

Nr.48

Prognose der Schadstoff-
emissionen aus Verbrennungs-
anlagen im Belastungsgebiet
Rheinschiene-Süd

für die Jahre 1985 und 1990

Herausgeber:

Landesanstalt für Immissionsschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen
Wallneyer Str. 6
D-4300 Essen 1

1984

ISSN 0720-8499

Prognose der Schadstoffemissionen
aus Verbrennungsanlagen im
Belastungsgebiet Rheinschiene Süd
für die Jahre 1985 und 1990

Handwritten: 1985
H. Schade
Handwritten: ✓

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung

Summary

1. Emissionsprognose für Feuerungsanlagen im Sektor Industrie
 - 1.1. Einführung
 - 1.2. Ermittlung des Energieverbrauchs für das Basisjahr
 - 1.3. Prognose des Energiebedarfs und des Einsatzes von Energieträgern
 - 1.4. Prognose der Jahresemissionen

2. Emissionsprognose für Feuerungsanlagen im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher
 - 2.1. Einführung
 - 2.2. Grundlagen
 - 2.3. Ermittlung des Energieverbrauchs für das Basisjahr
 - 2.4. Prognose des Energiebedarfs und des Einsatzes von Energieträgern
 - 2.5. Vergleich mit den Daten des Luftreinhalteplans I
 - 2.6. Emissionsfaktoren
 - 2.7. Jahresemissionen
 - 2.8. Vergleich mit den Daten des Luftreinhalteplans I

3. Emissionsprognose für den Kraftfahrzeugverkehr
 - 3.1. Einführung
 - 3.2. Kfz-Bestandsprognose
 - 3.3. Fahrleistungsprognose
 - 3.4. Prognose der Abgas-Emissionsfaktoren für den Kraftfahrzeugverkehr
 - 3.5. Schadstoffemissionen des Kraftfahrzeugverkehrs im Belastungsgebiet

PROGNOSE DER SCHADSTOFFEMISSIONEN AUS VERBRENNUNGSANLAGEN IM BELASTUNGSGEBIET
RHEINSCHIENE-SÜD FÜR DIE JAHRE 1985 UND 1990

H. Schade

Z u s a m m e n f a s s u n g

Die Bestimmung der Jahresemissionen erfolgte für die Verbrauchssektoren Industrie sowie Haushalte und Kleinverbraucher auf der Basis des prognostizierten Energieverbrauchs nach Energieträgern in Verbindung mit spezifischen Emissionsfaktoren. Schwerpunkt der Untersuchung war die Prognose des Energieträgereinsatzes.

Bei der Industrie wurden zwei Wege beschritten, und zwar erfolgte bei größeren Industriebetrieben eine direkte Befragung der Unternehmen, während bei den anderen der Energiebedarf über entsprechende Determinanten, z.B. Beschäftigtenzahl, Produktdurchsatz in Verbindung mit spezifischen Kennzahlen, ermittelt wurde. Es wurden zwei generelle Versorgungspfade betrachtet, und zwar einer mit höherem und einer mit niedrigerem Wachstum. Die unterschiedlichen Wachstumsraten der einzelnen Branchen wurden berücksichtigt. Der Energieverbrauch wird bis 1990 um 27,5 % ansteigen, dabei haben die festen Brennstoffe die höchsten Steigerungsraten. Ein Verbrauchsrückgang wird beim leichten Heizöl erwartet. Die über spezifische Emissionsfaktoren errechneten Jahresemissionen ergaben einen Rückgang beim SO_2 um 15 %, einen Anstieg beim NO_x um 45 %, bei den Organischen Gasen und Dämpfen um 26 % und bei den Feststoffen um 9 %.

Die Ermittlung des Energiebedarfs im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher erfolgte in Anlehnung an die Methodiken bei der Erstellung von Energieversorgungskonzepten. Die Energieprognose basiert sowohl auf allgemeinen Ansätzen als auch auf erkennbaren kleinräumigen Entwicklungen. Für die Teilbereiche private Haushalte, öffentliche Einrichtungen und Gewerbe wurden unterschiedliche Prognoseansätze verwendet. Die Datenbasis ließ eine genaue Aufteilung der festen Brennstoffe nicht zu, so daß die Emissionen nur für Kohle allgemein als Brennstoff berechnet werden konnten. Die Emissionsfaktoren sind gewogene Mittelwerte über die Anteile der einzelnen Brennstoffe, die über eine Mikrozensushebung ermittelt wurden. Für alle Schadstoffe werden zurückgehende Emissionen prognostiziert. Der stärkste Rückgang wird mit 49 % beim Kohlenmonoxid erwartet, gefolgt von Feststoffen mit 48 %, Organischen Gasen und Dämpfen mit 47 % und Schwefeldioxid mit 46 %. Der geringste Rückgang ist mit 23 % bei den Stickoxiden zu erwarten. Die Emissionsentwicklung wird weitgehend durch die Verlagerung des Energieträgereinsatzes von stark emittierenden zu wenig bzw. nicht emittierenden Energieträgern bestimmt.

Für den Kfz-Verkehr führte der Weg zur Emissionsprognose über eine Bestandsprognose, eine Fahrleistungsprognose und eine Prognose der Abgasemissionsfaktoren. Die Bestandsprognose für das Bundesgebiet wurde unter Einbeziehung der durch die Struktur des Belastungsgebietes beeinflussten Abweichungen auf

dieses übertragen. Bezogen auf das Basisjahr 1980 wird sich der Gesamt-Kraftfahrzeugbestand im Belastungsgebiet bis 1990 um 17 % bis 23 % erhöhen. Für den Prognosezeitraum wird für die spezifische Fahrleistung im Belastungsgebiet die gleiche Tendenz wie im Bundesgebiet zu erwarten sein. Der Zuwachs der Jahresfahrleistungen des gesamten Kfz-Verkehrs beträgt bis 1990 12 % bis 25 %. Unter Berücksichtigung des normierten Altersaufbaus des Kfz-Bestandes und der Abgasgesetzgebung sowie ihrer Auswirkungen auf das reale Emissionsverhalten lassen sich mit einem entsprechenden Prognosemodell die Emissionsfaktoren berechnen. Die Emissionen des Kfz-Verkehrs wurden mittels der prognostizierten Fahrleistungen und Emissionsfaktoren hochgerechnet. Ein Rückgang der Emissionen ist nur beim CO, und zwar um 31 % zu erwarten. Die Kohlenwasserstoffemissionen werden etwa konstant bleiben. Beim NO_x zeichnet sich ein Anstieg um 14 %, beim SO₂ um 30 % und beim Staub (Ruß und Blei) um 19 % ab. Bei diesen Daten wurde die Einführung bleifreien Benzins und der Katalysatortechnik noch nicht berücksichtigt.

S u m m a r y

The annual pollutant emissions by combustion plants in industry, domestic and small commercial applications were determined from forecasts of the fuel specific energy consumptions with the aid of emission factors. Emphasis was placed in this investigation on predicting the future use of energy carriers.

For the industrial sector two methods were employed. Larger industrial enterprises were asked to submit data on their energy demand while for the smaller industrial plants the energy demand was derived from causative factors such as for example the number of employees and the throughput in connection with specific parameters. The investigations were carried out for two general supply paths, that is for higher and lower growth rates. The differing growth rates of the various industries were taken into account. The energy consumption will rise until 1990 by 27,5 %. Solid fuels will have the highest rate of increase. Consumption of light fuel oil is expected to drop. The annual emissions derived from specific emission factors will drop 15 % in the case of SO₂ and rise 45 % with regard to NO_x. The emissions of organic gases and vapors will increase by 26 % and those of particulates by 9 %.

The energy demand of domestic and small commercial applications was determined according to the methods used for establishing energy supply concepts. The forecast was based both on general assumptions as well as on discernible local developments. For the sectors private households, public institutions and commercial trade the forecasts were based on differing input data. Since these did not permit an accurate break down into the various solid fuels, the emissions were calculated for coal in general. The derived emission factors represent average values (by weight) of the fractions of the various fuels determined by a microcensus. For all pollutants a reduction of the emissions was obtained. The largest drop of 49 % was forecast for carbon monoxide, followed by particulates with 48 %, organic gases and vapors with 47 % and

sulphur dioxide with 46 %. The oxides of nitrogen will experience the lowest reduction of 23 %. The future emissions will be largely determined by a shift from high to low or no emission energy carriers.

For motor traffic the emission forecast was derived from predictions of the number of licensed motor vehicles, the total annual motor traffic kilometers and calculated exhaust gas emission factors. The number of licensed vehicles in the pollution area (Belastungsgebiet) was obtained from predictions for the Federal Republic of Germany taking into account the deviations due to structural differences of the polluted area. As compared to 1980 the total number of licensed vehicles in the pollution area will rise until 1990 between 17 and 23 %. Within this period the total annual motor traffic kilometers covered in the pollution area will show the same trend as nationwide. In the latter case the total annual motor traffic kilometers will increase until 1990 by 12 to 25 %.

Taking into consideration the normalized age distribution of licensed vehicles and the legislation concerning exhaust gas emissions as well as their impact on the emissions the emission factors were calculated with a suitable model. Using these emission factors and the forecast total annual motor traffic kilometers the emissions by motor traffic were obtained. Only CO will drop by 31 %. The hydrocarbon emissions will remain constant while NO_x will increase by 14 %, SO_2 by 30 % and dust (soot and lead) by 19 %. These data do not yet take into account the introduction of unleaded gasoline and of catalysts.

1. Emissionsprognose für Feuerungs-
anlagen im Sektor Industrie

1. Emissionsprognose für Feuerungsanlagen im Sektor Industrie

1.1. Einführung

Die Bestimmung der Jahresemissionen erfolgt mit Hilfe des industriellen Brennstoffverbrauchs in Verbindung mit entsprechenden spezifischen Emissionsfaktoren. Damit ist zunächst der Brennstoffverbrauch für das Bezugsjahr 1980 und die Prognosejahre 1985 und 1990 zu bestimmen. Im nächsten Schritt wird die Entwicklung der spezifischen Emissionsfaktoren dargestellt. Durch Multiplikation von Energieverbrauch und zugehörigem Emissionsfaktor werden schließlich die Jahresemissionen bestimmt. Die Untersuchungen zum Energieverbrauch wurden vom Institut für rationelle Energieverwendung e.V. in Essen im Auftrag der Landesanstalt für Immissionsschutz durchgeführt [1.1].

1.2. Ermittlung des Energieverbrauchs für das Basisjahr 1980

Um die Energiebedarfswerte aller Industriebetriebe in der erforderlichen Detaillierung für das Bezugsjahr zu bestimmen, war es zunächst erforderlich, sämtliche verfügbaren Quellen zur Ermittlung des industriellen Energiebedarfs zusammenzustellen. Die Quellenangaben der amtlichen Statistik waren für kleinräumige Untersuchungen dieser Art jedoch nur begrenzt brauchbar, da sie aus Geheimhaltungsgründen ausschließlich aggregierte Daten ausweisen. Durch Unterstützung seitens der Industrie- und Handelskammer und der Gewerbeaufsichtsverwaltung konnten jedoch die Adressen, Branchenzugehörigkeiten und die Beschäftigtenzahlen aller Industriebetriebe im Belastungsgebiet ermittelt werden. Für die Bestimmung des Energiebedarfs bestehen zwei Möglichkeiten:

- Bestimmung des Energiebedarfs über eine direkte Befragung der Unternehmen.
- Ermittlung des Energiebedarfs über entsprechende Bezugsgrößen.

1.2.1. Bestimmung des Energiebedarfs über direkte Befragung

Vorteil der direkten Befragung ist vor allem die exakte Wiedergabe des Istzustandes der Industrie. Für kleinere Unternehmen stellt eine solche Befragung jedoch einen relativ hohen Arbeitsaufwand dar, und es ist deshalb mit einem sehr geringen Rückfluß zu rechnen.

Aus diesem Grunde wurden nur die größeren Industriebetriebe über eine Fragebogenaktion erfaßt. Erfassungskriterium war ein geschätzter jährlicher Energiebedarf von mehr als 44 TJ/a.

Bei den betrachteten Industriebetrieben kamen für eine solche Einzelerfassung insbesondere Unternehmen der Grundstoffindustrie infrage (vgl. Abb. 1.1), die im Belastungsgebiet einen Anteil von 55 % des Gesamtenergiebedarfs der Industrie (ohne Umwandlungsbereich) umfassen. Im Umwandlungsbereich wurden alle

Raffinerien angeschrieben. Bei den übrigen Betrieben wurde der Energiebedarf über entsprechende Determinanten bestimmt.

Von den 204 angeschriebenen Betrieben konnten 78 Rückantworten verwertet werden; das entspricht einem Anteil von 38,2 %. Eine besonders hohe Rücklaufquote war bei den Betrieben mit mehr als 1000 Beschäftigten zu verzeichnen. Unter Berücksichtigung bereits vorliegender beantworteter Fragebögen aus den Vorjahren konnte somit bei 20 % aller Industriebetriebe der Energiebedarf mittels Fragebogen bestimmt werden.

1.2.2. Ermittlung des Energiebedarfs über Bezugsgrößen

Für die Bestimmung des Energiebedarfs der nicht durch Fragebogen erfaßten Betriebe boten sich zwei mögliche Bezugsgrößen an. Gewählt wurde für den Bereich "Übriger Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe" die Bezugsgröße Beschäftigte. Im Umwandlungsbereich, der sich in Köln aus Industriekraftwerken, Heizwerken, Heizkraftwerken und Raffinerien zusammensetzt, wurde aufgrund der besseren Korrelation zwischen Primärenergieeinsatz und Energieeigenbedarf mit dem Primärenergieeinsatz bzw. -durchsatz als Bezugsgröße gerechnet. Für die Raffinerien wurde deshalb der Energiebedarf je t Mineralöldurchsatz zur Bestimmung des gesamten Energiebedarfs verwendet.

Für die Industrie- und Heizkraftwerke sowie Heizwerke lagen von den Betreibern bereits Angaben über Nennleistung, Dampfleistung und Energieträgereinsatz vor.

Grundlage für die Bestimmung der spezifischen Bedarfszahlen waren die vorliegenden Fragebögen. Berücksichtigt wurden außerdem bereits vorliegende spezifische Daten sowie Zahlen aus der allgemein zugänglichen Statistik des Landes und der Kommunen. Aus diesen Unterlagen wurden branchenspezifische Zahlen gebildet, die als Bezugsgröße die Anzahl der Beschäftigten oder bei Raffinerien den Mineralöldurchsatz verwenden. Nach Streichen des Höchst- und Tiefstwertes wurde das arithmetische Mittel aus den übrigen branchenspezifischen Daten gebildet. Das Ergebnis ist in Tabelle 1.1 zusammengestellt.

1.2.3. Ermittlung der Energieträgeraufteilung und Unterteilung nach den Verwendungszwecken

1.2.3.1. Energieträgeraufteilung

Die Aufteilung des Energiebedarfs der einzelnen Unternehmen nach Energieträgern erwies sich als relativ schwierig. Die Quellen, vor allem die der amtlichen Statistiken, waren für eine direkte Ermittlung nicht brauchbar, da sie aus Geheimhaltungsgründen nur Daten in aggregierter Form auswiesen. Tendenzen der eingesetzten Energieträger lassen sich jedoch für die einzelnen Branchen ermitteln.

Für die leitungsgebundenen Energieträger (Gas, Fernwärme) konnte eine gute Zuordnung durch Angaben der Energieversorgungsunternehmen vorgenommen werden. Der

Stromanteil wurde branchenbezogen ermittelt. Alle übrigen möglichen Energieträger sind mit Hilfe statistischer Berichte bestimmt worden. Bei denjenigen Unternehmen, die nicht zu den energieintensiven Branchen: Raffinerien, Grundstoffindustrie, Glas und Feinkeramik und den Brauereien gehören, wurde angenommen, daß alle Betriebe mit weniger als 200 Beschäftigten nur leichtes Heizöl und leitungsgebundene Energieträger für die Deckung ihres Energiebedarfs einsetzen. Bei den Kraftwerken war durch Angabe der Energieversorgungsunternehmen sowohl die Energieträgeraufteilung als auch der Energieträgereinsatz bekannt. Das Ergebnis ist in Tabelle 1.2. zusammengestellt.

1.2.3.2. Aufteilung des Energiebedarfs nach den Verwendungszwecken

Für alle Betriebe der Industrie wurde eine Aufteilung nach Raumwärme - Prozeßwärme - Licht und Kraft vorgenommen.

Grundlage für die Bestimmung dieser Zahlen stellten die vorliegenden Fragebögen dar.

Einen besonders hohen Anteil an Prozeßwärme, 80 - 90 % des Gesamtenergiebedarfs, weisen die Branchen Raffinerien, Steine und Erden, Glas und Feinkeramik sowie das Brauereigewerbe aus. Hohe Raumwärmeanteile sind vor allem bei den Branchen des Investitionsgüter produzierenden Gewerbes zu verzeichnen (vgl. Tab. 1.4).

1.2.4. Vergleich des verwendeten Ermittlungsverfahrens mit der amtlichen Statistik

Ein Vergleich der aufsummierten ermittelten Werte für den industriellen Energieträgereinsatz mit den vorliegenden statistischen Gesamtzahlen des Energieträgerbedarfs der Industrie ergab nur geringfügige Differenzen (s. Tabelle 1.3), ein Abgleich der Energiebedarfszahlen war aus diesem Grunde nicht mehr erforderlich.

1.3. Prognose des Energiebedarfs und des Einsatzes von Energieträgern

1.3.1. Vorbemerkungen

Mittel- und langfristige Prognosen des Energiebedarfs in der Bundesrepublik Deutschland haben gegenwärtig eine Reihe von unterschiedlichen Aspekten zu berücksichtigen.

Sie ergeben sich im wesentlichen durch:

- die veränderte weltwirtschaftliche Situation
- die seit Anfang der 70er Jahre gewandelte Situation auf den Weltenergiemärkten, insbesondere auf dem Rohölmarkt
- das wachsende Umweltbewußtsein.

Die Vorausschätzung der für den Energiebedarf relevanten exogenen Variablen wie auch die Beurteilung der Beziehungen dieser Größe zum Energiebedarf sind mit größeren Unsicherheiten behaftet. Unsicher ist nicht zuletzt die zukünftige Entwicklung des gesamtwirtschaftlichen Wachstums, ausgedrückt im Wachstum des realen Bruttosozialprodukts, das nach wie vor die wichtigste Bestimmungsgröße der Energiebedarfsentwicklung insgesamt ist.

1.3.2. Aufbau des Prognosemodells

Aufgrund der Vielfalt der möglichen zu berücksichtigenden Variablen wurde ein Modell erarbeitet, das auf 12 Annahmen aufbaut:

1. Betriebsschließungen werden durch Betriebsaufnahmen gleicher Branchen egalisiert.
2. Produktionsverlagerungen aus bzw. nach Köln heben sich in etwa auf.
3. Die Anzahl der Beschäftigten in den Bürogebäuden der Industrie bleibt konstant.
4. Der spezifische Heizwärmebedarf pro Beschäftigtem oder pro m² Bürofläche verringert sich aufgrund durchgeführter energiesparender Maßnahmen.
5. Mit Hilfe des Flächennutzungsplanes der Stadt Köln kann ein spezifischer Wert gebildet werden, der den Neuzugang von Industriebetrieben berücksichtigt.
6. Jährliche Zuwachsrate des Energiebedarfs der Industrie wird als konstant angenommen.
7. Betriebe mit mehr als 500 Beschäftigten führen Maßnahmen zur Energieeinsparung durch (branchenspezifisch).
8. Betriebe mit weniger als 500 Beschäftigten nehmen aufgrund der hohen Investitionskosten keine Maßnahmen zur Energieeinsparung vor.
9. Energiebedarfsverminderung aufgrund von Strukturwandlungen (branchenspezifisch).
10. Prognosewert der Unternehmen, aus der Umfrage, entspricht der oberen Entwicklung des Energiebedarfs.
11. Betriebserweiterungen und Betriebsverkleinerungen heben sich im Mittel wieder auf.
12. Aufnahme der Produktion der Betriebe auf den geplanten Industriegebieten ab dem Jahre 1990.

Unter Berücksichtigung dieser Annahmen wurde zur Ermittlung des zukünftigen Endenergiebedarfs der untersuchten Unternehmen eine spezielle Methodik erarbeitet.

Die Bestimmung der Entwicklung des Gesamtenergiebedarfs der Industrie wurde bezogen auf die Jahre 1985 und 1990 für zwei Gruppen von Industriebetrieben durchgeführt:

- I. Bereits erfaßte Betriebe, bei denen ausgehend vom Istzustand der Energiebedarf prognostiziert wurde.

- II. Zuwachs an Betrieben auf ausgewiesenem Industriegebiet für den Zeitraum 1980 - 1990, deren Energiebedarf mittels entsprechender Angaben und Determinanten bestimmt wurde.

Wegen der großen Anzahl von Verknüpfungen ist eine weitere Unterteilung in

- durch Fragebögen erfaßte Betriebe
- Bürogebäude und
- übrige Betriebe

vorgenommen worden.

Bei den durch Fragebögen erfaßten Betrieben konnte der Energiebedarf mit Hilfe dieser Bögen bestimmt werden. Bei allen übrigen Betrieben wurde der Energiebedarf für die Jahre 1985 und 1990 mittels Energiebedarfszuwachsrate ermittelt.

1.3.3. Prognosedeterminanten

Die binnen- und außenwirtschaftliche Entwicklung der Bundesrepublik ist mit erheblichen Unwägbarkeiten behaftet (s. Abschnitt 1.3.1.), die es notwendig machen, die Energiebedarfsprognose der Industrie unter dem Aspekt verschiedener Szenarien darzustellen.

Zwei Versorgungspfade wurden betrachtet.

Versorgungspfad I geht von höheren wirtschaftlichen Wachstumsraten aus, verursacht durch ausgeprägte Konsumneigung, Einführung von Spitzentechnologien und zunehmende Arbeitsteilung. Versorgungspfad II dagegen geht von einem niedrigeren wirtschaftlichen Wachstum aus. Angenommene Ursachen für diese Entwicklung sind zurückhaltende Konsumneigung, nicht marktgerechte staatliche Investitionen, veraltete Produktionsstruktur und zunehmender Protektionismus.

Die auf dieser Basis zugrundegelegten Energiebedarfssteigerungsraten wurden wie folgt angenommen:

	<u>1980-1985</u>	<u>1985-1990</u>
Versorgungspfad I	2,39 %/a	1,65 %/a
Versorgungspfad II	1,33 %/a	1,14 %/a

Zur Ermittlung dieser Steigerungsraten wurden die in den letzten Jahren erschienenen Energiebedarfsprognosen [1.2, 1.3] herangezogen.

Die Bandbreite des Energiebedarfs (Abb. 1.2) beträgt bei diesen Versorgungspfaden nach [1.4, 1.5]:

1985 \pm 2,6 %
 1990 \pm 3,4 %

1.3.3.1. Spezifische Energiebedarfszuwachsrate

Um die unterschiedlichen wirtschaftlichen Entwicklungen der einzelnen Branchen und somit auch die unterschiedlichen zu erwartenden Energiebedarfszuwachsrate zu berücksichtigen, wurde auf der Basis der beiden Versorgungspfade eine Unterteilung für die in [1.6] aufgeführten Industriezweige vorgenommen.

Mit besonders hohen Zuwachsrate ist in den Branchen der Chemischen Industrie (+ 4,2 %/a Zuwachs), Elektro-Feinmechanik-Optik (+ 6,4 %/a Zuwachs) und der kunststoffverarbeitenden Industrie (+ 6,4 %/a Zuwachs) zu rechnen.

In der Chemischen Industrie wird die Voraussetzung dafür durch das tiefe und breite Produktionsprogramm gegeben, sowie durch das in dieser Branche vorhandene Innovationspotential. Im Bereich Elektrotechnik wird durch die Wachstumstendenzen der elektronischen Datenverarbeitung und die zunehmende Tendenz der Energieverbraucher zur Elektrifizierung ein erheblicher Aufschwung unterstellt.

In der kunststoffverarbeitenden Industrie ist aufgrund zunehmender Tendenz, andere Materialien durch Kunststoff zu substituieren, mit hohen Zuwachsrate zu rechnen. Alle übrigen Industriebranchen werden als nicht ausgesprochene Wachstumsbranchen angesehen (Tab. 1.5).

Für den Umwandlungsbereich ist nur im Sektor Raffinerien eine Steigerungsrate unterstellt worden, da bei den Heiz- und Heizkraftwerken laut Angabe der Betreiber bis 1985 kein Ausbau oder keine Veränderung dieser Werke vorgesehen ist. Bis zum Jahre 1990 ist jedoch mit dem Zubau eines Kraftwerkes zu rechnen. Bei dem vorhandenen Industriekraftwerk wurde davon ausgegangen, daß dort eine Erweiterung vorgenommen wird.

Der branchenspezifische Energiebedarfsfaktor gibt das Verhältnis Energiebedarf im Prognosejahr zum Energiebedarf im Bezugsjahr an.

$$\text{Def.: Branchenspezifischer Faktor} = \frac{\text{Energiebedarf Prognosejahr}}{\text{Energiebedarf Bezugsjahr}}$$

Bezugsjahr ist für das Prognosejahr 1985 das Jahr 1980, für das Jahr 1990 ist Bezugsjahr das Jahr 1985. Der branchenspezifische Faktor wird wie folgt ermittelt:

$$\text{BF} = \left(1 + \frac{k}{100}\right)^n$$

n = Anzahl der Jahre
k = Energiebedarfssteigerungsrate %/a

In Tab. 1.6 sind die branchenspezifischen Faktoren zusammengestellt.

1.3.4. Prognose des Energiebedarfs auf ausgewiesenen Industrieflächen

Die verfügbare Fläche der Stadt Köln für geplante Industriebetriebe beträgt nach Auskunft der Stadt Köln 436,58 ha zuzüglich 40 ha für ein geplantes Kraftwerk in Langel. Für diese Industriegebiete (Ausnahme Langel) sind nur emissionsarme Industriebetriebe zugelassen wie z.B. aus der Branche Maschinenbau.

Als Bezugsgröße wurde für die Ermittlung des zu erwartenden Energiebedarfs die verfügbare Fläche verwandt. Mit Hilfe der vorliegenden Fragebögen wurde eine mittlere Grundstücksfläche pro Industriebetrieb ermittelt. Sie beträgt für den Raum Köln ca. 10 000 m². Weiterhin wurde davon ausgegangen, daß nur 20 % der verfügbaren Fläche bebaut werden, da nach Expertenmeinung die planerisch festgelegte Fläche für Industriebetriebe den Bedarf bis 1990 um ein Vielfaches übersteigt.

Mit Hilfe der Fragebögen konnte ein branchenbezogener Mittelwert des Energiebedarfs - bezogen auf die Grundstücksfläche - ermittelt werden:

Grundstoffindustrie	5,83 · 10 ⁻³	TJ/m ²
übrige Industrie	4,37 · 10 ⁻³	TJ/m ²
Lager	1,17 · 10 ⁻³	TJ/m ² .

Für das geplante Heizkraftwerk in Langel (Mittellastkraftwerk) wurde davon ausgegangen, daß beim Betrieb des Kraftwerks 97 % des Energiebedarfs durch Steinkohle und die restlichen 3 % durch Heizöl abgedeckt werden. Für die Industriebetriebe werden als Energieträger in Anlehnung an die bisherige Praxis vor allem Gas und teilweise leichtes Heizöl angenommen.

1.3.5. Voraussichtliche Entwicklung der Energieträgeraufteilung

Die voraussichtliche Entwicklung des industriellen Endenergiebedarfs - nach Energieträgern aufgeteilt - für die Jahre 1985 und 1990 und dessen Veränderung zum Istzustand für das Bundesgebiet ist der Tabelle 1.7 zu entnehmen. Die Daten dieser Tabelle sind Mittelwerte aus den in den letzten Jahren erschienenen Energiebedarfsprognosen. Der zukünftige Einsatz der einzelnen Energieträger wird außer von produktionstechnischen und preislichen Faktoren von energie- und umweltpolitischen Maßnahmen beeinflusst. Substituiert wird vor allem Mineralöl durch leitungsgebundene Energieträger (Erdgas, Fernwärme und Strom). Der Energieträger Strom wird voraussichtlich 1985 einen Anteil von 23,4 % und 1990 einen Anteil von 25,1 % am Gesamtenergiebedarf der Industrie in der Bundesrepublik besitzen.

Für die Aufteilung des zukünftigen Energiebedarfs der Industrie im Belastungsgebiet auf die einzelnen Energieträger wurden teils direkte Angaben der einzelnen Industriebetriebe und der Energieversorgungsunternehmen und teils globale Angaben nach Tabelle 1.7 herangezogen, letztere können allerdings wegen der vorliegenden regionalen Besonderheiten nicht ohne weiteres übertragen werden.

Die Unternehmen, die Stein- und Braunkohle als Energieträger verwenden, sind insgesamt über Fragebögen erfaßt worden, die Veränderungen für die Prognosejahre konnten daher direkt diesen Unterlagen entnommen werden. Den Veränderungen des Stromanteils wurde Tabelle 1.7 zugrundegelegt. Der Zuwachs an leitungsgebundenen Energieträgern konnte durch Angaben der Energieversorgungsunternehmen abgeschätzt werden. Im Umwandlungsbereich wird nur eine geringfügige Veränderung der Energieträgeraufteilung angenommen. Beim Stromanteil

der Raffinerien wird mit den Werten der Tabelle 1.7 gerechnet. Bei den bereits gebauten Kraftwerken wird eine konstante Energieträgeraufteilung vorausgesetzt. Eine Veränderung des Energieträgereinsatzes wird infolge des geplanten Heizkraftwerkes in Langel angenommen.

In Tabelle 1.8 ist die Energieträgeraufteilung für das gesamte Belastungsgebiet dargestellt. Für die Jahre 1985 und 1990 wurde der arithmetische Mittelwert von unterer und oberer Prognose verwendet. Mit rund einem Drittel ist die Braunkohle beteiligt, und zwar bedingt durch die Braunkohlenkraftwerke im Belastungsgebiet. Im Stadtgebiet von Köln beträgt dieser Anteil lediglich ca. 6 %. Durch den geplanten Ausbau der Kraftwerkskapazität erhöht sich der Anteil noch bis zum Jahre 1990. An zweiter Stelle steht der Mineralölanteil, jedoch mit fallenden Tendenzen bis zum Jahre 1990. Betrachtet man nur das Stadtgebiet von Köln, so liegt dort der Anteil mit ca. 40 % wesentlich höher, und zwar bedingt durch die im Stadtgebiet liegenden Raffinerien.

Der Energieverbrauch wird bis 1990 insgesamt um 27,5 % ansteigen, dabei haben die festen Brennstoffe die höchsten Steigerungsraten, und zwar aufgrund der geplanten Kraftwerksaus- bzw. -neubauten. Ein Verbrauchsrückgang wird ausschließlich beim leichten Heizöl erwartet.

In den Karten 1.1 bis 1.10 ist die kleinräumige Verteilung des Energieverbrauches dargestellt.

In Karte 1.1 ist die Verteilung des Gesamtenergieverbrauches im Jahre 1980 dargestellt. Es ergaben sich zwei Schwerpunkte mit einem Verbrauch von mehr als 40 000 TJ/km², und zwar in Leverkusen und in Hürth. Zwischen 10 000 und 40 000 TJ/km² liegen drei Einheitsflächen. Energiedichten zwischen 5 000 und 10 000 TJ/km² weisen 6 Flächen aus, während 16 Einheitsflächen zwischen 5 000 und 1 000 TJ/km² liegen.

Bis zum Jahre 1990 (Karte 1.2) wird ein Anstieg der Energiedichten erwartet, und zwar gibt es wieder 2 Einheitsflächen mit mehr als 40 000 TJ/km², eine davon wird 100 000 TJ/km² übersteigen. Im Bereich $< 40\ 000 \geq 10\ 000$ TJ/km² werden 4 Einheitsflächen erwartet, während für den Bereich von 5 000 bis 10 000 TJ/km² der Anstieg auf 9 Einheitsflächen erfolgen wird. Im Bereich 1 000 bis 5 000 TJ/km² werden dagegen nur noch 14 Einheitsflächen erwartet.

In Karte 1.3 ist die Summe aller emissionsrelevanten Energieträger für das Bezugsjahr 1980 dargestellt. Vier Einheitsflächen weisen Energiedichten größer 10 000 TJ/km² aus, der Spitzenwert lag über 58 000 TJ/km². Zwischen 5 000 und 10 000 TJ/km² lagen sechs Flächen und zwischen 1 000 und 5 000 TJ/km² 14 Flächen. Im Jahre 1990 - siehe Karte 1.4 - werden fünf Einheitsflächen über 10 000 TJ/km² liegen mit einem Spitzenwert von fast 100 000 TJ/km². Sieben Flächen werden zwischen 5 000 und 10 000 TJ/km² liegen und 12 Flächen zwischen 1 000 und 5 000 TJ/km².

Die Schwerpunkte des Verbrauchs von Heizöl S im Jahre 1980 zeigt Karte 1.5. Es wird ein Feld mit einer Energiedichte größer 10 000 TJ/km² ausgewiesen, zwischen 5 000 und 10 000 TJ/km² liegen vier Einheitsflächen, zwischen 1 000 und 5 000 TJ/km² sechs Einheitsflächen. Bis zum Jahre 1990 werden entsprechend Karte 1.6 zwei Felder eine Energiedichte größer 10 000 TJ/km² ausweisen, dafür

reduziert sich die Zahl der Felder zwischen 5 000 und 10 000 TJ/km² auf zwei, während sieben Felder eine Energiedichte zwischen 1 000 und 5 000 TJ/km² aufweisen.

Beim Heizöl EL (Karte 1.7) liegen die Energiedichten im Jahre 1980 unterhalb 1 000 TJ/km², zwei Einheitsflächen überschreiten 500 TJ/km², 17 Felder weisen Energiedichten zwischen 100 und 500 TJ/km² aus. Entsprechend dem prognostizierten Rückgang des Bedarfs an Heizöl EL wird auch die Energiedichte bis 1990 abnehmen (Karte 1.8), und zwar übersteigt nur noch ein Feld den Wert 500 TJ/km². Im Bereich 100 bis 500 TJ/km² wird sich die Anzahl der Einheitsflächen auf 14 reduzieren.

Beim Gaseinsatz zeigt sich wieder eine Schwerpunktbildung. Im Jahre 1980 (Karte 1.9) lag eine Einheitsfläche über 10 000 TJ/km², eine Fläche zwischen 5 000 und 10 000 TJ/km², vier Flächen zwischen 1 000 und 5 000 TJ/km². Bis zum Jahre 1990 (Karte 1.10) tritt keine Veränderung bei dieser Bewertung ein. Für feste Brennstoffe wurden keine Karten erstellt, da nur wenige Einheitsflächen besetzt wären, davon lagen im Jahre 1980 zwei Felder über 10 000 TJ/km², ein Feld zwischen 5 000 und 10 000 TJ/km² und zwei Felder zwischen 10 000 und 5 000 TJ/km².

1.4. Prognose der Jahresemissionen

Die Feuerungsanlagen werden in drei Blöcke eingeteilt, und zwar in Kraftwerksfeuerungen incl. Heizkraftwerke, Industriefeuerungen und Feuerungen für die Beheizung von Verwaltungsgebäuden. Diese Aufteilung erfolgt wegen des unterschiedlichen Emissionsverhaltens in den drei Bereichen. Bei Kraftwerksfeuerungen und bei den Gebäudebeheizungen kann man jedoch nur von jeweils etwa gleichartigen Anlagen ausgehen, im Industriebereich hingegen werden Brennstoffe in den unterschiedlichsten Aggregaten eingesetzt, so daß es schwierig ist, mittlere spezifische Emissionsfaktoren, die die gesamte Palette der Anlagen umfaßt, anzugeben. Die verwendeten spezifischen Emissionsfaktoren für diesen Bereich gehen auf Auswertungen der verschiedenen Emissionskataster zurück und sind als Anhaltswerte zu verstehen. Sie sind ausschließlich als Pauschalwerte zu sehen, eine Verwendung für Einzelanlagen ist nicht zulässig. Die verwendeten spezifischen Emissionsfaktoren sind in der Tabelle 1.9 zusammengestellt. Die Auswirkungen der Großfeuerungsanlagenverordnung konnten an dieser Stelle noch nicht berücksichtigt werden.

Mit Hilfe dieser Emissionsfaktoren kommt man unter Verwendung der entsprechenden Energieverbrauchszahlen zu den Jahresemissionen, die in Tabelle 1.10 zusammengestellt sind. Danach werden sich die SO₂-Emissionen im gesamten Prognosezeitraum um ca. 15 % verringern, wobei die größte Verminderung, nämlich um ca. 18 % erst zwischen 1985 und 1990 erfolgen wird. Die Anteile von Kraftwerken und Industriefeuerungen sind etwa gleichgroß, das leichte Übergewicht von Industriefeuerungen im Jahre 1980 geht bis 1990 auf die Kraftwerke über. Mit ca. 60 % dominierte im Jahre 1980 das Heizöl. Bis 1990 geht der Anteil auf ca. 40 % zurück. Bei der Steinkohle steigt der Anteil von ca. 10 % auf ca. 24 % an.

Die NO_x -Emissionen werden am stärksten steigen, und zwar um 45 % bis 1990, dabei wird der Anteil der Kraftwerke von 66 % auf 74 % steigen, mit 45 % bis 47 % Anteile ist die Braunkohle am stärksten beteiligt. Der erwartete Anstieg der CO-Emissionen um ca. 33 % wird ebenfalls im wesentlichen durch Braunkohlekraftwerke verursacht.

Emissionen an Organischen Gasen und Dämpfen werden im Mittel zu 80 % von Industriefeuerungen verursacht, Heizöl S und Braunkohlen sind zu jeweils 1/3 die hauptverursachenden Energieträger. Insgesamt wird ein Emissionsanstieg um ca. 26 % erwartet.

Die Feststoffemissionen werden in der ersten Hälfte des Prognosezeitraums um ca. 17 % zurückgehen, um dann in der zweiten um ca. 32 % anzusteigen. Damit ergibt sich ein Gesamtanstieg um ca. 9 %. Den entscheidenden Anteil hat die Braunkohle in Kraftwerksfeuerungen.

In den Karten 1.11 und 1.12 ist die kleinräumige Verteilung der SO_2 -Emissionen dargestellt. Im Jahre 1980 (Karte 1.11) wurden auf 21 Einheitsflächen mehr als 500 t/km² SO_2 emittiert, auf drei dieser Flächen mehr als 10 000 t/km². Bis zum Jahre 1990 (Karte 1.12) geht die Anzahl der Flächen größer als 500 t/km² auf 18 zurück, es gibt auch nur noch einen Spitzenwert über 10 000 t/km².

Bei den Stickstoffoxiden (Karten 1.13 und 1.14) zeigt sich eine umgekehrte Tendenz; die Anzahl der Einheitsflächen größer 500 t/km² NO_x steigt von 12 auf 15. Es bleibt zwar bei einer hochbelasteten Fläche größer 10 000 t/km², jedoch erfolgt auf dieser eine Steigerung von rund 12 000 auf rund 21 000 t/km² NO_x .

Karte 1.15 weist 10 Einheitsflächen mit Feststoffemissionen größer 100 t/km² aus. Ein Spitzenwert beträgt ca. 3800 t/km². Bis zum Jahre 1990 (Karte 1.16) erhöht sich die Zahl der Flächen größer 100 t/km² auf 12, der Spitzenwert wird auf ca. 4 500 t/km² steigen.

In den Karten 1.17 und 1.18 ist die Emissionsdichte der Organischen Gase und Dämpfe dargestellt. Im Jahre 1980 werden sechs Einheitsflächen mit mehr als 100 t/km² Emission ausgewiesen, bis 1990 werden es sieben sein.

Beim Kohlenmonoxid lagen im Jahre 1980 (Karte 1.19) 10 Einheitsflächen über 100 t/km², bis 1990 (Karte 1.20) kommt ein Feld dazu. Der Maximalwert steigt von 1170 auf 1990 t/km².

S c h r i f t t u m

- [1.1] Institut für Rationelle Energieverwendung e.V. REV:
Prognose des industriellen Energieverbrauchs im Be-
lastungsgebiet Rheinschiene Süd.
Im Auftrag der Landesanstalt für Immissionsschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen, Essen 1981/82.
- [1.2] BP
Energie 2000, Tendenzen und Perspektiven.
Hrsg.: Deutsche BP, Lengerich 1977.
- [1.3] Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung Berlin:
Die künftige Entwicklung der Energienachfrage in der
Bundesrepublik Deutschland und deren Deutung -
Perspektiven bis zum Jahre 2000.
Verlag GLÜCKAUF GMBH, Essen 1978.
- [1.4] HILDEBRANDT, T.:
Die nächsten 50 Jahre.
Jül - Spez - 81, Juni 1980.
- [1.5] Shell AG
Trendwende im Energiemarkt.
Scenarien für die Bundesrepublik bis zum Jahre 2000.
Hrsg.: Deutsche Shell AG, Aktuelle Wirtschafts-
analysen, August 1979.
- [1.6] Energiebilanzen der Bundesrepublik Deutschland.
Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen,
Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der
Elektrizitätswerke mbH - VWEW, 1978.

Tab. 1.1: Spezifische Energiebedarfszahlen der Industrie (Istzustand)

<u>Umwandlungsbereich</u>	
Raffinerien	2338,5 TJ/Mill t Mineralöldurchsatz
<hr/>	
	<u>TJ/Besch.</u>
<u>Übriger Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe</u>	
Grundstoff- und Produktionsgüterindustrie	
Steine und Erden	1,39
NE-Metallerzeugung	0,765
Chemische Industrie	0,908
Sonstige Grundstoffindustrie	1,495
Investitionsgüter produzierendes Gewerbe	
Maschinenbau und Stahlbau	0,0824
Fahrzeugbau	0,136
Sonstiges Investitionsgüter produzierendes Gewerbe	0,094
Verbrauchsgüter produzierendes Gewerbe	
Glas und Feinkeramik	1,044
Textilgewerbe	0,222
Druckerei und Verlag	0,065
Sonstiges Verbrauchsgüter produzierendes Gewerbe	0,138
Nahrungs- und Genußmittelindustrie	
Brauerei	0,363
Fleischfabrik	0,272
Brotfabrik	0,305
Sonstige Nahrungs- und Genußmittelindustrie	0,540
<u>Bürogebäude</u>	0,0445

Tab. 1.2: Energieträgeraufteilung

	Strom (%)	Sonstige Energieträger
<u>Umwandlungsbereich</u>		
Raffinerien	4,5	Schweres Heizöl
<u>Umwandlungsbereich</u>		
<u>Übriger Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe</u>		
Grundstoff- und Produktionsgüter- industrie		
Steine und Erden	9,6	Schweres Heizöl, Leichtes Heizöl, Steinkohle
NE-Metallerzeugung	34,0	Schweres Heizöl, Leichtes Heizöl
Chemische Industrie	26,1	Schweres Heizöl, Leichtes Heizöl, Kohle
Sonst. Grundstoffindustrie	17,6	Schweres Heizöl, Leichtes Heizöl, Steinkohle
Investitionsgüter prod. Gewerbe		
Maschinen und Stahlbau	22,4	Schweres Heizöl, Leichtes Heizöl
Fahrzeugbau	20,0	Leichtes Heizöl
Sonst. Investitionsg. prod. Gewerbe	18,5	Schweres Heizöl, Leichtes Heizöl
Verbrauchsgüter prod. Gewerbe		
Glas und Keramik	6,8	Schweres Heizöl, Leichtes Heizöl
Textilgewerbe	20,0	Leichtes Heizöl
Druckerei und Verlag	48,2	Leichtes Heizöl
Sonst. Verbrauchsg. prod. Gewerbe	27,0	(Schweres Heizöl), Leichtes Heizöl
Nahrungs- und Genußmittelindustrie		
Brauerei	13,5	Schweres Heizöl, Leichtes Heizöl
Fleischfabrik	18,2	Leichtes Heizöl
Brotfabrik	18,2	Leichtes Heizöl
Sonst. Nahrungs- und Genußmittel- industrie	18,2	Schweres Heizöl, Leichtes Heizöl
<u>Bürogebäude</u>	20,0	Leichtes Heizöl

Tab. 1.3: Vergleich der ermittelten Zahlen mit den statistischen Daten im Stadtgebiet Köln

	ermittelte Zahlen (TJ/a)	stat. Zahlen (TJ/a)
Mineralöl	35 656	36 308
Gas	4 228	4 084
Fernwärme	1 459	1 585
Kohle und Braunkohle	5 369	4 411
Strom	9 894	10 620
Sonstige	1 006	-
Gesamt	57 612	57 008

Tab. 1.4: Aufteilung des Energiebedarfs nach Verwendungszwecken

	Raumw. %	Prozeßw. %	Licht u. Kraft %
<u>Umwandlungsbereich</u>			
Raffinerien	0,5	95	4,5
<u>Übriger Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe</u>			
Steine und Erden	5,8	84,6	9,6
NE-Metallerzeugung	2,6	73,4	24,0
Chemische Industrie	32,5	50,4	17,1
Sonst. Grundstoffindustrie	16,4	66,0	17,6
Investitionsgüter prod. Gewerbe			
Maschinen und Stahlbau	60,0	17,6	22,4
Fahrzeugbau	70,0	10,0	20,0
Sonst. Investitions-g. prod. Gewerbe	48,8	32,7	18,5
Verbrauchsgüter prod. Gewerbe			
Glas und Feinkeramik	11,5	81,7	6,8
Textilgewerbe	14,8	65,2	20,0
Druckerei und Verlag	33,6	18,2	48,2
Sonst. Verbrauchsg. prod. Gewerbe	31,0	42,0	27,0
Nahrungs- und Genußmittelindustrie			
Brauerei	7,8	78,7	13,5
Fleischfabrik	29,7	52,1	18,2
Brotfabrik	29,7	52,1	18,2
Sonst. Nahrungs- und Genußmittel-industrie	29,7	52,1	18,2
<u>Bürogebäude</u>	80,0	0,0	20,0

Tab. 1.5: Branchenspezifisches Wachstum des Energiebedarfs der Industrie

	obere Entwicklung 1980-1985		untere Entwicklung 1985-1990	
	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr	%/Jahr
Nichtkohlenbergbau	-2,906	-3,794	-3,640	-5,268
Raffinerien	1,750	1,370	0,500	0,120
Steine und Erden	2,213	1,695	1,552	1,058
Eisenschaffende Industrie	1,275	0,976	0,779	0,538
Eisen-, Stahl- und Tempergießereien	1,811	1,386	1,777	1,228
Ziehereien und Kaltwalzwerke	3,298	2,526	2,612	1,805
NE-Metallindustrie	1,686	1,291	1,277	0,882
Chemische Industrie	4,238	3,245	2,802	1,936
Zellstoff, Papier- und Pappeerzeugung	3,188	2,441	1,942	1,342
Gummi- und Asbestverarb. Industrie	2,000	1,533	1,605	1,109
Übrige Grundstoffindustrie	2,490	1,907	1,989	1,374
Maschinenbau	3,476	2,662	2,533	1,750
Fahrzeugbau	1,955	1,497	1,049	0,725
Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik	6,842	5,239	5,716	3,949
Eisen-, Blech-, Metallwarenindustrie	2,316	1,774	1,294	0,894
Übrige Investitionsgüterindustrie	0,051	-0,509	-0,328	-0,838
Glas und Feinkeramik	1,284	0,983	1,464	1,011
Kunststoffverarbeitende Industrie	6,416	4,913	4,598	3,177
Textilindustrie	0,885	0,678	0,609	0,421
Übrige Verbrauchsgüterindustrie	2,841	2,175	1,989	1,374
Nahrungs- und Genußmittelindustrie	1,535	1,175	1,192	0,824
Industrie insgesamt	2,390	1,830	1,650	1,140

Tab. 1.6: Branchenspezifische Energiebedarfsfaktoren

	obere Entwicklung 1980-1985	untere Entwicklung 1980-1985	obere Entwicklung 1985-1990	untere Entwicklung 1985-1990
Energiebedarfswachstum von	2,39 %/a	1,83 %/a	1,65 %/a	1,14 %/a
Nichtkohlenbergbau	0,863	0,824	0,831	0,763
Raffinerien	1,091	1,070	1,025	1,006
Steine und Erden	1,116	1,088	1,080	1,054
Eisenschaffende Industrie	1,065	1,050	1,040	1,027
Eisen-, Stahl- und Tempergießereien	1,094	1,071	1,092	1,063
Ziehereien und Kaltwalzwerke	1,176	1,133	1,138	1,094
NE-Metallindustrie	1,087	1,066	1,065	1,045
Chemische Industrie	1,231	1,173	1,148	1,101
Zellstoff, Papier- und Pappeerzeugung	1,170	1,128	1,101	1,069
Gummi- und asbestverarb. Industrie	1,104	1,079	1,083	1,057
Maschinenbau	1,186	1,140	1,133	1,091
Fahrzeugbau	1,102	1,077	1,054	1,037
Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik	1,392	1,291	1,320	1,214
Eisen-, Blech-, Metallwarenindustrie	1,121	1,092	1,066	1,046
Übrige Investitionsgüterindustrie	1,003	0,975	0,984	0,959
Glas und Feinkeramik	1,066	1,048	1,075	1,052
Kunststoffverarbeitende Industrie	1,365	1,271	1,252	1,169
Textilindustrie	1,045	1,034	1,031	1,021
Übrige Verbrauchsgüterindustrie	1,150	1,114	1,103	1,071
Nahrungs- und Genußmittelindustrie	1,079	1,060	1,061	1,042
Industrie insgesamt	1,125	1,095	1,085	1,058

Tab. 1.7: Energieträgeraufteilung für die Prognosejahre im Bundesgebiet
[1.2, 1.5, 1.6]

	Istzustand 1980 (%)	1985 (%)	1990 (%)
Steinkohle	20,8	16,7	16,6
Braunkohle	2,5	1,0	1,0
Leichtes Heizöl	8,3	7,2	7,1
Schweres Heizöl	19,9	17,7	17,4
Erdgas	24,1	32,0	30,5
Strom	22,8	23,4	25,1
Fernwärme	1,6	2,0	2,3
Gesamt	100,0	100,0	100,0

Tab. 1.8: Energieträgeraufteilung im Belastungsgebiet

	1980		1985			1990		
	TJ/a	Anteil %	TJ/a	Anteil %	Änd. % 1980 =100 %	TJ/a	Anteil %	Änd. % 1980 =100 %
Heizöl S	62620	24,6	65390	24,8	104,4	66690	20,5	106,5
Heizöl EL	7850	3,1	6580	2,5	83,8	7590	2,3	96,6
Gas	41640	16,3	43110	16,3	103,5	42280	13,0	101,5
Steinkohle	10160	4,0	11770	4,5	115,9	25700	7,9	253,1
Braunkohle	81710	32,0	83080	31,5	101,7	124520	38,3	152,4
Strom	28170	11,0	30760	11,7	109,2	32940	10,2	116,9
Fernwärme	21580	8,5	21870	8,3	101,4	24030	7,4	111,4
Sonstige	1220	0,5	1160	0,4	95,0	1240	0,4	101,1
Gesamt	254950	100,0	263720	100,0	103,4	324990	100,0	127,5

Tab. 1.9: Emissionsfaktoren in kg/TJ

	Steinkohle			Braunkohle			Heizöl S		Heizöl EL	Gas
	19			19			19		19	19
	80	85	90	80	85	90	80/85	90	80-90	80-90
<u>Kraftwerksfeuer.</u>										
SO ₂	950	900	680	300	300	190	850	110	140	10
NO _x	520			210			150		130	190
CO	17			20			19		14	15
OGD	3,4						6,8		8	0,5
Feststoffe	50	50	20	65	45	20	20	12	0,7	0,1
<u>Industriefeuer.</u>										
SO ₂	700			250			800	500	140	10
NO _x				190			140		120	150
CO				50			20		15	5
OGD				80			14		14	2
Feststoffe	60			65			25		4	1
<u>Gebäudeheizg.</u>										
SO ₂	550			120			800	500	140	0,6
NO _x	60			12			140		50	30
CO	6700			4700			20		90	60
OGD	20			150			14		14	1,5
Feststoffe	100			350			25		2	0,1

Tab. 1.10: Jahresemissionen in t/a

	Feuerungsart			Summe	Brennstoffart				
	Kraft- werke	Indu- strie- feue- rungen	Gebäude- heizungen		Heizöl S	Heizöl EL	Gas	Stein- kohle	Braun- kohle
SO ₂									
1980	37580	47140	20	84740	50670	1100	410	8320	24240
1985	37860	50300	10	88170	52870	920	430	9360	24590
1990	36500	35640	10	72150	28970	1060	420	17630	24070
NO _x									
1980	24740	12790	10	37540	8880	950	7140	3520	17050
1985	25000	13790	10	38800	9270	800	7340	4080	17310
1990	40360	14190	10	54560	9450	920	7220	10960	26010
CO									
1980	2180	1750	20	3950	1240	120	450	350	1790
1985	2190	1910	10	4110	1300	100	450	400	1860
1990	3230	2010	10	5250	1320	110	440	680	2700
OGD									
1980	370	1700	10	2070	790	100	50	440	690
1985	370	1910	10	2280	830	90	50	510	800
1990	560	2040	10	2600	850	100	50	650	950
Fest- stoffe									
1980	5440	1990	10	7430	1510	30	20	560	5310
1985	3940	2200	10	6140	1580	20	20	650	3870
1990	5800	2320	10	8120	1520	30	20	810	5740

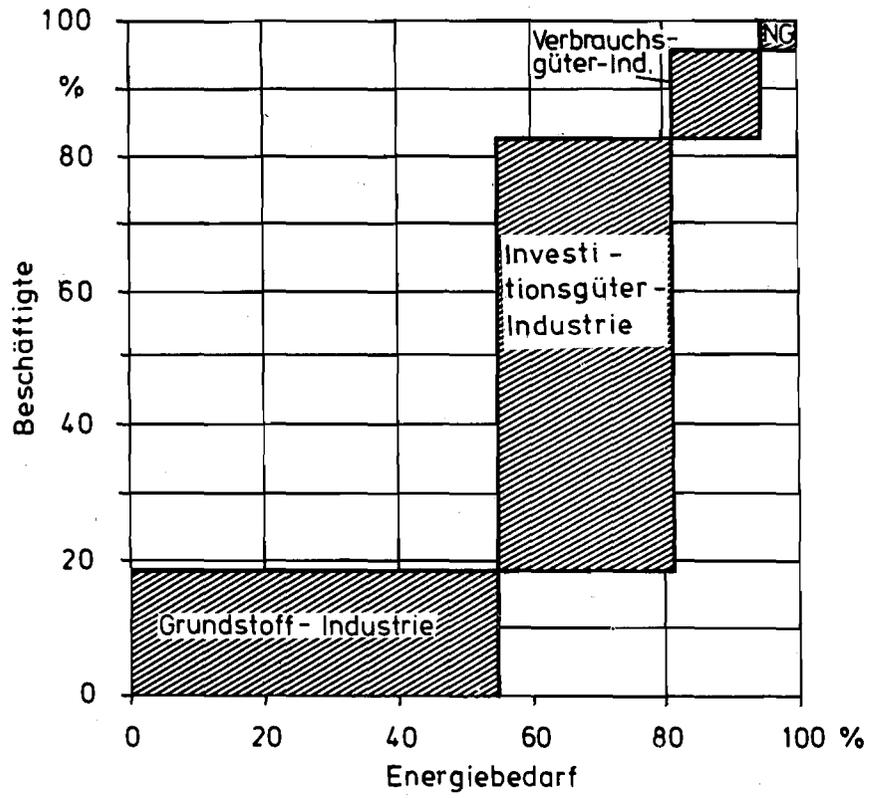


Abb. 1.1 Aufteilung des Energiebedarfs nach den Industriehauptgruppen

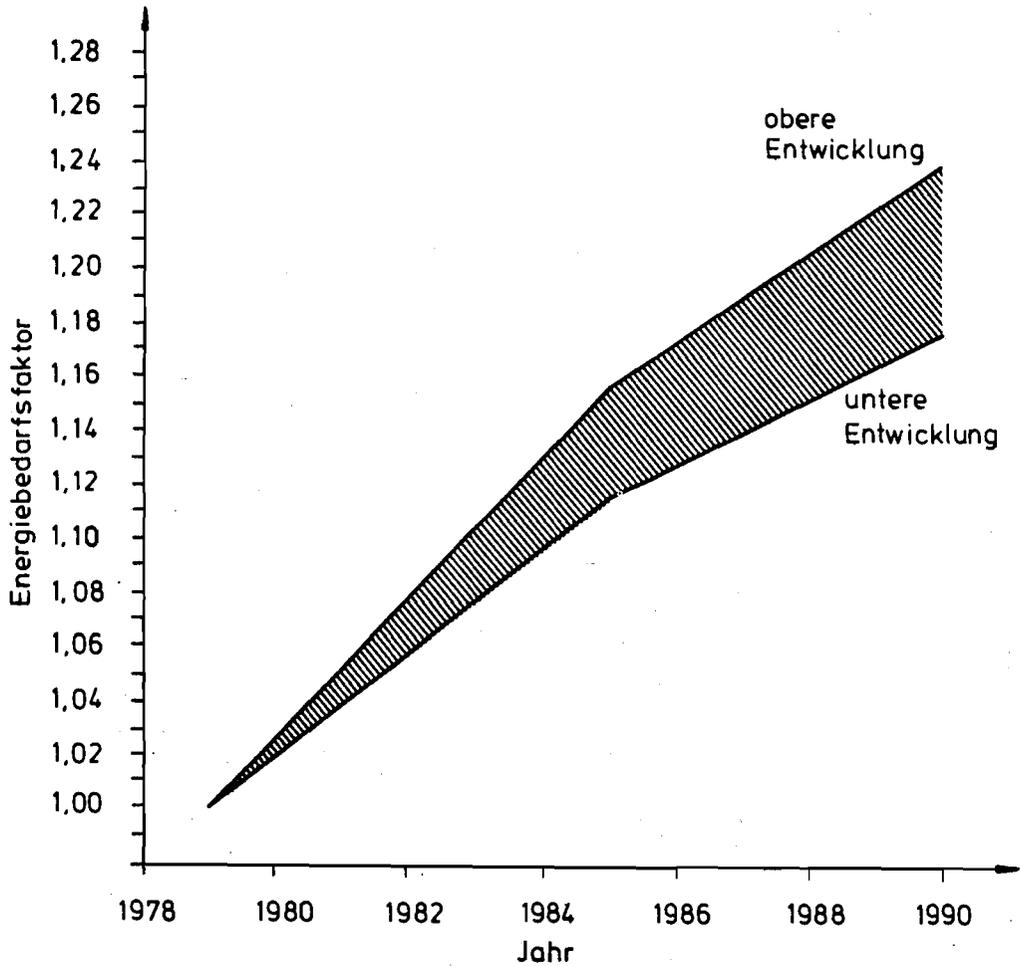
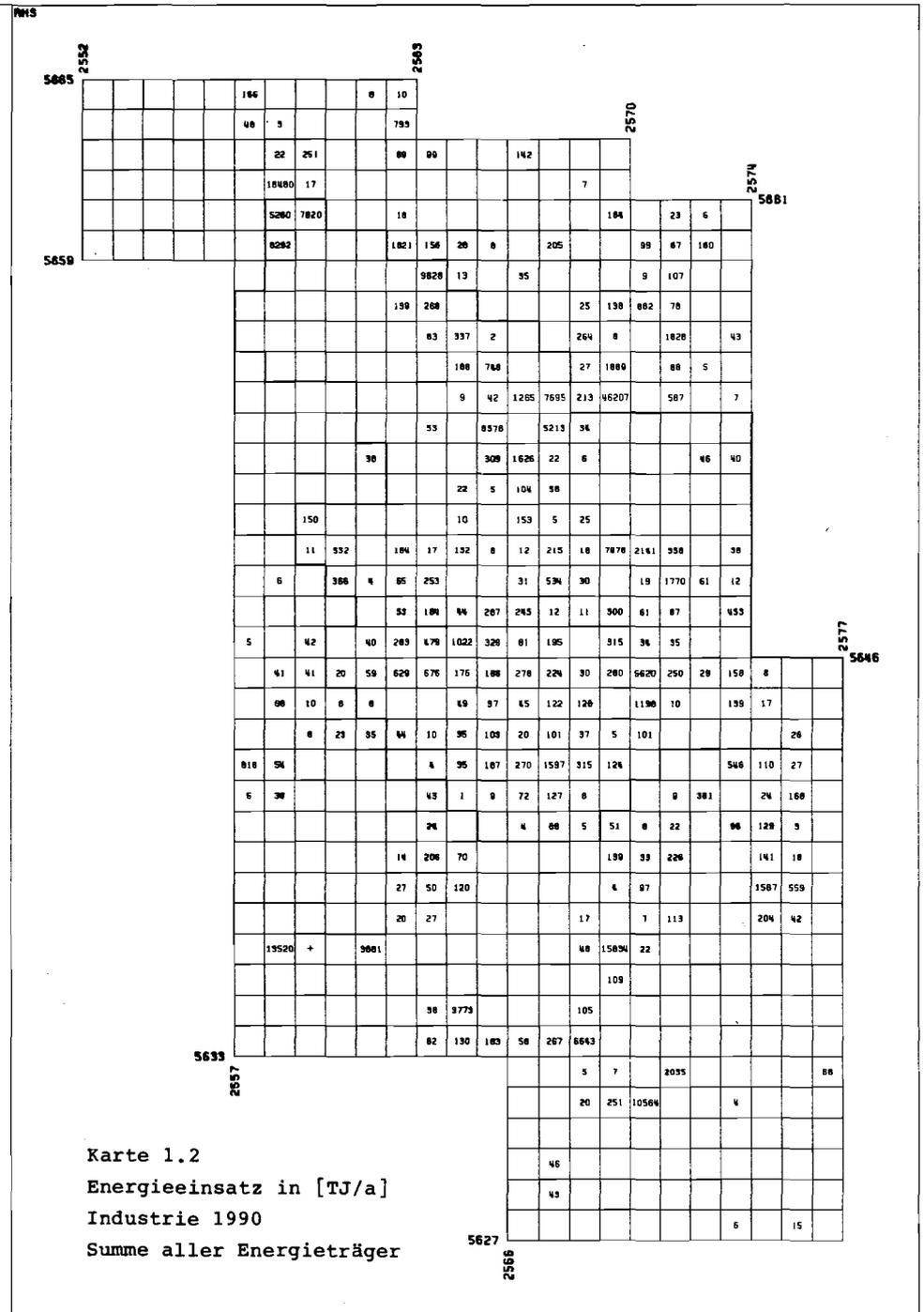
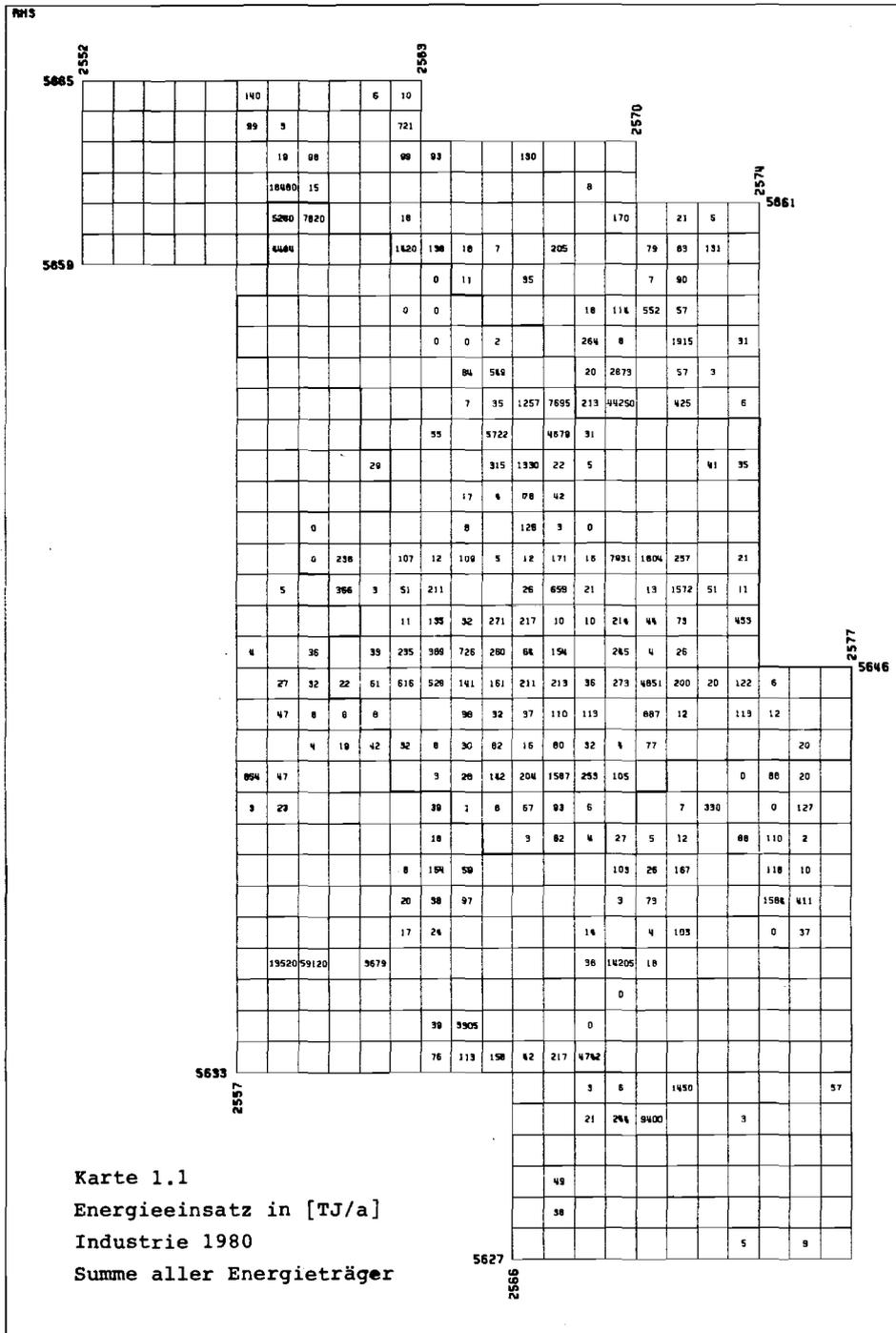
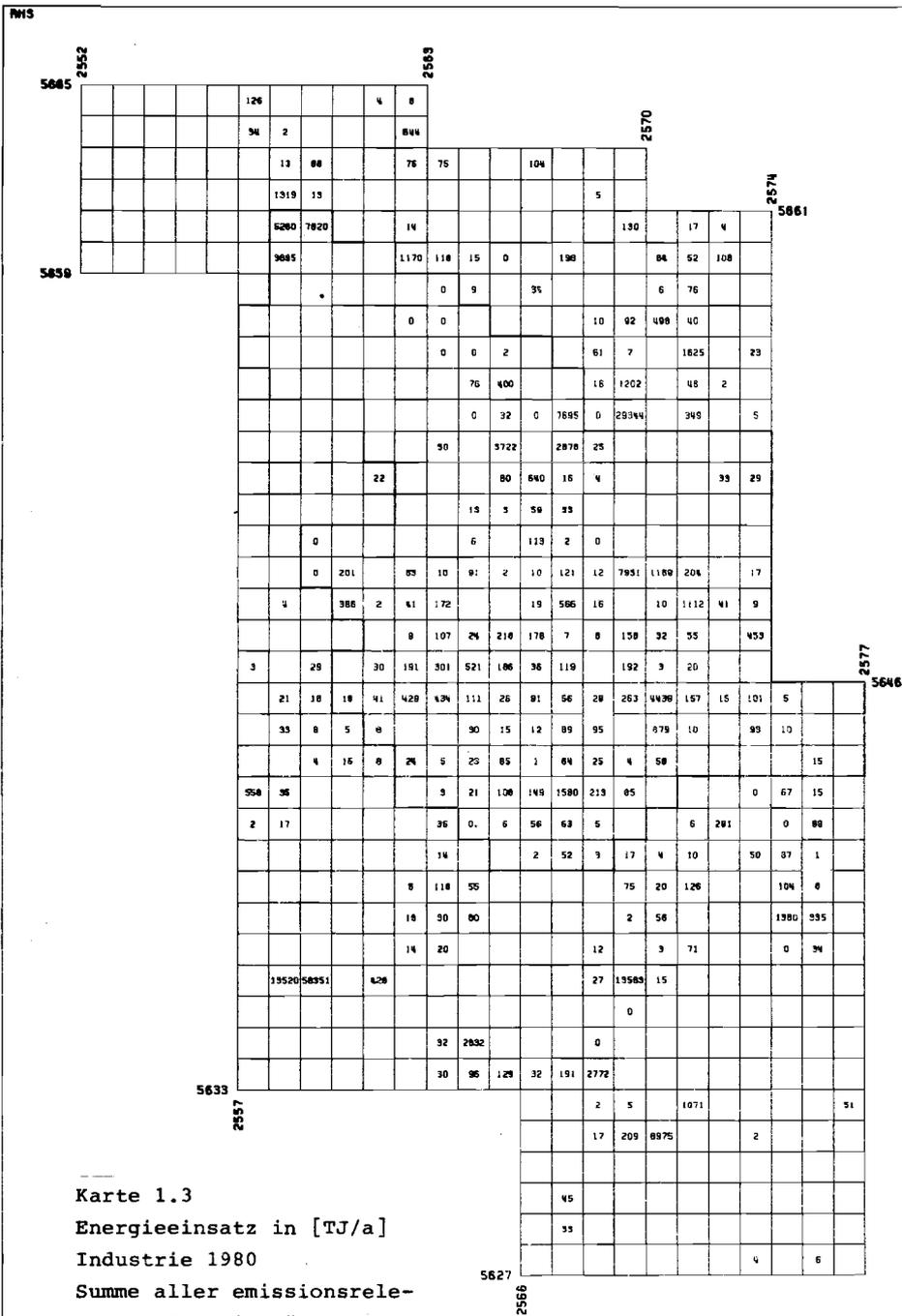
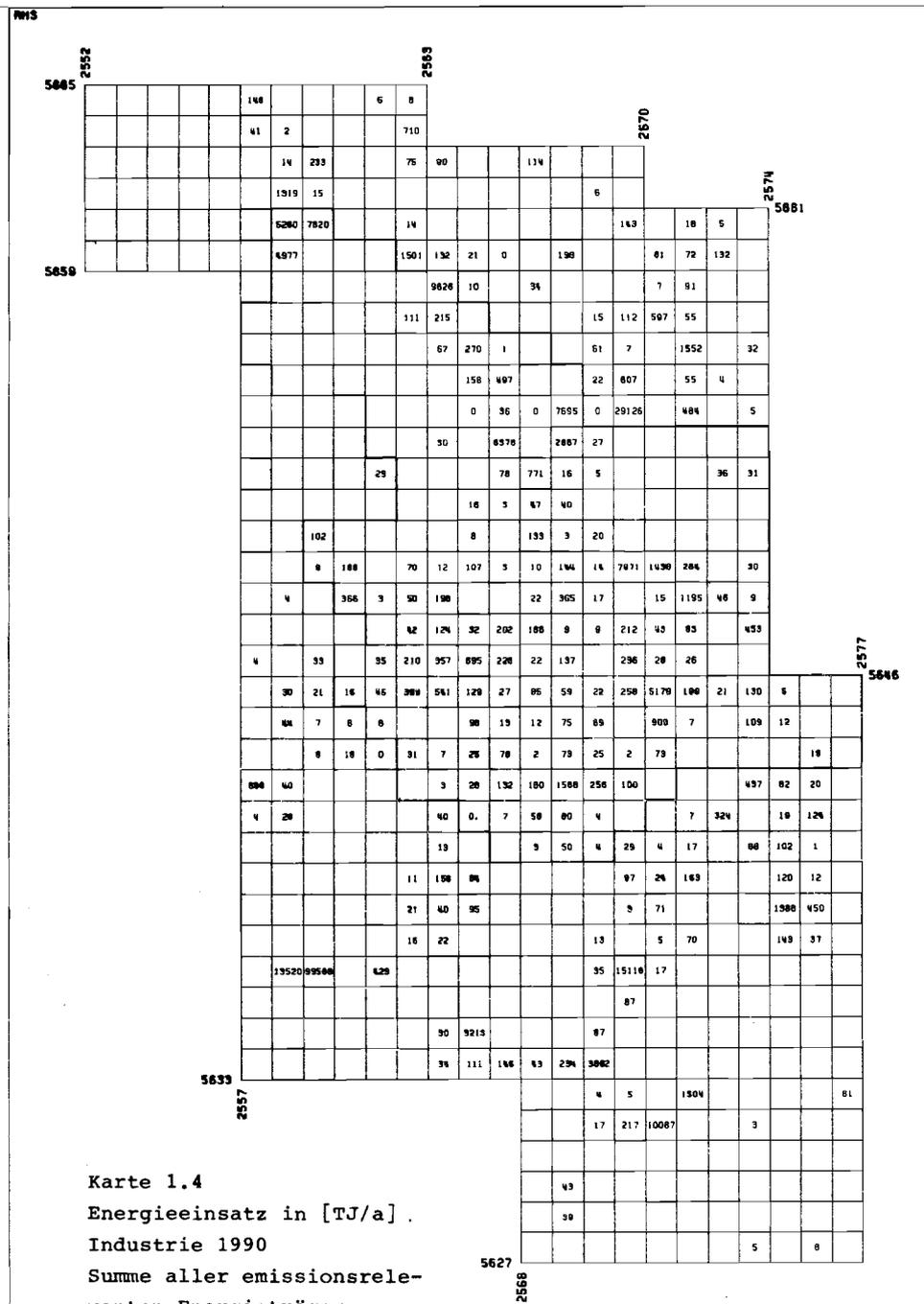


Abb. 1.2 Energiebedarfsbandbreiten

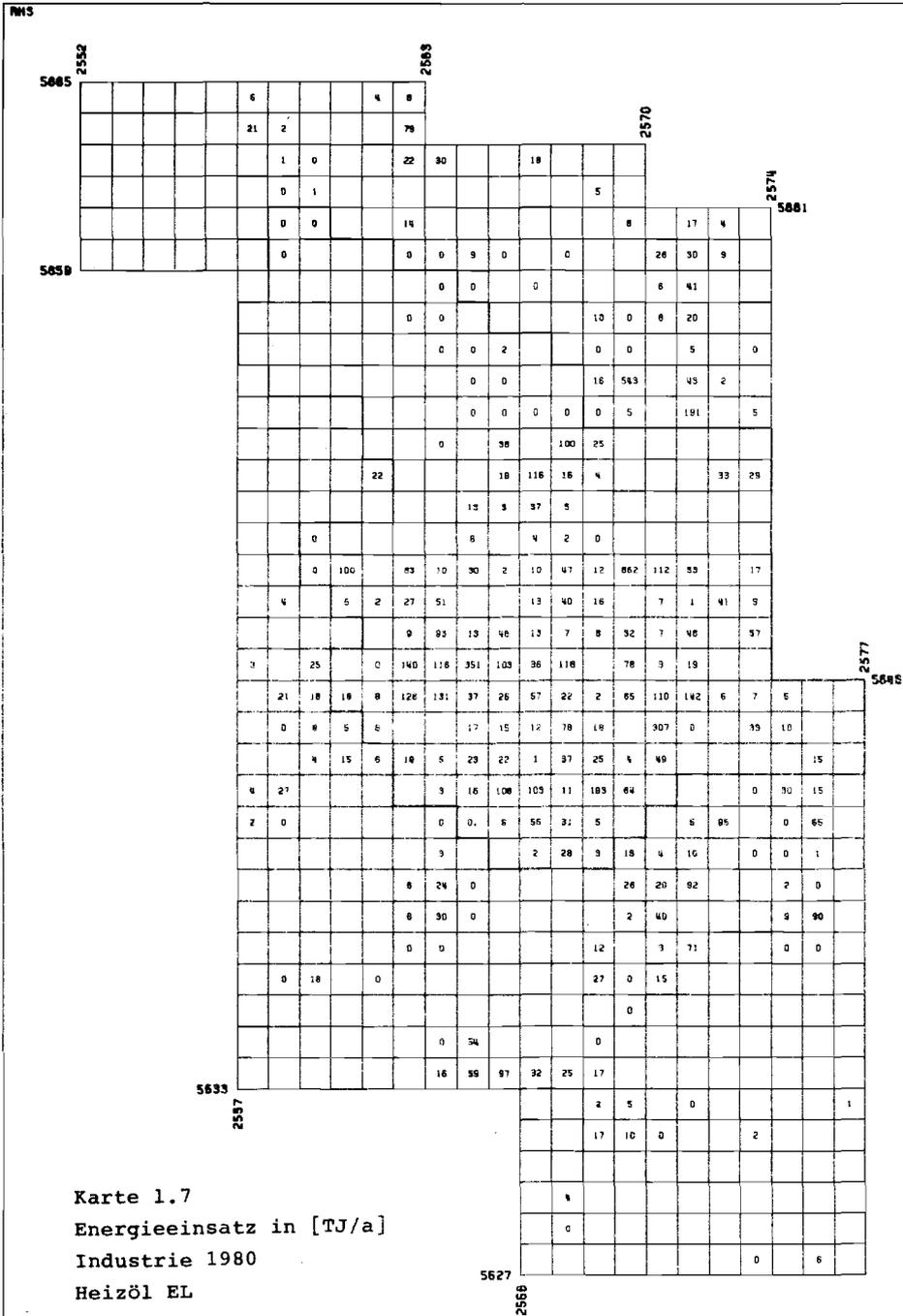




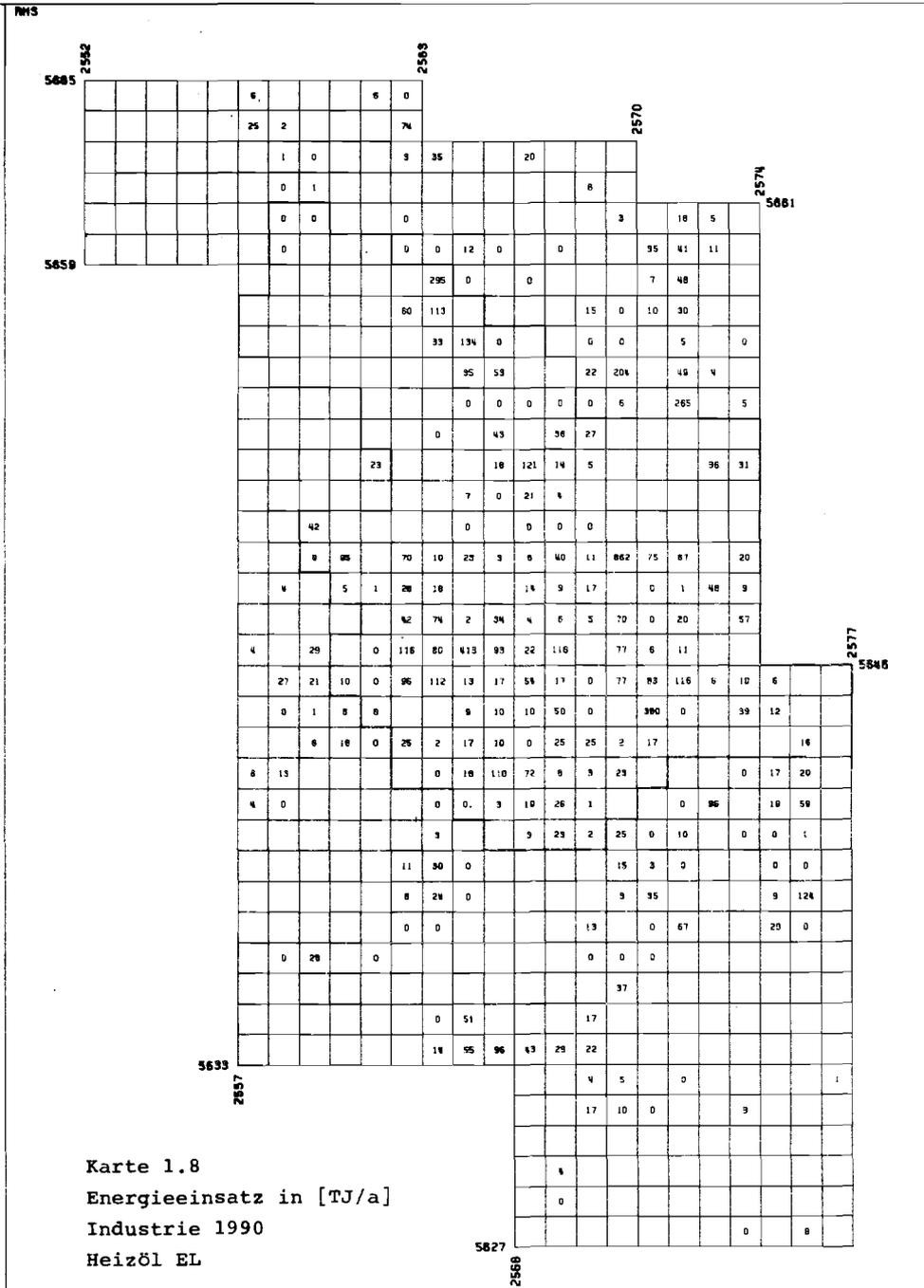
Karte 1.3
Energieeinsatz in [TJ/a]
Industrie 1980
Summe aller emissionsrele-
vanten Energieträger



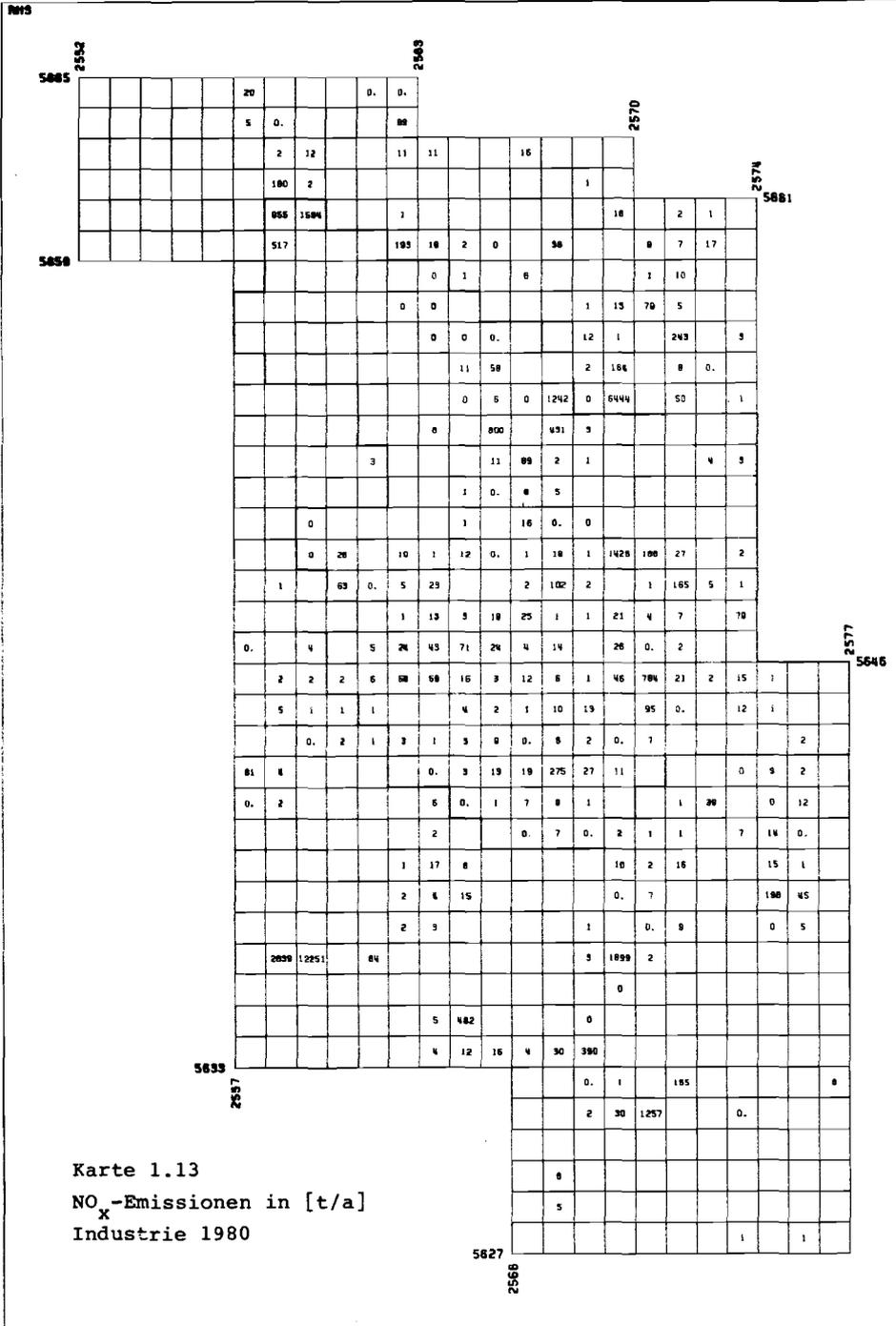
Karte 1.4
Energieeinsatz in [TJ/a]
Industrie 1990
Summe aller emissionsrele-
vanten Energieträger



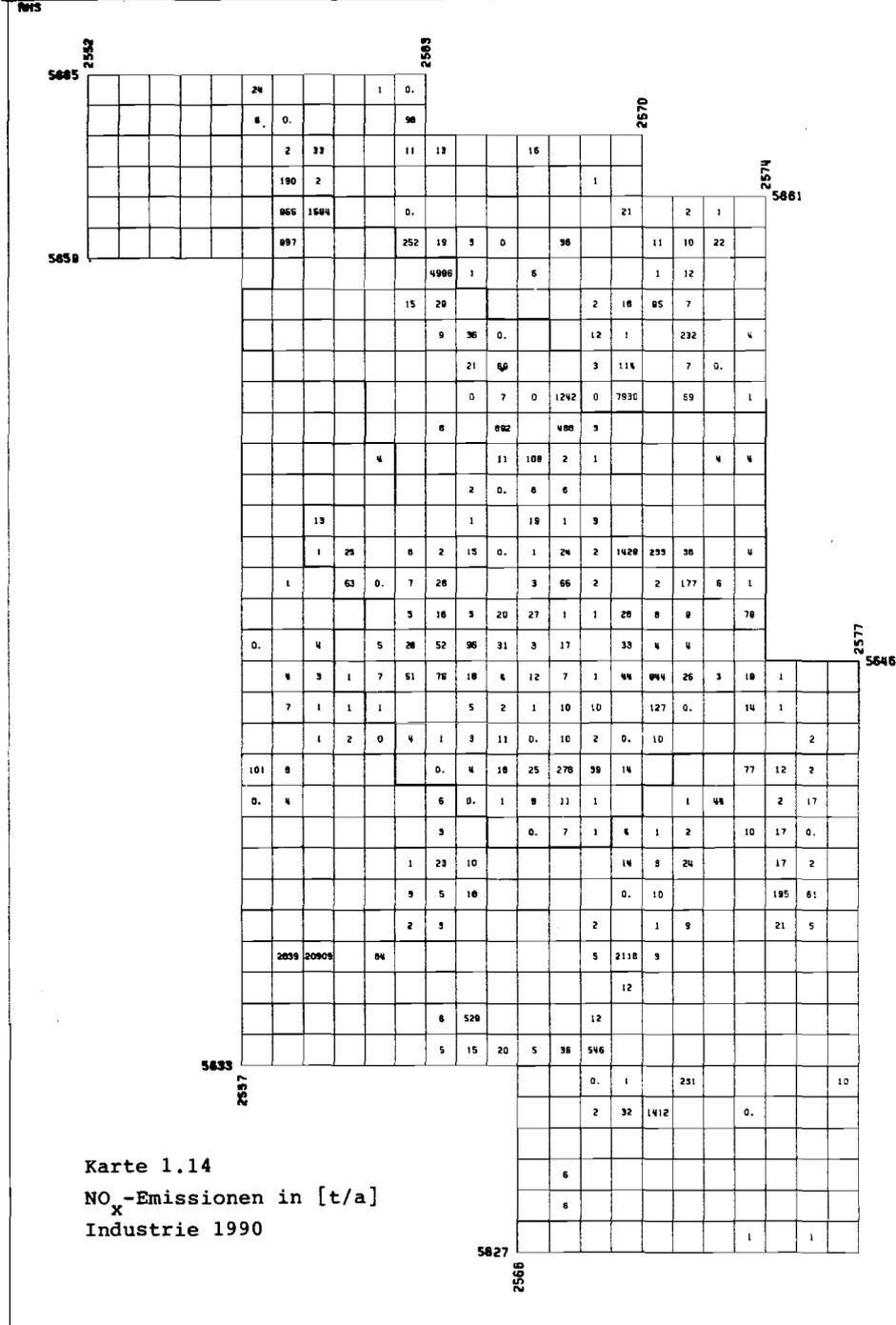
Karte 1.7
Energieeinsatz in [TJ/a]
Industrie 1980
Heizöl EL



Karte 1.8
Energieeinsatz in [TJ/a]
Industrie 1990
Heizöl EL



Karte 1.13
NO_x-Emissionen in [t/a]
Industrie 1980



Karte 1.14
NO_x-Emissionen in [t/a]
Industrie 1990

2. Emissionsprognose für
Feuerungsanlagen im
Sektor Haushalte und
Kleinverbraucher

2. Emissionsprognose für Feuerungsanlagen im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher

2.1. Einführung

Die Emissionsprognose ist abgestellt auf die Feuerungsanlagen des statistischen Verbrauchssektors Haushalte und Kleinverbraucher. Dazu gehören: private Haushalte, Anstaltshaushalte, öffentliche Einrichtungen, Handelsunternehmen, Banken, Versicherungen, Handwerksbetriebe, kleingewerbliche Betriebe und Industriebetriebe mit weniger als 20 Beschäftigten.

Zur Erstellung der Emissionsprognosen wurden im wesentlichen zwei parallele Untersuchungen durchgeführt, und zwar über

1. die Entwicklung des Energieverbrauchs [2.1] und
2. die Entwicklung der spezifischen Emissionsfaktoren.

Gegenstand der Emissionsprognose sind die Schadstoffe Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Kohlenmonoxid, Organische Gase und Dämpfe, Fluorverbindungen, Chlorverbindungen, Feststoffe, Schwermetalle und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe.

2.2. Grundlagen

Im Gegensatz zu den bisherigen im Rahmen von Luftreinhalteplänen durchgeführten Emissionsprognosen für den Sektor Haushalte und Kleinverbraucher wurde im vorliegenden Fall nicht das Emissionskataster gemäß der Verordnung über Angaben zum Emissionskataster Hausbrand (EKHV) als Ausgangsbasis verwendet. In jüngster Vergangenheit wurden zunehmend von den Kommunen Energieversorgungspläne erstellt. Dabei wurden für die Datenerhebung Konzepte entwickelt, die weniger aufwendig sind und dennoch eine hohe Aussagekraft besitzen.

Ein grundsätzlicher Unterschied beider Erhebungssysteme besteht darin, daß bei dem neuen Verfahren die tatsächliche Nutzwärme mit Hilfe eines Modells ermittelt wird, und zwar unabhängig von der Art und Größe der installierten Feuerungsanlage. Auf der Basis der EKHV wird zunächst unterschieden zwischen Überwachungspflichtigen und nicht Überwachungspflichtigen Anlagen; für beide Anlagentypen werden dann unterschiedliche Erhebungsmethoden angewandt, und zwar erfolgt bei den Überwachungspflichtigen Anlagen eine Einzelerhebung der jeweils installierten Kesselleistung. Für die nicht Überwachungspflichtigen Anlagen wird zunächst nur die Zahl und Höhe der zugehörigen Schornsteine sowie die Art ihrer Belegung festgestellt; über eine Mikrozensus-Erhebung mit einer 1%-Stichprobe über Brennstoffart und Brennstoffeinsatz erfolgt anschließend eine Hochrechnung des gesamten Brennstoffverbrauchs in diesem Bereich. Die Qualität der Aussage ist damit für beide Bereiche sehr unterschiedlich.

Der Bezug auf den Nutzwärmebedarf ist von besonderer Bedeutung, da infolge nachlässiger Dimensionierung, insbesondere bei Altbauten, die installierte Leistung teilweise deutlich über den nach DIN-Norm erforderlichen Anschlußwerten liegt. Frühere Auswertungen an über 3 000 Objekten in der Bundesrepublik ergaben Überdimensionierungen um 25-40 % (Abb. 2.1). Zusätzlich muß berücksichtigt werden, daß auch die theoretischen DIN-Werte infolge Sicherheitszuschlägen, Annahme des Zusammentreffens ungünstiger Bedingungen etc., erheblich über effektiv meßbaren Höchstlasten in der Heizspitze liegen. In der Fassung vom März 1983 der DIN 4701 wurde diese Tatsache berücksichtigt, das Ergebnis der Wärmebedarfsrechnung nach dieser Fassung liegt im Mittel um 20 % niedriger bei üblicher Bauausführung. Beide Tendenzen führten nicht selten dazu, daß die installierte Kesselleistung einschließlich Reserve- und Sicherheitszuschlägen um bis zu 100 % über effektiven Höchstlasten liegt. Aus diesen Gründen ist die installierte Kesselnennleistung eine äußerst unsichere Größe. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind daher nicht unmittelbar mit den Prognosen aus dem LRP I zu vergleichen. Die Abweichungen von den Ergebnissen der E-Kataster-Erhebungen sind zwangsläufig vorgegeben.

2.3. Ermittlung des Energieverbrauchs für das Basisjahr

2.3.1. Generelles Vorgehen

Der gesamte Verbrauchssektor Haushalte und Kleinverbraucher setzt sich aus drei verschiedenen Bereichen, nämlich Haushalte, Kleingewerbe (Handel, Handwerk, Dienstleistungen) und Öffentlichen Einrichtungen, zusammen, für deren Energieverbrauch unterschiedliche Bestimmungsgrößen relevant sind. Als erster Schritt zur Ermittlung des kleinräumigen Energieverbrauchs ist daher die kleinräumige Erfassung der Bestimmungsgrößen erforderlich. Aus diesen auf den km² bezogenen Bestimmungsgrößen erfolgt über zugehörige Energiebedarfswerte die Ermittlung des kleinräumigen Energiebedarfs. Die Bestimmungsgrößen wie Wohnungen, Wohnflächen, Einwohner, Betriebe, Beschäftigte, usw. liegen allerdings nur für Verwaltungseinheiten (Städte, Stadtbezirke, Gemeinden) vor, so daß sich für die kleinräumige Bearbeitung Probleme ergeben können, zumal die Belastungsgebietsgrenzen sich nicht an Verwaltungsgrenzen orientieren.

2.3.2. Erfassung des Istzustandes des Energiebedarfs im Bereich Haushalte

Da die Ermittlung des Energiebedarfs auf der kleinräumigen Ebene der Planquadrate direkt nicht möglich ist, ist es erforderlich, sich auf diejenigen Bestimmungsgrößen abzustützen, die kleinräumig vorhanden und aktuell verfügbar sind. Als einzige verfügbare Bestimmungsgröße ist die Einwohnerzahl anzusehen, d.h., die Energiebedarfsermittlung muß allein auf diese Größe aufbauen.

Die Ermittlung des Energiebedarfs erfolgt im Bereich Haushalte in vier Stufen:

1. Stufe: Wärmebedarfsrechnung

2. Stufe: Energieträgeraufteilung
3. Stufe: Bedarfsermittlung für Licht und Kraft
4. Stufe: Abgleich der ermittelten Werte mit den vorliegenden Gesamtzahlen auf der Ebene der Gemeinden und vorhandenen Versorgungsgebiete.

Speziell zur Wärmebedarfsrechnung als dem aufwendigsten Ermittlungsverfahren wurde ein Verfahren entwickelt, das hinreichend genau mit einwohnerspezifischen Bedarfszahlen operiert.

Da der Energiebedarf von Gebäuden abhängig ist vom Gebäudetyp (Einfamilien- oder Mehrfamilienhaus und auch vom Gebäudealter), werden diese Parameter in die Bestimmung des Energiebedarfs mit aufgenommen. Dazu wird das Belastungsgebiet zunächst in vier Gebietskategorien eingeteilt, die wie folgt definiert sind:

- Kategorie-Typ A: Groß- bzw. Oberzentrum (City)
- Kategorie-Typ B: Haupt- bzw. Mittelzentrum
- Kategorie-Typ C: Unter- bzw. Subzentrum
- Kategorie-Typ D: Klein- bzw. Nahversorgungszentrum (Randzone)

Den vier Kategorie-Typen werden folgende Stadtbereiche zugeordnet:

- Typ A: City-Innenstadt mehr als 100 000 Einwohner
City-Innenstadt 20 000 bis 100 000 Einwohner
- Typ B: Stadtgebiet mehr als 100 000 Einwohner
Stadtgebiet 20 000 bis 100 000 Einwohner
- Typ C: Stadtgebiet weniger als 20 000 Einwohner
Wohngebiet mit massierter Bebauung
- Typ D: Wohngebiet mit lockerer Bebauung
Wohngebiet mit siedlungsmäßiger Großblockbebauung

Diese Gebietstypen (A - D) dienen im folgenden als Grobraster des Untersuchungsgebietes.

Anhand der Bewertungskriterien werden alle Stadtteile und Gemeinden den Kategorien zugeordnet. In Tabelle 2.1 sind die spezifischen Daten zusammengestellt, die sich als Mittelwerte in den einzelnen Kategorietypen ergeben.

Der Wärmebedarf wurde aufgrund planzellenbezogener Wohnflächenangaben unter Berücksichtigung von Alters- und Gebäudestruktur sowie mittlerer Geschoßzahlen pro Zelle errechnet. Die zur Berechnung notwendigen spezifischen Wärmebedarfs- werte wie Leistung (Anschlußwert) bezogen auf m² Wohnfläche in Abhängigkeit von der Geschoßzahl und Gebäudealtersklasse, spezifischer Anschlußwert einer Wohnung in Abhängigkeit von der Wohnungsbelegung, spezifischer Anschlußwert der Haushalte (MW/km² bebauter Fläche) in Abhängigkeit von der Einwohnerdichte, spezifischer Anschlußwert einer Wohnung in Abhängigkeit vom Wohnungstyp, wur-

den aus der einschlägigen Literatur ermittelt. Als Ergebnis dieser Untersuchungen wurde das Diagramm (Abb. 2.2) entwickelt, in dem der spezifische Wärmebedarf je Einwohner in Abhängigkeit der o.g. Parameter angegeben ist. Dieses Diagramm dient als Basis zur Ermittlung des Wärmebedarfs auf kleinräumiger Ebene.

Stufe 1: Ermittlung des Wärmebedarfs

Der Wärmebedarf wird zunächst als Nutzwärmeleistung in kW ermittelt. Die einzelnen Arbeitsschritte werden nachfolgend dargestellt.

Schritt 1: Ermittlung der Einwohner pro Planquadrat

Verfahren: Aufbauend auf der kleinräumigen Gliederung, die bei den einzelnen statistischen Ämtern bzw. ähnlichen Institutionen der Gemeinden und Städte des Untersuchungsraumes vorliegen, werden die diesen zugeordneten Einwohnerzahlen auf Planquadrate umgerechnet.

Schritt 2: Ermittlung der Altersstruktur der Wohngebäude und der mittleren Zahl von Wohnungen je Wohngebäude.

Verfahren: Diese Angaben können entweder aus Unterlagen der statistischen Ämter bzw. der Stadtplanungsämter oder Entwicklungsämter entnommen werden, oder aber sie müssen durch Ortsbesichtigungen abgeschätzt werden.

Schritt 3: Ermittlung des Nutzwärmebedarfs in kW.

Verfahren: Anwendung des entwickelten und bereits vorgestellten Diagramms (Abb. 2.2).

Stufe 2: Aufteilung nach Energieträgern

Schritt 1: Aufteilung des Nutzwärmebedarfs je Planquadrat nach leitungsgebundenen Energieträgern.

Verfahren: Zunächst werden nach Auskünften der in den einzelnen Gemeinden des Untersuchungsgebietes tätigen Versorgungsunternehmen die Anteile der leitungsgebundenen Energieversorgung bestimmt. Damit ergibt sich als Restgröße der nicht durch leitungsgebundene Energieträger gedeckte Wärmebedarf.

Schritt 2: Aufteilung des nichtleitungsgebundenen Anteils des Wärmebedarfs nach einem festen Schlüssel. Hierbei werden lokale Besonderheiten wie z.B. der Deputatanteil für im Bergbau Beschäftigte angerechnet.

Verfahren: Die Aufteilung des durch die nichtleitungsgebundenen Energieträger Öl und Kohle gedeckten Wärmebedarfs erfolgt aufgrund von Erfahrungswerten sowie aus vorliegenden Untersuchungen über Energieträgeraufteilung in Nordrhein-Westfalen (z.B. Luftreinhaltepläne) und der Bundesrepublik. Es wird für die restlichen Energieträger Öl und Kohle mit einem festen Schlüssel von 18,1 % Kohleanteil und 81,9 % Ölanteil gerechnet.

Schritt 3: Ermittlung der Anschlußwerte aller Energieträger

Verfahren: Aus dem Nutzwärmebedarf werden unter Berücksichtigung von Wirkungsgraden der internen Energieumwandlungsanlagen die Anschlußwerte der einzelnen Energieträger bestimmt. Es werden folgende Wirkungsgrade für die einzelnen Energieträger angenommen

Fernwärme:	0,98
Gas:	0,78
Strom:	0,98
Öl:	0,75
Kohle:	0,75.

Schritt 4: Ermittlung des Energieträgereinsatzes je Planquadrat.

Verfahren: Multiplikation der Anschlußwerte der einzelnen Energieträger mit den Benutzungsstunden des Anschlußwertes ergibt den Energieträgereinsatz pro Jahr. Für die Benutzungsstunden werden folgende Werte zugrunde gelegt:

- Benutzungsstunden des Anschlußwertes mit Brauchwassererwärmung: 1.850 Stunden pro Jahr
- Benutzungsstunden ohne Brauchwassererwärmung: 1.650 Stunden pro Jahr.

Bei der Abschätzung wird davon ausgegangen, daß im Mittel 50 % der Benutzer Brauchwassererwärmung benötigen; damit ergibt sich ein Mittelwert der Benutzungsstunden von 1.750 Stunden, der auch in anderen Untersuchungen verwendet wird.

Nach Durchführung dieses Arbeitsschrittes liegt der Energieträgereinsatz je Planquadrat für die Wärmebereitstellung im Bereich Haushalte vor. Als nächstes muß nun die Abschätzung des Anteiles für Prozeßwärme, Licht und Kraft erfolgen.

Stufe 3: Ermittlung des Strombedarfs für Prozeßwärme, Licht und Kraft

Nach Vorliegen des jährlichen Energieverbrauchs für Zwecke des Wärmebedarfs wird der Strombedarf für Prozeßwärme, Licht und Kraft mit einem pauschalen Ansatz von 13,6 % des Gesamtwärmebedarfs der Haushalte angenommen.

Stufe 4: Abgleich der errechneten Werte mit Gesamtwerten für einzelne Gemeinden und vorhandene Versorgungsgebiete.

Die auf der Basis der kleinräumigen Erfassung ermittelten Energieträgereinsätze werden über die Gebiete der einzelnen Gemeinden bzw. Versorgungsgebiete aufsummiert und mit den Gesamtwerten, die für die Gesamt-Gemeinden vorliegen, verglichen und nötigenfalls korrigiert.

2.3.3. Erfassung des Istzustandes des Energiebedarfs im Bereich Kleinverbraucher

Bei der kleinräumigen Erfassung des Bereiches Kleinverbraucher wird in ähnlicher Weise vorgegangen wie beim Teilsektor Haushalte.

Die Erfassung der zum Kleinverbrauch gehörenden Öffentlichen Gebäude erfolgt in separater Betrachtung. Für die einzelnen Branchen wurden spezifische Kennzahlen entwickelt, die aus einem bereits vorliegenden Versorgungskonzept errechnet bzw. aus vorhandener Literatur zusammengestellt wurden.

Aufgrund der verschiedenartigen Struktur dieses Sektors, hinsichtlich der Bestimmungsgrößen zur Ermittlung des Wärmebedarfs, wurden Beziehungen hergestellt, die den Wärmebedarf ausschließlich über die leicht zugängliche Zahl der Beschäftigten bestimmen lassen.

Wärmeintensive Branchen mit einem hohen Anteil an Prozeßwärme, wie Bäckereien, Wäschereien, Reinigungen, Metzgereien, Gärtnereien und Frisiersalons wurden ausführlich untersucht. Das Ergebnis ist in Abb. 2.3 dargestellt. Der Wärmebedarf des übrigen Kleingewerbes kann nach [2.3] abgeschätzt werden. Es werden dort Angaben über den spezifischen Endenergiebedarf einzelner Branchen gemacht. Eine Zusammenstellung enthält Tabelle 2.2.

Die spezifischen Bedarfszahlen für die Industriebranchen ergaben sich

- aus Ergebnissen einer Direktbefragung
- aus den Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland [2.2]
- aus der Auswertung einer Reihe "Statistischer Berichte" des Landesamtes für Datenverarbeitung und Statistik
- aus Literaturangaben.

Die so ermittelten Endenergiebedarfswerte sind in Tabelle 2.3 zusammengestellt, zugleich mit einer typischen Verteilung auf die Nutzungsbereiche.

Für die Branchen der Industriehauptgruppen

- Investitionsgüterindustrie,
- Verbrauchsgüterindustrie und
- Nahrungs- und Genußmittelindustrie

ist die Methode, den Energiebedarf mittels Beschäftigter zu ermitteln, recht gut anzuwenden.

Einschränkungen müssen für die Branchen der Grundstoff- und Produktionsgüterindustrie gemacht werden. Der Grund dafür liegt darin, daß die energieintensiven Branchen dieser Industriehauptgruppe wie

- Steine und Erden,
- NE-Metallerzeugung und
- Chemische Industrie

einen sehr hohen Prozeßwärmeanteil aufweisen, der nur unzureichend über pauschale Werte erfaßt werden kann.

Im Sinne einer exakten Erfassung des Energiebedarfs in dieser Gruppe ist eine Direktbefragung der betreffenden Firmen vorzuziehen.

Für Berechnungen der Gesamtheit aller Unternehmen einer Branche eignen sich jedoch die spezifischen Kennzahlen, weil sie aus der Zusammenstellung einer Reihe typischer Daten aus den entsprechenden Branchen ermittelt wurden.

Für die Ermittlung spezifischer Kenngrößen im Bereich Öffentliche Gebäude wurden konkret vorhandene Bestimmungsgrößen, wie z.B. m² Nutzfläche oder Zahl der Beschäftigten, herangezogen, soweit möglich, wurde auch auf die installierte Kesselleistung zurückgegriffen. Es wurden die Daten der Tabelle 2.4 zugrunde gelegt.

Für Objekte, zu denen nähere Angaben hinsichtlich der Nutzfläche oder sonstiger Determinanten fehlten, werden für

Schulen: Wärmebedarfswert pro Schüler von 1,5 kW und
Krankenhäuser: Wärmebedarfswert pro Bett von 11 kW angesetzt.

In [2.4] wird eine Zusammenstellung wesentlicher Objekte aus dem Bereich öffentlicher Gebäude vorgenommen. Die Tabellen 2.5 und 2.6 geben einige spezifische Kennwerte wieder, mit deren Hilfe und unter Berücksichtigung entsprechender Bestimmungsgrößen Aussagen über den Wärmebedarf eines Objektes gemacht werden können. Das Verhältnis von Raumwärme und Warmwasserbereitung zum Anteil Licht und Kraft im Endenergiebereich kann etwa festgelegt werden zu

80 % für Raumwärme und Warmwasserbereitung und
20 % für Licht und Kraft.

Die Ermittlung des Wärmebedarfs erfolgt nun wieder in vier Stufen:

Stufe 1: Ermittlung des Wärmebedarfs

Der Wärmebedarf wird wie bei den Haushalten als Nutzwärmeleistung ermittelt. Dabei werden als Bestimmungsgrößen des Wärmebedarfs die branchenspezifischen Beschäftigtenzahlen je Planquadrat, direkte Angaben über den Wärmebedarf oder sonstige Bezugsgrößen (Bettenzahlen bei Krankenhäusern, Schülerzahlen bei Schulen etc.) zugrundegelegt.

Schritt 1: Ermittlung der branchenspezifischen Beschäftigtenzahl (oder andere Bestimmungsgrößen) und Zuordnung zu Planquadraten.

Verfahren: In der Gewerbeaufsichtsdatei liegen adressenbezogene Beschäftigtenzahlen pro Gewerbebetrieb vor. Die Beschäftigtenzahlen werden branchenweise den zugehörigen Planquadraten zugeordnet.

Schritt 2: Ermittlung des Nutzwärmebedarfs in kW.

Verfahren: Auf der Basis einer Voruntersuchung werden besonders energieintensive Gewerbebereiche getrennt nach Raum- und Prozeßwärme in bezug auf ihren Nutzwärmebedarf abgeschätzt. Bei den übrigen Gewerbebereichen wird mittels spezifischer Kennzahlen der Gesamtnutzwärmebedarf ermittelt.

Stufe 2: Aufteilung nach Energieträgern

Schritt 1: Aufteilung des leitungsgebundenen Nutzwärmebedarfs.

Verfahren: Ermittlung des Anteils der leitungsgebundenen Energieträger durch Informationen der Versorgungsunternehmen oder bei größeren öffentlichen Objekten durch direkte Befragung.

Schritt 2: Aufteilung des nicht leitungsgebundenen Nutzwärmebedarfs

Verfahren: Aufteilung der Restgröße des nichtleitungsgebundenen Energiebedarfs nach einem festen Schlüssel, falls keine Einzelangaben vorliegen.

Kleingewerbe:	18,1 % Kohle, 81,9 % Öl
Öffentliche Einrichtungen:	4,5 % Kohle, 95,5 % Öl

Schritt 3: Ermittlung der Anschlußwerte aller Energieträger

Verfahren: Aus dem Nutzwärmebedarf wird wie im Bereich Haushalte unter Berücksichtigung der Wirkungsgrade einzelner Energieträger der Anschlußwert für die einzelnen Energieträger ermittelt.

Schritt 4: Ermittlung des Energieträgereinsatzes je Planquadrat

Verfahren: Multiplikation der Anschlußwerte mit branchenspezifischen Benutzungsstunden des Anschlußwertes ergibt den jährlichen Energieträgereinsatz je Branche und Planquadrat.

Der Energieträgereinsatz wird getrennt nach Kleingewerbe und Öffentliche Einrichtungen je Planquadrat ausgewiesen, da die Prognose des zukünftigen Energiebedarfs wegen der unterschiedlichen Entwicklung getrennt nach Haushalten, Kleingewerbe und Öffentlichen Einrichtungen erfolgt.

Stufe 3: Ermittlung des Strombedarfs für Licht und Kraft

Verfahren: Mit dem letzten Arbeitsschritt liegt der jährliche Endenergieträgerverbrauch für Zwecke des Wärmebedarfs vor. Der Anteil des Stromes für Licht und Kraft wird über einen pauschalen Ansatz ermittelt:

Strombedarf Öffentliche Gebäude: 24,2 % des Wärmebedarfs
 Strombedarf Handel und Gewerbe: 15,7 % des Wärmebedarfs.

Stufe 4: Die kleinräumig ermittelten Energieträgereinsätze werden über die Gebiete der erfaßten Städte und Gemeinden aufsummiert und mit den Gesamtwerten, die für die einzelnen Gemeinden vorliegen, verglichen.

Dieser Abgleich konnte vollständig nur für wenige Gemeinden durchgeführt werden, da die Grenzen des Belastungsgebietes die Gemeinde und Versorgungsgebietsgrenzen schneiden und somit keinen vollständigen Abgleich zulassen.

In Tabelle 2.7 sind wichtige demografische Daten der Städte und Gemeinden des Belastungsgebietes dargestellt. Es ist ersichtlich, daß der Sektor Kleingewerbe und Öffentliche Einrichtungen mit 60 % aller Beschäftigten von erheblicher wirtschaftlicher Bedeutung ist. Die kleinräumige Energieverteilung nach Energieträgern ist in den Karten 2.1 bis 2.6 dargestellt. Aus Karte 2.1 läßt sich ablesen, daß die Kohle weiter an Bedeutung verloren hat, die Energiedichte geht nicht über 100 TJ/km² hinaus. Schwerpunkte des Kohleneinsatzes liegen in Frechen und im Innenstadtbereich von Köln. Gegenüber Luftreinhalteplan I (LRP I) hat sich die Anzahl der Flächen über 50 TJ/km² von 84 auf 25 reduziert, die 41 Flächen größer 100 TJ/km² sind verschwunden. Bei der Bewertung dieser Zahlen sind jedoch die unterschiedlichen Erhebungsmethoden zu berücksichtigen, so daß davon auszugehen ist, daß die tatsächliche Verminderung des Kohleneinsatzes geringer war.

Beim Heizöl - Karte 2.2 - zeigt sich ebenfalls ein starker Rückgang des Energiebedarfs. Die Auswahl der Flächen größer 50 TJ/km² ging von 271 auf 202 zurück. Die Spitzenwerte liegen wesentlich niedriger: 838 TJ/km² gegenüber 1874 TJ/km². Auch hier gelten die gleichen Einschränkungen hinsichtlich der Auswertung wie bei der Kohle. Während und nach dem Erhebungszeitraum des LRP I erfolgte eine starke Expansion der Gasversorgung, so daß hier ein relativ starker Anstieg der Energiedichte erfolgte (Karte 2.3) und zwar im wesentlichen in den Stadtbereichen von Köln und Leverkusen. Die Zahl der Einheitsflächen größer 50 TJ/km² erhöhte sich von 12 auf 97. Karte 2.4 stellt die Verteilung der Fernwärme dar. 27 Flächen weisen eine Energiedichte größer 50 TJ/km² aus, 6 davon liegen über 200 TJ/km².

In Karte 2.5 wurde über alle emittierenden Energieträger aufsummiert. Die höchsten Energiedichten treten mit nahezu 1 000 TJ/km² im Zentrum von Köln auf. Bedingt durch die Expansion des Gasverbrauches stieg die Anzahl der Einheitsflächen größer 50 TJ/km² von 224 auf 265.

Die Summe über alle Energieträger ist in Karte 2.6 dargestellt. Die Anzahl der Einheitsflächen über 50 TJ/km² beträgt 298. Von diesen liegen 15 Einheits-

flächen im Zentrum von Köln über 500 TJ/km²; die höchste Energiedichte beträgt 1 513 TJ/km². Eine Einheitsfläche von 507 TJ/km² befindet sich in Leverkusen.

2.4. Prognose des Energiebedarfs und des Einsatzes von Energieträgern

Die Prognose des Einsatzes von Energieträgern kann aufgrund der unterschiedlichen Entwicklungstendenzen im Belastungsgebiet Rheinschiene Süd nicht mit einem pauschalen Ansatz erfaßt werden, sondern muß den absehbaren kleinräumigen Entwicklungen Rechnung tragen.

Dabei sind insbesondere eine Reihe genereller Einflüsse zu berücksichtigen, die sich regional verschieden auswirken:

- Trend zu größerer Wohnfläche pro Kopf der Bevölkerung
- Substitution von Heizöl durch leitungsgebundene Energieträger
- Geringfügige Steigerungsraten bzw. Stagnation der Bautätigkeit
- Modernisierung des Bestandes an Wohn- und Gewerbegebäuden sowie Öffentlichen Einrichtungen in bezug auf die Einsparung von Heizungskosten
- Weitere leichte Zunahme des Strombedarfs aufgrund des noch nicht befriedigten Komfortbedürfnisses vor allem im Bereich Haushalte
- Staatliche Förderungsmaßnahmen insbesondere beim Ausbau der Fernwärmeversorgung.

Alle genannten Einflüsse überlagern sich gegenseitig; die meisten Prognosedaten von Gemeinden und Städten beziehen sich auf das Gesamtgebiet bzw. auf die einzelnen Stadtteile. Die Aufgabe der Untersuchung besteht darin, diese Prognosen auf die kleinräumige Ebene der Planquadrate nach einem durchschaubaren und nachvollziehbaren Verfahren umzusetzen.

Aus diesem Grunde wurde ein Prognoseverfahren zur kleinräumigen Erfassung erarbeitet, das auf einem System von Annahmen basiert, die vorwiegend an die Bevölkerungsentwicklung und regionale Sondermaßnahmen (Sanierungen, Erweiterungen und Verdichtungen in Konzessionsgebieten für Fernwärme und Gas) gekoppelt sind.

Vor diesem Hintergrund werden für die Energiebedarfsprognose bis zum Jahre 1990 folgende Annahmen getroffen:

1. Eine Bevölkerungsabnahme zwischen 0 und 7 % verursacht zunächst eine prozentuale Änderung der beheizten Fläche in Höhe der Abwanderung. Der durchschnittlich personenbezogene Wohnflächenzuwachs erhöht den Anschlußwert um 3 % und kompensiert damit z.T. den Bevölkerungsrückgang.
2. Eine Bevölkerungsabnahme größer als 7 % verursacht ebenfalls zunächst eine prozentuale Änderung der beheizten Fläche in Höhe der Abwanderung, aber der Wohnflächenzuwachs erhöht den Anschlußwert in diesem Bereich um 5 %, da es sich bei derart hohen Abwanderungsquoten im Regelfall um überbevölkerte Wohnquartiere handelt.

3. Eine Bevölkerungszunahme verändert den Anschlußwert in Höhe der Zunahme zuzüglich 3 %. Ausnahme: Bei Einfamilienhausbebauung werden die 3 % nicht aufgeschlagen.
4. Bei einer relativ alten Bausubstanz (Baujahr vor 1935) und/oder einem Einzelofenanteil von mehr als 50 % sinkt der Anschlußwert um 2 %, da in mindestens 20 % aller Gebäude im Durchschnitt energiesparende Maßnahmen durchgeführt werden.
5. In sanierungsverdächtigen Problemgebieten 5 % Reduzierung, da in 50 % der Gebäude eine energiesparende Maßnahme durchgeführt wird; d.h. 5 % auf den Gesamtanschlußwert.
6. In Sanierungsgebieten 10 % Reduzierung auf den Gesamtanschlußwert, da jede Wohnung von energiesparenden Maßnahmen betroffen ist.
7. Die den Planquadraten zugeordnete Freifläche für Wohnungsbau wird auf die Einwohner umgerechnet.
8. In Mischgebieten stagniert der Anschlußwert. Der halbe Prozentsatz der Bevölkerungsänderung (nach Abzug der 3 % bzw. 5 %) wird auf die Anschlußwertänderung umgerechnet, da durch die Bevölkerungsänderung nur ein Teil der Planquadrate betroffen wird.
9. Die Entwicklung des Energiebedarfs im Bereich Kleingewerbe folgt tendenziell der Entwicklung im Bereich der Haushalte bzw. Wohnungen mit Ausnahme der Städte von überregionaler Bedeutung.
10. Energiebedarfsentwicklungen im Bereich Öffentliche Einrichtungen werden durch Kontaktaufnahme mit den zuständigen Planungsämtern abgeschätzt.

Eine solche differenzierte Betrachtung ist notwendig, da - wie Tabelle 2.8 zeigt - die Bevölkerungsentwicklung im Bereich der Rheinschiene Süd sehr unterschiedlich ist.

Da wegen der unübersichtlichen Entwicklungstendenzen auf dem Energiemarkt (Preisentwicklung) nur eine Bandbreite der möglichen Entwicklung abgeschätzt werden kann, sollen bei der Durchführung der kleinräumigen Prognose zwei Varianten als obere bzw. untere Begrenzung dieses Bandes betrachtet werden.

1. Trendvariante: Hier wird unterstellt, daß hinsichtlich der Entwicklung des spezifischen Energiebedarfs und seiner Bestimmungsgrößen der bisherige Trend des Energieeinsatzes beibehalten wird. Eine Einsparung an Energie ist in dieser Variante lediglich durch die Umstrukturierung zu leitungsgebundenen Energieträgern (besserer Wirkungsgrad) zu erwarten.

2. Sparvariante: Hier wird unterstellt, daß im gesamten Bereich Haushalte, Kleingewerbe und Öffentliche Einrichtungen aktiv Energie eingespart wird, so daß zu dem Struktureffekt noch zusätzliche Einsparungsmaßnahmen zu berücksichtigen sind.

Die Einsparrate wird mit 7 % bis 1985 und mit 15 % bis 1990 - bezogen auf den gegenwärtigen Istzustand - angenommen. Es wird unterstellt, daß in allen Bereichen Haushalte, Kleingewerbe und Öffentliche Einrichtungen diese Einsparrate realisiert werden kann.

Die Durchführung der kleinräumigen Prognose erfolgt in drei Stufen.

Stufe 1: Prognose der Entwicklung des Anschlußwertes in kleinräumiger Darstellung

Schritt 1: Prognose der Entwicklung des Anschlußwertes.

Die in den großräumigen Abschätzungen und Prognosen erwartete Bevölkerungsentwicklung wird unter Berücksichtigung der örtlichen Flächennutzungspläne und Bebauungsplanung auf die kleinräumige Ebene der Planquadrate umgelegt.

Schritt 2: Zuordnung von Annahmen oder oben entwickelter Annahmenliste zu den einzelnen Planquadraten

Diese Zuordnung wird nach vorheriger Befragung der für Planung zuständigen Behörden und Ämter sowie Auswertung vorliegender Unterlagen (Versorgungskonzepte usw.) vorgenommen.

Schritt 3: Prognose des zukünftigen kleinräumigen Energieträgereinsatzes auf der Basis der aus den Annahmen ermittelten Wachstums- oder Schrumpfraten

Die Umrechnung von Anschlußwerten in Endenergiebedarf erfolgt über die Benutzungsstunden des Anschlußwertes.

Stufe 2: Prognose der Energieträgeraufteilung in kleinräumiger Darstellung

Schritt 1: Zur Aufteilung der Energieträger werden drei Arbeitsschritte durchgeführt. Befragung der im Untersuchungsraum ansässigen Energieversorgungsunternehmen über ihre Ausbaupläne für die leitungsgebundenen Energieträger, Auswertung vorhandener Versorgungskonzepte.

Schritt 2: Abgrenzung der leitungsgebundenen Energieträger auf der kleinräumigen Basis der Planquadrate durch Auswertung der Befragungsergebnisse der EVU und die Auswertung von vorhandenen Versorgungskonzepten.

Als Ergebnis aus Schritt 1) und 2) ergibt sich die Trendprognose des Energieträgereinsatzes je Planquadrat.

Schritt 3: Berücksichtigung der Einsparraten laut Sparvariante. Mittlere Einsparrate 0,9 %/a. Es wird angenommen, daß für jeden Energieträger diese Einsparrate zu berücksichtigen ist.

Als Ergebnis dieses Arbeitsschrittes ergibt sich die untere Prognose des Energieträgereinsatzes im Bereich Haushalte und Kleinverbraucher.

Stufe 3: Plausibilitätsabgleich

In dieser Arbeitsstufe werden die Ergebnisse der kleinräumigen Prognosen aufaddiert und mit vorliegenden Trends und Prognosewerten der Städte und Gemeinden und der Literatur auf Konsistenz und Plausibilität überprüft. Gegebenenfalls werden noch notwendige Korrekturen vorgenommen.

Dieser Plausibilitätsvergleich kann im Bereich des Luftreinhalteplanes nur in den Gebieten voll durchgeführt werden, die vollständig im Untersuchungsraum liegen.

Für die kleinräumige Darstellung der Ergebnisse wird der arithmetische Mittelwert aus den beiden Varianten verwendet. In den Karten 2.7 bis 2.12 wird für das Jahr 1990 der prognostizierte Energieverbrauch der einzelnen Energieträger dargestellt. In Karte 2.7 ist die Situation für Kohle dargestellt. Der Einsatz fester Brennstoffe wird bis 1990 weiter zurückgehen, es werden nur noch vier Flächen über 50 TJ/km² ausgewiesen, und zwar im wesentlichen im äußersten Westen des Belastungsgebietes.

Karte 2.8 zeigt die Situation beim Heizöl. Auch hier wird ein beträchtlicher Rückgang prognostiziert, gegenüber 1980 mit 202 Einheitsflächen über 50 TJ/km² werden für 1990 nur noch 126 Einheitsflächen erwartet. Über 500 TJ/km² treten keine Einheitsflächen mehr auf. Beim Gas, Karte 2.9, wird ein Anstieg der Einheitsflächen über 50 TJ/km² von 97 auf 140 erwartet; im Bereich > 200 ≤ 500 TJ/km² wird die Zahl der Einheitsflächen von 1 auf 21 steigen. Auch bei der Fernwärme, Karte 2.10, wird sich die Zahl der Einheitsflächen über 50 TJ/km² erhöhen, und zwar von 27 auf 38. Dabei wird eine Einheitsfläche im Zentrum von Köln fast 600 TJ/km² erreichen.

Bei der Summe der emittierten Energieträger, Karte 2.11, ist ein deutlicher Rückgang der Energiedichte zu erkennen. Die Zahl der Einheitsflächen größer 50 TJ/km² wird von 265 auf 251 zurückgehen, Felder mit Energiedichten größer 500 TJ/km² treten nicht mehr auf. In Karte 2.12 ist der Gesamtenergieeinsatz dargestellt. Im Vergleich zu 1980 sind die Veränderungen bei der Energiedichteverteilung nur geringfügig.

Insgesamt gesehen traten relevante Veränderungen nur zwischen den Energieträgern auf, und zwar ist die Verlagerung zu "emissionsfreien" bzw. emissionsarmen, d.h. im wesentlichen leitungsgebundenen Energieträgern eindeutig erkennbar.

Die Darstellung der kleinräumigen Verteilung der Energieträger zeigt, daß sie im Untersuchungsgebiet sehr inhomogen verteilt sind. So ergibt sich zum Beispiel im Raume Köln ein relativ hoher Anteil an leitungsgebundenen Energieträgern - vor allem im Bereich der Innenstadt -, der aufgrund des geplanten weiteren Ausbaus der Gas- und Fernwärmeversorgung zur weiteren Verdrängung des Mineralöl- und Kohleanteils führen wird. Eine Sonderstellung nimmt wegen des mit der Beschäftigtenzahl im Bergbau verknüpften hohen Deputatanteils an Braunkohlebriketts der Kohleeinsatz in den Gemeinden Frechen und Hürth ein.

Der Gesamtenergiebedarf des Bereiches Haushalte und Kleinverbraucher im Belastungsgebiet Rheinschiene Süd und seine prozentuale Aufteilung für die einzelnen Energieträger (Trend- und Sparvariante) ist in Tabelle 2.9 dargestellt.

Aus den Tabellen ergibt sich, daß im Jahr 1980 der Energiebedarf des Bereichs Haushalte und Kleinverbraucher zu 47 % durch Mineralöl gedeckt wird, während dieser Anteil bei Verwirklichung der Ausbaupläne der im Belastungsgebiet tätigen EVU auf einen Anteil von 27 % bis 1990 absinken wird. Erheblich zunehmen werden die Anteile der Gasversorgung (von 20,0 % im Jahre 1980 auf 36,5 % im Jahre 1990) sowie der Fernwärmeversorgung, die von 8,6 % auf 13,3 % steigen wird. Diese Umschichtung der Energieträger wird bei einem etwa stagnierenden (Trendvariante) bis leicht sinkenden (Sparvariante) Gesamtenergiebedarf im Bereich Haushalte und Kleinverbraucher stattfinden.

Die zu erwartenden Veränderungen gegenüber der Ausgangssituation 1980 werden aus Tabelle 2.10 erkennbar. Die Tabelle verdeutlicht, daß ein starker Trend zu den leitungsgebundenen Energieträgern Gas und Fernwärme vor allem in den Verdichtungsräumen (Köln und Leverkusen) zu erwarten ist. Insbesondere zeigt die Sparvariante, daß bei konsequenter Anwendung einer Energiesparstrategie (verstärkte Wärmedämmung, energiebewußtes Verhalten der Verbraucher usw.) sich insgesamt ein Einsparpotential von ca. 10 % realisieren ließe.

2.5. Vergleich mit den Daten des LRP I (Tab. 2.11)

Der Vergleich der beiden Erhebungssysteme für das Basisjahr 1980 des LRP II ergibt einen um 50 % höheren Energieverbrauch bei der E-Kataster-Systematik. Dieses Ergebnis bestätigt die Vermutung der zu hohen Werte bei der Verwendung der installierten Leistung als Ausgangsbasis. Auch die Anteile der Brennstoffe differieren bei beiden Erhebungsmethoden relativ stark. Da das REV [2.1] den tatsächlichen Gasverbrauch bei den Versorgungsunternehmen ermittelt hat, dürfte dieser Wert genauer sein. Daraus ergibt sich dann zwangsläufig ein höherer Anteil bei der Kohle. Da die Prognose des LRP I auf der Basis des E-Katasters aufbaute, eignet sich für einen Vergleich mit der Istsituation auch nur das Ergebnis auf der Basis des Emissionskatasters. Danach wurde die Entwicklung unterschätzt, der Energieverbrauch lag um ca. 21 % höher. Die Prognose der Anteilsentwicklung traf in keiner Weise zu. Insbesondere scheint die bereits erwähnte Expansion des Gasverbrauchs während und nach der Erhebungsphase zu den falschen Schlüssen geführt zu haben.

Die Prognose des LRP I führte bis 1983 zu weiter steigendem Verbrauch emittierender Energieträger. Die neue Prognose zeigt hingegen einen deutlichen Rückgang der emittierenden Energieträger, insbesondere zeigt sich ein starker Trend zum Gas.

2.6. Emissionsfaktoren

2.6.1. Ausgangsbasis

In der Emissionsprognose konnten die festen Brennstoffe nur als Gesamtsumme behandelt werden. Demzufolge ist es erforderlich, entsprechend gewogene Mittelwerte für die Emissionsfaktoren zu bestimmen. Aus Befragungen des Handels und durch die Mikrozensusbefragungen zum Emissionskataster konnten die Anteile der einzelnen festen Brennstoffe insgesamt ermittelt werden. Danach bilden die Braunkohlebriketts einen Anteil von ca. 87 %, d.h. diese bestimmen im wesentlichen das Emissionsverhalten der festen Brennstoffe. Welche Verteilung sich allerdings bei den einzelnen Einheitsflächen ergibt, ist nicht feststellbar. In erster Näherung wird davon ausgegangen, daß die Verteilung über das gesamte Belastungsgebiet gleich ist.

In den vergangenen Luftreinhalteplänen waren Verbesserungen bei Heizöl- und Gasfeuerungen prognostiziert worden, insbesondere hinsichtlich der CO-Emissionen. Bei linearer Entwicklung bis zum Jahre 1986 ergaben sich entsprechend niedrigere Werte für CO bei Gas- und Heizölfeuerungen und OGD und Feststoffe bei Heizölfeuerungen. Die spezifischen Emissionsfaktoren für polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe erlauben nur eine grobe Abschätzung.

2.6.2. Entwicklung der Emissionsfaktoren

Bei Feuerungsanlagen mit festen Brennstoffen sind keine Veränderungen der spezifischen Emissionsfaktoren zu erwarten. Bei flüssigen Brennstoffen wird eine weitere Verminderung der Emissionsfaktoren für CO, OGD und Feststoffe erwartet, und zwar bis zum Jahre 1986, desgleichen bei gasförmigen Brennstoffen für CO.

Unter den gegebenen Voraussetzungen und Randbedingungen ergaben sich die in Tabelle 2.12 aufgeführten Emissionsfaktoren.

2.7. Jahresemissionen

Auf der Basis der ermittelten und prognostizierten Verbrauchszahlen für die einzelnen Energieträger wurden in Verbindung mit den fortgeschriebenen Emissionsfaktoren die Jahresemissionen der einzelnen Schadstoffe berechnet. Die Ergebnisse für das Gesamtgebiet wurden in den Tabellen 2.13 - 2.15 zusammengefaßt.

Für alle Schadstoffe werden zurückgehende Emissionen prognostiziert. Der stärkste Rückgang wird mit rd. 49 % beim Kohlenmonoxid erwartet, gefolgt von Feststoffen mit ca. 48 %, Organischen Gasen und Dämpfen mit 47 % und SO_2 mit 46 %. Der geringste Rückgang ist mit ca. 23 % beim NO_x zu erwarten. Die Emissionsentwicklung wird weitgehend durch die Verlagerung des Energieträgereinsatzes von stark emittierenden zu den leitungsgebundenen, wenig bzw. nicht emittierenden Energieträgern bestimmt. Bei etwa stagnierendem Gesamtenergieverbrauch geht der Verbrauch von Heizöl und Kohle um ca. 46 % zurück, während der Gaseinsatz um ca. 72 % und der Fernwärmebedarf um ca. 48 % steigt. Auch beim Stromverbrauch zeichnet sich ein Anstieg um 21 % ab.

In den Karten 2.13 bis 2.22 sind die kleinräumigen Entwicklungen dargestellt. Beim SO_2 , Karten 2.13 und 2.14, gab es im Jahre 1980 insgesamt 365 Einheitsflächen mit einer Emissionsbelastung größer 2 t/km². Davon lagen 74 Flächen über 20 t/km² mit einem Spitzenwert von 118 t/km² im Zentrum von Köln. Bis 1990 reduziert sich die Zahl der Einheitsflächen größer 2 t/km² auf 222 mit 10 Flächen größer 20 t/km² und einem Spitzenwert von ca. 35 t/km² wiederum im Zentrum von Köln. Es zeichnet sich also eine deutliche Verbesserung der Emissionssituation ab. Beim NO_x , Karten 2.15 und 2.16 ist der Rückgang vergleichsweise gering, die Anzahl der Einheitsflächen mit einer Emissionsdichte größer 1 t/km² geht von 349 auf 339 zurück. Allerdings reduziert sich die Zahl der Flächen größer 15 t/km² von 21 auf 5 und die im Bereich zwischen 15 und 10 t/km² von 29 auf 14. Das heißt, der Anteil der hochbelasteten Flächen geht deutlich zurück.

Die Karten 2.17 und 2.18 zeigen einen deutlichen Rückgang der Emissionsdichte bei Feststoffen. Die Anzahl der Einheitsflächen größer 1 t/km² geht von 355 auf 203 zurück. Die Anzahl der Felder größer 10 t/km² wird sich von 66 auf 8 reduzieren. Beim CO, Karten 2.19 und 2.20, fällt die Reduzierung der Einheitsflächen größer 20 t/km² von 359 auf 316 nicht sehr groß aus, eine stärkere Abnahme erfolgt bei den Flächen hoher Emissionsdichte, bei Flächen größer 200 t/km² von 85 auf 12 und bei Flächen $\leq 200 \geq 100$ t/km² von 108 auf 88. Ähnliche Verhältnisse liegen bei den Organischen Gasen und Dämpfen (OGD) vor (Karte 2.21, 2.22), die Anzahl der Flächen über 1 t/km² geht von 315 auf 261 zurück, bei den Einheitsflächen größer 10 t/km² erfolgt eine Reduzierung von 31 auf 3.

2.8. Vergleich mit den Daten des LRP I (Tabelle 2.16)

Zunächst zeigt der Vergleich der Erhebungen für 1980 ein uneinheitliches Bild. Bedingt durch den vom REV [2.1] ermittelten höheren Kohleanteil ergeben sich sowohl beim CO als auch bei den Feststoffen höhere Werte als beim E-Kataster. Bei den Organischen Gasen und Dämpfen sind beide Werte nahezu identisch, d.h., der höhere Kohleanteil wirkt sich hier nicht in gleichem Maße aus, da der Abstand der E-Faktoren bei den OGD zwischen Heizöl und Kohle bei weitem nicht so groß ist wie bei CO und Feststoffen.

Der Vergleich der Istsituation mit der Prognose aus dem LRP I ist auch hier nur wieder auf der Basis des E-Katasters möglich. Entsprechend der Überschätzung des Anstiegs beim Energieverbrauch ergaben sich tatsächlich mit Ausnahme

NO_x wesentlich geringere Emissionen als prognostiziert wurden. Die Situation beim NO_x ergibt sich aus der bereits diskutierten Beurteilung des Gaseinsatzes.

Aufgrund der Erhebungen des REV [2.1] ergaben sich auch für das Jahr 1985 wesentlich geringere Jahresemissionen als im LRP I prognostiziert.

S c h r i f t t u m

- [2.1] Institut für Rationelle Energieverwendung e.V. REV
Energieverbrauchsprognose für den Sektor Haushalte und Klein-
verbraucher im Belastungsgebiet - Rheinschiene-Süd - .
Im Auftrag der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes
Nordrhein-Westfalen, Essen 1981/82.
- [2.2] Energiebilanzen der Bundesrepublik Deutschland.
Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen.
Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke
mbH - VWEW, 1978.
- [2.3] SCHÄFER, H.:
Struktur und Analyse des Energieverbrauchs der Bundesrepublik
Deutschland.
Technischer Verlag Resch KG, Gräfelfing/München 1980.
- [2.4] GEIGER, B.:
Sektorale Makro- und Mikroanalysen des Energieverbrauchs im
Haushalt und Kleinverbrauch.
In: VDI-Berichte Nr. 282; S. 19 - 27.
VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1977.

Tab. 2.1: Spezifische Basiskennzahlen aus dem Wohn- und Haushaltsbereich

	Typ A	Typ B	Typ C	Typ D
Einwohner pro bebauter Fläche (E./km ²)	16 600	14 700	10 700	7 200
Einwohner je Wohnung	2,26	2,44	2,47	2,74
Wohnungen je Wohngebäude	7,04	5,69	4,69	2,28
Wohnfläche je Wohnung (m ² /Whg.)	58,8	61,7	69,2	70,9
Mittlere Geschößzahl	4,5	3,7	3,3	1,9

Tab. 2.2: Energieaufwand je Beschäftigten im Kleinverbrauch in [MWh/Besch.]

Gewerbeart	sp. Endenergiebed. Prozeßwärme	sp. Endenergiebed. Raumwärme
H a n d e l		
Lebensmittelgeschäft	4,5	34,8
Großmarkt	5,9	7,1
Kaufhaus	1,3	2,3
Ladengeschäft	0,2	4,6
G e b i e t s k ö r p e r - s c h . , B a n k e n , V e r s . - W e s e n , Ö f f e n t l . E i n - r i c h t u n g e n		
Bürogebäude	-	7,1
Bürogebäude (klim. o. WRG)	-	8,1
Bürogebäude (klim. optimiert)	-	6,0
Bürogebäude (klim. opt., WRG)	-	4,8
Rathaus	-	15,9
G e w e r b e b e t r i e b e		
Gaststätte	16,8	3,8
Hotel	7,6	18,9
Krankenhaus	9,1	20,1
Kfz-Betrieb	0,5	8,0
Schlosserei	0,4	1,7

Tab. 2.3: Spezifischer Energiebedarf der Industriebranchen mit Aufteilung auf die Nutzungsbereiche

Industriehauptgruppen	Spez. Energie- bedarf (MWh/Besch.)	davon Anteile		
		RW* (%)	PW* (%)	L+K* (%)
<u>Grundstoff- und Produktions- güterindustrie</u>				
Steine und Erden	386,6	5,8	84,6	9,6
NE-Metallerzeugung	212,4	2,6	73,4	24,0
Chemische Industrie	252,3	32,5	50,4	17,1
sonst. Grundst.- und Produk- tionsgüter-Industrie	415,1	16,4	66,0	17,6
<u>Investitionsgüterindustrie</u>				
Maschinenbau und Stahlbau	22,9	60,0	17,6	22,4
Fahrzeugbau	37,4	70,0	10,0	20,0
sonst. Investitionsgüter prod. Gewerbe	26,0	48,8	32,7	18,5
<u>Verbrauchsgüterindustrie</u>				
Glas und Feinkeramik	289,8	11,5	81,7	6,8
Textilgewerbe	61,8	14,8	65,2	20,0
Druckerei und Verlag	18,0	33,6	18,2	48,2
sonst. Verbrauchsgüter prod. Gewerbe	38,4	31,0	42,0	27,0
<u>Nahrungs- und Genußmittelindustrie</u>				
Brauerei	100,9	7,8	78,7	13,5
Fleischfabrik	75,7	29,7	52,1	18,2
Brotfabrik	84,7	29,7	52,1	18,2
sonst. Nahrungs- und Genußmittel- industrie	150,0	29,7	52,1	18,2

* RW = Raumwärme

* PW = Prozeßwärme

* L+K = Licht + Kraft

Tab. 2.4: Spezifische Anschlußwerte (DIN 4701) und deren Benutzungsdauer

	spez. Anschlußwert (W/m ²)	Jahresbenutzungsdauer (h/a)	
		ohne BWW*	mit BWW*
Bürogebäude			
1-2 geschossig	118,6	1 550	1 640
2 geschossig	105,8	1 550	1 640
Kino, Kaufhaus, Sporthalle	166,3	1 500	1 610
Werkstätten, Lager	167,5	1 050	1 050
Krankenhaus	159,3	1 900	2 800

* BWW = Brauchwarmwasser

Tab. 2.5: Spezifischer Wärmebedarf für verschiedene Objekte des Sektors "Öffentliche Gebäude" (aus [2.4])

	spezifischer Wärmebedarf zur Erzeugung der Raumwärme und Warmwassererzeugung	
	(kWh/m ²)	(kWh/Besch.)
Bürogebäude	210	6 700
Bürogebäude (klimatisiert)	401	13 000
Kaufhaus	176	3 600
Krankenhaus	410	34 100

Tab. 2.6: Aufteilung des Wärmebedarfs auf die Verbrauchsarten (aus [2.4])

	Prozeßwärme (%)	Heizwärme (%)	Heizwärme zur Raumkondit. (%)	Brauchwarmwasser (%)
Bürogebäude	-	93	-	7
Bürogebäude (klimatisiert)	-	-	97	3
Kaufhaus	-	-	79	21
Krankenhaus	-	54	18	28

Tab. 2.7: Demografische Daten der Städte und Gemeinden des Belastungsgebietes

	Fläche in km ² 2)	Einwohner (Ges.) 1)	Einwohner 1980 Belastungsgebiet
Bornheim	82,55	33.819	3.289
Brühl	36,13	43.012	20.176
Dormagen	85,62	55.826	36.164
Frechen	45,09	43.161	15.616
Hürth	51,34	50.752	50.752
Köln	405,18	976.136	967.700
Langenfeld	41,07	46.590	7.433
Leverkusen	78,85	161.453	133.063
Monheim	23,13	39.932	29.335
Niederkassel	35,86	27.277	27.277
Pulheim	71,96	43.501	9.064
Wesseling	23,42	29.854	29.854
	980,20	1.551.313	1.329.723

	Beschäftigte Kleingewerbe und Öffentl. Einrichtg. 2)		Beschäftigte Industrie 2)		Beschäftigte insgesamt 2)	Beschäftigte im Bergbau 3)	
	%		%				
Bornheim	2.902	(74)	1.032	(26)	3.934	-	
Brühl	4.970	(41)	7.299	(59)	12.269	-	
Dormagen	6.008	(32)	12.899	(68)	18.907	-	
Frechen	5.742	(52)	5.317	(48)	11.059	3.465	
Hürth	6.235	(43)	8.335	(57)	14.570	1.248	
Köln	288.802	(69)	131.768	(41)	420.570	1.527	
Langenfeld	7.052	(52)	6.516	(48)	13.568	-	
Leverkusen	22.904	(29)	55.362	(71)	78.266	-	
Monheim	4.643	(86)	736	(14)	5.379	-	
Niederkassel	3.055	(74)	1.099	(26)	4.154	-	
Pulheim	3.251	(78)	904	(22)	4.155	-	
Wesseling	4.484	(32)	9.483	(68)	13.967	-	
	360.048	(59,9)	240.750	(40,1)	600.798	(100 %)	6.240

1) Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen 1980

2) Die Gemeinden Nordrhein-Westfalens - Informationen aus der amtlichen Statistik

3) Zur Abschätzung des Einsatzes von Deputatkohle

Tab. 2.8: Prognose der Entwicklung der Einwohnerzahlen

Ort	1980	1985	1990
Bornheim	3.289	3.289	3.289
Brühl	20.176	20.450	20.660
Dormagen	36.164	36.164	36.164
Frechen	15.616	16.400	17.200
Hürth	50.752	54.000	54.600
Köln	967.700	913.833	896.393
Langenfeld	7.433	7.433	7.433
Leverkusen	133.063	134.000	135.000
Monheim	29.335	29.700	31.000
Niederkassel	27.277	28.600	30.000
Pulheim	9.064	9.830	10.800
Wesseling	29.654	31.000	32.500
Gesamt	1.329.723	1.284.699	1.275.039

Tab. 2.9: Energieträgereinsatz im Bereich Haushalte und Kleinverbrauch im Belastungsgebiet

	Öl	Kohle	Gas	Fern- wärme	Nacht- strom	Strom	Gesamt
Stand							
1980 (TJ)	30.370	6.910	12.820	5.480	1.640	6.860	64.080
(%)	47,4	10,8	20,0	8,6	2,5	10,7	100
obere Prognose							
1985 (TJ)	24.490	5.290	18.050	6.920	1.820	7.780	64.350
(%)	38,1	8,2	28,1	10,8	2,7	12,1	100
untere Prognose							
1985 (TJ)	22.880	4.940	16.870	6.470	1.700	7.280	60.140
(%)	38,1	8,2	28,1	10,8	2,7	12,1	100
obere Prognose							
1990 (TJ)	17.680	3.900	23.640	8.660	2.080	8.890	64.850
(%)	27,3	6,0	36,5	13,3	3,2	13,7	100
untere Prognose							
1990 (TJ)	15.370	3.390	20.560	7.530	1.800	7.730	56.380
(%)	27,3	6,0	36,5	13,3	3,2	13,7	100

Tab. 2.10: Zu erwartende Veränderungen des Energieträgereinsatzes gegenüber 1980 (Sparvariante)

	Öl (%)	Kohle (%)	Gas (%)	Fern- wärme (%)	Nacht- strom (%)	Strom (%)	Gesamt (%)
Stand 1980	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Progn. 1985							
Trendvariante	80,1	76,5	140,8	126,3	111,2	113,1	100,4
Sparvariante	75,3	71,5	131,6	118,1	103,9	106,0	93,9
Progn. 1990							
Trendvariante	58,8	56,5	184,4	158,0	126,8	128,0	101,2
Sparvariante	50,6	49,1	160,3	137,4	110,2	112,7	88,0

Tab. 2.11: Vergleich der Energiebedarfsprognosen

	LRP I		LRP II		
	1980	1985	1980 Em.-Kat.	1980 REV	1985 REV
Gesamtenergiebedarf ohne FW und Str. in TJ	61830	62990	75058	50106	46260
davon in %					
Heizöl	69,9	70,8	56,0	60,6	51,2
Kohle	18,7	14,0	7,6	13,8	11,1
Gas	11,4	15,2	36,4	25,6	37,7

Tab. 2.12: Spezifische Emissionsfaktoren in [kg/TJ]

	1980			1985			1990		
	Kohle	HEL	Gas	Kohle	HEL	Gas	Kohle	HEL	Gas
SO ₂	160	140	0,6	160	140	0,6	160	140	0,6
NO _x	18	50	30	18	50	30	18	50	30
CO	7400	90	60	7400	50	21	7400	40	15
OGD	150	14	1,5	150	12	1,5	150	12	1,5
F ⁻	0,7	kA	kA	0,7	kA	kA	0,7	kA	kA
Cl ⁻	10	kA	kA	10	kA	kA	10	kA	kA
Feststoffe	330	2	0,1	330	1	0,1	330	1	0,1
Zn	0,01	kA	kA	0,01	kA	kA	0,01	kA	kA
Pb	0,02	kA	kA	0,02	kA	kA	0,02	kA	kA
Cd	0,0023	kA	kA	0,0023	kA	kA	0,0023	kA	kA
PAH	0,95	0,52	0,0005	0,95	0,52	0,0005	0,95	0,52	0,0005

kA = keine Angaben

Tab. 2.13: Jahresemissionen 1980 in [t/a]

	Kohle	HEL	Gas	Summe
SO ₂	1 106	4 252	8	5 366
NO _x	124	1 519	385	2 028
CO	51 144	2 734	769	54 647
OGD	1 038	425	19	1 481
F ⁻	4,8	-	-	4,8
Cl ⁻	69	-	-	69
Feststoffe	2 281	61	1	2 342
Zn	0,069	-	-	0,069
Pb	0,138	-	-	0,138
Cd	0,016	-	-	0,016
PAH	6,6	15,8	0,006	22,4

Tab. 2.14: Jahresemissionen 1985 in [t/a]

	Kohle	HEL	Gas	Summe
SO ₂	818	3 316	11	4 144
NO _x	92	1 184	524	1 800
CO	37 831	1 184	367	39 382
OGD	767	284	26	1 077
F ⁻	3,6	-	-	3,6
Cl ⁻	51	-	-	51
Feststoffe	1 687	24	2	1 713
Zn	0,051	-	-	0,051
Pb	0,102	-	-	0,102
Cd	0,012	-	-	0,012
PAH	4,9	12,3	0,009	17,2

Tab. 2.15: Jahresemissionen 1990 in [t/a]

	Kohle	HEL	Gas	Summe
SO ₂	584	2 313	13	2 910
NO _x	66	826	663	1 555
CO	26 995	661	331	27 987
OGD	547	198	33	779
F ⁻	2,6	-	-	2,6
Cl ⁻	36	-	-	36
Feststoffe	1 204	17	2	1 223
Zn	0,036	-	-	0,036
Pb	0,073	-	-	0,073
Cd	0,008	-	-	0,008
PAH	3,5	8,6	0,011	12,1

Tab. 2.16: Vergleich der Emissionsprognosen

	LRP I		LRP II		
	1980	1985	1980 E.-Kat.	1980 REV	1985 REV
SO ₂	8924	8274	6931	5366	4144
NO _x	2627	2642	3040	2028	1800
CO	63070	47084	48203	54647	39382
OGD	2895	2248	1480	1481	1077
Feststoffe	2860	2159	1942	2342	1713

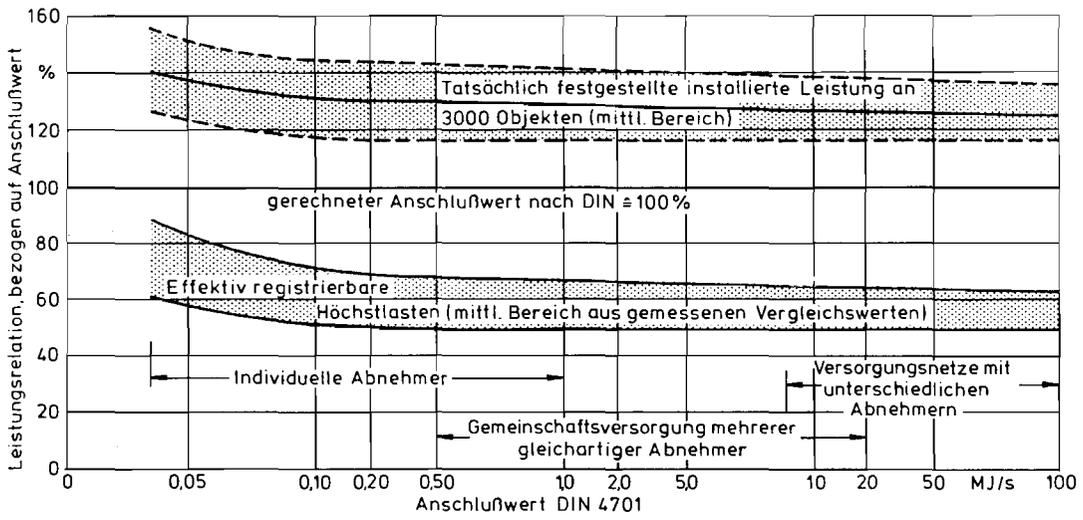


Abb. 2.1 Relation zwischen installierter Leistung, Anschlußwert (nach DIN 4701) und Höchstlast

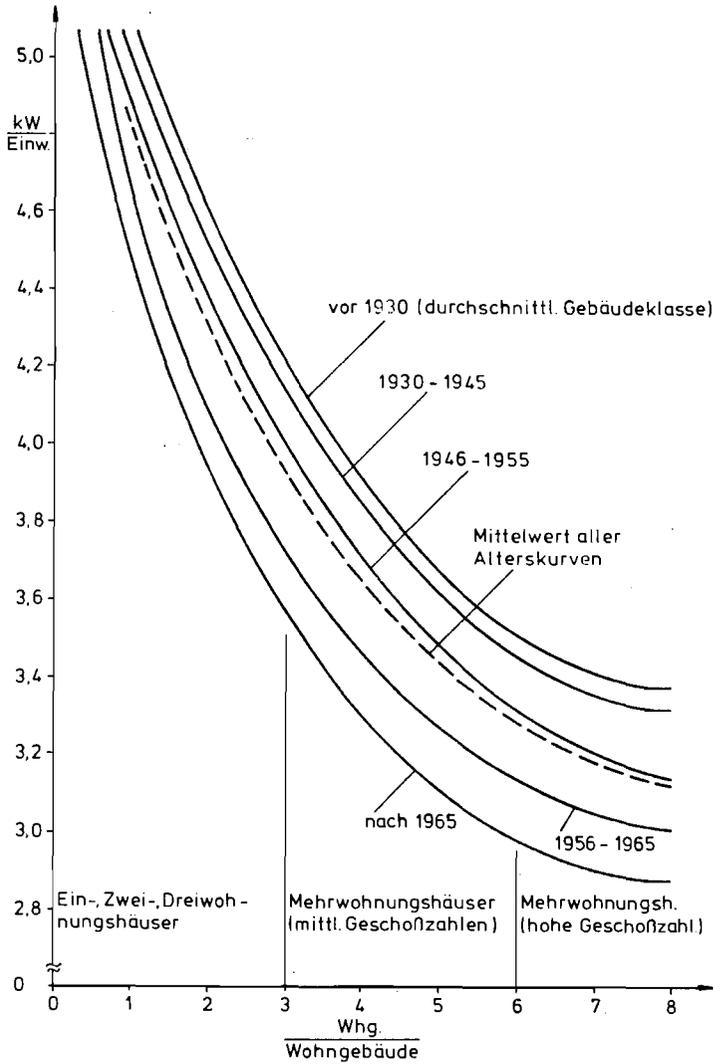


Abb. 2.2 Spezifische Wärmeleistungskennzahl im Bereich Haushalte

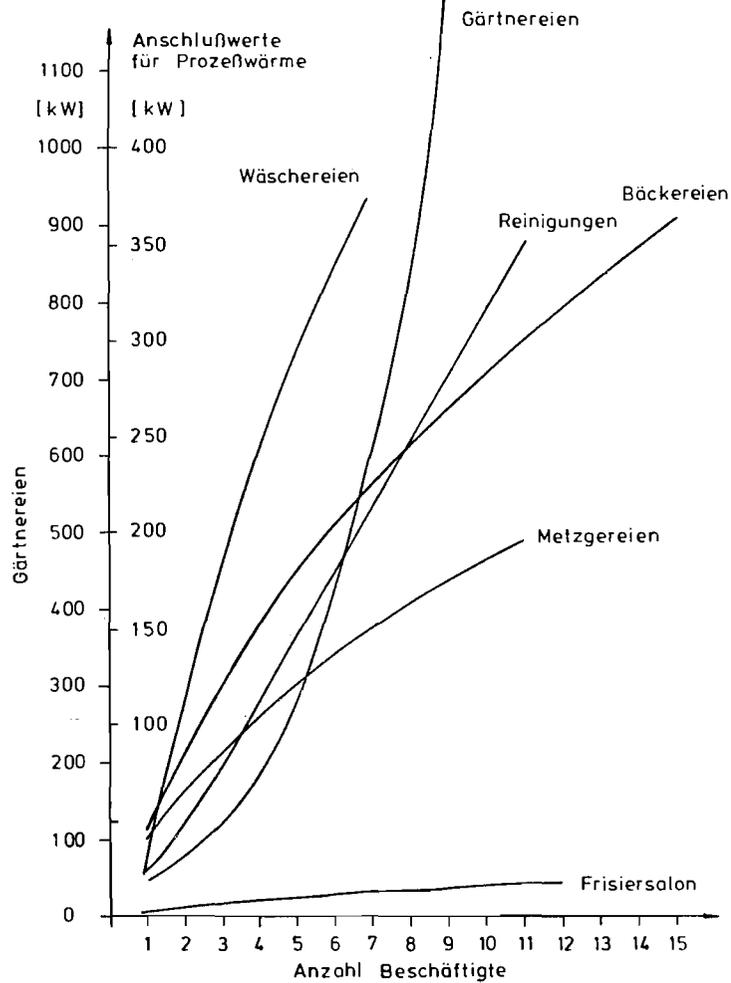
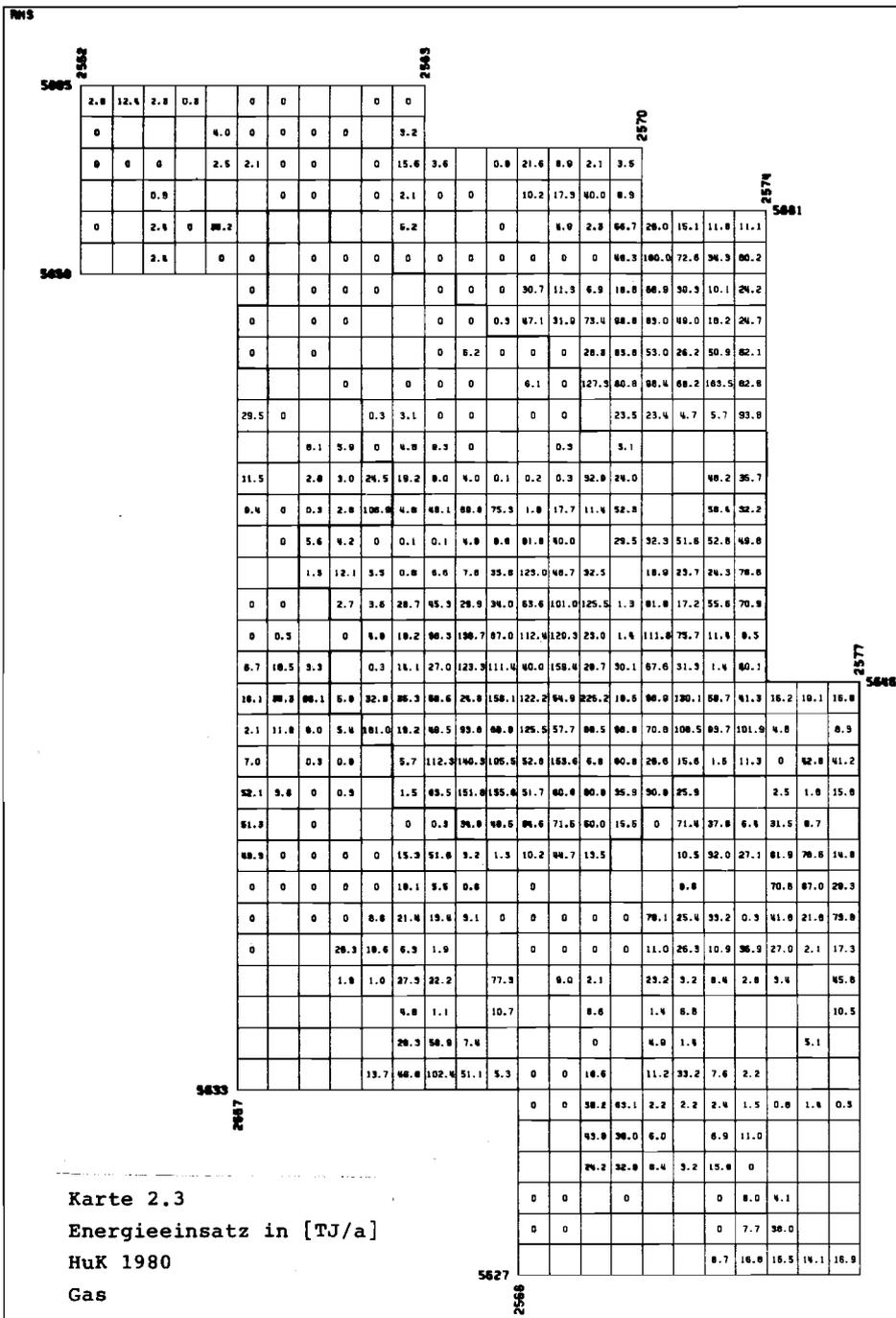
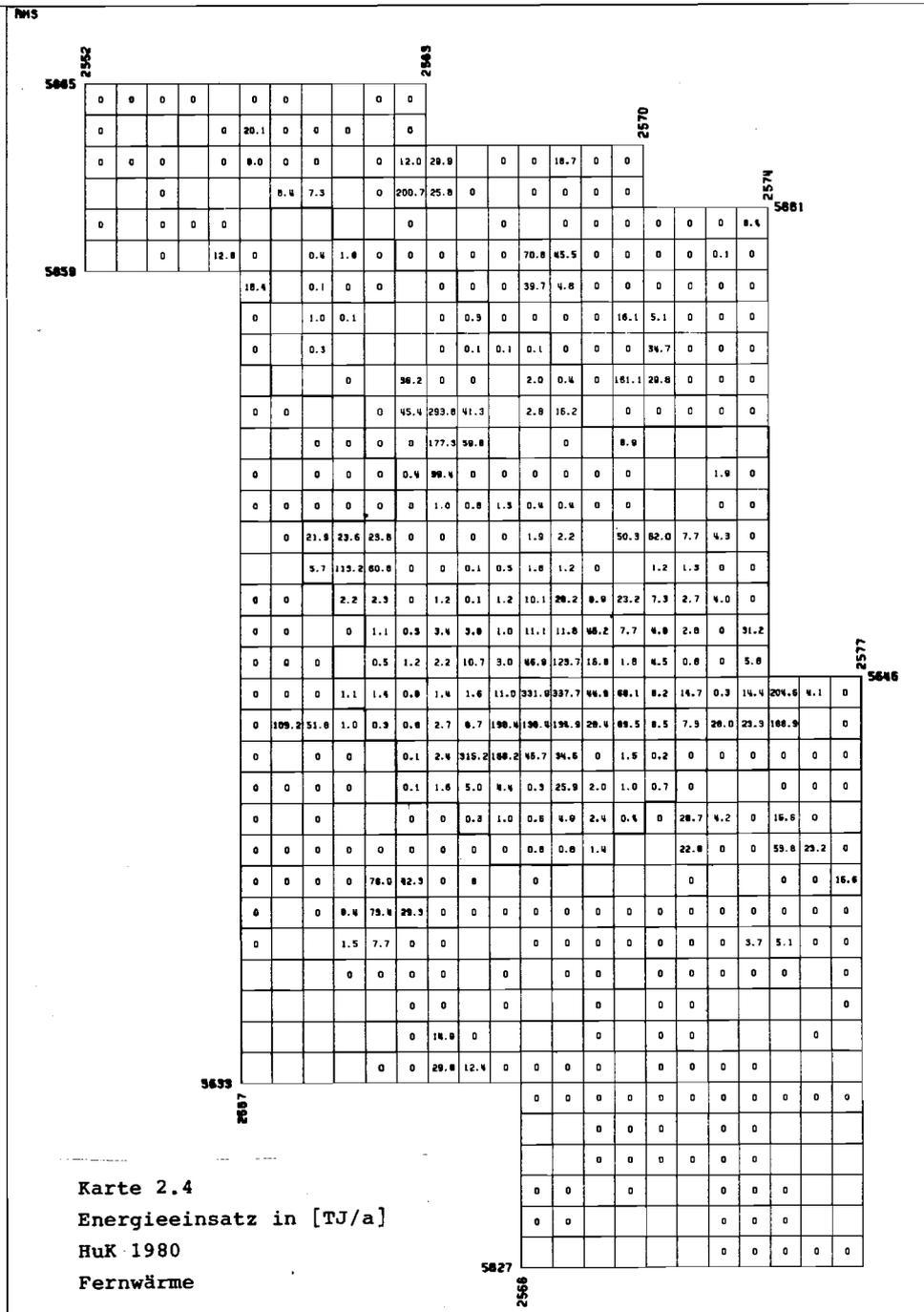


Abb. 2.3 Anschlußwerte für Gewerbebetriebe als Funktion der Beschäftigtenzahl



Karte 2.3
Energieeinsatz in [TJ/a]
HuK 1980
Gas



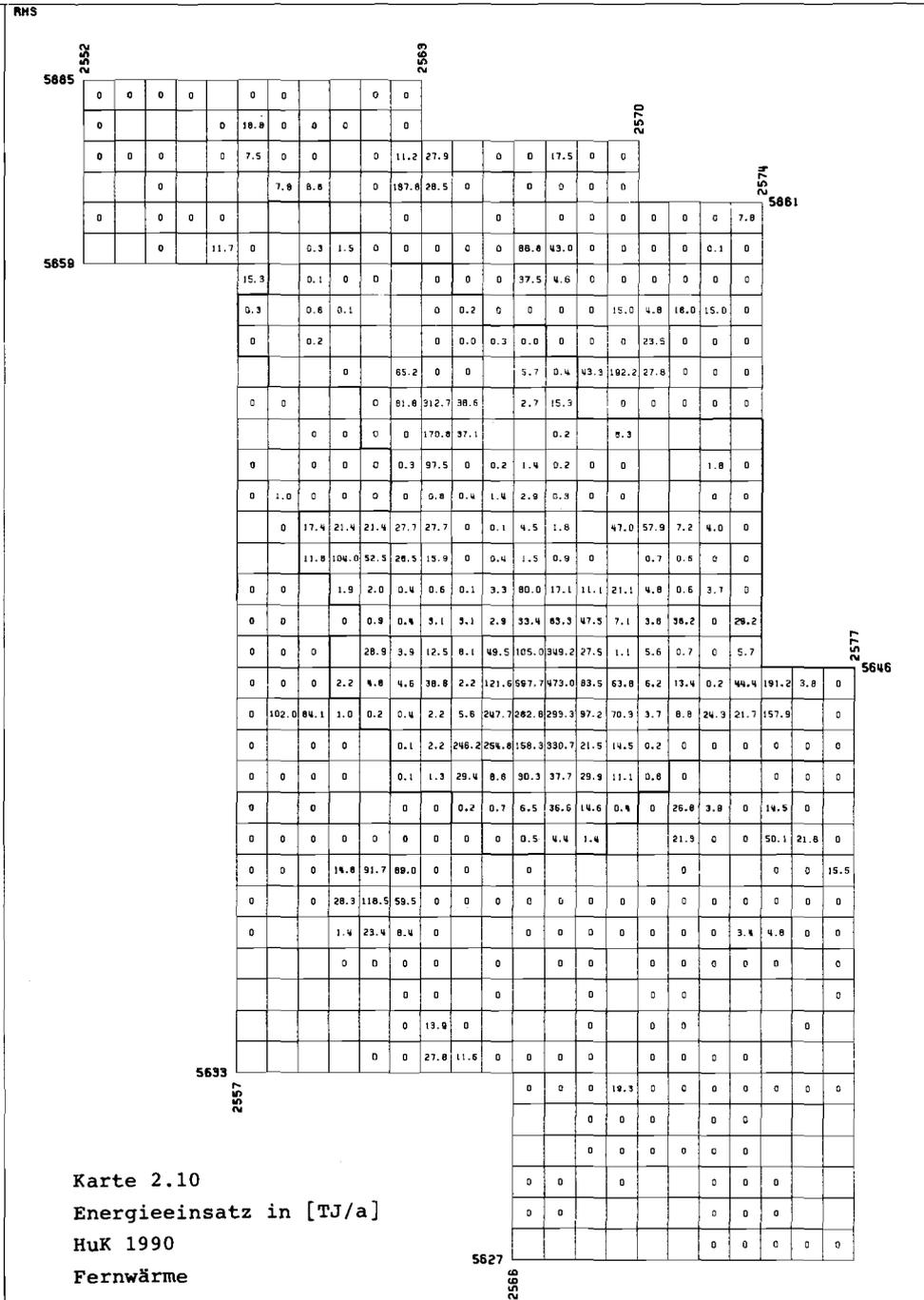
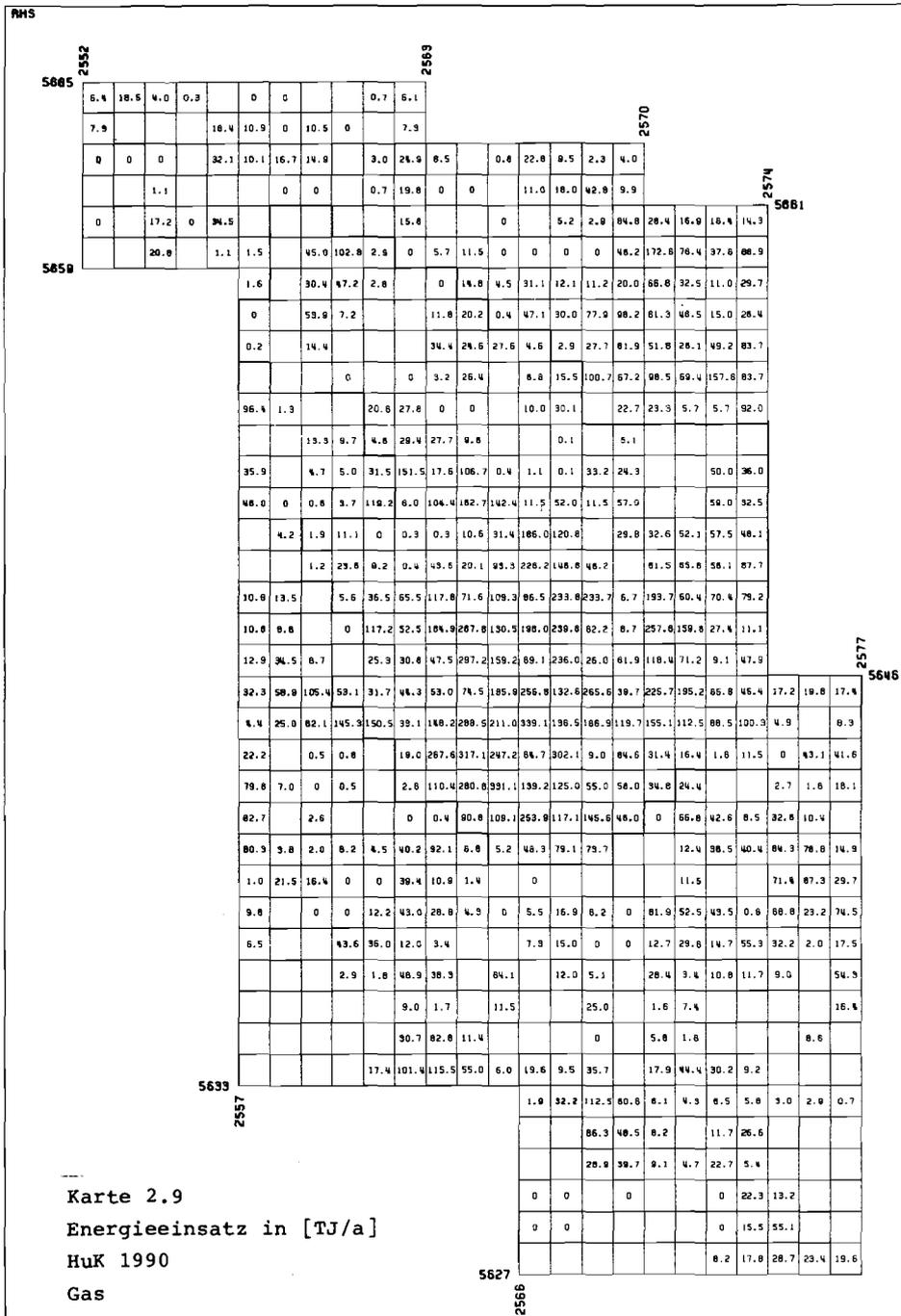
Karte 2.4
Energieeinsatz in [TJ/a]
HuK 1980
Fernwärme

RHS										
5685	29	118	34	1		32	4		8	112
	13				81	86	51	18	33	67
	8	93	8		121	85	227	88	43	216
		22			20	13		12	38	5
5659	18	108	37	36				56		6
		31		22	58	84	148	4	5	55
	42		44	70	4		1	120	50	130
	1		78	11			4	27	9	171
	0		21				32	33	40	6
			0				13	5	0	
	236	2			29	53	19	3		14
			74	54	6	34	58	18		0
	74		26	26	76	208	20	147	1	5
	70	2	3	11	223	14	128	220	185	26
		5	10	15	0	37	37	13	41	250
			18	34	9	38	80	20	132	353
	0	149		7	41	104	172	112	167	274
	0	38		23	151	88	284	418	182	410
	41	113	26		50	94	95	447	327	254
	87	238	268	87	88	128	185	111	521	888
	12	84	91	187	187	68	207	414	478	781
	18		5	8		27	338	411	461	342
	182	19	2	2		4	140	454	471	281
	187		17			1	2	128	180	360
	188	27	12	95	91	82	268	12	7	82
	4	142	112	17	0	82	32	6		15
	88		18	58	35	114	74	24	14	28
	50			135	107	37	10			40
				20	5	134	110		152	55
					25	5		19		88
						81	158	38		3
						55	136	311	124	18
5633	13	11	208	178	31	51	31	13	11	20
4582			153	153	26		44	138		
			75	83	28	18	71	0		
	8	19					40	108	56	
	18	88					36	109	94	
							11	49	89	191
5627										65
9352										
LHS										

Karte 2.5
Energieeinsatz in [TJ/a]
HuK 1980
Summe aller emissionsrelevanten Energieträger

RHS										
5685	27	138	38	1		36	6		10	133
	15				81	130	81	19	40	53
	9	108	8		136	105	266	80	51	272
			27			35	24		14	278
5659	20		128	43	43				84	
			34		41	71		74	174	5
	67		51	82	5		1	140	56	194
	1		91	12			4	91	3	184
	1		24				37	37	45	7
			0				55	5	0	
	274	2				33	114	351	50	
			87	63	7	40	244	85		0
	87		30	31	88	240	137	174	1	7
	82	2	3	13	283	18	148	257	211	52
		5	36	44	27	44	44	16	47	288
			27	189	80	45	95	24	153	408
	0	174		11	48	122	199	128	195	332
	0	42		28	174	102	344	484	211	481
	46	128	29		58	108	112	530	381	351
	110	288	283	110	104	147	225	130	511	1513
	14	200	181	207	188	53	238	478	800	1084
	21		6	7		30	388	852	734	449
	214	22	2	2		5	158	517	538	293
	232		20			1	2	142	171	385
	230	32	14	83	38	35	293	15	8	71
	5	188	131	20	81	161	38	6		17
	78		21	78	127	188	88	28	18	33
	59			160	135	43	11			46
				23	8	158	129		182	85
						28	6		23	
						83	188	43		5
						83	174	391	157	20
5633	15	13	258	208	38	38	38	18	13	24
2557			182	178	31		52	158		
			88	97	34	18	85	0		
	9	22		5			46	125	65	
	18	112					42	128	108	
							13	58	80	220
5627										75
9352										
LHS										

Karte 2.6
Energieeinsatz in [TJ/a]
HuK 1980
Summe aller Energieträger



PHS																							
5685	2552	24	108	32	1	31	3	8	108	2570	2574	5681	2577	5646									
		20			75	92	47	24	30														
		7	86	6		114	78	201	74	45	220	118	2	53	141	7	12						
				21			19	11		11	52	7	3	32	44	89	30						
5659		17	102	41	35					60		5	19	9	161	91	62	44	23				
			25		19	56		57	130	4	3	53	48	1	0	0	5	129	397	209	128	189	
		49		58	61	4		1	110	46	123	78	21	44	161	75	34	69					
		1		88	9			12	26	3	180	41	188	182	105	92	15	54					
		0		18				42	33	38	8	13	80	164	110	63	95	167					
				0		10	5	26		13	25	238	151	233	150	239	189						
		237	1			26	47	28	2		13	38		57	62	14	14	176					
				75	53	6	36	55	16			0		18									
		81		26	26	73	196	20	134	1	3	0	93	65			139	94					
		93	0	3	11	215	13	121	188	162	24	62	38	144			171	88					
			4	17	13	0	9	9	12	41	235	143		89	72	140	160	85					
				11	28	10	10	38	24	110	268	175	54		98	88	107	212					
		11	148		7	49	89	144	82	138	139	302	291	5	239	74	156	185					
		11	41		22	148	77	232	321	157	271	321	77	11	308	210	38	28					
		43	118	27		41	58	74	361	220	137	478	33	88	175	105	12	117					
		103	230	241	106	55	106	127	86	308	469	247	320	52	353	287	131	177	45	51	45		
		13	88	100	182	156	38	174	383	303	478	242	235	185	293	240	179	198	13		24		
		31		6	5		22	308	375	923	158	472	18	101	96	31	3	28	2	129	117		
		181	18	2	2		3	124	358	386	182	173	117	89	95	32		14	4	49			
		188		17			0	2	107	126	300	188	185	67	0	72	126	23	107	46			
		187	25	11	53	29	88	230	12	8	58	103	89		33	105	128	179	190	37			
		4	128	106	12	0	86	31	8		14				30			190	224	80			
		88		17	28	32	103	71	29	12	28	92	51	5	125	118	149	9	152	52	198		
		45			114	95	34	10		37	79	11	14	48	116	49	138	70	5	25			
					8	5	121	99		150	47	19	97	11	28	17	18			142			
						25	5		19		75		7	33						37			
						78	151	38			2	27	7							28			
						53	181	294	121	17	124	62	76		54	105	115	32					
5633	2557					12	41	241	177	30	27	31	15	11	18	2							
								181	140	24		43	133										
								78	88	27	13	88	5										
						7	26		4		35	107	57										
						16	97				33	87	87										
											10	46	75	178	80								
						5627																	
						2566																	

Karte 2.11
Energieeinsatz in [TJ/a]
HuK 1990
Summe aller emissionsrelevanten Energieträger

PHS																							
5685	2552	28	136	37	1	36	4	10	134	2570	2574	5681	2577	5646									
		22				86	198	80	28	39		55											
		9	104	7		133	102	250	89	54	283	174	3	64	196	9	15						
				26			32	23		14	283	42	4	39	59	118	38						
5659		20	126	48	43					71		6		16	11	193	112	76	55	37			
			30		39	89		89	157	4	4	86	59	2	79	51	8	159	480	245	159	213	
		69		46	78	4		1	137	54	192	99	24	53	198	87	41	81					
		1		82	11			13	31	3	191	50	189	245	190	128	36	63					
		1		22				48	38	44	7	13	94	193	162	73	113	197					
				0		83	8	26		22	29	391	408	305	174	280	188						
		281	2			31	147	398	48		18	63		66	72	18	18	286					
				88	84	7	42	242	63		0		32										
		97		31	31	89	232	138	167	1	6	0	111	77			166	111					
		107	1	3	13	262	18	145	230	193	31	73	45	171			203	101					
			5	39	41	25	46	48	16	48	282	175		172	158	178	194	102					
				27	157	76	47	92	28	139	338	211	85		121	118	128	248					
		12	180		10	58	116	183	114	171	272	393	366	36	296	88	189	217					
		12	48		25	172	85	306	408	191	398	486	151	24	377	303	44	71					
		50	137	30		80	82	103	446	325	299	1014	75	121	260	169	14	144					
		118	287	282	122	83	132	198	118	520	1282	881	482	142	337	385	156	260	281	55	53		
		15	204	186	208	195	48	208	435	894	928	850	397	901	284	295	243	282	202		28		
		35		8	5		26	388	773	706	386	880	47	135	42	38	4	36	2	152	138		
		219	22	2	9		4	145	455	472	259	259	171	117	111	39		17	5	58			
		280		21			1	2	126	161	368	276	243	66	1	121	153	27	143	53			
		230	31	14	84	36	115	285	15	7	69	124	104		83	122	151	286	251	43			
		5	157	130	28	107	207	38	6		16							227	265	126			
		77		21	87	179	192	87	26	15	32	110	80	8	155	138	172	4	178	81	231		
		57			145	142	50	12			44	94	19	16	57	140	58	186	89	5	30		
					10	6	149	122		187	59	29	117	14	33	18	18						
							30	6		24		93		8	40								
							82	183	44		3	33	6					34					
						63	221	382	156	19	149	72	89		65	126	142	38					
5633	2557					15	44	288	233	38	33	37	18	13	23	2							
								216	172	28		52	159										
								85	97	33	18	84	8										
						8	90		5		43	127	68										
						19	117				40	118	119										
											12	56	88	214	72								

Karte 2.12
Energieeinsatz in [TJ/a]
HuK 1990
Summe aller Energieträger

RMS

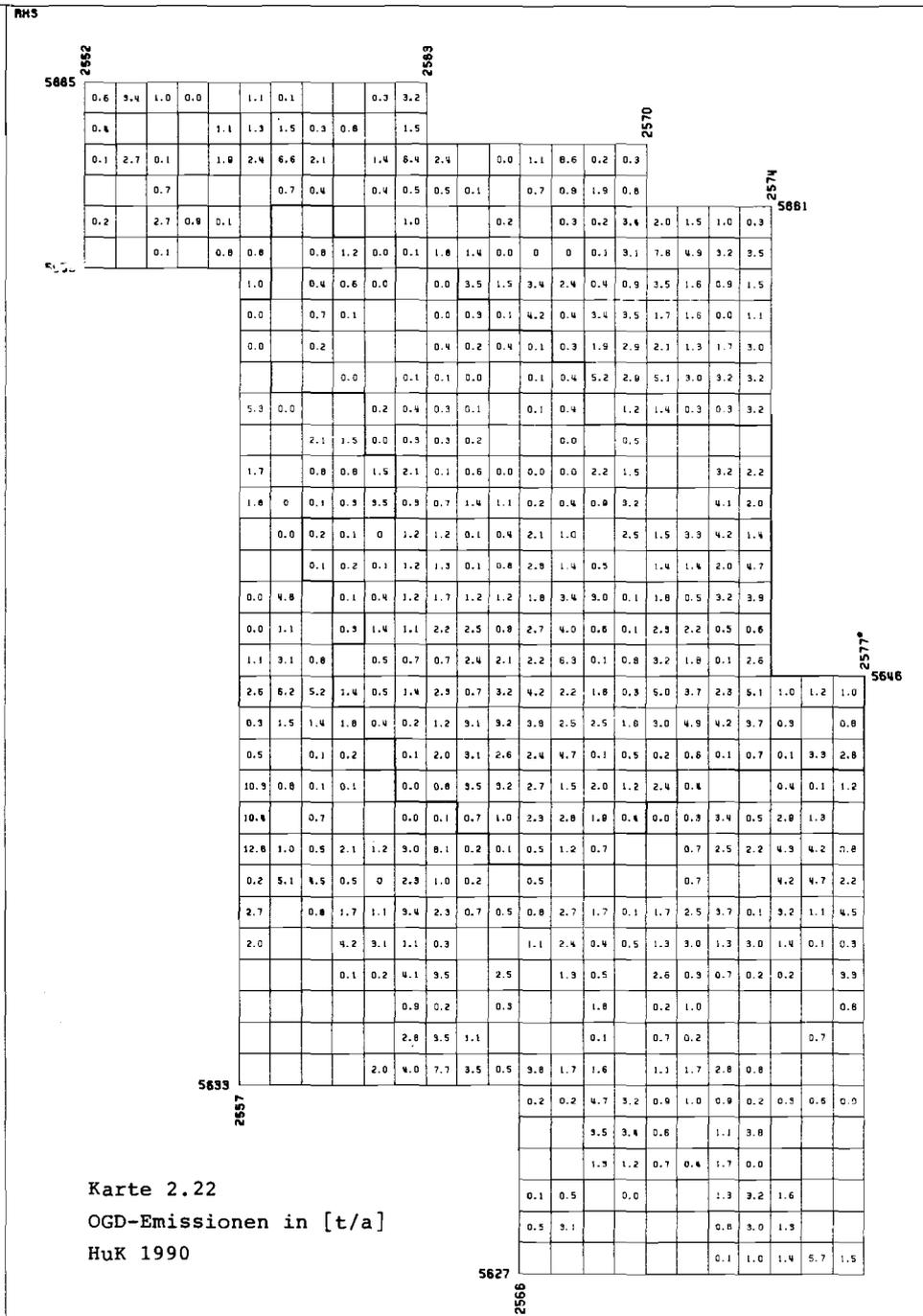
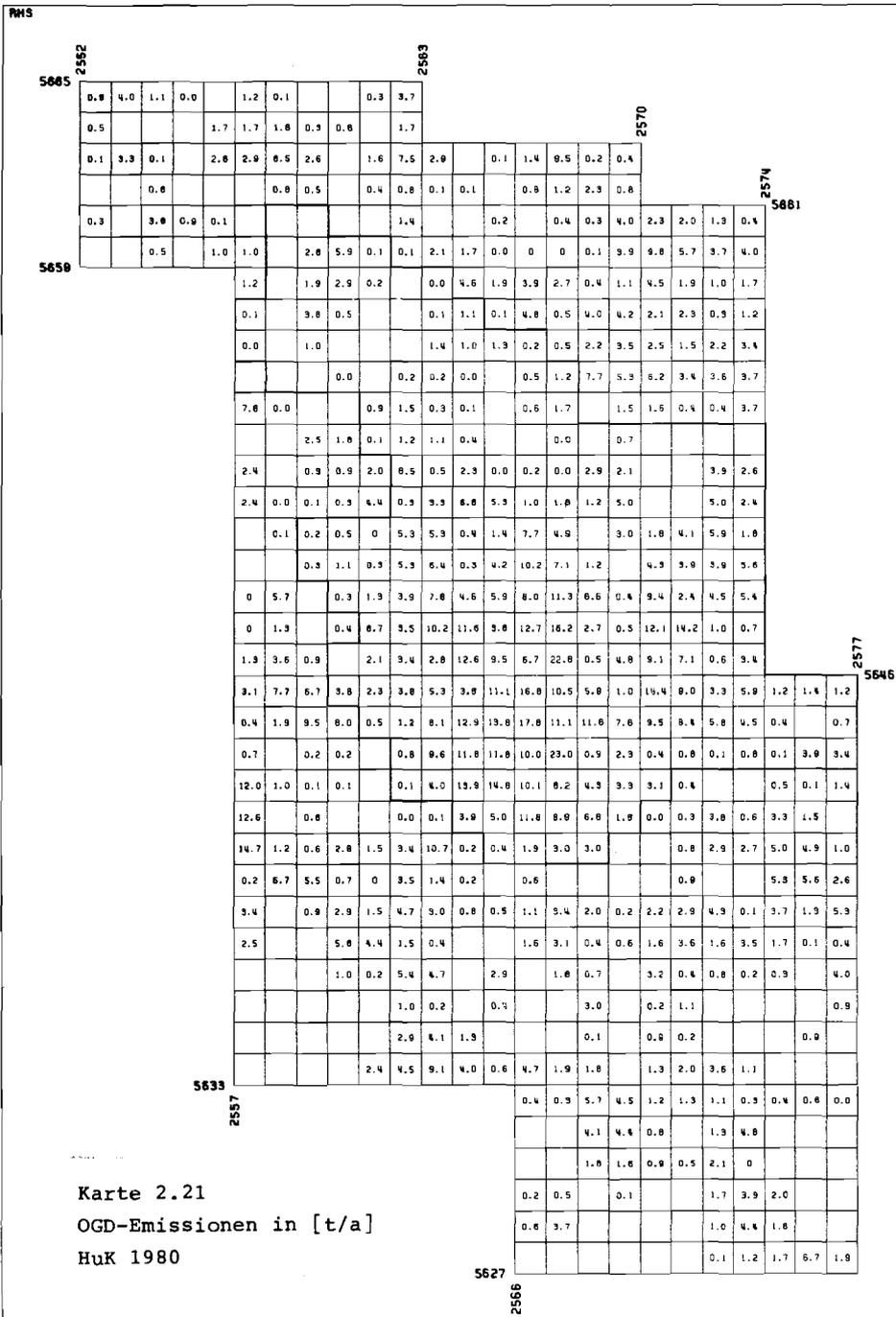
5685	2552	2552	1.2	6.8	1.7	0.0	2.0	0.2	0.5	6.3	2570	2574	5661								
			0.8			1.5	1.2	2.8	0.3	0.9											
			0.1	5.1	0.1	3.0	4.5	13.3	4.0	2.6	0.1	2.1	10.3	0.4	0.6						
					1.3			1.3	0.6	0.7	0.4	0.0	0.1	1.3	1.8	5.4	1.1				
5659			0.0	6.7	1.1	0.0				1.7	0.3		0.6	0.5	5.9	3.3	3.0	1.8	0.5		
				0.3	1.9	0.5	4.7	9.5	0.2	0.2	3.4	2.6	0.1	0	0	0.0	8.1	14.1	8.8	5.5	6.2
			1.8	3.1	4.9	0.3	0.1	7.3	3.1	6.1	4.3	0.6	1.8	7.0	2.9	1.6	2.6				
			0.1	8.2	0.8		0.2	1.9	0.1	7.4	0.7	6.1	8.3	3.2	2.9	0.0	1.9				
			0.0	1.7			2.4	1.5	1.9	0.2	0.8	3.4	5.2	3.7	2.3	3.3	5.0				
					0.0	0.0	0.4	0.0	0.9	2.0	11.7	7.8	9.5	5.2	5.3	5.7					
			12.2	0.0		1.3	1.9	0.0	0.2	1.1	2.9	2.2	2.4	0.5	0.5	5.6					
				3.8	2.8	0.1	2.0	1.4	0.5		0.0	1.1									
			3.8	1.4	1.5	3.0	14.5	0.7	1.0	0.1	0.3	0.0	4.4	3.2		6.0	4.1				
			3.8	0.0	0.2	0.5	8.8	0.5	5.3	11.4	0.2	1.5	2.5	1.7	8.2		7.7	3.8			
				0.0	0.3	0.8	0	11.5	11.5	0.6	2.3	12.4	7.9	4.6	2.8	6.1	10.0	2.7			
				0.1	1.9	0.5	11.8	15.1	0.4	8.4	16.8	12.2	2.0	7.3	8.7	6.3	8.8				
0	9.1		0.5	1.9	6.9	14.6	9.4	9.8	12.5	16.7	13.9	0.7	15.4	3.7	7.0	8.9					
0	2.0		0.1	11.8	6.2	18.0	18.7	5.8	20.7	28.6	4.1	0.8	20.7	25.7	1.7	1.2					
2.1	5.7	1.4		3.4	5.5	4.4	19.7	15.6	9.3	29.5	0.3	8.7	15.4	12.8	1.1	5.6					
6.0	12.0	10.5	6.3	3.5	6.2	8.2	6.2	14.6	12.5	10.7	7.5	1.2	24.0	14.3	5.0	9.1	1.9	2.1	1.9		
0.8	3.0	5.7	19.5	0.4	2.0	9.5	20.7	19.8	21.8	13.0	17.8	12.4	18.1	9.9	9.5	8.8	0.8				1.1
1.3		0.5	0.3		1.2	15.9	19.4	18.9	14.8	28.3	0.6	3.1	0.6	1.3	0.1	1.3	0.1	6.1	5.3		
24.7	1.9	0.1	0.1		0.2	8.9	29.4	25.2	17.8	8.9	8.9	5.1	5.1	0.8			0.8	0.2	2.2		
25.6		1.5			0.0	0.1	6.4	8.8	20.0	14.8	11.0	2.9	0.0	0.1	6.3	1.0	5.3	2.1			
30.7	2.1	1.2	4.5	2.7	6.1	19.4	0.3	0.7	3.0	5.0	4.8		1.2	4.5	3.2	6.1	7.8	1.5			
0.4	11.7	9.7	1.2	0	6.0	2.4	0.3		0.9			1.4		8.0	8.3	4.1					
8.1		1.6	5.2	2.6	8.3	5.3	1.3	0.8	1.8	5.4	5.2	0.3	3.2	4.5	6.8	0.2	5.8	2.1	8.1		
4.5			10.5	7.8	2.6	0.7		2.5	4.9	0.7	0.9	2.5	5.5	2.4	5.1	2.6	0.2	0.5			
				1.9	0.4	3.8	8.4	4.4	2.7	1.2	5.1	0.8	1.2	0.3	0.4	8.0					
					1.8	0.4		0.5			4.6	0.3	1.8				1.4				
					5.2	8.6	2.1				0.2	1.3	0.3				1.1				
					4.3	7.9	15.0	7.1	1.1	7.4	3.0	2.8	1.8	2.5	5.2	1.7					
5633	2552	2552	0.5	0.3	8.8	8.8	1.8	2.3	1.8	0.1	0.8	0.8	1.3	0.1	1.3	0.1					
					6.4	6.9	1.3	2.0	7.1												
					2.8	2.1	1.4	0.7	3.4	0											
			0.2	0.7	0.0			2.8	6.2	3.2											
			1.0	8.0				1.3	7.3	2.4											
								0.1	1.9	2.3	10.6	3.0									
5627	9952	9952																			

Karte 2.17
Feststoffemissionen in
[t/a]
HuK 1980

RMS

5685	2552	2552	1.0	5.4	1.6	0.0	1.7	0.2	0.4	4.7	2570	2574	5661									
			0.8			1.1	0.9	2.2	0.2	0.8												
			0.1	4.2	0.1	2.2	3.7	10.6	3.3	2.3	8.6	2.7	0.1	1.7	16.8	0.3	0.1					
					1.2			1.1	0.6	0.6	0.1	0.9	0.1	1.1	1.3	2.6	0.9					
5659			0.0	3.9	0.9	0.0				1.1		0.3		0.5	0.4	5.2	2.9	2.5	1.5	0.5		
				0.2		1.4	0.4	0.8	1.7	0.0	0.2	2.9	2.2	0.1	0	0	0.0	4.9	11.9	7.9	4.9	5.7
			1.4	0.6	0.9	0.1		0.1	5.7	2.5	5.5	3.9	0.5	1.4	5.6	2.6	1.4	2.3				
			0.1	1.1	0.2			0.0	0.4	0.1	6.7	0.8	5.4	5.1	2.8	2.4	0.0	1.7				
			0.0	0.3				0.6	0.3	0.5	0.1	0.5	3.0	4.1	3.2	2.1	2.6	4.5				
					0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.6	8.2	4.1	6.1	4.7	4.8	5.1						
			8.5	0.0		0.3	0.4	0.0	0.1	0.2	0.5	1.9	2.2	0.4	0.5	4.9						
				3.4	2.3	0.0	0.4	0.5	0.3		0	0.7										
			2.7	1.2	1.3	2.3	3.3	0.2	0.2	0.0	0.0	0	3.4	2.5		5.1	3.5					
			2.8	0	0.1	0.4	5.3	0.4	0.9	2.0	1.4	0.2	0.4	1.5	5.1		6.5	3.2				
				0.0	0.1	0.2	0	2.5	2.5	0.1	0.8	2.9	1.4	4.0	2.4	5.3	7.0	2.2				
				0.0	0.4	0.1	2.5	2.6	0.1	1.2	4.9	2.1	0.7	2.2	2.2	3.1	7.5					
0.0	7.7		0.1	0.4	1.9	2.9	1.9	1.8	2.5	5.5	4.7	0.2	2.4	0.8	5.1	6.2						
0.0	1.7		0.1	2.2	1.8	3.2	3.5	1.0	3.7	6.4	0.7	0.1	3.2	3.4	0.7	1.0						
1.8	5.0	1.2		0.6	0.8	0.7	3.0	2.8	3.1	7.6	0.1	1.2	5.7	3.2	0.2	4.1						
4.2	8.9	8.2	1.8	0.5	1.4	3.2	0.9	3.7	3.2	1.7	1.8	0.2	7.6	5.1	9.5	8.5	1.7	1.9	1.7			
0.5	2.4	2.2	2.7	0.2	0.3	1.8	4.2	4.2	4.0	2.6	3.8	2.3	4.4	7.7	8.7	5.8	0.5	0.9				
1.0		0.2	0.3		0.2	2.6	4.8	3.2	3.4	5.3	0.1	0.8	0.1	0.9	0.1	1.1	0.1	5.2	4.5			
21.4	1.8	0.1	0.1		0.0	1.2	5.2	4.7	4.4	1.8	3.0	1.8	4.0	0.8			0.7	0.2	1.9			
21.6		1.2			0.0	0.1	1.0	1.4	3.4	4.0	2.6	0.5	0.0	0.3	5.8	0.9	4.7	2.1				
26.7	1.7	1.0	3.7	2.2	5.4	15.1	0.2	0.1	0.7	1.9	1.0		1.0	4.0	2.8	7.1	8.8	1.3				
0.3	8.2	6.1	0.8	0	3.9	1.9	0.3		0.8				1.1			6.4	7.2	3.8				
5.0		1.4	3.9	2.0	8.4	4.2	1.1	0.8	1.3	4.3	2.7	0.2	2.8	3.9	8.0	0.2	5.1	1.8	7.1			
3.7			7.9	5.7	2.0	0.6			1.8	3.9	0.6	0.8	2.1	4.7	2.1	4.8	2.3	0.2	0.5			
				0.3	0.3	7.5	8.5		3.8		2.0	0.8	4.3	0.5	1.1	0.3	0.4	5.3				
						1.5	0.3		0.4		2.8	0.3	1.6				1.3					
						4.7	5.7	1.8				0.1	1.1	0.8			1.2					
						3.8	6.9	13.1	6.4	0.9	6.1	2.7	2.5	1.5	2.1	4.2	1.4					
5633	2552	2552	0.3	0.2	7.3	4.8	1.5	1.7	1.3	0.3	0.5	0.9	0.5	0.9	0.0							
					5.5	5.1	1.0		1.6	8.1												
					2.0	1.8	1.0	0.8	2.8	0.0												
			0.1	0.5	0.0				2.2	5.1	2.6											
			0.7	4.7					1.0	4.8	1.8											
									0.1	1.5	2.0	9.2	2.5									
5627	9952	9952																				

Karte 2.18
Feststoffemissionen in
[t/a]
HuK 1990



3. Emissionsprognose für den
Kraftfahrzeugverkehr

3. Emissionsprognose für den Kraftfahrzeugverkehr

3.1. Einführung

Die hier dargestellten Ergebnisse basieren auf der Studie "Abgas-Emissionsprognose für den bodengebundenen Verkehr im Belastungsgebiet Rheinschiene Süd bezogen auf die Jahre 1985/1990" des TÜV Rheinland, die im Auftrag der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NRW erstellt wurde.

Wie frühere Untersuchungen [3.1] gezeigt haben, liefert sowohl der Eisenbahnverkehr als auch der Schiffsverkehr keinen signifikanten Beitrag zu den Gesamtemissionen, so daß ausschließlich der Kraftfahrzeugverkehr berücksichtigt wird.

Es werden nur Schadstoffe betrachtet, die entweder durch den Brennstoff selbst in den Verbrennungsprozeß eingebracht werden oder während des Prozesses entstehen.

Ausgehend von der Belastungssituation im Jahre 1980 werden für die relevanten Schadstoffe Kohlenmonoxid, Stickstoffoxide, Kohlenwasserstoffe, Schwefeldioxid, Blei und Ruß die in den Jahren 1985 und 1990 im Belastungsgebiet zu erwartenden Emissionen der Emittentengruppe Verkehr ermittelt und mit den Prognosedaten der Jahre 1980 - 1985 verglichen [3.1].

3.2. Kfz-Bestandsprognose

Auf der Basis der seit 1955 verfolgten Veränderung des Kfz-Bestandes in der Bundesrepublik Deutschland und unter Berücksichtigung verschiedener Trenduntersuchungen wird zunächst die voraussichtliche Entwicklung für das gesamte Bundesgebiet angegeben. Diese Kfz-Bestandsprognose wird auf das Belastungsgebiet übertragen. Die Übertragung erfolgt unter Einbeziehung der durch die Struktur des Belastungsgebietes beeinflussten Abweichungen.

3.2.1. Kfz-Bestandsprognose für die Bundesrepublik

Als Grundlage für die Kfz-Bestandsprognose dient das vom Kraftfahrt-Bundesamt veröffentlichte Datenmaterial für den Zeitraum von 1955 bis 1981. Dieses enthält neben den Angaben zum Kfz-Gesamtbestand auch eine Aufschlüsselung der Daten nach Fahrzeugart, Antriebsart und Fahrzeugalter.

Die Prognose des Kfz-Bestandes erfolgt in Anlehnung an die Untersuchungen nach [3.2] und [3.3]. In Abb. 3.1 sind die Prognoseergebnisse als Fortsetzung des Kfz-Bestandes von 1965 bis 1981 dargestellt.

Die Deutsche Shell AG [3.2] kommt in ihren Szenarien unter Berücksichtigung der gesamtwirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu unterschiedlichen Motorisierungsgraden, die in Verbindung mit der in [3.4] wiedergegebenen Prognose der Bevölkerungsentwicklung zu den Kurvenverläufen I und II führen.

Der Prognose nach [3.3] (Kurve III) liegt u.a. ein jährliches reales Wirtschaftswachstum von 2,2 % und eine Zunahme des Individualverkehrs um 1,1 % im Jahresdurchschnitt zugrunde. Sie unterscheidet sich unwesentlich vom Kurvenverlauf I und bleibt im folgenden unberücksichtigt.

Die Bestandsentwicklung der Nutzfahrzeuge (LKW + Kom + Zgm) errechnet sich als Trendextrapolation der Zeitreihe von 1965 bis 1981. Dabei sind im Gegensatz zu früheren Untersuchungen bei den Zugmaschinen nur die Sattelzugmaschinen, nicht aber die Ackerschlepper berücksichtigt, da diese Fahrzeugkategorie nur zu einem geringen Teil an der Gesamtemission des Kfz-Verkehrs beteiligt ist und zudem für Ackerschlepper keine Abgas-Emissionsfaktoren existieren.

Unter den genannten Voraussetzungen ergeben sich die in folgender Übersicht zusammengestellten oberen und unteren Grenzen des Kfz-Bestandes:

Gesamtkraftfahrzeuge ohne Krafträder

1985 :	27,4	-	28,2 Mio
1990 :	29,13	-	30,53 Mio

Personen- und Kombinationskraftwagen sowie Kleintransporter

1985 :	25,9	-	26,7 Mio
1990 :	27,5	-	28,9 Mio

Nutzfahrzeuge (LKW + Kom + Zgm)

1985 :	1,5 Mio
1990 :	1,63 Mio

Der Anteil der Personen- und Kombinationskraftwagen, die mit einem Dieselmotor angetrieben werden, nimmt seit 1960 zu. Insbesondere hat die Ölpreissituation nach 1979/80 eine Entwicklung in Gang gesetzt, die zu einer ständigen Erhöhung des Anteils der besonders verbrauchsgünstigen Diesel-PKW an den Neuzulassungen geführt hat. Nach [3.2] ist zu erwarten, daß langfristig der Neuzulassungsanteil der PKW mit Dieselmotor etwa 30 % erreichen könnte. Unter dieser Voraussetzung werden im Jahre 1985 ca. 7,5 % und im Jahre 1990 ca. 11 % der PKW und Kombifahrzeuge mit einem Dieselmotor angetrieben. Zudem wird sich das mittlere Hubvolumen des PKW-Diesel-Bestandes zu kleineren Werten hin bewegen, was sich zusätzlich verbrauchsmindernd auswirken wird.

Die Nutzfahrzeuge werden in die Gruppe der Fahrzeuge $\leq 3,5$ t und $> 3,5$ t zul. Gesamtmasse unterteilt, denen dann entsprechende Abgas-Emissionsfaktoren zugewiesen werden.

Bei den Nutzfahrzeugen $\leq 3,5$ t zul. Gesamtmasse wird sich langfristig die Wirtschaftlichkeit von Dieselmotoren behaupten, so daß mit einem ansteigenden Anteil der Dieselfahrzeuge von 10 % im Jahre 1985 auf 13 % im Jahre 1990 zu rechnen ist.

Bei den Nutzfahrzeugen $> 3,5$ t zul. Gesamtmasse hat sich der Dieselmotor durchgesetzt. Sein über längere Zeit konstanter Anteil an den Fahrzeugen dieser Gruppe läßt es gerechtfertigt erscheinen, für den Prognosezeitraum mit einem 100%-Anteil der Dieselfahrzeuge zu rechnen.

Das Durchschnittsalter der Personen- und Kombinationskraftwagen ist seit 1969 annähernd konstant geblieben. Infolge des geringeren vorausgesagten Zuwachses an Neufahrzeugen in den nächsten 10 Jahren kann angenommen werden, daß das Durchschnittsalter des Pkw-Bestandes von 5 Jahren auch in den Jahren 1985 und 1990 erreicht werden wird. Die Verteilung nach Altersgruppen wird mit großer Wahrscheinlichkeit der Verteilung in den letzten 5 Jahren entsprechen. Etwa 12 % der Personenkraftwagen werden jünger als 1 Jahr sein, während 85 % das Alter von 13 Jahren nicht überschreiten (vgl. Abb. 3.2).

3.2.2. Übertragung der Prognoseergebnisse für die Bundesrepublik Deutschland auf das Belastungsgebiet Rheinschiene-Süd

Im Belastungsgebiet wohnten am 31.12.1979 etwa 2,2 % der Bevölkerung des Bundesgebietes auf einem Flächenanteil von etwa 0,26 %. Etwa 2 % der Pkw und 1,9 % der Lkw in der Bundesrepublik Deutschland waren zu diesem Zeitpunkt im Belastungsgebiet zugelassen.

Innerhalb der 12 Städte und Gemeinden, deren Flächen ganz oder teilweise das Belastungsgebiet bilden, ergeben sich unterschiedliche Motorisierungsgrade, die für die Städte mit den größten Bevölkerungsanteilen an der Gesamtbevölkerung des Belastungsgebietes zum obigen Zeitpunkt folgende Werte annahmen:

- Köln	362 Pkw/1000 Einwohner,
- Leverkusen	391 Pkw/1000 Einwohner,
- Bergheim	394 Pkw/1000 Einwohner.

Die zeitliche Entwicklung des Motorisierungsgrades, der sich aus der Summe der Bevölkerungs- und Pkw-Bestandszahlen der Städte Köln und Leverkusen ergibt, ist seit 1970 nahezu identisch mit der zeitlichen Entwicklung des Motorisierungsgrades der Bundesrepublik Deutschland. Da in diesen Städten etwa 85 % der Bevölkerung des Belastungsgebietes wohnen, wurden zur Pkw-Bestandsprognose in erster Näherung die für die Jahre 1985 und 1990 von [3.2] für die Bundesrepublik Deutschland prognostizierten Werte des Motorisierungsgrades auf das Belastungsgebiet übertragen. In Verbindung mit den Prognosedaten über die Bevölkerungsentwicklung in den Gemeinden der Rheinschiene Süd (s. Abschnitt 2.4.) ergeben sich die nachfolgend aufgeführten Pkw-Bestandszahlen.

In diesen Pkw-Bestandszahlen sind abweichend von der allgemeinen Statistik die Kleintransporter nicht enthalten, diese wurden vielmehr entsprechend der Erhebungssystematik zum Emissionskataster den Nutzfahrzeugen $\leq 3,5$ t zul. Gesamtmasse zugeschlagen.

Die Bestandsentwicklung der Nutzfahrzeuge (Nfz) wurde als Anteil der Nfz-Bestandsentwicklung in der Bundesrepublik aufgefaßt und im entsprechenden Verhältnis prognostiziert.

Unter obigen Randbedingungen ergeben sich für das Belastungsgebiet folgende Bestandszahlen in den Jahren 1985 und 1990:

	1985	1990
Kfz insgesamt (ohne Krafträder)	583000 - 598400	626400 - 655700
Pkw und Kombinationskraftwagen	544000 - 559400	584000 - 613300
Nutzfahrzeuge $\leq 3,5$ t zul. Gesamtmasse	23300	25300
Nutzfahrzeuge $> 3,5$ t zul. Gesamtmasse	15700	17100

Bezogen auf das Basisjahr 1980 wird sich der Gesamt-Kraftfahrzeugbestand im Belastungsgebiet bis 1985 um 10 % - 12 %, bis zum Jahre 1990 um 17 % - 23 % erhöhen.

Bei der Aufschlüsselung des Fahrzeugbestandes nach der Antriebsart wird im Rahmen der Kfz-Bestandsprognose im Belastungsgebiet von den gleichen Verhältnissen wie im Bundesgebiet ausgegangen.

3.3. Fahrleistungsprognose

3.3.1. Fahrleistungen im Basisjahr 1980

Die Verkehrsstärken im Belastungsgebiet wurden im Rahmen der Erstellung des Emissionskatasters für das Jahr 1980 ermittelt.

Ausgehend von den in Form repräsentativer Tagesgänge für Werktage, Samstage und Sonntage vorliegenden Angaben für die einzelnen Straßenabschnitte lassen sich auf der Basis der Betriebsstunden (Kfz-Stunden/Jahr) in Abhängigkeit vom Fahrverhalten (Fahrmodus) die Jahresfahrleistungen des Kraftfahrzeugverkehrs für das gesamte Belastungsgebiet berechnen. Sie betragen im Jahr 1980:

im Pkw-Verkehr:	5.505,0 Mio km,
im Lkw-Verkehr:	
Lkw \leq 3,5 t zul. Gesamtmasse:	455,8 Mio km,
Lkw $>$ 3,5 t zul. Gesamtmasse:	368,5 Mio km
und insgesamt:	6.329,3 Mio km.

Eine umfassende Übersicht über die Jahresfahrleistung 1980 in Untergliederung nach Fahrmodi gibt Tab. 3.1.

3.3.2. Prognose der Fahrleistungen für die Jahre 1985 und 1990

Eine Ermittlung der Fahrleistungen im Belastungsgebiet Rheinschiene Süd wurde erstmals von 1970 bis 1974 im Rahmen der Erstellung des Emissionskatasters vorgenommen. Da auch umfangreiche Verkehrsuntersuchungen, wie sie etwa bei der Entwicklung von Generalverkehrsplänen durchgeführt werden, in der Regel keine Angaben über Zeitreihen von Fahrleistungen in einem Untersuchungsgebiet enthalten, kann die Methode der Trendprognose mangels geeigneter Basisdaten direkt nicht durchgeführt werden. In Analogie zur Vorgehensweise bei anderen Untersuchungen [3.1, 3.6, 3.7] wird die Fahrleistung aus dem Produkt des Kfz-Bestandes und der spezifischen Jahresfahrleistung je Kfz in Anlehnung an die Prognosen für die Bundesrepublik gebildet.

Die Analyse der Zeitreihen von 1970 bis 1980 zeigt bezüglich der spezifischen Jahresfahrleistungen in der Bundesrepublik für die Pkw eine abnehmende Tendenz und für die Nutzfahrzeuge einen seit 1974 nahezu unveränderten Wert, der mittelfristig als konstant mit $24 \cdot 10^3$ km/Nfz . a abgeschätzt wird.

Nach [3.3] wird für die BRD tendenziell mit einer weiter absinkenden spezifischen Jahresfahrleistung je Pkw gerechnet, wobei u.a. aufgrund der augenblicklichen Wirtschaftslage nachfolgend aufgeführte unterschiedliche Werte für die Jahre 1985 und 1990 erwartet werden:

	Variante I km/Pkw.a	Variante II km/Pkw.a
1985:	12300	12700
1990:	11600	12500

Die auf der Basis der regionalen Pkw-Bestände und der gesamten Pkw-Fahrleistungen im Belastungsgebiet ermittelten spezifischen Jahresfahrleistungen lagen im Jahre 1974 um ca. 6 % und im Jahre 1980 um etwa 10 % unterhalb der entsprechenden Werte in der Bundesrepublik. Diese niedrigeren Werte sind mit dem in Ballungsgebieten im Vergleich zur gesamten Bundesrepublik niedrigeren Anteil des Individualverkehrs am Verkehrsaufkommen des Personenverkehrs zu erklären.

Für den Prognosezeitraum wird angenommen, daß die spezifische Jahresfahrleistung je PKW im Belastungsgebiet tendenziell den gleichen Verlauf hat wie in der Bundesrepublik, daß aber die Werte um 10 % unterhalb der entsprechenden Werte der Bundesrepublik liegen. Die Begrenzung des Streubereichs der Fahrleistungen ergibt sich aus der multiplikativen Verknüpfung des zum jeweiligen Zeitpunkt prognostizierten kleineren Pkw-Bestandes der mit niedrigen spezifischen Fahrleistung je Pkw und umgekehrt.

Die Systematik zur Erhebung der Fahrleistungen in den Jahren 1974 und 1980 unterscheidet sich u.a. dadurch, daß die Fahrleistungen im Jahre 1974 für die Lkw insgesamt und im Jahre 1980 klassiert nach Lkw \leq 3,5 t zul. Gesamtmasse und Lkw $>$ 3,5 t zul. Gesamtmasse ermittelt wurden. Zudem wurden im Jahre 1976 Fahrleistungen zusätzlicher Gebiete des jetzigen Belastungsgebietes Rhein-schiene-Süd erhoben, so daß eine Korrektur der Lkw-Fahrleistung für das Jahr 1974 auf $738 \cdot 10^6$ km/a erforderlich ist. Die in Verbindung mit den regionalen Lkw-Beständen der Jahre 1974 und 1980 berechneten spezifischen Fahrleistungen je Lkw liegen in diesen Jahren geringfügig höher als die spezifischen Fahrleistungen je Lkw in der Bundesrepublik, was auf das im Bereich Köln im Vergleich zum Bundesgebiet höhere Güterverkehrsaufkommen zurückzuführen ist.

Für den Prognosezeitraum wird für die spezifische Fahrleistung je Nutzfahrzeug im Belastungsgebiet die gleiche Tendenz wie im Bundesgebiet zu erwarten sein, so daß sich unter Berücksichtigung der Bandbreiten der Pkw-Bestandsprognose die Jahresfahrleistungen im Belastungsgebiet wie folgt abschätzen lassen (vgl. Abb. 3.3 und Tab. 3.1):

Gesamtfahrleistungen:

1985 : 6935 - 7323 Mio km/a
1990 : 7108 - 7965 Mio km/a

Pkw-Fahrleistungen:

1985 : 5984 - 6372 Mio km/a
1990 : 6073 - 6930 Mio km/a

Lkw \leq 3,5 t zul. Gesamtmasse:

1985 : 543 Mio km/a
1990 : 590 Mio km/a

Lkw $>$ 3,5 t zul. Gesamtmasse:

1985 : 408 Mio km/a
1990 : 445 Mio km/a

Bezogen auf das Basisjahr 1980 beträgt der Zuwachs der Jahresfahrleistungen des gesamten Kraftfahrzeugverkehrs für 1985 10 % bis 16 % und für 1990 12 % bis 25 %.

3.4. Prognose der Abgas-Emissionsfaktoren für den Kraftfahrzeugverkehr

Das Abgas-Emissionsverhalten von Kraftfahrzeugen wird in erster Linie vom Arbeitsverhalten ihrer Antriebsaggregate bestimmt, also vom Otto- oder Diesel-Verfahren.

Weiterhin wird das Emissionsverhalten seit 1971 wesentlich durch die Abgasgesetzgebung beeinflusst.

Eine Zusammenstellung der bereits in Kraft bzw. für die Europäische Gemeinschaft in Diskussion befindlichen Abgasgesetzgebung zeigt Tabelle 3.2.

3.4.1. Abgas-Emissionsfaktoren für Personen- und Kombinationskraftwagen mit Otto- und Dieselmotor

Abgas-Emissionsfaktoren geben definitionsgemäß für den Pkw- und Kombi-Bestand eines bestimmten Bezugsjahres den mittleren Schadstoffausstoß eines Fahrzeuges in Abhängigkeit von der mittleren Fahrgeschwindigkeit an. Die zu ihrer Ermittlung zusammengestellte Fahrzeugauswahl besteht aus im Verkehr befindlichen Fahrzeugen und repräsentiert hinsichtlich der emissionspezifischen Merkmale den Pkw- und Kombibestand des jeweiligen Bezugsjahres, so daß die Versuchsergebnisse das reale Emissionsverhalten dieses Bestandes widerspiegeln.

Auf der Basis einer für den Pkw- und Kombibestand der Bundesrepublik Deutschland hinsichtlich der abgasemissionsspezifischen Merkmale repräsentativen Fahrzeugauswahl wurden für das Bezugsjahr 1975 Abgas-Emissionsfaktoren ermittelt. Durch weitere Untersuchungen an bestandsrepräsentativen Fahrzeugauswahlen der Baujahre 1976 und 1977 war die Möglichkeit gegeben, die Emissionsfaktoren der Bezugsjahre 1976 und 1977 aus den vorliegenden Meßdaten zu ermitteln.

Unter Berücksichtigung des normierten Altersaufbaus des Pkw- und Kombibestandes der Bundesrepublik Deutschland (Abb. 3.2) und der Abgasgesetzgebung sowie ihren Auswirkungen auf das reale Abgas-Emissionsverhalten lassen sich mit einem entsprechenden Prognosemodell [3.1] die in Tab. 3.3 zusammengestellten Abgas-Emissionsfaktoren für die Jahre 1980, 1985 und 1990 errechnen.

3.4.2. Abgas-Emissionsfaktoren für Nutzfahrzeuge

Für die Fahrzeugkategorie der Nutzfahrzeuge $\leq 3,5$ t zul. Gesamtmasse liegen keine repräsentativen Abgas-Emissionsfaktoren vor. Als bestmögliche Schätzung wurden für die Komponenten Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffe (HC) und Stickstoffoxide (NO_x) die Emissionsfaktoren für Pkw-Ottomotoren herangezogen.

Schwefeldioxid (SO_2) und Blei (Pb) wurden aus dem Kraftstoffverbrauch der Pkw-Ottomotoren unter Berücksichtigung des Anteils von Diesel- und Ottomotoren in der Kategorie der Nutzfahrzeuge bis 3,5 t errechnet.

Für Ruß wurde der Emissionsfaktor der 5. BImSchVwV unter Berücksichtigung des Anteils der Fahrzeuge mit Dieselmotor in dieser Fahrzeugkategorie ermittelt. Die so errechneten Abgas-Emissionsfaktoren für die Bezugsjahre 1980, 1985 und 1990 sind in der Tabelle 3.4 zusammengestellt.

Für die Gruppe der Nutzfahrzeuge $> 3,5$ t zul. Gesamtmasse wird als ausschließliche Antriebsart der Dieselmotor vorausgesetzt. Danach werden für die Bezugs-

jahre 1980, 1985 und 1990 die im Anhang 3 zur 5. BImSchVwV aufgeführten Abgasemissionsfaktoren für Lkw mit Dieselmotor angewandt (vgl. Tabelle 3.5).

3.5. Schadstoffemissionen des Kraftfahrzeugverkehrs im Belastungsgebiet

Die Abgasemissionen des Kraftfahrzeugverkehrs werden für jede einzelne Schadstoffkomponente anhand der prognostizierten Fahrleistungen und Abgas-Emissionsfaktoren hochgerechnet.

In der Berechnung ist die im Rahmen des Energiesparprogramms der Bundesregierung am 30.04.1979 gegebene freiwillige Verpflichtung der deutschen Automobilindustrie berücksichtigt, den Kraftstoffverbrauch der von ihr hergestellten und in der Bundesrepublik abgesetzten Personenkraftwagen bis 1985 durchschnittlich um 10 - 12 % zu vermindern.

Unberücksichtigt blieb der Einfluß, den die im Hinblick auf ein weiterhin verstärktes Wirtschaftlichkeitsdenken in absehbarer Zeit zusätzlich zu erwartenden Pkw-Dieselmotoren mit Kraftstoffdirekteinspritzung auf die Abgas-Emissionen haben werden, da diesbezüglich noch keine repräsentativen Untersuchungsergebnisse vorliegen.

Die jährlichen Emissionen der vom Kraftfahrzeugverkehr unter den genannten Bedingungen erzeugten Schadstoffe sind in der Tabelle 3.6 zusammengestellt und in den Abbildungen 3.4 bis 3.9 aufgeteilt nach Pkw- und Lkw-Emissionen wiedergegeben. Zusätzlich sind die Ergebnisse nach [3.1] mit aufgeführt. Beim Vergleich der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, daß den Prognosen als Prämissen unterschiedliche Entwicklungen der legislativen Maßnahmen zugrunde lagen. So wurde in [3.1] davon ausgegangen, daß zu früheren Zeitpunkten stärkere Begrenzungen der Abgas-Emissionen erfolgen würden (vgl. Tab. A 2/1 in [3.1] und Tab. 3.2). Zudem bedingt die geringfügig geänderte Erhebungssystematik in der Zuordnung Linienquelle oder Flächenquelle eine Verschiebung der Anteile der modusspezifischen Fahrleistungen. Die Absenkung des Schwellwertes des Verkehrsaufkommens zur Zuordnung Flächen- oder Linienquelle im Jahre 1980 führte im Vergleich zu 1974 zu einem höheren Anteil der Fahrmodi 2 und 3 auf Kosten des Fahrmodus 4.

Durch die Prognose einer Ober- und Untergrenze der jährlichen Fahrleistungen ergeben sich für die Prognosejahre 1985 und 1990 jeweils zwei Emissionswerte für den jeweiligen Schadstoff.

Kohlenmonoxid

Abb. 3.4 zeigt die zeitliche Entwicklung der Emissionen für Kohlenmonoxid. Aufgrund der oben beschriebenen Verlagerung der mittleren Fahrgeschwindigkeit zu höheren Werten kommt es im Jahre 1980 zu einer niedrigeren CO-Emission als in [3.1] für diesen Zeitpunkt angenommen wurde. Eine gegenläufige Tendenz

bewirken die geänderten legislativen Maßnahmen, die nicht in der Schärfe und zu den angenommenen Zeitpunkten in Kraft getreten sind, so daß sich die CO-Emissionssituation erst im Jahre 1990 auf 64 % bis 72 % des Standes von 1973 verbessert.

Unverbrannte Kohlenwasserstoffe

Abb. 3.5 zeigt die jährlichen Emissionen an unverbrannten Kohlenwasserstoffen. Da zum einen der Gradient der HC-Emissionsfaktoren in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit weniger steil ist als der Gradient der CO-Emissionsfaktoren, wirkt sich die Erhöhung der mittleren Fahrgeschwindigkeit bei den HC-Emissionen nicht so stark aus, wie bei dem zeitlichen CO-Emissionsverlauf. Zum anderen führt die Einführung eines Summengrenzwertes für HC und NO_x nicht zu der in [3.1] erwarteten stärkeren Verbesserung der HC-Emissionssituation.

Stickstoffoxide

Abb. 3.6 gibt die zeitliche Entwicklung der NO_x -Emissionen wieder. Da die in [3.1] angenommene Limitierung der NO_x -Grenzwerte nicht in Kraft getreten ist, kommt es nicht zu der erwarteten Verbesserung der NO_x -Emissionssituation im Jahre 1985. Da sich nur geringe Änderungen der NO_x -Emissionsfaktoren für 1985 und 1990 ergeben, wird der Anstieg der Stickstoffoxidemissionen vor allem von der Zunahme der Jahresfahrleistung der Pkw und Kombifahrzeuge bestimmt.

Schwefeldioxid

Da für Ottokraftstoff im Prognosezeitraum keine gesetzlichen Beschränkungen des Schwefelgehaltes abzusehen sind, steigen die Emissionen proportional zum Kraftstoffverbrauch. Dieser wiederum hängt von den Jahresfahrleistungen und der Zusammensetzung des Bestandes ab.

Der Unterschied zwischen den in der Abb. 3.7 dargestellten Ergebnissen der beiden Prognosen läßt sich zum einen durch die o.a. Verschiebung der Anteile der modusspezifischen Fahrleistungen zu höheren mittleren Fahrgeschwindigkeiten erklären, zum anderen wurden bei der vorangegangenen Untersuchung [3.1] höhere Lkw-Emissionsfaktoren verwendet.

Blei

Wie in Abb. 3.8 deutlich zu erkennen ist, bewirkt die Abgasgesetzgebung durch das Inkrafttreten der 2. Stufe des Benzinbleigesetzes eine erhebliche Verbesserung der Abgas-Emissionssituation. Nach 1980 wird es bis 1985 noch zu einem geringfügigen Anstieg der Bleiemissionen kommen, während sich im Jahre 1990 bezogen auf 1980 die Blei-Emissionssituation um 10 % bis 21 % verbessert.

Ruß

Bezogen auf 1980 führt die in Abb. 3.9 dargestellte zeitliche Entwicklung der Ruß-Emissionen unter Berücksichtigung der steigenden Jahresfahrleistung der Nutzfahrzeuge zu einer Verschlechterung der Rußemissionssituation im Jahre 1990 von ca. 30 %.

Der Unterschied in den Absolutwerten erklärt sich durch die neuen Lkw-Ruß-Emissionsfaktoren, die nahezu unabhängig von der Fahrgeschwindigkeit sind. Insbesondere die Differenzen der in den Prognosen verwendeten Emissionsfaktoren des Fahrmodus 1 (85 km/h const.) , der jeweils einen überwiegenden Anteil an der Jahresfahrleistung aufweist, führt zu dem Niveauunterschied.

S c h r i f t t u m

- [3.1] Luftreinhalteplan Rheinschiene-Süd (Köln) 1977 - 1981.
Minister für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen,
Düsseldorf 1976.
- [3.2] Aufschwung nach der Talfahrt.
Shell-Prognose des Pkw-Bestandes bis zum Jahre 2000.
Hrsg.: Aktuelle Wirtschaftsanalysen 13, September 1981.
Deutsche Shell AG.
- [3.3] Dokumentation der neueren Langfristprognosen bis 2000 für
Personen- und Güterverkehr (Stand: 1981).
Hrsg.: Bundesministerium für Verkehr, Referat A 25,
- [3.4] Bericht über die Bevölkerungsentwicklung in der Bundesrepublik
Deutschland.
Drucksache 8/4437, 8.8.80
Deutscher Bundestag, 8. Wahlperiode
Verlag Dr. Hans Heger, Bonn.
- [3.5] Prognosedaten der Gemeinden in der Rheinschiene-Süd.
Mitteilung des Forschungsinstituts Rationelle Energiever-
wendung e.V., Essen 1981.
- [3.6] Abgas-Emissionsprognose für den bodengebundenen Verkehr im
Belastungsgebiet Ruhrgebiet Ost, bezogen auf die Jahre 1982/1987.
Hrsg.: TÜV Rheinland, Köln 1978.
- [3.7] Luftreinhalteplan Ruhrgebiet West 1978 - 1982 Duisburg - Ober-
hausen - Mülheim.
Minister für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf 1977.

Tab. 3.1: Modusspezifische Jahresfahrleistungen der Kfz im Belastungsgebiet Rheinschiene Süd

Modus	v _{mod} [km/h]	Jahresfahrleistungen [km/a] · 10 ⁶		
		1980	1985	1990
Pkw	1	1525,7	1657,6 - 1765,1	1682,1 - 1919,7
	2	1009,9	1101,1 - 1172,5	1117,4 - 1275,2
	3	2173,2	2363,7 - 2517,0	2398,7 - 2737,5
	4	513,8	556,5 - 592,6	564,6 - 644,5
	0	160,6	173,5 - 184,8	176,1 - 201,0
	5	85,4	89,8 - 95,6	91,2 - 103,9
	6	36,4	41,8 - 44,6	42,5 - 48,5
Σ	-	5505,0	5984,0 - 6372,2	6072,6 - 6930,3
Lkw ≤ 3,5 t	1	131,9	157,0	170,4
	2	75,5	90,2	97,9
	3	195,9	233,7	253,5
	4	35,6	42,4	46,0
	0	10,9	13,0	14,2
	5	6,0	7,1	7,7
Σ	-	455,8	543,4	589,7
Lkw > 3,5 t	1	180,9	200,4	218,3
	2	87,3	96,7	105,4
	3	75,2	83,3	90,7
	4	15,9	17,6	19,1
	0	5,5	6,1	6,7
	5	3,7	4,1	4,5
Σ	-	368,5	408,2	444,7

Tab. 3.2: Entwicklung der Abgasgesetzgebung im Bereich der EG für Personen- und Kombinationskraftwagen mit Ottomotor

Stufen	Datum	legislative Maßnahmen		
1	1.10.1971 in Kraft	Begrenzung	CO HC _{NDIR}	Seriengrenzwerte im Europatest 120 - 264 g/Test } je nach 10,4 - 16,6 g/Test } Prüfmasse
2	1.10.1975 in Kraft	Verringerung	CO HC _{NDIR}	um 20 % gegenüber Stufe 1 um 15 % gegenüber Stufe 1
3	1.10.1977 in Kraft	Begrenzung	NO _x	Seriengrenzwerte im Europatest 10,0 - 19,2 g/Test je nach Prüfmasse
4	1.10.1979 in Kraft	Verringerung	CO HC _{NDIR} NO _x	um 20 % gegenüber Stufe 2 um 12 % gegenüber Stufe 2 um 15 % gegenüber Stufe 3
5	1.10.1985	Verringerung Begrenzung	CO HC _{FID} +NO _x	70 - 132 g/Test Summengrenzwert 23,8 - 35,0 g/Test Meßverfahren

Tab. 3.3: Fahrtstreckenbezogene Abgas-Emissionsfaktoren verschiedener Bezugsjahre für Pkw und Kombifahrzeuge mit Otto- und Dieselmotor

Modus	v _{mod} [km/h]	Abgas-Emissionsfaktoren [g/km]				
		CO	HC ¹⁾	NO _x ²⁾	Pb ³⁾	SO ₂ ⁴⁾
Bezugsjahr 1980						
1	100	10,84	1,03	3,55	0,009	0,049
2	60	13,28	1,32	1,88	0,008	0,043
3	42,5	17,38	1,72	1,73	0,009	0,052
4	26	24,64	2,43	1,65	0,013	0,069
0	19,5	29,40	2,91	1,64	0,015	0,081
5	13,5	38,83	3,68	1,51	0,019	0,097
6	6	68,33	6,12	1,43	0,031	0,152
Bezugsjahr 1985						
1	100	7,77	0,95	3,40	0,0082	0,056
2	60	9,55	1,19	1,87	0,0075	0,048
3	42,5	12,92	1,52	1,72	0,0089	0,059
4	26	18,30	2,07	1,59	0,0120	0,077
0	19,5	22,36	2,52	1,65	0,0140	0,090
5	13,5	29,78	3,10	1,51	0,0170	0,110
6	6	59,17	5,52	1,48	0,0320	0,180
Bezugsjahr 1990						
1	100	5,85	0,91	3,28	0,0062	0,061
2	60	7,13	1,13	1,80	0,0057	0,052
3	42,5	9,79	1,44	1,67	0,0068	0,063
4	26	13,96	1,97	1,57	0,0088	0,083
0	19,5	17,03	2,42	1,63	0,0100	0,099
5	13,5	22,74	2,96	1,49	0,0130	0,119
6	6	45,17	5,23	1,50	0,0230	0,188

1) HC: gemessen mit FID als C₁H_{1,85}

2) NO_x: ausgewiesen als NO₂

3) Pb: gerechnet mit 0,15 g Pb/l Ottokraftstoff und 75 % Ausstoß

4) SO₂: gerechnet mit 0,025 Massen-% Schwefel im Ottokraftstoff und 0,3 Massen-% Schwefel im Dieselmotor

Tab. 3.4: Fahrtstreckenbezogene Abgas-Emissionsfaktoren verschiedener Bezugsjahre für Lkw $\leq 3,5$ t zul. Gesamtmasse

Modus	v_{mod} [km/h]	Abgas-Emissionsfaktoren [g/km]					
		CO	HC ¹⁾	NO _x ²⁾	Pb ³⁾	SO ₂ ⁴⁾	RuB
Bezugsjahr 1980							
1	100	11,22	1,07	3,66	0,0089	0,052	0,022
2	60	13,86	1,37	1,93	0,0081	0,047	0,025
3	42,5	18,12	1,79	1,77	0,0097	0,056	0,025
4	26	25,65	2,51	1,68	0,0128	0,074	0,026
0	19,5	30,59	2,99	1,66	0,0150	0,087	0,028
5	13,5	40,43	3,80	1,58	0,0186	0,108	0,027
Bezugsjahr 1985							
1	100	8,15	1,01	3,57	0,0080	0,0613	0,0360
2	60	10,20	1,26	1,95	0,0072	0,0557	0,0417
3	42,5	13,76	1,60	1,78	0,0087	0,0668	0,0424
4	26	19,46	2,16	1,64	0,0113	0,0865	0,0423
0	19,5	23,79	2,62	1,68	0,0134	0,1036	0,0462
5	13,5	31,63	3,21	1,52	0,0167	0,1281	0,0444
Bezugsjahr 1990							
1	100	6,23	0,999	3,53	0,0061	0,0561	0,0468
2	60	7,90	1,24	1,93	0,0055	0,0510	0,0542
3	42,5	10,78	1,57	1,77	0,0067	0,0612	0,0551
4	26	15,27	2,11	1,63	0,0086	0,0796	0,0550
0	19,5	18,62	2,55	1,68	0,0103	0,0954	0,0600
5	13,5	24,96	3,13	1,51	0,0128	0,1178	0,0578

1) HC: gemessen mit FID als C₁H_{1,85}

2) NO_x: ausgewiesen als NO₂

3) Pb: gerechnet mit 0,15 g Pb/l Ottokraftstoff und 75 % Ausstoß

4) SO₂: gerechnet mit 0,025 Massen-% Schwefel im Ottokraftstoff und 0,3 Massen-% Schwefel im Dieselkraftstoff

Tab. 3.5: Fahrtstreckenbezogene Abgas-Emissionsfaktoren für Lkw > 3,5 t
zul. Gesamtmasse, Bezugsjahre 1980, 1985 und 1990

Modus	v _{mod} [km/h]	Abgas-Emissionsfaktoren [g/km]				Ruß
		CO	HC ¹⁾	NO _x ²⁾	SO ₂ ³⁾	
1	85	7,06	0,82	3,29	1,18	0,42
2	60	7,00	0,83	3,33	1,17	0,42
3	42,5	7,01	0,85	3,48	1,20	0,42
4	26	7,15	0,88	3,38	1,23	0,42
0	19,5	7,49	0,92	3,49	1,23	0,46
5	13,5	7,48	0,89	3,48	1,26	0,44

1) HC: gemessen mit FID als C₁H_{1,85}

2) NO_x: ausgewiesen als NO₂

3) SO₂: gerechnet mit 0,3 Massen-% Schwefel im Dieselkraftstoff

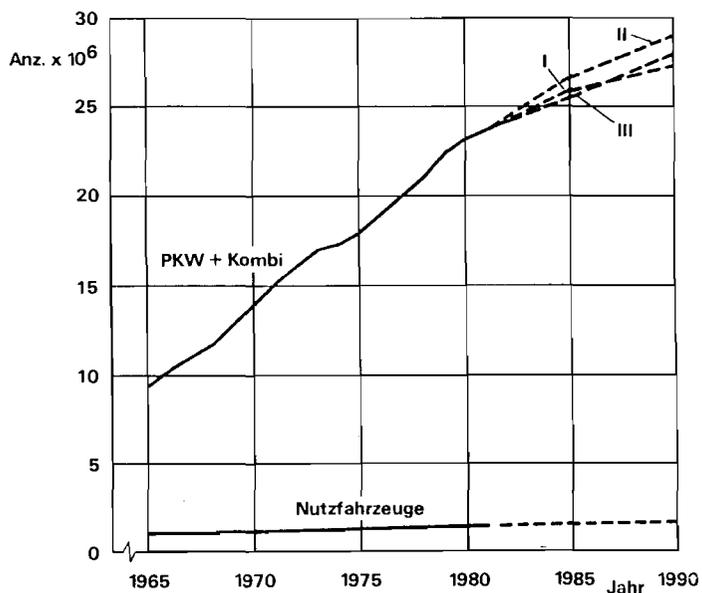
Tab. 3.6: Zeitliche Entwicklung der jährlichen Emissionen im Belastungsgebiet

Jahr	CO [t/a]	HC ⁺⁺ [t/a]	NO _x [t/a]	SO ₂ [t/a]	Staub ⁺⁺⁺ [t/a]
1973	102100 ⁺	8272 ⁺	7850 ⁺	1230 ⁺	384 ⁺
1975	107700 ⁺	8294 ⁺	9860 ⁺	1350 ⁺	405 ⁺
1980	106400 ⁺	8448 ⁺	14090 ⁺	1010 ⁺	333 ⁺
	101050	9926	14627	756	224
1985	74300 ⁺	6072 ⁺	9140 ⁺	1070 ⁺	352 ⁺
	82800-87546	9716-10272	15751-16603	881- 905	252-255
1990	65024-72957	9503-10673	15746-17569	958-1014	264-270

⁺ Quelle: Luftreinhalteplan Rheinschiene-Süd (Köln) 1977 - 1981 [3.1]

⁺⁺ HC: Die nach [3.1] als HC_{NDIR} ausgewiesenen Werte wurden mit einem statistischen Umrechnungsfaktor von 2,2 : 1 für Europatest auf HC_{FID} umgerechnet.

⁺⁺⁺ Blei und Ruß



Prognosen: I : Shell 9/81 : verzögerter Aufschwung
 II : Shell 9/81 : baldiger Aufschwung
 III: BMV 1/81

Abb. 3.1 Entwicklung des Kfz-Bestandes der Bundesrepublik Deutschland

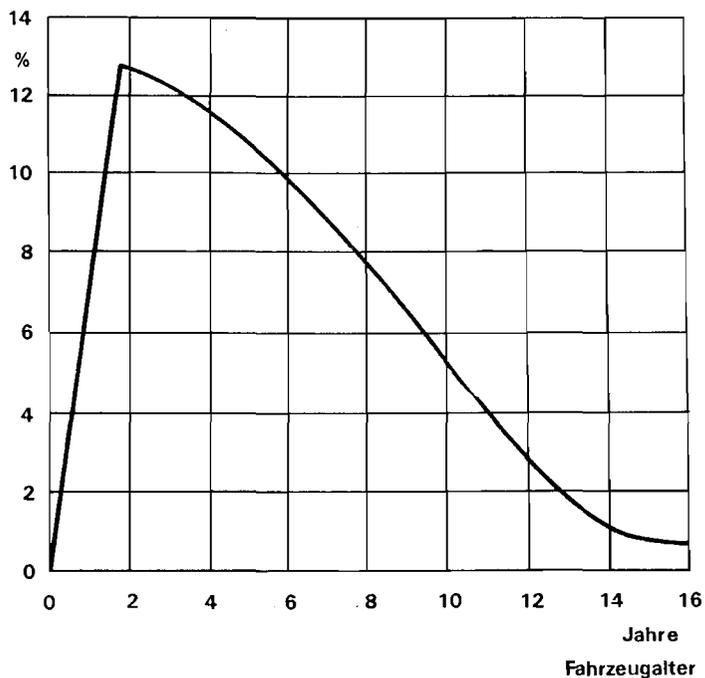


Abb. 3.2 Normierte Altersverteilung des PKW- und Kombibestandes in der Bundesrepublik Deutschland

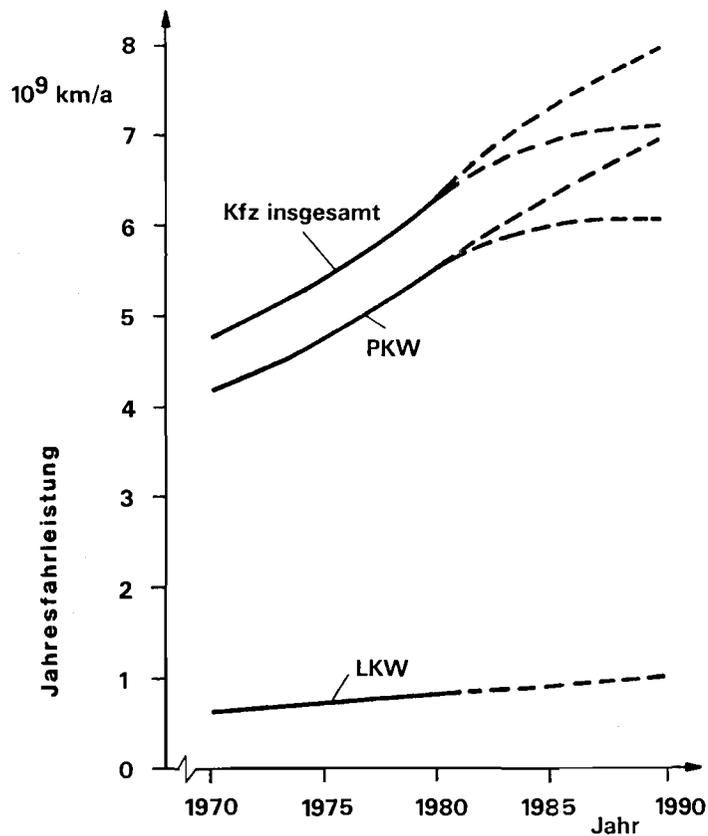
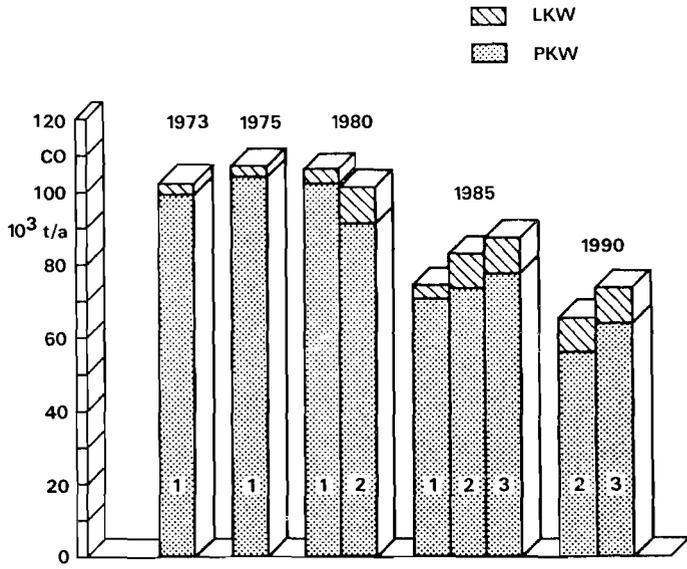
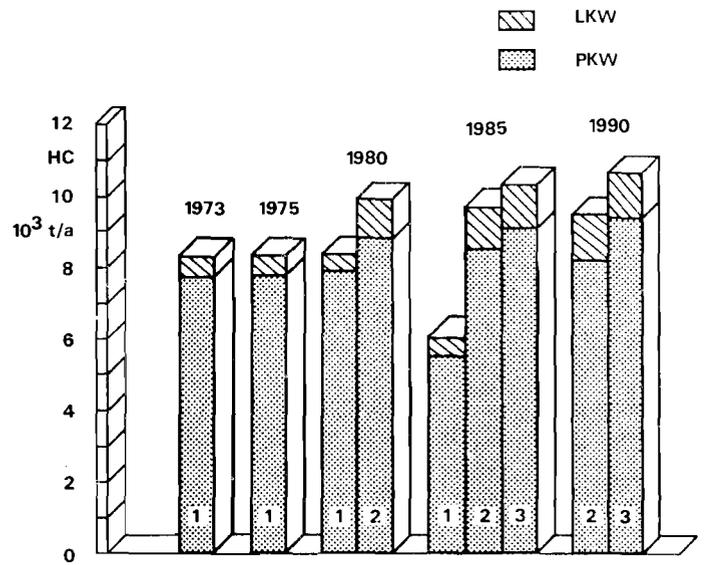


Abb. 3.3 Jahresfahrleistung der Kfz im Belastungsgebiet



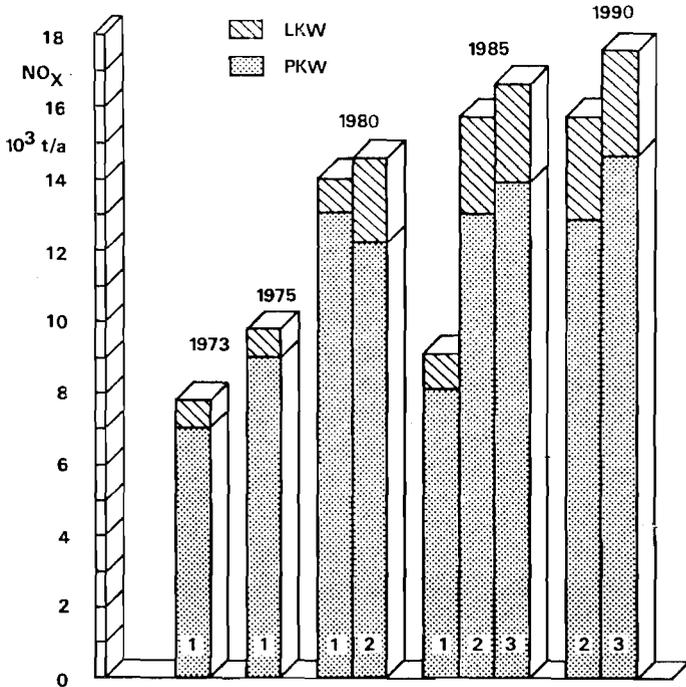
1: Luftreinhalteplan 1977 - 1981
 2: Luftreinhalteplan 1985 - 1990 untere Grenze
 3: Luftreinhalteplan 1985 - 1990 obere Grenze

Abb. 3.4 Zeitliche Entwicklung der CO-Emissionen im Belastungsgebiet



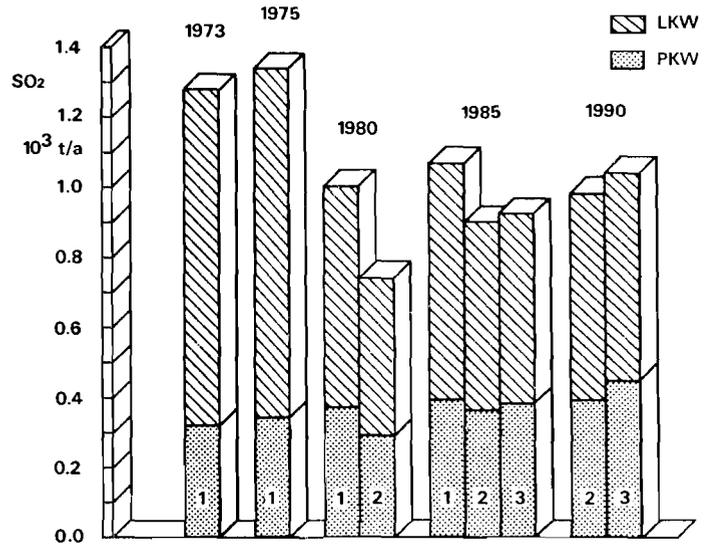
1: Luftreinhalteplan 1977 - 1981
 2: Luftreinhalteplan 1985 - 1990 untere Grenze
 3: Luftreinhalteplan 1985 - 1990 obere Grenze

Abb. 3.5 Zeitliche Entwicklung der HC-Emissionen im Belastungsgebiet



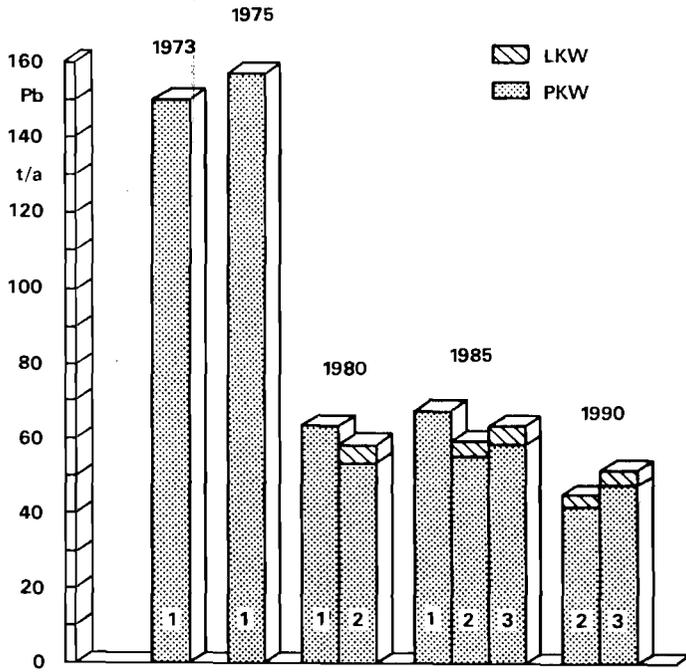
1: Luftreinhalteplan 1977 - 1981
 2: Luftreinhalteplan 1985 - 1990 untere Grenze
 3: Luftreinhalteplan 1985 - 1990 obere Grenze

Abb. 3.6 Zeitliche Entwicklung der NO_x-Emissionen im Belastungsgebiet



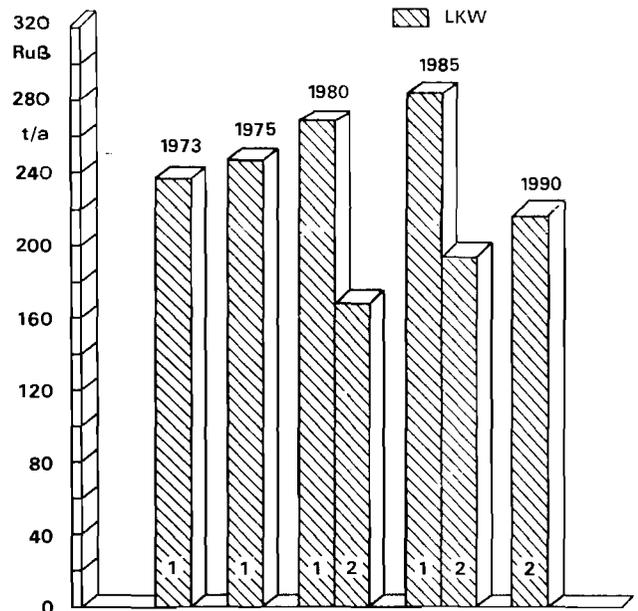
1: Luftreinhalteplan 1977 - 1981
 2: Luftreinhalteplan 1985 - 1990 untere Grenze
 3: Luftreinhalteplan 1985 - 1990 obere Grenze

Abb. 3.7 Zeitliche Entwicklung der SO₂-Emissionen im Belastungsgebiet



1: Luftreinhalteplan 1977 - 1981
 2: Luftreinhalteplan 1985 - 1990 untere Grenze
 3: Luftreinhalteplan 1985 - 1990 obere Grenze

Abb. 3.8 Zeitliche Entwicklung der Blei-Emissionen im Belastungsgebiet



1: Luftreinhalteplan 1977 - 1981
 2: Luftreinhalteplan 1985 - 1990

Abb. 3.9 Zeitliche Entwicklung der RuB-Emissionen im Belastungsgebiet

Berichte der

LANDESANSTALT FÜR IMMISSIONSSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN, ESSEN

- LIS-Berichte -

Die LIS-Berichte haben spezielle Themen aus den wissenschaftlichen Untersuchungen der LIS zum Gegenstand. Die in der Regel umfangreichen Texte sind nur in begrenzter Auflage vorrätig. Einzelexemplare werden Interessenten auf Anforderung kostenlos zur Verfügung gestellt.

Anforderungen sind zu richten an die

Landesanstalt für Immissionsschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen
Wallneyer Str. 6
4300 E s s e n 1

- Berichte-Nr. 1: KRAUTSCHEID, S. und P. NEUTZ:
(vergriffen) LIDAR zur Fernüberwachung von Staubemissionen.
- Nachweis der Kalibrierfähigkeit eines LIDAR-Systems - (1978).
- Berichte-Nr. 2: BUCK, M.:
(vergriffen) Die Bedeutung unterschiedlicher Randbedingungen bei der Messung und Beurteilung der Luftqualität (1978).
- Berichte-Nr. 3: SCHEICH, G.:
(vergriffen) Entwicklung und Anwendung von Ausbreitungsmodellen und Luftüberwachungsprogramme in den USA (1979).
- Berichte-Nr. 4: SPLITZGERBER, H. und K.H. WIETLAKE:
(vergriffen) Ermittlung der Luftschalldämmung von Bauelementen für Industriebauten am Bau (1979).
- Berichte-Nr. 5: SPLITZGERBER, H.:
(vergriffen) Zur Problematik der Meßgrößen und Meßwerte bei Erschütterungsimmissionen (1979).
- Berichte-Nr. 6: STRAUCH, H. und K.H. GOLDBERG:
(vergriffen) Ermittlung der Dämmwirkung von Dachentlüftern für Werkshallen im Einbauzustand unter Berücksichtigung der baulichen Nebenwege (1979).
- Berichte-Nr. 7: KRAUSE, G.M.H., B. PRINZ UND K. ADAMEK:
(vergriffen) Untersuchungen zur Anwendbarkeit der Falschfarbenfotografie für die Aufdeckung und Dokumentation von Immissionswirkungen auf Pflanzen (1980).
- Berichte-Nr. 8: WIETLAKE, K.H.:
(vergriffen) Erschütterungsminderung durch "Direktabfederung" von Schabotte-Schmiedehämmern (1980).
- Berichte-Nr. 9: STRAUCH, H.:
(vergriffen) Methoden zur Aufstellung von Lärminderungsplänen (1980).
- Berichte-Nr. 10: HILLEN, R.:
(vergriffen) Untersuchung zur flächenbezogenen Geräuschbelastungs-Kennzeichnung -Ziele, Methodik, Ergebnisse- (1980).
- Berichte-Nr. 11: MANNS, H., H. GIES und W. STRAMPLAT:
(vergriffen) Erprobung des Staub-Immissionsmeßgerätes FH62I für die kontinuierliche Bestimmung der Schwebstoffkonzentration in Luft (1980).
- Berichte-Nr. 12: GIEBEL, J.:
(vergriffen) Verhalten und Eigenschaften atmosphärischer Sperrschichten (1981).
- Berichte-Nr. 13: BRÖKER, G., H. GLIWA und E. MEURISCH:
Abscheidegrade von biologisch- und chemisch-aktiven Aggregaten zur Desodorierung osmogener Abluft von Tierkörperbeseitigungsanlagen (1981).

- Berichte-Nr. 14: BRANDT, C.J.:
(vergriffen) Untersuchungen über Wirkungen von Fluorwasserstoff auf Lolium Multiflorum und andere Nutzpflanzen (1981).
- Berichte-Nr. 15: WELZEL, K. und H.D. WINKLER:
(vergriffen) Emission und interner Kreislauf von Thallium bei einem Drehrohfen mit Schwebegaswärmeaustauscher zur Herstellung von Portlandzementklinker unter Einsatz von Purpurerz als Eisenträger. - 1. Bericht - (1981).
- Berichte-Nr. 16: PRINZ, B. und E. KOCH:
Umweltpolitik und technologische Entwicklung in der VR China (1984).
- Berichte-Nr. 17: BRÖKER, G. und H. GLIWA:
(vergriffen) Untersuchungen zu den Dioxin-Emissionen aus den kommunalen Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen (1982).
- Berichte-Nr. 18: BUCK, M., H. IXFELD und K. ELLERMANN:
Die Entwicklung der Immissionsbelastung in den letzten 15 Jahren in der Rhein-Ruhr-Region (1982).
- Berichte-Nr. 19: PFEFFER, H.U.:
Das Telemetrische Echtzeit-Mehrkomponenten-Erfassungssystem TEMES zur Immissionsüberwachung in Nordrhein-Westfalen (1982).
- Berichte-Nr. 20: BACH, R.W.:
Über Schätzfunktionen zur Bestimmung hoher Quantile der Grundgesamtheit luftverunreinigender Schadstoffkonzentrationen aus Stichproben (1982).
- Berichte-Nr. 21: STRAUCH, H.:
(vergriffen) Hinweise zur Anwendung flächenbezogener Schalleistungspegel (1982).
- Berichte-Nr. 22: SPLITTGERBER, H.:
Verfahren zur Auswertung von Erschütterungsmessungen und zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen (1982).
- Berichte-Nr. 23: KRAUSE, G.M.H.:
(vergriffen) Immissionswirkungen auf Pflanzen - Forschungsschwerpunkte in den Vereinigten Staaten von Amerika. Bericht über eine Reise in die USA und die Teilnahme am 13. Air Pollution Workshop in Ithaca, N. Y., in der Zeit vom 02.05.-24.05.1981 (1982).
- Berichte-Nr. 24: KÜLSKE, S.:
(vergriffen) Analyse der Periode sehr hoher lokaler Schadstoffbelastungen im Ruhrgebiet vom 15.01.1982 bis 20.01.1982 (1982).
- Berichte-Nr. 25: VAN HAUT, H. und G.H.M. KRAUSE:
(vergriffen) Wirkungen von Fluorwasserstoff-Immissionen auf die Vegetation (1982).
- Berichte-Nr. 26: KOCH, E., V. THEIELE, J. GIEBEL, H. STRAUCH und P. ALTENBECK:
Empfehlungen für die problemgerechte Erstellung von Immissionsschutzgutachten in Bauleitplanverfahren (1982).
- Berichte-Nr. 27: MANNS, H., H. GIES und G. NITZ:
(vergriffen) Verbesserung der Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit von Messungen zur Ermittlung aromatischer Kohlenwasserstoffe in der Außenluft (1982).
- Berichte-Nr. 28: PRINZ, B., G.M.H. KRAUSE und H. STRATMANN:
(vergriffen) Vorläufiger Bericht der Landesanstalt für Immissionsschutz über Untersuchungen zur Aufklärung der Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland (1982).
- Berichte-Nr. 29: GIEBEL, J.:
Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Sperrschichthöhen und Immissionsbelastung (1983).
- Berichte-Nr. 30: MANNS, H. und H. GIES:
Ergebnisse der Laborprüfung und Optimierung des meßtechnischen Teiles der Ozon-Meßplätze im Meßnetz LIMES-TEMES (1983).

- Berichte-Nr. 31: BEINE, H., R. SCHMIDT UND M. BUCK:
Ein Meßverfahren zur Bestimmung des Schwefelsäure- und Sulfatgehaltes in Luft (1983).
- Berichte-Nr. 32: BEIER, R. und P. BRUCKMANN:
Messung und Analyse von Kohlenwasserstoff-Profilen im Rhein-Ruhrgebiet (1983).
- Berichte-Nr. 33: FRONZ, W.:
(vergriffen) Ermittlung von Verkehrsgeräusch-Immissionen
- zum tageszeitlichen Verlauf des Geräuschpegels und des Verkehrsaufkommens an Bundes- und Sammelstraßen (1983).
- Berichte-Nr. 34: BRÖKER, G.:
(vergriffen) Zusammenfassende Darstellung der Emissionssituation in Nordrhein-Westfalen und der Bundesrepublik Deutschland für Stickstoffoxide (1983).
- Berichte-Nr. 35: PIORR, D. und R. HILLEN:
Veränderung akustischer Kenngrößen infolge der nächtlichen Abschaltung von Lichtsignalanlagen (1983).
- Berichte-Nr. 36: BUCK, M., H. IXFELD und K. ELLERMANN:
Benzol-Immissionsmessungen im Lande Nordrhein-Westfalen (1983).
- Berichte-Nr. 37: BACH, R.-W. und H. STRATMANN:
Untersuchungen zur Bestimmung der Aufnahme rate des IRMA-Gerätes bei verschiedenen Anströmverhältnissen (1983).
- Berichte-Nr. 38: WIETLAKE, K.H.:
(vergriffen) Beurteilung und Minderung tieffrequenter Geräusche (1983).
- Berichte-Nr. 39: STRAUCH, H. und K. SCHWENGER:
Geräusche und Erschütterungen, verursacht durch elektrisch angetriebene Wärmepumpen (1983).
- Berichte-Nr. 40: BRÖKER, G. und B. SCHILLING:
Schwermetallemissionen bei der Verbrennung kommunaler Klärschlämme (1983).
- Berichte-Nr. 41: HILLEN, R.:
Über Möglichkeiten zur Verbesserung der Qualität von Schießgeräuschmessungen im Immissionsbereich (1983).
- Berichte-Nr. 42: KLEIN, M.:
Untersuchung zur Schallausbreitung im Freien - Ziele, Physik der Schallausbreitung, Vorgehensweise, Ergebnisse - (1983).
- Berichte-Nr. 43: PFEFFER, H.-U., S. KÜLSKE und R. BEIER:
Jahresbericht 1981 über die Luftqualität an Rhein und Ruhr.
Ergebnisse aus dem telemetrischen Immissionsmeßnetz TEMES in Nordrhein-Westfalen. (1984)
- Berichte-Nr. 44: BUCK, M., H. IXFELD und R. BEIER:
Immissionsbelastung durch Fluor-Verbindungen in der Nachbarschaft der Aluminiumhütte LMG in Essen. (1984).
- Berichte-Nr. 45: STRAUCH, H. und R. HILLEN:
Geräuschimmissionen in Großstädten; Flächenbezogene Kennzeichnung dieser Geräuschimmissionen (1984).
- Berichte-Nr. 46: BUCK, M. und P. BRUCKMANN:
Air quality surveillance in the Federal Republic of Germany (1984).

Berichte-Nr. 47: BEIER, R.:
Kohlenwasserstoffbelastung in Ahlen - eine statistische Analyse - (1984).

Anmerkung:

Die LIS-Berichte - auch die vergriffenen - stehen Interessenten in zahlreichen Universitäts- und Hochschulbibliotheken zur Ausleihe bzw. Einsichtnahme zur Verfügung.