



Luftschadstoffgutachten Flughafen Frankfurt/Main: Kfz-Verkehr und stationäre Quellen auf dem Flughafengelände

Schlussbericht



Luftschadstoffgutachten Flughafen Frankfurt/Main: Kfz-Verkehr und stationäre Quellen auf dem Flughafengelände

Schlussbericht

Bearbeitung Heusch/Boesefeldt:
Dipl.-Biol. Pia Hellebrandt
Dipl.-Biol. Jürgen Vogt

Bearbeitung argumet:
Dipl.-Met. Wolfram Bahmann (Büro West)
Dipl.-Met. Nicole Schmonsees (Büro Nord)

Aachen, Juli 2001
(Projekt: 1430FAG06)

Im Auftrag der Fraport AG

Heusch/Boesefeldt GmbH
Aachen, Berlin, Hamburg, München

Liebigstraße 20
D-52070 Aachen
Telefon: (0241) 9669-126
Telefax: (0241) 9669-155



Bahmann & Schmonsees GbR

Arbeitsgemeinschaft für
Umwelt-Meteorologie
und Luftreinhaltung

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Aufgabenstellung	1
1.2	Abgrenzung des Untersuchungsraumes	3
2	Vorgehensweise bei der Emissionsermittlung.....	4
2.1	Methodik	4
2.1.1	Abgasemissionen aus dem Kfz-Verkehr	4
2.1.2	Verdunstungsemissionen aus dem ruhenden Kfz- Verkehr.....	4
2.1.3	Emissionen der stationären Quellen und der Flugzeugbetankung	4
2.2	Emissionskenngrößen für die Ist-Situation 2000	5
2.2.1	Emissionsfaktoren für den Kfz-Verkehr.....	5
2.2.2	Emissionskenngrößen für stationäre Quellen	9
2.3	Emissionskenngrößen für den Prognosehorizont 2015 (Prognosenullfall und Planungsfall)	10
2.3.1	Emissionsfaktoren für den Kfz-Verkehr.....	10
2.3.2	Emissionskenngrößen für stationäre Anlagen.....	11
2.4	Verkehrliche und sonstige Datengrundlagen für die Ist-Situation 2000.....	12
2.4.1	Kfz-Verkehr	12
2.4.2	Stationäre Quellen.....	14
2.5	Annahmen für den Prognosehorizont 2015 (Prognosenullfall und Planungsfall)	16
2.5.1	Netzveränderungen.....	16
2.5.2	Straßenverkehr.....	17
2.5.3	Ruhender Verkehr	17
2.5.4	Vorfeldverkehr	18
2.5.5	Stationäre Quellen.....	19
3	Emissionen in der Ist-Situation (Bezugsjahr 2000).....	21
3.1	Kfz-Verkehr	21
3.1.1	Straßenverkehr.....	21
3.1.2	Verdunstungsemissionen aus dem ruhenden Verkehr.....	22

3.1.3	Vorfeldverkehr	23
3.2	Stationäre Quellen und Flugzeugbetankung.....	23
4	Emissionen im Prognosejahr 2015 – Prognosenußfall und Planungsfall	25
4.1	Kfz-Verkehr	25
4.1.1	Straßenverkehr.....	25
4.1.2	Verdunstungsemissionen aus dem ruhenden Verkehr.....	28
4.1.3	Vorfeldverkehr	28
4.2	Stationäre Quellen	29
5	Immissionen	32
5.1	Vorgehensweise der Immissionsberechnung	32
5.2	Rechengebiet.....	33
5.3	Meteorologische Daten	34
5.4	Reaktive NO ₂ -Umwandlung.....	34
5.5	Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung.....	35
	Literatur	36

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1:	Gewichtsanteile des Benzo(a)pyrens an den OGD-Emissionen des fließenden innerörtlichen und außerörtlichen Verkehrs, unterteilt nach Motorkonzepten /VW 1988/	8
Tabelle 2.2:	Emissionskenngrößen für Feuerungsanlagen bezogen auf die Leistung /FAG 1999/	9
Tabelle 2.3:	Emissionskenngrößen für Netzersatzanlagen	9
Tabelle 2.4:	Emissionskenngrößen für den Tankstellenbetrieb	10
Tabelle 2.5:	OGD-Emissionen des HBG-Tanklagers aus der Emissionserklärung 1996 und hochgerechnet auf 2000	15
Tabelle 2.6:	Kraftstoffabsatz im Bezugsjahr 2000 an den Tankstellen auf dem Frankfurter Flughafen	16
Tabelle 3.1:	Jahreswerte der Fahrleistung, des Kraftstoffverbrauchs und der Abgasemissionen des Straßenverkehrs auf dem Linienquellennetz im Bezugsjahr 2000 (Ist-Situation)	22
Tabelle 3.2:	Verdunstungsemissionen auf dem Flughafengelände im Bezugsjahr 2000 (Ist-Situation), nach Heiß/Warm-Abstellen und Tankatmung	22
Tabelle 3.3:	Kraftstoffverbrauch und Emissionen auf dem Vorfeld, differenziert nach Vorfeldstraßen, Flugzeugabfertigung und nicht näher lokalisierbaren Quellen	23
Tabelle 3.4:	Abgasemissionen der stationären Quellen im Bezugsjahr 2000 (Ist-Situation), differenziert nach Quellenart	23
Tabelle 3.5:	Verdunstungsemissionen der stationären Quellen und der Flugzeugbetankung im Bezugsjahr 2000 (Ist-Situation)	24
Tabelle 4.1:	Gegenüberstellung von prognostizierten Jahresfahrleistungen (JFL), Kraftstoffverbrauch (KV) und Abgasemissionen des Straßenverkehrs für den Prognosenullfall 2015, den Planungsfall 2015 und die Ist-Situation 2000	26
Tabelle 4.2:	Gegenüberstellung der Verdunstungsemissionen auf dem Flughafengelände im Prognosenullfall 2015 und im Planungsfall 2015 mit der Ist-Situation 2000	28
Tabelle 4.3:	Gegenüberstellung der Vorfeldemissionen im Prognosenullfall 2015 und im Planungsfall 2015 mit der Ist-Situation 2000	29
Tabelle 4.4:	Gegenüberstellung der Abgasemissionen aus den stationären Quellen im Prognosenullfall 2015 und im Planungsfall 2015 mit der Ist-Situation 2000	29
Tabelle 4.5:	Gegenüberstellung der OGD-Verdunstungsemissionen aus den stationären Quellen im Prognosenullfall 2015 und im Planungsfall 2015 mit der Ist-Situation 2000	30

Bilderverzeichnis

Bild 2.1:	CO-Emissionsfaktoren für die Ist-Situation 2000 (innerorts (IGO) unter Berücksichtigung des Kaltstarteinflusses bei 5°C)	6
Bild 2.2:	NO _x -Emissionsfaktoren für die Ist-Situation 2000 (innerorts (IGO) unter Berücksichtigung des Kaltstarteinflusses bei 5°C)	6
Bild 2.3:	OGD-Emissionsfaktoren für die Ist-Situation 2000 (innerorts (IGO) unter Berücksichtigung des Kaltstarteinflusses bei 5°C)	7
Bild 2.4:	Kraftstoffverbrauchsfaktoren für die Ist-Situation 2000 (innerorts (IGO) unter Berücksichtigung des Kaltstarteinflusses bei 5°C)	7
Bild 2.5:	Relative Veränderung der Emissionsfaktoren für Pkw, INfz und sNfz von 2000 (Ist-Situation) zu 2015 (Prognosenufall und Planungsfall) auf Innerortsstraßen.....	11
Bild 4.1:	Veränderung der Abgasemissionen des Straßenverkehrs im Prognosenufall 2015 und im Planungsfall 2015 zur Ist-Situation 2000	27
Bild 4.2:	Veränderung der Abgasemissionen des Straßenverkehrs im Planungsfall zum Prognosenufall 2015	27
Bild 5.1:	Ortslage der Rechengitter.....	33
Bild 5.2:	Meteorologische Daten Flughafen Frankfurt 1998 (Statistische Aufbereitung der Zeitreihe).....	34

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bezeichnung
BaP	Benzo(a)pyren
BEN	Benzol
BMV	Bundesministerium für Verkehr
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern
CH ₄	Methan
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
DWD	Deutscher Wetterdienst
FAG	Flughafen Frankfurt Main AG (jetzt Fraport AG)
Fraport AG	Frankfurter Airport Services Worldwide AG
HBEFA	Handbuch Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs
HBG	Hydrantenbetriebsgesellschaft
HLUG	Hessische Landesanstalt für Umwelt und Geologie
IGO	Innerhalb geschlossener Ortschaften
JFL	Jahresfahrleistung
Kfz	Kraftfahrzeuge
KV	Kraftstoffverbrauch
LASAT	Lagrange Simulation von Aerosol-Transport
LHT	Lufthansatechnik
INfz	leichte Nutzfahrzeuge
LSG	Lufthansa Service Gesellschaft
LUA	Landesumweltamt
mKr	mittlerer Kraftstoffverbrauch
NEA	Notstromersatzanlagen
NH ₃	Ammoniak

N ₂ O	Distickstoffoxid (Lachgas)
NO ₂	Stickstoffdioxid
NO _x	Stickstoffoxide
OGD	Organische Gase und Dämpfe
PAR	Partikel
PM ₁₀	Partikel mit einem Durchmesser < 10 µm
SNfz	schwere Nutzfahrzeuge
SO ₂	Schwefeldioxid
TOL	Toluol
UBA	Umweltbundesamt
VEMIforWIN	Verkehrsemissionsberechnungsmodul, entwickelt von der Heusch/Boesefeldt GmbH
XYL	Xylol
ZulGg	zulässiges Gesamtgewicht

Begriffe und Definitionen

Abgasemissionen

Emissionen, die aus Verbrennungsprozessen entstehen

Arbeitsverlust

Während der Betankung des Tanklagers und der Tankstellen freiwerdende Organische Gase und Dämpfe

Ausbreitungsrechnung

Numerische Simulation des Transportes von Emissionen und die Ermittlung von Immissionskonzentrationen mit Hilfe eines Rechenmodells

Betriebsstraßen

Nicht öffentliche Straßen auf dem Betriebsgelände der FAG (innerhalb des Flughafenzaunes)

Emissionen

Die von einer Quelle ausgehenden Verunreinigungen (hier Luftverunreinigungen), die die natürliche Zusammensetzung verändern

Emissionsfaktoren

Unter Berücksichtigung verschiedener Einflussparameter (Kaltstart, Laufleistung, Steigung) fahrmusterabhängige Werte zur Ermittlung der Emissionen bei Kraftfahrzeugen

Emissionskenngrößen

Meist leistungs- oder brennstoffbezogene Werte zur Ermittlung der Emissionen

Emissionskennwerte

Synonym für Emissionsfaktoren

Emittent

Verursacher einer Emission

Fahrmuster

Beschreibt das für definierte Streckenabschnitte charakteristische Fahrverhalten mit unterschiedlicher Dynamik bzw. mittlerer Reisegeschwindigkeit und dient als Bezugsgröße für die Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs

Fahrzeuggruppen

Aufteilung der Fahrzeuge in Kategorien von Kraftfahrzeugen mit vergleichbarem Fahrverhalten

Fahrzeugmix

Zusammensetzung der betrachteten Fahrzeuge nach Fahrzeuggruppen

Flächenquellen

Flächen jenseits der Linienquellen, auf denen eine definierte Verkehrsleistung

erbracht wird und die somit als Emissionsquellen gesondert erfasst werden können

Gasrückführung

Das bei der Betankung freiwerdende Gas (mit Kohlenwasserstoffen gesättigte Luft) wird durch eine Pendelvorrichtung wieder in den Aufbewahrungstank der Tankstelle zurückführt

Geschwindigkeitsganglinien

Graphische Darstellung der streckenabhängigen Geschwindigkeiten der Kraftfahrzeuge

Heiß- und Warm-Abstellvorgang

Abstellen eines Fahrzeuges mit heißem oder betriebswarmen Motor. Dies führt zu Verdunstungsemissionen.

Immissionen

Einwirkungen (hier von Luftverunreinigungen) auf die Umwelt

Ist-Situation

Beschreibt die Emissionen im Bezugsjahr 2000

Jahresfahrleistung

Produkt aus Verkehrsstärke und Länge eines definierten Streckenbereiches während eines Jahres

Jahresmittelwert

Durchschnittswert aller gemessenen Werte eines Jahres

Kaltstarteinfluss

Außentemperaturabhängiger Einfluss eines kalten Motors auf das Emissionsverhalten von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen

Korrelation

Wechselbeziehung mehrerer Stoffe untereinander

Kraftstoffqualität

Zusammensetzung des Kraftstoffs im Hinblick auf die Freisetzung von Luftschadstoffen bei der Verbrennung und Verdunstung, dabei spielen v.a. Schwefelgehalt, Aromatengehalt und Benzolgehalt eine Rolle

Linienquellen

Straßen mit einer definierten Verkehrsleistung, die als Emissionsquelle betrachtet werden

Motorkonzept

Technische Voraussetzung eines Fahrzeuges, die das Emissionsverhalten des Fahrzeuges beeinflusst

Netzersatzanlagen

Heizölbetriebene, stationäre Stromgeneratoren und mit Dieselmotoren

betriebene, mobile Stromerzeuger, die beim Ausfall des Stromnetzes eine Notstromversorgung sichern

Organische Gase und Dämpfe (OGD)

Summe der flüchtigen Kohlenwasserstoffe (HC)

Parkdauerverteilung

Statistik über die Parkdauer der in den großen Parkhäusern innerhalb eines repräsentativen Zeitabschnitts abgestellten Fahrzeuge. Sie dient zur Ermittlung der Verdunstungsemissionen.

Parkierungsanlagen

Anlagen zum Abstellen (Parken) von Fahrzeugen. Sammelbegriff für Parkplätze, Parkhäuser, Tiefgaragen, Parkstreifen

98-Perzentilwert

98% aller betrachteten Werte liegen unterhalb dieses Wertes

Planungsfall

Beschreibt die entstehenden Emissionen im Jahr 2015 mit realisiertem Flughafenausbau, unabhängig von der Variantenwahl

Positionierung

Beschreibt die Verteilung der Flugzeuge innerhalb eines betrachteten Zeitraumes auf die Abstellpositionen

Prognosehorizont

Das Jahr, hier 2015, für das Prognoserechnungen angestellt werden

Prognosenullfall

Beschreibt die entstehenden Emissionen im Jahr 2015 ohne Flughafenausbau

Rasterkarten

Kartographische Darstellung der lokalen Emissionsverteilung im 100 m * 100 m Raster

Rasterquelle

In eine zweidimensionale Struktur durch Rasterung zusammengefasste Emissionen, die als Quelle für die Immissionsberechnung dienen

Raumordnungsverfahren

Förmliches Verfahren zur Abstimmung raumbedeutsamer Planungen und Maßnahmen untereinander in Übereinstimmung mit den Erfordernissen der Raumordnung

Punktquelle

Punktförmig begrenzte Emissionsquellen

Restlinienquellen

Hier sind die Vorfeldstraßen als Restlinienquellen bezeichnet worden

Schadstoff

Ein fester, flüssiger oder gasförmiger Stoff, der geeignet ist, die Umwelt schädlich zu beeinflussen, insbesondere die Gesundheit des Menschen zu gefährden und sein Wohlbefinden zu schmälern

Schadstoffspektrum

Die im Gutachten betrachteten Schadstoffe

Stationäre Anlagen

Stationäre Emissionsquellen durch Verbrennungsprozesse

Stationäre Quellen

Emissionsquellen, die ihre Lage nicht verändern können

Stop&Go-Faktor

Stauemissionsfaktor bei einer mittleren Geschwindigkeit im Innerortsbereich von 5,3 km/h. Er beschreibt die Emissionsüberhöhung bei Stausituationen.

Streckentypisierung nach Stolz

Vierstelliger Zahlencode zur Beschreibung der Streckencharakteristik

Tagesganglinien

Verkehrsschwankung im Tagesverlauf

Tankatmung

Volumenänderung des Tankinhaltes durch Temperaturschwankungen und daraus resultierende Ent- bzw. Belüftungsvorgänge

Umschlagshäufigkeit

Anzahl der Benutzer eines Stellplatzes innerhalb eines Tages

Untersuchungsraum

Räumlich begrenztes Gebiet (Untersuchungsgebiet), auf das sich eine Untersuchung bezieht

Verdunstungsemissionen

Das Entweichen von Organischen Gasen und Dämpfen außerhalb eines Verbrennungsprozesses

Verdunstungsraten

Für ein bestimmtes Fahrzeugkollektiv charakteristische Verdunstungsemission für einen definierten Zeitraum und eine definierte Außentemperatur

Verkehrssituation

Im Handbuch für Emissionsfaktoren definiertes Fahrmustermix, das die allen Fahrzeuggruppen gemeinsame Bezugsgröße für die Emissionsfaktoren darstellt

Verkehrsstärke-Geschwindigkeits-Beziehung

Die Abhängigkeit zwischen Verkehrsstärke und Geschwindigkeit wird für einen bestimmtem Streckentyp durch eine mathematische Funktion beschrieben

Volumenquelle

In eine dreidimensionale Struktur, unter Berücksichtigung der Emittentenhöhe, zusammengefasste Emissionen, die als Quelle für die Immissionsberechnung dienen

Vorfeld

Eine festgelegte Fläche auf einem Flugplatz, die für die Aufnahme von Luftfahrzeugen zum Ein- und Aussteigen von Fluggästen, Ein- und Ausladen von Post oder Fracht, Be- und Enttanken, Abstellen oder zur Wartung bestimmt ist. Außerdem sind dort Betriebsstraßen (Vorfeldstraßen) für die Fahrzeuge des Bodendienstes und Parkzonen für Bodengeräte ausgewiesen sowie Rollgassen vorhanden, die zu den Abstellpositionen führen.

Vorfeldemissionen

Emissionen die auf dem Vorfeld entstehen. Dies sind Schadstoffemissionen aus definierten Vorfeldstrassen, Emissionen von Fahrzeugen, die an der Abfertigung von Flugzeugen beteiligt sind und Emissionen aus nicht näher lokalisierbaren Fahrten.

Vorfeldverkehr

Kfz-Verkehr auf dem Vorfeld

Wochenganglinien

Verkehrsschwankung im Wochenverlauf

Worst case

Um mit den Angaben auf der sicheren Seite zu liegen, wird der schlechteste Fall angenommen

1 Einleitung

Für das anstehende Raumordnungsverfahren wurde Heusch/Boesefeldt von Fraport beauftragt, ein Luftschadstoffgutachten für die Emissionen und die daraus resultierenden Immissionen des Kfz-Verkehrs und der stationären Quellen auf dem Flughafen und seiner direkt angrenzenden Straßen zu erstellen. Das vorgelegte Gutachten lehnt sich hinsichtlich seiner Aufgabenstellung und Erstellungsmethodik an das „FAG - Luftschadstoffkataster 1996“ /FAG 1998/ an. Die Aufgabenstellung erfuhr aber dahingehend eine Erweiterung, dass die Anforderungen an ein Luftschadstoffgutachten bezüglich Kfz-Verkehr und stationäre Quellen auf dem Flughafengelände im Raumordnungsverfahren erfüllt werden. Das heißt, dass die Emissionsdaten durch Erfassung in der Fläche als Input für Ausbreitungsrechnungen nutzbar werden und die hieraus resultierenden Immissionen berechnet und dargestellt werden können.

1.1 Aufgabenstellung

Entsprechend den Anforderungen an das Raumordnungsverfahren umfaßt das vorliegende Gutachten die Abgas- und Verdunstungsemissionen des Kfz-Verkehrs auf dem Flughafengelände, darunter auch den Besucherverkehr am Terminal und in den Parkhäusern, die Abgasemissionen des Vorfeldverkehrs, u.a. mit Abfertigungs- und Spezialfahrzeugen, die Emissionen aus den stationären Quellen (Feuerungsanlagen, Netzersatzanlagen, Tanklager und Tankstellen) sowie die bei der Betankung der Flugzeuge entstehenden Verdunstungsemissionen und die Emissionen aus dem Lösemittelseinsatz der LHT. Neben der Ist-Situation des Bezugsjahrs 2000 sind für den Prognosehorizont 2015 sowohl ein Prognosenußfall, ohne Flughafenausbau, als auch ein Planungsfall, mit realisiertem Flughafenausbau, zu betrachten. Auf eine Differenzierung des Planungsfalls hinsichtlich der drei Ausbauvarianten kann verzichtet werden, da die Variantenwahl keinen Einfluß auf die hier betrachteten Emissionsquellen und entsprechend auch nicht auf die Ergebnisse dieses Gutachtens hat.

Das bei den Emissionsberechnungen zu betrachtende Schadstoffspektrum entspricht den im „Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version: 1.2“ /UBA 1999/ enthaltenen Schadstoffen, zuzüglich Benzo(a)pyren und Ruß. Dies sind im Einzelnen:

- Kohlenmonoxid (CO)
- Stickstoffoxide als NO₂ (NO_x)
- Die Summe der Organischen Gase und Dämpfe (OGD) = Kohlenwasserstoffe (HC)
davon: - Benzol
- Toluol
- Xylol
- Methan (CH₄)
- Benzo(a)pyren (BaP)
- Partikel
- Ruß

- Schwefeldioxid (SO₂)
- Kohlendioxid (CO₂)
- Distickstoffoxid (N₂O)
- Ammoniak (NH₃)

Da der Kraftstoff in Deutschland kein Blei mehr enthält, werden im aktuellen „Handbuch Emissionsfaktoren, Version 1.2“ /UBA 1999/ keine Emissionsfaktoren für Blei mehr angegeben. Daher wird Blei im vorliegenden Luftschadstoffgutachten nicht betrachtet.

Das zu betrachtende Schadstoffspektrum der stationären Quellen beschränkt sich auf die in der Literatur abgesicherten Emissionskenngrößen dieser Emittentengruppen.

Unter Berücksichtigung der Emittentenhöhe sind für die Summe der ermittelten Emissionen Ausbreitungsrechnungen für die Schadstoffe

- Kohlenmonoxid (CO)
- Stickstoffoxide (NO_x/NO₂)
- Benzol
- Benzo(a)pyren (BaP)
- Partikel als PM10
- Ruß
- Schwefeldioxid (SO₂)

durchzuführen. Mit Ausnahme des NO₂ sind die Immissionen als Jahresmittelwerte zu berechnen und darzustellen. Für NO₂ ist auf Stundenbasis ein 98-Perzentil-Wert auszuweisen.

Die Emissionen und Immissionen aller zu betrachtenden Quellen sind in ihrer Summe für die drei untersuchten Fälle als Rasterkarten auszuweisen. Zusätzlich ist eine Betrachtung der Immissionsdifferenzen

- Prognosenußfall zu Ist-Situation bzw.
- Planungsfall zu Prognosenußfall

durchzuführen.

Art und Umfang des Gutachtens wurden der Hessischen Landesanstalt für Umwelt und Geologie (HLUG) vorgestellt.

1.2 Abgrenzung des Untersuchungsraumes

Das emissionsseitig zu untersuchende Gebiet wird im Norden von der Autobahn A3 begrenzt, im Osten von der Autobahn A5 und endet im Westen am Airportring und im Süden am Waldrand.

Die Definition des Kfz-Verkehrs auf dem Flughafengelände umfaßt den Kfz-Verkehr innerhalb des Flughafenzaunes, auf den Betriebsstraßen und Vorfeldstraßen bzw. -flächen, sowie den Kfz-Verkehr in unmittelbarer Nähe des Flughafens.

In **Anhang 1** ist das emissionsseitige Untersuchungsgebiet zum einen mit den betrachteten Linienquellen (Straßennetz und Vorfeldlinienquellen) und zum anderen mit den Flächen- und Punktquellen (Parkieranlagen, stationäre Quellen und Flugzeugabfertigung) dargestellt.

Für die Ausbreitungsrechnungen wurde, unter Berücksichtigung einer durch den Flugverkehr verursachten NO_2 -Konzentration von $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als unterer Grenzwert, ein Rechengebiet von $40 \text{ km} * 40 \text{ km}$ festgelegt.

2 Vorgehensweise bei der Emissionsermittlung

2.1 Methodik

2.1.1 Abgasemissionen aus dem Kfz-Verkehr

Die Berechnung der Abgasemissionen aus dem Kfz-Verkehr erfolgt mit dem vom Auftragnehmer entwickelten und dem Auftraggeber verfügbaren Emissionsmodell "VEMIforWIN". Den Emissionsberechnungen werden die Emissionsfaktoren, differenziert nach den Fahrzeuggruppen Personenkraftwagen (Pkw), leichte Nutzfahrzeuge $\leq 3,5t$ zulässigem Gesamtgewicht (INfz) und schwere Nutzfahrzeuge $> 3,5t$ zulässigem Gesamtgewicht (sNfz) für den bundesdeutschen Kfz-Bestand im jeweiligen Bezugsjahr aus dem "Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 1.2" /UBA 1999/ zu Grunde gelegt.

Als verkehrsseitige Eingangsgrößen dienen abschnittsspezifische DTV-Werte der relevanten Fahrzeuggruppen (Pkw, INfz, sNfz), die, soweit vorliegend, anhand lokaler Wochen- und Tagesganglinien auf Stundenwerte aufgeteilt werden.

Auf der Basis dieser Verkehrswerte werden die Abgasemissionen der o.g. Schadstoffe abschnittsscharf errechnet. Dabei werden die Fahrverhaltensparameter (Fahrmuster) auf der Basis aktueller Verkehrsstärke-Geschwindigkeits-Beziehungen abgeleitet und mit den verfügbaren repräsentativen Geschwindigkeitganglinien abgestimmt. In diesem Zusammenhang werden Staubetrachtungen angestellt.

2.1.2 Verdunstungsemissionen aus dem ruhenden Kfz-Verkehr

Der ruhende Verkehr wird durch die Lage der Parkieranlagen und deren Stellplatzkapazitäten erfasst.

Bei den Verdunstungsemissionen, im Wesentlichen aus mit Otto-Motoren betriebenen Kraftfahrzeugen, werden die Emissionen der Organischen Gase und Dämpfe durch Heiß- und Warmabstellvorgänge sowie Tankatmung berücksichtigt. Die Verdunstungsemissionen von Benzol, Toluol und Xylol werden gesondert ausgewiesen. Grundlage bildet auch hier das "Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 1.2" /UBA 1999/.

2.1.3 Emissionen der stationären Quellen und der Flugzeugbetankung

Als stationäre Quellen wurden die Netzersatzanlagen und die Feuerungsanlagen, unterschieden nach Heizölfeuerungs- und Gasfeuerungsanlagen, in den Emissionsberechnungen aus Verbrennungsprozessen berücksichtigt.

Als weitere stationäre Quellen waren Verdunstungsemissionen aus der Flugzeugbetankung, dem Betrieb des Tanklagers und der Tankstellen, sowie der Einsatz lösemittelhaltiger Stoffe zu betrachten.

Die Emissionen der stationären Quellen wurden als Punktquellen auf dem Frankfurter Flughafen berücksichtigt. Ausgegangen wird in der Berechnung der Abgasemissionen von der installierten Leistung bzw. dem Kraftstoffverbrauch auf der einen Seite und den leistungsabhängigen Emissionskenngrößen auf der anderen Seite.

Die Verdunstungsemissionen werden durch verbrauchsabhängige Emissionskenngrößen, differenziert nach Betankungsvorgängen, ermittelt.

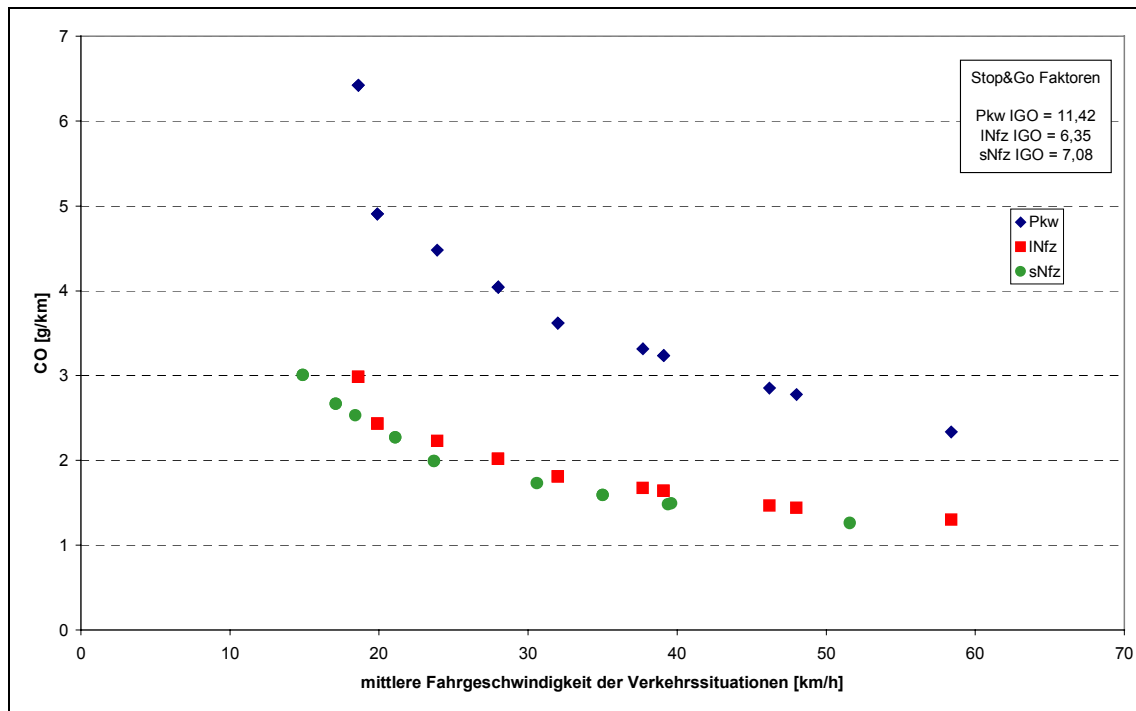
2.2 Emissionskenngrößen für die Ist-Situation 2000

2.2.1 Emissionsfaktoren für den Kfz-Verkehr

Die Emissionsfaktoren wurden dem „Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version: 1.2“ /UBA 1999/ entnommen. Dabei wurden die Fahrzeuggruppen Pkw, INfz $\leq 3,5t$ zulGg und sNfz $> 3,5t$ zulGg berücksichtigt. Den Emissionsfaktoren liegt der mittlere bundesweite Bestand und dessen Fahrleistungsverteilung zu Grunde. Die Emissionsfaktoren wurden für alle Innerortsverkehrssituationen, die das Fahrverhalten auf dem Straßennetz beschreiben und für die als Restlinienquellen definierten Vorfeldstraßen mit einer mittleren Fahrgeschwindigkeit von 36,9 km/h und für Flächenquellen mit einer mittleren Fahrgeschwindigkeit von 18,6 km/h, die das Fahrverhalten der nicht den Straßen zuzuordnenden Fahrten abdecken, erstellt. Dabei wurde der Kaltstarteinfluss für Außentemperaturen von -10°C , 5°C und 20°C berücksichtigt.

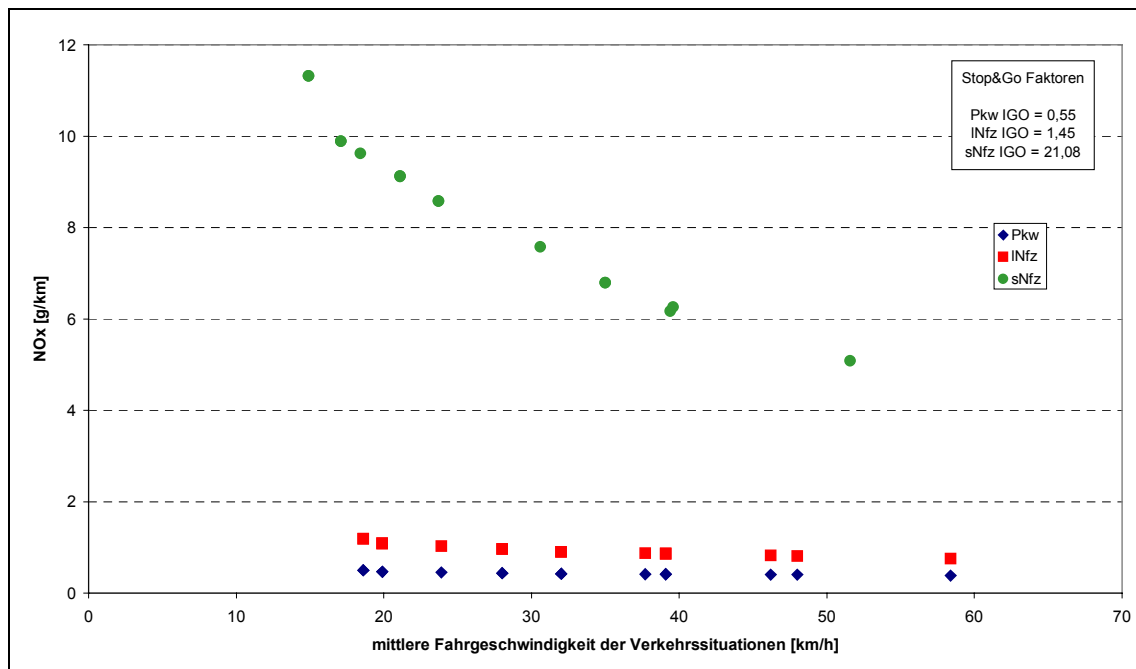
Als Beispiel sind die in der Ist-Situation 2000 verwendeten Emissionsfaktoren für die Schadstoffe NO_x , CO und OGD, aufgetragen über der mittleren Fahrgeschwindigkeit der Verkehrssituationen, in den nachfolgenden **Bildern 2.1 bis 2.3** dargestellt. Stellvertretend für die kraftstoffverbrauchsabhängigen Emissionen (SO_2 , CO_2) beschreibt **Bild 2.4** den mittleren Kraftstoffverbrauch (mKr).

Die in den **Bildern 2.1 bis 2.4** dargestellten Emissionsfaktoren bzw. Kraftstoffverbrauchsfaktoren gelten für innerorts (IGO = innerhalb geschlossener Ortschaften) und die Ebene. Die Pkw- und INfz-Emissionsfaktoren bzw. Kraftstoffverbrauchsfaktoren enthalten einen Kaltstartzuschlag bei einer Außentemperatur von 5°C . Die in den Bildern für die einzelnen Fahrzeuggruppen angegebenen Stop&Go-Faktoren beschreiben die Emissionserhöhung bei Stausituationen. Diesen Stau-Emissionsfaktoren, die als Stop&Go-Faktoren bezeichnet werden, liegt im Innerortsbereich eine mittlere Geschwindigkeit von 5,3 km/h zu Grunde.



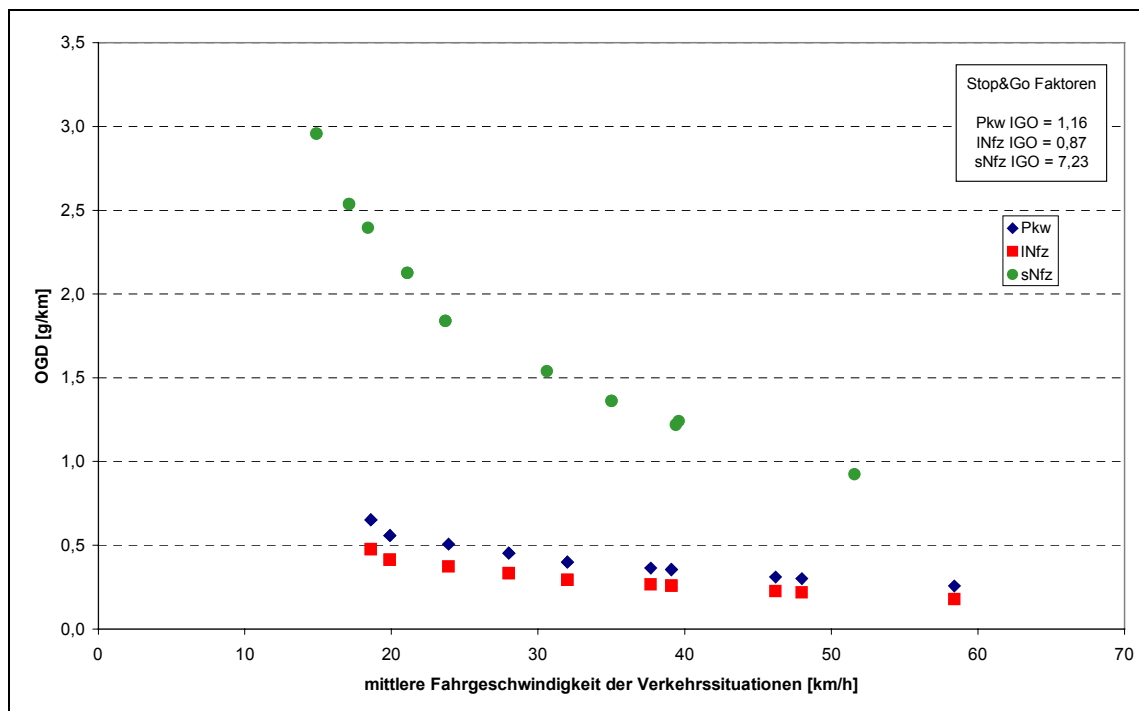
Stop&go-Faktoren: Stauemissionsfaktoren bei einer mittleren Geschwindigkeit von 5,3 km/h

Bild 2.1: CO-Emissionsfaktoren für die Ist-Situation 2000 (innerorts (IGO) unter Berücksichtigung des Kaltstarteinflusses bei 5°C)



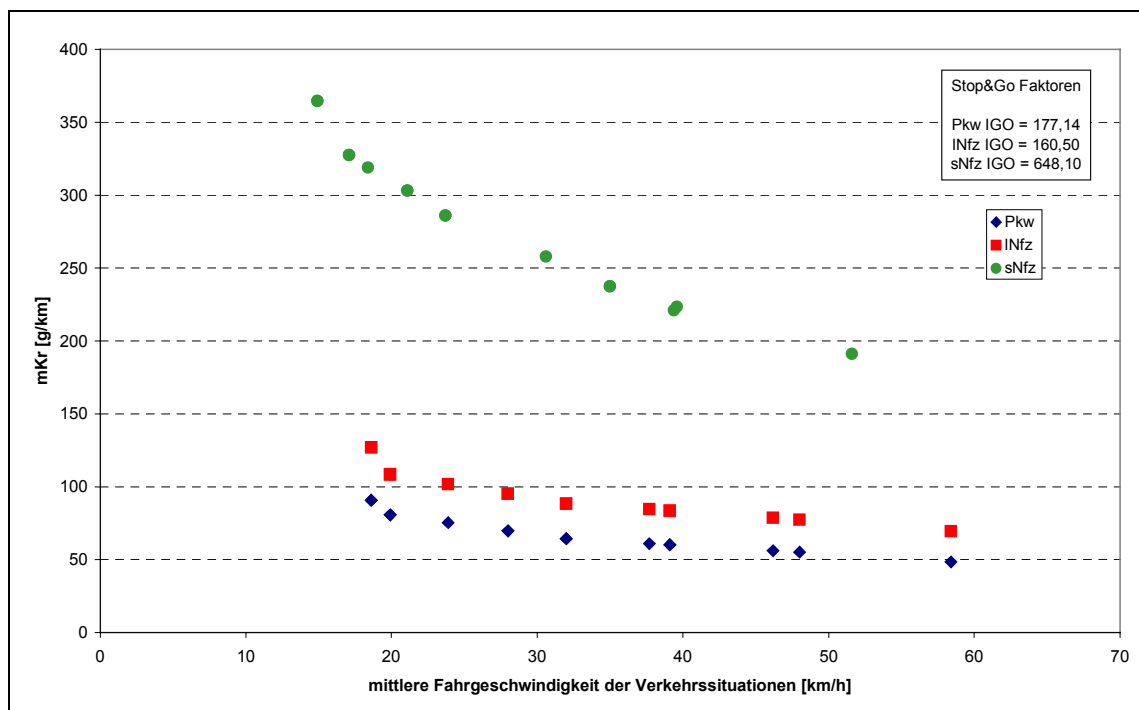
Stop&go-Faktoren: Stauemissionsfaktoren bei einer mittleren Geschwindigkeit von 5,3 km/h

Bild 2.2: NO_x-Emissionsfaktoren für die Ist-Situation 2000 (innerorts (IGO) unter Berücksichtigung des Kaltstarteinflusses bei 5°C)



Stop&go-Faktoren: Stauemissionsfaktoren bei einer mittleren Geschwindigkeit von 5,3 km/h

Bild 2.3: OGD-Emissionsfaktoren für die Ist-Situation 2000 (innerorts (IGO) unter Berücksichtigung des Kaltstarteinflusses bei 5°C)



Stop&go-Faktoren: Stauemissionsfaktoren bei einer mittleren Geschwindigkeit von 5,3 km/h

Bild 2.4: Kraftstoffverbrauchsfaktoren für die Ist-Situation 2000 (innerorts (IGO) unter Berücksichtigung des Kaltstarteinflusses bei 5°C)

Benzo(a)pyren (BaP)

Die Emissionen des Benzo(a)pyrens wurden zuletzt in den 80er Jahren gemessen /VW 1988/. In dieser Studie wurden nur GKat-Fahrzeuge der 1. Generation untersucht, so dass die dort ermittelten Werte die heutige Realität überschätzen. Neue Emissionsmessungen werden zur Zeit von Volkswagen (VW) durchgeführt. Erste Einzelergebnisse an Dieselfahrzeugen deuten eine Minderung der Emissionen um 95% gegenüber früheren Meßwerten an /VW 2001/.

Nach /VW 1988/ lassen sich die in **Tabelle 2.1** dargestellten Gewichtsanteile des Benzo(a)pyrens an den OGD-Emissionen einzelner Motorkonzepte ableiten.

Tabelle 2.1: Gewichtsanteile des Benzo(a)pyrens an den OGD-Emissionen des fließenden innerörtlichen und außerörtlichen Verkehrs, unterteilt nach Motorkonzepten /VW 1988/

	Benzo(a)pyren	
	innerorts	außerorts
Otto ohne Kat/UKat	0,00026%	0,00041%
Otto GKat	0,00017%	0,00033%
Diesel	0,00294%	0,00326%

Dieselruß

Zur Berechnung der Dieselrußemissionen aus den Partikelemissionen wird nach einem Vorschlag des Umweltbundesamtes /UBA 2000/ ein Anteil von 60% Ruß an den Gesamtpartikelemissionen für Pkw bzw. INfz und 40% für sNfz angesetzt.

Verdunstungsraten

Die Abschätzung der Verdunstungsemissionen aus Tankatmung und Heiß-/Warmabstellvorgängen erfolgte mit Hilfe der in /UBA 1999/ angegebenen spezifischen Verdunstungsraten für Pkw und INfz des bundesdeutschen Bestandes im Bezugsjahr 2000. Hierbei wurden den Fahrlängen und den Außentemperaturen die in /UBA 1999/ als Mittelwerte für Deutschland angegebenen Werte zu Grunde gelegt. Die Standzeiten wurden gesondert berücksichtigt. Verdunstungsraten werden in /UBA 1999/ für die Summe der Kohlenwasserstoffe, Benzol, Toluol und Xylole angegeben.

2.2.2 Emissionskenngrößen für stationäre Quellen

Emissionskenngrößen für Feuerungsanlagen

In der folgenden **Tabelle 2.2** sind die Emissionskenngrößen für mit Gas und mit Heizöl betriebene Heizkraftanlagen dargestellt. Die Emissionskenngrößen wurden dem Energiebericht 1999 /FAG 1999/ entnommen. Der Emissionsfaktor für Staub wurde aus /BUWAL 1995/ abgeleitet. Für Ruß wurde ein Anteil von 100% an Staub angesetzt.

Tabelle 2.2: Emissionskenngrößen für Feuerungsanlagen bezogen auf die Leistung /FAG 1999/

Brennstoff	Emissionskenngrößen [kg/MWh]					
	SO ₂	NO _x	CO	OGD	CO ₂	Staub ¹⁾
Gas	0,01	0,18	0,22	0,01	190	0,00072
Heizöl	0,47	0,18	0,18	0,04	290	0,00108

1) Quelle: BUWAL 1995

Emissionskenngrößen für Netzersatzanlagen

Aus /FAG 1998/ wurden die Emissionskennwerte für mit Heizöl betriebene stationäre Netzersatzanlagen übernommen. Diese aus Herstellerangaben abgeleiteten Kennwerte sind im Vergleich zu Literaturangaben /BUWAL 1995/ als konservativ anzusehen. Die Emissionskennwerte für mit Diesel betriebene mobile Netzersatzanlagen stammen aus /BUWAL 1995/. Für Ruß wurde von einem Anteil von 40% an den Staubemissionen ausgegangen. In **Tabelle 2.3** sind die Emissionskennwerte dargestellt.

Tabelle 2.3: Emissionskenngrößen für Netzersatzanlagen

Brennstoff	Emissionskenngröße [g/l]					
	SO ₂	NO _x	CO	OGD	CO ₂	Staub
Heizöl	4,70	21,20	5,30	0,32	2.900	0,53
Diesel	0,83	50,81	7,62	2,54	2.650	1,09

Emissionskenngrößen für Tankstellen

Aus der Literatur /LUA 1997/ wurden Emissionskenngrößen für die Summe der OGD und die Einzelkomponenten Benzol, Toluol und Xylol entnommen, differenziert nach den Vorgängen:

- Tankstellenbelieferung und Lagerung
- Betankung
- Verschütten

Minderungsfaktoren aus /LUA 1998/ für eine Gasrückführung bei der Betankung und beim Verschütten wurden berücksichtigt. In **Tabelle 2.4** sind die Emissionskennwerte bezogen auf den Kraftstoffumsatz dargestellt.

Tabelle 2.4: Emissionskenngrößen für den Tankstellenbetrieb

Vorgang	OGD [kg/m³]		Benzol [kg/m³]		Toluol [kg/m³]		Xylol [kg/m³]	
	Diesel	Otto	Diesel	Otto	Diesel	Otto	Diesel	Otto
Tankstellenbelieferung und Lagerung	0,00120	1,24000	0	0,01297	0	0,01373	0	0,00277
Betankung	0,00048	0,51800	0	0,00542	0	0,00574	0	0,00120
Verschütten	0,10080	0,10080	0	0,00263	0	0,01243	0	0,01165

2.3 Emissionskenngrößen für den Prognosehorizont 2015 (Prognosenullfall und Planungsfall)

2.3.1 Emissionsfaktoren für den Kfz-Verkehr

Die Abgasemissionsfaktoren wie auch die Verdunstungsraten für 2015, die sowohl für den Prognosenullfall wie auch den Planungsfall relevant sind, wurden dem „Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version: 1.2“ /UBA 1999/ entnommen. **Bild 2.5** veranschaulicht die, aufgrund einer verbesserten Motortechnologie, die zur Einhaltung der zukünftigen EU-Abgasgrenzwerte erforderlich wird, sowie einer verbesserten Kraftstoffqualität, zu erwartende Veränderung der Abgasemissionsfaktoren für Pkw, INfz und sNfz von 2000 zu 2015.

Betrachtet man die Pkw, kommt es zu deutlichen Abnahmen der Schadstoffemissionsfaktoren von knapp 50% bis über 80%, nur der Kraftstoffverbrauchsfaktor und entsprechend die CO₂-Emissionsfaktoren erfahren eine geringere Minderung von nur ca. 10%. Die Emissionsfaktoren der INfz verändern sich im selben Bereich wie die der Pkw. Betrachtet man die sNfz, so fallen die geringeren Minderungen bei den OGD und verwandten Stoffen auf, dafür fallen die Minderungen der Partikel und Ruß-Emissionsfaktoren höher aus. Die CO₂-Emissionsfaktoren erfahren nur eine geringe Minderung von ca. 1%, wie der korrespondierende Kraftstoffverbrauchsfaktor.

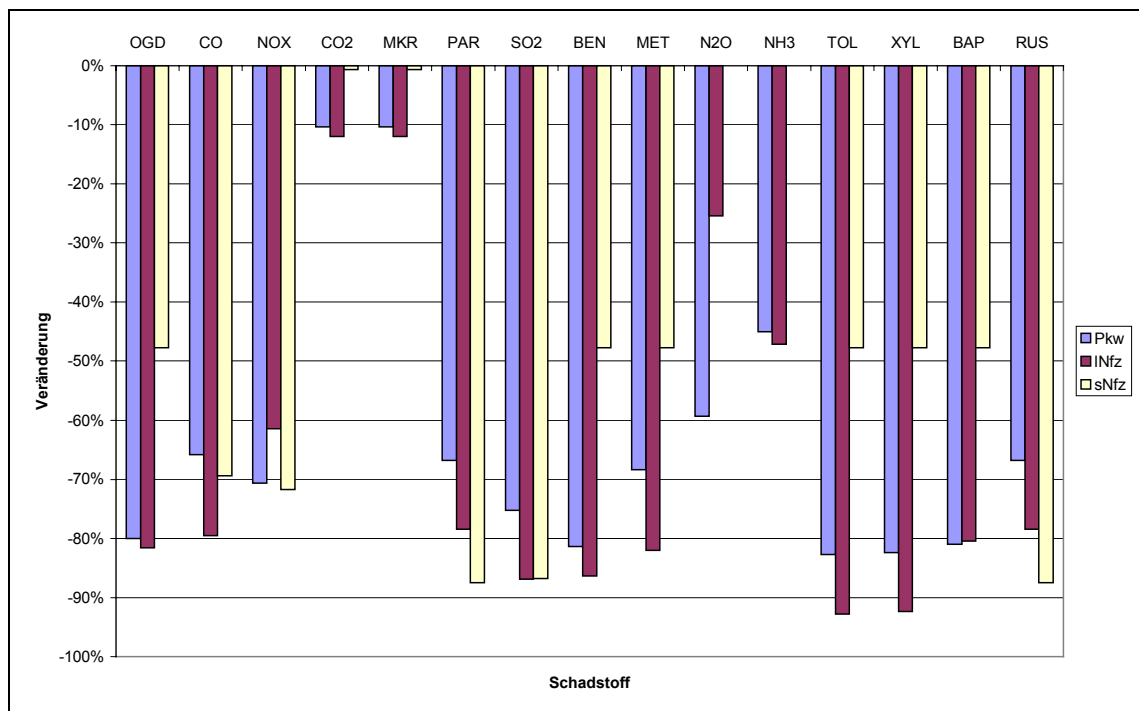


Bild 2.5: Relative Veränderung der Emissionsfaktoren für Pkw, INfz und sNfz von 2000 (Ist-Situation) zu 2015 (Prognosenullfall und Planungsfall) auf Innerortsstraßen

2.3.2 Emissionskenngrößen für stationäre Anlagen

Emissionskenngrößen für Feuerungsanlagen

Für die heizölbetriebenen Feuerungsanlagen wurden die aus dem Energiebericht 1999 /FAG 1999/ abgeleiteten Emissionsfaktoren unverändert für das Prognosejahr 2015 angesetzt, da der von der Fraport AG prognostizierte Rückgang des Heizölbetriebs auf keine Erneuerung defekter Anlagen schließen lässt. Eine Ausnahme bildet das SO₂, da der SO₂-Ausstoß primär abhängig ist vom Schwefelgehalt im Heizöl. Hier wurde ein niedrigerer Emissionsfaktor aus der Schweiz /BUWAL 1995/ angesetzt.

Für die gasbetriebenen Feuerungsanlagen wurde eine Minderung der Emissionskenngrößen entsprechend /BUWAL 1995/ angesetzt. Dabei wurde ein Veränderungsfaktor zwischen Stand der modernsten Technik und Stand „Schweiz 1990“ (letztere Emissionskennwerte sind niedriger als die aus dem FAG-Energiebericht) gebildet und auf die Emissionskennwerte 2000 angesetzt. Ausnahme bildet auch hier das SO₂. Für SO₂ wird der niedrigere Emissionsfaktor aus /BUWAL 1995/ verwendet, der für Stand „Schweiz 1990“ und Stand der modernsten Technik gleich ist.

Emissionskenngrößen für Netzersatzanlagen

Entsprechend /BUWAL 1995/ wurde eine Minderung der Emissionskennwerte angesetzt, wobei der Stand der modernsten Technik für das Prognosejahr als maßgebend angenommen wird. Die Ausnahme bilden NO_x -, OGD-, CO -Emissionskennwerte für stationäre heizölbetriebene Netzersatzanlagen. Für diese Emittentengruppe wurden die Emissionskennwerte für 2000 nicht aus /BUWAL 1995/, sondern aus dem FAG-Luftschadstoffkataster 1996 /FAG 1998/ entnommen, da sie höher liegen als die Werte aus /BUWAL 1995/ (worst case). Ein aus /BUWAL 1995/ ermittelter Minderungsfaktor zwischen alten und neuen Anlagen wird für NO_x , OGD und CO auf die für 2000 verwendeten Emissionskennwerte gesetzt. Für Staub, SO_2 und CO_2 werden für 2015 die niedrigeren Werte aus der Literatur angesetzt, die bei alten und neuen Anlagen gleich sind. Eine weitere mögliche Verbesserung der Kraftstoffqualität, die sich emissionsmindernd auf SO_2 und Staub auswirken würde, wurde nicht berücksichtigt.

2.4 Verkehrliche und sonstige Datengrundlagen für die Ist-Situation 2000

2.4.1 Kfz-Verkehr

Straßenverkehr

Das zu betrachtende Linienquellennetz des Kfz-Verkehrs (einschl. Besucherverkehr) auf den flughafeneigenen Straßen wurde von der Fraport AG zur Verfügung gestellt. Es entsprach im Wesentlichen dem Linienquellennetz des FAG-Luftschadstoffkatasters 1996 /FAG 1998/.

Während der Auftraggeber aus Dauerzählstellen aktuelle Kfz-Werte für eine durchschnittliche Woche im Jahr 2000 zur Verfügung stellte, wurden die abschnittsspezifischen Anteile der Fahrzeugarten (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, schwere Nutzfahrzeuge) sowie die Tagesganglinien aus dem FAG-Luftschadstoffkataster 1996 /FAG 1998/ übernommen. Ebenfalls übernommen wurden bestehende Geschwindigkeitsbeschränkungen und eine Streckentypisierung nach Stolz /BMV 1993/.

Im **Anhang 1** sind die durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV) für die Ist-Situation auf dem Linienquellennetz der flughafeneigenen Straßen dargestellt.

Ruhender Verkehr

Die Fraport AG stellte einen digitalisierten Plan mit der Lage der Parkplätze, Parkhäuser und Tiefgaragen zur Verfügung. Die Stellplatzkapazitäten der einzelnen Parkieranlagen, differenziert nach öffentlicher Nutzung und betriebsinterner Nutzung durch Beschäftigte, wurden ebenfalls von der Fraport AG bereitgestellt.

Zur Abschätzung der Umschlagshäufigkeit und der Parkdauerverteilung im öffentlichen Bereich der Parkieranlagen wurde eine Parkdauerverteilung der drei größten Parkieranlagen (P30, P33 und Janus T2) für den September 2000 vom Auftraggeber bereitgestellt. Bezüglich der Parkdauerverteilung im Beschäftigtenbereich wurde eine mittlere Parkdauer von 8 Stunden unterstellt. Die Umschlagshäufigkeit wurde anhand der von der Fraport AG für die einzelnen Parkieranlagen vergebenen Dauerkarten abgeleitet.

Vorfeldverkehr

Die Abschätzung der Emissionen aus dem Vorfeldverkehr erfolgte durch einen dreigeteilten Ansatz:

- Vorfeldemissionen auf definierten Vorfeldstraßen,
- Vorfeldemissionen bei den Abfertigungsvorgängen an den Abstellpositionen,
- Vorfeldemissionen aus Fahrten, die nicht genau lokalisiert werden können.

Dabei wurde wie nachstehend beschrieben vorgegangen.

• Berechnung der Vorfeldemissionen auf den Vorfeldstraßen

Von der Fraport AG wurden die Vorfeldstraßen als Linienquellennetz mit abgeschätzten Kfz-Werten für einen mittleren Tag in digitalisierter Form zur Verfügung gestellt. In **Anhang 1** sind die Vorfeldlinienquellen mit ihren durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV) für die Ist-Situation dargestellt. Die Aufteilung nach Fahrzeugarten erfolgte anhand des Fahrzeugbestandes der Fraport AG und der Lufthansa Service Gesellschaft (LSG) im Bezugsjahr 2000.

Den Vorfeldstraßen wurde eine mittlere Tagesganglinie und Wochenganglinie zugewiesen.

Die Vorfeldlinienquellen wurden als Restlinienquellen in die Emissionsberechnung mit VEMIforWIN einbezogen.

• Berechnung der Vorfeldemissionen bei der Flugzeugabfertigung

Auf der Grundlage der von der Fraport AG zur Verfügung gestellten Übersicht der in der Abfertigung verschiedener Flugzeugtypen beteiligten Fahrzeuge wurde ein mittlerer Fahrzeugmix pro Flugzeugabfertigung definiert. Es wurde eine mittlere Fahrtstrecke von 180 Metern um die Flugzeuge bei der Abfertigung berücksichtigt sowie eine mittlere Standzeit von 5 Minuten bei laufendem Motor. Als Emissionskenngröße wurde für die einzelnen Fahrzeugarten Pkw, INfz, sNfz für die Fahrtstrecke der Flächenquellenemissionsfaktor ($v=18,6$ km/h) und für die Standzeit der stop&go-Emiss-

sionsfaktor zu Grunde gelegt. Die so für einen Abstellvorgang im Jahr 2000 ermittelten Emissionen wurden mit der Anzahl der Abstellvorgänge pro Positionierung multipliziert.

- **Berechnung der Vorfeldemissionen aus nicht lokalisierbaren Fahrten**

Die Vorfeldemissionen aus nicht lokalisierbaren Fahrten wurden auf der Grundlage des Kraftstoffabsatzes an den Vorfeldtankstellen minus den auf den Vorfeldstraßen und bei der Flugzeugabfertigung ermittelten Kraftstoffverbräuchen abgeschätzt. Dabei wurde ebenfalls berücksichtigt, dass zum einen ein Teil des an den Vorfeldtankstellen abgesetzten Kraftstoffes durch sogenannte Fremdbetankung nicht auf dem Vorfeld verbraucht wird und zum anderen, dass auf einem Großteil der als Linienquellen definierten Betriebsstraßen überwiegend Vorfeldfahrzeuge verkehren.

Die so ermittelten Vorfeldemissionen wurden auf die Flächenquellen des Vorfelds im weiteren Sinne, zu dem neben dem eigentlichen Vorfeld auch noch andere Nutzungsbereiche gezählt werden, unter Einbeziehung der Verteilung der Abfertigungsvorgänge auf den Nord- bzw. Südbereich und die jeweiligen Flächengrößen verteilt.

Als Vorfeld im weiteren Sinne werden im Norden die Bereiche Vorfeld, Frachtanlagen und Flugzeugwartungsanlagen sowie das Tanklager der HBG definiert. Bereiche der Betriebsanlagen und Verwaltung und Postanlagen werden nicht berücksichtigt, da aufgrund der Linienquellen, die auch in diese Bereiche hereinführen, die dort erbrachte Fahrleistung annähernd abgedeckt ist.

Als Vorfeld im weiteren Sinne werden im Süden die Bereiche Vorfeld, Frachtanlagen, Flugzeugwartungsanlagen, Bodenverkehrsdienste, Betriebsanlagen und Verwaltung, Catering und Postanlagen definiert. Die vier letztgenannten Bereiche, die im Norden nicht berücksichtigt werden, werden in die Vorfeldflächenquellen mit eingeschlossen, da die Fahrleistungen, die in diesen Bereichen erbracht werden, nicht durch bestehende Linienquellen abgedeckt werden.

2.4.2 Stationäre Quellen

Die stationären Quellen wurden als Punktquellen digitalisiert, wobei die Austrittshöhe der Emissionen berücksichtigt wurde.

Netzersatzanlagen

Emissionsmäßig wird unterschieden zwischen heizölbetriebenen stationären Netzersatzanlagen (NEA) und mit Dieselmotoren betriebenen mobilen Netzersatzanlagen. Standort, Leistung und Gesamtkraftstoffverbrauch für das Jahr 2000 wurden von der Fraport AG zur Verfügung gestellt. Die Emissionskennwerte der stationären NEA wurden aus dem Gesamtluftschadstoffemissionskataster 1996 /FAG 1998/ übernommen und die der mobilen NEA aus der Literatur /BUWAL 1995/. Da die Einsatzorte der

mobilen NEA variieren und nicht näher lokalisiert werden konnten, wurden Ihre Emissionen näherungsweise auf die Standorte der lokalen NEA auf dem Flughafengelände verteilt.

Heizölfeuerungsanlagen

Heizölfeuerungsanlagen befinden sich nur im Süden, in den Gebäuden der ehemaligen US-Airbase. Ihre Lage sowie ihre Emissionen und Emissionskenngrößen für das Jahr 1999 konnten dem Energiebericht der Fraport AG /FAG 1999/ entnommen werden. Aus dem im Energiebericht 1999 prognostizierten Heizölverbrauch für 2000 konnten die Emissionen für das Bezugsjahr 2000 abgeleitet werden.

Gasfeuerungsanlagen

Die Gasfeuerung wird vor allem zur Gewinnung der Nahwärme im Süden des Flughafens eingesetzt. Größter Emittent ist das Heizhaus Süd, das z.Zt. ausschließlich durch Gasfeuerung betrieben wird. Wie bei den Heizölfeuerungsanlagen wurde die Lage, die Emissionen, sowie die Emissionskennwerte für das Jahr 1999 aus dem Energiebericht 1999 /FAG 1999/ entnommen und entsprechend auf 2000 aktualisiert.

Tanklager

Aus der Emissionserklärung für das Erhebungsjahr 1996 der Hydranten Betriebsgesellschaft HBG wurden die OGD-Emissionen übernommen und auf der Grundlage der Flugbewegungsprognose auf die Ist-Situation 2000 hochgerechnet. In **Tabelle 2.5** sind die OGD-Emissionen des Tanklagers für 1996 und 2000 dargestellt.

Tabelle 2.5: OGD-Emissionen des HBG-Tanklagers aus der Emissionserklärung 1996 und hochgerechnet auf 2000

Art	OGD [t/a]	
	1996	2000
Arbeitsverluste	31,135	37,203
Tankatmung	1,748	2,089
Summe	32,883	39,292

Flugzeugbetankung

Die Emissionen, die bei der Betankung der Flugzeuge entstehen, werden den stationären Quellen zugerechnet. Näherungsweise können für die Flugzeugbetankung die gleichen Emissionen angesetzt werden, die auch als Arbeitsverluste im Tanklager entstehen. Insbesondere durch Temperaturunterschiede entstehen Unterschiede in den Emissionen der Arbeitsverluste des Tanklagers und der Flugzeugbetankung, jedoch sind diese Unterschiede aus gutachterlicher Sicht vernachlässigbar.

Die Flugzeugbetankung erfolgt überwiegend durch Rüssel an den Abstellpositionen der Flugzeuge. Die Verteilung der Flugzeugbetankungsemissionen auf die einzelnen Abstellpositionen wurde anhand der von der Fraport AG als repräsentativ zur Verfügung gestellten gültigen Positionierung vorgenommen.

Tankstellen

Aktuelle Absatzzahlen für das Bezugsjahr 2000 wurden für die Vorfeldtankstellen und öffentlichen Tankstellen auf dem Gelände des Frankfurter Flughafens von den Tankstellenbetreibern zur Verfügung gestellt (**Tabelle 2.6**).

Tabelle 2.6: Kraftstoffabsatz im Bezugsjahr 2000 an den Tankstellen auf dem Frankfurter Flughafen

Gebäude-Nr.	Typ	Kraftstoffabsatz 2000	
		Diesel [l]	Otto [l]
120	FAG-Vorfeld	11.362.742,51	456.998,27
377	FAG-Personal	1.929.690,39	7.126.636,35
215	BP-öffentl.	1.269.000,00	3.785.000,00
342	DEA-Vorfeld	3.714.285,71	285.714,29
321	DEA-öffentl.	3.000.000,00	12.000.000,00
Summe		21.275.718,61	23.654.348,91

Lösungsmiteleinsatz der LHT

Aktuelle Angaben über die durch eingesetzte lösemittelhaltige Substanzen (z.B. Lacke, Reinigungsmittel) in den beiden Werkstätten der Lufthansatechnik (LHT) im Bezugsjahr 2000 entwichenen Organischen Gase und Dämpfe (OGD) wurden von der LHT zur Verfügung gestellt.

2.5 Annahmen für den Prognosehorizont 2015 (Prognosenullfall und Planungsfall)

2.5.1 Netzveränderungen

An dem Linienquellennetz der Ist-Situation 2000 wurden für den Prognosenullfall und den Planungsfall folgende Änderungen vorgenommen:

Prognosenullfall

- Netzschluss Ellis Road,
- Tor 1a wird geschlossen (Verkehr über Tor 2),

- öffentlicher Bereich im Süden wird als Flächenquelle definiert, sie enthält auch einen Besucherparkplatz mit Zufahrten,
- Terminal im Süden wird mit Vorfeldlinienquellen und Abstellpositionen als Flächenquelle definiert,
- Tunnel zwischen Terminal 1 und dem neuen Terminal im Süden mit 980 Bussen pro Tag.

Planungsfall

- Die Punkte des Prognosenullfalls werden auch für den Planungsfall angesetzt.
- Verlegung der Okrifteler Straße und des Tors 31 nach Süden; neuer Tunnel unter der Startbahn West, alter Tunnel bleibt für interne Verkehre geöffnet,
- Verlegung der Cargo Straße an den Rand des geplanten Vorfeldgeländes,
- Verlängerung der internen Verbindungsstraße Cargo-Nord-Süd bis zu den Abstellplätzen S501 – S508,
- Ausgehend vom Prognosenullfall werden im Süden zusätzliche Parkhäuser bzw. Tiefgaragen innerhalb der Flächenquelle „öffentlicher Bereich“ berücksichtigt.

2.5.2 Straßenverkehr

Die verkehrlichen Änderungen auf dem betrachteten Straßennetz wurden aus der von der Fraport AG in Auftrag gegebenen Verkehrsuntersuchung zum Flughafenausbau /ZIV 2001/ abgeleitet.

Im **Anhang 1** sind die durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV) für den Prognosenullfall und den Planungsfall auf dem betrachteten Straßennetz dargestellt.

2.5.3 Ruhender Verkehr

Die Verteilung der im Prognosenullfall und Planungsfall erforderlichen zusätzlichen Stellplätze wurde gemäß dem Verkehrsgutachten /ZIV 2001/ durchgeführt. Dabei wurden folgende Veränderungen berücksichtigt.

Prognosenullfall:

- Neuer Parkplatz im Norden zwischen B43 (Kelsterbacher Spange) und A3,
- neues Parkhaus mit Zufahrt im Süden, südl. von Tor 32,
- Besucherparkplatz in der Flächenquelle „öffentlicher Bereich“ im Süden,

- Kapazitätserweiterung der Beschäftigtenstellplätze P65, CargoCity Nord und Luft-
hansabasis,
- Umwidmung von Beschäftigtenstellplätzen an Terminal 1+2 in Besucherstellplätze.

Planungsfall:

- Neuer Parkplatz im Norden zwischen B43 (Kelsterbacher Spange) und A3,
- neuer Parkplatz im Norden an Tor 3,
- Umwidmung von Beschäftigtenstellplätzen in Besucherstellplätze an Terminal 1,
- Umwidmung von Besucherstellplätzen in Beschäftigtenstellplätze an Terminal 2,
- neues Parkhaus mit Zufahrt im Süden, südl. von Tor 32,
- Besucherparkplatz in der Flächenquelle „öffentlicher Bereich“ im Süden,
- 2 Besucherparkhäuser in der Flächenquelle „öffentlicher Bereich“ im Süden,
- Beschäftigtenparkhaus in der Flächenquelle „öffentlicher Bereich“ im Süden,
- Kapazitätserweiterung des Beschäftigtenstellplatzes P65.

2.5.4 Vorfeldverkehr

Die dreigeteilte Emissionsermittlung der Analyse wurde auch für die beiden Prognosefälle beibehalten.

- **Berechnung der Vorfeldemissionen auf den Vorfeldstraßen**

Die Vorfeldstraßen wurden mitsamt den Verkehrswerten für den Prognosefall sowie den Planungsfall aus der Ist-Situation übernommen und mit den Emissionsfaktoren für 2015 berechnet. Neue Vorfeldstraßen wurden im Süden nicht definiert. Die resultierenden Emissionssummen wurden anhand der Flugbewegungen für den Prognosefall und den Planungsfall hochgerechnet und die Differenz auf die erweiterten Vorfeldflächenquellen im Süden verteilt.

- **Berechnung der Vorfeldemissionen bei der Flugzeugabfertigung**

Die Vorgehensweise entspricht der der Analyse, wobei jedoch Emissionsfaktoren für das Prognosejahr 2015 eingesetzt wurden.

- **Berechnung der Vorfeldemissionen aus nicht lokalisierbaren Fahrten**

Der an den Vorfeldtankstellen abgesetzte Kraftstoff wurde anhand der Flugbewegungszunahme für den Prognosefall sowie für den Planungsfall hochgerechnet.

Des Weiteren wurde das gleiche Vorgehen gewählt wie bei der Analyse. Die Kraftstoffverbräuche und Emissionen wurden mit Faktoren für das Prognosejahr 2015 ermittelt.

2.5.5 Stationäre Quellen

Bezüglich der stationären Quellen im Prognosefall und im Planungsfall konnten von der Fraport AG zum jetzigen Planungsstand noch keine konkreten Angaben gemacht werden. Es wurden realistische Annahmen getroffen:

Feuerungsanlagen

Für Heizölfeuerungsanlagen wird im Energiebericht /FAG 1999/ ein Rückgang von 3.500 MWh im Jahr 2000 auf 2.000 MWh im Jahr 2002 prognostiziert. Dieser Wert (2.000 MWh) wurde auch für 2015 sowohl für den Prognosefall als auch für den Planungsfall angenommen. Dabei wurde die Lage der Quellen unverändert entsprechend der Ist-Situation beibehalten. Es wurden keine zusätzlichen Quellen berücksichtigt.

Durch den Wegfall der Heizölfeuerung und den Mehrbedarf durch ein neues Terminal wird der Bedarf an Heizenergie aus Erdgasfeuerungsanlagen steigen. Es wurde eine Erhöhung von 46.167 MWh in der Ist-Situation auf 65.838 MWh im Planungsfall entsprechend der Erhöhung der Flugbewegungen angenommen. Im Prognosefall wurden entsprechend 50.181 MWh als Jahresleistung verbraucht. Die Leistungserhöhung und die damit verbundenen Emissionen wurden für den Bereich des neuen Terminals angenommen.

Netzersatzanlagen

Die Erhöhung des Kraftstoffverbrauchs wurde entsprechend der Erhöhung der Flugbewegungen berücksichtigt. Die Anzahl und Standorte der NEA in der Ist-Situation wurden unverändert beibehalten. Zusätzliche NEA werden im Bereich des neuen Terminals angenommen. Die zusätzlichen Emissionen werden im Bereich des neuen Terminals emittiert.

Tankstellen, Tanklager, Flugzeugbetankung

Ebenso wie bei den vorherigen Punkten wurde eine Erhöhung des Kraftstoffabsatzes an Tankstellen, eine Umsatzerhöhung im Tanklager und eine Erhöhung der Betankungsmenge bei der Flugzeugbetankung entsprechend der Veränderung der Flugbewegungen angesetzt. Die öffentliche BP-Tankstelle wird Ende 2002 geschlossen, und somit entfällt dieser Standort für Betankungsemissionen.

Lösemittleinsatz der LHT

Die Erhöhung der Emissionen erfolgte entsprechend der Veränderung der Flugbewegungen.

3 Emissionen in der Ist-Situation (Bezugsjahr 2000)

Während nachstehend die Emissionen der einzelnen Emittentengruppen beschrieben werden, sind im **Anhang 2** Rasterkarten der aufsummierten Jahresemissionen 2000 aus Abgas und Verdunstung aller in diesem Gutachten betrachteten Emittenten für die Schadstoffe Kohlenmonoxid, Stickoxide, Organische Gase und Dämpfe, Benzol, Benzo(a)pyren, Partikel, Ruß, Schwefeldioxid enthalten. Die Rasterkarten, die die Jahresemissionen bezogen auf ein 100m*100m-Raster darstellen, geben einen Überblick über die lokale Verteilung der Emissionen. In ihnen treten einzelne Emissionsquellen, wie z.B. das Heizhaus Süd oder die Heizölfeuerungsanlagen, bei den Schwefeldioxidemissionen klar hervor.

3.1 Kfz-Verkehr

Unter Verwendung der Emissions- und Kraftstoffverbrauchsfaktoren aus /UBA 1999/ für den bundesdeutschen Fahrzeugbestand der betrachteten Fahrzeugarten wurden die Emissionen der Schadstoffe Kohlenmonoxid (CO), Stickstoffoxide ausgewiesen als NO₂ (NO_x), die Summe der Organischen Gase und Dämpfe (OGD) mit den Einzelkomponenten Benzol (BEN), Toluol (TOL), Xylol (XYL), Methan (CH₄) und Benzo(a)pyren (BaP) sowie die Emissionen der Partikel (PAR), Ruß, Schwefeldioxid (SO₂), Kohlendioxid (CO₂), Distickstoffoxid (N₂O) und Ammoniak (NH₃) berechnet.

Da im heutigen in Deutschland vertriebenen Kraftstoff kein Blei mehr vorhanden ist und auch ein Restbleigehalt durch verunreinigte Transportgefäße nach Aussagen der Mineralölindustrie nahezu ausgeschlossen ist, werden im aktuellen „Handbuch Emissionsfaktoren, Version 1.2“ /UBA 1999/ keine Emissionsfaktoren für Blei mehr angegeben. Daher wird Blei im vorliegenden Luftschadstoffgutachten nicht betrachtet.

3.1.1 Straßenverkehr

Auf den Straßen des betrachteten Linienquellennetzes wurde im Jahr 2000 eine Fahrleistung von 108 Mio. Fahrzeugkilometern erbracht. Der daraus resultierende Kraftstoffverbrauch sowie die resultierenden Abgasemissionen sind in **Tabelle 3.1** zusammengefaßt. Dabei werden die Anteile der einzelnen Fahrzeugarten (Pkw, INfz, sNfz) an den gesamten Kfz-Emissionen mit ausgewiesen.

Tabelle 3.1: Jahreswerte der Fahrleistung, des Kraftstoffverbrauchs und der Abgasemissionen des Straßenverkehrs auf dem Linienquellennetz im Bezugsjahr 2000 (Ist-Situation)

		KFZ	davon					
			PKW		INfz		sNfz	
				[%]		[%]		[%]
JFL	[10 ⁶ Fzkm/a]	108,22	92,14	85,1	4,02	3,7	12,06	11,1
KV	[t/a]	8.017,91	5.043,97	62,9	311,33	3,9	2.662,61	33,2
CO	[t/a]	267,47	243,32	91,0	5,76	2,2	18,40	6,9
NO _x	[t/a]	114,36	36,85	32,2	3,28	2,9	74,23	64,9
OGD	[t/a]	42,71	26,76	62,7	0,87	2,0	15,08	35,3
Benzol	[t/a]	1,54	1,23	79,6	0,03	1,8	0,29	18,6
Toluol	[t/a]	2,93	2,76	94,1	0,05	1,8	0,12	4,1
Xylol	[t/a]	2,56	2,40	93,5	0,05	1,8	0,12	4,7
Methan	[t/a]	2,47	2,07	83,8	0,04	1,5	0,36	14,7
B(a)P	[g/a]	631,97	167,08	26,4	21,46	3,4	443,43	70,2
Partikel	[t/a]	5,26	1,07	20,4	0,43	8,1	3,76	71,6
Ruß	[t/a]	2,40	0,64	26,7	0,26	10,6	1,51	62,6
SO ₂	[t/a]	3,41	1,64	48,1	0,17	5,0	1,60	46,9
CO ₂	[t/a]	25.456,86	16.014,61	62,9	988,47	3,9	8.453,78	33,2
N ₂ O	[kg/a]	2,75	2,31	84,0	0,04	1,6	0,40	14,4
NH ₃	[t/a]	1,56	1,48	95,1	0,02	1,0	0,06	3,8

3.1.2 Verdunstungsemissionen aus dem ruhenden Verkehr

Die durch Abstellvorgänge auf den Parkieranlagen des Flughafengeländes im Bezugsjahr der Ist-Situation 2000 entstandenen Verdunstungsemissionen sind differenziert nach Heiß/Warm-Abstellen und Tankatmung in der **Tabelle 3.2** aufgeführt. Neben den Verdunstungsemissionen der Summe der Organischen Gase und Dämpfe werden auch die Verdunstungsemissionen der Einzelkomponenten Benzol, Toluol und Xylol ausgewiesen.

Tabelle 3.2: Verdunstungsemissionen auf dem Flughafengelände im Bezugsjahr 2000 (Ist-Situation), nach Heiß/Warm-Abstellen und Tankatmung

	OGD [kg/a]	davon		
		Benzol [kg/a]	Toluol [kg/a]	Xylol [kg/a]
Tankatmung	4.088,8	26,1	139,1	46,4
Heiß/Warm	14.897,8	96,8	516,5	172,2
Summe	18.986,6	122,9	655,6	218,5

3.1.3 Vorfeldverkehr

Entsprechend dem dreigeteilten Berechnungsansatz sind die Vorfeldemissionen für die Ist-Situation 2000 in **Tabelle 3.3** wiedergegeben.

Tabelle 3.3: Kraftstoffverbrauch und Emissionen auf dem Vorfeld, differenziert nach Vorfeldstraßen, Flugzeugabfertigung und nicht näher lokalisierbaren Quellen

		Vorfeld	davon					
			Vorfeldstraßen		Abfertigung		nicht lokalisierbar	
				[%]		[%]		[%]
KV	[t/a]	10.830,6	3.197,2	29,5	2.246,9	20,7	5.386,6	49,7
CO	[t/a]	109,7	31,9	29,1	24,9	22,7	52,8	48,2
NO _x	[t/a]	287,7	80,0	27,8	65,8	22,9	141,9	49,3
OGD	[t/a]	79,0	21,1	26,7	20,9	26,5	37,0	46,8
Benzol	[t/a]	1,6	0,4	26,5	0,4	26,1	0,7	47,4
Toluol	[t/a]	0,8	0,2	26,4	0,2	23,5	0,4	50,1
Xylol	[t/a]	0,8	0,2	26,7	0,2	23,9	0,4	49,5
Methan	[t/a]	2,0	0,5	26,5	0,5	26,1	0,9	47,3
B(a)P	[g/a]	2.269,7	606,8	26,7	607,9	26,8	1.055,0	46,5
Partikel	[t/a]	18,1	5,1	28,0	4,6	25,3	8,4	46,7
Ruß	[t/a]	7,7	2,2	28,6	1,9	25,0	3,6	46,5
SO ₂	[t/a]	6,4	1,9	29,6	1,3	20,9	3,2	49,5
CO ₂	[t/a]	34.387,2	10.151,0	29,5	7.133,9	20,7	17.102,4	49,7
N ₂ O	[kg/a]	1,1	0,4	39,7	0,1	13,4	0,5	46,9
NH ₃	[t/a]	0,2	0,1	37,6	0,0	12,1	0,1	50,4

3.2 Stationäre Quellen und Flugzeugbetankung

Für die stationären Quellen auf dem Flughafengelände konnte aufgrund von fehlenden Emissionskenngrößen nur ein kleineres Stoffspektrum an Emissionen ermittelt werden. Die für die Schadstoffe Schwefeldioxid (SO₂), Stickoxide (NO_x), Kohlenmonoxid (CO), Kohlendioxid (CO₂), Partikel und Ruß aus Verbrennungsprozessen ermittelten Abgasemissionen der stationären Quellen im Bezugsjahr 2000 sind **Tabelle 3.4** zu entnehmen.

Tabelle 3.4: Abgasemissionen der stationären Quellen im Bezugsjahr 2000 (Ist-Situation), differenziert nach Quellenart

Quelle	Abgasemissionen [kg/a]						
	CO	NO _x	OGD	Staub	Ruß	SO ₂	CO ₂
Netzersatzanlagen	301	1.350	33	32	13	224	153.623
davon stationär	246	983	15	25	10	218	134.494
mobil	55	367	18	8	3	6	19.130
Feuerungsanlagen	10.787	8.940	602	37	37	2.107	9.786.679
davon Heizölf Feuerung	630	630	140	4	4	1.645	1.015.000
Nahwärme/Gas	10.157	8.310	462	33	33	462	8.771.679

Das Heizhaus Süd (Gebäude 500) ist mit 96% an den Emissionen der gasbetriebenen Feuerungsanlagen beteiligt.

Die OGD-Verdunstungsemissionen der Tankstellen, des Tanklagers, der Flugzeugbetankung und der LHT-Werfemissionen durch Lösungsmittel sind für die Ist-Situation im Bezugsjahr 2000 in **Tabelle 3.5** dargestellt. Für die Tankstellen können die Verdunstungsemissionen an Benzol, Toluol und Xylol gesondert ausgewiesen werden. Bei der Verdunstung des Kerosins spielen diese Komponenten keine Rolle.

Tabelle 3.5: Verdunstungsemissionen der stationären Quellen und der Flugzeugbetankung im Bezugsjahr 2000 (Ist-Situation)

Quelle	OGD [kg/a]	davon		
		Benzol [kg/a]	Toluol [kg/a]	Xylol [kg/a]
Tankstellen	46.149	497	755	369
Tanklager	39.292			
Flugzeugbetankung	37.203			
Lösungsmittel	11.000			
Summe stationäre Quellen	133.644	497	755	369

An den Verdunstungsemissionen der Summe der Organischen Gase und Dämpfe (OGD) aus den Tankstellen hat das Benzol einen Anteil von 1,1%, das Toluol von 1,6% und die Xylole von 0,8%.

4 Emissionen im Prognosejahr 2015 – Prognosenullfall und Planungsfall

Entsprechend den Rasterkarten für die Ist-Situation, sind im **Anhang 2** auch Rasterkarten der aufsummierten Jahresemissionen aus Abgas und Verdunstung aller in diesem Gutachten betrachteten Emittenten für den Prognosenullfall und den Planungsfall enthalten.

4.1 Kfz-Verkehr

Unter Berücksichtigung der in **Kapitel 2** beschriebenen Änderungen am Straßennetz bzw. an den Parkieranlagen sowie den verkehrlichen Veränderungen auf der einen Seite und den Veränderungen der Emissionsfaktoren auf der anderen Seite wurden entsprechend der Vorgehensweise bei der Ist-Situation die Emissionen für den Prognosenullfall und den Planungsfall berechnet. Dabei stand der prognostizierten Zunahme des Kfz-Verkehrs eine Abnahme der Emissionen, bedingt durch verbesserte Technik infolge einer EU-weiten Verschärfung der Grenzwerte, gegenüber.

4.1.1 Straßenverkehr

In **Tabelle 4.1** sind die Jahresfahrleistung, der Kraftstoffverbrauch und die Emissionen der einzelnen Schadstoffe, die für den Prognosenullfall und den Planungsfall im Prognosejahr 2015 ermittelt wurden, den Ergebnissen der Ist-Situation 2000 gegenübergestellt.

Einer Zunahme der Jahresfahrleistung auf den Straßen des Linienquellennetzes von 18% im Prognosenullfall und 33% im Planungsfall, verglichen mit der Ist-Situation, stehen Reduktionen der Abgasemissionen bis 79% (Prognosenullfall) bzw. 75% (Planungsfall) bei den Partikeln gegenüber. Entsprechende Reduktionen treten auch bei den Schwefeldioxid- sowie den Ruß-, Toluol- und Xylolemissionen auf. Lediglich die Kohlendioxidemissionen steigen mit dem Kraftstoffverbrauch um 11% (Prognosenullfall) bzw. 33% (Planungsfall).

Tabelle 4.1: Gegenüberstellung von prognostizierten Jahresfahrleistungen (JFL), Kraftstoffverbrauch (KV) und Abgasemissionen des Straßenverkehrs für den Prognosenullfall 2015, den Planungsfall 2015 und die Ist-Situation 2000

		Ist-Situation 2000	Prognosenullfall 2015	Planungsfall 2015
JFL	[10 ⁶ Fzkm/a]	108,22	127,91	144,07
KV	[t/a]	8.017,91	8.893,52	10.499,69
CO	[t/a]	267,47	108,93	130,01
NO _x	[t/a]	114,36	38,45	45,70
OGD	[t/a]	42,71	16,14	19,77
Benzol	[t/a]	1,54	0,47	0,57
Toluol	[t/a]	2,93	0,66	0,79
Xylol	[t/a]	2,56	0,59	0,71
Methan	[t/a]	2,47	1,05	1,27
B(a)P	[g/a]	631,97	319,76	398,45
Partikel	[t/a]	5,26	1,10	1,32
Ruß	[t/a]	2,40	0,55	0,66
SO ₂	[t/a]	3,41	0,76	0,90
CO ₂	[t/a]	25.456,86	28.236,92	33.336,53
N ₂ O	[kg/a]	2,75	1,62	1,84
NH ₃	[t/a]	1,56	1,04	1,17

In **Bild 4.1** sind die Veränderungen der Abgasemissionen im Prognosenullfall und im Planungsfall zur Ist-Situation dargestellt.

Die Auswirkungen des Planungsfalls auf die Abgasemissionen im Vergleich zum Prognosenullfall zeigt **Bild 4.2**. Aufgrund von Rundungsfehlern bei kleinen Werten treten Abweichungen um 1% in **Bild 4.2** auf, da dem Bild Originalwerte und nicht gerundete Werte zugrunde liegen.

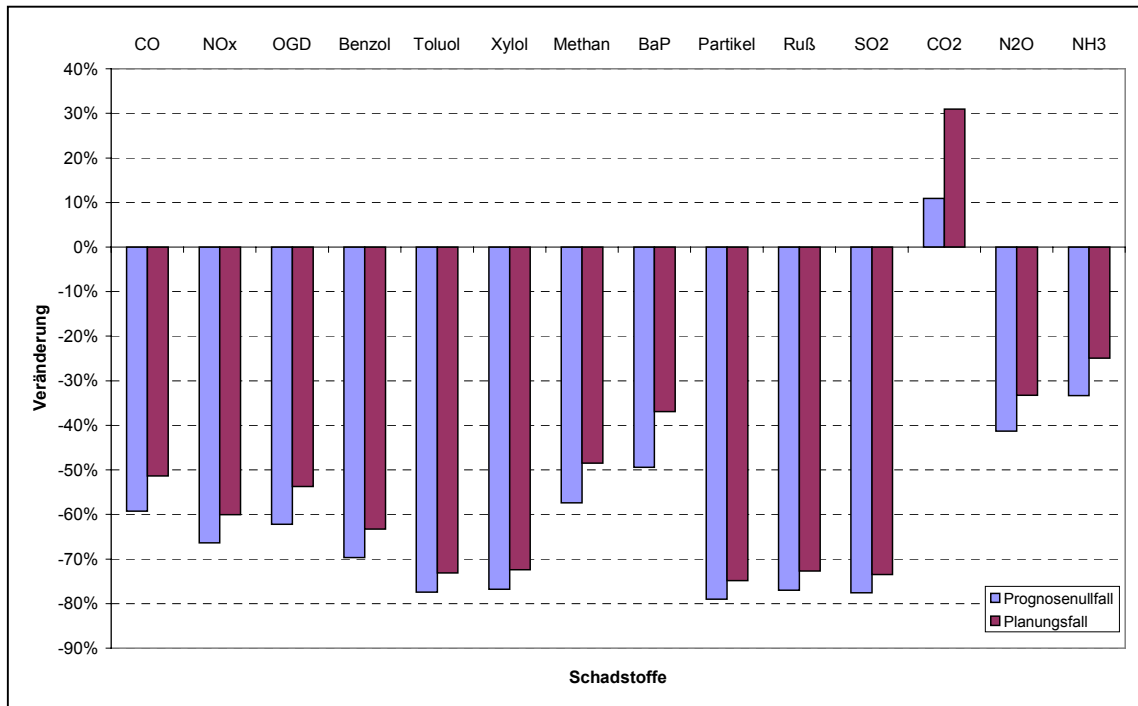


Bild 4.1: Veränderung der Abgasemissionen des Straßenverkehrs im Prognosenullfall 2015 und im Planungsfall 2015 zur Ist-Situation 2000

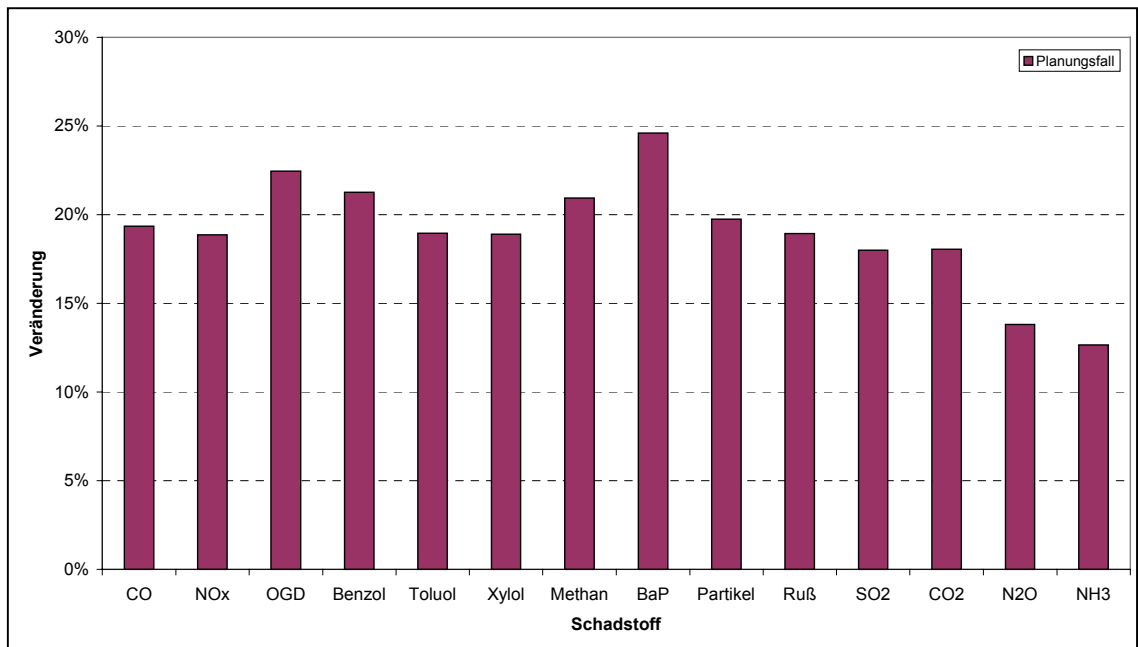


Bild 4.2: Veränderung der Abgasemissionen des Straßenverkehrs im Planungsfall zum Prognosenullfall 2015

Da in beiden Fällen mit den Emissionsfaktoren für den bundesdeutschen Fahrzeugbestand 2015 gerechnet wurde, wirkt sich hier allein die durch den Flughafenausbau bedingte Fahrleistungszunahme auf die Abgasemissionen aus, die sich durchweg erhöht. Die Zunahmen der Abgasemissionen liegen für die einzelnen Schadstoffe zwischen 13% bei Ammoniak, entsprechend der Fahrleistungserhöhung, und 25% bei Benzo(a)pyren.

4.1.2 Verdunstungsemissionen aus dem ruhenden Verkehr

Ähnlich der Entwicklung des Straßenverkehrs steht auch bei den Verdunstungsemissionen des ruhenden Verkehrs auf den Parkierungsanlagen des Flughafens der Steigerung der Parkvorgänge auf der einen Seite eine Verminderung der Verdunstungsraten je Abstellvorgang gegenüber. Die für den Prognosenullfall und den Planungsfall ermittelten Verdunstungsemissionen durch Tankatmung und Heiß/Warm-Abstellen sind in **Tabelle 4.2** den Verdunstungsemissionen der Ist-Situation gegenübergestellt.

Tabelle 4.2: Gegenüberstellung der Verdunstungsemissionen auf dem Flughafengelände im Prognosenullfall 2015 und im Planungsfall 2015 mit der Ist-Situation 2000

			Ist-Situation 2000	Prognosenullfall 2015	Planungsfall 2015
OGD		[kg/a]	18.987	4.210	5.635
davon	Benzol	[kg/a]	123	30	40
	Toluol	[kg/a]	656	138	185
	Xylol	[kg/a]	219	46	62

Die OGD-Verdunstungsemissionen werden im Prognosenullfall 2015 um 78% niedriger liegen als in der Ist-Situation 2000. Die Reduktionsrate der Einzelkomponenten liegt in der gleichen Größenordnung. Durch die ausbaubedingte Verkehrszunahme, die sich auch auf die Abstellvorgänge auf den Parkierungsanlagen des Flughafens auswirkt, nehmen die OGD-Verdunstungsemissionen sowie die Verdunstungsemissionen der betrachteten Einzelkomponenten (Benzol, Toluol und Xylol) im Planungsfall 2015 verglichen mit dem Prognosenullfall 2015 um 34% zu.

4.1.3 Vorfeldverkehr

Die für die beiden Fälle im Prognosehorizont 2015 prognostizierten Vorfeldemissionen sind in **Tabelle 4.3** den Vorfeldemissionen der Ist-Situation im Bezugsjahr 2000 gegenüber gestellt.

Tabelle 4.3: Gegenüberstellung der Vorfeldemissionen im Prognosenullfall 2015 und im Planungsfall 2015 mit der Ist-Situation 2000

		Ist-Situation 2000	Prognosenullfall 2015	Planungsfall 2015
KV	[t/a]	10.830,6	11.542,2	15.107,8
CO	[t/a]	109,7	38,3	49,6
NO _x	[t/a]	287,7	94,0	121,2
OGD	[t/a]	79,0	43,4	57,1
Benzol	[t/a]	1,6	0,8	1,1
Toluol	[t/a]	0,8	0,4	0,5
Xylol	[t/a]	0,8	0,4	0,5
Methan	[t/a]	2,0	1,1	1,4
B(a)P	[g/a]	2.269,7	1.268,6	1.669,7
Partikel	[t/a]	18,1	2,7	3,6
Ruß	[t/a]	7,7	1,2	1,6
SO ₂	[t/a]	6,4	0,9	1,2
CO ₂	[t/a]	34.387,2	36.646,5	47.967,1
N ₂ O	[kg/a]	1,1	1,1	1,5
NH ₃	[t/a]	0,2	0,2	0,3

Wie beim Straßenverkehr wird auch beim Vorfeldverkehr die Verkehrszunahme durch die Verbesserung der Fahrzeugtechnik und der Kraftstoffqualität, die sich in den verwendeten Emissionsfaktoren für 2015 widerspiegelt, überkompensiert.

4.2 Stationäre Quellen

Die prognostizierten Abgasemissionen aus den stationären Quellen sind in **Tabelle 4.4** dargestellt.

Tabelle 4.4: Gegenüberstellung der Abgasemissionen aus den stationären Quellen im Prognosenullfall 2015 und im Planungsfall 2015 mit der Ist-Situation 2000

		Ist-Situation 2000	Prognosenullfall 2015	Planungsfall 2015
CO	[kg/a]	11.088	3.617	4.633
NO _x	[kg/a]	10.290	4.108	5.277
OGD	[kg/a]	635	593	753
Staub	[kg/a]	69	45	58
Ruß	[kg/a]	50	41	53
SO ₂	[kg/a]	2.331	692	759
CO ₂	[kg/a]	9.940.302	10.268.800	13.291.706

Durch die prognostizierte Steigerung des Energieverbrauchs werden auch die CO₂-Emissionen der stationären Quellen im Vergleich zur Ist-Situation steigen, um 3% im Prognosenullfall und um 34% im Planungsfall. Die Abgasemissionen der anderen betrachteten Schadstoffe, mit Ausnahme der OGD- und Ruß-Abgasemissionen im Planungsfall, werden sich hingegen aufgrund des erwarteten Einsatzes neuer Technologien verringern. Die Reduktionen werden im Prognosenullfall zwischen 7% bei den OGD-Abgasemissionen und 70% bei den SO₂-Emissionen liegen. Der Rückgang der SO₂-Emissionen beruht in erster Linie auf der zukünftigen Reduktion des Schwefelgehalts im Brennstoff. Die durch den Flughafenausbau erwarteten Zunahmen der Abgasemissionen im Vergleich mit dem Prognosenullfall liegen für die meisten Schadstoffe bei knapp 30%. Nur für die SO₂-Abgasemissionen wird bei diesem Vergleich lediglich eine Zunahme von 10% prognostiziert.

Der **Tabelle 4.5** sind die OGD-Verdunstungsemissionen der beiden Fälle im Prognosejahr 2015 zu entnehmen, die den Emissionen in der Ist-Situation gegenübergestellt sind.

Tabelle 4.5: Gegenüberstellung der OGD-Verdunstungsemissionen aus den stationären Quellen im Prognosenullfall 2015 und im Planungsfall 2015 mit der Ist-Situation 2000

Quelle	OGD-Verdunstungsemissionen [kg/a]		
	Ist-Situation 2000	Prognosenullfall 2015	Planungsfall 2015
Tankstellen	46.149	42.373	55.594
Tanklager	39.292	42.708	56.033
Flugzeugbetankung	37.203	40.438	53.055
Lösungsmittel	11.000	11.957	15.687
Summe	133.644	137.476	180.369

Durch den Wegfall der öffentlichen BP-Tankstelle bis zum Prognosejahr 2015 werden die OGD-Verdunstungsemissionen der Tankstellen im Prognosenullfall, verglichen mit der Ist-Situation, um 8% geringer ausfallen. Durch den erwarteten Anstieg des Kraftstoffabsatzes im Planungsfall werden die OGD-Verdunstungsemissionen der Tankstellen jedoch um 20% über den Stand der Ist-Situation ansteigen. Bei den anderen Emissionsquellen entwickeln sich die OGD-Verdunstungsemissionen wie angenommen entsprechend der Flugbewegungen. Für den Prognosenullfall wird eine Erhöhung der OGD-Verdunstungsemissionen aus Tanklager, Flugzeugbetankung und Lösemitteleinsatz, verglichen mit der Ist-Situation, um 9% prognostiziert und entsprechend für den Planungsfall um 43%. Verglichen mit dem Prognosenullfall erhöhen sich die prognostizierten OGD-Verdunstungsemissionen im Planungsfall bei allen Emittenten um 31%.

Die Anteile von Benzol, Toluol und Xylolen an den OGD-Verdunstungsemissionen im Prognosenullfall und im Planungsfall entsprechen ihren Anteilen in der Ist-Situation.

5 Immissionen

5.1 Vorgehensweise der Immissionsberechnung

Die Emissionen gingen in Form von Rasterquellen (vorwiegend Kfz-Verkehr), Volumenquellen (Parkhäuser) bzw. Punktquellen (stationäre Quellen) in die Immissionsberechnung ein.

Dabei wurden die Komponenten

- Stickoxide (NO_x/NO_2)
- Schwefeldioxid (SO_2)
- Kohlenmonoxid (CO)
- Benzol
- Ruß
- Partikel (PM_{10})
- Benzo(a)pyren (BaP)

untersucht. Auf eine Ausbreitung der anderen Schadstoffe, darunter Xylol, Toluol, Methan und die Summe der Organischen Gase und Dämpfe wurde verzichtet, da keine Grenzwerte zur Beurteilung zur Verfügung stehen. Generell verhalten sich die Komponenten Xylol, Toluol, Methan und die Summe der Organischen Gase und Dämpfe in ihrer Ausbreitung entsprechend dem Benzol. Unter Berücksichtigung der Emissionsdifferenzen zwischen Xylol, Toluol, Methan und der Summe der Organischen Gase und Dämpfe auf der einen Seite und Benzol auf der anderen Seite lassen sich deren Immissionskonzentrationen abschätzen.

Die Berechnung der Immissionen erfolgte entsprechend der Vorgehensweise bei der Berechnung der flugverkehrsbedingten Immissionen mit dem Ausbreitungsmodell LASAT (Lagrange Simulation von Aerosol-Transport) auf der Basis einer stundenfeinen meteorologischen Jahreszeitreihe.

Die Emissionen der Komponenten SO_2 , CO , Benzol, Ruß, PM_{10} und BaP wurden als mittlere stündliche Emissionsmassenströme, d.h. ohne Berücksichtigung eines Tages- oder Wochenganges, berechnet. Diese Vorgehensweise stellt einen pessimistischen Ansatz dar, da so nicht berücksichtigt wird, dass in den Nachtstunden die Ausbreitungsbedingungen eher schlechter sind als tagsüber bei gleichzeitig aber niedrigeren Emissionen.

Die Emissionen der Komponente NO_x/NO_2 wurden dagegen im Hinblick auf die in Zukunft geltenden, sehr strengen Immissions-Grenzwerte für diese Komponente unter

Berücksichtigung eines Tages- und Wochenganges stundenfein aufbereitet. Da somit sowohl die meteorologischen Daten als auch die Emissionen in stündlicher Auflösung vorlagen, konnten die Korrelationen zwischen Meteorologie und Emission berücksichtigt werden.

5.2 Rechengebiet

Die Berechnungen wurden für ein Gebiet von 40 km x 40 km durchgeführt. Die horizontale Auflösung beträgt 1000 m x 1000 m. Zusätzlich wurden auch noch jeweils Ausbreitungsrechnungen für ein 14 km x 14 km großes Rechengebiet mit einer Auflösung von 500 m x 500 m und für ein 7 km x 7 km großes Rechengebiet mit einer Auflösung von 250 m x 250 m durchgeführt.

Die Ortslage der Rechengitter ist **Bild 5.1** zu entnehmen. Die im weiteren dargestellten Immissionen beziehen sich auf das mittlere Rechengitter.

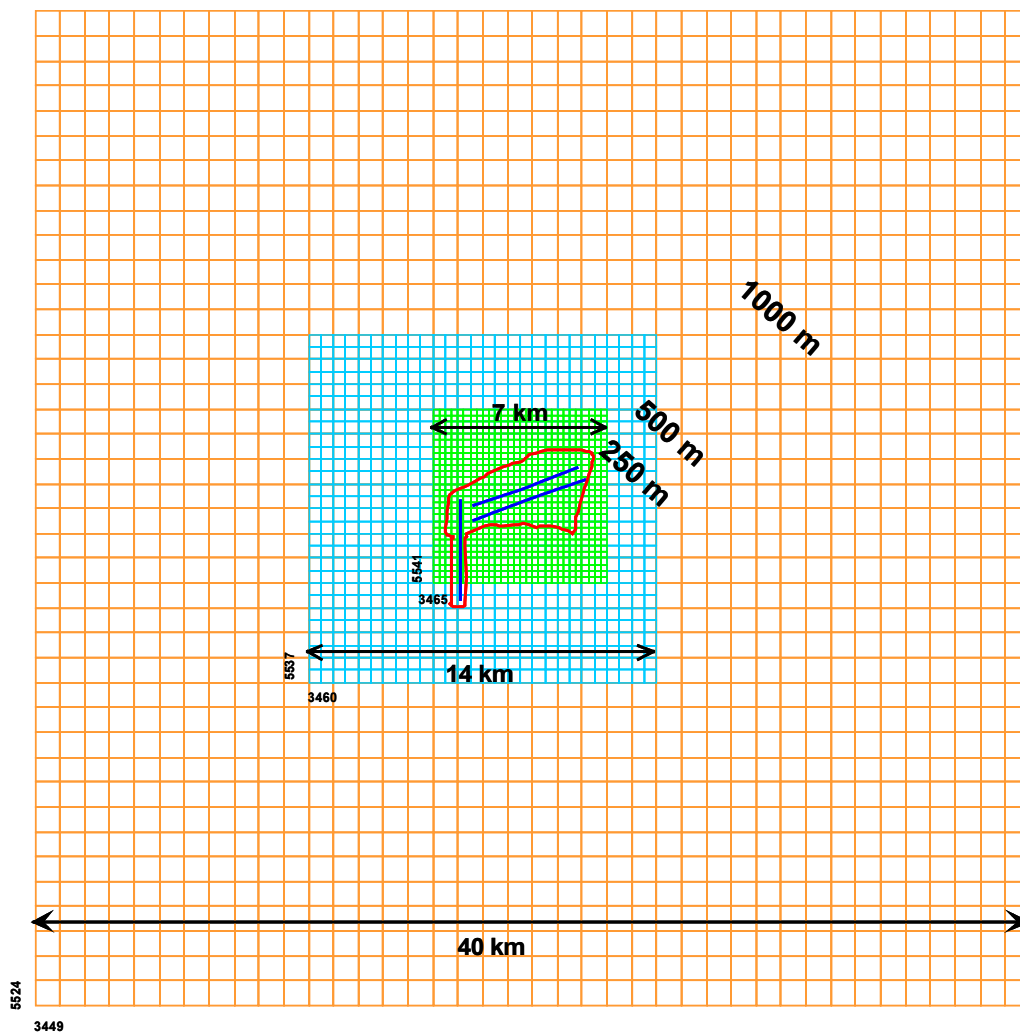


Bild 5.1: Ortslage der Rechengitter

5.3 Meteorologische Daten

Die Ausbreitungsrechnungen wurden auf Grundlage einer vom DWD als charakteristisch angegebenen Jahreszeitreihe aus dem Jahr 1997 durchgeführt. Sie enthält die an der Klima-Station Frankfurt-Flughafen gemessenen Windrichtungen, Windgeschwindigkeiten und Ausbreitungsklassen.

Eine statistische Auswertung dieser Daten zeigt **Bild 5.2**.

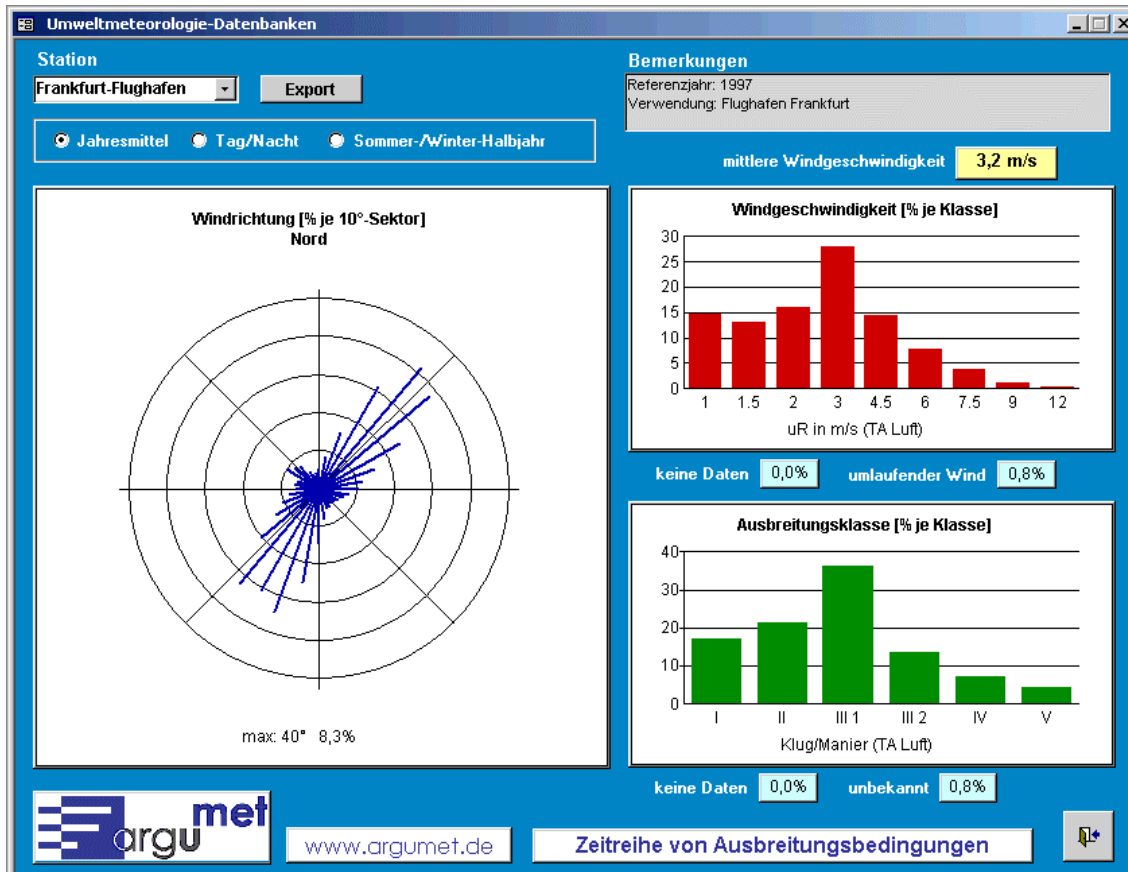


Bild 5.2: Meteorologische Daten Flughafen Frankfurt 1997 (Statistische Aufbereitung der Zeitreihe)

5.4 Reaktive NO₂-Umwandlung

Die Stickoxid-Emissionen des Kfz-Verkehrs und der stationären Quellen erfolgen zu einem Prozentsatz von über 95% als Stickstoffmonoxid (NO) und nur zu einem geringen Teil von etwa 5% als Stickstoffdioxid (NO₂). In Quellnähe erfolgt jedoch sehr schnell durch die Reaktion von Ozon (soweit es in genügender Menge vorhanden ist) mit NO eine NO₂-Produktion, die der physikalischen Ausbreitung überlagert ist.

Zur Berechnung der NO/NO₂-Umwandlungsraten wären detaillierte Kenntnisse der Ozon-Vorbelastung (z.B. Tagesgänge) notwendig. Entsprechende Daten stehen jedoch nur in seltenen Fällen zur Verfügung.

Ein einfacherer Modellansatz zur realistischen Beschreibung der NO/NO₂-Umwandlung besteht in der Nutzung des Zusammenhanges zwischen dem NO₂-Anteil der NO_x-Immissionen und der Höhe der NO_x-Konzentration. Das Ausmaß der Umwandlung von NO in NO₂ wird dabei durch das vorhandene Ozon begrenzt. Dies führt insbesondere bei hohen NO-Konzentrationen dazu, dass relativ hierzu nur ein kleiner Anteil des NO in NO₂ umgewandelt werden kann. Dabei geht der NO₂-Anteil bei hohen NO-Werten und fehlendem Ozon auf den Wert der Direktmission an NO₂ von unter 10% zurück.

Eine Berücksichtigung des Zusammenhanges zwischen dem NO₂-Anteil der NO_x-Immissionen und der Höhe der NO_x-Konzentration ist jedoch nur bei der Betrachtung der NO_x-Gesamtbelastung sinnvoll, nicht aber bei der anteiligen NO_x-Zusatzbelastung durch den Kfz-Verkehr und stationäre Quellen auf dem Flughafengelände. Daher wird im Rahmen der vorliegenden Untersuchung eine häufig in Anlehnung an die TA Luft /TA Luft 1986/ angesetzte konstante NO/NO₂-Umwandlungsrate von 60% gewählt. Die so berechneten anteiligen NO₂-Zusatzbelastungen werden insbesondere in Quellnähe stark überschätzt und dienen nur zur Orientierung.

5.5 Ergebnisse der Ausbreitungsrechnung

Die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnungen für die drei untersuchten Fälle sind im **Anhang 3** in Form von farbigen Rasterkarten für das 500 m x 500 m - Rechengitter dargestellt. Zusätzlich befindet sich im **Anhang 3** eine Differenzdarstellung

- Prognosenußfall - Ist-Situation und
- Planungsfall - Prognosenußfall.

Bei den Ausbreitungsrechnungen wurde festgestellt, dass die NO₂-Zusatzbelastung weit vor dem Rand des Untersuchungsraumes von 40 km x 40 km unter 0,4 µg/m³ sinkt. Gerade deshalb wurde der vergrößerte Ausschnitt von 14 km x 14 km für die Darstellungen ausgewählt.

Entsprechend der Emissionssituation wird sich die Immissionssituation für die beiden Prognosefälle im Vergleich zur Ist-Situation deutlich verbessern. Diese Verhältnisse spiegeln sich sowohl im Jahresmittelwert wie auch im 98-Perzentil entsprechend wider.

Auf eine Bewertung der Ergebnisse dieses Gutachtens wurde bewußt verzichtet, da diese Teil der Umweltverträglichkeitsstudie und nur für die Summe aller Luftschadstoffgutachten sinnvoll ist. Gleiches gilt für die Auswirkungen auf die Bildung von boden-nahem Ozon und den Ozonabbau in der Höhe und die Problematik der bundesweiten CO₂-Reduktion.

Literatur

BImSchV 1996

Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten – 23. BImSchV) vom 16. Dezember 1996
Bonn 1996

BMV 1993

Der Bundesminister für Verkehr (Hrsg.)
Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen
Bewertungsverfahren für den Bundesverkehrswegeplan 1992
Schriftenreihe des Bundesministers für Verkehr, Heft 72
Bonn 1993

BUWAL 1995

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
Handbuch Emissionsfaktoren für stationäre Quellen
Bern 1995

EU 1996

Richtlinie 96/62/EG des Rates vom 27.9.1996 über die Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität – EU-Rahmenrichtlinie Luftqualität
Brüssel 1996

EU 1999

Richtlinie 99/30/EG des Rates vom 22.4.1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft
Brüssel 1999

EU 2000

Richtlinie 2000/69/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16.11.2000 über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft
Brüssel 2000

FAG 1998

Flughafen Frankfurt Main AG
FAG – Luft-Schadstoff-Kataster
Frankfurt/Main 1998

FAG 1999

Flughafen Frankfurt Main AG

Energiebericht 1999

Frankfurt 2000

LAI 1992

Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI)

Krebsrisiko durch Luftverunreinigungen, Entwicklung von Beurteilungsmaßstäben für kanzerogene Luftverunreinigungen im Auftrage der Umweltministerkonferenz, Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsgb.)

Düsseldorf 1992

LUA 1997

Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen

Emissionsfaktoren des Länderarbeitskreises für bestimmte Anlagenarten

Essen 1997

LUA 1998

Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen

Emissionsfaktoren für Tankstellen

Essen 1998

TA Luft 1986

Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz

Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, 27.02.1986

UBA 1999

Umweltbundesamt

Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs

Version 1.2

Berlin 1999

UBA 2000

Umweltbundesamt

Mobilev GL: Handbuch und Benutzerdokumentation

Berlin 2000

VW 1988

Volkswagen AG

Nicht limitierte Automobil-Abgaskomponenten

Wolfsburg 1988

VW 2001

Mitteilung der Volkswagen AG

Status der nicht limitierten Abgaskomponenten bei Volkswagen

Wolfsburg 2001

ZIV 2001

Zentrum für integrierte Verkehrssysteme

Auswirkungen des flughafeninduzierten Verkehrs auf das übergeordnete Verkehrsnetz

Entwurf zum Gutachten G5

Darmstadt 2001