreren miteinander verbundenen Benzolringen (Benzol) besteht.

<sup>22</sup> (Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (engl.: polycyclic aromatic hydrocarbons, PAH)

<sup>23</sup> (B. (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>), ist ein aus 5 Benzolringen bestehender polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoff und stark cancerogen.

<sup>24</sup> A. ist eine Sammelbezeichnung für aromatische Kohlenwasserstoffe, die als Grundkörper einen Kohlenwasserstoff der Summenformel C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> enthalten (Benzol).

<sup>25</sup> (Höchstwerte für die rechtlich zulässige Schadstoffabgabe an die Umwelt, zumeist in Gewichts- oder Volumenanteilen definiert (z.B. in TA Luft).

<sup>26</sup> P. (auch Rußfilter genannt) vermindern die bei der dieselmotorischen Verbrennung entstehenden Rußpartikel (Dieselmotor, Schadstoffe aus Kfz) um bis zu 90%.

<sup>27</sup> S. ist ein farbloses, stechend riechendes Gas, das beim Einleiten in Wasser schweflige Säure bildet. In der Natur befindet sich S. in vulkanischen Gasen und im Erdgas. 98 Prozent des industriell erzeugten S. dient zur Schwefelsäureherstellung.

<sup>28</sup> Chemisches Element der VI. Hauptgruppe, Ordnungszahl 16, leuchtendgelbe Kristalle, Dichte 1,96 g/cm<sup>3</sup>, Nichtmetall.

<sup>29</sup> B. ist der chemische Grundbaustein der Stoffklasse der Aromaten. B. ist eine stark giftige, farblose, brennbare Flüssigkeit, in Wasser wenig löslich, erst unter extremen Bedingungen zersetzbar; B.-Luft-Gemisch explosiv. Gewinnung hauptsächlich aus Erdölraffination, weniger aus Steinkohle und Kokereigas.

<sup>30</sup> Die "Allround-Chemikalie" F. ist ein wasserlösliches, sehr reaktionsfreudiges, säuerlich-stechend riechendes Gas. Es gehört zur Gruppe der Aldehyde und kommt meist in 35 %iger wäßriger Lösung als Formalin in den Handel.

## Material 2 - Entstehung von Feinstaub – Gesundheitliche Folgen

Feinstaub kann sowohl aus natürlichen wie auch aus anthropogenen (menschlichen) Quellen stammen. Welche Quelle an welchem Ort dominiert, hängt von den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten ab.

Hauptverursacher des anthropogenen Anteils am Feinstaub in Deutschland sind (in Klammern: prozentualer Anteil in Deutschland laut Bundesumweltministerium, Stand 2001):

- die Industrie: 60 kt/a (35,1%)
- Privathaushalte und Kleinverbraucher: 33 kt/a (19,3%)
- Straßenverkehr (ohne Abrieb): Dieselmotoren (siehe: Dieselruß): 29 kt/a (17,0%)
- Elektrizitäts- und Fernheizwerke: 19 kt/a (11,1%)
- übriger Verkehr: 16 kt/a (9,4%)
- Schüttgutumschlag: 8 kt/a (4,7%)
- Industriefeuerungen: 6 kt/a (3,5%)

Beim o.g. Anteil des Straßenverkehrs sind jedoch Abrieb von Reifen, Bremsbelägen und Straßenasphalt nicht berücksichtigt. Der Reifenabrieb verursacht grob geschätzt rund 60 kt/a (davon PM<sub>10</sub>-Anteil etwa 10%, also rund 6 kt/a) und Bremsabrieb 5,5 - 8,5 kt/a (überwiegend PM<sub>10</sub>) (Umweltbundesamt 2004). Über Emissionen von der Straßenoberfläche sind keine Schätzungen bekannt. Insbesondere in den Städten beträgt der Anteil des Verkehrs an den Feinstaubemissionen deutlich über 50 Prozent.

Auch die Landwirtschaft trägt zur Feinstaubemission bei. Ihr Anteil an der europäischen PM<sub>10</sub>-Emission beträgt etwa 9%, wobei etwa die Hälfte auf Tierhaltung zurückzuführen ist. Besonders in geschlossenen Räumen trägt auch der Rauch von Zigaretten zur Feinstaubbelastung bei. Diese ist jedoch entgegen anders lautender Medienmeldungen deutlich geringer als die Belastung durch Emissionen im Straßenverkehr.

Zu den natürlichen Staubquellen (auch von Feinstaub) zählen:

- Partikelneubildung aus Vorläufern in der Atmosphäre
- Kleinstlebewesen und Teile von ihnen, Pollen
- die Erosion von Gesteinen (hauptsächlich durch Wasser, Wind und Temperaturunterschiede)
- Waldbrände
- Vulkanausbrüche.

### Reduzierung

In Europa wurden 1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft (in deutsches Recht umgesetzt mit der Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft – 22. Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) vom 11. September 2002) Grenzwerte für Feinstaub festgelegt. In der Richtlinie sind folgende Grenzwertregelung getroffen: 1.) Der ab dem 1. Januar 2005 einzuhaltende Tagesmittelwert für PM<sub>10</sub> beträgt 50 µg/m<sup>3</sup> bei 35 zugelassenen Überschreitungen im Kalenderjahr. 2.) Ab dem Jahre 2005 beträgt der Jahresmittelwert für PM<sub>10</sub> 40 µg/m<sup>3</sup>.

Um diese Grenzwerte einhalten zu können, werden in den einzelnen europäischen Ländern unterschiedliche Strategien verfolgt:

In London hat die 2003 eingeführte City-Maut in Höhe von bisher 5 £ (ca. 7,50 €) zu 18 % weniger Verkehr und 12 % weniger Feinstaub geführt. Ab Juli 2005 beträgt die Gebühr 8 £. Bis 2007 ist eine Verdoppelung der Mautzone geplant.

In Italien gibt es Fahrverbote, die generell, nur sonntags oder abwechselnd für Fahrzeuge mit geradem oder ungeradem Kennzeichen gelten.

In Österreich gibt es Subventionen für Partikelfilter bei Dieselfahrzeugen sowie Förderung von Biodiesel. Deutschland plant Subventionen für Partikelfilter, eine emissionsabhängige Maut für Lkw sowie Fahrverbote in Städten für nicht als emissionsarm gekennzeichnete Fahrzeuge.

Derzeit fordern einige politische Parteien in Deutschland die Einführung von Partikelfiltern in Dieselfahrzeugen und Vergünstigungen bei der Kraftfahrzeugsteuer für damit ausgestattete Diesel-Fahrzeuge. Partikelfilter nach dem Wandstromprinzip stellen wegen ihres hohen Filtrationswirkungsgrades (>95 %) für Partikel aller Größen eine wirksame Möglichkeit zur Reduzierung dieser Partikelemissionen dar. Da gerade der Dieselruß krebserregend ist, ist diese Maßnahme trotz ihrer geringen Gesamtauswirkung auf die Feinstaubbelastung sinnvoll. Der Verband der Automobilindustrie hält eine regelmäßige Straßenreinigung in den Hauptverkehrsstraßen für effizienter zur Lösung des Feinstaub-Problems als die Einführung von Dieselrußfiltern.

## Wirkungen auf die Gesundheit

Der Staub wird heute im Wesentlichen für die Auswirkungen von Luftverschmutzungen auf die Gesundheit verantwortlich gemacht. Diese Auswirkungen reichen von Atemwegsbeschwerden wie z.B. Husten über die Zunahme von asthmatischen Anfällen bis hin zu Lungenkrebs. Daneben werden auch Auswirkungen auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen (z.B. Herzinfarkt) angenommen. Das Ausmaß der Auswirkung von Partikeln auf die Atemwege hängt, neben der Toxizität der Partikel u.a. Blei, Vanadium, Beryllium und Quecksilber, auch von der Größe der Partikel ab: je kleiner ein Partikel ist, desto tiefer kann es in die Lunge eindringen.

Feinstaub  $PM_{10}$  erreicht teilweise die Lunge, da die Filterwirkung des Nasen-Rachenraumes für feine Partikel mit weniger als 10 Mikrometer Durchmesser nicht ausreicht. Je kleiner die Partikel sind, desto tiefer können sie in die Lunge vordringen. So gelangen ultrafeine Teilchen (Durchmesser unter  $0,1 \mu m$ ) bis in die Lungenbläschen (Alveolen) und werden von dort nur sehr langsam oder gar nicht wieder entfernt (Staublunge). Epidemiologische Studien haben für eine Erhöhung der  $PM_{10}$ -Konzentration in der Außenluft um  $10 \mu g/m^3$  mit stark signifikantem Ergebnis ergeben, dass die Morbidität - gemessen an der Anzahl der Krankenhauseinweisungen infolge von Atemwegserkrankungen - um 0,5 bis 5,7% steigt, und die Mortalität (das Sterberisiko) um 0,2 bis 1,6% steigt. Die 2001-2004 durchgeführte Feinstaub-Kohortenstudie NRW untersuchte 4800 Frauen über 60 Jahre und ergab nach vorläufiger Auswertung eine um etwa 9% höhere Mortalität pro  $10 \mu g/m^3$  Feinstaub.

Wegen des linearen Zusammenhangs gibt es keine unschädliche Feinstaubkonzentration. Für die Bevölkerung der europäischen Union ergibt dies im Durchschnitt eine um mindestens ein Jahr reduzierte Lebenserwartung durch die Gesamtfeinstaubbelastung.

Die Studien sind zwar ein Hinweis auf Gesundheitsschäden; jedoch können eventuelle Störgrößen nicht ausgeschlossen werden, und ein wissenschaftlich bewiesener biologischer Wirkungsmechanismus ist nicht bekannt. Die Weltgesundheitsorganisation wird deshalb kritisiert, diese Studien als Grundlage für von ihr geforderte schärfere Feinstaubgrenzwerte verwendet zu haben.

Jüngere Forschungen haben gezeigt, dass der  $PM_{2,5}$ -Anteil am Feinstaub besonders gesundheitsgefährdend ist. Deshalb ist absehbar, dass Messungen und Maßnahmen sich in Zukunft auf diese Größen konzentrieren werden.

Es kann auch davon ausgegangen werden, dass nicht alle Bestandteile der Partikel die gleiche gesundheitliche Relevanz haben. Die Gefährlichkeit wird offensichtlich nicht durch die Masse, sondern vor allem durch die Oberfläche der Partikel bestimmt. Partikel, die aus Verbrennungsprozessen stammen, sind offensichtlich relevanter als beispielsweise Bodenpartikel oder Reifenabrieb. Weitgehend ungeklärt ist noch, welche Bedeutung die

verschiedenen Partikelkomponenten (anorganisch, organisch, löslich, unlöslich, flüchtig, nichtflüchtig) haben.

Da sich der Mensch den größten Teil seiner Zeit in Innenräumen aufhält, spielt deren Belastung eine wichtige Rolle. Hier besteht noch besonderer Forschungsbedarf.

(Text und Abbildung aus: Jahresbericht 1996 des Umweltbundesamtes)

## Material 3 - Externe Kosten des Verkehr

Am 14. November 2005 hat der Verkehrsausschuss des Europäischen Parlaments einen Bericht zur Wegekostenrichtlinie verabschiedet. Danach können spätestens in 5 Jahren externe Kosten Teil der Maut werden. Ein Etappensieg!

Das heutige Verkehrssystem in Deutschland verursacht etwa 150 Milliarden Euro an Gesundheits- und Umweltkosten. Dies belegt die Anfang Oktober 2004 veröffentlichte Studie der Forschungsinstitute IWW und Infras zu den externen Kosten des Verkehrs. Dabei handelt es sich um Gesundheits- und Umweltschäden, deren Kosten nicht von den Verursachern bezahlt werden, sondern von der Allgemeinheit, etwa über Krankenkassenbeiträge und Steuern.



Das deutsche Verkehrssystem verschwendet Milliarden Euro an Gesundheits- und Umweltkosten. Foto: photocase

Für die EU ohne Beitrittsländer betragen die Gesundheits- und Umweltkosten des Verkehrs laut Studie 650 Mrd Euro. Damit vernichten sie über 7 Prozent des Bruttoinlandproduktes (BIP) der EU. Mit Staukosten summiert sich die Wertvernichtung auf 10 Prozent. Die Folgekosten des Verkehrs sind im Zeitraum von 1995 bis 2000 um 12 Prozent gestiegen, was die Autoren der Studie auf das Wachstum des Straßen- und Flugverkehrs zurückführen.

### **Straßenverkehr ist Kostentreiber**

Der größte Kostentreiber ist der Straßenverkehr: 83 Prozent der Gesundheits- und Umweltkosten des Verkehrs gehen auf das Konto des Straßenverkehrs, 14 Prozent verursacht der Luftverkehr und 2 Prozent der Schienenverkehr. Von den für Deutschland errechneten Folgekosten des Verkehrs von 150 Mrd Euro entfallen 130 Mrd auf den Straßenverkehr.

Im Einzelnen bedeutet dies: Während im Schienengüterverkehr pro 1000 Tonnenkilometer (beförderte Tonnen mal Entfernung) durchschnittlich nur 17,90 Euro anfallen, kosten LKW 87,80 Euro bei gleicher Verkehrsleistung. Im Personenverkehr fallen bei den Bahnen 22,90 Euro pro 1000 Personenkilometer (beförderte Personen mal Entfernung) im Durchschnitt an, PKW schlagen dagegen mit 76 Euro volkswirtschaftlich zu Buche.

Die Kosten, die der Verkehr auf die Gesellschaft abwälzt, setzen sich nach den Ergebnissen der Studie vor allem aus Umwelt- und Gesundheitsschäden durch den Klimawandel (30 Prozent), durch Luftverschmutzung (27 Prozent) sowie Unfallkosten (24 Prozent) zusammen.

(aus: [http://www.bund.net/verkehr/themen/themen\\_32/themen\\_143.htm](http://www.bund.net/verkehr/themen/themen_32/themen_143.htm))