

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
1 Auto und Umwelt	1
1.1 Einleitung	1
1.2 Der Mensch und die Mobilität	7
1.3 Umweltauswirkungen des Automobils	10
1.4 Natürliche und anthropogene Emissionen	11
1.4.1 Gesetzlich limitierte Schadstoffkomponenten	12
1.4.1.1 Kohlenmonoxid (CO)	13
1.4.1.2 Kohlenwasserstoffe (HC), Volatile Organic Compounds (VOC)	14
1.4.1.3 Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe (NMHC)	14
1.4.1.4 Stickstoffoxide (NO _x)	16
1.4.1.5 Schwefeloxide (SO _x)	16
1.4.1.6 Partikel-Emissionen (PM)	19
1.4.2 Nichtlimitierte Schadstoffe	21
1.4.2.1 Treibhauseffekt	21
1.4.2.2 Kohlendioxid (CO ₂)	22
1.4.2.3 Methan (CH ₄)	25
1.4.2.4 Lachgas (Distickstoffmonoxid N ₂ O)	26
1.4.2.5 Halogene und andere verwandte Kohlenwasserstoffe	26
1.4.2.6 Wasserdampf (H ₂ O)	27
1.5 Abwärme	27
Literatur	28
2 Umweltschutzgesetze in der Automobilindustrie	29
2.1 Emissionen und Immissionen	29
2.2 Konzentration, Dosis, Wirkung	30
2.3 Grenzwerte für Innenluft	34
2.3.1 MAK – Maximale Arbeitsplatz-Konzentration	34
2.3.2 GWEU – Grenzwerte für berufsbedingte Expositionen	35
2.3.3 TRK – Technische Richt-Konzentrationen	35
2.4 Grenzwerte für Außenluft	36
2.4.1 Kohlenmonoxid (CO)	40
2.4.2 Stickstoffoxide (NO _x = NO + NO ₂)	40
2.4.2.1 Stickstoffmonoxid (NO)	40
2.4.2.2 Stickstoffdioxid (NO ₂)	41
2.4.3 Kohlenwasserstoffe (HC), Volatile Organic Compounds (VOC) ..	42
2.4.4 Partikel (PM)	42
2.4.5 Schwefeldioxid (SO ₂)	44
2.4.6 Blei (Pb)	45

2.5	Nichtlimitierte Schadstoffe	45
2.5.1	Kohlendioxid (CO ₂)	45
2.5.2	Methan (CH ₄)	46
2.5.3	Benzol (C ₆ H ₆)	46
2.5.4	Ozon (O ₃)	46
2.6	Geruch	47
2.7	Geräusch, Lärm	48
2.8	Umweltschutzgesetze	50
2.8.1	Prinzipien des Umweltrechts	52
2.9	Umweltschutzgesetze für die Produktion	53
2.9.1	Produktverantwortung	53
2.9.2	Bundesimmissionsschutzgesetz	54
2.9.3	EG-Richtlinien	54
2.9.4	Wasserhaushaltgesetz	55
2.9.5	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz	56
2.9.6	Chemikaliengesetz	57
2.9.7	Strategische Umweltprüfung	57
2.9.8	Umwelthaftungsgesetz	57
2.9.9	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft)	58
2.9.10	TA-Lärm	59
2.9.11	TA-Abfall	60
2.9.12	Umwelthinformationen	60
2.10	Umweltschutzgesetze für das Produkt	61
2.10.1	Abgasemissionen	61
2.10.1.1	Europäische Union (EU)	61
2.10.1.2	USA	70
2.10.1.3	Emissionen des stehenden Fahrzeugs	72
2.10.1.4	Zertifizierungsverfahren	74
2.10.1.5	Japan	75
2.10.1.6	Andere Länder	75
2.10.2	Kraftstoffverbrauch	77
2.10.3	Geräuschemission	79
2.10.3.1	Europäische Union	79
2.11	Gesetze für Fahrzeuge im Verkehr	82
2.11.1	Begrenzung der Verdampfungsemission bei Betankung	82
2.11.2	Abgasuntersuchung (AU)	82
2.11.3	On-Board-Diagnose (OBD)	84
2.11.4	Smogalarm	85
2.11.5	Geräusch	85
2.11.6	Recycling	86
	Literatur	86

3	Umweltschutz in der Produktion	89
3.1	Integrierter Umweltschutz	89
3.2	Voraussetzungen für einen aktiven Umweltschutz in der Produktion	91
3.2.1	Umweltmanagement	92
3.2.1.1	Zuständigkeiten	93
3.2.1.2	Betriebsbeauftragte für den Umweltschutz	94
3.2.1.3	Umweltmanagement-Handbuch	96
3.3	Stoff- und Energieströme	98
3.3.1	Energieverbrauch	100
3.3.2	Wasserverbrauch und Abwasser	102
3.3.3	Gasförmige Emissionen	103
3.3.4	Geräuschemissionen	106
3.3.5	Abfälle	106
3.4	Kreislaufwirtschaftsgesetz	109
3.4.1	Abfälle zur Verwertung	109
3.4.2	Abfälle zur Beseitigung	110
3.4.3	Abfallwirtschaftskonzepte	111
3.4.3.1	Vermeidung von Abfällen	112
3.4.3.2	Verwertung von Abfällen	112
3.5	Emissionskataster	114
3.6	Kostenaufwand für Umweltschutz	114
3.7	Umwelt- oder Öko-Audit	115
3.7.1	EMAS	115
3.7.2	EMAS und ISO 14001	120
	Literatur	123
4	Umweltauswirkungen des Ottomotors	125
4.1	Allgemeine Grundlagen	125
4.1.1	Verbrennung als fundamentaler Prozess	125
4.1.2	Kohlenmonoxid (CO)	127
4.1.3	Unverbrannte Kohlenwasserstoffe (HC)	127
4.1.4	Stickstoffoxide (NO _x)	128
4.1.5	Partikel (PM)	129
4.2	Ottomotor	132
4.2.1	Leistung und Kraftstoffverbrauch	135
4.2.2	Abgasemissionen	138
4.3	Motorinterne Maßnahmen zur Schadstoffreduzierung	138
4.3.1	Betriebsparameter	138
4.3.1.1	Gemischbildung, Kraftstoff-Luft-Gemisch	138
4.3.1.2	Zündung	140
4.3.2	Konstruktionsparameter	141
4.3.2.1	Brennraumform	141
4.3.2.2	Verdichtungsverhältnis (ϵ)	142
4.3.2.3	Saugsystem und Ventilsteuerzeiten	144
4.3.3	Grenzen der Schadstoffreduzierung durch motorinterne Maßnahmen	144

4.4	Motorexterne Maßnahmen zur Schadstoffreduzierung	145
4.4.1	Kraftstoffunempfindliche Maßnahmen	145
4.4.1.1	Sekundärlufteinblasung	145
4.4.1.2	Abgasrückführung (AGR)	146
4.4.1.3	Portliner	147
4.4.1.4	Thermische Abgasnachbehandlung	147
4.4.1.5	Grenzen der Schadstoffreduzierung durch Kraftstoffunempfindliche motorinterne und motorexterne Maßnahmen	148
4.4.2	Kraftstoffempfindliche Maßnahmen	149
4.4.2.1	Oxidationskatalysator	149
4.4.2.2	Reduktionskatalysator	150
4.4.2.3	Drei-Wege-Katalysator, Konzept λ -Sonde	150
4.4.2.4	Kaltstartverhalten und Langzeitstabilität des Drei-Wege-Katalysators	153
4.4.3	Maßnahmen zur Verringerung der Verdampfungsemissionen	156
4.4.4	On-Board-Diagnose (OBD)	156
4.4.5	Übersicht von Maßnahmen für minimale Abgasemissionen bei Ottomotoren	157
4.5	Kraftstoffverbrauch und CO ₂ -Emission	159
4.6	Der Magermotor als Ziel der Entwicklung	162
4.6.1	Probleme beim Magerbetrieb	162
4.6.2	Stand der Technik	164
4.6.3	Abgasnachbehandlung bei Magermotoren	166
4.6.3.1	DeNO _x (Spalt)-Katalysatoren	167
4.6.3.2	NO _x -Speicherkatalysatorsysteme	167
4.7	Geräuschemission	170
	Literatur	173
5	Umweltauswirkungen des Dieselmotors	175
5.1	Allgemeine Grundlagen	175
5.2	Leistung und Kraftstoffverbrauch	179
5.3	Abgasemissionen	181
5.4	Motorinterne Maßnahmen zur Schadstoffreduzierung	182
5.4.1	Betriebsparameter	183
5.4.1.1	Luftbewegung, Drall	183
5.4.1.2	Einspritzdruck	183
5.4.1.3	Einspritzzeitpunkt, Einspritzgesetz	184
5.4.1.4	Aufladung	186
5.4.2	Konstruktionsparameter	186
5.4.2.1	Brennraumform, Lage der Einspritzdüse	186
5.4.2.2	Verdichtungsverhältnis	187
5.4.3	Grenzen der Schadstoffreduzierung durch motorinterne Maßnahmen	188

5.5	Motorexterne Maßnahmen zur Schadstoffreduzierung	188
5.5.1	Abgasrückführung (AGR)	188
5.5.2	Oxidationskatalysator	191
5.5.3	Reduktionskatalysator	192
5.5.3.1	NSCR-Katalysatoren	192
5.5.3.2	SCR-Katalysatoren	193
5.5.4	NO _x -Speicherkatalysator	196
5.5.5	Partikelfilter	197
5.5.5.1	CRT – Continuously Regenerating Trap	201
5.5.6	Sonstige Maßnahmen zur Schadstoffreduzierung im Dieselmotor	204
5.5.7	On-Board-Diagnose (OBD)	204
5.5.8	Übersicht von Maßnahmen zur Schadstoffreduzierung beim Dieselmotor	205
5.6	Kraftstoffverbrauch und CO ₂ -Emission	206
5.7	Geräuschemission	209
	Literatur	213
6	Betriebsstoffe und Umwelt	215
6.1	Einleitung	215
6.2	Kraftstoffe und Motoreigenschaften	216
6.2.1	Siedekurve	216
6.2.2	Oktanzahl	218
6.2.3	Cetanzahl	220
6.3	Kraftstoffe und Abgasemission	222
6.3.1	Limitierte Abgaskomponenten	223
6.3.1.1	Ottomotor	223
6.3.1.2	Dieselmotor	224
6.3.2	Nichtlimitierte Abgaskomponente	226
6.3.2.1	CO ₂ -Emission	227
6.4	Anforderungen an Kraftstoffe	228
6.4.1	Additive	232
6.4.2	Schwefelgehalt (S ₂ -Gehalt)	233
6.5	Ökologische Bilanz	235
6.6	Alternative Kraftstoffe	237
6.6.1	Alternative Kraftstoffe fossilen Ursprungs	239
6.6.1.1	Erdgas	240
6.6.1.2	Flüssiggas	241
6.6.1.3	GTL (Gas to Liquid)-Kraftstoffe	242
6.6.1.4	Methanol (CH ₃ OH)	242
6.6.1.5	Dimethylester (DME)	243
6.6.1.6	MTBE (Methyl-Tertiär-Butyl-Ether)	244
6.6.1.7	Wasserstoff (H ₂)	244

6.6.2	Kraftstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen	245
6.6.2.1	Flüssige Biokraftstoffe erster Generation	249
6.6.2.2	Synthetische Biokraftstoffe (BTL, Biokraftstoffe der 2. Generation)	252
6.6.2.3	Gasförmige Biokraftstoffe	253
6.7	Aussichten für die Zukunft	254
6.8	Andere Betriebsstoffe	258
6.8.1	Schmierstoffe	258
6.8.2	Kühlmittel	258
	Literatur	259
7	Auto im Verkehr	261
7.1	Einleitung	261
7.2	Mobilität und Verkehr	261
7.3	Auto und Mobilität	262
7.4	Umweltbelastungen des Verkehrs	266
7.4.1	Energieverbrauch und Emissionen einzelner Verkehrsträger	267
7.5	Verkehrsmanagement	269
7.6	Information und Kommunikation (Telematik)	275
7.7	Integration unterschiedlicher Verkehrssysteme	278
7.8	Individuelles Fahrverhalten	283
	Literatur	286
8	Über das Recycling von Altfahrzeugen	289
8.1	Einleitung	289
8.2	Produktverantwortung	291
8.3	Stand der Technik bei Recycling von Altautos	292
8.3.1	Gesetzliche Rahmenbedingungen	292
8.3.2	Annahmestellen	293
8.3.3	Trockenlegung	294
8.3.4	Demontage	297
8.3.5	Schredder	302
8.3.5.1	Eisen-Fraktion	304
8.3.5.2	Nicht-Eisen-Metalle	304
8.3.5.3	Kunststoffe	304
8.3.5.4	Schredder-Leichtfraktion (SLF)	304
8.4	Recyclingverfahren	306
8.4.1	Materielles (stoffliches) Recycling	307
8.4.2	Rohstoffliches (chemisches) Recycling	308
8.4.3	Thermische Verwertung (energetisches Recycling)	308
8.5	Design for Recycling – Recyclinggerechtes Konstruieren	310
8.5.1	Auswahl von Werkstoffen	312
8.5.1.1	Energiebedarf	314
8.5.1.2	Kunststoffe	315
8.5.2	Demontagerechte Konstruktion	320

8.6	Langlebigkeit der Produkte	323
8.7	Ökobilanz – Life Cycle Assessment (LCA)	324
	Literatur	327
9	Umweltauswirkungen des Automobils	329
9.1	Auto als Teil der Gesellschaft	329
9.2	Prophezeiungen über Katastrophen	329
9.3	Umweltauswirkungen des Automobils	331
9.3.1	Flächenverbrauch	331
9.3.2	Verkehrssicherheit – Verkehrsunfälle	332
9.3.3	Lärmbelästigung	334
9.3.4	Energieverbrauch	334
9.3.5	Rohstoffverbrauch	336
9.3.6	Luftschadstoffe	337
9.3.6.1	Schwefeldioxid (SO ₂)	340
9.3.6.2	Stickstoffoxide	342
9.3.6.3	Flüchtige organische Verbindungen (NMVOC)	344
9.3.6.4	Partikel	346
9.3.6.5	CO ₂ -Emission	350
9.4	Umweltauswirkungen des Automobils im Vergleich zu anderen Emittenten	356
	Literatur	357
10	Die Zukunft des Automobils und seines Verbrennungsmotors	359
10.1	Einleitung	359
10.2	Das Problem der CO ₂ -Emission	360
10.2.1	Möglichkeiten zur Reduzierung der CO ₂ -Emission außerhalb des Automobils	360
10.3	Alternative Antriebssysteme	361
10.3.1	Zweitaktmotoren	363
10.3.2	Wankelmotor	363
10.3.3	Wärme­kraft­ma­schin­en mit äußerer kontinuierlicher Verbrennung	363
10.3.3.1	Gasturbinen	363
10.3.3.2	Stirlingmotor	364
10.3.3.3	Dampf­motoren	365
10.3.3.4	Gemeinsamkeiten der Motoren mit äußerer Verbrennung	365
10.3.4	Elektrofahrzeuge	366
10.3.5	Schwungradspeicher	369
10.3.6	Hybrid-Fahrzeuge	370
10.3.6.1	Mild-Hybrid-Fahrzeuge	370
10.3.6.2	Voll-Hybrid-Fahrzeuge	371
10.3.6.3	Plug-In-Hybrid-Fahrzeuge	372
10.3.7	Brennstoffzellen-Fahrzeuge	374
10.3.7.1	Kraftstoffe für Brennstoffzellen	378
10.3.7.2	Stand der Technik	379

10.4	Aussichten für die Zukunft	382
10.4.1	Verbesserung des Arbeitsprozesses	385
10.4.2	Downsizing	386
10.4.3	Neuartige Verbrennungssysteme	389
10.4.4	Nutzung der Abgasenergie	391
10.4.5	Weitere Möglichkeiten zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauches	392
10.4.6	Ökologische Gesamtbilanz	394
10.5	Lebensdauer des Automobils	395
	Literatur	400