

**EMISSIONSFAKTOREN ALS GRUNDLAGE FÜR DIE
ÖSTERREICHISCHE LUFTSCHADSTOFF-INVENTUR**

Stand 1999

Wien, 2001

Projektleitung

.....Stephan Poupa

Weitere Informationen zu Publikationen des Umweltbundesamtes finden Sie unter: <http://www.ubavie.gv.at>

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH (Federal Environment Agency Ltd)
Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien (Vienna), Austria

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2001

Alle Rechte vorbehalten (all rights reserved)
ISBN 3-85457-691-0

Vorbemerkung

In diesem Bericht werden die Emissionsfaktoren für Verbrennungsvorgänge dokumentiert, welche bei der Erstellung der Österreichischen Luftschadstoff-Inventur mit dem Stand 1999 verwendet wurden. Bisher wurden diese Emissionsfaktoren als Anhang der Energieberichte veröffentlicht. Auf Grund der Verzögerung der Veröffentlichung des Energieberichtes erfolgt vorab eine gesonderte Publikation des Umweltbundesamtes sowie der Energiesektion des Bundesministeriums für wirtschaftliche Angelegenheiten.

Allgemeines

Die Emissionsfaktoren, die den Emissionsberechnungen für Österreich im Energiesektor zu Grunde liegen, wurden zuletzt in den Energieberichten 1984, 1990 und 1996 publiziert.

Im Energiebericht 1996 sind für die Sektoren Kraft- und Heizwerke, Industrie, Kraftfahrzeuge und Kleinverbraucher (Einzel-, Etagen- und Zentralheizung) brennstoffspezifische Emissionsfaktoren für die Schadstoffe Schwefeldioxid (SO₂), Stickstoffoxide (NO_x), flüchtige organische Verbindungen (C_xH_y), Kohlenmonoxid (CO), Staub und für Kohlendioxid (CO₂) angegeben.

Nunmehr werden überarbeitete Emissionsfaktoren für Kraft- und Heizwerke einschließlich Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung, Kleinverbraucher und Kraftfahrzeuge angegeben, um den Veränderungen hinsichtlich des durchschnittlichen brennstoffspezifischen Emissionsverhaltens Rechnung zu tragen. Für die Aktualisierung dieser Emissionsfaktoren standen wesentlich verbesserte Datengrundlagen zur Verfügung. Die im Energiebericht 1990 gewählte Systematik ist mit Ausnahme der Kleinverbraucher nach wie vor gültig und wird sowohl bei den Emittentengruppen als auch bei den erfaßten Schadstoffen beibehalten.

Die nachfolgend angegebenen Emissionsfaktoren sind als gewichtete Durchschnittswerte bezogen auf den Primärenergieeinsatz über den Mix des Spektrums der Emissionsquellen (Leistungsklasse, Alter der Emissionsquellen), die Betriebsweisen, das Nutzerverhalten, die Brennstoffeigenschaften und alle anderen variablen Größen innerhalb der einzelnen Technologien über ganz Österreich zu verstehen. Aufgrund der Erhebung sind diese gewichteten Emissionsfaktoren nur für Emissionsberechnungen für das gesamte Bundesgebiet anwendbar.

In Abhängigkeit vom gewählten Verfahren zur Erhebung dieser Emissionsfaktoren (Feld- und Betriebsmessungen, Literaturstudie) muß bei der Verwendung mit unterschiedlichen Unsicherheitsbereichen gerechnet werden.

Zur Erhöhung der Transparenz werden zu den einzelnen Sektoren die zugehörigen Verursachergruppen gemäß Selected Nomenclature for Air Pollution (SNAP) angegeben¹.

Es wird darauf hingewiesen, daß Emissionsfaktoren der Erstellung von Emissionsbilanzen dienen. Da diese Emissionsfaktoren als charakteristische Werte für eine sehr große Anzahl einander ähnlicher Emissionsquellen repräsentativ sind, können sie nur für die österreichische, bundesweite Emissionsbilanz verwendet werden.

Hingegen würde die Verwendung der in diesem Anhang angegebenen Emissionsfaktoren für Einzelanlagen, Emissionsbilanzen und/oder Energiekonzepten für Gemeinden, Städte und Regionen sowie für generelle Vergleiche von Energiebereitstellungssystemen zu Fehlinterpretationen führen.

Für die von einem Emissionsfaktor erfaßten Emissionsquellen sind als Gleichartigkeitskriterien anzuführen: Brennstoff, Verbrennungstechnik, Brennstoffwärme-Leistungsbereich, physikalische und chemische Bezugsbedingungen der Angabe.

Mit Hilfe solcher Emissionsfaktoren werden nationale Emissionsmassenströme einer definierten Emittentengruppe, die zur Berechnung der jeweiligen nationalen Gesamtbilanzen herangezogen werden, errechnet.

Die Gesamtbilanzen dienen nationalen Berichtspflichten, der Kontrolle der Luftbelastung und gegebenenfalls daraus sich ergebender Kontrollmaßnahmen auf legislativen, technischen und logistischen Gebieten.

¹ Gordon McInnes; Joint EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook, European Environment Agency, Copenhagen, February 1996

Kraftwerke (SNAP 0101)

Dieser Sektor umfaßt sowohl Kraftwerke als auch Kraftwerke mit Kraft-Wärme-Kopplung. Die Abgrenzung zu SNAP 0102 erfolgt auf Grund der eigenen Zuordnung der Betreiber und nicht auf technischen Gegebenheiten. Die Emissionsfaktoren wurden auf Basis der Emissionen und der eingesetzten Brennstoffmengen ermittelt. Die Emissionen des Sektors Kraftwerke und Fernheizkraftwerke wurden auf Grundlage der Emissionserklärungen vom Umweltbundesamt bestimmt. Die Emissionserklärungen basieren in der Regel auf Emissionsmessungen. Abweichungen der Emissionsfaktoren können u.a. durch den jährlich unterschiedlichen Einsatz von Kraftwerken bedingt sein.

Tab. 1: Durchschnittliche Emissionsfaktoren 1997 der Kraftwerke

Brennstoff	SO ₂	NO _x	C _x H _y	CO	Staub	CO ₂ ²
	kg/ TJ	kg/ TJ	kg/ TJ	kg/ TJ	kg/ TJ	kg/ TJ
Steinkohle	57	50	1	1	4	95 000
Braunkohle	89	77	1	7	12	110 000
Heizöl-schwer	50	26	3	3	14	80 000
Erdgas	0	30	0,24	4	0	55 000
Erdgas Kombi ³	0	31	0,24	10	0	55 000
Erdgas MHKW ⁴	0	78	47	102	0	55 000

Heizwerke (SNAP 0102)

Dieser Sektor umfaßt sowohl Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung (Heizkraftwerke) als auch Heizwerke. Die Emissionsfaktoren dieser Anlagen unterscheiden sich je nach ihrer thermischen Brennstoffwärmeleistung mitunter erheblich, weshalb sie nunmehr getrennt für Anlagen mit einer Brennstoffwärmeleistung größer 50MW_{th} (SNAP 0102 01 und 0102 02; Tabelle 2a) und kleiner 50MW_{th} (SNAP 0102 03; Tabelle 2b) ausgewiesen werden.

Die Emissionsfaktoren für Heizwerke wurden im wesentlichen auf Basis der Emissionserklärungen der Betreiber gemäß Luftreinhaltegesetz ermittelt. Es erfolgte eine Verifikation der Ergebnisse (ausgenommen C_xH_y) auf Grundlage des Forschungsberichts FW-A 350, welcher im Auftrag des Fachverbandes der Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen erstellt worden ist.⁵ Im Hinblick auf diese Verifikation finden sich zusätzlich zu den Emissionsfaktoren für einzelne Brennstoffe auch aggregierte Emissionsfaktoren für Kohle und Öl sowie ein solcher über alle Brennstoffe.

² Die CO₂-Emissionsfaktoren wurden aufgrund von Elementaranalysen berechnet.

³ Kombikraftwerke mit Gas- und Dampfturbinen.

⁴ Gasbetriebene Motorheizkraftwerke.

⁵ Forschungsbericht FW-A 350 Aktualisierung der Emissionsfaktoren der Wärmeerzeugung; Windsperger, B.Mayr Forschungsinstitut für Chemie und Umwelt, fertiggestellt durch das Institut für Industrielle Ökologie, Wien im Dezember 1998, erstellt im Auftrag des Fachverbandes der Gas- und Wärmeversorgungsunternehmen

Tab. 2a: Durchschnittliche Emissionsfaktoren 1996 für Heizwerke größer 50 MW_{th} (SNAP 010201 und 010202)

Brennstoff	SO ₂	NO _x	C _x H _y	CO	Staub	CO ₂ ⁶
	kg/ TJ	kg/ TJ	kg/ TJ	kg/ TJ	kg/ TJ	kg/ TJ
Steinkohle	40	62	1	3	5	93 000
Braunkohle	89	77	1	10	6	108 000
Heizöl leicht	92	42	6	<1	<1	77 000
Heizöl mittel	196	76	6	4	4	78 000
Heizöl schwer	127	100	6	4	4	80 000
Erdgas	< 1	25	2	4	<1	55 000
Kohle	41	62	1	3	5	93 407
Öl	130	98	6	4	4	79 882
Gesamt	78	74	4	4	4	75 584

Tab. 2b: Durchschnittliche Emissionsfaktoren 1996 für Heizwerke kleiner 50 MW_{th} (SNAP 010203)

Brennstoff	SO ₂	NO _x	C _x H _y	CO	Staub	CO ₂ ⁷
	kg/ TJ	kg/ TJ	kg/ TJ	kg/ TJ	kg/ TJ	kg/ TJ
Holz und Biomasse	11	143	7	72	-	0
Steinkohle	-	-	-	-	-	-
Braunkohle	-	-	-	-	-	-
Heizöl extra leicht	45	65	6	10	-	75 000
Heizöl leicht	92	159.4	1	10	-	78 000
Heizöl mittel	196	159.4	10	15	-	78 000
Heizöl schwer	398	317.4	10	15	-	78 000
Erdgas	< 1	41	2	5	-	55 000
Öl	125	175	2	11	-	77 984
Gesamt	47	100	3	13	-	62 053

⁶ Der CO₂-Emissionsfaktor für holzähnliche biogene Brennstoffe beträgt 102000 kg/TJ. Allerdings sind die CO₂-Emissionsfaktoren für biogene Brennstoffe unter bestimmten Voraussetzungen Null.

Kleinverbraucher (SNAP 0202)

In diesem Sektor wurden im Energiebericht 1996 drei Anlagentypen (Einzelöfen, Etagen- und Zentralheizung) unterschieden. Als Grundlage für die Ermittlung dieser Emissionsfaktoren für die fluiden Brennstoffe Heizöl extraleicht und leicht sowie Erdgas wurden die gewichteten Ergebnisse österreichweiter Emissionsmessungen an jeweils ca. 500 Kleinfeuerungsanlagen im praktischen Betrieb herangezogen. Diese Emissionsmessungen wurden für die flüssigen Brennstoffe im Auftrag der OMV AG und für Erdgas im Auftrag der Österreichischen Vereinigung für das Gas- und Wasserfach (ÖVGW) durchgeführt.

Für die festen Brennstoffe waren Emissionsfaktoren für die Emittentengruppe Kleinverbraucher überwiegend durch Meßergebnisse vom Prüfstand und durch Rechnung (SO₂) gewonnen worden. Die Messungen erfaßten bei den fluiden Brennstoffen den stationären, bei festen Brennstoffen auch den instationären Betriebszustand.

Prüfstandmessungen fanden und finden unter optimalen Betriebs- und genormten Meßbedingungen statt, die beim Betrieb eines Gerätes in der Anwendungspraxis fast nie gegeben sind. Die tatsächlichen Emissionen vor Ort können von den Prüfstandmessungen deutlich bis stark abweichen, wenn eine fachgerechte Planung und Installation, eine sorgfältige Wartung, ein ordnungsgemäßer Betrieb sowie die Verwendung des für die Feuerung spezifizierten Brennstoffes nicht sichergestellt ist.

Feste Brennstoffe

Von 1996 bis 1998 wurden durch Feldmessungen an einer repräsentativen Anzahl von Anlagen (geplant und durchgeführt 180; verwertbar 173) Emissionsfaktoren für Einzelöfen Holz, Einzelöfen Kohle, Zentralheizung Holz und Zentralheizung Kohle für die Schadstoffe CO, NO_x, TOC und Staub gewonnen. Diese Emissionsmessungen wurden im Auftrag von Gebietskörperschaften (BMUJF, BMWV, BMwA, BMLF, Bundesländer) durchgeführt. Auf Grund der Aussage der Statistik sind in den Ergebnissen dieser Messungen systematische Parameter wie Technik und Alter der Geräte und zufällige Parameter wie Brennstoffqualität, Wartungszustand und Betreiberverhalten mit den in den Tabellen 3 und 4 angegebenen Vertrauensbereichen mit berücksichtigt.

Bei der für feste Brennstoffe anzuwendenden Verbrennungstechnik ergeben sich ein Zündungs- und Abbrandverhalten, das sich von den fluiden Brennstoffen stark unterscheidet. Da dem Zünden der Brennstoffe zunächst eine Trocknung und anschließend eine Schwelphase mit dem Zünden der flüchtigen Schwelprodukte vorgelagert ist und erst dann ein Abbrennen des festen Brennstoffkörpers erfolgt, ist die instationäre Phase bei den festen Brennstoffen im Vergleich zu den fluiden Brennstoffen um vieles länger und geht auch langsamer und stetiger in den stationären Zustand über. Die Emissionsmessungen erfassen daher zwangsläufig den instationären und stationären Zustand. Die daraus abgeleiteten Emissionsfaktoren sind somit Gesamt-Emissionsfaktoren.

In den nachstehenden Tabellen 3 (Einzelöfen) und 4 (Zentralheizung) sind die aus den Feldmessungen gewonnenen gewichteten Emissionsfaktoren angegeben⁷. Sie stellen die durchschnittliche Schadstoffemission (kg) bezogen auf die eingesetzte Brennstoffenergie-menge (TJ) im Jahresmittel dar. Hinzugefügt ist der 95%-Vertrauensbereich als jener Bereich, in dem der wahre Wert mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% liegt.

⁷ Spitzer, J. et al.: „Emissionsfaktoren für feste Brennstoffe“, Joanneum Research Report, Graz, Dezember 1998.

Tab. 3: Emissionsfaktoren (kg/TJ) von Festbrennstoff-Einzelöfen im Sektor Kleinverbraucher für den Anlagenbestand 1997/98 in Österreich

Brennstoff	SO ₂	NO _x	TOC ⁸	CO	Staub	CO ₂
	kg/ TJ	kg/ TJ	kg/ TJ	kg / TJ	kg/ TJ	kg/TJ
Holz	11 ⁹	106 ± 33%	664 ± 62%	4463 ± 35%	148 ± 46%	0 ¹⁰
Kohle	340 ± 39%	132 ± 41%	341 ± 46%	3705 ± 43%	153 ± 50%	Keine Angabe ¹¹

Tab. 4: Emissionsfaktoren (kg/TJ) von Festbrennstoff-Zentralheizungen im Sektor Kleinverbraucher für den Anlagenbestand 1997/98 in Österreich

Brennstoff	SO ₂	NO _x	TOC ⁹	CO	Staub	CO ₂
	kg/ TJ	kg/ TJ	kg/ TJ	kg / TJ	kg/ TJ	kg/TJ
Holz	11 ¹²	107 ± 27%	448 ± 25%	4303 ± 18%	90 ± 25%	0 ¹¹
Kohle	543 ± 13%	78 ± 21%	288 ± 50%	4206 ± 21%	94 ± 55%	Keine Angabe ¹²

In diesem Sektor werden nunmehr für die Brennstoffe Holz und Kohle nur mehr zwei Anlagentypen (Einzelöfen und Zentralheizungen) unterschieden.

Bezüglich der Emissionsfaktoren für Holzfeuerungen ist festzustellen, daß diese stark durch alte Holzfeuerungen beeinflusst sind, da es im österreichischen Anlagenbestand erst relativ wenige moderne Holzfeuerungen gibt. Die in den Tabellen 3 und 4 angeführten Emissionsfaktoren liegen naturgemäß wesentlich über jenen moderner Anlagen. Es ist davon auszugehen, daß die durchschnittlichen Emissionsfaktoren des Anlagenbestandes in Österreich in Zukunft durch zusätzlich installierte moderne Holzfeuerungen und Ersatz von alten durch moderne Anlagen abnehmen. Diese Entwicklung wäre durch eine Wiederholung des Meßprogramms quantitativ zu belegen.

Fluide Brennstoffe - Heizöle

In den Jahren 1993 bis 1995 hat die OMV in ihrem Forschungsprojekt Emissionsfaktoren rund 500 Kesselanlagen für HEL oder HL, davon 420 Anlagen mit einer geringeren Brennstoffwärmeleistung als 350 kW, durch Feldmessungen geprüft. Die für Einzel-, Etagen- und Zentralheizungen getrennt ermittelten Ergebnisse für NO_x, C_xH_y, CO und Ruß (Staub) wurden bereits im Energiebericht 1996 dargestellt und sind nochmals in Tabelle 5 angeführt.¹³

⁸ In den Feldmessungen wurde die TOC-Emission bestimmt. Der Emissionsfaktor für TOC beinhaltet im Gegensatz zu Emissionsfaktoren für NMVOC auch die Emissionen an Methan.

⁹ Einheitlicher Schwefelgehalt für Holz aus Literatur - daher keine Angabe eines Vertrauensbereiches.

¹⁰ Der CO₂-Emissionsfaktor für holzähnliche biogene Brennstoffe beträgt 102000 kg/TJ. Allerdings sind die CO₂-Emissionsfaktoren für biogene Brennstoffe unter bestimmten Voraussetzungen Null.

¹¹ Es wird kein CO₂-Emissionsfaktor für den Brennstoff Kohle angegeben, sondern es sind die Emissionsfaktoren für die einzelnen Kohlesorten gemäß der Tabelle für Heizwerke heranzuziehen.

¹² Einheitlicher Schwefelgehalt für Holz aus Literatur - daher keine Angabe eines Vertrauensbereiches.

¹³ Hübner C., et.al.: „Emissionen aus Ölheizungen im stationären Betriebszustand“; Teil 1: Kleinfeuerungsanlagen bis 350 kW mit Heizöl Extraleicht; Erdöl Erdgas Kohle Heft 4, April 1996; Teil 2: Kleinfeuerungsanlagen bis 350 kW und Anlagen mittlerer Leistung bis 3 MW mit Heizöl Leicht; Erdöl Erdgas Kohle, Heft 10, Oktober 1996.

Tab. 5: Emissionsfaktoren (kg/TJ) von Öl-Feuerungsanlagen im Sektor Kleinverbraucher in Österreich für den Anlagenbestand 1993-1995 in Österreich

Art der Feuerungsanlage	NO _x	C _x H _y ¹⁴	CO	SO ₂	Ruß	CO ₂
	kg/ TJ	kg/ TJ	kg / TJ	kg / TJ	kg / TJ	kg / TJ
Einzelheizungen - HEL	19	2	150	45	<0,5	75000
Etagenheizungen - HEL	42	<1	67	45	<0,5	75000
Zentralheizungen - HEL	42	<1	45	45	<0,5	75000
Zentralheizungen - HL	115	<1	39	90	2	77000

Angaben über den Vertrauensbereich der in Tabelle 5 angegebenen Emissionsfaktoren liegen nicht vor.

Die OMV hat 1996 bis 1998 in Zusammenarbeit mit der TU Wien auch die Emissionen aus den instationären Betriebszuständen untersucht. Ziel des Projektes waren Messung der Start- und Stop-Emissionen in Abhängigkeit von der Gerätetechnik, Entwicklung eines Auswertemodells, Berechnung der Emissionswerte für die instationären Zustände und Darstellung der Einflußgrößen.

Für die extrem schnell verlaufenden Änderungen der Meßgrößen in den instationären Zuständen mußte eine Meßtechnik adaptiert werden, die eine Auflösung von 1/100 Sekunde leisten konnte. Die Messungen wurden bedingt durch die aufwendige und empfindliche Meßtechnik am Prüfstand durchgeführt.

Von den untersuchten 7 Gerätekombinationen der Baujahre 1994 bis 1997 waren drei Kombinationen mit zweistufiger Betriebsweise. Mangels einer technischen Bestandsstatistik für ölbefeuerte Heizgeräte in Österreich ist über die Repräsentativität der Auswahl dieser Gerätekombinationen eine abgesicherte Aussage nicht möglich. Es wurden folgende Luftschadstoffe gemessen: CO, C_xH_y, NO, NO₂, N₂O, CH₄ und CO₂.

Für das systematische Abgrenzen der instationären von den stationären Zuständen wurde ein eigenes Auswertungsmodell erarbeitet und veröffentlicht. Mit Hilfe dieses Auswertemodells und egalisieren der Annahmen für Feuerungsleistung, Jahresbetriebsstunden und für die Brennerlaufzeit, welche von besonders starkem Einfluß auf die Emissionen ist, wurden über 1200 Meßkurven ausgewertet und die Ergebnisse für CO und C_xH_y veröffentlicht¹⁵. Bezüglich der Verwendbarkeit dieser Ergebnisse siehe Punkt "Vergleichbarkeit der Emissionsfaktoren der unterschiedlichen Energieträger".

Fluide Brennstoffe - Gas

Wie bereits ausgeführt wurden in den Jahren 1990 bis 1995 im Auftrag der ÖVGW von der Versuchsanstalt für Brennstoffe, Feuerungstechnik und Gastechnik an der TU-Wien an 507 Gas-Feuerstätten mit einer Leistung von weniger als 350 kW bundesweit Feldmessungen durchgeführt und die aus der Gerätebetriebspraxis sich ergebenden Emissionswerte für CO, NO_x und C_xH_y, gegliedert nach sieben untersuchten Gerätetypen und unter Verwendung von Gerätestatistiken nach Alter der Geräte, zu Emissionsfaktoren hochgerechnet. Diese Emissionsfaktoren resultierten aus der Messung stationärer Betriebszustände.

¹⁴ Als Methan gerechnet.

¹⁵ Karner, D. und Heger, S.: „Erfassung von Emissionen aus Ölheizungen während instationärer Betriebszustände“, Wärmetechnik 11, 1998.

Zusätzlich zu den Messungen der stationären Betriebszustände wurden bei 60 dieser Anlagen jeweils mehrere Betriebszyklen einschließlich der instationären Zustände gemessen, um deren Emissionsverhalten orientierend studieren zu können. Auf Grund der zu der Gesamtzahl der gemessenen Geräte vergleichsweise kleinen Anzahl und dem orientierenden Charakter dieser Messungen konnten die Resultate nicht zur Ermittlung von Gesamtemissionsfaktoren herangezogen werden.

Für die von der Untersuchung erfaßten Gerätetypen wurde mit Hilfe eines dafür erstellten aufwendigen theoretischen Modells unter Einsatz sachbezogener Trendanalysen aus Veränderungen im österreichischen Gasgerätebestand und dessen Erfassung in neueren und verbesserten Gerätestatistiken die Altersstruktur dieser Typengruppen für 1996 hochgerechnet.

Mit Hilfe der so errechneten Altersstruktur des Gerätezustandes konnte eine Gewichtung der spezifischen Meßresultate, gegliedert nach Anlagentypen, vorgenommen werden.

Die durch die Verwendung einer solchen Näherungsmethode ermittelten Emissionsfaktoren¹⁶ wurden 1997 publiziert¹⁷ und sind in Tabelle 6 ausgewiesen.

Tab. 6: Emissionsfaktoren (kg/TJ) von Gas-Feuerungsanlagen im Sektor Kleinverbraucher für den Anlagenbestand 1996 in Österreich

Art der Feuerungsanlage	NO _x	C _x H _y ¹⁸	CO	CO ₂
	kg/ TJ	kg/ TJ	kg / TJ	kg / TJ
Einzelheizungen	51	<1	37	55 000
Etagenheizungen	43	1	44	55 000
Zentralheizungen	42	<1	37	55 000
Warmwasserversorgungen	35	1	88	55 000

Angaben über den Vertrauensbereich der in Tabelle 6 angegebenen Emissionsfaktoren liegen nicht vor. Für SO₂ und Staub sind für alle angeführten Arten von mit Gas befeuerten Feuerungsanlagen die Emissionsfaktoren mit 0 kg/TJ anzunehmen.

Im Rahmen einer von der OMV initiierten Untersuchung wurden 1996 bis 1998 an 18 Gasgeräten verschiedenen Typs die Emissionen von CO, NO, NO₂ und CH₄ für instationäre Zustände am Prüfstand gemessen und hierfür die gleiche Meß- und Auswertetechnik wie bei den Untersuchungen der ölbefeuerten Geräte zur Anwendung gebracht. Eine aus diesen Resultaten sich ergebende Möglichkeit zur Darstellung von Jahresemissionen unter Berücksichtigung der instationären Betriebszustände wurde publiziert¹⁹.

Vergleichbarkeit der Emissionsfaktoren der unterschiedlichen Energieträger

Für Emissionsfaktoren wird - um Verzerrungen bezüglich des Beitrages der einzelnen Energieträger zu vermeiden - eine vergleichbare Qualität der aus den verschiedenen Brennstoffen resultierenden Werte angestrebt. Mit den seit dem Energiebericht 1996 durchgeführten Untersuchungen für feste und fluide Brennstoffe wurde ein großer Schritt in der Richtung vergleichbarer Qualität getan.

¹⁶ Diese Emissionsfaktoren berücksichtigen nicht instationäre Betriebszustände.

¹⁷ Brötzenberger, H. und Kreft, N.: „Ermittlung von Emissionsfaktoren für Gasgeräte in Österreich“, ÖVGW/GF 24, Wien, Oktober 1997.

¹⁸ Als Methan gerechnet.

¹⁹ Kerner, D. und Zobl, P.: „Schadstoffemissionen aus Gasheizgeräten während instationärer Betriebszustände“, Gaswärme 47, Heft 10, 1998.

Für die festen Brennstoffe Holz und Kohle stehen nun erstmals Emissionsfaktoren zur Verfügung, welche auf einer systematisch durchgeführten Feldmeßserie beruhen. Auf Grund der Ermittlungsmethode und einer anderen Gliederung nach Brennstoffart und Art der Feuerungsanlage sind die nun gewonnenen Emissionsfaktoren für feste Brennstoffe mit jenen, welche im Energiebericht 1996 angeführt sind, direkt vergleichbar.

Die seit 1996 durchgeführten Messungen der instationären Zustände bei mit Öl und Gas befeuerten Anlagen mußten wegen der extrem aufwendigen Meßtechnik auf dem Prüfstand durchgeführt werden. Mit dieser Meßtechnik wurden jeweils 17 Gasgeräte und 11 Brenner-Kesselkombinationen für Öl gemessen.

Die Darstellung der Ergebnisse aus den Messungen der instationären Zustände kann mit folgenden Kennzahlen erfolgen:

1. Emission der instationären Betriebszustände als Summe der Emissionen von Start- und Stop-Phase eines genormten Betriebszyklus (Emissionswert),
2. Anteil der Emission aus den instationären Zuständen an der Gesamtemission eines genormten Betriebszyklus (Prozentwert),
3. Gesamtemission aus einem genormten Betriebszyklus (Emissionswert),
4. Abhängigkeit der Gesamtemission eines genormten Betriebszyklus von der Dauer des stationären Zustandes,
5. Jahresemission (Emissionswert),
6. Gesamt-Emissionsfaktor als spezifische Gesamtemission aus stationären und instationären Zuständen als Durchschnittswert über alle Anlagen.

Die ersten fünf dieser Kennzahlen sind Informationen bezüglich der Emission einer Heizungsanlage unter Berücksichtigung der instationären Zustände, sie haben jedoch nicht die Qualität eines Gesamt-Emissionsfaktors. Hierfür fehlt vor allem das Verhältnis der Dauer der stationären Zustände zur Dauer der instationären Zustände im österreichischen Anlagen-durchschnitt. Dieses Verhältnis ist bei fluiden Brennstoffen von entscheidendem Einfluß auf den Gesamt-Emissionsfaktor und wird durch systematische und zufällige Parameter beeinflusst. Abgesicherte Daten über dieses Verhältnis liegen bislang nicht vor. Somit kann für fluide Brennstoffe ein abgesicherter Gesamt-Emissionsfaktor (noch) nicht abgeleitet werden.

Es wird folgende Vorgangsweise zur Berücksichtigung der instationären Zustände in den Emissionsfaktoren für fluide Brennstoffe erwogen:

- Die Messung der Gesamtemission mit Hilfe eines genormten Betriebszyklus, eine Methode wie sie bei Kraftfahrzeugen international üblich ist. Würde man sich auf ein solches Zyklusmodell einigen, so könnte aus der für die wichtigsten Gerätekombinationen gemessenen Zyklusemissionen mit Hilfe von Näherungsmodellen für die Geräteparkstrukturen ein Gesamt-Emissionsfaktor abgeleitet werden.
- Um eine einheitliche Vorgangsweise zu erreichen, sollte eine Behandlung auf europäischer Ebene (z.B. durch Dachverbände, CEN) erfolgen.

Kraftfahrzeuge (0701, 0702, 0703, 0704, 0705, 0806)

Im Rahmen eines Kooperationsprojektes zwischen Umweltbundesamt, BMfUJF und BMfVW wurden in den letzten Jahren umfangreiche Untersuchungen in Zusammenarbeit mit deutschen und Schweizer Organisationen durchgeführt. Für die meisten Emissionsfaktoren sind

aktuelle Daten vorhanden, in einigen Bereichen (wie etwa bei den „sonstigen Fahrzeugen“) liegen noch keine endgültigen Ergebnisse vor.

Die Emissionsfaktoren sind für die Fahrzeugarten PKW & Kombi, LKW, Busse und Motorräder jeweils für durchschnittliche Fahrzustände im Innerorts-, Außerorts- und Autobahnverkehr in Gramm/Kilometer, für Motorräder < 50cm³ für einen Durchschnittszyklus in Gramm/Kilometer und für Traktoren und sonstige KFZ ähnlicher Bauart in Gramm/Betriebsstunde. Die Emissionserhebungen basieren auf Emissionserhebungen in Österreich, in Deutschland und in der Schweiz (UBA und BUWAL).

Die Emissionsfaktoren wurden mit der Flottenzusammensetzung und einer alters- und hubraumabhängigen spezifischen Jahresfahrleistung nach den Fahrleistungsanteilen von acht Baujahrklassen, die in jeweils drei Hubraumklassen unterteilt sind, gewichtet. Es handelt sich um Emissionsfaktoren im warmen Betriebszustand nach Streckenart (Autobahn, außerorts und innerorts) und für ebene Fahrbahn.

Die folgenden Tabellen beruht auf Daten für das Jahr 1998, berechnet gemäß dem Handbuch der Emissionsfaktoren für den Straßenverkehr, Version 1.1A²⁰. Die Kalt- und Kühlstartemissionen sowie Verdunstungsemissionen sind in die Berechnung nicht mit einbezogen. Die Angaben für Fahrzeuge mit Katalysator sowie die Dieselfahrzeuge beziehen sich auf Fahrzeuge nach EURO II – Norm, die Daten für den Verbrauch und die CO₂ – Emissionen stammen von Fahrzeugen der Baujahre 1996ff.

²⁰ Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie/Umweltbundesamt (Hrsg.): „Handbuch der Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs in Österreich. Version 1.1A“; Wien, 1998. Das Handbuch der Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs ist beim Umweltbundesamt erhältlich.

Tab. 7: Emissionsfaktoren für PKW und Kombi für das Jahr 1997 in g/km unterschieden nach Motor-
typ und Abgasnachbehandlung sowie für den Durchschnitt aller PKW in Österreich

Fahrzeugart	Streckenart	CO	CO ₂	C _x H _y ²¹	NO _x	Part	SO ₂	Verbrauch
		g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km
mit KAT	Autobahn	1,600	195,6	0,053	0,204	k.A. ²	0,012	62,1
	außerorts	0,559	148,7	0,042	0,083	k.A.	0,010	47,2
	innerorts	0,903	203,2	0,075	0,086	k.A.	0,013	64,5
ohne KAT	Autobahn	12,811	208,9	0,989	3,244	k.A.	0,013	66,3
	außerorts	6,660	156,7	1,041	1,878	k.A.	0,010	49,7
	innerorts	12,039	224,6	1,911	1,664	k.A.	0,014	71,3
Diesel	Autobahn	0,215	176,1	0,028	0,418	0,067	0,055	55,9
	außerorts	0,222	127,9	0,030	0,306	0,043	0,040	40,6
	innerorts	0,454	167,5	0,058	0,420	0,046	0,053	53,2
Gesamt	Autobahn	1,775	190,1	0,096	0,661	k.A.	0,028	k.A.
	außerorts	1,186	145,5	0,139	0,418	k.A.	0,020	k.A.
	innerorts	2,206	196,4	0,284	0,480	k.A.	0,026	k.A.

Die Emissionsdaten für LKW sind nach Klassen für das maximal zulässige Gesamtgewicht und Art der Fahrzeuge angegeben. Die Klasse unter 3,5 Tonnen sind leichte Nutzfahrzeuge (NFZ) bzw. Lieferwagen. Die Klasse der schweren Nutzfahrzeuge wird unterteilt nach LKW, Lastzug und Sattelzug. Die angegebenen Werte beziehen sich auf bestandsgewichtete Mittelwerte aus fünf Baujahrsklassen. Die Emissionsfaktoren werden nur für Dieselfahrzeuge angegeben, benzingetriebene Fahrzeuge spielen in dieser Fahrzeugklasse eine untergeordnete Rolle (Fahrleistungsanteil etwa 1,15%).

Tab. 8: Streckenabhängige Emissionsfaktoren in g/km für Lieferwagen und leichte Nutzfahrzeuge für das Jahr 1997

Fahrzeugart	Streckenart	CO	CO ₂	C _x H _y ²²	NO _x	Part	SO ₂	Verbrauch
		g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km
leichte NFZ/ Lieferwagen	Autobahn	3,536	362,6	0,155	1,350	0,197	0,098	116,8
	Außerorts	1,474	253,4	0,197	1,032	0,112	0,067	81,3
	Innerorts	2,386	317,2	0,400	1,134	0,125	0,081	101,2

²¹ Die C_xH_y-Emissionen aufgrund der Verdampfung von Treibstoffen sind nicht berücksichtigt

Tab. 9: Streckenabhängige Emissionsfaktoren für Lastkraftwagen, Lastzüge und Sattelzüge für das Jahr 1997

Fahrzeugart	Streckenart	CO	CO ₂	C _x H _y ²²	NO _x	Part	SO ₂	Verbrauch
		g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km
LKW	Autobahn	2,432	647,7	0,755	6,949	0,272	0,204	205,9
	außerorts	2,065	563,9	0,979	5,911	0,290	0,177	179,1
	innerorts	3,792	808,2	2,341	7,800	0,539	0,253	256,5
Lastzug	Autobahn	1,684	751,1	0,640	8,022	0,375	0,238	238,4
	außerorts	1,750	684,7	0,838	7,179	0,388	0,217	217,4
	innerorts	2,765	1028,6	2,062	10,051	0,618	0,326	326,5
Sattelzug	Autobahn	1,234	881,5	0,622	10,456	0,307	0,279	279,8
	außerorts	1,304	789,1	0,729	9,008	0,348	0,250	250,5
	innerorts	2,203	1171,2	1,663	12,420	0,614	0,371	371,8

Die Emissionsfaktoren für Busse sind unterteilt in Angaben für Reisebusse und Linienbusse, wobei für die Linienbusse nur Emissionsfaktoren für außerorts und innerorts angegeben werden.

Tab.10: Streckenabhängige Emissionsfaktoren in g/km für Reise- und Linienbusse für das Jahr 1997

Fahrzeugart	Streckenart	CO	CO ₂	C _x H _y ²³	NO _x	Part	SO ₂	Verbrauch
		g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km
Reisebus	Autobahn	1,027	709,7	0,669	10,928	0,251	0,225	225,3
	außerorts	1,402	656,5	0,944	8,745	0,306	0,208	208,4
	innerorts	3,236	1018,6	2,284	12,194	0,634	0,323	323,4
Linienbus	außerorts	3,943	792,8	0,911	11,513	0,380	0,251	251,7
	innerorts	5,917	1272,9	1,968	16,992	0,739	0,403	404,1

Bei den Zweirädern wird unterschieden zwischen Motorrädern (Hubraum über 50 ccm) und Mofas (Hubraum unter 50 ccm). Die Emissionsfaktoren ergeben sich aus dem bestandsgewichteten Mittelwert der Zweiräder mit 2- und 4-Taktmotoren.

²² Die C_xH_y-Emissionen aufgrund der Verdampfung von Treibstoffen sind nicht berücksichtigt

Tab. 11: Streckenabhängige Emissionsfaktoren in g/km für Motorräder und Mofas für das Jahr 1997

Fahrzeugart	Streckenart	CO	CO ₂	C _x H _y ²³	NO _x	Part	SO ₂	Verbrauch
		g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km
Motorrad	Autobahn	19,997	108,8	0,723	0,480	k. A.	0,007	36,9
	außerorts	11,782	83,3	0,649	0,298	k. A.	0,005	28,3
	innerorts	11,233	98,1	1,265	0,163	k. A.	0,006	31,5
Mofa	außerorts	7,218	40,3	2,329	0,010	k. A.	0,003	12,8
	innerorts	6,024	39,1	2,056	0,010	k. A.	0,003	12,4

Beim Startvorgang eines KFZ treten im Vergleich zum warmen Betriebszustand erhöhte Emissionen auf, welche zu berücksichtigen sind. Auch bei Katalysatorfahrzeugen kommt es hier zu höheren Schadstoffemissionen, da der Katalysator seine Betriebstemperatur noch nicht erreicht hat. Die angegebenen Faktoren beziehen sich auf mittlere österreichische Werte hinsichtlich vorangegangener Fahrdauer, Abstelldauer, Jahrestemperatur und Region.

Tab. 12: Startzuschläge für PKW und Lieferwagen/leichte Nutzfahrzeuge in Gramm pro Startvorgang für das Jahr 1997

Fahrzeugart	CO	CO ₂	C _x H _y ²⁴	NO _x	Part	SO ₂
	g/Start	g/Start	g/Start	g/Start	g/Start	g/Start
PKW	11,195	212,7	1,740	0,645	0,205	0,053
LI/LNF	20,873	132,0	2,536	0,733	0,034	0,017

Die Emissionsfaktoren für „Sonstige Kraftfahrzeuge“ werden aus dem Emissionsverhalten von Traktoren abgeleitet und beziehen sich auf das für diese Klasse auftretende Lastkollektiv. Die Werte repräsentieren bestandsgewichtete Mittelwerte von zwei Zulassungsjahrgängen. Die Emissionsfaktoren beziehen sich ausschließlich für Kraftfahrzeuge mit Dieselmotor.

Tab. 13: Emissionsfaktoren für Traktoren und KFZ ähnlicher Bauart in Gramm pro Betriebsstunde für das Jahr 1997

Fahrzeugart	CO	CO ₂	C _x H _y ²⁴	NO _x	Part	SO ₂	Verbrauch
	g/h	g/h	g/h	g/h	g/h	g/h	g/h
Traktor und KFZ ähnlicher Bauart	37,2	5990	15,1	58,0	7,6	0,475	1900,0

²³ Die C_xH_y-Emissionen aufgrund der Verdampfung von Treibstoffen sind nicht berücksichtigt

Industrie

In diesem Endbericht wurde davon Abstand genommen, Emissionsfaktoren für pyrogene Emissionen für den Sektor Industrie (so wie etwa im Energiebericht 1990) auszuweisen. Dafür war ausschlaggebend, daß die Emissionen der größten industriellen Quellen auf Grundlage jährlicher Emissionserklärungen in die vom Umweltbundesamt für Österreich erstellte Emissionsbilanz eingehen. Diese Emissionsbilanzen basieren in der Regel ähnlich wie bei Kraftwerken auf Emissionsmessungen und unterscheiden nicht zwischen pyrogenen und prozeßbedingten Emissionen. Vergleiche auf internationaler Ebene bestätigen, daß die Unterscheidung in prozeßbedingte und pyrogene Emissionen sehr unterschiedlich gehandhabt wird, da es an einer klaren Abgrenzung mangelt und die Betriebe sich nicht in der Lage sehen, eine solche Abgrenzung durchzuführen. Somit ist die Aussagekraft derartiger Emissionsfaktoren sehr eingeschränkt. Als wesentlich aussagekräftiger sind Emissionsfaktoren anzusehen, welche sowohl die prozeßbedingten als auch die pyrogenen Emissionen abdecken. Entsprechende Berichtsformate werden zur Zeit in internationalen Gremien diskutiert. Entsprechende Angaben sollen beim nächsten Energiebericht aufgenommen werden.