

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Allgemein</b>	<b>5</b>
1.1 Einleitung	5
1.2 Funktion des Emissionskatasters	5
1.3 Kurzbeschreibung der erfaßten Schadstoffe	6
<b>2 Grundlagen des Emissionskatasters</b>	<b>7</b>
2.1 Detaillierungsgrad	7
2.2 Systematik	8
2.3 Ermittlung der Emissionsmengen	8
<b>3 Emissionen des Sektors Verkehr, Bezugsjahr 1995</b>	<b>9</b>
3.1 Verkehrswege	9
3.1.1 Straßennetz	9
3.1.2 Schienennetz	9
3.2 Rechenmodelle für den Verkehrsteil	9
3.2.1 Verkehrsmodell für den Straßenverkehr	9
3.2.2 Berechnung der Verkehrsemissionen	10
3.2.2.1 Straßenverkehr	10
3.2.2.2 Schienenverkehr	11
3.3 Verkehrsemissionen 1995	11
3.3.1 Straßenverkehr	11
3.3.1.1 Flottenzusammensetzung	11
3.3.1.2 Fahrleistung	12
3.3.1.3 Emissionsmengen	12
3.3.2 Schienenverkehr	18
3.3.3 Emissionen des gesamten Verkehrssektors	20
<b>4 Emissionen des Sektors Hausbrand</b>	<b>20</b>
4.1 Allgemein	20
4.2 Orts-, Zeit- und Sachbezug der Hausbrandemissionen	21
4.3 Erhebungssystematik	21
4.4 Berechnungsverfahren	22
4.4.1 Privater Bereich	22
4.4.1.1 Raumwärme	22
4.4.1.2 Warmwasser	22
4.4.1.3 Gesamtmenge	22
4.4.2 Öffentlicher Bereich	22
4.4.3 Dienstleistungen/Kleingewerbe	22
4.4.4 Tages- und Stundenwerte	22
4.5 Ergebnisse des Sektors Hausbrand	23
4.6 Emissionen aus Fernwärme und Heizstrom	26
4.7 NMVOC - Emissionen aus der Anwendung lösemittelhaltiger Produkte im Sektor Haushalte	27
<b>5 Ergebnisse des Sektors Gewerbe/Industrie</b>	<b>27</b>
5.1 Datenerhebung	27
5.1.1 Vorgangsweise	27
5.1.2 Datenverarbeitung	28

5.1.3 Systematik	28
5.1.4 Datenauswertung	29
5.2 Berechnungsmethoden und Fehlerabschätzung	29
5.2.1 Emissionen aus Feuerungsanlagen	29
5.2.2 Produktionsbedingte Emissionen (kalte Emissionen)	30
5.2.3 Mitarbeiterbezogene Energieverbräuche	31
5.3 Emissionsfaktoren für die Berechnung der Emissionen über Energieverbrauch	33
5.4 Emissionsberechnungen	34
5.4.1 Jahresgesamtemissionen	34
5.4.2 Erhobene Betriebe	34
5.4.3 Gesamtemissionen des Sektors Gewerbe/Industrie	36
5.5 Tagesemissionen (Vergleich Sommertag - Wintertag)	36
5.6 Emissionen aus dem Energieverbrauch für Fernwärme des Sektors Gewerbe / Industrie	37
<b>6 Gesamtemissionen 1995</b>	<b>37</b>
<b>7 Emissionsentwicklung zwischen 1988 und 1995</b>	<b>39</b>
7.1 Entwicklung der Verkehrsemissionen zwischen 1988 und 1995	39
7.1.1 Neuberechnung der Emissionen von 1988	40
7.2 Entwicklung der Hausbrandemissionen zwischen 1988 und 1994	43
7.2.1 Emissionen 1988	43
7.2.2 Vergleich 1988 - 1994	43
7.3 Betriebsanlagen	45
7.3.1 Emissionen 1988	45
7.3.2 Vergleich 1988 - 1995	46
7.4 Gesamtemissionen 1988 - 1995	47
7.5 Vergleich der zeitlichen Entwicklung bei den Emissionen mit der Luftgüte	49
<b>8 Darstellung der Luftschadstoffemissionen im Stadtgebiet von Graz</b>	<b>50</b>
<b>9 Unterlagen</b>	<b>52</b>
9.1 Materialienbände	52
9.2 Literaturverzeichnis	52

# 1 Allgemein

## 1.1 Einleitung

Emissionskataster sind eine notwendige Grundlage zur Beschreibung von Zuständen wie sie in bestimmten Beurteilungsräumen vorherrschen. Werden derartige Kataster in periodischen Abständen überarbeitet und auf den neuesten Stand gebracht, so läßt sich aus einem Vergleich eine zeitliche Entwicklung der Emissionssituation verfolgen und daraus die Wirksamkeit gesetzter umweltpolitischer Maßnahmen ableiten.

Der erste Kataster für luftverunreinigende Spurengase für die Stadt Graz wurde für das Bezugsjahr 1988 (FAIa, 1989) erstellt. Die permanente Reduktion spezifischer Emissionsmengen aufgrund von technischen Weiterentwicklungen aber auch Veränderungen in der Betriebs- und Wohnungsstruktur führen dazu, daß die absoluten Emissionsmengen einer ständigen Veränderung unterliegen. Daher ist es notwendig, in periodischen Abständen den Emissionskataster zu aktualisieren.

Das hier vorliegende Werk beinhaltet daher den Emissionskataster für Luftschadstoffe im Bezugsjahr 1995. Eine Ausnahme bildet der Hausbrand, für den Daten basierend auf der Volkszählung 1991 und der Mikrozensuserhebung 1994 vorliegen. Daher hat dieser Teil das Bezugsjahr 1994.

## 1.2 Funktion des Emissionskatasters

Der Emissionskataster beinhaltet die wichtigsten, in die Luft freigesetzten anthropogenen Schadstoffe. Der Wirkungsbereich umfaßt das gesamte Stadtgebiet von Graz sowie jene Teile der südlichen Nachbargemeinden Seiersberg und Feldkirchen (Bild 1), die zum Belastungsgebiet Großraum Graz zählen (Smogalarmplan LGBL 84/1989). Außerhalb des Stadtgebietes (aber innerhalb des Smogalarmgebietes) sind nur die Verkehrs- und Hausbrandemissionen berücksichtigt. Die erhobenen oder errechneten Emissionsdaten sind zu Jahresgesamtwerten zusammengefaßt und in graphischer Form ortsgetreu zugeordnet dargestellt. Die Darstellung erfolgt als Flächenbelastung in Rasterform.

Da viele Emittenten in ihrer Emissionsstärke zeitlich stark variieren, muß dies bei der zeitlichen Auswertung Berücksichtigung finden. Alle relevanten Emissionsdaten sind daher in einer Datenbank gespeichert und können über die entsprechenden Auswerteprozeduren abgefragt werden. Es können somit Auswertungen über räumliche und zeitliche Verläufe der Emissionsmengen getrennt nach Verursachergruppen durchgeführt werden.

Grundlage für die Vorgangsweise zur Erstellung des Emissionskatasters war die ÖNORM M 9470 "Emissionskataster für luftverunreinigende Schadstoffe" in der Ausgabe von 1996. Die angestrebte Genauigkeit entspricht i.a. der Stufe 2 mit Abweichungen bei einzelnen Verursachern und Schadstoffen.

Die räumliche Auflösung des Katasters ist mit Rasterzellen zu 250 x 250 m, die zeitliche Auflösung mit einem Intervall von einer Stunde fixiert. Summenbildungen über zeitliche und/oder räumliche Intervalle sind mit Hilfe der Datenbank möglich.

Eine der Hauptfunktionen eines Emissionskatasters ist die Verfolgung der Emissionssituation über verschiedene Zeiträume hinweg. Damit lassen sich Trends in der Emissionsentwicklung und die Erfolge umweltpolitischer Maßnahmen ablesen.

### 1.3 Kurzbeschreibung der erfaßten Schadstoffe

Der gegenständliche Kataster befaßt sich mit Emissionen von Schadstoffen in die Atmosphäre (Luftschadstoffe), wobei folgende Schadstoffe erfaßt werden:

**Kohlenmonoxid (CO):** Es entsteht bei unvollständiger Verbrennung in Motoren und Feuerungsanlagen. In den letzten Jahren hat die CO-Emission merklich abgenommen, so daß es aus der Sicht der Luftgüte heute kaum mehr Probleme mit diesem Schadstoff gibt. Die medizinische Wirkung liegt in der Beeinträchtigung des Sauerstofftransportes im Blut.

**Kohlenwasserstoffe (HC):** Die Kohlenwasserstoffe stellen eine Gruppe von Tausenden unterschiedlichen Stoffen dar. Sie werden bei unvollständiger Verbrennung und durch Verdunstung von Kraftstoffen und Lösungsmitteln emittiert. Wegen ihrer stark unterschiedlichen Giftigkeit gibt es keinen medizinischen Grenzwert für die Gesamt - HC Belastung. Für einzelne Komponenten sind Grenzwerte in Diskussion (z.B.: Benzol). Erhoben wird der Summenwert an Gesamt - HC, da nur für diese Emissionsfaktoren mit genügend großer Genauigkeit vorliegen. Kohlenwasserstoffe spielen zudem bei der Umwandlung der Stickoxide und bei der Bildung von Ozon (O<sub>3</sub>) eine große Rolle. Die Angabe erfolgt in HC und in Methan (CH<sub>4</sub>). Die Differenz der beiden ergibt NMHC (Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe). Weiters wird auch noch Benzol - wenn auch in einer geringeren Genauigkeitsstufe - behandelt.

**Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>):** Sie entstehen vorwiegend bei der Verbrennung bei hohen Temperaturen in Motoren und Feuerungsanlagen, überwiegend als Stickstoffmonoxid (NO). Dieses wird in der Atmosphäre teilweise zu dem giftigeren Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) umgewandelt. Die Emissionen wurden, wie allgemein üblich, auf NO<sub>2</sub> umgerechnet. Stickstoffdioxid greift als wasserlösliches Reizgas vorwiegend die Schleimhäute des Atemtraktes an. Vereinzelt kommt es bei NO<sub>2</sub> zu Überschreitungen von lufthygienischen Grenzwerten (Immissionsgrenzwerte).

**Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>):** Es entsteht bei der Verbrennung schwefelhaltiger Brennstoffe und bei industriellen Prozessen. Die SO<sub>2</sub>-Emissionen sind in den vergangenen Jahren merklich zurückgegangen. Grenzwertüberschreitungen wurden in den letzten Jahren nicht registriert. Die medizinische Relevanz liegt in der Wirkung als wasserlösliches Reizgas auf die Schleimhäute der Augen und oberen Atemwege.

**Staub und Partikel:** Schwebstaub und Partikel entstehen bei Verbrennungs-, Produktions- und Verarbeitungsprozessen. Im Kataster werden die Emissionen aus konkreten Quellen erfaßt. Diffuse Emissionen, wie der vom Verkehr aufgewirbelte Staub wurden in der vorliegenden Arbeit nicht behandelt, da sie von vielen nicht vorhersehbaren Faktoren (Straßenreinigung, Nässe, usw.) abhängig sind. Staub besteht aus verschiedensten chemischen Substanzen mit unterschiedlicher Giftigkeit. Lungengängige Partikel wirken jedenfalls als Reizstoff, auch wenn die Substanz an sich unschädlich ist. Bei einigen Emittenten gibt es auch noch zusätzliche Angaben über Schwermetallemissionen.

**Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>):** Um auch die Emission an klimarelevanten Gasen zu berücksichtigen und umweltpolitische Zielsetzungen zu überprüfen, wurden auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen und die Energieverbräuche erfaßt.

## 2 Grundlagen des Emissionskatasters

Grundlage bei der Erstellung des Emissionskatasters war die ÖNorm M 9470, die den prinzipiellen Aufbau, die methodische Vorgangsweise und den Detaillierungsgrad definiert.

### 2.1 Detaillierungsgrad

Der Detaillierungsgrad der Katastererstellung ist gemäß ÖNORM M9470 und dem Pflichtenheft der Auftragsstellung festgelegt. Die Anforderungen waren wie folgt:

Tabelle 2-1: Detaillierungsgrad des Emissionskatasters

Emittentengruppe	Genauigkeitsstufe*	Auswertung
Kraft- und Fernheizwerke	III	detaillierte Vollerhebung in Zusammenarbeit mit den Betreibern
Industrie und produzierendes Gewerbe	II	Vollerhebung bei Betrieben mit 20 und mehr Beschäftigten, darunter Benützung vorhandener Statistiken
Kleinindustrie und produzierendes Kleingewerbe	II	Verwendung vorhandener Statistiken, ergänzt um Vollerhebung produktionsbedingter Emissionen
Landwirtschaft	II	Verwendung vorhandener Statistiken, ergänzt um Vollerhebung bei Glashäusern
Private Haushalte	II - (III)	Verwendung der Häuser und Wohnungszählung unter besonderer Berücksichtigung von Gas- und Fernwärmegebieten, ergänzt durch Erhebung von Energieeinsatz und Heizungsart bei Anlagen zwischen 1 und 2 MW
Fremdenverkehr	II - (III)	Vollerhebung bei Betrieben mit mehr als 50 Betten
Handel und Lagerung	II	Verwendung vorhandener Statistiken sowie Erhebung mittels Stichproben, ergänzt durch Vollerhebung bei Einkaufszentren und Tankstellen
Sonstige ortsfeste Emittenten	II	Verwendung vorhandener Statistiken sowie Erhebung mittels Stichproben
Straßenverkehr	III	Verkehrsrelevante Straßen als Linienquellen, Rest als Flächenquellen. Verkehrsmenge aus mathematischen Modellen unter Berücksichtigung spezieller Verkehrszählungen.
Schienenverkehr	III	Schienennetz als Linienquellen, Verschubverkehr als Flächenquellen

\*nach ÖNORM M 9470; #Abweichungen von der ÖNORM M9470

Ziel war, diese Vorgaben einzuhalten. Davon mußten jedoch bei einzelnen Schadstoffen oder bei Emittentengruppen Abstriche gemacht werden. So kann zum Beispiel bei einzelnen Schadstoffen die Genauigkeit der Emissionsfaktoren nicht mit den Erhebungsdaten mithalten und umgekehrt. Dies zeigte sich vor allem bei der Erhebung betriebsbedingter Emissionen und bei Schadstoffen wie Benzol und Schwermetalle.

Abweichungen von den geforderten Genauigkeitsstufen sind in den entsprechenden Kapiteln dokumentiert.

Während der Bearbeitung der einzelnen Teilbereiche mußte festgestellt werden, daß teilweise Abweichungen von den geforderten Genauigkeiten und vom Erhebungsumfang notwendig waren. So war es z.B. nicht notwendig Bleiemissionen aus dem Verkehrssektor zu erheben oder N<sub>2</sub>O - Emissionen für alle relevanten Verursacher anzugeben. Dementsprechend finden sich in den nachfolgenden Kapiteln Emissionsangaben zu jenen Emittenten, die mit vertretbarem Aufwand und genügender Genauigkeit erhebbar waren.

Der Emissionskataster ist funktionell in die Gruppen Verkehr (Straße und Schiene), Hausbrand sowie Gewerbe und Industrie unterteilt, wobei die Emissionen der letztgenannten Gruppe den diversen Branchen zugeordnet sind.

Die räumliche Auflösung ist mit Rasterflächen zu 250 m x 250 m festgelegt. Der zeitliche Verlauf der Emissionen liegt in einem Einstundenintervall vor. Dieses Einstundenintervall wird für die einzelnen Emittentengruppen unterschiedlich erreicht. Beim Verkehr liegt ein zeitlicher Verlauf der Verkehrsdaten im Einstundenintervall zugrunde. Beim Hausbrand wird die Jahresgesamtemission über die Heizgradtage und die Temperaturverteilung über einen Tag errechnet. Die Emissionen aus Betrieben und der Industrie werden aus den Jahresgesamtemissionen über die erhobenen Betriebszeiten auf Stundenmittelwerte umgerechnet.

## 2.2 Systematik

Für die Erfassung und Zuordnungen von Emissionsquellen sind Systematiken notwendig. Um eine internationale Vergleichbarkeit zu ermöglichen, wurde als Nomenklatur der SNAP - Code (Selected Nomenclature for Air Pollutants) vorgegeben. Diese Systematik führt eine Emittentenzuordnung gemäß deren Aktivitäten durch. Demgegenüber steht, daß aus Datenerhebungsgründen eine Berufsgruppensystematik (BS68) verwendet werden mußte.

Um eine Vereinheitlichung und Vergleichbarkeit mit dem Emissionskataster Graz 1988 zu erreichen, wurde die damals gewählte Hauptgruppeneinteilung in

- Emissionen aus dem Sektor Verkehr: SNAP Code 07 und 08
- Emissionen aus dem Sektor Hausbrand
  - Haushalte: SNAP Code 02 und 06
  - Öffentliche Verwaltung: SNAP Code 02
  - Dienstleistungen (öffentliche und persönliche): SNAP Code 02
- Emissionen aus dem Sektor Gewerbe/Industrie: alle SNAP Codes außer 07, 08, 11 übernommen.

## 2.3 Ermittlung der Emissionsmengen

Die Bestimmung der Emissionsmengen erfordert i.a. Rechenmodelle. Es ist zwar theoretisch möglich, bei stationären Quellen jeden einzelnen Emittenten meßtechnisch zu erheben, bei mobilen Quellen ist dies aber - sowohl theoretisch als auch praktisch - nicht möglich. Auch bei stationären Quellen kann aus praktischen Gründen eine meßtechnische Erhebung nur bei Großemittenten erfolgen. Der Großteil der stationären Quellen und die Gesamtheit der mobilen Quellen müssen daher unter Verwendung von Emissionsfaktoren mit Hilfe von Berechnungsmodellen ermittelt werden.

Das Berechnungsschema ist relativ einfach, da die Emissionsmenge als Produkt aus Emissionsfaktor mal Aktivitätsdaten berechnet werden kann. Die Emissionsfaktoren liegen in ihren Grundzügen vor und müssen auf die lokalen Gegebenheiten angepaßt werden. Die Aktivitätsdaten (z.B. Fahrleistungen, Energieverbräuche, Mitarbeiterzahlen) müssen erhoben werden. Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten sind in ihrer Struktur für die einzelnen Emittentengruppen unterschiedlich. Welche Daten und Rechenmodelle bei den einzelnen Emittentengruppen verwendet wurden, ist in den entsprechenden Abschnitten angeführt.

### **3 Emissionen des Sektors Verkehr, Bezugsjahr 1995**

Der Verkehr stellt bei vielen Schadstoffen den Hauptemittenten dar. Innerhalb dieser Gruppe überwiegt der motorisierte Individualverkehr. Der öffentliche Verkehr hat, zumindest bezogen auf die jährliche Fahrleistung, nur einen untergeordneten Anteil. Der Verkehr teilt sich grundsätzlich auf die Verursachergruppen Straße und Schiene auf, der Luftverkehr wird im Rahmen des Emissionskatasters Graz nicht erfaßt, motorisierter Verkehr auf Wasserwegen und -flächen ist nicht vorhanden.

#### **3.1 Verkehrswege**

##### **3.1.1 Straßennetz**

Das Straßennetz liegt in digitalisierter Form vor und umfaßt jene Streckenabschnitte, die verkehrsrelevant sind. Dies sind in erster Linie Bundes- und Landesstraßen sowie stark befahrene Gemeindestraßen. Straßen in reinen Wohnvierteln wurden zu ideellen Abschnitten zusammengefaßt, die nun zwar das Verkehrsaufkommen in diesen Vierteln richtig wiedergeben, die Lage ist jedoch nicht mehr ortsgetreu.

##### **3.1.2 Schienennetz**

Im Schienennetz existieren noch zwei Streckenstücke, die nicht elektrifiziert sind. Es sind dies die Verbindungen der ÖBB von Graz in die Oststeiermark, sowie jene der GKB von Graz in die Weststeiermark. Zusätzlich wird ein Großteil des Verschubverkehrs auf den Bahnhöfen Graz - Hbf und Vbf, Graz - Ost und Graz - Messendorf mit Diesellokomotiven abgewickelt.

#### **3.2 Rechenmodelle für den Verkehrsteil**

Das Emissionsberechnungsmodell besteht aus einem multiplikativen Ansatz von Emissionsfaktor mal Aktivität. Die Aktivitätsdaten beziehen sich beim Straßenverkehr auf die erbrachten Fahrleistungen (Anzahl der Fahrbewegungen je Straße und Fahrzeugtyp), beim Schienenverkehr ist dies die Anzahl der Fahrten auf den Schienen bzw. der Treibstoffverbrauch bei den Fahrten auf den Verschubbahnhöfen.

##### **3.2.1 Verkehrsmodell für den Straßenverkehr**

Die zur Berechnung der Emissionen des Straßenverkehrs notwendigen Verkehrsdaten wurden vom Büro Univ.-Prof. Dr. Gerd Sammer erstellt. Ein Endbericht über die durchgeführten Erhebungen und Verkehrsberechnungen liegt vor (Sammer 1997). Hier wird nur ein kurzer Auszug daraus wiedergegeben.

Datenbasis stellte die Matrix des MIV (Motorisierten Individual Verkehrs) aus dem Jahr 1995 dar. Bei den Lastkraftwagen wurden zusätzlich umfangreiche Zählungen im Jahre 1996 durchgeführt, um den LKW – Anteil am MIV besser bestimmen zu können. Dies war notwendig, da die ursprünglichen LKW - Anteilangaben aus dem Jahr 1973 stammten.

Die Ermittlung der KFZ - Verkehrsbelastungen des Istzustandes erfolgte EDV – gestützt mit einem Verkehrswegwahlmodell. In einem Modell des Straßennetzes, dem "Straßengraphen",

werden mit Hilfe der Methode der "kapazitätsabhängigen Verkehrsumlegung" die wahrscheinlichen Fahrtrouten zwischen den einzelnen Verkehrsbezirken ermittelt und daraus die Verkehrsbelastungen der einzelnen Straßen des Netzes errechnet. Bei der Methode der "kapazitätsabhängigen Verkehrsumlegung" wird der tatsächliche Vorgang der Wegsuche simuliert, so daß ein Ausweichen von überlasteten Straßen möglich ist. Die Matrix der Verkehrsbeziehungen wird in mehreren Schritten auf den jeweils zeitmäßig "kürzesten" Weg, den "Bestweg" umgelegt. In jedem Schritt werden die Widerstände des Wegenetzes infolge zusätzlicher Teilbelastungen neu ermittelt (Mehrwegverfahren). Die Widerstände des Straßengraphen werden als Fahrzeit angegeben. Da nicht allein die echte Fahrzeit für die Routenwahl ausschlaggebend ist, beinhaltet sie neben den meßbaren Werten (Länge, Geschwindigkeit, Wartezeit an Kreuzungen und Lichtsignalanlagen) auch psychologische Streckenwiderstände. Diese werden im Istzustand geeicht: der Istzustand der beobachteten Verkehrsbelastung an Zählstellen wird mit der durch das Wegewahlmodell simulierten Belastung verglichen und korrigiert, bis eine zufriedenstellende Übereinstimmung der Streckenbelastungen entsteht. Eine Genauigkeit von +/- 10% der Verkehrsbelastung gilt als zufriedenstellend.

Aus repräsentativen Ganglinien der Verkehrsbelastung wurden Umrechnungsfaktoren für Tagesstunden, Wochentage und Monate abgeleitet. Diese Ganglinien können für 4 Straßentypen – Standardstraßen, Radialstraßen, Gürtelstraßen und innerstädtische Straßen – sowohl für den Pkw- als auch für den Lkw – Verkehr angegeben werden. Linienbusse haben eine eigene Ganglinie.

### 3.2.2 Berechnung der Verkehrsemissionen

Bei den Verkehrsemissionen wird aus Gründen der Übersichtlichkeit die Kohlenwasserstoffemission als Menge der Gesamt-HC angegeben und nur bei ausgesuchten Ergebnissen noch explizit die Methan- und Benzolemission angeführt. Es ist dabei jedoch zu beachten, daß Methan und Benzol in der Menge der Gesamt-HC bereits enthalten sind.

#### 3.2.2.1 Straßenverkehr

Bei der Berechnung der Straßenverkehrsemissionen erfolgt eine Trennung in Pkw-Verkehr, Lkw-Verkehr und öffentlicher Verkehr (Busse). In jeder dieser Gruppen befinden sich Fahrzeuge unterschiedlicher Baujahre. Diese erfüllten zum Zeitpunkt der Erstzulassung die entsprechenden gesetzlichen Abgasbestimmungen.

Da von gesetzlicher Seite eine stetige Verschärfung der Abgasgrenzwerte erfolgte, weisen Fahrzeuge unterschiedlicher Baujahre auch unterschiedliche Emissionsstandards auf. Bei Emissionsberechnungen muß daher auf diese Umstände eingegangen werden. Bei Pkw ist zudem zu berücksichtigen, daß die jährlichen Fahrleistungen der einzelnen Fahrzeuge von deren Alter abhängig sind. So wird mit neuen Fahrzeugen pro Jahr mehr gefahren als mit älteren. Aus den Altersverteilungen der Fahrzeugflotte lassen sich somit für jedes Berechnungsjahr Emissionsfaktoren ableiten. Die zur Emissionsberechnung notwendigen Aktivitätsdaten lassen sich von den Verkehrsdaten und Streckenlängen ermitteln.

Aus den vorliegenden Straßen- und Verkehrsdaten wird unter Berücksichtigung von Tages-, Wochen- und Jahresganglinie sowie eventueller Feiertage das aktuelle Verkehrsaufkommen je betrachtetem Straßenabschnitt und Stunde ermittelt. Aus Basisgeschwindigkeit (mittlere gefahrene Geschwindigkeit bei schwachem Verkehrsaufkommen), Kapazität der Straße und aktuellem Verkehrsaufkommen im betrachteten Straßenabschnitt wird die aktuell dort gefahrene mittlere Geschwindigkeit errechnet. Diese mittlere Fahrgeschwindigkeit ist wiederum ein wichtiger Parameter zur Emissionsberechnung.



Die verwendeten Emissionsfaktoren entsprechen dem derzeitigen Stand der Wissenschaften (UBA 1997, Hausberger 1996). Eine genaue Beschreibung der Rechenmodelle, Eingangsdaten und Detailergebnisse sind dem Teilbereich über Verkehrsemissionen zu entnehmen (Pischinger 1997).

### 3.2.2.2 Schienenverkehr

Die Emissionen von nicht elektrifizierten Schienenstrecken können auf ähnliche Weise wie beim Straßenschwerverkehr über den Kraftstoffverbrauch ermittelt werden. Aus den von GKB und ÖBB zur Verfügung gestellten Fahrplänen - sowohl für den Personen als auch für den Güterverkehr - wurden streckenweise die stündliche Fahr- bzw. Betriebsdauer je Lokomotiv- bzw. Triebfahrzeugstyp und Verwendungszweck (Verschub, Güter-, Personen-, Lokzug) ermittelt. Unter Berücksichtigung des jeweiligen spezifischen Kraftstoffverbrauchs und der Motorleistung lassen sich die benötigte Kraftstoffmenge und somit die Emissionen berechnen; Details siehe (Pischinger 1997).

## 3.3 Verkehrsemissionen 1995

### 3.3.1 Straßenverkehr

Der Straßenverkehr ist unterteilt in den öffentlichen und den motorisierten Individualverkehr. Der Individualverkehr beinhaltet wiederum den Personen und den Güterverkehr.

#### 3.3.1.1 Flottenzusammensetzung

Für den motorisierten Individualverkehr wird für 1995 mit folgender Zusammensetzung (Fahrleistungsanteile) gerechnet:

Tabelle 3-1: Flottenanteile der PKW - Klassen im Jahr 1995

PKW	Benzin mit Kat.	Benzin ohne Kat.	Diesel
[%]	54,0	18,0	28,0

Tabelle 3-2: Flottenanteile der LKW im Jahr 1995

LKW <sup>*)</sup>	67-80	81-88	89-90	EURO 1	94-95	EURO 2
[%]	6,1	30,6	16,3	28,7	18,2	0,0

\*) LKW-Baujahr bzw. Abgasvorschrift

### 3.3.1.2 Fahrleistung

Die Fahrleistung im Untersuchungsgebiet betrug im Jahr 1995 wie folgt:

Tabelle 3-3: Fahrleistungen im Grazer Stadtgebiet 1995

	Gesamt	PKW	LKW	ÖV
[Mio. Km / a]	1.228	1.152	68,2	8,21
[%]	100	93,8	5,5	0,7

ÖV...öffentlicher Verkehr

Der bei weitem größte Anteil an Fahrleistungen wird durch den Pkw-Verkehr verursacht. Der Lkw-Verkehr hat etwas mehr als 5 % Anteil, während der öffentliche Verkehr unter 1 % des Verkehrsaufkommens ausmacht.

### 3.3.1.3 Emissionsmengen

Die Emission eines Fahrzeuges ist eine Funktion des Betriebszustandes, wobei die Motorlast und die Motortemperatur eine wichtige Rolle spielen. Einflußparameter sind zudem noch die Außentemperatur und auch die Dauer von etwaigen Abstellvorgängen.

Im Rahmen dieses Katasters werden folgende Zustände berücksichtigt:

- Emissionen während der Fahrt mit betriebswarmen Motor
- Emissionen verursacht durch Kalt- bzw. Kühlstart
- Emissionen verursacht durch Verdampfung bzw. Verdunstung
- Emissionen in gewerblich genutzten Tiefgaragen

#### a) Emissionen während der Fahrt (Motorbetriebszustand warm)

Bei diesem Punkt sind jene Emissionsmengen berücksichtigt, die während der Fahrt eines Kraftfahrzeuges unter Betriebstemperaturen (warm) auftreten. Mehremissionen während Betriebszuständen, wo dies noch nicht der Fall ist, werden den Kalt- bzw. Kühlstartemissionen zugeschlagen.

Die hier angeführten Emissionsmengen sind als Linienquellen berechnet und auch als solche darstellbar.

#### b) Kaltstartemissionen

Fahrzeuge mit Motoren, die noch nicht Betriebstemperatur erreicht haben, weisen gegenüber den Fahrzeugen mit betriebswarmem Motor ein verändertes Emissionsverhalten auf.

Einen zusätzlichen Einfluß hat auch noch die Außentemperatur, da bei niedrigen Temperaturen die Warmlaufphasen des Motors merklich verlängert werden. Diesem Umstand wird dadurch Rechnung getragen, daß statistische Temperaturverläufe für Graz der Emissionsberechnung zugrunde gelegt sind.

Bei den meisten Schadstoffen und Fahrzeugkategorien kommt es durch Kalt- bzw. Kühlstarts zu erheblichen Mehremissionen. Eine Ausnahme bilden dieselbetriebene Fahrzeuge und Pkw ohne Katalysator, die bei Stickoxiden teilweise sogar Minderemissionen aufweisen, die restlichen Schadstoffe nehmen zu.

Betrachtet man die Zulassungszahlen und die Fahrleistungen der einzelnen Fahrzeugkategorien, so zeigt sich, daß für Lkw und Busse die Kaltstartemission aufgrund der hohen täglichen Fahrleistungen im Vergleich zu den Emissionen während der Fahrt

vernachlässigbar sind. Das gilt jedoch kaum für die meisten Pkw-Fahrten. Die Pkw sind - ausgenommen Taxis - relativ kurz im Einsatz und weisen dann lange Parkzeiten auf. Aus diesem Grund wird der Kaltstart nur bei Personenkraftwagen berücksichtigt.

Unterscheidungsmerkmal zwischen Kalt- und Kühlstart ist die vorangegangene Parkdauer. Ab einer Parkdauer von 8 bis 10 Stunden wird mit einem Kaltstart gerechnet, die restlichen Startvorgänge werden dem Kühlstart zugerechnet.

Die Kaltstartemissionen werden den verschiedenen Verkehrsbezirken zugeordnet.

#### c) Verdunstungsemissionen

Verdunstungsemissionen sind Emissionen, die bei abgestellten Fahrzeugen auftreten, wobei ausschließlich reaktive Kohlenwasserstoffe emittiert werden. Die Verdunstungsemissionen werden je nach Entstehung in Warm und Heißabstellemissionen (warm / hot soaks) und Tankatmungsemissionen (diurnals) unterteilt.

Ein entscheidender Parameter zur Bestimmung der Emissionswerte ist die Tankausstattung mit oder ohne Aktivkohlefall. Daher ist auch bei der Ermittlung der Verdunstungsemissionen eine genaue Kenntnis der Flottenzusammensetzung notwendig. Bei dieselbetriebenen Kraftfahrzeugen sind die Verdunstungsemissionen vernachlässigbar.

Warm- und Heißabstellemissionen (soaks) sind definiert als jene Verdunstungsemissionen, die innerhalb einer Stunde nach Abstellen des Fahrzeuges auftreten. Das Unterscheidungsmerkmal ist die vorangegangene Fahrtlänge. Bei vorangegangenen Fahrten über 5 km spricht man von Heißabstellemissionen, darunter werden die Emissionen dem Warmabstellvorgang zugeordnet.

Tankatmungsemissionen treten während des Tages aufgrund der täglichen Temperaturveränderungen auf. Der Temperaturanstieg bewirkt eine Verdunstung des Treibstoffes im Treibstoffsystem, was wiederum zu Kohlenwasserstoffemissionen in der Atmosphäre führt.

Die Verdunstungsemissionen werden den verschiedenen Verkehrsbezirken zugeordnet.

#### d) Garagenemissionen

Zur Berechnung der Garagenemission wurden die Rechenvorschriften gemäß ÖNorm H6003 verwendet. Diese sind im Rechenprogramm "TG" (Maier 1996) verwirklicht und berücksichtigt garagenspezifische Faktoren wie Rampenneigung, Stops vor Schranken, Stellplatzanzahl unterschiedliche Parkdauer und ähnliche mehr.

Dabei wurde eine "Standardgarage" mit 100 Ein- und Ausfahrten je Stunde definiert und die dabei auftretenden Emissionen berechnet. Für jede der gemäß Auftrag erfaßten Garagen (Andreas Hofer Platz, Rosarium, Burggarage, Operngarage, Griesgasse, Schönaugasse, Entenplatz) liegen Größe, Anzahl der Stellplätze und Ganglinie der Ein- und Ausfahrten vor, die ins Verhältnis zur Standardgarage gesetzt werden und somit die jeweils stündlich auftretenden Emissionsmengen ermittelt werden können.

Die Emissionen dieser Garagen werden als Punktquelle gemäß ihrem Standort bestimmt.

#### e) Gesamtemissionen des Straßenverkehrs 1995

Zur Berechnung der Teilemissionen werden Emissionsfaktoren und Berechnungsmodelle herangezogen, wie sie im Teilbericht Pischinger (1997) beschrieben sind. Unter Zugrundelegung der Aktivitätsdaten ergeben sich nun folgende durchschnittliche Emissionsfaktoren:

Tabelle 3-4: Durchschnittliche Emissionsfaktoren des Jahres 1995

[g/km]	CO	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	HCges	Partikel	SO <sub>2</sub>	Kraftst.	[l/100km]	CH <sub>4</sub>	Benzol
Pkw warm	3,82	179	0,591	0,46	0,03	0,07	59,9	7,72	0,04	0,03
Pkw kalt	3,29	10	0,037	0,35	0,004	0,00	5,3	0,68	0,02	0,02
Pkw gesamt	7,13	189	0,628	1,08*	0,04	0,07	65,2*	8,4*	0,06	0,05
Lkw	3,41	820	9,783	1,96	0,51	0,80	266,7	31,4	0,05	0,04
Bus	5,51	1173	14,039	3,21	0,78	1,15	382,4	45,0	0,08	0,06

inklusive Verdunstungsemissionen

Anmerkung: Die Faktoren für Verdunstung und Kaltstart entsprechen den Randbedingungen wie Parkdauer, Temperaturverläufe, Fahrwege usw. wie sie für Graz typisch sind.

Addiert man nun die Emissionen der einzelnen Teilbereiche, so erhält man folgendes Ergebnis:

Tabelle 3-5: Emissionen des Straßenverkehrs im Stadtgebiet von Graz [t/a]

Emissionen	CO	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	HCges	PM	SO <sub>2</sub>	Kraftst.	CH <sub>4</sub> <sup>1)</sup>	Benzo l
Fahrt	4.609	266.860	1.431	683,4	78,68	140,6	88.630	44,56	33,29
Kaltstart	3.785	11.750	42,83	403,9	4,66	1,31	6.089	22,09	19,77
Verdunstung	/	/	/	308,0	/	/	308,0 <sup>2)</sup>	0	3,33
Garagen <sup>4)</sup>	27,4	990	2,09	3,24	0,138	0,21	335	0,44	0,19
<b>Gesamt<sup>3)</sup></b>	<b>8.421</b>	<b>279.600</b>	<b>1.476</b>	<b>1.399</b>	<b>83,5</b>	<b>142,1</b>	<b>95.360</b>	<b>67,09</b>	<b>56,58</b>

1) Methan (CH<sub>4</sub>) und Benzol sind, wie weiter oben angeführt, bereits in der Menge der Gesamt-HC enthalten.

2) Die verdunstete Kraftstoffmenge ist naturgemäß gleich jener der Kohlenwasserstoffe

3) gerundet

4) Die Emissionen der gewerblichen Tiefgaragen werden im E-Kataster als Punktquelle behandelt.

Die Emissionsmengen des Straßenverkehrs variieren sehr stark mit der Verkehrsdichte (Funktion der Tageszeit) und den äußeren atmosphärischen Bedingungen (Jahres- und Tageszeit). Aus diesem Grund werden diese Emissionen daher auch auf Stundenbasis ermittelt. Machen sich Kühl- und Kaltstartemissionen vor allem bei niedrigen Außentemperaturen bemerkbar, so sind Verdunstungsemissionen ein Problem der warmen Jahreszeit (abgesehen von den Abstellemissionen, die in erster Linie von der Motortemperatur beeinflusst werden).

Im folgenden sind Emissionsverläufe für einen typischen Winter- (Bild 3-1) und einen typischen Sommertag (Bild 3-2) angegeben.

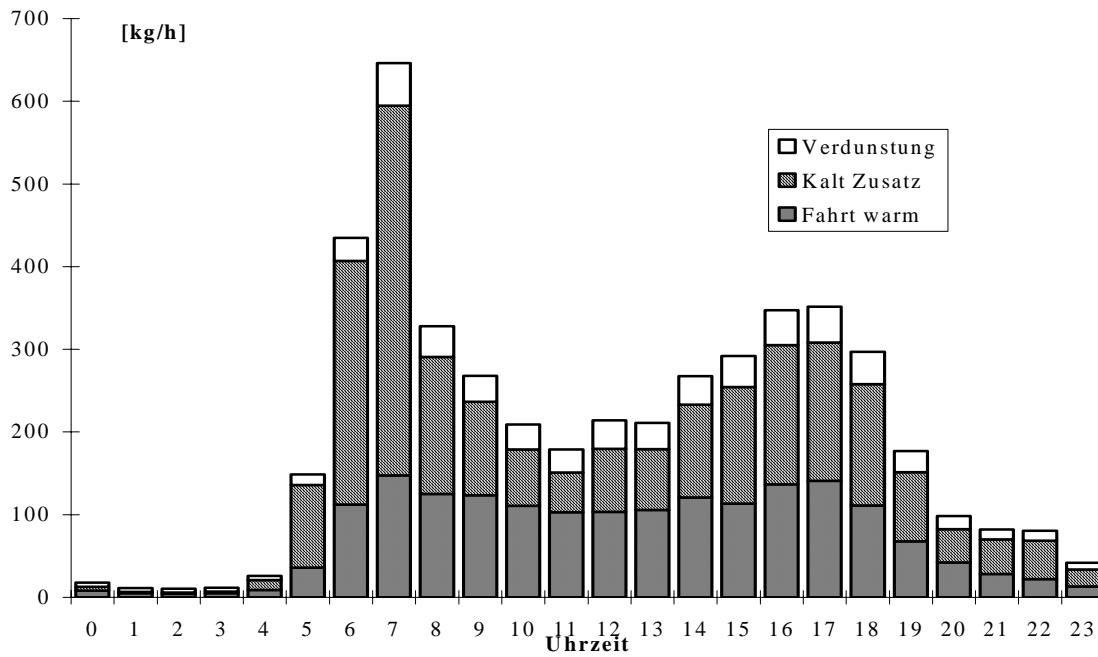


Bild 3-1: gesamte HC-Emission an einem typischen Wintertag (17.1.1995)

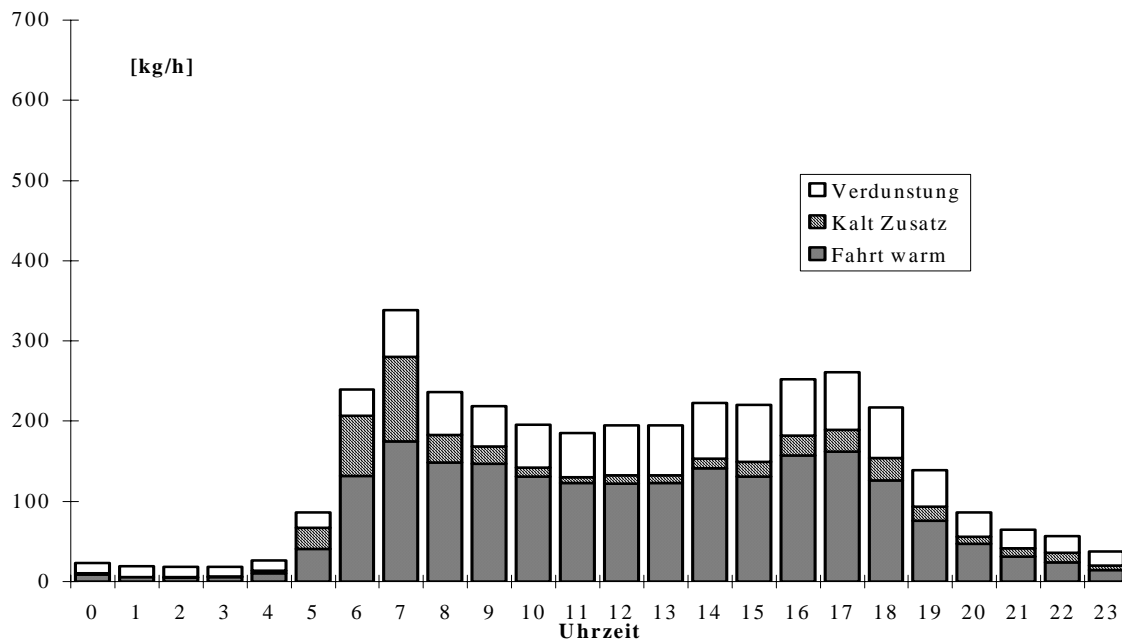


Bild 3-2: gesamte HC-Emission an einem typischen Sommertag (13.7.1995)

Tabelle 3-6: HC - Emissionen des Straßenverkehrs an einem typischen Winter- und Sommertag 1995, [kg/h]

Stunde	Wintertag [kg/h]			Sommertag [kg/h]		
	Fahrt warm	Kalt Zusatz	Verdunstung	Fahrt warm	Kalt Zusatz	Verdunstung
0	8.244	4.374	5.23	9.068	1.05	12.67
1	4.858	1.864	4.65	5.428	0.46	13.03
2	4.282	1.695	4.65	4.921	0.42	12.62

Stunde	Wintertag [kg/h]			Sommertag [kg/h]		
	Fahrt warm	Kalt Zusatz	Verdunstung	Fahrt warm	Kalt Zusatz	Verdunstung
3	5.007	2.146	4.42	5.763	0.56	12.29
4	8.737	12.28	5.05	10.03	3.23	12.82
5	36.09	99.65	12.91	40.98	26.31	19.18
6	112.4	294.6	27.89	131.3	75.38	33.15
7	147.7	446.9	51.76	174.5	105.6	58.45
8	125.1	165.8	37.14	148.1	35.03	52.89
9	123.5	112.9	31.56	147.2	20.9	50.83
10	110.8	68.02	30.11	130.6	11.17	53.76
11	103	47.93	27.97	122.6	7.60	54.69
12	103.5	76.18	34.42	121.8	10.39	62.74
13	105.8	73.53	31.52	123.2	9.358	62.35
14	120.9	112.3	34.5	140.9	12.7	69.31
15	113.4	140.8	37.65	131.1	18.2	71.37
16	136.8	168.4	41.9	157.6	24.17	70.71
17	140.9	167.4	43.14	161.9	27.55	71.67
18	111.3	146.5	39.32	126.3	27.58	63.61
19	67.7	83.85	25.38	75.91	17.11	45.76
20	42.1	40.19	15.93	46.92	9.17	30.38
21	28.3	41.71	12.16	31.28	10.06	23.42
22	22.03	46.61	11.7	24.24	11.63	21.1
23	13.23	20.56	8.138	14.63	5.241	17.37

Bild 3-3 zeigt den Verlauf der HC - Emission während des Jahres 1995 unter Zugrundelegung eines statistischen Temperaturverlaufes. Dargestellt ist jeweils ein Tag eines Monats an dem die Tagesgänge (Verkehrsstärke) die höchsten Werte aufweisen. Die verkehrsstärksten Monate sind April - Mai und September - Oktober, der größte Anteil an Kaltstartemissionen ins naturgemäß im Jänner zu erwarten, die Verdunstungsemissionen haben im Sommer ihr Maximum. In Summe weist der Jänner die höchsten Emissionswerte - aufgrund des Kaltstartanteiles - auf.

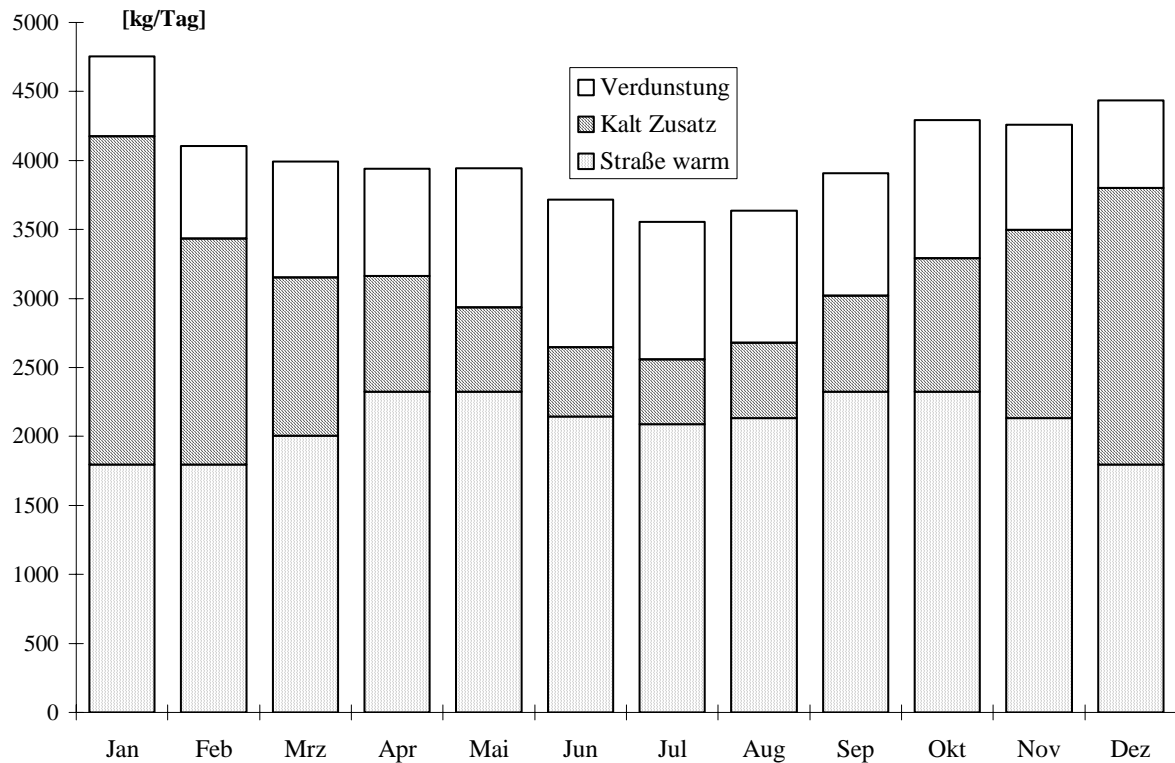


Bild 3-3: HC - Emissionen des Straßenverkehrs, jeweils ein signifikanter Tag je Monat, 1995, [kg/Tag]

Tabelle 3-7: HC - Emissionen des Straßenverkehrs, jeweils ein signifikanter Tag je Monat, 1995 [kg/Tag]

Monat	Straße warm	Kalt Zusatz	Verdunstung
Jänner	1798	2376	579.1
Februar	1798	1636	669.8
März	2004	1149	838.1
April	2323	841.7	777.2
Mai	2323	612.7	1007
Juni	2145	499.9	1071
Juli	2088	470.9	997.2
August	2135	543.8	958.5
September	2323	696.6	887.2
Oktober	2323	970.3	1001
November	2135	1363	762.9
Dezember	1798	2002	633.9

### 3.3.2 Schienenverkehr

Die Ermittlung der Emissionen des Schienenverkehrs erfolgte unter etwas anderen Gesichtspunkten. Das Fahrverhalten von Schienenfahrzeugen ist relativ gleichmäßig und weicht somit stark von jenen bei Straßenfahrten ab. Etwas anders verhält sich der Schubverkehr, aber auch hier kann man über Berechnung der durchschnittlichen Leistung und unter Verwendung des erhobenen Kraftstoffverbrauches zu Emissionswerten kommen.

Die Anzahl der Fahrten der Personen- und Güterzüge mit dieselbetriebenen Triebfahrzeugen wurde von den Fahrplänen übernommen (GKB, ÖBB, 1996). Für die Fahrten im Schubbereich liegen Verbrauchswerte vor. Die Gesamtemissionen im Bereich des Schienenverkehrs betragen wie folgt:

Tabelle 3-8: Emissionen des Schienenverkehrs 1995 [t/a]

[t/a]	CO	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	HC	Partikel	SO <sub>2</sub>	Verbrauch
Schiene	14,8	7.375	83,7	6,5	2,1	2,4	2.381

Die zeitlichen Veränderungen der Emissionsmengen ergeben sich aus den Fahr- und Zugbelegplänen. Bild 3-4 zeigt den zeitlichen Verlauf der Emissionen während eines typischen Wochentages (Mittwoch).

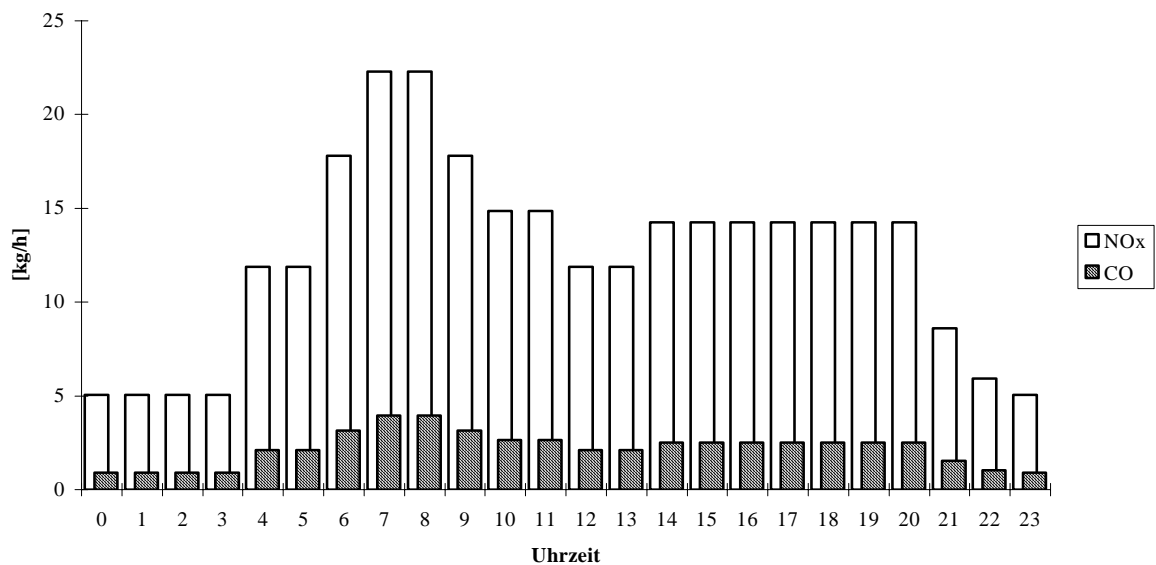


Bild 3-4: Typischer Tagesgang der durch den Schienenverkehr verursachten NO<sub>x</sub> und CO - Emissionen für einen Mittwoch, 1995



Tabelle 3-9: Typischer Tagesgang der durch den Schienenverkehr verursachten Emissionen für einen Mittwoch, 1995

[kg/h]	CO	CO2	NOx	HC	Partikel	SO2	Kraftst
0	0.89	444.80	5.05	0.39	0.13	0.14	143.6
1	0.89	444.80	5.05	0.39	0.13	0.14	143.6
2	0.89	444.80	5.05	0.39	0.13	0.14	143.6
3	0.89	444.80	5.05	0.39	0.13	0.14	143.6
4	2.11	1047.00	11.88	0.92	0.30	0.34	337.8
5	2.11	1047.00	11.88	0.92	0.30	0.34	337.8
6	3.16	1570.00	17.82	1.38	0.45	0.51	506.7
7	3.95	1962.00	22.28	1.73	0.56	0.63	633.4
8	3.95	1962.00	22.28	1.73	0.56	0.63	633.4
9	3.16	1570.00	17.82	1.38	0.45	0.51	506.7
10	2.63	1308.00	14.85	1.15	0.38	0.42	422.3
11	2.63	1308.00	14.85	1.15	0.38	0.42	422.3
12	2.11	1047.00	11.88	0.92	0.30	0.34	337.8
13	2.11	1047.00	11.88	0.92	0.30	0.34	337.8
14	2.53	1256.00	14.26	1.11	0.36	0.41	405.4
15	2.53	1256.00	14.26	1.11	0.36	0.41	405.4
16	2.53	1256.00	14.26	1.11	0.36	0.41	405.4
17	2.53	1256.00	14.26	1.11	0.36	0.41	405.4
18	2.53	1256.00	14.26	1.11	0.36	0.41	405.4
19	2.53	1256.00	14.26	1.11	0.36	0.41	405.4
20	2.53	1256.00	14.26	1.11	0.36	0.41	405.4
21	1.53	758.70	8.61	0.67	0.22	0.24	244.9
22	1.05	523.30	5.94	0.46	0.15	0.17	168.9
23	0.89	444.80	5.05	0.39	0.13	0.14	143.6

### 3.3.3 Emissionen des gesamten Verkehrssektors

Die gesamte durch den Verkehr verursachte Emissionsmenge zeigt nachfolgende Tabelle.

Tabelle 3-10: gesamte Verkehrsemission im Jahr 1995 [t/a]

[t/a]	CO	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	HC-ges.	Partikel	SO <sub>2</sub>	Kraftstoff
Pkw-Fahrt	4335,0	202500	665,9	525,4	38,36	77,83	67680
Lkw	229,2	54900	652,6	132,0	34,00	53,50	17870
Bus	44,6	9460	112,7	26,0	6,32	9,23	3080
Kaltstart	3785,0	11750	42,83	403,9	4,66	1,31	6090
Verdunstung	/	/	/	308,0	/	/	308
Garagen	27,4	990	2,09	3,2	0,138	0,21	335
<i>Straße gesamt</i>	<i>8421,0</i>	<i>279600</i>	<i>1476,0</i>	<i>1399,0</i>	<i>83,5</i>	<i>142,1</i>	<i>95360</i>
Schiene	14,8	7375	83,7	6,5	2,12	2,38	2380
<b>Gesamt Verkehr</b>	<b>8436,0</b>	<b>287000</b>	<b>1560,0</b>	<b>1405,0</b>	<b>85,6</b>	<b>144,5</b>	<b>97740</b>

Davon entfallen folgende Mengen auf Methan und Benzol:

Tabelle 3-11: Aufteilung der HC - Emissionsmengen, Verkehr 1995

[t/a]	HC-ges.	Methan	Benzol
Straße gesamt	1399	67,09	56,58
Schiene	6,5	0,156	0,124
<b>Verkehr ges.</b>	<b>1405</b>	<b>67,25</b>	<b>56,7</b>

## 4 Emissionen des Sektors Hausbrand

### 4.1 Allgemein

Dem Sektor Hausbrand werden der Energieverbrauch und die Emissionen der Bereiche private Haushalte, öffentliche Dienstleistungen und Kleingewerbe zugeordnet, da diese Sparten in erster Linie Raumwärme und Warmwasser benötigen. Bei den Emissionsberechnungen des Sektors Hausbrand stammen die Aktivitätsdaten aus Volkszählungen (1991) und Mikrozensusserhebungen (1994). Aus diesem Grund ist als Bezugsjahr des Hausbrandkatasters das Jahr 1994 gewählt.

Dem vorliegenden Emissionskataster für das Jahr 1991 (mit einer Hochrechnung für das Jahr 1994) liegt prinzipiell dasselbe Berechnungsmodell zugrunde, wie jenem aus dem Jahr 1989 (Basis 1988). Allerdings ist die Datengrundlage auf der Basis der Zählung für das Jahr 1991 gesicherter als jene für 1988, welcher im wesentlichen Mikrozensus - Abschätzungen zugrundelagen. Dieselbe Unsicherheit wie für 1988 gilt nun auch wieder für 1994.

Es wurden die Parameter des Berechnungsmodells mittels neuerer Literatur angepaßt. Dies trifft insbesondere für den Bereich der privaten Haushalte zu. Für die öffentlichen Gebäude wurde ein geändertes Berechnungsverfahren - angelehnt an die privaten Haushalte - auf der

Basis der Gebäudezählung gewählt. Der Bereich Dienstleistung/Kleingewerbe birgt nach wie vor - aufgrund des "groben" Berechnungsmodells - große Unsicherheiten. Leider sind dafür nach wie vor keine genaueren Energie- bzw. Emissionskennzahlen verfügbar.

Für Vergleichszwecke wurde der Emissionskataster für 1988 mit denselben Rahmenbedingungen (Parameter, Berechnungsmodelle) wie für 1991 bzw. 1994 nochmals neu berechnet.

#### **4.2 Orts-, Zeit- und Sachbezug der Hausbrandemissionen**

Örtliche Basis für die Erhebungen sind die statistischen Zählsprenkel. Auf ihrer Basis werden die Emissionsmengen berechnet. Zur späteren Zusammenführung mit anderen Verursachergruppen und zur graphischen Darstellung wurde ein 1 \* 1 km Raster für das Gebiet der Steiermark festgelegt. Auf diesen Raster werden die zählsprenkelweise berechneten Emissionen umgelegt. Für den Emissionskataster Graz wurde in analoger Form ein 250 \* 250 m - Raster gewählt.

Bezugsjahr ist das Jahr 1991. Für dieses Jahr liegen die Daten der Häuser- und Wohnungszählung, der Arbeitsstättenzählung sowie der Volkszählung vor. Auf der Basis des Mikrozensus wurde eine Hochrechnung für das Jahr 1994 vorgenommen. Die Emissionsmengen werden als Jahresgesamtwerte ausgewiesen.

Zusätzlich zu den genannten Schadstoffen wurde noch N<sub>2</sub>O (Lachgas) berechnet.

#### **4.3 Erhebungssystematik**

Die durch Hausbrand verursachten Emissionen werden in die Untergruppen

- Privat,
- Öffentlich u.
- Dienstleistungen/Kleingewerbe unterteilt.

Der private Sektor umfaßt alle bewohnten Wohnungen. Unter "Öffentlich" sind alle Einrichtungen der allgemeinen Verwaltung und öffentlichen Dienstleistungen inkludiert. Zum Bereich "Dienstleistungen/Kleingewerbe" werden die Branchen (gemäß Betriebsstatistik 1968, ÖSTAT)

- Handel und Lagerung (7A),
- Beherbergungs- und Gastgewerbe (7B),
- Verkehr (Raumwärme) (8),
- Geld- und Kreditwesen, Privatversicherung; Wirtschaftsdienste (9A) gerechnet.

Für das Stadtgebiet von Graz wurde im Rahmen der Erstellung des "Emissionskatasters Graz" eine detaillierte Betriebserhebung durchgeführt. Damit wurden ca. 700 Betriebe aus dem Bereich "Dienstleistungen/Kleingewerbe" einzeln erfaßt. Die Emissionsmengen dieser Betriebe wurden von den statistisch auf Basis der Arbeitsstättenzählung berechneten Mengen abgezogen. Damit verbleiben für Graz in der Untergruppe "Dienstleistungen/Kleingewerbe" wirklich nur hausbrandähnliche Emissionen.

## 4.4 Berechnungsverfahren

Detaillierte Angaben zu den Methoden, Emissionsfaktoren und Ergebnissen sind in (Mörth 1997) enthalten.

### 4.4.1 Privater Bereich

#### 4.4.1.1 Raumwärme

Datengrundlage war die Häuser- und Wohnungszählung 1991. Für 1994 wurde auf der Basis des Mikrozensus hochgerechnet. Damit war die Wohnnutzfläche zählsprengeleise bekannt. Darauf aufbauend konnte über eine spezifische Heizlast (Heizleistungsbedarf je m<sup>2</sup> Wohnfläche und Grad Kelvin Temperaturdifferenz Rauminnen- zu Außentemperatur), die Heizgradtage (Summe der täglichen Temperaturdifferenzen zwischen durchschnittlicher Außentemperatur und 20 Grad Celsius Raumtemperatur bei Überschreiten einer Heizgrenztemperatur von 12 Grad Celsius über das Jahr) sowie den Fremdwärmenutzungsfaktor ein theoretischer Nutzenergiebedarf berechnet werden. Durch Einbeziehen von empirischen Benutzerfaktoren wurde der effektive Nutzenergiebedarf ermittelt. Schließlich lieferten die Wirkungsgrade der Heizanlagen den Endenergiebedarf.

#### 4.4.1.2 Warmwasser

Datengrundlage waren die Einwohner je Zählsprengele. Der durchschnittliche Nutzenergiebedarf an Warmwasser je Einwohner und der Anteil der verschiedenen Energieträger wurden der Literatur entnommen. Die Wirkungsgrade der Heizanlagen lieferten wiederum die Endenergie.

#### 4.4.1.3 Gesamtmenge

Endenergie von Raumwärme und Warmwasser wurden zählsprengeleise summiert. Aufbauend auf diesen gesicherten Endenergiemengen konnten mit aus der Literatur entnommenen Emissionsfaktoren (differenziert nach Heizsystem und Brennstoff) die Emissionsmengen ermittelt werden.

### 4.4.2 Öffentlicher Bereich

Für den öffentlichen Bereich wurde diesmal eine im Vergleich zu 1988 abgeänderte Vorgangsweise gewählt. Die Gebäudeinformation der Häuser- und Wohnungszählung beinhaltet die Angabe "Öffentliches Gebäude" sowie zusätzlich Gebäudefläche, Geschoßanzahl, Heizsystem und Brennstoff. Damit läßt sich eine beheizte Fläche abschätzen, wobei 10 % der Geschoßfläche für Mauerwerk, Treppen u.ä. abgezogen wurden. In weiterer Folge kann die Berechnung analog zur privaten Raumwärme erfolgen.

### 4.4.3 Dienstleistungen/Kleingewerbe

Datengrundlage war die Arbeitsstättenzählung 1991. Somit war zählsprengeleise die Anzahl der Beschäftigten in den einzelnen Branchen und die Betriebsgröße bekannt. Mit aus der Literatur entnommenen Energiekennzahlen, die branchenweise den Endenergieverbrauch je Beschäftigten und die Anteile der Brennstoffe ausweisen, wurde der Endenergiebedarf errechnet. Über die Emissionsfaktoren wurden die Emissionsmengen erhalten.

### 4.4.4 Tages- und Stundenwerte

Tages-Emissionsmengen werden errechnet, indem der Warmwasseranteil auf das Jahr verteilt wird (Division durch 365). Der Raumwärmeanteil ergibt sich mit der Division durch die Heizgradtage und Multiplikation mit der Tagestemperaturdifferenz (20 Grad Celsius Raumtemperatur - Außentemperatur).

Zur Berechnung der Stundenemissionen wurde eine Verteilung des Heizwärmebedarfs über den Tag verwendet, wie sie vom Institut für Energietechnik der Technischen Universität München zur Verfügung gestellt wurde.

#### 4.5 Ergebnisse des Sektors Hausbrand

Tabelle 4-1 weist die Gesamtwerte für das Endenergieaufkommen, differenziert nach Energieträgern bzw. Untergruppen des Hausbrandes aus. Um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit anderen Berechnungsjahren zu gewährleisten, wurde anstelle der tatsächlichen die statistische Heizgradtagezahl verwendet.

Für 1994 erhält man demnach folgende Energiemengen:

Tabelle 4-1: Endenergiemenge, statistische Heizgradtage, Bezugsjahr 1994 [MWh]

Energieträger	Privat-Raumw.	Privat-Warmw.	Privat-Gesamt	Öffentlicher Bereich	Dienstleist./Kleingew.	Gesamt
Fernwärme	238738	0	238738	132228	37732	408697
Holz	75647	8056	83703	0	18830	102533
Kohle,Koks,Br.	136359	80562	216921	4830	84768	306519
Strom	194459	144019	338478	1987	38158	378624
Heizöl	458196	80562	538758	10849	210815	760423
Stadt-, Erdgas	145202	0	145202	31262	20650	197114
Flüssiggas	3479	0	3479	0	0	3479
Hackschnitzel	761	0	761	0	14294	15055
Sonst.Brennst.	2057	0	2057	9166	0	11223
<b>Gesamt</b>	<b>1254897</b>	<b>313199</b>	<b>1568096</b>	<b>190321</b>	<b>425247</b>	<b>2183665</b>

In Bild 4-1 ist die Endenergiemenge unterteilt nach den einzelnen Energieträgern dargestellt.

Die statistische Heizgradtagezahl weicht natürlich von der tatsächlichen ab. Während diese Abweichung z.B. 1988 und 1991 sehr klein war, zeigten sich die Temperaturen während der Heizperiode 1994 merklich höher, sodaß der tatsächliche Endenergiebedarf um 17 % niedriger anzusetzen ist.

Die verwendeten Emissionsfaktoren und deren Quellangaben sind im Teilbericht Hausbrand eingehend beschrieben (Mörth 1997).

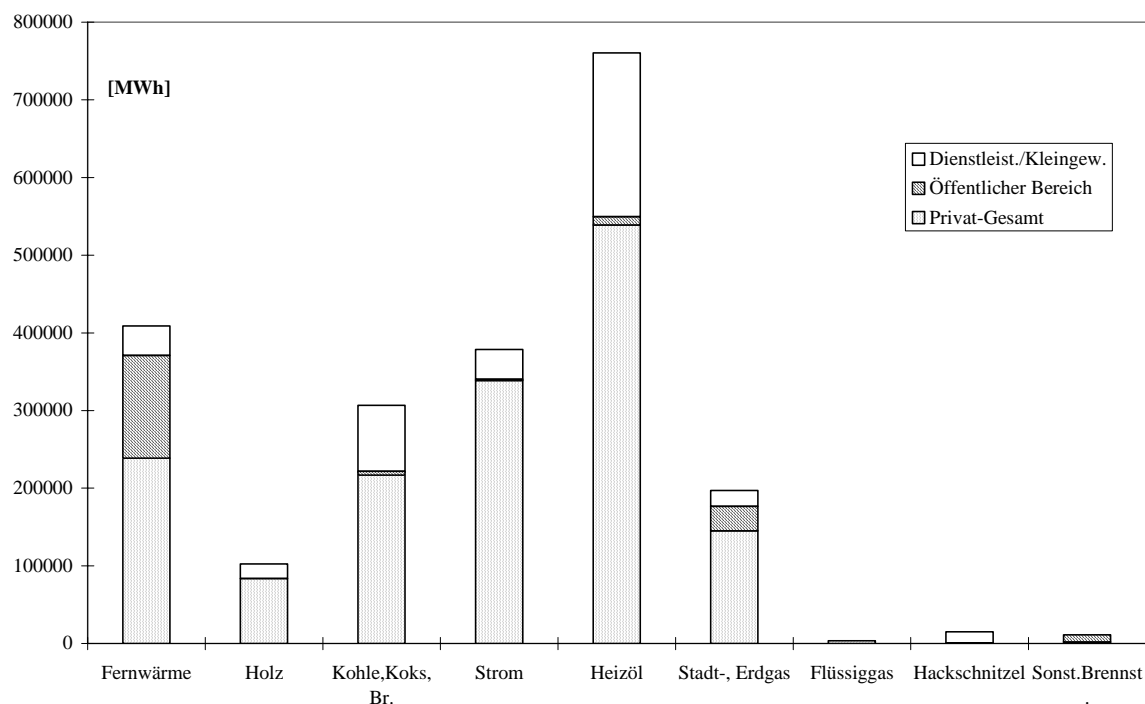


Bild 4-1: Energiemenge des Sektors Hausbrand

Tabelle 4-2: Emissionsfaktoren - Einzelofen [kg/TJ]

Brennstoff	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	HC	Staub	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
Holz	11	40	8100	2700	30	680	7	106000
Kohle, Koks, Br.	650	95	8200	655	150	165	2	95000
Heizöl	50	40	50	15	3	3	1	74000
Stadt-, Erdgas	1	50	45	7	0,5	5	1	55000
Flüssiggas	1	50	45	7	0,5	5	1	64000
Sonst. Brennst.	100	60	4000	500	50	150	2	75000

Tabelle 4-3: Emissionsfaktoren - Etagenheizung [kg/TJ]

Brennstoff	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	HC	Staub	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
Holz	11	40	6000	1300	30	330	5	106000
Kohle, Koks, Br.	650	135	5700	450	150	115	3	95000
Heizöl	50	55	45	7	3	1	1	74000
Stadt-, Erdgas	1	55	40	7	0,5	5	1	55000
Flüssiggas	1	55	40	7	0,5	5	1	64000
Hackschnitzel.	11	110	1400	30	70	8	3	107000
Sonst. Brennst	100	70	3500	400	50	110	2	75000

Tabelle 4-4: Emissionsfaktoren - Zentralheizung [kg/TJ]

Brennstoff	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	HC	Staub	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
Holz	11	85	2400	85	35	21	3	106000
Kohle, Koks, Br.	650	155	4700	420	160	105	3	95000
Heizöl	75	95	6	45	3	1	1	76000
Stadt-, Erdgas	1	60	40	6	0,5	5	1	55000
Flüssiggas	1	60	40	6	0,5	5	1	64000
Sonst. Brennst.	11	110	1400	30	70	8	3	107000
Sonst. Brennst.	100	70	3500	400	50	110	2	75000

Die Jahresemissionsmengen der einzelnen Schadstoffe für das Untersuchungsgebiet gegliedert nach Energieträgern gehen aus Tabelle 4-5 hervor. Auf eine Untergliederung in die Untergruppen des Hausbrandes wurde verzichtet, als Richtwert kann das Verhältnis der Endenergiemengen herangezogen werden. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen für Holz werden hier angeführt, für Bilanzierungen kann er unter bestimmten Voraussetzungen mit "0" angenommen werden.

Tabelle 4-5: Emissionsmengen aus dem Sektor Hausbrand, Bezugsjahr 1994 [kg/a]

Brennstoff	CO	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	HC	Staub	SO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Holz	2394954	54977704	34260	552144	17061	5705	139052	2339
Fossil fest	6975607	123347379	186098	601561	204788	843955	150840	3664
Heizöl	135170	224959531	259006	20559	8917	210955	3533	2972
Erdgas	31886	42732375	44178	4987	388	776	3884	776
Flüssigg.	520	801538	696	82	6	12	62	12
Hackgut	117256	8671736	9213	2512	5862	921	670	251
Sonstiges	158664	3030209	2483	19611	2020	4040	5824	80
Gesamt Hausbrand	9814057	458520472	535934	1201456	239042	1066364	303865	10094

Fossil fest entspricht Kohle, Koks und Braunkohle

Die Brennstoffgruppe Kohle, Koks, Briketts (Fossil fest) liefert erwartungsgemäß die höchsten SO<sub>2</sub> und Staubemissionsmengen. Die hohen spezifischen HC - Emissionen bei Holz führen dazu, daß dieser Brennstoff trotz des relativ geringen Anteils an der Endenergiemenge beträchtliche Emissionsmengen bei Kohlenwasserstoffen aufweist. Hauptenergieträger ist Heizöl, womit auch die höchsten NO<sub>x</sub> und CO<sub>2</sub> - Werte erklärbar sind.

Die tatsächliche CO<sub>2</sub> - Emissionsmenge beträgt 458.520 t/a. Bei Betrachtungen im Sinne von Energiebilanzen für CO<sub>2</sub> ist die CO<sub>2</sub>-Emissionsmenge von Holz und Hackgut (das sind 63.649 t/a), als erneuerbare Energie CO<sub>2</sub> neutral, nicht zu berücksichtigen. Hinzufügen müßte man hingegen die äquivalenten CO<sub>2</sub> - Emissionen für jenen Großteil an Strom und Fernwärme, der nicht in Graz erzeugt wird.

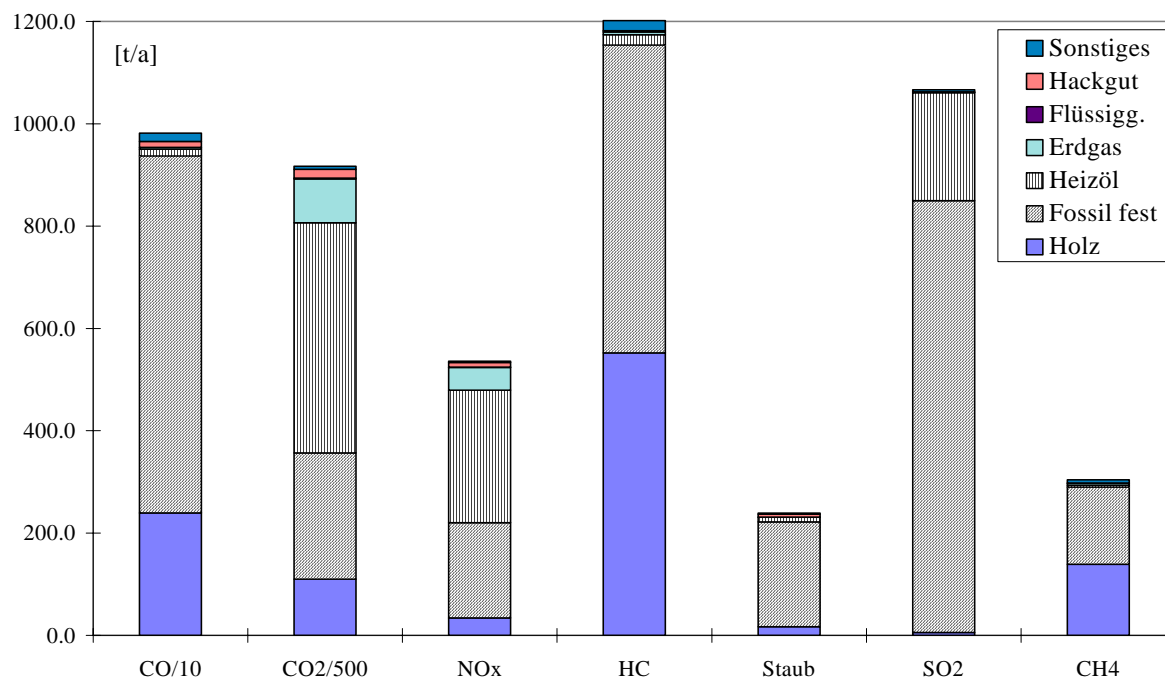


Bild 4-2: Aufteilung der Emissionsmengen des Sektors Hausbrand 1994 nach Brennstoffarten.

#### 4.6 Emissionen aus Fernwärme und Heizstrom

Wie in Tabelle 4-1 angeführt, sind 408697 MWh an Fernwärme und 378624 MWh an Stromverbrauch (davon 234605 MWh für Heizzwecke und 144019 MWh für Warmwasser) für das Jahr 1994 veranschlagt worden. Für diesen Anteil wurden folgende spezifischen Emissionsfaktoren angegeben (KEK 1995) und unkritisch übernommen:

Tabelle 4-6: Spezifische Emissionsfaktoren für Fernwärme und Strom für Heizzwecke (KEK 1995)

[kg/MWh]	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	HC	Staub	CO <sub>2</sub>
Fernwärme	0,051	0,114	0,0018	0,0018	0,004	99,206
Strom Heizzwecke	0,988	1,031	0,064	0,011	0,057	803,571
Strom Warmwasser	0,191	0,198	0,011	0,0036	0,011	154,0

Unter Verwendung dieser Emissionsfaktoren ergeben sich folgende Schadstoffmengen für Fernwärme und Strom für Heizzwecke:

Tabelle 4-7: Gesamtemissionen aus dem Sektor Hausbrand (inkl. Fernwärme und Strom) [t/a]

Brennstoff	CO	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	HC	Staub	SO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
Hausbrand*	9814	458520	536	1201	239	1066	304
Fernwärme	1	40545	47	1	2	21	0
Strom	17	210701	270	3	15	259	0
Summe	9829	709766	853	1205	256	1346	304

\*aus Tabelle 4-5 lokale Hausbrandemissionen Graz (mit Holz)



Es zeigt sich, daß mit den in (KEK 1995) angegebenen Emissionsfaktoren für Heizstrom ein beträchtlicher Anteil von CO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> Emissionen aus der Stromerzeugung (nicht in Graz) zu erwarten wären, die HC - Emissionen verändern sich praktisch nicht.

Die in Tabelle 4-7 angeführten Emissionswerte werden bei den weiteren Betrachtungen für den Emissionskataster Graz nicht verwendet, da sie Emissionsanteile enthalten, die nicht in Graz verursacht werden.

#### **4.7 NMVOC - Emissionen aus der Anwendung lösemittelhaltiger Produkte im Sektor Haushalte**

Ein großer Unsicherheitsfaktor bei der Erstellung von Emissionskatastern ist die Quantifizierung der NMVOC-Emissionen aus dem Lösemiteleinsatz im Sektor private Haushalte. Aus einer Studie für Baden Württemberg für das Jahr 1990 geht hervor, daß pro Einwohner mit 2.33 kg/a NMVOC zu rechnen ist (IER 1995). Für Graz ergeben sich bei 240066 Einwohner im Jahr 1995 (MAG 1996) ca. 559 t/a an NMVOC - Emissionen.

### **5 Ergebnisse des Sektors Gewerbe/Industrie**

Während sich die Emissionserhebung bei den Sektoren Verkehr und Hausbrand mit statistischen Daten für eine relativ kleine Anzahl von Aktivitäten durchführen läßt, ist dies beim Sektor Gewerbe/Industrie im gewünschten Genauigkeitsbereich nicht möglich. Für diesen Bereich mußten daher Umfragen bezüglich Produktions- und Verbrauchszahlen bei den entsprechenden Betrieben durchgeführt werden.

#### **5.1 Datenerhebung**

##### **5.1.1 Vorgangsweise**

Über die Wirtschaftskammer wurden vom Amt für Umweltschutz die Adressen der Grazer Gewerbebetriebe beschafft. Es handelt sich dabei um 9.250 Einzelbetriebe, wobei zusätzlich eine Unterscheidung nach Mitarbeiterzahl kleiner gleich 20 und größer 20 möglich ist. Die genaue Mitarbeiterzahl wurde aus Datenschutzgründen nicht bekannt gegeben. Die Betriebe sind gemäß der Wirtschaftskammer - Systematik bestimmten Fachgruppen zugeordnet, die wiederum in Berufsgruppen untergliedert sind. Im weiteren wurde gemeinsam mit den Auftraggebern aus der Fachgruppenliste der Wirtschaftskammer insgesamt 75 Fachgruppen ausgewählt, von denen man annahm, daß dort vermehrt mit Emissionen zu rechnen ist. Ergänzt wurde diese Liste noch durch öffentliche Betriebe, die in der Wirtschaftskammer nicht als Gewerbebetriebe registriert sind. Bei einigen Fachgruppen wurden nur Betriebe mit mehr als 20 Beschäftigten ausgewählt. Insgesamt wurden damit 1812 Einzelbetriebe erfaßt.

Aufgrund der großen Zahl an Betrieben erfolgte eine vor Ort - Erhebung nur bei den größten Emittenten. Im allgemeinen wurden den Firmen Fragebögen per Post zugesendet, mit der Bitte, sie möglichst vollständig ausgefüllt zu retournieren. Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß in der verwendeten Betriebsstättenstatistik viele Betriebe enthalten sind, die nur Raumwärme benötigen, und somit wie Hausbrand behandelt werden können, gibt es in Graz maximal 744 abluftrelevante Betriebe. Davon retournierten 186 Betriebe die Erhebungsbögen, so daß die Rücklaufquote auf abluftrelevante Betriebe bezogen 25 % beträgt; auf alle Betriebe bezogen lag die Rücklaufquote bei 18%.

Tabelle 5-1 zeigt eine Aufgliederung der Grazer Betriebe nach der Beschäftigtenzahl. Man sieht, daß die Mehrheit der Betriebe weniger als 10 Beschäftigte hat. Lediglich 263 Betriebe haben mehr als 50 Beschäftigte. Bei den kleinen Betrieben ist die Angabe prozeßbedingter Emissionen insofern schwierig, weil die Produktion meist sehr vielfältig ist und keine kontinuierlichen Prozeßemissionen erfolgen. Zum Beispiel werden nicht täglich

Lackierarbeiten durchgeführt bzw. treten die Prozeßemissionen zu unterschiedlichsten Tageszeiten auf, dafür sind sie aber auf wenige Stunden begrenzt.

Tabelle 5-1: Anzahl der Betriebe in Abhängigkeit von der Beschäftigtenzahl

Anzahl der Beschäftigten		Anzahl der Betriebe	
von	bis		gesamt
	1	161	161
2	3	343	504
4	4	125	629
5	5	116	745
6	7	94	839
8	9	102	941
10	11	94	1035
12	13	50	1085
14	15	59	1144
16	17	53	1197
18	19	99	1296
20	50	253	1549
mehr als	50	263	1812

Im Zuge der Datenerhebung für den Sektor Gewerbe/Industrie sollten die für den Betriebsanlagen - Emissionskataster (BEANKA) Steiermark erforderlichen Daten miterhoben werden. Es wurden deshalb im wesentlichen die vorhandenen BEANKA - Formulare in modifizierter Form für die Erhebung verwendet und um Zusatzformulare, die auf die einzelnen Branchen abgestimmt waren, ergänzt.

### 5.1.2 Datenverarbeitung

Alle Daten sind in einer MS - Access - Datenbank gespeichert und können für Berechnungen der emittierten Schadstoffmengen abgefragt werden. Die Datenbank ist so aufgebaut, daß sie für weitere Bereiche (z.B. Lärm, Abfälle etc.) jederzeit erweitert werden kann.

Die Datenbank gliedert sich in allgemeine Firmendaten (Adresse, Standortkoordinaten, Betriebszeiten etc.) und abluftrelevante Daten (Brennstoffmengen, Heizsysteme, Lösemittlemissionen, etc.). Aus diesen Daten können für konkrete Fragestellungen geeignete Abfragen generiert werden.

### 5.1.3 Systematik

Wie bereits in der Aufgabenstellung angeführt, ist gemäß ÖNorm M7440 eine Einteilung der Emittenten nach SNAP- Code Systematik notwendig. Die Firmenliste der Wirtschaftskammer, die die Erhebungsgrundlage darstellt, ist entsprechend der Wirtschaftskammersystematik untergliedert, bei der die einzelnen Firmen, je nach Hauptbetätigungsfeld, unterschiedlichen Fach- und Berufsgruppen zugeordnet sind. Im Gegensatz dazu werden bei der SNAP - Systematik "Aktivitäten" verwendet, d.h., bestimmten Tätigkeiten werden Emissionen zugewiesen (z.B. Lackierarbeiten).

Hier ergeben sich insofern Konvertierungsprobleme, weil Firmen einer Fach-/Berufsgruppe oft mehrere Aktivitäten durchführen, die zu Emissionen führen. Das wird dadurch

berücksichtigt, daß den Firmen mehrere SNAP - Codes zugewiesen werden. Innerhalb dieser Branche gibt es aber Firmen, bei denen der Anteil bestimmter Aktivitäten stark variiert. Als Beispiel sei hier die KFZ - Branche genannt, bei der folgende Aktivitäten vorkommen:

- Handel
- Reparatur
- Spenglerarbeiten
- Lackierarbeiten

Aber nur ein Teil der Betriebe führt alle diese Aktivitäten aus. Außerdem kann es vorkommen, daß vergleichbare Betriebe unterschiedlichen Fachgruppen zugeteilt sind. Auch hier ist die KFZ - Branche ein typisches Beispiel, wo einmal ein Betrieb der Fachgruppe KFZ - Handel zugeordnet ist, ein anderer vergleichbarer Betrieb der Fachgruppe KFZ - Reparatur.

Aus praktischen Gründen können nicht jedem einzelnen Betrieb die individuell zutreffenden SNAP - Codes zugewiesen werden. Die SNAP - Codes werden automatisiert gemäß der im Materialienband "Emissionen des Sektors Gewerbe/Industrie 1995/96", R. Marr 1997, beschriebenen Konvertierungstabelle über die Fach-/Berufsgruppe zugeordnet.

Als weitere Systematik ist die BS68 zu berücksichtigen. Über diese Systematik erfolgt die Abgrenzung gegenüber dem Teil der Hausbrandemissionen, die aus statistischen Daten, denen die BS-68-Systematik zu Grunde liegt, errechnet werden.

#### 5.1.4 Datenauswertung

Aufgrund der geringen Rücklaufquote mußte der Großteil der Betriebe über statistische Daten ausgewertet werden. Aber auch für die erhobenen Betriebe mußten für die Auswertung statistische Daten einbezogen werden, da bei Feuerungsanlagen meist keine Abgasmengen und Schadstoffkonzentrationen angegeben wurden. Die Schadstofffrachten wurden über energiebezogene Emissionsfaktoren aus dem Verbrauch an Brennstoffen errechnet.

Eine sehr detaillierte Zusammenfassung von Emissionsfaktoren nach SNAP - Codes ist in dem BUWAL - Handbuch "Emissionsfaktoren für stationäre Quellen" Ausgabe 1995 (BUWAL 1995) gegeben. Unter der Annahme, daß die Daten auf Graz übertragbar sind, wurden im Sinne einer besseren Rückverfolgbarkeit generell die BUWAL - Daten verwendet.

## 5.2 Berechnungsmethoden und Fehlerabschätzung

### 5.2.1 Emissionen aus Feuerungsanlagen

Es werden vier unterschiedliche Berechnungsmethoden in Abhängigkeit der zur Verfügung stehenden Daten verwendet. Für die Auswertung wird jene Methode verwendet, die die größte Genauigkeit besitzt. Die Prioritäten entsprechen der hier angeführten Reihenfolge.

Es werden folgende Formelzeichen verwendet:

$m_i$	Menge des Schadstoffes $i$ in kg pro Periode
$c_i$	Konzentration des Schadstoffes $i$ in $\text{mg}/\text{Nm}^3$
$V'$	Abgasvolumenstrom in $\text{Nm}^3/\text{h}$
$B_h$	Betriebsstunden pro Periode
$B_V$	Brennstoffverbrauch pro Periode
$E_i$	Energieinhalt des verwendeten Brennstoffs
$E_{f_i}$	Emissionsfaktor für den Schadstoff $i$ bezogen auf Energieverbrauch bzw.

	Mitarbeiterzahl
BP	Brennstoffwärmeleistung in kW
MZ	Mitarbeiterzahl
EV	Energieverbrauch je Mitarbeiter

Tabelle 5-2: Berechnungsmethoden für verbrennungsbedingte Emissionen (Sektor Gewerbe/Industrie)

Methode	Ansatz	Fehlerabschätzung
Berechnung aus Meßwerten	$m_i = V' \times Bh \times c_i$	+/- 35% #
Berechnung über Brennstoffart und -verbrauch	$m_i = BV \times Ei \times Ef_i$	+/- 41%
Berechnung über die Brennstoffwärmeleistung	$m_i = BP \times Bh \times Ef_i$	+/- 65% #
Berechnung über die Mitarbeiterzahl	$m_i = MZ \times EV \times Ef_i$	+/- 90%

# Der tatsächliche Fehler ist i.a. wesentlich höher, da die Vollastbetriebstunden meist nicht bekannt sind, daher wurde diese Berechnungsmethode nicht angewendet. Sie ist der Vollständigkeit halber angeführt, weil die Emissionsschätzung im Jahr 1989 - aufgrund der damals vorliegenden Informationen - größtenteils nach diesen Methoden erfolgte.

### 5.2.2 Produktionsbedingte Emissionen (kalte Emissionen)

Emissionen die nicht aus Feuerungsanlagen stammen, werden abhängig von den verfügbaren Daten wie folgt berechnet:

Methode	Ansatz	Fehlerabschätzung
Berechnung aus Meßwerten	$m_i = V' \times Bh \times c_i$	+/- 35%
Berechnung über Verbrauch	#	#
Berechnung über die Mitarbeiterzahl ##	$m_i = MZ \times Ef_i$	+/- 40% ###

# Sofern Angaben über den Verbrauch von lösemittelhaltigen Produkten verfügbar sind, wird angenommen, daß der Lösemittelanteil vollständig freigesetzt wird. Im Vergleich zu Literaturdaten ergeben sich für Graz niedrigere Emissionswerte. Die Mengenangaben sind von den Betreibern geschätzt und dürften relativ große Fehler beinhalten.

## Emissionen von Betrieben ohne Rückmeldungen wurden über die Mitarbeiterzahl und die für die Branche am ehesten zutreffenden Emissionsfaktoren berechnet.

### Der aus der Fehlerabschätzung resultierende relative Fehler von 40 % dürfte tatsächlich wesentlich höher sein, weil den Betrieben einiger Branchen mehrere Emissionsfaktoren zugewiesen wurden, obwohl nicht alle Betriebe dieser Branche Arbeiten durchführen, bei denen es zu diesen Emissionen kommen kann.

Die hier getroffene Fehlerabschätzung geht davon aus, daß die gemachten Angaben korrekt sind. Generell kann gesagt werden, daß selbst nach der genauesten Berechnungsmethode (über Meßwerte und Abluftvolumen) der tatsächliche Fehler wesentlich größer ist. Konkrete Beispiele sind im Detailbericht angeführt.

### 5.2.3 Mitarbeiterbezogene Energieverbräuche

Die Emissionen aus Feuerungsanlagen wurden für einen Großteil der Betriebe über den jährlichen Energieverbrauch abgeschätzt. Der Jahresenergieverbrauch wurde mittels mitarbeiterbezogenen Energieverbräuchen berechnet. Dazu wurden Daten aus der Diplomarbeit von Eberhard (1989) verwendet. In dieser Arbeit sind branchenweise (einstelliger BS 68) Energieverbräuche je Mitarbeiter und Jahr angeführt, die in der Tabelle 5-3 zusammengefaßt sind.

Tabelle 5-3: Mitarbeiterbezogene Energieverbräuche (Eberhard 1989)

Branche		Mittlerer Energieverbrauch
Nr.	Bezeichnung	MWh/(Beschäftigten x Jahr)
1	Energie- und Wasserversorgung	6
2	Bergbau; Steingewinnung	4
3	Verarbeitendes Gewerbe, Industrie	3
4	Verarbeitendes Gewerbe, Industrie	5
5	Verarbeitendes Gewerbe, Industrie	6,5
6	Bauwesen	1,7
7A	Handel, Lagerung	5
7B	Beherbergungsbetriebe	18
8	Verkehr, Nachrichtenübermittlung	5
9A	Wirtschaftsdienste	5
9B	Persönliche und soziale Dienste	8,5

Eberhard (1989) schlägt eine mitarbeiterabhängige Korrektur dieser Werte vor, weil er davon ausgeht, daß ein kleiner Betrieb verhältnismäßig höhere spezifische Energieverbräuche hat als ein größerer Betrieb. Für die Berechnungen werden die in Tabelle 5-4 angeführten Korrekturfaktoren verwendet:

Tabelle 5-4: Korrekturfaktoren in Abhängigkeit von der Mitarbeiterzahl (Eberhard 1989)

Anzahl der Beschäftigten	Korrekturfaktor
1 - 20	1,7
21 - 50	1,2
51 - 200	1,0
201 - 500	0,8
>500	0,6

Die Unterteilung nach dem einstelligen BS 68 ist sehr grob. Innerhalb dieser Gruppen sind sehr unterschiedlich strukturierte Betriebe mit vielfältigen Aktivitäten.

Aus diesem Grund wurden mitarbeiterbezogene Energieverbräuche aus erhobenen Brennstoffverbräuchen für einzelne Fachgruppen (wo hinreichendes Datenmaterial vorhanden war) für Grazer Verhältnisse berechnet. Die Ergebnisse haben hohe Standardabweichungen, die zum einen in der für statistische Auswertungen geringen Zahl an Betrieben begründet ist

und zum andern durch die tatsächliche Inhomogenität der betrieblichen Verhältnisse - selbst innerhalb einer Fachgruppe - erklärt werden kann. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 5-5 zusammengefaßt. Für die Fachgruppe 121 (Kraftfahrzeugtechniker) ist in Bild 5-1 die Verteilung des spezifischen Energieverbrauchs in Abhängigkeit von der Mitarbeiterzahl beispielhaft dargestellt. Diese Verteilung ist mit jenen von Hitzl (1996) bzw. Kaiser (1996) für andere Branchen gefundenen vergleichbar. Man kann daraus deutlich die starke Inhomogenität der Daten erkennen

**Mitarbeiterbezogener Energieverbrauch KFZ-Branche**

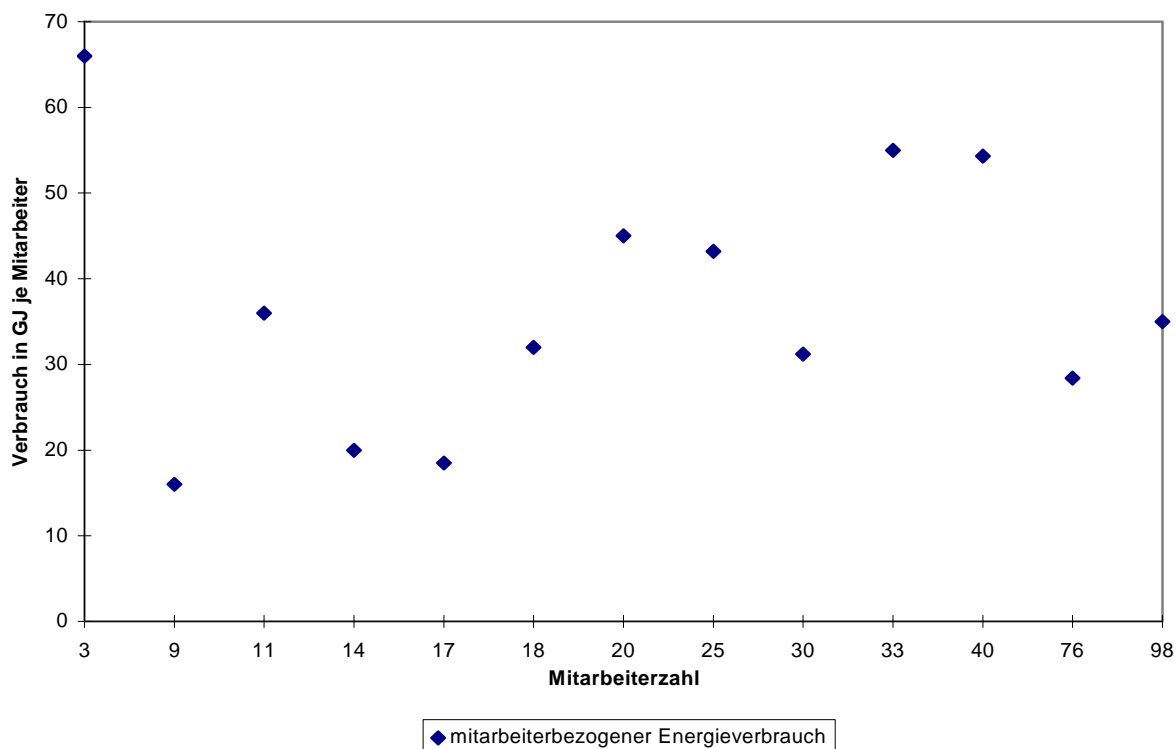


Bild 5-1: Verteilung der spezifischen Energieverbräuche in Abhängigkeit von der Mitarbeiterzahl, Erhebungen Graz

Tabelle 5-5: Für Graz berechnete mitarbeiterbezogene Energieverbräuche

Fachgr.	Bezeichnung#	Anzahl	Mittelwert	Standardabw.	RSD	Eberhard (1989)
		Betriebe	MWh/(MA*a)	MWh/(MA*a)	%	MWh/(MA*a)
101	Baugewerbe	4	3.0	4.2	142.1	1.7
106	Maler	8	21.8	15.4	70.6	6.5
109	Tischler	3	32.0	32.5	101.6	3
114	Schlosser	8	5.2	3.8	71.9	6.5
115	Spengler	6	7.2	3.0	40.9	6.5
121	KFZ-Techniker	13	10.3	4.2	41.0	6.5
135-136	Bäcker Konditoren	6	14.4	9.9	68.8	3

Fachgr.	Bezeichnung#	Anzahl	Mittelwert	Standardabw.	RSD	Eberhard (1989)
		Betriebe	MWh/(MA*a)	MWh/(MA*a)	%	MWh/(MA*a)
140	Gärtner	7	101.5	91.0	89.7	6
142	Fotografen	5	13.9	13.6	97.8	5
145	Chemisch Reiniger	17	62.1	53.6	86.4	3.5
216-217	Maschinen-, Stahlbau, Kfz- Industrie	15	13.2	10.1	76.8	6.5
308-317	308-317	18	8.6	4.9	56.9	5
318	Fahrzeughandel	7	9.9	4.6	46.6	5
323	Möbelhandel	5	10.8	9.6	88.4	5
603	Krankenanst.	5	6.7	4.6	68.4	8.5

#auszugsweise aus der Fachgruppenliste der Wirtschaftskammer

Für manche Bereiche stimmen die Werte mit den Daten von Eberhard (1989) gut überein, insbesondere wenn man noch die entsprechenden Korrekturen vornimmt. Größere Abweichungen treten bei den Fachgruppen 109 (Tischler), 135-136 (Bäcker - Zuckerbäcker), 140 (Gärtner) und 145 (Chemisch Reiniger) auf.

### 5.3 Emissionsfaktoren für die Berechnung der Emissionen über Energieverbrauch

Es wurden zwei SNAP-Codes für jene Bereiche definiert, wo keine Informationen über den tatsächlichen Brennstoffverbrauch und die verwendete Brennstoffart bekannt waren.

Der SNAP-Code 20100 steht für Kleinf Feuerungen, er kommt bei Firmen mit weniger als 50 Beschäftigten zur Anwendung, in allen anderen Fällen wird der SNAP-Code 30100 (Großfeuerungen) verwendet. Es wurde ein Brennstoffmix zu Grunde gelegt, der jenem der erhobenen Betriebe entspricht. Daraus wurden die in der Tabelle 5-8 angeführten gewichtete Emissionsfaktoren für die einzelnen Schadstoffe berechnet. Die in Tabelle 5-6 und Tabelle 5-7 angeführten Energiemengen beziehen sich auf die erhobenen Betriebe.

Tabelle 5-6: Anteil der einzelnen Brennstoffarten an der Wärmegewinnung in Graz Kleinf Feuerungen (SNAP 201000)

	mit Fernwärme		ohne Fernwärme		Mitarbeiter
	MWh	%	MWh	%	
Kleiner 50 Mitarbeiter					
Fernwärme	3425	9,4	0	0,0	482
Fest	3034	8,3	3034	9,2	
Flüssig	15523	42,6	15523	47,0	
Gasförmig	14445	39,7	14445	43,8	2020
Gesamtverbrauch	36427	100,0	33002	100,0	2502
Verbrauch je Mitarbeiter	14,56 MWh		16,3 MWh		

Tabelle 5-7: Anteil der einzelnen Brennstoffarten an der Wärmegewinnung in Graz; Großfeuerungen (SNAP 301000)

	mit Fernwärme		ohne Fernwärme		Mitarbeiter
	MWh	%	MWh	%	
Mehr als 50 Mitarbeiter					
Fernwärme	19036	11,2	0	0,0	4203
Fest	492	0,3	492	0,3	
Flüssig	22753	13,4	22753	15,1	
Gasförmig	126965	75,0	126965	84,5	19616
Gesamtverbrauch	169246	100,0	150210	100,0	23822
Verbrauch je Mitarbeiter	7,10 MWh		7,66 MWh		

Tabelle 5-8: Einfluß der Brennstoffzusammensetzung auf die Emissionsfaktoren

SNAP	Variante	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	NM VOC	CH <sub>4</sub>	Staub	Metalle	CO <sub>2</sub>
		g/GJ	g/GJ	g/GJ	g/GJ	g/GJ	g/GJ	mg/GJ	g/GJ
30100	Graz	33,0	49,9	12,5	1,9	4,8	1,6	7,1	51520
30100	Österreich #	184,2	122,5	120,3	4,5	7,9	25,3	65,1	74499
20100	Graz	30,0	45,4	244,5	7,5	13,2	4,4	13,3	60581
20100	Österreich #	64,1	63,1	1248	26,7	73,4	32,7	57,0	72746

# Quelle: Energiebericht 1993 (BMWA 1994)

Die Gegenüberstellung der Emissionsfaktoren zwischen Graz (hier erhoben) und Österreich (BMWA 1994) zeigt, daß bei Verwendung der im Energiebericht 1993 (BMWA 1994) auf Seite 48 in Tabelle 35 angeführten Brennstoffverteilung völlig andere Emissionsfaktoren resultieren, die um ein mehrfaches höher liegen als bei Berücksichtigung der für Graz erhobenen Brennstoffzusammensetzung. Der Grund dafür ist der wesentlich höhere Anteil an Holz und Kohle beim österreichweiten Brennstoffmix, während in Graz Holz und Kohle nur in geringem Umfang verwendet wird. Dafür ist der Anteil an Erdgas und Fernwärme in Graz wesentlich höher. Dies wirkt sich vor allem bei den Schadstoffen Kohlenmonoxid, Schwermetalle und Staub aus.

Dem entsprechend ergeben sich auch sehr unterschiedliche Werte für die einzelnen Schadstofffrachten. Für die Berechnung werden die erhobenen Werte für Graz unter Berücksichtigung des Fernwärmeanteils verwendet, da diese Annahme am ehesten die realen Verhältnisse repräsentiert.

## 5.4 Emissionsberechnungen

### 5.4.1 Jahresgesamtemissionen

### 5.4.2 Erhobene Betriebe

Aus den erhobenen Daten wurden über Abgaskonzentrationen und Abluftvolumenströme die resultierenden Schadstofffrachten berechnet. Dabei wurden nur Meßwerte berücksichtigt. Wenn lediglich Bescheidwerte als maximal erlaubte Grenzwerte gegeben waren, wurden die



Schadstofffrachten über die entsprechenden Emissionsfaktoren berechnet, da diese eher den tatsächlichen Gegebenheiten entsprechen.

Über den Brennstoffverbrauch und die Brennstoffart wurden die Emissionen aus Feuerungsanlagen berechnet. Die beiden Berechnungsergebnisse wurden in einer Excel-Datei zusammengeführt und für die weitere Auswertung aufbereitet. Die Ergebnisse sind im Detailbericht Marr (1997) aufgelistet. Die Zusammenfassung der Daten zeigt Tabelle 5-9.

Tabelle 5-9: Emissionen aus erhobenen Betrieben

SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	NMVOC	CH <sub>4</sub>	Staub	Metalle	CO <sub>2</sub>	HC
[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[kg/a]	[t/a]	[t/a]
42	220	96	385	18	44	32	223000	403

#### 5.4.1.2 Statistisch berechnete Betriebsemissionen

Bei den aus statistischen Daten berechneten Emissionswerten wird in Emissionen aus Feuerungsanlagen und in produktionsbedingte (kalte) Emissionen unterschieden.

Für die Emissionen aus Feuerungsanlagen erfolgt die Berechnung gemäß den obigen Erläuterungen aus dem spezifischen Energieverbrauch, der Mitarbeiterzahl und einem auf Graz abgestimmten Brennstoffmix (SNAP - Code 20100 und 30100, vgl. Tabelle 5-9). Die Berechnungsergebnisse in Tabelle 5-10 zeigen, daß - wie schon bei den Emissionsfaktoren angeführt - die Emissionen aus Feuerungsanlagen bei Berücksichtigung der Grazer Verhältnisse im Vergleich zum österreichischen Durchschnitt deutlich geringere Werte ergeben. Der Grund dafür liegt in dem deutlich geringeren Einsatz an Festbrennstoffen in Graz.

Tabelle 5-10: Berechnete Emissionen aus Feuerungsanlagen von Betrieben ohne Rückmeldung

Schadstofffracht	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	NMVOC	CH <sub>4</sub>	Staub	Metalle	CO <sub>2</sub>	HC
Berechnungsvariante	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[kg/a]	[t/a]	[t/a]
Graz	33	49	154	5	10	3	11	59000	15
Österreich #	120	91	810	18	48	31	63	76000	66

# Quelle BMWA 1994

Emissionen aus produktionsbedingten Quellen betreffen in erster Linie Kohlenwasserstoffe. Über die Mitarbeiterzahlen und die, den einzelnen Fachgruppen entsprechenden SNAP-Codes für produktionsbedingte (kalte) NMVOC - Emissionen, ergeben sich folgende Mengen:

Tabelle 5-11: Emissionen aus produktionsbedingten Quellen

	gesamt	Lösemitteelanwendung	Tankstellen
NMVOC	573 [t/a]	389 [t/a]	184 [t/a]

Eine Addition der Emissionen aus Feuerungen und jener Produktionen ergibt eine statistisch berechnete Gesamt - NMVOC - Fracht von 578 t/a. Der NOVOC - Anteil aus Feuerungsanlagen liegt damit unter 1%.

### 5.4.3 Gesamtemissionen des Sektors Gewerbe/Industrie

Die Jahresgesamtemission ergibt sich als Summe aus den Werten der erhobenen Betriebe (Tabelle 5-9) und den aus statistischen Daten berechneten Emissionen (Tabelle 5-10 und Tabelle 5-11).

Die Gesamtemissionen der Betriebe werden wie folgt angegeben:

Tabelle 5-12: Emissionen des Sektors Gewerbe/Industrie 1995/96 [t/a]

Schadstofffracht	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	NMHC	CH <sub>4</sub>	Staub	Metalle	CO <sub>2</sub>	HC
Graz gesamt	75	271	249	963	28	47	0,043	282000	991
%-Anteil erhoben	56	82	39	40	64	94	74	79	41

In der Tabelle 5-12 ist zusätzlich der prozentuelle Anteil der erhobenen Emissionen angegeben. Bei Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid beträgt der Anteil lediglich 39 % bzw. 56 %. Der Anteil ist deshalb verhältnismäßig gering, weil die meisten Großverbraucher bereits Fernwärme bzw. Erdgas verwenden. Die Erdgasfeuerung des Fernheizwerkes verursacht verhältnismäßig geringe CO - Emissionen aber vergleichsweise hohe NO<sub>x</sub> - Emissionen, so daß der Anteil der erhobenen NO<sub>x</sub> - Emissionen mit 82 % deutlich höher liegt. Der hohe Anteil an erhobenen Staubemissionen beruht auf der Tatsache, daß hier große Mengen von nichtpyrogenen (kalten) Quellen stammen.

In Tabelle 5-13 ist der Anteil der Emissionen aus Prozessen beschrieben. Zur Prozeßwärmeerzeugung wird mit ca. 80 % ein höherer Anteil an Erdgas verwendet als im Vergleich zur Gesamtwärmegewinnung. Daraus resultieren geringere Anteile bei den Schadstoffen SO<sub>2</sub>, CO und Staub. Der hohe Anteil der NMVOC bzw. HC-Emissionen ergibt sich aus dem hohen Anteil an Lösemittelanwendungen bzw. Tankstellenemissionen.

Tabelle 5-13: Prozeßbedingte Emissionen der Sektors Gewerbe / Industrie 1995 [t/a]

Schadstofffracht	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	NMHC	CH <sub>4</sub>	Staub	Metalle	CO <sub>2</sub>	HC
Prozeßemission [t/a]	18	92	59	915	9	9	0,009	103200	941
%-Anteil an Gesamtemission	24	34	24	95	34	19	21	37	95

## 5.5 Tagesemissionen (Vergleich Sommertag - Wintertag)

In Tabelle 5-14 sind die durchschnittlichen Tagesemissionen der einzelnen Schadstoffe für einen typischen Sommer- und einen Wintertag angeführt.

Tabelle 5-14: Vergleich der Tagesemissionen für einen Sommer- und einen Wintertag

Emissionsmenge	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	NMVOC	CH <sub>4</sub>	Staub	Metalle	CO <sub>2</sub>	HC
	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	g/d	kg/d	kg/d
Sommertag	75	383	250	4000	38	171	43	430000	4038
Wintertag	550	1875	1825	4030	196	221	74	1916000	4226

Während des Tages variieren die Emissionsmengen je nach Betriebsanlage verschieden stark. Dieses Verhalten läßt sich jedoch nicht wiedergeben. Aus diesem Grund werden die

Tagesverläufe stark vereinfacht berücksichtigt. Der Tagesverlauf für einen Wintertag ist in Bild 5-2 für die Schadstoffe SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> dargestellt. Die Zunahme während des Tages ist primär auf die prozeßbedingten Emissionen zurückzuführen. Auch hier erkennt man, daß die Zunahme bei SO<sub>2</sub> geringer ausfällt als bei NO<sub>x</sub>, da der Anteil von Erdgas zur Prozeßwärmegewinnung höher ist als jener zur Raumwärmegewinnung.

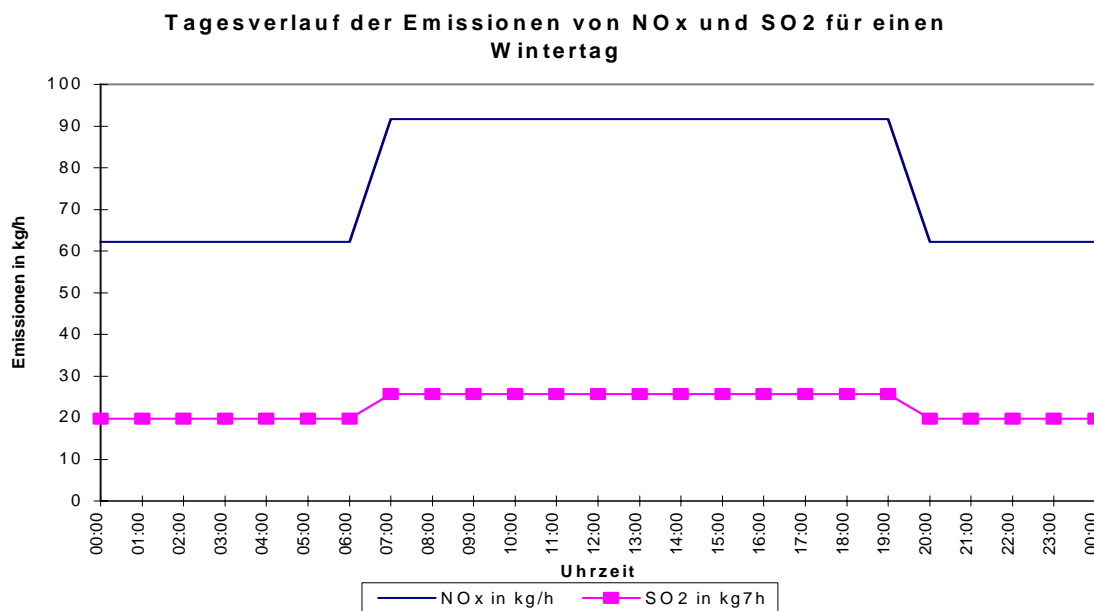


Bild 5-2: Vergleich der Tagesverläufe der Schadstoffemissionen von SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub>

## 5.6 Emissionen aus dem Energieverbrauch für Fernwärme des Sektors Gewerbe / Industrie

Für den Sektor Gewerbe / Industrie wird ein Fernwärmeverbrauch von 565000 MWh (535700 MWh erhoben, 29300 MWh aus Statistik berechnet) angegeben. Mit den unter Abschnitt 4.6 Emissionen aus Fernwärme und Heizstrom angeführten Emissionsfaktoren für Fernwärme ergeben sich folgende Emissionsmengen:

Tabelle 5-15: Emissionsmengen aus dem Fernwärmeverbrauch des Sektors Gewerbe / Industrie [t/a]

[t/a]	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	HC	Staub	CO <sub>2</sub>
Emission	28.8	64.4	1.0	1.0	2.3	56051

Für Strom wird ein Energieverbrauch von ca. 643300 MWh angegeben. Da hier eine Aufteilung in Heiz- und Nutzstrom fehlt, ist eine emissionsseitige Bewertung dieses Energieverbrauches nicht möglich.

Die hier angeführten Emissionsmengen werden bei den weiteren Betrachtungen nicht berücksichtigt, da sie nicht bzw. nur zu einem Teil in Graz emittiert werden. Der in Graz emittierte Anteil (FHKW Puchstraße) ist bei den Emittenten des Sektors Gewerbe / Industrie berücksichtigt.

## 6 Gesamtemissionen 1995

Die Gesamtemissionen ergeben sich als Summe der Einzelemissionen der drei Kategorien Verkehr, Hausbrand und Betriebe. Der Energieverbrauch aus dem Sektor Fernwärme und

Strom wird hier - da es sich um einen Emissionskataster handelt - emissionsseitig nicht bewertet. Eine Berücksichtigung findet hingegen sehr wohl jener Anteil an Strom und/oder Fernwärme der direkt in Graz produziert wird.

Tabelle 6-1: Gesamtemissionen 1995 [t/a]

[t/a]	CO	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	HC <sub>ges</sub>	PM/Staub	SO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
Verkehr	8436	286975	1560	1405	86	145	67
Hausbrand	9814	458520	536	1201	239	1066	304
Haushalte*				559			
Betriebe	249	281500	271	992	47	75	28
Gesamt 95	18499	1026995	2367	4157	372	1286	399

\* nur NMVOC (siehe Abschnitt 4.7)

Die prozentuelle Aufteilung ergibt sich wie folgt (Tabelle 6-2):

Tabelle 6-2: Prozentueller Anteil der einzelnen Sektoren an den Gesamtemissionen 1995 (\* inklusive NMVOC Emissionen aus Haushalten)

[%]	CO	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	HC <sub>ges</sub>	PM/Staub	SO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
Verkehr	46	28	66	33	23	11	17
Hausbrand *	53	45	23	43	64	83	76
Betriebe	1	27	11	24	13	6	7

\* inklusive NMVOC - Emissionen aus Haushalten

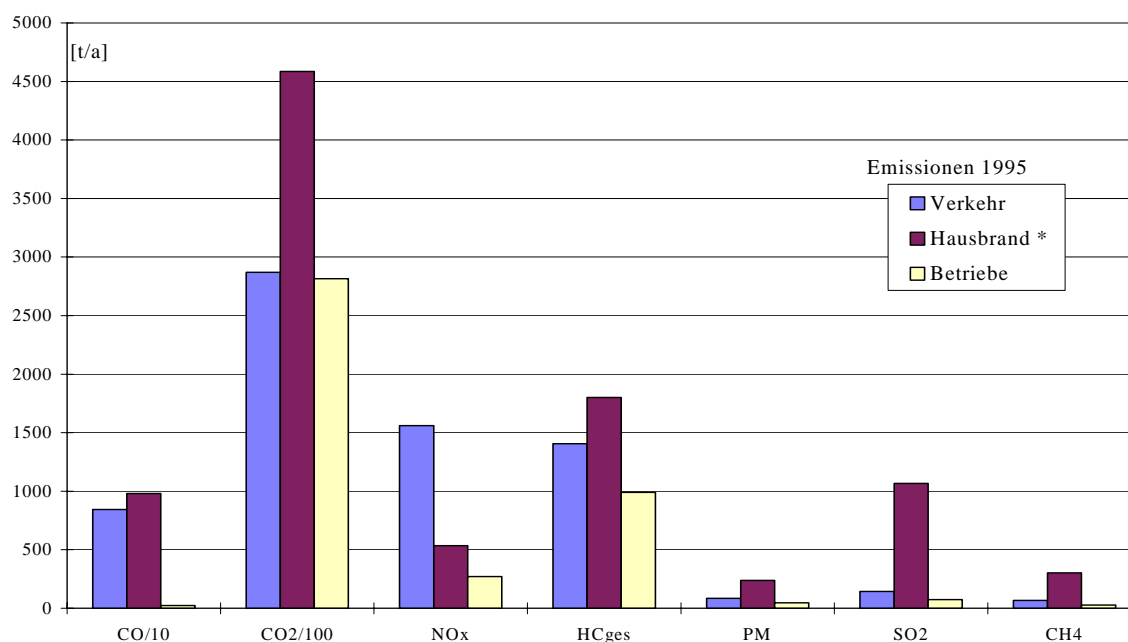


Bild 6-1: Emissionen der einzelnen Sektoren 1995 (\* inkl. NMVOC aus Haushalte)

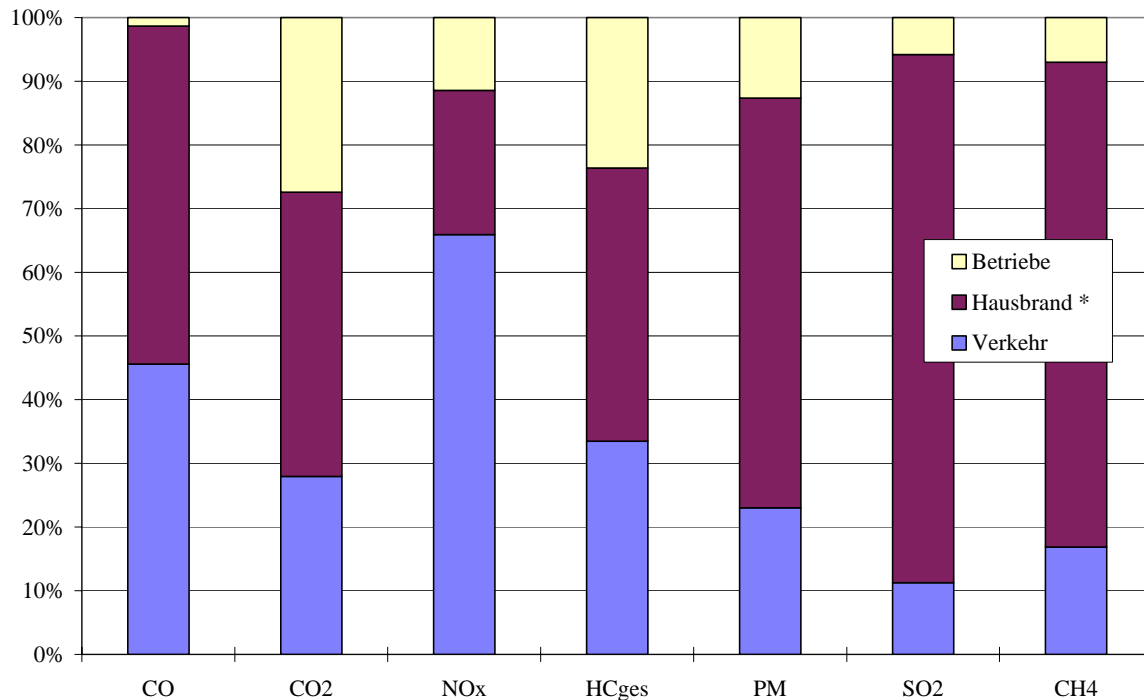


Bild 6-2: prozentueller Anteil der einzelnen Sektoren an den Gesamtemissionen 1995 (\* inklusive NMVOC - Emissionen aus Haushalten)

Bei vielen Schadstoffen hat nun der Hausbrand den höchsten Anteil, der Verkehr dominiert bei den Stickoxidemissionen.

## 7 Emissionsentwicklung zwischen 1988 und 1995

Betrachtungen und Beurteilung von zeitlichen Entwicklungen liefern eine nützliche und notwendige Aussage darüber, wohin die allgemeine Emissionssituation steuert, und ob gesetzte Steuerungsmechanismen auch zu den gewünschten Zielen führen.

Zwischen Bezugsjahren ändern sich meistens Aktivitätsdaten, z.B. Fahrleistungen von Fahrzeugen, und auch Emissionsdaten, z.B. durch den Einsatz verbesserter Technologien. Somit läßt sich auch die zeitliche Entwicklung der Emissionssituation abschätzen. In Realität ist dies jedoch nicht so einfach möglich, da zu den geänderten Aktivitäts- und Emissionsdaten meist noch eine Änderung in den methodischen Ansätzen der Emissionsberechnung dazukommt. Dies führt nun dazu, daß eine klare Trennung zwischen Emissionsveränderungen aufgrund zeitlicher Entwicklungen und Veränderungen aufgrund geänderter methodischer Ansätze durchgeführt werden muß.

In der Regel bedeutet dies, daß Emissionen vergangener Perioden mit den neuen methodischen Ansätzen neuerlich berechnet werden müssen, um vergleichbare Aussagen zu erhalten.

In die folgenden vergleichenden Analysen wurden die NMVOC - Emissionen der Haushalte nicht mit einbezogen, da die vorhandenen Datenbasis einen realistischen Vergleich bei dieser Gruppe nicht zuläßt.

### 7.1 Entwicklung der Verkehrsemissionen zwischen 1988 und 1995

Die Auswirkungen der methodisch begründeten Änderungen der Verkehrsemissionssituation sind in (Pischinger 1997) eingehend erläutert. Aufgrund dieser methodischen Änderungen mußte das Vergleichsjahr 1988 neu berechnet werden.

## 7.1.1 Neuberechnung der Emissionen von 1988

Verwendet man die Eingangsdaten des Emissionskatasters von 1988 zur Schadstoffberechnung mit den aktuellen Rechenansätzen und den entsprechenden Emissionsfaktoren, so ergeben sich folgende Emissionsmengen (Tabelle 7-1):

Tabelle 7-1: nachgerechnete Emissionen des Verkehrs 1988, neue Methodik [t/a]

1988 [t/a]	CO	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	HC	PM	SO <sub>2</sub>	Kraftst.
PKW-warm:	10310	201000	1194	1263	25,27	59,17	70990
PKW-kalt: *)	6001	14080	10,1	719,1	2,50	0,71	8276
Verdunstung: **)	/	/	/	1309	/	/	1309
LKW:	345	56831	671	220	65	56	18633
BUS:	52,95	8508	100,7	35,22	10,28	8,38	2793
<b>Straße gesamt:</b>	<b>16709</b>	<b>280419</b>	<b>1976</b>	<b>3547</b>	<b>103</b>	<b>124</b>	<b>102001</b>
Schiene	20	9220	110	7	1,4	3,8	2975
<b>Verkehr ges.</b>	<b>16729</b>	<b>289639</b>	<b>2086</b>	<b>3554</b>	<b>104</b>	<b>128</b>	<b>104976</b>

\* beim Kaltstart ist kein Methodenvergleich möglich, da sich das Rechenmodell und auch die Datenstruktur gänzlich verändert hat. Es werden hier die Eingangsdaten des Emissionskatasters 1995 übernommen und auf das Jahr 1988 zurückgerechnet

\*\* Beim Emissionskataster 1988 alt wurden keine Verdunstungsemissionen erhoben. Die hier angegebenen Werte sind Abschätzungen, die sich aus den geänderten Flottenzusammensetzungen und einer um das Verhältnis Fahrleistung 1995/1988 verringerten Anzahl der Abstellvorgänge berechnen.

Vergleicht man nun die für 1988 neu ermittelten Emissionsmengen des Straßenverkehrs mit jenen der ursprünglichen Berechnung (FAIa 1989) so ergeben sich folgende Veränderungen:

Tabelle 7-2: Vergleich Straßenverkehrsemissionen 1988 neue Methode (geänderte Emissionsfaktoren, geänderte Straßenkapazitäten und Verkehrsanteile) zu 1988 alte Methode

[t/a]	CO	NO <sub>x</sub>	HC <sub>ges</sub>	PM	SO <sub>2</sub>
1988_alt	26990	3350	5956	39,6	166,2
1988_neu	16709	1976	3547	103	124
88_neu/88_alt	62 %	59%	60%	260%	75%

Die Neubewertung des Straßennetzes durch die Verkehrstechniker brachte mit sich, daß nun i.a. höhere mittlere Fahrgeschwindigkeiten auf den Streckenabschnitten auftreten, was wiederum zu niedrigeren CO- und HC -Emissionsmengen bei fast gleichbleibenden NO<sub>x</sub> - Emissionen (vor allem beim PKW) führt. Gleichzeitig zeigte sich, daß der für 1988 angeführte LKW - Anteil von durchschnittlich 8.2 % zu hoch war. Genaue Zählungen im Jahr 1996 erbrachten, daß der Lkw - Anteil im städtischen Verkehr bei ca. 5.5% liegt (Sammer 1997). Diese Aufteilung wurde nun auch bei der Neuberechnung für 1988 verwendet.

Die Veränderung der Fahrgeschwindigkeiten aufgrund der geänderten Straßenkapazitäten sowie die verringerten Lkw - Anteile tragen merklich zu den nun geringeren Emissionswerten bei. Die Erhöhung bei den Partikelemissionen ist auf die nunmehrige Erfassung der Gesamtpartikel (Berechnungsmethode alt - nur Ruß) zurückzuführen.

Die mit all diesen Korrekturen neu berechneten Emissionswerte der Kraftfahrzeuge werden nun als neue Ausgangsbasis für Trendberechnungen verwendet.

Die Fahrleistungen haben sich zwischen 1988 und 1995 wie folgt verändert (Tabelle 7-3):

Tabelle 7-3: Vergleich der Fahrleistungen 1988 mit 1995

	[Kfz km/a] '88	[%]	[Kfz km/a] '95	[%]	1995/1988
Pkw	1060 Mio	93,8	1152 Mio	93,8	+9%
Lkw*	63 Mio	5,6	68 Mio	5,5	+7%
Bus	7 Mio	0,6	8,2 Mio	0,7	+17%
Gesamt	1130 Mio	100 %	1228 Mio	100 %	+9%

\* Abnahme aufgrund geänderter prozentueller Verkehrsanteile

Vergleicht man die Fahrleistungen des Jahres 1988 mit jenen des Jahres 1995, so erkennt man eine Zunahme der Fahrleistungen (gesamt) um ca. 9 %, wobei die Veränderungen beim Pkw-Verkehr + 8,7%, beim Lkw-Verkehr + 8 % und beim öffentlichen Verkehr (Bus) + 17 % betragen.

Die Flottenzusammensetzung (nach Fahrleistung) für die beiden Berechnungsfälle ist wie folgt:

Tabelle 7-4: Flottenzusammensetzung 1988 und 1995

PKW			LKW		
Kategorie	1988	1995	Kategorie	1988	1995
Benzin ohne Kat.	63 %	54 %	67-80 *)	8,8 %	6,1 %
Benzin mit Kat.	22 %	18 %	81-88 *)	59,1 %	30,6 %
Diesel	15 %	28 %	89-90 *)	32,8 %	16,3 %
			EURO 1	/	28,7 %
			94-95	/	18,2 %

\*) Baujahr bzw. Abgasvorschrift

Vergleicht man nun auch die Ergebnisse der Emissionsberechnungen für 1988 (Tabelle 7-1) und 1995 (

Tabelle 3-10), so ergeben sich folgende Veränderungen (Situation 1988 neu = 100%):

Tabelle 7-5: Vergleich Verkehrsemissionen 1995/1988 (1988 = 100%)

1995/1988	CO	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	HC	PM	SO <sub>2</sub>	Kraftst.	Fahrleist.
PKW [%]	50	100	59	38	155	132	92	109
LKW [%]	67	97	97	60	52	96	96	107
BUS [%]	84	111	112	74	61	110	110	117
Straße gesamt	50	100	75	39	81	114	93	109
Schiene	74	80	76	93	151	63	80	
Verkehr	50	99	75	40	82	113	93	109

Die deutliche Abnahme bei CO, HC und NO<sub>x</sub> ist auf den stark gestiegenen Anteil an Katalysator- und Dieselfahrzeugen (PKW) zurückzuführen, die bei diesen Schadstoffen deutlich abgasärmer sind. Die Schadstoffe Partikel und SO<sub>2</sub> werden fast ausschließlich von Dieselmotoren emittiert, durch die starke Zunahme der Diesel-PKW erklärt sich somit beim Pkw die Erhöhung der Emissionswerte in diesen Kategorien - trotz des gesenkten Schwefelgehaltes im Dieseltreibstoff. In Summe reduzieren sich jedoch bis auf SO<sub>2</sub> alle Emissionen des Straßenverkehrs. Da auch die Mengen bei den Eisenbahnemissionen zurückgegangen sind (mit Ausnahme der Partikelemission) ist auch eine merkliche Emissionsreduktion im gesamten Verkehrssektor zu bemerken. Erhöhungen gibt es bei SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> bleibt aufgrund der gestiegenen Fahrleistungen und auch der gestiegenen Motorleistungen der Fahrzeuge gleich. Der Grund für die überproportionale Reduktion bei den Kohlenwasserstoffen liegt darin, daß zur Reduktion der Emissionen während der Fahrt (Katalysator und Dieselfahrzeuge) auch eine merkliche Verminderung der Verdunstungsemissionen (Aktivkohlefall) eintrat.

Bild 7-1 zeigt die Unterschiede in den Verkehrsemissionen zwischen 1988 und 1995. Trotz der gestiegenen Fahrleistung sind die Emissionsmengen teilweise beträchtlich zurückgegangen.

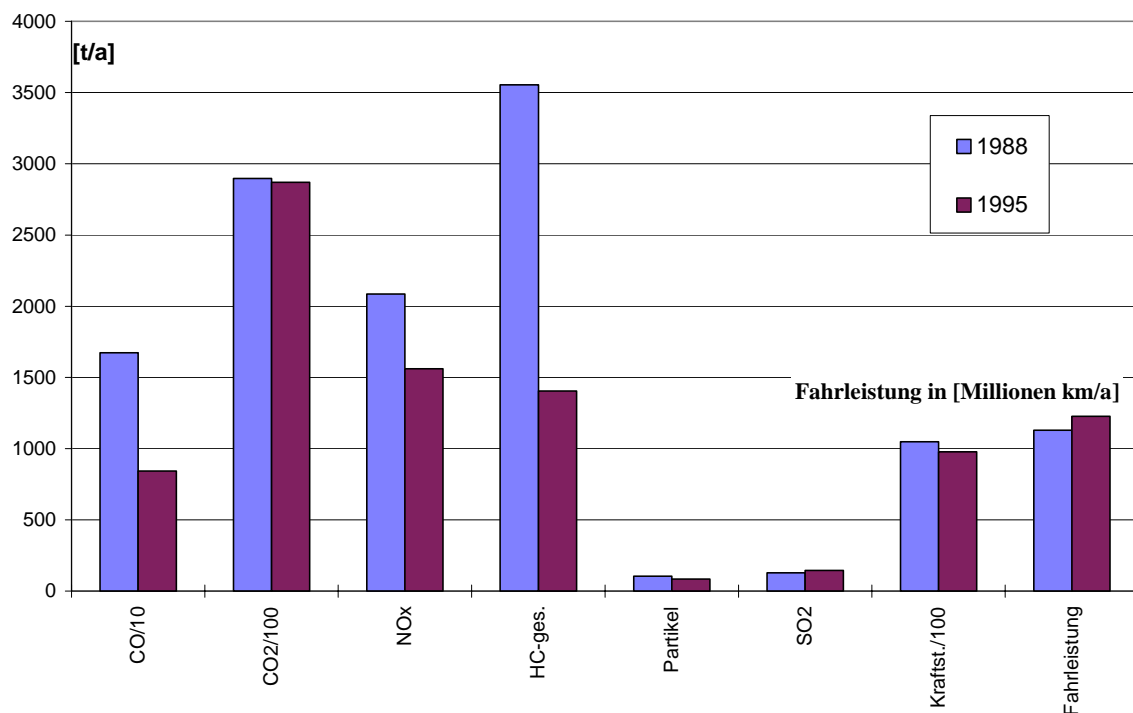


Bild 7-1: Entwicklung der Verkehrsemissionen in Graz zwischen 1988 und 1995



Bei der Entwicklung der Emission des Treibhausgases CO<sub>2</sub> sind mehrere Zusammenhänge zu bedenken. Einerseits ergibt die Kohlenstoffbilanz bei der Verbrennung fossiler Treibstoffe, daß bei (vorausgesetzt) gleichem Treibstoffverbrauch eine Abnahme von CO und HC eine Erhöhung von CO<sub>2</sub> bewirkt, andererseits bewirkt die Modernisierung der Fahrzeugflotten eine Abnahme des Treibstoffverbrauchs.

## 7.2 Entwicklung der Hausbrandemissionen zwischen 1988 und 1994

Wie bereits vorher angeführt hat der Hausbrandemissionskataster aufgrund der Datengrundlage ein anderes Bezugsjahr. Die zeitliche Entwicklung der Emissionssituation beim Hausbrand bezieht sich daher auch auf diesen Zeitraum. Die NMVOC - Emissionen aus den Haushalten werden bei diesem Vergleich nicht berücksichtigt.

### 7.2.1 Emissionen 1988

Da auch bei der Berechnung der Hausbrandemissionen eine Änderung im Wissensstand über das Emissionsverhalten zwischen dem Berichtsjahr 1988/89 und 1994/95 eingetreten ist, wurden die Emissionen des Hausbrandes im Bezugsjahr 1988 neu berechnet. Die Emissionen für 1988 ergeben sich nun wie folgt (Tabelle 7-6):

Tabelle 7-6: Vergleich der Hausbrandemissionen 1988 alte Methode zu 1988 neue Methode

[kg/a]	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO /10	HC	Staub
1988-alt	1284340	272080	1251191	1026370	338110
1988-neu	2166916	616250	1884984	2350700	396392
neu/alt [%]	169	226	151	229	117

Die Anwendung der verbesserten Datenstruktur - besonders im Hinblick auf Emissionsfaktoren - resultiert in merkliche Änderungen der Emissionssituation für das Bezugsjahr 1988. Für alle weiteren Vergleiche wird nun mit den Emissionswerten nach 1988-neu gerechnet.

### 7.2.2 Vergleich 1988 - 1994

Damit der Vergleich von Ergebnissen für die einzelnen Jahre sinnvoll ist, wurden für die Berechnung die statistischen Heizgradtage (Mittel über die letzten Jahrzehnte) herangezogen. Die Heizgradtage in der folgenden Tabelle stellen den statistischen Verlauf für Graz dar.

Tabelle 7-7: Vergleich der tatsächlichen Heizgradtage mit den statistischen zwischen 1981 und 1994

Jahr	Statistisch	1981	1988	1991	1994
Heizgradtage	3973	3581	3924	3941	3305
in Prozent	100 %	90 %	99 %	99 %	83 %

#### 7.2.2.1 Endenergieverbrauch

Die Tabelle 7-8 gibt die Entwicklung des Endenergieverbrauches zwischen den Jahren 1988 und 1994 wieder.

Tabelle 7-8: Endenergieverbrauch gegliedert nach Brennstoff [MWh], Veränderung zwischen 1988 und 1994

[MWh]	Fernw.	Holz	Kohle	Strom	Heizöl	Gas	Hackg.	Sonst.	Summe
-------	--------	------	-------	-------	--------	-----	--------	--------	-------

1988	238841	68798	561048	241438	919234	112857	-	153362	2295578
1991	328553	113923	353068	367504	722850	172767	14962	11152	2084779
1994	408697	102533	306519	378624	760423	197114	15055	11223	2180188

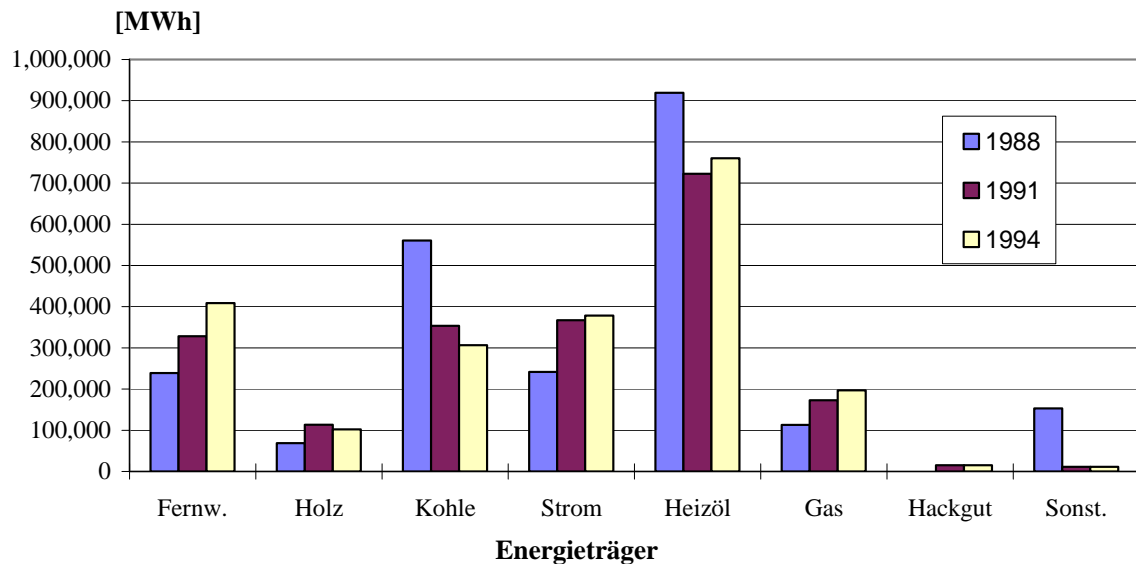


Bild 7-2: Endenergieverbrauch gegliedert nach Brennstoff [MWh], Veränderung zwischen 1988 und 1994

Die Schadstoffemissionen entwickelten sich wie folgt:

Tabelle 7-9: Veränderung der Schadstoffemissionen zwischen 1988 und 1994

[t/a]	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	HC	Staub	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
1988	2167	616	18850	2351	396	597	14	591970
1991	1163	534	11242	1430	266	361	11	463571
1994	1066	536	9814	1201	239	304	10	458520
1994/1988 [%]	49	87	52	51	60	51	74	77

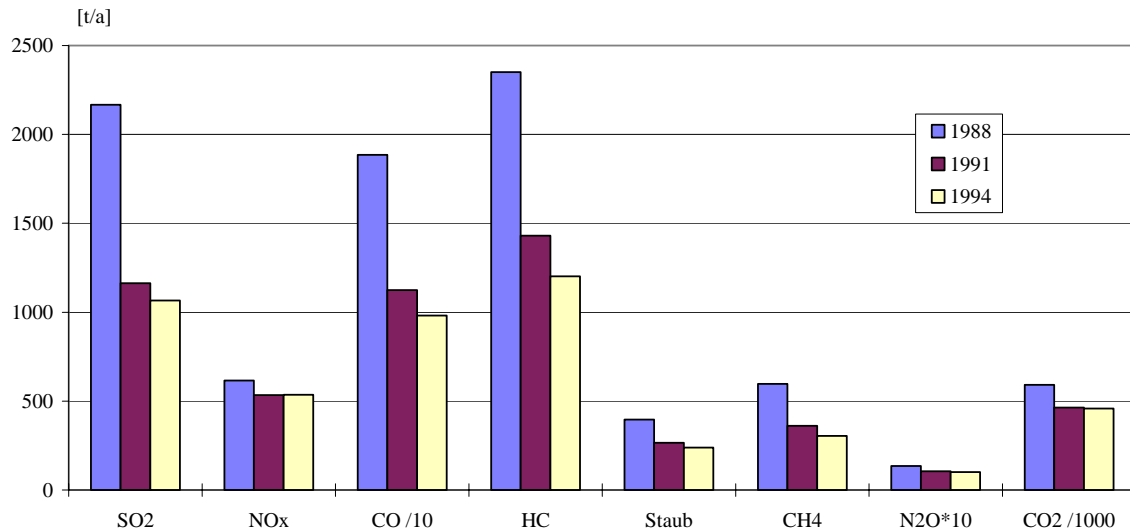


Bild 7-3: Veränderung der Schadstoffemissionen des Sektors Hausbrand zwischen 1988 und 1994

Obwohl der Endenergieverbrauch durch Haushalte nahezu unverändert gegenüber 1994 geblieben ist, hat sich emissionsseitig eine merkliche Reduktion eingestellt. Die Reduktion ist bei CO, HC und SO<sub>2</sub> deutlich, bei NO<sub>x</sub> ist ein differenziertes Verhalten festzustellen. Die Emissionsreduktionen sind auf eine Verschiebung der Energieerzeugung von Kohle zu Gas bzw. Heizöl zurückzuführen.

## 7.3 Betriebsanlagen

### 7.3.1 Emissionen 1988

Auch bei den Betriebsemissionen erfolgte eine Neubewertung der Emissionen des Jahres 1988. Zum Unterschied zu den anderen Emissionssektoren wurde bereits 1990 eine erste Überarbeitung durchgeführt. Basis dafür war eine bessere Datengrundlage über Betriebszeiten und Brennstoffeinsätze. Dieser Datensatz (Überarbeitung 1990) wurde nun auf Basis der Erkenntnisse aus den aktuellen Erhebungen noch einmal überarbeitet, sodaß nun ein überarbeiteter Stand allerdings mit Bezugsjahr 1990 vorliegt. Diese aktuellere Datengrundlage führte zu folgenden Veränderungen in der Emissionssituation Sektor Gewerbe/Industrie:

Tabelle 7-10: Veränderung der Emissionen des Sektors Gewerbe/Industrie aufgrund der Datengrundlage 1988\_alt zu 1990

[t/a]	CO	NOx	HCges	PM	SO2
1988_alt	3790	1298	1780	211	2110
1990_neu	374	387	1533	79	256
[%] von 88	10	30	86	37	12

Bei fast allen Schadstoffen gibt es teilweise beträchtliche Reduktionen in der Emissionsmenge, lediglich bei HC blieb das Emissionsniveau gleich. Bei der ursprünglichen Berechnung mußte aufgrund des fehlenden Datenmaterials davon ausgegangen werden, daß bei Emissionen aus Feuerungen Betriebszeiten mit Vollaststunden gleichzusetzen sind. Beim Brennstoffmix wurde von einem Durchschnittsbrennstoff "Heizöl" ausgegangen. Berücksichtigt man den heutigen Wissensstand in Bezug auf Betriebsstunden und Brennstoff, so ist alleine daraus schon ein Großteil der methodischen Änderungen zu begründen. Der Rest bezieht sich auf Änderungen von spezifischen Emissionsfaktoren. So mußte zudem 1988 bei vielen Betrieben mit behördlichen Genehmigungs- bzw. Grenzwerten gerechnet werden.

### 7.3.2 Vergleich 1988 - 1995

Ausgehend von den Emissionen des Sektors Gewerbe / Betriebe im Bezugsjahr 1990 läßt sich nun ein Trend ableiten, der die effektive Emissionsveränderung angeben soll. Da einige Großverbraucher auf Erdgas umgestiegen sind bzw. der Anteil der Fernwärme im Bereich der Betriebe angestiegen ist, kann man davon ausgehen, daß es tatsächlich zu einer Verringerung der Emissionen aus Feuerungsanlagen gekommen ist. Im Bereich der "kalten" Emissionen kam es zu einer Verringerung der Emissionen bei der Betankung von Kfz durch die Umrüstung auf Gaspendelsysteme bzw. im Bereich der Lösemittelmmissionen durch den vermehrten Ersatz konventioneller Lacke durch Wasserbasislacke.

Die Entwicklung der Emissionsmengen beim Sektor Betriebe sind in Bild 7-4 und Tabelle 7-11 dargestellt.

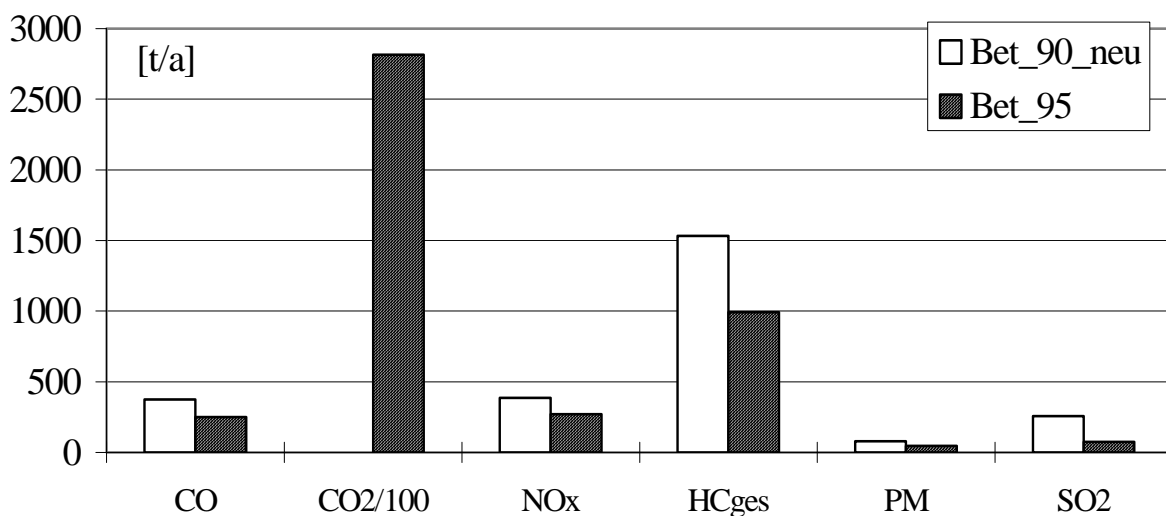


Bild 7-4: Trend der Emissionen des Sektors Gewerbe/Industrie zwischen 1990 und 1995

Tabelle 7-11: Trend der Emissionen des Sektors Betriebe zwischen 1990 und 1995

[t/a]	CO	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	HC <sub>ges</sub>	PM	SO <sub>2</sub>
Bet_90_neu	374	*	387	1533	79	256
Bet_95/96	249	281500	271	991	47	75
[%] von 1990	67		70	65	59	29

\* Für das Jahr 1990 sind keine CO<sub>2</sub> - Werte für den Sektor Gewerbe/Industrie ausgewiesen.

Auch im Sektor Gewerbe/Industrie ist eine merkliche Reduktion der Emissionsmengen zu verzeichnen. Besonders ausgeprägt ist dies bei SO<sub>2</sub>, wo eine Umstellung der Brennstoffe zu Erdgas sowie eine Reduktion des Schwefelgehaltes im Heizöl erfolgte.

#### 7.4 Gesamtemissionen 1988 - 1995

Betrachtet man nun die Summe der Einzelemissionen, d.h. die Gesamtemissionen, so ergeben sich folgende Trends:

Tabelle 7-12: Trend der Gesamtemissionen 1988 - 1995

[t/a]	CO	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	HC <sub>ges</sub>	PM/Staub	SO <sub>2</sub>
Gesamt 88*	35950	*	3052	7437	580	2551
Gesamt 95	18500	1027000	2367	3598	372	1286
95/88 [%]	51		78	48	64	50

\* Sektor Gewerbe/Industrie keine Angaben für 1988 (90)

Bei allen Schadstoffen ergibt sich eine merkliche Reduktion der Emissionsmengen des Jahres 1988, bei SO<sub>2</sub>, HC und CO konnte eine Halbierung der Werte von 1988 erreicht werden.

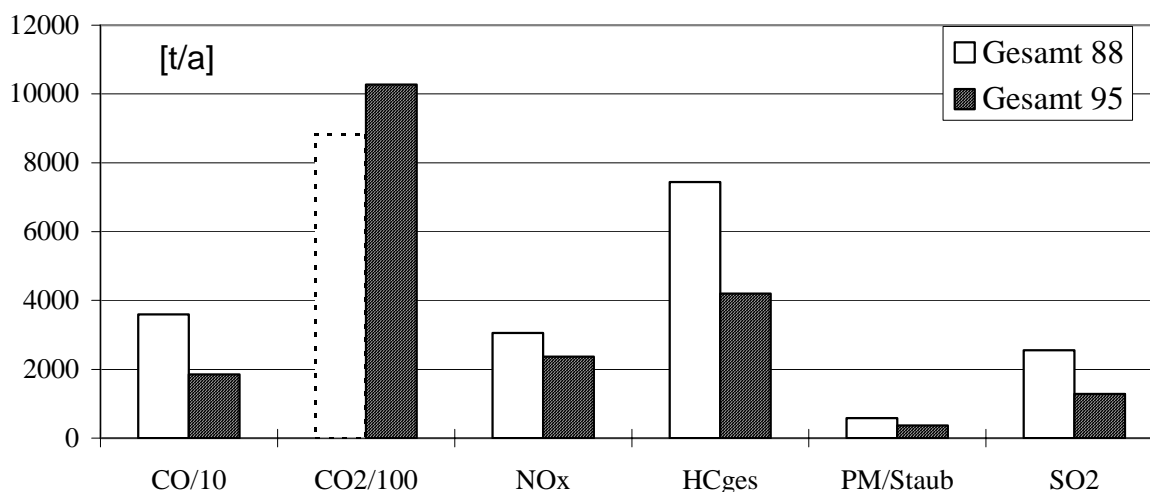


Bild 7-5: Trend der Gesamtemissionen 1988 - 1995 (keine Angaben für CO<sub>2</sub>-Emissionen des Sektors Gewerbe / Industrie 1988)

Die Emissionsunterschiede bei den einzelnen Verursachergruppen wurden bereits vorher diskutiert. Hier ist der Trend aus Bild 7-5 noch einmal dargestellt, nun jedoch unterteilt in die einzelnen Verursachergruppen (Bild 7-6)

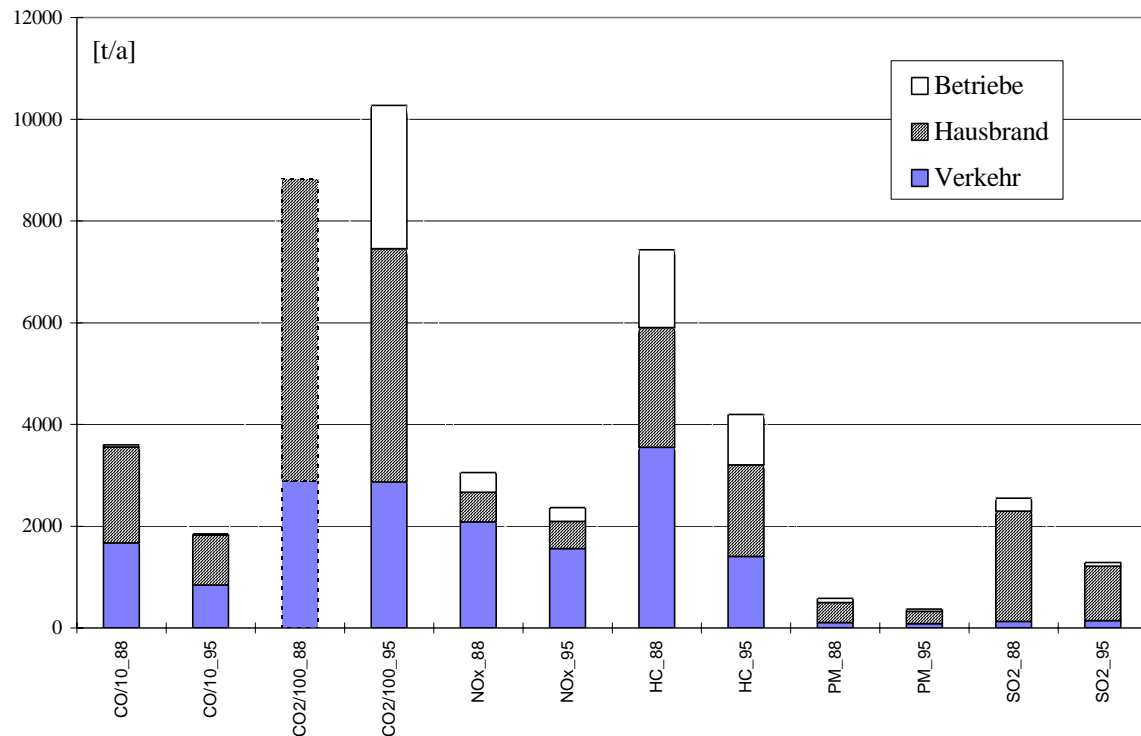


Bild 7-6: Trend der Emissionsentwicklung 1988 - 1995, Unterteilung nach einzelnen Verursachergruppen (Betriebe keine Angabe für CO2 1988)

Tabelle 7-13: Trend der Emissionsentwicklung 1988 - 1995, Unterteilung nach einzelnen Verursachergruppen [t/a]

Vergleich	CO_88	CO_95	CO2_88	CO2_95	NOx_88	NOx_95
Verkehr	16730	8440	289600	287000	2086	1560
Hausbrand	18850	9810	592000	458500	579	536
Betriebe	370	250	*	281500	387	271
Vergleich	HC_88	HC_95	PM_88	PM_95	SO2_88	SO2_95
Verkehr	3554	1405	104	86	128	145
Hausbrand	2351	1201	396	239	2167	1066
Betriebe	1533	991	79	47	256	75

\* keine Angaben für 1988

Tabelle 7-14: Prozentueller Trend der Emissionsentwicklung 1988 - 1995, Unterteilung nach einzelnen Verursachergruppen

Vergleich	CO_88	CO_95	CO2_88	CO2_95	NOx_88	NOx_95
Verkehr	47 %	46 %		28 %	68 %	66 %
Hausbrand	52 %	53 %		45 %	19 %	23 %
Betriebe	1 %	1 %		27 %	13 %	11 %

Vergleich	HC_88	HC_95	PM_88	PM_95	SO2_88	SO2_95
Verkehr	48 %	39 %	18 %	23 %	5 %	11 %
Hausbrand	32 %	33 %	68 %	64 %	85 %	83 %
Betriebe	21 %	28 %	14 %	13 %	10 %	6 %

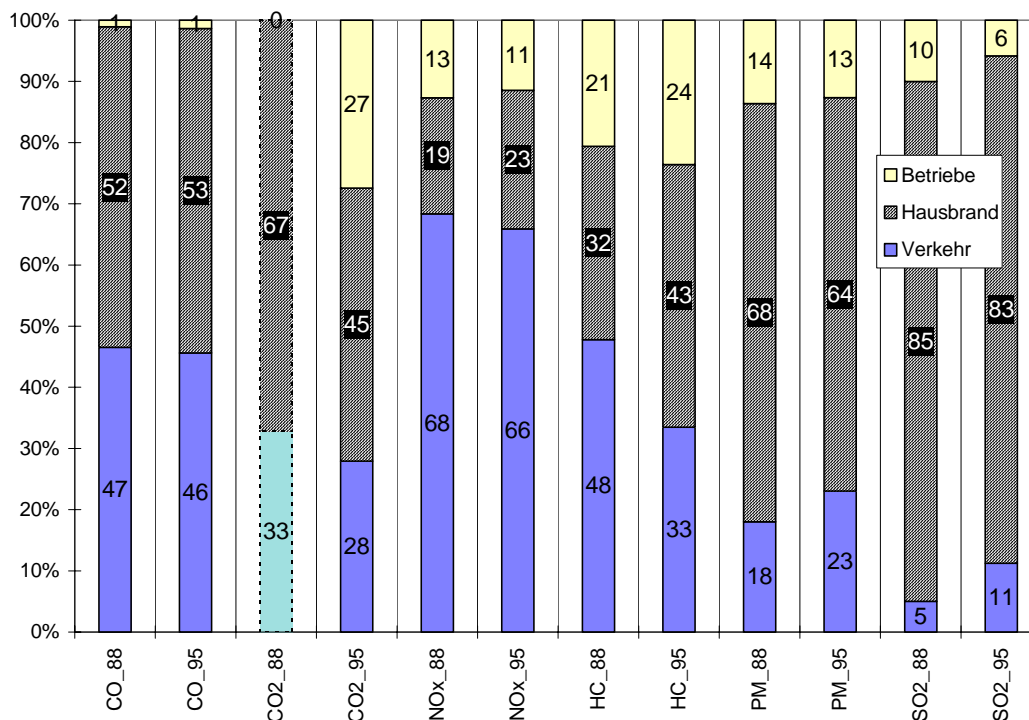


Bild 7-7: Prozentueller Trend der Emissionsentwicklung 1988 - 1995, Unterteilung nach einzelnen Verursacherguppen (keine Angaben für Betriebe 1988)

Bei allen Emittentengruppen ist eine Abnahme der Emissionsmengen zu erkennen. Zu beachten ist jedoch, daß gerade beim Sektor Hausbrand und teilweise auch beim Sektor Gewerbe/Industrie ein merklicher Anteil der Raumwärmeerzeugung mittels Fernwärme erfolgt, und die Emissionen dieser Wärmeerzeugung nur insoweit im Kataster berücksichtigt sind, als sie im Fernheizkraftwerk Puchstraße erzeugt werden.

### 7.5 Vergleich der zeitlichen Entwicklung bei den Emissionen mit der Luftgüte

Die Emissionssituation hat sich seit 1988 merklich verbessert. Diese Verringerungen sind in Abschnitt 7.4 angeführt. Da ein Großteil der in Graz registrierten Luftbelastungen aus dem eigenen Raum stammt, sollten sich die Emissionsreduktionen in gewisser Weise auch Immissionseitig wiederfinden, wobei natürlich die meteorologischen Bedingungen während der einzelnen Jahre nicht gleich sind und damit die Ergebnisse eines Vergleiches beeinflussen.

Im unmittelbaren Vergleich der Jahresmittelwerte sind folgende Veränderungen zu verzeichnen (die dargestellten Werte sind Mittelwerte aller Grazer Stationen):

Tabelle 7-15: Vergleich der Immissionskonzentrationen für Graz 1988 und 1995

Vergleich 88 - 95	1988	1995	95/88	Emissionen 95/88
SO <sub>2</sub> - JMW [mg/m <sup>3</sup> ]	0.019	0.011	60 %	50 %
Staub - JMW [mg/m <sup>3</sup> ]	0.056	0.045	80 %	64 %
NO <sub>x</sub> - JMW* [mg/m <sup>3</sup> ]	0.156	0.084	54 %	78 %
CO - JMW [mg/m <sup>3</sup> ]	1.75	1.003	57 %	51 %
HC - JMW** [mg/m <sup>3</sup> ]	0.324	0.13	40 %	48 %

\*NO<sub>x</sub> als NO<sub>2</sub> gerechnet

\*\*Vergleichsjahr 1989, da für 1988 keine HC - Messungen vorliegen

Der Vergleich der Jahresmittelwerte zwischen 1988 und 1995 zeigt, daß die bei den Emissionen errechneten Trends in ähnlichen Größen auch immissionsseitig nachgewiesen werden können.

## 8 Darstellung der Luftschadstoffemissionen im Stadtgebiet von Graz

Die Erhebung und Erfassung der Emissionen erfolgte mit einer bestimmten örtlichen Zuordnung. So liegen z.B. für die Punktemissionen (Schornsteine, Abluftkamine) die genauen Koordinaten vor, die Verkehrsemissionen können Linienquellen zugeordnet werden, und jene Emissionen die über statistische Daten erhoben wurden (Hausbrand, kleine Betriebe usw.) können über Zählsprengel - oder Bezirksgrenzen zugeordnet werden. Welche Emissionen wie zugeordnet wurden ist in den vorherigen Kapiteln bzw. in den Detailunterlagen ersichtlich.

Die Emissionen können somit graphisch ihrem Entstehungsort zugeordnet werden. In einem Kataster werden immer Bezugsflächen mit einer bestimmten Abmessung oder Bedeutung gewählt um das Ergebnis (die Emissionsmengen) auch darstellen zu können. Im gegebenen fall ist die ein Raster mit einer Seitenlänge von 250 m mal 250 m, welches über das ganze Stadtgebiet gelegt wurde. In jeder dieser Rasterflächen sind nun die zu diesem Element gehörigen Emissionsmengen enthalten. Die jeweilige Zuordnung und/oder Aufteilung wurde mittels eines GIS (ARC - Info) vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung durchgeführt. Die folgenden Bilder enthalten nun eine flächenhafte Darstellung der Emissionsmengen, für verschiedene Schadstoffe und Zeiträume.

### Verzeichnis der Bilder:

- Bild 8-1: Ortsbezug der Emittenten

#### *Gesamtemissionen*

- Bild 8-2: SO<sub>2</sub>; Jahresgesamtemissionen
- Bild 8-3: NO<sub>x</sub>; Jahresgesamtemissionen
- Bild 8-4: CO; Jahresgesamtemissionen
- Bild 8-5: Staub/Ruß; Jahresgesamtemissionen
- Bild 8-6: HC - gesamt; Jahresgesamtemissionen
- Bild 8-7: CH<sub>4</sub>; Jahresgesamtemissionen
- Bild 8-8: CO<sub>2</sub>; Jahresgesamtemissionen
- Bild 8-9: SO<sub>2</sub>; typische Sommertag - Emissionen
- Bild 8-10: NO<sub>x</sub>; typische Sommertag - Emissionen
- Bild 8-11: SO<sub>2</sub>; typische Wintertag - Emissionen
- Bild 8-12: NO<sub>x</sub>; typische Wintertag - Emissionen

#### *Verkehrsemissionen*



- Bild 8-13: SO<sub>2</sub>; Jahresgesamtemissionen, Sektor Verkehr
- Bild 8-14: NO<sub>x</sub>; Jahresgesamtemissionen, Sektor Verkehr
- Bild 8-15: CO; Jahresgesamtemissionen, Sektor Verkehr
- Bild 8-16: Staub/Ruß; Jahresgesamtemissionen, Sektor Verkehr
- Bild 8-17: HC-gesamt; Jahresgesamtemissionen, Sektor Verkehr
- Bild 8-18: CH<sub>4</sub>; Jahresgesamtemissionen, Sektor Verkehr
- Bild 8-19: CO<sub>2</sub>; Jahresgesamtemissionen, Sektor Verkehr
- Bild 8-20: Benzol; Jahresgesamtemissionen, Sektor Verkehr
- Bild 8-21: SO<sub>2</sub>; typische Sommertag - Emissionen, Sektor Verkehr
- Bild 8-22: NO<sub>x</sub>; typische Sommertag - Emissionen, Sektor Verkehr
- Bild 8-23: SO<sub>2</sub>; typische Wintertag - Emissionen, Sektor Verkehr
- Bild 8-24: NO<sub>x</sub>; typische Wintertag - Emissionen, Sektor Verkehr

#### *Hausbrand*

- Bild 8-25: SO<sub>2</sub>; Jahresgesamtemissionen, Sektor Hausbrand
- Bild 8-26: NO<sub>x</sub>; Jahresgesamtemissionen, Sektor Hausbrand
- Bild 8-27: CO; Jahresgesamtemissionen, Sektor Hausbrand
- Bild 8-28: Staub/Ruß; Jahresgesamtemissionen, Sektor Hausbrand
- Bild 8-29: HC-gesamt; Jahresgesamtemissionen, Sektor Hausbrand
- Bild 8-30: CH<sub>4</sub>; Jahresgesamtemissionen, Sektor Hausbrand
- Bild 8-31: CO<sub>2</sub>; Jahresgesamtemissionen, Sektor Hausbrand
- Bild 8-32: SO<sub>2</sub>; typische Sommertag - Emissionen, Sektor Hausbrand
- Bild 8-33: NO<sub>x</sub>; typische Sommertag - Emissionen, Sektor Hausbrand
- Bild 8-34: SO<sub>2</sub>; typische Wintertag - Emissionen, Sektor Hausbrand
- Bild 8-35: NO<sub>x</sub>; typische Wintertag - Emissionen, Sektor Hausbrand

#### *Gewerbe / Industrie*

- Bild 8-36: SO<sub>2</sub>; Jahresgesamtemissionen, Sektor Gewerbe / Industrie
- Bild 8-37: NO<sub>x</sub>; Jahresgesamtemissionen, Sektor Gewerbe / Industrie
- Bild 8-38: CO; Jahresgesamtemissionen, Sektor Gewerbe / Industrie
- Bild 8-39: Staub/Ruß; Jahresgesamtemissionen, Sektor Gewerbe / Industrie
- Bild 8-40: HC-gesamt; Jahresgesamtemissionen, Sektor Gewerbe / Industrie
- Bild 8-41: CH<sub>4</sub>; Jahresgesamtemissionen, Sektor Gewerbe / Industrie
- Bild 8-42: CO<sub>2</sub>; Jahresgesamtemissionen, Sektor Gewerbe / Industrie
- Bild 8-43: SO<sub>2</sub>; typische Sommertag - Emissionen, Sektor Gewerbe / Industrie
- Bild 8-44: NO<sub>x</sub>; typische Sommertag - Emissionen, Sektor Gewerbe / Industrie
- Bild 8-45: SO<sub>2</sub>; typische Wintertag - Emissionen, Sektor Gewerbe / Industrie
- Bild 8-46: NO<sub>x</sub>; typische Wintertag - Emissionen, Sektor Gewerbe / Industrie

## 9 Unterlagen

### 9.1 Materialienbände

Der vorliegende Bericht stellt eine Zusammenfassung der Arbeiten zum Emissionskataster 1995 dar. Zu den einzelnen Emittentengruppen Verkehr, Hausbrand, Industrie und Betriebe liegen folgende, umfangreiche Detailberichte vor:

- Marr R., Rogler I.: Emissionskataster Graz 1995, Emissionen des Sektors Gewerbe und Industrie, 1997
- Mörth O.: Emissionskataster Graz 1995, Emissionen des Sektors Hausbrand 1991/1994, Amt der Steiermärkischen Landesregierung, IKT, Graz 1997
- Pischinger R., Sturm P.J., Almbauer R.A., Meinhart J., Sudy Ch., Pucher K.: Emissionskataster Graz 1995, Emissionen des Sektors Verkehr, Bericht Nr. 61/Stu-vom 3.Nov. 1997; Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik, TU Graz, 1997
- Sammer G., Röschl G.: Emissionskataster Graz 1995, Verkehrliche Grundlagen
- Blümel Günter: Die Lognormalverteilung als Modell zur Schätzung von betrieblichen Energieverbrauchsfaktoren; Diplomarbeit aus Technischer Mathematik, TU Graz, 1997
- Glawar Gunther: Statistische Evaluierung des Emissionskatasters der Stadt Graz; Diplomarbeit aus Technischer Mathematik, TU Graz, 1997
- Jernej Silvester: Aufbau und Einsatz eines Umweltinformationssystems (UIS) zur Umweltinformation und Umweltraumplanung am Beispiel des Emissionskatasters der Landeshauptstadt Graz; Diplomarbeit, Aufbaustudium Technischer Umweltschutz, Technische Universität Graz, 1997

### 9.2 Literaturverzeichnis

- BMWA: Energiebericht 1993 der österreichischen Bundesregierung, Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Wien 1994
- BUWAL: Schadstoffemissionen des privaten Straßenverkehrs 1950-2000, Schriftenreihe Umweltschutz Nr.55, Hrsg.: Bundesamt für Umweltschutz Bern, 1986, Nachtrag 1988
- BUWAL: Handbuch "Emissionsfaktoren für stationäre Quellen", Ausgabe 1995 Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft der Schweiz, 1995
- Eggleston H.S., et. al: CORINAIR Working group on emission factors for calculating 1990 Emissions from Road Traffic, Vol. 1: Methodology and Emission Factors, Final Report CEC/DG XI, 1991
- Eberhard R.: Energiebedarf in Arbeitsstätten; Diplomarbeit am Institut für Energiewirtschaft der TU Wien; 1988.
- FA I a: Emissionskataster der Stadt Graz; Hrsg: Amt der Steiermärkischen Landesregierung, FAIa, Graz, 1989
- GKB, ÖBB (Graz-Köflacher-Bahn, Österreichische Bundesbahn): Streckenfahrpläne, Triebfahrzeugumlauf- und Belegungspläne sowie technische Daten der im Raum Graz verwendeten Dieseltriebfahrzeuge; Graz, 1996
- Hassel D., et al.: Das Abgasverhalten von Kraftfahrzeugen in der Bundesrepublik Deutschland im Bezugsjahr 1985, Bericht 7/87, E.Schmidt Verlag Berlin, 1987
- Hassel D., et al.: Das Abgasverhalten von Nutzfahrzeugen in der BRD im Bezugsjahr 1980, Bericht 9/80, E.Schmidt Verlag Berlin, 1983
- Hausberger S., Sams T., Sturm P., Meinhart J.: KEMIS - Programm zur Simulation von streckenbezogenen Abgasemissionen des Straßenverkehrs - Programmbeschreibung; Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der TU-Graz, 1996
- Heusch-Bösenfeld: Fahrverhalten Personenwagen, Zuordnung des Fahrverhaltens zu den Streckentypen, BUWAL Bern 1992

- Hitzl M.: Ermittlung branchenspezifischer Energiekennzahlen, Diplomarbeit, TU Graz, 1996
- IER: IER Forschungsbericht Band 19, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart, 1995
- Jansen P.: Wärmekataster Graz; TU Wien, Institut für Energiewirtschaft; Wien, 1990.
- KEK: Kommunales Energiekonzept Graz, Bericht Nr. 6 Energie- & Emissionsbilanz Graz für die Jahre 1987 und 1993, Grazer Umweltamt 1995
- MAG 1996: Statistisches Jahrbuch der Landeshauptstadt Graz 1995, Magistrat Graz Amt für Statistik, 1996
- Marr R.: Emissionskataster Graz, Emissionen des Sektors Betriebe 1988, in der überarbeiteten Fassung, 1990
- Maier G., Berechnung des Frischluftbedarfes bei Tiefgaragenbelüftungen; Diplomarbeit am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der TU-Graz, 1996
- Mörth O.: Teilbereich zum Emissionskataster Graz 1995, Hausbrandemissionen, April 1997
- Sams Th., Tieber J.: Emission Behaviour of Heavy Duty Vehicles - a holistic calculation method, IJVD, Vol. 18 Nos 3/4, 1997 pp293 - 312
- Sturm P.J.: Abgasemissionen des Straßenverkehrs und ihre Ausbreitung in der Atmosphäre, VDI Fortschrittsberichte, Reihe 15: Umwelttechnik, Nr.139, VDI - Verlag 1995
- UBA: Emissionsfaktoren Handbuch Deutschland, Schweiz, Umweltbundesamt Berlin 1995  
Version Österreich, Umweltbundesamt Wien (in Bearbeitung), 1997
- ÖSTAT: Nutzenergieanalyse 1983; Österreichisches Statistisches Zentralamt, Beiträge zur Österreichischen Statistik - Heft 816: Österreichische Staatsdruckerei; Wien 1986.