

Folgen einer globalen Motorisierung

**UPI-Bericht Nr. 35
März 1995**

Folgen einer globalen Motorisierung

Dieter Teufel
Petra Bauer
Sabine Braunfeld
Gerhard Kilian
Thomas Wagner

UPI-Bericht Nr. 35

März 1995

Inhalt

	Seite
1. Einleitung	1
2. Bevölkerungsprognose.....	2
3. Motorisierungsgrad.....	6
4. PKW-Bestand.....	9
5. Kraftstoffverbrauch.....	14
6. PKW-Herstellung.....	18
7. Schadstoffemissionen	20
7.1 Stickoxide	21
7.2 Kohlenmonoxid.....	25
7.3 Kohlenwasserstoff-Emissionen.....	26
7.4 Distickstoffoxid.....	27
7.5 Belastetes Luftvolumen	28
8. Treibhauspotential.....	29
Exkurs: Treibhauseffekt.....	30
9. Auto-Verkehr und CO ₂ -Minderungsziele.....	33
10. Möglichkeiten neuer Antriebe	34
11. Verkehrsunfälle	35
12. Flächenbedarf	40
13. Folgen für die Entwicklung von Städten	41
14. Schlußfolgerungen	43
15. Literatur	44

1. Einleitung

Alle Prognosen über eine Sättigung der Motorisierung in den Industriestaaten werden regelmäßig zu Makulatur. Das Wachstum des Straßenverkehrs ist bisher ungebremst. Der Kraftfahrzeugverkehr ist heute in Europa und den USA die wichtigste Ursache von Luftverschmutzung, Lärm, Unfällen und Flächenverbrauch.

In dieser Situation plant die Automobilwirtschaft die Expansion in die meisten Länder der Erde. Mit der marktwirtschaftlichen Öffnung der Planwirtschaften in China und der ehemaligen Sowjetunion bestehen die Voraussetzungen für eine breite Einführung der Motorisierung in den nächsten Jahrzehnten. Einzelne Städte in China wie Kanton drängen inzwischen den Fahrradverkehr zurück, um Platz für Autos zu schaffen. Das Auto wird (wie in den Industrieländern in den sechziger und siebziger Jahren) zu *dem* Statussymbol für Wohlstand, Freiheit und Fortschritt.

Es wurde bisher nicht untersucht, welche Folgen eine globale Massenmotorisierung nach dem Vorbild Europas oder der USA für die globale Umwelt hätte.

In einem Projekt des UPI-Instituts wurde deshalb ein Computerprogramm entwickelt, mit dem die Folgen einer weltweiten Motorisierung berechnet werden können. Im folgenden werden, ausgehend von Prognosen der globalen Bevölkerungsentwicklung und der Motorisierung in den wichtigsten Ländern der Erde die Folgen des Autoverkehrs für Umwelt, Klima und Ressourcen im Zeitraum von 1995 bis zum Jahr 2030 beschrieben.

Berechnet wurden u.a.

- der für eine PKW-Massenmotorisierung benötigte Energieeinsatz im Vergleich zu den vorhandenen Energievorräten
- die dadurch entstehende CO₂-Emission
- die Emission von Schadstoffen wie NO_x, CO, VOC
- die Emission anderer treibhauswirksamer Schadstoffen (z.B. N₂O) und die Berechnung der CO₂-äquivalenten Emission als Zusammenfassung der treibhauswirksamen Emissionen

- das durch die Schadstoffemissionen insgesamt belastete Luftvolumen
- die bei der Produktion der Fahrzeuge verbrauchten Energiemengen und entstehenden Abfälle
- eine Abschätzung der mit einer Massenmotorisierung verbundenen Unfallfolgen
- der von Autos verursachte Flächenverbrauch

Für die Untersuchung wurde ein Zeitraum bis zum Jahr 2030 zugrunde gelegt.

2. Bevölkerungsprognose

Tabelle 1 zeigt die Bevölkerungszahlen in den 170 wichtigsten Ländern der Erde im Jahr 1990. Ausgehend von dem Stand 1990 wurde eine Prognose der Entwicklung der Bevölkerung in 5-Jahres-Schritten bis zum Jahr 2030 erstellt, die sich an UNFPA, 1993 ¹⁾ anlehnt.

	Bevölkerung	Geburtenrate	Bevölkerung
	Mio	pro 1000	Mio
	1990	1990	2030
Afghanistan	16,8	53,0	51,5
Ägypten	52,5	31,0	97,2
Albanien	3,2	23,0	4,6
Algerien	24,9	34,0	54,3
Angola	9,2	51,0	28,4
Äquatorial Guinea	0,4	43,0	0,8
Arab. Emirate	1,6	21,0	2,9
Argentinien	32,3	20,0	46,5
Armenien	3,3	23,0	5,5
Aserbajjan	7,2	27,0	8,6
Äthiopien	49,9	49,0	144,5
Australien	17,1	17,0	25,8
Bahamas	0,3	19,0	0,4
Bahrain	0,5	26,0	1,1
Bangladesch	113,8	38,0	233,0

Barbados	0,3	16,0	0,3
Belarien	10,3	16,0	11,4
	Bevölkerung	Geburtenrate	Bevölkerung
	Mio	pro 1000	Mio
	1990	1990	2030
Belgien	10,0	12,0	9,9
Benin	4,6	49,0	13,1
Bolivien	7,2	34,0	14,7
Botswana	1,2	38,0	3,1
Brasilien	149,3	23,0	226,0
Brunei	0,3	24,0	0,4
Bulgarien	9,0	13,0	8,8
Burkina Faso	9,0	47,0	23,8
Burundi	5,5	46,0	14,7
Butan	1,5	40,0	3,5
Cape Verde	0,4	36,0	0,8
Central Afrikan. Rep.	3,0	44,0	7,3
Chile	13,2	23,0	20,4

China	1 155,4	21,0	1 578,7
Comoros	0,6	48,0	1,7
Costa Rica	3,1	26,0	5,8
Cuba	10,6	17,0	13,2
	Bevöl- kerung	Geburten- rate	Bevöl- kerung
	Mio	pro 1000	Mio
	1990	1990	2030
Dänemark	5,2	12,0	5,1
Dem.Rep. Korea	21,8	24,0	34,4
Deutschland	79,7	11,0	84,5
Djibouti	0,5	46,0	1,3
Dominican.Re publik	7,2	28,0	11,8
Ecuador	10,6	33,0	19,4
El Salvador	5,2	33,0	10,1
Elfenbeinküste	11,6	50,0	40,5
Estland	1,6	14,0	1,7
Fidschi	0,7	24,0	1,0
Finnland	5,0	13,0	5,2
Frankreich	56,7	13,0	61,2
Französ.Polyn	0,2	28,0	0,4
Gabun	1,1	43,0	3,1
Gambia	0,9	44,0	2,0
Georgien	5,5	18,0	6,1
Ghana	15,1	42,0	40,1
Griechenland	10,1	10,0	10,2
Großbritan- nien	57,5	14,0	60,5
Guadaloupe	0,4	19,0	0,5
Guatemala	9,2	39,0	22,8
Guinea	5,7	51,0	15,9
Guinea-Bissau	1,0	43,0	2,1
Guyana	0,8	25,0	1,1
Haiti	6,5	35,0	13,6
Honduras	5,2	37,0	12,1
Hongkong	5,7	13,0	6,5
Indien	847,0	29,0	1 441,8
Indonesien	184,5	27,0	292,5
Irak	18,1	39,0	49,0
Iran	58,4	40,0	151,7
Irland	3,5	14,0	3,6
Island	0,3	17,0	0,3
Israel	4,7	21,0	8,8
Italien	57,7	10,0	56,3
Jamaika	2,5	22,0	3,6
Japan	123,5	11,0	127,9

Jemen	11,7	48,0	36,4
Jordanien	4,0	40,0	11,5
Jugoslawien	23,8	14,0	26,2
Kambodscha	8,4	39,0	17,5
	Bevöl- kerung	Geburten- rate	Bevöl- kerung
	Mio	pro 1000	Mio
	1990	1990	2030
Kamerun	11,5	41,0	30,8
Kanada	26,6	16,0	39,4
Kazachstan	16,8	24,0	20,5
Kenia	23,6	44,0	71,2
Kolumbien	32,3	24,0	50,9
Kongo	2,3	45,0	6,1
Kuwait	2,3	28,0	2,5
Kyrgyzstan	4,4	31,0	5,9
Laos	4,2	45,0	9,9
Lappland	2,7	14,0	2,8
Lesotho	1,7	34,0	4,0
Libanon	2,7	27,0	4,7
Liberia	2,6	47,0	7,6
Libyen	4,6	42,0	13,7
Litauen	3,8	15,0	4,1
Luxembourg	0,4	12,0	0,4
Madagaskar	12,0	45,0	37,5
Malawi	9,7	54,0	27,7
Malaysia	17,9	29,0	32,7
Malediven	0,2	38,0	0,5
Mali	9,2	51,0	26,0
Malta	0,4	15,0	0,4
Marokko	25,1	32,0	49,6
Martinique	0,4	17,0	0,4
Mauretaniien	2,0	46,0	5,3
Mauritius	1,1	18,0	1,4
Melanesien	5,3	33,0	10,6
Mexiko	84,6	28,0	142,7
Micronesien	0,4	32,0	0,9
Mongolei	2,2	34,0	4,8
Mozambique	14,1	45,0	39,8
Myanmar	41,9	33,0	78,5
Namibia	1,4	43,0	4,0
Nepal	19,6	37,0	41,9
Neuseeland	3,4	32,0	4,4
Nicaragua	3,7	40,0	9,7
Niederlande	15,0	14,0	17,9
Niger	7,8	51,0	22,6

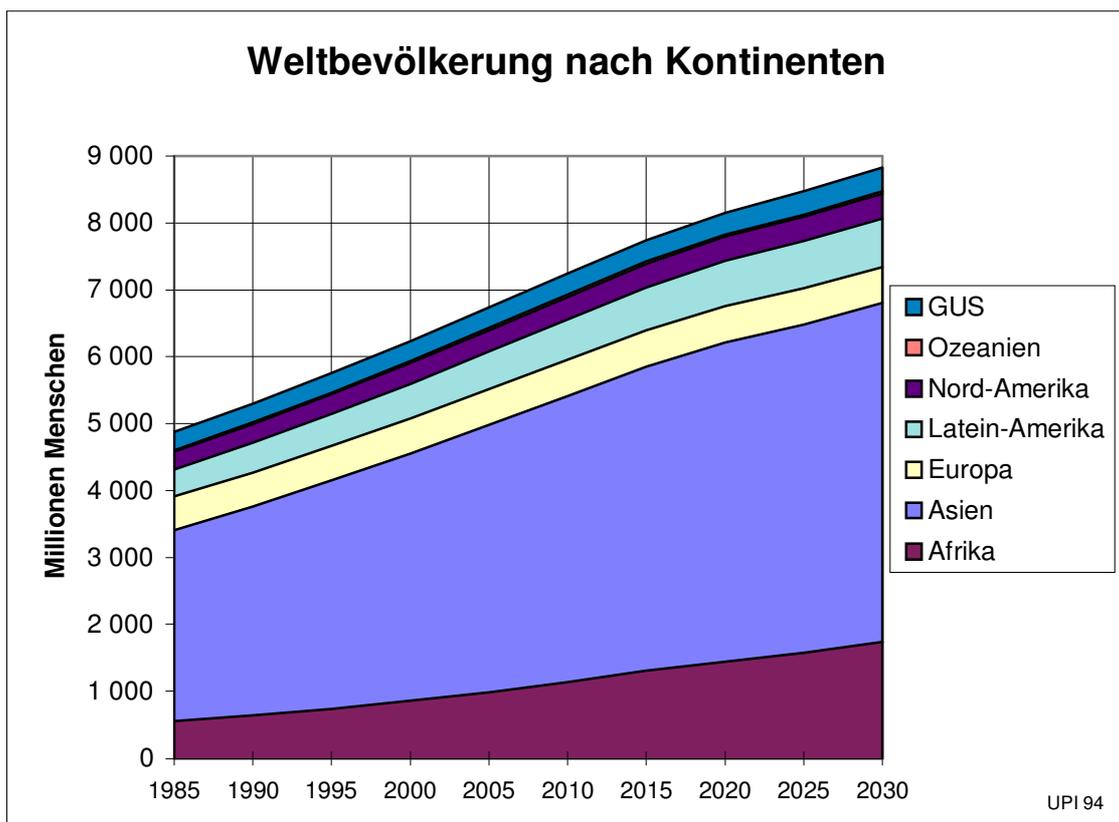
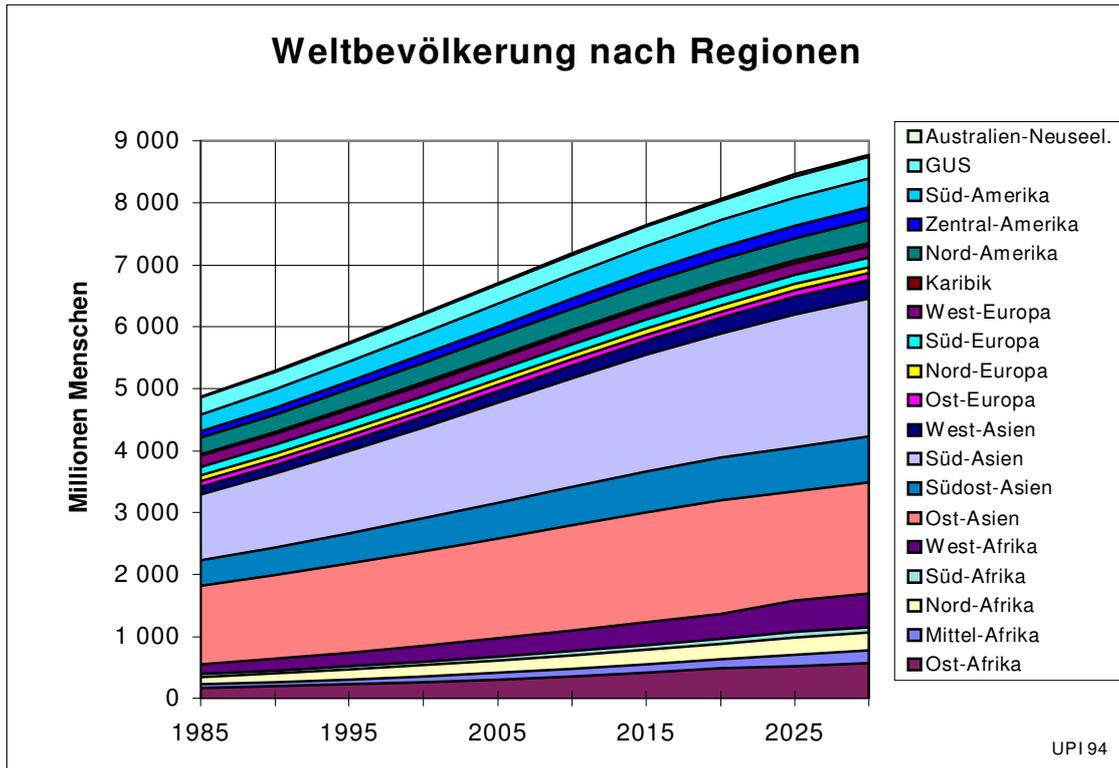
Nigeria	108,8	45,0	302,0
Norwegen	4,3	15,0	4,9
Oman	1,5	40,0	5,0
Ost-Timor	0,8	39,0	1,2
	Bevöl- kerung	Geburten- rate	Bevöl- kerung
	Mio	pro 1000	Mio
	1990	1990	2030
Österreich	7,7	12,0	8,4
Pakistan	118,3	41,0	272,4
Panama	2,4	25,0	4,0
Papua Neu Guinea	3,9	16,0	8,1
Paraguay	4,3	29,0	9,7
Peru	21,6	17,0	38,8
Philippinien	62,5	30,0	109,1
Polen	38,2	14,0	44,0
Polynesien	0,6	28,0	0,8
Portugal	9,9	12,0	10,1
Puerto Rico	3,5	18,0	4,8
Qatar	0,5	23,0	0,7
Rep. Molda- vien	4,4	21,0	5,6
Reunion	0,6	21,0	0,9
Ruanda	7,0	52,0	23,0
Rumänien	23,2	16,0	26,4
Russ.Federat.	148,4	16,0	168,3
Sambia	8,1	46,0	23,0
Saudi-Arabien	14,9	36,0	42,9
Schweden	8,6	14,0	9,6
Schweiz	6,7	13,0	7,8
Senegal	7,3	43,0	17,9
Sierra Leone	4,2	48,0	10,3
Simbabwe	10,0	41,0	25,2
Singapur	2,7	16,0	3,4
Solomon Is- lands	0,3	37,0	0,8
Somalia	8,6	50,0	26,0
Spanien	38,9	11,0	40,7
Sri Lanka	17,2	21,0	25,3
	Bevöl- kerung	Geburten- rate	Bevöl- kerung
	Mio	pro 1000	Mio
	1990	1990	2030
Süd-Afrika	38,0	31,0	76,4
Sudan	25,3	42,0	63,7
Südkorea	43,5	16,0	51,0
Surinam	0,4	26,0	0,7
Swasiland	0,8	37,0	1,8
Syrien, Arab.Rep.	12,4	42,0	37,6
Tadjikistn	5,3	40,0	9,2
Taiwan	20,0	20,5	25,8
Tansania	25,6	48,0	82,9
Thailand	54,7	21,0	74,0
Togo	3,6	45,0	9,9
Trinidad	1,3	23,0	1,8
Tschad	5,5	44,0	13,5
Tschechoslow.	15,6	14,0	18,0
Tunesien	8,1	27,0	13,9
Türkei	56,1	28,0	96,3
Turkmenistan	3,7	36,0	6,4
Uganda	17,6	51,0	50,6
Ukraine	51,9	14,0	57,7
Ungarn	10,5	12,0	10,4
Uruguay	3,1	26,0	3,7
USA	250,2	19,0	327,8
Venezuela	19,4	16,0	33,9
Vietnam	66,8	29,0	121,2
Zaire	37,5	47,0	110,6
Zypern	0,7	17,0	0,9
Summe	5 303,1		8 778,8

Tabelle 1: Bevölkerungsstand (Millionen) und Geburtenrate (pro 100 Einwohner) Mitte 1990 und Prognose für 2030 ²⁾

Tabelle 2 und die Grafiken „Weltbevölkerung nach Regionen“, „Weltbevölkerung nach Kontinenten“ zeigen die Prognose der Bevölkerungsentwicklung für die nächsten 40 Jahre.

	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Ost-Afrika	167,5	195,1	227,3	264,8	308,4	359,3	418,6	487,6	516,0	570,7
Mittel-Afrika	60,6	70,7	82,1	94,5	107,7	121,2	134,2	145,9	190,0	200,7
Nord-Afrika	124,3	140,6	158,7	177,9	197,7	217,6	236,2	252,7	280,4	293,1
Süd-Afrika	38,4	43,2	48,5	54,1	60,0	65,7	71,1	75,9	85,3	89,0
West-Afrika	166,5	194,0	225,4	259,4	295,8	332,9	368,5	400,7	510,8	539,7
Ost-Asien	1 267,9	1 352,5	1 441,1	1 529,5	1 616,6	1 699,3	1 773,8	1 837,4	1 762,2	1 803,5
Südost-Asien	404,5	444,5	487,5	531,7	576,4	619,9	660,0	694,8	715,6	740,2
Süd-Asien	1 068,5	1 191,3	1 325,7	1 465,6	1 609,1	1 750,3	1 881,8	1 997,1	2 135,8	2 221,0
West-Asien	115,6	132,1	150,5	170,2	190,8	211,6	231,2	248,7	286,6	300,7
Ost-Europa	95,6	96,5	97,5	98,4	99,2	100,0	100,6	101,2	107,2	107,6
Nord-Europa	91,5	92,4	93,3	94,2	95,0	95,7	96,4	96,9	97,8	98,1
Süd-Europa	142,6	144,0	145,4	146,8	148,1	149,2	150,2	151,0	148,2	148,7
West-Europa	172,7	176,2	179,7	183,0	186,2	189,1	191,6	193,7	188,7	190,1
Karibik	31,4	33,7	36,0	38,4	40,8	43,0	45,1	46,8	50,4	51,7
Nord-Amerika	261,9	276,6	291,8	306,9	321,7	335,6	348,1	359,2	360,5	370,2
Zentral-Amerika	101,8	113,5	126,4	139,7	153,4	166,8	179,4	190,4	199,2	207,1
Süd-Amerika	270,6	294,4	319,8	345,7	371,6	396,6	419,5	439,2	451,9	465,8
GUS	274,7	281,7	288,7	295,4	301,8	307,6	312,8	317,3	344,5	348,7
Australien-Neuseel.	19,3	20,6	21,9	23,3	24,6	25,8	27,0	27,9	29,5	30,2
Summe	4 875,9	5 293,5	5 747,3	6 219,4	6 704,8	7 187,2	7 646,0	8 064,4	8 460,6	8 776,7

Tabelle 2: Bevölkerungsprognose bis zum Jahr 2030; Millionen Menschen



Für das Jahr 2030 wird ein Anstieg der Bevölkerungszahlen von heute 5,3 Milliarden auf 8,8 Milliarden Menschen prognostiziert. Dieser an die Vereinten Nationen angelehnte Wert stellt eine eher untere Prognose dar. Andere Institute prognostizieren höhere Werte. Im Jahr 1994 veröffentlichte das Internationale Institut für angewandte Systemanalyse, Laxenburg, eine Prognose der Weltbevölkerung bis zum Jahr 2100. Der mittlere Prognosewert für das Jahr 2030 liegt bei 9,5 Milliarden Menschen, die maximale Prognose bei 11 Milliarden.³⁾

3. Motorisierungsgrad

Tabelle 3 zeigt eine Zusammenstellung des Motorisierungsgrades (PKW pro 1000 Einwohner) in 130 Ländern der Erde im Jahr 1990. Die Werte liegen zwischen 0,3 PKW pro 1000 Einwohner in der Volksrepublik China und 580 PKW pro 1000 Einwohner in den USA. Die in Tabelle 3 angegebenen Werte stellen einen Durchschnittswert für das jeweilige Land dar.

PKW pro	1000 E
	1990
China	0,3
Banglad.	0,3
Uganda	0,7
Äthiop.	0,8
Burk. Faso	1,2
Ruanda	1,3
Somalia	1,4
Burundi	1,5
Malawi	1,5
Tansania	1,7
Afghanist.	1,8
Niger	2,1
Zaire	2,5
Indien	2,7
Liberia	3,0
Madag.	3,9
C.Afr.Rep	4,6
Sudan	4,6
Lesotho	4,7
Benin	4,8
Hond.	5,2

Ghana	5,5
Kenia	5,8
Mozambq.	6,0
Pakistan	6,2
Togo	7,0
Indon.	7,0
Nigeria	7,1
Philippin.	7,3
Kamerun	7,8
PapNeu G.	7,9
Ecuador	8,0
Nicar.	8,4
S. Leone	8,6
Syrien	9,1
El Salv.	10,1
Sri Lanka	10,2
Guatem.	10,4
Kongo	11,5
Sambia	11,8
Senegal	12,3
Angola	13,3
Elfenbeink.	13,3
Jemen	14,0

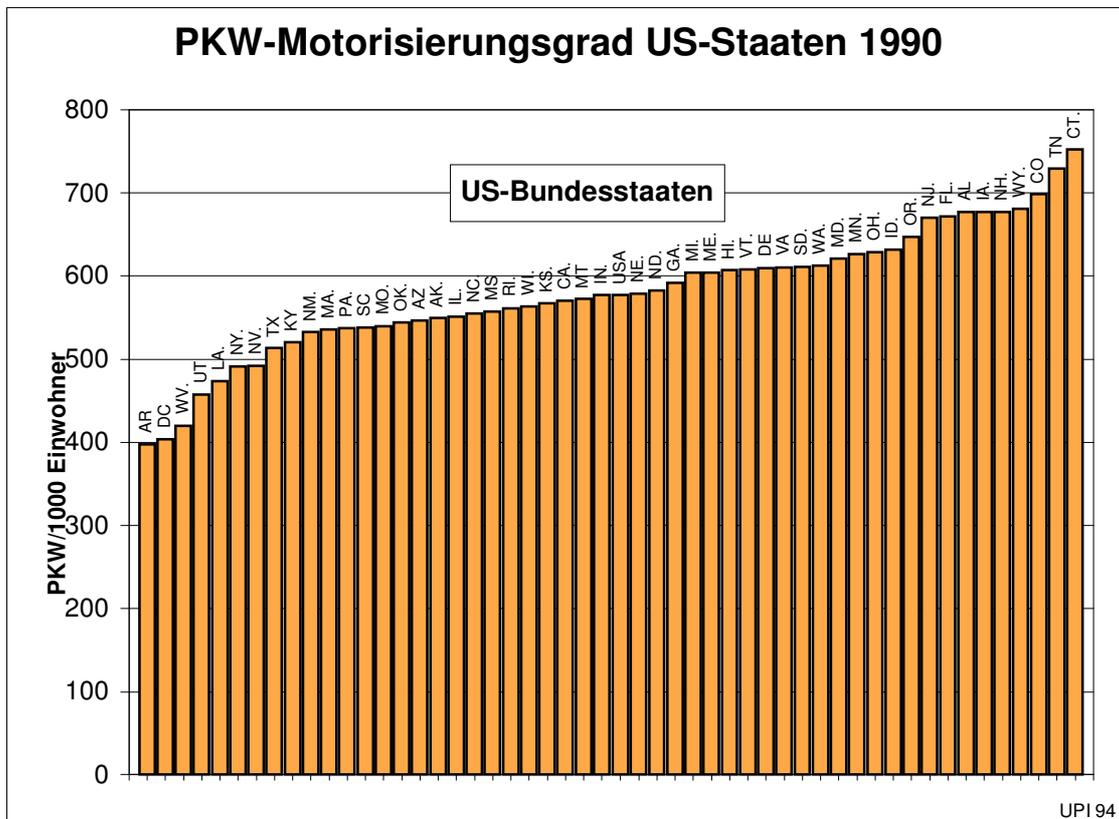
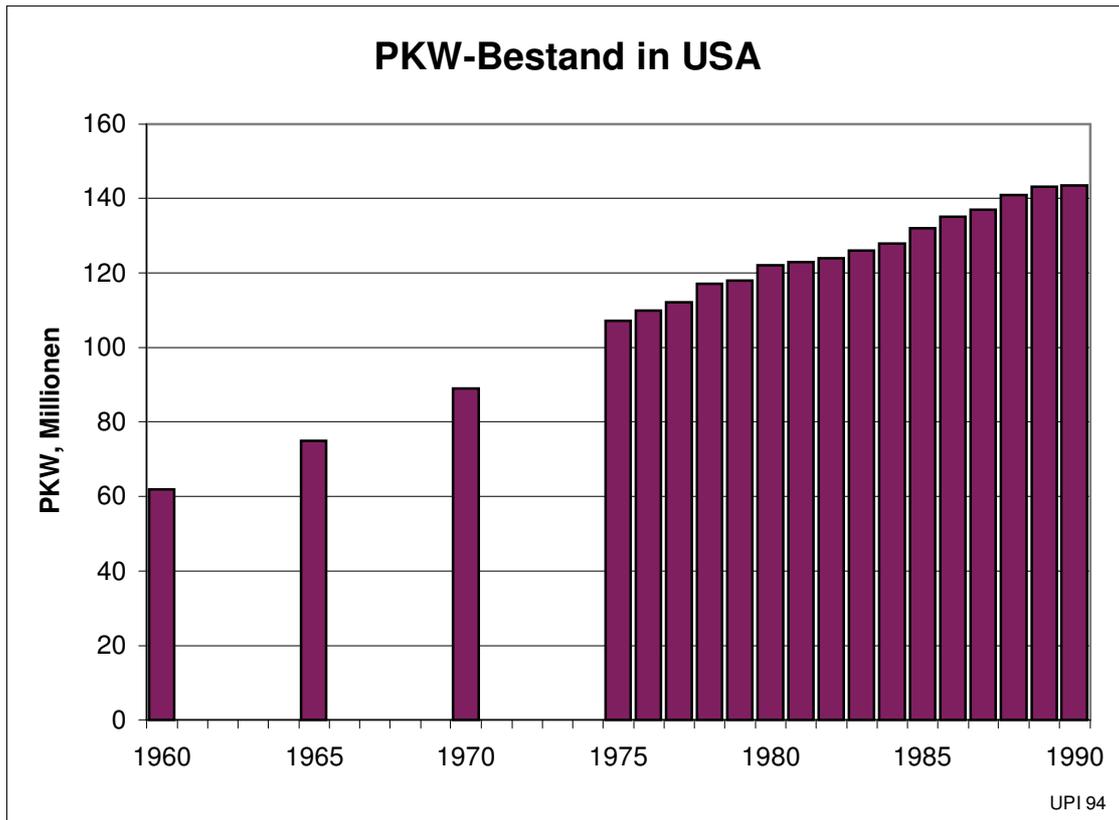
PKW pro	1000 E
	1990
Paraguay	14,1
Thailand	15,1
Dom.Rep.	15,8
Botswana	17,1
Simbabwe	17,3
Gabun	17,8
Peru	17,9
Kolumb.	22,1
Ägypten	22,3
Marokko	26,5
Iran	26,7
Algerien	29,1
Türkei	31,6
Swasil.	33,0
Bolivien	36,5
Irak	37,1
Hongkong	37,8
Jamaika	38,8
Tunesien	39,7
Jordanien	40,3
Mauritius	43,4

Fidschi	43,7
Guyana	45,8
Costa R.	47,2
GUS	48,1
Rumän.	53,3
Chile	53,7
Uruguay	54,5
Südkorea	62,7
Polyn.	63,3
Panama	63,5
Mexiko	80,6
Brasilien	81,2
S-Afrika	82,1
Venez.	82,6
Surinam	83,1
Durchschnitt	84,5
Taiwan	91,7
Oman	93,9
Libyen	97,9
Saudi-Arab.	98,7
Malaysia	101,0
Singapur	104,0
Argent.	129,5
Barb.	130,8
Bulgarien	136,6

PKW pro	1000 E
	1990
Polen	137,8
Jugosl.	148,4
Griechenl.	162,7
Libanon	168,0
Israel	174,7
Portugal	181,8
Ungarn	184,4
Trinidad	191,8
Frz.Polyn.	193,6
Arab. Emir.	198,8
Tsch.low.	214,1
Guadal.	220,2
Kuwait	221,4
Martiniq.	234,2
Irland	237,4
Bahrain	237,4
Reunion	271,8
Zypern	280,7
Malta	290,8
Japan	300,2
Dänem.	307,8
Spanien	308,0
Brunei	348,5

Niederl.	371,5
Puerto R.	373,7
Norweg.	379,3
Finnland	384,3
Belgien	393,7
Österr.	400,6
Gr.britan.	404,0
Island	411,8
Frankr.	419,6
Schwed.	420,2
Austral.	451,8
Neuseel.	452,9
Schweiz	457,2
BRD	469,6
Kanada	473,6
Italien	488,9
Luxemburg	508,8
USA	579,8

Tabelle 3: Motorisierungsgrad (PKW pro 1000 Einwohner) 1990



Die Entwicklung des PKW-Bestandes in den USA zwischen 1960 und 1990 zeigt die Grafik „PKW-Bestand in USA“. Die Grafik „PKW-Motorisierungsgrad US-Staaten 1990“ zeigt eine Differenzierung des Motorisierungsgrads in den einzelnen Bundesstaaten der USA. Während der Mittelwert für die USA im Jahr 1990 580 PKW/1000 Einwohner betrug, lagen eine Reihe von Bundesstaaten über 600 bzw. 700 PKW/1000 Einwohner. Den höchsten Wert hatte im Jahr 1990 Connecticut mit 752 PKW pro 1000 Einwohner. Noch höhere Werte finden sich in einzelnen Städten. So erreichte der PKW-Motorisierungsgrad in der australischen Stadt Perth bereits Ende der achtziger Jahre 1000 PKW pro 1000 Einwohner.

4. PKW-Bestand

Der Lebensstandard und die Motorisierungsentwicklung in den Industrieländern ist Vorbild und Maßstab für die meisten anderen Länder. Mit dem Übergang zu marktwirtschaftlichen Wirtschaftsprinzipien sind vor allem in den ehemals kommunistischen Ländern China und GUS-Staaten die Voraussetzungen für ein Wirtschaftswachstum zur Erlangung dieses Lebensstandards geschaffen. Die offiziellen politischen Vorgaben artikulieren dieses Ziel deutlich. So soll sich jede chinesische Familie um das Jahr 2010 ein Auto leisten können.⁴⁾ Das Staatliche Statistikamt Chinas prognostiziert eine Steigerung der Einkommen bis zum Ende des Jahrhunderts um 20 % pro Jahr. Zur Zeit steigen die Pro-Kopf-Jahreseinkommen in städtischen Gebieten um rund 30 % pro Jahr. 1993 wurden in China 230 000 Autos produziert, in nur 10 Jahren soll dieser Wert bereits verzehnfacht werden.⁵⁾ Die führenden Automobilfirmen der Welt versuchen vehement, in diesen Wachstumsmarkt einzudringen. So gehört z.B. der Volkswagen-Konzern seit 1978 zu den „Partnern der ersten Stunde beim Aufbau der chinesischen Automobilindustrie“. Er ist heute mit einem Marktanteil von über 50 % der führende Hersteller von PKW in China. Allein der Volkswagen-Konzern plant in China im Jahr 2000 die Produktion von über 660 000 Fahrzeugen pro Jahr. Weitere Aktivitäten laufen in Indonesien, Indien, Thailand, Malaysia, Vietnam und Australien.⁶⁾ Ein internes Papier der Volkswagen AG prognostiziert allein in der Volksrepublik China einen langfristigen Bedarf von 456 Millionen Fahrzeugen, genausoviel wie der gesamte weltweite PKW-Bestand im Jahr 1991.⁷⁾

Der heute in den Industrieländern erreichte Motorisierungsgrad wird dabei nicht das Ende der Entwicklung darstellen. In der Vergangenheit wurde zwar in den verschiedensten Prognosen immer wieder eine Sättigung des Marktes für Autos vorausgesagt, diese Sättigung ist jedoch bisher nirgendwo eingetreten. Die Grafik auf der nächsten Seite zeigt die in 25 Prognosen der letzten 40 Jahre prognostizierte

Entwicklung des PKW-Bestandes in der Bundesrepublik Deutschland und die tatsächliche Entwicklung.⁸⁾

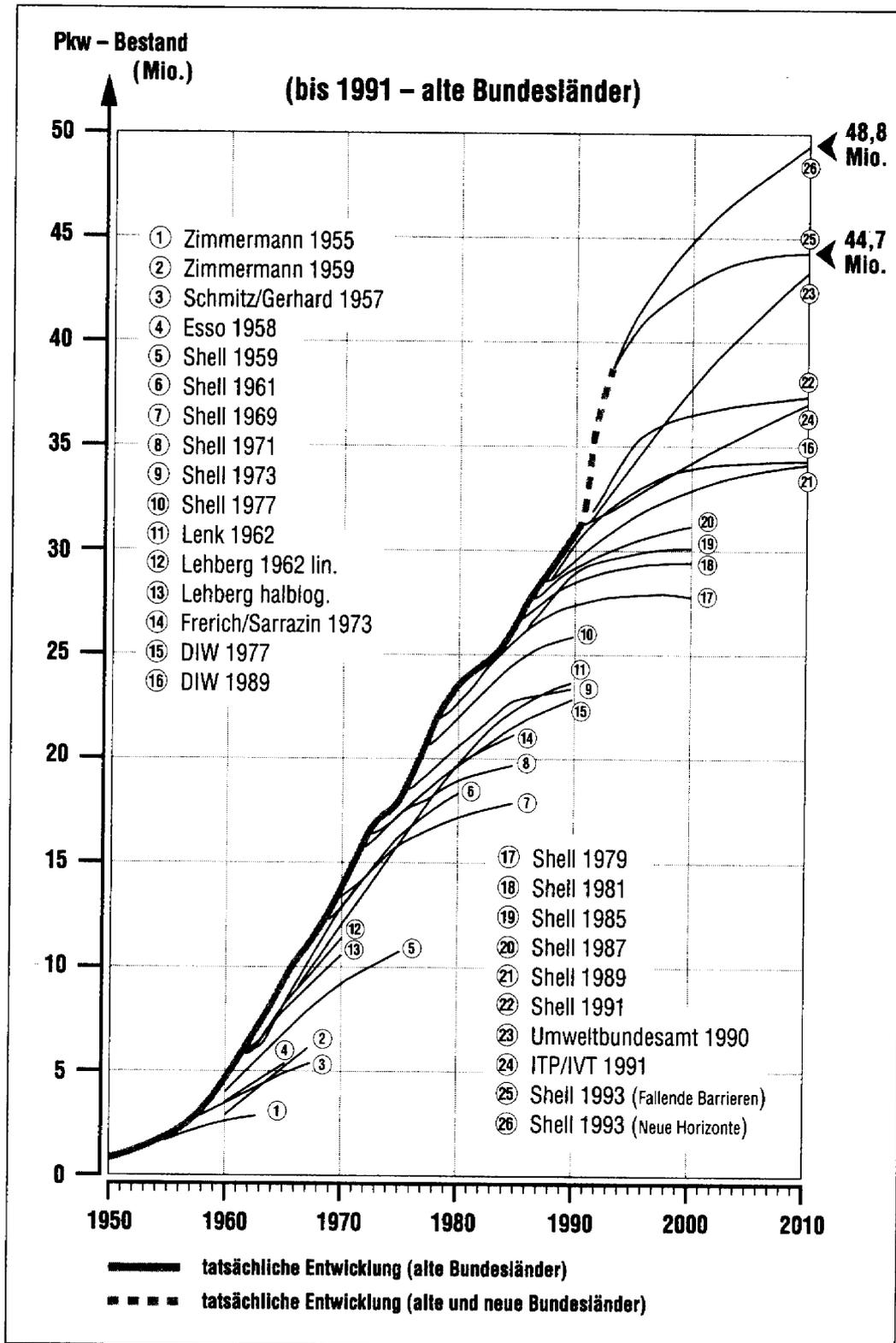


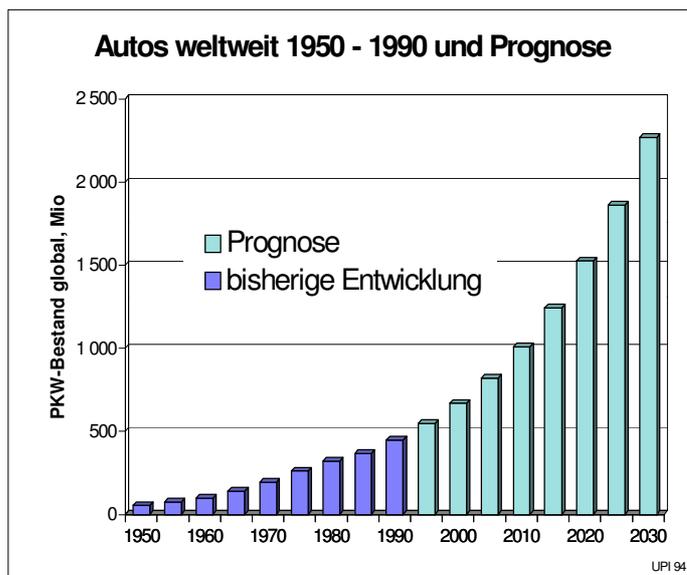
Abb. 2.3-3: Prognosen des Pkw-Bestandes in der Bundesrepublik Deutschland (nach Schüle 1986, Shell bzw. BMW/DIW verschiedene Jahrgänge)

Aus der Grafik ist ersichtlich, daß ausnahmslos alle Prognosen von der tatsächlichen Entwicklung übertroffen wurden. Eine Sättigung trat zu keinem Zeitpunkt ein. Lediglich durch die Ölpreisverteuerungen Anfang der 70er Jahre und Anfang der 80er Jahre wurde der Wachstumstrend kurze Zeit abgeschwächt.

In den Industrieländern geht die Automobilindustrie zunehmend dazu über, mit gezielten Strategien zur Erschließung neuer Käufermärkte in eigentlich schon gesättigten Märkten den Absatz durch neue Fahrzeugtypen anzukurbeln:

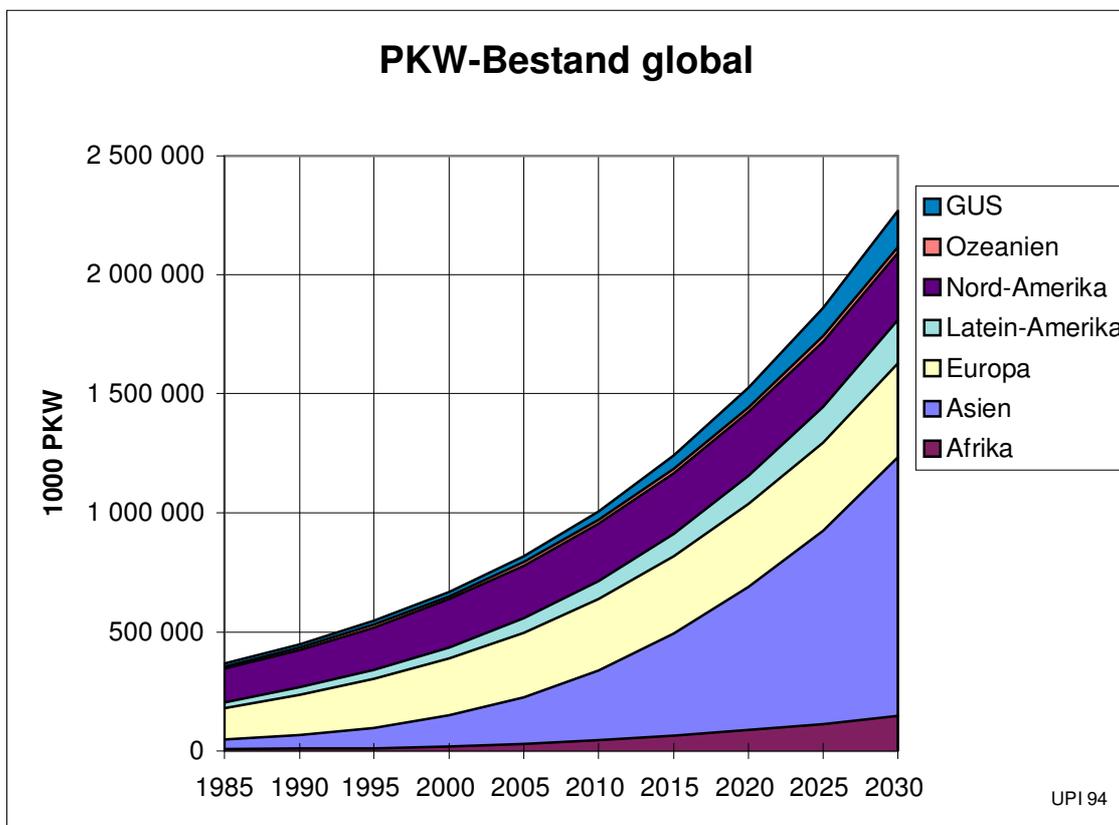
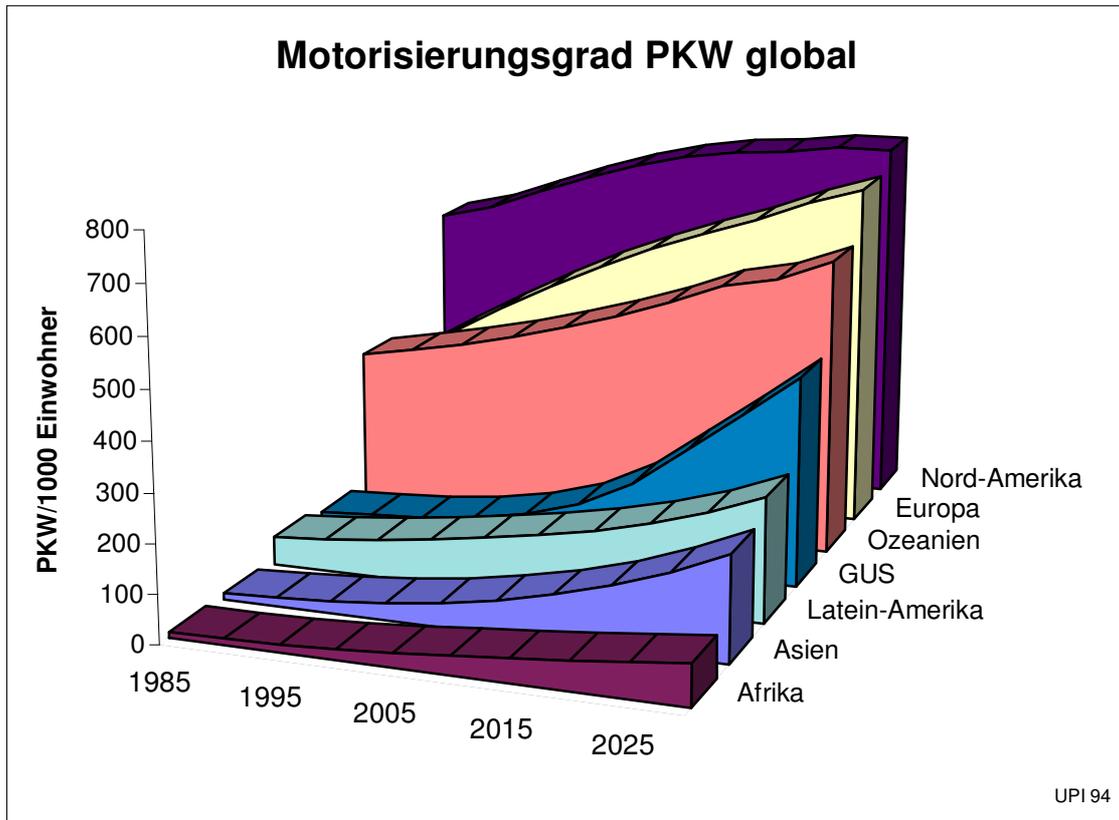
- Geländefahrzeuge mit Allradantrieb
- offene Kleintransporter („PICK-UP´s“)
- Kleinbusse („Minivans“), oft mit Spezialausrüstung für den Freizeitgebrauch
- Fun-Cars
- kleine Stadtautos. ⁹⁾

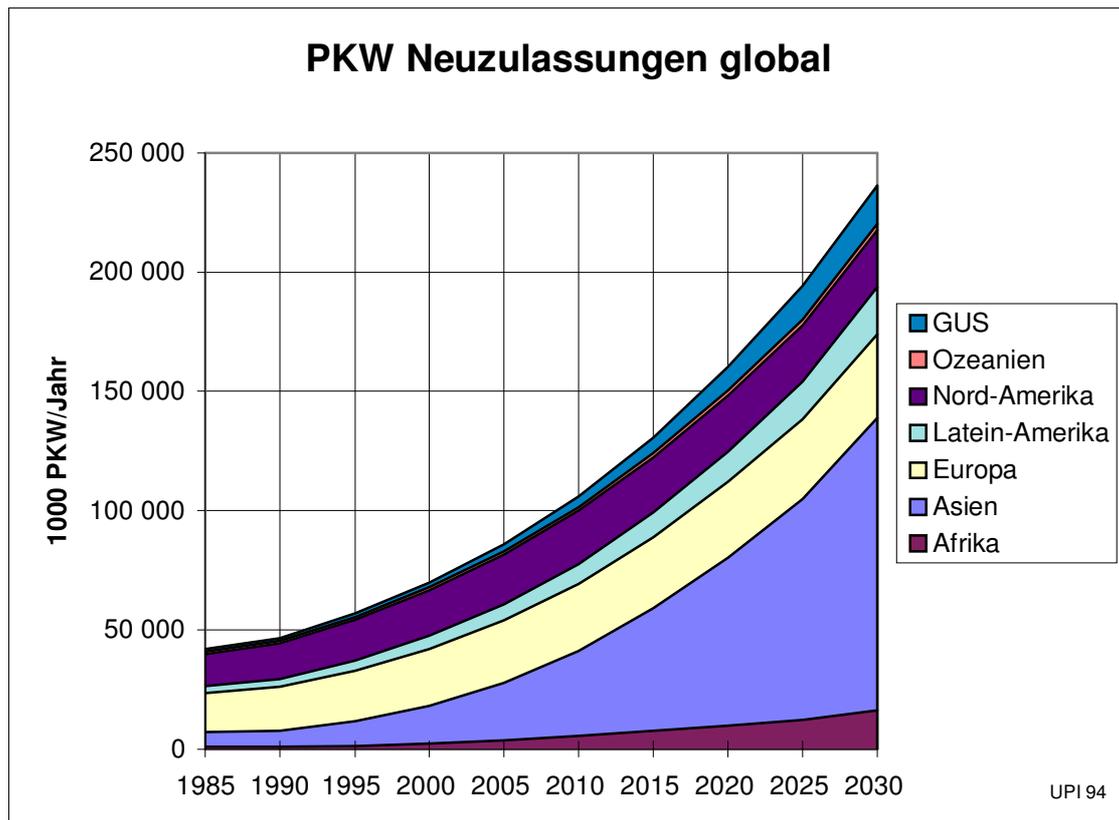
Für die vorliegende Untersuchung wurden für die einzelnen Länder getrennt Annahmen über die Motorisierungsentwicklung entsprechend der wirtschaftlichen Entwicklung, dem herrschenden Wirtschaftssystem, den Rohstoff-Vorkommen, der politischen Zielrichtung und der Topografie getroffen. ¹⁰⁾ Die prognostizierte Entwicklung der Motorisierungsgrade zeigt für die einzelnen Kontinente bzw. Regionen zusammengefaßt die Grafik „Motorisierungsgrad PKW global“. Daraus errechnet sich der in der Grafik „PKW-Bestand global“ dargestellte PKW-Bestand. Er wächst von heute ca. 500 Millionen PKW um das 4,5-fache auf rund 2,3 Milliarden PKW im Jahr 2030 .



Die Grafik „Autos weltweit 1950 - 1990 und Prognose“ zeigt die Prognose im Zusammenhang mit der Entwicklung des globalen PKW-Bestandes seit 1950 bis heute. Parallel dazu entwickeln sich die in der Grafik „PKW-Neuzulassungen“ dargestellten Neuzulassungen bzw. Produktionsziffern von PKW von heute rund 50 Millionen Neu-PKW pro Jahr auf 235 Millionen Neu-PKW im

Jahr 2030.





Die nächste Weiterentwicklung der PkW-Motorisierung könnte der Bau von Flugautos sein. Im Juni 1994 heißt es in einer Meldung auf der Verkehrsseite der Mainzer Allgemeinen Zeitung:

Die Entwicklung von Autos mit anderen Eigenschaften wie Flugfähigkeit wurde in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt. Würden Fahrzeuge

Flugzeug für die Autobahn

mid. - Das erste funktionsfähige Flugauto soll jetzt in den USA gebaut werden. Sky Technology Vehicle Design and Developmet Co. in Fort Worth (Texas) hat das Gefährt entworfen: Es ist 2,60 m breit und paßt so noch in eine Parkbox vor dem Supermarkt. Für den Start benötigt es nur 300m Anlauf, dann ist das Fahrzeug in der Luft. 1000 Kilometer Reichweite soll es haben, auf der Straße kommt das ungewöhnliche Gefährt mit einer Tankfüllung (190 Liter) rund 1600 Kilometer weit.

Der Motor (ein wassergekühlter Mazda-Automotor) treibt am Boden die zwei Haupträder an, nach Umschaltung beschleunigt er den Propeller. Das Abheben zwischen zwei Autobahnbrücken ist möglich. Der Konstrukteur und Präsident der Firma, Kenneth G. Wernicke, erklärt: „Der große Vorzug unseres Modells ist die echte Universalität. Es müssen nicht extra Flügel ausgefahren oder angeklappt werden - das Sky Car ist für Luft- und Bodenverkehr immer gerüstet“ Und gerade an diesem Umstand waren bislang Autoflugzeuge immer gescheitert: Die Umrüstung dauerte entweder zu lange oder war zu kompliziert und störanfällig.

Das Sky Car soll in drei unterschiedlich großen und motorisierten Varianten (370 bis 660 km/h Höchstgeschwindigkeit) auf den Markt kommen, selbst eine militärische Version ist geplant. Die kleinste Ausführung läßt sich für 100 000 Dollar in die heimische Garage fliegen.

dieser Art tatsächlich eingeführt, würde sich die Zahl der Fahrzeuge und damit der Verbrauch von Energie und die Freisetzung von Schadstoffen zusätzlich zu den in dieser Untersuchung gemachten Prognosen weiter deutlich erhöhen.

5. Kraftstoffverbrauch

Tabelle 4 zeigt den Kraftstoffverbrauch von PKW in den einzelnen Ländern im Jahr 1990 (in 1000 t Motorbenzin pro Jahr) ¹¹⁾

Motorbenzin	1000 t/a
	1990
Afghanist.	73
Ägypten	1 955
Algerien	1 602
Angola	71
Arab. Emir.	638
Argent.	3 205
Äthiop.	98
Austral.	11 636
Baham.	75
Banglad.	47
Barbad.	44
Belgien	2 705
Benin	44
Bolivien	294
Botswana	39
Brasilien	10 453
BRD	32 904
Brunei	135
Bulgarien	999
Burk. Faso	33
Burundi	17
C.Afr.Rep	15
Chile	1 109
China	294
Costa R.	158
Dänem.	1 610
Dom.Rep.	219
Ecuador	273
El Salv.	122
Elfenbeink.	254
Fidschi	42

Motorbenzin	1000 t/a
	1990
Finnland	2 276
Frankr.	18 712
Frz.Polyn.	34
Gabun	41
Ghana	219
Gr.britan.	24 405
Griechenl.	2 432
Guadal.	94
Guatem.	212
GUS	39 072
Guyana	43
Hond.	62
Hongkong	264
Indien	2 344
Indon.	2 159
Irak	1 495
Iran	3 773
Irland	915
Island	111
Israel	1 093
Italien	14 762
Jamaika	154
Japan	29 466
Jemen	233
Jordanien	260
Jugosl.	1 900
Kamerun	54
Kanada	22 918
Kenia	224
Kolumb.	2 308
Kongo	44

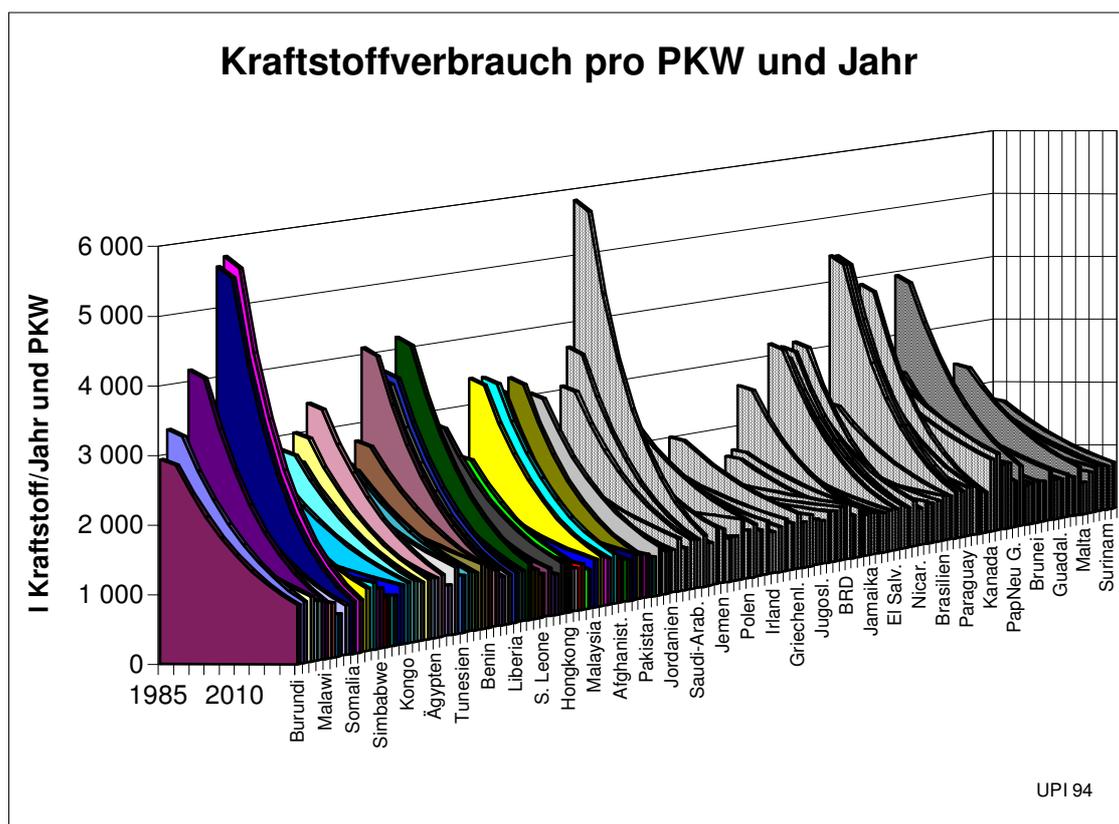
Motorbenzin	1000 t/a
	1990
Kuwait	702
Lesotho	14
Libanon	462
Liberia	22
Libyen	1 120
Lux.b.	352
Madag.	54
Malawi	46
Malaysia	2 267
Malta	43
Marokko	398
Martiniq.	68
Mauritius	42
Mexiko	13 350
Mozambq.	39
Neuseel.	1 802
Nicar.	72
Niederl.	6 389
Niger	33
Nigeria	2 368
Norweg.	1 960
Oman	314
Österr.	2 531
Pakistan	696
Panama	125
PapNeu G.	57
Paraguay	87
Peru	889
Philippin.	1 131
Polen	3 105
Polyn.	38

Motorbenzin	1000 t/a
	1990
Portugal	1 377
Puerto R.	1 448
Reunion	197
Ruanda	18
Rumän.	2 083
S-Afrika	4 350
S. Leone	26
Sambia	106
Saudi-Arab.	3 900
Schwed.	4 196
Schweiz	3 706
Senegal	137

Motorbenzin	1000 t/a
	1990
Simbabwe	171
Singapur	556
Somalia	49
Spanien	8 142
Sri Lanka	110
Sudan	200
Südkorea	2 508
Surinam	39
Swasil.	32
Syrien	480
Taiwan	3 814
Tansania	92

Thailand	2 046
Togo	44
Trinidad	258
Tsch.low.	1 691
Tunesien	259
Türkei	2 397
Uganda	52
Ungarn	1 710
Uruguay	154
USA	279 614
Venez.	4 555
Zaire	184
Zypern	139

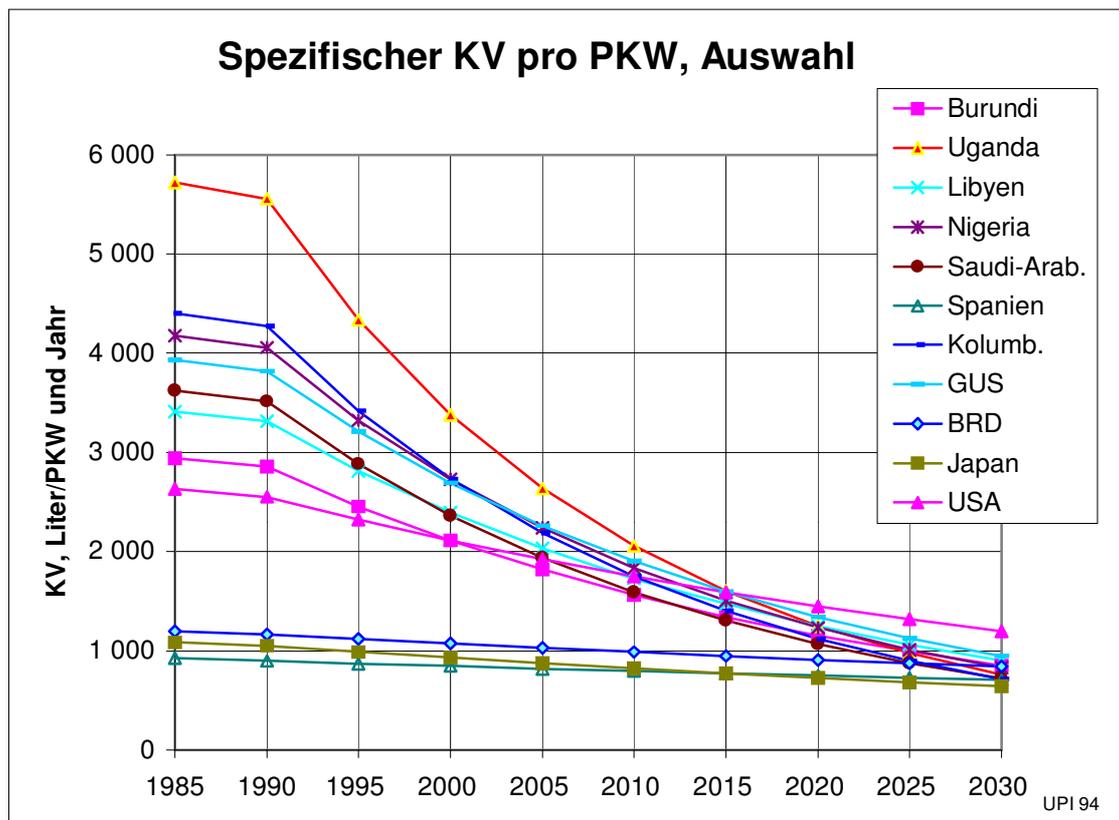
Tabelle 4: Kraftstoffverbrauch von PKW im Jahr 1990, 1000 t Motorbenzin pro Jahr.



Mit dem pro Land erfaßten Kraftstoffverbrauch und dem PKW-Bestand des Landes läßt sich der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch pro PKW und Jahr ermitteln. Dieser läßt sich in den einzelnen Ländern sehr unterschiedlich, was durch eine unterschiedliche

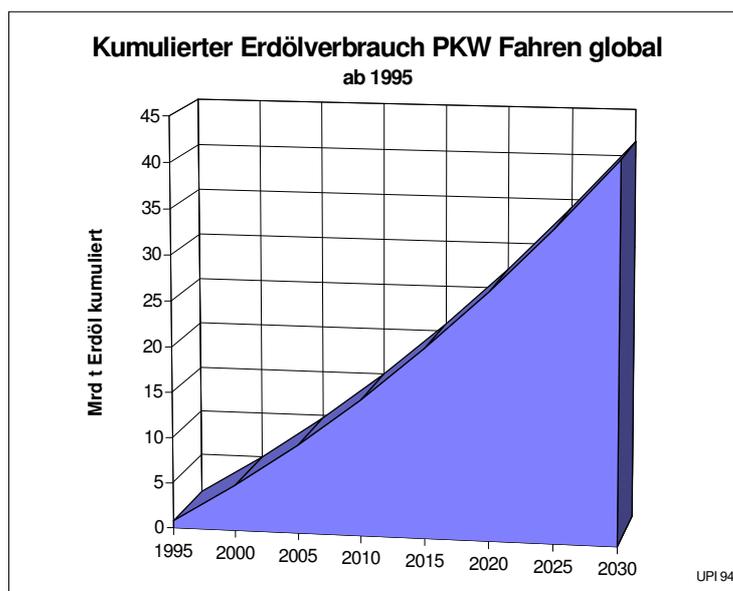
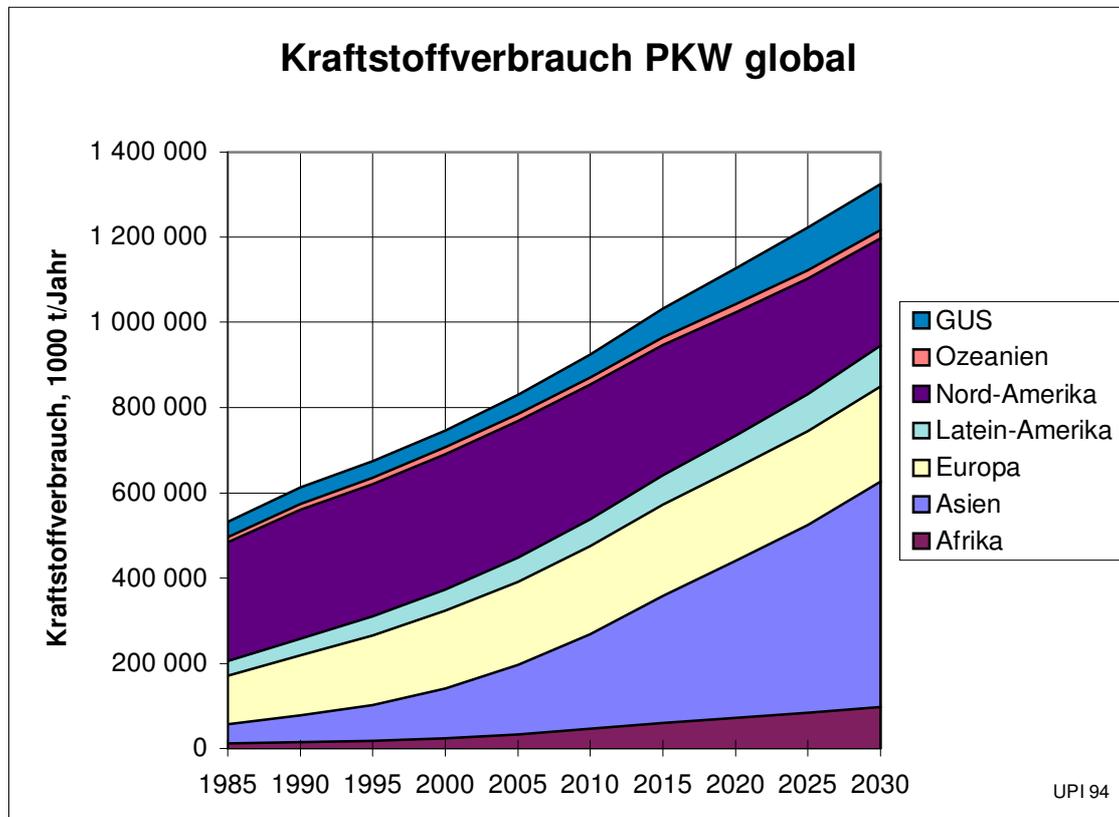
Verwendung der PKW und die daraus resultierenden unterschiedlichen Fahrleistungen, Größen und Arten der PKW und die Art und Länge des Straßennetzes bestimmt wird.

Für die Prognose wird angenommen, daß der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch pro PKW und Jahr in den nächsten Jahrzehnten deutlich absinken wird (siehe Grafik „Kraftstoffverbrauch pro PKW und Jahr“). Die Grafik „Spezifischer KV pro PKW-Auswahl“ zeigt für eine Auswahl von Ländern den heutigen Kraftstoffverbrauch pro PKW und Jahr und die bis zum Jahr 2030 prognostizierte Entwicklung.



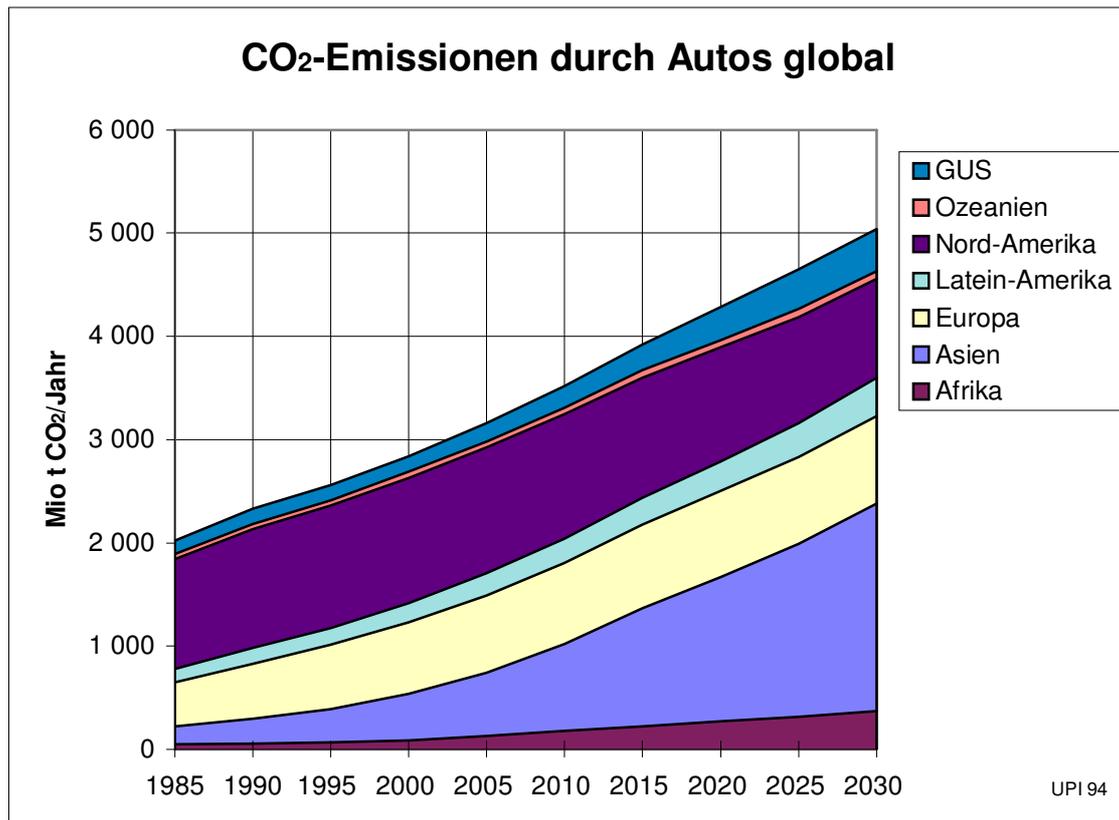
Aus der Entwicklung des Kraftstoffverbrauchs pro PKW und der Entwicklung des PKW-Bestandes in den einzelnen Ländern ergibt sich der gesamte Kraftstoffverbrauch für PKW in den nächsten Jahrzehnten, der zusammengefaßt in der Grafik „Kraftstoffverbrauch PKW“ dargestellt ist. Er wächst von heute rund 650 Millionen Tonnen auf 1,3 Milliarden Tonnen im Jahr 2030. Aus dem jährlichen Kraftstoffverbrauch für PKW läßt sich der kumulierte Erdölbedarf von heute bis zum Jahr 2030 errechnen. Dieser beträgt im Zeitraum von 1995-2030 41,6 Milliarden Tonnen Erdöl (siehe Grafik „Kumulierter Erdölverbrauch PKW Fahren global, ab 1995“). Dieser Wert beinhaltet nur den Erdölbedarf für den Betrieb der PKW. Darin nicht enthalten ist der

Erdölbedarf für den Betrieb anderer Fahrzeuge wie LKW, Flugzeuge, Busse o.ä., der Energieverbrauch für die Herstellung der Fahrzeuge bzw. der Infrastruktur (Straßen) und der Erdölbedarf für andere Zwecke wie Industrie, Heizung, Stromerzeugung etc.



Im Vergleich zum Erdölverbrauch beim Betrieb der PKW zwischen 1995 und 2030 in Höhe von 41,6 Milliarden Tonnen liegen die Welterdölreserven im Jahr 1994 bei 135,7 Milliarden Tonnen Erdöl.¹²⁾

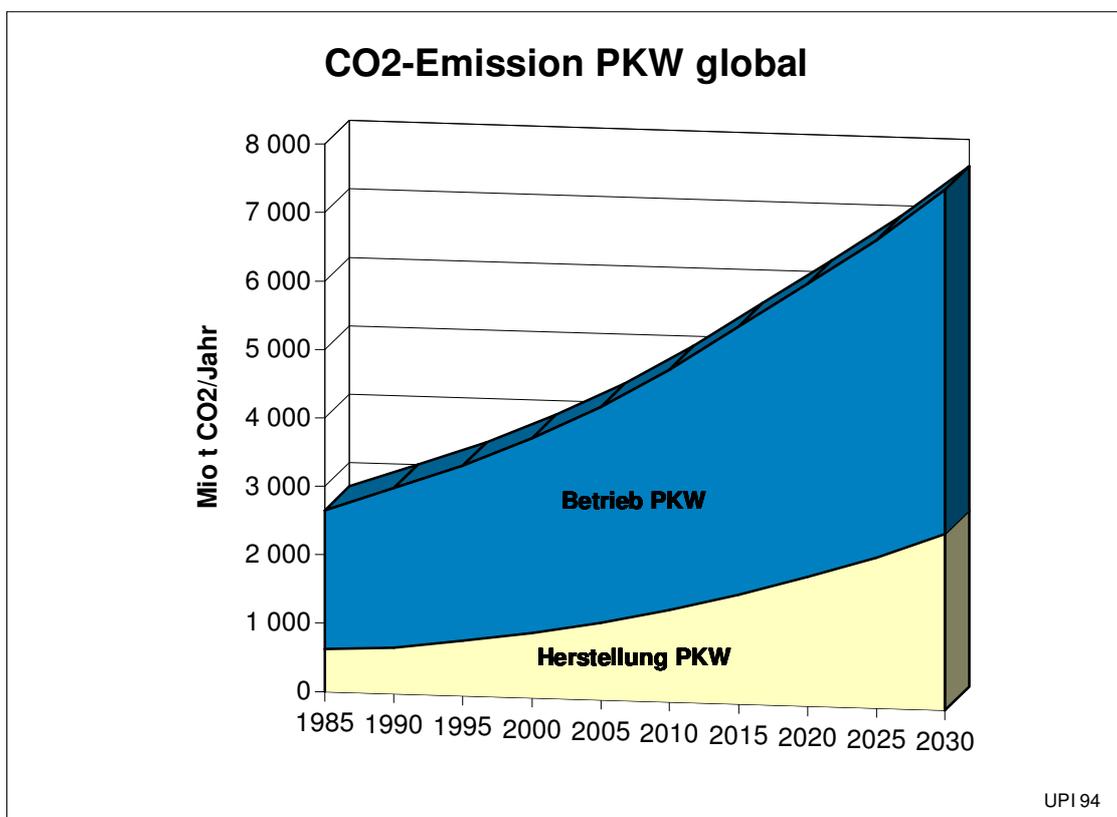
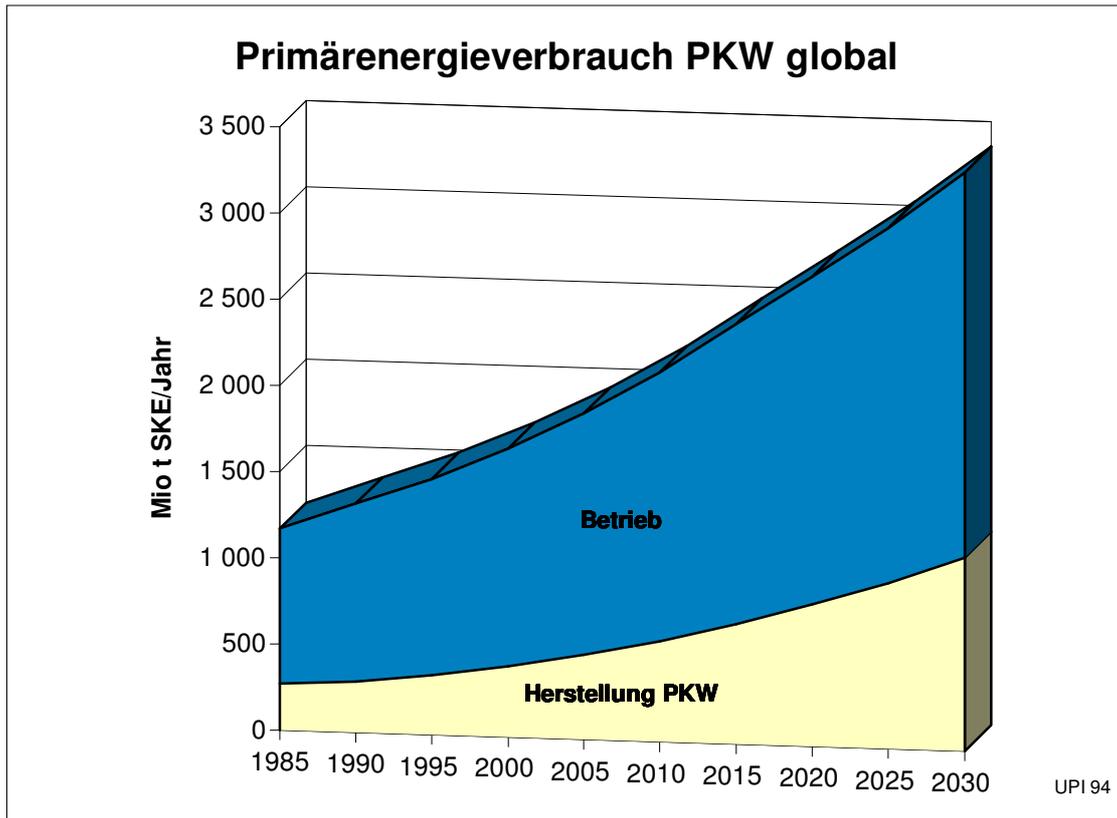
Die CO₂-Emissionen durch den Betrieb der PKW zeigt die Grafik „CO₂-Emissionen durch Autos global“.



6. PKW-Herstellung

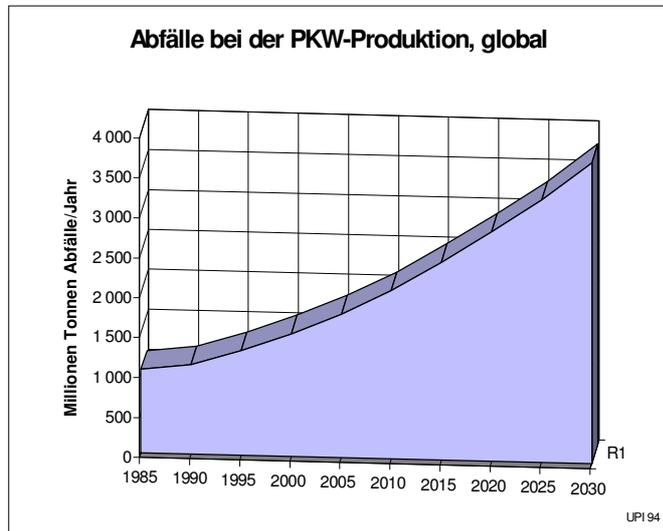
In der Untersuchung „Öko-Bilanzen von Fahrzeugen“ ermittelte das UPI-Institut den Primärenergieverbrauch und die Emission von CO₂ und Schadstoffen bei der Herstellung von PKW.¹³⁾ Die Grafik „PKW-Neuzulassungen“ auf Seite 13 zeigt die voraussichtliche Entwicklung der PKW-Produktion. Daraus läßt sich der Primärenergieverbrauch für die Herstellung der PKW errechnen. Dieser ist zusammen mit dem Primärenergieverbrauch für den Betrieb der PKW in der Grafik „Primärenergieverbrauch PKW global“ dargestellt. Aus der Grafik ist ersichtlich, daß die Herstellung der PKW einen nicht zu vernachlässigenden Anteil von Primärenergie im Vergleich zum Betrieb der Fahrzeuge beansprucht.

Durch das Gesamtsystem PKW werden in der Prognose von 1995 bis zum Jahr 2030 rund 87,7 Milliarden Tonnen Steinkohleeinheiten (SKE) Primärenergie verbraucht. Dies entspricht 60 Milliarden Tonnen Erdöl oder fast der Hälfte der heute registrierten Welterdölreserven.



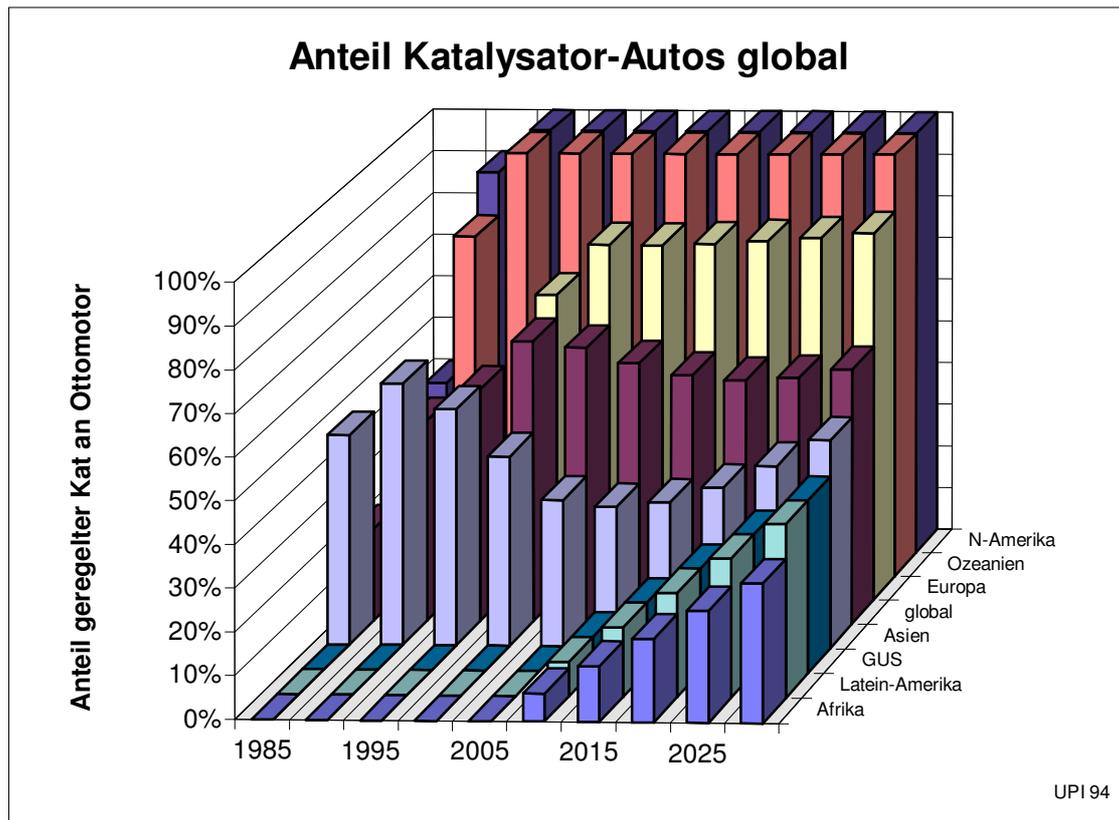
Die durch die Herstellung von PKW freigesetzten CO₂-Mengen zeigt die Grafik „CO₂-Emission PKW global“. Insgesamt wird das System Auto im Zeitraum von 1995 bis zum Jahr 2030 rund 200 Milliarden Tonnen Kohlendioxid in die Erdatmosphäre freisetzen. Dies entspricht 28 % der heute in der Erdatmosphäre oder 20 % der heute in der Biosphäre vorhandenen Kohlendioxidmenge.

Die bei der Herstellung der PKW anfallenden Abfälle zeigt die Grafik „Abfälle bei der PKW-Produktion, global“. Insgesamt werden im Zeitraum von 1995 bis zum Jahr 2030 bei Produktion und Entsorgung von Autos rund 90 Milliarden Tonnen Abfälle in Form von Abraumhalden und Produktionsabfällen, darunter allein eine Milliarde Tonnen hochgiftiger Shredderabfälle erzeugt.



7. Schadstoffemissionen

In den meisten Industrieländern ist der Straßenverkehr heute die Hauptursache der Luftverschmutzung. Der Anteil von Fahrzeugen mit geregelter Katalysator in den Industrieländern ist bekannt. Für die Prognose der Schadstoffemissionen wurden ausgehend von den Faktoren Wirtschaftskraft, Umweltgesetzgebung und Umweltbewußtsein in den einzelnen Ländern Annahmen über die Einführung von Katalysator-Fahrzeugen bzw. Fahrzeugen mit verminderter Emission gemacht. Die Grafik „Anteil Katalysator-Autos“ zeigt zusammengefaßt den Anteil von Katalysator-Fahrzeugen in den einzelnen Kontinenten. Der Verlauf der Kurve für Asien ist dadurch geprägt, daß zu Beginn zahlenmäßig der Fahrzeuganteil Japans und gegen Ende der Prognose die Anteile Chinas und Indiens dominieren.



7.1 Stickoxide

Stickoxide sind der Sammelbegriff für verschiedene Oxide des Stickstoffs. Sie entstehen bei Verbrennungsvorgängen durch Oxidation des Luftstickstoffs und des in Brennstoffen vorhandenen, chemisch gebundenen Stickstoffs. Stickoxide werden aus Verbrennungsmotoren zu etwa 95 % als Stickstoffmonoxid (NO) und zu 5 % als Stickstoffdioxid (NO₂) emittiert. In der Atmosphäre wandelt sich NO durch weitere Oxidation mit dem Luftsauerstoff in relativ kurzer Zeit in NO₂ um. NO₂ ist ein chemisch aggressives Reizgas, welches auf mehreren Wegen die Umwelt belastet:

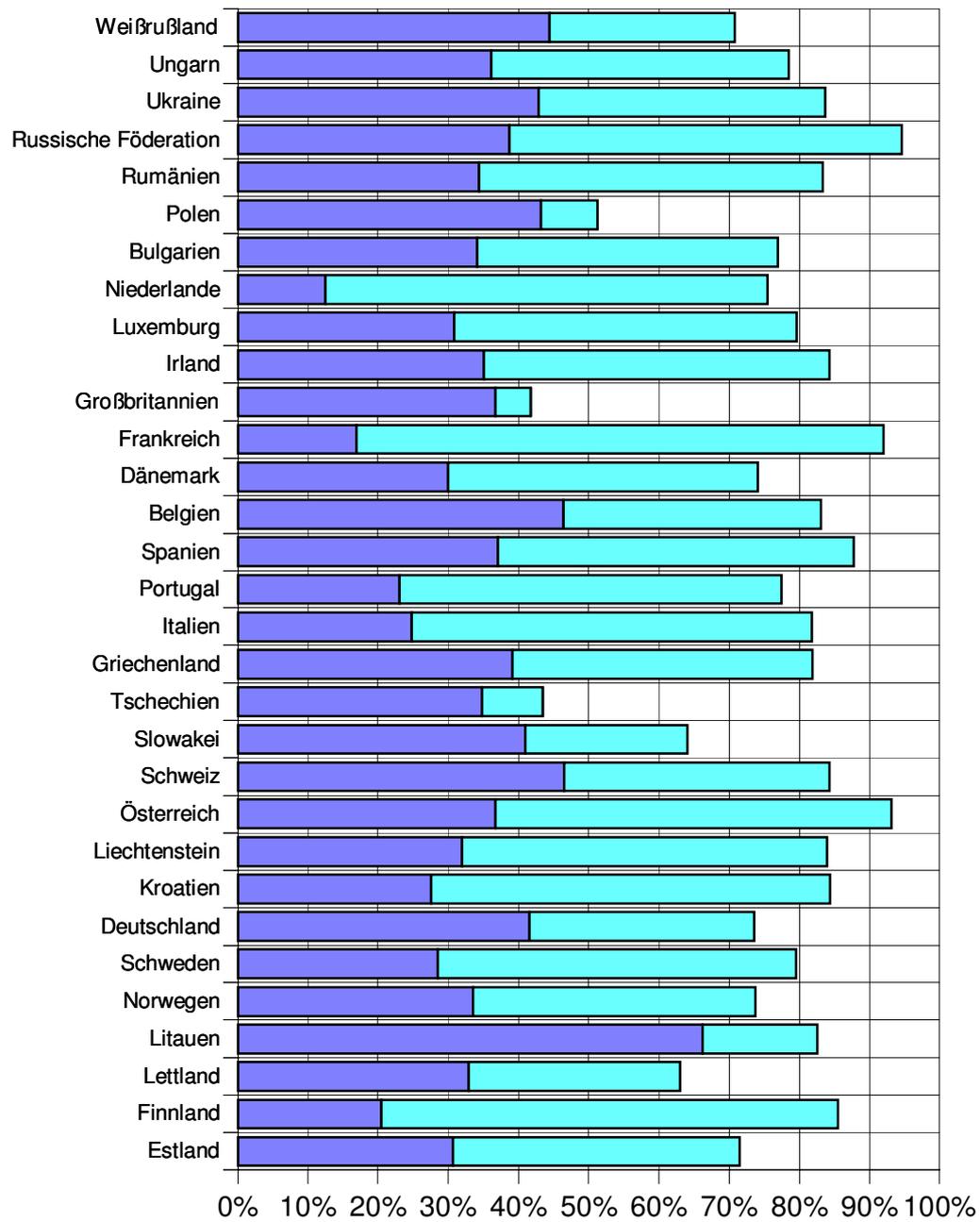
- a) Bei Einatmung führt Stickstoffdioxid ab Konzentrationen von ca. 30 Mikrogramm im Jahresmittel und 80 Mikrogramm als Kurzzeitwerte zu einer Reizung des Lungengewebes und zu Atemwegserkrankungen.
- b) Stickstoffdioxid löst sich in Niederschlägen und wandelt sich dabei in Salpetersäure und salpetrige Säure um. Dies führt zu einer Versauerung der Niederschläge, in deren Folge es auf Böden mit einer geringen chemischen Pufferkapazität (Urgesteinsböden, Buntsandstein etc.) zu einer Bodenversauerung und dadurch zu

einer Herauslösung von Nährelementen (Magnesium, Calcium) und zur Freisetzung teilweise toxischer Elemente wie Aluminium und Schwermetallen kommt. Dies kann zu einer Schädigung des Bodenlebens und der Wurzeln und Ernährung von Pflanzen (Waldsterben) führen. Halten saure Niederschläge längere Zeit an, kann es auch zu einer Versauerung von Quell- und Grundwasser kommen, in deren Folge aquatische Organismen geschädigt werden können.

Die Grafik „Waldschäden in Europa 1992“ zeigt eine Übersicht über den durch Waldsterben geschädigten Wald in 31 Ländern. In vielen Ländern ist bereits zwei Drittel bis drei Viertel des Waldes geschädigt. Wie die Grafik „Waldschäden in Europa 1992, Baumarten auf Dauerbeobachtungsflächen 1988 - 1992“ zeigt, nahm das Waldsterben in der Vergangenheit kontinuierlich zu, obwohl die jährliche Emission der für das Waldsterben relevanten Schadstoffe Stickoxide und Schwefeldioxid in den letzten Jahren nicht mehr anstieg. Hier zeigt sich wie in vielen anderen Bereichen der Ökologie, daß neben dem jährlichen Eintrag von Schadstoffen vor allem die Kumulation von Schadstoffen oder deren Wirkungen relevant ist. Die Versauerung von Böden durch säurebildende Schadstoffe wie Stickoxide ist z.B. nicht abhängig von der jährlichen Emission des Schadstoffs, sondern von der insgesamt im Verlauf von Jahrzehnten abgelagerten Säuremenge. Auch bei zurückgehenden jährlichen Emissionen nimmt die Bodenversauerung und damit die davon abhängenden ökologischen Schäden wie Waldsterben oder Belastung von Grund- und Quellwasser weiter zu, da weiter Säure eingetragen wird und sich das System nicht regenerieren kann.

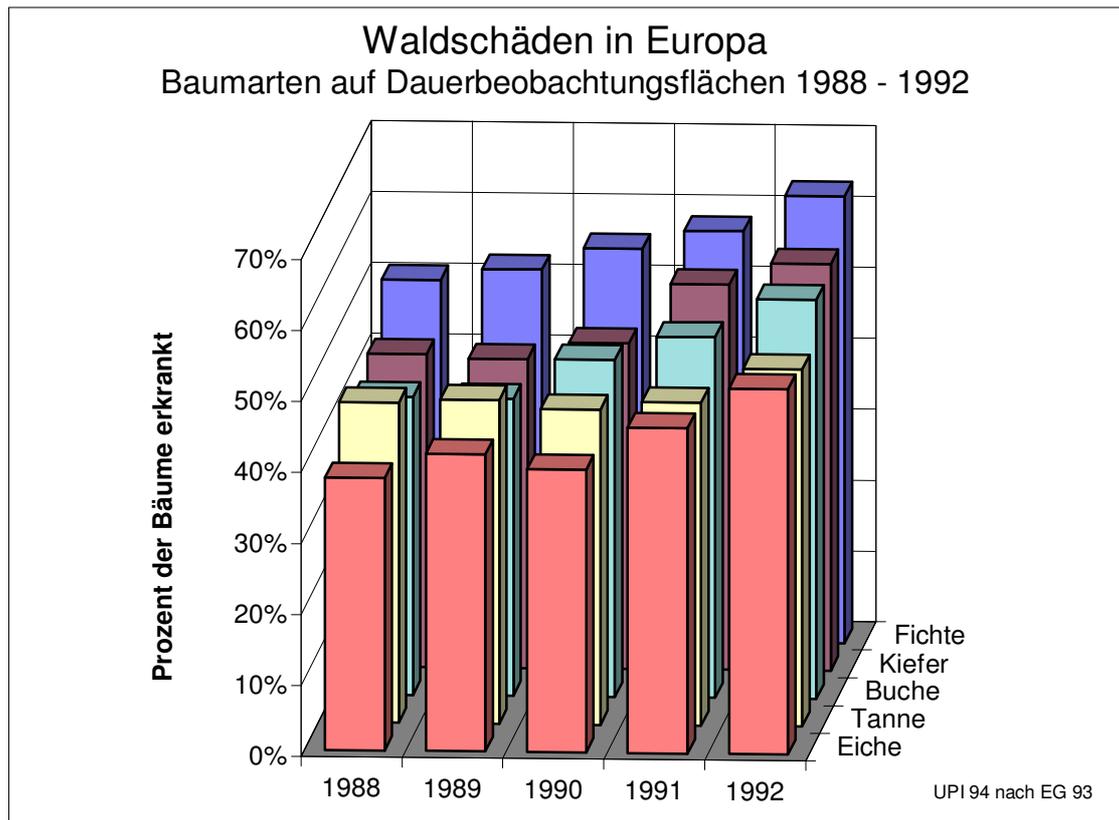
Die Bodenversauerung betrifft heute vor allem weite Bereiche Europas, Nordamerikas und Nord- und Südchinas.^{14) 15)} Besonders neuralgische Böden sind jene mit geringer Pufferkapazität (Urgesteinsverwitterung, Buntsandstein, metamorphitische Verwitterung). Regionen mit Kalkboden oder hohem Mineralstaubanteil sind weniger gefährdet. Letztere liegen vor allem im Windschatten von Trockengebieten und Wüsten. Böden mit geringen Grenzbelastbarkeiten für saure Niederschläge liegen in Nordrußland, Kanada und Alaska, dem nördlichen Südamerika (ohne Anden), den west- und südwestafrikanischen Küstenregionen und dem Kongo-Becken, in Südwestindien und in großen Teilen Indochinas und dem indonesischen Archipel.¹⁶⁾ Viele dieser Regionen weisen Prognosen für ein starkes wirtschaftliches Wachstum in naher Zukunft mit entsprechender Zunahme der Motorisierung auf.

Waldschäden in Europa, 1992



Erkrankter Wald, Prozent von
Gesamtwaldfläche

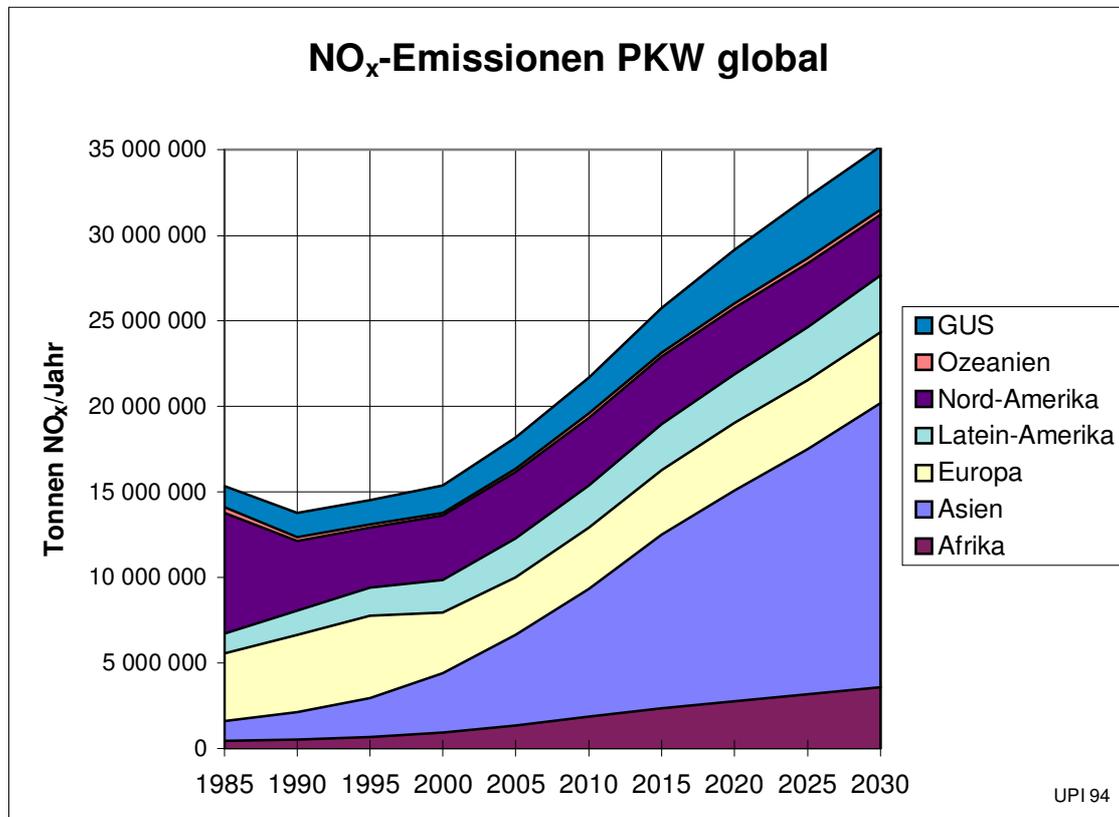
■ Schadstufe 2-4 ■ Schadstufe 1



c) Stickstoffdioxid ist zusammen mit Kohlenwasserstoffen unter Einwirkung von UV-Strahlung der Sonne die Ausgangssubstanz für Photooxidantien wie Ozon (Sommersmog). Photooxidantien sind chemisch sehr aggressive Substanzen, die sowohl die menschliche Gesundheit als auch das Wachstum von Pflanzen (Wald, landwirtschaftliche Kulturen) beeinträchtigen. Die Belastung durch Photooxidantien nimmt in Mitteleuropa seit einem Jahrzehnt zu.¹⁷⁾ Ozon ist verantwortlich für eine Reihe von Atemwegserkrankungen und Schädigungen der Schleimhäute. In einer umfassenden epidemiologischen Untersuchung von über 500 000 Todesfällen im Landkreis Los Angeles innerhalb von 10 Jahren ergab sich unter allen Luftschadstoffen bei Ozon die höchste Korrelation mit der Rate täglicher Todesfälle.¹⁸⁾

Die Prognose der Stickoxidemissionen aus dem Autoverkehr zeigt die Grafik „NO_x-Emission PKW“. Die Wirkung der zur Zeit in den Industrieländern praktizierten Einführung von Katalysatoren wird durch die Zunahme der Autos teilweise kompensiert. Da Katalysatoren relativ teuer und reparaturanfällig sind und den Kraftstoffverbrauch leicht erhöhen, ist anzunehmen, daß die breite Einführung der Motorisierung in den Drittwelt- und Schwellenländern zunächst weitgehend ohne Katalysatoren erfolgen wird. Mit der Einführung von Katalysatoren ist in diesen Ländern erst nach dem

Jahr 2000 zu rechnen. Die Emissionen von Stickoxiden werden nach dieser Prognose von heute 14 Millionen Tonnen pro Jahr auf über 35 Millionen Tonnen im Jahr 2030 ansteigen.

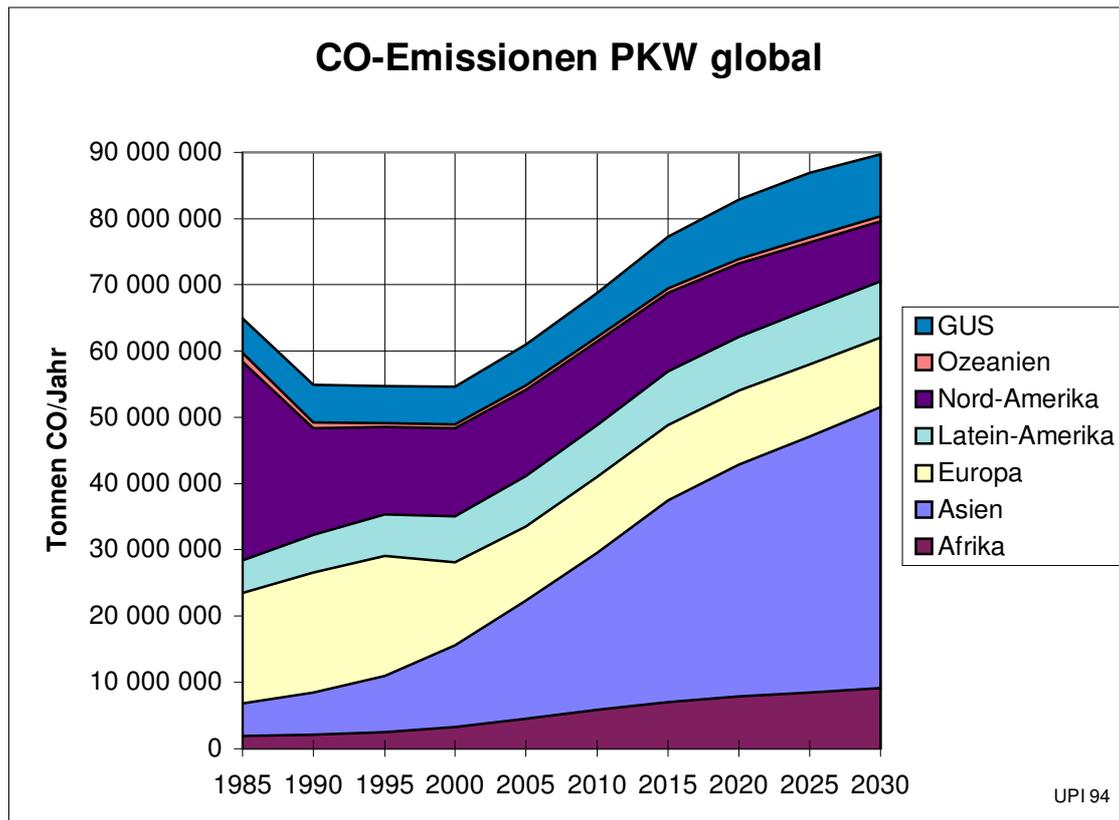


7.2 Kohlenmonoxid

Kohlenmonoxid entsteht bei der unvollständigen Verbrennung fossiler Brennstoffe. Bei der Einatmung verbindet sich Kohlenmonoxid (CO) mit hoher Affinität mit dem roten Blutfarbstoff Hämoglobin und blockiert diesen für die Aufnahme von Sauerstoff. Dadurch kann es bei CO-Konzentrationen über 8 - 10 mg/m³ zu einer Beeinträchtigung der Sauerstoffversorgung des menschlichen Organismus kommen.

Neben der abgasmindernden Wirkung von Katalysatoren wird CO auch durch die Entwicklung spritsparender Motoren reduziert, die den Kraftstoff besser ausnutzen.

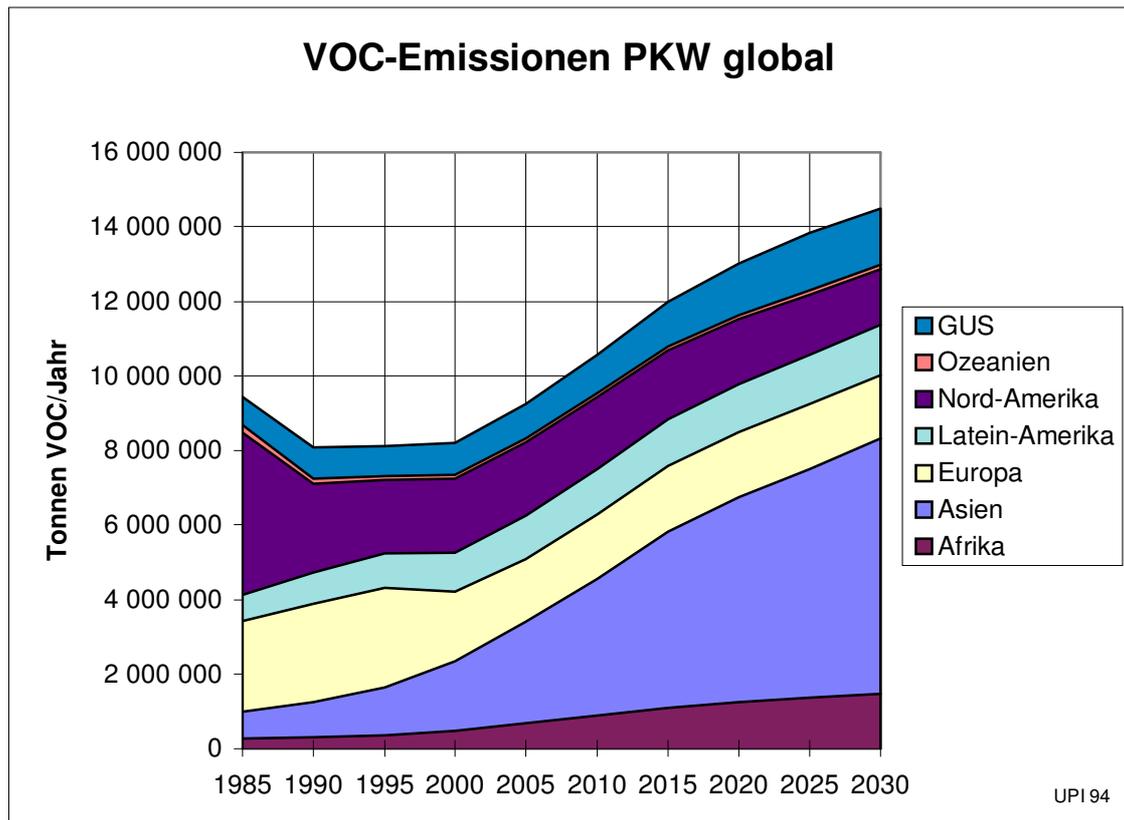
Die Grafik „CO-Emissionen PKW“ zeigt die voraussichtliche Entwicklung der Kohlenmonoxid-Emissionen durch PKW. Sie wird von heute 55 Millionen Tonnen auf rund 90 Millionen Tonnen im Jahr 2030 ansteigen.



7.3 Kohlenwasserstoff-Emissionen

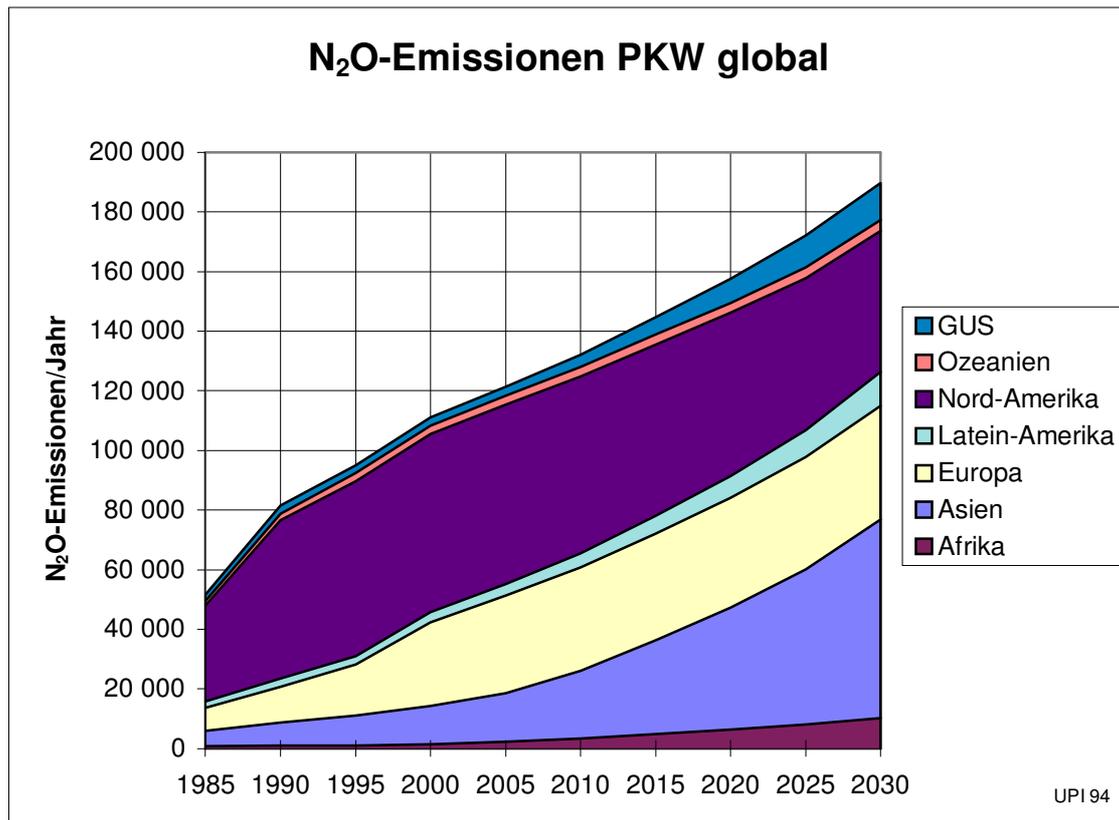
Kohlenwasserstoffe oder VOC (Volatile Organic Compounds = organische flüchtige Verbindungen) ist der Sammelbegriff für mehrere hundert organische Verbindungen, von denen die meisten mehr oder weniger gesundheitsschädlich wirken. Besonders toxisch sind darunter polyzyklische organische Verbindungen wie Benzpyren oder Benzol, die krebserzeugend sind. Diese Stoffgruppen sind neben Dieselrußpartikeln wahrscheinlich die Ursache für die in mehreren epidemiologischen Untersuchungen festgestellte erhöhte Krebssterblichkeit in der Nähe vielbefahrener Straßen. ¹⁹⁾

Die Grafik „VOC-Emissionen PKW“ zeigt den voraussichtlichen Verlauf der VOC-Emissionen bis zum Jahr 2030. Er wird von heute ca. 8 Millionen auf über 14 Millionen Tonnen im Jahr 2030 ansteigen.



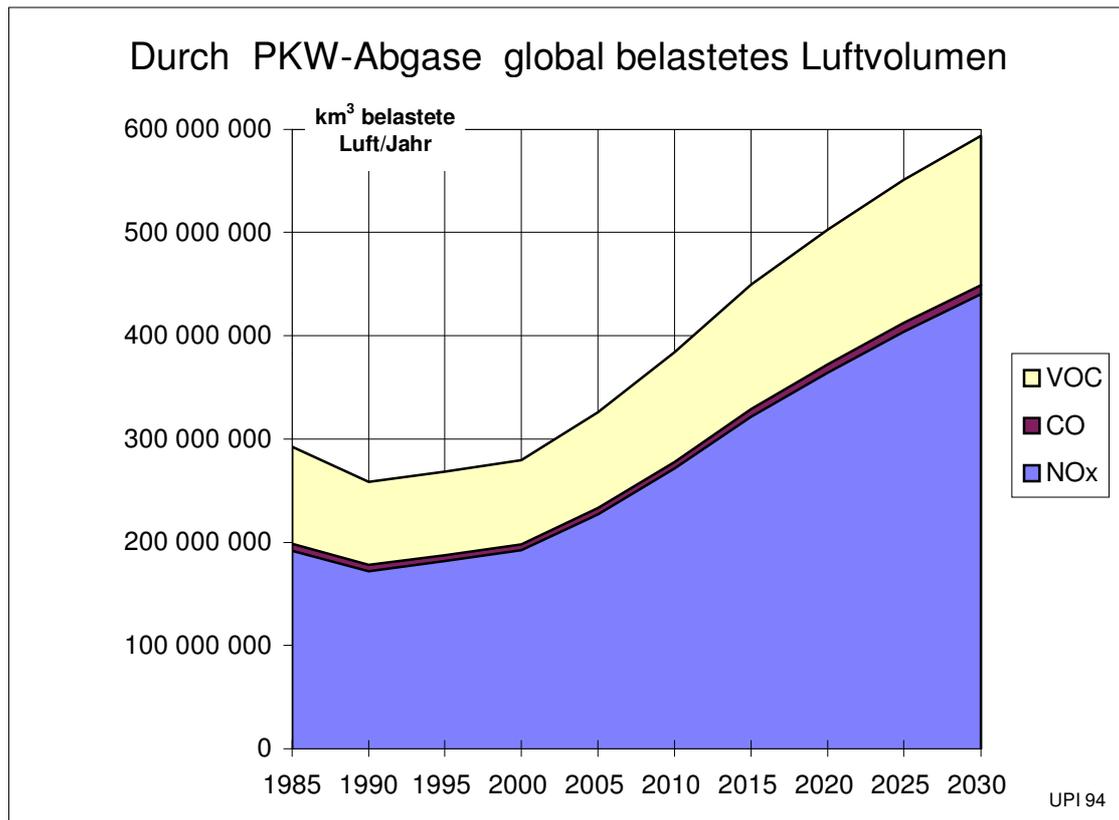
7.4 Distickstoffoxid

Neben den chemisch aggressiven Stickoxiden NO und NO₂ emittieren PKW-Motoren auch Distickstoffoxid (N₂O). Im Gegensatz zu den anderen Schadstoffen liegt die Emission von N₂O bei Katalysator-Fahrzeugen etwa 2-3 mal höher als bei Fahrzeugen ohne Katalysator. N₂O ist in den emittierten Mengen für den Menschen nicht gefährlich. Es trägt jedoch zum globalen Treibhauseffekt bei. Dabei liegt das relative Treibhauspotential bezogen auf 1 kg N₂O etwa 290 mal so hoch wie bei Kohlendioxid.²⁰⁾ Die Grafik „N₂O-Emissionen PKW“ zeigt die voraussichtliche Entwicklung der Distickstoffoxid-Emissionen aus dem PKW-Verkehr von heute rund 90 000 Tonnen auf 190 000 Tonnen im Jahr 2030.



7.5 Belastetes Luftvolumen

Die emittierten Schadstoffe sind unterschiedlich toxisch. Um sie quantitativ vergleichbar zu machen, ist es möglich, sie mittels der gesetzlich zulässigen Grenzwerte zu wichten. Dabei wird mit Hilfe des pro Kubikmeter Luft zulässigen Gehalts des jeweiligen Schadstoffs ausgerechnet, welches Luftvolumen durch die Emissionen bis zur Höhe des gesetzlich zulässigen Grenzwertes belastet wird. Die Grafik „Durch Abgase belastetes Luftvolumen“ zeigt die so ermittelten Werte. Aus der Grafik ist z.B. ersichtlich, daß durch CO trotz der wesentlich höheren Emissionsmengen als NO_x deutlich weniger Luftvolumen belastet wird, da der gesetzliche Grenzwert für CO bei 10 000 Mikrogramm pro Kubikmeter liegt, während der Grenzwert für Stickstoffdioxid 80 Mikrogramm/m³ beträgt. Heute werden durch den weltweiten Autoverkehr pro Jahr rund 260 Millionen km³ Luft bis zum gesetzlich zulässigen Grenzwert mit Schadstoffen belastet. Bis zum Jahr 2030 wird dieses belastete Luftvolumen auf 600 Mio km³ pro Jahr ansteigen. Dies entspricht einem mit Abgasen bis zum Grenzwert belasteten Luftpaket über der gesamten Erdoberfläche (Festland + Ozeane) von Meereshöhe bis in 1 km Höhe oder etwa einem Zwölftel des gesamten Luftvolumens der Erdatmosphäre, das in Zukunft pro Jahr durch Autoabgase bis zum Grenzwert belastet wird.



Nur ein permanentes Auswaschen der Schadstoffe aus der Atmosphäre (und Umwandlung z.B. in saure Niederschläge) verhindert, daß die Atmosphäre dadurch dauerhaft vergiftet wird.

8. Treibhauspotential

Neben Kohlendioxid haben auch andere Schadstoffe eine Treibhauswirksamkeit. Um die gesamte Erhöhung des anthropogenen Treibhauseffektes durch eine globale Massenmotorisierung zu berechnen, wurden neben der Emission von Kohlendioxid beim Betrieb und bei der Herstellung der PKW auch die Treibhauspotentiale durch

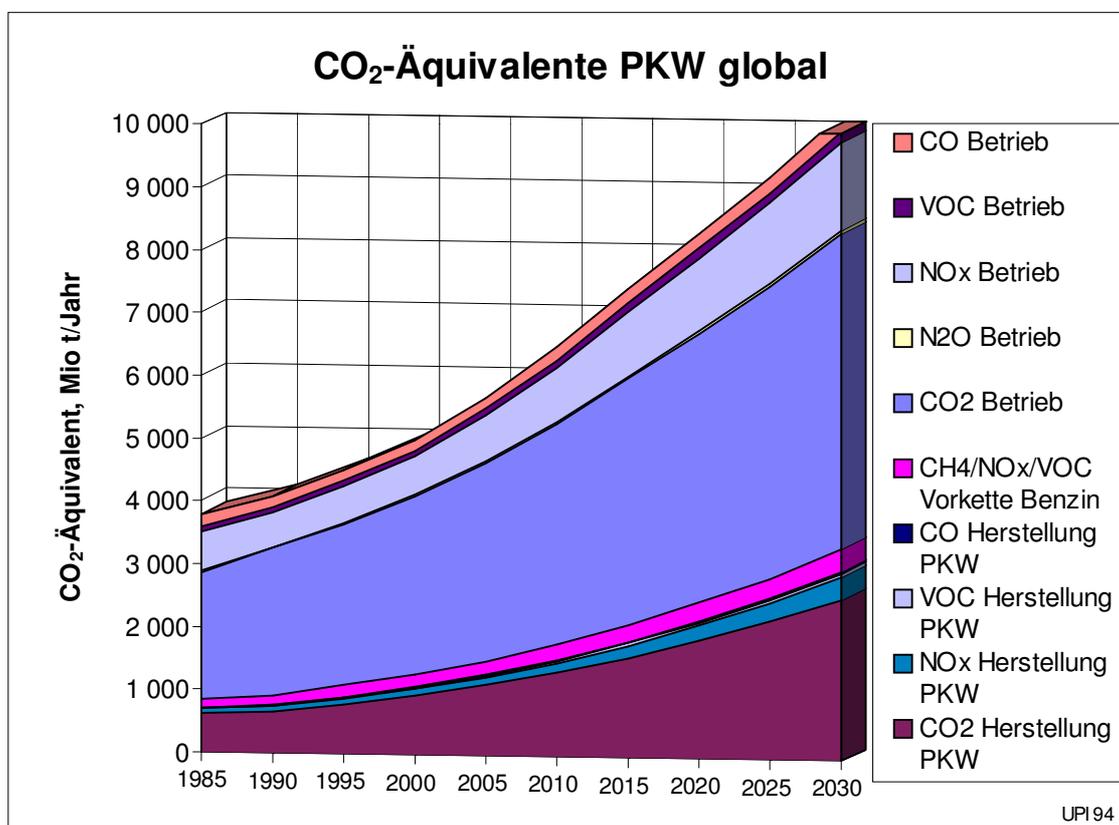
- die Emissionen von Stickoxiden, Kohlenwasserstoffen, Kohlenmonoxid bei der Herstellung der Pkw,
- Distickstoffoxid, Stickstoffdioxid, Kohlenwasserstoffe und Kohlenmonoxid beim Betrieb der PKW und

- Methan, Stickoxide, Kohlenwasserstoffe und Kohlenmonoxid bei der Herstellung der Kraftstoffe

berechnet.

Die Ergebnisse wurden jeweils in Tonnen CO₂-Äquivalent umgerechnet. Das ist die Menge an Kohlendioxid, die dieselbe Treibhauswirksamkeit hat wie die jeweiligen anderen Treibhausgase.

Die Ergebnisse der Berechnung sind in der Grafik „CO₂-Äquivalente PKW global“ dargestellt. Der gesamte, durch den Autoverkehr verursachte Treibhauseffekt liegt heute bei der Emission von 4,4 Milliarden Tonnen CO₂-Äquivalent und wird bis zum Jahr 2030 auf über 10 Mrd. Tonnen CO₂-Äquivalent pro Jahr ansteigen.



Exkurs: Treibhauseffekt

Ob die erhöhten Temperaturen in den letzten Jahren und die Zunahme von extremen Wetterereignissen mit der Zunahme der Energie in der Atmosphäre durch den anthro-

pogenen Treibhauseffekt zusammenhängen, wird sich erst im Rückblick in späteren Jahren feststellen lassen. Alle relevanten Klimamodelle prognostizieren eine Zunahme der Temperaturen und der Energie in der Atmosphäre durch die vom Menschen freigesetzten Treibhausgase. Das Problem wird dadurch verschärft, daß in den bisherigen Klimamodellen mehrere in der Natur wirksame positive Rückkopplungen, die den Treibhauseffekt in exponentieller Weise verstärken und beschleunigen könnten, noch nicht enthalten sind. Solche Rückkopplungen sind:

- Durch das Auftauen der Dauerfrost-Böden vor allem im Norden der GUS und in Alaska werden bei Erwärmung große Mengen Methan freigesetzt, die den Treibhauseffekt verstärken. Methan verursacht pro Molekül ca. 32 mal mehr Treibhauseffekt als CO₂.
- Durch die Verschiebung von Klimazonen werden die Lebensgrundlagen für in Jahrtausenden eingespielte Öko-Systeme und Wälder zerstört, große Teile der Wälder (z.B. im Innern Alaskas) könnten dadurch absterben. Dadurch würde der in der Biomasse der Baumstämme gespeicherte Kohlenstoff abgebaut und in CO₂ umgewandelt.
- Durch die Zunahme extremer Wetterereignisse und die Häufung stabiler (trockener) Wetterlagen im Sommer wird das Waldsterben in den gemäßigten Breiten verstärkt. Die durch Industrie-Emissionen und Sommersmog vorgeschädigten Wälder werden einem zusätzlichen Streß durch die erhöhte UV-Strahlung und den erhöhten Treibhauseffekt ausgesetzt. Das Absterben der Wälder führt zu einer weiteren Verringerung von Biomasse und zu einer Freisetzung von Kohlendioxid.
- Durch zunehmende Trockenheit im Innern von Kontinenten und durch Verschiebung von Klimazonen wird wahrscheinlich die Häufigkeit von Waldbränden und die Anfälligkeit gegenüber Schädlingsbefall erhöht werden. Dadurch wird die Freisetzung von Kohlendioxid aus gespeicherter Biomasse weiter beschleunigt.
- Die Zunahme von Überschwemmungen und extremer Klima-Ereignisse und der Rückgang der Vegetation wird die Auswaschung von Nährstoffen aus Böden und die Erosion von Böden beschleunigen. Dadurch werden der Wechsel und die Anpassung von Ökosystemen wie die Nahrungsgrundlagen von Menschen zusätzlich beeinträchtigt.

- Durch das großflächige Absterben von Korallenriffen durch ansteigende Meerestemperaturen und erhöhte UV-Strahlung (z.B. Barrier-Riff in Australien) wird die Bindung von CO₂ in Karbonaten reduziert.
- Durch den Rückgang der Vereisung, der Gletscher und der Schneegrenzen sinkt die Rückstrahlung von Sonnenenergie ins Weltall (Albedo-Effekt). Die auf den Boden auftreffende Sonnenenergie wird in Wärme umgewandelt und verstärkt die Erwärmung der Erdatmosphäre.
- Durch die Erwärmung der Ozeane nimmt die Löslichkeit des Wassers für CO₂ ab. Bisher absorbieren die Ozeane ca. 50 % des vom Menschen freigesetzten CO₂.
- Durch den Anstieg der Temperaturen nimmt der Wasserdampfgehalt der Atmosphäre zu. Wasserdampf ist neben Kohlendioxid das wichtigste Treibhausgas. Die Erhöhung der Wasserdampf-Konzentration in der Atmosphäre verstärkt den Treibhauseffekt. Dieser Effekt wird durch die drastische Zunahme des Flugverkehrs verschärft. Flugzeuge stoßen im oberen Bereich der Atmosphäre große Mengen Wasserdampf aus, die dort mit einer langen Verweildauer bleiben und zur Verstärkung von Wolken und Treibhauseffekt beitragen.

Ein Großteil dieser positiven Rückkopplungen, die den Treibhauseffekt in exponentieller Weise verstärken, ist in den bisherigen Rechenmodellen zur Berechnung der Folgen des Treibhauseffektes noch nicht enthalten. Es ist möglich, daß die mittel- und langfristigen Folgen des Treibhauseffektes deshalb wesentlich gravierender ausfallen werden als in den bisherigen Modellen berechnet. Das gleiche gilt für Umkippeffekte wie z.B. die mögliche Umkehrung des Golfstroms in Folge des Treibhauseffektes, die in bisherigen Klimamodellen nicht berücksichtigt werden.

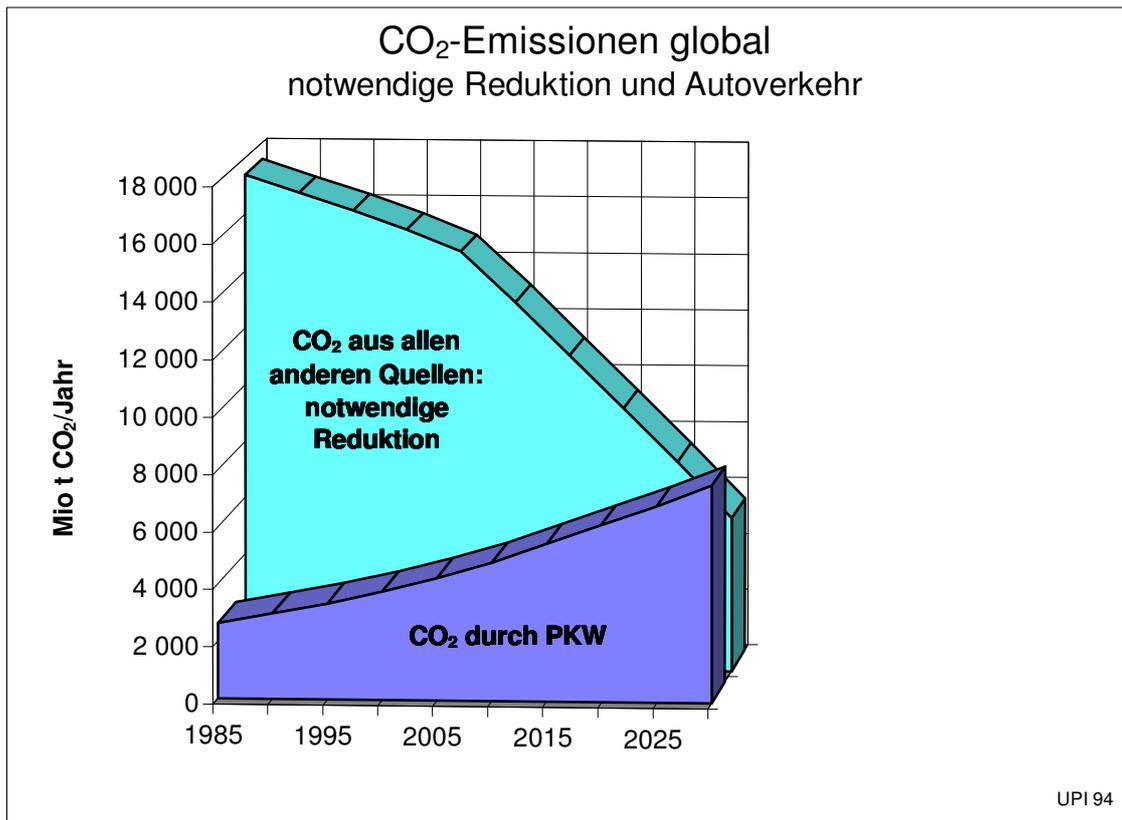
Der Vielzahl positiver Rückkopplungen wirkt in der Natur im wesentlichen nur eine negative Rückkopplung stabilisierend entgegen: der Düngereffekt durch CO₂. Bei Erhöhung der atmosphärischen CO₂-Konzentration kann das Wachstum von Pflanzen beschleunigt werden, wenn die Versorgung der Pflanzen mit anderen Faktoren wie Wasser, Mineralien etc. ausreichend ist. Dadurch kann es vorübergehend zu einer erhöhten Senke für CO₂ kommen. Diese ist jedoch abhängig vom Vorhandensein funktionierender Ökosysteme. Die Zerstörung der Wälder, des ozeanischen Planktons und der Riff-Ökosysteme wirkt diesem negativen Rückkopplungseffekt entgegen. Außerdem ist dieser Effekt nur vorübergehend, da durch den CO₂- Düngereffekt im wesentlichen nur die C-Umsätze, nicht jedoch die langfristige C-Speicherung erhöht werden.

Die aufgeführten natürlichen positiven Rückkopplungseffekte waren in der Erdgeschichte wahrscheinlich die Hauptursache für das Entstehen von Eis- und Warmzeiten. Natürliche Fluktuationen einzelner die Erdtemperatur oder den natürlichen Treibhauseffekt bestimmender Parameter lösten bei Überschreitung bestimmter Grenzwerte natürliche positive Rückkopplungsvorgänge der beschriebenen Art aus, die sich gegenseitig so stark verstärkten, daß es zu einem weltweiten Abkühlen (Eiszeit) oder Erwärmen (Warmzeit) kam. Die Unterschiede in der globalen durchschnittlichen Temperatur zwischen Eis- und Warmzeiten betragen dabei lediglich rund 4-5 °C.

Im Gegensatz zu diesen natürlichen, wahrscheinlich im wesentlichen nur durch Rückkopplungen ausgelösten Temperaturänderungen stellt die Freisetzung großer Mengen Treibhausgase durch den Menschen innerhalb kürzester Zeit einen massiven und unkalkulierbaren Eingriff in das Klimageschehen dar.

9. Auto-Verkehr und CO₂-Minderungsziele

Zur Eindämmung einer globalen Klimakatastrophe müssen die weltweiten Emissionen von Treibhausgasen in den nächsten Jahrzehnten deutlich reduziert werden. Die Enquetekommission „Schutz der Erdatmosphäre“ fordert eine Reduktion der globalen CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2005 (im Vergleich zu 1987) um 5 % und bis zum Jahr 2030 um 35 %. ²¹⁾ Bereits heute verursacht das System Auto (Fahren und Herstellung der Fahrzeuge) 15 % der gesamten weltweiten CO₂-Emissionen. Die Grafik „CO₂-Emissionen global, notwendige Reduktion und Autoverkehr“ zeigt in der vorderen Kurve die prognostizierte Entwicklung der CO₂-Emissionen durch den Autoverkehr weltweit. Die hintere Kurve gibt an, wie stark die Emissionen von CO₂ aus allen anderen Quellen (Industrie, Kraftwerke, Haushalte, LKW, Flugverkehr etc.) zurückgehen müßten, um insgesamt das CO₂-Minderungsziel (minus 35 % im Jahr 2030 im Vergleich zum Jahr 1987) zu erreichen. Da die CO₂-Emissionen des Autoverkehrs bei unbeeinflusster Entwicklung von heute 3,2 Milliarden Tonnen CO₂ auf 7,6 Mrd. t CO₂ im Jahr 2030 ansteigen, müßten die CO₂-Emissionen aller anderen Bereiche bis zum Jahr 2030 um 70 % (!) reduziert werden, um das CO₂-Minderungsziel „Gesamtemissionen minus 35 %“ zu erreichen. Der Anteil des Autoverkehrs an den Gesamt-CO₂-Emissionen würde in diesem Fall von heute 15 % auf 60 % im Jahr 2030 ansteigen.

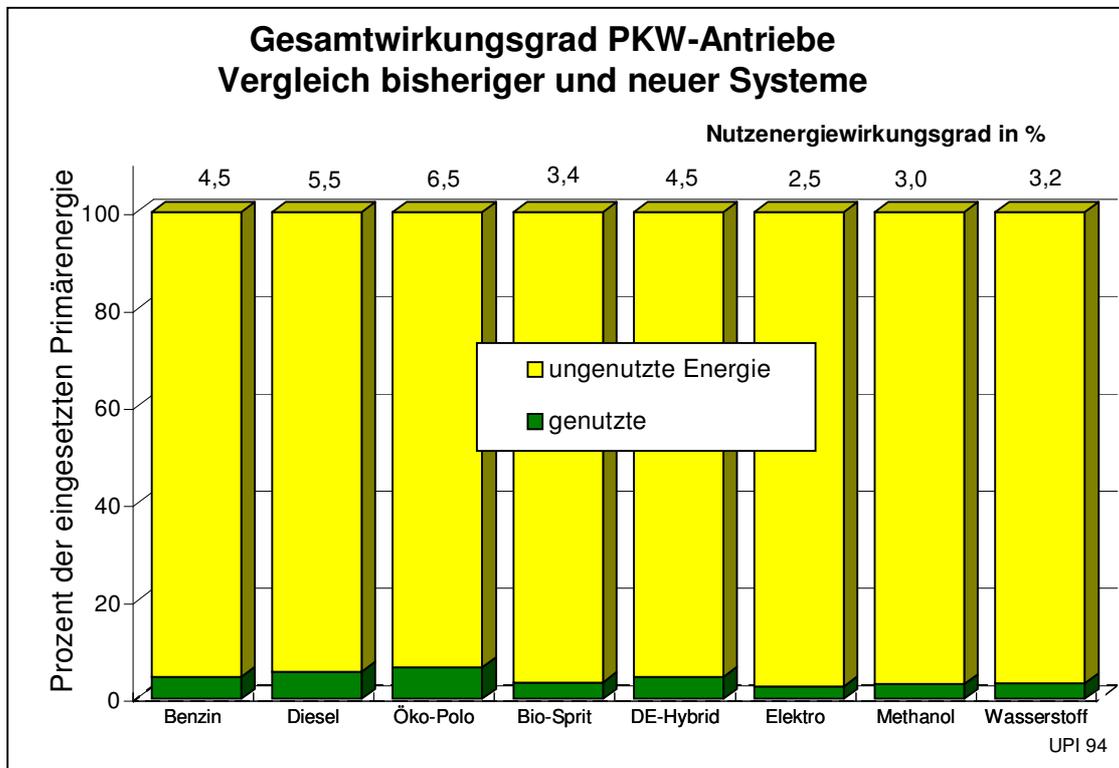


Da eine Reduktion der CO₂-Emissionen aus Wirtschaft, Kraftwerken, Haushalten, Güterverkehr und Luftverkehr um 70 % in den nächsten 35 Jahren unrealistisch ist, wird das zur Abwendung einer Klimakatastrophe notwendige CO₂-Minderungsziel bei unbeeinflusster Entwicklung der PKW-Motorisierung weit verfehlt werden.

10. Möglichkeiten neuer Antriebe

Das Problem ist bei unbeeinflusster Motorisierung auch nicht lösbar durch Anwendung verbesserter Technologien. Bei der Prognose der CO₂-Emissionen des PKW-Verkehrs wurde bereits eine deutliche Senkung des Kraftstoffverbrauchs der PKW unterstellt (siehe Grafik „Kraftstoffverbrauch pro PKW und Jahr“ auf Seite 15). Der Übergang zu anderen Antriebstechnologien oder Antriebsenergien kann das grundlegende, durch das Wachstum der PKW-Motorisierung ausgelöste Problem nicht lösen. Alternative Antriebssysteme wie Elektrizität, Bio-Treibstoffe, Methanol, Wasserstoff o.a. führen unter Berücksichtigung der für die Herstellung der jeweiligen Energieträger notwendigen Hilfs- und Nebenenergien zu ungefähr demselben oder sogar zu

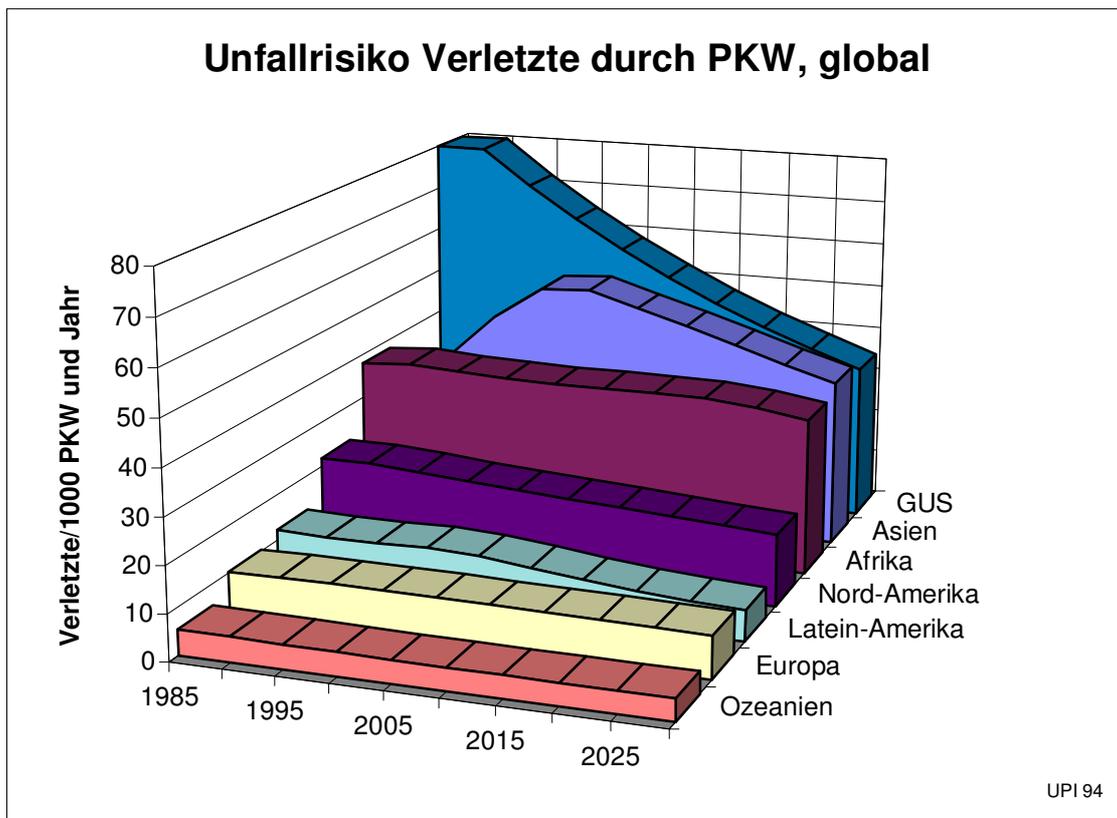
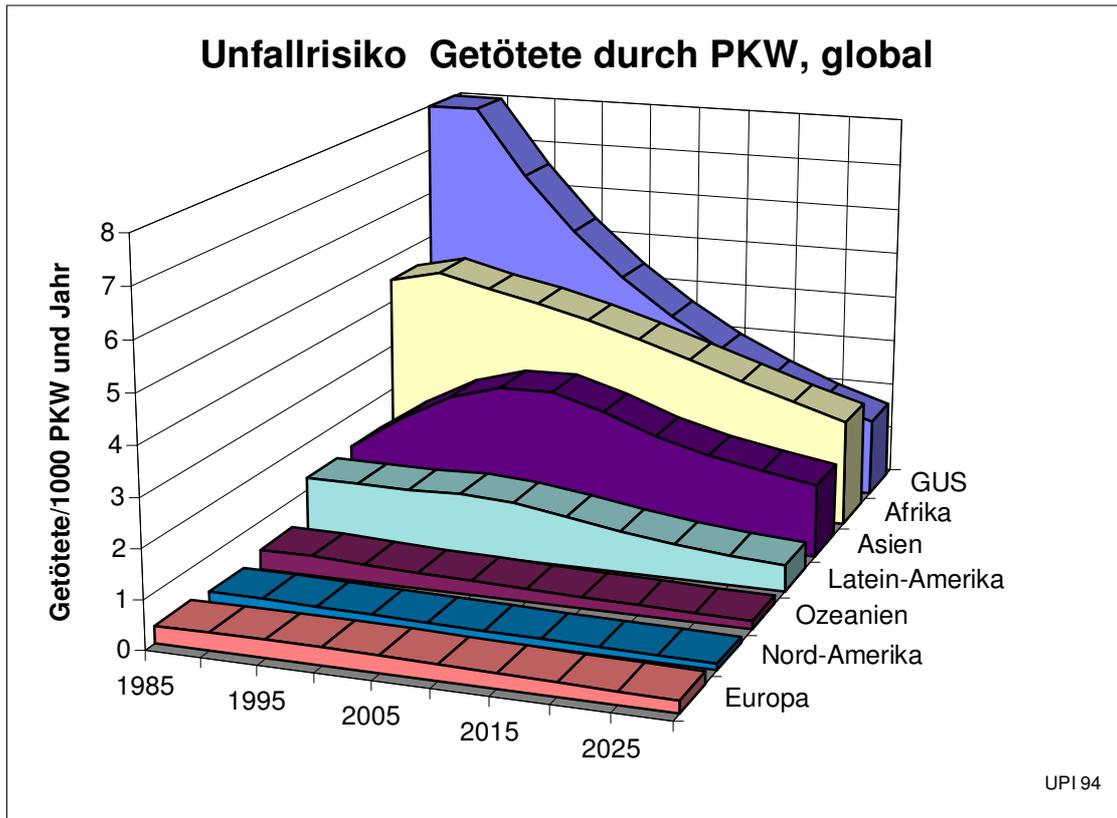
höheren Primärenergieverbräuchen und Treibhausgasemissionen wie der Antrieb mit Benzin und Dieselmotoren. ²²⁾ Die Grafik „Gesamtwirkungsgrad PKW-Antriebe“ zeigt den Energie nutzungsgrad verschiedener Antriebskonzepte für PKW.

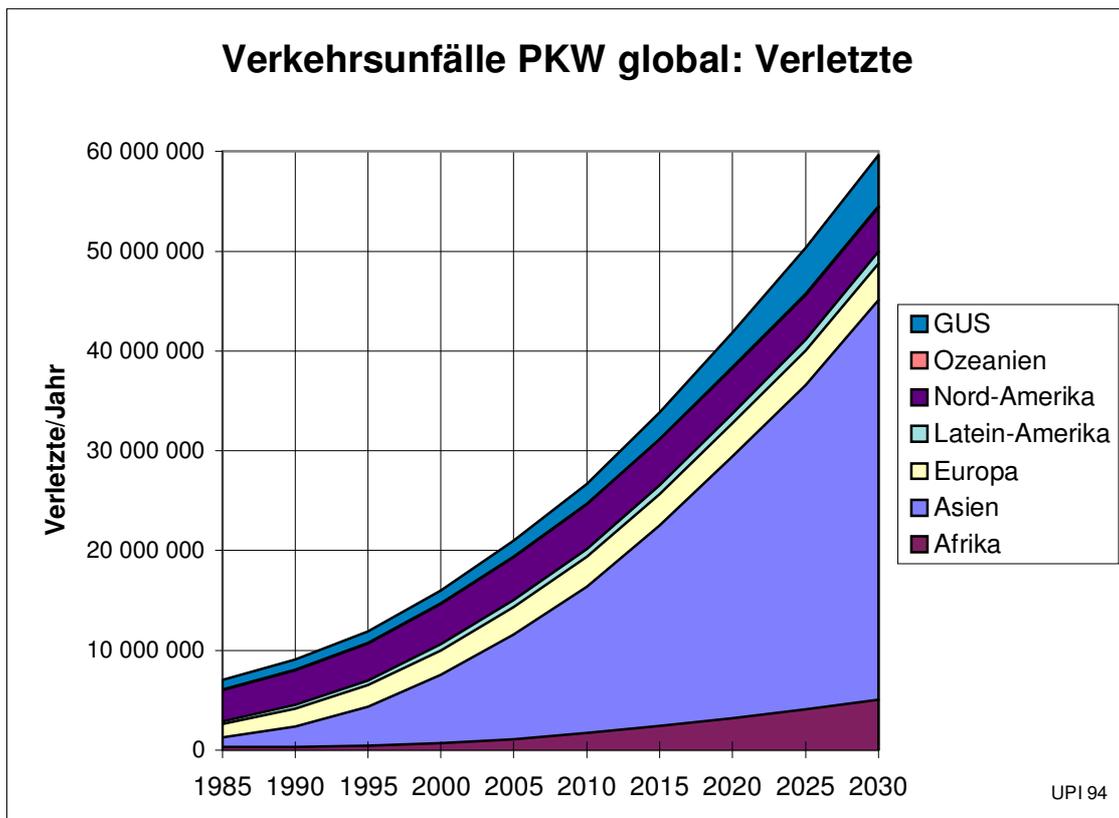
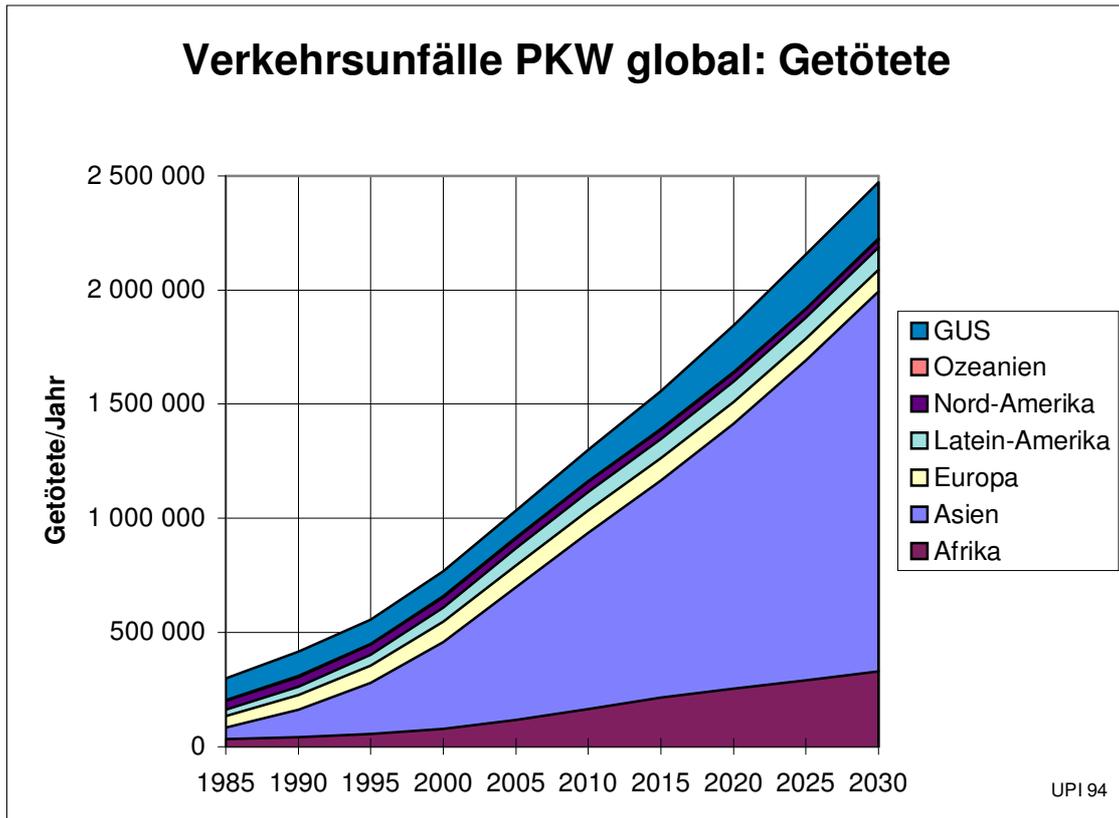


11. Verkehrsunfälle

Insgesamt wurden weltweit im Jahr 1990 mindestens 420 000 Menschen durch Auto-unfälle getötet und über 9 Millionen verletzt. Das spezifische Risiko (in der Einheit Getötete bzw. Verletzte pro 1000 PKW) ist dabei in den einzelnen Ländern sehr unterschiedlich. Für die Prognose wird unterstellt, daß das spezifische Risiko wie in der Vergangenheit auch in der Zukunft weiter absinkt und in den Drittwelt- und Schwellenländern in den nächsten Jahrzehnten deutlich zurückgeht (siehe die Grafiken „Unfallrisiko Getötete“ und „Unfallrisiko Verletzte“).

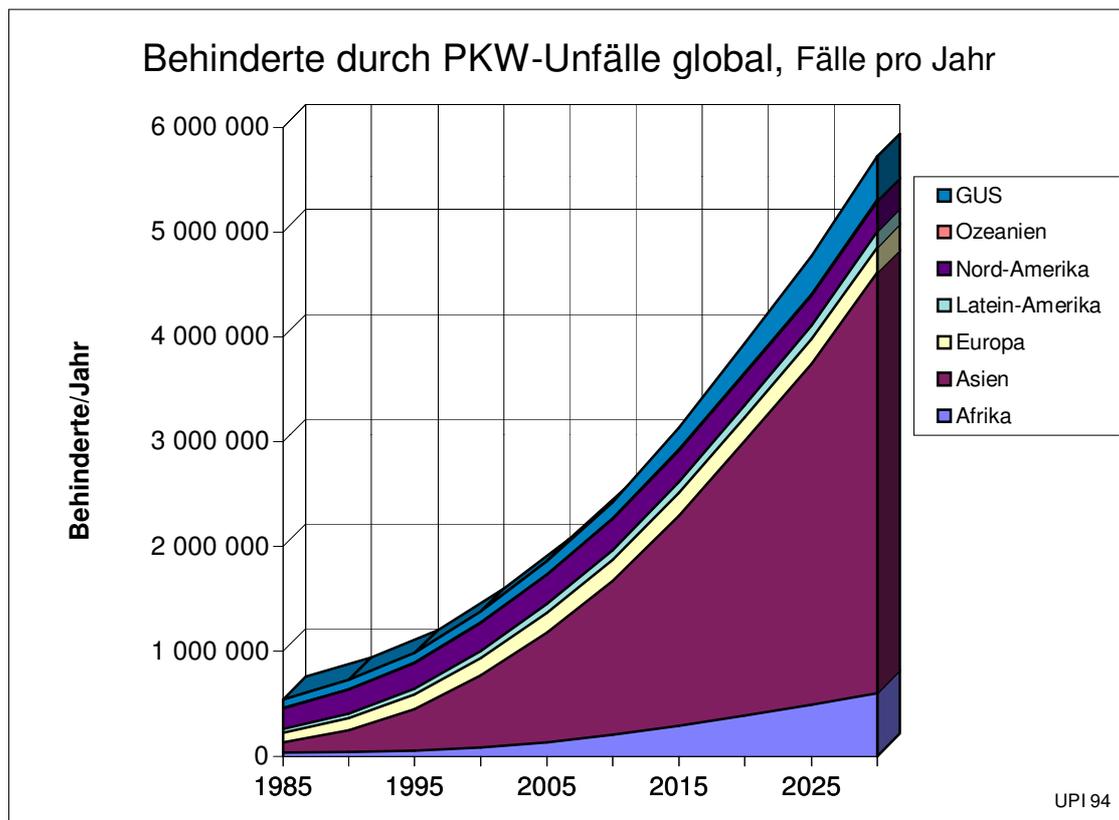
Die Grafik „Verkehrsunfälle: Getötete“ zeigt die Prognose der bei Autounfällen Getöte-ten bis zum Jahr 2030. Die Zahl wird von heute rund 500 000 Toten pro Jahr auf knapp 2,5 Millionen Tote im Jahr 2030 ansteigen.





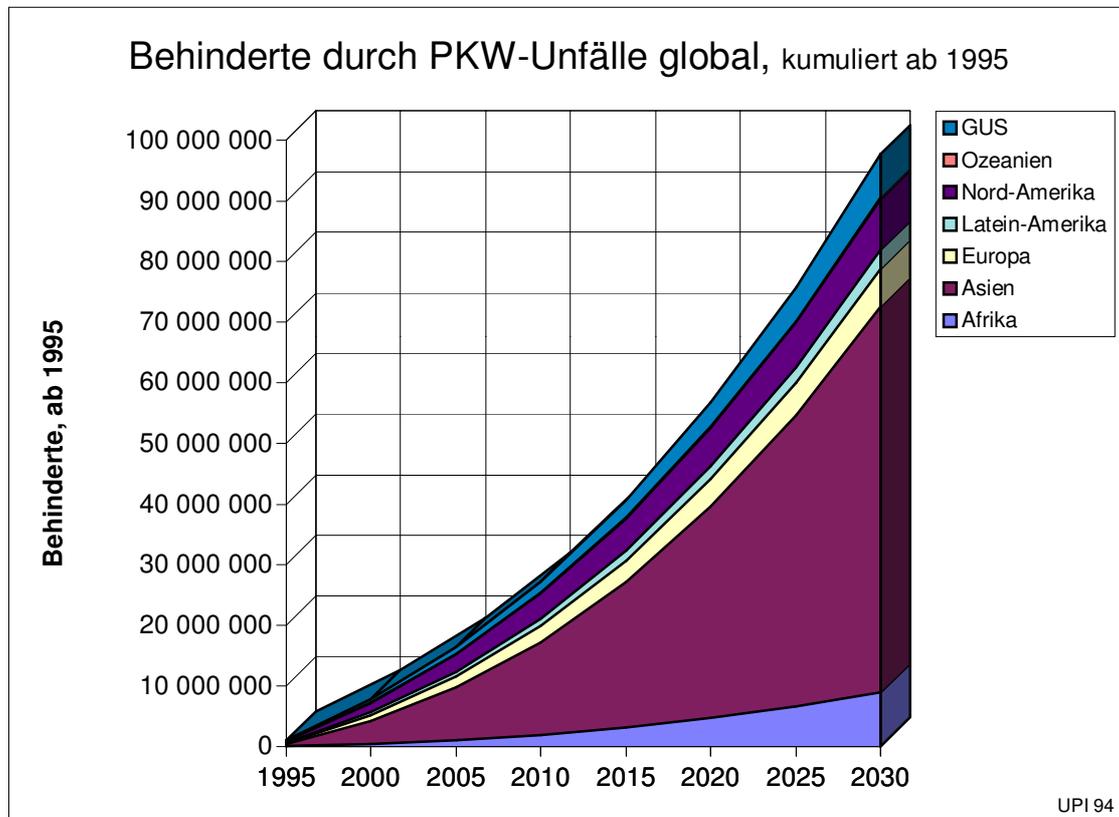
Insgesamt werden bei ungehemmter Entwicklung des Autoverkehrs in den nächsten 35 Jahren zwischen 1995 und dem Jahr 2030 weltweit voraussichtlich insgesamt über 50 Millionen Menschen durch Autounfälle getötet werden.

Die Grafik „Verkehrsunfälle: Verletzte“ zeigt die voraussichtliche Entwicklung der bei Autounfällen verletzten Menschen. Diese werden von heute ca. 11 Millionen Verletzten auf 60 Millionen Verletzte im Jahr 2030 ansteigen. Insgesamt werden durch Autounfälle zwischen 1995 und dem Jahr 2030 voraussichtlich 1,1 Milliarden Menschen verletzt werden.



Ein Teil der bei Verkehrsunfällen Verletzten erleidet durch den Unfall eine lebenslange Behinderung.²³⁾ Dies sind heute weltweit bei Autounfällen ca. 800 000 Menschen pro Jahr. Diese Zahl wird bis zum Jahr 2030 auf rund 5,7 Millionen Behinderte durch Autounfälle pro Jahr ansteigen (siehe Grafik „Behinderte durch PKW-Unfälle, Fälle pro Jahr“). Dies sind nur die pro Jahr neu Verunglückten, die aufgrund des Unfalls eine lebenslange Behinderung erleiden. Die Grafik „Behinderte durch PKW-Unfälle, kumuliert ab 1995“ zeigt demgegenüber, wieviele Menschen durch die Autounfälle zwischen dem Jahr 1995 und dem Jahr 2030 zu Behinderten werden und in dem jeweiligen Jahr als Behinderte leben. Dabei ist sowohl der Neuzugang durch

neue Autounfälle wie der Abgang durch Tod eingerechnet. Im Jahr 2030 werden weltweit knapp 100 Millionen Behinderte leben, deren Behinderung durch einen Autounfall verursacht wurde.



Obwohl heute z.B. im statistischen Durchschnitt allein in der Bundesrepublik Deutschland alle 50 Minuten ein Mensch auf unseren Straßen getötet und jede Minute ein Mensch verletzt wird, nimmt die Öffentlichkeit das Unfallrisiko kaum wahr. Das durch Straßenverkehrsunfälle menschliche Leid wird von den Unfallopfern und deren Familienangehörigen getragen. Über Straßenverkehrsunfälle wird in den Medien nur bei außergewöhnlichen Fällen berichtet. Die schwerstgeschädigten Unfallopfer liegen meist behindert in Heimen oder zuhause, abseits der öffentlichen Wahrnehmung.

Menschenopfer dieser Größenordnung sind real nicht mehr vorstellbar. Tabelle 5 zeigt zum Vergleich die Zahl der Todesopfer in Kriegen seit 1500.

Krieg	Zeitraum	Todesopfer (Millionen)	Verletzte (Millionen)
Vietnamkrieg	1961 - 1975	3,5	8 - 12
Zweiter Weltkrieg	1939 - 1945	50	120 - 180
Erster Weltkrieg	1914 - 1919	27	
Alle Kriege weltweit	1500 - 1985	140	

Tabelle 5: Kriege und Zahl der Todesopfer (militärisch und zivil) ^{24) 25) 26) 27)}

Erfolgen keine tiefgreifenden Änderungen der politischen Ziele und der weltweiten Verkehrspolitik, ist absehbar, daß die weltweite Entwicklung des Autosystems allein durch Unfälle in den nächsten 35 Jahren fünfzehnmal mehr Tote verursachen wird als der Vietnamkrieg, doppelt soviel Tote wie der Erste Weltkrieg, genausoviel Tote wie der Zweite Weltkrieg oder ein Drittel der Toten aller Kriege aller Länder in den letzten 500 Jahren.

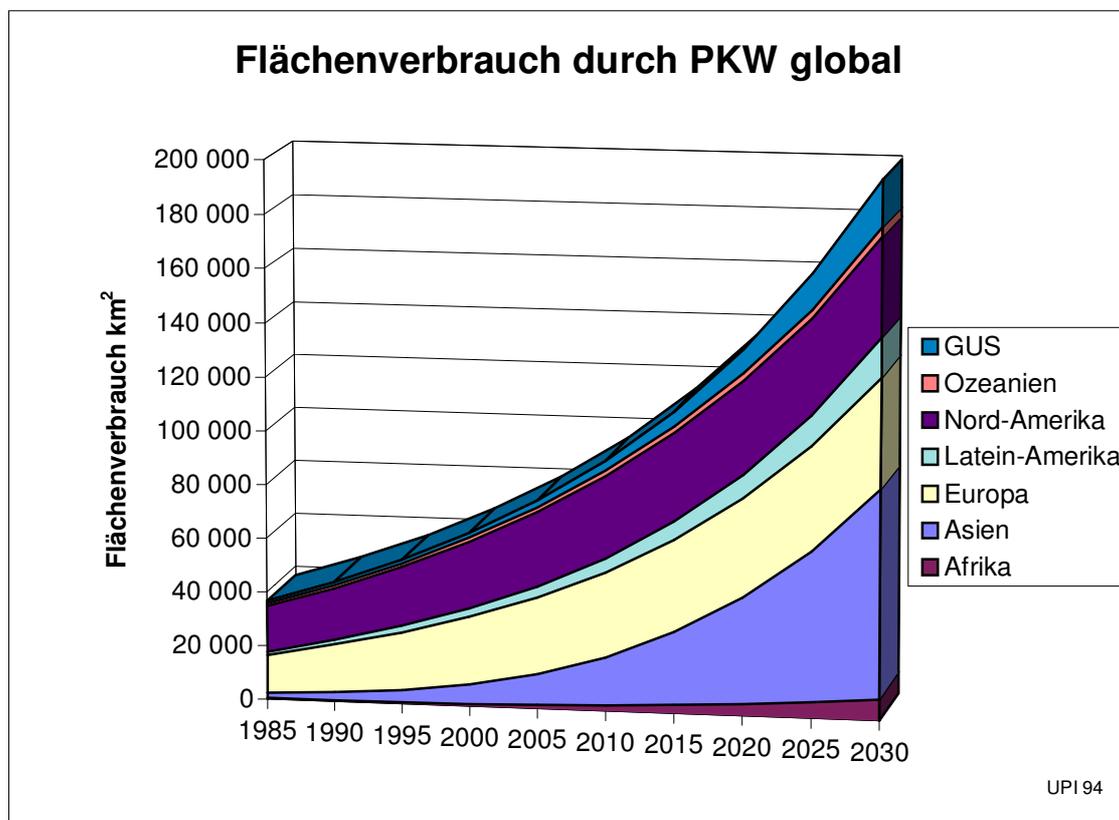
Im gleichen Zeitraum werden durch Autos voraussichtlich über hundertmal mal mehr Menschen verletzt werden als im Vietnamkrieg oder über siebenmal so viele wie im Zweiten Weltkrieg. Bei allen Berechnungen wurde unterstellt, daß das relative Unfallrisiko pro PKW in den nächsten Jahrzehnten deutlich zurückgehen wird (siehe Grafik „Unfallrisiko Getötete“ und „Unfallrisiko Verletzte“ auf Seite 36).

Darin noch nicht enthalten sind die bei Verkehrsunfällen mit anderen Fahrzeugarten wie LKW, Busse etc. Verunglückten. Die Mehrzahl dieser Unfallopfer sind dabei nicht die Lenker oder Insassen der Fahrzeuge, sondern Fußgänger oder Fahrradfahrer, die durch Autos angefahren werden. Ebenso nicht enthalten sind die Zahlen der Opfer, die durch Autoabgase erkranken oder umkommen werden, die durch den Treibhauseffekt geschädigt werden oder die bei Kriegen um begrenzte Ressourcen (Öl) oder Lebensgrundlagen (Treibhauseffekt) ihr Leben verlieren werden.

12. Flächenbedarf

Autos benötigen relativ große Flächen zum Fahren und zum Parken. Unter den Verhältnissen der Industrieländer liegt der Flächenbedarf für Fahren und Parken bei ca. 100 m² pro Auto. Für die Dritte Welt und die Schwellenländer wird ein etwa halb so hoher Wert zugrundegelegt. Damit läßt sich der Flächenbedarf durch den Autoverkehr ermitteln, der in der Grafik „Flächenverbrauch durch PKW, global“ dargestellt ist. Er

steigt von heute ca. 50 000 km² auf 200 000 km² im Jahr 2030 an. Dies entspricht fast der Fläche der alten Bundesländer der Bundesrepublik Deutschland. Diese Fläche wird in der Regel in den dichtbesiedelten Gebieten verbraucht, die gleichzeitig meist fruchtbares Land darstellen. Diese Fläche geht somit zum großen Teil der landwirtschaftlichen Nutzung und damit der Nahrungsmittelerzeugung verloren. Für die Ernährung eines Menschen wird eine Fläche von ca. 2 500 m² benötigt. Dies bedeutet, daß allein der direkte Flächenbedarf für Straßen und Parkplätze der Autos im Jahr 2030 eine Fläche beansprucht, auf der ca. 80 Millionen Menschen ernährt werden könnten. In dieser Zahl ist noch nicht der indirekte Flächenbedarf durch Abbau von Rohstoffen, Beeinträchtigung landwirtschaftlicher Kulturen durch Emissionen oder z.B. die Wachstumsdepression von Pflanzen durch Sommersmog berücksichtigt.



13. Folgen für die Entwicklung von Städten

Das überbordende Wachstum des Autoverkehrs führt in den gewachsenen Stadtstrukturen zu gravierenden Flächenproblemen. Der Autoverkehr benötigt bei gleicher Verkehrsleistung etwa die 10-fache Fläche im Vergleich zu Fahrrad, Bus oder Bahn.

Bei entsprechender politischer Zielsetzung werden die Stadtstrukturen dem Wachstum des Autoverkehrs angepaßt und damit die Fehler wiederholt, die in den Industrieländern in den 50er, 60er und 70er Jahren gemacht wurden. Ein Beispiel ist die Großstadt Schanghai in der Volksrepublik China, in der als „Befreiungsschlag“ aus dem durch den Autoverkehr entstandenen Verkehrschaos mit japanischer Hilfe Stadtautobahnen und Hochstraßen gebaut werden sollen. In den letzten Jahren wurden bereits 6- und an einigen Stellen 8-spurige Autobahnen auf Schienen durch die Stadt gebaut. Die Stadtverwaltung bezeichnet den Bau der Stadtautobahnen als „das größte Projekt Schanghai's seit der Befreiung“. Nach offiziellen Angaben sollen bis zu 100 000 Menschen für die neue Autoplanung umgesiedelt werden. Am Stadtrand werden 8 Satellitensiedlungen geplant, die aufgrund der Funktionstrennung den Verkehr weiter verstärken werden. Der Straßenbau soll in China zum großen Teil an ausländische private Investoren vergeben werden, um einen möglichst raschen Ausbau des Straßennetzes zu erreichen. ²⁸⁾

Ein verbreitetes Verkehrsmittel in vielen Städten Asiens ist das Fahrrad und die Fahrradscha. Einzelne Städte gehen jedoch zunehmend dazu über, den Verkehr mit Fahrrädern und Rikschas einzuschränken oder gar zu verbieten, um Platz für Autos zu schaffen (z.B. Manila, Jakarta und Dakar). ^{29) 30)}

In China wurden die im Verkehrsbereich vorgesehenen Investitionen im 8. Fünfjahresplan deutlich angehoben. Durch Bau vieler Straßen sollen die Voraussetzungen für eine Massenmotorisierung geschaffen werden. Den Großteil der Finanzierung sollen die regionalen und lokalen Behörden durch eine Anhebung der Beförderungsbühren bei öffentlichen Verkehrsmitteln aufbringen. ³¹⁾

Beispiel Mexiko-City: Die Stadt mit der höchsten Luftverschmutzung weltweit ist Mexiko-City. Verursacht wurde dies durch einen tiefgreifenden Wandel der Verkehrsplanung in den letzten Jahrzehnten. Früher hatte Mexiko-City mehr Kanäle als Venedig und ein Großteil der Güter wurde in Booten transportiert. Hauptverkehrsmittel waren Boote. Durch eine scheinbar fortschrittliche Verkehrspolitik, die sich am Standard der Industrieländer orientierte, wurden die bestehenden Kanäle und Flußläufe zugeschüttet, betoniert und in mehrspurige Ringstraßen und Stadtautobahnen umgewandelt. Heute sind in Mexiko-City 2,5 Millionen Kraftfahrzeuge angemeldet, 90 % des gesamten Gütertransportes werden durch LKW abgewickelt. Der PKW-Motorisierungsgrad liegt bisher erst bei einem Viertel des in den Industrieländern vorherrschenden Motorisierungsgrades. Trotzdem ist Mexiko-City bereits die Stadt mit der weltweit höchsten Luftverschmutzung. Anlässlich der Vorbereitungen zu den Olym-

pischen Spielen 1968 wurden zwar einige U-Bahn-Linien gebaut, die seit einigen Jahren durch zwei Straßenbahnlinien ergänzt werden. Die Metro gilt jedoch als Verkehrsmittel für alle diejenigen, die sich kein Auto leisten können. Die Begeisterung europäischer Besucher für die Fortbewegung mit der U-Bahn trifft bei den gehobenen Mexikanern auf völliges Unverständnis. Lineare Versuche der Stadtverwaltung, das Problem durch die Stilllegung jedes Kraftfahrzeugs für jeweils einen Tag in der Arbeitswoche zu verringern, schlugen fehl. Seit Ende Oktober 1989 darf ein Auto je nach der Endziffer seines Nummernschildes zwischen 5 Uhr und 22 Uhr eines Wochentages nicht im Stadtgebiet bewegt werden. Statt einer Maßnahme zur Reduzierung der Luftverschmutzung war dieses Programm jedoch, wie vorauszusehen, ein durchschlagendes Verkaufsargument für die zu diesem Zeitpunkt unter einer Rezession leidende mexikanische Autoindustrie. Jede Familie, die es sich leisten konnte, schaffte sich einen Zweit- oder Drittwagen an, der nun als Ersatz für die während eines Wochentages stillgelegten Fahrzeuge dient.³²⁾

14. Schlußfolgerungen

Das Automobil wurde vor 110 Jahren in Deutschland erfunden. Die Bundesrepublik Deutschland ist heute neben den USA und Japan die führende Industrienation der Erde, an der sich die Wünsche und Ziele anderer Länder orientieren. Die deutsche Automobilwirtschaft ist stark exportorientiert und seit Jahren bemüht, neue Absatzmärkte im Ausland zu erschließen.

Durch den hohen Verbrauch fossiler Brennstoffe und die hohe Motorisierung in den Industrieländern wurden über 90 % des bisher weltweit freigesetzten Kohlendioxids durch die Industrieländer emittiert, die Entwicklungsländer sind nur für 8 % der bisherigen Emissionen verantwortlich.^{33) 34)} Damit tragen wir die Hauptverantwortung für die in dieser Studie dargestellte Entwicklung. Auch in unserem Land zeigt der Autoverkehr ein nach wie vor ungebrochenes Wachstum. Die Verkehrspolitik in der Bundesrepublik Deutschland setzt nach wie vor auf einen Ausbau des Autoverkehrs. Im letzten, im Jahr 1993 beschlossenen Bundesverkehrswegeplan ist der Bau von weiteren 12 000 Kilometern Fernstraßen vorgesehen. In den nächsten 20 Jahren wird bei Beibehaltung der bisherigen Verkehrspolitik die Zahl der Autos in der Bundesrepublik Deutschland um weitere ca. 10 Millionen oder 20 % zunehmen.

Können wir als Land mit weiter expandierender Autodichte von anderen Ländern wie China, Indien, GUS etc. erwarten, daß diese wegen des Treibhauseffektes oder ande-

rer Umwelt- oder Ressourcenprobleme auf einen Ausbau des Autoverkehrs verzichten, damit wir unsere „Autokultur“ aufrecht erhalten können ?

Eine weltweite Klimakatastrophe wurde bisher nicht durch bewußte Klima-, Umwelt- oder Energiepolitik verhindert, sondern nur durch die wirtschaftliche Rückständigkeit und Armut der meisten Länder der Erde, die den in den Industrieländern üblichen Lebensstandard, Energieverbrauch und Motorisierungsgrad bisher nicht möglich machten.

Eine Vermeidung von zukünftigen Katastrophen ist nur dann möglich, wenn wir als erste damit anfangen, unsere Gewohnheiten zu ändern. Solange die führenden Industrienationen nicht eine radikale Wende in der Verkehrspolitik einleiten und Maßnahmen zur Reduzierung des Autoverkehrs und damit zur Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen beginnen, solange wird sich am Wunsch der Bewohner der meisten anderen Länder der Erde nach Erreichung des von uns vorgelebten Standards nichts ändern. Auch internationale Konferenzen und Vereinbarungen über das Klimaproblem werden daran nichts Grundlegendes ändern.

15. Literatur

- 1) UNFPA, Bevölkerungsfonds der Vereinten Nationen, Weltbevölkerungsbericht 1993, Deutsche Gesellschaft für die Vereinten Nationen, Bonn, Juli 1993
- 2) UNFPA, Bevölkerungsfonds der Vereinten Nationen, Weltbevölkerungsbericht 1990, Deutsche Gesellschaft für die Vereinten Nationen, Bonn, Juli 1990
- 3) IIASA-Internationales Institut für angewandte System-Analyse, Prognose der Weltbevölkerung bis zum Jahr 2100, Laxenburg, Österreich, Februar 1994
- 4) dpa, 6. April 1994
- 5) dpa, 6. April 1994
- 6) Volkswagen AG, Informationen und Berichte, Das China-Engagement von Volkswagen und Audi, Wolfsburg, August 1994
- 7) GRV-Nachrichten, Folge 21, September 1994
- 8) aus Deutscher Bundestag, 2. Bericht der Enquete-Kommission Schutz der Erdatmosphäre zum Thema Mobilität und Klima, 15.7.1994
- 9) Commerzbank, Branchenbericht, Weltautomobilindustrie: Im Zeichen verstärkter Globalisierung, Oktober 1991
- 10) Aufbauend auf Länderberichten des Statistischen Bundesamtes über die einzelnen Länder, Wiesbaden, 1985-1994
- 11) United Nations, Energy Statistical Yearbook 1991
- 12) Esso-AG, Oeldorado 1994, Welterdölreserven, Hamburg, 1994
- 13) UPI-Bericht 25, Öko-Bilanzen von Fahrzeugen, 2. erweiterte Auflage, September 1993

-
- 14) Schwartz, S.E., Acid deposition: Unraveling a regional phenomenon, *Science*, 243, 753-763
 - 15) Zaho, D. und Seip, H., Assessing effects of acid deposition in South Western China, *Water Air and Soil Pollution*, 60, 83/97
 - 16) Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen, *Welt im Wandel: Die Gefährdung der Böden*, Jahresgutachten 1994, Bremerhaven, Juni 1994
 - 17) UPI-Bericht 26, Ozon - Entwicklung der Sommersmogbelastung, Ursachen und Folgen, Juni 1993
 - 18) Kinney, P et al, Associations of daily mortality and air pollution in Los Angeles County, *Environmental Research* 54, 99-120, 1991
 - 19) siehe dazu z.B. UPI-Bericht 29, Probleme umweltbedingter Gesundheitsschäden, , Januar 1994
 - 20) Enquete-Kommission Schutz der Erdatmosphäre, Zwischenbericht Band 1, 1990
 - 21) Enquete-Kommission Schutz der Erdatmosphäre, Zwischenbericht Band 1, 1990
 - 22) UPI-Bericht 23, Scheinlösungen im Verkehrsbereich - Kontraproduktive und ineffiziente Konzepte der Verkehrsplanung und Verkehrspolitik, 4. erweiterte Auflage, September 1994
 - 23) UPI-Bericht Nr. 22, Lebenszeitverluste durch Straßenverkehrsunfälle, Dezember 1991
 - 24) Westing, A., War as a Human Endeavor: The High-Fatality War's of the Twentieth Century, *Journal of Peace Research*, 19, Nr.1, 261-270, 1982
 - 25) Eckhardt, W., *Civilizations, Empires and Wars*, *Journal of Peace Research*, 27, Nr.1, 9-24, 1990
 - 26) Eckhardt, W., *Civilizations, Empires and Wars*, McFarland and Company, London, 1992
 - 27) Verletztenzahlen grob geschätzt
 - 28) Statistisches Bundesamt, *Länderbericht Volksrepublik China 1993*, Wiesbaden, 1993
 - 29) Boldt, Klaus, „Auto-zentrierte Entwicklungspolitik; Verkehrsförderung - ein Schwerpunkt der Bonner Hilfe“ in „Der Überblick“, *Zeitschrift für ökumenische Begegnungen, internationale Zusammenarbeit*, Heft 3/Sept. 1990
 - 30) Statistisches Bundesamt, *Länderbericht Indonesien 1993*, Wiesbaden, 1993
 - 31) Statistisches Bundesamt, *Länderbericht Volksrepublik China 1993*, Wiesbaden, 1993
 - 32) siehe dazu auch Duffing, Eike, Mexiko-City, Zwei Schritte vorwärts, drei zurück in „Der Überblick“, *Zeitschrift für ökumenische Begegnung und internationale Zusammenarbeit*, September 1990
 - 33) Kohlmeier, G.H. et al., Contribution to atmospheric CO₂ increase by changes in the land biosphere: Analysis of the past and present, including possible future development. Presentation at the Congress Climate and Development, 7.-10.11.1988, Hamburg
 - 34) Krause, F. u.a., Energy and climate change: What can Western Europe do ?, Draft Summary, Juni 1988