

INTERREG II

Grenzübergreifende Luftqualitätsanalyse am Oberrhein



**Analyse transfrontalière
de la qualité de l'air dans
le Rhin supérieur**

INTERREG II



Impressum / Impression

Herausgeber / Edition :

Der Projektrat des Interreg II-Projektes „Grenzübergreifende Luftqualitätsanalyse am Oberrhein“:
Le comité de pilotage du projet Interreg II „Analyse transfrontalière de la qualité de l'air dans le Rhin supérieur“ :

Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg
Kernerplatz 9
70182 Stuttgart

Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement — DRIRE
1, rue Pierre Montet
67082 Strasbourg

Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz
Kaiser-Friedrich-Straße 77
55116 Mainz

Lufthygieneamt beider Basel
Rheinstrasse 44
4410 Liestal

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg
Hertzstraße 173
76187 Karlsruhe

Association pour la Surveillance et l'Etude de la Pollution Atmosphérique en Alsace — ASPA
5, rue de Madrid
67309 Schiltigheim Cedex

Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz
Amtsgerichtsplatz 1
55276 Oppenheim

Bearbeitung / Rédaction : ARGE ASPA / UMEG

Association pour la Surveillance et l'Etude de la
Pollution Atmosphérique en Alsace — ASPA
5, rue de Madrid
67309 Schiltigheim Cedex



UMEG Gesellschaft für Umweltmessungen und
Umwelterhebungen mbH
Großoberfeld 3
76135 Karlsruhe

Communauté de travail

Satz und Layout / Mise en page :

UMEG Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen mbH
Großoberfeld 3
76135 Karlsruhe

Druck / Impression :

Druckerei Heinz W. Holler Druck und Verlag GmbH
Killisfeldstraße 45
76227 Karlsruhe

Die im Rahmen des Projektes „Grenzübergreifende Luftqualitätsanalyse am Oberrhein“ erhobenen Daten sind auf Anfrage bei der ARGE ASPA/UMEG auf CD-ROM erhältlich.

Les données relevées dans le cadre du projet „Analyse transfrontalière de la qualité de l'air dans le Rhin supérieur“ sont disponibles sur CD-ROM sur demande auprès de l'ARGE ASPA/UMEG.

Kartengrundlagen:

REKLIP-Karten:

4.1.1; 4.3.2; 4.4.1; 4.5.2; 4.9.3

herausgegeben vom REKLIP KLIMAATLAS Oberrhein Mitte-Süd,
Verlagsgemeinschaft:

IFG, Institut für angewandte Geowissenschaften, Offenbach

vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

Editions Coprur, Strasbourg

Genehmigt mit dem Schreiben vom 01. März 2000

Keine thematischen Ergänzungen durch die ARGE ASPA/UMEG

DHM: Digitales Höhenmodell im 250 m-Raster:

herausgegeben von GEOSYS, 31595 Toulouse Cedex, France

Genehmigung unter Lizenznr.:

MONA Pro EUROPE 72-99

Thematische Ergänzungen durch die ARGE ASPA/UMEG

Landnutzung im 200 m-Raster:

herausgegeben von der E-Plus Mobilfunk GmbH

Genehmigung unter AZ: 002, 1996

Thematische Ergänzungen durch die ARGE ASPA/UMEG

Ausschnitte aus den Topographische Karten

TÜK200: CC 7110, CC 7118, CC 7910, CC 8710

herausgegeben vom

© Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am Main

Genehmigung unter Nr. 15/00 vom 23.05.00

Thematische Ergänzungen durch die ARGE ASPA/UMEG

Ausschnitte aus der Topographische Karte

Nr. 242 Elsaß und Lothringen 1:200000

herausgegeben von

Michelin, Pneu Michelin 46, Av. de Breteuil 75324 Paris Cedex 07

Genehmigung unter AZ: © Michelin Karte Nr. 242, Gen.-Nr. 0005286

Thematische Ergänzungen durch die ARGE ASPA/UMEG

Fond cartographique :

Carte REKLIP :

4.1.1; 4.3.2; 4.4.1; 4.5.2; 4.9.3

Publié par REKLIP dans l'ATLAS climatique du Fossé Rhénan Méridional,
Editeurs :

IFG, Institut für angewandte Geowissenschaften, Offenbach

vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

Editions Coprur, Strasbourg

Autorisation par courrier du 1 mars 2000

Aucune modification de la part de l'ARGE ASPA/UMEG

MNT Modèle Numérique de Terrain 250 m Raster :

Publié par GEOSYS, 31595 Toulouse Cedex, France

Autorisation sous licence :

MONA Pro EUROPE 72-99

Supplément thématique de la part de l'ARGE ASPA/UMEG

Occupation du sol en 200 m raster :

Publié par E-Plus Mobilfunk GmbH

Autorisation AZ : 002, 1996

Supplément thématique de la part de l'ARGE ASPA/UMEG

Extrait des cartes topographiques

TÜK200 : CC 7110, CC 7118, CC 7910, CC 8710

Éditées par

© Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am Main

Autorisation Nr. 15/00 vom 23.05.00

Supplément thématique de la part de l'ARGE ASPA/UMEG

Extrait des cartes topographiques

Nr. 242 Elsaß und Lothringen 1:200000

Éditées par

Michelin, Pneu Michelin 46, Av. de Breteuil 75324 Paris Cedex 07

Autorisation sous AZ : © Michelin carte Nr. 242, Gen.-Nr. 0005286

Supplément thématique de la part de l'ARGE ASPA/UMEG

VORWORT PRÉFACE

Mit diesem Bericht liegt das Ergebnis einer deutsch-französisch-schweizerischen Kooperation vor, das erstmals eine Gesamtschau auf dem Gebiet der Luftreinhaltung über Grenzen hinweg erlaubt. Noch nie wurde in diesem Umfang und in dieser Detaillierung in Europa eine Region mit ihren Emissionen und Immissionen so umfassend untersucht, wie das Gebiet des Oberrheins im Rahmen dieses Projekts.

Das Projekt „Grenzübergreifende Luftqualitätsanalyse am Oberrhein“ wurde in den Jahren 1997/98 im Expertenausschuss Luftreinhaltung der Arbeitsgruppe Umwelt der Oberrheinkonferenz konzipiert. Im gleichen Jahr haben das Land Baden-Württemberg, die Region Alsace, das Land Rheinland-Pfalz und die beiden Schweizer Kantone Basel-Landschaft und Basel-Stadt eine Projektbeschreibung erarbeitet und zur finanziellen Förderung bei der Europäischen Union im Rahmen des INTERREG II-Programms des europäischen Fonds für regionale Entwicklung eingereicht. Die Förderung wurde 1998 bewilligt und damit der Startschuss für die Arbeiten gegeben.

Ein Projektrat unter Federführung des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg hat das Vorhaben gesteuert und koordiniert. Wesentliche Aufgaben im Rahmen des Gesamtprojekts wurden von einer eigens dafür gegründeten deutsch-französischen Arbeitsgemeinschaft zwischen der Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen (UMEG) aus Karlsruhe und der Association pour la Surveillance et l'Étude de la Pollution Atmosphérique en Alsace (ASPA) aus Straßburg übernommen. Die Arbeitsgemeinschaft hat dabei eng mit dem Lufthygieneamt beider Basel und dem Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz zusammengearbeitet.

Im Verlauf der Arbeiten wurden auf der Basis früherer Teil-Untersuchungen, wie z. B. dem Regio-Klima-Projekt (REKLIP) und der vorhandenen Daten der Projektpartner, die Emissions- und Immissionsdaten zusammengeführt, ergänzt und ausgewertet. Auf einem Gebiet mit 20 650

Résultat de la coopération franco-allemande-suisse, ce rapport donne pour la première fois une vue générale de la pollution atmosphérique transfrontalière. Jamais une région européenne n'a été étudiée avec une telle profondeur et autant de détails, avec toutes ses émissions et ses immissions, comme cela a été effectué ici pour la zone du Rhin supérieur dans le cadre de ce projet.

Le projet „analyse transfrontalière de la qualité de l'air dans le Rhin supérieur“ a été conçu au cours des années 1997/98 par la Commission d'experts chargée de l'étude de la pollution atmosphérique du groupe de travail Environnement de la Conférence du Rhin supérieur. La même année, le Bade-Wurtemberg, l'Alsace, la Rhénanie-Palatinat et les deux cantons suisses Bâle-ville et Bâle-campagne, ont élaboré une description du projet qui a ensuite été présenté à l'Union Européenne dans le cadre du programme INTERREG II du fonds européen pour le développement régional. Une aide financière a été accordée en 1998 et le feu vert a été donné pour commencer les travaux.

Le projet a été dirigé et coordonné par un comité de pilotage, sous la présidence du ministère de l'Environnement et des Transports du Bade-Wurtemberg. Une communauté de travail franco-allemande a été créée tout spécialement pour cela, avec la participation de la société UMEG de Karlsruhe spécialisée dans les mesures et enquêtes sur l'environnement et l'Association pour la Surveillance et l'Étude de la Pollution Atmosphérique en Alsace (ASPA) de Strasbourg, qui se sont chargés d'effectuer les principaux travaux dans le cadre de ce projet. La communauté de travail a travaillé étroitement avec l'Office chargé de l'Hygiène de l'Air des deux cantons de Bâle et l'Office Régional chargé de l'Environnement, de la Sécurité et du Travail du Land de Rhénanie-Palatinat.

Les participants au projet se sont basés sur des enquêtes partielles précédentes telles que le projet Climatologique Régional (REKLIP) ou de données dont ils disposaient déjà, recueillant également une multitude de données d'émissions et d'immissions qu'ils ont complétées et

km² wurden die verschiedensten Schadstoffemissionen ermittelt, Immissionen mit gemeinsamen Messkampagnen gemessen und - wo möglich - den Verursachern zugeordnet. Als Ergebnis stellt sich eine Datenbasis dar, die Ausgangspunkt für die zukünftige Luftreinhalte- und Wirtschaftspolitik in diesem Raum sein kann und damit den Oberrhein als einen lebenswerten und aufstrebenden Wirtschaftsraum im Zentrum Europas sichert. Außerdem dient der Bericht als Datenquelle für die in diesem Raum lebenden Menschen und die regionalpolitisch Verantwortlichen.

Herauszuheben sind in diesem gemeinsamen Unterfangen – neben den fachlichen Ergebnissen des gemeinsamen Projektes – auch die ausgezeichnete Zusammenarbeit der im trinational besetzten Projektrat mitwirkenden Institutionen. Die Kooperation hat dazu beigetragen, dass das gegenseitige Verständnis gewachsen ist, bislang unterschiedliche Arbeitsmethoden abgestimmt wurden und gemeinsame Lösungen zu den vielfältigen im Projekt zu bearbeitenden Fragen gefunden wurden. Ein wichtiger praktischer Schritt in Richtung Europa im Bereich der gemeinsamen Luftreinhaltepolitik.

Der Projektrat

Im September 2000

exploitées. Les différents polluants atmosphériques ont été déterminés sur une superficie de 20.650 km², les mesures des immissions ayant été effectuées au cours de campagnes de mesure communes et, dans la mesure du possible, attribuées à différentes sources. Le résultat est une base de données qui servira de point de départ pour une future politique économique et de protection de l'air dans cette région, pour la sauvegarde de la zone du Rhin supérieur comme un espace économique en plein développement et favorable à la vie de l'homme. Ce rapport sert en outre de source de données pour les hommes qui vivent dans cet espace et pour les décideurs politiques qui sont responsables de cette région.

Soulignons non seulement les résultats du projet mais aussi l'excellente coopération des institutions qui ont participé à ce comité de projet trinational. La coopération a contribué à l'accroissement de la compréhension mutuelle, à l'harmonisation des méthodes de travail et à la recherche de solutions communes aux multiples questions mises à jour lors de ce projet. C'est une étape pratique capitale vers l'Europe dans le domaine d'une politique de protection de l'air et de l'environnement.

Le comité de pilotage du projet

Septembre 2000

ZUSAMMENFASSUNG RÉSUMÉ

Im Rahmen des Förderinstrumentes für die Grenzregionen „Interreg II“ der EU wurde im Oberrheingebiet eine grenzübergreifende Luftqualitätsanalyse durchgeführt, die sich in die Erhebung der Emissionen (Emissionskataster), die Messung der Immissionen (Immissionskataster) und eine Analyse der Ursachen der gefundenen Immissionsschwerpunkte unterteilt. Das Projektgebiet umfasst den gesamten Naturraum „Oberrhein“ und damit auf französischer Seite das Elsaß, in Deutschland die Regionen Südpfalz, Mittlerer und Südlicher Oberrhein sowie auf schweizer Seite die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft.

Das im Rahmen dieses Projektes erstellte Emissionskataster beschreibt die bodennahe Freisetzung von luftfremden Stoffen für alle wesentlichen Quellen natürlichen und anthropogenen Ursprungs. Auf der Basis des Jahres 1997/98 wurden die Jahresemissionen der Quellengruppen Industrie und Gewerbe, Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher sowie des Straßen-, Schienen-, Schiffs- und Flugverkehrs erfasst. Darüber hinaus wurden auch flächendeckend die biogenen Quellen (Nutztierhaltung, Landwirtschaft und Vegetation) sowie die sonstigen anthropogenen Quellen (Hausmülldeponien, Verluste bei der Erdgasverteilung, Emissionen aus der Anwendung lösemittelhaltiger Produkte) in die Betrachtungen mit einbezogen.

Die Emissionsverhältnisse im Projektgebiet sind bei den anorganischen Schadstoffen Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Stickstoffoxide (Stickstoffmonoxid + Stickstoffdioxid), Distickstoffoxid, beim Gesamtstaub und bei den Schwermetallen vom Kraftfahrzeugverkehr und von der industriellen Struktur der Region geprägt. Ammoniak und Methan werden dagegen hauptsächlich von den biogenen und sonstigen anthropogenen Quellen freigesetzt. Demgegenüber werden die nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe zu etwa gleichen Teilen vom Verkehr, von der Industrie und von den biogenen- und sonstigen anthropogenen Quellen verursacht.

Die Erhebung der Immissionen erfolgt dauerhaft an 71 im Projektgebiet betriebenen Luftmessstationen. Ergänzend

Dans le cadre de la politique de soutien aux régions frontalières „Interreg II“ de l'Union Européenne, une analyse transfrontalière de la qualité de l'air a été effectuée dans le Rhin supérieur, comprenant un inventaire d'émissions (cadastre des émissions), la mesure des immissions (cadastre des immissions) et une analyse des causes sur des phénomènes d'immissions (concentration dans l'air) qui ressortent. La zone d'étude comprend l'ensemble de l'espace naturel du „Rhin Supérieur“ avec l'Alsace côté français, les régions sud du Palatinat et la partie sud du Rhin Supérieur côté allemand et les cantons Bâle-ville et Bâle-campagne côté suisse.

Le cadastre des émissions, établi dans le cadre de cette étude, décrit les émissions à proximité du sol de polluants atmosphériques pour les principales sources biogènes et anthropiques. Les émissions annuelles du secteur industrie - P.M.E./P.M.I., du secteur résidentiel et des petites installations de combustion et des trafics routier, ferroviaire, fluvial et aérien, ont été calculées pour l'année de référence 1997/98. Les sources biogènes (élevage de bétail, agriculture et végétation) ainsi que les autres sources anthropiques (décharges d'ordures ménagères, pertes issues du réseau de distribution du gaz naturel, émissions provenant de l'utilisation de produits à base de solvants) ont aussi été prises en considération en couvrant l'ensemble du territoire.

Pour les polluants inorganiques : dioxyde de soufre, monoxyde de carbone, dioxyde de carbone, oxydes d'azote (monoxyde et dioxyde), protoxyde d'azote, les poussières totales et les métaux lourds, les niveaux d'émissions dans la zone d'étude sont influencés par le trafic routier et par le tissu industriel de la région. L'ammoniac et le méthane, en revanche, sont principalement émis par les sources biogènes et les autres sources anthropiques. Les composés organiques volatils non méthaniques proviennent à parts égales du trafic routier, de l'industrie et des sources biogènes et autres sources anthropiques.

Les immissions ont été enregistrées en continu sur 71 stations de mesures permanentes réparties dans la zone

waren für die Dauer von einem Jahr weitere 41 Messpunkte eingerichtet, an denen Luftschadstoffe gemessen wurden. Bei den Messungen wurden 19 Luftschadstoffe erfasst. Die Ergebnisse werden mit Bezug auf europäische und nationale Grenz- und Richt- sowie Zielwerte diskutiert.

Für die Luftschadstoffe Stickstoffdioxid, Benzol, Ozon, Benzo(a)pyren und Schwefeldioxid werden die an den Messpunkten festgestellten Werte unter Beachtung der Topographie, der Landnutzung und der Emissionen auf die Fläche übertragen, so dass für diese Schadstoffe die Luftgüte in Immissionskarten dargestellt werden kann.

Die den Karten zugrunde liegende Rasterdatenbank ermöglicht es, mit Hilfe eines geographischen Informationssystems die Bereiche abzugrenzen, in denen Überschreitungen von Beurteilungswerten zu erwarten sind und damit auch eine Erfassung der exponierten Bevölkerung.

Für **Schwefeldioxid** liegen die Jahresmittelkonzentrationen im Vergleich zu Bezugswerten auf einem sehr niedrigen Niveau, lediglich in der Umgebung von Einzelemittenten werden kurzzeitig hohe Konzentrationen festgestellt.

Stickstoffdioxid überschreitet im Projektgebiet Bezugswerte nationaler und ab 2010 geltender europäischer Begrenzungen. Die für den Beginn der Übergangszeit geltende europäische Regelung von Grenzwert und Toleranzmarge wird nur an wenigen straßennahen Messpunkten knapp überschritten. Insgesamt nimmt die Stickoxidkonzentration von Süden nach Norden hin zu.

Die **Ozon**konzentrationen erreichen in den Höhenlagen der Randgebirge die maximalen Werte, wobei die Häufigkeit der Überschreitungen von Kurzzeitgrenzwerten im Südschwarzwald deutlich größer ist als in den Höhenlagen der Vogesen.

Benzol erreicht nur an stark verkehrsbeeinflussten Messpunkten Konzentrationen, die über den zu erwartenden europäischen Grenzwertregelungen liegen. Nationale Zielwerte werden jedoch bereits in Stadtrandgebieten überschritten.

Schwebstaub der Fraktion PM10 liegt im Projektgebiet

d'étude. Des mesures par prélèvement d'échantillons ont été effectuées sur 41 sites de mesures complémentaires sur une période de un an. Au cours de ces mesures, 19 polluants atmosphériques ont été suivis. Les résultats ont été interprétés au regard de valeurs limites références et cibles, européennes et nationales.

Les valeurs recensées aux sites de mesure ont été transposées à l'ensemble de la zone pour le dioxyde d'azote, le benzène, l'ozone, le benzo(a)pyrène et le dioxyde de soufre, en relation avec la topographie, l'occupation du sol et les émissions. Des cartes d'immissions avec une représentation de la qualité de l'air ont été élaborées pour ces polluants.

La base de données spatialisées ainsi obtenue permet, sous système d'information géographique, une estimation chiffrée des zones de dépassement de grandeurs d'évaluation et une évaluation de la population exposée.

Les concentrations moyennes annuelles de **dioxyde de soufre** sont très faibles en comparaison aux valeurs de référence, des pics de concentration de courte durée n'étant constatés qu'en proximité de sources ponctuelles d'émissions.

Dans la zone d'étude, les niveaux en **dioxyde d'azote** dépassent les seuils qui, conformément à la directive européenne, s'appliqueront à compter de 2010. Quelques sites de mesures à proximité des axes de circulation sortent légèrement des marges de tolérance relatives aux futures normes. Les concentrations en NO₂ présentent un accroissement du sud au nord de la zone d'étude.

Sur les hauteurs des reliefs montagneux, les concentrations d'**ozone** atteignent des valeurs maximales, les dépassements des valeurs limites de courte durée étant nettement plus fréquents dans le sud de la Forêt Noire que sur le relief Vosgien.

Le **benzène** n'atteint des concentrations supérieures aux valeurs limites européennes prévues que sur des sites de mesure influencés par la circulation. Les valeurs cibles nationales sont néanmoins dépassées sur les zones périphériques urbaines.

Dans la zone d'étude, les concentrations de **particules** en

unterhalb des zukünftigen EU-Grenzwertes, während der Grenzwert der Schweizer Luftreinhalteverordnung nur in den land- und forstwirtschaftlich genutzten Höhenlagen eingehalten werden kann.

Die Konzentration der Inhaltsstoffe des Schwebstaubes **Arsen, Blei, Cadmium** und **Nickel** liegen, soweit Bezugswerte vorhanden sind, unter diesen. Eine eindeutige Abhängigkeit von der Landnutzung kann nicht festgestellt werden. Dagegen nehmen die Konzentrationen der Luftschadstoffe **Benzo(a)pyren** und **Ruß** der Standortkategorien 'Verkehr' über 'Stadtzentrum', 'Stadttrand', 'Forst/Land' zu 'Forst/Land in Höhenlagen' stetig ab.

Zur Ermittlung der Ursachen von festgestellten Luftverunreinigungen als wesentliches Element zur Einleitung von Maßnahmen wird eine Ursachenanalyse in den räumlichen Ebenen Gesamtgebiet, städtische Agglomerationen, Stadtkerne und Messpunkte durchgeführt. Durch die Verknüpfung von Immissions- und Emissionsrasterkarten sowie struktureller geographischer Parameter werden für unterschiedliche Luftschadstoffe Hinweise auf die Beteiligung von Quellengruppen und den Einfluss der Landnutzung für die oben genannten Ebenen gegeben.

Hauptverursacher der Emissionen von Benzol, Toluol, Xylole, Ethylbenzol und des Staubinhaltsstoffes Ruß ist der motorisierte Straßenverkehr. Die Emissionen von Stickstoffoxiden, organischen Verbindungen ohne Methan und Gesamtstaub werden durch die Quellengruppen Verkehr und Industrie/Kleingewerbe verursacht. In den Gebieten mit größeren industriellen Aktivitäten überwiegt der Emissionsanteil durch die Quellengruppe Industrie/Kleingewerbe den Emissionsanteil durch die Quellengruppe Verkehr. Die Benzo(a)pyren-Emissionen werden hauptsächlich durch die Quellengruppe Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher und zu einem geringeren Anteil von der Quellengruppe Verkehr verursacht, während die Quellengruppe Industrie und Gewerbe für die Emissionen der Staubinhaltsstoffe Cadmium, Nickel und Arsen verantwortlich ist.

suspension PM10 sont inférieures à la future valeur limite européenne alors que la valeur limite de la loi suisse sur la protection de l'environnement n'est respectée que dans des zones d'altitude à exploitation agricole et forestière. Dans la mesure où il existe des valeurs de référence, la concentration en **arsenic, plomb, cadmium** et **nickel** comme constituants des particules en suspension, est moindre. On ne constate pas de nette dépendance par rapport à l'occupation des sols. En revanche, une diminution continue de la concentration des polluants atmosphériques (**Benzo(a)pyrène** et **suie**), générés par le trafic routier dans les centres ville, les zones périurbaines, les zones de 'forêts/campagne et de montagne' est perceptible.

La détermination des causes des phénomènes de pollutions atmosphériques constatées étant un élément essentiel pour la mise en œuvre de mesures ayant pour but d'améliorer la qualité de l'air, une analyse des causes a été réalisée sur l'ensemble de la zone d'étude, des agglomérations urbaines, des centres villes ainsi que sur des sites de mesure ponctuels. Les cadastres des immissions et des émissions recoupés entre eux et avec des paramètres géographiques structurels donnent, pour chacun des polluants atmosphériques, des indications quant à la contribution des secteurs d'émissions et des types d'occupation du territoire.

Le principal secteur responsable des émissions de benzène, toluène, xylènes, éthylbenzène et des suies comme constituant des poussières est le trafic routier. Les émissions d'oxydes d'azote, de composés organiques volatils non méthaniques et des poussières totales sont majoritairement attribuées aux secteurs du trafic routier et de l'industrie - P.M.E./P.M.I. Dans les zones où l'activité industrielle est plus importante, le pourcentage d'émission dû au secteur industrie - P.M.E./P.M.I. est supérieur à celui en provenance du trafic routier. Les émissions de benzo(a)pyrène sont en grande partie, issues du secteur résidentiel et des petites installations de combustion et dans une moindre mesure du trafic routier. Les émissions de cadmium, nickel et arsenic comme constituants des poussières sont principalement rejetés par le secteur industrie - P.M.E./P.M.I.

INHALTSVERZEICHNIS

TABLE DES MATIERES

Vorwort	4	Préface	4
Zusammenfassung	6	Résumé	6
1 Einleitung	12	1 Introduction	12
2 Beschreibung des Projektgebiets	14	2 Description de la zone d'étude	14
2.1 Naturräumliche Gliederung	14	2.1 Structure de l'espace naturel	14
2.2 Landnutzung	16	2.2 Occupation du sol	16
2.3 Wirtschaftsstruktur	18	2.3 Structure économique	18
2.4 Klima	22	2.4 Climat	22
2.4.1 Lufttemperatur	22	2.4.1 Température de l'air	22
2.4.2 Nebel	24	2.4.2 Brouillard	24
2.4.3 Niederschlag	26	2.4.3 Précipitations	26
2.4.4 Wind	28	2.4.4 Vent	28
2.4.5 Bioklima	30	2.4.5 Bioclimat	30
2.4.6 Meteorologische Verhältnisse während des Messzeitraumes	32	2.4.6 Conditions météorologiques pendant la période de mesure	32
3 Beschreibung der betrachteten Schadstoffe	35	3 Description des polluants pris en compte	35
3.1 Natur, Herkunft und Toxikologie der Schadstoffe	35	3.1 Nature, origine et toxicologie des polluants	35
3.2 Entstehung und Ausbreitung von Luftschadstoffen	46	3.2 Formation et diffusion des polluants de l'air	46
3.2.1 Verbrennung	46	3.2.1 La combustion	46
3.2.2 Der Kreislauf der Luftverschmutzung	47	3.2.2 Le cycle de la qualité de l'air	47
3.2.3 Die lokale Ebene und die Belästigung der Nachbarschaft	48	3.2.3 L'échelle locale et les nuisances de voisinages	48
3.2.4 Die städtische Ebene und ihre Smogglöcke	48	3.2.4 L'échelle urbaine et son dôme de pollution	48
3.2.5 Die regionale und grenzüberschreitende Ebene	49	3.2.5 L'échelle régionale et transfrontalière	49
3.2.6 Die globale Ebene	51	3.2.6 L'échelle planétaire	51
3.3 Zeitliche Entwicklung der wichtigsten Schadstoffe	52	3.3 Evolution temporelle des principaux polluants	52
3.3.1 Schwefeldioxid (SO ₂)	52	3.3.1 Le dioxyde de soufre (SO ₂)	52
3.3.2 Stickstoffdioxid (NO ₂)	55	3.3.2 Le dioxyde d'azote (NO ₂)	55
3.3.3 Kohlenmonoxid (CO)	58	3.3.3 Le monoxyde de carbone (CO)	58
3.3.4 Ozon (O ₃)	61	3.3.4 L'ozone (O ₃)	61
4 Emissionskataster	65	4 Cadastre des émissions	65
4.1 Grundlagen der Datenerhebung, Methodik und Datenbasis	65	4.1 Acquisition des données, méthodologie et base de données	65
4.2 Quellengruppenbezogene Emissionen	67	4.2 Emissions des différentes catégories de sources	67
4.2.1 Industrie und Gewerbe	67	4.2.1 Entreprises industrielles et artisanales	67
4.2.2 Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher (HUK)	75	4.2.2 Secteur résidentiel et petites installations de combustion (PIC)	75
4.2.3 Verkehr	82	4.2.3 Trafic routier	82

4.2.4	Biogene und sonstige anthropogene Quellen	99	4.2.4	Sources biogènes et autres sources anthropiques	99
4.2.5	Emissionen an klimarelevanten Schadstoffen in den Teilgebieten	106	4.2.5	Emissions de substances à effet de serre dans les différentes parties de la zone	106
4.2.6	Gesamtemissionen aller Quellengruppen in den einzelnen Teilgebieten	114	4.2.6	Emissions totales de toutes les catégories de sources dans les différents territoires	114
4.3	Rasterbezogene Emissionen	121	4.3	Emissions spatialisées	121
4.4	Emissionen auf den Linienquellen des Straßenverkehrs	131	4.4	Emissions des sources linéaires du trafic routier	131
4.5	Vergleich der Schadstoffemissionen im Projektgebiet	136	4.5	Comparaison des émissions de polluants atmosphériques dans la zone d'étude	136
5	Immissionskataster	143	5	Cadastre des immissions	143
5.1	Ziele der Messkampagne	143	5.1	Objectifs de la campagne	143
5.2	Grundlagen für die Bewertung der Immissionsbelastung	145	5.2	Bases relatives à l'évaluation de la pollution par les immissions	145
5.3	Lage der Messstellen	150	5.3	Implantation des points de mesure	150
5.4	Ergebnisse der Immissionsmessungen	152	5.4	Résultats des mesures d'immissions	152
5.4.1	Schwefeldioxid	152	5.4.1	Dioxyde de soufre	152
5.4.2	Stickstoffoxide	159	5.4.2	Oxydes d'azote	159
5.4.3	Ozon	164	5.4.3	Ozone	164
5.4.4	Organische Schadstoffkomponenten	169	5.4.4	Polluants organiques	169
5.4.5	PM10-Staub und Inhaltsstoffe des PM10-Staubes	171	5.4.5	Particules PM10 et constituants des particules PM10	171
5.5	Immissionskarten - Übertragung in die Fläche	178	5.5	Cartes des immissions - interpolation spatiale	178
5.6	Vergleich mit den Immissionsstandards und Exposition der Bevölkerung	186	5.6	Comparaison avec les normes et exposition de la population	186
5.6.1	Vergleich der Immissionsstandards im gesamten Projektgebiet und potentielle Exposition der Bevölkerung	186	5.6.1	Comparaison de la valeur limite annuelle et exposition potentielle de la population dans le Rhin supérieur	186
5.6.2	Vergleich mit den Immissionsstandards in den größten Stadtgebieten	188	5.6.2	Comparaison avec les normes dans les principales unités urbaines	188
6	Ursachenanalyse	194	6	Analyse des causes	194
6.1	Grundlagen der Ursachenanalyse	194	6.1	Bases de l'analyse des causes	194
6.2	Gesamtgebiet	196	6.2	Ensemble de la zone	196
6.2.1	Hintergrundbelastung durch Stickstoffdioxid	198	6.2.1	Pollution de fond due au dioxyde d'azote	198
6.2.2	Hintergrundbelastung durch Benzol	202	6.2.2	Pollution de fond due au benzène	202
6.3	Städtische Agglomerationen und Stadtkerne	204	6.3	Agglomérations urbaines et centres de ville	204
6.3.1	Städtische Agglomerationen	205	6.3.1	Agglomérations urbaines	205
6.3.2	Stadtkerne	212	6.3.2	Centres de ville	212
6.4	Messpunkte	217	6.4	Points de mesure	217
7	Fazit und Ausblick	225	7	Conclusion et perspectives	225
8	Literatur und Quellen	228	8	Bibliographie	228
A1	Anhang A1 - Grundlagen Emissionskataster	231	A1	Annexe A1 - Bases du Cadastre des émissions	231
A1.1	Quellengruppe Industrie (Punkt- und Flächenquellen) und Gewerbe	231	A1.1	Secteur industriel (sources ponctuelles et surfaciques)	231

A1.1.1 Industrielle Punktquellen (Großemittenten)	231	A1.1.1 Sources ponctuelles industrielles (gros émetteurs de polluants)	231
A1.1.2 Industrielle Flächenquellen	232	A1.1.2 Sources surfaciques industrielles	232
A1.1.3 Kleingewerbliche Anlagen	232	A1.1.3 Activités industrielles spécialisées	232
A1.2 Quellengruppe Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher	233	A1.2 Secteur résidentiel et petites installations de combustion	233
A1.3 Quellengruppe Verkehr	237	A1.3 Secteur transport	237
A1.3.1 Straßenverkehr	237	A1.3.1 Trafic routier	237
A1.3.2 Sonstiger Verkehr (Off-Road-Verkehr)	243	A1.3.2 Autres modes de transport	243
A1.4 Quellengruppe biogene und sonstige anthropogene Quellen	243	A1.4 Catégories de sources biogènes et autres sources anthropiques	243
A1.4.1 Emissionen aus der Nutztierhaltung und der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion	244	A1.4.1 Emissions en provenance de l'élevage d'animaux domestiques et des cultures agricoles	244
A1.4.2 Emissionen aus naturbelassenen Böden	245	A1.4.2 Emissions en provenance des sols non traités	245
A1.4.3 Emissionen aus der Vegetation (Wälder, Ackerland, Grünland)	245	A1.4.3 Emissions émanant de la végétation (forêts, terres, labourés, pâturages)	245
A1.4.4 Emissionen aus Abfalldeponien	246	A1.4.4 Emissions en provenance des décharges	246
A1.4.5 Emissionen aus privater/gewerblicher Produktanwendung	247	A1.4.5 Emissions provenant de l'utilisation privée/industrielle de produits	247
A1.4.6 Emissionen aus der Gasverteilung	247	A1.4.6 Emissions en provenance de la distribution du gaz	247
A2 Anhang A2 - Grundlagen Immissionskataster	249	A2 Annexe A2 - Bases du cadastre des immissions	249
A2.1 Grundlagen für die Bewertung der Immissionsbelastung	249	A2.1 Bases relatives à l'évaluation de la pollution par les immissions	249
A2.1.1 Leitwerte für die Luftqualität der Europäischen Union	250	A2.1.1 Valeurs références pour la qualité de l'air dans l'Union Européenne	250
A2.1.2 Nationales Recht	252	A2.1.2 Législation nationale	252
A2.1.3 Zusammenfassung	255	A2.1.3 Résumé	255
A2.2 Untersuchungsumfang und Messverfahren	257	A2.2 Etendue de l'étude et méthodes de mesure	257
A2.2.1 Untersuchungsumfang	257	A2.2.1 Etendue de l'étude	257
A2.2.2 Probenahme- und Messverfahren	262	A2.2.2 Prélèvement d'échantillons et méthodes de mesure mises en œuvre	262
A2.3 Grundlagen zur Erstellung der Immissionskarten	268	A2.3 Cartes des immissions - Interpolation spatiale	268
A2.3.1 Datengrundlage	268	A2.3.1 Base de données	268
A2.3.2 Vorgehensweise	271	A2.3.2 Démarche méthodologique	271
A2.3.3 Stickstoffdioxid	274	A2.3.3 Dioxyde d'azote	274
A2.3.4 Benzol	282	A2.3.4 Benzène	282
A2.3.5 Benzo(a)pyren	285	A2.3.5 Benzo(a)pyrène	285
A2.3.6 Schwefeldioxid	287	A2.3.6 Dioxyde de soufre	287

1 EINLEITUNG INTRODUCTION

Im Rahmen des von der EU geförderten Projektes „Grenzübergreifende Analyse der Luftqualität am Oberrhein“ wurde erstmals die Region des Oberrheingrabens mit den angrenzenden Gebirgen über die Länder- und Staatsgrenzen hinweg als naturräumliche Einheit lufthygienisch untersucht.

Das Projektgebiet umfasst die in der Region liegenden Land- und Stadtkreise der Bundesländer Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz (Deutschland), die Départements Haut-Rhin und Bas-Rhin (Frankreich) sowie die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft (Schweiz).

Die Emissionserhebungen und die Immissionsmessungen sowie die Erstellung des Abschlussberichtes erfolgten im Auftrag des für das Projekt eingerichteten Projektrates durch die Arbeitsgemeinschaft ASPA/UMEG (ASPA: Association pour la Surveillance et l'Etude de la Pollution Atmosphérique en Alsace; UMEG: Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen) mit Beteiligung des Landesamtes für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht des Landes Rheinland-Pfalz (LfUG) und des Lufthygieneamtes beider Basel (LHA).

An der Finanzierung des Projektes beteiligten sich

- DRIRE (Direction Regionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement d'Alsace - Frankreich)
- ASPA (Frankreich)
- Lufthygieneamt beider Basel (Schweiz)
- Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz (Deutschland)
- Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Deutschland)
- Europäische Union im Rahmen des INTERREG II-Programmes.

Das Projekt umfasst zunächst neben einer Beschreibung des Projektgebietes anhand seiner geografischen und klimatologischen Verhältnisse eine Darstellung der zeitlichen

Dans le cadre du projet „Analyse de la qualité de l'air dans le Rhin supérieur“, initié par la Communauté européenne, une analyse de la qualité de l'air de la région du fossé rhénan et des chaînes montagneuses avoisinantes (les Vosges et la Forêt Noire) a été réalisée pour la première fois en considérant la vallée du Rhin supérieur, certes transfrontalière, comme un espace naturel cohérent.

La zone d'étude comprend côté allemand les districts ruraux et urbains des Länder du Bade-Wurtemberg et de Rhénanie-Palatinat inclus tout ou partie dans cet espace naturel, les départements français du Haut-Rhin et du Bas-Rhin ainsi que les cantons suisses Bâle - ville et Bâle - campagne.

L'inventaire des émissions, les mesures des concentrations (immissions) ainsi que l'élaboration du rapport ont été réalisés à la demande du Comité de pilotage du projet, par la communauté de travail ASPA/UMEG (ASPA : Association pour la Surveillance et l'Etude de la Pollution Atmosphérique en Alsace; UMEG : Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen), avec la participation du Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht du Land de Rhénanie-Palatinat (LfUG) et de l'Office chargé de l'Hygiène de l'Air des deux cantons de Bâle (LHA).

Les organismes suivants ont participé au financement du projet :

- DRIRE (Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement d'Alsace - France)
- ASPA (France)
- Lufthygieneamt beider Basel (Suisse)
- Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz (Allemagne)
- Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Allemagne)
- L'Union européenne dans le cadre du programme INTERREG II.

Le projet comporte tout d'abord une description des conditions géographiques et climatologiques de la zone d'étude ainsi qu'une présentation de l'évolution temporelle

Entwicklung der Immissionsbelastung in den vergangenen 10 Jahren.

Zur Beschreibung der aktuellen lufthygienischen Situation werden als Grundlage die an den im Projektgebiet betriebenen Messstationen erhobenen Immissionsdaten herangezogen. Ergänzt werden diese Informationen durch die an 39 zusätzlich eingerichteten Messpunkten, die für die Dauer eines Jahres stichprobenhaft beprobt wurden, erhobenen Daten.

Für das gesamte Gebiet wurde eine flächendeckende Erhebung der Emission im 1 km x 1 km-Raster (Basisjahr 1997/98) durchgeführt.

Außerdem wurden die im Projekt REKLIP (Regio-Klima-Projekt) [Klimaatlas, 1995] erarbeiteten Daten in die Untersuchungen integriert.

Durch das Zusammenführen der Emissions- und Immissionsdaten im Rahmen einer Ursachenanalyse wird die Grundlage für effektive und auf die jeweilige Problematik vor Ort abgestimmte Minderungsmaßnahmen geschaffen.

Die Bereitstellung der Emissions- und Immissionsdaten sowie die Interpretation derselben kann als Grundlage für eine koordinierte umwelt- und gesundheitsverträgliche Wirtschafts-, Industrie- und Verkehrspolitik und Raumplanung sowohl im regionalen als auch im kommunalen Bereich dienen.

Die grenzübergreifende Betrachtung der Luftreinhalteproblematik fördert das Verständnis für unterschiedliche regionale Interessen und dient schließlich dem Zustandekommen eines Interessenausgleiches.

de la pollution au cours des 10 dernières années.

La description de la situation actuelle de la qualité de l'air se base sur les immissions relevées aux différentes stations permanentes de mesure installées dans la vallée du Rhin supérieur. Ces informations sont complétées par des données enregistrées sur 39 sites supplémentaires où ont été effectuées des mesures d'immissions par prises d'échantillons sur une période d'un an.

Pour l'ensemble de la zone, un inventaire des émissions a également été réalisé avec une résolution spatiale kilométrique (mailles de 1 km x 1 km) pour l'année de référence 1997/98.

Les données mises en œuvre dans le projet REKLIP (Projet Climatologique Regional) [Atlas climatique, 1995] ont également été intégrées dans l'étude.

L'analyse des causes, synthétisant les données d'émissions et d'immissions, doit servir de base à la détermination de mesures effectives envisagées pour réduire les niveaux de pollution dans l'espace rhénan.

En effet, la mise à disposition des données d'émissions et d'immissions ainsi que leur interprétation pourra servir de base à l'élaboration d'une politique économique, industrielle, des transports et de l'aménagement du territoire aussi bien au niveau régional que communal, coordonnée et compatible avec la santé humaine et le respect de l'environnement.

L'approche transfrontalière de la problématique de la protection atmosphérique nécessite une compréhension d'intérêts régionaux parfois différents et favorise, in fine, la conciliation d'intérêts contraires.

2 BESCHREIBUNG DES PROJEKTGEBIETES DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Das Projektgebiet umfasst das südliche und mittlere Oberrheingebiet mit seinen Randgebirgen Schwarzwald, Vogesen, Pfälzer Wald und Kraichgau. Es erstreckt sich über ca. 270 km Länge von Basel in Richtung Nord-Nord-Ost bis nach Mannheim/Ludwigshafen (Karte 2-1). Insgesamt umfasst das Projektgebiet eine Fläche von 20.650 km².

2.1 Naturräumliche Gliederung

Der Oberrheingraben ist Teil des Westeuropäischen Grabensystems, das sich vom westlichen Mittelmeer bis nach Norddeutschland erstreckt.

Der heutige Rhein hat sich unter Ausbildung einer Talau in die Niederterrassenschotter eingesenkt. Diese Niederterrasse liegt 5 m bis 18 m über dem Rhein. Eine Singularität bildet der zum Teil aus vulkanischem Erguss und Tiefengesteinen bestehende Kaiserstuhl.

Durch die Rheinkorrekturen und die Uferverbauung wurde der Rhein in ein kanalartiges Bett gezwängt. Eine Begleiterscheinung ist die allgemeine Grundwasserabsenkung. Sie führte zum Austrocknen der Altrheinarme in der Markgräfler Rheinebene südlich des Kaiserstuhls und bewirkte eine Verbuschung und Versteppung des ursprünglichen Auwaldes. Das warme und trockene Klima der südlichen Rheinebene begünstigte diese Tendenz.

Nördlich des Kaiserstuhls bis etwa Straßburg grenzen die Stromniederung und die eigentliche Ebene in fast gleicher Höhe aneinander, daher ist das Grundwassergefälle von den Vorbergen zum Rhein hin sehr schwach. Deshalb liegt der Grundwasserspiegel in diesem Teil sehr viel näher an der Erdoberfläche als südlich davon und den nördlich anschließenden Hardtebenen. Den größten Teil dieses Abschnittes nehmen Grundwasserfeuchte und zeitweise überschwemmte Niederungen ein, was ein erhöhtes Auftreten von Nebel zur Folge hat. Charakteristisch sind die immerfeuchten mit Auwald bedeckten Rheinniederungen.

Nördlich von Straßburg bildete der Rhein vor der Korrektur große Mäander und änderte seinen Lauf ständig. Bedingt durch den hohen Grundwasserstand und die regelmäßigen Überschwemmungen konnten die fluss-

La zone d'étude comprend la partie sud et la partie centrale de la plaine du Rhin supérieur bordée par les massifs de la Forêt Noire, des Vosges, de la Forêt du Palatinat et du Kraichgau. Elle s'étend sur une longueur d'environ 270 km, entre Bâle au sud et Mannheim/Ludwigshafen au nord/nord-est, (carte 2-1). Au total, elle couvre une superficie de 20.650 km².

2.1 Structure de l'espace naturel

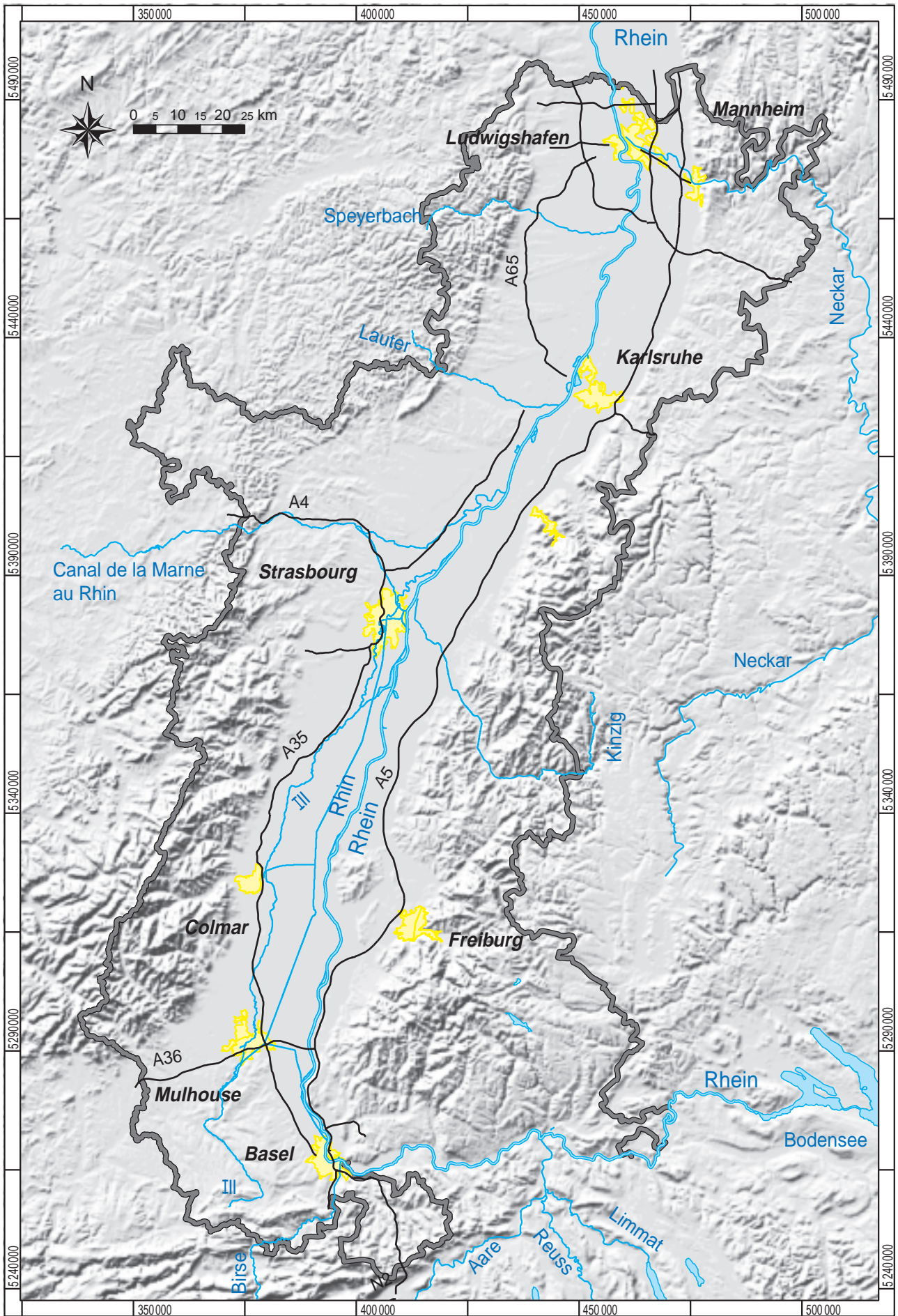
Le fossé rhénan doit son origine au système de plissement alpin de l'Europe de l'Ouest qui va de la Méditerranée occidentale au nord de l'Allemagne.

Le Rhin actuel s'est enfoncé dans le sable alluvionnaire en formant un large lit majeur. Les terrasses alluviales s'élèvent de 5 à 18 m au dessus du Rhin. Le Kaiserstuhl composé en partie de roches magmatiques et plutoniques se distingue du paysage.

Suite aux travaux de correction du cours du Rhin et de la stabilisation des berges, le Rhin a été canalisé dans un lit plus étroit. Un effet secondaire est l'abaissement général de la nappe phréatique. Il a provoqué l'assèchement des bras morts du Rhin dans la plaine rhénane du Markgräfler, au sud du Kaiserstuhl, provoquant ainsi l'embroussaillage et l'érosion du sol de la forêt alluviale primitive. Le climat chaud et sec privilégie la tendance à l'érosion du sol.

Au nord du Kaiserstuhl jusqu'à la hauteur de Strasbourg, le lit majeur et la plaine proprement dite sont presque au même niveau et la pente de la nappe phréatique des contreforts du relief jusqu'au Rhin est alors très faible. C'est pour cette raison que la nappe phréatique est beaucoup plus proche de la surface dans cette zone que plus au sud et plus au nord, au niveau des collines de la Hardt. La majeure partie de la plaine est occupée par des zones basses rendues humides par la nappe phréatique et inondées par moments, ce qui favorise la formation de brouillard. Les terres d'alluvions du Rhin, couvertes de forêts alluviales et toujours humides, sont caractéristiques.

Au nord de Strasbourg avant les travaux de rectification de son cours, le Rhin formait de larges méandres en changeant continuellement son cours. Du fait du niveau élevé de la nappe phréatique et des risques réguliers d'inondation, ces



Karte 2-1: Übersicht über das Projektgebiet.

Carte 2-1 : Cadre de la zone d'étude.

nahen Flächen nicht landwirtschaftlich genutzt werden, weshalb der ursprüngliche Auwald bis heute weitgehend erhalten blieb.

Die angrenzenden höher liegenden trockenen Flächen wurden schon früh landwirtschaftlich bewirtschaftet und sind damit weitgehend waldfrei. Charakteristisch sind im nördlichen Elsaß und in der Pfalz die weit in die Ebene hineinreichenden Lößzungen, deren größte und höchste sich bis nahe an den Rhein bei Lauterburg erstreckt. Auf diesen Flächen wird intensiver Ackerbau und Weinanbau betrieben. Dazwischen liegen ausgedehnte Wälder, deren größte der Forêt de Hagenau und der Bienwald sind. Im Osten des Rheingrabens zwischen Karlsruhe und Heidelberg finden die Ackerflächen ihre Fortsetzung im Hügelland des Kraichgau.

In den links- und rechtsrheinischen Vorbergzonen wurde der Wald ganz vom Kulturland verdrängt, vor allem Obst- und Weinbau spielen hier eine wichtige Rolle.

Herausragend ist der sich vor der Freiburger Bucht erhebende Kaiserstuhl mit 557 m. Seinen Kern bildet der älteste und bedeutendste unter den süddeutschen Tertiärvulkanen. Charakteristisch ist der ihn nahezu vollständig bedeckende, bis zu 25 m dicke Lößmantel. Die Südhänge in windgeschützten Lagen erreichen die höchsten Temperaturen in Deutschland.

Die alten Grundgebirgsstümpfe des Schwarzwaldes und der Vogesen begrenzen den Rheingraben im Westen und Osten. Im Süden erfolgt der Abschluss durch den steil aufragenden Schweizer Jura, im Nordwesten durch den Pfälzerwald. Bedeutende Öffnungen weist der Oberrheingraben im Südwesten in der Burgundischen Pforte, im Westen in der Zaberner Senke sowie im Nordosten durch den Kraichgau auf.

2.2 Landnutzung

Die Zusammensetzung und räumliche Verteilung der Vegetation ist im Projektgebiet in starkem Maße vom Menschen geprägt. Fruchtbare Gebiete haben in früherer Zeit Ackerbau ermöglicht und damit eine dichtere Besiedlung zugelassen. Zur Anlage von Siedlungen, Industrieanlagen

surfaces n'ont pu être utilisées intensément pour l'agriculture. C'est pour cette raison que la forêt alluviale primitive a été en grande partie préservée jusqu' à nos jours.

En bordure, les zones sèches plus élevées ont été cultivées très tôt et se trouvent pratiquement déboisées. Les larges couches de loess qui s'étendent dans la plaine dans le nord de l'Alsace et dans le Palatinat et dont la plus grande et la plus élevée s'étend à proximité du Rhin à Lauterbourg, sont caractéristiques. Sur ces zones, l'agriculture et la viticulture prennent une place importante. Entre ces zones se trouvent de grandes forêts, dont les plus grandes sont la Forêt de Hagenau et le Bienwald. A l'est du fossé rhénan entre Karlsruhe et Heidelberg les surfaces cultivées se prolongent dans la région vallonnée du Kraichgau.

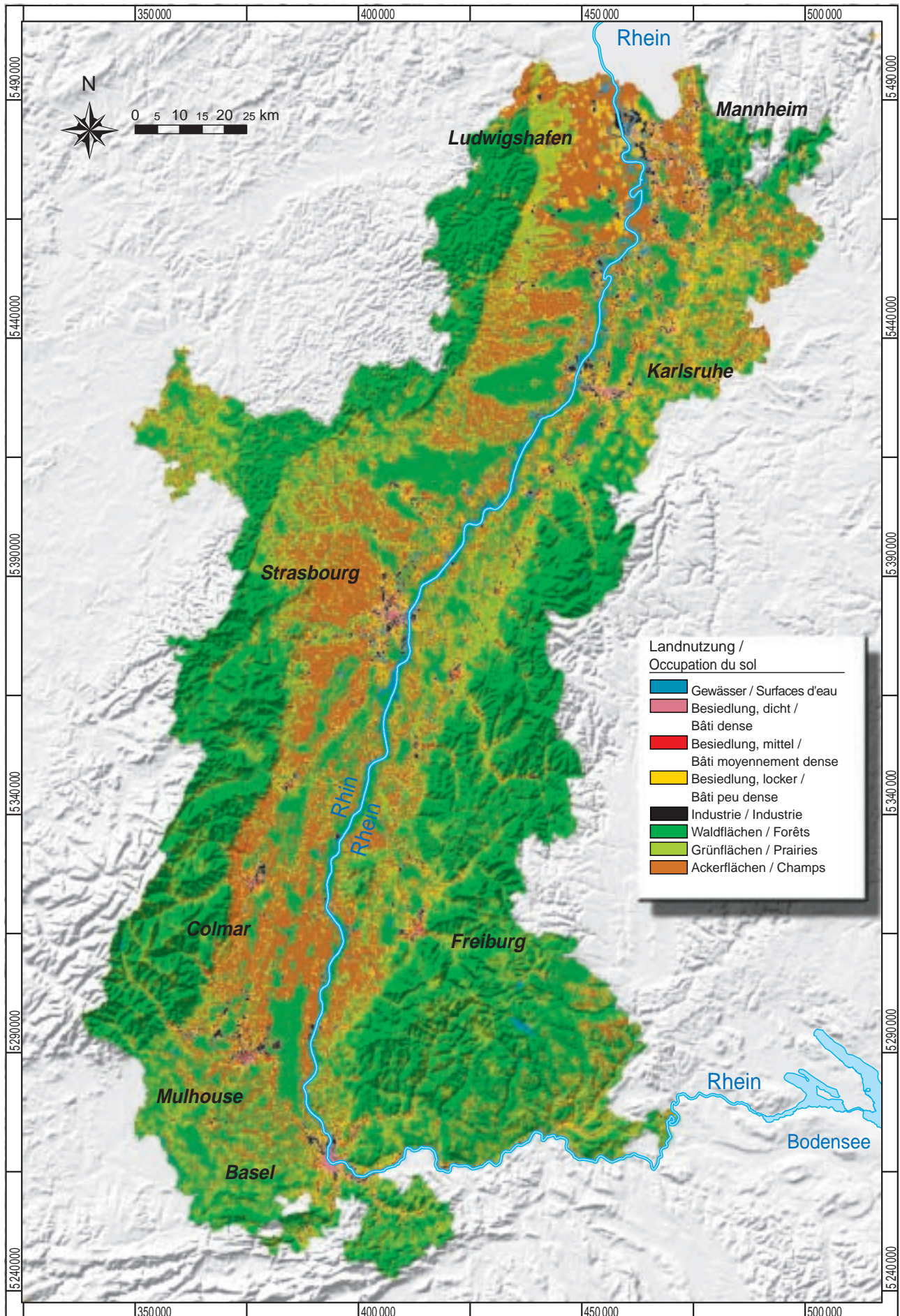
Dans les piémonts de la rive gauche et de la rive droite du Rhin, la forêt a été entièrement remplacée par un paysage de cultures avec notamment des vergers et de la vigne qui occupent une place importante dans l'économie régionale.

Haut de 557 m, le Kaiserstuhl domine le cirque de Freiburg. Son noyau est formé par un volcan, le plus ancien et le plus important des volcans tertiaires du sud de l'Allemagne. Il est recouvert presque intégralement d'un manteau de loess allant jusqu'à 25 m. Les pentes sud situées à l'abri du vent atteignent les températures les plus élevées d'Allemagne.

Les vieux ballons des massifs des Vosges et de la Forêt Noire délimitent le fossé rhénan à l'Ouest et à l'Est. La jonction est faite, au sud par le Jura Suisse qui se dresse abruptement, et au Nord-Ouest par le Pfälzerwald. Le fossé rhénan présente de larges ouvertures : au Sud, la trouée de Belfort, à l'Ouest la Zaberner Senke et au Nord-Est le Kraichgau.

2.2 Occupation du sol

La composition et la répartition géographique de la végétation dans la zone d'étude sont fortement déterminées par l'homme. Les zones fertiles ont favorisé très tôt l'agriculture et par conséquent l'implantation d'une population plus dense. L'implantation des lotissements, des installa-



Karte 2.2-1: Landnutzung im Projektgebiet.

Carte 2.2-1 : Occupation du sol dans la zone d'étude.

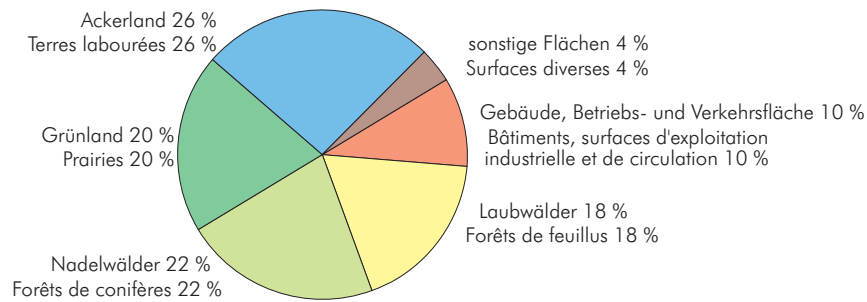


Abbildung 2.2-1: Bodennutzung im Projektgebiet.

Figure 2.2-1 : Occupation du sol dans la zone d'étude.

und Verkehrswegen wurden Wälder gerodet und Ackerland umgenutzt. Ein großer Eingriff in den Wasserhaushalt des Oberrheingrabens war die Rheinkorrektur durch Tulla. Sie wurde zur Schiffbarmachung des Rheins und damit Erhöhung der Fließgeschwindigkeit sowie zur Eindämmung der großflächigen Überschwemmungen durchgeführt.

Die Fläche des Projektgebietes gliedert sich in die in Abbildung 2.2-1 aufgeführten Landnutzungsarten.

Über 46 % des Gebietes ist von Grünflächen, Wiesen und Ackerflächen bedeckt. Der Weinbau, charakteristisch für den Ost- und Westabfall der Vorbergzone und den Kaiserstuhl, nimmt davon ca. 1,6 % ein. Die Reben gedeihen hier bis in 500 m Höhe.

Den zweitgrößten Anteil haben die Waldflächen mit 40 %. Der Wald beschränkt sich heute vorwiegend auf Standorte, auf denen die Landwirtschaft der Forstwirtschaft ökonomisch unterlegen ist.

Die größten zusammenhängenden Siedlungsflächen finden sich entlang des Rheins an Stellen, wo Querverbindungen für einen wirtschaftlichen Austausch in Schwarzwald und Vogesen hinein und darüber hinweg sorgen.

2.3 Wirtschaftsstruktur

Im Jahr 1997 lebten im gesamten Projektgebiet knapp über 6 Mio. Menschen (Tabelle 2.3-1). Die höchste Einwohnerdichte wies dabei die Stadt Basel mit 53,6 Einwohner pro Hektar auf, gefolgt von den Städten Mülhausen, Straßburg, Mannheim und Ludwigshafen. Die Beschäftigungsquote ist in Basel-Stadt doppelt so hoch wie der Durchschnitt des gesamten Gebiets. Ebenfalls weit über dem Durchschnitt liegen die Städte Baden-Baden, Heidelberg, Mannheim, Freiburg und Ludwigshafen.

tions industrielles et des voies de communication, a entraîné le défrichement des forêts et l'utilisation des terres labourées à d'autres fins. La correction du cours du Rhin par Tulla fut une intervention profonde dans le bilan hydrologique du fossé rhénan. Elle était nécessaire pour canaliser le Rhin afin d'augmenter la vitesse d'écoulement du fleuve et de maîtriser les grandes inondations.

La superficie de la zone d'étude se répartit en différents types d'occupation du sol décrits dans la figure 2.2-1.

Plus de 46% de la superficie de la zone sont recouverts d'espaces verts, de prairies et de terres cultivées. Caractéristique pour les pentes Est et Ouest du piémont et pour le Kaiserstuhl, la vigne en occupe environ 1,6 %. Les vignes poussent ici jusqu'à une altitude de 500 m.

Les surfaces forestières occupent la deuxième place à raison de 40 %. Aujourd'hui, la forêt se limite principalement aux endroits où l'exploitation agricole est moins rentable que l'exploitation sylvicole.

Les plus grandes zones d'implantation urbanisées continues se situent le long du Rhin, aux endroits où des liaisons transversales assurent un échange économique vers la Forêt Noire et les Vosges.

2.3 Structure économique

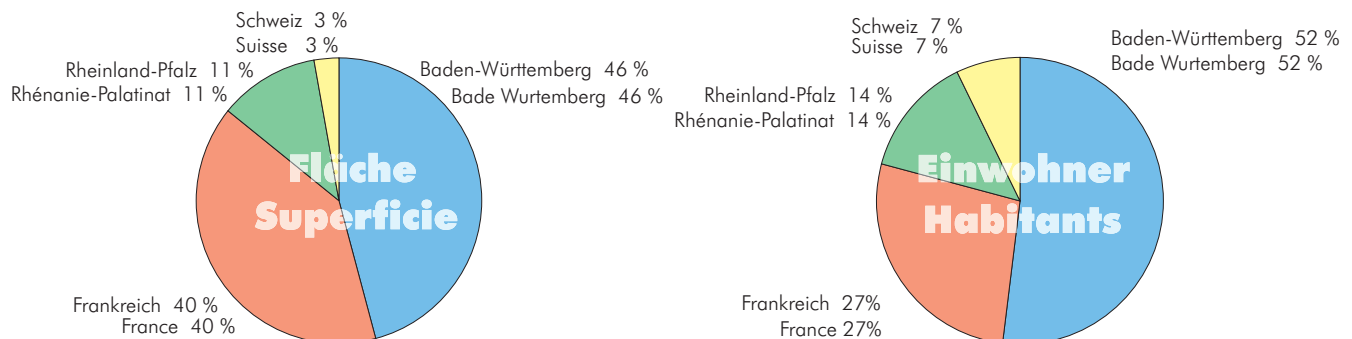
En 1997, la zone d'étude toute entière comptait plus de 6 millions d'habitants (tableau 2.3-1) : Bâle Ville présentant la densité de population la plus importante à raison de 53,6 habitants à l'hectare, suivie des villes de Mulhouse, Strasbourg, Mannheim et Ludwigshafen. L'activité économique de Bâle ville est le double de celle observée pour l'ensemble de la zone. Les villes de Baden-Baden, Heidelberg, Mannheim, Freiburg et Ludwigshafen présentent également une activité supérieure à la moyenne de la vallée du Rhin supérieur.

Tabelle 2.3-1: Strukturdaten in den Gebietsteilen der Projektpartner 1997.

	Fläche in ha	Einwohner	Einwohnerdichte EW/ha	Wohnungen	Beschäftigte je 1000 EW
Oberrheinteil Baden-Württemberg	945 307	3 293 602	3,5	1 470 230	398
Elsaß	824 855	1 713 411	2,1	675 126	457
Oberrheinteil Rheinland-Pfalz	236 689	866 257	3,7	381 948	312
Beide Basel	55 460	453 927	8,2	217 255	602
Projektgebiet	2 062 311	6 327 197	3,0	2 744 559	416

Tableau 2.3-1 : Données structurales dans les territoires participant au projet en 1997.

	Superficie en ha	Habitants	Densité de population habitants/ha	Foyers	Population active pour 1000 habit.
Bade-Wurtemberg	945 307	3 293 602	3,5	1 470 230	398
Alsace	824 855	1 713 411	2,1	675 126	457
Rhénanie-Palatinat	236 689	866 257	3,7	381 948	312
Bâle ville/Bâle campagne	55 460	453 927	8,2	217 255	602
zone d'étude	2 062 311	6 327 197	3,0	2 744 559	416

**Abbildung 2.3-1:** Anteil der Projektteilnehmer an Fläche und Einwohner des Projektgebiets (links: Fläche, rechts: Einwohner).**Figure 2.3-1 :** Pourcentage des différents territoires en superficie et population par rapport à l'ensemble de la zone d'étude (à gauche : superficie, à droite : habitants).

Die wichtigsten Verkehrswege im Oberrheingraben verlaufen in Nord-Süd-Richtung. Im Südwesten vermittelt der Sundgau mit der Burgundischen Pforte den Verkehr zwischen Oberrheingraben und Rhône-Saône-Senke zum Mittelmeer hin.

Ost-West-Verbindungen spielen eine untergeordnete Rolle, da sie nur durch querverlaufende Täler der Randgebirge verlaufen können.

Das Grundnetz der Autobahnen entspricht in seinem räumlichen Aufbau und in seiner Verkehrsbedeutung für den Güter- und Personentransport weitgehend dem Netz der Eisenbahn. Seit das System 4-spuriger und 6-spuriger Straßen intensiv ausgebaut worden ist, hat das Straßenverkehrswesen den standortprägenden Einfluss übernommen. Im Güterverkehr von nicht eilbedürftigen Massengütern verläuft die wichtigste Verbindung zwischen Basel und Rotterdam über den Rhein.

Im Projektgebiet waren im Jahr 1998 rund 3,7 Mio. Kraftfahrzeuge gemeldet (Tabelle 2.3-2). Das entspricht im

Les principales voies de communication dans le fossé rhénan sont de direction nord-sud. Au sud-ouest, le Sundgau avec la Trouée de Belfort établit la communication entre le fossé rhénan et la dépression Rhône-Saône en direction de la Méditerranée.

Les liaisons est-ouest sont de moindre importance car elles ne peuvent passer que par les vallées transversales des massifs montagneux limitrophes.

Au niveau structure et importance des communications pour le transport de marchandises et de voyageurs, le réseau d'autoroutes correspond en grande partie à celui du chemin de fer. Depuis l'aménagement intensif du système de routes à 4 et à 6 voies, le trafic routier a pris une influence importante sur les sites. En matière de transport de marchandises de gros tonnage non urgentes, la principale liaison entre Bâle et Rotterdam passe par le Rhin.

Dans la zone d'étude, on comptait en 1998 environ 3,7 millions de véhicules automobiles immatriculés (tableau

Tabelle 2.3-2: Kraftfahrzeugbestand (statisch) in den Gebietsteilen der Projektpartner 1998.

	Kfz	Pkw	Lkw	Kräder	Motorisierungsgrad
Oberrheinteil Baden-Württemberg	2 056 891	1 717 091	172 138	137 229	531
Elsaß	865 270	746 600	94 870	23 800	436
Oberrheinteil Rheinland-Pfalz	559 097	469 242	47 429	35 775	542
Beide Basel	219 786	181 020	16 794	21 972	404
Projektgebiet	3 701 044	3 113 953	331 231	218 776	504

Tableau 2.3-2 : Parc de véhicules (statique) dans les territoires participant au projet en 1998.

	Véhicules totaux	Véhicules particuliers	Poids lourds	Motos	Degré de motorisation
Bade-Wurtemberg	2 056 891	1 717 091	172 138	137 229	531
Alsace	865 270	746 600	94 870	23 800	436
Rhénanie-Palatinat	559 097	469 242	47 429	35 775	542
Bâle ville/Bâle campagne	219 786	181 020	16 794	21 972	404
zone d'étude	3 701 044	3 113 953	331 231	218 776	504

Tabelle 2.3-3: Anteil des dynamischen Pkw-Bestandes mit Otto-3-Wege-KAT in den Gebietsteilen der Projektpartner 1998.

	Pkw Innerorts	Pkw Außerorts ohne Autobahn	Pkw Autobahn
Oberrhreinteile Baden-Württemberg/ Rheinland-Pfalz	65 %	66 %	70 %
Elsaß	26 %	23 %	20 %
Beide Basel	85 %	84 %	84 %

Schnitt einem Motorisierungsgrad von etwa 500 Kraftfahrzeugen auf 1000 Einwohner. Betrachtet man den dynamischen Bestand an Pkw mit geregelterm 3-Wege-Kat, d. h. den fahrleistungsgewichteten Anteil dieser Fahrzeuggruppe an den Jahresfahrleistungen aller Pkw (Tabelle 2.3-3), so zeigt sich, dass in Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz über 65 % der Pkw über einen geregelten 3-Wege-Kat verfügen. In den Kantonen Basellandschaft und Basel-Stadt liegt der Anteil dieser Fahrzeuggruppe sogar bei 85 %. In Frankreich werden dagegen noch überwiegend Diesel- und Ottomotoren ohne Schadstoffreduzierung gefahren. Insgesamt stehen über 15 000 km klassifizierte Straßen für den Kraftfahrzeugverkehr zur Verfügung. Davon sind 811 km Autobahnen und 2 169 km Bundesstraßen (Tabelle 2.3-4).

Die industriellen/gewerblichen Betriebe tragen in erheblichem Maß zur Schadstoffbelastung bei. In Tabelle 2.3-5 ist die Anzahl der beteiligten Betriebe, differenziert nach punktueller und flächiger Erfassung, dargestellt.

Tabelle 2.3-6 zeigt die Bestände von Pferden, Rindern, Schweinen, Schafen und Geflügel im Projektgebiet. Während im Elsaß die Rinderhaltung und vor allem die

Tableau 2.3-3 : Pourcentage du parc dynamique de véhicules à essence avec catalyseur à 3 voies dans les territoires participant au projet en 1998.

	Véhicules particuliers interurbain	Véhicules particuliers extra urbain sans autoroutes	Véhicules particuliers autoroutes
Bade-Wurtemberg/ Rhénanie-Palatinat	65 %	66 %	70 %
Alsace	26 %	23 %	20 %
Bâle ville/campagne	85 %	84 %	84 %

2.3-2). Cela correspond en moyenne à un indice de motorisation d'environ 500 véhicules pour 1000 habitants. Si l'on considère le parc dynamique de véhicules de tourisme équipés de catalyseur à trois voies, soit le pourcentage des véhicules de cette catégorie par rapport aux données annuelles de tous les véhicules de tourisme (tableau 2.3-3), il ressort que plus de 65 % des véhicules de tourisme du Bade-Wurtemberg et de Rhénanie-Palatinat sont équipés d'un catalyseur de ce type. Dans les cantons de Bâle-campagne et Bâle-Ville, le pourcentage de véhicules équipés d'un catalyseur dépasse 85 %. Les Français, eux, roulent principalement avec des moteurs Diesel et à essence non catalysés. Au total, on dispose de plus de 15 000 km de routes pour la circulation automobile, dont 811 km d'autoroutes et 2 169 km de routes nationales (tableau 2.3-4).

Les entreprises industrielles/professionnelles contribuent notablement à la pollution de l'air. Le tableau 2.3-5 indique le nombre d'entreprises impliquées, différenciées selon un dénombrement par sources ponctuelles et surfaciques.

Le tableau 2.3-6 montre les cheptels de chevaux, bœufs, porcs, moutons et volailles dans la zone d'étude. Alors qu'en Alsace c'est l'élevage de bovins et surtout de vo-

Tabelle 2.3-4: Aufteilung der Linienquellenlängen in den Gebietsteilen der Projektpartner 1998.

	Autobahnen in km	Bundesstraßen in km	Landesstraßen in km	Kreisstraßen in km	Gemeindestraßen in km	Summe in km
Oberrheinteil Baden-Württemberg	332	1 284	2 032	2 132	447	6 227
Elsaß	289	511	5 416		239	6 455
Oberrheinteil Rheinland-Pfalz	141	346	871	662	373	2 393
Beide Basel	49	28		301	311	689
Projektgebiet	811	2 169	8 319	3 095	1 370	15 764

Tableau 2.3-4 : Répartition des longueurs des sources linéaires dans les territoires participant au projet en 1998.

	Autoroutes en km	Routes nationales en km	Routes départementales en km	Routes cantonales en km	Routes communales en km	Total en km
Bade-Wurtemberg	332	1 284	2 032	2 132	447	6 227
Alsace	289	511	5 416		239	6 455
Rhénanie-Palatinat	141	346	871	662	373	2 393
Bâle ville/Bâle campagne	49	28		301	311	689
zone d'étude	811	2 169	8 319	3 095	1 370	15 764

Tabelle 2.3-5: Industrielle/gewerbliche Punkt- und Flächenquellen in den Gebietsteilen der Projektpartner 1997.

	Anzahl Betriebe	
	Punktquellen	Flächenquellen
Oberrheinteil Baden-Württemberg	49	7 961
Beide Basel	7	1 049 ¹⁾
Elsaß	79	6 522 ²⁾
Oberrheinteil Rheinland-Pfalz	15	2 133

1) ohne Kleingewerbliche Quellen

2) ohne industrielle Flächenquellen

Tableau 2.3-5 : Sources ponctuelles et surfaciques industrielles et artisanales dans les territoires participant au projet en 1997.

	Nombre d'entreprises	
	Sources ponctuelles	Sources surfaciques
Bade-Wurtemberg	49	7 961
Bâle ville/Bâle campagne	7	1 049 ¹⁾
Alsace	79	6 522 ²⁾
Rhénanie-Palatinat	15	2 133

1) sans sources artisanales

2) sans sources surfaciques industrielles

Tabelle 2.3-6: Nutztierhaltung in den Gebietsteilen der Projektpartner 1997.

	Pferde	Rinder (ges.)	Schweine	Schafe	Geflügel
Oberrheinteil Baden-Württemberg	19 923	209 849	175 945	57 830	778 852
Elsaß	3 759	224 611	85 575	32 644	2 137 877
Oberrheinteil Rheinland-Pfalz	3 122	7 292	17 152	10 467	205 843
Beide Basel	k.A.	30 624	12 218	6 258	69 671
Projektgebiet	26 804	472 376	290 890	107 199	3 192 243

k.A. keine Angaben

Tableau 2.3-6 : Elevage intensif dans les territoires participant au projet en 1997.

	Chevaux	Bovins (total)	Porcins	Ovins	Volailles
Bade-Wurtemberg	19 923	209 849	175 945	57 830	778 852
Alsace	3 759	224 611	85 575	32 644	2 137 877
Rhénanie-Palatinat	3 122	7 292	17 152	10 467	205 843
Bâle ville/Bâle campagne	nd	30 624	12 218	6 258	69 671
zone d'étude	26 804	472 376	290 890	107 199	3 192 243

nd : Donnée non disponible

Geflügelzucht dominiert, werden im baden-württembergischen Teilgebiet eher Schweine und Pferde gehalten. Eine eher untergeordnete Rolle bei der Nutztierhaltung im Projektgebiet nimmt das Teilgebiet von Rheinland-Pfalz ein, welches im Vergleich zu den Einwohner- und Flächenanteilen nur über relativ geringe Tierbestände verfügt.

lailles qui domine, au Bade-Wurtemberg, on trouve plutôt des porcs et des chevaux. La région Rhénanie-Palatinat ne possède qu'un cheptel limité par rapport au nombre d'habitants et sa superficie joue un rôle secondaire dans l'élevage d'animaux domestiques.

2.4 Klima

Für die Darstellung der klimatischen Verhältnisse werden nachfolgend Karten aus dem Reklip Klimaatlas [Klimaatlas, 1995] verwendet, der jedoch den nördlichen Teil des Projektgebietes nicht berücksichtigt.

Das Klima des Projektgebietes ist milder, als es seine Lage in Mitteleuropa erwarten ließe. Zum einen liegt der Oberrheingraben tiefer als die umgebenden Regionen und zum anderen ist er über die Burgundische Pforte zum Mittelmeer hin geöffnet. Somit können ganzjährig feucht-warme Luftmassen aus dem westlichen Mittelmeerraum in den Oberrheingraben einfließen. Die fast senkrecht zur vorherrschenden westlichen Strömung stehenden Randgebirge bringen eine Modifizierung der bodennahen Luftströmung mit sich. Die Vogesen bilden für die maritimen Luftmassen aus West und Südwest das erste bedeutsame Hindernis.

Im Winter treten vermehrt Inversionswetterlagen auf. Diese können bei genügend hoher Luftfeuchtigkeit zu Nebel und Hochnebel und damit zu einer Anreicherung mit Luftschadstoffen in den tieferen Lagen führen, während die Bergkuppen aus der Kaltluftschicht herausragen.

Im Sommer ist das Projektgebiet an schwülen und heißen Tagen einer erhöhten Wärmebelastung ausgesetzt, die mit der Höhe rasch abnimmt.

2.4.1 Lufttemperatur

Die Verteilung der mittleren Jahrestemperatur im Projektgebiet ist in Karte 2.4-1 [Klimaatlas, 1995] dargestellt.

Im Oberrheingraben wird überwiegend dort eine Mitteltemperatur von über 10 °C erreicht, wo die großräumigen Südwest- oder Westströmungen sowie die Nord- bis Nordostströmungen durch die benachbarten Gebirgszüge abgeschirmt sind. Die Jahresmittelwerte sinken in den Vogesen und im Schwarzwald mit zunehmender Höhe auf 6 °C bis 5 °C in 1000 m bis 1200 m Höhe ab.

In den breiten und tiefen Tälern von Kinzig und Murg ist bis weit in den Schwarzwald hinein die gleiche Jahresmit-

2.4 Climat

Les cartes suivantes de l'Atlas Climatique du Fossé Rhénan Méridional ont été utilisées pour la description des conditions climatiques. Cependant, la partie située au Nord de la zone d'étude n'est pas prise en compte.

Le climat de la zone d'étude est plus doux que sa situation en Europe centrale ne le laisse présumer. D'une part le fossé rhénan est situé plus bas que les régions environnantes, d'autre part il est ouvert vers la Mer Méditerranée par la Trouée de Belfort. Les masses d'air humide et chaud peuvent ainsi circuler de l'espace méditerranéen occidental jusque dans le fossé rhénan. Presque perpendiculairement par rapport au courant à prédominance occidentale, les lignes de relief entraînent une modification de l'écoulement de l'air à proximité du sol. Les Vosges forment le premier grand obstacle pour les masses d'air maritimes en provenance de l'ouest et du sud-ouest.

En hiver, il y a davantage d'inversions thermiques qui, lorsque l'humidité atmosphérique est assez importante, peuvent engendrer la formation de brouillard et de nappes de brouillard élevées avec une concentration des polluants atmosphériques dans les couches plus basses alors que les sommets arrondis dépassent la couche d'air froid.

En été, les journées où il fait lourd et chaud, la zone d'étude est soumise à une charge thermique importante qui diminue rapidement avec l'altitude.

2.4.1 Température de l'air

La répartition géographique des températures moyennes annuelles dans la zone d'étude est présentée sur la carte 2.4-1 [Atlas climatique, 1995].

Dans le fossé rhénan, la température moyenne est généralement supérieure à 10 °C dans les zones qui sont protégées des principales masses d'air en provenance du sud-ouest ou de l'ouest ainsi que des courants du nord/nord-est par les massifs montagneux limitrophes. Dans les Vosges et en Forêt Noire, les moyennes annuelles descendent jusqu'à 6 °C à 1000 m et 5 °C à 1200 m d'altitude.

Dans les vallées larges et profondes de la Kinzig et de la Murg, jusque loin dans la Forêt Noire, on relève la même

teltemperatur anzutreffen wie im Oberrheingraben. Die Südwestseite des Kaiserstuhls besitzt bis in eine Höhenlage von 300 m eine deutlich ausgeprägte Klimagunst. Das Jahresmittel der Lufttemperatur liegt wie in der Oberrheinebene bei über 10 °C. Das gleiche gilt für die Vorbergzone der Vogesen um Colmar, welche sich im direkten Windschatten der Vogesen befindet.

2.4.2 Nebel

Die Sichtverhältnisse in der Atmosphäre werden hauptsächlich von festen und flüssigen Schwebeteilchen beeinträchtigt. Die vorhandenen Teilchen wachsen bei zunehmender Luftfeuchte an. Unter Nebel versteht man zunächst die Wolken, die am Erdboden aufliegen und in einem starken Rückgang der Sichtweite erkennbar werden. Nach internationaler Vereinbarung wird dann von Nebel gesprochen, wenn die horizontale Sichtweite weniger als 1 000 m beträgt.

Zwei Faktoren begünstigen im Projektgebiet die Nebelbildung: das Grabenrelief und das große Wasserdampfangebot der Auewälder und der Flussniederungen. Besonders windschwache Hochdruckwetterlagen im Herbst und Winter begünstigen die Nebelbildung im Oberrheingraben. Im Laufe der Nacht oder in den frühen Morgenstunden erfolgt bei wolkenlosem Himmel durch die starke Ausstrahlung ein kräftiger Temperaturrückgang in den bodennahen Schichten und es entsteht Strahlungsnebel. Dieser Bodennebel wächst mit der Zeit vertikal an und löst sich erst bei genügender Einstrahlung im Tagesverlauf oder durch Heranführen von trockeneren Luftmassen wieder auf. Hochnebel bildet sich an der Dunstobergrenze bei Inversionswetterlagen. Er wächst bei fortschreitender Auskühlung, bedingt durch Ausstrahlung an der Dunstobergrenze, nach unten in die Dunstschicht hinein.

Die Nebelhäufigkeit und regionale Verteilung der Nebelfelder, dargestellt in Karte 2.4-2, wurde aus Satellitendaten abgeleitet [Klimaatlas, 1995].

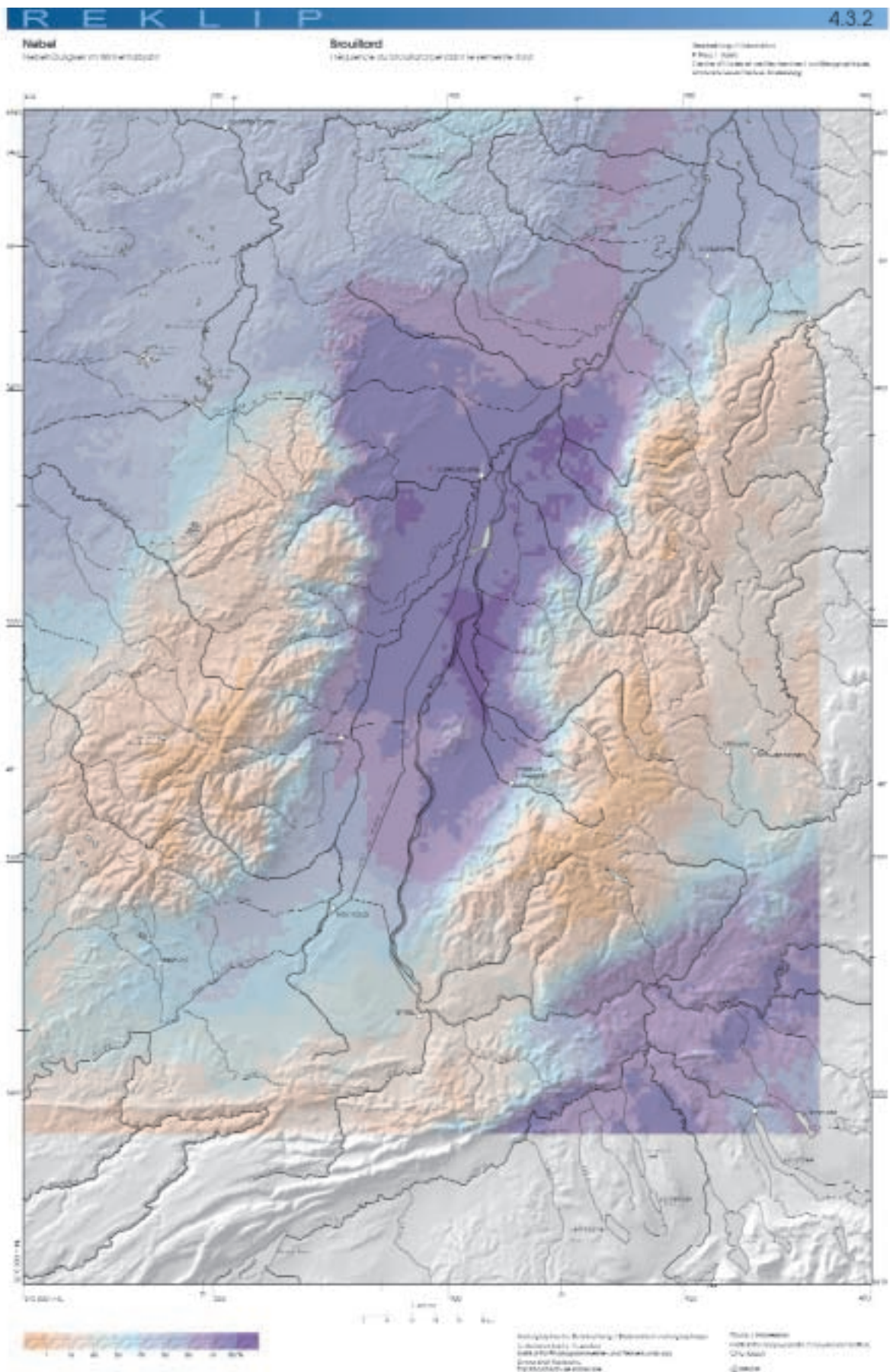
moyenne annuelle que dans le fossé rhénan. Le côté sud-ouest du Kaiserstuhl présente un climat nettement plus doux jusqu'à une altitude de 300 m. Tout comme dans la plaine du Rhin supérieur, la moyenne annuelle de la température de l'air est supérieure à 10 °C. Il en est de même pour les parties du piémont montagneux aux alentours de Colmar qui se trouvent à l'abri direct du vent sous les Vosges.

2.4.2 Brouillard

Les conditions de visibilité dans l'atmosphère sont principalement détériorées par des particules en suspension solides et liquides. Les particules existantes s'accroissent en fonction de l'augmentation de l'humidité de l'air. Par brouillard, on entend tout d'abord les nuages qui sont à la hauteur du sol et qui entraînent une forte diminution de la visibilité. Selon les conventions internationales, on parle de brouillard lorsque la visibilité horizontale est inférieure à 1000 m.

Deux facteurs favorisent la formation de brouillard dans la zone d'étude : le relief du fossé et la grande quantité de vapeur d'eau qui se dégage des forêts alluviales et des zones basses des fleuves et rivières. En automne et en hiver, les périodes de hautes pressions et l'absence de vent favorisent la formation de brouillard dans le fossé rhénan. Dans le courant de la nuit ou tôt le matin, lorsque le ciel est dégagé, il y a une forte baisse de température dans les couches proches du sol en raison du fort rayonnement, ce qui conduit à la formation d'un brouillard de rayonnement. Ce brouillard au sol s'accroît verticalement et ne se dissipe dans le courant de la journée que si l'irradiation solaire est suffisante ou à la venue de masses d'air plus sèches. Lors d'une inversion thermique, il se forme une nappe de brouillard élevée à la limite supérieure de la couche d'air froid. Au fur et à mesure du refroidissement suite au rayonnement à la limite supérieure de la couche d'air froid, la nappe de brouillard s'étend et envahit la couche d'inversion située en dessous.

La fréquence de brouillard et la répartition régionale des nappes sont représentées dans la carte 2.4-2, sur la base d'images satellites [Atlas climatique, 1995].



Karte 2.4-2: Nebelhäufigkeit im mittleren und südlichen Teil des Projektgebietes.

Carte 2.4-2 : Fréquence de brouillard dans la partie médiane et sud de la zone d'étude.

Die Nebelhäufigkeit ist im mittleren und südlichen Teil des Oberrheingrabens am höchsten, zwischen der Linie Colmar - Badenweiler im Süden und Wissembourg - Rastatt im Norden. Ein weiteres Nebelband dehnt sich westlich des Hardtrands in der Pfalz aus. Der Kaiserstuhl ragt oft aus dieser Nebeldecke heraus. Der Abschirmungseffekt der Vogesen ist deutlich zu erkennen. Dahinter, bei Anströmungen aus westlichen Richtungen, liegt eine ausgeprägte Stagnierungszone der Kaltluft. Im Süden des Gebietes, im Sundgau und der Region um Basel ist eine wesentlich geringe Nebelhäufigkeit zu verzeichnen. Hier sorgt die Burgundische Pforte für eine sehr gute Durchlüftung, die die bodennahe Kaltluft aufzulösen vermag. Im Norden ist die Gegend um Karlsruhe und den Kraichgau bei Nordostanströmung oft sonnig. Die den Schwarzwald umströmende Luft wird beschleunigt und führt zu einer Mischung der Luftmassen.

2.4.3 Niederschlag

Karte 2.4-3 zeigt die jährliche Niederschlagsverteilung im mittleren und südlichen Teil des Projektgebietes für ein „normales“ Jahr.

Der Jahresgang des Niederschlags besitzt zwei Maxima. Eines im November bei Südwest- und Westlagen und das zweite im Juni verursacht durch Schauerniederschläge. Bei letzteren ist der abschirmende Einfluss der Gebirge viel geringer. Es ergeben sich große Unterschiede in der mittleren Niederschlagsverteilung aufgrund des Gelände-reliefs. Stau- und Föhneffekte verursachen große Gegensätze in den Niederschlagssummen und große horizontale Gradienten.

Die Vogesen sind für maritime Luftmassen aus West-Südwest das erste bedeutsame Hindernis und erhalten so die höchsten Niederschlagsmengen. Der Lee-Effekt ist sehr deutlich am östlichen Vogesenrand ausgeprägt, im Raum Colmar ergeben sich mittlere Niederschläge unter 540 mm im Jahr. Als Wirkung der Randgebirge des Rheintals steigt die mittlere jährliche Niederschlagshöhe von 700 mm im Leegebiet des Pfälzer Berglands im Nordwesten in Richtung Südosten zunächst gleichmäßig an und erreicht im Luv des Nordschwarzwalds schließlich 900 mm. Am Ostrand des Projektgebietes bewirken Hebungsvorgänge am Schwarzwald ein starkes Anwachsen

Les brouillards sont plus fréquents dans la partie centrale et la partie sud du fossé rhénan, entre la ligne Colmar-Badenweiler au sud et Wissembourg - Rastatt au nord. Une autre bande de brouillard plus large s'étend à l'ouest de la bordure de la Hardt dans le Palatinat. Le Kaiserstuhl émerge souvent de cette nappe de brouillard. L'effet de bouclier des Vosges est nettement perceptible. Lorsque les courants viennent de l'ouest, on a derrière ce bouclier une zone stagnante d'air froid bien marquée. Cette situation est liée, pour le Sundgau, à la présence de la trouée de Belfort qui assure une très bonne aération et pour la région de Bâle aux écoulements d'air froid issus du plateau suisse et canalisés vers la haute vallée du Rhin (Möhlin jet). Au nord, la région aux alentours de Karlsruhe et du Kraichgau est souvent ensoleillée avec des courants en provenance du nord-est. L'air qui traverse la Forêt Noire est accéléré et provoque un brassage des masses d'air.

2.4.3 Précipitations

La carte 2.4-3 montre le régime pluviométrique annuel dans la zone d'étude pour une année „normale“.

La courbe annuelle des précipitations possède deux maxima : l'un en novembre lors des situations sud-ouest et ouest et le deuxième en juin provoqué par des précipitations en averses. Pour ce dernier, l'effet d'abri des reliefs montagneux est beaucoup plus faible. Il y a de grandes disparités dans le régime pluviométrique moyen en raison du relief du terrain. Des effets de retenue et de foehn engendrent de grands contrastes dans le cumul des précipitations et de grands gradients horizontaux.

Les Vosges sont le premier obstacle important pour les masses d'air maritime en provenance de l'ouest et du sud-ouest et reçoivent par conséquent de très grandes quantités de pluies. L'effet d'abri est particulièrement marqué sur la bordure Est des Vosges : dans la région de Colmar, on enregistre des précipitations moyennes inférieures à 540 mm par an. Sous l'effet de la ligne montagneuse limitrophe de la vallée du Rhin, la hauteur annuelle moyenne des précipitations est de 700 mm dans les régions montagneuses du Palatinat à l'abri du vent au nord-ouest en direction du sud-est. Elle peut atteindre 900 mm dans les espaces exposés au vent. A la bordure Est de la zone d'étude, des

der Niederschlagshöhen bis über 2 300 mm auf dem Feldberg im Süden und der Hornisgrinde im Norden.

2.4.4 Wind

Die Lage des Projektgebietes quer zur Westwindzone führt nicht nur zu Luv- und Lee-Effekten, sondern auch zu einer Umlenkung des bodennahen Windes in Talrichtung [Fiedler, 1983]. Im Oberrheingraben bildet sich die bodennahe Strömung parallel zu den Randgebirgen aus. Alle aus Süd bis West kommenden Strömungen werden auf südliche Winde kanalisiert. Bei großräumigen östlichen Anströmungen wird die bodennahe Strömung im Oberrheingraben auf nördliche Windrichtungen gedreht. Dazu kommt ein Abbremsen der Windgeschwindigkeit, das allerdings nicht so groß ist, wie in ausgeprägten Kessellagen oder in tiefer eingeschnittenen, engen Tälern.

Größere Bergkuppen und Geländeerhebungen werden in Abhängigkeit von der vertikalen Schichtung und Windgeschwindigkeit teils um- und teils überströmt. Lokale Windsysteme, wie Hangauf- und abwinde, sowie Berg- und Talwinde sind überlagert.

In Karte 2.4-4 sind für einige charakteristische Stationen die Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung abgebildet.

Die Bergstationen Aubure und Feldberg geben den Zustand der großräumigen Anströmung wieder. Die Stationen mitten im Oberrheingraben, wie Colmar, Wyhl, Freistett, weisen dagegen alle eine talparallele Hauptwindrichtung auf. Bei Philippsbourg erscheint ein zusätzlicher Ast in Richtung Nordost, der Einfluss der Öffnung nach Osten über den Kraichgau ist zu erkennen. An der Station Phalsbourg im Westen des Gebietes, am Nordfuß der Vogesen gelegen, liegt die größte Häufigkeit im westlichen und östlichen Sektor. Im Süden (Belfort und Altkirch) zeigt die Häufigkeitsverteilung der Windrichtung ein ungehindertes Ein- und Ausströmen durch die Burgundische Pforte in den Oberrheingraben. Am Ausgang der breiten Täler von Kinzig (Ortenberg) und Pfingz (Karlsruhe-Gröt-

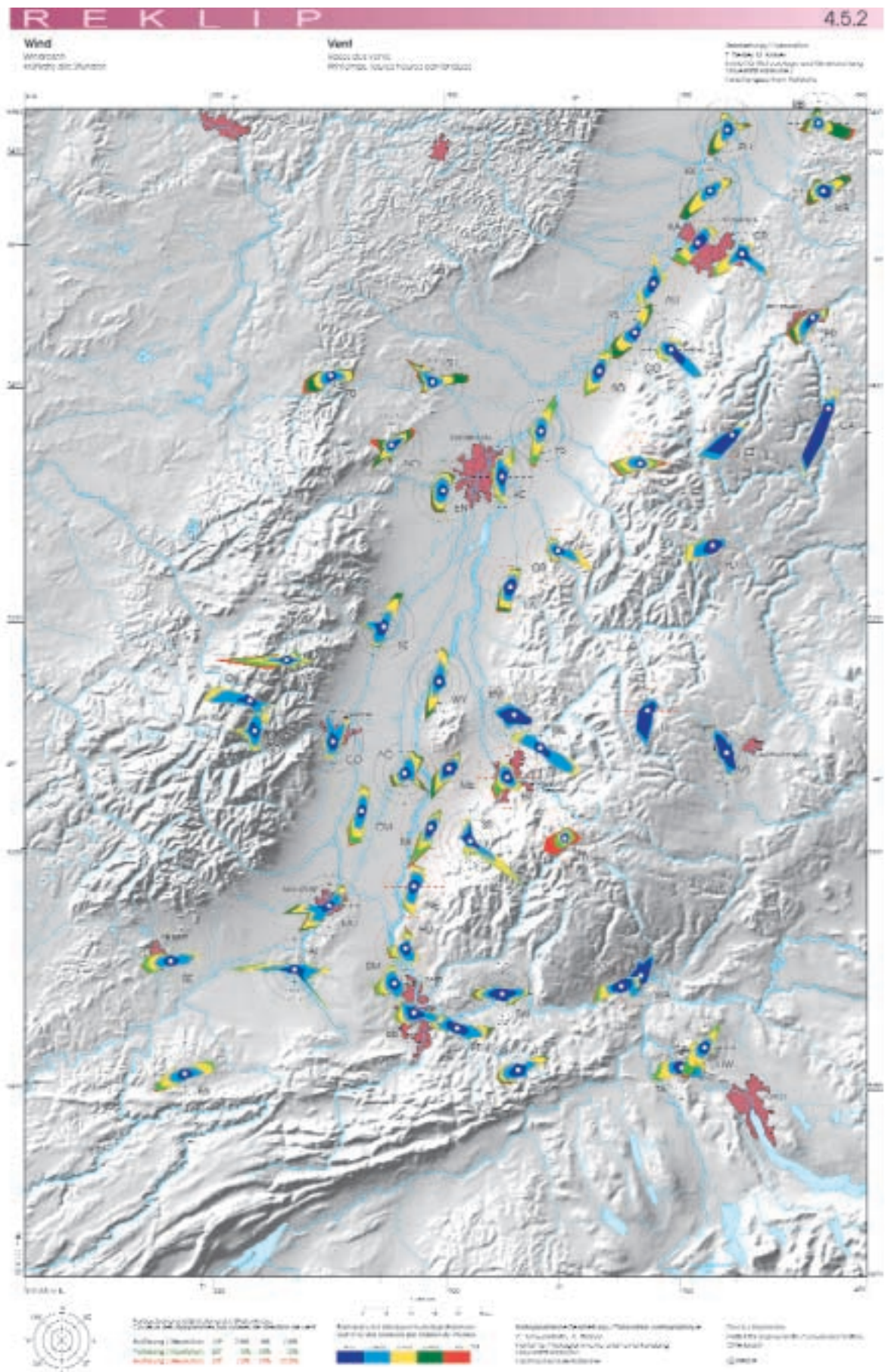
mécanismes de soulèvement des masses d'air à l'approche de la Forêt Noire provoquent un accroissement sensible des hauteurs de précipitations jusqu'à plus de 2 300 mm sur le Feldberg au sud et la Hornisgrinde au nord.

2.4.4 Vent

La situation transversale de la zone d'étude par rapport à la zone des vents d'ouest n'engendre pas seulement des effets d'espaces exposés ou à l'abri du vent, mais également une canalisation du vent à proximité du sol dans l'axe de la vallée [Fiedler, 1983]. Dans le fossé rhénan, le flux près du sol suit la plupart du temps la direction de la plaine parallèlement aux bordures montagneuses. Tous les flux en provenance de secteur sud à ouest sont canalisés en vents du sud. Dans le fossé rhénan, lorsque les vents viennent de l'est, le flux près du sol est orienté vers le nord. A cela s'ajoute un ralentissement de la vitesse du vent qui n'est toutefois pas aussi important que dans des vallées en cuvette prononcée ou dans des vallées étroites profondément encaissées. Les plus grands sommets arrondis et reliefs de terrain sont balayés en fonction de la stratification verticale et de la vitesse du vent. On a une interférence des mécanismes locaux des brises thermiques de versants tels que les vents ascendants et les écoulements rabattants sur les pentes ainsi que les vents de montagne et de vallées.

La carte 2.4-4 indique la distribution de fréquence de la vitesse et de la direction des vents pour quelques stations caractéristiques.

Les stations de montagne Aubure et Feldberg reflètent l'état des flux à grande échelle proche des conditions de l'atmosphère libre. En revanche, les stations implantées au centre du fossé rhénan, à Colmar, Wyhl, Freistett, présentent toutes une direction dominante du vent dans l'axe de la vallée. A Philippsbourg apparaît une direction dominante secondaire dans le secteur nord-est en raison de l'ouverture vers l'est du Fossé Rhénan à travers le Kraichgau. La station de Phalsbourg à l'ouest de la zone d'étude, aux confins du plateau Lorrain, présente la plus grande fréquence dans les secteurs Ouest et Est. Au sud de Belfort et d'Altkirch, la distribution des fréquences de la direction des vents illustre les entrées et sorties libres des courants atmosphériques dans le fossé rhénan à travers



Karte 2.4-4: Windgeschwindigkeit und Windrichtung im mittleren und südlichen Teil des Projektgebietes.
Carte 2.4-4 : Vitesse et direction du vent dans la partie médiane et sud de la zone d'étude.

zingen) bilden sich Talwindssysteme aus, die aber nur geringe mittlere Geschwindigkeiten aufweisen.

Durch die spezielle Orographie kann besonders im Januar und Dezember an Tagen mit geringer horizontaler Luftbewegung auch der vertikale Austausch unterdrückt sein, so dass bei genügend langer Andauer die meteorologischen Vorbedingungen für die Entwicklung von Smog-situationen gegeben sind.

2.4.5 Bioklima

Unter Bioklima ist die Summe aller auf lebende Organismen wirkende Faktoren des Klimas zu verstehen. Gesundheit, Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit des Menschen werden davon beeinflusst. Das Bioklima ist von planerischem Interesse für Wohnortwahl, Tourismus, Erholung, Freizeit, Siedlungsentwicklung und Industriestandorte. Der gesunde Mensch passt sich meist unbemerkt an das herrschende Klima an. Bei extremen Wettersituationen, wie Kälte, Hitze, Wetterwechsel und Luftverschmutzung, ist das Anpassungsvermögen des Organismus vor allem von kranken und älteren Menschen sowie Schwangeren und Kindern schnell überfordert.

In der Bioklimakarte 2.4-5 wird deshalb eine bioklimatische Bewertung der Klimainformationen vorgenommen. Sie basiert auf dem Klima-Michel-Modell [Jendritzky et al. 1990], modifiziert durch die Landnutzungen Wald, Gewässer, Siedlung dicht und locker bebaut und die Orographie über das digitale Geländemodell.

Die Karte zeigt eine deutliche Höhenabhängigkeit der Wärmebelastung. Durch die Lage im Gelände und die Art der Landnutzung differieren Gebiete in gleicher Höhenlage. Waldgebiete im Oberrheingraben besitzen durch eine geringere Sonneneinstrahlung eine niedrigere Temperatur und damit weniger Wärmestress. In dicht bebauten Siedlungsgebieten dagegen ist das Auftreten von Wärmestress begünstigt.

Die Hochlagen von Vogesen und Schwarzwald sind überwiegend von Kältestress geprägt. Im Oberrheingraben

la Trouée de Belfort. Au débouché des larges vallées de la Kinzig (Ortenberg) et de la Pfinz (Karlsruhe-Grötzingen), il se forme des mécanismes de brises de vallée qui n'atteignent toutefois que de faibles vitesses moyennes. En raison de l'orographie particulière, il arrive que l'échange vertical n'ait pas lieu, notamment en janvier et décembre, durant les jours caractérisés par un faible déplacement d'air horizontal ; lorsqu'une telle situation persiste suffisamment longtemps, les conditions météorologiques génèrent l'occurrence de situations de brouillard.

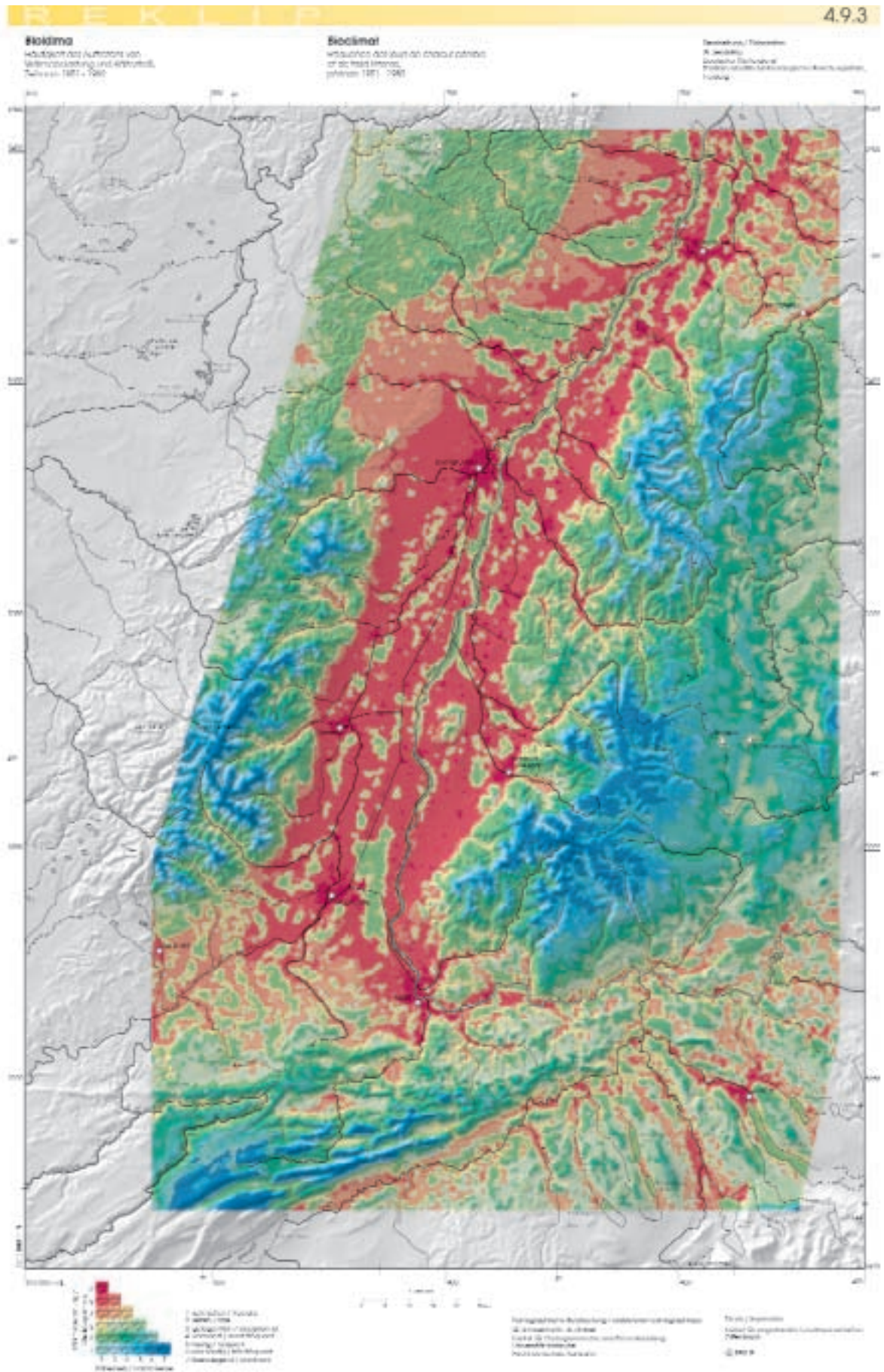
2.4.5 Bioclimat

Le bioclimat est l'ensemble de tous les facteurs du climat qui agissent sur les organismes vivants. Il agit sur la santé, le bien-être et la condition physique de l'homme. Le bioclimat est primordial au niveau planification pour le choix du domicile, le tourisme, le repos, les loisirs, l'évolution de l'aménagement du territoire et les sites industriels. L'homme en bonne santé s'adapte généralement au climat ambiant, sans s'en apercevoir. Lors de situations atmosphériques extrêmes comme le froid, la chaleur, les changements de temps et la pollution de l'air, la capacité d'adaptation de l'organisme est vite dépassée, surtout chez les malades et les personnes âgées ainsi que chez les femmes enceintes et les enfants.

La carte bioclimatique 2.4-5 présente une évaluation bioclimatique des informations météorologiques. Cette évaluation est basée sur le modèle de simulation de „Klima-Michel“ [Jendritzky et al. 1990] qui tient compte des différents types d'occupation du sol (forêts, eau, habitat plus ou moins dense) et de l'orographie à l'aide d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT).

La carte montre que la charge thermique est fonction de l'altitude. Il ressort des différences sensibles pour les zones d'une même altitude qui sont dues à la situation topographique et au type d'occupation du sol. Les zones boisées dans le fossé rhénan sont ainsi peu concernées par l'occurrence de chaleur pénible car elles bénéficient de températures plus basses du fait de l'effet d'écran vis-à-vis du rayonnement solaire direct. Par contre, les zones fortement bâties favorisent l'occurrence de chaleur pénible.

Les sommets des Vosges et de la Forêt Noire sont en grande partie concernés par l'occurrence de froid inten-



Karte 2.4-5: Bioklima im mittleren und südlichen Teil des Projektgebietes.

Carte 2.4-5 : Bioclimat dans la partie médiane et sud de la zone d'étude.

tritt Kältestress seltener auf. Das Empfinden von Kältestress ist auch von der Landnutzung und der Oberflächen-gestalt abhängig. In windgeschützten Tallagen ist er geringer als auf windexponierten Bergkuppen in gleicher Meereshöhe.

2.4.6 Meteorologische Verhältnisse während des Messzeitraums

Die meteorologischen Verhältnisse während des Messzeitraumes von Juni 1998 bis Mai 1999 werden beispielhaft anhand der täglichen Temperaturwerte in Abbildung 2.4-1 und der Monatswerte für Sonnenscheindauer und Niederschlag in Tabelle 2.4-1 für drei Orte im Oberrheintal dargestellt. Es handelt sich dabei um Basel-Binningen im Süden, Straßburg-Entzheim in der Mitte und Mannheim im Norden des Oberrheingrabens.

Die Temperaturwerte im Messzeitraum lagen größtenteils über den langjährigen Mittelwerten 1961 - 1990 (Abbildung 2.4-1). Besonders hohe Wärmeüberschüsse wiesen die Monate August 1998 und Januar 1999 auf. Hier sorgten Hochdruckwetterlagen mit südwestlichen Winden für die Zufuhr milder (Januar 1999) bzw. subtropischer (August 1998) Luft. Deutlich über den langjährigen Mittelwerten lag in diesen beiden Monaten auch die Sonnenscheindauer (vgl. Tabelle 2.4-1), im Januar 1999 wurden 160 % (Basel) bis 182 % (Straßburg) der langjährigen mittleren Sonnenscheindauer erreicht. Kaltluftvorstöße sorgten hingegen im November 1998 und im Februar 1999 für unterdurchschnittliche Temperaturen.

Die mittleren Niederschlagsmengen wurden in den Monaten September und Oktober 1998 und Februar 1999 an allen drei Stationen deutlich überschritten und in den Monaten August und Dezember 1998 deutlich unterschritten. In den anderen Monaten zeichnen sich bezüglich der Niederschlagsmenge teilweise erhebliche regionale Unterschiede ab. So werden z. B. im Mai in Mannheim nur 48 % des langjährigen durchschnittlichen Niederschlags festgestellt, während in Straßburg 100 % und in Basel 179 % erreicht werden.

se. L'occurrence de froid intense est beaucoup plus rare dans le fossé rhénan. La sensation de froid intense est également fonction de l'occupation du sol et de la situation topographique. A altitude égale, le froid intense est moindre dans les vallées situées à l'abri du vent que sur les sommets exposés au vent.

2.4.6 Conditions météorologiques durant la période de mesure

Les conditions météorologiques enregistrées dans la zone d'étude durant la période de mesure de juin 1998 à mai 1999 sont données à titre d'exemple à l'aide des valeurs mensuelles d'ensoleillement et des précipitations rassemblées dans le tableau 2.4-1 et illustrée dans la figure 2.4-1, pour trois sites de la vallée du Rhin supérieur : Bâle-Binningen au sud, Strasbourg Entzheim et Karlsruhe au nord.

Au cours de cette période, les températures ont été sensiblement supérieures à la normale des années 1961 à 1990. Les mois d'août 1998 et de janvier 1999 sont caractérisés par des températures élevées. Des situations anticycloniques avec des vents de sud – ouest ont entraîné des arrivées d'air doux (janvier 1999) ou de courants subtropicaux (août 1999). Pendant ces deux mois, la durée de l'ensoleillement a été supérieure à la normale (tableau 2.4-1) et atteignait en janvier 1999 160 % (à Bâle) et même 182 % (à Strasbourg) comparativement à la durée moyenne d'ensoleillement. En revanche, novembre 1998 et février 1999 ont connu des températures inférieures à la normale en raison d'arrivée d'air froid.

Les cumuls mensuels de précipitations des mois de septembre, octobre 1998 et février 1999 ont largement dépassé la normale. Aux mois d'août et de décembre 1998, ces cumuls ont été inférieurs à la normale. Pendant les autres mois, ils présentaient de grandes disparités à l'échelle de la région. En mai par exemple, les cumuls de précipitations relevés à Mannheim n'étaient que de 48 % alors qu'ils atteignaient 100 % à Strasbourg et 179 % à Bâle comparativement à la normale.

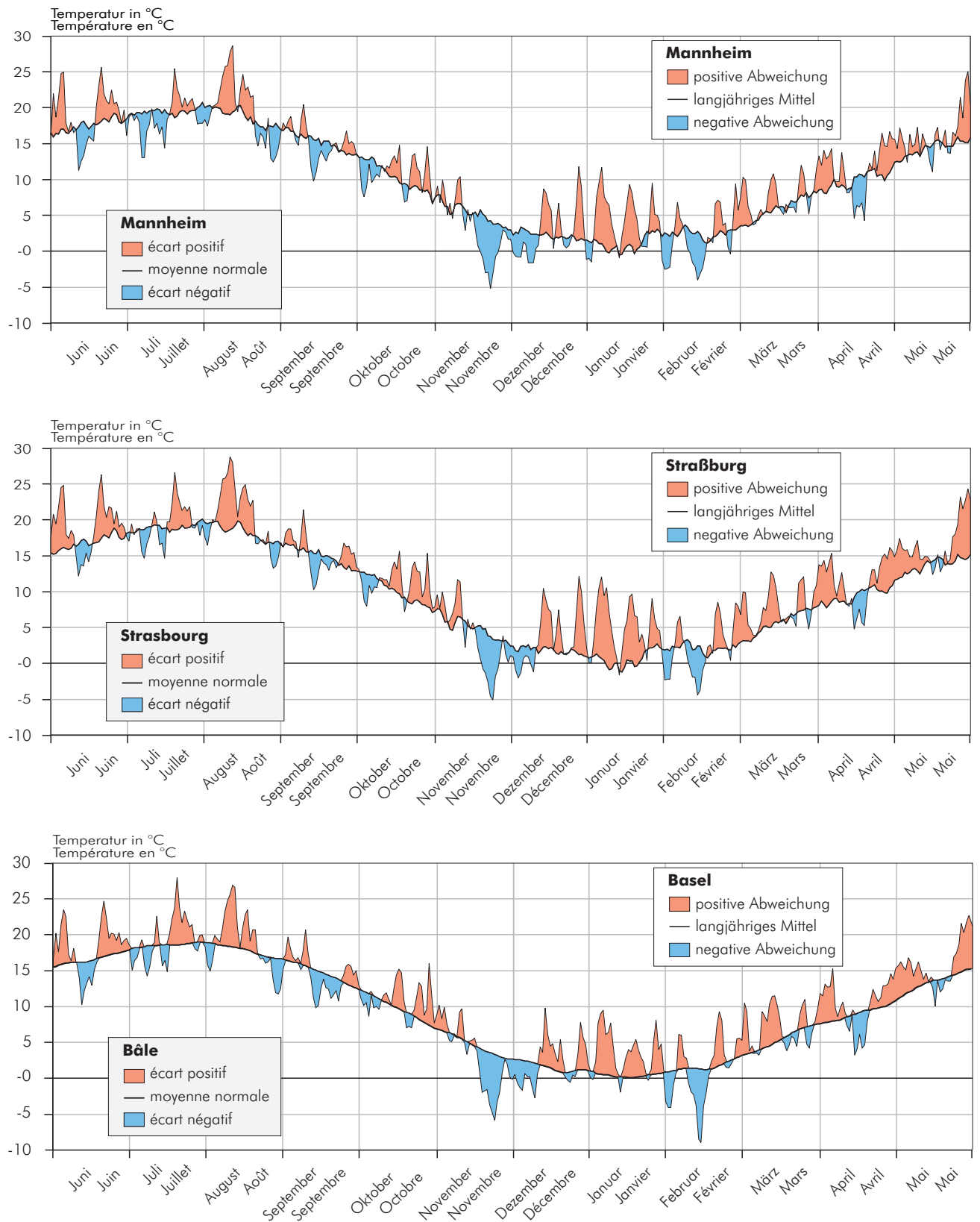


Abbildung 2.4-1: Temperatur in Mannheim, Straßburg und Basel im Messzeitraum 1998/99 im Vergleich mit den langjährigen Mittelwerten (1961-1990).

Figure 2.4-1 : Températures à Mannheim, Strasbourg et Bâle pendant la période de mesure 1998/99 en comparaison avec les normales (1961-1990).

Tabelle 2.4-1: Niederschlag und Sonnenscheindauer in Basel, Mannheim und Straßburg während des Messzeitraumes 1998/99.

	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Januar	Februar	März	April	Mai
Niederschlag in mm												
Mannheim												
Messzeitraum1998/1999	46	51	21	95	114	70	28	51	62	74	43	36
Abweichung vom vieljährigen Mittel ¹⁾	60%	66%	36%	176%	233%	135%	57%	128%	155%	164%	83%	48%
Straßburg												
Messzeitraum1998/1999	93	29	32	83	80	46	23	43	56	76	42	75
Abweichung vom vieljährigen Mittel ¹⁾	125%	51%	47%	150%	187%	98%	57%	130%	162%	209%	88%	100%
Basel												
Messzeitraum1998/1999	76	103	74	120	92	68	25	47	95	51	101	152
Abweichung vom vieljährigen Mittel ¹⁾	87%	129%	84%	194%	177%	113%	45%	89%	183%	98%	158%	179%
Sonnenscheindauer in Stunden												
Mannheim												
Messzeitraum1998/1999	189	141	248	95	38	50	43	74	59	111	176	207
Abweichung vom vieljährigen Mittel ¹⁾	88%	60%	116%	57%	34%	89%	96%	161%	73%	90%	105%	98%
Straßburg												
Messzeitraum1998/1999	221	153	262	117	49	62	45	77	75	106	150	196
Abweichung vom vieljährigen Mittel ¹⁾	105%	64%	122%	70%	49%	107%	105%	182%	95%	87%	93%	99%
Basel												
Messzeitraum1998/1999	236	214	272	125	72	77	80	101	52	118	116	182
Abweichung vom vieljährigen Mittel ¹⁾	115%	89%	127%	75%	59%	100%	133%	160%	63%	101%	78%	100%

1) vieljähriges Mittel: 1961 bis 1990

Tableau 2.4-1 : Précipitations et durée d'ensoleillement à Bâle, Mannheim et Strasbourg pendant la période de mesure 1998/99.

	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai
Précipitations en mm												
Mannheim												
période de mesure 1998/1999	46	51	21	95	114	70	28	51	62	74	43	36
écart par rapport à la normale ¹⁾	60%	66%	36%	176%	233%	135%	57%	128%	155%	164%	83%	48%
Strasbourg												
période de mesure 1998/1999	93	29	32	83	80	46	23	43	56	76	42	75
écart par rapport à la normale ¹⁾	125%	51%	47%	150%	187%	98%	57%	130%	162%	209%	88%	100%
Basel												
période de mesure 1998/1999	76	103	74	120	92	68	25	47	95	51	101	152
écart par rapport à la normale ¹⁾	87%	129%	84%	194%	177%	113%	45%	89%	183%	98%	158%	179%
Durée d'ensoleillement en heures												
Mannheim												
période de mesure 1998/1999	189	141	248	95	38	50	43	74	59	111	176	207
écart par rapport à la normale ¹⁾	88%	60%	116%	57%	34%	89%	96%	161%	73%	90%	105%	98%
Strasbourg												
période de mesure 1998/1999	221	153	262	117	49	62	45	77	75	106	150	196
écart par rapport à la normale ¹⁾	105%	64%	122%	70%	49%	107%	105%	182%	95%	87%	93%	99%
Bâle												
période de mesure 1998/1999	236	214	272	125	72	77	80	101	52	118	116	182
écart par rapport à la normale ¹⁾	115%	89%	127%	75%	59%	100%	133%	160%	63%	101%	78%	100%

1) moyenne normale : 1961 à 1990

3 BESCHREIBUNG DER BETRACHTETEN SCHADSTOFFE DESCRIPTION DES POLLUANTS PRIS EN COMPTE

3.1 Natur, Herkunft und Toxikologie der Schadstoffe

Um die Schadstoffbelastung der Luft und die daraus resultierenden schädigenden Wirkungen auf Mensch, Tier, Pflanze oder Sachgüter umfassend beurteilen zu können, sind Kenntnisse über die Eigenschaften der in der Luft auftretenden Stoffe notwendig. Diese unterscheiden sich nicht nur in ihrer Wirkungsweise, sondern auch hinsichtlich ihrer Entstehung (Emittenten). Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über die Herkunft und Toxikologie der in diesem Bericht dargestellten Schadstoffkomponenten gegeben. Eine Liste aller erfassten Stoffe zeigt Tabelle 3.1-1.

Tabelle 3.1-1: Erfasste Luftschadstoffkomponenten.

Schadstoff	Abkürzung	erfasst in	
		Immission	Emission
Anorganische gasförmige Komponenten			
Schwefeldioxid	SO ₂	•	•
Stickstoffoxide ¹⁾	NO _x	•	•
Kohlenmonoxid	CO	•	•
Kohlendioxid	CO ₂		•
Ozon	O ₃	•	
Ammoniak	NH ₃		•
Distickstoffoxid	N ₂ O		•
Fluorwasserstoff	HF		•
Chlorwasserstoff	HCl		•
Organische gasförmige Komponenten (Kohlenwasserstoffe)			
Benzol	} BTX- Aromaten	•	•
Toluol		•	
Xylol		•	
Ethylbenzol		•	
Trichlorethen	Tri	•	
Tetrachlorethen	Per (veraltet)	•	
Methan	CH ₄		•
flüchtige organische Verbindungen	VOC	•	•
Partikelförmige und an Partikel gebundene Schadstoffe			
Ruß		•	•
Staub ²⁾		•	•
Blei	Pb	•	•
Cadmium	Cd	•	•
Arsen	As	•	•
Nickel	Ni	•	•
Quecksilber	Hg		•
Benzo(a)pyren	BaP	•	•
Dioxine/Furane	PCDD/F		•

1) In der Immission werden Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO₂) gemessen

2) Immission: Schwebstaub der Fraktion PM10, Emission: Gesamtstaub

3.1 Nature, origine et toxicologie des polluants

Pour évaluer de façon approfondie le taux de pollution de l'air et les effets nocifs qui en résultent pour les êtres humains, les animaux, les plantes ou les matières, il faut connaître les caractéristiques des polluants susceptibles d'apparaître dans l'air. Ces polluants ne se différencient pas seulement dans leur mode d'action mais aussi au niveau de leur origine (sources d'émission). Voici un bref aperçu sur l'origine et la toxicologie des substances polluantes décrites dans ce rapport. Le tableau 3.1-1 présente une liste de toutes les substances recensées.

Tableau 3.1-1 : Substances polluantes détectées dans l'air.

Polluant	Abréviation	détecté dans	
		Immission	Emission
Composés Inorganiques gazeux			
Dioxyde de soufre	SO ₂	•	•
Oxydes d'azote ¹⁾	NO _x	•	•
Monoxyde de carbone	CO	•	•
Dioxyde de carbone	CO ₂		•
Ozone	O ₃	•	
Ammoniac	NH ₃		•
Protoxyde d'azote	N ₂ O		•
Fluorure d'hydrogène	HF		•
Chlorure d'hydrogène	HCl		•
Composés organiques gazeux (hydrocarbures)			
Benzène		•	•
Toluène		•	
Xylènes		•	
Ethylbenzène		•	
Trichloroéthylène	Tri	•	
Tétrachloroéthylène	Per	•	
Méthane	CH ₄		•
Composés organiques volatils	COV	•	•
Polluants particuliers et combinés à des particules			
Suie		•	•
Poussières ²⁾		•	•
Plomb	Pb	•	•
Cadmium	Cd	•	•
Arsenic	As	•	•
Nickel	Ni	•	•
Mercur	Hg		•
Benzo(a)pyrène	BaP	•	•
Dioxines/furanes	PCDD/F		•

1) Dans l'immission, on mesure le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂)

2) Immission : poussières en suspension de fraction PM10, émission: poussières globales

Schwefeldioxid (SO₂) entsteht bei Verbrennungsprozessen aus den in Brennstoffen (Holz, Kohle, Erdöl) enthaltenen Schwefelverbindungen. Die Schwefeldioxidemission ist dabei direkt abhängig vom Schwefelgehalt des Brennstoffes. Schwefeldioxid wirkt insbesondere in Kombination mit Staub auf die Atemwege, reizt Haut und Schleimhaut. In höheren Konzentrationen führt Schwefeldioxid zu Atembeschwerden, gefährdet sind insbesondere Asthmatiker [Römpp, 1993]. Pflanzen reagieren mit dem Abbau von Chlorophyll (Blattgrün) und dadurch absterbenden Gewebepartien auf die Einwirkung von gasförmigem Schwefeldioxid. In der Atmosphäre wird Schwefeldioxid u.a. zu Schwefel-Aerosolen und Schwefelsäure umgewandelt, die über den „Sauren Regen“ Schäden an Pflanzen und Gebäuden verursacht und zur Versauerung des Bodens beiträgt [UBA, 1991].

Stickstoffoxide (NO_x) entstehen bei Verbrennungsprozessen zum einen durch die Umwandlung des im Brennstoff enthaltenen Stickstoffes und zum anderen durch die Oxidation des Stickstoffes, welcher der Verbrennung über die Luft zugeführt wird. Bei diesem Vorgang wird in erster Linie **Stickstoffmonoxid (NO)** freigesetzt, das in der Atmosphäre zu **Stickstoffdioxid (NO₂)** oxidiert wird.

Akute Vergiftungserscheinungen durch Stickstoffoxide treten erst ab sehr hohen Konzentrationen auf, weswegen Stickstoffoxide in Rauch- und Abgasen lange Zeit als unbedenklich galten. Auf Pflanzen können gasförmige Stickstoffoxide sogar eine düngende Wirkung haben. Stickstoffdioxid bildet jedoch Salpetersäure, die ähnlich der Schwefelsäure eine der wesentlichen Ursachen des „Sauren Regens“ darstellt.

Stickstoffoxide sind außerdem Ausgangsstoffe für die Bildung von Photooxidantien. Dies sind Schadstoffe, die sich erst unter dem Einfluss von Sonnenenergie aus anderen Stoffen bilden. Ihr bekanntester Vertreter ist das Ozon.

Ozon (O₃) ist schon lange als natürlicher Bestandteil der Atmosphäre bekannt. Es wird in der Stratosphäre (11 km bis 47 km) gebildet und gelangt über Austauschprozesse in tiefergelegene, bodennahe Luftschichten (Troposphäre). Zum natürlichen Ozongehalt der Luft kommt Ozon hinzu,

Le dioxyde de soufre (SO₂) provient de procédés de combustion des composés soufrés contenus dans les combustibles (bois, charbon, pétrole). L'émission de dioxyde de soufre dépend directement de la teneur en soufre du combustible. En combinaison avec les poussières, le dioxyde de soufre agit principalement sur les voies respiratoires; il irrite la peau et les muqueuses. Dans de fortes concentrations, il provoque des troubles respiratoires, tout particulièrement chez les asthmatiques [Römpp, 1993]. Exposées au dioxyde de soufre gazeux, les plantes réagissent par une diminution de la chlorophylle (couleur verte), ce qui entraîne la mort des tissus. Dans l'atmosphère, le dioxyde de soufre est transformé entre autres en aérosols contenant du soufre et en acide sulfurique qui, par le biais des „pluies acides“ provoquent des nuisances affectant les plantes et les bâtiments et contribuent à l'acidification des sols [UBA, 1991].

Les oxydes d'azote (NO_x) sont générés lors de la combustion, d'une part par la transformation de l'azote contenu dans le combustible, et d'autre part par l'oxydation de l'azote amené par l'air. Ce processus conduit en premier lieu à la formation de **monoxyde d'azote (NO)** qui est ensuite oxydé en **dioxyde d'azote (NO₂)**.

Les oxydes d'azote ne provoquent des intoxications aiguës qu'à partir de concentrations très élevées; cela explique que les oxydes d'azote contenus dans les fumées et les gaz d'échappement ont été longtemps considérés comme inoffensifs. Les oxydes d'azote gazeux peuvent même avoir un effet fertilisant sur les plantes. Le dioxyde d'azote génère toutefois de l'acide nitrique qui, comme l'acide sulfurique, constitue l'une des principales causes des „pluies acides“.

Les oxydes d'azote constituent en outre les substances de base pour la formation des photo-oxydants, des polluants qui se forment à partir d'autres éléments sous l'influence de l'énergie solaire. Le plus connu est l'ozone.

L'ozone (O₃) est connu depuis longtemps comme étant un constituant naturel de l'atmosphère. Il est formé dans la stratosphère (11 km à 47 km) et, suite à des processus d'échange, parvient dans les couches d'air inférieures proches du sol (troposphère). A l'ozone contenu naturel-

das aufgrund menschlicher Aktivitäten in der Troposphäre gebildet wird. Es entsteht als Sekundärschadstoff unter Einwirkung von Sonnenstrahlen aus Stickstoffoxiden (NO_x) und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC). Sowohl Stickstoffoxide wie auch flüchtige organische Verbindungen werden in großen Mengen vom Straßenverkehr freigesetzt. Die schädigende Wirkung von Ozon beruht auf seiner extremen Reaktionsfreudigkeit. Beim Menschen können erhöhte Ozonkonzentrationen zu Kopfschmerz und zu Reizungen der Schleimhäute und Atemwege führen. In hohen Konzentrationen verursacht Ozon Funktionsstörungen der Lunge [UBA, 1991]. Die durch Ozon und andere Photooxidantien verursachten Beeinträchtigungen von Pflanzen reichen von erhöhter Anfälligkeit für Pilzbefall über nicht sichtbare Ertragseinbußen bis zu sichtbaren Schädigungen der Blattorgane.

Kohlenmonoxid (CO) wird bei unvollständig ablaufenden Verbrennungen in Feuerungsanlagen und Motoren aus dem Kohlenstoff des Brennstoffs gebildet. Den größten Anteil an den Kohlenmonoxidemissionen verursacht im allgemeinen der Pkw-Verkehr, gefolgt von Haushaltsfeuerungen [UBA, 1994].

Kohlenmonoxid gehört zu der Gruppe der Stickgase. Es blockiert die Sauerstoffaufnahme des Blutes und führt dadurch zu Sauerstoffmangel. Die Symptome reichen von Kopfschmerzen und Schwindelgefühl bei niedrigen Konzentrationen bis zu Bewusstlosigkeit und Atemlähmung bei akuter Kohlenmonoxidvergiftung.

Ammoniak (NH_3) gelangt vor allem durch den in der Landwirtschaft eingesetzten stickstoffhaltigen Dünger sowie durch die Emissionen von Tierhaltungen in die Atmosphäre. Neben der Herstellung von Dünger dient Ammoniak u. a. der Produktion von Salpetersäure, synthetischen Fasern und Kunststoffen und wird auch als Kältemittel eingesetzt. Bei Kontakt von Ammoniak mit den Schleimhäuten kommt es zu Verätzungen sowie zu Übelkeit, Kopfschmerzen und Reizhusten. Für Pflanzen stellt Ammoniak ein starkes Zellgift dar und beeinträchtigt so das Pflanzenwachstum. Neben der direkten Schädigung von Pflanzen durch Ammoniak kann es auch zu indirekten Wirkungen durch die Deposition von Stickstoff kom-

lement in der Luft s'ajoute l'ozone qui résulte de l'activité humaine. Il se forme en tant que substance secondaire sous l'influence du rayonnement solaire, à partir des oxydes d'azote (NO_x) et des composés organiques volatils (COV). Les oxydes d'azote et les composés organiques volatils proviennent pour une grande part du trafic routier. L'effet néfaste de l'ozone résulte de sa très grande réactivité. Chez l'homme, les concentrations élevées d'ozone peuvent provoquer des maux de tête ainsi que l'irritation des muqueuses et des voies respiratoires. A des concentrations élevées, l'ozone provoque des perturbations fonctionnelles [UBA, 1991]. L'ozone ainsi que d'autres photo-oxydants causent de graves atteintes aux plantes qui deviennent beaucoup moins résistantes à la vermine mycologique; on constate des baisses de productivité et des dommages visibles sur les organes foliaires.

Le monoxyde de carbone (CO) est généré à partir du carbone contenu dans les combustibles, lors des combustions incomplètes dans les installations de combustion ou des moteurs. Le trafic routier constitue la principale source d'émission de monoxyde de carbone, suivi des chaudières domestiques [UBA, 1994].

Le monoxyde de carbone appartient à la catégorie des gaz asphyxiants. Il bloque l'apport d'oxygène dans le sang et provoque de ce fait un manque d'oxygénation. Les symptômes vont des maux de tête aux sensations de vertige à des concentrations faibles jusqu'à l'évanouissement et la paralysie respiratoire lors d'intoxications aiguës.

L'ammoniac (NH_3) parvient dans l'atmosphère principalement par le biais des engrais azotés utilisés dans l'agriculture ainsi que par les émissions des élevages industriels. L'ammoniac sert à la fabrication de l'engrais ainsi qu'à la production de l'acide nitrique, des fibres synthétiques et des plastiques, entre autres. Le contact de l'ammoniac avec les muqueuses provoque des brûlures acides ainsi que des nausées, des maux de tête et une toux irritante. L'ammoniac est un cytolytique intense qui entrave la croissance végétale. Outre le dommage direct sur les plantes, l'ammoniac peut également avoir des effets indirects, suite à la décharge d'azote (superfertilisation, nappe souterraine) [Römpf, 1993].

men (Überdüngung, Grundwasser) [Römpp, 1993].

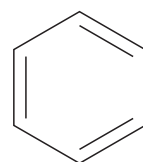
Fluorwasserstoff (HF) (auch Flusssäure) ist ein wichtiger Grundstoff in der Fluorchemie, und er wird wegen seiner Eigenschaft, Silikate zu lösen, in der Glasatzerei verwendet. In die Umwelt gelangt Fluorwasserstoff in erster Linie durch die Abgase aus Aluminiumhütten, Keramik- und Emaillebetrieben, Müllverbrennungsanlagen und Kohlefeuerungen. Als Flüssigkeit wirkt Fluorwasserstoff stark ätzend. Als Gas bewirkt es bei Pflanzen das Absterben von Zellen und Gewebe. Beim Menschen verursacht Fluorwasserstoff Reizungen der Schleimhäute; langandauernde Inhalation von Fluorwasserstoff kann zu Knochen-, Nieren- und Hautveränderungen führen.

Chlorwasserstoff (HCl) wird von Müllverbrennungen und anderen Feuerungsanlagen emittiert. Wie Fluorwasserstoff ist Chlorwasserstoff ein Reizgas und führt bei Pflanzen zu nekrotischen Schädigungen der Blattorgane. Beim Menschen wirkt Chlorwasserstoff vor allem auf die oberen Atmungsorgane und kann bei längerer Einwirkung heftigen Reizhusten auslösen [UBA, 1991].

Die Anwendung von **Benzol** ist sehr eingeschränkt. Seine Abgabe an Privatpersonen ist aufgrund seiner bekannten krebserzeugenden Wirkung untersagt. Benzol ist Bestandteil des Ottokraftstoffes und gelangt zu etwa 90 % über den Straßenverkehr in die Umwelt. Aufgrund der Vorgaben der EU ist ab dem Jahr 2000 in der EU nur noch ein Benzolgehalt von 1 % in Ottokraftstoff zulässig [10. BImSchV].

Auch die Schweizer Luftreinhalteverordnung wurde den EU-Bestimmungen angepasst. Für den Untersuchungszeitraum galt jedoch, ebenso wie in der EU, noch der alte Wert der LRV von maximal 5 % Benzol im Treibstoff [LRV].

Benzol wirkt krebserzeugend und erbgutverändernd. Durch Benzol verursachte Tumoren können in verschiedenen Bereichen des Organismus auftreten, häufige Zielorgane



Benzol
Benzène

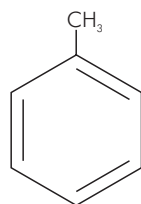
Le **fluorure d'hydrogène (HF)** (également appelé acide fluorhydrique) constitue une substance de base pour la chimie utilisant le fluor et est employé dans la gravure à l'acide sur verre pour ses propriétés de solvant de la silice. Le fluorure d'hydrogène est rejeté dans l'atmosphère en premier lieu par les effluents gazeux des fonderies d'aluminium, les ateliers d'émaillage et de céramique ainsi que les installations d'incinération d'ordures ménagères et de combustion au charbon. A l'état liquide, le fluorure d'hydrogène est très corrosif. Sous forme gazeuse, il provoque le dépérissement des cellules et des tissus des plantes. Chez l'homme, le fluorure d'hydrogène provoque des irritations des muqueuses; l'inhalation prolongée peut engendrer des modifications au niveau des os, des reins et de la peau.

Le **chlorure d'hydrogène (HCl)** est émis par les installations d'ordures ménagères et par d'autres installations de combustion. Comme le fluorure d'hydrogène, le chlorure d'hydrogène est un gaz irritant qui conduit chez les plantes à des dommages nécrotiques sur les organes foliaires. Chez l'homme, il agit principalement sur les voies respiratoires supérieures et peut déclencher des toux irritantes lors d'une exposition prolongée [UBA, 1991].

L'utilisation du **benzène** est très limitée. La vente à des personnes privées est interdite en raison de son effet cancérigène reconnu. Le benzène entre toutefois dans la composition de l'essence pour moteurs et est émis dans l'atmosphère à raison de 90 % par le biais du trafic routier. En Europe, les directives européennes n'autorisent plus qu'une teneur en benzène de 1 % dans l'essence pour moteurs à partir de l'an 2000 [10. BImSchV]. La loi suisse sur la protection de l'environnement a également été adaptée aux dispositions européennes. Pour la période d'investigation, la valeur en vigueur était toutefois, tout comme dans l'UE, encore l'ancienne valeur de la loi suisse sur la protection de l'environnement d'un maximum de 5 % de benzène dans le carburant [LRV]. Le benzène est cancérigène et mutagène. Les tumeurs provoquées par le benzène peuvent se manifester dans différentes parties de l'organisme, le plus fréquemment

sind Knochenmark und Blut (Leukämie). Bei Inhalation von Benzol in hohen Konzentrationen löst Benzol Schwindel, Benommenheit, Kopfschmerz, Brechreiz, Trunkenheitsgefühl sowie Rauschzustände und euphorische Gefühle aus [Marquardt et al., 1994].

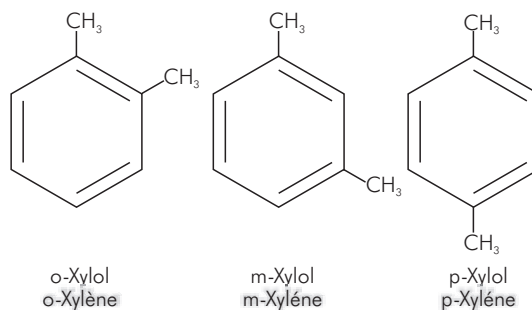
Hauptemittenten von **Toluol** sind Kraftfahrzeuge, Farb- und Deckanstriche, großflächig aufgebrauchte Klebstoffe, Tiefdruck, Tankläger, industrielle Toluolverwendung und Holzfeuerungen. In den letzten Jahren erhielt Toluol zunehmende Bedeutung als Benzolersatz (z. B. als Lösungsmittel). Akut toxische Wirkungen des Toluols sind erst ab sehr hohen Konzentrationen ($> 100 \text{ mg/m}^3$) bekannt. Hinweise auf krebserzeugende Eigenschaften inhalierten Toluols sind nicht bekannt [Marquardt et al., 1994].



Toluol
Toluène

Les principales sources d'émission du **toluène** sont les véhicules, les colorants et les peintures, les colles appliquées sur de grandes surfaces, l'industrie pétrolière, l'utilisation industrielle du toluène et le chauffage au bois. Au cours des dernières années, le toluène a pris de plus en plus d'importance comme produit de remplacement du benzène (par ex. comme solvant). Le toluène est connu comme ayant des effets toxiques seulement à partir de concentrations très élevées ($> 100 \text{ mg/m}^3$). Le caractère cancérigène dû à l'inhalation de toluène n'est pas prouvé [Marquardt et al., 1994].

Xylole sind im Benzin enthalten. Außerdem finden Xylole Anwendung als Lösemittel in Farben und im Druckereigewerbe. Wesentliche Emittenten sind Tankläger und Kraftfahrzeuge. Akute toxische Wirkungen wie Schläfrigkeit, Benommenheit, Kopfschmerzen treten erst bei sehr hohen Xylol-Konzentrationen von einigen hundert mg Xylol pro m^3 Luft auf. Eine krebserzeugende Wirkung von Xylole ist nicht bekannt [Marquardt et al., 1994].



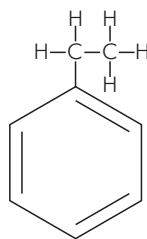
o-Xylol
o-Xylène

m-Xylol
m-Xylène

p-Xylol
p-Xylène

Les xylènes sont contenus dans l'essence. Ils sont également utilisés comme solvants dans les colorants et dans l'imprimerie. Les principales sources d'émission sont les installations de stockage et les véhicules. Les effets toxiques aigus comme l'envie de dormir, l'hébétement et les maux de tête n'apparaissent qu'à des concentrations de xylène très élevées de quelques centaines de mg par m^3 . Les xylènes ne sont pas connus comme ayant des propriétés cancérigènes [Marquardt et al., 1994]. Le benzène, le toluène et les xylènes sont regroupés sous l'appellation BTX.

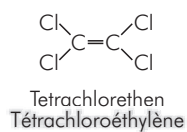
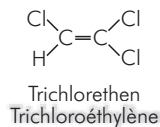
Wie Toluol und Xylol ist **Ethylbenzol** aufgrund seiner Antiklopf-Eigenschaften im Ottokraftstoff enthalten. Weitere Verwendung findet Ethylbenzol als Lösungsmittel (Benzolersatz). Aus dem Straßenverkehr und dem Gebrauch als Lösemittel stammt auch der Hauptanteil der Immission. Akute Wirkungen von Ethylbenzol treten erst ab sehr hohen Konzentrationen ($> 4400 \text{ mg/m}^3$) auf. Untersuchungen zu krebserzeugenden Wirkungen liegen nicht vor [Marquardt et al., 1994].



Ethylbenzol
Ethylbenzène

Comme le toluène et le xylène, **l'éthylbenzène** est ajouté à l'essence en raison de ses propriétés antidétonantes. Il est également utilisé comme solvant (produit de remplacement du benzène). La majeure partie des immissions vient du trafic routier et de son utilisation comme solvants. L'éthylbenzène est connu comme ayant des effets toxiques seulement à partir de concentrations très élevées ($> 4400 \text{ mg/m}^3$). Il n'y a aucune étude concernant ses propriétés cancérigènes [Marquardt et al., 1994].

Trichlorethen und **Tetrachlorethen** zählen zu der Gruppe der chlorierten Kohlenwasserstoffe, die wegen ihrer ausgezeichneten Fettlöslichkeit und ihrer Nichtbrennbarkeit in großen Mengen als Lösungsmittel und in der Textilreinigung verwendet werden. Dies betrifft u.a. die Farben- und Lackindustrie, insbesondere aber die Metallindustrie, in der organische Lösungsmittel zum Entfetten von Metallteilen eingesetzt werden. Trichlorethen und Tetrachlorethen besitzen in hohen Konzentrationen narkotische Wirkungen. Bei langer Exposition treten Leber- und Nierenschäden auf. Krebsauslösende Wirkungen sind bei Trichlorethen und Tetrachlorethen nicht eindeutig nachgewiesen, beide Stoffe werden aber als krebserzeugend eingestuft [Marquardt et al., 1994].



Ruß wird hauptsächlich durch den Straßenverkehr sowie durch industrielle Maschinen und Fahrzeuge freigesetzt. Dieselruß verursacht bei Inhalationsexperimenten mit Ratten bösartige Tumoren. Aus diesem Grund wurde Dieselruß bereits 1987 als krebserzeugender Arbeitsstoff eingestuft. Die krebserzeugende Wirkung der lungengängigen Rußpartikel beruht zum einen auf der mechanisch-reizenden Eigenschaft der Rußkerne [VDI, 1991]. An der großen Oberfläche der Rußpartikel können außerdem krebserzeugende Stoffe, z. B. PAK, anhaften und mit dem Rußpartikel in die Lunge transportiert werden.

Stäube gelangen durch Verbrennungsprozesse, industrielle Prozesse und Verladevorgänge in die Umwelt. Vor allem bei groben Stäuben spielen auch natürliche Prozesse und die Landwirtschaft eine wichtige Rolle. Für die menschliche Gesundheit sind vor allem Feinstäube mit Teilchengrößen unter 10 µm (**PM10-Staub**; PM = Particulate Matter) von Interesse, die aufgrund ihrer geringen Teilchengröße bis in die Lungenbläschen vordringen können. Neuere Studien, z. B. aus der den USA [EPA, 1996][Thurston, 1996], haben gezeigt, dass bei hohen PM10-Immissionen vermehrt Atemwegsinfektionen, Anfälle von Atemnot und Husten sowie Erkrankungen der Atemwege auftreten. Die Anzahl von Todesfällen nimmt bei erhöhten PM10-Konzentrationen zu.

Le trichloroéthylène et le tétrachloroéthylène font partie du groupe des hydrocarbures volatils chlorés qui sont utilisés en grande quantité comme solvants pour leur excellente liposolubilité et pour leur non-combustibilité. Cela concerne entre autres l'industrie des colorants et des laques, et notamment l'industrie métallurgique où l'on utilise des solvants organiques pour le dégraissage des pièces en métal. A des concentrations élevées, le trichloroéthylène et le tétrachloroéthylène présentent des effets narcotiques. Une exposition prolongée provoque l'apparition de troubles du foie et des reins. Il n'existe aucune preuve manifeste de l'effet cancérigène du trichloroéthylène et du tétrachloroéthylène, les deux étant toutefois classés comme suspects de cancer [Marquardt et al., 1994].

La **suie** provient principalement du trafic routier ainsi que des machines et véhicules industriels. Lors d'expériences, l'inhalation de noir de carbone de diesel a provoqué des tumeurs cancéreuses chez des rats. La suie de diesel a par conséquent été classée substance cancérigène dès 1987. Les particules de noir de carbone pénètrent dans les poumons et leur effet cancérigène provient d'une part de l'irritation mécanique exercée par le noyau de noir de carbone [VDI, 1991]. La surface des particules de noir de carbone peut en outre piéger des substances cancérigènes, par ex. des HAP et les transporter en même temps dans les poumons.

Les **poussières** parviennent dans l'atmosphère par le biais des procédés industriels, des processus de combustion et de chargement de matériaux. Les processus naturels et l'agriculture jouent également un grand rôle, surtout pour les poussières de taille importante. Ce sont principalement les poussières fines qui ont un impact sur la santé humaine, avec leurs particules inférieures à 10 µm (**poussières PM10**; PM = Particulate Matter) qui, vu leur taille minime, pénètrent jusque dans les alvéoles pulmonaires. Les toutes dernières études, celles effectuées par ex. aux Etats-Unis [EPA, 1996] [Thurston, 1996], ont montré que, suite aux immissions élevées PM10, il y avait davantage d'infections des voies respiratoires, de crises d'étouffement et de toux ainsi que d'affections des voies

Das Haupteinsatzgebiet von **Blei (Pb)** ist die Akkumulatorenindustrie, daneben die Kabelherstellung sowie der Bausektor und der chemische Apparatebau. Der Kraftfahrzeugverkehr als früher wichtigste Quelle für den Eintrag von Blei in die Umwelt hat heute keine Bedeutung mehr, da der Einsatz verbleiteter Ottokraftstoffe heute EU-weit und in der Schweiz untersagt ist.

Die biologische Halbwertszeit von Blei ist sehr lang, so dass auch bei der Aufnahme von nur geringen Mengen Blei über längere Zeit im Körper toxikologisch relevante Konzentrationen angereichert werden. Blei wirkt hemmend auf die Bildung von Hämoglobin (rote Blutkörperchen) und führt so zu Veränderungen im Blutbild. In höheren Konzentrationen beeinträchtigt Blei die Funktion des zentralen Nervensystems [UBA, 1991].

Cadmium (Cd) dient zur Oberflächenbeschichtung von Metallen, als Stabilisator in der Kunststoffindustrie und wird in Akkumulatoren sowie in Batterien verarbeitet. Die Verwendung von cadmiumhaltigen Farbpigmenten ist seit 1991 in der EU verboten. Als Cadmiumemittenten sind die Stahl- und Nichteisenindustrie sowie die Müllverbrennung zu nennen [Römpp, 1993]. Wie Blei reichert sich auch Cadmium im Körper an, was zu Schädigungen an Leber und Nieren führen kann. Die Inhalation von Cadmium und Cadmiumverbindungen in Form von Stäuben oder Aerosolen ist als krebserzeugend eingestuft [Römpp, 1993].

Arsen (As) und Arsenverbindungen werden in erster Linie als Legierungsbestandteile, aber auch in der Glasindustrie und in Holzschutzmitteln eingesetzt. Als Emittenten sind vor allem die Nichteisenmetallerzeugung, die Eisen- und Stahlgewinnung sowie Feuerungsanlagen zu nennen. Der Mensch nimmt Arsen hauptsächlich über die Nahrung und das Trinkwasser auf. Das in Lebensmitteln fast ausschließlich in Form von organischen Verbindungen

respiratorischen. Le nombre quotidien de décès s'accroît en fonction de l'élévation des concentrations PM10.

Le **plomb (Pb)** est principalement utilisé dans l'industrie de fabrication des accumulateurs, dans la fabrication de câbles et dans le secteur du bâtiment et de la construction d'appareils. Autrefois source principale de rejet du plomb dans l'environnement, le trafic routier n'a plus d'importance aujourd'hui, l'utilisation de l'essence plombée pour moteurs étant interdite dans l'Europe toute entière et en Suisse.

La période biologique du plomb est très longue si bien qu'une absorption, même s'il s'agit de faibles quantités, peut, sur une longue durée, entraîner des niveaux de concentration toxiques par effet d'accumulation dans l'organisme. Le plomb entrave la fabrication de l'hémoglobine (globules rouges) et provoque des modifications de la composition du sang. A des concentrations élevées, le plomb entrave le fonctionnement du système nerveux central [UBA, 1991].

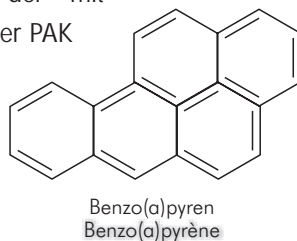
Le cadmium (Cd) est utilisé pour le traitement de surface des métaux, comme stabilisateur dans l'industrie des plastiques et pour la fabrication des accumulateurs et des batteries. L'utilisation de pigments colorés contenant du cadmium est interdite en Europe depuis 1991. Comme sources d'émission de cadmium, citons l'industrie des métaux ferreux et non-ferreux ainsi que les installations d'incinération d'ordures ménagères [Römpp, 1993]. Comme le plomb, le cadmium se concentre dans le corps et peut entraîner des dommages au foie et aux reins. L'inhalation de cadmium et de composés du cadmium sous forme de poussières ou d'aérosols est classée comme étant cancérigène [Römpp, 1993].

L'arsenic (As) et les composés de l'arsenic sont utilisés en premier lieu comme composants des alliages, mais aussi dans l'industrie du verre et dans les produits de protection du bois. Les principaux émetteurs sont les ateliers de production de métaux non-ferreux, de fer et d'acier ainsi que les installations de combustion. L'homme absorbe l'arsenic principalement par la nourriture et par l'eau de boisson. On considère cependant que l'arsenic présent

vorliegende Arsen gilt jedoch als unschädlich. Nur die anorganischen Arsenverbindungen, die in der Luft und im Wasser vorkommen, besitzen eine krebserzeugende und in hohen Konzentrationen akut toxische Wirkung [LAI, 1992].

Nickel (Ni) wird für Legierungen, zum galvanischen Vernickeln, für Labor- und Thermogeräte, Ni-Cd-Akkus und Katalysatoren verwendet. Hauptemittenten für nickelhaltige Stäube sind Öl- und Steinkohlefeuerungen, die Roheisen- und Stahlgewinnung, Verkehr und die Müllverbrennung [Kühling, 1994]. Atembare nickelhaltige Stäube wurden schon vor etwa 50 Jahren als krebserzeugend erkannt. Bei vielen Nickelverbindungen ist ein akut toxisches, allergieauslösendes und/oder erbgutschädigendes Potential nachgewiesen [Römpp, 1993].

Die Gruppe **polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe - PAK** - umfasst mehrere hundert Einzelverbindungen, für die meist das gut untersuchte **Benzo(a)pyren (BaP)** als Leitsubstanz herangezogen wird. PAK entstehen bei allen unvollständigen Verbrennungsprozessen und bei der Pyrolyse organischen Materials (Holz, Kohle, Benzin, Öl), u. a. auch beim Grillen und Braten. Aufgrund der - mit wenigen Ausnahmen - geringen Flüchtigkeit der PAK verbreiten sie sich in der Atmosphäre an feine Partikel (Staub, Ruß, Pollen) angelagert. Akute toxische Wirkungen sind nur von wenigen PAK-Verbindungen und bei sehr hohen Konzentrationen bekannt. Gut nachgewiesen ist jedoch die krebsauslösende und erbgutschädigende Wirkung vieler PAK-Verbindungen, auch des Benzo(a)pyrens [Marquardt et al., 1994] [Römpp, 1993].



Klimarelevante Gase

Der globale Treibhauseffekt bezeichnet den Einfluss der Atmosphäre auf den Wärme- und Strahlungshaushalt der Erde. Die Atmosphäre ist in hohem Maß durchlässig für einfallende kurzwellige Sonnenstrahlung, die von der Erdoberfläche absorbiert wird. Als langwellige Wärmestrahlung wird sie von hier wieder an die Atmosphäre abgege-

ben in den Nahrungsmitteln ist nicht gefährlich, da es fast ausschließlich in Form von organischen Verbindungen vorliegt. Nur die anorganischen Arsenverbindungen, die in der Luft und im Wasser vorkommen, besitzen eine krebserzeugende und in hohen Konzentrationen akut toxische Wirkung [LAI, 1992].

Le nickel (Ni) est utilisé pour les alliages, la galvanisation au nickel, les appareils de laboratoire, les appareils thermiques, les accumulateurs Ni-Cd et les catalyseurs. Les principales sources de poussières nickelifères sont les chauffages au fuel et au charbon, les usines de production de fonte et d'acier, le trafic routier et les installations d'incinération d'ordures ménagères [Kühling, 1994]. Les poussières nickelifères contenues dans l'air sont reconnues cancérogènes depuis déjà plus de 50 ans. De nombreux composés de nickel sont reconnus comme présentant un potentiel toxique, allergène et/ou mutagène [Römpp, 1993].

L'appellation hydrocarbures aromatiques polycycliques - HAP - regroupe plusieurs centaines de composés parmi lesquels le **benzo(a)pyrène (BaP)** bien connu est le plus courant. Les HAP proviennent de la combustion incomplète et de la pyrolyse de matières organiques (bois, charbon, essence, fuel), entre autres lorsqu'on fait des barbecues et des grillades. En raison de leur faible volatilité, à quelques exceptions près, les HAP collent à de fines particules (poussières, noir de carbone, pollen) et se dispersent ainsi dans l'atmosphère. Les effets toxiques ne sont connus que pour quelques composés de la famille des HAP et dans des concentrations très fortes. Par contre, l'effet cancérogène et mutagène de nombreux composés HAP ainsi que du benzo(a)pyrène a été prouvé [Marquardt et al., 1994] [Römpp, 1993].

Gaz significatifs au niveau climatique

L'effet de serre global désigne l'influence de l'atmosphère sur l'équilibre thermique et sur le bilan de rayonnement de la terre. L'atmosphère est extrêmement perméable au rayonnement solaire incident à ondes courtes qui est absorbé par la surface de la terre, puis retransmis dans l'atmosphère sous forme de rayonnement thermique à

ben. Befinden sich jedoch so genannte Treibhausgase, wie Kohlendioxid, Methan, Distickstoffoxid und auch Ozon, in zu hoher Konzentration in der Atmosphäre, kann die Wärmestrahlung nicht mehr komplett ins Weltall abgestrahlt werden. Sie wird in der Atmosphäre absorbiert, was zu einer globalen Erwärmung führt.

Im März 1997 einigten sich die Umweltminister der Mitgliedsstaaten der Europäischen Union darauf, dass in ihren Ländern der Ausstoß an Treibhausgasen bis zum Jahr 2010 um 15 % gegenüber 1990 reduziert werden soll.

Vertreter aus 160 Staaten verständigten sich auf der UNO-Klima-Gipfelkonferenz im japanischen Kyoto am 11. Dezember 1997 auf einen Kompromiss zur Verminderung der Treibhausgasemissionen. Das Abschlussprotokoll sieht eine weltweite Reduzierung des Gesamtausstoßes an klimaschädigenden Gasen in Höhe von 6 % innerhalb eines Zeitrahmens von 22 Jahren vor.

Die wichtigsten Gase, die den anthropogen bedingten Treibhauseffekt verursachen, sind Kohlendioxid (CO_2), Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) sowie Halone, Methan (CH_4), Distickstoffoxid (N_2O) und Ozon (O_3). Weiterhin sind klimawirksam perfluorierte FKW, Schwefelhexafluorid (SF_6), teilhalogenierte FCKW und HFKW sowie Wasserdampf aus dem Flugverkehr. Sulfat-Aerosole wirken dem zusätzlichen Treibhauseffekt entgegen. Der Treibhauseffekt wird dadurch noch verstärkt, dass der absolute Gehalt von Wasserdampf in der Atmosphäre mit steigender Temperatur von Luft und Ozeanen wächst und dadurch eine weitere Temperaturerhöhung bewirkt wird.

Bei einigen Spurengasen ist die Emission nicht die einzige Quelle. Sie entstehen auch aus Vorläufersubstanzen durch chemische Umsetzungen. Insbesondere die Bildung von Ozon in der Troposphäre erfolgt ausschließlich durch chemische Reaktion aus NMVOC (flüchtige organische Verbindungen ohne Methan), CH_4 , CO und NO/NO_2 . Weiterhin führen erhöhte Ammoniak-Emissionen im Bereich von einigen Prozenten des eingetragenen Stickstoffes in Böden zur Bildung von Distickstoffoxid (N_2O).

Eine innerhalb des umfassenden Ansatzes der Klimarahmenkonvention wichtige Größe stellt das sogenannte Treibhauspotential (GWP Global warming potential) dar.

ondes longues. Si des gaz dit à effet de serre tels que le gaz carbonique, le méthane, le protoxyde d'azote et l'ozone sont en concentrations trop fortes dans l'atmosphère, le rayonnement thermique ne peut pas être dissipé complètement dans l'espace. Il est absorbé dans l'atmosphère ce qui entraîne un réchauffement global.

En mars 1997, les ministres de l'Environnement des pays membres de l'Union Européenne ont convenu de réduire le rejet de gaz à effet de serre d'ici 2010 dans leur pays de 15% par rapport à 1990.

A la Conférence Climat au sommet de l'ONU tenue à Kyoto au Japon le 11 décembre 1997, les représentants de 160 pays se sont mis d'accord sur un compromis concernant la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Le protocole de clôture prévoit une réduction au niveau mondial du rejet total de gaz nocifs pour l'environnement de 6% sur une période de 22 années.

Les principaux gaz engendrant l'effet de serre sont le gaz carbonique (CO_2), les chlorofluorocarbones (C.F.C) ainsi que les halogènes, le méthane (CH_4), l'oxyde nitreux (N_2O) et l'ozone (O_3). Il y a en outre les hydrocarbures perfluorés, les hexafluorures de soufre (SF_6), les C.F.C. et les HCFC en partie halogènes ainsi que la vapeur d'eau en provenance du trafic aérien. Les aérosols sulfate sont limitative par rapport au phénomène d'effet de serre. L'effet de serre est encore amplifié par le fait que la teneur absolue en vapeur d'eau dans l'atmosphère s'accroît en fonction de l'augmentation de la température de l'air et des océans, ce qui provoque une nouvelle élévation de température.

Pour certains gaz présents au niveau de traces, l'émission n'est pas la seule source. Ils proviennent également de précurseurs suite à des réactions chimiques. Citons notamment la formation d'ozone dans la troposphère qui résulte exclusivement d'une réaction chimique provenant des COVNM (composés organiques volatils non méthaniques), CH_4 , CO et NO/NO_2 . Par ailleurs, les fortes émissions d'ammoniac de l'ordre de quelques pour cent de l'azote épandu dans les sols provoquent la formation d'oxyde nitreux (N_2O).

Un paramètre important dans l'approche exhaustive de la Convention Climatique Cadre est représenté par le potentiel à effet de serre (GWP Global warming poten-

Es beschreibt als relative Größe die jeweilige Absorptionswirkung der einzelnen Treibhausgase gemessen an der Referenzsubstanz Kohlendioxid, wobei die Verweilzeit in der Atmosphäre berücksichtigt wird.

Kohlendioxid (CO₂) ist ein farbloses, geruchloses und nicht brennbares Gas. Kohlendioxid kommt in der Natur sowohl in freiem Zustand als auch in gebundenem Zustand vor. In freier Form ist Kohlendioxid zu 0,03 Volumenprozent in der Luft enthalten und zu $\frac{5}{10000}$ Volumenprozent im Meerwasser enthalten. In gebundener Form findet man Kohlendioxid vor allem im Calciumcarbonat (CaCO₃), z. B. Kalkstein, Kreide, und in Magnesiumcarbonat (MgCO₃).

Die wichtigsten anthropogenen Quellen für Kohlendioxid sind die Verbrennung fossiler Brennstoffe (Kohle, Öl, Gas) sowie die großflächige Zerstörung von Wäldern.

Der Kohlendioxidgehalt der Erdatmosphäre ist seit Beginn der Industrialisierung (ca. 1800) von 280 auf 355 ppm d.h. um rund ein Viertel gestiegen und nimmt jährlich um 0,4 Prozent zu. Das GWP von Kohlendioxid wird definitionsgemäß in allen Zeithorizonten mit 1 angesetzt (IPCC Supplement 1992).

Methan (CH₄) ist leichter als Luft, farblos, geruchlos und leicht entzündlich. Es ist der Hauptbestandteil von Erdgas, kommt als Grubengas in Kohlegruben vor, ist ein Beiprodukt der Erdöldestillation und entsteht bei natürlichen, anaeroben Zersetzungsprozessen in Feuchtgebieten und Sümpfen.

Die wesentlichen anthropogenen Quellen sind in Mitteleuropa die Viehhaltung, Förderung und Verteilung von Erdöl und Erdgas, Bergbau und Abfalldeponien. Das Gas wird nicht nur als Brennstoff genutzt. In der chemischen Industrie ist Methan ein wichtiger Synthesebaustein. So dient es beispielsweise zur Herstellung von Synthesegas, das man für viele technische Prozesse (z. B. zur Ammoniaksynthese) benötigt. Methan wird u. a. auch zur Erzeugung von Cyanwasserstoffsäure (Blausäure), Halogenkohlenwasserstoffen, Acetylen (Ethin) und Ruß (z. B. Druck- und Reifenindustrie) verwandt.

Il décrit comme paramètre relatif l'effet d'absorption des différents gaz à effet de serre, mesuré à la substance de référence, le temps de séjour dans l'atmosphère étant pris en compte.

Le dioxyde de carbone (CO₂) est un gaz incolore, inodore et incombustible. Il apparaît dans la nature, aussi bien à l'état libre qu'à l'état fixé. A l'état libre, il est contenu dans l'air dans un pourcentage volumique de 0,03 et dans l'eau de mer dans un pourcentage de $\frac{5}{10000}$. A l'état fixé, on le trouve principalement dans le carbonate de calcium (CaCO₃), par ex. le calcaire, la craie et dans le carbonate de magnésium (MgCO₃).

Les principales sources anthropiques du dioxyde de carbone sont la combustion de combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz) ainsi que la destruction des forêts sur de grandes surfaces.

Depuis le début de l'industrialisation (vers 1800), la teneur de l'atmosphère terrestre en dioxyde de carbone a augmenté de 280 à 355 ppm, c.-à-d. d'environ un quart, et il s'accroît chaque année de 0,4 %. Par définition, le GWP de dioxyde de carbone est pris égal à 1 quelque soit l'échéance considérée (IPCC Supplement 1992).

Le **méthane (CH₄)** est plus léger que l'air, incolore, inodore et légèrement inflammable. C'est le constituant principal du gaz naturel et un co-produit de la distillation du pétrole. Il est présent dans les mines de charbon sous forme de grisou et résulte des processus naturels de décomposition anaérobie dans les zones humides et les marécages. En Europe centrale, les principales sources anthropiques sont l'élevage de bétail, l'extraction et la répartition du pétrole et du gaz naturel, l'exploitation minière et les dépôts de déchets. Le méthane n'est pas seulement utilisé comme combustible. Dans l'industrie chimique, c'est un important élément structural de synthèse. Il sert par exemple à la fabrication du gaz de synthèse dont on a besoin pour de nombreux processus techniques (par ex. pour la synthèse de l'ammoniac). Le méthane est utilisé entre autres pour la production de cyanure d'hydrogène (acide cyanhydrique), l'hydrocarbure halogéné, l'acétylène et le noir de carbone (par ex. dans l'industrie graphique et la

Erhöhte Methan-Emissionen führen indirekt zu höheren Wasserdampfkonzentrationen in der Stratosphäre und verstärken dadurch den Treibhauseffekt. Das GWP von Methan liegt bei etwa 21 (Zeithorizont 100 Jahre), d.h. in diesem Zeithorizont ist das Methan 21 mal wirksamer als das Kohlendioxid (IPCC Supplement 1992, Zeithorizont 100 Jahre).

Distickstoffoxid (Lachgas, N₂O) ist ein farbloses Gas mit leicht süßlichem Geruch. Da es eine schwach narkotisierende Wirkung zeigt, kommt es in verflüssigtem Zustand für Narkosezwecke in den Handel. Lachgas findet auch zunehmend Verbreitung als Treibmittel für Aerosole.

Die global wichtigste Quelle für N₂O sind mikrobielle Umsetzungen von Stickstoffverbindungen in Böden. Diese erfolgen sowohl unter natürlichen Bedingungen als auch durch Stickstoffeinträge aus Landwirtschaft, Industrie und Verkehr. Auch die Umsetzung von aus der Atmosphäre in den Boden eingebrachten Ammonium-Stickstoff, der seinen Ursprung u.a. in der Landwirtschaft hat, führt zur Bildung von Distickstoffoxid. Darüber hinaus sind weitere wichtige Quellen die Industrie, und hier v.a. die Adipinsäureherstellung und Salpetersäureanlagen sowie die katalytische Abgasreinigung zur Entfernung von Stickstoffoxiden. Das GWP von Distickstoffoxid hat etwa den Wert 270 (IPCC Supplement 1992, Zeithorizont 100 Jahre).

fabrication des pneus).

Les fortes émissions de méthane provoquent indirectement des concentrations élevées de vapeur d'eau dans la stratosphère, intensifiant ainsi l'effet de serre. Le GWP de méthane est aux alentours de 21 (horizon 100 ans), c.-à-d. que dans ce laps de temps le méthane a une action 21 fois plus forte que le dioxyde de carbone (IPCC Supplément 1992, horizon 100 ans).

Le **protoxyde d'azote (gaz hilarant, N₂O)** est un gaz incolore avec une odeur légèrement douceâtre. Comme il présente un effet légèrement anesthésiant, il est vendu dans le commerce à l'état liquéfié à des fins narcotiques. Le protoxyde d'azote est de plus en plus utilisé comme propulseur d'aérosols.

Les sources globales les plus importantes pour le N₂O proviennent des substitutions microbiennes de composés azotés dans les sols. Elles ont lieu aussi bien dans des conditions naturelles que suite à des dépôts d'azote venant de l'agriculture, de l'industrie et du trafic. La substitution de l'azote ammoniacal contenu dans l'atmosphère et déposé dans le sol et qui provient entre autres de l'agriculture, entraîne la formation de protoxyde d'azote. Par ailleurs, les autres sources importantes sont l'industrie, notamment la fabrication d'acide adipique et les installations d'acide nitrique ainsi que l'épuration des gaz d'échappement catalytiques pour l'enlèvement des oxydes d'azote. Le GWP d'oxyde nitreux a à peu près la valeur 270 (IPCC Supplément 1992, horizon 100 ans).

3.2 Entstehung und Ausbreitung von Luftschadstoffen

3.2.1 Verbrennung

Die wichtigste, auf die Aktivitäten des Menschen zurückzuführende Emissionsquelle für Luftschadstoffe ist die Verbrennung in Heizungsanlagen (Haushalt oder gewerblich), bei der Energieerzeugung, beim Verkehr und der Müllverbrennung (Haushalts- oder Gewerbeabfälle).

‘Verbrennung’ bezeichnet die Oxidation eines Brennstoffs (Kohle, Heizöl, Benzin, Holz, Erdgas usw.) in Gegenwart eines Sauerstoffträgers (Luftsauerstoff).

Bei der Verbrennung entsteht aus dem im Brennstoff enthaltene Kohlenstoff (C) und dem Luftsauerstoff (O₂) Kohlendioxid (CO₂) und Wärme. Verläuft die Verbrennung nicht optimal oder sind im Brennstoff noch weitere Stoffe wie

3.2 Formation et diffusion des polluants de l'air

3.2.1 La combustion

La principale source de rejets de polluants dans l'atmosphère, issus des activités humaines, est liée aux combustions qui résultent des chauffages (domestiques ou industriels), de la production d'énergie, des transports et des incinérations (ordures ménagères ou déchets industriels). La combustion est l'oxydation d'un combustible (charbon, fuel, essence, bois, gaz naturel, etc.) en présence d'un comburant (oxygène de l'air).

Le carbone (C) voire le soufre (S) de ces combustibles, recombinés à l'oxygène de l'air (O₂), sont à l'origine des rejets de dioxyde de carbone (CO₂), de monoxyde de carbone (CO) lors des combustions incomplètes et de

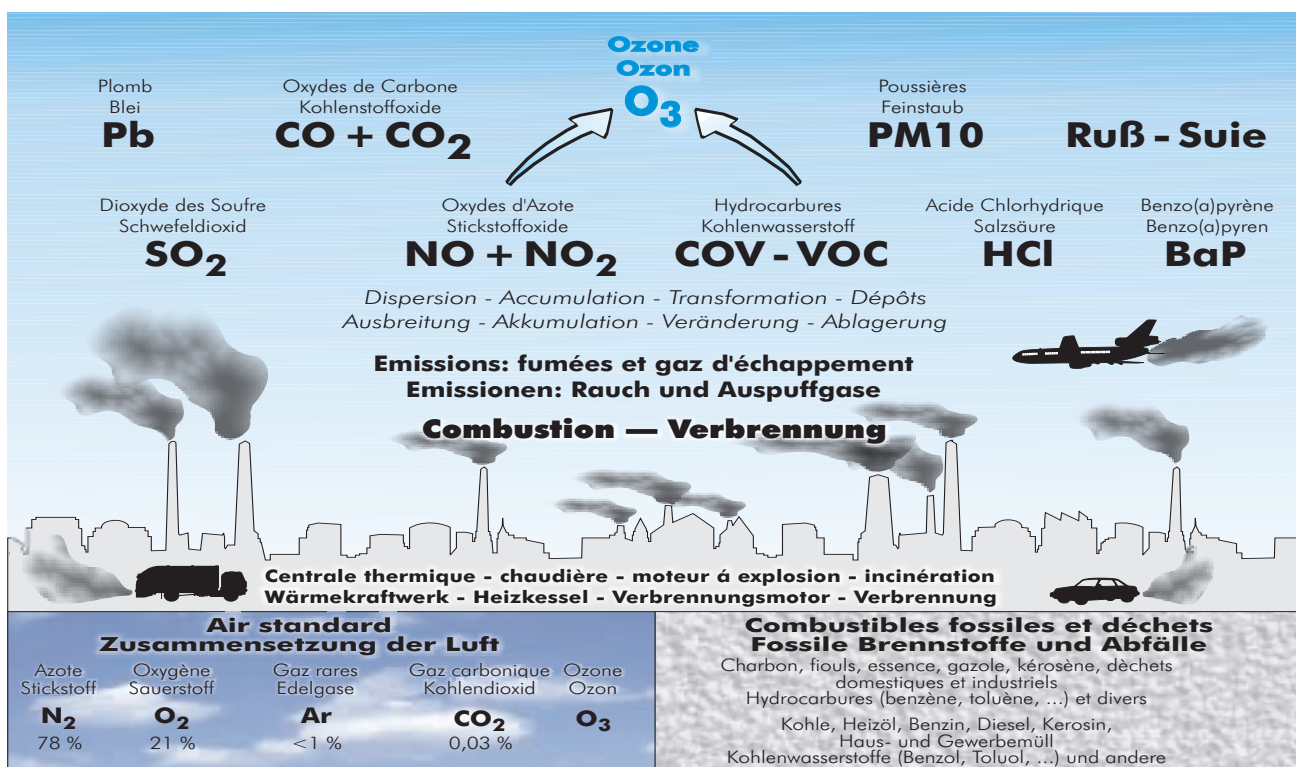


Abbildung 3.2-1: Luftverschmutzung durch Verbrennung.

Figure 3.2-1 : La pollution par combustion.

Schwefel (S) enthalten, entstehen die Schadstoffe Kohlenmonoxid (CO) und/oder Schwefeldioxid (SO₂). Stickstoffoxide (NO_x) werden vor allem bei hohen Temperaturen durch die Verbindung von in der Luft enthaltenem Stickstoff (N₂) mit dem Luftsauerstoff gebildet. Bei der Verbrennung von Haushaltsabfällen (PVC, Kunststoffe) gelangen Schwermetalle und Salzsäure, bei unvollständiger Verbrennung auch flüchtige organische Bestandteile und Partikel in die Umwelt.

3.2.2 Der Kreislauf der Luftverschmutzung

Der „Kreislauf der Luftverschmutzung“ beschreibt die Entstehung, die Wirkung und die Überwachung von Luftschadstoffen auf miteinander verwobenen Ebenen. Diese geben zwar nicht den gesamten Umfang der Luftverschmutzung wieder, zeigen aber das Ausmaß der Problematik von der lokalen über die städtische, regionale und grenzüberschreitende bis hin zur globalen Ebene. Abhängig von der Meteorologie und den chemischen Reaktionsmechanismen können Schadstoffe unterschiedliche Entwicklungen durchlaufen. Sie können über weite Strecken verfrachtet werden oder es kommt zu einer Anreicherung in der unteren

dioxyde de soufre (SO₂). Les oxydes d'azote (NO_x) sont principalement issus de la combinaison de l'azote (N₂) et de l'oxygène de l'air à haute température lors de l'utilisation de tous combustibles. L'incinération des ordures ménagères (PVC, matières plastiques) émet des métaux lourds et de l'acide chlorhydrique. Ces combustions ne sont pas parfaites et génèrent des imbrûlés (composés organiques volatils, particules).

3.2.2 Le cycle de la qualité de l'air

Le „cycle de la qualité de l'air“ s'intéresse au devenir, à l'impact et au suivi des polluants de l'atmosphère et s'inscrit dans plusieurs échelles emboîtées qui traduisent sinon l'ampleur au moins l'étendue des phénomènes de pollution allant de l'échelle locale à l'échelle planétaire en passant par les échelles urbaine, régionale et transfrontalière. La pollution émise va, au gré de la météorologie et des réactions chimiques, se disperser ou s'accumuler, stagner ou voyager, se transformer ou persister, se déposer ou être remobilisée, être absorbée ou assimilée.

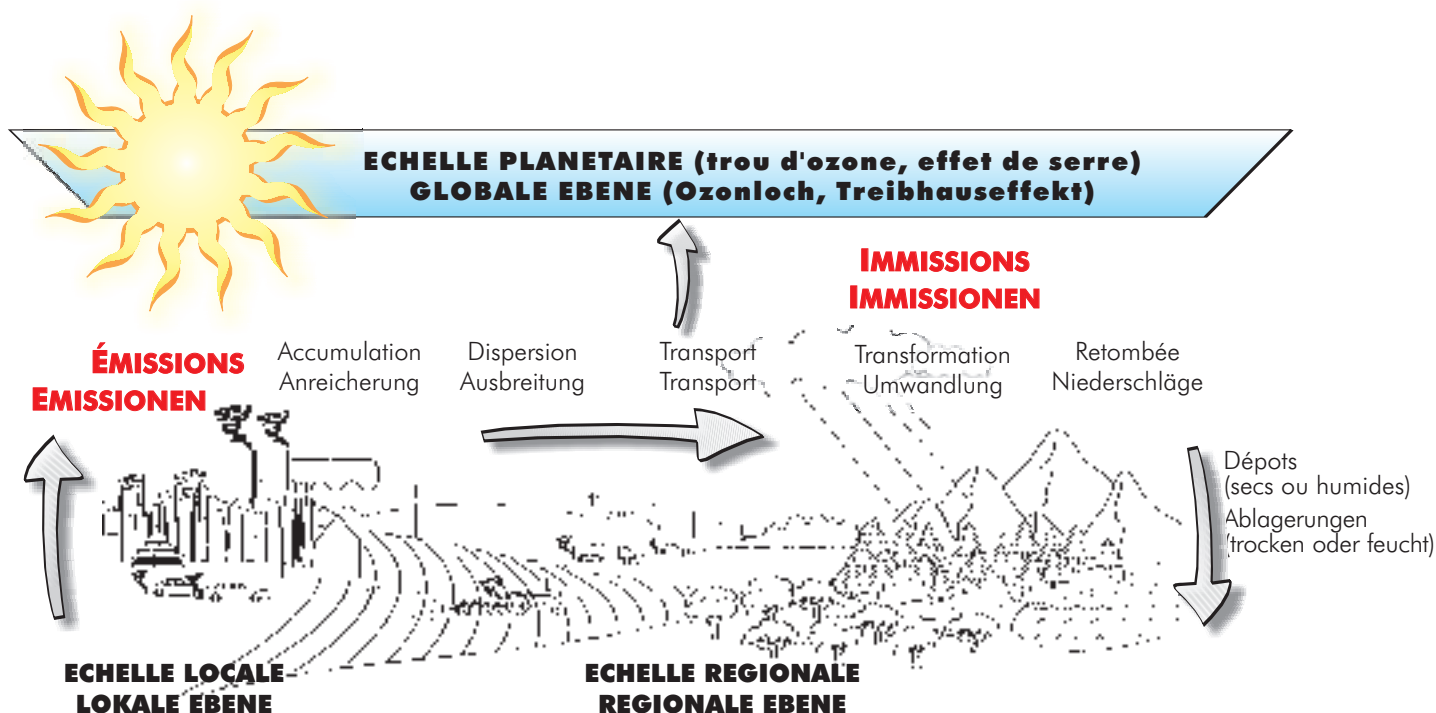


Abbildung 3.2-2: Kreislauf der Luftverschmutzung.

Figure 3.2-2 : Le cycle de la pollution de l'air.

Atmosphäre. Schadstoffe werden chemisch verändert, abgelagert und evtl. erneut mobilisiert.

3.2.3 Die lokale Ebene und die Belästigung der Nachbarschaft

Die lokale Ebene wird durch die Luftverschmutzung charakterisiert, die in direkter Nachbarschaft von Emissionsquellen auftritt. Als Emissionsquellen spielen z. B. gewerbliche Verbrennungsanlagen, Verkehrsachsen oder private Haushalte (Heizung, unerlaubte Müllverbrennung) eine wichtige Rolle. Die emittierten Primärschadstoffe (nicht umgewandelt) oder auch Geruchsbelästigungen betreffen vor allem die Anwohner, die in der Hauptwindrichtung der Emissionsquellen wohnen. Auf der lokalen Ebene kann die Emission starken zeitlichen Schwankungen unterworfen sein, die zum Teil regelmäßig (Berufspendelverkehr) oder als Einzelereignisse (besondere industrielle Aktivitäten) auftreten.

3.2.4 Die städtische Ebene und ihre Smoglocke

Aufgrund des Zusammenspiels der Schadstoffausbreitung in Stadtzentren (Verkehrsachsen, Industriegebiete) und der diffusen Emissionen aus den großflächigen Wohngebieten und Geschäftsvierteln (Privatheizungen, Zugangsverkehr, usw.), ist die Bevölkerung eines Ballungsgebiets fast ständig einer Grundverunreinigung ausgesetzt. Unter ungünstigen Witterungsverhältnissen kann das durch die Untergrünze einer Inversion isolierte Stadtklima eine echte

3.2.3 L'échelle locale et les nuisances de voisinage

L'échelle locale caractérise les pollutions que l'on rencontre au voisinage des sources de rejets : foyers industriels de combustion, axes de circulation, pratiques individuelles diverses comme le chauffage au charbon ou l'incinération sauvage. Ces pollutions dites primaires (non transformées) affectent en premier lieu les riverains sous les vents dominants des sources et peuvent être à l'origine de nuisances olfactives. A cette échelle, des fluctuations significatives de pollution en lien avec des variations d'émissions périodiques (trafic pendulaire en semaine) ou épisodiques (opérations industrielles particulières) peuvent être observées.

3.2.4 L'échelle urbaine et son dôme de pollution

Par le jeu combiné de la dispersion des pollutions de proximité intra urbaine (axes de transit, zones industrielles) et des émissions diffuses des zones résidentielles et commerciales de grandes étendues (chauffages domestiques, trafic d'accès, etc.), la population d'une grande agglomération est soumise à un fond de pollution quasi permanent. Dans les circonstances météorologiques les plus défavorables, l'îlot de chaleur urbain isolé par la

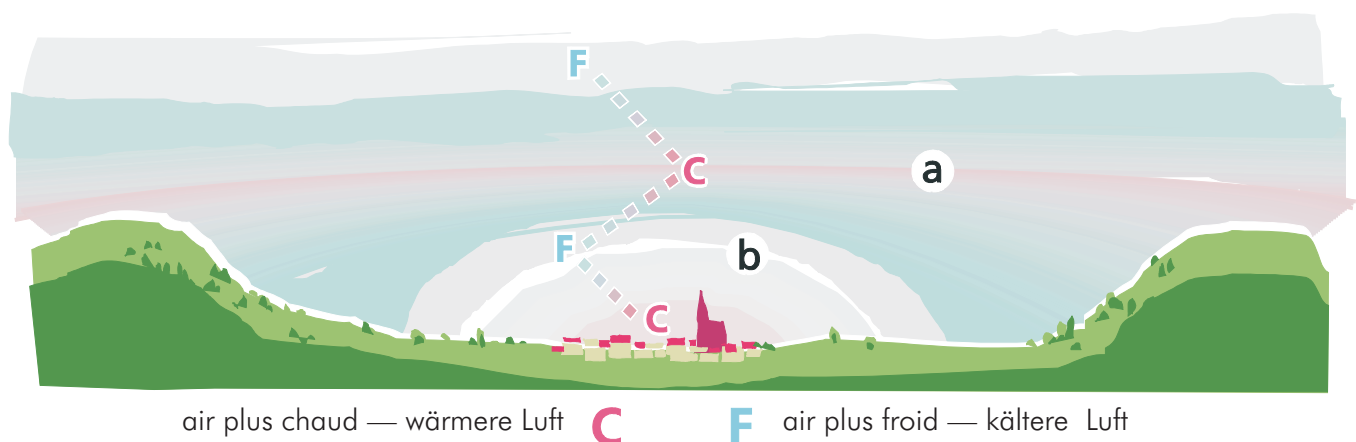


Abbildung 3.2-3: Smoglocke über einer Stadt.

Figure 3.2-3 : L'échelle urbaine et son dôme de pollution.

Smogglücke ausbilden. Unter dieser Glücke sammeln sich die gesamten städtischen Primärschadstoffe an und vermischen sich ohne entweichen zu können.

In der unteren Atmosphäre nimmt die Lufttemperatur normalerweise mit zunehmender Höhe ab. Bei einer Temperaturinversion, die durch die Kessellage begünstigt wird (a in Abbildung 3.2-3), liegen wärmere Luftmassen über bodennaher kälterer Luft, wodurch ein Austausch der Luft und damit der Luftschadstoffe blockiert wird. Bei einer städtischen Smogglücke (b) verursacht die von der Stadt erzeugte Wärme die Bildung einer Inversion. Diese ist um so ausgedehnter, je größer der Ballungsraum ist. Im oberen Rheintal zwischen Vogesen und Schwarzwald werden diese Smogphänomene verstärkt, da die regionale Topographie ein Verbleiben der kalten Luftmassen auf dem Grund des Rheingrabens begünstigt.

3.2.5 Die regionale und grenzüberschreitende Ebene

Während die Ausbildung einer städtischen Smogglücke auf Ballungsräume beschränkt ist, besitzen andere Verunreinigungen einen regionalen bzw. überregionalen Charakter.

Während der Sommerzeit treten Ozonspitzen auf. Dieses troposphärische Ozon (Ozon in niedrigen Atmosphärenschichten, nicht zu verwechseln mit der stratosphärischen Ozonschicht), die Leitsubstanz der sekundären Luftverunreinigungen (Photooxidantien), entsteht unter dem Einfluss des Sonnenlichts (Photochemie) aus Vorläufersubstanzen, hauptsächlich Stickstoffdioxid NO_2 und flüchtigen organischen Stoffen.

Die Ozonkonzentration an einem Ort ist die ständige Bilanz zwischen den Mechanismen der Zerstörung (an Oberflächen oder durch das NO in unmittelbarer Nähe von Kraftfahrzeugemissionen), der Entstehung (Photochemie) und der Versorgung durch die Ozonhintergrundkonzentration in der Troposphäre. Die höchsten Ozonwerte treten bei warmem und sonnigem Wetter in der Tagesmitte (maximale Sonneneinstrahlung) fernab von den Abgasen auf (in Wohngebieten oder Fußgängerzonen und mehr noch in städtischen Randgebieten oder auf dem Land). Der kleinräumige Anstieg, in jedem Fall aber das

base d'une inversion de température peut conduire à la mise en place d'un véritable dôme de pollution. Sous ce dôme, toute la pollution primaire urbaine va s'accumuler et se brasser sans pouvoir s'échapper.

En basse atmosphère, la température décroît normalement avec l'altitude. L'inversion de température, favorisée par un relief encaissé (a dans la Figure 3.2-3), est un phénomène qui bloque la dispersion des polluants sous une masse d'air inhabituellement plus chaude qu'au sol. Dans une telle situation, la chaleur de la ville conduit à la formation d'un dôme de pollution urbaine (b) d'autant plus grand que l'agglomération est grande. Dans la vallée du Rhin supérieur, ces phénomènes de dôme de pollution sont amplifiés par la topographie régionale (entre les Vosges et la Forêt Noire) qui favorise la stagnation des masses d'air froides au fond de la cuvette rhénane.

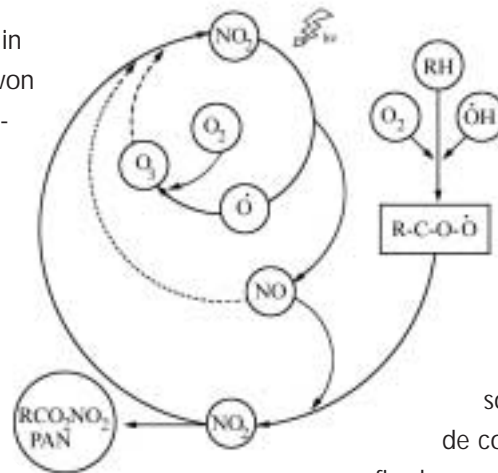
3.2.5 L'échelle régionale et transfrontalière

Autant le dôme urbain de pollution limite son ampleur à une grande agglomération, autant certaines pollutions revêtent un caractère régional voire interrégional.

Les pics d'ozone s'observent en période estivale. Cet ozone troposphérique (de basse atmosphère à ne pas confondre avec la couche d'ozone stratosphérique) et son cortège de polluants secondaires photo-oxydants dont il est le traceur (l'indicateur), se forme par action du rayonnement solaire (photochimie) sur les polluants précurseurs que sont principalement le dioxyde d'azote NO_2 et les composés organiques volatils.

La concentration d'ozone en un endroit donné est un bilan permanent entre des mécanismes de destruction (sur les surfaces ou par le NO à proximité immédiate des émissions automobiles), de production (photochimie) et d'alimentation en fond permanent d'ozone présent dans la troposphère. Les taux d'ozone les plus élevés trouvent leur paroxysme en milieu de journée chaude et bien ensoleillée (activité solaire maximale) à distance des gaz d'échappements (en zone résidentielle ou zone piétonne et plus encore en zone périurbaine ou franchement rurale). En montagne la nuit, la remontée ponctuelle et en

Fehlen eines spürbaren Rückgangs nachts in den Bergen, erklärt sich zum einen durch von der Ebene herangeführte verschmutzte Luftmassen, und zum anderen durch einen besseren Luftaustausch und die damit verbundene bessere Vermischung mit dem Hintergrundozon. Dieses Gleichgewicht vielfacher Einflüsse macht auch das Auftreten von Ozonspitzen am Wochenende in Gegenwart eines ausreichenden (vom selben Tag) bzw. anhaltenden (von den vorhergehenden Tagen), in jedem Fall jedoch in seinen Zerstörungsmechanismen eingeschränkten Vorläuferhintergrunds (vorübergehender Rückgang des Verkehrsaufkommens) verständlich.



tout cas l'absence de baisse marquée s'explique alors principalement l'une par des arrivées nocturnes de masses d'air chargées le jour en plaine et l'autre par une meilleure ventilation assurant un brassage avec le fond permanent d'ozone. C'est aussi cet équilibre sous influence multiple qui permet de comprendre l'occurrence de pics en

fin de semaine (WE) en présence d'un fond de précurseurs suffisant (du jour même) voire persistant (des jours précédents) et en tout cas limité dans ses mécanismes de destruction (baisse temporaire du trafic).

Saure Luftverunreinigungen entstehen im Wesentlichen durch Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Ammoniak, die in der Atmosphäre in Säuren umgewandelt werden (Schwefelsäure und Salpetersäure). Durch Ferntransport in ländliche Gebiete und insbesondere Waldgebiete verfrachtet (Waldsterben), werden diese sauren Schadstoffe in trockener oder feuchter Form (saurer Regen) deponiert. Reicht die Nebeldecke über dem Rheingraben bis an die sonnenbeschienenen Gipfel der Vogesen, werden die Ebene und die übrigen, nicht von der Sonne beschienenen Gebirgsgebiete mit den Schadstoffen belastet, die sich im Rheingraben befinden (insbesondere Kraftfahrzeugemissionen).

Die aus dem Nordosten durch den Rheingraben gelegentlich über die Landesgrenzen hinweg transportierten industriellen Schwefeldioxidemissionen sind bis in die Gipfel der Vogesen und des Schwarzwalds feststellbar. Das kontinentale Ausmaß dieses Phänomens wurde durch die Rückverfolgung der Trajektorien besonders verunreinigter Luftmassen bestätigt, anhand derer im Januar 1987 der Ferntransport von Zentraleuropa über die Ruhr nachgewiesen werden konnte.

La pollution acide résulte principalement de la présence dans l'atmosphère de dioxyde de soufre, de dioxyde d'azote et d'ammoniac qui se transforment en acide (sulfurique et nitrique). Transportée à longue distance vers les espaces ruraux et notamment les massifs forestiers (dépeçages), cette pollution acide retombe sous forme de dépôts secs ou humides (pluies acides). Lorsque le fossé rhénan met sous couvercle un brouillard qui tranche avec les sommets vosgiens ensoleillés, la plaine et les autres zones montagnardes privées de soleil sont affectées par la charge polluante ambiante remplissant le fossé rhénan (pour la pollution d'origine automobile notamment).

En provenance du nord-est et empruntant le couloir rhénan, des transports transfrontaliers occasionnels de pollution industrielle en dioxyde de soufre sont perceptibles jusqu'au sommet des Vosges et de la Forêt Noire. Confirmant la dimension continentale de ce type de phénomène, des études de rétrojectoires de masses d'air particulièrement polluées ont pu mettre en évidence en janvier 1987 des transports à longue distance originaires d'Europe centrale via la Ruhr.

3.2.6 Die globale Ebene

Die Abnahme der stratosphärischen Ozonschicht und ihre stärkeren saisonalen Defizite an den Polen, ist mit der Wirkung der, heute reglementierten, anthropogenen Emissionen, wie den Fluorchlorkohlenwasserstoffen verbunden. Darüber hinaus vergrößert der Treibhauseffekt, verursacht durch die von Menschen bewirkte Zunahme an klimarelevanten Gasen (Kohlendioxid, Methan, Stickstoffoxide, troposphärisches Ozon, ...) die immer seltener bestrittene Gefahr unerwünschter klimatischer Veränderungen. Der Umgang mit der globalen Verunreinigung der Atmosphäre ist über das obere Rheintal hinaus Gegenstand internationaler Abkommen. Diese betreffen, durch die ständige Weiterentwicklung der gesetzlichen Vorschriften, auch den einzelnen Bürger (Schutz der Ozonschicht durch Verwendung von Zerstäubern, verbrauchsarme Motoren mit geringerem CO₂-Ausstoß usw.).

3.2.6 L'échelle planétaire

La tendance à la diminution de la couche d'ozone stratosphérique et ses déficits saisonniers plus marqués aux pôles sont associés aux effets d'émissions anthropiques comme les chlorofluorocarbures aujourd'hui réglementés. Par ailleurs, l'augmentation dans l'atmosphère sous l'action de l'homme de gaz à effet de serre (gaz carbonique, méthane, protoxyde d'azote, ozone troposphérique, ...) fait peser le risque de moins en moins contesté de modifications climatiques indésirables. Dépassant le cadre de la vallée du Rhin supérieur, la gestion de la pollution atmosphérique planétaire fait l'objet d'engagements internationaux. Ces derniers touchent les citoyens à titre individuel de par l'évolution de la réglementation (atomiseurs respectant la couche d'ozone, moteurs moins gourmands limitant le CO₂, etc.).

3.3 Zeitliche Entwicklung der wichtigsten Schadstoffe

Die Luftqualität im oberen Rheintal hat sich zwischen 1990 und 1999 hinsichtlich des Schwefeldioxids (SO_2) und des Kohlenmonoxids (CO) allgemein verbessert. Beim Stickstoffdioxid (NO_2) sind die Entwicklungstendenzen weniger eindeutig und Ozon (O_3) bildet mit einer leichten Zunahme der Hintergrundkonzentration, wie in gesamt Europa, eine Ausnahme. Die im Folgenden gezeigte zeitliche Entwicklung innerhalb des betrachteten Zeitraums bezieht sich bei allen Schadstoffen auf die durchschnittliche Belastung (Jahresmittelwert) und auf Überschreitungen von Kurzzeit-Grenzwerten. Die Stickstoffdioxid- und Ozongrenzwerte entsprechen den europäischen Richtlinien oder der französischen bzw. deutschen Gesetzgebung. Der NO_2 -Grenzwert für eine Stunde der EU liegt bei $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und die Alarmschwelle bei $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Beim Ozon liegt der Schwellenwert zur Information der Bevölkerung bei $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und die Alarmauslösekonzentration bei $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.3.1 Schwefeldioxid (SO_2)

Bei den SO_2 -Konzentrationen hat sich in den 90er Jahren die abnehmende Tendenz des vorhergehenden Jahrzehnts fortgesetzt. An Stationen in städtischen Randgebieten sind die Jahresdurchschnittswerte zwischen 1990 und 1999 auf ein Drittel gesunken und liegen derzeit in den größten Ballungsräumen des oberen Rheintals bei unter $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Diese Jahresmittelwerte liegen in der Größenordnung des Grenzwertes für den Schutz von Ökosystemen der europäischen Richtlinie vom 22. April 1999 ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$). In Abbildung 3.3-1 sind einige Beispiele der Langzeitreihen für SO_2 dargestellt. Die günstige Entwicklung steht in direktem Zusammenhang mit den Bemühungen um eine Reduzierung schwefelhaltiger Emissionen auf beiden Seiten des Rheins.

Im gleichen Zeitraum wurde auch an Standorten in Industrienähe ein Rückgang der SO_2 -Belastung verzeichnet, auch wenn die Konzentrationen dort nach wie vor höher sind als in den Städten. Diese Entwicklung in Industrienähe war jedoch in Baden-Württemberg deutlicher als in Frankreich, wie Abbildung 3.3-2 belegt. Hier zeigt sich außerdem der Einfluss grenzübergreifender Industrieemissionen,

3.3 Evolution temporelle des principaux polluants

L'état de la qualité de l'air dans la vallée du Rhin supérieur s'est globalement amélioré sur la période 1990 – 1999 pour le dioxyde de soufre (SO_2) et le monoxyde de carbone (CO). Les tendances d'évolution du dioxyde d'azote (NO_2) sont moins nettes. L'ozone (O_3) fait exception, comme dans le reste de l'Europe, et enregistre une lente augmentation de ces niveaux de fond. L'évolution temporelle au cours de cette période porte, pour chacun de ces polluants, sur l'état moyen de la qualité de l'air (moyennes annuelles) et sur l'occurrence de dépassements de courte durée. Les seuils repris pour le dioxyde d'azote et l'ozone sont ceux retenus dans les directives européennes ou les législations française et /ou allemande. La valeur limite horaire pour le NO_2 est fixée $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, le seuil d'alerte à $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pour l'ozone, le seuil d'information à la population est de $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et le seuil d'alerte de $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.3.1 Le dioxyde de soufre (SO_2)

L'évolution des concentrations de SO_2 dans les années 1990, poursuit la diminution entamée dans la décennie précédente. Les moyennes annuelles, pour les stations urbaines de fond, ont été divisées par trois environ entre 1990 et 1999 et sont actuellement en deçà de $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les principales agglomérations de la vallée du Rhin supérieur. Ces moyennes annuelles sont à comparer à la valeur limite pour la protection des écosystèmes de la directive européenne du 22 avril 1999 qui est de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. L'illustration 3.3-1 en présente quelques exemples. Cette évolution favorable est directement liée aux efforts de réductions des émissions soufrées réalisés de part et d'autre du Rhin.

Dans la même période, les quelques sites de proximité industrielles sensibles au SO_2 ont également enregistré des baisses de niveaux même si les concentrations y restent plus élevées que dans les villes. Cette évolution en proximité industrielle a toutefois été plus franche en Bade Wurtemberg qu'en France comme en témoigne l'illustration 3.3-2 mettant en évidence une pollution indus-

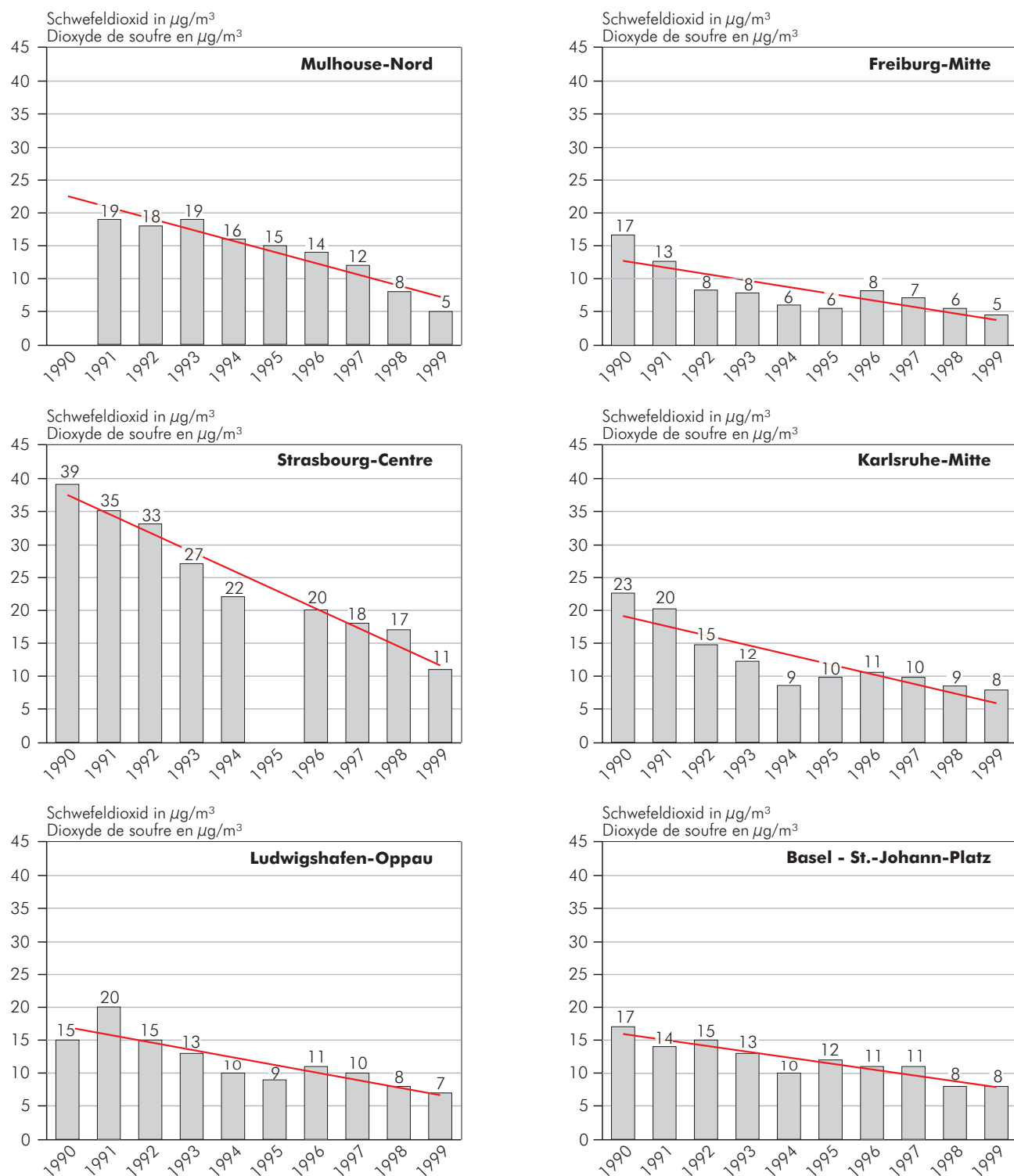


Abbildung 3.3-1: Entwicklung der Jahresmittelwerte von SO₂ seit 1990 an verschiedenen städtischen Messstationen im Projektgebiet.

Figure 3.3-1 : Evolution des concentrations moyennes annuelles de SO₂ depuis 1990 pour différentes stations de mesure urbaine de la zone d'étude.

wenn der Wind aus Richtung der Straßburger Industriestandorte weht. Die für diese Schwefeldioxidimmission verantwortliche Industrieanlage wurde im März 1999 endgültig abgestellt.

trielle transfrontalière affectant la ville allemande sous le vent d'une industrie strasbourgeoise. L'installation industrielle responsable de ces retombées en dioxyde de soufre a définitivement arrêtée en mars 1999.

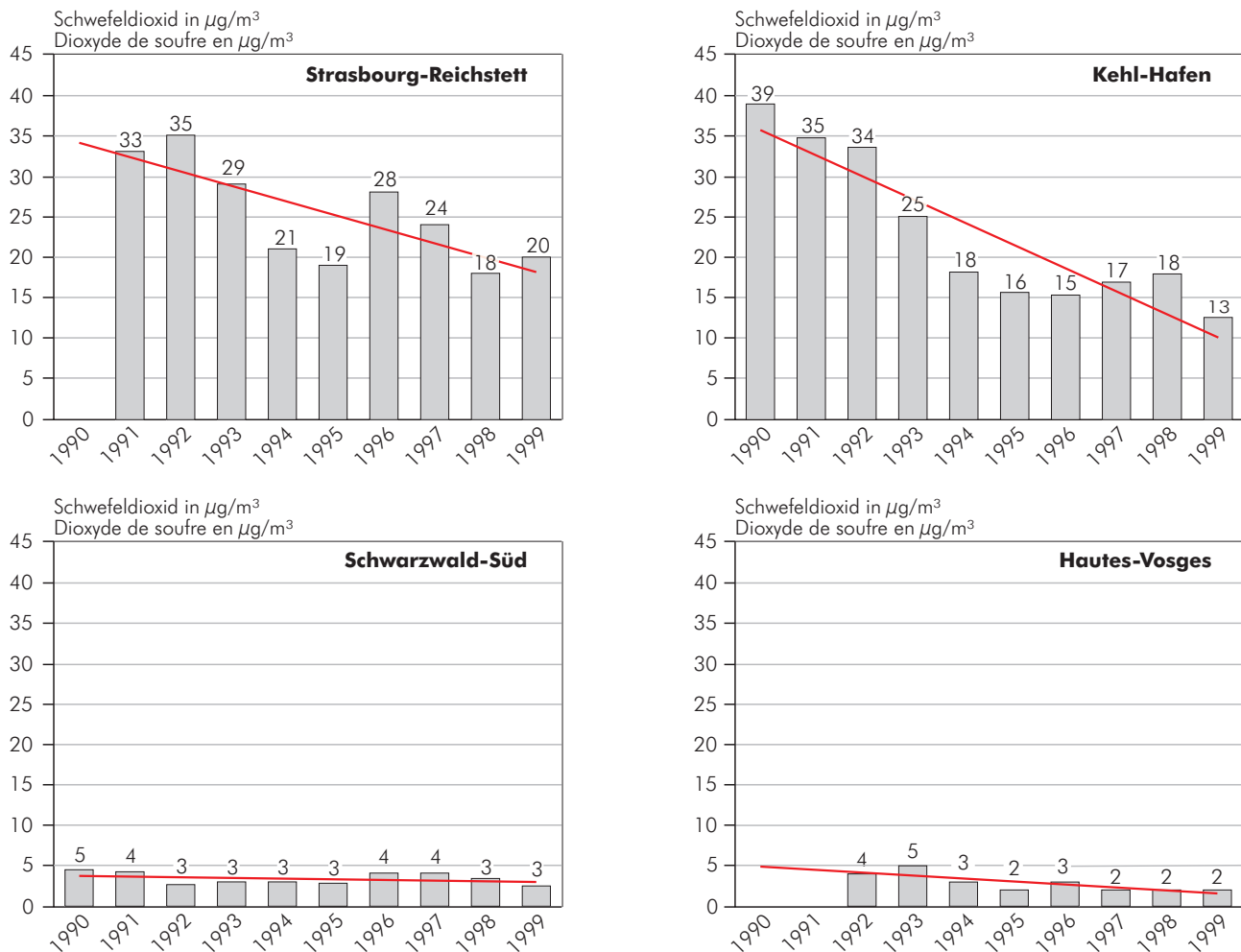


Abbildung 3.3-2: Entwicklung der Jahresmittelwerte von SO₂ seit 1990 an verschiedenen Messstationen im Projektgebiet.

Figure 3.3-2 : Evolution des concentrations moyennes annuelles de SO₂ depuis 1990 pour différentes stations de mesure de la zone d'étude.

In größerer Entfernung zu den Ballungsräumen oder den Industriestandorten liegen die SO₂-Konzentrationen sehr niedrig und zeigen keinen Trend (Messstation 'Schwarzwald-Süd').

Die Entwicklung der Monatsmittelwerte (Abbildung 3.3-3) zeigt neben einer abnehmenden Tendenz auch ein saisonbedingtes Profil (Sommer / Winter). Die höheren Immissionen treten wegen des höheren Energiebedarfs (insbes. private Heizungsanlagen) und ungünstiger Ausbreitungsbedingungen (Smoglocke über Städten und Temperaturinversion im Rheinbecken; vgl. Kap. 3.2.4) im Winter auf. Die verschiedenen Konzentrationsniveaus in den Wintern sind auf die jeweilige Wetterlage (der Spitzenwert vom Februar 1991 wurde bei besonders stabilen Wetterverhältnissen im gesamten Rheingraben beobachtet) und den Rückgang der SO₂-Emissionen in den letzten Jahren zurückzuführen.

A distance des grandes agglomérations ou des sites industriels, les niveaux de SO₂ sont faibles et n'ont guère évolué (Station de 'Schwarzwald-Süd').

La représentation des évolutions des concentrations en moyennes mensuelles (illustration 3.3-3) traduit également la tendance à la baisse tout en révélant un profil saisonnier (été / hiver) avec des immissions plus importantes en hiver liées à l'activité humaine (en particulier les installations de chauffage domestique) et à des conditions de dispersion des polluants moins favorables (dôme de pollution à l'échelle urbaine et inversion de température dans la cuvette rhénane : paragraphe 3.2.4). Les fluctuations hivernales plus ou moins marquées s'expliquent par la combinaison de la variabilité des conditions météorologiques (le pic de février 1991 a été observé par temps particulièrement stable sur l'ensemble du fossé rhénan) et de la diminution des émissions en SO₂ (atténuation dans le temps).

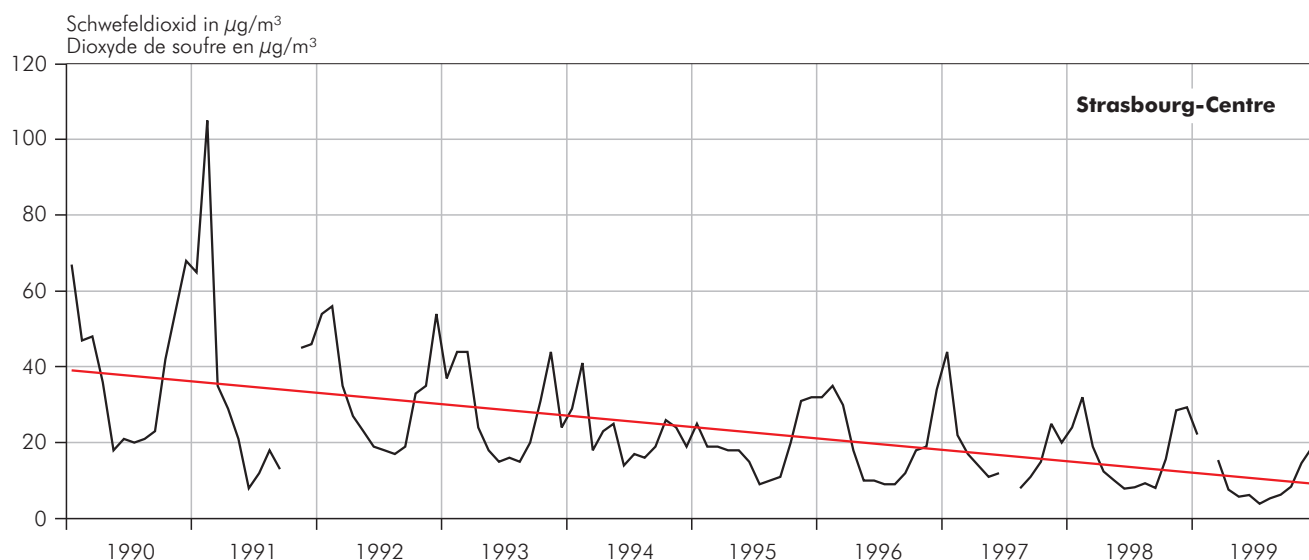


Abbildung 3.3-3: Entwicklung der Monatsmittelwerte von SO₂ seit 1990.

Figure 3.3-3 : Evolution des concentrations moyennes mensuelles de SO₂ depuis 1990.

3.3.2 Stickstoffdioxid (NO₂)

Stickstoffoxide sind primäre städtische Luftverunreinigungen, die im Wesentlichen vom Straßenverkehr herrühren. Zwischen 1990 und 1999 zeichnet sich keine klare Tendenz ab, die mit dem erhöhten Verkehrsaufkommen, oder umgekehrt, mit der Verbesserung der Abgasreinigung bei Kraftfahrzeugen in Verbindung gebracht werden könnte. Der tendentielle Rückgang der NO₂-Belastung, der sich an bestimmten Hintergrundstationen abzuzeichnen scheint, muss noch bestätigt werden.

An einigen Stationen in Verkehrsnähe ist in den letzten Jahren eine steigende Tendenz bei den Jahresmittelwerten zu beobachten. Dies kann durch lokale Entwicklungen des Straßenverkehrs erklärt werden und muss nicht auf eine allgemeine Verschlechterung der Innenortsbelastung deuten.

In der nur sehr wenig durch primäre Luftverunreinigungen belasteten Atmosphäre der Vogesen und des Schwarzwalds bleiben die NO₂-Konzentrationen bei unter 10 µg/m³. Wie beim Schwefeldioxid lassen die Monatsmittelwerte von Stickstoffdioxid im Jahresverlauf ein deutliches Sommer-Winter-Profil erkennen (Abbildung 3.3-6). Die NO₂-Belastung liegt in den Wintermonaten, wenn die Ausbreitungsbedingungen in der Atmosphäre ungünstig sind, deutlich höher als im Sommer. Die geringe Abnahme der Immission über den in Abbildung 3.3-6 dargestellten Zeitraum von 1990 bis 1999 hängt, anders als beim SO₂, im Wesentlichen von den jeweiligen Wetterbedingungen ab.

3.3.2 Le dioxyde d'azote (NO₂)

La pollution due aux oxydes d'azote est une pollution urbaine primaire principalement liée à la circulation automobile. De 1990 à 1999, il n'y a pas de tendance franche qui serait liée éventuellement à l'augmentation du trafic ou inversement aux progrès technologiques limitant les polluants à l'échappement. Les amorces de baisse de pollution au NO₂ semblant se dessiner pour certaines stations de pollution de fond mériteront d'être confirmées dans la durée.

Les tendances à l'augmentation observées ces dernières années sur certaines stations de proximité automobile peuvent correspondre à des évolutions locales du trafic routier sans être représentatives d'une dégradation générale de la pollution de proximité.

Dans les Vosges et la Forêt Noire, en atmosphère non chargée en polluants primaires, les concentrations en NO₂ restent inférieures à 10 µg/m³.

Comme pour le dioxyde de soufre, les moyennes mensuelles de dioxyde d'azote présentent, au cours de l'année, un caractère hivernal marqué (illustration 3.3-6). La pollution en NO₂ se concentre en hiver où les conditions de dispersion des polluants sont défavorables. Au regard de la faible diminution des immissions sur le long terme, l'ampleur des fluctuations hivernales est, contrairement au SO₂, essentiellement dépendante de la variabilité des conditions météorologiques.

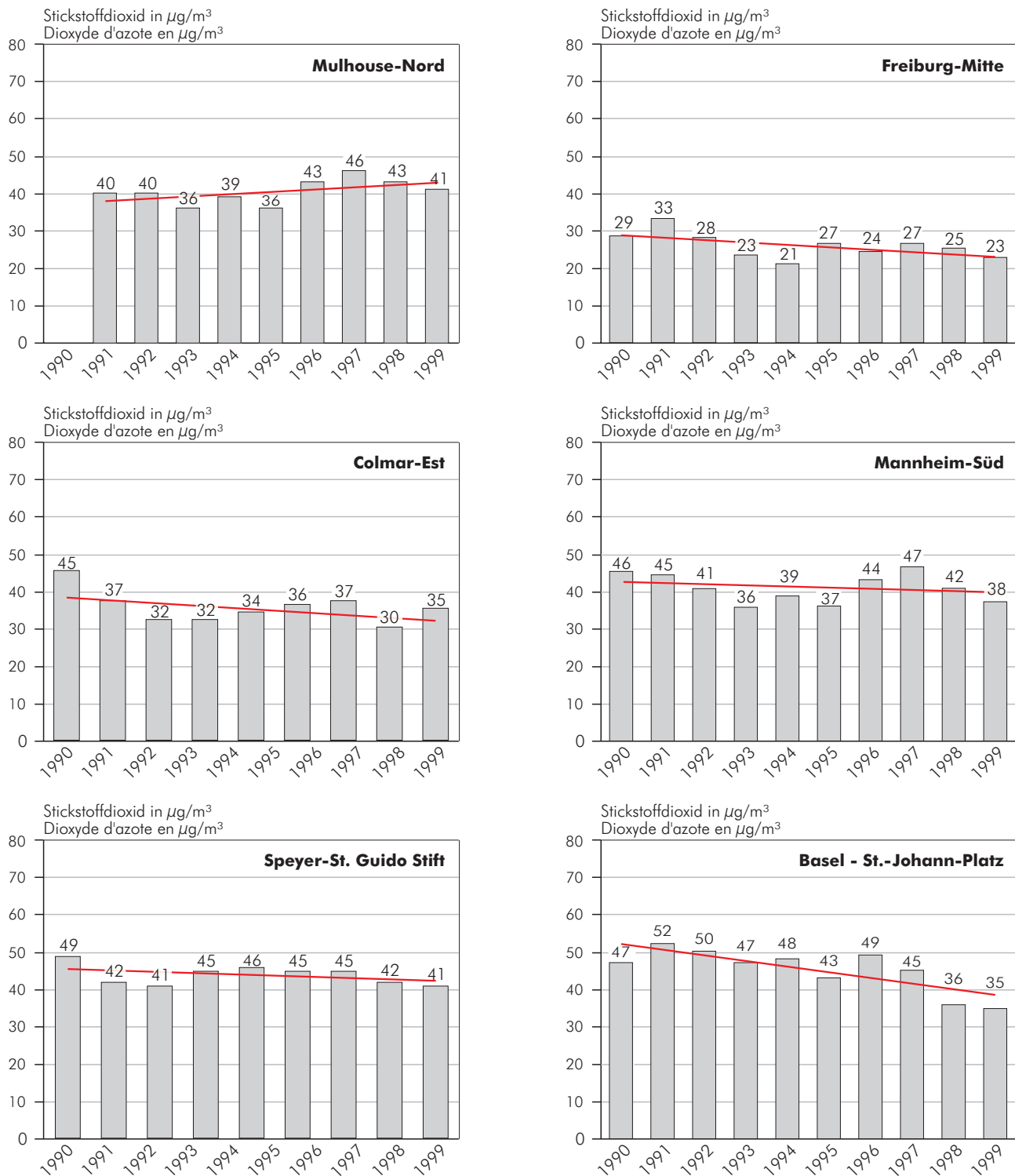


Abbildung 3.3-4: Entwicklung der Jahresmittelwerte von NO₂ seit 1990 an verschiedenen städtischen Messstationen im Projektgebiet.

Figure 3.3-4 : Evolution des concentrations moyennes annuelles de NO₂ depuis 1990 pour différentes stations de mesure urbaine de la zone d'étude.

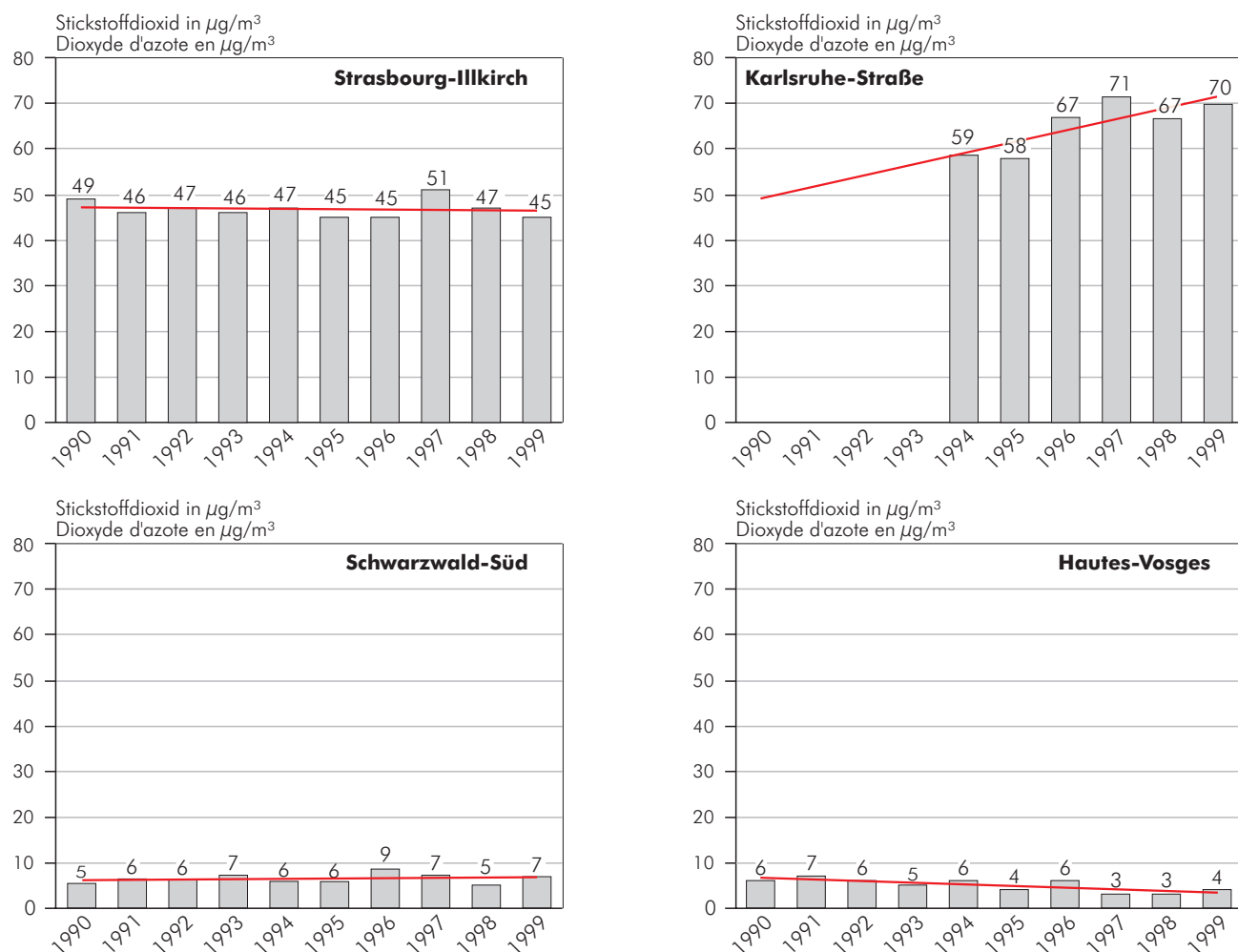


Abbildung 3.3-5: Entwicklung der Jahresmittelwerte von NO₂ seit 1990 an verschiedenen Messstationen im Projektgebiet.

Figure 3.3-5 : Evolution des concentrations moyennes annuelles de NO₂ depuis 1990 pour différentes stations de mesure de la zone d'étude.

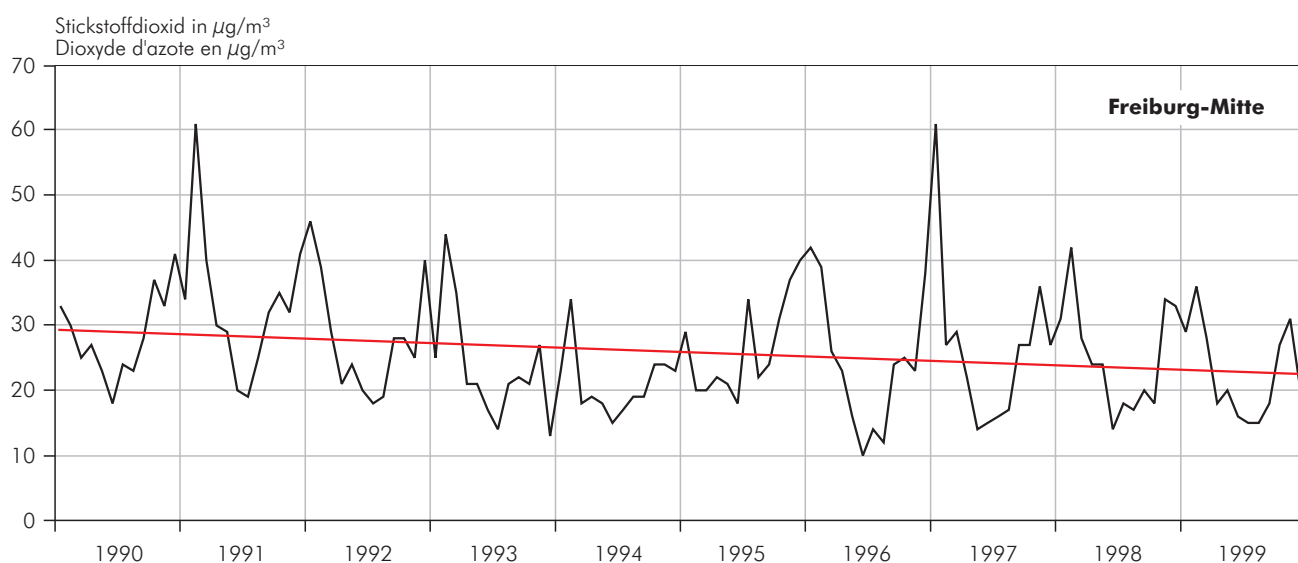


Abbildung 3.3-6: Entwicklung der Monatsmittelwerte von NO₂ seit 1990.

Figure 3.3-6 : Evolution des concentrations moyennes mensuelles de NO₂ depuis 1990.

Überschreitung von NO₂-Grenzwerten

Die durchschnittliche, langfristige Tendenz wird durch kurze Zeiträume deutlich erhöhter NO₂-Spitzenkonzentrationen unterbrochen. An solchen Tagen kann der EU-Grenzwert von 200 µg/m³ pro Stunde überschritten werden. Diese Überschreitungen sind von Jahr zu Jahr unterschiedlich und sind meist auf Wetterverhältnisse zurückzuführen, die für die Ausbreitung der Emissionen besonders ungünstig sind (kein Wind, Temperaturinversionen). Die Überschreitungen treten meist in Stadtgebieten auf, wo die Immissionen vom Straßenverkehr herrühren. Am Rheinufer um die Industriegebiete bei Chalampé treten aber auch gelegentlich Überschreitungen auf. Die Alarmschwelle von 400 µg/m³ wurde in den letzten zehn Jahren nicht überschritten.

Les dépassements en NO₂

Au-delà de la tendance moyenne à long terme, le nombre de jour ou la valeur limite de 200 µg/m³ horaire (fixée par les directives européennes) est dépassée, pointe les épisodes aigus de pollution en NO₂. Ces dépassements varient d'une année à l'autre et dépendent essentiellement de conditions météorologiques occasionnelles particulièrement défavorables à la dispersion des polluants (Absence de vent, inversion de températures). Ces dépassements peuvent concerner des pollutions d'origine automobile en milieu urbain. Ils sont également observés en proximité industrielle en bordure du Rhin autour de Chalampé. Le seuil d'alerte de 400 µg/m³ n'a pas été dépassé dans les dix dernières années.

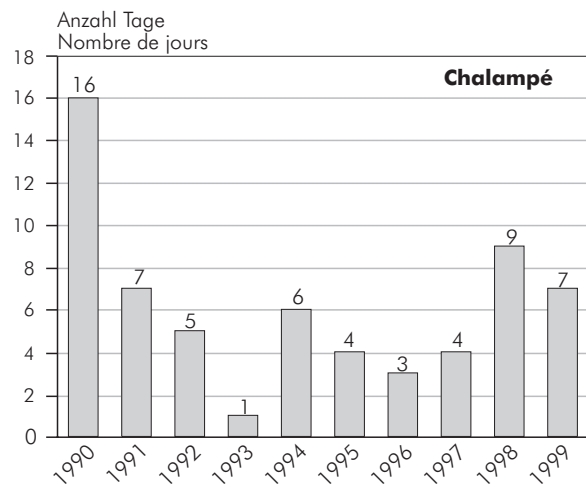
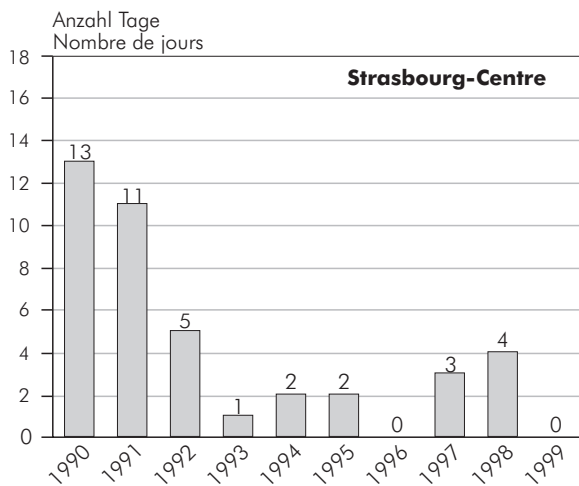


Abbildung 3.3-7: Anzahl von Überschreitungen des NO₂-Grenzwerts von 200 µg/m³ als Stundenmittelwert der EU.

Figure 3.3-7 : Nombre de dépassements de la valeur limite de NO₂ de 200 µg/m³ (normale horaire) de l'Union européenne.

3.3.3 Kohlenmonoxid (CO)

Kohlenmonoxid in der Außenluft ist hauptsächlich auf den Straßenverkehr zurückzuführen. Die Kohlenmonoxidkonzentrationen in den Innenstädten sind in den letzten zehn Jahren, trotz des erhöhten Verkehrsaufkommens, spürbar zurückgegangen. Die Jahresmittelwerte von Kohlenmonoxid sind in den Randlagen der größeren Ballungsräume um mehr als 50 % gesunken. Die Entwicklung des Fahrzeugbestands (Erneuerung - Modernisierung der Fahrzeuge) hat das erhöhte Verkehrsaufkommen zu einem

3.3.3 Le monoxyde de carbone (CO)

Dans l'air extérieur, le monoxyde de carbone est un polluant essentiellement issu du transport. Les niveaux de monoxyde de carbone ont sensiblement diminué au cœur des villes dans la dernière décennie, malgré l'augmentation du trafic routier. Les niveaux moyens relevés de CO ont diminué de plus de 50 % dans les principales agglomérations où les concentrations hors proximité automobile sont mesurées. L'évolution du parc de véhicule (renouvellement - rajeunissement des véhicules) a lar-

großen Teil kompensiert, so dass der Rückgang auch in Verkehrsnähe spürbar ist.

Wie beim Stickstoffdioxid und aus den gleichen Gründen (Straßenverkehr und Ausbreitungsbedingungen), werden auch beim Kohlenmonoxid im Winter die Maximalwerte erreicht (Abbildung 3.3-10). Wie beim SO_2 nimmt die jährliche Schwankungsbreite der Kohlenmonoxid-Konzentrationen ab und erreicht insgesamt ein niedrigeres Niveau, was auf die Reduzierung der Kohlenmonoxid-Emissionen zurückzuführen ist.

gement compensé la croissance du trafic. Cette diminution est aussi perceptible en proximité du trafic automobile.

Comme pour le dioxyde d'azote et pour les mêmes raisons (circulation automobile et conditions de dispersion), les teneurs de monoxyde de carbone passent par un maximum l'hiver (Illustration 3.3-10). Comme pour le SO_2 , l'amplitude des fluctuations bénéficie progressivement de la réduction des émissions en CO.

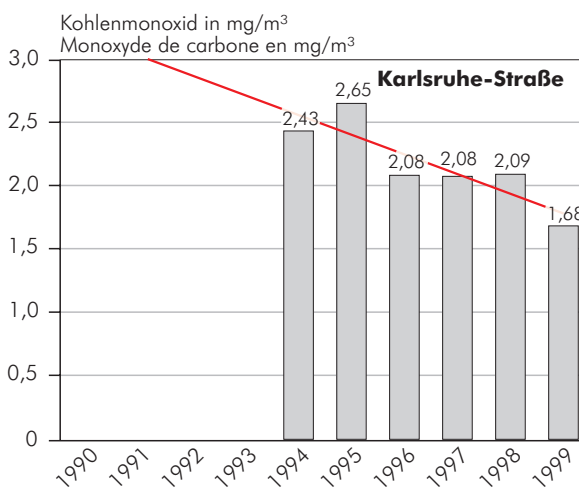
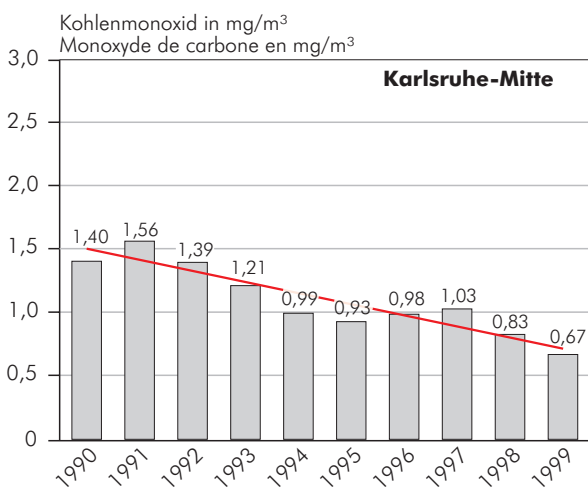
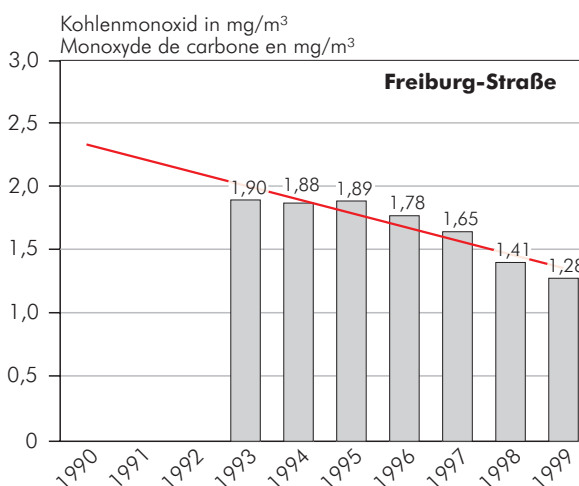
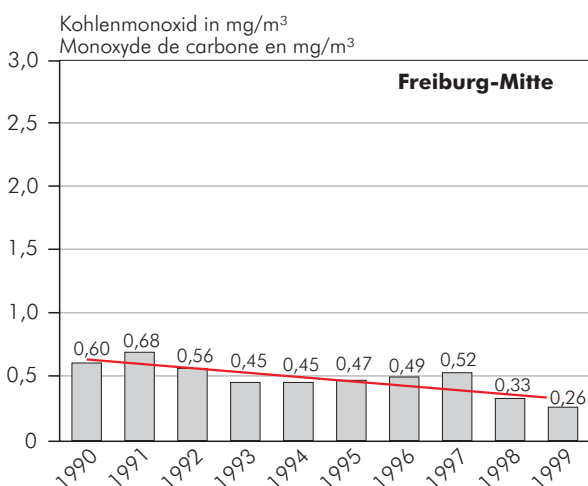


Abbildung 3.3-8: Entwicklung der Jahresmittelwerte von CO seit 1990 an verschiedenen Messstationen im Projektgebiet.

Figure 3.3-8 : Evolution des concentrations moyennes annuelles de CO depuis 1990 pour différentes stations de mesure de la zone d'étude.

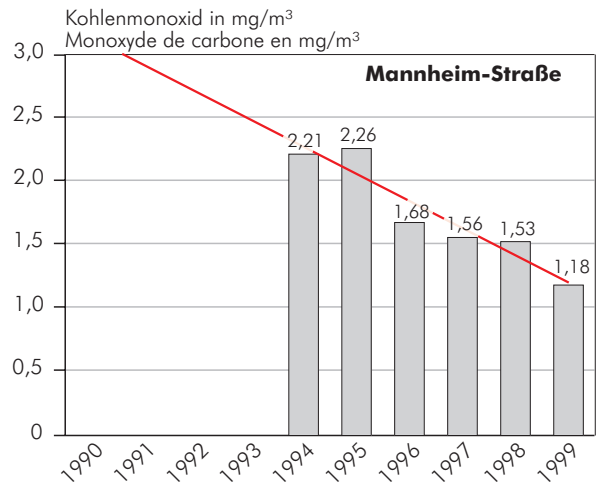
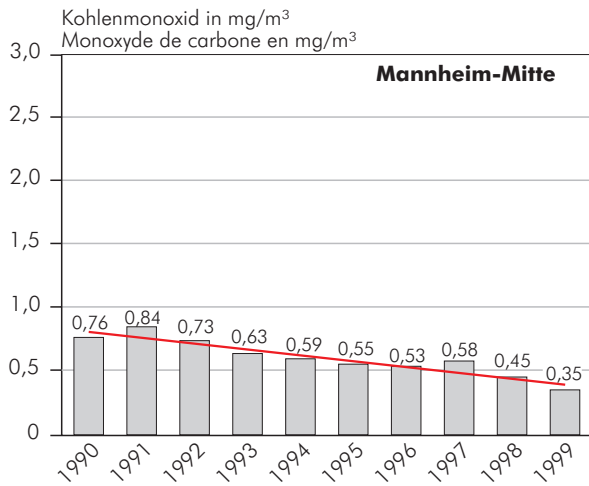


Abbildung 3.3-9: Entwicklung der Jahresmittelwerte von CO seit 1990 an verschiedenen Messstationen im Projektgebiet.

Figure 3.3-9 : Evolution des concentrations moyennes annuelles de CO depuis 1990 pour différentes stations de mesure de la zone d'étude.

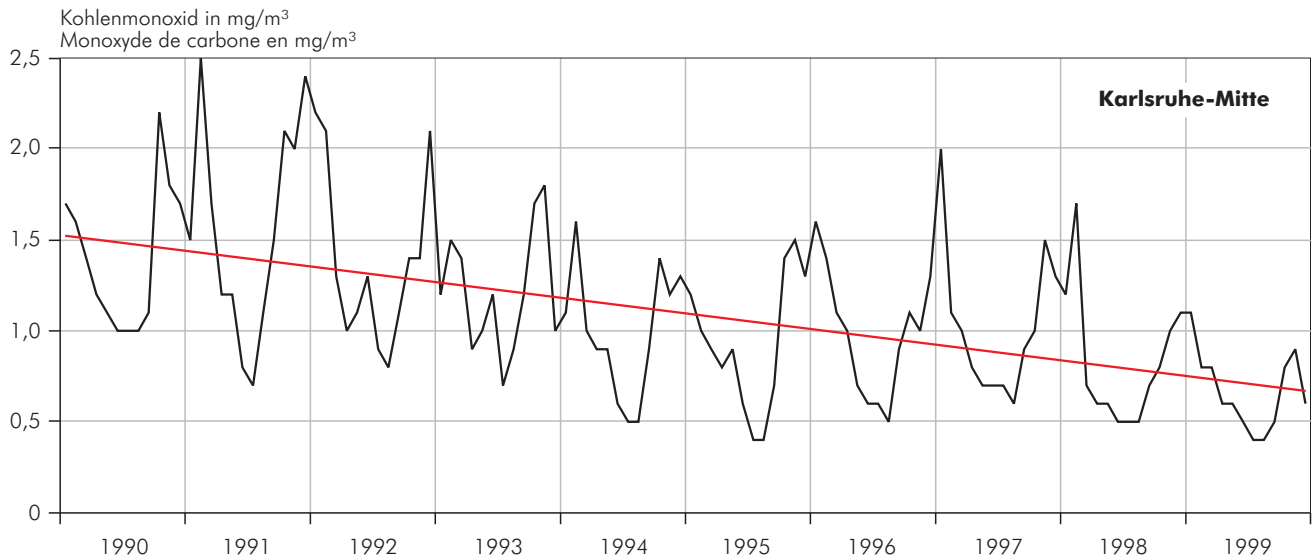


Abbildung 3.3-10: Entwicklung der Monatsmittelwerte von CO seit 1990.

Figure 3.3-10 : Evolution des concentrations moyennes mensuelles de CO depuis 1990.

3.3.4 Ozon (O₃)

Die Problematik des Ozons in der Atemluft tritt in zwei Formen auf: als insbesondere im Gebirge oder bei starkem Wind spürbare Hintergrundbelastung, und in Form von Ozonspitzen bei starker Sonneneinstrahlung.

Seit 1991 nimmt die Ozonhintergrundkonzentration im oberen Rheintal leicht zu. Die in den Stadtgebieten beobachteten durchschnittlichen Ozonkonzentrationen sind in den letzten Jahren insgesamt geringfügig gestiegen. Im Gebirge, mit einer ohnehin höheren Ozonhintergrundkonzentration (ca. 80 µg/m³/Jahr), ist diese ständig steigende Tendenz noch deutlicher.

3.3.4 L'ozone (O₃)

A l'échelle de l'air que l'on respire, la problématique ozone revêt deux aspects : une pollution de fond perceptible notamment en montagne ou par vent fort et la survenue de pics par temps fortement ensoleillé.

Depuis 1991, la pollution de fond en ozone est en légère augmentation dans la vallée du Rhin supérieur. Les niveaux moyens d'ozone, observés dans les zones urbaines, ont annuellement progressé ces dernières années. En montagne soumis à un fond d'ozone plus important (environ 80 µg/m³/an), cette tendance à l'augmentation constante est plus sensible.

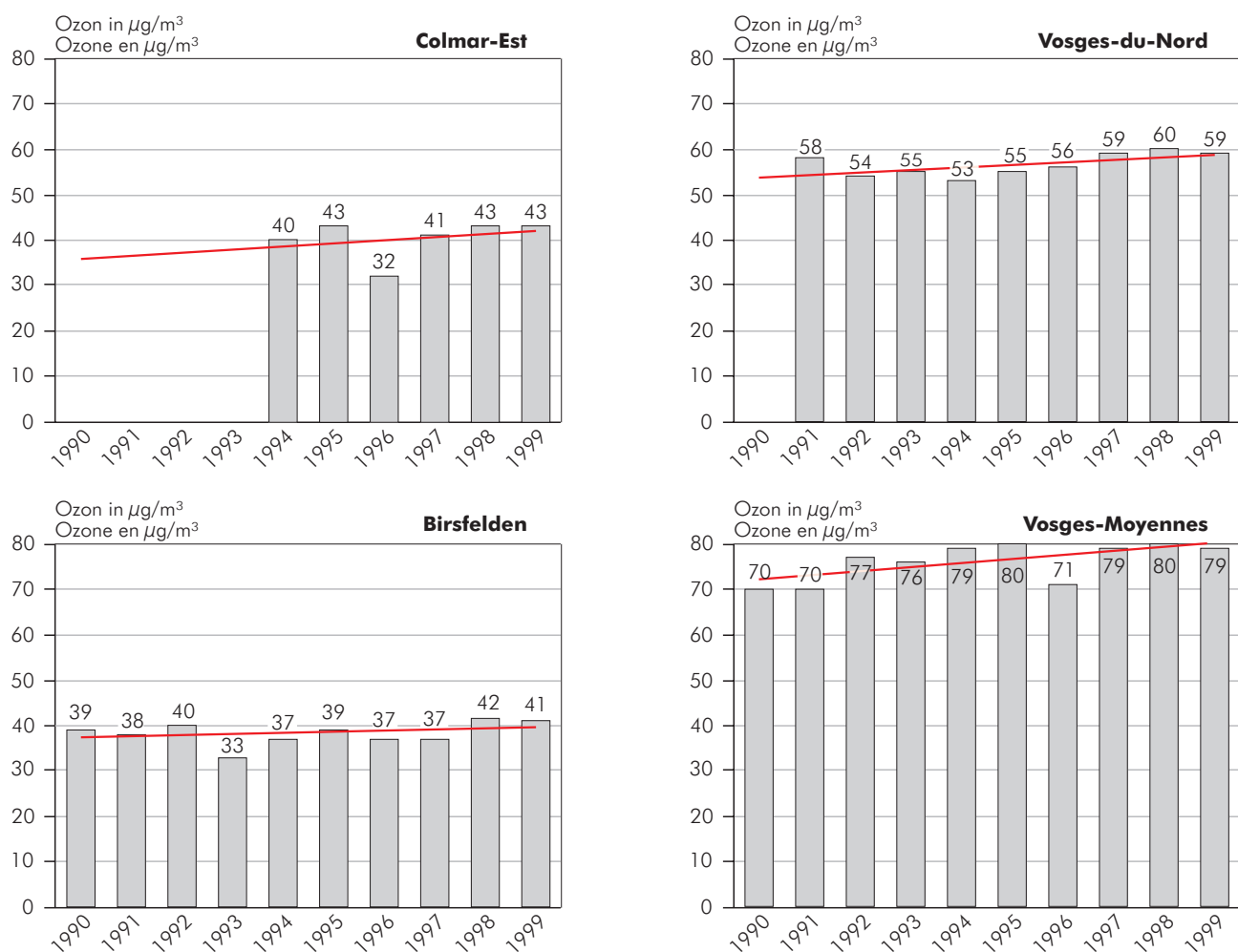


Abbildung 3.3-11: Entwicklung der Jahresmittelwerte von O₃ seit 1990 an verschiedenen Messstationen im Projektgebiet.

Figure 3.3-11 : Evolution des concentrations moyennes annuelles de O₃ depuis 1990 pour différentes stations de mesure de la zone d'étude.

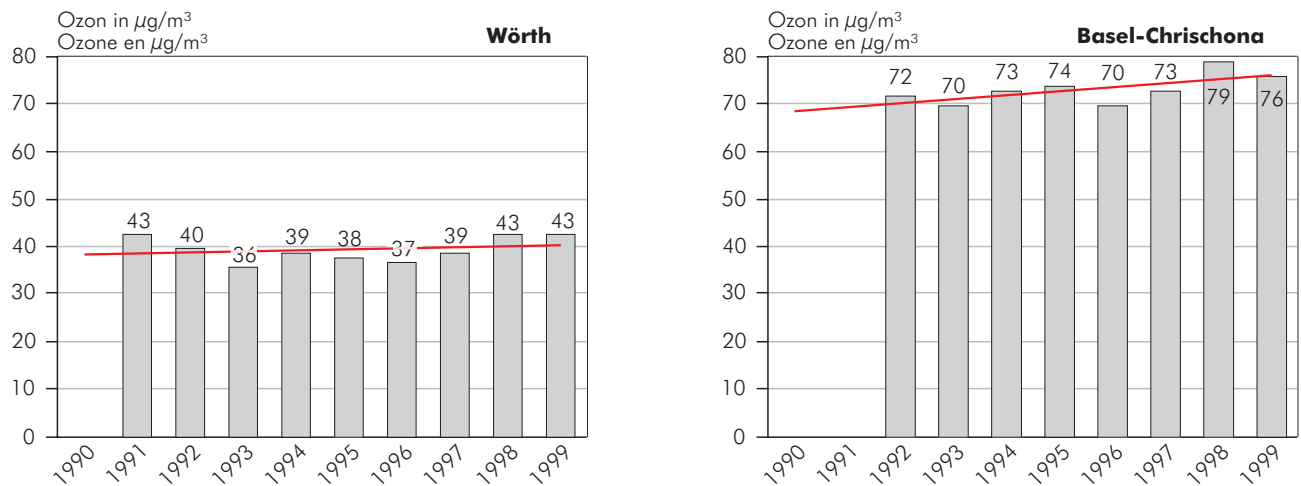


Abbildung 3.3-12: Entwicklung der Jahresmittelwerte von O₃ seit 1990 an verschiedenen Messstationen im Projektgebiet.

Figure 3.3-12 : Evolution des concentrations moyennes annuelles de O₃ depuis 1990 aux différentes stations de mesure de la zone d'étude.

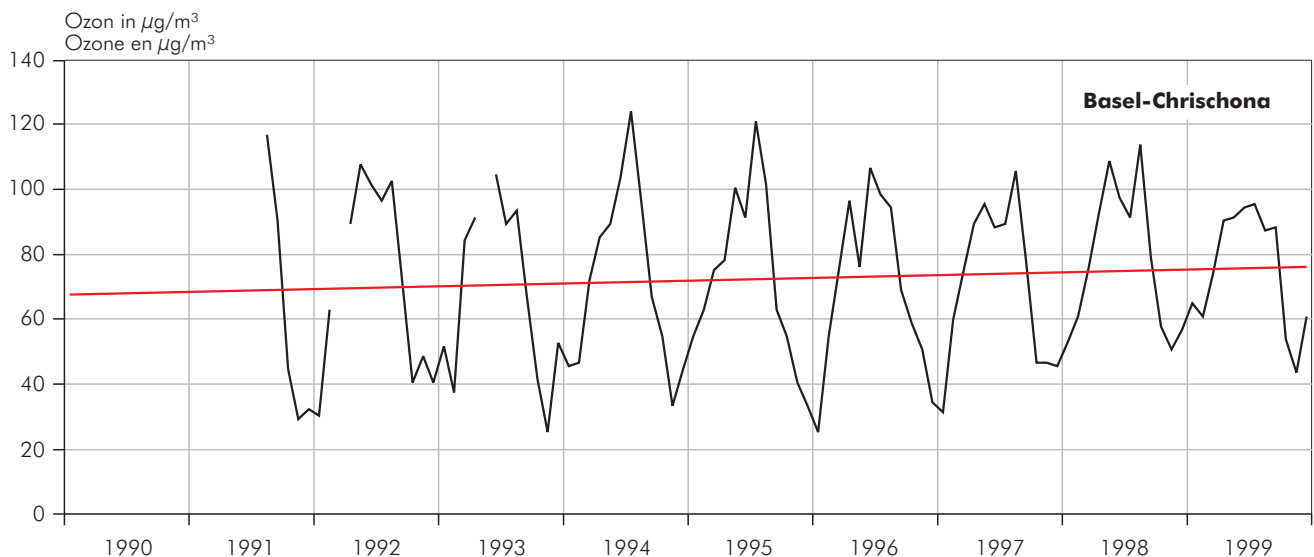


Abbildung 3.3-13: Entwicklung der Monatsmittelwerte von O₃ seit 1990.

Figure 3.3-13 : Evolution des concentrations moyennes mensuelles de O₃ depuis 1990.

Die Monatsmittelwerte von Ozon seit 1991 lassen ein deutliches saisonales Profil mit hohen Ozonwerten in der Sommerperiode erkennen. Die Wetterbedingungen im Sommer (hohe Temperaturen und Sonneneinstrahlung) begünstigen die photochemische Bildung von Ozon. Im Winter überwiegen die Mechanismen der Ozonzerstörung die photochemischen Ozonbildung, was dazu führt, dass die Konzentrationen niedriger als die natürliche Hintergrundbelastung in der freien Troposphäre liegen.

La représentation des évolutions mensuelles d’ozone révèle un profil saisonnier marqué avec en période estivale, de fortes teneurs en ozone. L’été, les conditions météorologiques (fortes températures et ensoleillement) sont propices à la formation photochimique de l’ozone. En hiver, les phénomènes de destruction de l’ozone prédominent par rapport à la photochimie créatrice d’ozone et conduisent à des concentrations plus faibles que le fond permanent de la troposphère libre.

Überschreitung von Ozon-Grenzwerten

Das Auftreten von Ozonspitzen kann an der Häufigkeit der Grenzwertüberschreitungen abgelesen werden. Die Entwicklung der Zahl der Überschreitungen des Tagesgrenzwerts zum Schutz der Vegetation ($65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in 24 Stunden) in den letzten zehn Jahren (1990 bis 1999), steht mit dieser im oberen Rheintal beobachteten erhöhten Hintergrundbelastung in Zusammenhang. An den Gebirgsstationen wurden z. T. an mehr als 300 von 365 Tagen Überschreitungen gemessen (gegenüber rund 100 Tagen mit Überschreitungen an den Stationen in den Innenstädten und am Stadtrand).

Im Verlauf der letzten zehn Jahre wurde die Alarmauslöskonzentration ($360 \mu\text{g}/\text{m}^3$) im Rheingebiet kein einziges

Les dépassements en O_3

L'occurrence de pics de pollution à l'ozone peut s'appréhender par la fréquence de dépassement de seuil. Dans les dix dernières années (1990-1999), l'évolution du nombre de dépassements du seuil journalier de protection de la végétation ($65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 24 heures), est en lien avec ce phénomène d'augmentation de pollution de fond observé dans la vallée du Rhin supérieur. Les stations de montagne présentent jusqu'à plus de 300 jours de dépassement sur 365 (une centaine pour les stations urbaines et périurbaines).

Au cours de ces dix dernières années, le seuil d'alerte à la population ($360 \mu\text{g}/\text{m}^3$) n'a jamais été dépassé dans

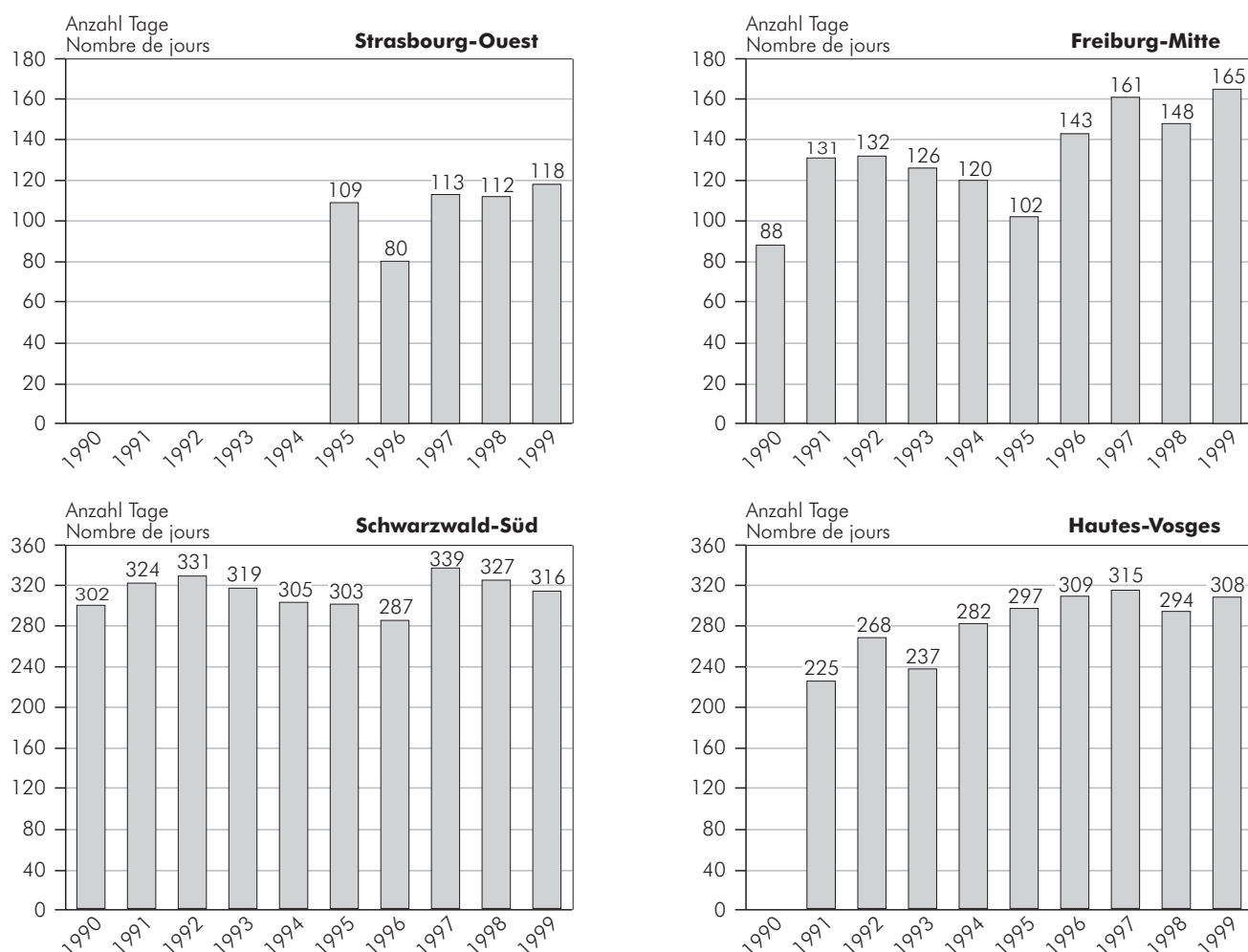


Abbildung 3.3-14: Anzahl von Überschreitungen des O_3 -Grenzwerts von $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als 24-Stunden-Mittelwert der EU.

Figure 3.3-14 : Nombre de dépassements de la valeur limite de O_3 de $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 heures) de l'Union européenne.

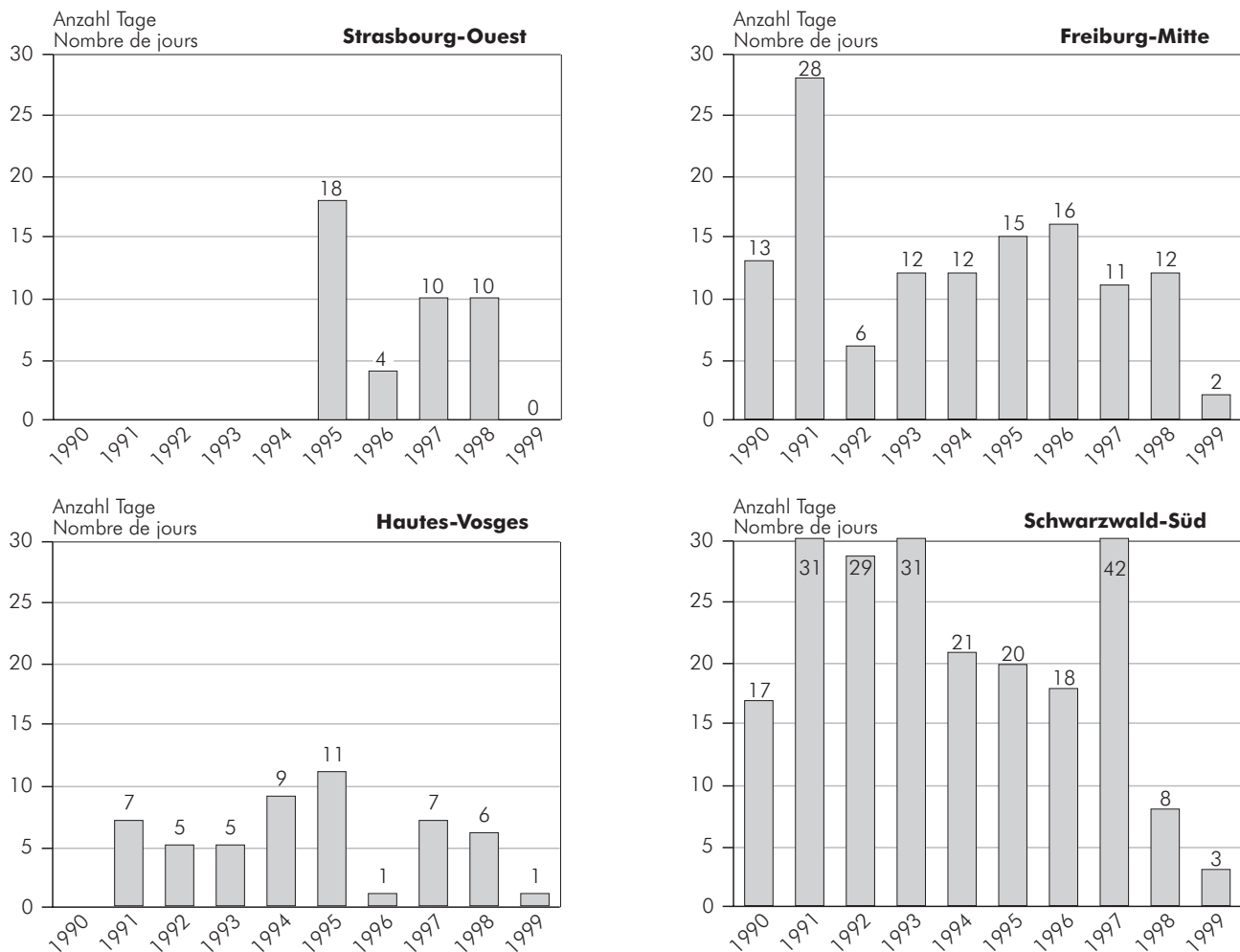


Abbildung 3.3-15: Anzahl von Überschreitungen des O_3 -Grenzwerts von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Stundenmittelwert der EU.

Figure 3.3-15 : Nombre de dépassements de la valeur limite de O_3 de $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (moyenne horaire) de l'Union européenne.

Mal überschritten. An den Überschreitungen des Schwellenwerts zur Information der Bevölkerung ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pro Stunde) lässt sich die Bedeutung der Wetterverhältnisse beim Auftreten von Ozonspitzen erkennen. So haben zum Beispiel 1996 die für die Photochemie extrem ungünstigen Wetterbedingungen (wenig Sonnenschein, viel Regen) zu einer Abnahme der Zahl an Überschreitungen sowohl in der Ebene als auch im Gebirge geführt.

Es fällt auf, dass an der Messstation 'Schwarzwald-Süd' deutlich häufiger Überschreitungen der Ozon-Grenzwerte auftreten als in der Station 'Hautes-Vosges'. Dies kann darauf zurückzuführen sein, dass an die Station 'Schwarzwald-Süd' bereits mit Ozon belastete Luftmassen aus dem Rheintal herangetragen werden. Neben Ozon werden außerdem Vorläufersubstanzen (VOC, Stickstoffoxide) aus dem Rheintal in die Schwarzwaldhöhen transportiert, so dass hier verstärkt Ozon gebildet werden kann.

l'espace rhénan. Les dépassements du seuil d'information à la population ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ horaire) montrent l'importance des conditions météorologiques dans l'occurrence des pics de pollution à l'ozone. Par exemple, en 1996, des conditions météorologiques particulièrement peu propices à la photochimie (faible insolation, pluviosité abondante) se sont traduites par une diminution du nombre de dépassements tant en plaine qu'en montagne. Il apparaît que des dépassements sont significativement plus fréquents à la station 'Schwarzwald-Süd' que sur celle de 'Hautes-Vosges'. Ceci peut s'expliquer par l'afflux de masses d'air déjà chargées en ozone en provenance de la plaine. De plus, à côté de cet ozone, des précurseurs (COV, oxydes d'azote) sont également transportés depuis la plaine jusqu'aux sommets de la Forêt-Noire, de sorte que de l'ozone en excès peut y être formé.

4 EMISSIONSKATASTER CADASTRE DES ÉMISSIONS

4.1 Grundlagen der Datenerhebung, Methodik und Datenbasis

Im Rahmen des Projektes „Grenzübergreifende Luftqualitätsanalyse am Oberrhein“ (im folgenden Luftqualitätsanalyse Oberrhein genannt) wurden die Emissionen für alle wesentlichen Quellen natürlichen und anthropogenen Ursprungs im untersuchten Gebiet erfasst. Getrennt nach einzelnen Quellengruppen wurden die Jahresemissionen der relevanten Stoffe bzw. Stoffgruppen räumlich differenziert untersucht. Darüber hinaus sind für einzelne Schadstoffe und Schadstoffgruppen auch Rasteraussagen mit einer räumlichen Auflösung von 1km x 1km gemacht worden.

Dieses Emissionskataster wurde durch die Arbeitsgemeinschaft ASPA/UMEG, einer Kooperation zwischen der Association pour la Surveillance et l'Étude de la Pollution Atmosphérique en Alsace (ASPA) in Straßburg und der Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen (UMEG) in Karlsruhe, in Zusammenarbeit mit dem Lufthygieneamt beider Basel in Liestal (LHA) und dem Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht in Oppenheim (LfUG) erstellt.

Das Emissionskataster für die Luftqualitätsanalyse Oberrhein basiert auf dem Zeitraum 1997/1998 und berücksichtigt die folgenden Quellengruppen:

- Industrielle Punktquellen,
- Industrielle Flächenquellen,
- Kleingewerbliche Betriebe,
- Straßenverkehr und sonstiger Verkehr (Schiene, Schiffs- und Luftverkehr),
- Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher,
- Biogene und sonstige anthropogene Quellen.

Quellen sind dabei definiert als Teile der Quellengruppen mit einheitlichem Emissionsverhalten und damit in der Regel auch einheitlicher Erfassungsweise.

Um die unterschiedliche Erfassungsmethodik und die verschiedenen Quellenabgrenzungen zwischen den Teilgebieten zu harmonisieren, wurden im ersten Schritt zunächst

4.1 Acquisition des données, méthodologie et base de données

Les principales sources d'émissions (naturelles et anthropiques) de la zone d'étude du projet „Analyse transfrontalière de la qualité de l'air dans le Rhin supérieur“ ont été inventoriées. Pour les principaux polluants ou familles de polluants, l'analyse s'est attachée à quantifier les rejets annuels, à différencier les différents secteurs d'activité et à décrire la répartition spatiale (cadastre des émissions avec résolution au km²).

Les travaux ont été réalisés par la communauté de travail ASPA/UMEG, en collaboration avec le LHA (Lufthygieneamt beider Basel) des deux cantons de Bâle à Liestal et le LfUG (Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht) à Oppenheim. La communauté de travail associe quant à elle l'Association pour la Surveillance et l'Étude de la Pollution Atmosphérique en Alsace (ASPA) à Strasbourg et l'UMEG (Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen) à Karlsruhe.

Le cadastre des émissions pour l'analyse de la qualité de l'air dans le Rhin Supérieur est établi pour la période 1997/1998. Il prend en considération les secteurs d'activité suivants :

- les sources ponctuelles industrielles,
- les sources surfaciques industrielles,
- les entreprises artisanales,
- le trafic routier et les autres secteurs de transport (trafic ferroviaire, fluvial et aérien),
- les petites installations de combustion des secteurs résidentiel et tertiaire,
- les sources biogènes et les autres sources anthropogènes.

Les sources ayant un comportement semblable d'un point de vue des émissions, ont été regroupées dans de grandes catégories et traitées avec une méthodologie identique.

Dans un souci d'harmonisation, les différents secteurs, catégories de sources et sources ont été définis en concertation entre les différents partenaires du projet. De même,

die methodischen Grundlagen in enger Zusammenarbeit mit den Bearbeitern in den Partnergebieten abgeglichen. Gleichzeitig wurde aber versucht, die Methoden und Quellenabgrenzungen, die bisher in den Teilgebieten angewendet wurden, möglichst weitgehend zu übernehmen, um den Ländern die Möglichkeit zu geben, ihre bisherigen Kataster fortschreiben zu können. Auch im Sinne der länderspezifischen Berichtspflicht sollten Prognosen für die zukünftige Entwicklung der Emissionssituation aus den in diesem Projekt erhobenen Daten ermöglicht werden. Diese Harmonisierung der Methoden führte in manchen Fällen zu Kompromissen in der Erfassungsmethodik. Es ist jedoch gewährleistet, dass die Erfassung der Luftschadstoffemissionen im Gesamtgebiet vergleichbar ist. Auf einzelne erhebungsbedingte Unterschiede wird in der Diskussion der jeweiligen Emissionsfrachten eingegangen. Eine ausführliche Darstellung der differenzierten Erfassungsmethodik und der gesetzlichen Vorgaben in den Partnerländern ist im Anhang A1 beschrieben.

Im vorliegenden Berichtsteil werden quellenbezogen die Schadstoff-Emissionen folgender Komponenten ausgewiesen (siehe auch Kapitel 3, Tabelle 3.1-1):

- Schwefeloxide als Schwefeldioxid (SO_2),
- Kohlenmonoxid (CO),
- Stickstoffoxide (NO_x) mit den Komponenten NO und NO_2 (berechnet als NO_2),
- Flüchtige organische Verbindungen (Volatile organic compounds VOC),
- Stäube,
- Ammoniak (NH_3),
- Methan (CH_4),
- Distickstoffmonoxid (Lachgas, N_2O),
- Kohlendioxid (CO_2).

Daneben sind, abhängig von den Quellengruppen, weitere Schadstoff-Komponenten wie Staubinhaltsstoffe (Schwermetalle, cancerogene Stoffe), Dieselruß, fluor- und chlorhaltige Verbindungen, polychlorierte Dioxine und Furane sowie polyaromatische Kohlenwasserstoffe erfasst worden (siehe Materialienband zu diesem Bericht). Die einzelnen Stoffe und Stoffgruppen und deren Herkunft sind in Kapitel 3 beschrieben.

pour permettre une mise à jour du cadastre actuel par chacun des partenaires, on a essayé, dans la mesure du possible, de faire converger la méthodologie et les délimitations géographiques administratives de chacun des pays. A partir des données recueillies dans le cadre de ce projet, des prévisions seront établies concernant l'évolution future des niveaux d'émissions.

Dans certains cas, l'harmonisation des méthodes a abouti à des compromis. Néanmoins, la quantification des émissions atmosphériques apparaît comparable entre les différentes zones d'étude, malgré certaines divergences des taux d'émissions en rapport avec la méthode de recensement et qui seront abordées en détail dans la discussion. Une description détaillée de la méthode de collecte des données et de la législation des pays partenaires est présentée en annexe A1.

Ce chapitre présente, en fonction des différents secteurs, les émissions des composés suivants (voir également chapitre 3, tableau 3.1-1) :

- oxydes de soufre en équivalent dioxyde de soufre (SO_2),
- monoxyde de carbone (CO),
- oxydes d'azote (NO_x) avec les composés NO et NO_2 (en équivalent NO_2)
- composés organiques volatils (COV),
- poussières,
- ammoniac (NH_3),
- méthane (CH_4),
- protoxyde d'azote (N_2O),
- dioxyde de carbone (CO_2).

D'autres composés ont également été inventoriés en fonction de la particularité de certains secteurs, tels que les constituants des poussières (métaux lourds, polluants cancérigènes), la suie de diesel, les composés organiques fluorés et chlorés ainsi que les dioxines, les furanes et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (voir le document joint à ce rapport). Le chapitre 3 décrit les différents polluants et catégories de polluants ainsi que leur origine.

4.2 Quellengruppenbezogene Emissionen

Die Luftschadstoff-Emissionen für die Quellengruppen Industrie und Gewerbe, Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher, Verkehr sowie biogene und sonstige anthropogene Quellen sind im folgenden als Jahressummenwerte in den Tabellen 4.2-1 bis 4.2-31 aufgeführt. Diese Tabellen zeigen die Emissionen der Schadstoffe für das Bezugsjahr 1997, bzw. im Falle der Quellengruppe Verkehr für 1998. Die Darstellungen in den Tabellen zeigen nur einen Ausschnitt der betrachteten Schadstoffpalette, die vollständige Emissionsliste für jedes Teilgebiet ist in Kapitel 4.2.6 in der Tabelle 4.2-34 dargestellt. Die Emissionen aller im Rahmen des Emissionskatasters erhobenen Schadstoffe und Schadstoffgruppen sind quellengruppenbezogen für jedes Teilgebiet in Tabellenform im Materialienband (auf CD-ROM) zu diesem Bericht hinterlegt.

4.2.1 Industrie und Gewerbe

Die Industrie- und Gewerbebetriebe im Projektgebiet wurden abhängig von der jeweiligen Erfassungsweise und in Anlehnung an länderspezifische Abgrenzungen jeweils einer der drei Teilgruppen „Industrielle Punktquellen“, „Industrielle Flächenquellen“ und „Kleingewerbliche Anlagen“ zugeordnet. Im Kapitel 2 (Tabelle 2.3-5) ist die Anzahl der Betriebe für jedes Teilgebiet aufgelistet.

Die entsprechenden Abgrenzungskriterien und die länderspezifischen Gegebenheiten bei der Erfassung sind im Anhang A1.1 detailliert dargestellt.

Die folgende Tabelle 4.2-1 zeigt die Jahresemissionen der Quellengruppe Industrie und Gewerbe für das Jahr 1997 für die baden-württembergische Teilregion (**Ober-rhein** BW) am Projektgebiet.

Die Tabelle zeigt deutlich die Dominanz der Industriellen Punktquellen gegenüber den Industriellen Flächenquellen und gegenüber den kleingewerblichen Anlagen an, wobei letztere allerdings bei den NMVOC-Emissionen die höchsten Emissionen verursachen. Insbesondere bei den anorganischen Gasen Schwefeldioxid (SO₂), Kohlenmonoxid

4.2 Emissions des différentes catégories de sources

Les émissions de polluants atmosphériques des catégories de sources entreprises industrielles et artisanales, petites installations de combustion, trafic, sources biogènes et anthropiques diverses sont présentées sous forme de valeurs totales annuelles dans les tableaux 4.2-1 à 4.2-31. Ces tableaux indiquent les émissions des polluants atmosphériques pour l'année 1997, à savoir pour le trafic routier pour l'année 1998. Les résultats présentés dans les tableaux ne montrent qu'une partie de la palette des polluants considérés, la liste intégrale des émissions pour chaque partie de territoire étant indiquée dans le tableau 4.2-34. Les émissions de tous les polluants et familles de polluants enregistrés dans le cadre du cadastre des émissions sont présentées dans le document joint à ce rapport (sur CD-ROM), par catégories de sources pour chaque partie de territoire, sous forme de tableau.

4.2.1 Entreprises industrielles et artisanales

Chaque entreprise industrielle ou artisanale de la zone d'étude a été affectée à l'une des trois catégories suivantes : „sources ponctuelles industrielles“, „sources surfaciques industrielles“ et „entreprises artisanales“. Le chapitre 2 (tableau 2.3-5) répertorie le nombre d'entreprises pour chaque zone.

Les critères de sectorisation correspondants et les données spécifiques à chaque pays lors de l'estimation sont présentés en détail dans l'annexe A1.1.

Le tableau 4.2-1 présente les émissions annuelles de la catégorie de sources entreprises industrielles et artisanales pour l'année 1997 pour la région de Bade-Wurtemberg (**zone Rhin Supérieur BW**) qui fait partie de la zone d'étude.

Le tableau illustre nettement la dominance des sources ponctuelles industrielles par rapport aux sources surfaciques industrielles et aux installations artisanales, ces dernières provoquant néanmoins les émissions les plus importantes en matière de rejets de COVNM. Pour les gaz inorganiques dioxyde de soufre (SO₂), monoxyde de car-

Tabelle 4.2-1: Jahresemissionen der Quellengruppe Industrie und Gewerbe für den Oberrheinteil von **Baden-Württemberg** im Jahre 1997.

	SO ₂	NO _x	CO	NMVOC	Gesamtstaub	Benzol	BaP
Gesamt in t/a	16677	16615	7272	15763	2320	79	0,02
Industrielle Punktquellen	95 %	89 %	85 %	36 %	55 %	96 %	93 %
Industrielle Flächenquellen	5 %	11 %	15 %	9 %	41 %	4 %	7 %
Kleingewerbe ¹⁾				55 %	4 %		

1) aufgrund der Quellenabgrenzung nur NMVOC und Gesamtstaub ausgewiesen

Tableau 4.2-1 : Emissions annuelles de la catégorie de sources entreprises industrielles et artisanales pour la région de **Bade-Wurtemberg** en 1997.

	SO ₂	NO _x	CO	NMVOC	Poussières	Benzène	BaP
Total en t/a	16677	16615	7272	15763	2320	79	0,02
Sources ponctuelles industrielles	95 %	89 %	85 %	36 %	55 %	96 %	93 %
Sources surfaciques industrielles	5 %	11 %	15 %	9 %	41 %	4 %	7 %
Industrie artisanale ¹⁾				55 %	4 %		

1) compte tenu de la sectorisation des catégories de sources seulement les émissions de COVNM et de poussières totales

(CO) Stickstoffoxide (NO_x) und bei den organischen Komponenten Benzol und Benzo(a)pyren (BaP) weisen die Industriellen Punktquellen im Oberrheinteil von Baden-Württemberg Anteile von 85 % bis zu 96 % auf. Hauptemittenten sind hier vor allem Großkraftwerke, Industrie-feuerungsanlagen, Zementwerke und Raffinerien.

Bei den Industriellen Punktquellen des Oberrheintales Baden-Württemberg werden die 15 800 t Schwefeldioxid (= 95 %) pro Jahr zu über 39 % von Raffinerieanlagen freigesetzt, etwa 30 % der SO₂-Emissionen kommen aus Kraftwerken und 14 % aus der Papierindustrie. Die Stickstoffoxid-Emissionen der Industriellen Punktquellen in Höhe von 14 700 t/a fallen zu über 46 % in den Großkraftwerken an, zu 20 % in den Raffinerien und zu etwa 12 % in den Papierfabriken. Die Kohlenmonoxid-Emissionen der Industriellen Punktquellen in Höhe von 6 160 t/a werden zu etwa 37 % in einem Stahlwerk und zu 33 % in den Zementwerken erzeugt. Bei den NMVOC-Emissionen der Industriellen Punktquellen gibt es keinen ausgeprägten Hauptemittenten. Die Raffinerien und die Chemische Industrie sind hier mit jeweils etwa 22 % Anteil beteiligt. Die Kraftwerke sind auch bei den Schadstoffen Benzol (45 %) und beim Staub (35 %) die Hauptverursacher. Betrachtet man die Benzo(a)pyren-Emissionen der Industriellen Punktquellen, so zeigt sich, dass etwa 47 % der freigesetzten Menge aus der Papierindustrie stammt; die Raffinerien haben hier einen Anteil von fast 15 %, während die Großkraftwerke nur sehr geringe Emissionen in Höhe von etwa 1 % der von den Punktquellen freigesetzten

bone (CO), oxydes d'azote (NO_x) et dans les composés organiques benzène et benzo(a)pyrène (BaP), les sources ponctuelles industrielles présentent des pourcentages de 85 % à 96 % dans le territoire de Bade-Wurtemberg. Ici, les émetteurs principaux sont avant tout les centrales à grande puissance, les installations de combustion industrielles, les cimenteries et les raffineries.

Dans les sources ponctuelles industrielles de la région du Bade-Wurtemberg, les 15 800 t de dioxyde de soufre (= 95 %) par an plus de 39 % sont produites à hauteur de plus de 39 % par les installations de raffinage, environ 30 % des émissions de SO₂ émanant des centrales électriques et 14 % de l'industrie du papier. Les émissions d'oxyde d'azote des sources ponctuelles industrielles (14 700 t/an) sont produites pour plus de 46 % dans les centrales à grande puissance, pour 20 % dans les raffineries et pour environ 12 % dans les usines de papier. Les émissions de monoxyde de carbone des sources ponctuelles industrielles (6 160 t/an) sont générées à environ 37 % dans une aciérie et à 33 % dans les cimenteries. Concernant les émissions de COVNM des sources ponctuelles industrielles, il n'y a pas d'émetteurs principaux bien définis. Les raffineries et l'industrie chimique y contribuent avec un pourcentage respectif de 22 %. Les centrales électriques font également partie des gros émetteurs de benzène (45 %) et de poussières (35 %). Si on considère les émissions de benzo(a)pyrène des sources ponctuelles industrielles, il s'avère qu'environ 47 % des quantités dégagées proviennent de l'industrie du papier; les raffineries constituent ici un pourcentage de presque

BaP-Menge aufweisen.

Bei den Industriellen Flächenquellen treten vor allem die Branchen „Gewinnung und Verarbeitung von Steinen und Erden, Glas und Keramik“ sowie „Chemische- und pharmazeutische Industrie, Gummi und Kunststoffe“ in den Vordergrund. Diese zeigen bei den anorganischen Gasen und beim Benzol die höchsten Anteile an den jeweiligen Gesamtemissionen der Industriellen Flächenquellen.

Die Kleingewerblichen Betriebe treten aufgrund der Quellenabgrenzung nur bei den Emissionen von NMVOC und Staub in Erscheinung. Während die Staubemissionen des Kleingewerbes, die ausschließlich aus den Holzverarbeitenden Betrieben kommt, mit gut 4 % nur eine untergeordnete Rolle spielt, sind die NMVOC-Emissionen mit fast 55 % Anteil zum überwiegenden Teil aus den Kleingewerblichen Anlagen und hier vor allem aus den metallverarbeitenden Betrieben und den Tankstellen emittiert worden.

In der Tabelle 4.2-2 sind die Jahresemissionen für die Region **Basel-Stadt** und **Basel-Landschaft** dargestellt. In den beiden Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft erfüllen nur insgesamt sieben Betriebe das Abschneidekriterium für die Zuordnung zu den Industriellen Punktquellen. Der Anteil der Industriellen Punktquellen an den Emissionen der Quellengruppe Industrie und Gewerbe ist deutlich niedriger als im Oberrheintal Baden-Württemberg. Lediglich beim Schwefeldioxid, bei den Stickstoffoxiden und beim Benzol weisen die Industriellen Punktquellen höhere Anteile auf. Die anorganischen Gase Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid und Stickstoffoxide werden bei den Punktquellen hauptsächlich in Müllverbrennungsanlagen emittiert, das Benzol und die Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe (NMVOC) werden in einem großen Tanklager freigesetzt. Im schweizer Gebietsteil liegt nur ein Kraftwerk zur Strom- und Fernwärmeversorgung. Dieses trägt nur zu einem geringen Teil zu den Emissionen der Industriellen Punktquellen bei.

15 % alors que les centrales à grande puissance ne participent qu'à hauteur d'environ 1 % des émissions de BaP dégagées par les sources ponctuelles.

Concernant les sources surfaciques industrielles, ce sont avant tout les secteurs de „l'extraction et du traitement des minerais non-métalliques, du verre et de la céramique“ ainsi que „l'industrie chimique et pharmaceutique, le caoutchouc et les plastiques“ qui sont au premier plan. Pour les gaz inorganiques et le benzène, ce sont eux qui présentent les taux les plus élevés par rapport aux émissions totales respectives des sources surfaciques industrielles.

Compte tenu de la sectorisation des sources d'émissions, les entreprises artisanales n'apparaissent que pour les émissions de COVNM et de poussières. Alors que les émissions de poussières du secteur artisanal qui proviennent essentiellement des entreprises de transformation du bois, ne jouent qu'un rôle secondaire avec environ 4 %, les émissions de COVNM qui s'élèvent à presque 55 % sont en majeure partie émises par les entreprises artisanales et notamment par les entreprises métallurgiques et les stations-service.

Le tableau 4.2-2 présente les émissions annuelles pour la région de **Bâle ville** et de **Bâle campagne**.

Dans les deux cantons de Bâle ville et Bâle campagne, seules sept entreprises au total satisfont aux critères de découpage pour la classification dans les sources ponctuelles industrielles. La contribution de sources ponctuelles industrielles aux émissions de la catégorie de sources entreprises industrielles et artisanales est nettement moins élevée que dans la région de Bade-Wurtemberg. Les émissions ne présentent des taux plus élevés que pour le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote et le benzène. Pour les sources ponctuelles, les gaz inorganiques dioxyde de soufre, monoxyde de carbone et oxydes d'azote sont émis principalement dans les installations d'incinération d'ordures ménagères, le benzène; les hydrocarbures non méthaniques (COVNM) proviennent d'une grande installation de stockage. Sur le territoire suisse, il n'existe qu'une seule centrale électrique pour l'alimentation en courant et en chaleur à distance. Elle ne contribue que pour une faible part aux émissions des sources ponctuelles industrielles.

Die Industriellen Flächenquellen haben beim Kohlenmonoxid, bei den NMVOC und beim Benzo(a)pyren die höchsten Anteile an den Emissionen der gesamten Quellengruppe. Die Kohlenmonoxid-Emissionen treten hauptsächlich in Ziegeleien, aus Gasturbinen und in Eisengießereien auf. An den Kohlenmonoxid-Emissionen der Industriellen Flächenquellen haben diese Branchen jeweils einen Anteil von etwa 22 %. Die NMVOC-Emissionen der Flächenquellen werden von sehr vielen Einzelquellen emittiert, die sich unter dem Sammelbegriff „Lösemittelanwendungen in Industriebetrieben“ zusammenfassen lassen. Das Benzo(a)pyren der Industriellen Flächenquellen wird zu über 95 % aus Industriefeuerungsanlagen emittiert.

Bei den Gesamtstaubemissionen fallen die hohen Staubanteile aus dem Kleingewerblichen Sektor ins Auge. Diese Emissionen kommen wie im Obererrheintal von Baden-Württemberg ausschließlich aus den Holzverarbeitenden Gewerbebetrieben. Die NMVOC-Emissionen des Kleingewerbes werden überwiegend (zusammen ca. 80 %) in Lackieranlagen, bei der Metallreinigung und in Druckereien freigesetzt.

Die Tabelle 4.2-3 listet die Jahresemissionen der Quellengruppe Industrie und Gewerbe für das **Elsaß** auf.

Pour le monoxyde de carbone, les COVNM et le benzo(a)pyrène, les sources surfaciques industrielles rejettent la majeure partie des émissions de l'ensemble de la catégorie de sources. Les émissions de monoxyde de carbone proviennent principalement des briqueteries, des turbines à gaz et des fonderies, la contribution de ces secteurs aux émissions de monoxyde de carbone des sources surfaciques industrielles étant d'environ 22 %. Les émissions de COVNM des sources surfaciques sont générées par de nombreuses sources diffuses qui se regroupent sous le terme collectif „utilisations de solvants dans les entreprises industrielles“. Le benzo(a)pyrène des sources surfaciques industrielles est émis à plus de 95 % par les installations de combustion industrielles.

Concernant les émissions de poussières totales, les forts pourcentages de poussières en provenance du secteur artisanal est frappant. Tout comme dans la région de Bade-Wurtemberg, elles proviennent exclusivement des entreprises de transformation du bois. Les émissions de COVNM des entreprises artisanales sont produites en majeure partie (environ 80 %) dans les installations de peinture, de nettoyage du métal et les imprimeries.

Le tableau 4.2-3 énumère les émissions annuelles de la catégorie de sources entreprises industrielles et artisanales pour **l'Alsace**.

Tabelle 4.2-2: Jahresemissionen der Quellengruppe Industrie und Gewerbe für die beiden Kantone **Basel-Stadt/Landschaft** im Jahr 1997.

	SO ₂	NO _x	CO	NMVOC	Gesamtstaub	Benzol	BaP
Gesamt in t/a	498	1036	587	4821	286	5	0,001
Industrielle Punktquellen	68 %	72 %	28 %	10 %	4 %	99 %	18 %
Industrielle Flächenquellen	32 %	28 %	72 %	49 %	16 %	1 %	82 %
Kleingewerbe ¹⁾				40 %	80 %		

1) aufgrund der Quellenabgrenzung nur NMVOC und Gesamtstaub ausgewiesen

Tableau 4.2-2 : Emissions annuelles de la catégorie de sources entreprises industrielles et artisanales pour les deux cantons **Bâle ville et Bâle campagne** pour l'année 1997.

	SO ₂	NO _x	CO	COVNM	Poussières	Benzène	BaP
Total en t/a	498	1036	587	4821	286	5	0,001
Sources ponctuelles industrielles	68 %	72 %	28 %	10 %	4 %	99 %	18 %
Sources surfaciques industrielles	32 %	28 %	72 %	49 %	16 %	1 %	82 %
Industrie artisanale ¹⁾				40 %	80 %		

1) compte tenu de la sectorisation des catégories de sources seulement les émissions de COVNM et de poussières totales

Tabelle 4.2-3: Jahresemissionen der Quellengruppe Industrie und Gewerbe für das **Elsaß** im Jahre 1997.

	SO ₂	NO _x	CO	NMVOC	Gesamtstaub	Benzol	BaP
Gesamt in t/a	12100	9743	2269	29515	1254	22	0,014
Industrielle Punktquellen	92 %	88 %	61 %	41 %	87 %	78 %	89 %
Industrielle Flächenquellen	8 %	12 %	39 %	20 %	11 %	22 %	11 %
Kleingewerbe ¹⁾				39 %	2 %		

1) aufgrund der Quellenabgrenzung nur NMVOC und Gesamtstaub ausgewiesen

Tableau 4.2-3 : Emissions annuelles de la catégorie de sources entreprises industrielles et artisanales pour l'**Alsace** en 1997.

	SO ₂	NO _x	CO	COVNM	Poussières	Benzène	BaP
Total en t/a	12100	9743	2269	29515	1254	22	0,014
Sources ponctuelles industrielles	92 %	88 %	61 %	41 %	87 %	78 %	89 %
Sources surfaciques industrielles	8 %	12 %	39 %	20 %	11 %	22 %	11 %
Industrie artisanale ¹⁾				39 %	2 %		

1) compte tenu de la sectorisation des catégories de sources seulement les émissions de COVNM et de poussières totales

Ähnlich wie im Oberrheintal von Baden-Württemberg weisen die Industriellen Punktquellen im Elsaß bei den anorganischen Gasen SO₂, NO_x und CO, beim Gesamtstaub, beim Benzol und beim Benzo(a)pyren mit 61 % bis über 90 % die höchsten Anteile an den Emissionen der Quellengruppe Industrie und Gewerbe auf. Lediglich bei den Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffen (NMVOC) haben die kleingewerblichen Anlagen einen ähnlich hohen Prozentanteil an den Emissionen (jeweils ca. 40 %) wie die Punktquellen.

Bei den Industriellen Punktquellen dominieren die Emissionen der Prozessfeuerungsanlagen in den Industriebetrieben. Diese weisen bei den anorganischen Gasen folgende Anteile an den Emissionen der Quellengruppe Industrie und Gewerbe auf: Schwefeldioxid ca. 46 %, Stickstoffoxide über 56 % und Kohlenmonoxid fast 85 %. Bei den Gesamtstaubemissionen haben die Industrieprozessfeuerungen einen Anteil von etwa 31 %, während die unspezifischen Staubbefreiungen in den Produktionsbetrieben, verteilt über sehr viele Standorte, einen Anteil von 43 % innehaben. Auch die Benzo(a)pyren- und die Benzol-Emissionen werden zum überwiegenden Teil in den Prozessfeuerungsanlagen erzeugt. Die NMVOC werden zu 73 % bei diversen Produktionsprozessen aus der Anwendung lösemittelhaltiger Produkte freigesetzt. Hier spielen vor allem Großdruckereien und große Lackieranlagen in der Kraftfahrzeugbranche eine herausragende Rolle.

Bei den Industriellen Flächenquellen zeigt sich ein ähnliches Bild. Auch hier sind die Prozessfeuerungsanlagen für

En Alsace tout comme dans le territoire de Bade-Wurtemberg, les sources ponctuelles industrielles présentent les pourcentages les plus élevés pour les gaz inorganiques SO₂, NO_x et CO, les poussières totales, le benzène et le benzo(a)pyrène, à hauteur de 61 à 90 % et plus par rapport aux émissions de la catégorie de sources entreprises industrielles et artisanales. Pour les hydrocarbures non méthaniques (COVNM), les petites installations artisanales constituent un pourcentage aussi élevé aux émissions (environ 40 %) que les sources ponctuelles.

Concernant les sources ponctuelles industrielles, les émissions des installations de combustion dans les entreprises industrielles dominent. Pour les gaz inorganiques, elles présentent les pourcentages suivants aux émissions de la catégorie de sources entreprises industrielles et artisanales : dioxyde de soufre environ 46 %, oxydes d'azote plus de 56 % et monoxyde de carbone près de 85 %. Pour les émissions de poussières totales, les installations de combustion industrielles présente une contribution d'environ 31 % alors que les émissions non spécifiques de poussières dans les entreprises de production réparties sur de nombreux sites détiennent un pourcentage de 43 %. Les émissions de benzo(a)pyrène et de benzène sont générées en majeure partie dans les installations de combustion industrielles. Les COVNM sont rejetés à 73 % lors de divers procédés de fabrication en rapport avec l'utilisation de produits à base de solvants. Ici, ce sont avant tout les grandes imprimeries et les grandes installations de peinture dans l'industrie automobiles qui jouent un grand rôle.

La situation est semblable dans les sources surfaciques industrielles. Ici aussi, les installations de combustion indus-

den Großteil der Emissionen anorganischer Gase verantwortlich. Bei den Schadstoffen SO₂, NO_x, CO, BaP und Benzol haben diese Anlagen Anteile von weit über 95 % an den Emissionen. Bei den Stäuben treten neben den Prozessfeuerungsanlagen mit 54 % Anteil vor allem die Branchen Holz- und Papierindustrie in den Vordergrund. Diese Betriebe weisen einen Emissionsanteil am Gesamtstaub von etwa 45 % auf. Bei den NMVOC-Emissionen der Flächenquellen spielen die Feuerungsanlagen dagegen nur eine untergeordnete Rolle. Die Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe werden hauptsächlich bei der Herstellung bzw. Verarbeitung von chemischen Produkten mit einem Anteil von etwa 65 % und bei der Anwendung lösemittelhaltiger Stoffe in Industriebetrieben (ca. 20 %) freigesetzt.

Die NMVOC-Emissionen der kleingewerblichen Betriebe fallen hauptsächlich im Bereich Lackierungen und bei der Kraftfahrzeugreparatur (Reinigung/Entfettung) an. Die Staubemissionen kommen ausschließlich aus den Holzverarbeitenden Gewerbebetrieben und bestehen demnach in der Regel aus Holzstaub.

In der Tabelle 4.2-4 sind die Jahresemissionen für den rheinland-pfälzischen Teil des Projektgebietes (**Oberrhein- teil RP**) für die Quellengruppe Industrie und Gewerbe aufgelistet.

Tabelle 4.2-4: Jahresemissionen der Quellengruppe Industrie und Gewerbe für den Oberrheinteil von **Rheinland-Pfalz** im Jahre 1997.

Industrie und Gewerbe	SO ₂	NO _x	CO	NMVOC	Gesamtstaub	Benzol	BaP
Gesamt in t/a	3 891	9 422	10 947	5 186	1 119	9	0,011
Industrielle Punktquellen	72 %	79 %	91 %	12 %	15 %	32 %	89 %
Industrielle Flächenquellen	28 %	21 %	9 %	47 %	83 %	68 %	11 %
Kleingewerbe ¹⁾				41 %	2 %		

1) aufgrund der Quellenabgrenzung nur NMVOC und Gesamtstaub ausgewiesen

Tableau 4.2-4 : Emissions annuelles de la catégorie de sources entreprises industrielles et artisanales pour la région rhénane de **Rhénanie-Palatinat** en 1997.

	SO ₂	NO _x	CO	COVNM	Poussières	Benzène	BaP
Total en t/a	3 891	9 422	10 947	5 186	1 119	9	0,011
Sources ponctuelles industrielles	72 %	79 %	91 %	12 %	15 %	32 %	89 %
Sources surfaciques industrielles	28 %	21 %	9 %	47 %	83 %	68 %	11 %
Industrie artisanale ¹⁾				41 %	2 %		

1) compte tenu de la sectorisation des catégories de sources seulement les émissions de COVNM et de poussières totales

trielles sont responsables de la majeure partie des émissions de gaz inorganiques. Pour les polluants SO₂, NO_x, CO, BaP et benzène, ces installations présentent des contributions aux émissions de plus de 95 %. Pour les poussières, ce sont avant tout les industries du bois et du papier qui occupent les premières places à raison de 54 %, à côté des installations de combustion industrielles. Ces entreprises émettent environ 45 % de poussières totales. Pour les émissions de COVNM des sources surfaciques, les installations de combustion ne jouent par contre qu'un rôle secondaire. Les hydrocarbures non méthaniques sont dégagés principalement lors de la fabrication et la transformation de produits chimiques à raison d'un pourcentage d'environ 65 % et lors de l'utilisation de substances à base de solvants dans les installations industrielles (environ 20 %). Les émissions de COVNM des entreprises artisanales sont produites avant tout dans le secteur peinture et réparation automobiles (nettoyage/dégraissage). Les émissions de poussières proviennent exclusivement des entreprises artisanales de transformation du bois et se composent par conséquent en général de poussières de bois.

Le tableau 4.2-4 présente les émissions annuelles de la catégorie de sources entreprises industrielles et artisanales de la zone d'étude de Rhénanie-Palatinat (**zone Rhin Supérieur RP**).

Die Verhältnisse im Oberrheintal von Rheinland-Pfalz zeigen bei den anorganischen Gasen und beim Benzo(a)pyren ähnliche prozentuale Verteilungen zwischen den industriellen Punkt- und Flächenquellen wie im Oberrheintal von Baden-Württemberg und im Elsaß. Auch hier haben die Punktquellen die größten Anteile an den Gesamtemissionen der Quellengruppe Industrie und Gewerbe. Bei den NMVOC-Emissionen weisen die kleingewerblichen Betriebe des Oberrheintales Rheinland-Pfalz mit etwa 41 % Anteil an den Emissionen der Quellengruppe Industrie und Gewerbe den zweitgrößten Anteil auf. Den größten Beitrag steuern hier die industriellen Flächenquellen mit etwa 47 % Anteil bei. Beim Gesamtstaub und bei den Benzol-Emissionen haben die industriellen Flächenquellen mit 83 % bzw. 68 % die höchsten Jahresauswürfe.

Die Emissionen der industriellen Punktquellen werden ähnlich wie im Elsaß hauptsächlich in den Prozessfeuerungsanlagen von Industriebetrieben freigesetzt. Diese Feuerungen haben beim Schwefeldioxid etwa 89 %, bei den Stickstoffoxiden etwa 61 %, beim Gesamtstaub 95 % und beim Benzo(a)pyren sogar über 99 % Anteil an den Emissionen der industriellen Punktquellen. Im Gegensatz zu den Verhältnissen in den anderen Teilregionen fallen die Kohlenmonoxid-Emissionen bei den Punktquellen des Oberrheintales von Rheinland-Pfalz zu über 89 % in der Abgaswäsche einer chemischen Produktionsanlage an. Diese Anlage ist auch zu etwa 71 % an den Benzolemissionen der industriellen Punktquellen beteiligt. Bei den NMVOC-Emissionen treten neben den Industriefeuerungsanlagen mit einem Anteil von 33 % auch eine Produktionsanlage (Glasherstellung und -verarbeitung) mit einem Anteil von 41 % in den Vordergrund.

Die Emissionscharakteristik bei den industriellen Flächenquellen weicht deutlich von den Verhältnissen in den anderen Teilregionen des Projektgebietes ab. Im Oberrheintal von Rheinland-Pfalz werden die Emissionen aller Schadstoffe und Schadstoffgruppen von der Branche „Chemische und pharmazeutische Industrie“ bestimmt.

Pour les gaz inorganiques et pour le benzo(a)pyrène, la situation dans la zone rhénane de Rhénanie-Palatinat présente des répartitions entre les sources ponctuelles et surfaciques industrielles qui sont semblables à celles du territoire de Bade-Wurtemberg et d'Alsace. Ici aussi, les sources ponctuelles constituent les pourcentages aux émissions totales de la catégorie de sources entreprises industrielles et artisanales les plus élevés. Concernant les émissions de COVNM, les entreprises artisanales de la région rhénane de Rhénanie-Palatinat occupent la deuxième place avec un pourcentage de 41 % des émissions du secteur industrie - P.M.E./P.M.I. Les plus gros émetteurs sont ici les sources surfaciques industrielles avec un pourcentage d'environ 47 %. Pour les poussières totales et les émissions de benzène, les sources surfaciques industrielles dégagent le plus d'effluents annuels à raison de 83 % et de 68 %.

Tout comme en Alsace, les émissions des sources ponctuelles industrielles proviennent principalement des installations de combustion des entreprises industrielles qui représentent un pourcentage aux émissions des sources ponctuelles industrielles d'environ 89 % pour le dioxyde de soufre, d'environ 61 % pour les oxydes d'azote, de 95 % pour les poussières totales et même de plus de 99 % pour le benzo(a)pyrène. Contrairement à la situation dans les autres parties du territoire, les émissions de monoxyde de carbone dans les sources ponctuelles de Rhénanie-Palatinat sont dégagées à raison de plus de 89 % dans l'épuration des gaz d'échappement d'une installation de production chimique. Cette installation contribue également aux émissions de benzène des sources ponctuelles industrielles à raison d'environ 71 %. Pour les émissions de COVNM, à côté des installations de combustion industrielles qui ont un pourcentage de 33 %, il y a également une installation de production (fabrication et transformation du verre) au premier plan avec un pourcentage de 41 %.

La caractéristique des émissions des sources surfaciques industrielles diverge nettement de la situation dans les autres territoires de la zone d'étude. Dans la partie de territoire de Rhénanie-Palatinat, les émissions de tous les polluants et catégorie de polluants atmosphériques sont déterminées par le secteur „industrie chimique et pharma-

Weder die Prozessfeuerungsanlagen noch die Lösemittelanwendungen in den Betrieben zeigen prozentual ähnlich hohe Anteile an den Emissionen wie in den anderen Teilgebieten. Bei den Industriellen Flächenquellen werden 68 % des Schwefeldioxids, 65 % der Stickstoffoxide und 50 % des Kohlenmonoxids in dieser Branche freigesetzt. Die Emissionsverhältnisse beim Benzol und beim Gesamtstaub sind noch stärker auf diese Anlagen polarisiert. In der Quelle Industrielle Flächenquellen wird das Benzol zu 74 % und der Gesamtstaub zu 71 % aus chemisch/pharmazeutischen Anlagen emittiert. Bei Benzo(a)pyren und bei den Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffen sind die Anteile etwas weiter über die verschiedenen Branchen gestreut. Auch hier hat zwar die chemisch/pharmazeutische Industrie mit 36 % beim BaP bzw. beim NMVOC mit 53 % die höchsten Anteile, jedoch treten im Falle des BaP auch die Branche Papierherstellung und -verarbeitung mit 13 % und beim NMVOC die Branche Fahrzeugbau mit fast 28 % Anteilen als größere Verursacherguppen in den Vordergrund.

Bei den kleingewerblichen Anlagen weisen die metallverarbeitenden Betriebe mit über 30 % und die Tankstellen mit etwa 24 % Anteil die höchsten Beiträge auf. Die Lackieranlagen setzen lediglich knapp 20 % der NMVOC-Emissionen des Kleingewerbes frei. Auch im Oberrheinteil Rheinland-Pfalz werden die Gesamtstaubemissionen dieser Quellengruppe ausschließlich von den holzverarbeitenden Gewerbebetrieben verursacht.

In der nun folgenden Tabelle 4.2.5 sind die Emissionen der Quellengruppe Industrie und Gewerbe für das gesamte **Projektgebiet** für die einzelnen Quellen Industrielle Punktquellen, Industrielle Flächenquellen und kleingewerbliche Anlagen dargestellt.

Es zeigt sich, dass sowohl bei den anorganischen Gasen SO_2 , NO_x , CO, als auch beim Gesamtstaub, beim Benzol und beim BaP die Industriellen Punktquellen die höchsten Anteile an den Emissionen der Quellengruppe Industrie und Gewerbe aufweisen. Die Industriellen Flächenquellen treten lediglich bei den Gesamtstaubemissionen mit einem Anteil von etwa 41 % aus dem Schatten der

ceutique“. Ni les installations de combustion industrielles ni les utilisations de solvants dans les entreprises ne présentent des pourcentages d'émissions aussi élevés que dans les autres territoires. Dans les sources surfaciques industrielles, 68 % du dioxyde de soufre, 65 % des oxydes d'azote et 50 % du monoxyde de carbone sont dégagés dans ce secteur. Les rapports d'émissions pour le benzène et les poussières totales divergent encore plus fortement dans ces installations. Le benzène est émis à 74 % et les poussières totales à 71 % par les installations chimiques/pharmaceutiques dans les sources surfaciques industrielles. Pour benzo(a)pyrène et les hydrocarbures non méthaniques, il y a une plus grande répartition sur les différentes branches. Ici aussi, l'industrie chimique/pharmaceutique détient certes les taux les plus élevés à raison de 36 % pour le BaP et de 53 % pour les COVNM, néanmoins, les plus gros émetteurs étant pour le BaP la fabrication et la transformation du papier à raison de 13 % et pour les COVNM la branche de la construction de véhicules avec presque 28 %.

Dans les installations artisanales, ce sont les entreprises métallurgiques qui émettent les pourcentages les plus importants à raison de plus 30 % et les stations-service avec environ 24 %. Les installations de peinture ne sont responsables que d'à peine 20 % des émissions de COVNM de l'artisanat. Dans la zone rhénane de Rhénanie-Palatinat également, les émissions de poussières totales de ce secteur d'activité proviennent exclusivement des entreprises artisanales de la transformation du bois.

Dans le tableau 4.2-5 ci-après, les émissions de la catégorie de sources entreprises industrielles et artisanales sont représentées pour l'ensemble de la **zone d'étude** par sources ponctuelles et surfaciques industrielles et par installations artisanales.

Il s'avère que aussi bien pour les gaz inorganiques SO_2 , NO_x et CO que pour les poussières totales, le benzène et le BaP, les sources ponctuelles industrielles présentent les taux les plus élevés aux d'émissions des catégories de sources entreprises industrielles et artisanales. Les sources surfaciques industrielles dépassent largement les sources ponctuelles seulement pour les émissions de poussières

Tabelle 4.2-5: Jahresemissionen der Quellengruppe Industrie und Gewerbe für das **Projektgebiet Oberrhein 1997.**

	SO ₂	NO _x	CO	NMVOC	Gesamtstaub	Benzol	BaP
Gesamt in t/a	33 166	36 816	21 075	55 285	4 979	115	0,046
Industrielle Punktquellen	91 %	85 %	84 %	34 %	51 %	87 %	89 %
Industrielle Flächenquellen	9 %	15 %	16 %	22 %	41 %	13 %	11 %
Kleingewerbe ¹⁾				44 %	8 %		

1) aufgrund der Quellenabgrenzung nur NMVOC und Gesamtstaub ausgewiesen

Tableau 4.2-5 : Emissions annuelles de la catégorie de sources entreprises industrielles et artisanales pour **la zone d'étude** du Rhin Supérieur en 1997.

	SO ₂	NO _x	CO	COVNM	Poussières	Benzène	BaP
Total en t/a	33 166	36 816	21 075	55 285	4 979	115	0,046
Sources ponctuelles industrielles	91 %	85 %	84 %	34 %	51 %	87 %	89 %
Sources surfaciques industrielles	9 %	15 %	16 %	22 %	41 %	13 %	11 %
Industrie artisanale ¹⁾				44 %	8 %		

1) compte tenu de la sectorisation des catégories de sources seulement les émissions de COVNM et de poussières totales

Punktquellen heraus. Die kleingewerblichen Betriebe zeigen nur bei den NMVOC-Emissionen einen großen Anteil mit etwa 44 %. Diese werden jedoch von einer Vielzahl von Einzelemittenten flächendeckend über die Gemeinden des Projektgebietes hinweg verursacht. Die NMVOC-Emissionen dieser Quellengruppe sind daher weniger als lokales Problem, sondern vielmehr als eher regionale Belastung über das gesamte Projektgebiet hinweg anzusehen.

4.2.2 Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher (HUK)

Zu dieser Quellengruppe zählen alle Feuerungsanlagen, die nicht in den Quellengruppen „Industrielle Punktquellen“ (Kraft- und Heizwerke) und „Industrielle Flächenquellen“ (Prozess-Feuerungsanlagen, Gasmotoren, Gasturbinen) enthalten sind. Es umfasst die Emissionen aus der Gebäudeheizung einschließlich der Warmwasserbereitung sowie die Emissionen aus der Erzeugung von Prozesswärme im gewerblichen Bereich.

Die Berechnungen ergaben für das gesamte Oberrheingebiet im Jahre 1997 einen Endenergieeinsatz bei der Quellengruppe Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher von 79 722 GWh. Dieser Endenergieverbrauch entspricht einem mittleren spezifischen Jahresverbrauch bezogen auf die Einwohner (EW) des Projektgebietes von ca. 13 MWh/(EW·a). In den Oberrheinteilen von Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg ergibt sich jeweils ein spezifischer Verbrauch von etwa 10 MWh/(EW·a) und in Basel-

totalen, à hauteur d'un pourcentage environ 41 %. Les petites entreprises artisanales représentent un pourcentage élevé avec à peu près 44 % seulement pour les émissions de COVNM. Elles sont toutefois produites par une multitude de petits émetteurs sur tout le territoire dans les différentes communes de la zone d'étude. Les émissions de COVNM de cette catégorie de sources sont par conséquent à considérer non comme problème local mais plutôt comme une contrainte régionale sur l'ensemble de la zone d'étude.

4.2.2 Secteur résidentiel et petites installations de combustion (PIC)

Dans cette catégorie sont incluses les émissions dues au chauffage et à la production d'eau chaude sanitaire des logements, des grands bâtiments publics, des commerces et des industries. Les émetteurs définis comme sources ponctuelles, ainsi que les procédés industriels, ne sont pas pris en compte.

Pour l'ensemble du Rhin Supérieur, la consommation d'énergie, en 1997, a été de 79 722 GWh pour ce secteur. La consommation d'énergie moyenne annuelle par habitant est de 13 MWh sur l'ensemble de la zone d'étude. En Rhénanie-Palatinat et Bade-Wurtemberg, cette consommation est d'environ 10 MWh/hab·an et de près de 11 MWh/hab·an à Bâle ville/Bâle campagne. En Alsace, la consommation moyenne annuelle par habitant est plus élevée 18 MWh/hab·a. Ces écarts s'expliquent

Stadt/Landschaft von rund 11 MWh/(EW·a). Im Elsaß liegt der spezifische Verbrauch mit über 18 MWh/(EW·a) höher. Dies ist unter anderem begründet durch die unterschiedliche Abgrenzung des Erhebungsumfangs.

In der Tabelle 4.2-6 ist der Endenergieverbrauch in den Teilgebieten des Untersuchungsgebietes Oberrhein untergliedert nach den verschiedenen Energieträgern aufgelistet.

Die Abbildungen 4.2-1 bis 4.2-4 zeigen die Anteile der einzelnen Energieträger am Endenergieeinsatz in der Quellengruppe Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher für die einzelnen Teilgebiete.

Der Schwerpunkt des Energieverbrauchs liegt mit rund 43 570 GWh/a (ca. 55 %) bei den leitungsgebundenen Energieträgern. Den größten Anteil am Gesamtverbrauch hat Heizöl mit ca. 40 %. An zweiter Stelle rangiert der Energieträger Gas mit einem Anteil von etwa 35 %. Festbrennstoffe und Fernwärme spielen mit einem Anteil von je rd. 5 % am gesamten Endenergieeinsatz eine untergeordnete Rolle.

Im Anhang A1.2 wird der Endenergieverbrauch und die Unterschiede in der Energieträgerverteilung für die einzelnen Teilgebiete noch einmal detailliert diskutiert.

par des différences méthodologiques employées par les différents partenaires (voir annexe A1).

Dans le tableau 4.2-6, la consommation d'énergie dans les différentes zones du secteur d'étude Rhin Supérieur est subdivisée selon les diverses sources d'énergie.

Les figures 4.2-1 à 4.2-4 donnent les répartitions des consommations finales des différentes énergies pour le secteur résidentiel et les petites installations de combustion pour chacune des zones d'études.

Les énergies distribuées par conduites (gaz, électricité et réseaux de chaleur) produisent la majeure partie de la consommation finale en énergie avec 43 570 GWh/an (environ 55 %). Le fuel domestique est l'énergie la plus utilisée avec environ 40 % du bilan énergétique final. Le gaz occupe la deuxième place avec 35 % de l'énergie totale consommée. Les combustibles solides et les réseaux de chaleur ne jouent qu'un rôle secondaire avec 5 % chacun de la consommation finale d'énergie.

L'annexe A1.2 aborde à nouveau en détail la consommation d'énergie et les différences dans la répartition des sources d'énergie pour les différentes zones du territoire.

Tabelle 4.2-6: Endenergieverbrauch der Quellengruppe Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher 1997.

Energieträger	Oberrheinteil BW	Basel-Stadt/Landschaft	Elsaß	Oberrheinteil RP	Projektgebiet
Gesamt in GWh/a	33 555	5 143	31 163	9 861	79 722
Festbrennstoffe	1,5 %	3,6 %	9,2 %	4,6 %	5,0 %
Heizöl-EL	44,6 %	51,7 %	36,9 %	30,5 %	40,3 %
Erdgas	39,0 %	23,8 %	24,1 %	58,0 %	34,6 %
Heizstrom	6,8 %	4,1 %	27,6 %	4,8 %	14,5 %
Fernwärme	8,0 %	16,9 %	2,2 %	2,1 %	5,6 %

Tableau 4.2-6 : Consommation finale par sources d'énergie dans le secteur résidentiel et les petites installations de combustion.

Source d'énergie	Région Rhin Supérieure BW	Bâle ville/Bâle campagne	Alsace	Zone Rhin Supérieur RP	Rhin Supérieur 1997
Total en GWh/a	33 555	5 143	31 163	9 861	79 722
Combustibles solides	1,5 %	3,6 %	9,2 %	4,6 %	5,0 %
Fuel	44,6 %	51,7 %	36,9 %	30,5 %	40,3 %
Gaz naturel	39,0 %	23,8 %	24,1 %	58,0 %	34,6 %
Electricité	6,8 %	4,1 %	27,6 %	4,8 %	14,5 %
Réseaux de chaleur	8,0 %	16,9 %	2,2 %	2,1 %	5,6 %

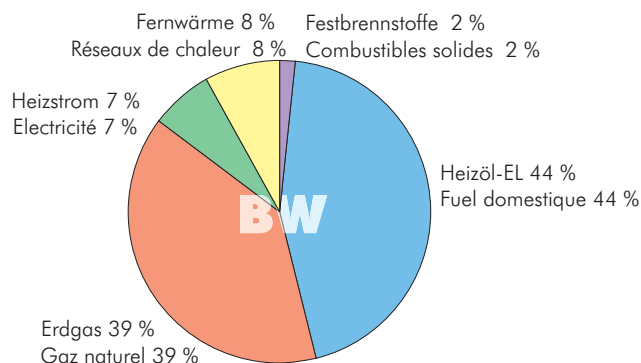


Abbildung 4.2-1: Anteile der Energieträger im Oberrheintal Baden-Württemberg.

Figure 4.2-1 : Pourcentage des sources d'énergie dans la partie de territoire de Bade-Wurtemberg.

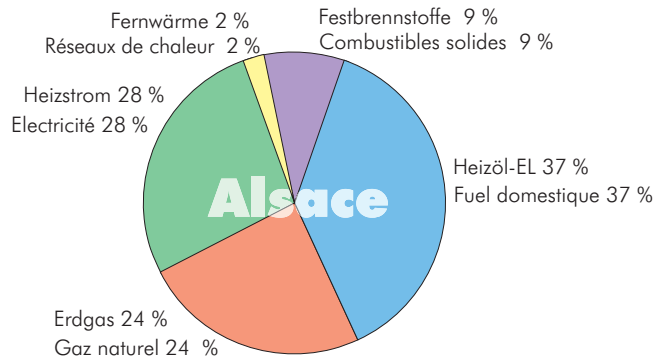


Abbildung 4.2-3: Anteile der Energieträger im Oberrheintal Elsaß.

Figure 4.2-3 : Pourcentage des sources d'énergie dans la partie de territoire d'Alsace.

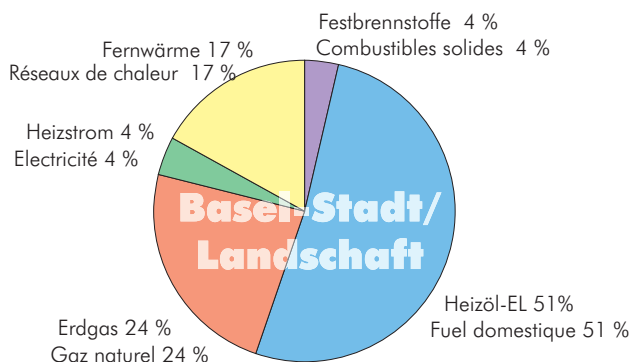


Abbildung 4.2-2: Anteile der Energieträger im Oberrheintal Basel-Stadt/Landschaft.

Figure 4.2-2 : Pourcentage des sources d'énergie dans la partie de territoire de Bâle ville / Bâle campagne.

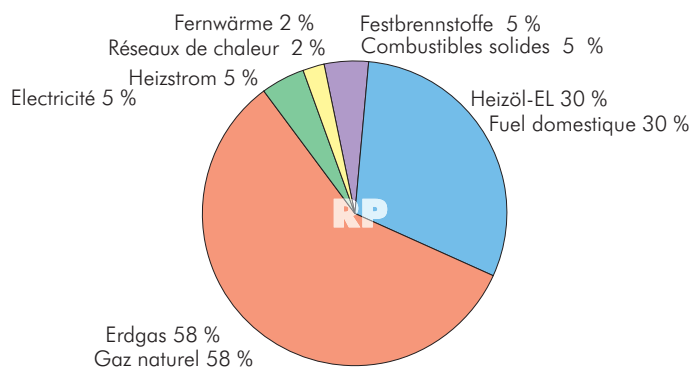


Abbildung 4.2-4: Anteile der Energieträger im Oberrheintal Rheinland-Pfalz.

Figure 4.2-4 : Pourcentage des sources d'énergie dans la partie de territoire de Rhénanie-Palatinat.

Aus dem regionalisierten Endenergieverbrauch wurden die Emissionen, die durch den Einsatz der Energieträger Gas, Heizöl, Festbrennstoffe (Kohle und Holz) in den Feuerungsanlagen entstehen, aus dem Endenergieeinsatz mittels energieträgerspezifischer Emissionsfaktoren ermittelt. Die Emissionen der Energieträger Heizstrom und Fernwärme sind dabei grundsätzlich den jeweiligen Kraft- und Heizwerken zugeordnet und bei den industriellen Punktquellen bzw. den industriellen Flächenquellen berücksichtigt worden.

In den folgenden Tabellen sind die Emissionen der Quellengruppe Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher, aufgeschlüsselt nach den Beiträgen der einzelnen emissionsverursachenden Energieträger, zusammengestellt. Der in den jeweiligen Teilregionen zum Einsatz kommende Energieträgermix der Quellengruppe Feue-

Les émissions correspondantes à la consommation énergétique ont été calculées pour les installations de combustion, en s'appuyant sur des facteurs d'émissions spécifiques aux sources d'énergie. Les émissions liées à l'électricité et aux réseaux de chaleur ont été calculées par ailleurs et sont affectées à l'unité de production (sources ponctuelles et sources surfaciques industrielles).

Les tableaux suivants dressent la liste des émissions de la catégorie de sources logements et petites installations de combustion, classées en fonction des contributions des différentes sources d'énergie génératrices d'émissions. Les sources d'énergie mixtes de la catégorie logements et petites installations de combustion dans les différentes

rungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher ist zum Vergleich in der Tabelle 4.2-6 dargestellt.

Die Tabelle 4.2-7 zeigt die Emissionen der Quellengruppe Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher für den Oberrheinteil von **Baden-Württemberg** (Oberrheinteil BW).

Der wichtigste HUK-Energieträger im Oberrheinteil von Baden-Württemberg ist mit einem Anteil von 45 % das Heizöl. Der Schwefelgehalt des Heizöles führt nun in Verbindung mit dem hohen Anteil dieses Energieträgers dazu, dass 97 % der Schwefeldioxidemissionen der Quellengruppe Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher diesem Energieträger angelastet werden müssen. Das Heizöl hat darüber hinaus auch bei den Stickstoffoxiden mit 55 % und bei den NMVOC mit 23 % einen höheren Anteil. Der zweite wichtige Energieträger im Oberrheinteil von Baden-Württemberg ist das Erdgas mit einem Anteil von 39 % am Endenergieeinsatz. Trotz dieses relativ hohen Wertes tritt dieser Energieträger emissionsseitig nur bei den Stickstoffoxiden mit einem Anteil von 42 % an den Emissionen in den Vordergrund. Die Energieträger Holz und Kohle zeigen trotz ihres sehr geringen Anteils am Energieträgermix (zusammen nur ca. 1,5 %) beim Kohlenmonoxid, bei den NMVOC, beim Benzol und beim Benzo(a)pyren durch die oft unvollständige Verbrennung hohe Emissionsanteile. Auch bei den

zones sont présentées dans le tableau 4.2-6 à titre de comparaison.

Le tableau 4.2-7 présente les émissions de la catégorie de sources logements et petites installations de combustion pour le territoire de **Bade-Wurtemberg** (zone Rhin Supérieur BW).

La source d'énergie PIC la plus importante dans le territoire rhénan de Bade-Wurtemberg est le fuel domestique à raison d'un pourcentage de 45 %. En raison du taux élevé de cette source d'énergie et de la teneur du fuel domestique en soufre, 97 % des émissions de dioxyde de soufre de la catégorie de sources logements et petites installations de combustion sont attribuées à cette source d'énergie. Par ailleurs, le fuel domestique constitue également un pourcentage assez élevé qui est de l'ordre de 55 % pour les oxydes d'azote et de 23 % pour les COVNM. La deuxième source d'énergie dans la partie de territoire de Bade-Wurtemberg est le gaz naturel avec une contribution de 39 % à la consommation totale d'énergie. Malgré cette valeur relativement élevée, cette source d'énergie ne fait partie des gros émetteurs que pour les oxydes d'azote à raison d'une contribution de 42 % aux émissions. Malgré leur très faible pourcentage aux sources d'énergie mixtes (ensemble seulement environ 1,5 %), les sources d'énergie bois et charbon présentent des taux d'émissions élevés pour le monoxyde de carbone, le

Tabelle 4.2-7: Emissionen der Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher (HUK) für den Oberrheinteil **Baden-Württemberg** im Jahre 1997.

	SO ₂	NO _x	CO	NMVOC	Gesamtstaub	Benzol	BaP
Gesamt in t/a	4724	4862	8608	2246	399	12	0,17
Erdgas	0,5 %	41,6 %	13,9 %	2,6 %	0,4 %	0,2 %	0,0 %
Holz	0,2 %	1,7 %	44,3 %	69,0 %	59,8 %	59,3 %	90,3 %
Kohle	2,3 %	1,3 %	23,0 %	4,9 %	19,6 %	37,3 %	9,1 %
Heizöl	97,0 %	55,5 %	18,8 %	23,5 %	20,3 %	3,2 %	0,6 %

Tableau 4.2-7 : Emissions des logements et petites installations de combustion (PIC) pour le territoire de **Bade-Wurtemberg** en 1997.

	SO ₂	NO _x	CO	COVNM	Poussières	Benzène	BaP
Total en t/a	4724	4862	8608	2246	399	12	0,17
Gaz naturel	0,5 %	41,6 %	13,9 %	2,6 %	0,4 %	0,2 %	0,0 %
Bois	0,2 %	1,7 %	44,3 %	69,0 %	59,8 %	59,3 %	90,3 %
Charbon	2,3 %	1,3 %	23,0 %	4,9 %	19,6 %	37,3 %	9,1 %
Fuel	97,0 %	55,5 %	18,8 %	23,5 %	20,3 %	3,2 %	0,6 %

Gesamtstaubemissionen treten die Festbrennstoffe mit zusammen etwa 79 % Anteil in dieser Quellengruppe deutlich hervor.

Die Tabelle 4.2-8 zeigt die Verhältnisse in den beiden schweizer Kantonen **Basel-Landschaft** und **Basel-Stadt**. Auch in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft ist das Heizöl mit einem Anteil von 52 % der wichtigste Energieträger in der Quellengruppe Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher. Die Schwefeldioxid-Emissionen werden auch hier durch den Schwefelgehalt des Heizöles bewirkt. Auch die Stickstoffoxid- und die NMVOC-Emissionen gehen zum überwiegenden Teil auf das Konto dieses Energieträgers. Das Erdgas als zweitwichtigster Energieträger tritt bei den Schadstoffemissionen der Quellengruppe Feuerungsanlagen HUK in den beiden Kantonen nur wenig in Erscheinung. Als weiterer emissionsseitig wichtiger Energieträger in diesem Gebiet tritt Holz und Kohle mit einem Anteil am Energieträgermix von fast 4 % deutlich hervor. Vor allem die Holzfeuerungsanlagen zeigen bei den Emissionen der Quellengruppe HUK bei den Schadstoffen bzw. Schadstoffgruppen Kohlenmonoxid, Staub, Benzol und Benzo(a)pyren sehr hohe Anteile von 80 % bis über 99 %.

COVNM, le benzène et le benzo(a)pyrène, suite à la combustion souvent incomplète. Dans les émissions de poussières totales, les combustibles solides ressortent nettement avec ensemble un pourcentage approximativement de 79 % dans cette catégorie de sources.

Le tableau 4.2-8 présente la situation dans les deux cantons suisses **Bâle campagne** et **Bâle ville**.

Dans les cantons Bâle ville et Bâle campagne, le fuel domestique est également la source d'énergie la plus importante dans la catégorie de logements et petites installations de combustion, avec un pourcentage de 52 %. Ici aussi, les émissions de dioxyde de soufre sont provoquées par la teneur du fuel domestique en soufre. Les émissions d'oxydes d'azote et de COVNM sont en majeure partie attribuées à cette source d'énergie. Deuxième source d'énergie, le gaz naturel ne joue pas un grand rôle au niveau des émissions de polluants de la catégorie de sources petites installations de combustion (PIC) dans les deux cantons. Le bois et le charbon sont également à considérer comme autres sources d'énergies importantes dans cette région, côté émissions, avec une contribution aux sources d'énergie mixtes de presque 4 %. Dans les émissions de la catégorie de sources PIC, ce sont avant tout les installations de combustion à bois qui présentent des taux très élevés de 80 % à 99 % et plus au niveau des polluants et catégories de polluants

Tabelle 4.2-8: Emissionen der Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher (HUK) für die Kantone **Basel-Stadt** und **Basel-Landschaft** im Jahre 1997.

	SO ₂	NO _x	CO	NMVOC	Gesamtstaub	Benzol	BaP
Gesamt in t/a	654	622	2076	94	38	4	0,08
Erdgas	0,3 %	14,1 %	8,3 %	9,4 %	2,3 %	0,0 %	0,0 %
Holz	1,9 %	10,2 %	79,7 %	27,1 %	84,0 %	94,7 %	99,2 %
Kohle	1,2 %	0,2 %	4,2 %	2,3 %	8,6 %	3,5 %	0,6 %
Heizöl	96,6 %	75,4 %	7,8 %	61,2 %	5,1 %	1,7 %	0,2 %

Tableau 4.2-8 : Emissions des logements et petites installations de combustion (PIC) pour les cantons suisses **Bâle ville** et **Bâle campagne** en 1997.

	SO ₂	NO _x	CO	COVNM	Poussières	Benzène	BaP
Total en t/a	654	622	2076	94	38	4	0,08
Gaz naturel	0,3 %	14,1 %	8,3 %	9,4 %	2,3 %	0,0 %	0,0 %
Bois	1,9 %	10,2 %	79,7 %	27,1 %	84,0 %	94,7 %	99,2 %
Charbon	1,2 %	0,2 %	4,2 %	2,3 %	8,6 %	3,5 %	0,6 %
Fuel	96,6 %	75,4 %	7,8 %	61,2 %	5,1 %	1,7 %	0,2 %

In der Tabelle 4.2-9 sind die Anteile der einzelnen Energieträger an den Schadstoffemissionen der Quellengruppe Haushalte und Kleinverbraucher für das **Elsaß** aufgelistet.

Der Anteil des Heizöles am Energieträgermix in dieser Quellengruppe ist im Elsaß mit 37 % deutlich niedriger als in den anderen Gebieten am Oberrhein. Gleichzeitig werden im Elsaß vermehrt Festbrennstoffe (zusammen über 9 % Anteil) als Energieträger eingesetzt. Diese Verhältnisse spiegeln sich auch in den Emissionen in der Quellengruppe HUK wider. Zwar wird das Schwefeldioxid und die Stickstoffoxide auch im Elsaß hauptsächlich von den Heizölfeuerungen freigesetzt, doch ist deren Anteil deutlich niedriger als im Oberrheinteil BW und in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft. Als wichtigster Emittent der Quellengruppe HUK tritt im Elsaß die Holzfeuerung auf. Diese ist, außer beim Schwefeldioxid und bei den Stickstoffoxiden, bei allen anderen aufgeführten Schadstoffen und Schadstoffgruppen zu 88 % bis über 98 % der HUK-Emissionen verantwortlich.

Tabelle 4.2-10 zeigt die Emissionsverhältnisse der Quellengruppe Haushalte und Kleinverbraucher für das Oberrheinteil von **Rheinland-Pfalz** (Oberrheinteil RP).

atmosphärisches Kohlenmonoxid, Staub, Benzol und Benzo(a)pyren.

Le tableau 4.2-9 présente la contribution des différentes sources d'énergie aux émissions de polluants de la catégorie logements et petites installations de combustion pour **l'Alsace**.

La contribution du fuel domestique aux sources d'énergie mixtes dans cette catégorie de sources de 37 % est nettement moins élevée en Alsace que dans les autres régions du Rhin Supérieur. En même temps, les combustibles solides sont de plus en plus utilisés en Alsace comme sources d'énergie (au total plus de 9 %). Cette situation se retrouve également dans les émissions de la catégorie de sources PIC. En Alsace, le dioxyde de soufre et les oxydes d'azote sont certes émis principalement par les chauffages à fuel, leur pourcentage est toutefois nettement moins élevé que dans la zone rhénane BW et dans les cantons Bâle ville et Bâle campagne. En Alsace, le plus gros émetteur de la catégorie de sources PIC est le chauffage à bois. Il provoque pour tous les polluants et catégories de polluants mentionnés, excepté pour le dioxyde de soufre et pour les oxydes d'azote, de 88 % à plus de 98 % des émissions PIC.

Le tableau 4.2-10 présente les émissions de la catégorie de sources logements et petites installations de combustion pour la zone rhénane **Rhénanie-Palatinat** (zone Rhin

Tabelle 4.2-9: Emissionen der Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher (HUK) für das **Elsaß** im Jahre 1997.

	SO ₂	NO _x	CO	NMVOG	Gesamtstaub	Benzol	BaP
Gesamt in t/a	4110	3784	63536	6245	1939	60	1,23
Erdgas	0,3 %	29,5 %	1,0 %	0,6 %	0,1 %	0,0 %	0,0 %
Holz	0,2 %	12,3 %	88,2 %	89,7 %	96,3 %	89,9 %	98,0 %
Kohle	8,0 %	0,9 %	8,9 %	3,3 %	0,3 %	9,6 %	0,1 %
Heizöl	91,4 %	57,3 %	1,9 %	6,4 %	3,4 %	0,5 %	1,8 %

Tableau 4.2-9 : Emissions des logements et petites installations de combustion (PIC) pour **l'Alsace** en 1997.

	SO ₂	NO _x	CO	COVNM	Poussières	Benzène	BaP
Total en t/a	4110	3784	63536	6245	1939	60	1,23
Gaz naturel	0,3 %	29,5 %	1,0 %	0,6 %	0,1 %	0,0 %	0,0 %
Bois	0,2 %	12,3 %	88,2 %	89,7 %	96,3 %	89,9 %	98,0 %
Charbon	8,0 %	0,9 %	8,9 %	3,3 %	0,3 %	9,6 %	0,1 %
Fuel	91,4 %	57,3 %	1,9 %	6,4 %	3,4 %	0,5 %	1,8 %

Tabelle 4.2-10: Emissionen der Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher (HUK) für den Oberrheinteil **Rheinland-Pfalz** im Jahre 1997.

	SO ₂	NO _x	CO	NMVOC	Gesamtstaub	Benzol	BaP
Gesamt in t/a	1035	1533	6132	1527	274	10	0,14
Erdgas	1,0 %	56,5 %	8,4 %	1,6 %	0,2 %	0,1 %	0,0 %
Holz	0,6 %	4,5 %	51,5 %	84,0 %	72,0 %	57,6 %	91,5 %
Kohle	9,5 %	3,7 %	34,8 %	7,5 %	21,9 %	41,6 %	8,3 %
Heizöl	88,9 %	35,3 %	5,3 %	6,9 %	5,9 %	0,8 %	0,2 %

Tableau 4.2-10 : Emissions des logements et petites installations de combustion pour la partie de territoire de **Rhénanie-Palatinat** (zone rhénane RP) en 1997.

	SO ₂	NO _x	CO	COVNM	Poussières	Benzène	BaP
Total en t/a	1035	1533	6132	1527	274	10	0,14
Gaz naturel	1,0 %	56,5 %	8,4 %	1,6 %	0,2 %	0,1 %	0,0 %
Bois	0,6 %	4,5 %	51,5 %	84,0 %	72,0 %	57,6 %	91,5 %
Charbon	9,5 %	3,7 %	34,8 %	7,5 %	21,9 %	41,6 %	8,3 %
Fuel	88,9 %	35,3 %	5,3 %	6,9 %	5,9 %	0,8 %	0,2 %

Der wichtigste Energieträger im Oberrheinteil von Rheinland-Pfalz ist das Erdgas mit einem Anteil von 58 % am Energieträgermix der Quellengruppe Haushalte und Kleinverbraucher. Auf den nächsten Plätzen folgen Heizöl mit einem vergleichsweise geringen Anteil von 30 % sowie die Festbrennstoffe Holz und Kohle mit zusammen knapp 5 %. Die Schwefeldioxid-Emissionen werden zu ca. 89 % vom Schwefelgehalt des Heizöles verursacht. Dieser Energieträger tritt dann nur noch bei den Stickstoffoxiden in größeren Anteilen in Erscheinung (35 %). Den größten Anteil an den NO_x-Emissionen der Quellengruppe HUK hat der Energieträger Erdgas mit 56 %. Die Freisetzung der anderen Schadstoffe und Schadstoffgruppen wird im Wesentlichen durch den Einsatz der Festbrennstoffe bestimmt, wobei Holz ähnlich wie im Oberrheinteil BW einen etwas höheren Anteil an den Gesamtemissionen aufweist.

Die Tabelle 4.2-11 zeigt die Emissionsverhältnisse in der Quellengruppe Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher für das gesamte **Projektgebiet**.

Im Falle der Schadstoffe Schwefeldioxid und Stickstoffoxide zeigt sich, dass der Energieträger Heizöl auch im gesamten Projektgebiet als wichtigste Quelle fungiert. Erdgas ist trotz seines Anteils am Energieträgermix von 35 % nur bei den NO_x-Emissionen zu einem höheren Anteil beteiligt. Die größten Emissionsquellen im Projektgebiet stellen bei den Haushalten und Kleinverbrauchern die

Supérieur RP).

La principale source d'énergie de la zone rhénane de Rhénanie-Palatinat est le gaz naturel à raison d'une contribution de 58 % aux sources d'énergie mixtes de la catégorie de sources logements et petites installations de combustion. Puis viennent le fuel domestique avec un pourcentage de 30 % qui est inférieur en comparaison, ainsi que les combustibles solides tels que le bois et le charbon avec au total 5 %. Les émissions de dioxyde de soufre sont provoquées à environ 89 % par la teneur du fuel domestique en soufre. Cette source d'énergie ne se manifeste en plus grandes concentrations que pour les oxydes d'azote (35 %). La majeure partie des émissions NO_x de la catégorie de sources PIC est émise par le gaz naturel à raison de 56 %. La génération des autres polluants et catégories de polluants est déterminée principalement par la consommation de combustibles solides, le charbon, tout comme dans la zone rhénane de Bade-Wurtemberg, contribuant davantage aux émissions totales.

Le tableau 4.2-11 présente les émissions dans la catégorie logements et petites installations de combustion pour l'ensemble de la **zone d'étude**.

Dans le cas des polluants dioxyde de soufre et oxydes d'azote, il s'avère que la source d'énergie fuel domestique est la source la plus importante dans l'ensemble de la zone d'étude. Malgré sa contribution aux sources d'énergie mixtes de 35 %, le pourcentage du gaz naturel ne représente un pourcentage plus important que pour les émissions NO_x. Dans les catégories de sources loge-

Tabelle 4.2-11: Emissionen der Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher (HUK) im **Projektgebiet Oberrhein** für das Jahr 1997.

	SO ₂	NO _x	CO	NMVOC	Gesamtstaub	Benzol	BaP
Gesamt in t/a	10523	10801	80352	10112	2650	86	1,62
Erdgas	0,5 %	37,9 %	3,2 %	1,3 %	0,2 %	0,0 %	0,0 %
Holz	0,3 %	6,3 %	80,4 %	83,6 %	88,1 %	82,2 %	96,7 %
Kohle	5,2 %	1,4 %	12,3 %	4,3 %	5,6 %	16,8 %	1,8 %
Heizöl	94,0 %	54,4 %	4,1 %	10,8 %	6,2 %	0,9 %	1,5 %

Tableau 4.2-11 : Emissions des logements et petites installations de combustion (PIC) dans la **zone d'étude** pour l'année 1997.

	SO ₂	NO _x	CO	COVNM	Poussières	Benzène	BaP
Total en t/a	10523	10801	80352	10112	2650	86	1,62
Gaz naturel	0,5 %	37,9 %	3,2 %	1,3 %	0,2 %	0,0 %	0,0 %
Bois	0,3 %	6,3 %	80,4 %	83,6 %	88,1 %	82,2 %	96,7 %
Charbon	5,2 %	1,4 %	12,3 %	4,3 %	5,6 %	16,8 %	1,8 %
Fuel	94,0 %	54,4 %	4,1 %	10,8 %	6,2 %	0,9 %	1,5 %

Holzfeuerungen dar. Trotz ihres geringen Anteils am Energieträgermix von etwa 4 % setzen sie abhängig vom Schadstoff etwa 80 % bis über 95 % der Emissionen frei.

4.2.3 Verkehr

Die Quellengruppe Verkehr umfasst die Emissionen des gesamten Straßenverkehrs im Projektgebiet sowie die Emissionen des sonstigen Verkehrs (Binnenschifffahrt, Schienenverkehr und Luftverkehr im bodennahen Bereich < 1000 m). Darüber hinaus werden auch Emissionen der flüchtigen organischen Verbindungen aus dem Scheibenwaschwasser, aus Enteisungs- und aus Antibeschlagmitteln der Kraftfahrzeuge berücksichtigt. Das Bezugsjahr für die Verkehrserhebungen ist das Jahr 1998.

Die Emissionsangaben für den Straßenverkehr erfolgen als Jahressummenwerte jeder der in Tabelle 3.1-1 aufgeführten Luftschadstoff-Komponenten für jede Hauptverkehrsstrasse sowie summarisch auf Stadt- und Gemeindeebene und auf einem 1km x 1km -Raster. Die Emissionen der sonstigen Verkehrsträger wurden als Jahressumme für die Komponenten SO₂, CO, NO_x, NMVOC und Staub kleinräumig sowie als 1 km x 1 km Raster erhoben.

Zur Berechnung der Emissionen des Straßenverkehrs wurden zunächst die fahrzeugspezifischen Fahrleistungen der Kraftfahrzeuge auf den Straßen der einzelnen Gebietsteile bestimmt.

ments et petites installations de combustion, les plus grandes sources d'émissions de la zone d'étude sont les chauffages à bois qui, malgré leur contribution minimale aux sources d'énergie mixtes d'environ 4 %, dégagent de 80 % à plus de 95 % des émissions, selon le polluant.

4.2.3 Trafic routier

Le secteur „transport“ rassemble les émissions de tout le trafic routier de la zone d'étude ainsi que les émissions des autres trafics (navigation fluviale, trafic ferroviaire et trafic aérien à une altitude < 1000 m).

Les émissions des composés organiques volatils issus des lave-glaces, des produits de dégivrage et anti-buée de véhicules ont été prises en compte. L'année considérée pour les enquêtes sur la circulation est l'année 1998.

Les émissions relatives au trafic routier représentent la valeur totale annuelle de chacun des polluants mentionnés au tableau 3.1-1. Elles ont été affectées au réseau principal et sur un maillage au km² à l'échelle de la ville/commune.

Les émissions du trafic secondaire ont été calculées annuellement pour le SO₂, CO, NO_x, COVNM et les poussières à l'échelle de 1 km x 1km.

Pour le calcul des émissions dues au trafic routier, on a tout d'abord déterminé les kilométrages spécifiques des véhicules sur les routes des différentes zones du territoire.

Die Tabellen 4.2-12 bis 4.2-16 zeigen die Jahresfahrleistungen der verschiedenen Fahrzeugarten auf den Straßenklassen der Teilgebiete im Projektgebiet Oberrhein für das Jahr 1998.

In Abbildung 4.2-5 ist der Anteil der Fahrzeugarten an den Jahresfahrleistungen im gesamten Projektgebiet dargestellt. Die Verteilung der Fahrleistungen auf die unterschiedlichen Fahrzeugarten weist dabei auch innerhalb der einzelnen Teilgebiete ähnliche Anteile wie im gesamten Projektgebiet auf. Dies weist auf eine relativ homogene Fahrzeugmischung in Bezug auf die erbrachten Jahresfahrleistungen im gesamten Projektgebiet hin.

Betrachtet man die Verhältnisse im gesamten Projektgebiet Oberrhein 1998, so zeigt sich, dass der Anteil der Pkw inkl. INfz an der Jahresfahrleistung in jedem Teilgebiet etwa 90 % ausmacht. Der Anteil der schweren Nutzfahrzeuge an der Fahrleistung beträgt in allen Teilgebieten ca. 8 %, während die Krafträder in Bezug auf die erbrachte Fahrleistung nur eine untergeordnete Rolle spielen. Die Anteile der einzelnen Fahrzeugarten an der Jahresfahrleistung ist also in allen Teilgebieten annähernd gleich groß.

Les tableaux 4.2-12 à 4.2-16 indiquent les kilométrages annuels parcourus par les différents véhicules sur les catégories de routes des régions de la zone d'étude du Rhin Supérieur pour l'année 1998.

La figure 4.2-5 indique le pourcentage des types de véhicules par rapport au kilométrage annuel dans l'ensemble de la zone d'étude. Au sein des différentes régions, la répartition des kilométrages sur les différents types de véhicules présente également des pourcentages identiques à ceux de l'ensemble de la zone d'étude. Cela indique un mélange relativement homogène des véhicules quant aux kilométrages annuels dans l'ensemble de la zone d'étude.

La distribution par catégories de véhicules du kilométrage annuel est similaire pour chacun des territoires. La contribution des véhicules y compris des poids lourds au kilométrage annuel dans chaque territoire est de l'ordre de 90 %. Les poids lourds représentent environ 8 % du kilométrage et les deux-roues ne jouent qu'un rôle secondaire. La part des différents types de véhicules dans le kilométrage annuel est sensiblement comparable.

Tabelle 4.2-12: Jahresfahrleistungen im Oberrheinteil **Baden-Württemberg** 1998 in Mio Fz-km/a.

Straßenklasse	Pkw	INfz	sNfz	Krad	Kfz gesamt
Autobahn (AB)	7 095	234	1 254	81	8 664
Außerorts ohne AB	10 178	268	651	298	11 395
Innerorts	6 902	154	290	181	7 527
Gesamt	24 175	656	2195	560	27 586

Tabelle 4.2-13: Jahresfahrleistungen in den Kantonen **Basel-Stadt und Basel-Landschaft** 1998 in Mio Fz-km/a.

Straßenklasse	Pkw	INfz	sNfz	Krad	Kfz gesamt
Autobahn (AB)	784	36	105	8	933
Außerorts ohne AB	351	19	27	11	408
Innerorts	933	39	67	58	1 097
Gesamt	2 068	94	199	77	2 438

Tabelle 4.2-14: Jahresfahrleistungen im **Elsaß** 1998 in Mio Fz-km/a.

Straßenklasse	Pkw	INfz	sNfz	Krad	Kfz gesamt
Autobahn (AB)	2 452	392	459	40	3 343
Außerorts ohne AB	6 792	871	550	101	8 315
Innerorts	1 484	163	64	21	1 732
Gesamt	10 728	1 426	1 074	162	13 390

Tabelle 4.2-15: Jahresfahrleistungen im Oberrheintal **Rheinland-Pfalz** 1998 in Mio Fz-km/a.

Straßenklasse	Pkw	INfz	sNfz	Krad	Kfz gesamt
Autobahn (AB)	1 753	66	313	23	2 155
Außerorts ohne AB	2 704	77	201	60	3 042
Innerorts	1 976	48	71	50	2 145
Gesamt	6 433	191	585	133	7 342

Tabelle 4.2-16: Jahresfahrleistungen im **Projektgebiet** 1998 in Mio Fz-km/a.

Straßenklasse	Pkw	INfz	sNfz	Krad	Kfz gesamt
Autobahn (AB)	12 084	728	2 131	152	15 095
Außerorts ohne AB	20 025	1 235	1 429	470	23 160
Innerorts	11 295	403	492	310	12 500
Gesamt	43 404	2 367	4 053	932	50 756

Tableau 4.2-12 : Kilométrages annuels dans la partie de territoire de **Bade-Wurtemberg** en 1998 en millions de km-véhicules/a.

Type de voirie	Véhicules particuliers	Utilitaires légers	Poids lourds	Motos	Total véhicules
Autoroutes	7 095	234	1 254	81	8 664
Routes interurbaines	10 178	268	651	298	11 395
Routes urbaines	6 902	154	290	181	7 527
Total	24 175	656	2 195	560	27 586

Tableau 4.2-13 : Kilométrages annuels dans la partie de territoire de **Bâle ville/Bâle campagne** en 1998 en millions de km-véhicules/a.

Type de voirie	Véhicules particuliers	Utilitaires légers	Poids lourds	Motos	Total véhicules
Autoroutes	784	36	105	8	933
Routes interurbaines	351	19	27	11	408
Routes urbaines	933	39	67	58	1 097
Total	2 068	94	199	77	2 438

Tableau 4.2-14 : Kilométrages annuels dans l'**Alsace** en 1998 en millions de km-véhicules/a.

Type de voirie	Véhicules particuliers	Utilitaires légers	Poids lourds	Motos	Total véhicules
Autoroutes	2 452	392	459	40	3 343
Routes interurbaines	6 792	871	550	101	8 315
Routes urbaines	1 484	163	64	21	1 732
Total	10 728	1 426	1 074	162	13 390

Tableau 4.2-15 : Kilométrages annuels dans la partie de territoire de **Rhénanie-Palatinat** en 1998 en millions de km-véhicules/a.

Type de voirie	Véhicules particuliers	Utilitaires légers	Poids lourds	Motos	Total véhicules
Autoroutes	1 753	66	313	23	2 155
Routes interurbaines	2 704	77	201	60	3 042
Routes urbaines	1 976	48	71	50	2 145
Total	6 433	191	585	133	7 342

Tableau 4.2-16 : Kilométrages annuels dans le **Rhin supérieure** en 1998 en millions de km-véhicules/a.

Type de voirie	Véhicules particuliers	Utilitaires légers	Poids lourds	Motos	Total véhicules
Autoroutes	12 084	728	2 131	152	15 095
Routes interurbaines	20 025	1 235	1 429	470	23 160
Routes urbaines	11 295	403	492	310	12 500
Total	43 404	2 367	4 053	932	50 756

Der Anteil der Autobahnen an den Jahresfahrleistungen ist im Vergleich zum Anteil dieser Straßenklasse an der Streckenlänge (Autobahnanteil an der Linienquellenlänge nur 5 bis 7 %) relativ hoch, was auf die Bedeutung des Autobahnnetzes im Projektgebiet Oberrhein als Transitstrecke für den Fernverkehr hindeutet. Auch der hohe Prozentsatz der Fahrleistungen der schweren Nutzfahrzeuge auf dem Autobahnnetz spiegelt diese Verhältnisse wider.

In Abbildung 4.2-6 sind die Anteile der Teilgebiete an den Jahresfahrleistungen für alle Kraftfahrzeuge dargestellt. Die prozentuale Verteilung der Kfz-Fahrleistungen in den Teilgebieten des Projektgebietes entspricht dabei in etwa den Einwohnerverhältnissen.

Die Berechnung der Emissionen des Straßenverkehrs für die einzelnen Gebietsteile erfolgt über die Fahrleistung der einzelnen Fahrzeuge in Abhängigkeit von der Verkehrsmischung und über fahrleistungsgewichtete, regionspezifische Emissionsfaktoren. Die Emissionen des Sonstigen Verkehrs wurden weitestgehend auf der Basis von Endenergieverbräuchen und energieverbrauchsbezogenen Emissionsfaktoren ermittelt. Eine detaillierte Beschreibung der Erfassungsmethodik für die Quellengruppe Verkehr ist im Anhang A1.3 zu finden.

Die folgenden Tabellen weisen für jedes Teilgebiet am Oberrhein die Jahresemissionen ausgewählter Schadstoffe für den gesamten Verkehr im Jahr 1998 aus. Die Anteile

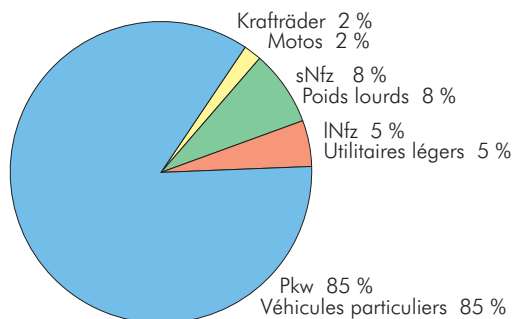


Abbildung 4.2-5: Anteile der Fahrzeugarten an den Jahresfahrleistungen im Projektgebiet.

Figure 4.2-5 : Contribution des types de véhicules aux kilométrages annuels dans la zone d'étude.

La contribution des autoroutes aux kilométrages annuels est relativement élevée en comparaison de leur part dans les axes de circulation de la zone d'étude (5-7 % de la longueur des sources linéaires). Le fossé du Rhin Supérieur s'affirme comme un axe de transit pour le trafic à longues distances. Le kilométrage élevé dû aux poids lourds sur le réseau autoroutier confirme cette situation.

La figure 4.2-6 présente la contribution des différentes régions aux kilométrages annuels en pourcentage pour tous les véhicules. La répartition en pourcentage des kilométrages de véhicules dans les différents territoires de la zone d'étude correspond à peu près au rapport de population.

Le calcul des émissions du trafic routier pour les différents territoires est effectué sur la base du kilométrage des différents véhicules qui est fonction de la combinaison des facteurs d'émission spécifiques aux différentes régions et évalués par kilomètre. Les émissions du trafic divers ont été déterminées pour la plus grande partie sur la base des consommations d'énergie et des facteurs d'émission qui sont en rapport avec la consommation d'énergie. Une description détaillée de la méthode d'évaluation pour le secteur „transport“ est faite dans l'annexe A1.3.

Les tableaux ci-dessous présentent pour chaque région du Rhin Supérieur les émissions annuelles des polluants recensés pour l'ensemble du trafic routier pendant l'an-

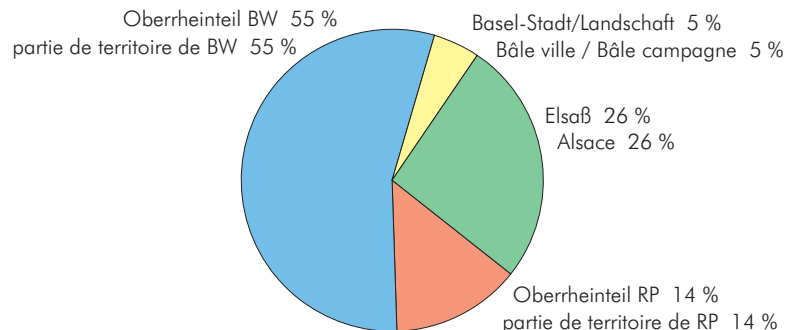


Abbildung 4.2-6: Anteile der Teilgebiete an den Jahresfahrleistungen aller Kfz.

Figure 4.2-6 : Contribution des différents territoires aux kilométrages annuels de tous les véhicules.

der verschiedenen Fahrzeugarten wie Personenkraftwagen (Pkw), leichte Nutzfahrzeuge (INfz), schwere Nutzfahrzeuge (sNfz) und Krafträder (Krad) sind ebenso angegeben wie die Anteile des sonstigen Verkehrs (Schienenverkehr, Schiffsverkehr sowie Flugverkehr bis zu einer Höhe von 1000 m über Grund). Die Angaben zu den Emissionen der sonstigen Verkehrsträger beschränkt sich dabei auf die Luftschadstoffe Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid, Stickstoffoxide, Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe und Gesamtstaub.

Die Tabelle 4.2-17 zeigt die Jahresemissionen des Verkehrs, differenziert nach den einzelnen Verkehrsträgern für den Oberrheintal von **Baden-Württemberg** an. Bei der Betrachtung der Emissionen der Quellengruppe Verkehr im Oberrheintal Baden-Württemberg zeigt sich bei allen Schadstoffen eine deutliche Dominanz des Straßenverkehrs. Der Anteil des Straßenverkehrs an den Gesamtemissionen der Quellengruppe Verkehr reicht von 87 % bei den Stickstoffoxiden bis zu 99 % beim Kohlenmonoxid. Nur der Schiffsverkehr auf dem Rhein und dem Neckar weist mit Emissionsanteilen beim Schwefeldioxid

née 1998. Les contributions des différentes catégories de véhicules, véhicules particuliers, utilitaires légers, utilitaires lourds et motos, y sont indiquées, de même que la contribution des trafics divers (ferroviaire, fluvial et aérien jusqu'à une altitude de 1000 m). Les données concernant les émissions des trafics divers se limitent aux polluants atmosphériques dioxyde de soufre, monoxyde de carbone, oxydes d'azote, hydrocarbures non méthaniques et poussières totales.

Le tableau 4.2-17 indique les émissions annuelles du trafic routier par trafic divers pour la zone rhénane de **Bade-Wurtemberg**.

La considération des émissions de la catégorie de source trafic dans la zone rhénane de Bade-Wurtemberg fait ressortir la nette dominance du trafic routier pour tous les polluants. La contribution du trafic routier à l'ensemble des émissions du trafic routier va de 87 % pour les oxydes d'azote à 99 % pour le monoxyde de carbone. Seul, le transport fluvial sur le Rhin et le Neckar présente des valeurs plus élevées avec des niveaux d'émissions d'envi-

Tabelle 4.2-17: Emissionen des Verkehrs nach Verkehrsträgern für den Oberrheintal **Baden-Württemberg** 1998.

	SO ₂	NO _x	CO	NMVO ¹⁾	Gesamtstaub	Benzol	BaP
Gesamt in t/a	1468	41493	137054	19508	1512	846	0,078
Pkw	49,0 %	44,8 %	85,2 %	72,6 %	29,9 %	82,6 %	29,0 %
INfz	3,7 %	1,7 %	2,0 %	1,3 %	6,0 %	1,1 %	2,3 %
Kräder	0,4 %	0,3 %	8,0 %	11,2 %	0,0 %	10,9 %	3,2 %
sNfz	37,8 %	39,9 %	3,8 %	11,9 %	52,1 %	5,4 %	65,5 %
Luftverkehr	0,0 %	0,0 %	0,1 %	0,1 %	0,0 %		
Schienenverkehr	2,2 %	4,4 %	0,2 %	1,0 %	4,7 %		
Schiffsverkehr	6,7 %	8,9 %	0,6 %	1,9 %	7,3 %		

1) ohne Frostschutz und ohne Antibeslagmittel

Tableau 4.2-17 : Emissions du trafic routier par trafic divers pour la zone rhénane de **Bade-Wurtemberg** en 1998.

	SO ₂	NO _x	CO	COVNM ¹⁾	Poussières	Benzène	BaP
Total en t/a	1468	41493	137054	19508	1512	846	0,078
Véhicules particuliers	49,0 %	44,8 %	85,2 %	72,6 %	29,9 %	82,6 %	29,0 %
Utilitaires légers	3,7 %	1,7 %	2,0 %	1,3 %	6,0 %	1,1 %	2,3 %
Motos	0,4 %	0,3 %	8,0 %	11,2 %	0,0 %	10,9 %	3,2 %
Poids lourds	37,8 %	39,9 %	3,8 %	11,9 %	52,1 %	5,4 %	65,5 %
Trafic aérien	0,0 %	0,0 %	0,1 %	0,1 %	0,0 %		
Trafic ferroviaire	2,2 %	4,4 %	0,2 %	1,0 %	4,7 %		
Trafic fluvial	6,7 %	8,9 %	0,6 %	1,9 %	7,3 %		

1) sans dégivrage et antigel

von etwa 7 %, bei den Stickstoffoxiden von fast 9 % und bei den Gesamtstaubemissionen von rund 7 % höhere Werte auf. Die anderen Verkehrsträger Schienenverkehr und Luftverkehr spielen bei der Emissionsbetrachtung für den Oberrheinteil Baden-Württemberg keine Rolle. Innerhalb des Straßenverkehrs ragt die Emission von Kohlenmonoxid aufgrund der freigesetzten Menge von annähernd 140 000 t/a deutlich heraus, welche zu etwa 85 % von der Fahrzeuggruppe Pkw verursacht wird. Die schweren Nutzfahrzeuge sNfz sind an den Emissionen von Stickstoffoxiden, Schwefeldioxid, Gesamtstaub sowie Benzo(a)pyren verglichen mit ihrem Fahrleistungsanteil überproportional hoch beteiligt. Der Anteil der sNfz an den Stickstoffoxid-Emissionen des Verkehrs beträgt beispielsweise 40 % bei einem Fahrleistungsanteil dieser Fahrzeuggruppe von nur 8 % (Tabelle 4.2-12). Beim Schwefeldioxid erreicht diese Fahrzeuggruppe einen Anteil von 38 %, bei den Stäuben über 52 % und beim Benzo(a)pyren sogar über 65 %.

Die Verdunstungsemissionen des Straßenverkehrs (Emissionen durch Heiß/Warmabstellen und Tankatmung) bei Fahrzeugen mit Otto-Motoren haben mit insgesamt etwa 26 % einen erheblichen Anteil an den gesamten NMVOC-Emissionen des Straßenverkehrs im Oberrheinteil Baden-Württemberg. Der Anteil der Benzol-Emissionen an den NMVOC-Freisetzung liegt beim Straßenverkehr mit 846 t/a bei etwa 4 %.

Die NMVOC-Emissionen, die durch den Einsatz von Frostschutzmitteln in Scheibenwischenanlagen und Defrostern bzw. Antibeschlagmitteln entstehen, belaufen sich für den Oberrheinteil Baden-Württemberg auf insgesamt 2 385 t/a. Diese Emissionen sind nicht in den NMVOC-Gesamtsummen der Tabellen enthalten.

Die Tabelle 4.2-18 zeigt die Jahresemissionen des Verkehrs, differenziert nach den einzelnen Verkehrsträgern für die Kantone **Basel-Stadt** und **Basel-Landschaft**.

In den beiden schweizer Kantonen dominiert der Straßenverkehr die Emissionen der Quellengruppe Verkehr noch deutlicher als im Oberrheinteil Baden-Württemberg. Bei den anorganischen Gasen SO₂, NO_x und CO, bei den NMVOC und beim Gesamtstaub bewegen sich die Anteile des Straßenverkehrs an den Gesamtemissionen dieser

von etwa 7 % für das Schwefeldioxid, von fast 9 % für die Stickstoffoxide und von etwa 7 % für den Gesamtstaub. Die anderen Verkehrsträger Schienenverkehr und Luftverkehr spielen bei der Emissionsbetrachtung für die Zone Oberrhein keine Rolle. Innerhalb des Straßenverkehrs ragt die Emission von Kohlenmonoxid aufgrund der freigesetzten Menge von annähernd 140 000 t/a deutlich heraus, welche zu etwa 85 % von der Fahrzeuggruppe Pkw verursacht wird. Die schweren Nutzfahrzeuge sNfz sind an den Emissionen von Stickstoffoxiden, Schwefeldioxid, Gesamtstaub sowie Benzo(a)pyren verglichen mit ihrem Fahrleistungsanteil überproportional hoch beteiligt. Der Anteil der sNfz an den Stickstoffoxid-Emissionen des Verkehrs beträgt beispielsweise 40 % bei einem Fahrleistungsanteil dieser Fahrzeuggruppe von nur 8 % (Tabelle 4.2-12). Beim Schwefeldioxid erreicht diese Fahrzeuggruppe einen Anteil von 38 %, bei den Stäuben über 52 % und beim Benzo(a)pyren sogar über 65 %.

ron 7 % pour le dioxyde de soufre, de presque 9 % pour les oxydes d'azote et d'environ 7 % pour les émissions de poussières totales. Les trafics divers ferroviaire et aérien ne jouent aucun rôle dans la considération des émissions pour la zone rhénane de Bade-Wurtemberg. Au sein du trafic routier, les émissions de monoxyde de carbone dominant nettement avec une quantité d'à peu près 140 000 t/a qui provient à 85 % de la catégorie des véhicules particuliers. Comparés à leurs distances parcourues, les utilitaires lourds contribuent fortement aux émissions d'oxydes d'azote, de dioxyde de soufre, de poussières totales et de benzo(a)pyrène. La contribution des utilitaires lourds aux émissions d'oxydes d'azote du trafic routier est par exemple de 40 % alors que le taux de kilométrage parcouru par cette catégorie de véhicules est de seulement 8 % (tableau 4.2-12). Pour le dioxyde de soufre, cette catégorie de véhicules atteint 38 %, pour les poussières plus de 52 % et pour le benzo(a)pyrène même plus de 65 %.

Les émissions du trafic routier (pertes par évaporation lors d'arrêt à moteur tiède et chaud et par respiration du réservoir) pour les véhicules à essence qui sont de l'ordre d'environ 26 % représentent une contribution considérable aux émissions de COVNM du trafic routier dans la zone rhénane de Bade-Wurtemberg. La contribution des émissions de benzène aux rejets de COVNM est de l'ordre de 4 % pour le trafic routier avec 846 t/a.

Les émissions de COVNM qui résultent de l'utilisation de produits anti-gel dans les installations de lave-glace et les dégivreurs et produits anti-buée, s'élèvent pour la zone rhénane de Bade-Wurtemberg à 2 385 t/a au total. Ces émissions ne sont pas incluses dans les valeurs totales de COVNM indiquées dans les tableaux.

Le tableau 4.2-18 montre les émissions annuelles du trafic routier par trafic divers pour les cantons **Bâle ville** et **Bâle campagne**.

Dans les deux cantons suisses, le trafic routier domine les émissions de la catégorie de sources mobiles encore plus nettement que dans la zone rhénane de Bade-Wurtemberg. Pour les gaz inorganiques SO₂, NO_x et CO, pour les COVNM et les poussières totales, le pourcentage du trafic routier au niveau total d'émissions de cette catégo-

Tabelle 4.2-18: Emissionen des Verkehrs nach Verkehrsträgern in den beiden Kantonen **Basel-Stadt** und **Basel-Landschaft** 1998.

	SO ₂	NO _x	CO	NMVOC ¹⁾	Gesamtstaub	Benzol	BaP
Gesamt in t/a	97	3558	11538	1705	134	79	0,006
Pkw	37,3 %	40,6 %	83,2 %	70,3 %	10,1 %	77,6 %	22,6 %
INfz	4,8 %	3,4 %	6,2 %	4,2 %	5,9 %	4,0 %	3,4 %
Kräder	0,3 %	0,3 %	6,0 %	9,9 %	0,0 %	12,2 %	4,1 %
sNfz	55,0 %	51,9 %	4,3 %	14,8 %	75,2 %	6,3 %	69,9 %
Luftverkehr	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %		
Schienerverkehr	1,8 %	2,7 %	0,2 %	0,5 %	6,2 %		
Schiffsverkehr	0,8 %	1,1 %	0,1 %	0,2 %	2,7 %		

1) ohne Frostschutz und ohne Antibeschlagmittel

Tableau 4.2-18 : Emissions du trafic routier par trafic divers dans les deux cantons **Bâle ville** et **Bâle campagne** en 1998.

	SO ₂	NO _x	CO	COVNM ¹⁾	Poussières	Benzène	BaP
Total en t/a	97	3558	11538	1705	134	79	0,006
Véhicules particuliers	37,3 %	40,6 %	83,2 %	70,3 %	10,1 %	77,6 %	22,6 %
Utilitaires légers	4,8 %	3,4 %	6,2 %	4,2 %	5,9 %	4,0 %	3,4 %
Motos	0,3 %	0,3 %	6,0 %	9,9 %	0,0 %	12,2 %	4,1 %
Poids lourds	55,0 %	51,9 %	4,3 %	14,8 %	75,2 %	6,3 %	69,9 %
Trafic aérien	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %		
Trafic ferroviaire	1,8 %	2,7 %	0,2 %	0,5 %	6,2 %		
Trafic fluvial	0,8 %	1,1 %	0,1 %	0,2 %	2,7 %		

1) sans dégivrage et antigel

Quellengruppe bei über 91 %. Im Falle des Kohlenmonoxids werden sogar 99,7 % der CO-Emissionen durch den Straßenverkehr verursacht.

Betrachtet man die Beiträge der einzelnen Fahrzeuggruppen an den Gesamtemissionen in den beiden schweizer Kantonen so zeigt sich, dass die Anteile der schweren Nutzfahrzeuge an den Emissionen deutlich höher sind als im Oberrheintal Baden-Württemberg, obwohl der Fahrleistungsanteil dieser Fahrzeuggruppe mit 8,2 % einen ähnlich hohen Wert aufweist (Tabelle 4.2-13). Etwa 55 % der SO₂-Emissionen, 52 % der NO_x- und sogar 75 % der Gesamtstaubemissionen der Quellengruppe Verkehr wird durch die sNfz verursacht. Auch bei den Benzo(a)pyren-Emissionen hat diese Fahrzeuggruppe mit annähernd 70 % Anteil die Nase vorn. Lediglich beim Kohlenmonoxid, bei den NMVOC und beim Benzol haben die Pkw einen höheren Anteil an den Gesamtemissionen. Bei den organischen Komponenten NMVOC und Benzol werden die höheren Anteile der Pkw im schweizerischen Teilgebiet unter anderem durch die Verdunstungsemissionen verursacht, die in der Fahrzeuggruppe Pkw einen Anteil von etwa 25 % an den NMVOC-Emissionen ausmachen. Die Verdunstungsemissionen des gesamten Straßenverkehrs in den beiden schweizer Kantonen weisen mit etwa 322 t/a einen Anteil von 19 % an den NMVOC-Emissionen auf.

rie de sources est supérieur à 91 %. Dans le cas du monoxyde de carbone, le trafic routier provoque même 99,7 % des émissions de CO.

Si l'on considère les contributions des différentes catégories de véhicules aux émissions globales dans les deux cantons suisses, il s'avère que la contribution des utilitaires lourds aux émissions est nettement plus élevée que dans la zone rhénane de Bade-Wurtemberg bien que le pourcentage de kilomètres parcourus par cette catégorie de véhicules soit aussi élevé à raison de 8,2 % (tableau 4.2-13). Environ 55 % des émissions de SO₂, 52 % des émissions de NO_x et même 75 % des émissions de poussières totales de la catégorie de sources trafic routier sont provoquées par les utilitaires lourds. Dans les émissions de benzo(a)pyrène également, cette catégorie de véhicules est en tête avec un taux de presque 70 %. Il n'y a que pour le monoxyde de carbone, les COVNM et le benzène, que les véhicules particuliers présentent un pourcentage plus élevé aux émissions globales. Pour les composés organiques COVNM et benzène, les taux plus élevés des véhicules dans la zone suisse proviennent entre autres des émissions par évaporation qui constituent une contribution de la catégorie des véhicules particuliers aux émissions de COVNM d'environ 25 %. Les émissions par évaporation de l'ensemble du trafic routier dans les deux

Die NMVOC-Emissionen, die durch den Einsatz von Frostschutzmitteln in Scheibenwischenanlagen und Defrostern bzw. Antibeschlagmitteln entstehen, belaufen sich für die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft auf insgesamt 261 t/a.

Die Tabelle 4.2-19 zeigt die Jahresemissionen des Verkehrs, differenziert nach den einzelnen Verkehrsträgern für das **Elsaß**.

Im Elsaß zeigt der Straßenverkehr ähnlich wie in den anderen Teilgebieten des Oberrhein auch die höchsten Anteile an den Gesamtemissionen. Die sonstigen Verkehrsträger leisten nur einen kleinen Beitrag zu den Gesamtemissionen der Quellengruppe Verkehr. Auffallend bei den sonstigen Verkehrsträgern ist der im Vergleich zu den anderen Teilgebieten hohe Anteil des Luftverkehrs an den Luftschadstoff-Emissionen im Elsaß. In den anderen Teilgebieten ist der Anteil des Luftverkehrs an den Verkehrsemissionen dagegen vernachlässigbar. Der elsässische Schienenverkehr und der Schiffsverkehr auf den Wasserstraßen außerhalb des Rheins (die Binnenschifffahrt auf dem Rhein

cantons suisses sont d'environ 322 t/a et présentent une contribution de 19 % aux émissions de COVNM.

Les émissions de COVNM qui résultent de l'utilisation de produits anti-gel dans les installations d'essuie-glace et les dégivreurs et produits anti-buée s'élèvent au total à 261 t/a pour les cantons Bâle ville et Bâle campagne.

Le tableau 4.2-19 présente les émissions annuelles du trafic routier par trafic divers pour **l'Alsace**.

En Alsace tout comme dans les autres zones du Rhin Supérieur, le trafic routier constitue également la contribution la plus élevée aux émissions totales. Les trafics divers ne contribuent que faiblement aux émissions globales de la catégorie de sources trafic. Ce qui frappe néanmoins concernant les trafics divers, c'est l'apport élevé du trafic aérien aux émissions de polluants atmosphériques en Alsace, en comparaison avec les autres parties de la zone d'étude. Dans les autres territoires, la contribution du trafic aérien aux émissions liées au trafic est négligeable. Le pourcentage du trafic ferroviaire en Alsace et du trafic fluvial sur les voies d'eau autres que le Rhin aux émissions

Tabelle 4.2-19: Emissionen des Verkehrs nach Verkehrsträgern für das **Elsaß** 1998.

	SO ₂	NO _x	CO	NMVOC ¹⁾	Gesamtstaub	Benzol	BaP
Gesamt in t/a	1018	24824	83431	16705	1723	471	0,099
Pkw	48,5 %	48,4 %	85,9 %	81,2 %	41,9 %	81,6 %	66,6 %
INfz	13,1 %	6,0 %	5,8 %	4,7 %	21,7 %	4,1 %	9,8 %
Kräder	0,3 %	0,1 %	4,4 %	7,2 %	0,1 %	10,6 %	2,1 %
sNfz	34,2 %	42,7 %	2,5 %	5,2 %	33,6 %	3,6 %	21,5 %
Luftverkehr	3,1 %	1,2 %	1,1 %	1,0 %	1,7 %		
Schienenverkehr	0,7 %	1,5 %	0,1 %	0,4 %	0,9 %		
Schiffsverkehr	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,3 %	0,1 %		

1) ohne Frostschutz und ohne Antibeschlagmittel

Tableau 4.2-19 : Emissions du trafic routier par trafic divers en **Alsace** en 1998.

	SO ₂	NO _x	CO	COVNM ¹⁾	Poussières	Benzène	BaP
Total en t/a	1018	24824	83431	16705	1723	471	0,099
Véhicules particuliers	48,5 %	48,4 %	85,9 %	81,2 %	41,9 %	81,6 %	66,6 %
Utilitaires légers	13,1 %	6,0 %	5,8 %	4,7 %	21,7 %	4,1 %	9,8 %
Motos	0,3 %	0,1 %	4,4 %	7,2 %	0,1 %	10,6 %	2,1 %
Poids lourds	34,2 %	42,7 %	2,5 %	5,2 %	33,6 %	3,6 %	21,5 %
Trafic aérien	3,1 %	1,2 %	1,1 %	1,0 %	1,7 %		
Trafic ferroviaire	0,7 %	1,5 %	0,1 %	0,4 %	0,9 %		
Trafic fluvial	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,3 %	0,1 %		

1) sans dégivrage et antigel

im elsässischen Bereich wurde dem Oberrheinteil Baden-Württemberg zugeschlagen) tragen nur zu einem geringen Teil zu den Emissionen dieser Quellengruppe bei.

Betrachtet man sich die Verteilung der Emissionen innerhalb des Straßenverkehrs, so weisen auch die Pkw im Elsaß bei allen Schadstoffen die höchsten Anteile auf. Die Fahrleistungsanteile der Pkw sind im Elsaß mit ca. 80 % jedoch deutlich niedriger als in den anderen Gebieten, wo diese Fahrzeuggruppe zwischen 85 % und 90 % der Fahrleistungen erbringen (Tabelle 4.2-14). Der Dieselan- teil in der Fahrzeuggruppe Pkw ist im Elsaß mit etwa 27 % (statischer Bestand) im Vergleich zu den anderen Teilge- bieten deutlich erhöht. Dieser Sachverhalt bewirkt in Ver- bindung mit dem kleineren Anteil von Pkw mit geregelterm Katalysator im französischen Teilgebiet (Tabelle 2.3-3) den ähnlich hohen Anteil dieser Fahrzeuge an den Ver- kehrsemissionen. In den Oberrheinteilen Baden-Württem- berg und Rheinland-Pfalz haben Diesel-Pkw nur etwa 15 % Anteil, in den beiden schweizer Kantonen sogar nur etwa 4 % Anteil am statischen Fahrzeugbestand.

Die leichten Nutzfahrzeuge weisen im Elsaß mit einem Anteil von 11 % einen relativ hohen Beitrag zu den Fahr- leistungen des Straßenverkehrs auf. In den anderen Oberrheinteilen hat diese Fahrzeuggruppe Anteile von weniger als 4 %. Emissionsseitig zeigen die elsässischen INfz vor allem beim Schwefeldioxid und beim Gesamt- staub höhere Anteile an den Straßenverkehrsemissionen. Dies ist unter anderem bedingt durch den hohen Anteil der Dieselfahrzeuge in dieser Gruppe, der im Elsaß etwa 90 % des dynamischen Bestandes ausmacht.

Der Beitrag der schweren Nutzfahrzeuge zu den Schwe- feldioxidemissionen beträgt 34 %, der Anteil an den Stick- stoffoxid-Emissionen 43 %. Verglichen mit dem Fahrlei- stungsanteil der sNfz von nur 8 % ist diese Fahrzeuggruppe also überproportional an den Emissionen beteiligt. Im Falle des Gesamtstaubes und beim Benzo(a)pyren verursacht die Fahrzeuggruppe sNfz, verglichen mit den anderen Ver- kehrsträgern des Straßenverkehrs im Elsaß, prozentual weniger Schadstoffe als in den anderen Teilgebieten.

de cette catégorie de sources est faible (la navigation flu- viale sur le Rhin dans la zone alsacienne a été affectée à la zone rhénane de Bade-Wurtemberg).

Si on considère la répartition des émissions au sein du trafic routier, les véhicules particuliers en Alsace présentent également les pourcentages les plus élevés pour tous les polluants. Le pourcentage de 80 % des véhicules particu- liers alsaciens en distances parcourues est toutefois nette- ment moins élevé que dans les autres zones où cette ca- tégorie de véhicules atteint les 85 % à 90 % des kilomé- trages (tableau 4.2-14). En Alsace, le pourcentage de véhicules diesels dans la catégorie des véhicules particu- liers se chiffre à environ 27 % (effectif statique); comparé avec celui des autres zones, il a nettement augmenté. Du fait que le nombre de véhicules particuliers avec cataly- seur réglé est moins élevé dans la zone française (tableau 2.3-3), la contribution des véhicules particuliers aux émis- sions liées au trafic est par conséquent aussi importante. Dans les zones rhénanes de Bade-Wurtemberg et de Rhénanie-Palatinat, les véhicules particuliers diesels ne représentent qu'un pourcentage à l'effectif statique de véhicules d'environ 15 %, dans les deux cantons suisses même de seulement environ 4 %.

Avec un pourcentage de 11 %, les utilitaires légers consti- tuent en Alsace une contribution relativement élevée aux kilométrages du trafic routier. Dans les autres parties du territoire, cette catégorie de véhicules présente des pour- centages inférieurs à 4 %. Côté émissions, les utilitaires légers alsaciens présentent des contributions plus élevées aux émissions provenant du trafic routier, notamment pour le dioxyde de soufre et les poussières totales. Cela vient entre autres du pourcentage élevé de véhicules diesels dans cette catégorie qui constitue environ 90 % de l'ef- fectif dynamique en Alsace.

La contribution des utilitaires lourds aux émissions de di- oxyde de soufre est de 34 %, celle aux émissions d'oxydes d'azote de 43 %. Comparée au pourcentage de seule- ment 8 % en matière de distances parcourues par les poids lourds, la contribution de cette catégorie de véhi- cules aux émissions est surproportionnelle. Au niveau poussières totales et benzo(a)pyrène, comparée aux au- tres moyens de transport du trafic routier, la catégorie de véhicules des utilitaires lourds provoque en pourcentage

Die Emissionen aus der Kraftstoffverdunstung in der Fahrzeuggruppe Pkw beträgt im Elsaß etwa 5370 t NMVOC/a, das entspricht einem Anteil von fast 40 % an den Gesamtemissionen der Pkw. Für alle Fahrzeuggruppen des Straßenverkehrs ergibt sich für die Verdunstung ein Anteil von 34 % an den NMVOC-Emissionen. Dieser Wert ist im Vergleich zu den anderen Teilgebieten mit Anteilen von etwa 25 % deutlich erhöht.

Der Einsatz von Frostschutzmitteln in Scheibenwischanlagen und Defrostern bzw. Antibeschlagmitteln führt im Elsaß zu Emissionen von insgesamt etwa 1111 t/a.

Die Tabelle 4.2-20 zeigt die Jahresemissionen des Verkehrs, differenziert nach den einzelnen Verkehrsträgern für den Oberrheintal von **Rheinland-Pfalz**.

Auch im Oberrheintal Rheinland-Pfalz trägt der Straßenverkehr zum überwiegenden Teil zu den Luftschadstoff-Emissionen bei. Jedoch zeigt sich hier ein deutlich höherer Anteil der sonstigen Verkehrsträger. Der Schiff-, Schie-

moins de rejets de polluants en Alsace que dans les autres régions de la zone d'étude.

En Alsace, les émissions provenant de l'évaporation du carburant dans la catégorie des véhicules particuliers est d'environ 5 370 t de COVNM/a, ce qui correspond à une contribution de presque 40 % aux émissions globales des véhicules particuliers. Pour toutes les catégories de véhicules du trafic routier, il en résulte un pourcentage d'évaporation de 34 % concernant les émissions de COVNM. Comparée aux autres régions qui ont des taux d'environ 25 %, cette valeur est nettement plus élevée.

La consommation de produits anti-gel dans les installations d'essuie-glace et les dégivreur et de produits anti-buée provoque en Alsace des émissions totales d'environ 1111 t/a.

Le tableau 4.2-20 présente les émissions annuelles du trafic routier par trafic divers pour la zone rhénane de **Rhénanie-Palatinat**.

Dans la zone rhénane de Rhénanie-Palatinat également, le trafic routier émet le plus de polluants atmosphériques. La contribution des trafics divers s'avère néanmoins nettement plus élevée. Dans la zone rhénane de Rhénanie-

Tabelle 4.2-20: Emissionen des Verkehrs nach Verkehrsträgern für den Oberrheintal **Rheinland-Pfalz** 1998.

	SO ₂	NO _x	CO	NMVOC ¹⁾	Gesamtstaub	Benzol	BaP
Gesamt in t/a	413	11896	39451	5394	427	232	0,02
Pkw	47,2 %	42,3 %	86,4 %	73,5 %	28,8 %	84,2 %	31,3 %
INfz	3,9 %	1,8 %	2,3 %	1,4 %	6,4 %	1,2 %	2,5 %
Kräder	0,4 %	0,2 %	6,6 %	10,1 %	0,0 %	9,7 %	2,8 %
sNfz	35,8 %	37,2 %	3,4 %	10,8 %	48,1 %	4,9 %	63,4 %
Luftverkehr	0,0 %	0,0 %	0,1 %	0,1 %	0,0 %		
Schienenverkehr	2,8 %	5,5 %	0,3 %	1,5 %	5,9 %		
Schiffsverkehr	9,9 %	12,9 %	0,9 %	2,7 %	10,8 %		

1) ohne Frostschutz und ohne Antibeschlagmittel

Tableau 4.2-20 : Emissions du trafic routier par trafic divers pour la zone rhénane de **Rhénanie-Palatinat** en 1998.

	SO ₂	NO _x	CO	COVNM ¹⁾	Poussières	Benzène	BaP
Total en t/a	413	11896	39451	5394	427	232	0,02
Véhicules particuliers	47,2 %	42,3 %	86,4 %	73,5 %	28,8 %	84,2 %	31,3 %
Utilitaires légers	3,9 %	1,8 %	2,3 %	1,4 %	6,4 %	1,2 %	2,5 %
Motos	0,4 %	0,2 %	6,6 %	10,1 %	0,0 %	9,7 %	2,8 %
Poids lourds	35,8 %	37,2 %	3,4 %	10,8 %	48,1 %	4,9 %	63,4 %
Trafic aérien	0,0 %	0,0 %	0,1 %	0,1 %	0,0 %		
Trafic ferroviaire	2,8 %	5,5 %	0,3 %	1,5 %	5,9 %		
Trafic fluvial	9,9 %	12,9 %	0,9 %	2,7 %	10,8 %		

1) sans dégivrage et antigel

nen- und Luftverkehr trägt im Oberrheinteil Rheinland-Pfalz beim Schwefeldioxid zu etwa 13 %, bei den Stickstoffoxiden zu 18 % und beim Gesamtstaub zu 17 % zu den Emissionen aus dem Verkehr bei. Hauptverursacher ist hier der Schiffsverkehr, der für etwa 70 % der Emissionen des sonstigen Verkehrs verantwortlich ist.

Betrachtet man die Emissionen des Straßenverkehrs, so zeigt sich in diesem Teilgebiet des Oberrheins, dass die Fahrzeuggruppe Pkw neben den schweren Nutzfahrzeugen die Hauptlast an den Luftschadstoff-Emissionen trägt. Ähnlich wie im Oberrheinteil Baden-Württemberg weisen die schweren Nutzfahrzeuge im rheinland-pfälzischen Gebietsteil im Vergleich zum sNfz-Fahrleistungsanteil von 8 % (Tabelle 4.2-15) deutlich höhere Emissionsanteile auf. Bei den Schadstoffen SO₂ beträgt dieser ca. 36 % der Verkehrsemissionen, beim NO_x etwa 37 %, beim Gesamtstaub 48 % und beim Benzo(a)pyren 63 %. Die Kohlenmonoxid-Emissionen der Quellengruppe Verkehr werden dagegen zu 86 %, die NMVOC-Emissionen zu etwa 74 % und die Benzol-Emissionen zu 84 % von der Fahrzeuggruppe Pkw bestimmt. Die Verdunstungsemissionen des ruhenden Verkehrs haben einen Anteil von etwa 26 % an den NMVOC-Emissionen des Straßenverkehrs im Oberrheinteil Rheinland-Pfalz.

Die NMVOC-Emissionen, die durch den Einsatz von Frostschutzmitteln in Scheibenwischanlagen und Defrostern bzw. Antibeschlagmitteln entstehen, belaufen sich für den Oberrheinteil Rheinland-Pfalz auf insgesamt 650 t/a.

Die Tabelle 4.2-21 zeigt die Jahresemissionen des Verkehrs, differenziert nach den einzelnen Verkehrsträgern für das gesamte **Projektgebiet** an.

Vergleicht man die Jahresfahrleistungen der einzelnen Fahrzeugklassen in den Teilgebieten, wie sie in Tabelle 4.2-12 bis 4.2-15 dargestellt sind, mit den Emissionen dieser Fahrzeuge in den Tabellen 4.2-17 bis 4.2-20, so lassen sich deutliche länderspezifische Abweichungen erkennen. Aufgrund des geringeren Anteils von Fahrzeugen mit geregelter Katalysator im Elsaß (siehe Tabelle 2.3-3) sind die Emissionen von Kohlenmonoxid, Stickstoffoxiden und Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffen in diesem

Palatinat, le trafic fluvial, ferroviaire et aérien provoque environ 13 % des émissions en provenance du trafic pour le dioxyde de soufre, 18 % pour les oxydes d'azote et 17 % pour les poussières totales. Le plus gros pollueur atmosphérique est ici le trafic fluvial qui émet environ 70 % des émissions du trafic divers.

Si on considère les émissions du trafic routier, il s'avère dans cette partie de territoire du Rhin Supérieur que la catégorie des véhicules particuliers, à côté des utilitaires lourds, est responsable de la majeure partie de la pollution atmosphérique. Dans la zone de la Rhénanie-Palatinat tout comme dans le Bade-Wurtemberg, le pourcentage d'émissions des utilitaires lourds est nettement plus élevé, en comparaison avec le pourcentage des distances parcourues de 8 % (tableau 4.2-15). Il est d'environ 36 % des émissions liées au trafic pour les polluants SO₂, d'environ 37 % pour les NO_x, de 48 % pour les poussières totales et de 63 % pour le benzo(a)pyrène. Les émissions de monoxyde de carbone de la catégorie de sources trafic routier proviennent en revanche à 86 %, les émissions de COVNM à environ 74 % et celles de benzène à 84 % de la catégorie des véhicules particuliers. Les émissions par évaporation du trafic en stationnement contribuent pour environ 26 % aux émissions de COVNM du trafic routier dans la zone de Rhénanie-Palatinat.

Les émissions de COVNM qui résultent de l'utilisation de produits anti-gel dans les installations d'essuie-glace et les dégivreurs et des produits anti-buée, s'élèvent au total à 650 t/a pour la zone rhénane de Rhénanie-Palatinat.

Le tableau 4.2-21 présente les émissions annuelles du trafic routier par trafic divers pour l'ensemble de la **zone d'étude**.

Si l'on compare les kilométrages annuels des différentes catégories de véhicules dans les parties du territoire, telles qu'elles sont représentées dans les tableaux 4.2-12 à 4.2-15, à leurs émissions dans les tableaux 4.2-17 à 4.2-20, il en résulte de nettes divergences spécifiques aux différents pays. Du fait qu'il y a beaucoup moins de véhicules avec catalyseur réglé en Alsace (voir tableau 2.3-3), les émissions de monoxyde de carbone, d'oxydes d'azote et d'hydrocarbures non méthaniques dans cette zone sont

Tabelle 4.2-21: Emissionen des Verkehrs nach Verkehrsträgern für das gesamte **Projektgebiet** Oberrhein für das Jahr 1998.

	SO ₂	NO _x	CO	NMVOC ¹⁾	Gesamtstaub	Benzol	BaP
Gesamt in t/a	2996	81771	271474	43312	3796	1628	0,203
Pkw	48,2 %	45,4 %	85,5 %	76,0 %	34,5 %	82,3 %	47,4 %
INfz	7,0 %	3,1 %	3,4 %	2,7 %	13,2 %	2,2 %	6,0 %
Kräder	0,4 %	0,2 %	6,6 %	9,5 %	0,0 %	10,7 %	2,6 %
sNfz	36,8 %	40,9 %	3,4 %	9,3 %	44,1 %	4,8 %	44,0 %
Luftverkehr	1,1 %	0,4 %	0,4 %	0,4 %	0,8 %		
Schienenverkehr	1,8 %	3,6 %	0,2 %	0,8 %	3,2 %		
Schiffsverkehr	4,7 %	6,5 %	0,5 %	1,3 %	4,3 %		

1) ohne Frostschutz und ohne Antibeslagmittel

Tableau 4.2-21 : Emissions du trafic routier par trafic divers dans l'ensemble de la **zone d'étude** en 1998.

	SO ₂	NO _x	CO	COVNM ¹⁾	Poussières	Benzène	BaP
Total en t/a	2996	81771	271474	43312	3796	1628	0,203
Véhicules particuliers	48,2 %	45,4 %	85,5 %	76,0 %	34,5 %	82,3 %	47,4 %
Utilitaires légers	7,0 %	3,1 %	3,4 %	2,7 %	13,2 %	2,2 %	6,0 %
Motos	0,4 %	0,2 %	6,6 %	9,5 %	0,0 %	10,7 %	2,6 %
Poids lourds	36,8 %	40,9 %	3,4 %	9,3 %	44,1 %	4,8 %	44,0 %
Trafic aérien	1,1 %	0,4 %	0,4 %	0,4 %	0,8 %		
Trafic ferroviaire	1,8 %	3,6 %	0,2 %	0,8 %	3,2 %		
Trafic fluvial	4,7 %	6,5 %	0,5 %	1,3 %	4,3 %		

1) sans dégivrage et antigel

Teilgebiet, letztere unter anderem auch bedingt durch die höheren Verdunstungswerte der Fahrzeuge ohne G-KAT, im Vergleich zum Fahrleistungsanteil deutlich erhöht.

Der Fahrleistungsanteil des Elsaß am gesamten Projektgebiet beträgt für alle Fahrzeugarten des Straßenverkehrs etwa 26 %, während die Kohlenmonoxid- und die Stickstoffoxid-Emissionen Anteile von etwa 31 % und Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe sogar einen Anteil von 38 % an den Luftschadstoffemissionen des Straßenverkehrs aufweisen.

Ähnliches trifft für die Gesamtstaub-Emissionen zu, da im Elsaß der Anteil der Diesel-Fahrzeuge am Pkw-Kollektiv (statischer Bestand) mit 27 % deutlich höher ist als in den anderen Gebietsteilen mit etwa 15 % in den Oberrhein-teilen Baden-Württemberg/Rheinland-Pfalz bzw. mit nur 4 % im Oberrheinteil Basel-Stadt/Landschaft.

In den nun folgenden Tabellen sind die Emissionen des Straßenverkehrs für die einzelnen Straßenklassen Autobahnen, Außerortsstraßen ohne Autobahnen und Innerortsstraßen aufgelistet.

nettement plus élevées rapportées au kilométrage parcouru, les hydrocarbures non méthaniques étant entre autres également dus aux valeurs élevées d'évaporation des véhicules sans catalyseur réglé.

Le pourcentage de kilométrage de l'Alsace à l'ensemble de la zone d'étude est d'environ 26 % pour tous les types de véhicules du trafic routier, alors que les émissions de monoxyde de carbone et d'oxydes d'azote présentent un pourcentage d'environ 31 % aux émissions en polluants atmosphériques du trafic routier et celles d'hydrocarbures non méthaniques même un pourcentage de 38 %.

La situation est identique pour les émissions de poussières totales, le pourcentage de 27 % des véhicules diesels au collectif de véhicules particuliers (effectif statique) étant nettement plus élevé en Alsace que dans les autres territoires, avec environ 15 % dans les zones rhénanes de Bade-Wurtemberg et de Rhénanie-Palatinat, et seulement 4 % dans les cantons Bâle ville et Bâle campagne.

Les tableaux suivants énumèrent les émissions provenant du trafic routier par catégorie d'autoroutes, de routes extra-urbaines sans autoroutes et de routes urbaines.

Die Tabelle 4.2-22 zeigt die Emissionen des Straßenverkehrs differenziert nach den einzelnen Straßenklassen für den Oberrheinteil **Baden-Württemberg**.

Die Emissionen der Schadstoffe Schwefeldioxid, Stickstoffoxide und Gesamtstaub werden zu etwa drei Vierteln im Außerortsbereich (Autobahnen und Außerortsstraßen) freigesetzt. Die hohen Emissionsanteile dieser drei Schadstoffe vor allem auf den Autobahnen werden zu einem großen Teil durch die schweren Nutzfahrzeuge verursacht, die auf dieser Straßenklasse einen Fahrleistungsanteil von über 14 % erbringen, obwohl die sNfz eigentlich nur einen Anteil von 8 % an den Fahrleistungen auf allen Straßen des Oberrheintales Baden-Württemberg haben (siehe auch Tabelle 4.2-12).

Beim Kohlenmonoxid verteilen sich die Emissionen etwa gleichmäßig auf den Außerorts- und Innerortsbereich. Die NMVOC-Emissionen entstehen zu 69 % innerorts und auch beim Benzol werden 63 % der Emissionen im Innerortsbereich durch die ungünstigen Verbrennungsbedingungen freigesetzt. Diese Schadstoffe werden hauptsächlich von der Fahrzeuggruppe Pkw emittiert, die im Innerortsbereich auch einen hohen Anteil an den innerstädtischen Fahrleistungen von etwa 91 % aufweist. Als weitere wichtige Quelle für die Freisetzung der organischen Komponenten NMVOC und Benzol auf den Innerortsstraßen sind die Verdunstungsemissionen des ruhenden Verkehrs zu nennen, die im Oberrheinteil Baden-Württemberg

Le tableau 4.2-22 montre les émissions du trafic routier par catégorie de routes pour la zone rhénane de **Bade-Wurtemberg**.

Les émissions des polluants dioxyde de soufre, oxydes d'azote et poussières totales sont libérées pour environ les trois-quarts dans la zone extra-urbaine (autoroutes et routes extra-urbaines). Les taux d'émissions élevés de ces trois polluants, notamment sur les autoroutes, sont en grande partie provoqués par les utilitaires lourds qui participent au kilométrage parcouru sur cette catégorie de routes à raison de plus de 14 %, quoique les utilitaires lourds ne représentent en fait qu'un pourcentage de 8 % à l'ensemble du kilométrage sur toutes les routes de la partie de territoire de Bade-Wurtemberg (voir également tableau 4.2-12).

Pour le monoxyde de carbone, les émissions se répartissent de façon assez homogène sur la zone extra-urbaine et la zone urbaine. Les émissions de COVNM proviennent à 69 % de la zone urbaine; pour le benzène également, 63 % des émissions de la zone urbaine sont dues aux mauvaises conditions de combustion. Ces polluants sont principalement émis par la catégorie de véhicules particuliers qui constitue également un pourcentage élevé au kilométrage urbain d'environ 91 %. Comme autre source importante pour le dégagement des composés organiques COVNM et benzène sur les routes urbaines, il faut citer aussi les émissions d'évaporation du trafic en stationnement qui contribuent pour un pourcentage d'environ

Tabelle 4.2-22: Emissionen des Straßenverkehrs nach Straßenklassen für den Oberrheinteil **Baden-Württemberg** 1998.

	SO ₂	NO _x	CO	NMVOC ¹⁾	Gesamtstaub	Benzol	BaP
Gesamt in t/a	1336	35973	135693	18934	1330	846	0,078
Autobahn (AB)	43 %	46 %	21 %	11 %	50 %	11 %	
Außerorts ohne AB	33 %	35 %	29 %	20 %	28 %	25 %	
Innerorts	24 %	19 %	50 %	69 %	23 %	63 %	

1) ohne Frostschutz und ohne Antibeschlagmittel

Tableau 4.2-22 : Emissions du trafic routier par catégorie de routes pour la zone rhénane de **Bade-Wurtemberg** en 1998.

	SO ₂	NO _x	CO	COVNM ¹⁾	Poussières	Benzène	BaP
Total en t/a	1336	35973	135693	18934	1330	846	0,078
Autoroutes	43 %	46 %	21 %	11 %	50 %	11 %	
Routes extra-urbaines	33 %	35 %	29 %	20 %	28 %	25 %	
Routes urbaines	24 %	19 %	50 %	69 %	23 %	63 %	

1) sans dégivrage et antigel

einen Anteil an den NMVOC-Emissionen des Straßenverkehrs von etwa 26 % innehaben.

Die Tabelle 4.2-23 zeigt die Emissionen des Straßenverkehrs nach Straßenklassen für die beiden Kantone **Basel-Stadt** und **Basel-Landschaft**.

In den beiden schweizer Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft sind die SO_2 -, NO_x - und Gesamtstaub-Emissionen des Straßenverkehrs zwischen Außerortsstraßen und Innerortsstraßen, im Gegensatz zu den Verhältnissen im Oberrheinteil Baden-Württemberg, annähernd gleichverteilt. Der Anteil des Außerortsverkehrs an den Gesamtfahrleistungen des Straßenverkehrs beträgt hier nur etwa 17 %, während er in den Oberrheinteilen Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz mit jeweils einem Anteil von über 41 % zu Buche schlägt. Der Außerortsverkehr in den beiden Kantonen weist dementsprechend nur relativ kleine Anteile an den Jahresemissionen des Straßenverkehrs auf.

Die Emissionen auf den Autobahnen des schweizer Gebietes entsprechen prozentual in etwa den Verhältnissen im Oberrheinteil Baden-Württemberg. Die hohen Emissionsanteile der Autobahnen bei den Schadstoffen SO_2 , NO_x und Gesamtstaub werden auch hier zum großen Teil durch die schweren Nutzfahrzeuge verursacht, die auf dieser Straßenklasse einen Fahrleistungsanteil von 11 % innehaben.

Die hohen Anteile des Innerortsverkehrs an den NMVOC-

26 % aux émissions de COVNM du trafic routier dans la partie de territoire de Bade-Wurtemberg.

Le tableau 4.2-23 présente les émissions du trafic routier par catégorie de routes pour les deux cantons **Bâle ville** et **Bâle campagne**.

A la différence de la situation au Bade-Wurtemberg, dans les deux cantons suisses Bâle ville et Bâle campagne, les émissions de SO_2 , NO_x et poussières totales du trafic routier sont réparties presque de façon homogène entre les routes extra-urbaines et les routes urbaines. Ici, le pourcentage du trafic extra-urbain est seulement de 17 % par rapport à l'ensemble du kilométrage du trafic routier et de plus 41 % dans les territoires de Bade-Wurtemberg et de Rhénanie-Palatinat. La contribution du trafic extra-urbain dans les deux cantons est par conséquent relativement faible par rapport aux émissions annuelles du trafic routier.

Les émissions sur les autoroutes du territoire suisse correspondent globalement en pourcentage à peu près à la situation au Bade-Wurtemberg. Les pourcentages d'émissions élevés des autoroutes pour les polluants SO_2 , NO_x et les poussières totales y sont aussi provoqués en grande partie par les utilitaires lourds dont la contribution à l'ensemble du kilométrage parcouru sur cette catégorie de routes est de 11 %.

La contribution élevée de 81 % du trafic urbain aux émis-

Tabelle 4.2-23: Emissionen des Straßenverkehrs nach Straßenklassen für die Kantone **Basel-Stadt** und **Basel-Landschaft** 1998.

	SO_2	NO_x	CO	NMVOC ¹⁾	Gesamtstaub	Benzol	BaP
Gesamt in t/a	94	3423	11504	1691	123	79	0,006
Autobahn (AB)	43 %	43 %	28 %	13 %	39 %	14 %	
Außerorts ohne AB	12 %	11 %	7 %	6 %	11 %	7 %	
Innerorts	45 %	46 %	65 %	81 %	50 %	79 %	

1) ohne Frostschutz und ohne Antibeslagmittel

Tableau 4.2-23 : Emissions du trafic routier par catégorie de routes pour les deux cantons **Bâle ville** et **Bâle campagne** en 1998.

	SO_2	NO_x	CO	COVNM ¹⁾	Poussières	Benzène	BaP
Total en t/a	94	3423	11504	1691	123	79	0,006
Autoroutes	43 %	43 %	28 %	13 %	39 %	14 %	
Routes extra-urbaines	12 %	11 %	7 %	6 %	11 %	7 %	
Routes urbaines	45 %	46 %	65 %	81 %	50 %	79 %	

1) sans dégivrage et antigel

Emissionen mit 81 % und auch beim Benzol mit 79 % werden unter anderem durch die Verdunstungsemissionen und durch Kaltstartvorgänge hervorgerufen. Die schweren Nutzfahrzeuge weisen in den beiden schweizer Kantonen innerorts mit etwa 6 % deutlich höhere Fahrleistungsanteile auf, als in den Oberrheinteilen Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz (sNfz-Anteil im Innerortsverkehr ca. 3 %), was sich in den höheren Emissionsanteilen der Innerortsstraßen bei den Schadstoffen SO_2 , NO_x , CO und Gesamtstaub niederschlägt.

In der Tabelle 4.2-24 sind die Emissionen des Straßenverkehrs nach Straßenklassen für das **Elsaß** dargestellt. Die Jahresfahrleistungen des Kfz-Verkehrs im Elsaß werden zu etwa 87 % auf den Außerortsstraßen und zu 13 % innerorts erbracht. Bei den Schadstoffen Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Kohlenmonoxid und beim Gesamtstaub wird auch die Hauptmenge im Außerortsbereich emittiert. Die Komponenten NMVOC und Benzol, hauptsächlich von der Fahrzeuggruppe Pkw emittiert, werden mit größeren Anteilen auch im Innerortsbereich freigesetzt. Diese letztgenannte Fahrzeuggruppe hat im Innerortsbereich einen Anteil an den Fahrleistungen von fast 86 %. Bei den organischen Komponenten NMVOC und Benzol werden die hohen Innerortsemissionen darüber hinaus auch durch die Verdunstungsverluste in diesen Gebieten verursacht. Im Elsaß haben die Verdunstungsemissionen mit einem Anteil von 34 % an den gesamten NMVOC-

sions de COVNM et à celles du benzène de 79 % est provoquée entre autres par les émissions d'évaporation et les démarrages à froid. Dans les deux cantons, les utilitaires lourds parcourent environ 6 % du kilométrage total, un pourcentage nettement plus élevé que dans les zones de Bade-Wurtemberg et de Rhénanie-Palatinat (contribution des utilitaires lourds au trafic urbain environ 3 %), ce qui se répercute dans les contributions aux émissions des routes urbaines pour les polluants SO_2 , NO_x , CO et les poussières totales.

Le tableau 4.2-24 présente les émissions du trafic routier par catégorie de routes pour **l'Alsace**.

Les distances annuelles parcourues pour le trafic des véhicules alsaciens sont attribuées à environ 87 % aux routes extra-urbaines et à 13 % aux routes urbaines. La majeure partie des polluants dioxyde de soufre, oxydes d'azote, monoxyde de carbone et poussières totales, est également émise sur les routes extra-urbaines. Les composés COVNM et benzène qui sont principalement émis par la catégorie des véhicules particuliers sont dégagés pour plus de la moitié dans la zone urbaine. Cette catégorie de véhicules contribue aux distances parcourues dans la zone urbaine à raison de presque 86 %. Concernant les composés organiques COVNM et benzène, les émissions élevées dans la zone urbaine sont également provoquées par les pertes d'évaporation dans ces territoires. En Alsace, les émissions d'évaporation participent aux pertes totales

Tabelle 4.2-24: Emissionen des Straßenverkehrs nach Straßenklassen für das **Elsaß** 1998.

	SO_2	NO_x	CO	NMVOC ¹⁾	Gesamtstaub	Benzol	BaP
Gesamt in t/a	979	24 131	82 268	16 423	1 678	471	0,099
Autobahn (AB)	33 %	32 %	16 %	11 %	32 %	13 %	
Außerorts ohne AB	54 %	57 %	53 %	38 %	55 %	49 %	
Innerorts	13 %	11 %	31 %	51 %	13 %	38 %	

1) ohne Frostschutz und ohne Antibeslagmittel

Tableau 4.2-24 : Emissions du trafic routier par catégorie de routes pour **l'Alsace** en 1998.

	SO_2	NO_x	CO	COVNM ¹⁾	Poussières	Benzène	BaP
Total en t/a	979	24131	82268	16423	1678	471	0,099
Autoroutes	33 %	32 %	16 %	11 %	32 %	13 %	
Routes extra-urbaines	54 %	57 %	53 %	38 %	55 %	49 %	
Routes urbaines	13 %	11 %	31 %	51 %	13 %	38 %	

1) sans dégivrage et antigel

Verlusten die höchsten Werte von allen Teilgebieten des Oberrhein. Die höheren Emissionen an Schwefeldioxid, Stickstoffoxiden und an Gesamtstaub auf den Außerortsstraßen werden unter anderem über die schweren Nutzfahrzeuge, die etwa 7 % der gesamten Fahrleistungen aller Fahrzeuge auf dieser Straßenklasse erbringen, an die Umgebung abgegeben.

Die Tabelle 4.2-25 zeigt die Emissionen des Straßenverkehrs nach Straßenklassen für den Oberrheinteil **Rheinland-Pfalz**.

Die Verhältnisse im Oberrheingebiet Rheinland-Pfalz entsprechen in etwa den Gegebenheiten im Oberrheinteil Baden-Württemberg. Die Emissionen der Komponenten Schwefeldioxid, Stickstoffoxide und Gesamtstaub werden zum überwiegenden Teil auf den Autobahnen des Oberrheinteiles Rheinland-Pfalz freigesetzt. Diese Schadstoffe werden hauptsächlich von den schweren Nutzfahrzeugen emittiert. Die sNfz haben einen Anteil an den Fahrleistungen aller Kfz auf den Autobahnen von über 14 %, obwohl diese Fahrzeuggruppe insgesamt nur einen Anteil von 8 % an den Jahresfahrleistungen des Straßenverkehrs aufweist. Die eher von den Pkw beeinflussten Schadstoffe Kohlenmonoxid, NMVOC und Benzol weisen in den innerstädtischen Bereichen die höchsten Emissionsfrachten auf. Hier haben die Pkw einen Anteil von etwa 92 % an den Fahrleistungen und weisen damit die höchsten Werte in allen

de COVNM à raison de 34 % ; ce sont les valeurs les plus élevées de toutes les parties du territoire du Rhin Supérieur. Les émissions plus élevées de dioxyde de soufre, d'oxydes d'azote et de poussières totales sur les routes extra-urbaines sont entre autres rejetées dans l'environnement par les utilitaires lourds qui contribuent à environ 7 % de la totalité des kilométrages parcourus par tous les véhicules sur cette catégorie de route.

Le tableau 4.2-25 présente les émissions du trafic routier par catégorie de routes pour la zone rhénane de **Rhénanie-Palatinat**.

La situation dans la partie de territoire de Rhénanie-Palatinat correspond à peu près aux données dans le Bade-Wurtemberg. Les émissions des composants dioxyde de soufre, oxydes d'azote et poussières totales sont produites en majeure partie sur les autoroutes de la zone rhénane de Rhénanie-Palatinat. Ces polluants sont émis principalement par les utilitaires lourds. Les utilitaires lourds contribuent au kilométrage parcouru par tous les véhicules sur les autoroutes à raison de plus de 14 % quoique ne représentant au total qu'un pourcentage de 8 % de la circulation annuelle du trafic routier. Provenant plutôt des véhicules particuliers, les polluants monoxyde de carbone, COVNM et benzène, présentent les taux d'émissions les plus élevés dans les zones urbaines. Ici, les véhicules particuliers parcourent environ 92 % du kilométrage et représentent ainsi les taux les plus élevés de l'ensemble du territoire

Tabelle 4.2-25: Emissionen des Straßenverkehrs nach Straßenklassen für den Oberrheinteil **Rheinland-Pfalz** 1998.

	SO ₂	NO _x	CO	NMVOC ¹⁾	Gesamtstaub	Benzol	BaP
Gesamt in t/a	361	9704	38935	5165	357	232	0,02
Autobahn (AB)	40 %	42 %	21 %	11 %	47 %	12 %	
Außerorts ohne AB	36 %	38 %	30 %	19 %	31 %	24 %	
Innerorts	24 %	19 %	49 %	70 %	22 %	64 %	

1) ohne Frostschutz und ohne Antibeschlagmittel

Tableau 4.2-25 : Emissions du trafic routier par catégorie de routes pour la zone rhénane de **Rhénanie-Palatinat** en 1998.

	SO ₂	NO _x	CO	COVNM ¹⁾	Poussières	Benzène	BaP
Total en t/a	361	9704	38935	5165	357	232	0,02
Autoroutes	40 %	42 %	21 %	11 %	47 %	12 %	
Routes extra-urbaines	36 %	38 %	30 %	19 %	31 %	24 %	
Routes urbaines	24 %	19 %	49 %	70 %	22 %	64 %	

1) sans dégivrage et antigel

Teilgebieten des Oberrhein auf. Die NMVOC-Emissionen und auch die Benzol-Frachten werden darüber hinaus innerorts auch durch die Verdunstungsemissionen erhöht, die im Oberrheinteil Rheinland-Pfalz einen Anteil an den gesamten NMVOC-Emissionen von etwa 26 % haben.

Die Tabelle 4.2-26 listet die Emissionen des Straßenverkehrs nach Straßenklassen für das gesamte **Projektgebiet** auf.

Betrachtet man die Verhältnisse nun länderübergreifend für das gesamte Projektgebiet, so spiegeln sich die Gegebenheiten in den Oberrheinteilen in etwa wider. Auch hier werden die Emissionen der Komponenten SO₂, NO_x und Gesamtstaub zu drei Vierteln im Außerortsbereich freigesetzt. Diese werden vor allem durch die schweren Nutzfahrzeuge emittiert, die zwar nur einen Fahrleistungsanteil am gesamten Straßenverkehr von 8 % aufweisen, jedoch auf den Autobahnen einen Anteil an den auf dieser Straßenklasse erbrachten Fahrleistungen von über 14 % haben. Demgegenüber sind die eher von den Pkw bestimmten Schadstoffkomponenten Kohlenmonoxid, NMVOC und Benzol zum überwiegenden Teil in den Innerortsbereichen anzutreffen. Die Pkw haben im Innerortsbereich einen Fahrleistungsanteil von über 90 %, bestimmen also dort das Verkehrsgeschehen. Darüber hinaus werden die NMVOC-Verdunstungsemissionen, die im Projektgebiet etwa 26 % der gesamten Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe ausmachen, in den innerstädtischen Gebieten emittiert.

du Rhin Supérieur. Les émissions de COVNM ainsi que de benzène s'accroissent également dans les zones urbaines en raison des émissions d'évaporation qui constituent un pourcentage d'environ 26 % de la somme des émissions de COVNM dans le territoire de Rhénanie-Palatinat.

Le tableau 4.2-26 énumère les émissions du trafic routier par catégorie de routes pour l'ensemble de la **zone d'étude**.

Si on considère maintenant la situation pour tous les territoires en même temps, sur l'ensemble de la zone d'étude, les données recensées sont à peu près les mêmes dans les différentes parties. Ici aussi, les émissions des composants SO₂, NO_x et poussières totales sont libérées pour environ les trois-quarts dans la zone extra-urbaine. Elles sont émises principalement par les utilitaires lourds qui, certes, ne contribuent à l'ensemble du trafic routier qu'à hauteur de 8 % mais qui constituent sur les autoroutes un pourcentage de plus de 14 % des kilométrages réalisés sur cette catégorie de routes. Par contre, les substances polluantes provoquées par les véhicules particuliers, monoxyde de carbone, COVNM et benzène, sont recensées en majeure partie dans les zones urbaines. Dans les zones urbaines, les véhicules particuliers contribuent au kilométrage à raison de plus de 90 % et y jouent par conséquent un rôle important au niveau trafic. Les émissions d'évaporation de COVNM qui représentent environ 26 % de la totalité des hydrocarbures non méthaniques dans la zone d'étude sont émises dans les zones urbaines.

Tabelle 4.2-26: Emissionen des Straßenverkehrs nach Straßenklassen für das gesamte **Projektgebiet** Oberrhein 1998.

	SO ₂	NO _x	CO	NMVOC ¹⁾	Gesamtstaub	Benzol	BaP
Gesamt in t/a	2 769	73 231	268 400	42 212	3 488	1 628	0,203
Autobahn (AB)	39 %	41 %	20 %	11 %	41 %	12 %	
Außerorts ohne AB	40 %	42 %	35 %	26 %	40 %	31 %	
Innerorts	21 %	18 %	45 %	63 %	19 %	57 %	

1) ohne Frostschutz und ohne Antibeschlagmittel

Tableau 4.2-26 : Emissions du trafic routier par catégorie de routes pour l'ensemble de la **zone d'étude** en 1998.

	SO ₂	NO _x	CO	COVNM ¹⁾	Poussières	Benzène	BaP
Total en t/a	2 769	73 231	268 400	42 212	3 488	1 628	0,203
Autoroutes	39 %	41 %	20 %	11 %	41 %	12 %	
Routes extra-urbaines	40 %	42 %	35 %	26 %	40 %	31 %	
Routes urbaines	21 %	18 %	45 %	63 %	19 %	57 %	

1) sans dégivrage et antigel

4.2.4 Biogene und sonstige anthropogene Quellen

In dieser Quellengruppe werden Emittenten erfasst, die anthropogenen und natürlichen (biogenen) Ursprungs sind und die aufgrund ihrer Emissionscharakteristik keiner anderen Quellengruppe zugeordnet werden können. Bei den emittierten Luftschadstoffen handelt es sich im wesentlichen um die klimarelevanten Gase Methan (CH_4) und Distickstoffoxid (N_2O), um Ammoniak (NH_3) und um die Ozon-Vorläuferverbindungen „nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe“ (NMVOC). Da sich der Kohlenstoff bei dieser Quellengruppe in einem zeitlich relativ kurzen, natürlichen Kreislauf bewegt, wurde auf die Berechnung bzw. Ausweisung der Kohlendioxidemissionen (CO_2) verzichtet. Die biogenen und sonstigen anthropogenen Quellen werden jeweils als Flächenquelle erfasst und die Ergebnisse auf Stadt/Gemeindeebene ausgewiesen.

Die einzelnen Quellen in dieser Gruppe sind:

Biogene Quellen

- Nutztierhaltung (Fermentation, Exkrementzersetzung) und landwirtschaftliche Pflanzenproduktion (Düngereinsatz)
- naturbelassene Böden
- Vegetation (Wälder, Ackerland, Grünland)

Sonstige anthropogene Quellen

- Verluste aus der Erdgasverteilung (Netzverluste)
- Emissionen aus Abfalldeponien
- Emissionen aus der Anwendung von lösemittelhaltigen Stoffen in Haushalt und Gewerbe, soweit sie nicht unter der Quellengruppe Industrielle Punkt- und Flächenquellen und Kleingewerbe bereits erfasst sind. (Anwendung von Lacken, Reinigungs- und Pflegemitteln, Klebstoffen, Kosmetika, Waschmitteln, Deo-Aerosolen)

Im Anhang A1.4 sind die Einzelquellen und deren Emissionscharakteristiken detailliert beschrieben.

In der Tabelle 4.2-27 sind die Emissionen dieser Quellengruppe für den Oberrheinteil **Baden-Württemberg** aufgelistet.

Die Ammoniak-Emissionen in der Quellengruppe biogene und sonstige anthropogene Quellen werden fast aus-

4.2.4 Sources biogènes et autres sources anthropiques

Cette catégorie de sources comprend les émetteurs qui sont d'origine anthropique et naturelle (biogène) et qui, en raison de leur caractéristique d'émission, ne peuvent être affectés à aucune autre catégorie de sources. Les substances émises sont principalement le méthane (CH_4) et le protoxyde d'azote (N_2O), jouant un rôle au niveau climatique, ainsi que l'ammoniac (NH_3) et les composés précurseurs de l'ozone „composés organiques volatils non méthaniques“ (COVNM). Le carbone se dispersant dans un cycle de temps relativement court, nous avons renoncé à prendre en compte les émissions de dioxyde de carbone (CO_2) dans cette catégorie de sources.

Les différentes sources de ce groupe sont :

Les sources biogènes

- l'élevage de bétail (fermentation, décomposition des excréments) et production végétale (utilisation d'engrais)
- les sols non traités
- la végétation (forêts, terres labourées, pâturages)

Autres sources anthropiques

- les pertes issues de la distribution du gaz naturel (déperditions du réseau)
- les émissions en provenance des décharges
- les émissions générées par l'utilisation de substances contenant des solvants dans le secteur résidentiel et l'artisanat (utilisation de laques, produits de nettoyage et d'entretien, colles, produits cosmétiques, détergents, déodorants aérosols)

Les différentes sources et leurs caractéristiques d'émissions sont décrites en détail dans l'annexe A1.4.

Le tableau 4.2-27 énumère les émissions de cette catégorie de sources pour la partie de territoire de **Baden-Württemberg**.

Les émissions d'ammoniac dans la catégorie des sources biogènes et autres sources anthropiques diverses sont

Tabelle 4.2-27: Emissionen von biogenen und sonstigen anthropogenen Quellen für den Oberrheinteil **Baden-Württemberg** 1997.

	NH ₃	N ₂ O	NMVOC	CH ₄
Gesamt in t/a	9205	4415	29667	47697
Nutztierhaltung und Landwirtschaft	100 %	90 %		39 %
Vegetation		10 %	75 %	
Abfalldeponien				48 %
Gasverteilung			2 %	13 %
Produktanwendung			23 %	

Tableau 4.2-27 : Emissions des sources biogènes et autres sources anthropiques pour la zone rhénane de **Bade-Wurtemberg** en 1997.

	NH ₃	N ₂ O	COVNM	CH ₄
Total en t/a	9205	4415	29667	47697
Elevage de bétail/agriculture	100 %	90 %		39 %
Végétation		10 %	75 %	
Traitement des déchets				48 %
Distribution du gaz			2 %	13 %
Utilisation de produits			23 %	

schließlich durch die Nutztierhaltung und durch die Landwirtschaft verursacht. Im Falle des Ammoniaks entspricht der Anteil des Oberrheintales Baden-Württemberg am Projektgebiet mit etwa 46 % auch dem Flächenanteil dieses Teilgebietes (siehe Abbildung 2.3-1) am Gesamtgebiet. Im baden-württembergischen Landesteil des Projektgebietes werden etwa 74 % der Pferde, 60 % der Schweine und 44 % der Rinder gehalten (siehe Tabelle 2.3-6). Hauptverursacher ist hier die Rinderhaltung im Oberrheintal Baden-Württemberg, die etwa 68 % der Ammoniak-Emissionen aller Nutztiere bzw. fast 27 % der gesamten Ammoniak-Emissionen der Quellengruppe biogene und sonstige anthropogene Quellen im Oberrheingebiet freisetzt.

Die Stickstoffverluste bei der Lagerung und Ausbringung von Wirtschafts- und Mineräldüngern sind außer für die Ammoniak-Emissionen auch für die Distickstoffoxid-Emissionen in dieser Quellengruppe verantwortlich. Der Oberrheintal von Baden-Württemberg hat bei den N₂O-Emissionen einen Anteil am gesamten Projektgebiet von fast 53 %. Dieser hohe Wert wird unter anderem durch den hohen Nutztierbesatz, bedingt durch die Lagerung und Ausbringung des Wirtschaftsdüngers auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen, verursacht. Die Distickstoffoxid-Emissionen aus den Wäldern und aus den natürlichen und naturbelassenen Böden durch die atmosphärischen Stickstoffeinträge (z. B. aus dem Straßenverkehr) sind demgegenüber vernachlässigbar.

Auch die Methan-Emissionen werden zu einem großen

presque exclusivement provoquées par l'élevage de bétail et par l'agriculture. Concernant l'ammoniac, la contribution d'environ 46 % du territoire de Bade-Wurtemberg à la zone d'étude correspond au pourcentage superficiel de cette partie (voir figure 2.3-1) à l'ensemble de la zone. La partie de Bade-Wurtemberg de la zone d'étude compte environ 74 % de chevaux, 60 % de porcins et 44 % de bovins (voir figure 2.3-6). L'émetteur principal est ici l'élevage des bovins dans la partie de territoire de Bade-Wurtemberg qui dégage à peu près 68 % des émissions d'ammoniac de tous les animaux domestiques, ce qui représente presque 27 % de la totalité des émissions d'ammoniac de la catégorie des sources biogènes et autres sources anthropiques diverses dans la zone du Rhin Supérieur.

Les évaporations d'azote lors du stockage et du transport des engrais végétaux et minéraux sont également responsables d'émissions de protoxyde d'azote dans cette catégorie de sources, à l'exception des émissions d'ammoniac. Pour les émissions de N₂O, la zone rhénane de Bade-Wurtemberg constitue un pourcentage à l'ensemble de la zone d'étude de presque 53 %. Cette valeur élevée est due entre autres à l'effectif élevé de bétail, suite au stockage et au transport de l'engrais sur les surfaces cultivables. Comparées à cela, les émissions de protoxyde d'azote issues des forêts et des sols naturels ou en friche et provoquées par les rejets atmosphériques d'azote (par ex. en provenance du trafic routier) sont négligeables.

Les émissions de méthane sont en grande partie influen-

Teil von der Nutztierhaltung beeinflusst. Die Rinderzucht hat dabei einen Anteil von 86 % an den Methanemissionen aller Nutztiere im Oberrheinteil Baden-Württemberg. Die zweite wichtige Quelle sind die Emissionen aus den 20 Abfalldeponien, die etwa 48 % der CH₄-Emissionen des Oberrheinteiles Baden-Württemberg ausmachen. Trotz des höheren Anteiles von Erdgas am Endenergieeinsatz sind die Emissionen von Methan aus den Verteilungsnetzen der Erdgasversorger mit einem Anteil von nur 13 % von untergeordneter Bedeutung.

Die NMVOC-Emissionen aus dieser Quellengruppe werden zu 56 % im Oberrheinteil Baden-Württemberg freigesetzt. Von diesen 56 % stammen über 75 % aus der Vegetation, also aus Wäldern, Ackerland und Grünland. Dieser hohe Wert wird durch den großen Nadelwaldanteil von etwa 34 % an der Gesamtfläche des Oberrheinteiles Baden-Württemberg verursacht. Die Nadelwälder sind dabei zu fast 91 % an den NMVOC-Emissionen der Vegetation beteiligt. Die immergrünen Wälder des Oberrheinteiles von Baden-Württemberg haben einen Anteil von 38 % an den gesamten biogenen und anthropogenen NMVOC-Emissionen des Projektgebietes. Die Emissionen aus der Anwendung lösemittelhaltiger Produkte in Haushalten, Industrie- und Gewerbebetrieben weisen mit einem Anteil von 23 % an den Gesamtemissionen des Oberrheinteiles BW einen relativ niedrigen Anteil auf. Vergleicht man die NMVOC-Emissionen der Quelle Produktanwendung für den Oberrheinteil BW mit den Gesamtemissionen dieser Quelle im Projektgebiet so zeigt sich, dass bei einem baden-württembergischen Einwohneranteil von 52 % etwa 50 % der NMVOC-Emissionen aus dieser Quellengruppe stammen.

In der Tabelle 4.2-28 sind die Emissionen der Quellengruppe biogene und sonstige anthropogene Quellen für die beiden Kantone **Basel-Stadt** und **Basel-Landschaft** dargestellt.

Bedingt durch die Erhebungsmethodik im schweizer Landesteil sind die Emissionen aus der Quelle Nutztierhaltung/Landwirtschaft und der Quelle Vegetation etwas anders abgegrenzt als in den anderen Gebietsteilen des Projek-

cées par l'élevage de bétail. L'élevage de bétail contribue aux émissions de méthane de tous les animaux domestiques dans la zone rhénane de Bade-Wurtemberg à raison de 86 %. La deuxième source importante est constituée par les émissions en provenance des 20 décharges qui constituent environ 48 % des émissions de CH₄ de la zone rhénane de Bade-Wurtemberg. Malgré la contribution plus importante du gaz naturel à la consommation d'énergie, les émissions de méthane de seulement 13 % en provenance du réseau de distribution des producteurs d'énergie jouent un rôle secondaire.

Les émissions de COVNM issues de cette catégorie de sources sont rejetées à 56 % dans la partie de territoire de Bade-Wurtemberg. De ces 56 %, plus de 75 % proviennent de la végétation, donc des forêts, des terres labourées et des prairies. Ce taux élevé est provoqué par le pourcentage important de forêts de conifères d'environ 34 % à la superficie totale du territoire de Bade-Wurtemberg. Les forêts de conifères contribuent pour presque 91 % aux émissions de COVNM de la végétation. Les forêts de conifères de la zone rhénane de Bade-Wurtemberg ont une contribution de 38 % à l'ensemble des émissions de COVNM (sources biogènes et autres sources anthropiques) de la zone d'étude. Les émissions provenant de l'utilisation de produits à base de solvants dans le secteur résidentiel, l'industrie et les entreprises artisanales, présentent, avec un pourcentage de 23 % du total des émissions de la partie du territoire rhénan BW, un pourcentage relativement bas. Si l'on compare les émissions de COVNM de la source utilisation de produits pour la partie de territoire rhénan BW avec le total des émissions de cette source dans la zone d'étude, il s'avère que, pour un pourcentage d'habitants de 52 % au Bade-Wurtemberg, environ 50 % des émissions de COVNM proviennent de cette catégorie de sources.

Le tableau 4.2-28 présente les émissions de la catégorie des sources biogènes et autres sources anthropiques pour les deux cantons **Bâle ville** et **Bâle campagne**.

Suite à la méthode d'inventaire dans la partie de territoire suisse, les émissions en provenance de la source élevage de bétail/agriculture et de la source végétation sont sectorisées différemment que dans les autres parties de la

Tabelle 4.2-28: Emissionen von biogenen und sonstigen anthropogenen Quellen für die Kantone **Basel-Stadt** und **Basel-Landschaft** 1997.

	NH ₃	N ₂ O	NMVOC	CH ₄
Gesamt in t/a	942	265	2886	10663
Nutztierhaltung und Landwirtschaft	96 %			32 %
Vegetation	4 %	100 %	31 %	9 %
Abfalldeponien			2 %	43 %
Gasverteilung			6 %	16 %
Produktanwendung			61 %	

Tableau 4.2-28 : Emissions des sources biogènes et autres sources anthropiques pour les deux cantons **Bâle ville** et **Bâle campagne** en 1997.

	NH ₃	N ₂ O	COVNM	CH ₄
Total en t/a	942	265	2886	10663
Elevage de bétail/agriculture	96 %			32 %
Végétation	4 %	100 %	31 %	9 %
Traitement des déchets			2 %	43 %
Distribution du gaz			6 %	16 %
Utilisation de produits			61 %	

tes. Die Anteile der NH₃-, N₂O- und NMVOC-Emissionen der beiden Kantone bewegen sich im Vergleich zum gesamten Projektgebiet etwa zwischen 3 % und 5 %, also ungefähr zwischen dem Flächenanteil von 3 % und dem Einwohneranteil von 7 % des schweizer Oberherrnteiles. Lediglich bei den Methanemissionen weisen die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft einen vergleichsweise hohen Anteil von 11 % auf. Dieser beruht im wesentlichen auf den höheren Emissionen der Abfalldeponien und den Emissionen der Nutztiere.

Bei den NMVOC weist die Quelle Produkthanwendung mit einem Anteil von fast 61 % an den Gesamtemissionen des Oberherrnteiles in der Schweiz einen höheren Wert auf. Dies entspricht einem Anteil von über 13 % an den Gesamtemissionen der Quelle Produkthanwendung im Projektgebiet, übersteigt damit also den Einwohneranteil der beiden Kantone um annähernd das Doppelte. Die NMVOC-Emissionen der schweizerischen Abfalldeponien werden in den Erhebungen gesondert ausgewiesen und sind lediglich in diesem Teilgebiet des Oberrheins explizit dargestellt. Jedoch ist der Anteil dieser Quelle an den NMVOC-Emissionen im Vergleich zur Vegetation oder zur Produkthanwendung sehr gering.

In Tabelle 4.2-29 sind die Emissionen der biogenen und sonstigen anthropogenen Quellen für das **Elsaß** aufgelistet.

Die Anteile der Schadstoffemissionen des Gebietsteiles Elsaß betragen für das Distickstoffoxid etwa 31 %, für die

zone d'étude. En comparaison avec l'ensemble de la zone d'étude, les taux des émissions de NH₃, N₂O et de COVNM des deux cantons évoluent entre 3 et 5 %, donc à peu près entre le taux de superficie de 3 % et le taux d'habitants de 7 % de la partie de territoire suisse. Il n'y a que pour les émissions de méthane que les cantons Bâle ville et Bâle campagne présentent un pourcentage assez élevé de 11 %. Celui-ci est principalement dû aux émissions des décharges et aux émissions des animaux domestiques qui sont plus élevées.

Pour les émissions de COVNM, la source utilisation de produits présente une valeur plus élevée, à savoir presque 61 % de la totalité des émissions de la partie du territoire suisse. Cela correspond à un pourcentage de plus de 13 % de l'ensemble des émissions de la source utilisation de produits dans la zone d'étude et dépasse par conséquent le taux d'habitants des deux cantons de presque la moitié. Les émissions de COVNM des décharges suisses sont classées séparément dans les enquêtes et sont seulement représentées de façon explicite dans cette partie de territoire du Rhin Supérieur. Le pourcentage de cette source aux émissions de COVNM est toutefois très faible en comparaison avec la végétation ou avec l'utilisation du produit.

Le tableau 4.2-29 énumère les émissions des sources biogènes et autres sources anthropiques pour l'**Alsace**.

Le pourcentage des émissions de polluants du territoire de l'Alsace s'élève à environ 31 % pour le protoxyde

Tabelle 4.2-29: Emissionen von biogenen und sonstigen anthropogenen Quellen im Elsaß 1997.

	NH ₃	N ₂ O	NMVOC	CH ₄
Gesamt in t/a	9035	2567	14362	27697
Nutztierhaltung und Landwirtschaft	100 %	89 %	3 %	74 %
Vegetation		11 %	75 %	
Abfalldeponien				13 %
Gasverteilung				13 %
Produktanwendung			22 %	

Tableau 4.2-29 : Emissions des sources biogènes et autres sources anthropiques pour l'Alsace en 1997.

	NH ₃	N ₂ O	COVNM	CH ₄
Total en t/a	9035	2567	14362	27697
Elevage de bétail/agriculture	100 %	89 %	3 %	74 %
Végétation		11 %	75 %	
Traitement des déchets				13 %
Distribution du gaz				13 %
Utilisation de produits			22 %	

Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe NMVOC 27 % und für das Methan rund 29 %. Diese Werte liegen also etwa zwischen dem Einwohneranteil von 27 % und dem Flächenanteil des Elsaß von ca. 40 % am Projektgebiet. Die NH₃-Emissionen zeigen einen etwas höheren Anteil von fast 46 % an den Gesamtemissionen des Projektgebietes. Diese Emissionen sind bedingt durch den hohen Viehbesatz im französischen Oberrheintal. Insgesamt 48 % der Rinder und sogar 68 % des Geflügels im Projektgebiet werden im Oberrheintal Frankreichs gehalten. Diese hohen Werte spiegeln sich auch beim Methan wieder, das zu rund 74 % aus der Quelle Nutztierhaltung und Landwirtschaft stammt. Die Emissionen der Abfalldeponien spielen im französischen Gebietsteil kaum eine Rolle, da hier nur wenige Hausmülldeponien betrieben werden. Der Hauptteil des anfallenden Mülls wird in diesem Teilgebiet verbrannt.

Der Anteil der Vegetation an den NMVOC-Emissionen im Elsaß ist ähnlich wie im Oberrheintal Baden-Württemberg mit fast 75 % sehr hoch. Dies ist bedingt durch den hohen Anteil der Wälder, des Ackerlands und des Grünlands von zusammen 91 % an der Gesamtfläche des Elsaß. Die NMVOC-Emissionen aus der Produkthanwendung im Elsaß haben einen Anteil von etwa 24 % an den Gesamtemissionen dieser Quelle im Projektgebiet und bewegen sich etwas unter dem Einwohneranteil von 27 %.

Über die NMVOC-Emissionen aus der Gasverteilung liegen für das Elsaß keine Daten vor; der Anteil wird aber wie in den anderen Teilgebieten durch den hohen Methan-

d'azote, à 27 % pour les hydrocarbures non méthaniques et à environ 29 % pour le méthane. Ces valeurs sont donc situées à peu près entre le pourcentage d'habitants de 27 % et le pourcentage en surface de l'Alsace d'environ 40 % de la zone d'étude. Les émissions de NH₃ présentent un pourcentage un peu plus élevé de presque 46 % de l'ensemble des émissions de la zone d'étude. Ces émissions sont dues à l'effectif élevé de bétail dans le territoire rhénan côté français. Le territoire rhénan français élève au total 48 % des bovins et même 68 % de la volaille de l'ensemble de la zone d'étude. Ces chiffres importants se retrouvent également pour le méthane qui provient à presque 74 % de l'élevage de bétail et de l'agriculture. Les émissions des décharges françaises ne jouent pour ainsi dire aucun rôle car il n'y a que très peu de décharges d'ordures ménagères. La majorité des déchets produits est incinérée ailleurs.

La contribution de la végétation aux émissions de COVNM en Alsace est très élevée avec presque 75 %, exactement comme dans la partie de territoire de Bade-Wurtemberg. Cela est dû au fort pourcentage de forêts, de terres labourées et de prairies à raison d'un total de 91 % de la superficie totale de l'Alsace. Les émissions de COVNM en provenance de l'utilisation des produits en Alsace représentent un pourcentage d'environ 24 % de l'ensemble des émissions de ces sources dans la zone d'étude et sont légèrement inférieures au taux de population de 27 %.

Il n'existe pas de données pour l'Alsace concernant les émissions de COVNM en provenance de la distribution du gaz; vu la haute teneur du gaz naturel en méthane, ce

gehalt des Erdgases von untergeordneter Bedeutung sein.

Die Tabelle 4.2-30 zeigt die Emissionen der Quellengruppe biogene und sonstige anthropogene Quellen für den Oberrheinteil **Rheinland-Pfalz**.

Im Oberrheinteil Rheinland-Pfalz sind die Ammoniak-Emissionen deutlich niedriger als in den anderen Teilgebieten. Bei einem Flächenanteil von 11 % und einem Einwohneranteil von 14 % sind die NH₃-Emissionen mit nur 687 t/a in der Quellengruppe biogene und sonstige anthropogene Quellen sehr niedrig. Dieser Wert entspricht nur etwa 4 % an den Gesamtemissionen an Ammoniak im Projektgebiet und wird verursacht durch den geringen Nutztierbesatz im Oberrheinteil Rheinland-Pfalz. Nur etwa 1,5 % der Rinder und 6 % der Schweine am Oberrhein werden in diesem Teilgebiet gehalten. Auch die Vegetationsfläche weist mit einem Anteil von insgesamt nur ca. 80 % an der Gesamtfläche im Oberrheinteil einen vergleichsweise niedrigen Anteil auf. Im gesamten Projektgebiet sind etwa 87 % der Fläche von Wäldern, Ackerland und Grünland bedeckt.

Die Methanemissionen werden im Oberrheinteil Rhein-

pourcentage sera néanmoins d'une importance secondaire, tout comme dans les autres parties du territoire.

Le tableau 4.2-30 présente les émissions de la catégorie des sources biogènes et autres sources anthropiques pour la zone rhénane de **Rhénanie-Palatinat**.

Dans le territoire rhénan de Rhénanie-Palatinat, les émissions d'ammoniac sont nettement inférieures à celles des autres territoires. Avec un pourcentage de superficie de 11 % et un taux de population de 14 %, les émissions de NH₃ de seulement 687 t/an dans la catégorie des sources biogènes et autres sources anthropiques sont très peu élevées. Ce chiffre correspond seulement à environ 4 % de l'ensemble des émissions d'ammoniac dans la zone d'étude et est provoqué par le faible effectif d'animaux domestiques dans la partie de territoire de Rhénanie-Palatinat. Cette partie de territoire compte seulement environ 1,5 % des bovins et 6 % des porcins du Rhin Supérieur. En comparaison, la superficie occupée par la végétation représente également un pourcentage relativement peu élevé, avec environ 80 % de l'ensemble de la superficie de la partie du Rhin Supérieur. Dans l'ensemble de la zone d'étude, 87 % environ de la superficie est occupée par des forêts, des terres labourées et des prairies.

Vu l'importance négligeable de l'élevage d'animaux do-

Tabelle 4.2-30: Emissionen von biogenen und sonstigen anthropogenen Quellen für den Oberrheinteil **Rheinland-Pfalz** 1997.

	NH ₃	N ₂ O	NMVOC	CH ₄
Gesamt in t/a	687	1149	6314	11256
Nutztierhaltung und Landwirtschaft	100 %	91 %		9 %
Vegetation		9 %	71 %	
Abfalldeponien				74 %
Gasverteilung			3 %	17 %
Produktanwendung			26 %	

Tableau 4.2-30 : Emissions des sources biogènes et autres sources anthropiques pour la zone rhénane de **Rhénanie-Palatinat** en 1997.

	NH ₃	N ₂ O	COVNM	CH ₄
Total en t/a	687	1149	6314	11256
Elevage de bétail/agriculture	100 %	91 %		9 %
Végétation		9 %	71 %	
Traitement des déchets				74 %
Distribution du gaz			3 %	17 %
Utilisation de produits			26 %	

land-Pfalz aufgrund der vernachlässigbaren Nutztierhaltung von den Abfalldeponien bestimmt. Daneben spielen noch die Methanemissionen aus der Gasverteilung, bedingt durch den hohen Anteil von Erdgas am Endenergieverbrauch der Feuerungsanlagen eine größere Rolle. Die NMVOC-Emissionen der Quelle Produktanwendung im Oberrheinteil Rheinland-Pfalz bewegen sich mit einem Anteil von etwa 12 % an den Gesamtemissionen dieser Quelle etwa in der Größe des Einwohneranteils am Projektgebiet.

In der Tabelle 4.2-31 sind noch einmal abschließend die Emissionen der Quellengruppe biogene und sonstige anthropogene Quellen für das **Projektgebiet** Oberrhein 1997 dargestellt.

Im Projektgebiet Oberrhein ist die Nutztierhaltung und die Landwirtschaft bei den Schadstoffen Ammoniak, Methan und Distickstoffoxid der Hauptverursacher für die Emissionen der Quellengruppe biogene und sonstige anthropogene Quellen. Der hohe Wald- und Grünlandanteil im Oberrheinteil Baden-Württemberg, im Oberrheinteil Elsaß und in Rheinland-Pfalz sind für die hohen NMVOC-Anteile der Vegetation verantwortlich. Bei den Methan-Emissionen haben die Abfalldeponien einen Anteil von über 40 % an den Gesamtemissionen der

mestiques, les émissions de méthane proviennent en premier lieu des décharges. Les émissions de méthane issues de la distribution du gaz jouent également un rôle assez important, en raison du pourcentage élevé de gaz naturel à la consommation d'énergie des installations de combustion. Les émissions de COVNM de la source utilisation de produits dans la partie de territoire de Rhénanie-Palatinat représentent environ 12 % de l'ensemble des émissions de cette source et correspondent à peu près au taux de population dans la zone d'étude.

Le tableau 4.2-31 montre à nouveau les émissions de la catégorie des sources biogènes et autres sources anthropiques pour la **zone d'étude** du Rhin Supérieur 1997.

Dans la zone d'étude du Rhin Supérieur, les principaux émetteurs des rejets de la catégorie des sources biogènes et autres sources anthropiques sont l'élevage d'animaux domestiques et l'agriculture, pour ce qui est des polluants ammoniac, méthane et protoxyde d'azote. Le pourcentage élevé de forêts et de prairies dans les parties du territoire de Bade-Wurtemberg, d'Alsace et de Rhénanie-Palatinat sont responsables des taux importants de COVNM de la végétation. Pour les émissions de méthane, les décharges contribuent à hauteur de plus de 40 % à l'ensemble des

Tabelle 4.2-31: Emissionen von biogenen und sonstigen anthropogenen Quellen für das gesamte **Projektgebiet** Oberrhein 1997.

	NH ₃	N ₂ O	NMVOC	CH ₄
Gesamt in t/a	19869	8396	53229	97313
Nutztierhaltung und Landwirtschaft	100 %	87 %	1 %	45 %
Vegetation	< 1 %	13 %	72 %	1 %
Abfalldeponien			< 1 %	40 %
Gasverteilung			2 %	14 %
Produktanwendung			25 %	

Tableau 4.2-31 : Emissions des sources biogènes et autres sources anthropiques pour l'ensemble de la **zone d'étude** du Rhin Supérieur en 1997.

	NH ₃	N ₂ O	COVNM	CH ₄
Total en t/a	19869	8396	53229	97313
Elevage de bétail/agriculture	100 %	87 %	1 %	45 %
Végétation	< 1 %	13 %	72 %	1 %
Traitement des déchets			< 1 %	40 %
Distribution du gaz			2 %	14 %
Utilisation de produits			25 %	

Quellengruppe biogene und sonstige anthropogene Quellen. Die NMVOC-Freisetzungen der Quelle Produktanwendung mit einem Anteil von 25 % an den NMVOC-Gesamtemissionen der biogenen und sonstigen anthropogenen Quellen entsprechen einer pro-Kopf-Emission der Einwohner des Projektgebietes von 2,16 kg/a.

4.2.5 Emissionen an klimarelevanten Schadstoffen in den Teilgebieten

Die Tabelle 4.2-32 zeigt die Jahresemissionen für die klimarelevanten Gase Kohlendioxid, Distickstoffoxid und Methan sowie die Emissionen des Schadstoffes Ammoniak.

Um die Verteilung der Emissionen auf die verschiedenen Quellengruppen innerhalb der einzelnen Teilgebiete darzustellen und somit die Hauptverursacher identifizieren zu können, sind in den Abbildungen 4.2-7 bis 4.2-10 die Jahresemissionen der klimarelevanten Schadstoffe sowie des Ammoniaks für jedes Teilgebiet des Oberrheins differenziert nach den wichtigsten Verursacherguppen abgebildet.

In der Abbildung 4.2-7 sind die Verhältnisse beim **Kohlendioxid** dargestellt. Den höchsten Auswurf hat der Oberrheinteil Baden-Württemberg mit einem Anteil an den CO₂-Gesamtemissionen des Projektgebietes von 53 %, gefolgt vom Elsaß mit 24 % und vom Oberrheinteil Rheinland-Pfalz mit etwa 19 %. Den kleinsten Beitrag zu den gesamten CO₂-Emissionen des Oberrheingebietes haben die

émissions de la catégorie des sources biogènes et autres sources anthropiques. Avec un pourcentage de 25 % de l'ensemble des émissions de COVNM des sources biogènes et autres sources anthropiques, les rejets de COVNM de la source utilisation de produits correspondent à une émission de 2,16 kg/a par habitant dans la zone d'étude.

4.2.5 Emissions de substances à effet de serre dans les différentes parties de la zone

Le tableau 4.2-32 indique les émissions annuelles pour les gaz à effet de serre : dioxyde de carbone, protoxyde d'azote et méthane, ainsi que les émissions d'ammoniac.

Pour présenter la répartition des émissions entre les différentes catégories de sources dans les différentes parties du territoire et pouvoir identifier les gros émetteurs, les émissions annuelles des gaz à effet de serre et d'ammoniac sont représentées dans les figures 4.2-7 à 4.2-10 différenciées par principales catégories d'émetteurs et par partie du territoire.

La figure 4.2-7 illustre la situation pour le **dioxyde de carbone**. Le Bade-Wurtemberg produit la majeure partie des rejets à raison de 53 % des émissions totales de CO₂ de la zone d'étude, suivi par l'Alsace avec 24 % et la Rhénanie-Palatinat avec environ 19 %. Les régions qui en génèrent le moins sont les deux cantons de Bâle-ville et de Bâle-campagne avec seulement environ 4 %. La

Tabelle 4.2-32: Emissionen an klimarelevanten Schadstoffen und Ammoniak in den Teilgebieten.

	CO ₂ in t/a	N ₂ O in t/a	CH ₄ in t/a	NH ₃ in t/a
Projektgebiet	57 980 260	88 784	103 101	23 409
Oberrheinteil Baden-Württemberg	30 938 138	5 536	49 724	10 834
Basel-Stadt/Landschaft	2 508 244	405	10 980	1 101
Elsaß	13 736 952	64 424	30 410	9 669
Oberrheinteil Rheinland-Pfalz	10 796 926	18 419	11 987	1 805

Tableau 4.2-32 : Emissions de polluants à effet de serre et d'ammoniac dans les différentes parties du territoire.

	CO ₂ en t/a	N ₂ O en t/a	CH ₄ en t/a	NH ₃ en t/a
Zone d'étude	57 980 260	88 784	103 101	23 409
Région Rhin Supérieure Bade-Wurtemberg	30 938 138	5 536	49 724	10 834
Bâle ville/Bâle campagne	2 508 244	405	10 980	1 101
Alsace	13 736 952	64 424	30 410	9 669
Région Rhin Supérieur Rhénanie-Palatinat	10 796 926	18 419	11 987	1 805

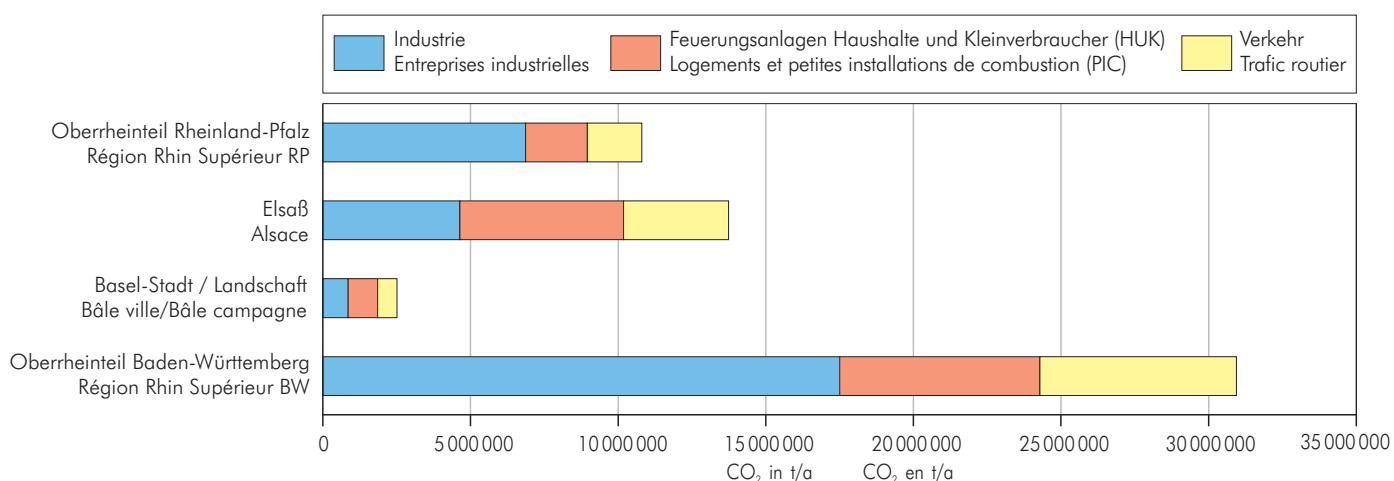


Abbildung 4.2-7: Jahresemissionen an Kohlendioxid in den Teilgebieten.

Figure 4.2-7 : Emissions annuelles de dioxyde de carbone dans les différentes parties du territoire.

beiden Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft mit lediglich rund 4 %. Die Verteilung der CO₂-Emissionen des Projektgebietes auf die einzelnen Teilregionen entspricht demnach in etwa deren Einwohneranteilen.

Die größten Emittenten im Oberrheintal Baden-Württemberg mit einem Beitrag von etwa 57 % und im Oberrheintal Rheinland-Pfalz mit 64 % sind die großen Kraft- und Heizwerke sowie die Prozessfeuerungsanlagen in der Quellengruppe Industrie und Gewerbe.

Die Quellengruppe Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher und die Quellengruppe Verkehr haben dagegen im Oberrheintal BW jeweils einen Anteil von etwa 22 %. Im Oberrheintal RP haben diese beiden Emittentengruppen mit 19 % bzw. 17 % ebenfalls annähernd identische Anteile an den CO₂-Emissionen des Teilgebietes.

Im Elsaß und in den beiden schweizer Kantonen hat die Industrie dagegen nur einen Anteil von jeweils etwa einem Drittel des Länderausstoßes an Kohlendioxid. In diesen beiden Teilregionen des Oberrheingebietes spielt die Quellengruppe Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher mit jeweils einem Anteil von etwa 40 % die größte Rolle, während der Verkehr in beiden Projektgebieten mit Beiträgen von jeweils 26 % an den Kohlendioxid-Emissionen prozentual den geringsten Ausstoß aufweist.

Die Abbildung 4.2-8 zeigt die Beiträge der verschiedenen Quellengruppen an den **Distickstoffoxid**-Emissionen in den einzelnen Teilgebieten. Aufgrund der relativ geringen Anteile der Quellengruppen Feuerungsanlagen Haushalte

répartition des émissions de CO₂ de la zone d'étude entre les différents territoires correspond à peu près à leur taux de population.

Les plus gros émetteurs sont les grandes centrales de chauffage ainsi que les installations de combustion associées à des procédés dans le secteur industrie - P.M.E./P.M.I., avec un pourcentage d'environ 57 % au Bade-Wurtemberg et de 64 % en Rhénanie-Palatinat.

Les catégories de sources des logements et petites installations de combustion et le secteur trafic équivalent à un pourcentage respectif d'à peu près 22 % dans la partie de territoire BW. Dans la partie de territoire RP, ces deux catégories d'émetteurs présentent également des pourcentages d'émissions de CO₂ à peu près identiques à raison de 19 % et de 17 %.

Par contre, en Alsace et dans les deux cantons suisses, l'industrie ne contribue aux émissions de dioxyde de carbone que pour un tiers seulement. Dans ces deux parties du territoire du Rhin Supérieur, le secteur logements et petites installations de combustion occupe la plus grande place avec un pourcentage d'environ 40 % alors que la contribution du trafic aux rejets de dioxyde de carbone est moins importante à raison de 26 %.

La figure 4.2-8 présente l'apport des différentes catégories de sources aux émissions de **protoxyde d'azote** dans les différents territoires. Sa contribution étant relativement minime, le secteur logements et petites installations de

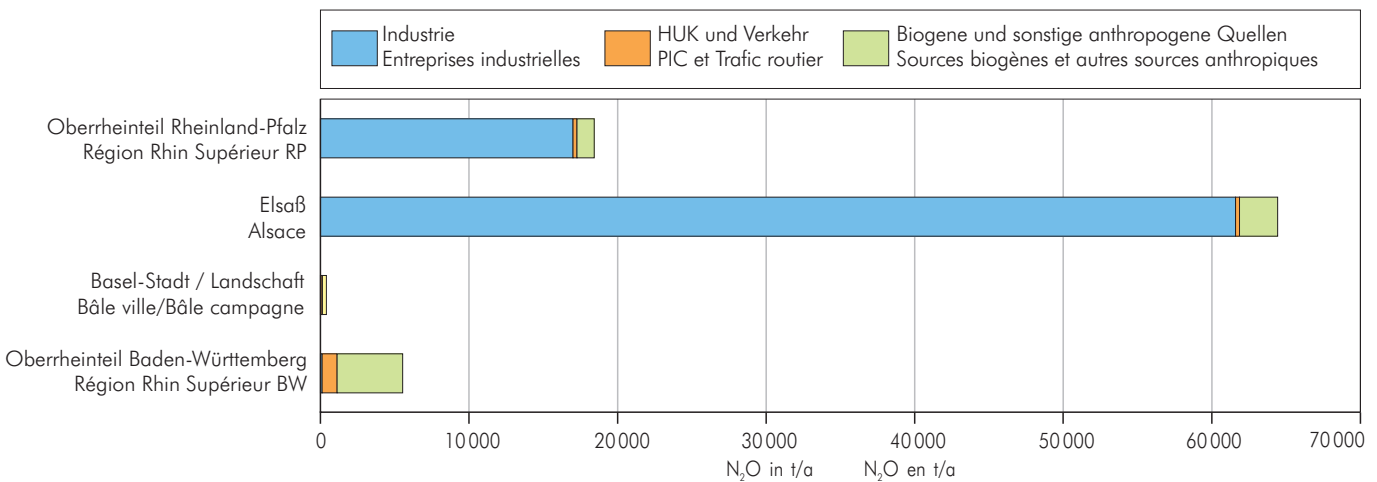


Abbildung 4.2-8: Jahresemissionen an Distickstoffoxid in den Teilgebieten.

Figure 4.2-8 : Emissions annuelles de protoxyde d'azote dans les différentes parties du territoire.

und Kleinverbraucher wurden diese mit dem Verkehr zu einer Gruppe zusammengefasst.

Bei den Distickstoffoxid-Emissionen zeigen sich im Gegensatz zu den Verhältnissen beim Kohlendioxid sehr große Unterschiede in den spezifischen Beiträgen der einzelnen Oberrheinterteile zu den N_2O -Gesamtemissionen des Projektgebietes. Während im Falle des Kohlendioxids die Verteilung der Emissionen auf die einzelnen Oberrheingebiete etwa deren Einwohneranteilen entspricht, ist bei den N_2O -Emissionen ein derartiger Zusammenhang nicht festzustellen. Hier ist das Elsaß mit einem Jahresauswurf von 64 400 t N_2O/a zu fast 73 % an den N_2O -Emissionen des gesamten Projektgebietes beteiligt. Der Oberrheinteil Rheinland-Pfalz folgt mit einem Anteil von 21 % auf dem nächsten Platz, während der Oberrheinteil Baden-Württemberg mit 6 % und die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft mit weniger als einem Prozent Anteil das Schlusslicht bilden. Die große Diskrepanz zwischen Einwohneranteil bzw. auch Flächenanteil und den Emissionsbeiträgen dieser Regionen ist auf den sehr starken Einfluss einzelner industrieller Emittenten zurückzuführen.

Etwa 96 % der N_2O -Emissionen im Elsaß und 92 % der N_2O -Emissionen im Oberrheinteil Rheinland-Pfalz werden in den dortigen Industrieanlagen freigesetzt. Zum Vergleich werden im Oberrheinteil Baden-Württemberg nur etwa 2 % und in den beiden Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft nur 10 % der jeweiligen regionalen N_2O -Gesamtemissionen in den Industriebetrieben dieser Teilgebiete freigesetzt. Hauptverursacher für die N_2O -

combustion a été intégré au secteur du trafic.

Pour les émissions de protoxyde d'azote, contrairement à la situation pour le dioxyde de carbone, de grandes différences sont constatées au niveau contributions spécifiques des différentes parties du territoire aux émissions totales de N_2O de la zone d'étude. Alors que, pour le dioxyde de carbone, la répartition des émissions entre les différentes parties du territoire du Rhin Supérieur correspond à peu près à leur taux de population, il n'en est pas de même pour les émissions de N_2O . Ici, l'Alsace produit presque 73 % des émissions de N_2O de l'ensemble de la zone d'étude avec un rejet annuel de 64 400 t par an. La Rhénanie-Palatinat occupe la deuxième place avec un pourcentage de 21 %; le Bade-Wurtemberg est en avant-dernière position à raison de 6 % et les cantons Bâle-ville et Bâle-campagne en dernière position avec moins de 1 %. Une grande divergence est relevée entre les densités de population et l'occupation du sol des différentes régions de la zone d'étude et les contributions aux émissions sont à rapprocher de l'influence importante d'émetteur ponctuels industriels.

Environ 96 % des émissions de N_2O proviennent des installations industrielles locales en Alsace et 92 % en Rhénanie-Palatinat. En Alsace, à peu près 96 % des émissions de N_2O proviennent des installations industrielles; en Rhénanie-Palatinat, 92 % des émissions de protoxyde d'azote sont dégagées par les sources ponctuelles et surfaciques industrielles. A titre de comparaison, au Bade-Wurtemberg environ 2 % seulement des émissions totales de N_2O

Emissionen in den letztgenannten beiden Oberrheintalgebieten sind die biogenen und sonstigen anthropogenen Quellen mit einem Beitrag von 65 % in den schweizer Kantonen sowie mit 80 % im Oberrheintal Baden-Württemberg.

Die N₂O-Emissionen aus Feuerungsanlagen in Haushalten und bei Kleinverbrauchern sind in allen Teilgebieten vernachlässigbar. Der Straßenverkehr und hier ausschließlich die Fahrzeuge mit Abgaskatalysatoren weisen im Oberrheintal Baden-Württemberg einen Anteil von etwa 17 % und in den Gebieten Basel-Stadt und Basel-Landschaft Beiträge von etwa 23 % auf.

In der Abbildung 4.2-9 sind die Jahresemissionen an **Methan** in den verschiedenen Teilgebieten aufgeschlüsselt nach Erzeugergruppen dargestellt. Auch bei dieser Komponente sind die Emissionen der Quellengruppe Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher sowie die Emissionen des Verkehrs zusammengefasst.

An der Verteilung der CH₄-Gesamtemission auf die einzelnen Teilgebiete des Projektgebietes fällt auf, dass die beiden Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft trotz ihres niedrigen Bevölkerungs- und Flächenanteils einen relativ hohen Anteil an den Methanfreisetzungen in Höhe von etwa 11 % aufweisen. Im Falle des Oberrheintales Baden-Württemberg und im Elsaß entsprechen die Anteile

sont occasionnées par les entreprises industrielles, et 10 % seulement dans les cantons Bâle-ville et Bâle-campagne. Les principaux responsables des émissions de N₂O sont les sources biogènes et les sources anthropiques diverses avec une contribution de 65 % dans les cantons suisses et de 80 % au Bade-Wurtemberg.

Les émissions de N₂O provenant du secteur logements et petites installations de combustion sont négligeables dans tous les territoires. Le trafic routier, à savoir exclusivement les véhicules avec pot catalytique, représentent un taux d'environ 17 % au Bade-Wurtemberg et d'environ 23 % dans les cantons Bâle-ville et Bâle-campagne.

La figure 4.2-9 présente les émissions annuelles de **méthane** dans les différentes parties du territoire, classées par catégorie d'émetteurs. Pour ces composés également, les émissions du secteur logements et petites installations de combustion ainsi que celles en provenance du trafic routier sont regroupées.

Si on considère la répartition des émissions totales de CH₄ entre les différents territoires de la zone d'étude, on remarque que, malgré leur faible taux de population et de superficie, les deux cantons Bâle-ville et Bâle-campagne présentent un pourcentage relativement élevé de rejets de méthane à raison d'environ 11 %. Au Bade-Wurtemberg et en Alsace, la contribution aux émissions de

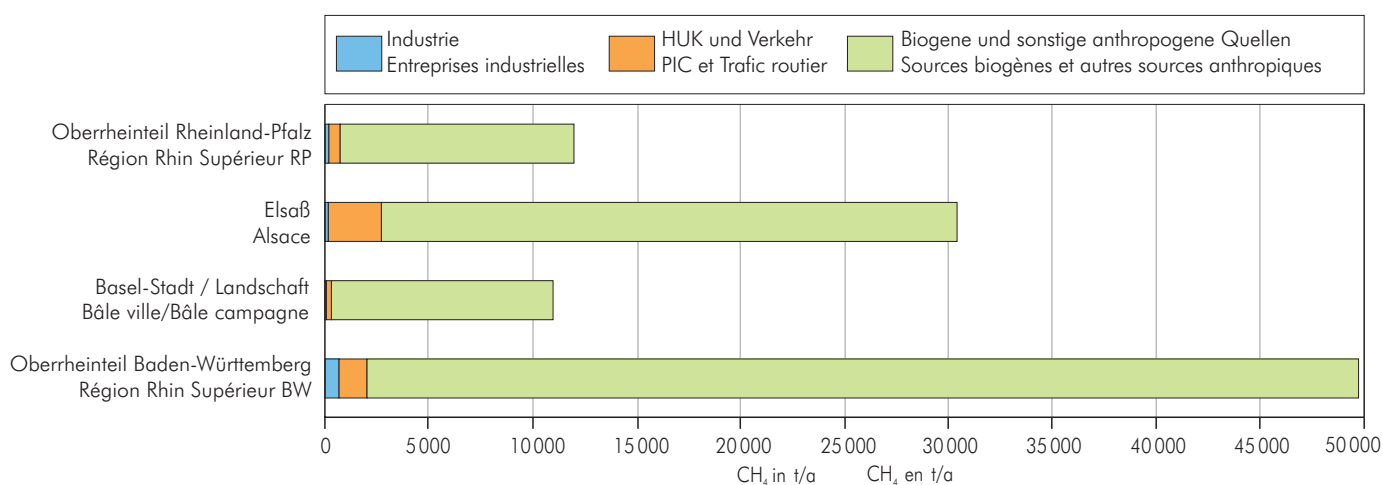


Abbildung 4.2-9: Jahresemissionen an Methan in den Teilgebieten.

Figure 4.2-9 : Emissions annuelles de méthane dans les différentes parties du territoire.

an den CH_4 -Emissionen etwa der Einwohnerverteilung im Projektgebiet, während der Anteil des Oberrheinteiles Rheinland-Pfalz mit knapp 12 % etwas unter dem Bevölkerungsanteil dieses Gebietes liegt.

Die Methanemissionen kommen in allen Gebieten zu über 90 % aus der Quellengruppe biogene und sonstige anthropogene Quellen. Lediglich im Elsaß weist die Quellengruppe Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher einen nennenswerten Anteil von etwa 6 % auf. Der Verkehr spielt als CH_4 -Emittent in allen Gebieten keine Rolle, sein Anteil bewegt sich unter 2 % an den Methan-Gesamtemissionen.

Der überproportional hohe Anteil der beiden schweizer Kantone an den Methan-Gesamtemissionen im Projektgebiet erklärt sich unter anderem durch den relativ hohen Viehbesatz in Basel-Stadt und Basel-Landschaft sowie durch die höheren Beiträge der dortigen Abfalldeponien. Dagegen wird im Oberrheinteil Rheinland-Pfalz die Nutztierhaltung nur sehr eingeschränkt betrieben, was sich in dem geringeren Anteil dieser Region an den Methan-Emissionen des Projektgebietes niederschlägt.

Das nächste Diagramm, Abbildung 4.2-10, zeigt die Anteile der einzelnen Teilgebiete an den **Ammoniak**-Emissionen des gesamten Projektgebietes. Der Oberrheinteil Baden-Württemberg weist mit einem Anteil von 46 % am Projektgebiet die höchsten NH_3 -Emissionen auf. Auch

CH_4 correspond à peu près à la répartition de la population dans la zone d'étude alors que celle de la Rhénanie-Palatinat est légèrement inférieure au taux de population de ce territoire avec à peine 12 %.

Dans tous les territoires, les émissions de méthane proviennent à plus de 90 % de la catégorie des sources biogènes et autres sources anthropiques. En Alsace, le seul secteur logements et petites installations de combustion constitue un pourcentage notable d'environ 6 %. Dans tous les territoires, le trafic routier ne joue aucun rôle en tant qu'émetteur de CH_4 , sa contribution aux émissions totales de méthane étant inférieure à 2 %.

La contribution surproportionnellement élevée des deux cantons suisses aux émissions totales de méthane dans la zone d'étude s'explique entre autres par l'effectif relativement important de bétail à Bâle-ville et Bâle-campagne ainsi que par les contributions élevées des décharges publiques locales. En revanche, l'élevage intensif n'est pratiqué que très modérément en Rhénanie-Palatinat, ce qui se répercute dans la contribution minimale de cette région aux émissions de méthane de la zone d'étude.

Le diagramme suivant, figure 4.2-10, montre les contributions des différents territoires aux émissions d'**ammoniac** de l'ensemble de la zone d'étude. Le Bade-Wurtemberg produit les émissions de NH_3 les plus importantes à raison de 46 %. La contribution de l'Alsace est relativement

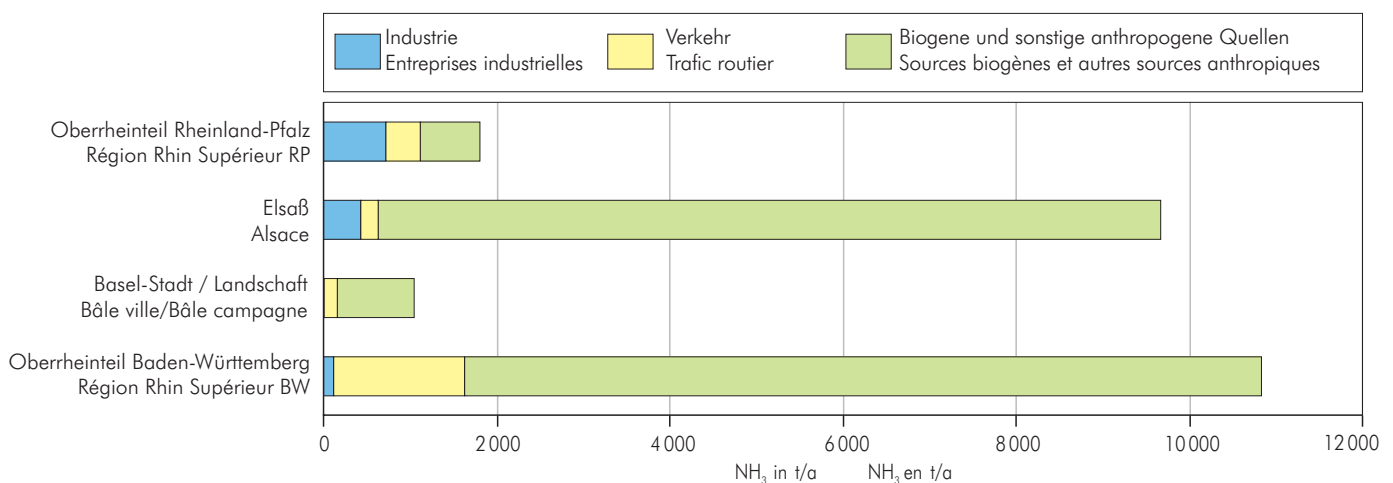


Abbildung 4.2-10: Jahresemissionen an Ammoniak in den Teilgebieten.

Figure 4.2-10 : Emissions annuelles d'ammoniac dans les différentes parties du territoire.

das Elsaß liefert bei dieser Komponente mit einem Anteil von etwa 41 % einen relativ hohen Beitrag, während der Oberrheinteil Rheinland-Pfalz mit etwa 8 % und die beiden schweizer Kantone mit zusammen etwa 5 % nur wenig zu den gesamten Ammoniak-Emissionen des Projektgebietes beitragen.

Hauptverursacher der Ammoniak-Emissionen im Oberrheinteil von Baden-Württemberg, im Elsaß und in Basel-Stadt und Basel-Landschaft mit einem Anteil von jeweils über 85 % an den Emissionen der jeweiligen Regionen sind die biogenen und sonstigen anthropogenen Quellen. Im Oberrheinteil Rheinland-Pfalz dagegen ist diese Quellengruppe nur mit 38 % an den Ammoniakemissionen des Gebietes verantwortlich.

Im Elsaß verursachen die Emittenten der biogenen und sonstigen anthropogenen Quellen etwa 94 % der NH_3 -Emissionen, etwa 5 % werden von der Quellengruppe Industrie und Gewerbe freigesetzt. Die Ammoniak-Emissionen des Verkehrs spielen im Elsaß mit einem Anteil von nur etwa zwei Prozent eine eher untergeordnete Rolle.

Im Oberrheinteil Baden-Württemberg, in den beiden schweizer Kantonen und im Oberrheinteil Rheinland-Pfalz dagegen spielen die Emissionen des Verkehrs, und auch hier wie bei den Distickstoffoxid-Emissionen, vor allem die Fahrzeuge mit Abgaskatalysatoren, mit Anteilen von etwa 14 % bis zu 22 % eine gewichtige Rolle.

Die NH_3 -Emissionen der Quellengruppe biogene und sonstige anthropogene Quellen werden hauptsächlich von der Nutztierhaltung bestimmt. Die Verteilung der Emissionen auf die einzelnen Teilgebiete spiegelt also in etwa den Nutztierbesatz in diesen Regionen wider. Im Oberrheinteil Rheinland-Pfalz haben die industriellen Emittenten mit 40 % einen vergleichsweise hohen Anteil an den NH_3 -Emissionen dieses Gebietes. Während die Quellengruppe Industrie und Gewerbe im Elsaß einen Anteil von etwa 5 % an den Ammoniak-Emissionen aufweist, spielt diese Quellengruppe im Oberrheinteil Baden-Württemberg und in den beiden schweizer Kantonen mit jeweils einem Anteil von etwa 1 % keine Rolle.

élevée à raison d'environ 41 %, alors que la Rhénanie-Palatinat ne participe que très peu aux émissions totales d'ammoniac de la zone d'étude à raison d'environ 8 %, le pourcentage des deux cantons suisses étant d'à peu près 5 % au total.

Les principaux émetteurs des rejets d'ammoniac dans les territoires de Bade-Wurtemberg, Alsace, Bâle-ville et Bâle-campagne, sont les sources biogènes et les sources anthropiques diverses avec une contribution de plus de 85 % aux émissions des régions respectives. Dans la Rhénanie-Palatinat par contre, cette catégorie de sources ne provoque que 38 % des émissions d'ammoniac du territoire.

En Alsace, les émetteurs des sources biogènes et autres sources anthropiques entraînent à peu près 94 % des émissions de NH_3 , le rejet du secteur industrie - P.M.E./P.M.I. étant d'environ 5 %. Avec un pourcentage de seulement 2 %, les émissions d'ammoniac du trafic jouent un rôle plutôt secondaire en Alsace.

Au Bade-Wurtemberg, dans les deux cantons suisses et en Rhénanie-Palatinat, par contre, les émissions du trafic jouent un rôle important à raison d'environ 14 à 22 %; ici, tout comme pour les émissions de protoxyde d'azote, ce sont avant tout les véhicules avec pot catalytique.

Les émissions de NH_3 des catégories des sources biogènes et autres sources anthropiques proviennent principalement de l'élevage intensif. La répartition des émissions entre les différents territoires reflète donc globalement en gros l'effectif de bétail de ces régions. En Rhénanie-Palatinat, les émetteurs industriels ont une contribution aux émissions de NH_3 de ce territoire qui est comparative-ment élevée à raison de 40 %. Alors que le secteur industrie - P.M.E./P.M.I. représente un pourcentage d'environ 5 % des émissions d'ammoniac en Alsace, cette catégorie de sources ne joue aucun rôle au Bade-Wurtemberg et dans les deux cantons suisses avec un apport respectif de 1 %.

Das Treibhauspotential (Global Warming Potential, GWP)

beschreibt als relative Größe die jeweilige Absorptionswirkung der einzelnen Gase gemessen an der Referenzkomponente Kohlendioxid und ermöglicht einen Vergleich der Klimawirksamkeit der einzelnen Spurengase in der Atmosphäre. Bei der Berechnung des GWP werden im wesentlichen die Absorption von Wärmestrahlung und die Verweilzeit der Moleküle in der Atmosphäre berücksichtigt.

Aufgrund der unterschiedlichen Verweilzeit der einzelnen Gase ist die relative Klimawirksamkeit einer Komponente abhängig vom betrachteten Zeithorizont. Stoffe mit kurzer Lebensdauer können nur über entsprechend kurze Zeiträume auf das Klima einwirken. Der relative Beitrag von Stoffen mit einer kürzeren Verweilzeit als Kohlendioxid ist bei der Betrachtung kurzer Zeiträume höher und wird mit wachsendem Betrachtungszeitraum geringer.

In Tabelle 4.2-33 sind die Anteile der klimarelevanten Komponenten an den Jahresemissionen, berechnet in CO₂-Äquivalenten für jedes Teilgebiet angegeben. Zur Berechnung der GWP-gewichteten Emissionsmassenströme der Komponenten wurde ein Zeithorizont von 100 Jahren gewählt. Vergleicht man die reinen Massenströme der Komponenten Kohlendioxid, Distickstoffoxid und Methan in Tabelle 4.2-32, so zeigt sich, dass das Kohlen-

Le potentiel d'effet de serre (Global Warming Potential, GWP)

décrit comme grandeur relative l'effet d'absorption respective des différents gaz, mesuré en fonction du composé de référence dioxyde de carbone, et permet une comparaison de l'impact climatique des différents gaz présents dans l'atmosphère en terme de traces. Le calcul du GWP prend l'absorption du rayonnement thermique et la durée de vie des molécules dans l'atmosphère en considération.

En raison des différentes durées de vie de chaque gaz, l'impact climatique d'un composé est fonction de l'espace temps considéré. Les substances qui ont une vie moyenne courte ne peuvent avoir un impact sur le climat que pendant une période courte. La contribution relative des substances avec une durée de rétention plus courte que le dioxyde de carbone est supérieure si l'on considère les périodes courtes et diminue en fonction de l'accroissement de la période de considération.

Le tableau 4.2-33 indique pour chaque territoire la contribution des composés à effet de serre aux émissions annuelles, en équivalent CO₂. L'espace de temps choisi pour le calcul des débits massiques d'émission des composés évalués à l'aide du GWP est de 100 ans. Si on compare les débits massiques réels des composés dioxyde de carbone, protoxyde d'azote et méthane au tableau 4.2-32, on s'aperçoit que le dioxyde de carbone représente

Tabelle 4.2-33: Anteile der klimarelevanten Gase an den GWP-Jahresemissionen.

	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	GWP in t/a CO ₂ -Äquivalente
Projektgebiet	69 %	28 %	3 %	84 118 500
Oberrheinteil Baden-Württemberg	93 %	4 %	3 %	33 477 200
Basel-Stadt/Landschaft	88 %	4 %	8 %	2 839 600
Elsaß	43 %	55 %	2 %	31 779 700
Oberrheinteil Rheinland Pfalz	67 %	31 %	2 %	16 022 000

GWP: Global Warming Potential

Tableau 4.2-33 : Pourcentages des gaz à effet de serre aux émissions annuelles de GWP.

	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	GWP en t/a CO ₂ -équivalent
Zone d'étude	69 %	28 %	3 %	84 118 500
Région Rhin supérieur Bade-Wurtemberg	93 %	4 %	3 %	33 477 200
Bâle ville/Bâle campagne	88 %	4 %	8 %	2 839 600
Alsace	43 %	55 %	2 %	31 779 700
Zone Rhin supérieur Rhenanie-Palatinat	67 %	31 %	2 %	16 022 000

GWP: Global Warming Potential

dioxid in allen Teilgebieten über 99 % Anteil an der Summe der Emissionen von CO_2 , N_2O und CH_4 auf sich vereint. Die anderen Spurengase weisen Jahresemissionen aus, die teilweise bis zu drei Größenordnungen geringer sind als die in diesem Zeitraum freigesetzte Kohlendioxidmenge. Berücksichtigt man jedoch das Treibhauspotential der klimarelevanten Luftschadstoffe Kohlendioxid, Distickstoffoxid und Methan, so ergibt sich eine von den Verhältnissen in Tabelle 4.2-32 abweichende Verteilung der Anteile dieser Komponenten.

Man erkennt eine deutliche Verschiebung der Gewichtung im Vergleich zu den Ergebnissen bei Berücksichtigung der reinen Massenströme. Im Oberrheintal Baden-Württemberg sind die Kohlendioxid-Emissionen immer noch mit einem Anteil von 93 % hauptsächlich an der Freisetzung der Klimagase beteiligt. Der hohe CO_2 -Ausstoß der Kraft- und Heizwerke und der Industriefeuerungen in diesem Teilgebiet überkompensiert die höhere Gewichtung der Distickstoffoxid- und Methan-Emissionen bei Berücksichtigung der stoffspezifischen Treibhauspotentiale. In den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft sinkt der Anteil des Kohlendioxids bei Gewichtung der Komponenten mit dem jeweiligen GWP von 99 % auf 88 % ab. Im schweizer Teilgebiet fehlen im Vergleich zum Oberrheintal Baden-Württemberg die großen Kraft- und Heizwerke. Gleichzeitig machen sich hier die relativ hohen Methanemissionen aus Abfalldeponien und aus der Tierhaltung bemerkbar, wodurch der Anteil des Methans sich um das zwanzigfache erhöht (von 0,4 % auf über 8 %).

Im Oberrheintal Rheinland-Pfalz und im Elsaß sinkt der Anteil des Kohlendioxids bei der Gewichtung der Massenströme noch weiter ab. In beiden Gebieten wird dies vor allem durch die vergleichsweise hohen Anteile beim Schadstoff Distickstoffoxid verursacht. Im Elsaß erweist sich das N_2O mit einem Anteil von 55 % als Hauptverursacher des Treibhauseffektes, noch vor dem Kohlendioxid. Ein Drittel der gewichteten Treibhausgasemissionen gehen im Oberrheintal Rheinland-Pfalz auf das Konto der Schadstoffe Distickstoffoxid und Methan, wobei letzteres aufgrund der vernachlässigbaren Emissionen aus der Tierhaltung in diesem Gebiet nur einen geringen Anteil hat.

un pourcentage de plus de 99 % par rapport au total des émissions de CO_2 , N_2O et CH_4 . Les autres gaz présents au niveau de traces constituent des émissions annuelles qui sont en partie jusqu'à 1000 fois inférieures à la quantité de dioxyde de carbone dégagée pendant cette période. Si on considère néanmoins le potentiel d'effet de serre des polluants dioxyde de carbone, protoxyde d'azote et méthane, la répartition des pourcentages de ces composés est différente de celle indiquée au tableau 4.2-32.

Un net décalage de l'évaluation est relevé en comparaison avec les résultats compte tenu des débits massiques réels. Au Bade-Wurtemberg, les émissions de dioxyde de carbone contribuent toujours pour une grande part à l'émancipation des gaz à effet de serre à hauteur de 93 %. L'important rejet de CO_2 des centrales de chauffage et des installations industrielles de combustion dans ce territoire surcompense l'évaluation plus élevée des émissions de protoxyde d'azote et de méthane si on considère les potentiels d'effet de serre spécifiques aux substances. Dans les cantons Bâle-ville et Bâle-campagne, le pourcentage de dioxyde de carbone diminue lors d'une évaluation des composés avec le GWP respectif de 99 % à 88 %. Sur le côté suisse, en comparaison avec le Bade-Wurtemberg, il manque les grandes centrales de chauffage. En même temps, les émissions de méthane relativement élevées en provenance des décharges publiques et de l'élevage intensif sont perceptibles, le taux de méthane augmentant de 20 fois (de 0,4 % à plus de 8 %). En Rhénanie-Palatinat et en Alsace, le taux de dioxyde de carbone continue de diminuer lors de l'évaluation des flux massiques. Dans les deux territoires, cela est dû avant tout aux pourcentages comparativement élevés à l'accroissement rapide des taux du polluant protoxyde d'azote. En Alsace, le N_2O s'avère être le principal responsable de l'effet de serre avec un pourcentage de 55 %, avant le dioxyde de carbone. En Rhénanie-Palatinat, un tiers des émissions de gaz à effet de serre est dû aux substances polluantes protoxyde d'azote et méthane, le méthane ne représentant qu'un faible pourcentage en raison des émissions négligeables en provenance de l'élevage intensif dans ce territoire.

4.2.6 Gesamtemissionen aller Quellengruppen in den einzelnen Teilgebieten

In der Tabelle 4.2-34 sind die Jahresemissionen aller Quellengruppen summiert für die einzelnen Teilgebiete aufgeführt. In dieser Tabelle sind alle betrachteten Schadstoffe und Schadstoffgruppen aufgeführt, die im Rahmen dieser Untersuchung erfasst wurden.

Die Abbildungen 4.2-11 bis 4.2-15 zeigen die Anteile der einzelnen Quellengruppen exemplarisch an den Schadstoffen und Schadstoffgruppen SO₂, NO_x, CO, NMVOC und Gesamtstaub für jedes Gebietsteil.

In Abbildung 4.2-11 sind die **Schwefeldioxid**-Emissionen für jeden Gebietsteil dargestellt. Im Projektgebiet werden 71 % der SO₂-Emissionen in der Quellengruppe Industrie und Gewerbe freigesetzt, etwa 23 % in der Quellengruppe Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher und rund 6 % der Schwefeldioxid-Emissionen kommen aus dem Verkehr. Die SO₂-Emissionen werden durch den Schwefelgehalt der Brennstoffe in Kraft- und Heizwerken, in Feuerungsanlagen, in der mineralölverarbeitenden

4.2.6 Emissions totales de toutes les catégories de sources dans les différents territoires

Dans le tableau 4.2-34, les émissions annuelles de toutes les catégories de sources sont additionnées pour les différentes parties du territoire. Ce tableau mentionne tous les polluants et catégories de polluants pris en considération qui ont été recensés dans le cadre de cette analyse.

Les figures 4.2-11 à 4.2-15 présentent le pourcentage des différentes catégories de sources en prenant pour exemple les polluants et catégories de polluants SO₂, NO_x, CO, COVNM et poussières totales pour chaque partie de territoire.

La figure 4.2-11 présente les émissions de **dioxyde de soufre** pour chaque partie de territoire. Dans la zone d'étude, 71 % des émissions de SO₂ sont produites dans le secteur industrie - P.M.E./P.M.I., à peu près 23 % dans la catégorie de sources logements et petites installations de combustion et environ 6 % proviennent du trafic. Les émissions de SO₂ sont provoquées par la teneur en soufre des combustibles, dans les centrales de chauffage, les installations de combustion, l'industrie pétrolière et suite

Tabelle 4.2-34: Jahresemissionen in den Teilgebieten.

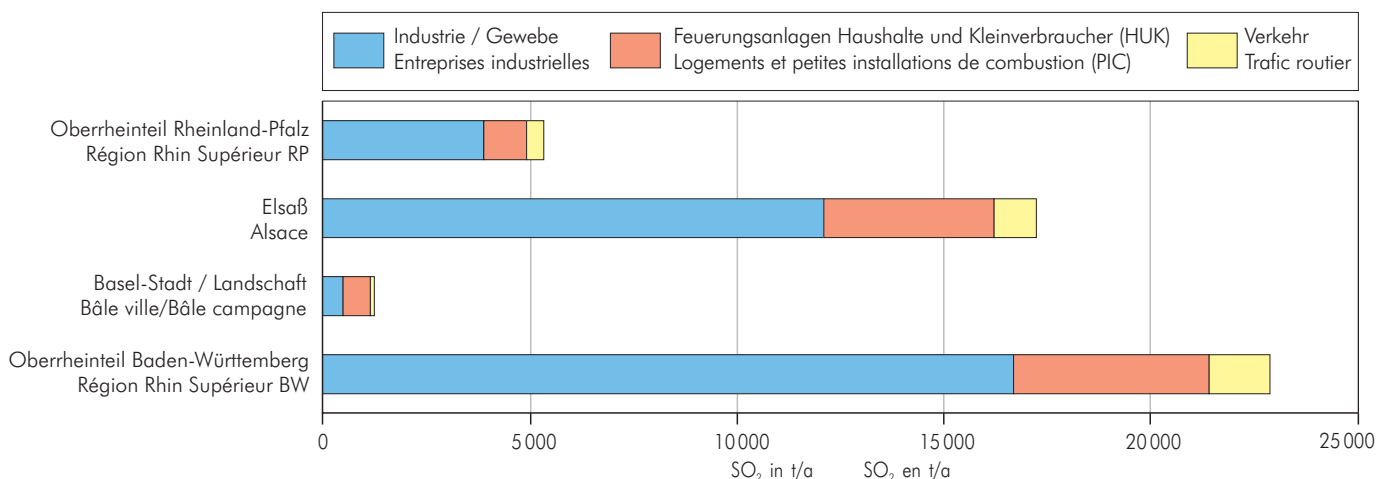
Jahresemissionen in t/a	Projektgebiet	Oberrheinteil Baden-Württemberg	Basel-Stadt/ Landschaft	Elsaß	Oberrheinteil Rheinland-Pfalz
SO ₂	46 685	22 869	1 249	17 228	5 339
NO _x	129 388	62 970	5 216	38 351	22 851
CO	372 901	152 934	14 201	149 236	56 530
NH ₃	23 409	10 834	1 101	9 669	1 805
HCl	1 402	450	25	828	99
HF	130	80	4	14	32
CO ₂	57 980 260	30 938 138	2 508 244	13 736 952	10 796 926
N ₂ O	88 784	5 536	405	64 424	18 419
NMVOC ¹⁾	166 345	69 569	9 767	67 938	19 071
CH ₄	103 101	49 724	10 980	30 410	11 987
Benzol	1 829	937	88	553	251
Staub	11 425	4 231	458	4 916	1 820
Ruß	2 510	640	52	1 645	173
Pb	49,4	4,9	1,6	39,4	3,5
Cd	0,6	0,2	0,1	0,2	0,1
As	1,2	0,8	< 1	0,3	0,1
Ni	7,2	2,2	< 1	3,6	1,4
Hg	1,7	0,7	0,1	0,4	0,5
BaP	1,9	0,3	0,1	1,3	0,2
PCDD/F (i-TE) in g/a	23,1	1,7	3,7	14,5	3,2

1) NMVOC inkl. Frostschutz und Antibeschlagmittel

Tableau 4.2-34 : Emissions annuelles dans les différents territoires.

Emissions annuelles en t/a	Zone d'étude	Région Rhin Supérieur Bade-Wurtemberg	Bâle ville/ Bâle campagne	Alsace	Zone Rhin Supérieur Rhénanie-Palatinat
SO ₂	46 685	22 869	1 249	17 228	5 339
NO _x	129 388	62 970	5 216	38 351	22 851
CO	372 901	152 934	14 201	149 236	56 530
NH ₃	23 409	10 834	1 101	9 669	1 805
HCl	1 402	450	25	828	99
HF	130	80	4	14	32
CO ₂	57 980 260	30 938 138	2 508 244	13 736 952	10 796 926
N ₂ O	88 784	5 536	405	64 424	18 419
NMVOC ¹⁾	166 345	69 569	9 767	67 938	19 071
CH ₄	103 101	49 724	10 980	30 410	11 987
Benzène	1 829	937	88	553	251
Poussières	11 425	4 231	458	4 916	1 820
Suie	2 510	640	52	1 645	173
Pb	49,4	4,9	1,6	39,4	3,5
Cd	0,6	0,2	0,1	0,2	0,1
As	1,2	0,8	< 1	0,3	0,1
Ni	7,2	2,2	< 1	3,6	1,4
Hg	1,7	0,7	0,1	0,4	0,5
BaP	1,9	0,3	0,1	1,3	0,2
PCDD/F (i-TE) en g/a	23,1	1,7	3,7	14,5	3,2

1) COVNM y compris anti-gel et anti-buées

**Abbildung 4.2-11**: Jahresemission an Schwefeldioxid in den Teilgebieten.**Figure 4.2-11** : Emissions annuelles de dioxyde de soufre dans les différentes parties du territoire.

Industrie und durch den Einsatz von Diesel-Verbrennungsmotoren verursacht.

Der Oberrheinteil Baden-Württemberg weist etwa 49 % der SO₂-Emissionen auf, das Elsaß 37 %, der Oberrheinteil Rheinland-Pfalz ca. 11 % und die beiden schweizer Kantone knapp 3 %. Die Verteilung der SO₂-Emissionen auf die Quellengruppen in den einzelnen Teilgebieten entspricht in etwa auch den oben angegebenen prozentualen Anteilen der Emittentengruppen im gesamten Projektgebiet. Diese Übereinstimmung in den gebietsspezifischen

à l'utilisation des moteurs thermiques diesels.

Le Bade-Wurtemberg présente à peu près 49 % des émissions de SO₂, l'Alsace 37 %, la Rhénanie-Palatinat environ 11 % et les deux cantons suisses un peu moins de 3 %. La répartition des émissions de SO₂ entre les catégories de sources dans les différents territoires correspond à peu près également aux pourcentages indiqués plus haut des catégories d'émetteurs de l'ensemble de la zone d'étude. Cette correspondance dans les situations spécifiques aux

schen Verhältnissen deutet auf eine relativ homogene Emittentenstruktur im gesamten Projektgebiet hin. Lediglich in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft ist die Quellengruppe Industrie und Gewerbe, im Gegensatz zu den anderen Teilgebieten mit etwa 71 %, nur zu rund 40 % an den SO_2 -Emissionen beteiligt, während die Quellengruppe Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher hier einen Anteil von über 52 % innehat. Dies liegt unter anderem daran, dass im schweizer Gebietsteil die Emissionen aus Kraft- und Heizwerken in der Quellengruppe Industrie und Gewerbe nur eine untergeordnete Rolle spielen, während bei den Feuerungsanlagen in Haushalten und bei Kleinverbrauchern, bedingt durch den hohen Anteil des Energieträgers Heizöl mit 51 % am Endenergieeinsatz, im Vergleich zu den anderen Gebieten höhere Emissionen auftreten.

In der Abbildung 4.2-12 sind die Emissionen an **Stickstoffoxiden** in den einzelnen Teilgebieten dargestellt. Etwa 29 % der NO_x -Emissionen des Projektgebietes fallen in der Quellengruppe Industrie und Gewerbe an, 8 % werden in den Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher emittiert und den größten Teil der Stickstoffoxid-Emissionen mit einem Anteil von 63 % verursacht der Verkehr.

Der Oberrheinteil Baden-Württemberg weist mit einer Jahresemission von 62 970 t NO_x einen Anteil von fast

territories indique que la structure des émetteurs est relativement homogène dans l'ensemble de la zone d'étude. Il n'y a que dans les cantons Bâle-ville et Bâle-campagne que, contrairement aux autres territoires avec environ 71 %, le secteur industrie - P.M.E./P.M.I. contribue aux émissions de SO_2 à hauteur d'environ 40 % seulement, alors que le secteur logements et petites installations de combustion constitue ici un pourcentage de plus de 52 %. Cela vient entre autres du fait que les émissions en provenance des centrales de chauffage suisses ne jouent qu'un rôle secondaire dans le secteur industrie - P.M.E./P.M.I. Cette contribution plus importante du secteur résidentiel et des petites installations de combustion, en comparaison avec les autres régions de la zone d'étude, est due à la part plus importante du fuel qui représente 51 % de la consommation d'énergie dans ce secteur d'émissions pour la partie suisse.

La figure 4.2-12 présente les émissions annuelles **d'oxydes d'azote** dans les différentes parties du territoire. Environ 29 % des émissions de NO_x de la zone d'étude sont produites dans le secteur industrie - P.M.E./P.M.I., 8 % sont émises par le secteur logements et petites installations de combustion, la plus grande partie des émissions d'oxyde d'azote étant provoquée par le trafic avec un pourcentage de 63 %.

Avec une émission annuelle de 62 970 t de NO_x , le Bade-Wurtemberg contribue à raison de presque 49 %

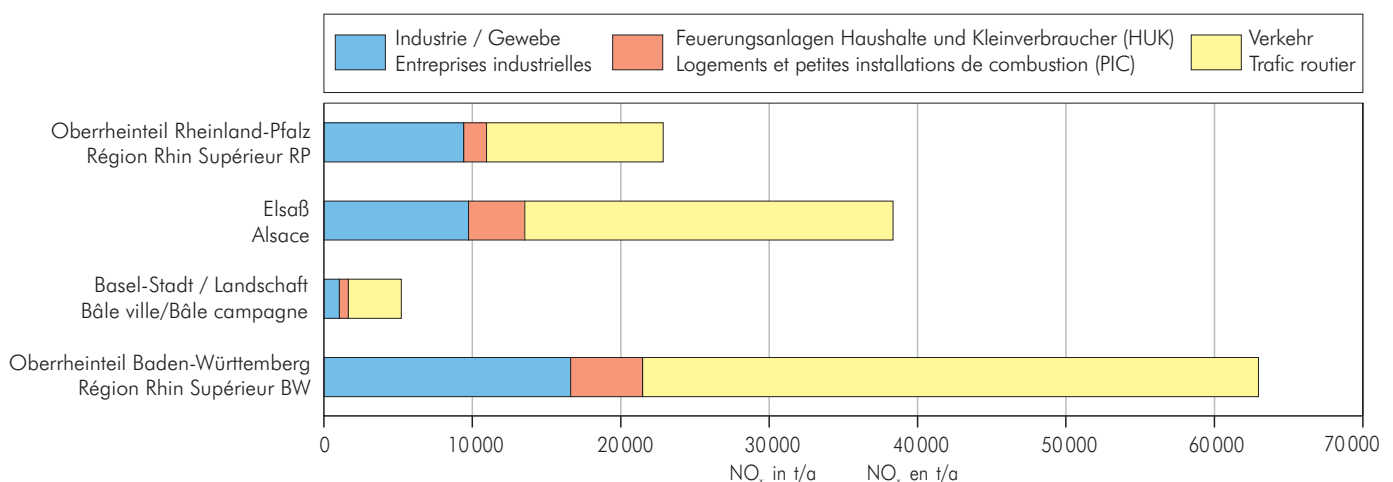


Abbildung 4.2-12: Jahresemission an Stickstoffoxiden in den Teilgebieten.

Figure 4.2-12 : Emissions annuelles d'oxydes d'azote dans les différentes parties du territoire.

49 % an den Stickstoffoxid-Emissionen des Oberrheingebietes auf. Das Elsaß wartet mit einem Beitrag von etwa 29 % auf, während der Oberrheinteil Rheinland-Pfalz 18 % und die beiden schweizer Kantone zusammen nur 4 % verursachen.

Aus dem gleichen Grund wie bei den Schwefeldioxid-Emissionen sind die NO_x -Emissionen der Quellengruppe Industrie und Gewerbe in den beiden schweizer Kantonen prozentual niedriger als in den anderen Gebietsteilen, während die Feuerungsanlagen in den Haushalten und bei den Kleinverbrauchern mit einem länderspezifischen Anteil von 12 % an den Stickstoffoxid-Emissionen um etwa ein Drittel höher liegen.

Während der Oberrheinteil Baden-Württemberg und das Elsaß die Verteilung der NO_x -Emissionen auf die einzelnen Quellengruppen im gesamten Projektgebiet in etwa widerspiegeln, hebt sich der Oberrheinteil Rheinland-Pfalz hier etwas ab. Der Anteil der Industrie und des Gewerbes ist mit etwa 41 % deutlich höher als im Durchschnitt des Projektgebietes, während die Beiträge vor allem des Verkehrs mit 52 % und der Feuerungsanlagen in Haushalten und bei Kleinverbrauchern mit etwa 7 % zum Teil deutlich darunter liegen.

Die Abbildung 4.2-13 zeigt vergleichend die Jahresemissionen der Teilgebiete aufgeschlüsselt nach Quellengruppen für den Luftschadstoff **Kohlenmonoxid**. Die Haupt-

aux émissions d'oxydes d'azote du Rhin Supérieur. L'Alsace représente un pourcentage d'environ 29 % alors que la Rhénanie-Palatinat provoque 18 %, les deux cantons suisses produisant ensemble seulement 4 %.

Pour la même raison que pour les émissions de dioxyde de soufre, les émissions de NO_x du secteur industrie - P.M.E./P.M.I. dans les deux cantons suisses constituent un pourcentage inférieur aux autres territoires alors que la contribution du secteur logements et petites installations de combustion est 1/3 plus élevée avec un pourcentage spécifique au pays de 12 % des émissions d'oxydes d'azote.

Le Bade-Wurtemberg et l'Alsace reflètent à peu près la répartition des émissions de NO_x entre les différentes catégories de sources dans l'ensemble de la zone d'étude; la Rhénanie-Palatinat, elle, se détache légèrement. A raison de 41 %, la contribution du secteur industrie - P.M.E./P.M.I. est nettement plus élevée que la moyenne de la zone d'étude alors que les contributions, notamment du trafic avec 52 % et du secteur logements et petites installations de combustion avec environ 7 %, sont en partie nettement inférieures.

La figure 4.2-13 montre en comparaison les émissions annuelles des territoires classées par catégories de sources pour le polluant atmosphérique **monoxyde de carbone**.

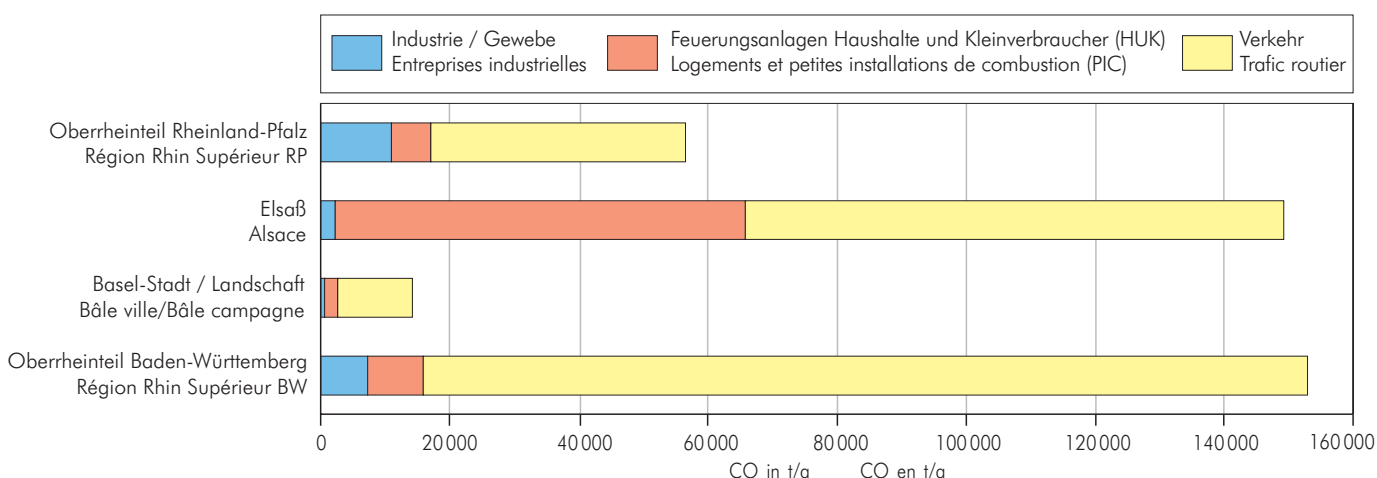


Abbildung 4.2-13: Jahresemission an Kohlenmonoxid in den Teilgebieten.

Figure 4.2-13 : Emissions annuelles de monoxyde de carbone dans les différentes parties du territoire.

mengen des Kohlenmonoxids werden durch die Quellengruppe Verkehr erzeugt. Der Verkehr weist für das gesamte Projektgebiet einen Anteil von 73 % an den CO-Emissionen auf, die Quellengruppe Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher hat am Oberrhein einen Anteil von etwa 21 % während die Industriellen Punkt- und Flächenquellen nur einen Beitrag von etwa 6 % zu den CO-Gesamtemissionen leisten.

Der Oberrheinteil Baden-Württemberg mit einem Anteil von 41 % und das Elsaß mit einem Anteil von 40 % teilen sich die Hauptlast der CO-Emissionen des gesamten Projektgebietes. Während im baden-württembergischen Teil jedoch fast 90 % des Kohlenmonoxids aus der Quellengruppe Verkehr stammen, ist dieser im Elsaß nur mit etwa 56 % beteiligt. Im französischen Teilgebiet hat die Quellengruppe Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher mit etwa 43 % einen vergleichsweise hohen Anteil. Im Oberrheinteil Rheinland-Pfalz weisen die Industriellen Quellen mit einem Beitrag von über 19 % an den CO-Emissionen dieses Gebietsteiles einen deutlich höheren Wert auf als im Projektdurchschnitt.

In der Abbildung 4.2-14 sind die **Nicht-Methan-Kohlenwasserstoff**-Emissionen der einzelnen Oberrheinteile differenziert nach den verschiedenen Quellengruppen darge-

Les quantités principales de monoxyde de carbone sont émises par la catégorie de sources trafic. Le trafic présente pour l'ensemble de la zone d'étude un pourcentage de 73 % des émissions de CO, le secteur logements et petites installations de combustion constitue un pourcentage d'environ 21 % dans la zone du Rhin Supérieur alors que les sources ponctuelles et surfaciques industrielles ne contribuent aux émissions de CO qu'à hauteur d'environ 6 %.

Le Bade-Wurtemberg avec un pourcentage de 41 % et l'Alsace avec un pourcentage de 40 % se partagent la charge principale des émissions de CO de l'ensemble de la zone d'étude. Au Bade-Wurtemberg, il y a néanmoins presque 90 % des monoxydes de carbone qui proviennent de la catégorie de sources trafic et seulement environ 56 % en Alsace. Sur le côté français, le secteur des logements et petites installations de combustion constitue un pourcentage comparativement aussi élevé avec environ 43 %. Dans la Rhénanie-Palatinat, les sources industrielles présentent une valeur nettement plus élevée que la normale de l'ensemble de la zone d'étude, avec une contribution de plus de 19 % aux émissions de CO de ce territoire.

La figure 4.2-14 représente les émissions d'**hydrocarbures** non méthaniques des différentes parties du Rhin Supérieur, différenciées par catégories de sources. Dans les émis-

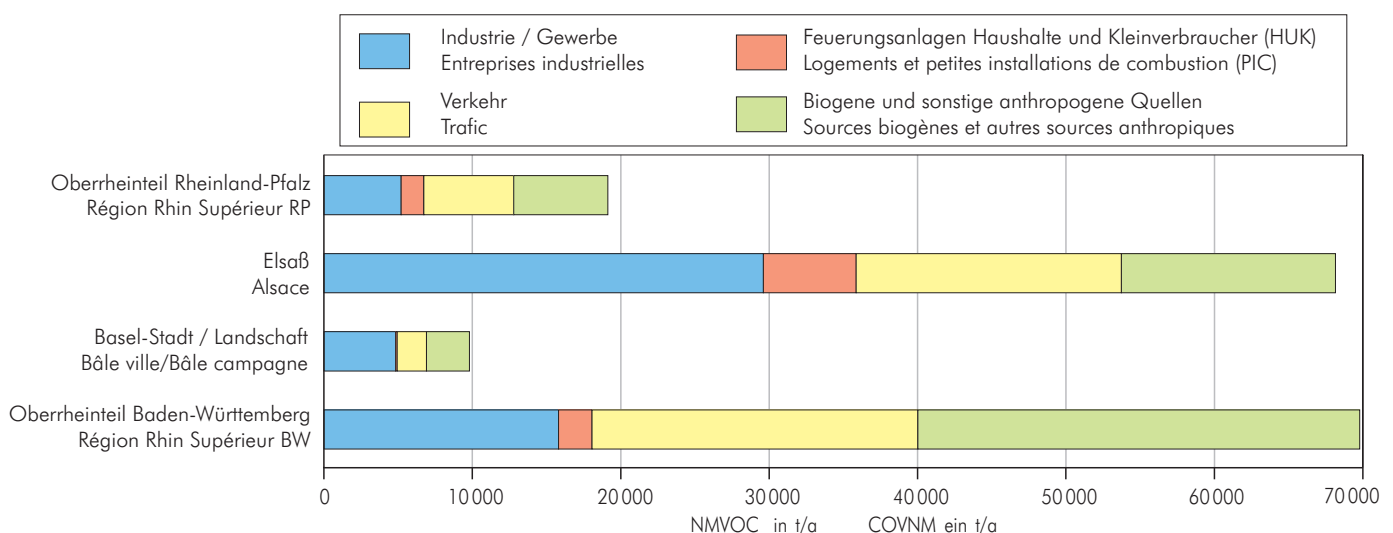


Abbildung 4.2-14: Jahresemission an NMVOC in den Teilgebieten.

Figure 4.2-14 : Emissions annuelles de COVNM dans les différentes parties du territoire.

stellt. Bei den NMVOC-Emissionen spielen außer den klassischen Quellengruppen Industrie und Gewerbe, Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher und vor allem der Verkehr nun auch die biogenen und sonstigen anthropogenen Quellen eine wichtige Rolle. Während sich die Quellengruppe Industrie und Gewerbe im Projektgebiet mit einem Anteil an den NMVOC-Emissionen von 33 % als Hauptverursacher für die Freisetzung dieses Schadstoffes erweist, sind die biogenen und sonstigen anthropogenen Quellen mit einem Beitrag von etwa 32 % der zweitwichtigste Emittent. Die Quellengruppe Verkehr (incl. Frostschutz und Antibeschlagmittel) weist einen Anteil von 29 % auf, während die Quellengruppe Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher nur 6 % der NMVOC-Emissionen verursacht.

Der Oberrheintal Baden-Württemberg und das Elsaß weisen beide einen Anteil von etwa 41 % an den NMVOC-Gesamtemissionen des Projektgebietes auf. Die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft verursachen 6 % der Nicht-Methan-Kohlenwasserstoff-Emissionen, der Oberrheintal Rheinland-Pfalz etwa 12 %.

Im Oberrheintal Baden-Württemberg haben die industriellen Quellen mit etwa 23 % einen verhältnismäßig kleinen Anteil an den NMVOC-Emissionen dieser Region, während der Anteil der biogenen und sonstigen anthropogenen Quellen mit 43 % deutlich über dem Durchschnitt aller Teilgebiete liegt. Demgegenüber weisen die NMVOC-Emissionen des Verkehrs in den beiden Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft mit etwa 20 % Anteil an den Gesamtemissionen des eidgenössischen Teilgebietes einen relativ niedrigen Wert auf, während hier die Industriellen Punkt- und Summenquellen sowie das Kleingewerbe einen überdurchschnittlichen Beitrag von 49 % leisten.

Die Abbildung 4.2.15 zeigt die Verteilung der **Gesamtstaub**-Emissionen im Projektgebiet für die einzelnen Teilregionen. Die Quellengruppe Industrie und Gewerbe weist mit einem Anteil an den Gesamtstaubemissionen im Projektgebiet von etwa 44 % den höchsten Beitrag aller Quellengruppen auf. Der Verkehr verursacht etwa ein Drittel des Gesamtstaubaufkommens, die Feuerungsanlagen der Haushalte und Kleinverbraucher etwa 23 %.

sions de COVNM, les sources biogènes et autres sources anthropiques diverses jouent un rôle important, à côté du secteur classique industrie - P.M.E./P.M.I., du secteur logements et petites installations de combustion et avant tout du secteur trafic. Alors que le secteur industrie - P.M.E./P.M.I. s'avère le principal responsable de ces rejets de polluant avec un pourcentage d'émissions de COVNM de 33 %, les sources biogènes et autres sources anthropiques occupent la deuxième place à raison de 32 %. Le secteur trafic (y compris anti-gel et anti-buées) constitue un pourcentage de 29 % alors que les logements et petites installations de combustion ne provoquent que 6 % des émissions de COVNM.

Les territoires de Bade-Wurtemberg et d'Alsace présentent tous les deux une participation d'environ 41 % aux émissions totales de COVNM de la zone d'étude. Les cantons Bâle-ville et Bâle-campagne provoquent 6 % des émissions d'hydrocarbures non-méthaniques, la Rhénanie-Palatinat environ 12 %.

Dans le Bade-Wurtemberg, les sources industrielles représentent un pourcentage relativement faible des émissions de COVNM de cette région à raison d'environ 23 % alors que le pourcentage des sources biogènes et autres sources anthropiques de 43 % est nettement supérieur à la moyenne de tous les territoires. Par contre, avec un pourcentage des émissions globales de la zone suisse d'à peine 20 %, les émissions de COVNM du trafic dans les deux cantons de Bâle-ville et de Bâle-campagne présentent une valeur relativement faible, les sources ponctuelles et globales industrielles ainsi que l'artisanat comportant une contribution supérieure à la moyenne de 49 %.

La figure 4.2-15 montre la répartition des émissions de **poussières totales** dans la zone d'étude pour les différentes parties du territoire. A raison d'un pourcentage aux émissions de poussières totales dans la zone d'étude d'environ 44 %, le secteur industrie - P.M.E./P.M.I. présente la contribution la plus élevée de toutes les catégories de sources. Le trafic provoque environ un tiers des poussières totales, le secteur logements et petites installations

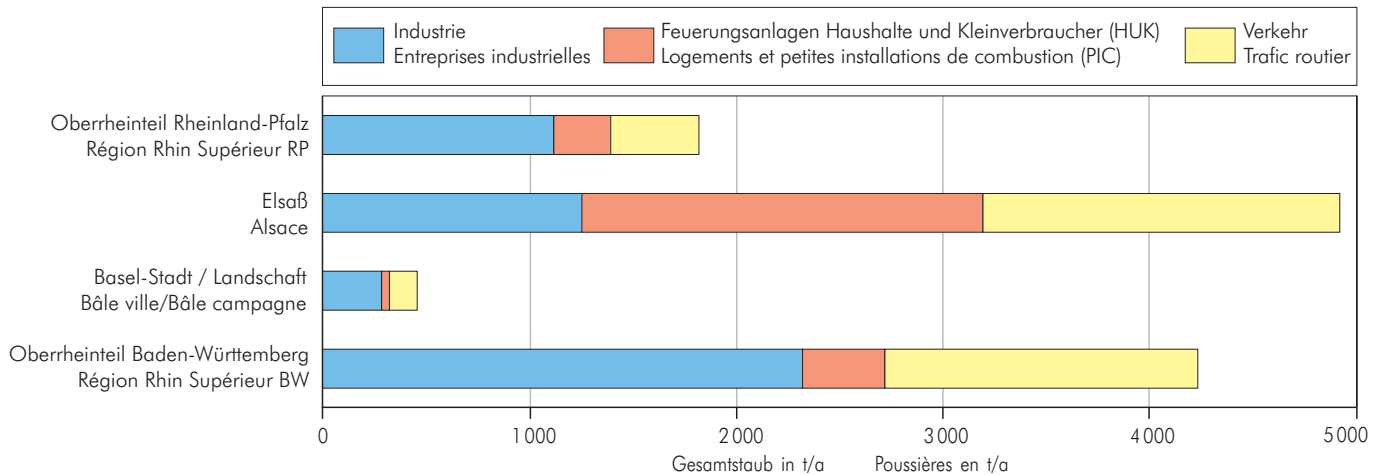


Abbildung 4.2-15: Jahresemission an Gesamtstaub in den Teilgebieten.

Figure 4.2-15 : Emissions annuelles de poussières totales dans les différentes parties du territoire.

Bei diesem Schadstoff weist das Elsaß mit einem Anteil an den Gesamtstaubemissionen von 43 % den höchsten Anteil am Projektgebiet auf. Der Oberrheinteil Baden-Württemberg verursacht etwa 37 % der Staubemissionen, der Oberrheinteil Rheinland-Pfalz 16 % und die beiden schweizer Kantone zusammen rund 4 %.

Die Verteilung der Staubemissionen auf die einzelnen Quellengruppen in den verschiedenen Teilgebieten zeigt bei dieser Schadstoffgruppe die höchste Streuung. Während die Quellengruppe Industrie und Gewerbe im Elsaß einen Anteil an den elsässischen Staubemissionen von etwa 25 % innehat, ist der Beitrag dieser Quellengruppe in den beiden Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft mit über 62 % mehr als doppelt so hoch. Andererseits verursachen die Feuerungsanlagen in den Haushalten und bei Kleinverbrauchern im Elsaß über 39 % der Staubemissionen in diesem Oberrheinteil, während im Oberrheinteil Baden-Württemberg diese Quellengruppe nur zu 9 % und im schweizer Teilgebiet sogar nur zu 8 % an den Staubemissionen des jeweiligen Oberrheinteiles beteiligt ist. Lediglich der Verkehr trägt in allen Teilgebieten mit Anteilen von 24 % bis etwa 36 % in ähnlich hoher Weise zu den Gesamtstaubemissionen bei.

de combustion environ 23 %.

Pour ce polluant, l'Alsace contribue aux émissions de poussières totales de 43 %, ce qui représente le pourcentage le plus important de la zone d'étude. Le Bade-Wurtemberg provoque environ 37 % des émissions de poussières, la Rhénanie-Palatinat 16 % et les deux cantons suisses ensemble environ 4 %.

Pour cette catégorie de polluants, la répartition des émissions de poussières entre les différentes catégories de sources des différentes parties du territoire constitue la diffusion la plus élevée. Alors qu'en Alsace, le secteur industrie - P.M.E./P.M.I. a un pourcentage d'environ 25 % des émissions de poussières, la contribution de cette catégorie de sources dans les deux cantons de Bâle-ville et de Bâle-campagne est 2 fois plus élevée à raison de plus de 62 %. D'un autre côté le secteur logements et petites installations de combustion provoque en Alsace plus de 39 % des émissions de poussières dans cette partie du territoire, cette catégorie de sources ne contribuant au Bade-Wurtemberg aux émissions de poussières du Rhin Supérieur qu'à hauteur de 9 % et dans les cantons suisses à seulement 8 %. Il n'y a que le trafic qui contribue aussi fortement dans toutes les parties du territoire aux émissions de poussières totales, à raison de pourcentage de 24 % à environ 36 %.

4.3 Rasterbezogene Emissionen

In den Karten 4.3-1 bis 4.3-6 sind die flächenbezogenen Daten der Jahresemissionen als Rasterkarten im UTM-Koordinatensystem mit einer Kantenlänge von 1 km in kg Schadstoff pro km² dargestellt.

Die Karte 4.3-1 weist die **Schwefeldioxid**-Emissionen für alle Quellengruppen als Jahressummenwerte für jedes Rasterquadrat aus. Im gesamten Projektgebiet verursacht die Quellengruppe Industrie und Gewerbe bei weitem die höchsten SO₂-Emissionen, gefolgt von den Feuerungsanlagen in Haushalten und Kleinverbrauchern. Der Verkehr ist nur zu einem relativ geringen Teil an den Schwefeldioxid-Freisetzen beteiligt.

Insgesamt erscheinen die SO₂-Emissionen im Projektgebiet relativ homogen. Lediglich die Kernbereiche von Straßburg und Mülhausen zeigen höhere Emissionen. In einigen scharf begrenzten Rasterquadraten abseits der Hauptverkehrswege und oft auch außerhalb der größeren Ortschaften erscheinen SO₂-Quellen, die die Standorte großer Einzelemittenten der Quellengruppe Industrie- und Gewerbe markieren. Die größten Einzelemittenten sind im Falle des Schwefeldioxids die industriellen und öffentlichen Kraftwerke und die mineralölverarbeitende Industrie. Die SO₂-Emissionen der Dieselmotoren des Straßenverkehrs, und hier vor allem der Nutzfahrzeuge, werden entlang der Hauptverkehrsstraßen, im Umfeld von Verkehrsknotenpunkten (z. B. Autobahnkreuze) und in den innerstädtischen Bereichen mit hohem Verkehrsaufkommen freigesetzt. Die Emissionen der Quellengruppe Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher zeigen einen eher flächigen Charakter. Die Schadstoffe dieser Quellengruppe werden in den bebauten Gebieten und vor allem in den Innenstadtbereichen und in den Ballungszentren emittiert.

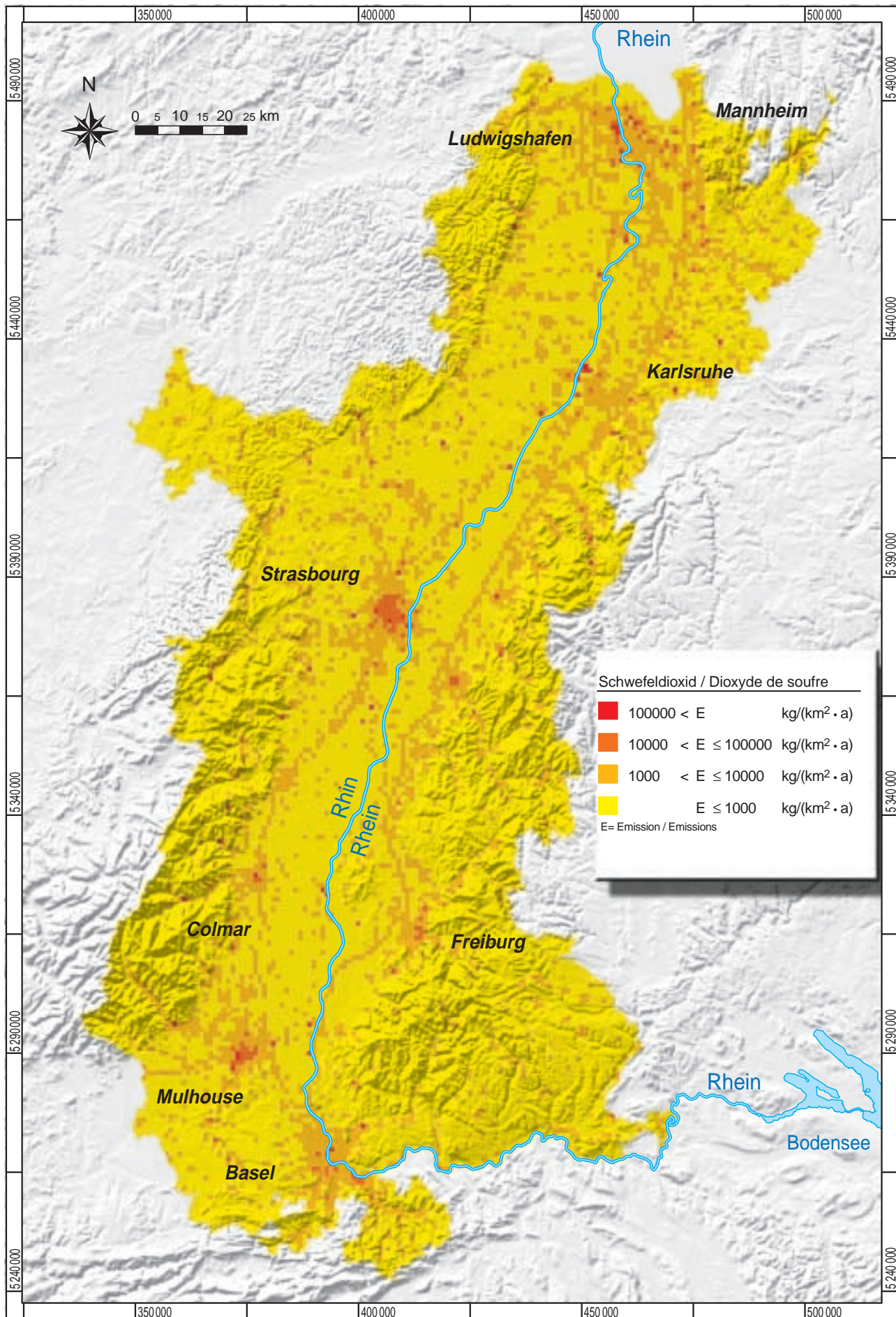
In der Karte 4.3-2 sind die **Stickstoffoxid**-Emissionen aller Quellengruppen als Jahressumme für die einzelnen Rasterquadrate dargestellt. Die Stickstoffoxid-Emissionen des Projektgebietes verursacht zum überwiegenden Teil der Straßenverkehr, gefolgt von der Quellengruppe Industrie und Gewerbe und in geringerem Umfang von den Feuerungsanlagen in Haushalten und bei Kleinverbrau-

4.3 Emissions spatialisées

Sur les cartes 4.3-1 à 4.3-6, les données des émissions annuelles sont représentées pour une superficie précise, conformément au système de coordonnées UTM, avec un maillage de 1 km, en kg de polluants pour 1 km². La carte 4.3-1 présente les émissions de **dioxyde de soufre** pour toutes les catégories de sources, sous forme de valeurs annuelles par km². Dans l'ensemble de la zone d'étude, le secteur industrie - P.M.E./P.M.I. produit de loin le taux le plus élevé d'émissions de SO₂, suivi par le secteur logements et petites installations de combustion. Le trafic ne contribue aux rejets de dioxyde de soufre que pour un pourcentage relativement faible.

Dans leur ensemble, les émissions de SO₂ dans la zone d'étude sont relativement homogènes. Seules les grandes zones de Strasbourg et de Mulhouse présentent des émissions plus élevées. Certains maillages bien délimités, à l'écart des voies à grande circulation et souvent aussi hors des grandes agglomérations, font ressortir des sources SO₂ qui marquent le site des gros émetteurs individuels du secteur industrie - P.M.E./P.M.I. Pour le dioxyde de soufre, les plus gros émetteurs individuels sont les centrales de chauffage industrielles et publiques ainsi que l'industrie pétrolière. Les émissions de SO₂ des moteurs diesels du trafic routier, et ici notamment des véhicules utilitaires, proviennent des routes à grande circulation, à proximité des nœuds routiers (par ex. échangeurs d'autoroutes) et dans les zones urbaines avec une circulation importante. Les émissions du secteur logements et petites installations de combustion présentent un caractère plutôt surfacique. Les polluants de cette catégorie de sources sont émis dans les zones habitées et principalement dans le centre-ville et dans les agglomérations.

La carte 4.3-2 représente le total annuel des émissions **d'oxydes d'azote** de toutes les catégories de sources pour les différents maillages. Les émissions d'oxydes d'azote de la zone d'étude sont provoquées en majeure partie par le trafic routier, suivi par le secteur industrie - P.M.E./P.M.I. et, à raison d'un pourcentage moins élevé, par le secteur logements et petites installations de combustion. En



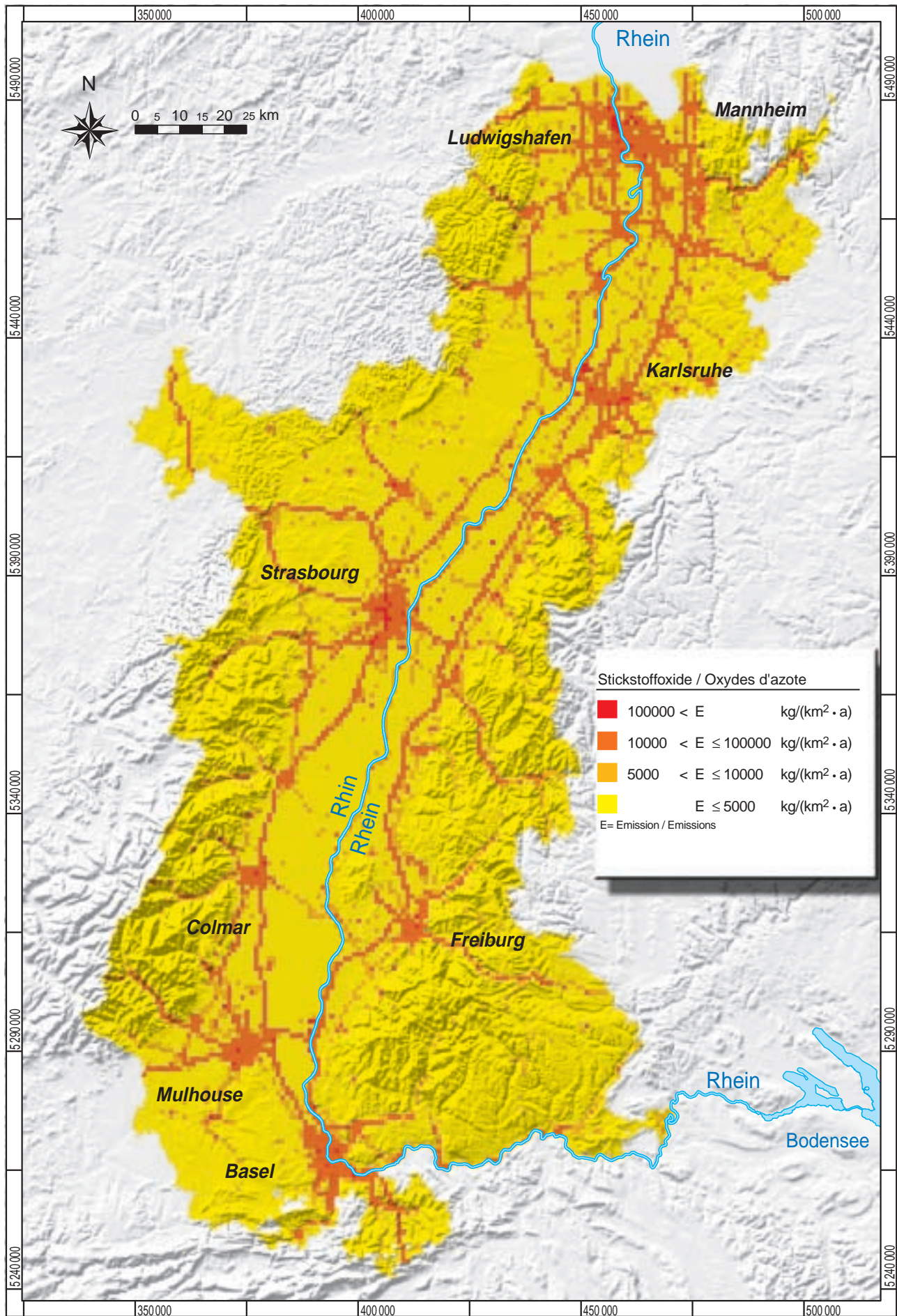
Karte 4.3-1: Emissionen an Schwefeldioxid SO₂ für alle Quellengruppen.
Carte 4.3-1 : Emissions de dioxyde de soufre SO₂ pour toutes les catégories de sources.

chern. Dementsprechend werden die höchsten Belastungen entlang der Autobahnen und Bundesstraßen beobachtet. Die Kerngebiete der größeren Städte weisen ähnlich hohe Flächenbelastungen auf wie die Autobahnabschnitte. Die Straßenverläufe innerhalb des Projektgebietes treten aufgrund des hohen Beitrages, den der Straßenverkehr an den NO_x -Gesamtemissionen aufweist, sehr viel deutlicher hervor als bei den Schwefeldioxid-Emissionen mit relativ geringem Verkehrsanteil. Die bei den Schwefeldioxid-Emissionen in Karte 4.3-1 auffallenden industriellen Einzelmittenten treten auch im Falle der Stickstoffoxid-Emissionen bei der räumlichen Darstellung der Ergebnisse deutlich hervor.

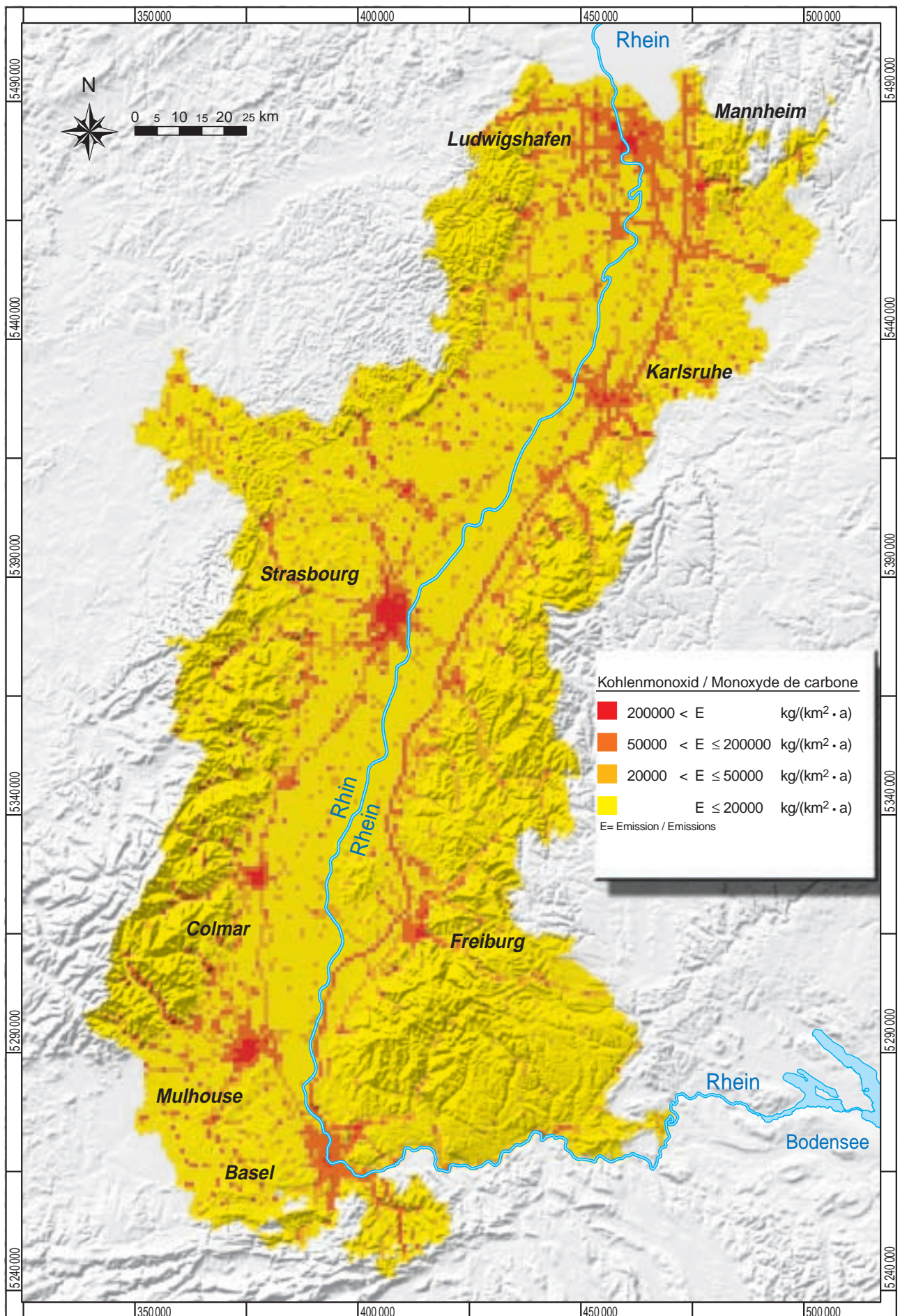
Den größten Anteil an den **Kohlenmonoxid**-Emissionen in Karte 4.3-3 trägt der Straßenverkehr gefolgt von der Quellengruppe Feuerungsanlagen in Haushalten und bei Kleinverbrauchern. Die Quellengruppe Industrie und Gewerbe hat bei den CO-Emissionen regional nur eine untergeordnete Bedeutung. Diese Verhältnisse spiegeln sich auch in den Rasterdaten der räumlichen Emissionsdarstellung wider. Die Straßenzüge mit höherer Verkehrsbelastung lassen sich anhand der Kohlenmonoxid-Emissionen entlang der Straßen ähnlich wie bei den Stickstoffoxid-Emissionen leicht identifizieren. Im Gegensatz zu den NO_x -Emissionen treten bei den CO-Emissionen die innerstädtischen Bereiche deutlicher hervor. Dies liegt unter anderem durch den im Vergleich zu den Stickstoffoxid-Emissionen höheren Beitrag der Quellengruppe Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher zu den CO-Gesamtemissionen. In den Innenstadtbereichen derjenigen Gemeinden, die höhere Anteile an Festbrennstoffen oder auch an Heizöl zur Deckung ihres Energiebedarfs im Haushalts- und Kleinverbrauchersektor aufweisen, sind die Kohlenmonoxid-Emissionen erhöht. Die hohen Massenströme einzelner, eng begrenzter Rasterquadrate werden auch bei diesem Schadstoff durch Großemittenten der Quellengruppe Industrie und Gewerbe verursacht.

conséquence, la pollution la plus importante est enregistrée le long des autoroutes et des routes nationales. Les centres-villes présentent des pollutions surfaciques aussi élevées que les sections d'autoroutes. En raison de la forte contribution du trafic routier aux émissions totales de NO_x , les tracés des routes dans la zone d'étude ressortent beaucoup plus nettement que pour les émissions de dioxyde de soufre avec un apport relativement faible du trafic routier. Les émetteurs industriels individuels constatés dans les émissions de dioxyde de soufre sur la carte 4.3-1 ressortent également dans la représentation spatiale des résultats pour les émissions d'oxydes d'azote.

Sur la carte 4.3-3, la majeure partie des émissions de **monoxyde de carbone** provient du trafic routier, suivi par le secteur logements et petites installations de combustion. Le secteur industrie - P.M.E./P.M.I. n'a qu'une importance secondaire au niveau régional pour les émissions de CO. Cette situation se retrouve également dans les données de mailles de la représentation spatiale des émissions. Les voies où la pollution plus élevée est due à la circulation sont faciles à identifier à l'aide des émissions de monoxyde de carbone le long du tracé, exactement comme pour les émissions d'oxydes d'azote. Contrairement aux émissions de NO_x , les zones urbaines ressortent nettement pour les émissions de CO. Cela est dû entre autres au fait que la contribution du secteur logements et petites installations de combustion aux émissions totales de CO est plus importante que celle des émissions d'oxydes d'azote. Dans les centres-villes des communes qui consomment davantage de combustibles solides ou de fuel domestique pour couvrir leurs besoins énergétiques dans le secteur logements et petites installations de combustion, les émissions de monoxyde de carbone sont plus élevées. Pour ce polluant, les flux massiques importants des différents maillages délimités sont également provoqués par les gros émetteurs du secteur industrie - P.M.E./P.M.I..



Karte 4.3-2: Emissionen an Stickstoffoxiden NO_x für alle Quellengruppen.
Carte 4.3-2 : Emissions d'oxydes d'azote NO_x pour toutes les catégories de sources.



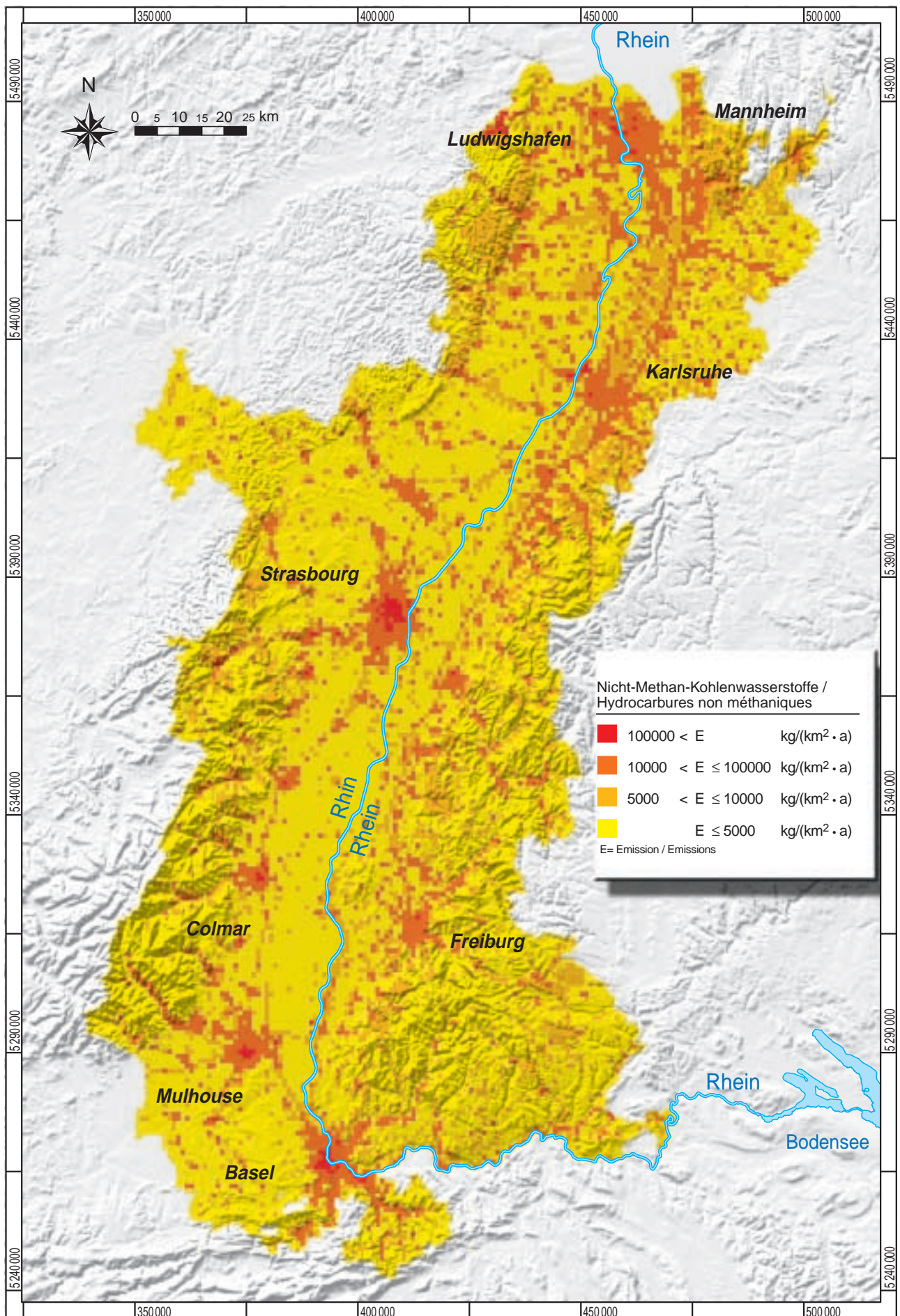
Karte 4.3-3: Emissionen an Kohlenmonoxid CO für alle Quellengruppen.
Carte 4.3-3 : Emissions de Monoxyde de carbone CO pour toutes les catégories de sources.

Die Karte 4.3-4 zeigt die Freisetzungen an **Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffen** in den Rasterquadraten des Projektgebietes. Hier beobachtet man eine eher flächendeckende Verbreitung der Emissionen mit Schwerpunkten in den Gebieten Ludwigshafen/Mannheim, Karlsruhe/Rastatt, Straßburg, Freiburg, Colmar, Mülhausen und Basel-Stadt. Zwar hat die Quellengruppe Industrie und Gewerbe die größten Anteile an den NMVOC-Emissionen im Projektgebiet, jedoch sind auch die biogenen und sonstigen anthropogenen Quellen mit einem Anteil von über 30 % an den Gesamtemissionen beteiligt. Dies drückt sich z. B. in den erhöhten, eher flächendeckenden Emissionen in Gebieten mit größeren Nadelwaldanteilen wie im Pfälzer Wald oder im Schwarzwald und den Vogesen aus. Aber auch die Emissionen aus der Anwendung lösemittelhaltiger Produkte in Haushalten und Gewerbebetrieben, die ebenfalls eher flächendeckend auftreten, sind für die großflächigen NMVOC-Freisetzungen verantwortlich. Der Verkehr hat nur einen Anteil von etwa einem Viertel der NMVOC-Emissionen des Projektgebietes, weshalb sich die Straßenzüge bei der Rasterdarstellung dieses Schadstoffes nicht so deutlich von der Umgebung abheben wie bei den anorganischen Gasen NO_x oder CO. Die Quellengruppe Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher spielt beim NMVOC nur eine untergeordnete Rolle.

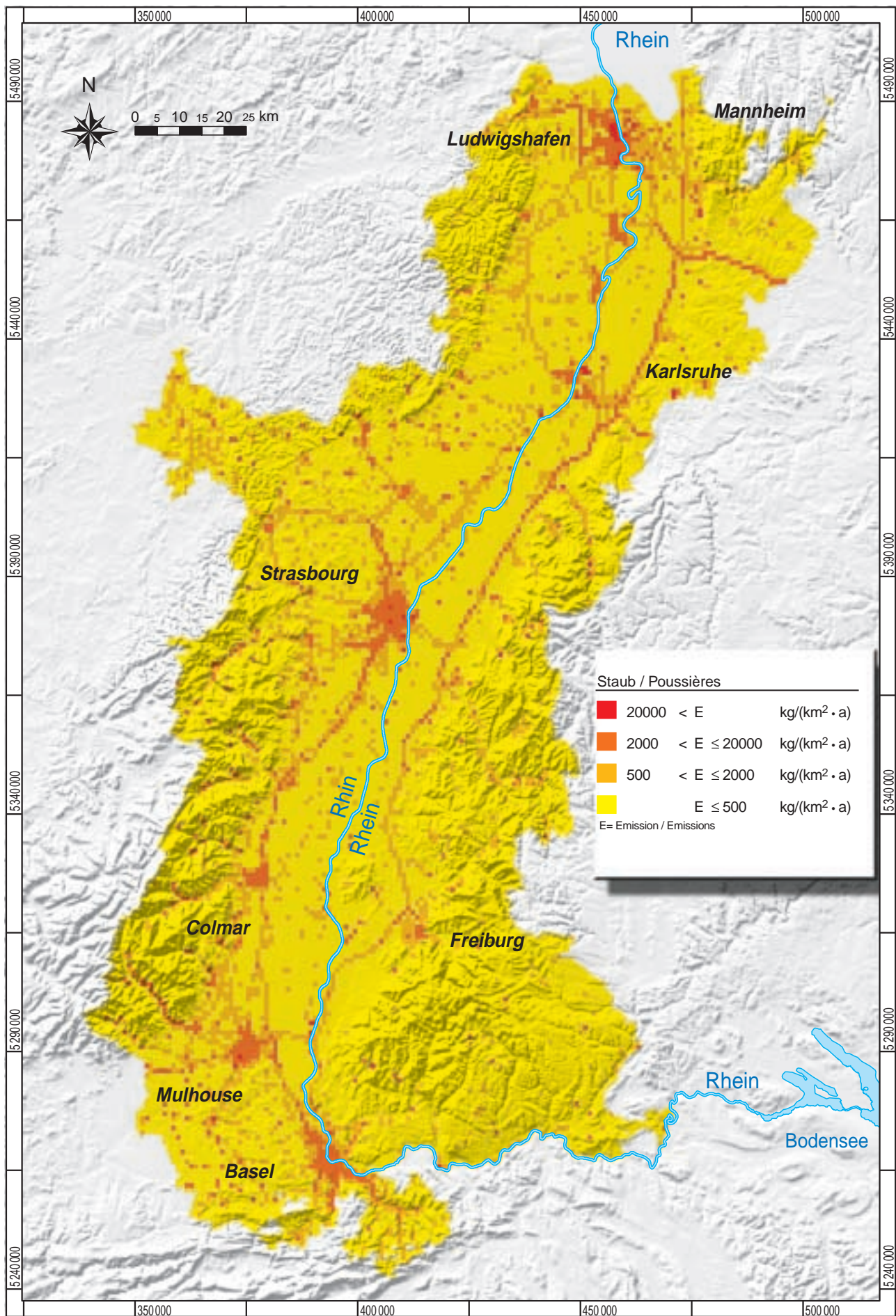
Bei den **Gesamtstaub**-Emissionen in Karte 4.3-5 haben die Quellengruppen Industrie und Gewerbe sowie der Straßenverkehr die größten Anteile an den Emissionen. Aber auch die Feuerungsanlagen in Haushalten und bei Kleinverbrauchern verursachen noch etwa ein Viertel der Gesamtstaubemissionen. Im Gegensatz zu den bisher diskutierten Schadstoffen gibt es bei den Stäuben also keine emissionsseitig hervorstechende Quellengruppe, die die Hauptlast der Staubbefreiungen im Projektgebiet trägt. Die Rasterkarte bildet die Autobahnen und autobahnähnlichen Straßen mit hohem Verkehrsaufkommen, ähnlich wie bei den Stickstoffoxiden, deutlich ab. Aber auch Einzelmitteln der Quellengruppe Industrie und Gewerbe mit einem relativ großen, jedoch lokal begrenzten Staubausswurf lassen sich identifizieren. Die größeren Städte und Ballungsgebiete treten aufgrund der Staubemissionen aus den Feuerungsanlagen in Haushalten

La carte 4.3-4 montre les émissions **d'hydrocarbures non méthaniques** dans les maillages de la zone d'étude. On remarque ici une diffusion plutôt spatiale des émissions avec un point principal dans les régions Ludwigshafen/Mannheim, Karlsruhe/Rastatt, Strasbourg, Freiburg, Colmar, Mulhouse et Bâle-ville. Le secteur industrie - P.M.E./P.M.I. provoque certes beaucoup plus d'émissions de COVNM dans la zone d'étude, la contribution des sources biogènes et des sources anthropiques divers aux émissions totales étant néanmoins de plus de 30 %. Cela s'exprime par exemple par le fait que les émissions spatiales sont plus élevées dans les zones où il y a davantage de forêts de conifères, comme dans la Forêt du Palatinat, en Forêt Noire ou dans les Vosges. Les émissions dues à l'utilisation de produits à base de solvants dans le secteur résidentiel et les entreprises industrielles se manifestent plutôt sur de grandes surfaces, provoquant les rejets de COVNM à grande échelle. Le trafic ayant un pourcentage de seulement un quart des émissions de COVNM de la zone d'étude, les tracés des routes ne ressortent pas aussi nettement des alentours dans la représentation par maillage que pour les gaz inorganiques NO_x ou CO. Le secteur logements et petites installations de combustion ne joue qu'un rôle secondaire pour les COVNM.

Sur la carte 4.3-5, le secteur industrie - P.M.E./P.M.I. et le trafic routier provoquent le plus d'émissions de **poussières totales**. Le secteur logements et petites installations de combustion provoquent néanmoins encore un quart des émissions de poussières totales. A la différence des polluants considérés jusqu'ici, dans les poussières il n'y a aucune catégorie de sources qui ressorte vraiment et qui émette la plus grande partie de la pollution de la zone d'étude. La carte par mailles fait nettement ressortir les autoroutes et les grands axes à circulation intense, tout comme pour les oxydes d'azote. On peut également identifier les émetteurs individuels du secteur industrie - P.M.E./P.M.I. avec un rejet de poussières relativement important mais localement délimité. En raison des émissions de poussières provoquées par le secteur logements et petites installations de combustion, et notamment lors de la consommation de combustibles solides et de fuel



Karte 4.3-4: Emissionen an Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffen NMVOC für alle Quellengruppen.
Carte 4.3-4 : Emissions des hydrocarbures non méthaniques COVMN pour toutes les catégories de sources.



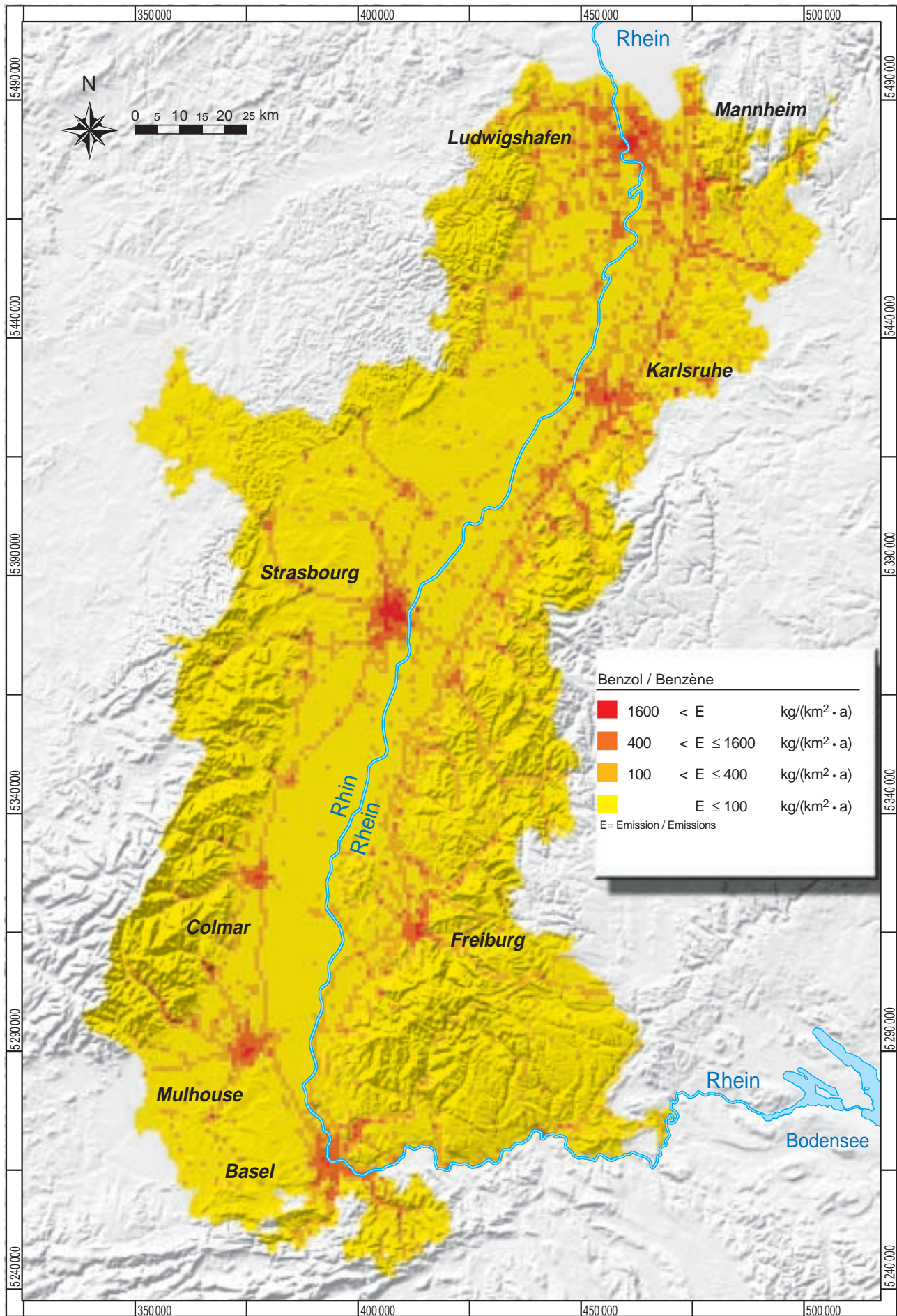
Karte 4.3-5: Emissionen an Staub für alle Quellengruppen (inkl. Ruß).
Carte 4.3-5 : Emissions de poussières pour toutes les catégories de sources (y compris la suie).

und bei Kleinverbrauchern, und hier vor allem beim Einsatz von Festbrennstoffen und von Heizöl, in Verbindung mit den Emissionen aus dem Straßenverkehr als eher flächenhafte Belastung hervor.

Die Karte 4.3-6 zeigt die **Benzol**freisetzungen im Projektgebiet für alle Quellengruppen an. Etwa 90 % der Benzol-Emissionen des Projektgebietes verursacht der Straßenverkehr. Die Quellengruppen Industrie und Gewerbe und Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher teilen sich in etwa die restlichen 10 %. Die Rasterdaten zeichnen auch beim Benzol die verkehrsreichen Autobahnen und autobahnähnlichen Straßen nach. Die Kernbereiche der Innenstädte mit ihrem hohem Verkehrsaufkommen treten ebenfalls deutlich in Erscheinung. Hier spielen vor allem die erhöhten Freisetzungen aus den Kaltstartemissionen und Warmabstellvorgängen, aus den höheren Stop-and-Go-Anteilen und allgemein aus der Kraftstoffverdunstung in den Ballungszentren eine große Rolle. Größere Einzelmitteln aus der Quellengruppe Industrie und Gewerbe treten nur sehr vereinzelt in Erscheinung.

domestique, les grandes villes et agglomérations représentent plutôt une pollution surfacique qui est en rapport avec les émissions dues au trafic.

La carte 4.3-6 indique les émissions de **benzène** dans la zone d'étude pour toutes les catégories de source. Le trafic routier provoque environ 90 % des émissions de benzène de la zone d'étude. Les secteurs industrie - P.M.E./P.M.I. et logements et petites installations de combustion se partagent les 10 % restants. Les données de maillage révèlent également les autoroutes et les grandes voies à circulation intense pour le benzène. Les centres-villes avec leur circulation intense ressortent également très nettement. Ici, les sources qui jouent un grand rôle dans les agglomérations sont avant tout les émissions accrues qui sont provoquées par les démarrages à froid et les pertes en stationnement à moteur tiède et chaud, le trafic fréquent Stop and Go et en général l'évaporation du carburant. Les gros émetteurs individuels du secteur industrie - P.M.E./P.M.I. n'apparaissent qu'isolément, ici et là.



Karte 4.3-6: Emissionen an Benzol für alle Quellengruppen.

Carte 4.3-6 : Emissions de benzène pour toutes les catégories de sources.

4.4 Emissionen auf den Linienquellen des Straßenverkehrs

Die Karten 4.4-1 bis 4.4-3 zeigen die Jahresemissionen des Straßenverkehrs auf den Linienquellen des Projektgebietes. Wie im Anhang A1.3 dargelegt, bezeichnen Linienquellen die in der Regel höherbelasteten Hauptverkehrsstraßen (klassifiziertes Straßennetz) bis hin zu den Hauptsammel- und Gemeindeverbindungsstraßen. Exemplarisch für die Darstellung wurden die Schadstoffe NO_x , NMVOC und Benzol ausgewählt. Die Emissionen werden als Emissionsdichte auf den Linienquellenabschnitten in der Einheit Tonnen Schadstoff pro km und Jahr ausgewiesen.

In der Karte 4.4-1 sind die **Stickstoffoxid**-Emissionen des Straßenverkehrs auf den Linienquellen des Projektgebietes dargestellt. Die Autobahn A5 auf dem Oberrheintal Baden-Württemberg hebt sich in dieser Darstellung auf ihrer gesamten Länge deutlich von der Umgebung ab. Ebenso die Autobahn A6, die A61 und die A67 im Bereich Ludwigshafen/Mannheim, die A35 Mülhausen-Basel, die A36 Mülhausen Richtung Belfort, die E 25 Mülhausen-Straßburg, die A4 Straßburg Richtung Metz und die N2/N3 im Bereich Basel-Stadt und Basel-Landschaft. Diese Autobahnen und autobahnähnlichen Strecken weisen einen relativ hohen Nutzfahrzeuganteil bei gleichzeitig sehr hohem Verkehrsaufkommen auf, was die hohen NO_x -Emissionen auf diesen Streckenabschnitten verursacht. Auch wichtige Ost-West-Verbindungsstraßen in den Tälern der Vogesen und des Schwarzwaldes zeigen aufgrund des Verkehrsaufkommens und durch die höheren Emissionen an Steigungen deutlich erhöhte Werte. In den Innenstädten sind die wichtigen Umgehungsstraßen, Tangenten-Strecken und Ausfallstraßen ebenfalls anhand ihrer erhöhten Stickstoffoxid-Emissionen deutlich zu erkennen. Weniger stark befahrene Strecken wie die A65 Karlsruhe über Landau Richtung Ludwigshafen oder die Strecke Straßburg-Wörth am Rhein (A4) weisen nur abschnittsweise erhöhte Werte auf.

Anhand der Karte 4.4-2, in der die **Nicht-Methan-Kohlenwasserstoff**-Emissionen des Straßenverkehrs auf den Linienquellen dargestellt sind, lassen sich die Autobahnen

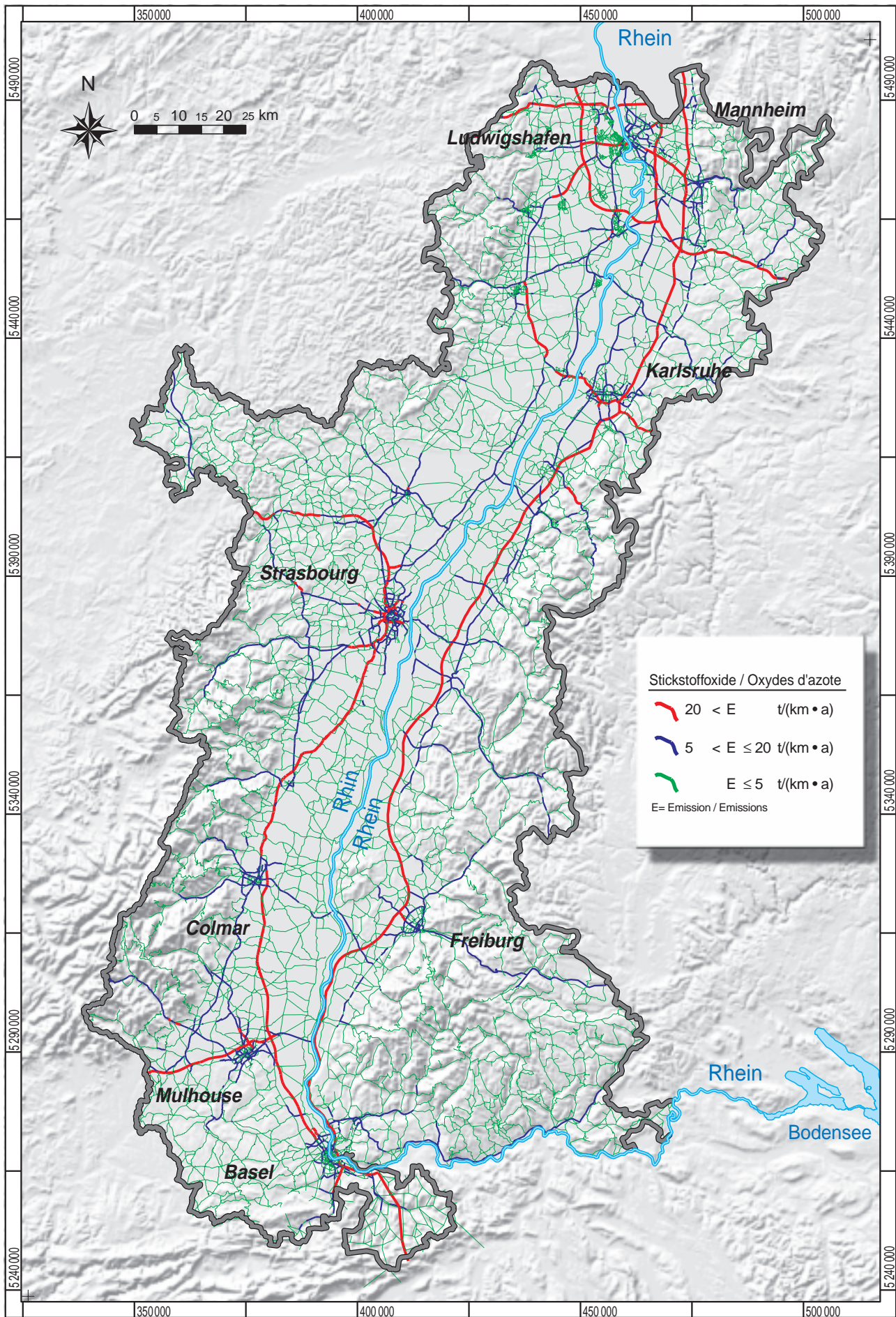
4.4 Emissions des sources linéaires du trafic routier

Les cartes 4.4-1 à 4.4-3 montrent les émissions annuelles du trafic routier sur les sources linéaires de la zone d'étude. Comme mentionné en annexe A1.3, les sources linéaires désignent les grandes voies de circulation qui sont généralement plus fortement polluées (réseau routier classé) ainsi que les principales voies de raccordement et de jonction entre les villes et les communes.

Les polluants NO_x , COVNM et benzène sont donnés en exemple pour la représentation. Les émissions sont classées par densité d'émissions sur les sections de sources linéaires, en tonnes de polluant par km et par an.

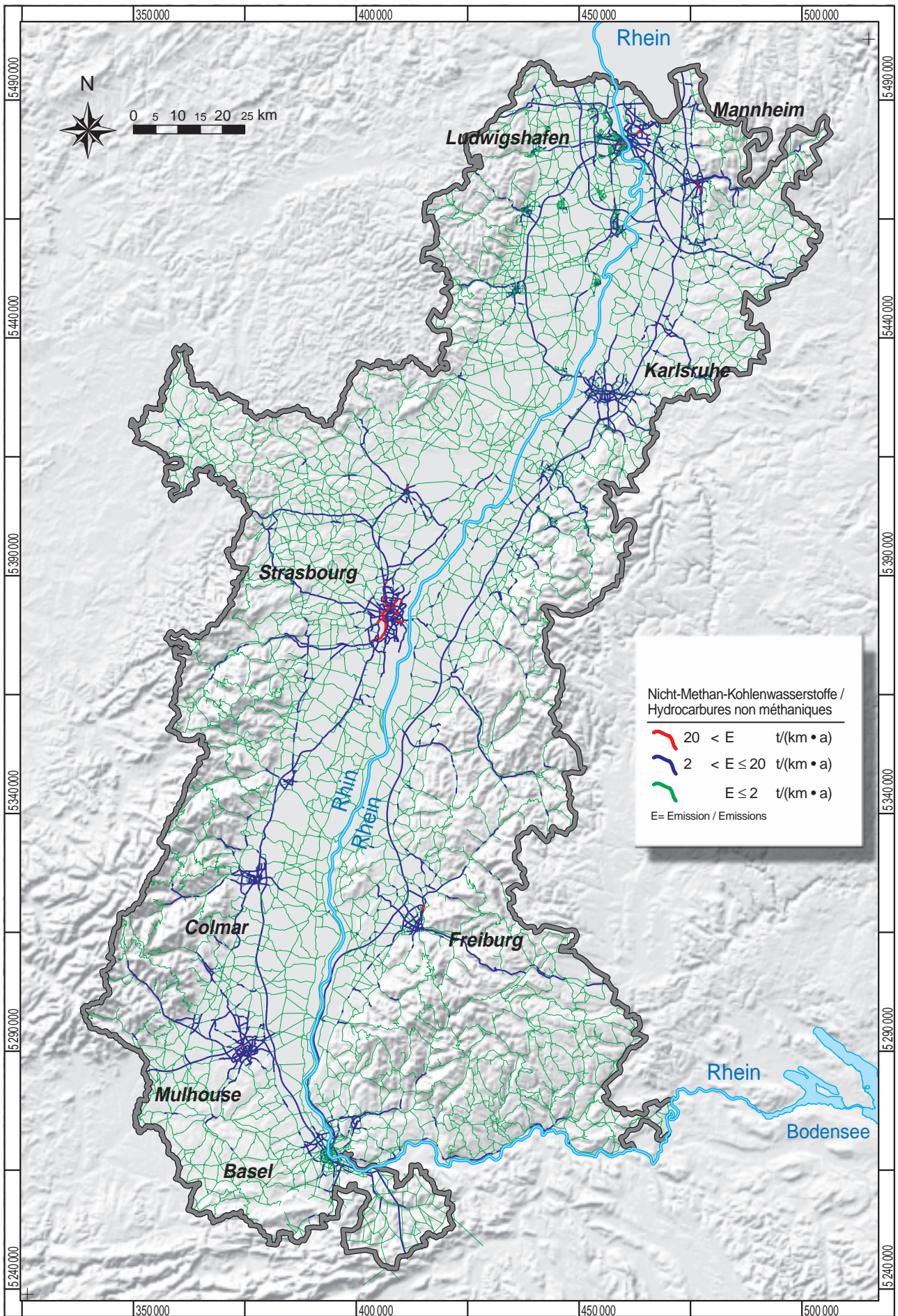
La carte 4.4-1 montre les émissions d'**oxydes d'azote** du trafic routier sur les sources linéaires de la zone d'étude. Cette représentation fait ressortir nettement l'autoroute A5 au Bade-Wurtemberg sur toute sa longueur, de même que l'autoroute A6, la A61 et la A67 dans la région de Ludwigshafen/Mannheim, la A35 Mulhouse-Bâle, la A36 Mulhouse en direction de Belfort, la E 25 Mulhouse-Strasbourg, la A4 Strasbourg en direction de Metz et la N2/N3 dans la région de Bâle-ville et Bâle-campagne. Les autoroutes et les grands axes routiers concentrent un pourcentage de véhicules utilitaires relativement élevé ainsi qu'une très forte densité de circulation, ce qui entraîne des émissions de NO_x élevées sur ces sections. Les grands axes de liaison Est-Ouest dans les vallées des Vosges et de la Forêt Noire comportent des valeurs très élevées en raison de la densité du trafic et suite à l'augmentation des émissions dans les montées. Dans les agglomérations, les principales ceintures périphériques, les rocadés et les axes de sortie ressortent nettement avec leurs pourcentages plus importants d'oxydes d'azote. Les sections à circulation moins intense telles que la A65 Karlsruhe-Landau en direction de Ludwigshafen ou la section Strasbourg-Wörth am Rhein (A4) ne présentent des valeurs élevées que par secteurs.

Sur la carte 4.4-2 où sont indiquées les émissions d'**hydrocarbures non-méthaniques** du trafic routier sur les sources linéaires, les autoroutes et les sections similaires



Karte 4.4-1: Stickstoffoxide NO_x — Emissionen des Straßenverkehrs auf den Linienquellen.

Carte 4.4-1 : Oxydes d'azote NO_x — Emissions du trafic routier sur les sources linéaires.



Karte 4.4-2: Nicht-Methan Kohlenwasserstoffe NMVOC — Emissionen des Straßenverkehrs auf den Linienquellen.

Carte 4.4-2 : Hydrocarbures non méthaniques COVNM — Emissions du trafic routier sur les sources linéaires.

und autobahnähnlichen Strecken im Gegensatz zu den Stickstoffoxid-Emissionen nur bedingt anhand ihrer Emissionsdichte identifizieren. Hier treten auch viele Nebenstraßen und Innerortsstrecken mit weniger starkem Verkehrsaufkommen als größere Emittenten auf.

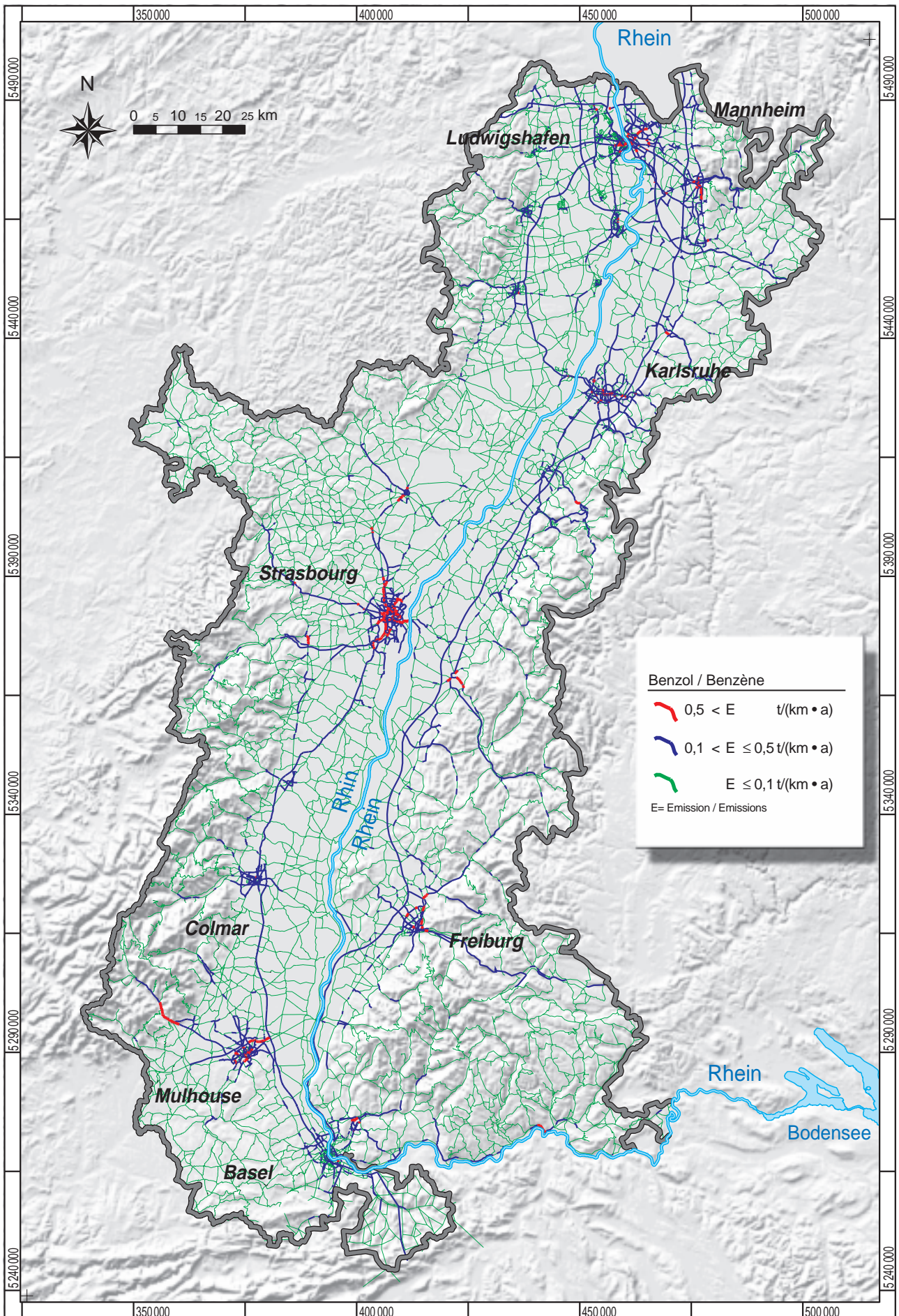
Die NMVOC-Emissionen steigen bei allen Fahrzeugarten mit sinkender Durchschnittsgeschwindigkeit deutlich an. Bei Autobahnstrecken und ausgebauten Außerortsstraßen sind die NMVOC-Emissionen pro gefahrenem Kilometer bei allen Fahrzeugarten relativ niedrig, während sie bei sinkender Durchschnittsgeschwindigkeit und im Innerortsbereich mit wachsendem 'Stop-and-Go'-Anteilen zum Teil drastisch ansteigen.

Die Karte 4.4-3 zeigt nun als letztes Beispiel die **Benzol**-Emissionen des Straßenverkehrs auf den Linienquellen des Projektgebietes. Die Charakteristik der Benzolfreisetzung entspricht qualitativ etwa den Gegebenheiten bei den NMVOC-Emissionen in Karte 4.4-2. Beim Benzol treten verstärkt die weniger befahrenen Nebenstraßen als Emittenten auf. Die spezifisch höchsten Benzol-Emissionen weisen die Fahrzeuge mit Otto-Motoren auf, während Diesel-Pkw und Diesel-Nutzfahrzeuge geringere Benzol-Emissionen pro gefahrenem Kilometer zeigen.

ne sind identifizierbar, sondern nur teilweise durch ihre Emissionsdichte, was sich auf der Karte der Emissionen von Stickstoffdioxid zeigt. Hier, von zahlreichen sekundären und interurbainen Abschnitten mit einer geringeren Dichte der Verkehrsmittel sind sie als große Emittenten klassifiziert.

Für alle Fahrzeugtypen, die Emissionen von COVNM erhöhen sich deutlich in Verbindung mit der Verringerung der durchschnittlichen Geschwindigkeit. Auf den Abschnitten von Autobahnen und interurbainen Achsen, die Emissionen von COVNM pro Kilometer sind relativ gering für alle Fahrzeugtypen; sie erhöhen sich teilweise enorm, wenn die durchschnittliche Geschwindigkeit sinkt, in Abhängigkeit von der Zunahme des Stop-and-Go-Traffik.

Das letzte Beispiel (Karte 4.4-3), bezieht sich auf die Emissionen von **benzène** im Straßenverkehr an den linearen Quellen der Studiezone. Die Charakteristik der Emissionen von benzène entspricht in etwa den Daten der Emissionen von COVNM der Karte 4.4-2. Für benzène, bemerkt man, dass die sekundären und weniger frequentierten Straßen verursachen mehr Emissionen. Die spezifischen Emissionen von benzène sind die höchsten, die von den Fahrzeugen mit Otto-Motoren kommen, während die Emissionen von Diesel-Pkw und Diesel-Nutzfahrzeugen niedriger sind pro gefahrenem Kilometer.



Karte 4.4-3: Benzol — Emissionen des Straßenverkehrs auf den Linienquellen.

Carte 4.4-3 : Benzène — Emissions du trafic routier sur les sources linéaires.

4.5 Vergleich der Schadstoffemissionen im Projektgebiet

In den Tabellen 4.5-1 bis 4.5-8 sind exemplarisch die Jahresemissionen der Schadstoffe Schwefeldioxid, Stickstoffoxide, Kohlenmonoxid, Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe, Gesamtstaub, Benzol, Benzo(a)pyren und Kohlendioxid summiert einmal für die stationären Quellen (Quellengruppen Industrie und Gewerbe, Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher sowie biogene und sonstige anthropogene Quellen) und für die mobilen Quellen (Straßenverkehr, Schiffs-, Schienen- und Luftverkehr) für jede Teilregion des Projektgebietes dargestellt. Die Angabe der Jahresemissionen erfolgt in der Regel in t/a, lediglich beim Benzo(a)pyren sind die Massenströme in kg/a angegeben. Die Prozentangaben beziehen sich auf die Anteile der stationären und mobilen Quellen der einzelnen Teilgebiete an den Gesamtemissionen der stationären bzw. mobilen Quellen im Projektgebiet.

In der Tabelle 4.5-4 sind zunächst die NMVOC-Emissionen ohne Berücksichtigung der biogenen und sonstigen anthropogenen Quellen dargestellt (Tabelle 4.5-4a). In Tabelle 4.5-4b sind die biogenen und sonstigen anthropogenen Quellen dann enthalten. Über die Angabe der reinen Massenströme hinaus werden zu Vergleichszwecken auch bezogene Angaben unter Zuhilfenahme gebietsspezifischer sozioökonomischer Daten vorgestellt. Die Bezugsjahre der Basisgrößen (Einwohnerzahlen, Bruttowertschöpfung¹, Volkseinkommen² etc.), die zur Berechnung der bezogenen Schadstoffemissionen herangezogen wurden, sind in den einzelnen Projektgebieten leicht unterschiedlich. Die Vergleichbarkeit ist jedoch im Rahmen dieser Untersuchung gewährleistet.

¹ Die Bruttowertschöpfung errechnet sich aus dem Bruttoproduktionswert (Wert der erstellten Güter und Leistungen) durch Abzug des bewerteten Materialverbrauches und der sonstigen Vorleistungen.

² Das Volkseinkommen als gleichwertige Kennzahl der Wirtschaftskraft ergibt sich aus den Arbeitnehmerentgelten sowie den Unternehmens- und Vermögenseinkommen.

4.5 Comparaison des émissions de polluants atmosphériques dans la zone d'étude

Dans les tableaux 4.5-1 à 4.5-8, les émissions annuelles des polluants dioxyde de soufre, oxydes d'azote, monoxyde de carbone, composés organiques volatils non métaniques, poussières totales, benzène, benzo(a)pyrène et dioxyde de carbone, sont cumulées d'une part pour les sources stationnaires (secteurs industrie - P.M.E./P.M.I., installations de combustion logements et petites installations, ainsi que sources biogènes et sources anthropogènes diverses) et pour les sources mobiles (trafics routier, fluvial, ferroviaire et aérien) et indiquées à titre d'exemple pour chaque territoire de la zone d'étude. Les émissions annuelles sont en général indiquées en t/a; pour le benzo(a)pyrène, les flux massiques sont indiqués en kg/a. Les indications de pourcentages se rapportent aux contributions des sources stationnaires et mobiles des différents territoires à leurs émissions totales dans la zone d'étude.

Le tableau 4.5-4 représente tout d'abord les émissions de COVNM en ne prenant pas en compte les sources biogènes et autres sources anthropogènes (tableau 4.5-4a). Le tableau 4.5-4b prend en compte les sources biogènes et autres sources anthropogènes. En plus des données relatives aux flux massiques proprement dits, les tableaux contiennent également des données socio-économiques qui sont spécifiques à la région. Les années de référence pour les paramètres de base (nombres d'habitants, Produit Intérieur Brut¹, revenu national² etc.) qui ont été prises en compte pour le calcul des émissions des polluants considérés, divergent légèrement dans les différentes parties de la zone d'étude. La similitude est néanmoins assurée dans le cadre de cette analyse.

¹ Le produit intérieur brut est de la somme des valeurs des biens et des services produits moins celles des matières premières et des produits intermédiaires.

² Le revenu national, indice équivalent de la force économique, se calcule à partir de la rémunération des salariés ainsi que du revenu des entreprises et du rendement des capitaux.

Tabelle 4.5-1: Vergleich der Schwefeldioxid-Emissionen in den Teilgebieten.

	Oberrheinenteil				Elsaß		Oberrheinenteil		Projektgebiet	
	Baden-Württemberg		Basel-Stadt/Landschaft				Rheinland-Pfalz			
	Stationäre Quellen	Mobile Quellen	Stationäre Quellen	Mobile Quellen	Stationäre Quellen	Mobile Quellen	Stationäre Quellen	Mobile Quellen	Stationäre Quellen	Mobile Quellen
Gesamt in t/a	21 402 (49%)	1 468 (49%)	1 152 (3%)	97 (3%)	16 210 (37%)	1 018 (34%)	4 926 (11%)	413 (14%)	43 689	2 996
kg/Einwohner	6,5	0,4	2,5	0,2	9,5	0,6	5,7	0,5	6,9	0,5
kg/ha Gesamtfläche	23	2	21	2	20	1	21	2	21	1
g/km Fahrleistung		0,05		0,04		0,08		0,06		0,06
g/EURO B/V ¹	0,3	0,02	0,1	0,01	0,5	0,03	0,3	0,02	0,3	0,02

¹ Bruttowertschöpfung zu Marktpreisen bzw. in Basel-Stadt/Landschaft Volkseinkommen für 1996

Tabelle 4.5-2: Vergleich der Stickstoffoxid-Emissionen in den Teilgebieten.

	Oberrheinenteil				Elsaß		Oberrheinenteil		Projektgebiet	
	Baden-Württemberg		Basel-Stadt/Landschaft				Rheinland-Pfalz			
	Stationäre Quellen	Mobile Quellen	Stationäre Quellen	Mobile Quellen	Stationäre Quellen	Mobile Quellen	Stationäre Quellen	Mobile Quellen	Stationäre Quellen	Mobile Quellen
Gesamt in t/a	21 477 (45%)	41 493 (51%)	1 658 (3%)	3 559 (4%)	13 527 (28%)	24 823 (30%)	10 955 (23%)	11 896 (15%)	47 616	81 771
kg/Einwohner	7	13	4	8	8	14	13	14	8	13
kg/ha Gesamtfläche	23	44	30	64	16	30	46	50	23	40
g/km Fahrleistung		1,5		1,5		1,9		1,6		1,6
g/EURO B/V ¹	0,3	0,5	0,1	0,3	0,4	0,7	0,6	0,7	0,3	0,5

¹ Bruttowertschöpfung zu Marktpreisen 1996 bzw. in Basel-Stadt/Landschaft Volkseinkommen für 1996

Tabelle 4.5-3: Vergleich der Kohlenmonoxid-Emissionen in den Teilgebieten.

	Oberrheinenteil				Elsaß		Oberrheinenteil		Projektgebiet	
	Baden-Württemberg		Basel-Stadt/Landschaft				Rheinland-Pfalz			
	Stationäre Quellen	Mobile Quellen	Stationäre Quellen	Mobile Quellen	Stationäre Quellen	Mobile Quellen	Stationäre Quellen	Mobile Quellen	Stationäre Quellen	Mobile Quellen
Gesamt in t/a	15 880 (16%)	137 054 (50%)	2 663 (3%)	11 539 (4%)	65 805 (65%)	83 431 (31%)	17 079 (17%)	39 451 (15%)	101 426	271 475
kg/Einwohner	5	42	6	25	38	49	20	46	16	43
kg/ha Gesamtfläche	17	145	48	208	80	101	72	167	49	132
g/km Fahrleistung		5		4,7		6,2		5,4		5,3
g/EURO B/V ¹	0,2	1,6	0,2	0,8	1,9	2,4	0,9	2,2	0,7	1,8

¹ Bruttowertschöpfung zu Marktpreisen 1996 bzw. in Basel-Stadt/Landschaft Volkseinkommen für 1996

Tabelle 4.5-4a: Vergleich der Nicht-Methan-Kohlenwasserstoff-Emissionen in den Teilgebieten (ohne biogene / sonstige anthropogene Quellen).

	Oberrheinteil				Elsaß		Oberrheinteil		Projektgebiet	
	Baden-Württemberg		Basel-Stadt/Landschaft		Stationäre Quellen	Mobile Quellen	Rheinland-Pfalz		Stationäre Quellen	Mobile Quellen
	Stationäre Quellen	Mobile Quellen	Stationäre Quellen	Mobile Quellen			Stationäre Quellen	Mobile Quellen		
Gesamt in t/a	18 009 (28%)	21 893 (46%)	4 915 (8%)	1 966 (4%)	35 760 (55%)	17 816 (37%)	6 712 (10%)	6 044 (13%)	65 396	47 719
kg/Einwohner	5	7	11	4	21	10	8	7	10	8
kg/ha Gesamtfläche	19	23	89	35	43	22	28	26	32	23
g/km Fahrleistung		0,8		0,8		1,3		0,8		0,9
g/EURO B/V ¹	0,2	0,3	0,4	0,1	1	0,5	0,4	0,3	0,4	0,3

¹ Bruttowertschöpfung zu Marktpreisen 1996 bzw. in Basel-Stadt/Landschaft Volkseinkommen für 1996

Tabelle 4.5-4b: Vergleich der Nicht-Methan-Kohlenwasserstoff-Emissionen in den Teilgebieten (mit biogenen / sonstigen anthropogenen Quellen).

	Oberrheinteil				Elsaß		Oberrheinteil		Projektgebiet	
	Baden-Württemberg		Basel-Stadt/Landschaft		Stationäre Quellen	Mobile Quellen	Rheinland-Pfalz		Stationäre Quellen	Mobile Quellen
	Stationäre Quellen	Mobile Quellen	Stationäre Quellen	Mobile Quellen			Stationäre Quellen	Mobile Quellen		
Gesamt in t/a	47 676 (40%)	21 893 (46%)	7 801 (7%)	1 966 (4%)	50 122 (42%)	17 816 (37%)	13 026 (11%)	6 044 (13%)	118 625	47 719
kg/Einwohner	14	7	17	4	29	10	15	7	19	8
kg/ha Gesamtfläche	50	23	141	35	61	22	55	26	58	23
g/km Fahrleistung		0,8		0,8		1,3		0,8		0,9
g/EURO B/V ¹	0,6	0,3	0,6	0,1	1,5	0,5	0,7	0,3	0,8	0,3

¹ Bruttowertschöpfung zu Marktpreisen 1996 bzw. in Basel-Stadt/Landschaft Volkseinkommen für 1996

Tabelle 4.5-5: Vergleich der Gesamtstaub-Emissionen in den Teilgebieten.

	Oberrheinteil				Elsaß		Oberrheinteil		Projektgebiet	
	Baden-Württemberg		Basel-Stadt/Landschaft		Stationäre Quellen	Mobile Quellen	Rheinland-Pfalz		Stationäre Quellen	Mobile Quellen
	Stationäre Quellen	Mobile Quellen	Stationäre Quellen	Mobile Quellen			Stationäre Quellen	Mobile Quellen		
Gesamt in t/a	2 719 (36%)	1 512 (40%)	324 (4%)	134 (4%)	3 193 (42%)	1 724 (45%)	1 393 (18%)	427 (11%)	7 630	3 796
kg/Einwohner	0,8	0,5	0,7	0,3	1,9	1	1,6	0,5	1,2	0,6
kg/ha Gesamtfläche	3	2	6	2	4	2	6	2	4	2
g/km Fahrleistung		0,05		0,05		0,13		0,06		0,07
g/EURO B/V ¹	0,03	0,02	0,02	0,01	0,09	0,05	0,08	0,02	0,05	0,03

¹ Bruttowertschöpfung zu Marktpreisen 1996 bzw. in Basel-Stadt/Landschaft Volkseinkommen für 1996

Tabelle 4.5-6: Vergleich der Benzol-Emissionen in den Teilgebieten.

	Oberrheinenteil				Elsaß				Oberrheinenteil		Projektgebiet	
	Baden-Württemberg		Basel-Stadt/Landschaft		Elsaß		Rheinland-Pfalz		Stationäre	Mobile	Stationäre	Mobile
	Stationäre	Mobile	Stationäre	Mobile	Stationäre	Mobile	Stationäre	Mobile	Quellen	Quellen	Quellen	Quellen
	Quellen	Quellen	Quellen	Quellen	Quellen	Quellen	Quellen	Quellen				
Gesamt in t/a	91 (45%)	846 (52%)	9 (5%)	79 (5%)	82 (41%)	471 (29%)	19 (9%)	232 (14%)	202	1628		
kg/Einwohner	0,03	0,3	0,02	0,2	0,05	0,3	0,02	0,3	0,03	0,3		
kg/ha Gesamtfläche	0,1	0,9	0,2	1,4	0,1	0,6	0,1	1	0,1	0,8		
g/km Fahrleistung		0,03		0,03		0,04		0,03		0,03		
g/EURO B/V ¹	0,001	0,01	0,001	0,006	0,002	0,014	0,001	0,013	0,001	0,011		

¹ Bruttowertschöpfung zu Marktpreisen 1996 bzw. in Basel-Stadt/Landschaft Volkseinkommen für 1996

Tabelle 4.5-7: Vergleich der Benzo(a)pyren-Emissionen in den Teilgebieten.

	Oberrheinenteil				Elsaß				Oberrheinenteil		Projektgebiet	
	Baden-Württemberg		Basel-Stadt/Landschaft		Elsaß		Rheinland-Pfalz		Stationäre	Mobile	Stationäre	Mobile
	Stationäre	Mobile	Stationäre	Mobile	Stationäre	Mobile	Stationäre	Mobile	Quellen	Quellen	Quellen	Quellen
	Quellen	Quellen	Quellen	Quellen	Quellen	Quellen	Quellen	Quellen				
Gesamt in kg/a	190 (11%)	78 (38%)	84 (5%)	6 (3%)	1242 (75%)	99 (49%)	150 (9%)	20 (10%)	1665	203		
g/Einwohner	0,06	0,02	0,18	0,01	0,72	0,06	0,17	0,02	0,26	0,03		
g/ha Gesamtfläche	0,2	0,08	1,51	0,12	1,51	0,12	0,63	0,08	0,81	0,1		
mg/km Fahrleistung		0,003		0,003		0,007		0,003		0,004		
mg/EURO B/V ¹	0,002	0,001	0,006	0,0005	0,036	0,003	0,008	0,001	0,011	0,001		

¹ Bruttowertschöpfung zu Marktpreisen 1996 bzw. in Basel-Stadt/Landschaft Volkseinkommen für 1996

Tabelle 4.5-8: Vergleich der Kohlendioxid-Emissionen in den Teilgebieten.

	Oberrheinenteil				Elsaß				Oberrheinenteil		Projektgebiet	
	Baden-Württemberg		Basel-Stadt/Landschaft		Elsaß		Rheinland-Pfalz		Stationäre	Mobile	Stationäre	Mobile
	Stationäre	Mobile	Stationäre	Mobile	Stationäre	Mobile	Stationäre	Mobile	Quellen	Quellen	Quellen	Quellen
	Quellen	Quellen	Quellen	Quellen	Quellen	Quellen	Quellen	Quellen				
Gesamt in t/a	24280990 (54%)	6657148 (52%)	1856189 (4%)	652054 (5%)	10183942 (22%)	3553010 (28%)	8961251 (20%)	1835676 (14%)	45282373	12697888		
kg/Einwohner	7372	2021	4089	1436	5944	2074	10345	2119	7157	2007		
kg/ha Gesamtfläche	25686	7042	33469	11757	12346	4307	37861	7756	21957	6157		
g/km Fahrleistung		241		268		265		250		250		
g/EURO B/V ¹	288	79	133	47	297	104	490	100	300	84		

¹ Bruttowertschöpfung zu Marktpreisen 1996 bzw. in Basel-Stadt/Landschaft Volkseinkommen für 1996

Tableau 4.5-1: Eléments de comparaison des émissions de dioxyde de soufre.

	Zone Rhin supérieur Bade-Wurtemberg		Bâle ville/ Bâle campagne		Alsace		Zone Rhin supérieur Rhénanie-Palatinat		zone d'étude	
	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles
Total en t/a	21 402 (49%)	1 468 (49%)	1 152 (3%)	97 (3%)	16 210 (37%)	1 018 (34%)	4 926 (11%)	413 (14%)	43 689	2 996
kg/habitant	6,5	0,4	2,5	0,2	9,5	0,6	5,7	0,5	6,9	0,5
kg/ha de superficie totale	23	2	21	2	20	1	21	2	21	1
g/km parcouru		0,05		0,04		0,08		0,06		0,06
g/EURO B/V ¹	0,3	0,02	0,1	0,01	0,5	0,03	0,3	0,02	0,3	0,02

1 B/V : Produit Interieur Brut, en suisse revenu national

Tableau 4.5-2: Eléments de comparaison des émissions d'oxyde d'azote.

	Zone Rhin supérieur Bade-Wurtemberg		Bâle ville/ Bâle campagne		Alsace		Zone Rhin supérieur Rhénanie-Palatinat		zone d'étude	
	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles
Total en t/a	21 477 (45%)	41 493 (51%)	1 658 (3%)	3 559 (4%)	13 527 (28%)	24 823 (30%)	10 955 (23%)	11 896 (15%)	47 616	81 771
kg/habitant	7	13	4	8	8	14	13	14	8	13
kg/ha de superficie totale	23	44	30	64	16	30	46	50	23	40
g/km parcouru		1,5		1,5		1,9		1,6		1,6
g/EURO B/V ¹	0,3	0,5	0,1	0,3	0,4	0,7	0,6	0,7	0,3	0,5

1 B/V : Produit Interieur Brut, en suisse revenu national

Tableau 4.5-3: Eléments de comparaison des émissions monoxyde de carbone.

	Zone Rhin supérieur Bade-Wurtemberg		Bâle ville/ Bâle campagne		Alsace		Zone Rhin supérieur Rhénanie-Palatinat		zone d'étude	
	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles
Total en t/a	15 880 (16%)	137 054 (50%)	2 663 (3%)	11 539 (4%)	65 805 (65%)	83 431 (31%)	17 079 (17%)	39 451 (15%)	101 426	271 475
kg/habitant	5	42	6	25	38	49	20	46	16	43
kg/ha de superficie totale	17	145	48	208	80	101	72	167	49	132
g/km parcouru		5		4,7		6,2		5,4		5,3
g/EURO B/V ¹	0,2	1,6	0,2	0,8	1,9	2,4	0,9	2,2	0,7	1,8

1 B/V : Produit Interieur Brut, en suisse revenu national

Tableau 4.5-4a: Eléments de comparaison des émissions d'hydrocarbures non méthaniques (sans sources biogènes et autres sources anthropogènes).

	Zone Rhin supérieur Bade-Wurtemberg		Bâle ville/ Bâle campagne		Alsace		Zone Rhin supérieur Rhénanie-Palatinat		zone d'étude	
	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles
Total en t/a	18009 (28%)	21893 (46%)	4915 (8%)	1966 (4%)	35760 (55%)	17816 (37%)	6712 (10%)	6044 (13%)	65396	47719
kg/habitant	5	7	11	4	21	10	8	7	10	8
kg/ha de superficie totale	19	23	89	35	43	22	28	26	32	23
g/km parcouru		0,8		0,8		1,3		0,8		0,9
g/EURO B/V ¹	0,2	0,3	0,4	0,1	1	0,5	0,4	0,3	0,4	0,3

1 B/V : Produit Interieur Brut, en suisse revenu national

Tableau 4.5-4b: Eléments de comparaison des émissions d'hydrocarbures non méthaniques (avec sources biogènes et autres sources anthropiques).

	Zone Rhin supérieur Bade-Wurtemberg		Bâle ville/ Bâle campagne		Alsace		Zone Rhin supérieur Rhénanie-Palatinat		zone d'étude	
	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles
Total en t/a	47676 (40%)	21893 (46%)	7801 (7%)	1966 (4%)	50122 (42%)	17816 (37%)	13026 (11%)	6044 (13%)	118625	47719
kg/habitant	14	7	17	4	29	10	15	7	19	8
kg/ha de superficie totale	50	23	141	35	61	22	55	26	58	23
g/km parcouru		0,8		0,8		1,3		0,8		0,9
g/EURO B/V ¹	0,6	0,3	0,6	0,1	1,5	0,5	0,7	0,3	0,8	0,3

1 B/V : Produit Interieur Brut, en suisse revenu national

Tableau 4.5-5: Eléments de comparaison des émissions de poussières totales.

	Zone Rhin supérieur Bade-Wurtemberg		Bâle ville/ Bâle campagne		Alsace		Zone Rhin supérieur Rhénanie-Palatinat		zone d'étude	
	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles
Total en t/a	2719 (36%)	1512 (40%)	324 (4%)	134 (4%)	3193 (42%)	1724 (45%)	1393 (18%)	427 (11%)	7630	3796
kg/habitant	0,8	0,5	0,7	0,3	1,9	1	1,6	0,5	1,2	0,6
kg/ha de superficie totale	3	2	6	2	4	2	6	2	4	2
g/km parcouru		0,05		0,05		0,13		0,06		0,07
g/EURO B/V ¹	0,03	0,02	0,02	0,01	0,09	0,05	0,08	0,02	0,05	0,03

1 B/V : Produit Interieur Brut, en suisse revenu national

Tableau 4.5-6: Eléments de comparaison des émissions de benzène.

	Zone Rhin supérieur Bade-Wurtemberg		Bâle ville/ Bâle campagne		Alsace		Zone Rhin supérieur Rhénanie-Palatinat		zone d'étude	
	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles
Total en t/a	91 (45%)	846 (52%)	9 (5%)	79 (5%)	82 (41%)	471 (29%)	19 (9%)	232 (14%)	202	1 628
kg/habitant	0,03	0,3	0,02	0,2	0,05	0,3	0,02	0,3	0,03	0,3
kg/ha de superficie totale	0,1	0,9	0,2	1,4	0,1	0,6	0,1	1	0,1	0,8
g/km parcouru		0,03		0,03		0,04		0,03		0,03
g/EURO B/V ¹	0,001	0,01	0,001	0,006	0,002	0,014	0,001	0,013	0,001	0,011

1 B/V : Produit Interieur Brut, en suisse revenu national

Tableau 4.5-7: Eléments de comparaison des émissions de benzo(a)pyrène.

	Zone Rhin supérieur Bade-Wurtemberg		Bâle ville/ Bâle campagne		Alsace		Zone Rhin supérieur Rhénanie-Palatinat		zone d'étude	
	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles
Total en kg/a	190 (11%)	78 (38%)	84 (5%)	6 (3%)	1 242 (75%)	99 (49%)	150 (9%)	20 (10%)	1 665	203
g/habitant	0,06	0,02	0,18	0,01	0,72	0,06	0,17	0,02	0,26	0,03
g/ha de superficie totale	0,2	0,08	1,51	0,12	1,51	0,12	0,63	0,08	0,81	0,1
mg/km parcouru		0,003		0,003		0,007		0,003		0,004
mg/EURO B/V ¹	0,002	0,001	0,006	0,0005	0,036	0,003	0,008	0,001	0,011	0,001

1B/V : Produit Interieur Brut, en suisse revenu national

Tableau 4.5-8: Eléments de comparaison des émissions de dioxyde de carbone.

	Zone Rhin supérieur Bade-Wurtemberg		Bâle ville/ Bâle campagne		Alsace		Zone Rhin supérieur Rhénanie-Palatinat		zone d'étude	
	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles	sources stationnaires	sources mobiles
Total en t/a	24 280 990 (54%)	6 657 148 (52%)	1 856 189 (4%)	652 054 (5%)	10 183 942 (22%)	3 553 010 (28%)	8 961 251 (20%)	1 835 676 (14%)	45 282 373	12 697 888
kg/habitant	7 372	2 021	4 089	1 436	5 944	2 074	10 345	2 119	7 157	2 007
kg/ha de superficie totale	25 686	7 042	33 469	11 757	12 346	4 307	37 861	7 756	21 957	6 157
g/km parcouru		241		268		265		250		250
g/EURO B/V ¹	288	79	133	47	297	104	490	100	300	84

1 B/V : Produit Interieur Brut, en suisse revenu national

5 IMMISSIONSKATASTER CADASTRE DES IMMISSIONS

5.1 Ziele der Messkampagne

Die Messergebnisse der Dauermessstationen des ober-rheinischen Überwachungsnetzes zum Messen der Luftverunreinigung weisen alljährlich, je nach ihrem Standort in Verkehrsnähe, in der Innenstadt, am Stadtrand oder auf dem Land (in der Ebene oder in Höhenlagen) Übereinstimmungen auf. Das hat zu der Überlegung geführt, anhand typischer Einflussgrößen im Umfeld der Messstellen ein Modell der flächenhaften Verteilung der Immissionen zu entwickeln.

Gestützt auf erste im Verlauf des Forschungsprogramms REKLIP gewonnene Erfahrungen wurde die Erstellung eines solchen Immissionskatasters im Rahmen dieser grenzübergreifenden Analyse weiter entwickelt.

Die Übertragung einer punktuellen Information in die Fläche ist unter zwei Bedingungen möglich:

- Die die Immissionssituation erklärenden oder beeinflussenden Parameter sind als Datenbank in ausreichend feiner Auflösung für das gesamte Gebiet verfügbar.
- Die signifikanten Zusammenhänge zwischen diesen Parametern und der Jahresbelastung sind erwiesen.

Die vorhandenen raumbezogenen Datenbanken über die Flächennutzung, das digitale Geländemodell und das Emissionskataster beinhalten solche beschreibenden Parameter der Standorte, die einen Einfluss auf die lokale Luftverunreinigung haben können (Bevölkerungsdichte, geographische Lage, Höhe, Emissionsdichte usw.).

Die vorhandenen Messstationen reichen jedoch nicht aus, um gesicherte Zusammenhänge zwischen diesen Parametern und der beobachteten Belastung nachzuweisen. Aus diesem Grund wurden im Rahmen einer einjährigen Messkampagne zunächst ergänzende Informationen gesammelt, um ein Immissionskataster aufstellen zu können.

Bei der Auswahl der ergänzenden Messstellen sollte daher nicht das gesamte Gebiet mit räumlich gleich verteilten punktuellen Ergebnissen abgedeckt und beschrieben wer-

5.1 Objectifs de la campagne

Les stations permanentes de mesure de la pollution de l'air exploitées par les réseaux de surveillance du Rhin supérieur présentent des analogies annuelles de résultats selon leur type d'implantation en proximité automobile, centre ville, périphérie urbaine ou zone rurale (de plaine ou d'altitude). D'où l'idée de modéliser une répartition géographique des immissions en s'appuyant sur les paramètres caractéristiques des sites de mesure.

Fort d'une première expérience acquise au cours du programme de recherche REKLIP, l'élaboration de tels cadastres des immissions a été développée dans le cadre de cette analyse transfrontalière.

Une telle redistribution spatiale d'une information ponctuelle est réalisable à une double condition :

- que les paramètres explicatifs soient disponibles en base de données à une résolution suffisamment fine sur l'ensemble du territoire.
- que des corrélations significatives entre ces paramètres et les pollutions annuelles soit établies.

Les bases de données spatialisées existantes d'occupation du sol, de modèle numérique de terrain et le cadastre des émissions qui en est partiellement issu, contiennent de tels paramètres descripteurs des sites et susceptibles d'influencer la pollution locale (densité de l'habitat, positionnement géographique, altitude, densité d'émissions, etc.).

En revanche, les stations de mesure existantes ne couvraient pas un nombre et une diversité de situations suffisants pour établir des corrélations solides entre ces paramètres et la pollution observée. C'est pourquoi l'établissement de cadastre des immissions a nécessité le recueil préalable d'informations complémentaires sous forme de campagne de mesure d'une durée d'un an.

Ainsi, le choix des sites complémentaires de mesure ne visaient pas à couvrir et décrire l'étendue du territoire avec des résultats ponctuels répartis dans l'espace. Elle

den. Ziel war vielmehr die Verknüpfung der verschiedenen Belastungssituationen mit den gespeicherten Einflussfaktoren, die somit als Schlüssel für die räumliche Verteilung der Luftverunreinigung dienen.

Ergänzend zur bereits sehr anschaulichen Kartographie der Luftverunreinigung ermöglicht es die so erstellte Immissionsdatenbank unter Verwendung eines geographischen Informationssystems (GIS) die am meisten belasteten Zonen zu lokalisieren und die Belastung der betroffenen Bevölkerung zu quantifizieren.

avait pour objectif de relier la diversité des situations de pollution aux facteurs d'influence répertoriés et servant alors de clefs de répartition de la pollution dans l'espace.

Au-delà de la cartographie de la pollution déjà très illustrative, la base de données finale d'immissions ainsi obtenue permet alors sous „Système d'Information Géographique“ (SIG) de localiser les zones les plus chargées et de quantifier la part de la population concernée.

5.2 Grundlagen für die Bewertung der Immissionsbelastung

Für die Bewertung der Luftbelastung durch gas- und partikelförmige Schadstoffe steht eine Vielzahl verschiedener Beurteilungswerte zur Verfügung. Im vorliegenden Bericht wurden für die Bewertung der erhobenen Immissionsdaten Beurteilungswerte der EU sowie der nationalen Gesetzgebung Deutschlands, Frankreichs und der Schweiz herangezogen.

Für die Ermittlung der Immissionssituation und die Beurteilung der Luftqualität sowie für Maßnahmen im Rahmen von Strategien zur Einhaltung von Grenzwerten schafft die Rahmenrichtlinie 96/62/EG „über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität“ zukünftig den Rahmen.

Die Rahmenrichtlinie wird durch Tochterrichtlinien ergänzt, in denen Beurteilungswerte festgelegt sind.

Eine ausführliche Beschreibung aller zu berücksichtigenden Regelwerke und den darin definierten Beurteilungswerten ist im Anhang A2 eingebunden.

Nach Schadstoffen geordnet zeigt Tabelle 5.2-1 eine Zusammenfassung aller für die Beurteilung von Langzeitemissionen heranzuziehender Beurteilungswerte, in Tabelle 5.2-2 sind Werte für die Beurteilung kurzzeitiger Immissionen zusammengefasst.

Um die gemessenen Daten mit den Beurteilungswerten der verschiedenen Regelwerke vergleichen zu können, müssen die Konzentrationen auf die jeweils vorgegebenen Bezugsgrößen für Druck und Temperatur bezogen werden. Generell sind die Messergebnisse im vorliegenden Bericht auf die Bezugsgrößen 20 °C und 1013 hPa bezogen, entsprechend den Bezügen der EU-Tochterrichtlinie. Die Bezugswerte für Schwebstaub der 1. Tochterrichtlinie gelten für Messbedingungen. Diese Konzentrationen sind im vorliegenden Bericht auf 15 °C und 1013 hPa bezogen.

5.2 Bases relatives à l'évaluation de la pollution par les immissions

Pour appréhender le niveau de pollution atmosphérique dû aux substances polluantes gazeuses et particulaires, il existe plusieurs valeurs d'évaluation différentes. Pour l'évaluation des données d'immissions relevées, on a fait intervenir les valeurs d'évaluation européennes ainsi que les législations nationales de l'Allemagne, la France et la Suisse.

A l'avenir, le cadre pour la détermination des immissions et l'évaluation de la qualité de l'air ainsi que pour les mesures dans le cadre des stratégies ayant pour but l'observation des valeurs limites, sera mis en œuvre par la directive cadre 96/62/C.E.E. „relative à l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air“.

La directive cadre est complétée par des directives filles qui fixent les valeurs d'évaluation.

L'annexe A2 présente une description détaillée de toutes les réglementations prises en considération et les valeurs d'évaluation qui y sont définies.

Le tableau 5.2-1 présente un résumé de toutes les valeurs d'évaluation à prendre en considération pour l'appréciation des immissions de longue durée, classées par substances polluantes; le tableau 5.2-2 résume les valeurs pour l'appréciation des immissions de courte durée.

Pour comparer les données mesurées aux valeurs d'évaluation des différentes législations, il faut que les concentrations se réfèrent aux valeurs respectives fixées pour la pression atmosphérique et la température. En général, les valeurs de mesure mentionnées dans le présent rapport se réfèrent aux valeurs 20 °C et 1013 hPa, conformément aux valeurs de la Directive européenne.

Les valeurs références de la 1ère Directive concernant les poussières en suspension sont valables pour les conditions sur 15 °C et 1013 hPa.

Tabelle 5.2-1: Beurteilungswerte der EU, des deutschen, französischen und des schweizerischen Rechts zur Beurteilung von Langzeit-Immissionen.

Zeitbezug	Beurteilungswert	Toleranz- marge	lineare Reduktion ab	zu erreichen bis	Bemerkung	Temp. / Druck	Regelwerk
Schwefeldioxid SO₂							
1 Jahr und Winter	20 µg/m ³			2005	gilt für Ökosysteme	20 °C / 1013 hPa	1. Tochterrichtlinie Schweizer LRV
1 Jahr	30 µg/m ³					9 °C / 950 hPa	
Stickstoffdioxid NO₂							
Kalenderjahr	40 µg/m ³	50 %	2001	2010	Leitwert	20 °C / 1013 hPa	1. Tochterrichtlinie Décret no 98-360 Schweizer LRV ²⁾
1 Jahr	50 µg/m ³ ¹⁾					20 °C / 1013 hPa	
1 Jahr	30 µg/m ³					9 °C / 950 hPa	
Stickstoffoxide NO_x							
1 Jahr	30 µg/m ³				gilt für Vegetation	20 °C / 1013 hPa	1. Tochterrichtlinie
Kohlenmonoxid CO							
1 Jahr	10 mg/m ³					20 °C / 1013 hPa	VDI 2310
Benzol							
1 Jahr	5 µg/m ³	100%	2003	2010	gilt in Verkehrsnähe Zielwert, nicht rechtsverbindlich Leitwert	20 °C / 1013 hPa	2. Tochterrichtlinie (Entwurf) 23. BImSchV LAI-Krebsrisikostudie Décret no 98-360
1 Jahr	10 µg/m ³					0 °C / 1013 hPa	
1 Jahr	2,5 µg/m ³					0 °C / 1013 hPa	
1 Jahr	2 µg/m ³					20 °C / 1013 hPa	
PM10-Staub							
1 Jahr	40 µg/m ³	20%	2001	2005	Leitwert	Messbedingungen	1. Tochterrichtlinie Décret no 98-360 Schweizer LRV
1. April-31. März	30 µg/m ³						
1 Jahr	20 µg/m ³						
Blei im PM10							
1 Jahr	1,5 µg/m ³	100%	2001	2005	Leitwert	Messbedingungen	VDI 2310 1. Tochterrichtlinie Décret no 98-360 Schweizer LRV
1 Jahr	0,5 µg/m ³						
1 Jahr	0,5 µg/m ³						
1 Jahr	0,5 µg/m ³						
Cadmium im PM10							
1 Jahr	1,7 ng/m ³				Zielwert, nicht rechtsverbindlich	Messbedingungen	LAI-Krebsrisikostudie Schweizer LRV ²⁾
1 Jahr	1,5 ng/m ³						
Arsen im PM10							
1 Jahr	5 ng/m ³				Zielwert, nicht rechtsverbindlich	Messbedingungen	LAI-Krebsrisikostudie
Benzo(a)pyren							
1 Jahr	1,3 ng/m ³				Zielwert, nicht rechtsverbindlich	Messbedingungen	LAI-Krebsrisikostudie
Ruß							
1 Jahr	8 µg/m ³				gilt in Verkehrsnähe Zielwert, nicht rechtsverbindlich	Messbedingungen	23. BImSchV LAI-Krebsrisikostudie
1 Jahr	1,5 µg/m ³						

1) Median der 1h-Werte

2) Schweizer Luftreinhalteverordnung

Tableau 5.2-1 : Valeurs d'évaluation de l'Union européenne, des législations allemande, française et suisse pour l'appréciation des immissions à longue échéance.

Période de référence	Valeur d'évaluation	Marge de tolérance	Réduction linéaire à partir de	à atteindre jusqu'à	Remarque	Température / pression	Réglementation
Dioxyde de soufre SO₂							
1 Année et hiver	20 µg/m ³			2005	Valable pour les écosystèmes	20 °C / 1013 hPa	1. Directive fille LRV ²⁾
1 Année	30 µg/m ³					9 °C / 950 hPa	
Dioxyde d'azote NO₂							
Année calendaire	40 µg/m ³	50 %	2001	2010	Valeur guide	20 °C / 1013 hPa	1. Directive fille Décret no 98-360 LRV ²⁾
1 Année	50 µg/m ³ ¹⁾					20 °C / 1013 hPa	
1 Année	30 µg/m ³					9 °C / 950 hPa	
Oxydes d'azote NO_x							
1 Année	30 µg/m ³				Valable pour la végétation	20 °C / 1013 hPa	1. Directive fille
Monoxyde de carbone CO							
1 Année	10 mg/m ³					20 °C / 1013 hPa	VDI 2310
Benzène							
1 Année	5 µg/m ³	100%	2003	2010	Valable pour la proximité du trafic routier	20 °C / 1013 hPa	2. Directive fille (projet) 23. BImSchV
1 Année	10 µg/m ³					0 °C / 1013 hPa	
1 Année	2,5 µg/m ³					0 °C / 1013 hPa	Etude de risque du cancer LAI Décret no 98-360
1 Année	2 µg/m ³					20 °C / 1013 hPa	
Particules PM10							
1 Année	40 µg/m ³	20%	2001	2005	Valeur guide	conditions ambiantes	1. Directive fille Décret no 98-360 LRV ²⁾
1. avril-31. mars	30 µg/m ³						
1 Année	20 µg/m ³						
Plomb dans PM10							
1 Année	1,5 µg/m ³	100%	2001	2005	Valeur guide	conditions ambiantes	VDI 2310 1. Directive fille Décret no 98-360 LRV ²⁾
1 Année	0,5 µg/m ³						
1 Année	0,5 µg/m ³						
1 Année	0,5 µg/m ³						
Cadmium dans PM10							
1 Année	1,7 ng/m ³				Valeur cible sans caractère juridique obligatoire	conditions ambiantes	Etude de risque du cancer LAI LRV ²⁾
1 Année	1,5 ng/m ³						
Arsenic dans PM10							
1 Année	5 ng/m ³				Valeur cible sans caractère juridique obligatoire	conditions ambiantes	Etude de risque du cancer LAI
Benzo(a)pyrène							
1 Année	1,3 ng/m ³				Valeur cible sans caractère juridique obligatoire	conditions ambiantes	Etude de risque du cancer LAI
Sule							
1 Année	8 µg/m ³				Valable pour la proximité du trafic routier	conditions ambiantes	23. BImSchV
1 Année	1,5 µg/m ³						

1) Valeur médiane des valeurs 1h

2) LRV: Loi suisse sur la protection de l'environnement

Tabelle 5.2-2: Beurteilungswerte der EU, des deutschen, französischen und des schweizerischen Rechts zur Beurteilung von Kurzzeit-Immissionen.

Zeitbezug	Beurteilungswert	TM	lineare Reduktion ab	zu erreichen bis	Bemerkung	Temp. / Druck	Regelwerk
Schwefeldioxid SO₂							
1 Stunde	350 µg/m ³	150 µg/m ³	2001	2005	Überschreitung ≤ 24 mal / Kalenderjahr	20 °C / 1013 hPa	1. Tochterrichtlinie
24 Stunden	125 µg/m ³			2005	Überschreitung ≤ 3 mal / Kalenderjahr	20 °C / 1013 hPa	1. Tochterrichtlinie
3 Stunden	500 µg/m ³				Alarmschwelle für menschl. Gesundheit	20 °C / 1013 hPa	1. Tochterrichtlinie
0,5 Stunden	1000 µg/m ³				Maximale Immissionskonzentration	20 °C / 1013 hPa	VDI 2310
24 Stunden	300 µg/m ³				Maximale Immissionskonzentration	20 °C / 1013 hPa	VDI 2310
1 Stunde	600 µg/m ³				Alarmschwelle	20 °C / 1013 hPa	Décret no 98-360
1 Stunde	300 µg/m ³				Informationsschwelle	20 °C / 1013 hPa	98-Arrêté
1 Stunde	400 µg/m ³				Alarmschwelle	20 °C / 1013 hPa	98-Arrêté
1 Jahr	100 µg/m ³ ¹⁾					9 °C / 950 hPa	Schweizer LRV ³⁾
24 Stunden	100 µg/m ³				höchstens 1 Überschreitung /Jahr	9 °C / 950 hPa	Schweizer LRV ³⁾
Stickstoffdioxid NO₂							
1 Stunde	200 µg/m ³	50%	2001	2010	Überschreitung ≤ 18 mal / Kalenderjahr	20 °C / 1013 hPa	1. Tochterrichtlinie
3x1 Stunde	400 µg/m ³	400 µg/m ³			Alarmschwelle für menschl. Gesundheit	20 °C / 1013 hPa	1. Tochterrichtlinie
1 Jahr	160 µg/m ³				gilt in Verkehrsnähe	0 °C / 1013 hPa	23. BImSchV
0,5 Stunden	200 µg/m ³				Maximale Immissionskonzentration	20 °C / 1013 hPa	VDI 2310
24 Stunden	100 µg/m ³				Maximale Immissionskonzentration	20 °C / 1013 hPa	VDI 2310
1 Jahr	135 µg/m ³ ²⁾				Leitwert	20 °C / 1013 hPa	Décret no 98-360
1 Jahr	100 µg/m ³ ¹⁾					9 °C / 950 hPa	Schweizer LRV ³⁾
24 Stunden	80 µg/m ³				höchstens 1 Überschreitung /Jahr	9 °C / 950 hPa	Schweizer LRV ³⁾
Kohlenmonoxid CO							
8 Stunden	10 mg/m ³	50 %	2003	2005		20 °C / 1013 hPa	2. Tochterrichtlinie (Entwurf)
0,5 Stunden	50 mg/m ³				Maximale Immissionskonzentration	20 °C / 1013 hPa	VDI 2310
24 Stunden	10 mg/m ³				Maximale Immissionskonzentration	20 °C / 1013 hPa	VDI 2310
Ozon O₃							
8 Stunden	110 µg/m ³				Gesundheitsschutz	20 °C / 1013 hPa	EU 92/72/EWG
1 Stunde	200 µg/m ³				Schutz d. Vegetation	20 °C / 1013 hPa	EU 92/72/EWG
24 Stunden	65 µg/m ³				Schutz d. Vegetation	20 °C / 1013 hPa	EU 92/72/EWG
1 Stunde	180 µg/m ³				Unterrichtung d. Bevölkerung	20 °C / 1013 hPa	EU 92/72/EWG
1 Stunde	360 µg/m ³				Auslösung des Warnsystems	20 °C / 1013 hPa	EU 92/72/EWG
0,5 Stunden	120 µg/m ³				Maximale Immissionskonzentration	20 °C / 1013 hPa	VDI 2310
1 Stunde	120 µg/m ³				höchstens 1 Überschreitung /Jahr	9 °C / 950 hPa	Schweizer LRV ³⁾
PM10-Staub							
24 Stunden	50 µg/m ³	50 %	2001	2005	höchstens 35 Überschreitung /Jahr	Messbedingungen	1. Tochterrichtlinie Schweizer LRV ³⁾
24 Stunden	50 µg/m ³				höchstens 1 Überschreitung /Jahr		

1) 95%-Wert der 1/2h-Werte

2) 98%-Wert der 1h-Werte

3) Schweizer Luftreinhalteverordnung

Tableau 5.2-2: Valeurs d'évaluation de l'Union européenne, des législations allemande, française et suisse pour l'appréciation des immissions à courte échéance.

Période de référence	Valeur d'évaluation	Marge de tolérance	Réduction linéaire à partir de	à atteindre jusqu'à	Remarque	Température / pression	Réglementation
Dioxyde de soufre SO₂							
1 Heure	350 µg/m ³	150 µg/m ³	2001	2005	Dépassement ≤ 24 fois / année calendaire	20 °C / 1013 hPa	1. Directive fille
24 Heures	125 µg/m ³			2005	Dépassement ≤ 3 fois / année calendaire	20 °C / 1013 hPa	1. Directive fille
3 Heures	500 µg/m ³				Seuil d'alerte pour la santé de l'être humain	20 °C / 1013 hPa	1. Directive fille
0,5 Heures	1000 µg/m ³				Concentration maximale d'immission	20 °C / 1013 hPa	VDI 2310
24 Heures	300 µg/m ³				Concentration maximale d'immission	20 °C / 1013 hPa	VDI 2310
1 Heure	600 µg/m ³				Seuil d'alerte	20 °C / 1013 hPa	Décret no 98-360
1 Heure	300 µg/m ³				Seuil d'information	20 °C / 1013 hPa	98-Arrêté
1 Heure	400 µg/m ³				Seuil d'alerte	20 °C / 1013 hPa	98-Arrêté
1 Année	100 µg/m ³ ¹⁾					9 °C / 950 hPa	LRV ³⁾
24 Heures	100 µg/m ³				au plus 1 dépassement / an	9 °C / 950 hPa	LRV ³⁾
Dioxyde d'azote NO₂							
1 Heure	200 µg/m ³	50%	2001	2010	Dépassement ≤ 18 fois / année calendaire	20 °C / 1013 hPa	1. Directive fille
3 Heures	400 µg/m ³	400 µg/m ³			Seuil d'alerte pour la santé de l'être humain	20 °C / 1013 hPa	1. Directive fille
1 Année	160 µg/m ³				Valable pour la proximité du trafic routier	0 °C / 1013 hPa	23. BImSchV
0,5 Heures	200 µg/m ³				Concentration maximale d'immission	20 °C / 1013 hPa	VDI 2310
24 Heures	100 µg/m ³				Concentration maximale d'immission	20 °C / 1013 hPa	VDI 2310
1 Année	135 µg/m ³ ²⁾				Valeur guide	20 °C / 1013 hPa	Décret no 98-360
1 Année	100 µg/m ³ ¹⁾					9 °C / 950 hPa	LRV ³⁾
24 Heures	80 µg/m ³				au plus 1 dépassement / an	9 °C / 950 hPa	LRV ³⁾
Monoxyde de carbone CO							
8 Heures	10 mg/m ³	50 %	2003	2005		20 °C / 1013 hPa	2. Directive fille (projet)
0,5 Heures	50 mg/m ³				Concentration maximale d'immission	20 °C / 1013 hPa	VDI 2310
24 Heures	10 mg/m ³				Concentration maximale d'immission	20 °C / 1013 hPa	VDI 2310
Ozone O₃							
8 Heures	110 µg/m ³				Protection de la santé	20 °C / 1013 hPa	EU 92/72/EWG
1 Heure	200 µg/m ³				Protection de la végétation	20 °C / 1013 hPa	EU 92/72/EWG
24 Heures	65 µg/m ³				Protection de la végétation	20 °C / 1013 hPa	EU 92/72/EWG
1 Heure	180 µg/m ³				Information de la population	20 °C / 1013 hPa	EU 92/72/EWG
1 Heure	360 µg/m ³				Déclenchement du système d'alerte	20 °C / 1013 hPa	EU 92/72/EWG
0,5 Heures	120 µg/m ³				Concentration maximale d'immission	20 °C / 1013 hPa	VDI 2310
1 Heure	120 µg/m ³				au plus 1 dépassement / an	9 °C / 950 hPa	LRV ³⁾
Particules PM10							
24 Heures	50 µg/m ³	50 %	2001	2005	au plus 35 dépassement / an	conditions ambiantes	1. Directive fille
24 Heures	50 µg/m ³				au plus 1 dépassement / an		

1) Valeur de 95 % des valeurs 1/2 h

2) Valeur de 98 % des valeurs 1 h

3) LRV: Loi suisse sur la protection de l'environnement

5.3 Lage der Messstellen

Insgesamt waren im Projektgebiet 112 Messorte zur Erfassung der Immissionskonzentrationen eingerichtet. Davon werden 71 Messstationen dauerhaft und zum Teil seit vielen Jahren von den beteiligten Ländern betrieben. 41 Messpunkte wurden zusätzlich für die Dauer eines Jahres (Juni 1998 bis Mai 1999) beprobt. Die Messpunkte wurde teilweise auf mehreren Traversen in Ost-West-Richtung angeordnet.

An den zusätzlichen Messpunkten wurden die Stichprobenmessungen mit Messfahrzeugen in der Zeit von 6.00 Uhr bis 22.00 Uhr durchgeführt. Um die Stichprobenmessungen mit den kontinuierlichen Messungen an den Messstationen vergleichen zu können, wurden Ergebnisse aus Stichprobenmessungen in einen „quasi-kontinuierlichen“ Jahresmittelwert überführt (vgl. Anhang A.2.2).

Alle Messorte wurden den Kategorien 'Verkehr', 'Stadtzentrum', 'Forst/Land' oder 'Forst/Land-Höhenlage' (über 900 m) zugeordnet. Die Zuordnung orientiert sich an der direkten Umgebung der Messorte und dient der im Kapitel 5.4 durchgeführten zusammenfassenden Auswertungen der Ergebnisse.

Karte 5.3-1 zeigt die genaue Lage der Messorte im Messgebiet, deren Zuordnung zu den genannten Kategorien sowie die jeweils praktizierte Erfassung.

Die genaue Lage und Bezeichnung der Messorte und die jeweils eingesetzten Messverfahren sowie eine Beschreibung der Mess- und Probenahmeverfahren sind ausführlich im Anhang A2 (Tabelle A2.2-1) dargestellt.

5.3 Implantation des points de mesure

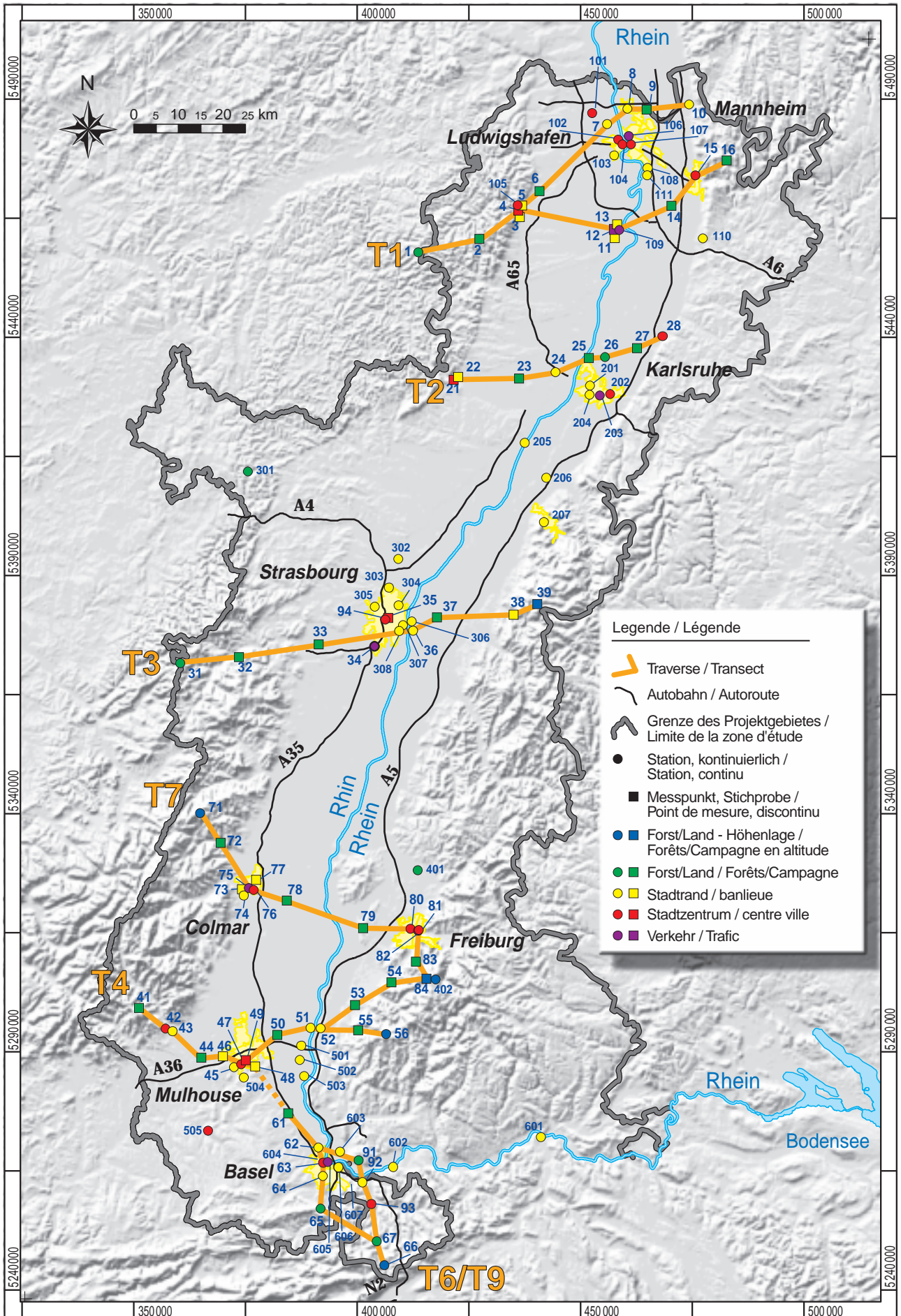
Au total, 112 points de mesure étaient disponibles pour recenser les concentrations d'immissions dans la zone d'étude, dont 71 sont exploités en continu et en partie depuis plusieurs années par les pays en question. 41 points de mesure supplémentaires ont été installés pour la durée d'une année (de juin 1998 à mai 1999). Les points de mesure ont en partie été placés sur plusieurs transects d'Ouest en Est.

Des mesures par prise d'échantillons ont été effectuées par véhicules laboratoires aux points de mesure supplémentaires de 6h00 à 22h00. Pour comparer les mesures par prise d'échantillons avec les mesures effectuées en continu aux stations de mesure, les résultats issus des mesures représentatives ont été convertis en une valeur moyenne annuelle „quasi continue“ (cf. annexe A2.2).

Tous les points de mesure ont été répartis dans les catégories 'trafic routier', 'centre-ville', 'forêts/campagne' ou 'forêt/campagne-altitude' (supérieure à 900 m).

La classification est fonction de l'environnement direct du site et sert aux évaluations des résultats effectuées en résumé dans le chapitre 5.4.

La carte 5.3-1 montre l'implantation exacte des sites ponctuels de mesure dans la zone d'étude, leur répartition ainsi que la méthode de considération respective utilisée. La situation exacte et la désignation des lieux de mesure et les méthodes de mesure respectivement utilisées ainsi qu'une description des méthodes de mesure et de prélèvement par échantillons sont présentées en détail dans l'annexe A2 (tableau A2.2-1).



Karte 5.3-1: Übersicht über die Lage der Messpunkte im Projektgebiet.

Carte 5.3-1: Implantation des points de mesure dans la zone d'étude.

5.4 Ergebnisse der Immissionsmessungen

Einen Gesamtüberblick über die Ergebnisse der im Rahmen der „Grenzübergreifenden Luftqualitätsanalyse am Oberrhein“ durchgeführten Immissionsmessungen geben die Tabellen 5.4-1 und 5.4-2. Dargestellt sind für jede Station und jeden Schadstoff der Jahresmittelwert über den Messzeitraum von Juni 1998 bis Mai 1999.

Insgesamt zeigt sich bezogen auf die Grenzwerte der EU ein Schwerpunkt der Belastung bei den Schadstoffkomponenten Stickstoffoxide (NO_x) und Benzol. Schwefeldioxid spielt nur noch eine untergeordnete Rolle.

Im Folgenden werden die Messergebnisse beispielhaft für ausgewählte Schadstoffkomponenten dargestellt.

5.4.1 Schwefeldioxid

Die Jahresmittelkonzentrationen von Schwefeldioxid liegen im Oberrheingebiet auf einem im Vergleich zu den Grenzwerten der EU und der Schweizer Luftreinhalteverordnung sehr niedrigen Niveau.

Ein Bereich leicht erhöhter SO_2 -Belastung ist in und um Straßburg festzustellen. Die dort eingerichteten Messpunkte (Nummern 35, 94, 305, 303, 302) erreichen mit Jahresmittelkonzentrationen zwischen $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ die höchsten SO_2 -Konzentrationen im Projektgebiet. Der Grenzwert der Schweizer Luftreinhalteverordnung von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ist jedoch auch hier deutlich unterschritten.

In Forstgebieten und im ländlichen Bereich des Oberrheingrabens liegen die SO_2 -Konzentrationen zwischen $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und maximal $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Selbst der für Ökosysteme definierte Grenzwert der EU von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bleibt damit deutlich unterschritten.

Überschreitungen von Kurzzeitwerten können nur an den kontinuierlich messenden Stationen überprüft werden. Tabelle 5.4-3 zeigt die während der Messzeitraums vom Juni 98 bis Mai 99 im Projektgebiet beobachteten Überschreitungen von Kurzzeitwerten für SO_2 .

Insgesamt traten an 6 Messstationen Überschreitungen der Schwellenwerte der 1. Tochterrichtlinie der EU auf, 5

5.4 Résultats des mesures d'immissions

Les tableaux 5.4-1 et 5.4-2 donnent une vue d'ensemble des résultats des mesures d'immissions effectuées dans le cadre de „l'Analyse transfrontalière de la qualité de l'air dans le Rhin supérieur“. Ils présentent la moyenne annuelle enregistrée pour chaque station et chaque polluant pendant la période de mesure de juin 1998 à mai 1999.

Au total, quand on se réfère aux valeurs limites européennes, on constate que la pollution est plus élevée pour les polluants NO_x et benzène. Le dioxyde de soufre ne joue plus qu'un rôle secondaire.

Les résultats de mesure sont donnés à titre d'exemple pour les composés de polluants sélectionnés.

5.4.1 Dioxyde de soufre

Comparées aux valeurs limites européennes et à celles de la loi suisse sur la protection de l'environnement, les concentrations moyennes annuelles de dioxyde de soufre enregistrées dans la zone du Rhin Supérieur sont à un niveau très peu élevé.

Une zone de pollution SO_2 légèrement élevée est constatée à Strasbourg et dans les environs de Strasbourg. Les points de mesure qui y sont établis (numéros 34, 94, 305, 303, 302) atteignent les concentrations de SO_2 les plus élevées de la zone d'étude avec des concentrations moyennes annuelles comprises entre $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les valeurs relevées ici sont néanmoins bien inférieures à la valeur limite de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prescrite par la loi suisse sur la protection de l'environnement.

Dans les zones forestières et rurales du fossé rhénan, les concentrations de SO_2 se situent au maximum entre $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La zone d'étude reste bien en dessous de la valeur limite européenne de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ qui est définie pour les systèmes écologiques.

Les dépassements des valeurs de mesure portant sur une courte durée peuvent être observés aux stations de mesure en continu. Le tableau 5.4-3 montre les dépassements des valeurs de mesure portant sur une courte durée qui ont été observées pour le SO_2 dans la zone d'étude pendant la période de mesure de juin 98 à mai 99.

Au total, des dépassements des valeurs seuils de la 1^{ère} directive fille européenne ont été enregistrés à 6 stations

dieser Stationen liegen in bzw. bei Straßburg. An der Messstation 207 'Strasbourg-Rhin' wurde auch der höchste 1-Stunden-Mittelwert für SO_2 von $2158 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen.

In Abbildung 5.4-1 sind die für die Kategorien 'Forst/Land', 'Stadttrand' und 'Stadtzentrum' festgestellten mittleren Konzentrationen grafisch dargestellt. Es zeigt sich, dass für die Kategorien 'Stadttrand', 'Stadtzentrum' und 'Verkehrsnähe' (nur 2 Messpunkte) die SO_2 -Belastung im Mittel auf dem selben Niveau von wenig unter $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegt. Die Kategorien 'Forst/Land' und Messpunkte in Höhenlagen über 900 m ('Forst/Land-Höhenlage') weisen mit Mittelwerten unter $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erwartungsgemäß deutlich niedrigere SO_2 -Konzentrationen auf.

Abbildung 5.4-2 zeigt die für die Kategorien festgestellten SO_2 -Jahresmittelwerte nochmals unterteilt für den Norden des Projektgebietes (südlichste Messstation: 206 'Rastatt'), den mittleren Teil (südlichster Messpunkt: 54 'Ehrenkirchen') und den Süden des Projektgebietes. Messpunkte in Höhenlagen über 900 m und in Verkehrsnähe sind gesondert zusammengefasst.

Die im Mittel höchste SO_2 -Belastung ist für Stadttrandlagen im mittleren Teil des Projektgebiets festzustellen. Hier wirken sich die bereits genannten leicht erhöht belasteten Messpunkte in Straßburg stark auf den Mittelwert aus. Insgesamt liegen die SO_2 -Konzentrationen im südlichen Teil des Projektgebietes auf dem niedrigsten Niveau, in Stadttrandlage nur wenig über der für Höhenlagen über 900 m festgestellten Belastung. In den Kategorien 'Stadttrand' und 'Forst/Land' liegen die SO_2 -Konzentrationen im Nordteil des Projektgebietes auf einem etwa doppelt so hohen - absolut gesehen aber immer noch sehr niedrigen - Niveau wie im Südteil.

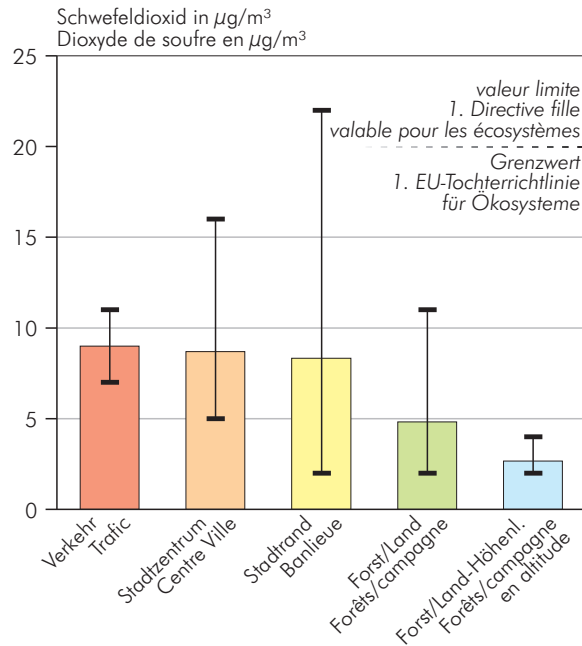


Abbildung 5.4-1: SO_2 -Jahresmittelwerte der Kategorien und Spannweiten der Messpunktmittelwerte.

Figure 5.4-1 : Moyennes annuelles de SO_2 de catégories et étendue des valeurs aux points de mesures.

de mesure : 5 de ces stations se trouvant à Strasbourg ou dans les environs de Strasbourg. La valeur moyenne horaire de $2158 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le SO_2 a été relevée à la station de mesure 207 'Strasbourg-Rhin'. La figure 5.4-1 contient une représentation graphique des concentrations moyennes enregistrées pour les catégories 'forêts/campagne', 'périphérie urbaine' et 'centre ville'. Il s'avère que pour les catégories 'périphérie urbaine', 'centre-ville' et 'proximité du trafic' (seulement 2 points de mesure), la pollution de SO_2 est en moyenne au même

niveau de $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les catégories 'forêts/campagne' et les points de mesure à des altitudes supérieures à 900 m ('forêts/campagne en altitude') présentent des concentrations de SO_2 nettement inférieures avec des moyennes au-dessous de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La figure 5.4-2 montre les valeurs moyennes de SO_2 enregistrées pour les catégories, avec une répartition pour le nord de la zone d'étude (station de mesure la plus au sud : 206 'Rastatt'), la partie centrale (point de mesure le plus au sud : 54 'Ehrenkirchen') et le sud de la zone d'étude. Les points de mesure à des altitudes supérieures à 900 m et à proximité du trafic sont regroupés séparément. La pollution de SO_2 la plus élevée en moyenne a été relevée pour les périphéries urbaines dans la partie centrale de la zone d'étude. Ici, les points de mesure déjà mentionnés à pollution légèrement élevée à Strasbourg se répercutent sur la valeur moyenne. Au total, les concentrations de SO_2 sont au niveau le plus bas dans la partie sud de la zone d'étude; dans la périphérie urbaine, elles sont légèrement au-dessus de la pollution constatée pour les altitudes supérieures à 900 m. Dans les catégories 'périphérie urbaine' et 'forêts/campagne', les concentrations de SO_2 dans la partie nord de la zone d'étude sont à un niveau deux fois plus élevé que dans la partie sud - ce niveau étant néanmoins très bas.

Tabelle 5.4-1: Jahresmittelwerte der gasförmigen Komponenten an den Messpunkten und Messstationen im Projektgebiet. Messzeitraum: Juni 98 bis Mai 99. Bezug: 20 °C, 1013 hPa.

Tableau 5.4-1 : Concentrations moyennes annuelles des composés gazeux aux points et stations de mesure dans la zone d'étude. Période de mesure : juin 98 à mai 99. Référence : 20 °C, 1013 hPa.

Nr.. Name	NO	NO ₂	SO ₂	O ₃	CO	Benzol	Toluol	mp-Xylol	o-Xylol	Ethylbenzol	Trichloräthen	Tetrachloräthen
N° Nom	NO	NO ₂	SO ₂	O ₃	CO	Benzène	Toluène	mp-Xylène	o-Xylène	Ethylbenzène	Trichloréthylène	Tétrachloréthylène
	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	mg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
Traverse 1 Transect 1												
1 Pfälzer-Wald	<NG	10	4	73	—	0,6	—	—	—	—	—	—
2 Ramberg	2	7	6	48	—	0,8	1,2	0,7	<NG	<NG	<NG	<NG
3 Neustadt-Süd	19	24	7	37	—	2,6	4,8	3,6	1,2	1,7	<NG	<NG
4 Neustadt-Mitte	29	33	9	35	—	2,3	5,0	2,9	1,5	1,4	<NG	<NG
5 Neustadt-Nord	12	19	7	39	—	1,3	1,9	1,6	0,5	0,7	<NG	<NG
6 Neustadt-Feld	9	21	7	34	—	1,1	1,4	1,3	<NG	0,6	<NG	<NG
7 Ludwigshafen-Oppau	19	34	7	35	0,6	3,0	—	—	—	—	—	—
8 Mannheim-Nord	20	37	13	37	0,4	2,2	4,6	2,5	1,0	1,0	<NG	<NG
9 Mannheim-Gartenstadt	10	31	7	30	—	1,0	2,0	1,4	<NG	0,8	<NG	<NG
10 Weinheim	17	29	7	42	0,4	2,2	5,1	3,0	1,2	1,1	<NG	<NG
11 Speyer-Süd	21	27	8	32	—	2,1	4,6	3,8	1,3	1,6	<NG	<NG
12 Speyer-Mitte	33	38	9	32	—	3,3	7,7	5,7	1,3	2,5	<NG	<NG
13 Speyer-Nord	19	32	9	30	—	1,9	5,0	3,0	0,7	1,2	<NG	<NG
14 Oftersheim	11	22	8	35	—	1,3	3,1	2,1	0,8	1,0	<NG	<NG
15 Heidelberg	27	38	9	41	0,5	3,1	6,8	4,1	1,5	1,4	<NG	<NG
16 Altneudorf	2	17	6	36	—	1,0	1,0	0,9	<NG	<NG	<NG	<NG
umliegende Stationen Stations environnantes												
101 Frankenthal	36	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
102 Ludwigshafen-Mitte	30	43	10	—	0,7	4,0	—	—	—	—	—	—
103 Ludwigshafen-Mundenheim	33	35	8	—	0,7	—	—	—	—	—	—	—
104 Ludwigsh. -Pfalzgrafenzplatz	31	42	—	—	0,8	2,9	—	—	—	—	—	—
105 Neustadt	28	37	—	41	—	2,5	—	—	—	—	—	—
106 MA-Mitte	24	38	9	37	0,4	2,4	5,1	3,9	1,4	1,3	<NG	<NG
107 MA-Mitte-Straße	70	60	—	—	1,3	7,0	16,4	10,3	3,8	3,5	<NG	<NG
108 MA-Süd	24	36	12	40	0,4	2,0	4,4	2,6	0,9	0,9	<NG	<NG
109 Speyer	31	41	7	35	0,9	3,3	—	—	—	—	—	—
110 Wiesloch	9	27	8	43	0,3	1,6	2,8	1,6	0,6	0,6	<NG	<NG
111 Brühl	20	29	12	41	0,3	1,9	3,9	2,2	0,8	0,8	<NG	<NG
Traverse 2 Transect 2												
21 Wissembourg-Centre	10	28	8	49	—	3,4	11,0	5,2	2,0	1,4	<NG	<NG
22 Wissembourg-Nord	5	19	7	54	—	1,6	3,2	1,6	0,6	0,5	<NG	<NG
23 Büchelberg	5	15	6	45	—	1,3	3,0	1,4	0,5	0,5	<NG	<NG
24 Wörth	14	28	7	44	0,5	—	—	—	—	—	—	—
25 Eggenstein-Rheinaue	12	25	11	43	—	1,9	4,0	2,1	0,8	0,7	<NG	<NG
26 Eggenstein	18	22	8	47	0,3	1,4	2,4	1,4	0,5	0,5	<NG	<NG
27 Staffort	21	28	7	43	—	1,9	3,7	2,6	1,0	0,8	<NG	<NG
28 Bruchsal	21	37	8	39	0,4	2,3	4,6	3,8	1,4	1,2	<NG	<NG
umliegende Stationen Stations environnantes												
201 KA-Nord-West	20	36	9	43	0,4	2,0	5,3	2,9	1,0	0,9	<NG	<NG
202 KA-Mitte	43	44	8	32	0,7	3,6	7,1	4,9	1,8	1,4	<NG	<NG
203 KA-Mitte-Straße	93	63	—	—	1,8	8,4	16,7	11,8	4,4	3,4	<NG	<NG
204 KA-West	27	36	7	41	0,4	2,1	11,8	3,0	1,1	0,9	<NG	<NG
205 Nord-Est-Alsace	6	23	5	46	—	1,8	2,7	1,8	0,6	0,6	—	—
206 Rastatt	24	33	6	41	0,4	1,7	3,0	3,1	1,1	1,0	<NG	<NG
207 Baden-Baden	9	23	6	54	0,3	1,6	2,9	1,7	0,6	0,6	<NG	<NG
Traverse 3 Transect 3												
31 Vosges-Moyennes	<NG	5	3	79	—	1,2	1,6	0,6	<NG	<NG	—	—
32 Grendelbruch	2	11	2	59	—	1,0	2,0	1,3	0,5	<NG	<NG	<NG
33 Altorf/Duttlenheim	9	25	4	41	—	1,6	4,0	2,0	0,7	0,7	<NG	<NG
34 Strasbourg-IIIkirch	38	46	9	—	—	5,0	12,5	7,3	2,6	2,1	—	—
35 Strasbourg-Place-Broglie	26	54	16	34	—	3,7	10,7	6,5	2,4	1,8	<NG	<NG
36 Kehl-Süd	15	26	8	44	0,4	2,3	4,6	2,8	1,0	0,9	<NG	<NG
37 Legelshurst	8	21	6	53	—	1,5	3,3	1,6	0,6	0,5	<NG	<NG
38 Kappelrodeck	5	16	5	55	—	1,4	2,3	1,3	0,5	<NG	<NG	<NG
39 Hornisgrinde	<NG	5	2	85	—	0,8	1,1	0,5	<NG	<NG	<NG	<NG
umliegende Stationen Stations environnantes												
301 Vosges-du-Nord	<NG	10	3	59	—	1,8	2,0	1,0	<NG	<NG	—	—
302 Strasbourg-Hoerdtd	—	31	14	—	—	2,6	6,1	3,1	1,1	1,0	—	—
303 Strasbourg-Reichstett	15	34	18	—	—	3,3	7,4	3,8	1,3	1,2	—	—
304 Strasbourg-Nord	14	33	8	38	—	3,3	7,3	4,1	1,4	1,3	—	—
305 Strasbourg-Ouest	11	30	12	42	—	2,8	7,6	3,9	1,3	1,2	—	—

NG: Nachweisgrenze —: nicht gemessen
 NG: Seuil de détection —: non mesuré

Tabelle 5.4-1: Jahresmittelwerte der gasförmigen Komponenten an den Messpunkten und Messstationen im Projektgebiet. Messzeitraum: Juni 98 bis Mai 99. Bezug: 20 °C, 1013 hPa.**Tableau 5.4-1 :** Concentrations moyennes annuelles des composés gazeux aux points et stations de mesure dans la zone d'étude. Période de mesure : juin 98 à mai 99. Référence : 20 °C, 1013 hPa.

Nr. Name	NO	NO ₂	SO ₂	O ₃	CO	Benzol	Toluol	mp-Xylol	o-Xylol	Ethylbenzo	Trichlor-	Tetrachlor-
N° Nom	NO	NO ₂	SO ₂	O ₃	CO	Benzène	Toluène	mp-Xylène	o-Xylène	Ethylbenzène	Trichloréthylène	Tétrachloréthylène
	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	mg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
306 Kehl-Hafen	17	34	16	45	0,3	1,8	4,1	2,3	0,8	0,7	<NG	<NG
307 Strasbourg-Rhin	—	44	22	—	—	3,1	6,0	3,1	1,1	1,0	—	—
308 Strasbourg-Ampère	—	34	8	—	—	2,6	5,7	3,3	1,1	1,0	—	—
94 Strasbourg-Centre	21	45	15	32	—	2,9	—	—	—	—	—	—
Traverse 4 Transect 4												
41 Moosch	<NG	9	2	51	—	0,8	2,1	0,7	<NG	<NG	<NG	<NG
42 Thann	10	23	10	—	—	3,7	—	—	—	—	—	—
43 Vieux-Thann	—	21	9	—	—	4,2	7,5	2,4	0,9	0,9	—	—
44 Reiningue	5	20	2	46	—	1,0	2,8	1,3	<NG	0,5	<NG	<NG
45 Mulhouse-Sud	18	31	6	44	—	5,6	13,5	7,0	2,4	2,2	—	—
46 Lutterbach	11	29	3	41	—	2,0	5,3	3,0	1,1	0,9	<NG	<NG
47 Mulhouse-ASPA	59	51	10	—	1,2	6,0	—	—	—	—	—	—
48 Riedisheim	5	23	2	49	—	1,5	4,0	2,4	0,8	0,8	<NG	<NG
49 Mulhouse-Nord	17	45	7	37	—	5,0	15,2	9,2	3,4	2,8	<NG	<NG
50 Forêt-Harth-Nord	2	17	2	45	—	1,0	2,0	1,4	0,5	<NG	<NG	<NG
51 Chalampé	20	40	4	—	—	3,2	8,8	2,7	0,9	1,0	—	—
52 Neuenburg	12	26	6	44	0,3	1,5	3,4	2,2	0,8	0,7	<NG	<NG
53 Heitersheim	2	15	4	59	—	1,1	1,9	1,0	<NG	<NG	<NG	<NG
54 Ehrenkirchen	2	12	4	51	—	1,2	2,1	1,1	<NG	<NG	<NG	<NG
55 Badenweiler	2	16	2	48	—	1,1	1,8	1,0	<NG	<NG	<NG	<NG
56 Schwarzwald-Süd	2	5	3	83	0,1	0,6	0,8	<NG	<NG	<NG	<NG	<NG
umliegende Stationen Stations environnantes												
501 Ottmarsheim	12	27	3	—	—	4,9	9,7	3,0	1,1	1,2	—	—
502 Hombourg	7	24	9	—	—	4,1	7,2	2,5	0,9	1,0	—	—
503 Petit-Landau	8	21	9	—	—	3,6	10,1	2,5	0,9	1,0	—	—
504 Mulhouse-Est	4	19	11	58	—	3,3	8,1	2,8	0,9	1,0	—	—
505 Altkirch	12	25	5	—	—	3,8	8,0	4,3	1,5	1,4	—	—
Traversen 6 und 9 Transect 6 et 9												
61 Sierentz	11	29	3	41	—	1,5	3,5	1,8	0,7	0,6	<NG	<NG
62 Dist.-3-Frontières	14	31	7	42	—	2,9	9,3	3,4	1,2	1,1	—	—
63 Basel-St.-Johann-Platz	18	34	7	35	—	2,3	6,5	3,5	1,4	1,2	<NG	<NG
64 Basel-Binningen	11	28	6	47	0,4	—	—	—	—	—	—	—
65 Aesch-Schlatthof	7	19	—	47	—	—	—	—	—	—	—	—
66 Waldenburg-Humbel	<NG	8	4	83	—	0,6	1,2	0,5	<NG	<NG	<NG	<NG
67 Lampenberg	2	11	6	69	—	0,7	1,5	0,6	<NG	<NG	<NG	<NG
91 Basel-Chrischona	—	—	—	77	—	—	—	—	—	—	—	—
92 Pratteln	17	31	—	39	—	—	—	—	—	—	—	—
93 Liestal-Rheinstr.	22	29	6	32	—	3,2	7,8	3,9	1,4	1,2	—	—
umliegende Stationen Stations environnantes												
601 Waldshut	14	24	7	43	0,3	1,8	3,4	1,7	0,6	0,5	<NG	<NG
602 Rheinfelden	16	31	6	42	0,4	2,2	4,9	2,6	1,0	0,8	<NG	<NG
603 Weil am Rhein	7	23	5	48	0,3	2,0	4,3	2,3	0,8	0,7	<NG	<NG
605 Basel-Feldbergstraße	90	59	—	—	1,8	8	21,9	14,4	5,7	4,5	<NG	<NG
606 Birsfelden	13	31	—	41	—	—	—	—	—	—	—	—
Traverse 7 Transect 7												
71 Hautes-Vosges	<NG	3	2	76	—	1,1	—	—	—	—	—	—
72 Kaysersberg	4	14	6	48	—	1,3	2,6	1,2	<NG	<NG	<NG	<NG
73 Colmar-Sud-Ouest	16	33	7	50	—	3,5	10,5	6,1	2,3	1,8	<NG	<NG
74 Colmar-Sud	—	25	11	47	—	5,9	11,1	3,5	1,3	1,5	—	—
75 Colmar-Centre	37	43	11	—	—	8,3	21,5	11,6	4,2	3,6	—	—
76 Colmar-Est	16	32	8	43	—	2,8	—	—	—	—	—	—
77 Colmar-Nord-Est	22	39	8	45	—	3,4	10,7	6,8	2,5	2,0	<NG	<NG
78 Kastenwald	6	19	4	48	—	1,2	2,5	1,3	<NG	<NG	<NG	<NG
79 Merdingen	6	22	5	59	—	1,4	2,9	1,7	0,6	0,5	<NG	<NG
80 Freiburg-Mitte	11	22	5	52	0,3	1,8	3,3	2,1	0,7	0,7	<NG	<NG
81 Freiburg-Verkehr	60	54	—	—	1,3	6,6	14,8	9,7	3,5	2,8	<NG	<NG
82 Freiburg-Nord	13	27	6	52	0,4	2,3	4,4	2,9	1,0	0,9	<NG	<NG
83 Langacker	3	11	2	74	—	1,3	5,1	1,3	<NG	<NG	<NG	<NG
84 Holzschlägermatte	<NG	10	2	74	—	1,1	1,8	0,9	<NG	<NG	<NG	<NG
umliegende Stationen												
401 Emmendingen	15	28	5	45	0,5	2,7	5,6	3,4	1,2	1,0	<NG	<NG
402 Schauinsland	—	6	3	84	—	—	—	—	—	—	—	—

NG: Nachweisgrenze —: nicht gemessen

NG: Seuil de détection —: non mesuré

Tabelle 5.4-2: Jahresmittelwerte der partikelförmigen Komponenten an den Messpunkten und Messstationen im Projektgebiet. Messzeitraum: Juni 98 bis Mai 99.

Tableau 5.4-2 : Concentrations moyennes annuelles des composés particuliers aux points et stations de mesure de la zone d'étude. Période de mesure : juin 98 à mai 99.

Nr. N°	Name Nom	PM10 Poussières µg/m ³	Pb Pb ng/m ³	Cd Cd ng/m ³	Ni Ni ng/m ³	As As ng/m ³	BaP BaP ng/m ³	Ruß Suie µg/m ³
Traverse 1								
Transect 1								
1	Pfälzer-Wald	11	51	3,8	<NG	3,8	0,2	1,6
2	Ramberg	—	17	<NG	<NG	<NG	<NG	<NG
3	Neustadt-Süd	43	25	<NG	<NG	2,5	0,3	<NG
4	Neustadt-Mitte	37	30	2,0	<NG	2,5	0,4	<NG
5	Neustadt-Nord	40	60	3,8	<NG	3,1	0,2	<NG
6	Neustadt-Feld	—	40	2,9	<NG	3,3	0,5	<NG
7	Ludwigshafen-Oppau	32	19	<NG	<NG	2,4	0,3	3,5
8	Mannheim-Nord	27	22	<NG	<NG	0,7	0,4	4,3
9	Mannheim-Gartenstadt	—	31	<NG	<NG	2,3	0,3	<NG
10	Weinheim	26	17	<NG	<NG	0,6	0,4	3,7
11	Speyer-Süd	36	35	1,8	<NG	2,8	0,4	<NG
12	Speyer-Mitte	37	28	<NG	<NG	2,2	0,6	<NG
13	Speyer-Nord	27	21	<NG	<NG	2,6	0,5	<NG
14	Oftersheim	—	61	<NG	<NG	3,0	0,2	<NG
15	Heidelberg	31	20	<NG	<NG	0,7	0,4	4,9
16	Altneudorf	—	42	<NG	<NG	4,4	0,2	<NG
umliegende Stationen		Stations environnantes						
101	Frankenthal	—	—	—	—	—	—	—
102	Ludwigshafen-Mitte	—	—	—	—	—	—	—
103	Ludwigshafen-Mundenheim	—	—	—	—	—	—	—
104	Ludwigshafen-Pfalzgrafenplatz	—	—	—	—	—	—	—
105	Neustadt	—	—	—	—	—	—	—
106	MA-Mitte	31	20	<NG	<NG	1,1	0,4	4,5
107	MA-Mitte-Straße	38	25	<NG	<NG	0,8	0,8	7,2
108	MA-Süd	33	28	<NG	<NG	1,2	0,6	4,8
109	Speyer	—	—	—	—	—	—	—
110	Wiesloch	24	23	0,5	<NG	0,9	0,4	3,9
111	Brühl	25	21	—	—	—	—	—
Traverse 2								
Transect 2								
21	Wissembourg-Centre	35	29	<NG	4	1,4	0,5	4,5
22	Wissembourg-Nord	37	22	<NG	5	<NG	0,4	3,5
23	Büchelberg	—	16	1,0	6	<NG	0,1	3,0
24	Wörth	21	14	0,3	<NG	0,4	0,4	3,0
25	Eggenstein-Rheinaue	—	20	<NG	5	<NG	0,2	4,0
26	Eggenstein	25	20	—	—	—	—	—
27	Staffort	—	20	0,8	4	<NG	0,2	4,0
28	Bruchsal	36	26	—	—	—	—	—
umliegende Stationen		Stations environnantes						
201	KA-Nord-West	27	21	<NG	6	0,6	0,6	4,7
202	KA-Mitte	34	21	<NG	<NG	0,5	0,7	6,6
203	KA-Mitte-Straße	35	23	<NG	<NG	0,5	0,8	7,8
204	KA-West	28	20	<NG	<NG	0,6	0,7	5,3
205	Nord-Est-Alsace	—	—	—	—	—	—	—
206	Rastatt	25	20	<NG	<NG	0,5	0,6	4,5
207	Baden-Baden	20	17	—	—	—	—	—
Traverse 3								
Transect 3								
31	Vosges-Moyennes	—	6	2,4	4	<NG	<NG	1,2
32	Grendelbruch	—	34	0,8	3	<NG	<NG	3,0
33	Altorf/Duttlenheim	—	38	0,8	6	<NG	0,3	3,5
34	Strasbourg-Ilk Kirch	—	—	—	—	—	—	—
35	Strasbourg-Place-Broglie	38	73	0,5	10	<NG	0,3	5,0
36	Kehl-Süd	25	19	<NG	<NG	0,6	0,6	4,2
37	Legelshurst	—	38	<NG	3	<NG	a	<NG
38	Kappelrodeck	25	13	0,8	4	<NG	0,4	3,0
39	Hornisgrinde	—	8	<NG	3	<NG	a	<NG
umliegende Stationen		Stations environnantes						
301	Vosges-du-Nord	—	—	—	—	—	—	—
302	Strasbourg-Hoerd	—	—	—	—	—	—	—
303	Strasbourg-Reichstett	—	—	—	—	—	—	—
304	Strasbourg-Nord	—	—	—	—	—	—	—
305	Strasbourg-Ouest	—	—	—	—	—	—	—

NG: Nachweisgrenze —: nicht gemessen

NG: Seuil de détection —: non mesuré

Tabelle 5.4-2: Jahresmittelwerte der partikelförmigen Komponenten an den Messpunkten und Messstationen im Projektgebiet. Messzeitraum: Juni 98 bis Mai 99.**Tableau 5.4-2 :** Concentrations moyennes annuelles des composés particuliers aux points et stations de mesure de la zone d'étude. Période de mesure : juin 98 à mai 99.

Nr. N°	Name Nom	PM10 Poussières µg/m ³	Pb Pb ng/m ³	Cd Cd ng/m ³	Ni Ni ng/m ³	As As ng/m ³	BaP BaP ng/m ³	Ruß Sulf µg/m ³
306	Kehl-Hafen	27	30	<NG	<NG	0,7	0,5	4,4
307	Strasbourg-Rhin	—	—	—	—	—	—	—
308	Strasbourg-Ampère	—	—	—	—	—	—	—
94	Strasbourg-Centre	35	46	0,8	11	1,5	1,2	3,9
Traverse 4 Transect 4								
41	Moosch	—	32	0,8	4	<NG	0,1	<NG
42	Thann	30	28	0,9	5	0,7	0,5	3,1
43	Vieux-Thann	—	—	—	—	—	—	—
44	Reiningue	—	52	<NG	4	<NG	0,1	<NG
45	Mulhouse-Sud	—	—	—	—	—	—	—
46	Lutterbach	23	46	<NG	3	<NG	0,2	3,5
47	Mulhouse-ASPA	—	—	—	—	—	—	5,1
48	Riedisheim	30	45	0,7	3	<NG	0,1	3,0
49	Mulhouse-Nord	28	59	3,4	4	<NG	0,3	4,0
50	Forêt-Harth-Nord	—	29	<NG	3	<NG	0,1	3,0
51	Chalampé	—	—	—	—	—	—	—
52	Neuenburg	26	20	—	—	—	—	—
53	Heitersheim	—	13	1,3	10	<NG	0,1	<NG
54	Ehrenkirchen	—	12	0,8	7	<NG	0,1	<NG
55	Badenweiler	—	42	<NG	4	<NG	0,1	3,0
56	Schwarzwald-Süd	12	10	—	—	—	—	—
umliegende Stationen Stations environnantes								
501	Ottmarsheim	—	—	—	—	—	—	—
502	Hombourg	—	—	—	—	—	—	—
503	Petit-Landau	—	—	—	—	—	—	—
504	Mulhouse-Est	—	—	—	—	—	—	—
505	Altkirch	—	—	—	—	—	—	—
Traversen 6 und 9 Transect 6 et 9								
61	Sierentz	—	52	0,8	5	<NG	0,2	4,5
62	Dist.-3-Frontières	—	—	—	—	—	—	—
63	Basel-St.-Johann-Platz	22	25	<NG	—	—	—	2,9
64	Basel-Binningen	—	—	—	—	—	—	—
65	Aesch-Schlattthof	—	—	—	—	—	—	—
66	Waldenburg-Humbel	12	7	<NG	—	—	—	1,3
67	Lampenberg	15	9	<NG	—	—	—	1,5
91	Basel-Chrischona	—	—	—	—	—	—	—
92	Pratteln	—	—	—	—	—	—	—
93	Liestal-Rheinstr.	—	—	—	—	—	—	—
umliegende Stationen Stations environnantes								
601	Waldshut	23	20	—	—	—	—	—
602	Rheinfelden	27	26	0,5	<NG	0,5	0,8	4,3
603	Weil am Rhein	22	17	<NG	<NG	0,5	0,4	3,4
605	Basel-Feldbergstraße	31	60	0,5	—	—	—	5,3
606	Birsfelden	—	—	—	—	—	—	—
Traverse 7 Transect 7								
71	Hautes-Vosges	—	6	0,8	2	<NG	a	1,3
72	Kaysersberg	—	16	0,8	5	<NG	0,2	4,0
73	Colmar-Sud-Ouest	31	31	0,6	4	1,3	0,5	5,0
74	Colmar-Sud	—	—	—	—	—	—	—
75	Colmar-Centre	31	54	0,4	4	0,7	1,0	5,5
76	Colmar-Est	30	46	1,3	4	3,0	1,1	3,3
77	Colmar-Nord-Est	40	36	0,7	7	<NG	0,5	5,0
78	Kastenwald	—	18	<NG	5	<NG	0,1	4,0
79	Merdingen	—	16	<NG	4	<NG	0,1	3,5
80	Freiburg-Mitte	21	13	<NG	<NG	0,5	0,4	3,5
81	Freiburg-Verkehr	34	18	<NG	<NG	0,6	0,5	6,6
82	Freiburg-Nord	21	13	<NG	<NG	0,4	0,4	3,4
83	Langacker	—	10	<NG	4	<NG	<NG	3,5
84	Holzschlägermatte	—	6	<NG	3	<NG	a	<NG
umliegende Stationen Stations environnantes								
401	Emmendingen	26	21	—	—	—	—	—
402	Schauinsland	—	—	—	—	—	—	—

NG: Nachweisgrenze —: nicht gemessen

NG: Seuil de détection —: non mesuré

Tabelle 5.4-3: Überschreitungshäufigkeiten von Schwellenwerten, Grenzwerten und MIK-Werten für Schwefeldioxid an den Messstationen (Juni 98 - Mai 99). In Klammern ist der jeweils höchste gemessene Wert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ angegeben.

Tableau 5.4-3 : Fréquences de dépassement des valeurs de seuils, valeurs limite et valeurs MIK pour le dioxyde de soufre aux stations de mesure (juin 98 - mai 99). La valeur maximale mesurée respective est indiquée entre parenthèses en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nr.	Stationsname		Schwellenwerte der EU			98-Arrêté		Décret no 98-360	VDI 2310		
			Valeurs de seuils européenne								
			350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1 h	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1 h	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 3 x 1 h	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1h	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1h	600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1h	()	1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1/2h	()
8	Mannheim-Nord	SR	9			10	6	4	(1464)	3	(2019)
306	Kehl-Hafen	SR	5			2			(331)		
308	Strasbourg-Ampère	SR	1	1		1	1	1	(1142)	na	
302	Strasbourg-Hoerd	SR	1			1			(359)		
303	Strasbourg-Reichstett	SR	4	1		6	3	1	(804)		
307	Strasbourg-Rhin	SR	12	7	1	14	9	7	(2158)	na	

na: nicht auswertbar, an diesen Stationen werden 1-Stunden-Mittelwerte erfasst

SR: Stadtrand

na: non évaluable. Des valeurs moyennes sont relevées pendant 1 heure à ces stations.

SR: banlieue

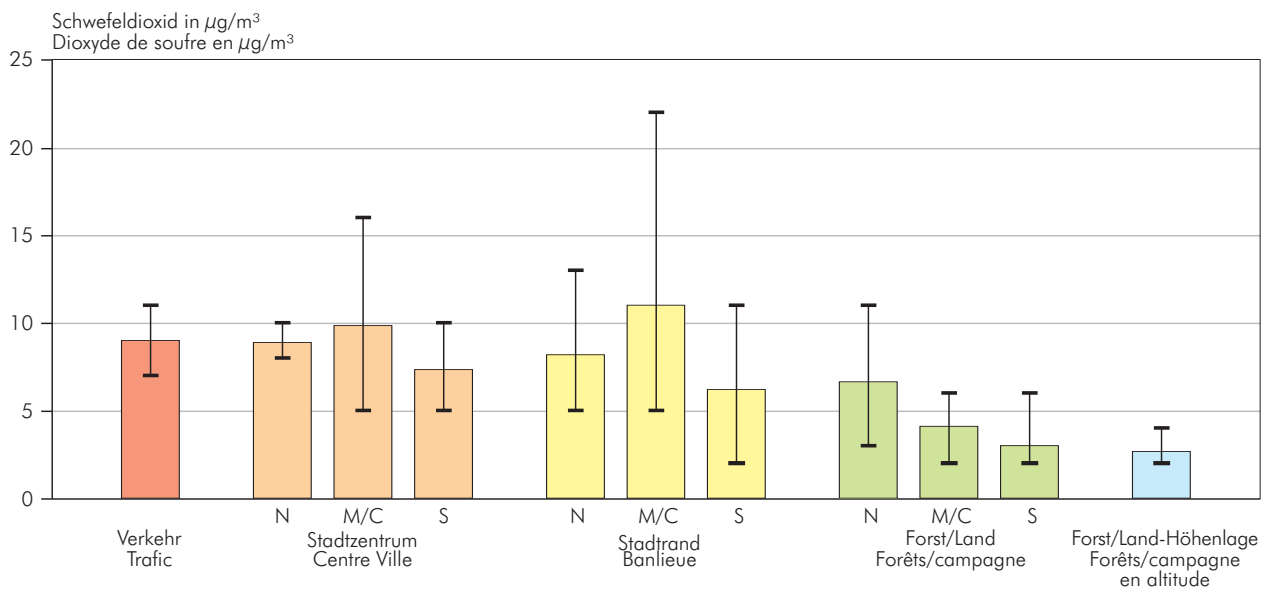


Abbildung 5.4-2: SO₂-Jahresmittelwerte der Kategorien und Spanne der Messpunktmittelwerte, unterteilt nach Nordteil (N), Mittelteil (M) und Südteil (S) des Projektgebietes.

Figure 5.4-2 : Moyennes annuelles de SO₂ des categories et étendue des valeurs aux points de mesures, réparties dans la partie nord (N), la partie centrale (C) et la partie sud (S) de la zone d'étude.

Beispielhaft für die insgesamt 6 im Projektgebiet eingerichteten Traversen ist in Abbildung 5.4-3 die Traverse 3 (Höhe Straßburg) dargestellt. Hier wird nochmals an den Messpunkten in und um Straßburg festzustellende leicht erhöhte Niveau der SO₂-Belastung deutlich.

Le transect 3 (à hauteur de Strasbourg) dans la figure 5.4-3 est représenté à titre d'exemple pour les 6 transects aménagés dans la zone d'étude. On y constate à nouveau un niveau de pollution de SO₂ légèrement élevé aux points de mesure à Strasbourg et dans sa périphérie.

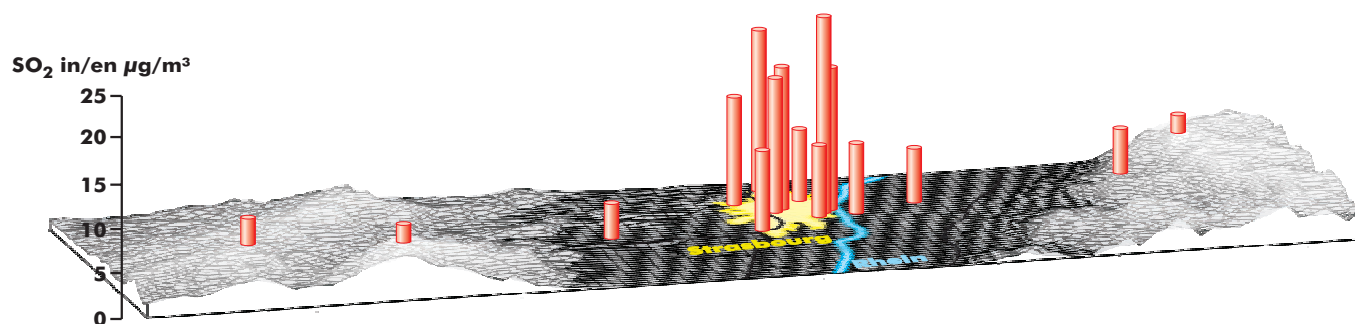


Abbildung 5.4-3: SO₂-Jahresmittelwerte der Messpunkte und Messstationen an der Traverse 3.

Figure 5.4-3 : Moyennes annuelles de SO₂ des points et stations de mesure sur le transect 3.

5.4.2 Stickstoffoxide

Für Stickstoffdioxid liegt der Grenzwert der 1. Tochterrichtlinie der EU zur Zeit bei 40 µg/m³ mit einer maximalen Toleranzmarge von 20 µg/m³. Rechtskräftig werden die Grenzwerte der EU allerdings erst, wenn sie von den Mitgliedsstaaten in nationales Recht umgesetzt sind. Im Projektgebiet wurden NO₂-Konzentrationen von z.T. über 60 µg/m³ an den straßennahen Messpunkten gemessen (Nr. 605 'Basel-Feldbergstraße': 59 µg/m³, Nr. 107 'Mannheim-Mitte-Straße': 60 µg/m³, Nr. 203 'Karlsruhe-Mitte-Straße': 63 µg/m³).

Für die Vegetation gilt der Grenzwert der 1. Tochterrichtlinie von 30 µg/m³ NO_x. Im Projektgebiet liegen die NO_x-Konzentrationen an Messpunkten der Kategorie 'Forst/Land' und 'Forst/Land-Höhenlage' unter diesem Grenzwert. In der Schweizer Luftreinhalteverordnung ist ein Jahres-Grenzwert von 30 µg/m³ für NO₂ festgelegt*. Im Projektgebiet wurde dieser Wert an allen Messpunkten in Verkehrsnähe überschritten. Auch in Stadtzentren liegen die NO₂-Konzentrationen teilweise über dem Grenzwert von 30 µg/m³.

Der in der 1. Tochterrichtlinie der EU definierte Kurzzeit-Grenzwert von 300 µg/m³ (200 µg/m³ + 50 % Toleranzmarge) wird an keiner der Messstationen im Projektgebiet überschritten. Der ab 2010 geltende Wert von 200 µg/m³ wird insgesamt an 5 Messstationen überschritten. Die erlaubte Anzahl an Überschreitungen von 18 pro Kalenderjahr wird jedoch nicht erreicht (Tabelle 5.4-4). Der Grenzwert der Schweizer Luftreinhalteverordnung von 80 µg/m³ als 24-Stunden-Mittelwert wird an 34 Messstationen überschritten. Auch der in Deutschland geltende

5.4.2 Oxydes d'azote

Pour le dioxyde d'azote, la valeur limite de la 1^{ère} directive fille européenne est à 40 µg/m³ avec une marge actuelle de tolérance de 20 µg/m³. Les valeurs limites européennes ne seront toutefois définitives que lorsque chaque pays membre les aura insérées dans sa législation nationale. Dans la zone d'étude, des concentrations de NO₂ en partie supérieures à 60 µg/m³ ont été mesurées aux points de mesure situés à proximité des voies de circulation (n° 605 'Basel-Feldbergstraße' : 59 µg/m³, n° 107 'Mannheim-Mitte-Straße' : 60 µg/m³, n° 203 'Karlsruhe-Mitte-Straße' : 63 µg/m³).

Pour la végétation, la valeur limite en vigueur est celle de la 1^{ère} directive fille qui est de 30 µg/m³ pour les NO_x. Dans la zone d'étude, les concentrations de NO_x sont inférieures à cette valeur limite aux points de mesure 'forêts/campagne' et 'forêts/campagne en altitude'. La loi suisse sur la protection de l'environnement prescrit une valeur limite annuelle de 30 µg/m³ pour le NO₂*. Dans la zone d'étude, cette valeur a été dépassée dans tous les points de mesure situés à proximité des axes de circulation. Dans les centres-villes, les concentrations de NO₂ sont en partie supérieures à la valeur limite de 30 µg/m³.

La valeur de mesure portant sur une courte durée définie par la 1^{ère} directive européenne de 300 µg/m³ (200 µg/m³ + marge de tolérance 50 %) n'est dépassée à aucune des stations de mesure dans la zone d'étude. La valeur de 200 µg/m³ valable à partir de 2010 est dépassée à 5 stations de mesure. Le nombre de 18 dépassements autorisé par année civile, n'est toutefois pas atteint (tableau 5.4-4). La valeur limite de la loi suisse sur la protection de l'environnement de 80 µg/m³ en tant que moyenne pour 24 heures est dépassée à 34 sta-

* Der Grenzwert von 30 µg/m³ bezieht sich auf 9 °C und 950 hPa. Die auf 20 °C und 1013 hPa bezogenen Messwerte wurden für den Vergleich entsprechend umgerechnet.

* La valeur limite de 30 µg/m³ se rapporte à 9°C et à 950 hPa. Les valeurs de mesure se référant à 20 °C et à 1013 hPa ont été converties en conséquence pour permettre la comparaison.

MIK-Wert der VDI 2310 von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Halbstunden-Mittelwert wird an einigen Messstationen überschritten. Dieser Wert kann an den französischen Messstationen nicht geprüft werden, da dort 1-Stunden-Mittelwerte erfasst werden.

Überschreitungen und Überschreitungsdauer des MIK-Wertes von $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, definiert als gleitender 24-Stunden-Mittelwert, sind in Tabelle 5.4-5 zusammengefasst.

tions de mesure. La valeur MIK en vigueur en Allemagne VDI 2310 de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ comme moyenne semi-horaire est dépassée à quelques stations de mesure. Cette valeur ne peut pas être contrôlée aux stations de mesure françaises où l'on enregistre des moyennes horaires. Les dépassements et durées de dépassement des valeurs MIK de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, définies comme valeurs moyennes variables pour 24 heures, sont résumés dans le tableau 5.4-5.

Tabelle 5.4-4: Überschreitungshäufigkeiten von Schwellenwerten, Grenzwerten und MIK-Werten für Stickstoffdioxid an den Messstationen (Juni 98 - Mai 99). In Klammern ist der jeweils maximale gemessene Wert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ angegeben.

Tableau 5.4-4 : Fréquences de dépassement des valeurs de seuils, valeurs limite et valeurs MIK pour le dioxyde d'azote aux stations de mesure (juin 98 - mai 99). La valeur maximale mesurée respective est indiquée entre parenthèses en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nr. No	Stationsname Nom		Schwellenwerte der EU Valeurs des seuils européenne		Schweizer LRV	VDI 2310
			$200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 1h	$300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 1h	$80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 24h	$200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 1/2h
7	Ludwigshafen-Oppau	SR			1 (81)	
8	Mannheim-Nord	SR			1 (82)	
15	Heidelberg	Z			2 (92)	
101	Frankenthal	Z			1 (81)	
102	Ludwigshafen-Mitte	Z			3 (87)	
103	Ludwigshafen-Mundenheim	SR			1 (88)	
104	Ludwigshafen-Pfalzgrafenplatz	Z			4 (89)	
105	Neustadt	Z			2 (98)	
106	MA-Mitte	Z			3 (89)	2 (203)
107	MA-Mitte-Str	V	2 (226)		28 (131)	4 (252)
108	MA-Süd	SR			3 (106)	
109	Speyer	V			1 (98)	
24	Wörth	SR			2 (88)	
28	Bruchsal	Z			1 (82)	
201	KA-Nord-West	SR			3 (84)	
202	KA-Mitte	Z			1 (85)	
203	KA-Mitte-Str.	V			51 (113)	
204	KA-West	SR	1 (201)		4 (108)	2 (219)
205	Nord-Est-Alsace	SR			1 (81)	na
34	Strasbourg-Ilkirkch	Z			7 (108)	na
301	Vosges-du-Nord	FL			1 (83)	na
303	Strasbourg-Reichstett	SR			5 (91)	na
305	Strasbourg-Ouest	SR			3 (84)	na
94	Strasbourg-Centre	Z	1 (250)		4 (109)	na
47	Mulhouse-ASPA	Z			15 (96)	na
49	Mulhouse-Nord	Z			2 (85)	na
51	Chalampé	SR	6 (299)		3 (90)	na
602	Rheinfelden	SR			2 (84)	
605	Basel-Feldbergstraße	V			12 (97)	
606	Birsfelden	SR	5 (273)		1 (84)	10 (293)
75	Colmar-Centre	V			3 (95)	na
76	Colmar-Est	Z			3 (102)	na
81	Freiburg-Verkehr	V			18 (98)	1 (205)

na: nicht auswertbar. An diesen Stationen werden 1-Stunden-Mittelwerte erfasst.
na: non évaluable. Des valeurs moyennes sont relevées pendant 1 heure à ces stations.

V: Verkehr Z: Stadtzentrum SR: Stadtrand FL: Forst/Land
V: Trafic Z: Centre ville SR: Banlieue FL: Forêts/campagne

Tabelle 5.4-5: Überschreitungen des MIK-Wertes (VDI 2310) für NO₂ von 100 µg/m³, definiert als gleitender 24-Stunden-Mittelwert.

Tableau 5.4-5 : Dépassements de la valeur MIK (VDI 2310) de 100 µg/m³ définie comme moyenne glissante sur 24 heures pour NO₂.

Nr N°	Name Nom	Kategorie Catégorie	Beginn Début	Ende Fin	Dauer in Stunden Durée en heures	Max. Wert Valeur max.
15	Heidelberg	Z	22.01.99 17:30	22.01.99 22:00	17,5	101 µg/m ³
105	Neustadt	Z	10.12.98 19:00	10.12.98 21:30	4,5	101 µg/m ³
107	MA-Mitte-Str	V	05.06.98 21:30	06.06.98 14:00	27,5	106 µg/m ³
107	MA-Mitte-Str	V	20.07.98 24:00	21.07.98 15:00	15,0	108 µg/m ³
107	MA-Mitte-Str	V	07.08.98 01:30	09.08.98 07:00	51,5	120 µg/m ³
107	MA-Mitte-Str	V	11.08.98 06:00	12.08.98 24:00	43,5	137 µg/m ³
107	MA-Mitte-Str	V	15.08.98 10:30	15.08.98 14:00	16,5	101 µg/m ³
107	MA-Mitte-Str	V	25.09.98 18:30	26.09.98 06:30	15,0	103 µg/m ³
108	MA-Süd	SR	22.01.99 12:00	23.01.99 12:00	35,5	115 µg/m ³
203	KA-Mitte-Str.	V	11.08.98 18:30	12.08.98 22:00	42,0	124 µg/m ³
203	KA-Mitte-Str.	V	18.08.98 07:30	18.08.98 22:30	3,5	107 µg/m ³
203	KA-Mitte-Str.	V	21.01.99 19:30	23.01.99 23:00	12,0	112 µg/m ³
201	KA-Nord-West	SR	21.01.99 17:00	23.01.99 12:30	24,0	112 µg/m ³
94	Strasbourg-Centre	Z	22.01.99 06:00	24.01.99 08:00	50,0	115 µg/m ³
503	Strasbourg-IIIkirch	V	22.01.99 09:00	24.01.99 07:00	46,0	108 µg/m ³
606	Birsfelden	SR	10.12.98 24:00	11.12.98 05:00	2,0	106 µg/m ³
605	Basel-Feldbergstraße	V	10.08.98 18:30	10.08.98 21:30	3,0	104 µg/m ³
605	Basel-Feldbergstraße	V	18.08.98 06:00	18.08.98 08:00	2,0	102 µg/m ³
81	Freiburg-Verkehr	V	26.11.98 07:30	27.11.98 01:00	2,5	104 µg/m ³

V: Verkehr Z: Stadtzentrum SR: Stadtrand FL: Forst/Land
 V: Trafic Z: Centre ville SR: Banlieue FL: Forêts/campagne

Abbildung 5.4-4 zeigt die für die Kategorien 'Forst/Land-Höhenlage', 'Forst/Land', 'Stadtrand', 'Stadtzentrum' und 'Verkehrsnähe' festgestellten mittleren NO_x-Konzentrationen (NO + NO₂ als NO₂) sowie die Spannweiten der jeweils maximal und minimal belasteten Punktmittelwerte.

NO_x zeigt besser als die Einzelkomponenten NO und NO₂ die durch Stickstoffoxide auftretende Belastung, da Effekte durch chemische Umwandlungsprozesse in der Atmosphäre und die Entfernung zum Emittenten durch die Summenbildung ausgeglichen werden. Erwartungsgemäß liegt die Belastung durch Stickstoffoxide in direkter Verkehrsnähe deutlich höher als in den anderen Kategorien.

Die detailliertere Darstellung für den Norden, die Mitte und den Süden des Projektgebietes in Abbildung 5.4-5 zeigt, dass die NO_x-Konzentrationen in allen drei Kategorien im nördli-

La figure 5.4-4 montre les concentrations de NO_x moyennes enregistrées pour les catégories 'forêt/campagne en altitude', 'forêts/campagne', 'périphérie urbaine', 'centre-ville' et 'proximité du trafic' (NO + NO₂ comme NO₂) ainsi que les marges de la pollution respective maximale et minimale des valeurs moyennes des points. Les NO_x sont plus appropriés que les composés NO et NO₂ pris séparément pour suivre la pollution globale en oxydes d'azote du fait des effets de compensation entre les processus de transformation chimique et la dispersion. Comme attendu, la charge en oxydes d'azote à proximité directe des axes de circulation est nettement plus élevée que dans les autres catégories.

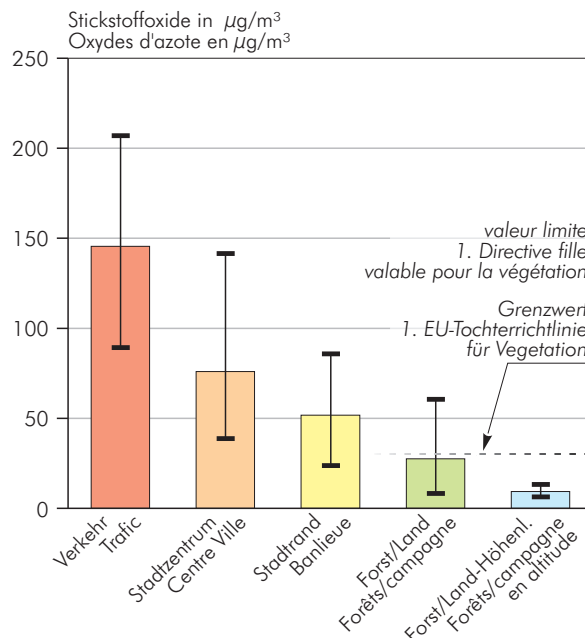


Abbildung 5.4-4: NO_x-Jahresmittelwerte der Kategorien und Spannweiten der Messpunktmittelwerte.

Figure 5.4-4 : Moyennes annuelles de NO_x des catégories et étendue des valeurs aux points de mesures.

La représentation plus détaillée pour le Nord, le Centre et le Sud de la zone d'étude dans la figure 5.4-5 montre que les concentrations de NO_x dans les trois catégories sont légèrement

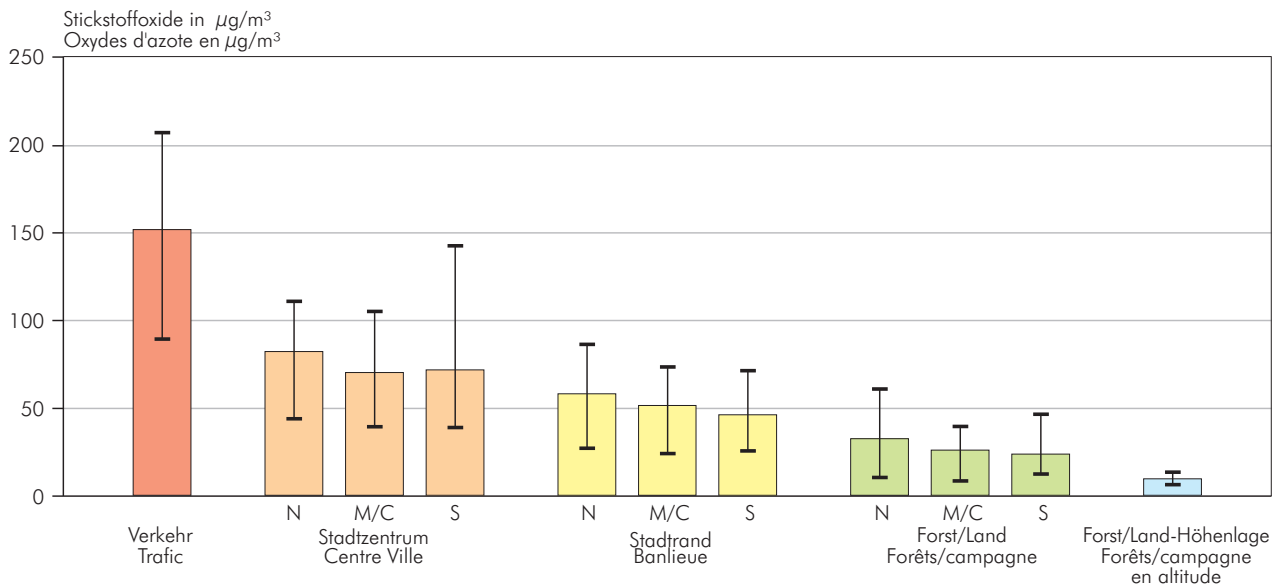


Abbildung 5.4-5: NO_x -Jahresmittelwerte der Kategorien und Spannweiten der Messpunktmittelwerte, unterteilt nach Nordteil (N), Mittelteil (M) und Südteil (S) des Projektgebietes.

Figure 5.4-5 : Moyennes annuelles de NO_x des catégories et étendue des valeurs aux points de mesures, réparties dans la partie nord (N), la partie centrale (C) et la partie sud (S) de la zone d'étude.

chen Oberrheingraben gegenüber dem Süden und der Mitte leicht erhöht sind. An den über 900 m gelegenen Messpunkten ('Forst/Land-Höhenlage') werden Stickstoffoxide in sehr geringen Konzentrationen bis maximal $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nachgewiesen.

Abbildung 5.4-6 zeigt beispielhaft die Ergebnisse an den Messpunkten der Traversen 1 und 4 für Stickstoffmonoxid, in Abbildung 5.4-7 sind die selben Traversen für Stickstoffdioxid dargestellt. Beim Vergleich der im Norden zwischen Pfälzer Wald (Messpunkt Nr. 1) und Heidelberg über Mannheim verlaufenden Traverse 1 mit der im Süden des Projektgebietes von den Vogesen bei Thann über Mülhausen bis in den Südschwarzwald verlaufenden Traverse 4 fallen deutlich die im Süden wesentlich niedrigeren Stickstoffmonoxid-Konzentrationen auf. Da Stickstoffmonoxid in der Atmosphäre sehr schnell zu Stickstoffdioxid umgewandelt wird, spielt bei den für diesen Schadstoff gemessenen Konzentrationen die Entfernung zum Emittenten - dem Straßenverkehr - die ausschlaggebende Rolle. Die niedrigeren Konzentrationen im Süden könnten sich also zunächst so deuten lassen, dass die Messpunkte etwas weiter von der Straße entfernt liegen als an der Traverse 1 in Norden. Aber auch beim Stickstoffdioxid, das stabiler ist als Stickstoffmonoxid und in der Atmosphäre über weitere Strecken transportiert werden kann, zeigt sich an der Traverse 4 im Süden des Projektgebietes ein niedrigeres Niveau. Dies bestätigt, dass der Süden des Projektgebietes, worauf

plus élevées dans la région nord du fossé rhénan que dans le sud et le centre. Aux points de mesure situés à plus de 900 m d'altitude ('forêts/campagne en altitude'), les oxydes d'azote sont décelés dans de très faibles concentrations inférieures à $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le figure 5.4-6 montrent les exemples aux points de mesure des transects 1 et 4 pour le monoxyde d'azote; les figures 5.4-7 représentent les mêmes transects pour le dioxyde d'azote. Lors de la comparaison du transect 1 qui va, au Nord, entre la Forêt du Palatinat (point de mesure n° 1) et Heidelberg en passant par Mannheim avec le transect 4 qui va au sud de la zone d'étude des Vosges à Thann en par Mulhouse jusqu'en Forêt Noire, on constate que les concentrations de monoxyde d'azote sont bien inférieures dans le sud. Le monoxyde d'azote étant très rapidement transformé en dioxyde d'azote dans l'atmosphère, la distance avec l'émetteur - le secteur trafic routier - joue un rôle principal pour les concentrations mesurées de ce polluant. Les concentrations plus faibles au sud peuvent donc tout d'abord être dues au fait que les points de mesure représentés se trouvent un peu plus loin de la route que sur le transect 1 à Mannheim. Pour le dioxyde d'azote qui est plus stable que le monoxyde d'azote et qui peut être transporté dans l'atmosphère sur de longues distances, on constate également un niveau inférieur sur le transect 4 au sud de la zone d'étude. Cela confirme ainsi que le Sud de la zone d'étude est au total

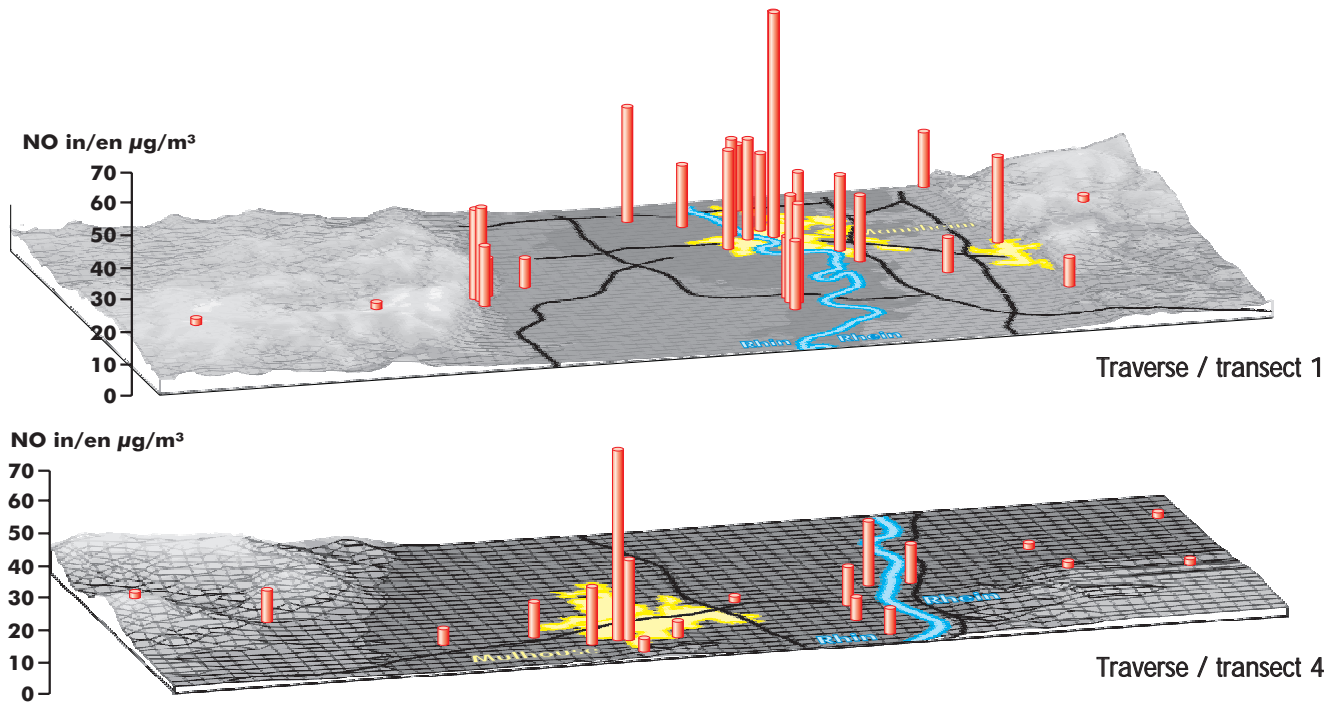


Abbildung 5.4-6: NO-Jahresmittelwerte der Messpunkte und Messstationen an den Traversen 1 und 4.
 Figure 5.4-6 : Moyennes annuelles de NO des points et stations de mesure sur les transects 1 et 4.

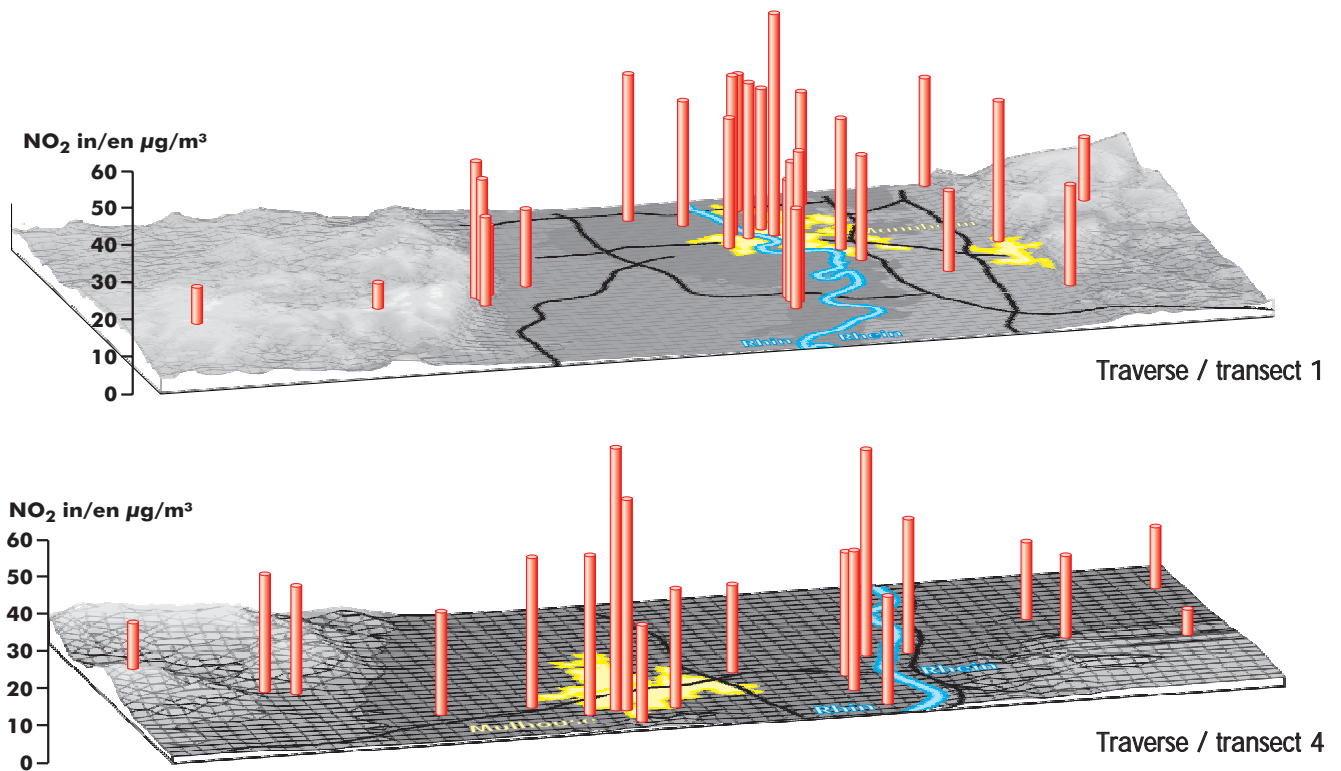


Abbildung 5.4-7: NO₂-Jahresmittelwerte der Messpunkte und Messstationen an den Traversen 1 und 4.
 Figure 5.4-7 : Moyennes annuelles de NO₂ des points et stations de mesure sur les transects 1 et 4.

bereits der Konzentrationsunterschied beim NO hindeutete, insgesamt weniger mit Stickstoffoxiden belastet ist als der Norden.

Sowohl im Norden als auch im Süden liegen die Stickstoffmonoxid- und Stickstoffdioxid-Konzentrationen an den Hängen der Randgebirge deutlich niedriger als im Rheingraben in den Einflussbereichen der Siedlungszentren und Außerortsstraßen.

5.4.3 Ozon

Mit den für Ozon als Halbstunden- bis Tages-Mittelwerte definierten Beurteilungswerten werden kurzzeitig auftretende Konzentrationsspitzen bewertet, die nach heutigem Wissen in erster Linie für die gesundheitlich schädigende Wirkung des Ozons beim Menschen verantwortlich sind. Kurzzeitwerte können nur an kontinuierlich messenden Messstationen überprüft werden.

Tabelle 5.4-6 zeigt eine Übersicht über die Anzahl der an den Messstationen im Projektgebiet während des Messzeitraums von Juni 98 bis Mai 99 aufgetretenen Überschreitungen verschiedener Beurteilungswerte für Ozon. Die Tabelle zeigt außerdem die jeweils maximalen während des Messzeitraumes aufgetretenen Kenngrößen. Die Überschreitungshäufigkeiten der Schwellenwerte der EU-Richtlinie 92/72/EWG sind nochmals, sortiert nach Kategorien und nach den Überschreitungen des Schwellenwertes von $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in Abbildung 5.4-8 dargestellt. Überschreitungen des Schwellenwertes zur Auslösung des Warnsystems von $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Stundenmittelwert) wurden während des Messzeitraumes an den Messstationen im Projektgebiet nicht registriert. Die Schwellenwerte von $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (24-Stundenmittelwert, Schwellenwert für den Schutz der Vegetation) und $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (8 Stunden für den Gesundheitsschutz) werden an den Messstationen der Kategorie 'Forst/Land-Höhenlage' sowie an den unter 900 m aber im Hintergrund liegenden Messstationen 1 'Pfälzer-Wald', 91 'Basel-Chrischona', 31 'Vosges-Moyennes' und 67 'Lampenberg' deutlich am häufigsten überschritten. Der als Mittelwert über 1 Stunde zu prüfende Schwellenwert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird dagegen auch an Messstationen in Stadtrandlage oder im Stadtzentrum vergleichsweise häufig überschritten.

moins pollué par les oxydes d'azote que le Nord.

Aussi bien au Nord qu'au Sud, les concentrations de monoxyde d'azote et de dioxyde d'azote au niveau des pentes des reliefs montagneux sont nettement plus basses que dans le fossé rhénan au niveau des zones d'influence des centres urbanisés et du trafic inter urbain.

5.4.3 Ozone

Les valeurs d'évaluation définies pour l'ozone comme moyennes semi-horaires ou journalières permettent de constater les pics de concentration qui se manifestent et qui, selon les connaissances actuelles, sont en premier responsables de l'influence nocive de l'ozone sur la santé chez l'homme. Les valeurs de courte durée ne peuvent être vérifiées qu'à des stations de mesure en continu. Le tableau 5.4-6 présente un aperçu du nombre des dépassements des différentes valeurs d'évaluation pour l'ozone survenus aux stations de mesure dans la zone d'étude pendant la période de mesure de juin 98 à mai 99. Le tableau montre par ailleurs les valeurs maximales respectives survenues pendant la période de mesure. Les fréquences de dépassement des valeurs seuils de la directive européenne 92/72/CEE sont à nouveau représentées dans la figure 5.4-8, classées par catégories et en fonction des dépassements de la valeur seuil de $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il n'a pas été enregistré de dépassement de la valeur seuil pour le déclenchement du système d'alerte de $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (moyenne horaire) aux stations de mesure de la zone d'étude pendant la période de mesure. Les valeurs seuils de $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (moyenne horaire sur 24 h, valeur seuil pour la protection de la végétation) et $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (8 heures pour la protection de la santé) ont été le plus fréquemment dépassées aux stations de mesure de la catégorie 'forêts/campagne en altitude' ainsi qu'aux stations de mesure situées à moins de 900 m mais se trouvant en arrière-plan, station de mesure 1 'Pfälzer-Wald', 91 'Basel-Chrischona', 31 'Vosges-Moyennes' et 67 'Lampenberg'. La valeur seuil de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à contrôler comme moyenne horaire est par contre aussi fréquemment dépassée aux stations de mesure en périphérie urbaine ou dans le centre-ville.

Tabelle 5.4-6: Überschreitungshäufigkeiten von Schwellenwerten, Grenzwerten und MIK-Werten für Ozon an den Messstationen (Juni 98 - Mai 99). In Klammern ist der jeweils maximale gemessene Wert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ angegeben.

Tableau 5.4-6 : Fréquences de dépassement des valeurs seuil, valeurs limite et valeurs MIK pour l'ozone aux stations de mesure (juin 98 - mai 99). La valeur maximale respective mesurée est indiquée entre parenthèses en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nr. N°	Stationsname Nom		Schwellenwerte der EU ¹⁾					Schweizer LRV ²⁾		VDI 2310 ¹⁾	
			Valeurs de seuils européenne ¹⁾					120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1h	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1/2h		
			65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ³⁾ 24h	110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 8h	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1h	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1h	360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1h				
1	Pfälzer-Wald	FL	251 (203)	156	53	25	0 (253)	574 (246)	1292 (257)		
7	Ludwigshafen-Oppau	SR	37 (113)	22	12	3	0 (212)	110 (207)	269 (245)		
8	Mannheim-Nord	SR	72 (126)	46	27	12	0 (255)	241 (248)	539 (256)		
10	Weinheim	SR	91 (142)	42	24	11	0 (256)	209 (249)	482 (256)		
15	Heidelberg	Z	89 (149)	47	16	8	0 (257)	226 (250)	524 (268)		
105	Neustadt	Z	66 (111)	20	1	0	0 (183)	91 (178)	221 (208)		
106	MA-Mitte	Z	59 (125)	35	19	11	0 (261)	175 (254)	397 (268)		
108	MA-Süd	SR	87 (135)	47	32	15	0 (273)	273 (265)	604 (275)		
109	Speyer	V	39 (109)	20	8	1	0 (207)	112 (202)	251 (212)		
110	Wiesloch	SR	92 (146)	42	17	8	0 (230)	220 (224)	513 (236)		
111	Brühl	SR	81 (132)	50	30	12	0 (261)	269 (254)	591 (267)		
24	Wörth	SR	89 (123)	40	25	8	0 (210)	228 (205)	506 (212)		
26	Eggenstein	FL	142 (127)	63	66	36	0 (249)	350 (243)	777 (264)		
28	Bruchsal	Z	88 (116)	50	19	3	0 (217)	252 (211)	582 (217)		
201	KA-Nord-West	SR	98 (126)	54	44	21	0 (222)	292 (216)	647 (227)		
202	KA-Mitte	Z	43 (103)	19	2	0	0 (185)	128 (181)	295 (191)		
204	KA-West	SR	92 (127)	47	33	7	0 (218)	248 (212)	544 (219)		
205	Nord-Est-Alsace	SR	91 (103)	53	39	12	0 (228)	251 (222)	na (228)		
206	Rastatt	SR	95 (115)	54	47	22	0 (252)	284 (245)	632 (262)		
207	Baden-Baden	SR	177 (133)	64	40	17	0 (246)	314 (239)	721 (250)		
31	Vosges-Moyennes	FL	272 (174)	149	29	7	0 (212)	579 (207)	na (212)		
36	Kehl-Süd	SR	93 (121)	48	30	7	0 (231)	283 (225)	617 (237)		
301	Vosges-du-Nord	FL	157 (159)	68	10	4	0 (214)	295 (208)	na (214)		
304	Strasbourg-Nord	SR	51 (108)	45	17	3	0 (208)	208 (203)	na (208)		
305	Strasbourg-Ouest	SR	71 (111)	47	27	7	0 (224)	223 (218)	na (224)		
306	Kehl-Hafen	SR	107 (121)	48	24	3	0 (206)	285 (201)	645 (230)		
94	Strasbourg-Centre	Z	48 (109)	39	23	7	0 (222)	196 (216)	na (222)		
45	Mulhouse-Sud	SR	76 (106)	36	8	3	0 (230)	127 (224)	na (230)		
52	Neuenburg	SR	91 (126)	32	11	1	0 (201)	166 (196)	375 (201)		
56	Schwarzwald-Süd	FL-H	320 (169)	197	15	5	0 (217)	703 (211)	1574 (218)		
504	Mulhouse-Est	SR	168 (140)	71	16	6	0 (239)	287 (233)	na (239)		
62	Dist.-3-Frontières	SR	86 (104)	53	9	3	0 (211)	223 (206)	na (211)		
63	Basel-St.-Joh.-Platz	Z	63 (111)	26	6	2	0 (211)	99 (205)	256 (215)		
64	Basel-Binningen	SR	155 (122)	51	19	5	0 (235)	229 (229)	576 (239)		
65	Aesch-Schlathof	FL	142 (122)	36	3	2	0 (219)	170 (214)	378 (234)		
66	Waldenburg-Humbel	FL-H	316 (179)	168	41	12	0 (234)	560 (228)	1370 (246)		
67	Lampenberg	FL	263 (159)	106	7	0	0 (198)	360 (193)	857 (205)		
91	Basel-Chrischona	FL	296 (179)	149	37	8	0 (221)	584 (215)	1339 (226)		
92	Pratteln	SR	70 (106)	26	3	0	0 (196)	142 (191)	340 (196)		
93	Liestal-Rheinstr.	Z	37 (99)	14	4	0	0 (194)	90 (189)	223 (199)		
601	Waldshut	SR	99 (120)	33	9	1	0 (223)	167 (217)	400 (225)		
602	Rheinfelden	SR	97 (115)	56	10	0	0 (196)	266 (191)	623 (203)		
603	Weil am Rhein	SR	131 (133)	62	37	10	0 (249)	274 (243)	627 (250)		
606	Birsfelden	SR	94 (113)	36	15	3	0 (216)	168 (210)	404 (228)		
71	Hautes-Vosges	FL-H	290 (165)	108	20	2	0 (212)	365 (207)	na (212)		
74	Colmar-Sud	SR	85 (116)	54	6	0	0 (194)	223 (189)	na (194)		
76	Colmar-Est	Z	72 (115)	45	5	1	0 (205)	195 (200)	na (205)		
80	Freiburg-Mitte	Z	149 (142)	73	47	23	0 (247)	361 (240)	812 (247)		
82	Freiburg-Nord	Z	152 (144)	65	29	8	0 (225)	305 (219)	693 (226)		
401	Emmendingen	Z	109 (150)	67	44	16	0 (240)	299 (234)	681 (244)		

na: nicht auswertbar. An diesen Stationen werden 1-Stunden-Mittelwerte erfasst.

Z: Stadtzentrum SR: Stadtrand FL: Forst/Land

FL-H: Forst/Land-Höhenlage

na: non évaluable. Des valeurs moyennes sont relevées pendant 1 heure à ces stations. Z: Centre ville SR: Banlieue FL: Forêts/campagne FL-H: Forêts/campagne en altitude

1) Werte in Klammern bezogen auf 1013 hPa und 20 °C

2) Werte in Klammern bezogen auf 950 hPa und 9 °C

3) Angegeben ist die Anzahl der Tage mit Überschreitungen

1) Données entre parenthèses pour 1013 hPa et 20 °C

2) Données entre parenthèses pour 950 hPa et 9 °C

3) Nombre de jours avec dépassement

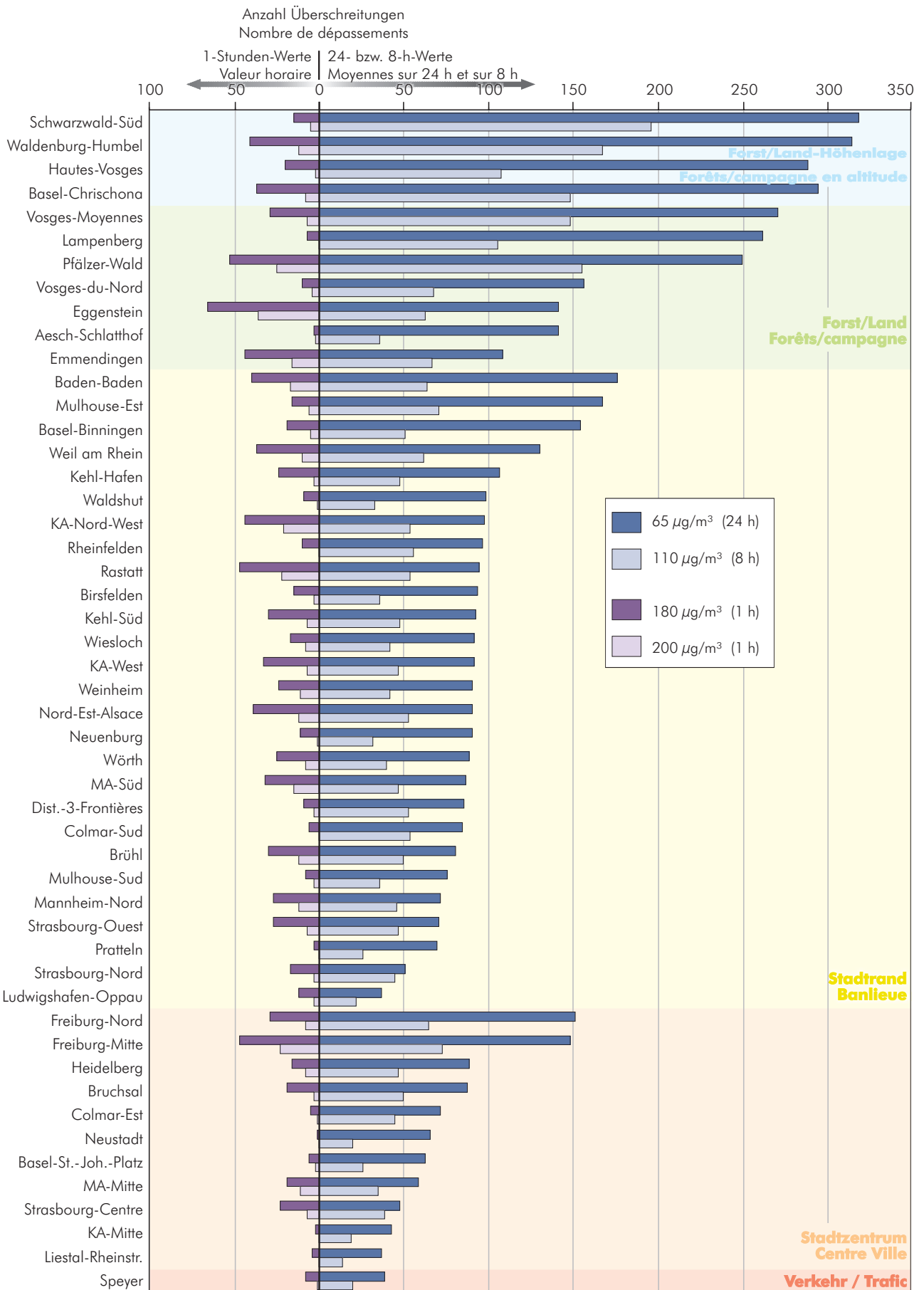


Abbildung 5.4-8: Überschreitungshäufigkeiten der EU-Schwellenwerte für Ozon.

Figure 5.4-8 : Fréquences de dépassement des valeurs seuils européennes pour l’ozone.

Mit zunehmendem Abstand zum Straßenverkehr steigen die mittleren Ozonkonzentrationen an und erreichen in den Höhenlagen der Randgebirge die maximalen Jahresmittelwerte. In Hochlagen trägt neben dem anthropogenen Ozon jedoch auch natürliches Ozon aus höheren Luftschichten beträchtlich zur Konzentration bei. In der nach Nord-, Mittel- und Südteil differenzierten Darstellung in Abbildung 5.4-10 fällt die Kategorie 'Land/Forst' im Nordteil des Projektgebietes durch einen vergleichsweise niedrigen Mittelwert auf, was jedoch gut zu den in dieser Kategorie gemessenen leicht erhöhten Stickstoffmonoxid-Konzentrationen passt. Auffällig sind auch die großen Spannweiten der Punktmittelwerte in ländlichen Gebieten des Projektgebietes. Die Spannweiten sind in den anderen Kategorien deutlich geringer.

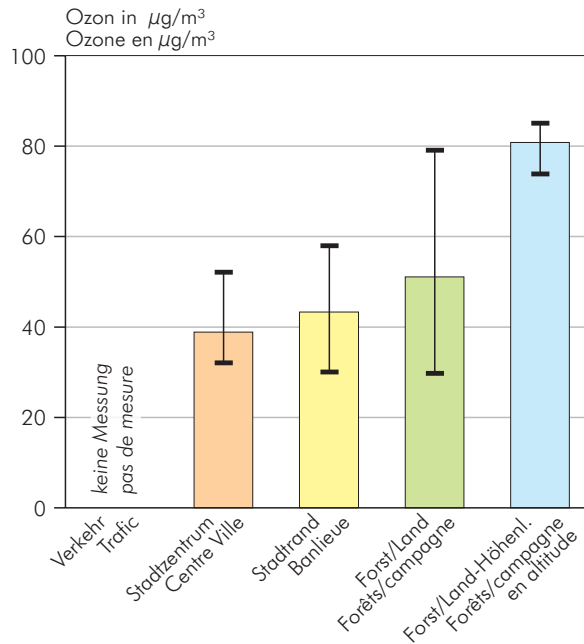


Abbildung 5.4-9: O₃-Jahresmittelwerte der Kategorien und Spannweiten der Messpunktmittelwerte.
Figure 5.4-9 : Moyennes annuelles de O₃ des catégories et étendue des valeurs aux points de mesures.

Plus la distance avec le trafic routier s'accroît, plus les concentrations d'ozone moyennes augmentent et atteignent les moyennes annuelles maximales aux altitudes des reliefs montagneux. Dans les hauteurs, l'ozone naturel provenant des couches atmosphériques supérieures s'ajoute à l'ozone anthropique. Dans la représentation différenciée selon les parties nord, centre et sud dans la figure 5.4.10, la catégorie 'campagne/forêt' surprend dans la partie nord de la zone d'étude par une moyenne comparativement moins élevée, ce qui correspond néanmoins avec les concentrations de monoxyde d'azote légèrement élevées qui ont été mesurées dans cette catégorie. On remarque également les grandes marges des valeurs moyennes des points dans les zones rurales de la zone d'étude. Les marges sont nettement plus faibles que dans les autres catégories.

Plus la distance avec le trafic routier s'accroît, plus les concentrations d'ozone moyennes augmentent et atteignent les moyennes annuelles maximales aux altitudes des reliefs montagneux. Dans les hauteurs, l'ozone naturel provenant des couches atmosphériques supérieures s'ajoute à l'ozone anthropique. Dans la représentation différenciée selon les parties nord, centre et sud dans la figure 5.4.10, la catégorie 'campagne/forêt' surprend dans la partie nord de la zone d'étude par une moyenne comparativement moins élevée, ce qui correspond néanmoins avec les concentrations de monoxyde d'azote légèrement élevées qui ont été mesurées dans cette catégorie. On remarque également les grandes marges des valeurs moyennes des points dans les zones rurales de la zone d'étude. Les marges sont nettement plus faibles que dans les autres catégories.

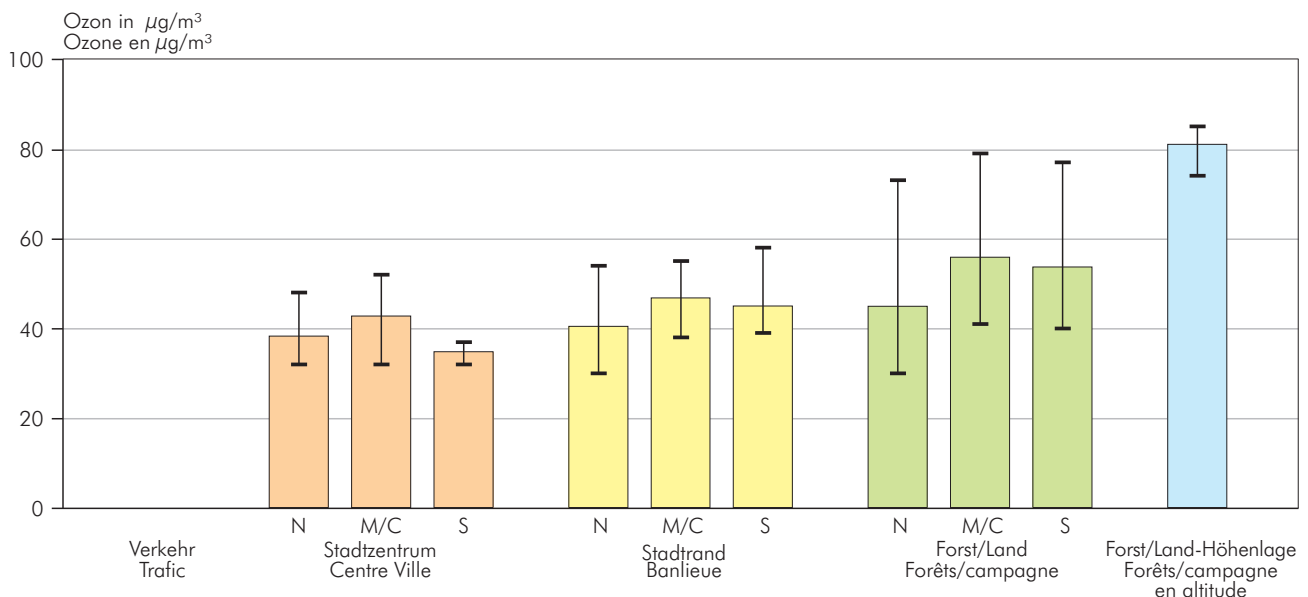


Abbildung 5.4-10: O₃-Jahresmittelwerte der Kategorien und Spannweiten der Messpunktmittelwerte, unterteilt nach Nordteil (N), Mittelteil (M) und Südteil (S) des Projektgebietes.
Figure 5.4-10 : Moyennes annuelles de O₃ des catégories et étendue des valeurs aux points de mesures, réparties dans la partie nord (N), la partie centrale (C) et la partie sud (S) de la zone d'étude.

Abbildung 5.4-11 zeigt die entlang der Traverse 3 (Höhe Straßburg) festgestellten Ozon-Jahresmittelwerte. Auf dieser Traverse wurden mit einem Jahresmittelwert von $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ am Messpunkt 94 ('Straßburg-Centre') eine sehr niedrige Ozonbelastung gemessen, mit im Jahresmittel $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ am Messpunkt 39 ('Hornisgrinde') aber auch die maximale im Projektgebiet. Neben Ozon sind auch die Punktmittelwerte von Stickstoffdioxid in die Abbildung eingetragen. Sehr schön ist das gegenläufige Verhalten dieser beiden Schadstoffkomponenten zu erkennen.

La figure 5.4-11 montre les moyennes annuelles d'ozone relevées le long du transect 3 (à hauteur de Strasbourg). Sur ce transect, on a mesuré une pollution très faible d'ozone avec une moyenne annuelle de $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ au point de mesure 94 ('Straßburg-Centre'), avec en moyenne annuelle $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ au point de mesure 39 ('Hornisgrinde') mais également la maximale dans la zone d'étude. A côté de l'ozone, les moyennes ponctuelles de dioxyde d'azote sont également présentées dans la figure. On s'aperçoit que le comportement de ces deux composés de polluants est contraire.

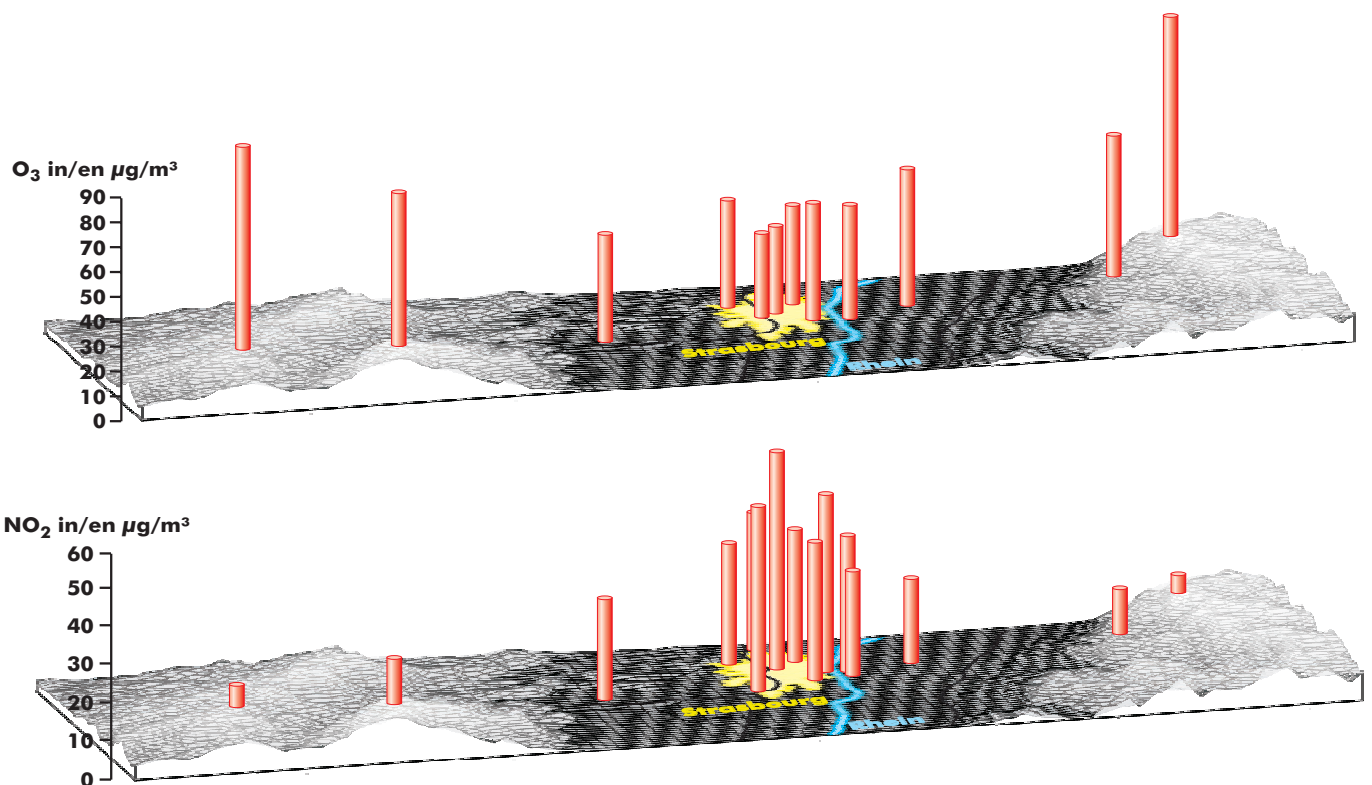


Abbildung 5.4-11: O₃- und NO₂-Jahresmittelwerte der Messpunkte und Messstationen an der Traverse 3.

Figure 5.4-11 : Moyennes annuelles de O₃ et NO₂ des points et stations de mesure sur le transect 3.

5.4.4 Organische Schadstoffkomponenten

Die im Projektgebiet gemessenen organischen Schadstoffkomponenten Benzol, Toluol, Xylol und Ethylbenzol werden im Folgenden schwerpunktmäßig anhand des Benzols beschrieben. Nur für Benzol sind, aufgrund seiner nachgewiesenen krebserzeugenden Wirkung, in verschiedenen Regelwerken Langzeit-Beurteilungswerte definiert. In der im Entwurf vorliegenden 2. Tochterrichtlinie ist ein Jahresgrenzwert von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, erreichbar bis zum Jahr 2010 vorgesehen. Nach Inkrafttreten der 2. Tochterrichtlinie liegt der Bezugswert zunächst bei $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, da eine Toleranzmarge von 100 % gilt, die erst ab dem Jahr 2003 zu reduzieren ist.

Die maximal im Projektgebiet gemessenen Jahresmittelkonzentrationen liegen bei $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Nr. 203, 'Karlsruhe-Mitte-Straße': $8,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$; Nr. 75 'Colmar-Centre': $8,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und damit unter dem Bezugswert der 2. EU-Tochterrichtlinie (Entwurf). Messpunkte, die nicht im direkten Einflussbereich des Straßenverkehrs liegen, erreichen im Jahresmittel maximal $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der ab 2010 zur Diskussion stehende Grenzwert von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird damit heute noch stellenweise überschritten.

In Deutschland ist der in direkter Verkehrsnähe geltende Prüfwert der 23. Bundes-Immissionsschutzverordnung (23. BImSchV) von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rechtsverbindlich. Dieser Prüfwert bezieht sich auf sehr kleinräumige Immissionsverhältnisse in direkter Straßennähe.

Die mit $8,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ höchste in Straßennähe gemessene Benzol-Jahresmittelkonzentration (203 'Karlsruhe-Mitte-Straße') liegt deutlich unter dem Prüfwert der 23. BImSchV.

Sowohl in Frankreich als auch in Deutschland sind nicht rechtsverbindliche Zielwerte für Benzol von $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (LAI-Krebsrisikostudie) bzw. $2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Décret no 98-360) definiert. Beide Zielwerte werden im Projektgebiet nur in der Kategorie 'Forst/Land' eingehalten.

In Abbildung 5.4-12 sind die mittleren Benzol-Konzentrationen für die Kategorien 'Verkehr', 'Stadtzentrum',

5.4.4 Polluants organiques

Les polluants organiques mesurés dans la zone d'étude, benzène, toluène, xylène et éthylbenzène sont décrits ci-dessous sur des points précis à l'exemple du benzène. En raison de l'effet cancérigène reconnu du benzène, les valeurs d'évaluation de longue durée sont définies par la loi. La 2^{ème} directive fille qui est encore à l'étude prévoit une valeur limite annuelle de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à atteindre avant l'année 2010. Après l'entrée en vigueur de la 2^{ème} directive fille, la valeur limite est tout d'abord de l'ordre de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, car il y a une marge de tolérance de 100% qui ne sera réduite qu'à partir de l'année 2003.

Les concentrations moyennes annuelles mesurées dans la zone d'étude sont de $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (n° 203, 'Karlsruhe-Mitte-Straße' : $8,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$; n° 75 'Colmar-Centre' : $8,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$), donc inférieures à la valeur limite de la 2^{ème} directive fille (projet). Les points de mesure qui ne sont pas situés dans la zone d'influence directe du trafic routier, atteignent une moyenne annuelle maximale de $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La valeur limite de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dont il est question à partir de 2010 est par conséquent dépassée aujourd'hui à certains endroits.

En Allemagne, la valeur expérimentale en vigueur de la 22^{ème} ordonnance fédérale relative à la protection contre les immissions (22^{ème} BImSchV) de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à proximité directe du trafic routier a un caractère juridiquement obligatoire. Cette valeur expérimentale se rapporte à des circonstances d'immission avec une petite résolution spatiale à proximité directe du trafic routier.

La concentration moyenne annuelle de benzène la plus élevée de $8,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mesurée à proximité de la route (203 'Karlsruhe-Mitte-Straße') est nettement en dessous de la valeur expérimentale de la 23^{ème} BImSchV (ordonnance fédérale relative à la protection contre les immissions). Aussi bien en France qu'en Allemagne, les valeurs cibles à caractère juridique non obligatoire qui sont définies pour le benzène sont de $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (étude de risque du cancer - LAI) et de $2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (décret n° 98-360). Les deux valeurs cibles ne sont respectées dans la zone d'étude que dans la catégorie 'forêts/campagne'.

La figure 5.4-12 représente les concentrations moyennes de benzène pour les catégories 'trafic routier', 'centre

‘Stadtrand’, ‘Forst/Land’ und ‘Forst/Land-Höhenlage’ dargestellt. Die Spannweiten geben die jeweils maximalen bzw. minimalen Punkt-Mittelwerte an. Sehr ausgeprägt ist die höhere Belastung der verkehrsnahen Messpunkte. In Straßennähe liegen die Benzol-Konzentrationen im Mittel mehr als doppelt so hoch wie in Stadtzentrumsbereichen und Stadtrandlagen, die nicht direkt vom Verkehr beeinflusst sind. Wiederum nur etwa halb so hoch sind im Mittel die Benzolkonzentrationen, die in der Kategorie ‘Forst/Land’ festgestellt wurden.

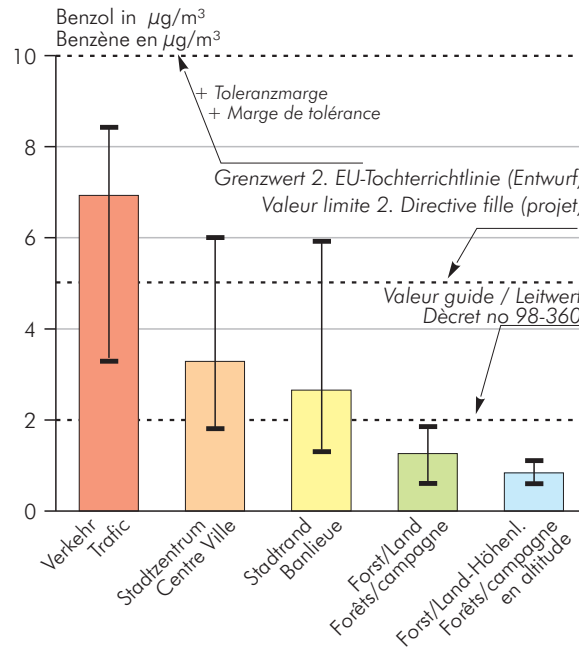


Abbildung 5.4-12: Benzol-Jahresmittelwerte der Kategorien und Spannweiten der Messpunktmittelwerte.
Figure 5.4-12 : Moyennes annuelles de benzène des catégories et étendue des valeurs aux points de mesure.

ville’, ‘périphérie urbaine’ et ‘forêts/campagne en altitude’. Les valeurs moyennes ponctuelles maximales et minimales indiquent les marges. La différence de pollution entre les points de mesure à proximité du trafic routier est très prononcée. A proximité des routes, les concentrations de benzène sont en moyenne deux fois plus élevées que dans le centre-ville et dans la périphérie urbaine, zones qui ne sont pas directement influencées par le trafic. Par contre, les concentrations de benzène qui ont été constatées dans la catégorie ‘forêts/campagne’ sont en moyenne moitié moins élevées.

Unterteilt nach Nord-, Mittel- und Südteil des Projektgebietes (Abbildung 5.4-13) zeigt sich, dass in den Stadtzentren im Süden sowie in den Stadtzentren und Stadtrandlagen in der Mitte des Projektgebietes die mittleren Konzentrationen von Benzol auf einem etwas höheren

En différenciant selon les parties nord, centre et sud de la zone d’étude (figure 5.4-13), il s’avère que, dans les centres-villes dans les parties sud et dans les centres-villes et les périphéries urbaines dans les parties centre de la zone du projet, les concentrations moyennes de

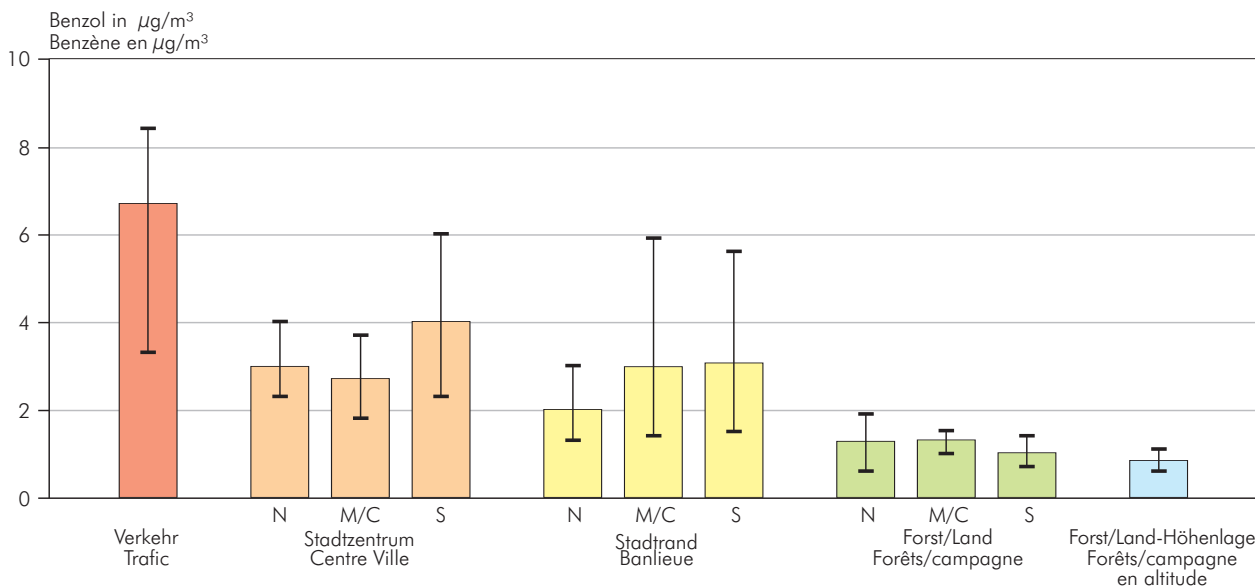


Abbildung 5.4-13: Benzol-Jahresmittelwerte der Kategorien und Spannweiten der Messpunktmittelwerte, unterteilt nach Nordteil (N), Mittelteil (M) und Südteil (S) des Projektgebietes.

Figure 5.4-13 : Moyennes annuelles de benzène des catégories et étendue des valeurs aux points de mesure, réparties dans la partie nord (N), la partie centrale (C) et la partie sud (S) de la zone d’étude.

Niveau liegen als im nördlichen Teil des Projektgebietes. Dies fällt vor allem deshalb auf, weil bei den Stickstoffoxiden ein gerade entgegengesetztes Konzentrationsgefälle von Nord nach Süd erkennbar ist.

Abbildung 5.4-14 zeigt beispielhaft die Benzolkonzentrationen entlang der Traverse 3 auf der Höhe von Straßburg. Wie bei den Stickstoffoxiden und Schwefeldioxid liegen auch bei Benzol die Konzentrationen in den Hanglagen der Randgebirge deutlich niedriger als in der Senke des Rheintals in den besiedelten Gebieten. Der Konzentrationsunterschied ist aber beim Benzol mit etwa 1 : 5 nicht so stark ausgeprägt wie bei den anderen genannten Schadstoffkomponenten.

benzène sont à un niveau un peu plus élevé que dans la partie nord. Cela surprend, surtout parce que l'évolution des concentrations est tout à fait contraire pour les oxydes d'azote, et va du nord vers le sud.

La figure 5.4-14 montre à titre d'exemple les moyennes annuelles de benzène relevées le long du transect 3 à hauteur de Strasbourg. Tout comme pour les oxydes d'azote et le dioxyde de soufre, les concentrations pour le benzène sur les pentes des reliefs montagneux sont nettement moins élevées que dans la dépression de la vallée du Rhin dans les zones urbanisées. La différence de concentration d'environ 1/5 est néanmoins aussi prononcée que pour les composés de polluants.

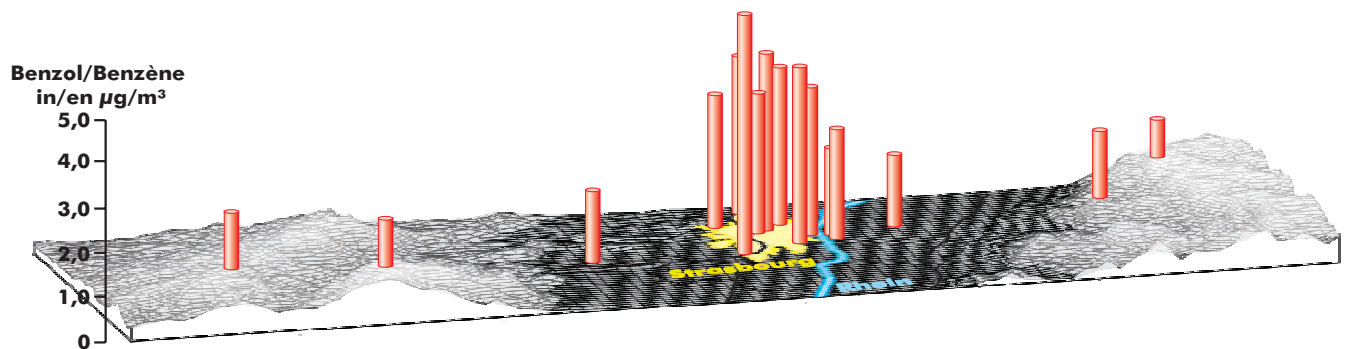


Abbildung 5.4-14: Benzol-Jahresmittelwerte der Messpunkte und Messstationen an der Traverse 3.

Figure 5.4-14 : Moyennes annuelles de benzène des points et stations de mesure sur le transect 3.

5.4.5 PM10-Staub und Inhaltsstoffe des PM10-Staubes

PM10-Staub

In der 1. Tochterrichtlinie der EU ist für PM10-Staub ein Jahresgrenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ definiert. Bis zum Jahr 2001 gilt jedoch eine Toleranzmarge von 20 %, die ab dann bis zum Jahr 2005 linear auf Null zu reduzieren ist. Damit ergibt sich ein zur Zeit geltender Jahresmittel-Grenzwert für PM10-Staub von $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der mit $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ maximale im Projektgebiet festgestellte Jahresmittelwert liegt unter der Summe aus Grenzwert und Toleranzmarge der EU.

In Frankreich gilt ein Jahresmittel-Grenzwert für PM10

5.4.5 Particules PM10 et constituants des particules PM10

Particules PM10

La 1ère directive fille européenne prescrit une valeur limite annuelle de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les particules PM10. Jusqu'en 2001, la marge de tolérance en vigueur est de 20 %; elle sera ensuite réduite linéairement à zéro jusqu'en 2005. Il en résulte une valeur limite moyenne annuelle actuellement en vigueur de $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les particules PM10. La moyenne annuelle maximale de $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ enregistrée dans la zone d'étude est inférieure au total de la valeur limite et de marge de tolérance européenne.

En France, la valeur limite moyenne annuelle prescrite

von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Décret no.98-360). Dieser Wert wurde an insgesamt 20 Messpunkten im Projektgebiet überschritten. Den mit $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ niedrigsten Jahresmittel-Grenzwert für PM10 definiert die Schweizer Luftreinhalteverordnung. Überschreitungen dieses Grenzwertes wurden im gesamten Messgebiet festgestellt. Nur an den zwei Messpunkten in Höhenlagen über 900 m, an denen PM10-Staub erfasst wurde, und am Messpunkt 67 'Lampenberg' in der Schweiz wurden PM10-Konzentrationen unter $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ festgestellt. Da Schwebstaub nur von drei Hintergrundmesspunkten vorliegt, kann eine Aussage über die flächenhafte Konzentration von PM10 in Hintergrundgebieten aufgrund der erhobenen Daten nicht gemacht werden.

Abbildung 5.4-15 zeigt die Jahresmittelwerte für PM10-Staub für die verschiedenen Kategorien. Im Mittel zeigt sich eine Abnahme der Konzentrationen von den straßen nahen Messpunkten über Stadtzentrum, Stadtrand bis Hintergrund. An einzelnen Punkten wurden jedoch auch in Stadtrandlagen ähnlich hohe bzw. höhere PM10-Konzentrationen festgestellt wie an den straßennahen Punkten oder in Stadtzentren.

Eine für den Nord-, Mittel- und Südteil des Projektgebietes getrennte Betrachtung der Kategorien 'Verkehr', 'Stadtzentrum', 'Stadtrand' und 'Forst/Land' ist für PM10-Staub nicht sinnvoll, da PM10-Staub an weit weniger Messpunkten erfasst wurde als die gasförmigen Schadstoffkomponenten. Repräsentative Aussagen für Teilgebiete können mit dem vorliegenden Datenmaterial nicht gemacht werden.

Beispielhaft ist in Abbildung 5.4-16 die Traverse 2 (Wissembourg - Karlsruhe -

pour les particules PM10 est de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (décret n° 98-360). Cette valeur a été dépassée sur 20 points de mesure dans la zone d'étude. La valeur limite moyenne annuelle la plus basse pour les particules PM10 a été définie par la loi suisse sur la protection de l'environnement; elle est de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cette valeur limite a été dépassée dans toute la zone d'étude. Des concentrations de PM10 inférieures à $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été recensées seulement aux deux points de mesure à une altitude supérieure à 900 m qui mesurent les particules de PM10. Les particules en suspension n'étant disponibles que pour trois points de fond, les données enregistrées ne permettent pas de se prononcer sur la concentration surfacique des particules PM10 dans les zones de fond.

La figure 5.4-15 indique les moyennes annuelles pour les particules PM10 dans les différentes catégories. En moyenne, on constate une diminution des concentrations aux points de mesure proches du trafic des centres-villes, périphéries urbaines jusqu'à l'arrière-plan. A certains points, les concentrations de PM10 enregistrées dans les péri-

phéries urbaines étaient aussi élevées et même plus élevées qu'aux points à proximité du trafic ou dans les centres-villes.

Une évaluation indépendante des catégories 'trafic', 'centres-villes', 'périphéries urbaines' et 'forêts/campagne' pour les parties nord, centre et sud de la zone d'étude n'a pas de sens car les particules PM10 sont mesurées à beaucoup moins de points que les composés de polluants gazeux. Les données à disposition ne permettent pas de constituer des moyennes représentatives.

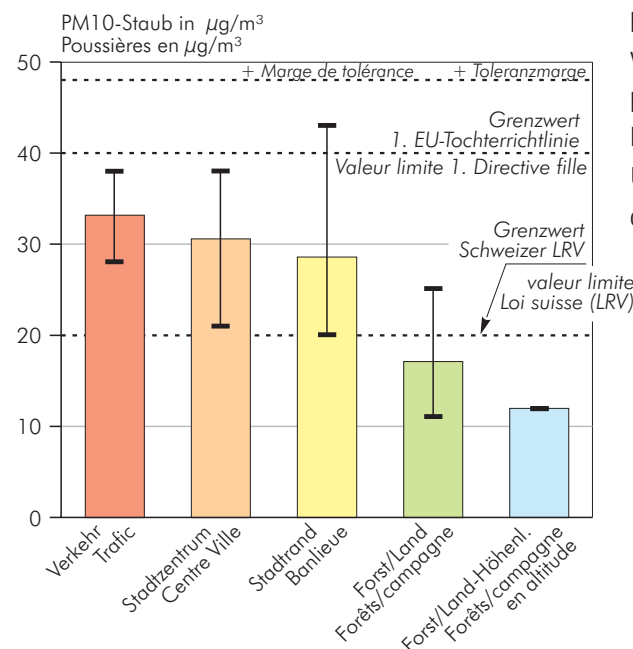


Abbildung 5.4-15: PM10-Jahresmittelwerte der Kategorien und Spannweiten der Messpunktmittelwerte.

Figure 5.4-15 : Moyennes annuelles de poussières des catégories et étendue des valeurs aux points de mesure.

Le transect 2 (Wissembourg - Karlsruhe - Bruchsal) est représenté à titre d'exemple pour les parti-

Bruchsal) für PM10-Staub dargestellt. Auf dieser Traverse zeigt sich eine große Spannweite der Punktmittelwerte von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Erhöhte Konzentrationen treten in den Stadtzentren der größeren Städte auf.

cules PM10 dans la figure 5.4-16. Il présente une grande marge des moyennes ponctuelles de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Des concentrations plus élevées apparaissent dans le centre-ville des grandes villes.

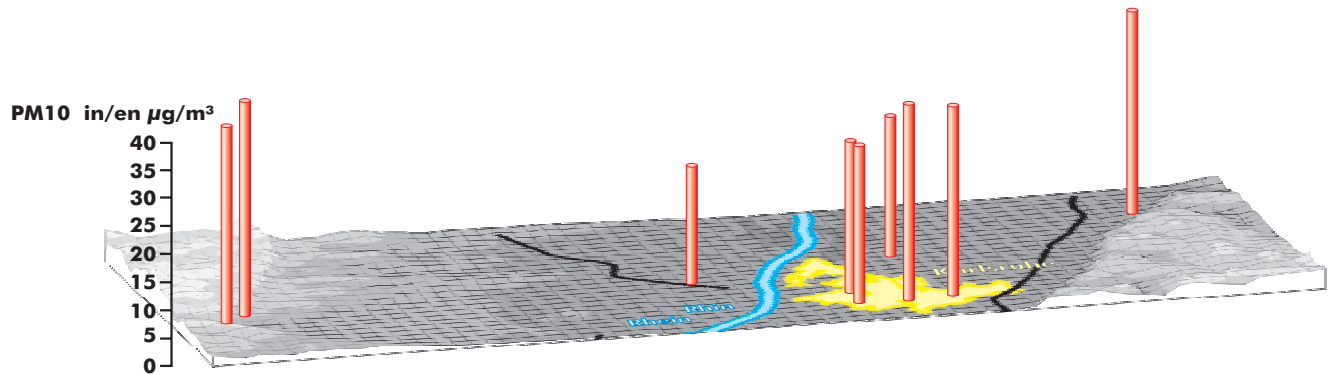


Abbildung 5.4-16: PM10-Jahresmittelwerte der Messpunkte und Messstationen an der Traverse 2.

Figure 5.4-16 : Moyennes annuelles de poussières des points et stations de mesure sur le transect 2.

Inhaltsstoffe des PM10-Staubs

Für **Blei** als Inhaltsstoff des Schwebstaubs liegt der Grenzwert in allen betrachteten Regelwerken bei $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Im Projektgebiet werden maximal $0,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Blei im PM10-Staub gemessen (am Messpunkt 35 'Strasbourg-Place-Broglié'). Der allgemein gültige Grenzwert von $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird damit deutlich unterschritten.

Die Betrachtung der in den verschiedenen Kategorien gemessenen Jahresmittelwerte von Blei in Abbildung 5.4-17 zeigt, dass die im Mittel höchsten Blei-Konzentrationen in Straßennähe gemessen werden. Einzelne Messpunkte in den Bereichen 'Stadtzentrum', 'Stadttrand' und auch in 'Forst/Land' erreichen jedoch genauso hohe bzw. noch höhere Jahresmittelwerte von Blei im Schwebstaub.

Bei **Cadmium** als Inhaltsstoff des PM10-Staubs liegen die im Projektgebiet gemessenen Konzentrationen mit maximal $3,8 \text{ ng}/\text{m}^3$ an insgesamt 7 Messpunkten über dem Grenzwert der Schweizer Luftreinhalteverordnung von $1,5 \text{ ng}/\text{m}^3$.

Constituants des particules PM10

Pour le **plomb** comme constituant des particules en suspension, la valeur limite annuelle est prescrite à $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les valeurs maximales mesurées dans la zone d'étude sont de $0,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de plomb dans les particules PM10 (au point de mesure 35 'Strasbourg-Place-Broglié'). La valeur ainsi obtenue est nettement inférieure à la valeur limite de $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ qui est généralement reconnue. L'observation des moyennes annuelles mesurées pour le plomb dans les différentes catégories dans la figure 5.4-17 montre qu'en moyenne les concentrations de plomb les plus élevées sont mesurées à proximité des axes de circulation. Des points de mesure isolés dans les zones 'centre-ville', 'périphérie urbaine et 'forêt/campagne' atteignent toutefois des moyennes aussi élevées et même encore plus élevées que le plomb dans les poussières en suspension.

Pour le **cadmium** également en tant que constituant des particules PM10, les concentrations de $3,8 \text{ ng}/\text{m}^3$ maximum mesurées à 7 points de mesure de la zone d'étude sont supérieures à la valeur limite de $1,5 \text{ ng}/\text{m}^3$ de la loi

Abbildung 5.4-18 zeigt die für die einzelnen Kategorien ermittelten Cadmium-Konzentrationen. Eine Abhängigkeit der mittleren Cadmiumkonzentration von der Lage bzw. direkten Umgebung der Messpunkte ist nicht erkennbar. Im Mittel liegt die Belastung in der gesamten Fläche des Projektgebietes zwischen $0,5 \text{ ng/m}^3$ und 1 ng/m^3 . Der flächenrepräsentativ definierte (nicht rechtsverbindliche) Zielwert der LAI-Krebsrisikostudie (Deutschland) ist damit eingehalten.

Auffällig ist die große Spannweite von den Jahresmittelwerten der einzelnen Messpunkte.

Arsen

Bei Arsen fallen zunächst die meisten Messpunkte der Traverse 1 im Norden des Messgebietes durch vergleichsweise erhöhte Konzentrationen auf. Bei Arsen liegen jedoch alle im Projektgebiet gemessenen Konzentrationen auf einem sehr niedrigen Niveau nahe an der messtechnischen Nachweisgrenze.

Die auffälligen Messpunktmittelwerte im Norden des Messgebietes wurden mit einem anderen Analyseverfahren gemessen, das eine höhere Nachweisgrenze aufweist. Da für die Mittelwertbildung Einzelwerte unter

der Nachweisgrenze mit dieser berücksichtigt wurden, liegen die Arsenkonzentrationen an den betroffenen Messpunkten insgesamt auf einem scheinbar höheren Niveau.

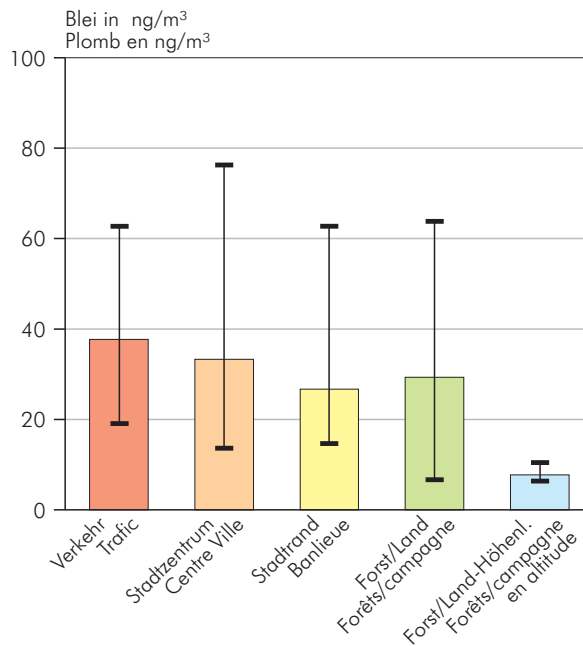


Abbildung 5.4-17: Blei-Jahresmittelwerte der Kategorien und Spannweiten der Messpunktmittelwerte.

Figure 5.4-17 : Moyennes annuelles de plomb des catégories et étendue des valeurs aux points de mesure.

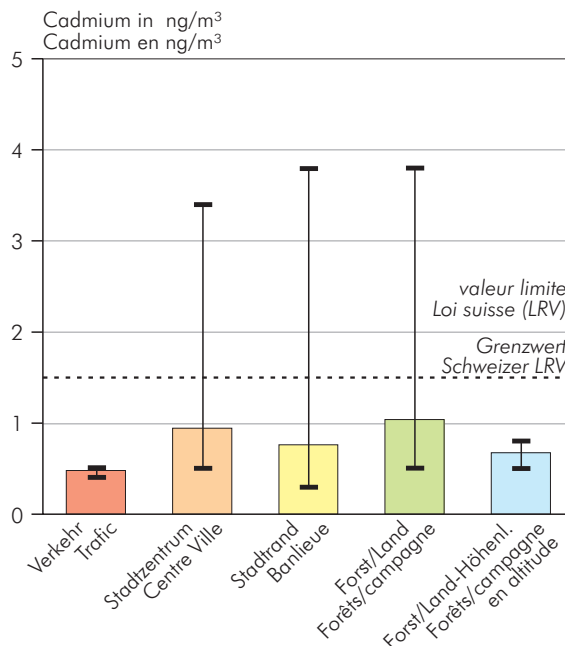


Abbildung 5.4-18: Cadmium-Jahresmittelwerte der Kategorien und Spannweiten der Messpunktmittelwerte.

Figure 5.4-18 : Moyennes annuelles de cadmium des catégories et étendue des valeurs aux points de mesure.

sur la protection de l'environnement.

La figure 5.4-18 montre les concentrations de cadmium déterminées pour les différentes catégories. Il n'est pas possible de constater si la concentration moyenne de cadmium dépend de la situation et de l'environnement direct des points de mesure. En moyenne, la pollution sur l'ensemble de la superficie de la zone d'étude est située entre $0,5 \text{ ng/m}^3$ et 1 ng/m^3 . La valeur cible définie (juridiquement non obligatoire) de l'étude de risque du cancer - LAI (Allemagne) est donc respectée.

On remarque les grandes marges des valeurs moyennes annuelles des différents points de mesure.

Arsenic

Pour l'arsenic, la plupart des points de mesure du transect 1 au nord de la zone d'étude présentent des concentrations comparativement élevées. Pour l'arsenic, toutes les concentrations mesurées dans la zone d'étude sont néanmoins à un niveau très bas non loin du seuil de détection du point de vue technique. Les moyennes marquant des points de mesure au nord de la zone d'étude ont été évaluées avec une autre méthode d'analyse qui présente un seuil de détection plus élevé. Comme les différen-

tes valeurs inférieures au seuil de détection ont été prises en compte lors de la constitution de la valeur moyenne en fonction de ce seuil de détection, les concentrations d'ar-

Auffällig zeigt sich bei Arsen lediglich der Messpunkt Nr. 76 'Colmar-Est'. Mit einem Jahresmittelwert von 3 ng/m³ liegen die mittleren Arsenkonzentrationen hier auf einem mehr als doppelt so hohen Niveau wie an (messtechnisch) vergleichbaren Messpunkten.

Nickel

Auch bei Nickel als Inhaltsstoff des PM10-Staubes liegt das Konzentrationsniveau im Projektgebiet im Bereich der messtechnischen Nachweisgrenze. Maximal 11 ng/m³ werden am Messpunkt 94 'Strasbourg-Centre' erreicht. Nur wenig niedriger liegen die Messpunkte 35 'Strasbourg-Place-Broglié' und 53 'Heitersheim' mit 10 ng/m³ Nickel im Jahresmittel.

Benzo(a)pyren

Abbildung 5.4-19 zeigt die für die Kategorien 'Verkehr', 'Stadtzentrum', 'Stadttrand', 'Forst/Land' und 'Forst/Land-Höhenlage' gemessenen Jahresmittelwerte für Benzo(a)pyren sowie die Spannweiten der einzelnen Punktmittelwerte. In der Kategorie 'Forst/Land' liegt BaP im Mittel auf einem sehr niedrigen Niveau von unter 0,2 ng/m³, in Höhenlagen ist BaP messtechnisch nicht nachweisbar. Die im Mittel höchste Belastung durch BaP zeigen die Ergebnisse in direkter Nähe zum Straßenverkehr.

Der - nicht rechtsverbindliche - Zielwert der Krebsrisikostudie des LAI (Deutschland) von 1,3 ng/m³ als Jahresmittelwert wurde an allen Messpunkten unterschritten.

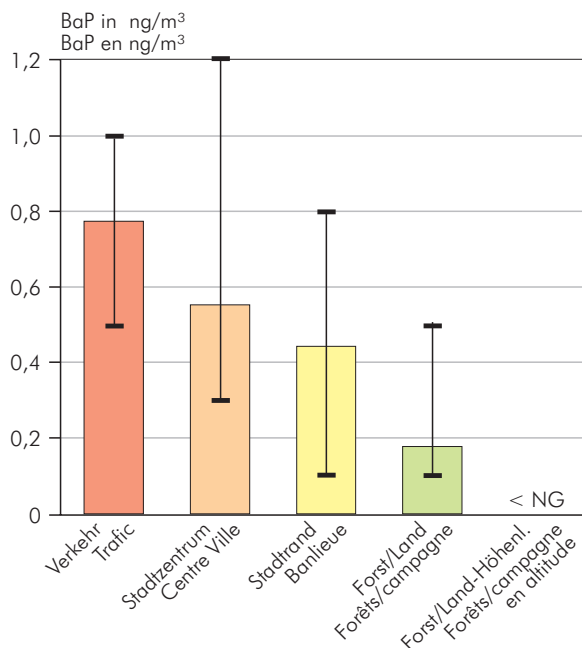


Abbildung 5.4-19: Benzo(a)pyren-Jahresmittelwerte der Kategorien und Spannweiten der Messpunktmittelwerte.

Figure 5.4-19 : Moyennes annuelles de benzo(a)pyrène des catégories et étendue des valeurs aux points de mesure.

senic aux points de mesure concernés sont au total à un niveau apparemment plus élevé.

Pour l'arsenic, seul le point de mesure n° 76 'Colmar-Est' est saillant. Avec une moyenne annuelle de 3 ng/m³, les concentrations d'arsenic moyennes sont à un niveau élevé qui est deux fois plus élevé qu'aux points de mesure comparables (du point de vue technique).

Nickel

Pour le nickel comme constituant des particules PM10, le niveau de concentration dans la zone d'étude est dans le domaine du seuil de détection du point de vue technique. Le point de mesure 94 'Strasbourg-Centre' atteint au maximum 11 ng/m³. Les points de mesure 35 'Strasbourg-Place-Broglié' et 53 'Heitersheim' sont légèrement plus bas à raison de 10 ng/m³ de nickel.

Benzo(a)pyrène

La figure 5.4-19 représente les concentrations moyennes mesurées pour le benzène pour les catégories 'trafic routier', 'centre ville', 'périphérie urbaine' et 'forêts/campagne en altitude' ainsi que les marges des différentes moyennes des points. Dans la catégorie 'forêts/campagne' le BaP est en moyenne à un niveau très bas inférieur à 0,2 ng/m³; en altitude, il n'est pas détectable du point de vue technique. Les mesures indiquent la pollution la plus élevée en moyenne due au BaP à proximité directe des axes de circulation. Les valeurs atteintes à tous les points sont inférieures à la valeur cible de l'étude de risque du cancer - LAI (Allemagne) à caractère juridique non obligatoire de 1,3 µg/m³ comme moyenne annuelle.

Ruß

Das für Ruß eingesetzte Messverfahren der kumulierenden Probenahme wurde im Rahmen von straßennahen Messungen bereits in der Vergangenheit häufig eingesetzt. Die versuchsweise Erfassung von Ruß mit diesem Verfahren auch in emittententfernen Gebieten des Projektgebietes (Kategorie 'Forst/ Land') zeigte jedoch eine hohe Messunsicherheit. Die an solchen Messpunkten gemessenen Ruß-Jahresmittelwerte sind aus diesem Grund in Tabelle 5.4-2 mit einer Genauigkeit von 0,5 µg/m³ angegeben.

Die mit 6,5 µg/m³ im Mittel höchste Rußbelastung tritt an den straßennahen Messpunkten auf. An der Messstation 203 'Karlsruhe-Mitte-Straße' wurde der höchste Ruß-Jahresmittelwert von 7,9 µg/m³ gemessen. Der in Deutschland geltende Prüfwert von 8 µg/m³ für Ruß in Straßennähe wird damit nur knapp eingehalten.

In Stadtzentren und Stadtrandlagen liegt die Rußbelastung im Mittel bei ca. 4 µg/m³.

In den ländlichen Bereichen des Projektgebietes (Abbildung 5.4-20) im Mittel um 3 µg/m³.

Die getrennte Darstellung für Nord-, Mittel- und Südteil des Projektgebietes zeigt insgesamt ein sehr gleichmäßiges Konzentrationsniveau zwischen im Mittel 3 µg/m³ und 4,5 µg/m³. Nur in direkter Nähe des Straßenverkehrs liegen die Rußkonzentrationen im Mittel deutlich höher.

Suie

La méthode de mesure du prélèvement cumulé d'échantillons utilisée également pour la suie a déjà été fréquemment utilisée dans le passé dans le cadre des mesures à proximité des axes de circulation. L'estimation expérimentale de la suie avec cette méthode également dans des parties de la zone d'étude éloignées des émetteurs (catégorie 'forêts/campagne') montre néanmoins une faible fiabilité de mesure. Les moyennes annuelles de suie mesurées à de tels points de mesure sont pour cette raison indiquées au tableau 5.4-2 avec une exactitude de 0,5 µg/m³.

La pollution de suie la plus élevée de 6,5 µg/m³ en moyenne apparaît aux points de mesure à proximité des axes de circulation. La moyenne annuelle de suie la plus élevée de 7,9 µg/m³ a été mesurée à la station de mesure 203 'Karlsruhe-Mitte-Straße'. La valeur expérimentale en vigueur en Allemagne de 8 µg/m³ pour la suie à proximité des axes de circulation est donc respectée seulement de justesse.

Dans les centres-villes et les périphéries urbaines, la pollution par la suie est en moyenne de 4 µg/m³. Dans les régions rurales de la zone d'étude (Figure 5.4-20), elle est en moyenne de 3 µg/m³.

La représentation séparée pour les parties nord, centre et sud de la zone d'étude montre un niveau de concentration très homogène entre en moyenne 3 µg/m³ et 4,5 µg/m³. Il n'y qu'à proximité directe du trafic routier que les concentrations de suie sont en moyenne nettement plus élevées.

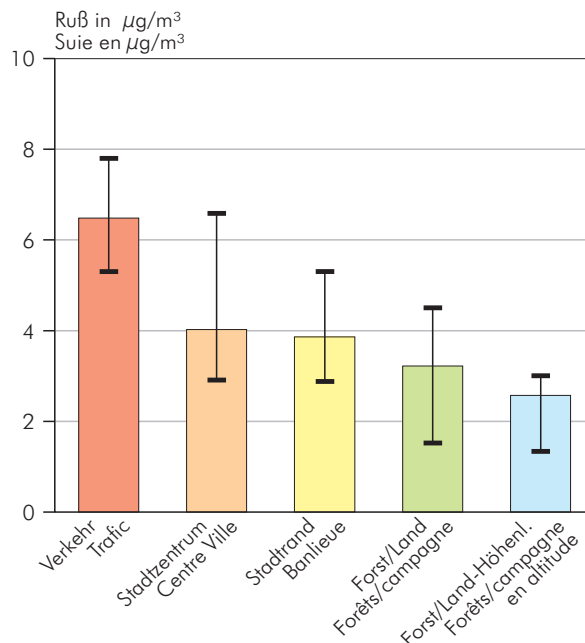


Abbildung 5.4-20: Ruß-Jahresmittelwerte der Kategorien und Spannweiten der Messpunktmittelwerte.

Figure 5.4-20 : Moyennes annuelles de suie des catégories et étendue des valeurs aux points de mesure.

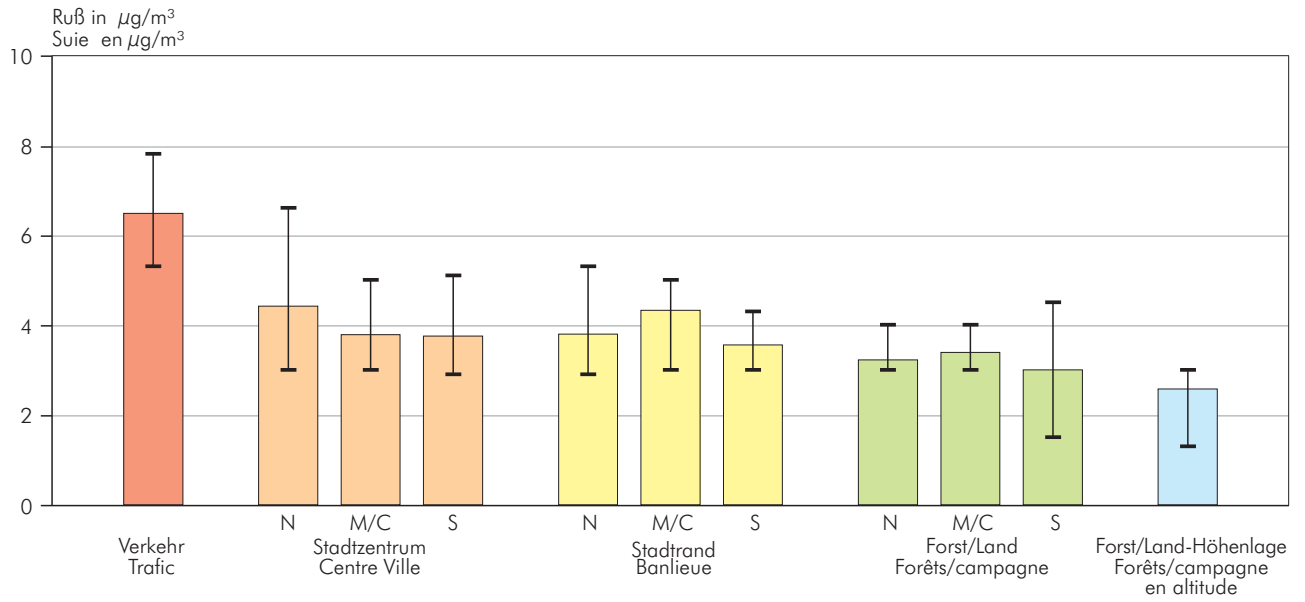


Abbildung 5.4-21: Ruß-Jahresmittelwerte der Kategorien und Spannweiten der Messpunktmittelwerte, unterteilt nach Nordteil (N), Mittelteil (M) und Südteil (S) des Projektgebietes.

Figure 5.4-21 : Moyennes annuelles de suie des catégories et étendue des valeurs aux points de mesure, réparties dans la partie nord (N), la partie centrale (C) et la partie sud (S) de la zone d'étude.

5.5 Immissionskarten - Übertragung in die Fläche

Die hier vorgestellten Immissionskarten geben einen Überblick über die Luftschadstoffsituation im Gebiet des Oberrheingrabens und der angrenzenden Mittelgebirge. Die schadstoffspezifische Vorgehensweise bei der Entwicklung der Karten wird im Anhang A2.3 beschrieben.

Zur Erstellung der jeweiligen Immissionskarte wurde zunächst eine Basiskarte durch Interpolation der an den Messorten gemessenen Jahresmittelwerte erstellt.

Diese Basiskarte wurde verfeinert durch:

1. Untersuchungen der Schadstoffbelastung in den Hintergrundgebieten (forst- und landwirtschaftlich genutzte Flächen)
2. Untersuchung der Schadstoffbelastung in besiedelten Gebieten
3. Untersuchung des Einflusses von Flächenquellen
4. Untersuchung des Einflusses von Linienemittenten (Straßen)

Nicht für jeden Schadstoff konnte bei den Untersuchungen eine Abhängigkeit erkannt werden. In diesen Fällen war die Erstellung der zugehörigen thematischen Karte nicht möglich.

Für die Schadstoffe Stickstoffdioxid, Benzol, Schwefeldioxid und Benzo(a)pyren konnten Korrelationen festgestellt werden. Die Ergebnisse zeigen die Karten 5.5-1 bis 5.5-4.

Da Ozon kein direkt emittierter Schadstoff ist, sondern erst in der Atmosphäre aus Vorläufersubstanzen gebildet wird, ist eine Modellierung der flächenhaften Belastung besonders schwierig. Für das Projektgebiet Oberrhein kann aber über eine reine Interpolation der Messdaten der Messstationen und -punkte die zeitliche Entwicklung der flächenhaften Ozonbelastung im Tagesverlauf gezeigt werden. Die Karten in den Abbildungen 5.5-1 und 5.5-2 zeigen die Ozonbelastung im Oberrhein am 11. August 1998 jeweils im Abstand von 3 bzw. 6 Stunden. Es ist

5.5 Cartes des immissions - Interpolation spatiale

Les cartes d'immissions présentées ici donnent un aperçu de la répartition des polluants atmosphériques dans le territoire du Rhin supérieur et sur les reliefs montagneux avoisinants. La démarche spécifique aux polluants suivie lors de l'élaboration des cartes est décrite dans les chapitres suivants.

L'élaboration de chacune des cartes d'immissions passe d'abord par une interpolation des concentrations moyennes annuelles enregistrées sur les sites de mesure.

Chaque carte initiale a été ensuite affinée par :

1. des analyses des polluants atmosphériques dans les zones rurales en site de fond et dans les espaces forestiers et agricoles
2. l'analyse des polluants atmosphériques dans les zones d'habitat
3. l'analyse de l'influence des émissions surfaciques
4. l'analyse de l'influence des émetteurs linéaires (axes de circulation)

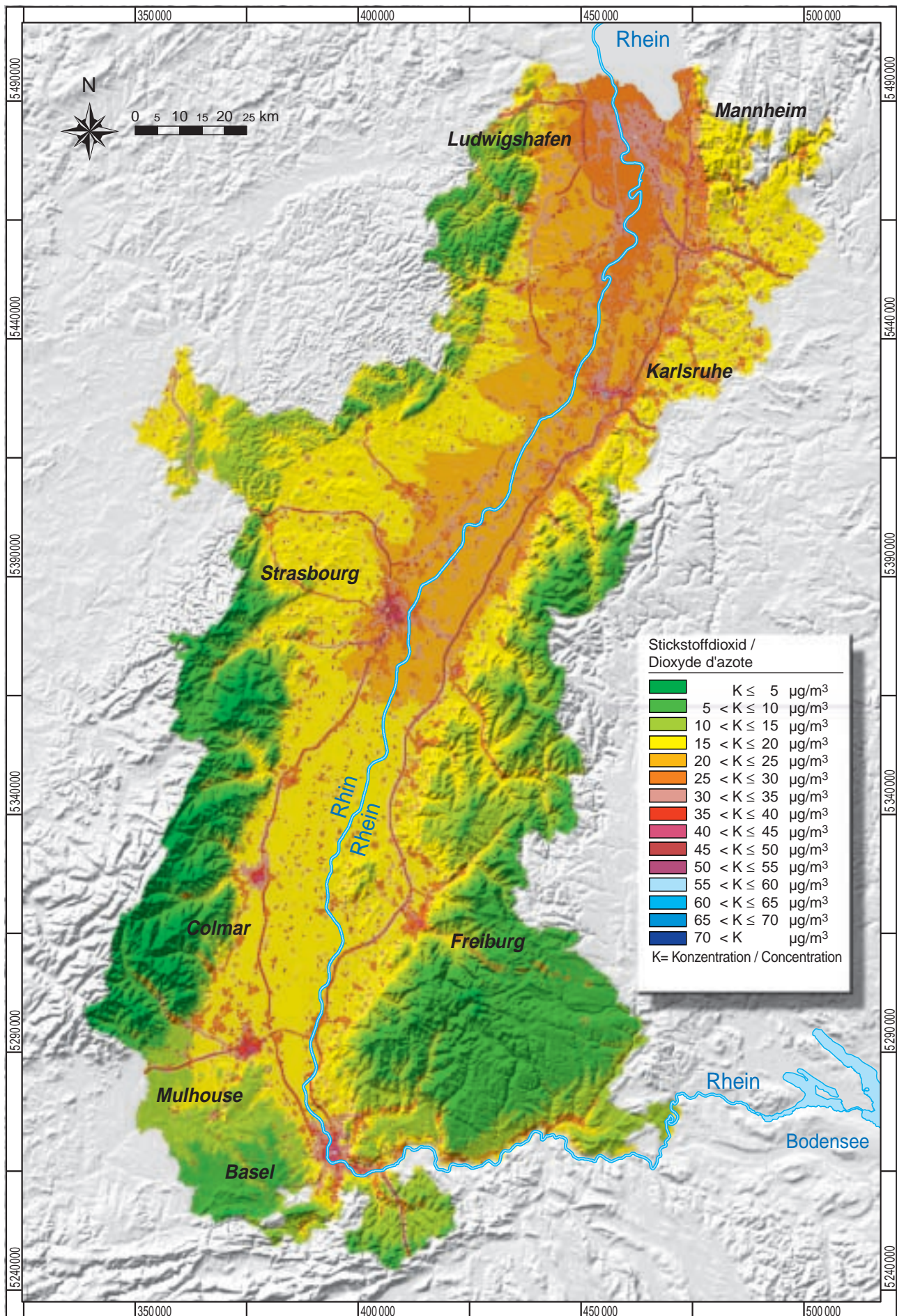
Les analyses n'ont pas toujours fait ressortir une relation pour chaque polluant. Dans ces cas-là, l'élaboration de la carte thématique n'a pas été possible.

Des corrélations ont été constatées pour les polluants dioxyde d'azote, benzène, dioxyde de soufre et benzo(a)pyrène. Les résultats sont présentés dans les cartes 5.5-1 à 5.5-4.

L'ozone n'étant pas un polluant émis directement mais qui se forme dans l'atmosphère à partir de précurseurs, il est difficile de procéder à une modélisation de la pollution surfacique. L'évolution temporelle de la pollution superficielle due à l'ozone peut néanmoins être déterminée dans la zone d'étude du Rhin supérieur par pure interpolation des données des stations et points de mesure. Les cartes dans les figures 5.5-1 et 5.5-2 montrent la pollution due à l'ozone dans le Rhin supérieur le 11 août 1999, à intervalles de 3 ou 6 heures. Elles révèlent nette-

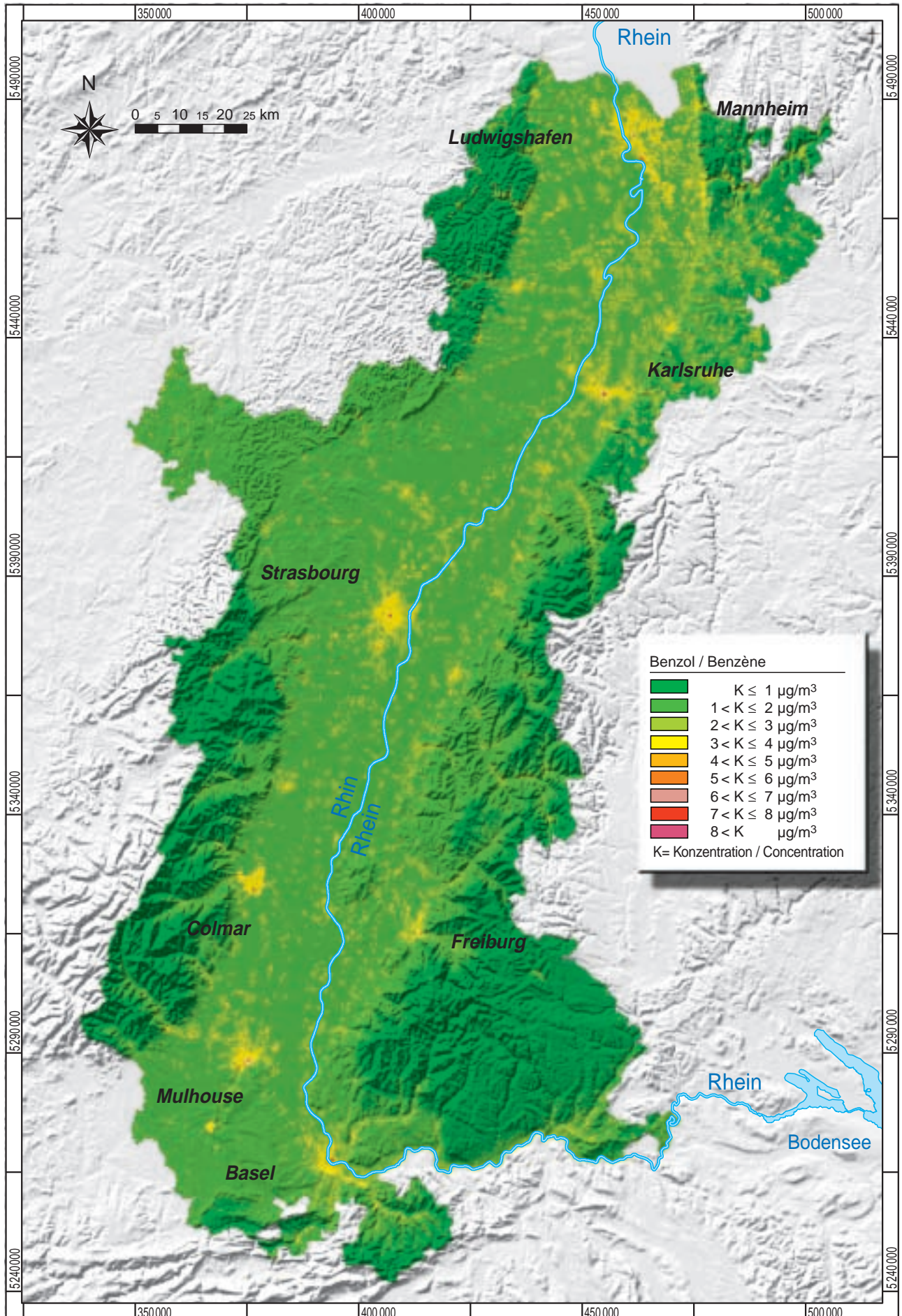
deutlich eine Verschiebung der Belastungsschwerpunkte im Verlauf des Tages zu erkennen. Während in den Morgenstunden die Ozonmaxima in den Höhenlagen des Schwarzwaldes und der Vogesen auftreten, sind in den Mittags- bis Abendstunden die höchsten Ozonkonzentrationen in den Ballungszentren vor allem im Norden des Messgebietes zu beobachten.

ment un décalage des points les plus chargés en pollution au cours de la journée. Le matin, les maxima d'ozone se manifestent dans les hauteurs de la Forêt-Noire et dans les Vosges, alors que le midi et le soir les concentrations d'ozone les plus élevées sont relevées dans les agglomérations, notamment au Nord de la zone de mesure.



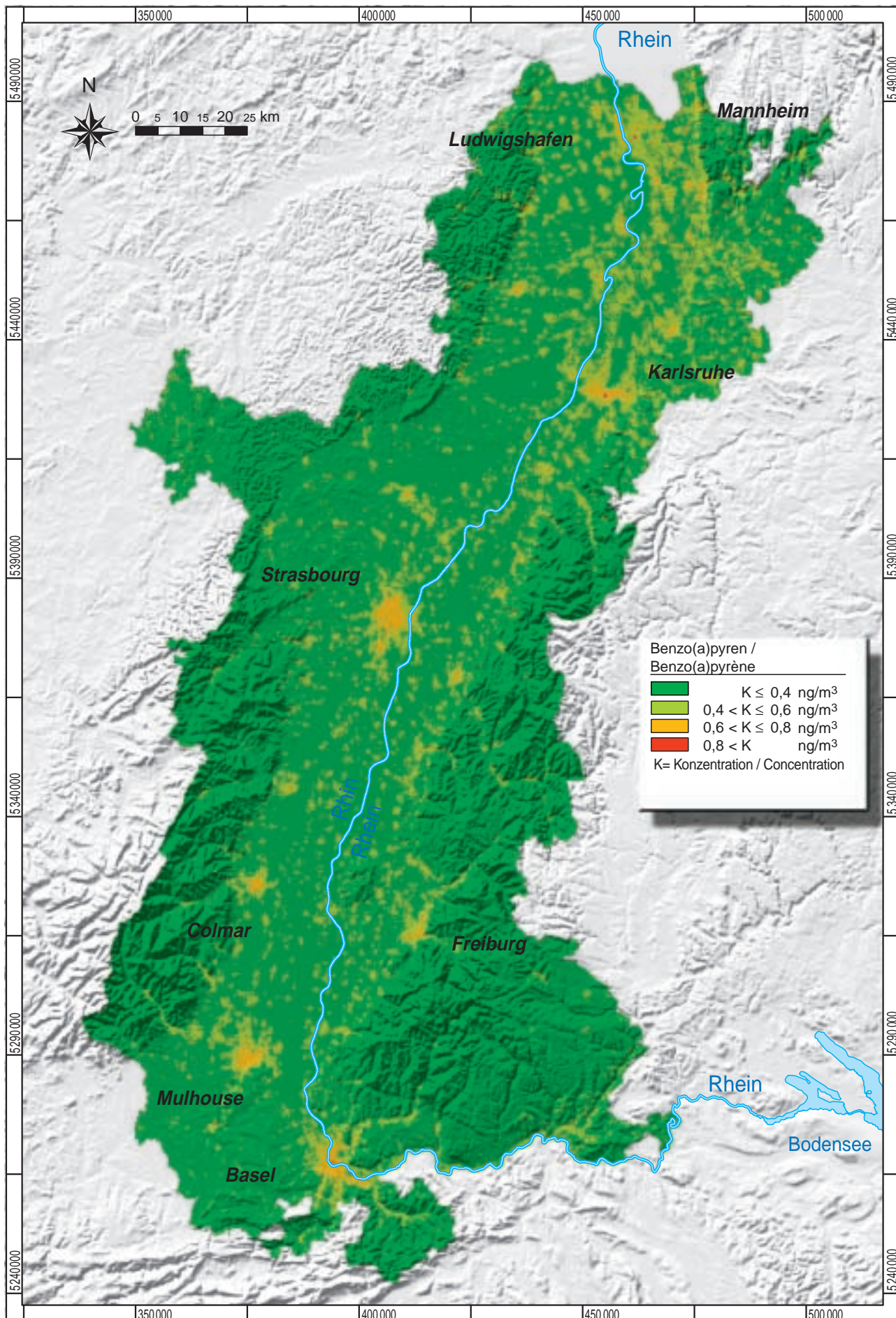
Karte 5.5-1: Stickstoffdioxid-Immissionskarte für das Projektgebiet für den Zeitraum Juni 98 - Mai 99.

Carte 5.5-1 : Carte des immissions de dioxyde d'azote pour la zone d'étude (période : juin 98 à mai 99).



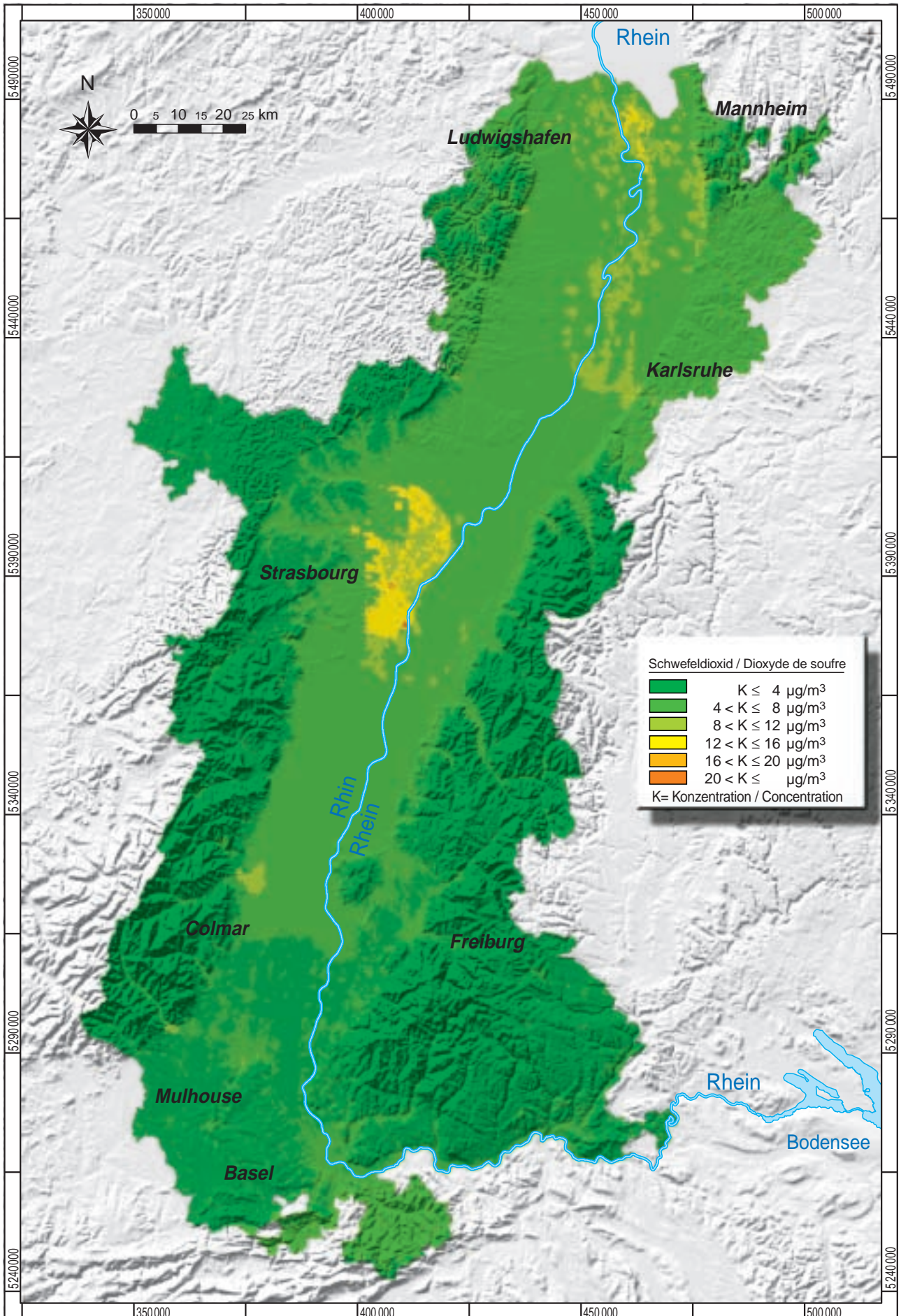
Karte 5.5-2: Benzol-Immissionskarte für das Projektgebiet für den Zeitraum Juni 98 - Mai 99.

Carte 5.5-2 : Carte des immissions de benzène pour la zone d'étude (période : juin 98 à mai 99).



Karte 5.5-3: Benzo(a)pyren-Immissionskarte für das Projektgebiet für den Zeitraum Juni 98 - Mai 99.

Carte 5.5-3 : Carte des immissions de benzo(a)pyrène pour la zone d'étude (période : juin 98 à mai 99).



Karte 5.5-4: Schwefeldioxid-Immissionskarte für das Projektgebiet für den Zeitraum Juni 98 - Mai 99.

Carte 5.5-4 : Carte des immissions de dioxyde de soufre pour la zone d'étude (période : juin 98 à mai 99).

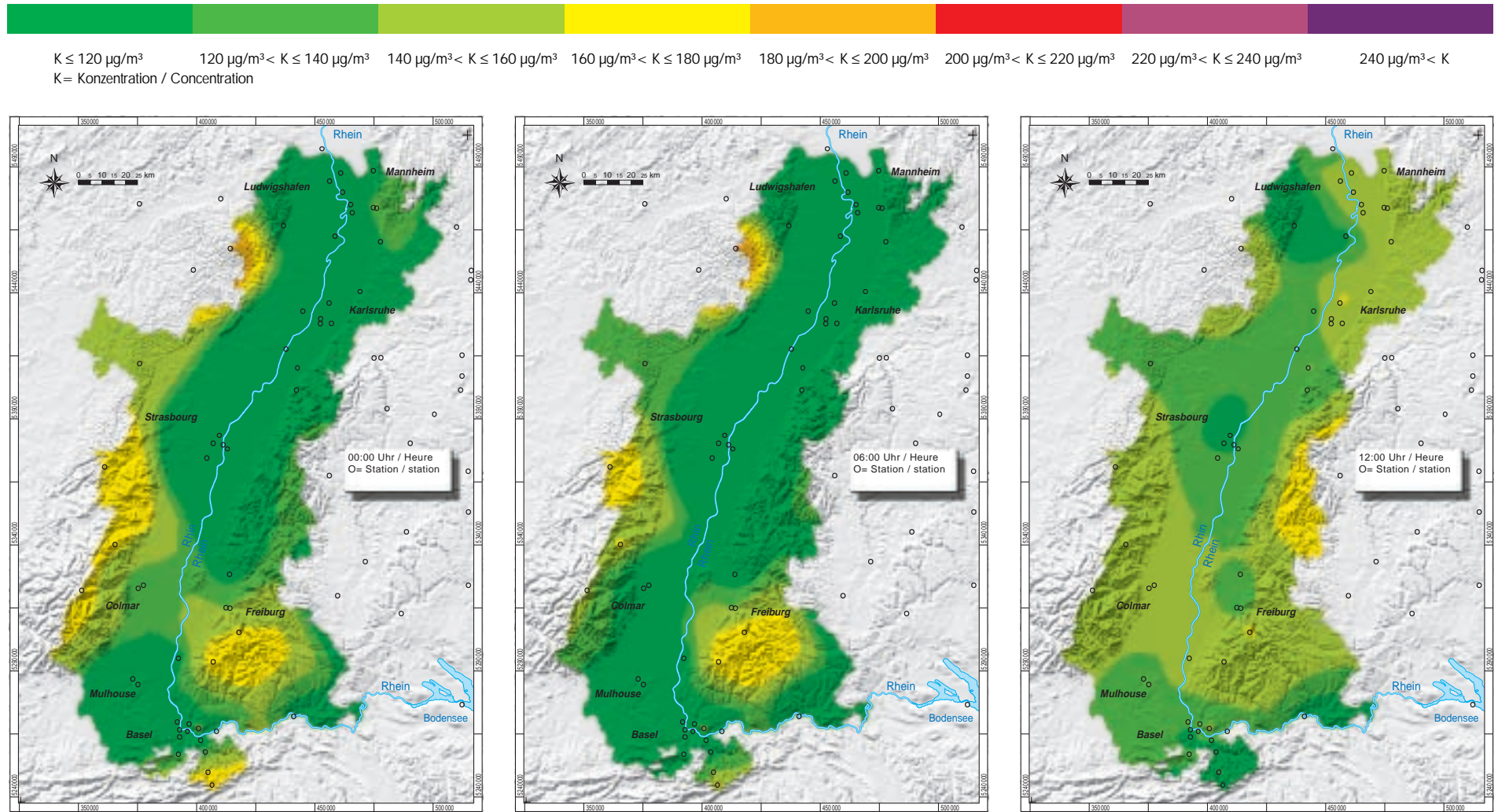


Abbildung 5.5-1: Entwicklung der flächenhaften Ozonkonzentration im Projektgebiet von 0.00 Uhr bis 12.00 Uhr am 11. August 1998

Figure 5.5-1 : Evolution des champs de concentration d'ozone dans la zone d'étude de 0.00 heures à 12.00 heures le 11. Aout 1998

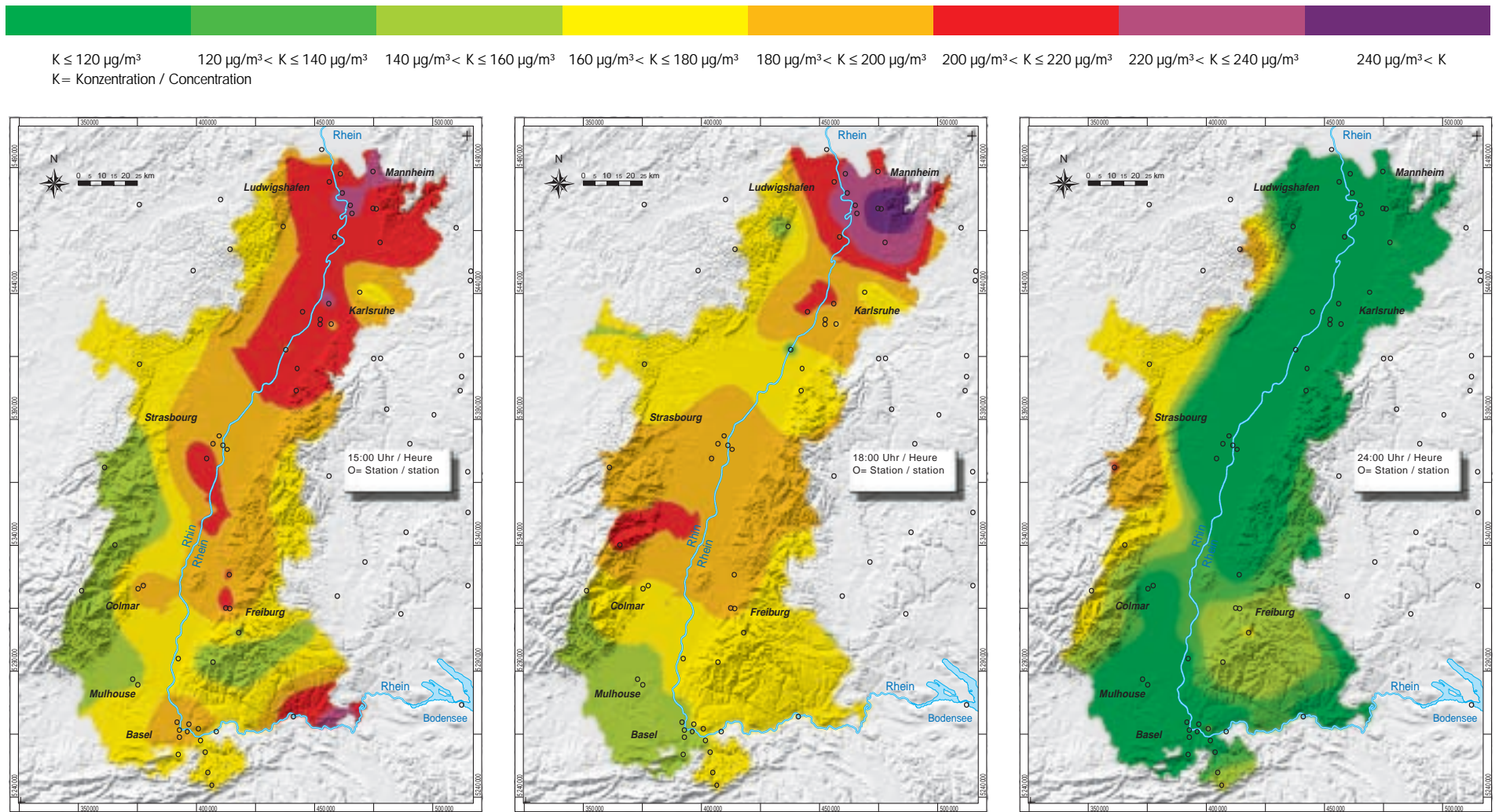


Abbildung 5.5-2: Entwicklung der flächenhaften Ozonkonzentration im Projektgebiet von 15.00 Uhr bis 24.00 Uhr am 11. August 1998
Figure 5.5-2 : Evolution des champs de concentration d'ozone dans la zone d'étude de 15.00 heures à 24.00 heures le 11. Aout 1998

5.6 Vergleich mit den Immissionsstandards und Exposition der Bevölkerung

Die Übertragung der punktuell gemessenen Immissionskonzentrationen in die Fläche im Rahmen des Immissionskatasters ermöglicht es, die Zonen zu ermitteln, in denen die Immissionsstandards möglicherweise überschritten werden.

Die Analyse wurde getrennt durchgeführt für:

- das gesamte Projektgebiet,
- die wichtigsten Stadtgebiete des Oberrheingrabens.

Liegen die Konzentrationen flächig über dem Jahresmittelgrenzwert, wird dies als 'potentielle Exposition' der Einwohner dieser Gebiete bezeichnet.

5.6.1 Vergleich der Immissionsstandards im gesamten Projektgebiet und potentielle Exposition der Bevölkerung

Stickstoffdioxid

Die neue europäische Richtlinie 1999/30/EG vom 22. April 1999 legt den bis zum Jahr 2010 zu erreichenden Jahresgrenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit auf $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fest. Die Gebiete mit einer NO_2 -Flächenbelastung, die über diesem Grenzwert liegt, machen weniger als 1 % des Projektgebietes aus. Die potentiell exponierte Bevölkerung dieser Regionen beträgt 11 %. Fast zwei Drittel der ermittelten Überschreitungen werden in den sieben größten städtischen Einheiten gemessen: Ludwigshafen-Mannheim, Karlsruhe, Freiburg, Basel, Straßburg, Colmar und Mülhausen. In diesen Ballungsräumen leben insgesamt 8 % der potentiell exponierten Bevölkerung der Region.

Die Überschreitungen des NO_2 -Jahresgrenzwerts betreffen in Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg und im Elsaß einen ähnlichen Flächenanteil (weniger als 1 %). Eine Ausnahme ist hier nur der flächenmäßig kleinere Kanton Basel (Übergewicht an bebauten Flächen gegenüber Grün- und landwirtschaftlichen Flächen des Kantons).

5.6 Comparaison avec les normes et exposition de la population

La redistribution spatiale des mesures ponctuelles d'immissions en tant que cadastre des immissions (hors proximité automobile - carte 5.5-1d) permet en première approche de mettre en exergue les zones du Rhin supérieur susceptibles de dépassements de normes de la qualité de l'air. L'analyse a été conduite sur la base de deux échelles territoriales imbriquées :

- Le domaine géographique transfrontalier du Rhin supérieur et les entités régionales qui le composent,
- les principales unités urbaines du domaine transfrontalier.

Les niveaux de pollution de fond dépassant les normes annuelles correspondent à l'*exposition potentielle à la pollution* pour la population habitant dans les zones concernées.

5.6.1 Comparaison de la valeur limite annuelle et exposition potentielle de la population dans le Rhin supérieur

Dioxyde d'azote

La nouvelle directive européenne 1999/30/CE datée du 22 avril 1999 fixe une valeur limite annuelle pour la protection de la santé humaine de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à respecter d'ici 2010. Les zones soumises à une pollution de fond en NO_2 dépassant cette norme représentent moins de 1% du domaine géographique transfrontalier du Rhin supérieur et regroupent 11 % de la population régionale potentiellement exposée. Près des deux tiers de ces dépassements estimés sont observés dans les sept principales unités urbaines : Ludwigshafen-Mannheim, Karlsruhe, Fribourg, Bâle, Strasbourg Colmar et Mulhouse. Ces agglomérations concentrent au total 8 % de la population régionale potentiellement exposée.

Pour le NO_2 , les dépassements de la valeur limite annuelle couvre une part de superficie de territoire similaire en Rhénanie-Palatinat, au Bade Wurtemberg et en Alsace (moins de 1%). Seul le canton de Bâle fait exception du fait de son aire territoriale plus restreinte (poids important des zones bâties par rapport aux espaces verts et agricoles du canton).

Benzol

Bei Benzol wurde der derzeit niedrigste Immissionsstandard (französisches Ziel für die Luftqualität $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresdurchschnitt) für die räumliche Bewertung der Überschreitungen zu Grunde gelegt. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, weil die Überschreitungshäufigkeit des Grenzwertes von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (EU) für eine räumliche Auswertung zu klein ist. Der Grenzwert von $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird auf 7 % des Projektgebietes überschritten. In den Zonen mit dieser Flächenbelastung wohnen 9 von 10 Einwohnern der Region. Etwas mehr als ein Viertel dieser Überschreitungen lassen sich in den sieben großen städtischen Einheiten Ludwigshafen-Mannheim, Karlsruhe, Freiburg, Basel, Straßburg, Colmar und Mülhausen beobachten. 3/4 der Überschreitungen traten in den anderen, mittleren und kleineren, städtischen Gebieten auf.

Im Kanton Basel-Stadt und in Rheinland-Pfalz wird auf insgesamt 11 % bzw. 10 % der Fläche der Zielwert für Benzol überschritten, gegenüber 8 % bzw. 5 % in Baden-Württemberg und dem Elsaß.

Benzène

Pour le benzène, la valeur limite européenne ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) n'est dépassée que sur une petite zone du territoire, c'est donc la norme actuelle la plus basse (objectif français de qualité fixée à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) qui a été retenue pour l'évaluation spatiale des dépassements. Ce choix a été fait car la fréquence de dépassements de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (valeur limite européenne) était trop faible pour une exploitation surfacique des données. Ainsi, l'évaluation est fondée sur le critère le plus strict. Cette norme est dépassée sur 7 % du territoire du Rhin supérieur. Les zones concernées par cette pollution de fond concentrent près de 9 habitants sur 10 de la population régionale. Un peu plus d'un quart de ces dépassements s'observent dans les sept grandes unités urbaines de Ludwigshafen-Mannheim, Karlsruhe, Fribourg, Bâle, Strasbourg, Colmar et Mulhouse. Ces dépassements touchent à hauteur de trois quarts les autres secteurs urbanisés de moyennes et petites tailles.

Le canton de Bâle Ville et la Rhénanie-Palatinat totalisent respectivement 11 % et 10 % de leur superficie territoriale dépassant la valeur de l'objectif de qualité pour le benzène contre respectivement 8 % et 5 % pour le Bade Wurtemberg et l'Alsace.

Tabelle 5.6-1: Überschreitung der NO_2 - und Benzol-Immissionsstandards im Projektgebiet.

	Flächenanteil der Region mit Überschreitung des		
	NO_2 -Grenzwertes ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	Benzol-Zielwertes ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	Benzol-Zielwertes ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
Rheinland-Pfalz	< 1 %	10 %	< 1 %
Baden-Württemberg	< 1 %	8 %	< 1 %
Basel-Stadt/Landschaft	4 %	11 %	< 1 %
Elsaß	< 1 %	5 %	< 1 %
Gesamtgebiet	< 1 %	7 %	< 1 %

Tabelle 5.6-1 : Dépassement des normes en NO_2 et Benzène dans la zone d'étude.

	Superficie de la région dépassant la valeur limite pour le		
	NO_2 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	Benzène ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	Benzène ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
Rhénanie-Palatinat	< 1 %	10 %	< 1 %
Bade Wurtemberg	< 1 %	8 %	< 1 %
Bâle ville / Bâle campagne	4 %	11 %	< 1 %
Alsace	< 1 %	5 %	< 1 %
Ensemble de la zone	< 1 %	7 %	< 1 %

5.6.2 Vergleich mit den Immissionsstandards in den größten Stadtgebieten

In den sieben großen städtischen Einheiten, in denen sich die Überschreitungen der Immissionsstandards konzentrieren, lebt fast ein Drittel der gesamten oberrheinischen Bevölkerung. Die städtischen Einheiten entsprechen im Allgemeinen den mehr oder weniger durchgehend bebauten Flächen. Auf französischer Seite umfassen die städtischen Einheiten gemäß der Definition des INSEE* eine Gesamtheit von Gemeinden, deren Stadtgefüge mindestens eine durchgehende Zone beinhaltet (weniger als 200 Meter Abstand zwischen zwei Gebäuden), mit insgesamt mehr als 2000 Einwohnern. Das Gebiet der städtischen Einheiten entspricht auf deutscher Seite dem „Stadtkreis“ und in der Schweiz den beiden Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft.

Die Statistiken der Grenzwertüberschreitung und der potentiellen Exposition der Bevölkerung (Tabelle 5.6-2) beziehen sich einerseits auf die gesamte Fläche der städtischen Einheiten und andererseits auf die „Stadtgefüge“ genannte Fläche der bewohnten Gebiete (Landnutzung: 'Bebaut').

Die Analyse der Ursachen für diese Überschreitungen ist in Kapitel 6.3 dargestellt.

Stickstoffdioxid

In der Stadt Straßburg mit ihrem dichten und relativ „beengten“ Stadtkern kommt es bei NO₂ zu höheren Überschreitungen (Klasse 10 - 20 bei der städtischen Einheit und 30 - 40 im Stadtgefüge) als im Raum Mannheim-Ludwigshafen (Klasse 0 - 10 bei der städtischen Einheit und 5 - 15 im Stadtgefüge), dessen Stadtkerne stärker gegliedert sind.

Die Höhe des potentiell exponierten Bevölkerungsanteils steht in direktem Zusammenhang mit dem Anteil der bebauten Fläche des Ballungsraums. Dieser Anteil liegt bei den Städten Straßburg, Mülhausen und Basel insgesamt bei über 20 %, während in den Städten Mannheim-Ludwigshafen, Karlsruhe und Freiburg, deren Wohngebiete weiter verstreut sind, weniger als 20 % der Bevölkerung Grenzwertüberschreitungen ausgesetzt sind.

5.6.2 Comparaison avec les normes dans les principales unités urbaines

Les sept grandes unités urbaines où se concentrent les dépassements de normes regroupent près d'un tiers de la population totale du Rhin supérieur. Les unités urbaines correspondent généralement aux zones de bâti plus ou moins continu. Côté français, leur délimitation selon la définition de l'INSEE* regroupe un ensemble de communes dont le tissu urbain comporte au moins une zone continue (moins de 200 mètres entre deux bâtiments) ayant une population totale de plus de 2000 habitants. Pour conserver des critères relativement comparables en terme de bâti et de population, voire de superficie, la délimitation des unités urbaines a été rapportée aux „Stadtkreis“ côté allemand et aux deux cantons de Bâle-Ville et Bâle-campagne en Suisse.

Les statistiques de dépassement de seuil et d'exposition potentielle de la population (tableau 5.6-2) sont rapportées d'une part à l'ensemble de la superficie des unités urbaines et d'autre part à la superficie des zones habitées appelées „tissu urbain“ (habitat majoritaire dans l'occupation du sol).

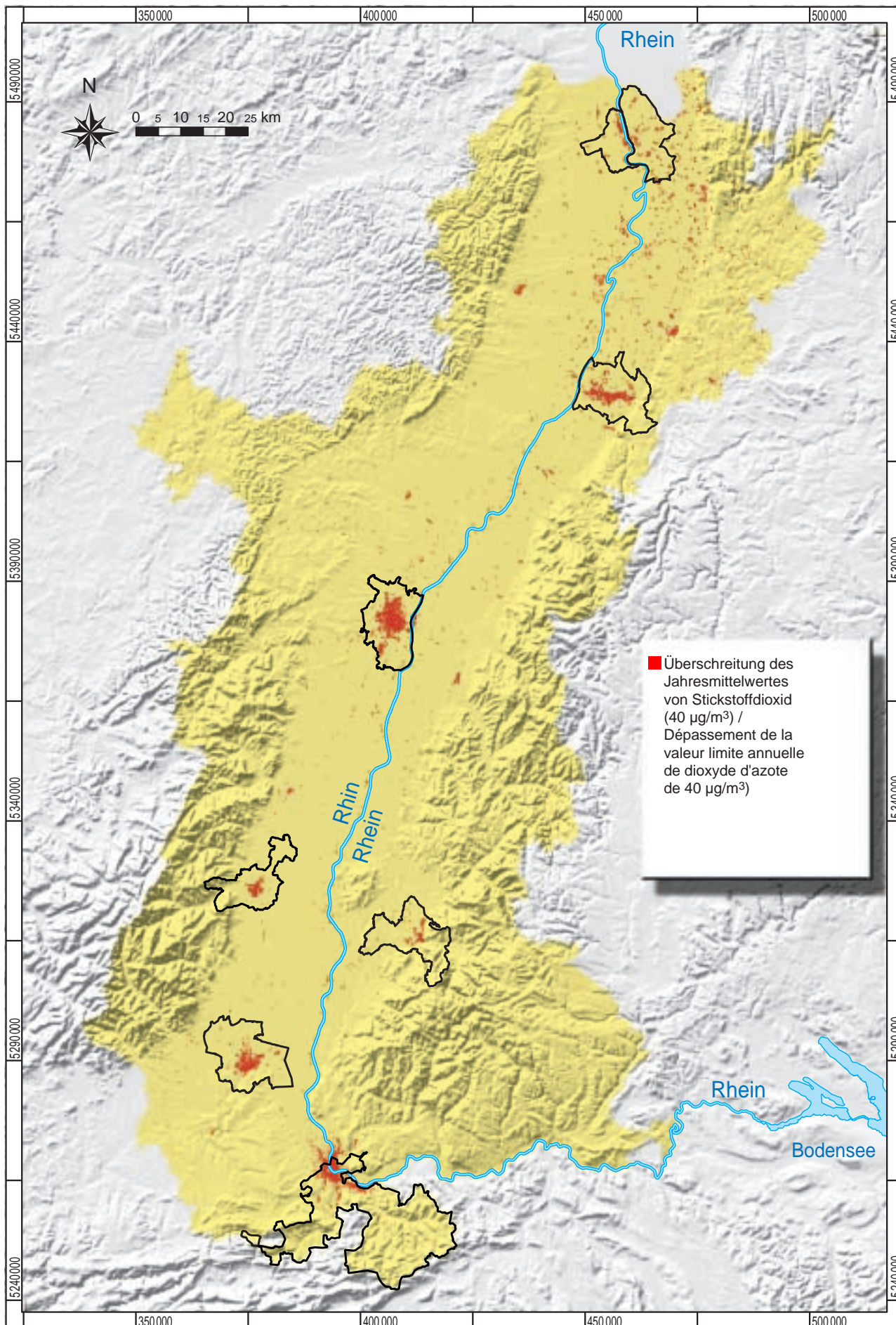
L'analyse des causes de ces zones de dépassement est présentée dans le chapitre 6.3.

Dioxyde d'azote

La ville de Strasbourg au centre urbain dense et relativement „ramassé“ connaît des taux plus élevés de dépassement (classe 10 - 20 pour l'unité urbaine et 30 - 40 pour le tissu urbain) que la conurbation de Mannheim-Ludwigshafen (classe 0 - 10 pour l'unité urbaine et 5 - 15 pour le tissu urbain) dont le centre urbain présente une plus grande extension multidirectionnelle.

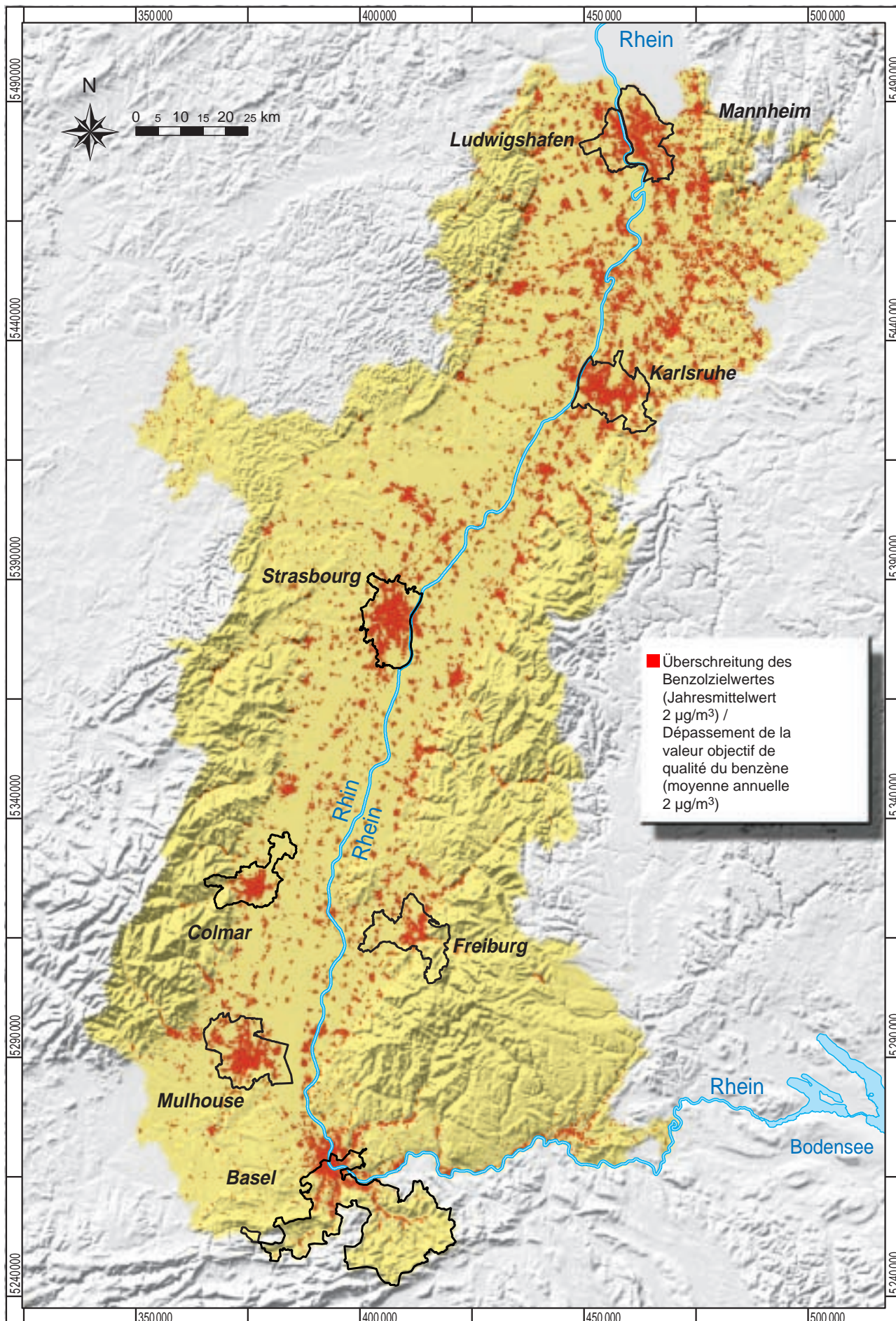
La proportion de population potentiellement exposée est directement liée à la part du bâti de l'agglomération. Cette proportion est globalement supérieure à 20 % pour les villes de Strasbourg, Mulhouse et Bâle, tandis que la population concernée par ces dépassements représente moins de 20 % à Mannheim-Ludwigshafen, Karlsruhe et Fribourg qui présentent une zone résidentielle plus dispersée.

* INSEE: Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques



Karte 5.6-1: Überschreitungen des NO_2 -Jahresgrenzwertes von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Projektgebiet.

Carte 5.6-1 : Dépassement de la valeur limite annuelle de dioxyde d'azote ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dans la zone d'étude.



Karte 5.6-2: Überschreitungen des Benzol-Jahreszielwertes von $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Projektgebiet.

Carte 5.6-2 : Dépassement de la valeur annuelle d'objectif de qualité de benzène $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans la zone d'étude.

Tabelle 5.6-2 : Vergleich mit dem NO₂-Jahresgrenzwert von 40 µg/m³.

	Straßburg	Mülhausen	Colmar	Mannheim-Ludwigshafen	Karlsruhe	Freiburg	Basel
Städtische Einheit: % der Fläche mit Überschreitung	10 – 20	0 – 10	0 - 10	0 – 10	0 – 10	0 – 5	0 – 5
Stadtgefüge: % der Fläche mit Überschreitung	30 – 40	10 – 20	10 - 20	5 – 15	15 – 25	10 – 20	30 - 40
Potentiell exponierte Bevölkerung in %	30 – 40	20 – 30	20 - 30	5 – 15	10 – 20	5 – 15	30 - 40

Tableau 5.6-2 : NO₂ - comparaison avec la valeur limite annuelle de 40 µg/m³.

	Strasbourg	Mulhouse	Colmar	Mannheim-Ludwigshafen	Karlsruhe	Fribourg	Bâle
Unité urbaine : % de la superficie avec dépassement	10 – 20	0 – 10	0 - 5	0 – 10	0 – 10	0 – 5	0 – 5
Zone bâties : % de la superficie avec dépassement	30 – 40	10 – 20	10 - 20	5 – 15	15 – 25	10 – 20	30 - 40
Population potentiellement exposée en %	30 – 40	20 – 30	20 - 30	5 – 15	10 – 20	5 – 15	30 - 40

Benzol

Die Jahreszielwerte für Benzol werden auf mehr als neun Zehnteln der Fläche der dichten Stadtgefüge jeder der sechs wichtigsten städtischen Einheiten überschritten. Bei den Überschreitungen in den städtischen Einheiten ragen insbesondere die Städte Basel und Freiburg heraus.

Auch der Anteil der diesen Überschreitungen potentiell ausgesetzten Bevölkerung ist mit einem Prozentsatz von über 90 % in allen betroffenen Stadtgebieten ähnlich.

Benzène

Pour le benzène, les dépassements de la valeur annuelle d'objectif de qualité couvrent plus de neuf dixième de la superficie des tissus urbains denses de chacune des six principales unités urbaines. Les proportions de dépassements à l'échelle de l'unité urbaine font ressortir la ville de Bâle et de Fribourg.

La fraction de la population potentiellement exposée à ces dépassements est également sensiblement équivalente dans chacune des zones urbaines concernées avec un pourcentage élevé supérieur à 90 %.

Tabelle 5.6-3 : Vergleich mit dem Benzol-Jahreszielwert von 2 µg/m³.

	Straßburg	Mülhausen	Colmar	Mannheim-Ludwigshafen	Karlsruhe	Freiburg	Basel
Städtische Einheit: % der Fläche mit Überschreitung	40 – 50	30 – 40	20 - 30	40 – 50	40 – 50	10 – 20	10 – 20
Stadtgefüge: % der Fläche mit Überschreitung	> 95	> 95	> 95	> 95	> 95	> 90	> 90
Potentiell exponierte Bevölkerung in %	> 95	> 95	> 95	> 95	> 95	> 90	> 90

Tableau 5.6-3 : Benzène -Comparaison avec la valeur annuelle d'objectif de qualité 2 µg/m³.

	Strasbourg	Mulhouse	Colmar	Mannheim-Ludwigshafen	Karlsruhe	Fribourg	Bâle
Unité urbaine : % de la superficie avec dépassement	40 – 50	30 – 40	20 - 30	40 – 50	40 – 50	10 – 20	10 – 20
Zone bâties : % de la superficie avec dépassement	> 95	> 95	> 95	> 95	> 95	> 90	> 90
Population potentiellement exposée en %	> 95	> 95	> 95	> 95	> 95	> 90	> 90

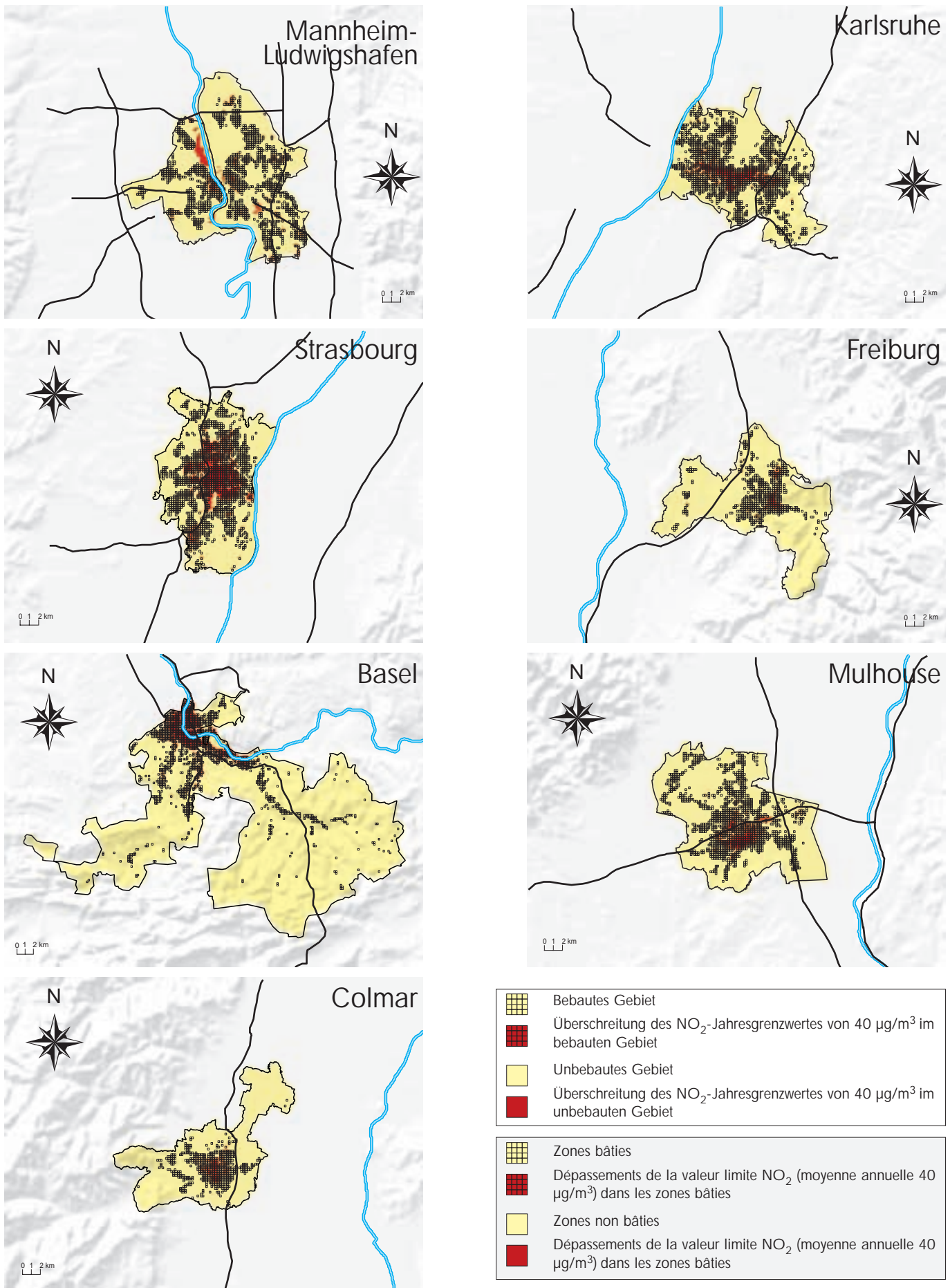


Abbildung 5.6-1: Überschreitungen des NO₂-Jahresgrenzwertes von 40 µg/m³ in den großen Städten im Projektgebiet.

Figure 5.6-1 : NO₂ - Dépassement de la valeur limite annuelle de 40 µg/m³.

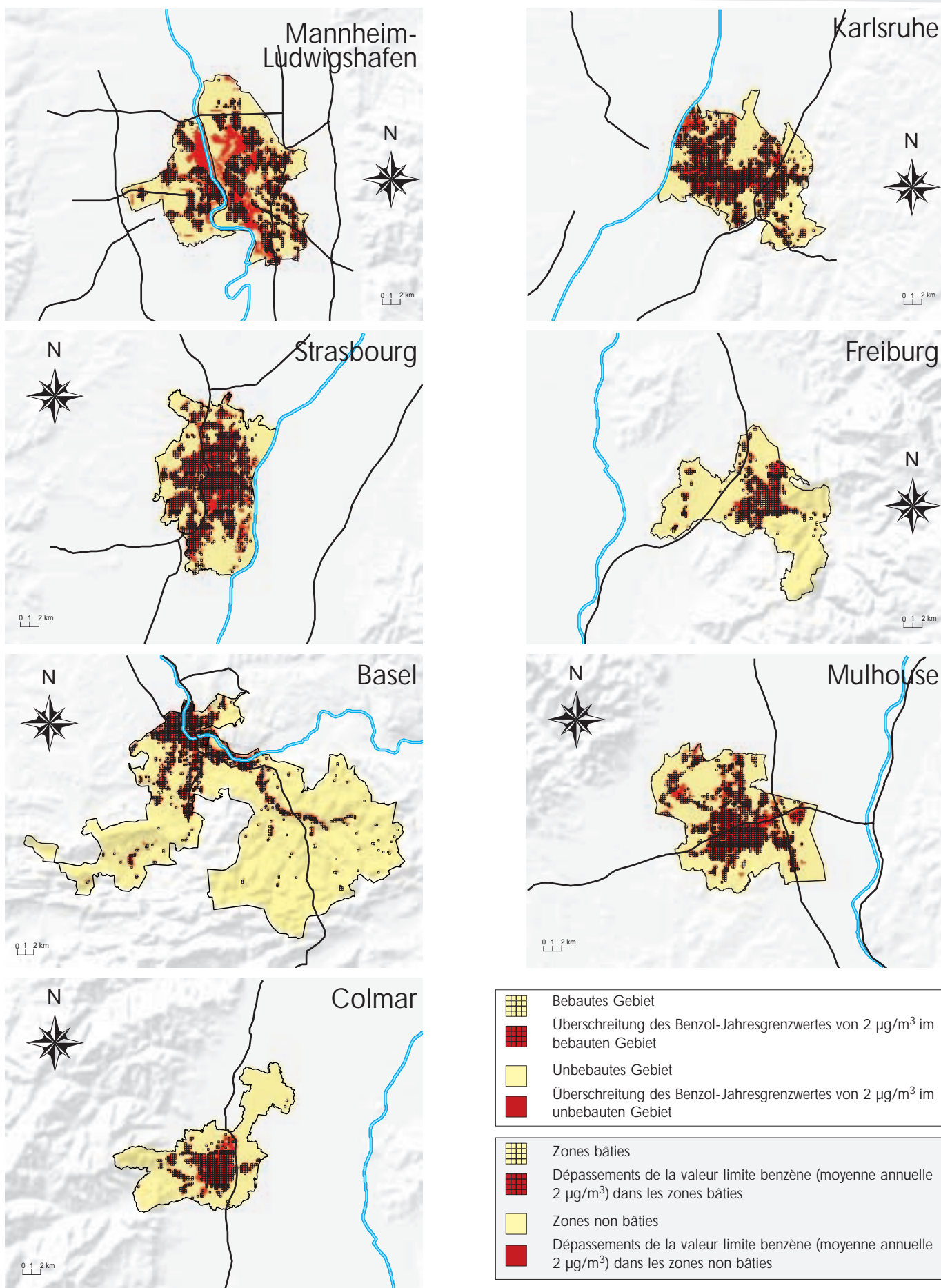


Abbildung 5.6-2: Überschreitungen des Benzol-Jahreszielwertes von $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in den großen Städten im Projektgebiet.

Figure 5.6-2 : Benzène - Dépassement de la valeur annuelle d'objectif de qualité $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

6 URSACHENANALYSE ANALYSE DES CAUSES

6.1 Grundlagen der Ursachenanalyse

Die Ermittlung der Ursachen von festgestellten Luftverunreinigungen ist ein wesentliches Element für die Einleitung von Maßnahmen, welche die Situation im Projektgebiet am Oberrhein immissions- und damit auch wirkungsseitig verbessern sollen. Der Zusammenhang zwischen Wirkung und Immission ist dabei durch die Bewertung der Immissionsergebnisse mittels wirkungsabhängiger Immissions-Bewertungsgrößen bereits berücksichtigt. Daher kann sich die Ursachenermittlung im allgemeinen auf die Kausalbeziehung Immission-Emission beschränken.

In den folgenden Kapiteln wird die Ursachenanalyse in den vier räumlichen Ebenen Gesamtgebiet, städtische Agglomerationen, Stadtkerne und Messpunkte durchgeführt und es werden Hinweise auf die Beteiligung der folgenden Quellengruppen gegeben:

- Industrielle Punktquellen (Großemittenten)
- Industrielle Flächenquellen und Kleingewerbe
- Verkehr (Straße und off-road)
- Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher (HUK)
- Biogene und sonstige anthropogene Quellen.

Gesamtgebiet

Eine erste Analyse der Luftqualität am Oberrhein beschäftigt sich mit der Veränderung der Luftverunreinigungen im Hintergrund (ländlicher Raum) vom Süden bis zum Norden des Projektgebietes und von den Mittelgebirgen im Osten (Schwarzwald) bis zum Westen (Vogesen) (siehe Kapitel 6.2). Zu diesem Zweck wurde nach zwei Ansätzen vorgegangen.

Beim ersten Ansatz wird, unter Ausklammerung der städtischen Zentren, das Immissionskataster in fünf Zonen der Nord-Süd-Achse und eine zusätzliche Zone, die die links- und rechtsrheinischen Gebirge umfasst, unterteilt. Diese werden anhand des Emissionskatasters, der Flächennutzung und der Bevölkerungsdichte analysiert.

Beim zweiten Ansatz werden die Konzentrationen in der Luft und die Emissionen entlang von Quer- und Längsschnitt-

6.1 Bases de l'analyse des causes

La détermination des causes des phénomènes de pollution atmosphérique constatés est un élément essentiel pour la mise en œuvre de mesures ayant pour but d'améliorer la qualité de l'air et par conséquent de réduire son impact sur la santé humaine et l'environnement dans la vallée du Rhin supérieur. L'impact sur la santé humaine et l'environnement est déjà pris en compte lors de l'évaluation de la qualité de l'air à l'aide de grandeurs normatives. Par conséquent, l'analyse des causes se limitera à mettre en relation les immissions et les émissions.

Les chapitres suivants présentent une analyse des causes à quatre niveaux ensemble de la zone, agglomérations urbaines, centres de ville et sur des sites ponctuels de mesure. Des indications sont données quant à la contribution des secteurs suivants :

- Sources ponctuelles industrielles (gros émetteurs de polluants)
- Sources surfaciques industrielles et petit artisanat
- Secteur transport (route et hors route)
- Petites installations de combustion (PIC)
- Sources biogènes et autres sources anthropiques.

Ensemble de la zone

Une première analyse de la qualité de l'air du Rhin supérieur s'intéresse à la variation de la pollution de fond à grande échelle, du sud au nord de la zone d'étude et du Rhin vers les sommets montagneux de l'est (Forêt Noire) et de l'ouest (Vosges) (voir chapitre 6.2). Pour cela, deux approches complémentaires ont été mises en œuvre.

La première approche met en perspective, hors pôles urbains, le cadastre des immissions avec des paramètres explicatifs dans cinq grandes zones graduant l'axe nord-sud et une zone épousant les massifs montagneux. Les paramètres explicatifs sont issus du cadastre des émissions, l'occupation du sol et la densité de population.

La seconde approche met en profil et en correspondance les concentrations dans l'air et les émissions le long de

ten analysiert und zueinander in Beziehung gesetzt. Diese Profile geben insbesondere die Emissionsanteile der Quellengruppen wieder, die dem umgebenden Hintergrund und der lokalen Luftverunreinigung zuzuordnen sind.

Städtische Agglomerationen und Stadtkerne

Die Ursachenbetrachtung anhand der Bilanzräume städtische Agglomerationen und Stadtkerne (siehe Kapitel 6.3) besteht in der Bewertung der Immissionsbelastungen auf der Grundlage des Emissionskatasters.

Das Gebiet einer städtischen Agglomeration wird derart abgegrenzt, dass in diesen Räumen die Verteilung der Emissionen nach den Quellengruppen näherungsweise denen der Immissionen entsprechen. Die Abgrenzung dieses Bilanzraumes erfolgt unter Berücksichtigung der Landnutzung (Klassen 'dichte Besiedlung' und 'Industrie') sowie der industriellen Punktquellen.

Messpunkte

Auf der Grundlage der Immissionsmessungen und der Emissionserhebungen wird für eine große Anzahl von Luftschadstoffen eine Ursachenbetrachtung durchgeführt, in der auffällige Ergebnisse an den Immissionsmesspunkten (Immissionsmaxima) bewertet und deren Verursacher ermittelt werden.

Aus den Ergebnissen der stationären und mobilen Punktmessungen werden durch Berücksichtigung von EU-Jahresmittelgrenzwerten und durch ein festgelegtes Abschneidekriterium (siehe Kapitel 6.4) die Immissionsmaxima für die gemessenen Stoffe und Stoffgruppen im Projektgebiet ermittelt.

coupes transversales et longitudinale. Ces profils expriment en particulier les parts respectives de pollution attribuables au fond environnant et à la pollution locale.

Agglomération urbaine et centres de ville

L'analyse des causes à l'échelle des agglomérations urbaines et centre-villes (voir chapitre 6.3) consiste à mettre en relation les niveaux d'immissions avec les émissions locales sur la base du cadastre des émissions.

La zone d'une aire de bilan est délimitée de telle sorte que l'origine des immissions en terme de sources corresponde approximativement à la répartition des émissions. La délimitation d'une aire de bilan est fondée sur des critères de densité de population (zone urbanisée, industrie) et sur les sources industrielles.

Sites ponctuels de mesure

Sur la base des concentrations mesurées et de l'inventaire des émissions, une analyse des causes a été réalisée sur les sites ponctuels de mesure à partir des immissions (maxima observés) pour un grand nombre de polluants atmosphériques. L'origine de la pollution a été identifiée le cas échéant.

A partir des résultats de ces points de mesure (permanents ou temporaires), les maxima d'immissions sont déterminés pour chaque polluant ou catégorie de polluants dans la zone d'étude, compte tenu des valeurs limites annuelles moyennes européennes et à l'aide d'un critère d'évaluation déterminé (voir chapitre 6.4).

6.2 Gesamtgebiet

Die Besonderheit der grenzübergreifenden Analyse ist die Zusammenführung von Daten über die Immissionen und die Emissionen im gesamten oberen Rheintal. Die in den Immissionskarten (siehe Kapitel 5) erkennbare Verteilung der Hintergrundbelastung ist Anlass für eine erste Analyse in großem Maßstab.

Die Analyse des Gefälles der Hintergrundbelastung zwischen Ebene und Gebirge und zwischen Süden und Norden des oberen Rheintals erfolgt einerseits anhand einer Unterteilung in sechs geographische Einheiten (Zonen) und andererseits durch Auswertung der Immissionen und Emissionen entlang von sechs Achsen (fünf Quer- und eine Längsachse). In den sechs Zonen wurden Immissionskonzentrationen von Stickstoffdioxid und Benzol untersucht. Da erhebliche räumliche Belastungen beim Schwefeldioxid im Wesentlichen in der Nähe von Industrieanlagen gemessen wurden, kam diesem Schadstoff bei der Analyse in großem Maßstab keine große Bedeutung zu. Näher untersucht wurde insbesondere die NO_2 -Hintergrundbelastung, bei der ein echter Konzentrationsgradient in den außerstädtischen Gebieten zu beobachten ist (Osten – Westen und Süden – Norden).

Mittelpunkt der fünf betrachteten Zonen in der Ebene waren die Großstädte oder Ballungsräume, die im Immissionskataster als die Zentren mit der höchsten Belastung zu erkennen sind. Jede der Zonen umfasst jeweils ein Profil der Immissionsmesskampagne. Außerdem wurde darauf geachtet, dass die fünf Zonen etwa gleich große Flächen umfassen und die Grenzen entlang der Gemarkungsgrenzen verlaufen. Die Grenzen der Zonen im Rheingraben schließen im Osten und Westen jeweils die Stadtgebiete der Vorbergzone ein.

6.2 Ensemble de la zone

La particularité des travaux d'analyse transfrontalière est d'avoir produit des données d'immissions et d'émissions sur la vallée du Rhin supérieur. La répartition de la pollution de fond mise en évidence par les cadastres des immissions (voir chapitre 5) mérite une première analyse à grande échelle.

L'analyse des gradients de pollution de fond qui apparaissent entre plaine et montagne, et entre le sud et le nord de la vallée du Rhin supérieur est proposée d'une part à l'aide d'un découpage en six zones et d'autre part par la mise en profil des immissions et des émissions le long de six axes (5 transversaux et 1 longitudinal). L'analyse des six zones ainsi découpées a été réalisée pour le dioxyde d'azote et le benzène. Les disparités spatiales significatives du SO_2 étant essentiellement localisées en proximité industrielle, l'analyse à grande échelle avait peu d'intérêt pour ce polluant.

Seule la répartition de la pollution de fond en NO_2 , qui présente de réels gradients de pollution hors zone urbaine (est – ouest et sud – nord), a été mise en profils.

Les cinq zones de plaines étudiées en cascade ont été centrées sur des métropoles ou groupe de métropoles qui ressortent des cadastres des immissions comme des pôles de pollution plus intense. Ces entités géographiques englobent chacune un profil de la campagne de mesure des immissions. Les séparations transversales de ces cinq zones s'appuient sur les contours communaux qui délimitent des superficies comparables. Au centre du fossé rhénan, les délimitations est et ouest incluent les zones urbanisées des piémonts respectifs et correspondent aux contours communaux des premiers contreforts des massifs montagneux.

Die gewählten geographischen Einheiten wurden wie folgt benannt (siehe Karte 6.2-1):

- Zone 'Nord' um den Mittelpunkt Ludwigshafen/Mannheim,
- Zone 'Zentrum Nord' um den Mittelpunkt Karlsruhe/Nord Elsaß,
- Zone 'Zentrum' um den Mittelpunkt Straßburg/Kehl/Offenburg,
- Zone 'Zentrum Süd' um den Mittelpunkt Sélestat/Colmar/Freiburg,
- Zone 'Süd' um den Mittelpunkt Mülhausen/Basel
- Gebirgszone Vogesen/Schwarzwald.

Les unités géographiques choisies ont été désignées comme suit (voir carte 6.2-1) :

- Zone 'Nord' centrée sur Ludwigshafen/Mannheim,
- Zone 'Centre Nord' centrée sur Karlsruhe/Nord d'Alsace,
- Zone 'Centre' centrée sur Strasbourg/Kehl/Offenburg,
- Zone 'Centre Sud' centrée sur Sélestat/Colmar/Fribourg,
- Zone 'Sud' centrée sur Mulhouse/Bâle,
- Zone de montagne Vosges/Forêt Noire.

Für diese sechs Zonen wurden die strukturellen geographischen Parameter (Bevölkerungsdichte, Flächennutzung, sektorische Emissionen) für jeden Schadstoff berechnet. Bei der Analyse der Hintergrundbelastung in diesen großen Gebietseinheiten wurden die Bilanzräume ausgeklammert, da sie Gegenstand eines eigenen Kapitels sind (siehe Kapitel 6.3).

Die weißen Flächen (städtische Zentren und Randgebiete) werden nicht in die Betrachtung einbezogen.



Les paramètres structurels géographiques (densité de population, occupation des sols, émissions sectorielles) sont extraits pour chacun des polluants dans ces six zones. L'analyse de la pollution de fond à grande échelle a exclu les principales agglomérations de ces entités géographiques. Elles font l'objet d'un paragraphe particulier (voir chapitre 6.3).

Les surfaces en blanc (centres urbains et zones périphériques) ne sont pas prises en compte.

Karte 6.2-1: Gewählte geographische Einheiten (Zonen) im Projektgebiet.

Carte 6.2-1 : Entités géographiques sélectionnées dans la zone d'étude.

6.2.1 Hintergrundbelastung durch Stickstoffdioxid

Im Durchschnitt lassen die NO₂-Hintergrundkonzentrationen aller Zonen einen Süd-Nord-Gradienten und Ost-West-Gradienten erkennen (siehe Karte 5.5-2), was auf die größeren Stadtgebiete (in der Ebene und am nördlichen Rand des oberen Rheintals) sowie auf die günstigen Windverhältnisse im Mittelgebirge (siehe Kapitel 2.3) zurückzuführen ist.

Die Belastungsunterschiede bei NO₂ stehen in den außerstädtischen Gebieten des Projektgebietes in engem Zusammenhang mit den strukturellen geographischen Gegebenheiten (Bevölkerungsdichte und bebauter Flächenanteil) (Abbildung 6.2-1) und im Verhältnis zur Gesamtemissionsdichte (Abbildung 6.2-2). Beim Belastungsgradienten finden sich Süd-Nord NO_x-Emissionsdichten von 4 Tonnen/Jahr/km² im Süden, bis zu 8 Tonnen/Jahr/km² in den dichter bevölkerten und städtischen Gebieten des Nordens. In den beiden Mittelgebirgen fällt diese Dichte auf 1,5 Tonnen/Jahr/km². Bei der Übertragung der Emissionsdichte auf die Immissionskonzentration darf auch die Bedeutung des Schadstofftransports über mittlere Distanzen (Beitrag

6.2.1 Pollution de fond due au dioxyde d'azote

En moyenne sur les zones, les concentrations de fond en NO₂ traduisent la présence des gradients Sud-Nord et Est-Ouest (voir carte 5.5-2) induits par des implantations urbaines plus importantes (en plaine et à l'extrémité septentrionale de la vallée du Rhin supérieur) et des conditions de ventilation favorables en montagne (voir chapitre 2.3).

Ces disparités de concentrations en NO₂ semblent être directement liées aux données géographiques structurales (densité de population et part de bâti) (figure 6.2-1) en relation avec les densités d'émissions globales (figure 6.2-2). Ainsi, le gradient de pollution Sud-Nord se retrouve dans les densités d'émissions en NO_x qui vont de 4 tonnes/an/km² au sud jusqu'à 8 tonnes/an/km² dans les zones plus urbanisées et densément peuplées du nord. Dans les deux massifs montagneux, ces densités chutent à 1,5 tonnes/an/km². Il ne faut toutefois pas exclure le poids des transports de pollution à moyenne distance (contribution des agglomérations locales) et à longue distance en provenance des espaces fortement urbanisées et industrialisées

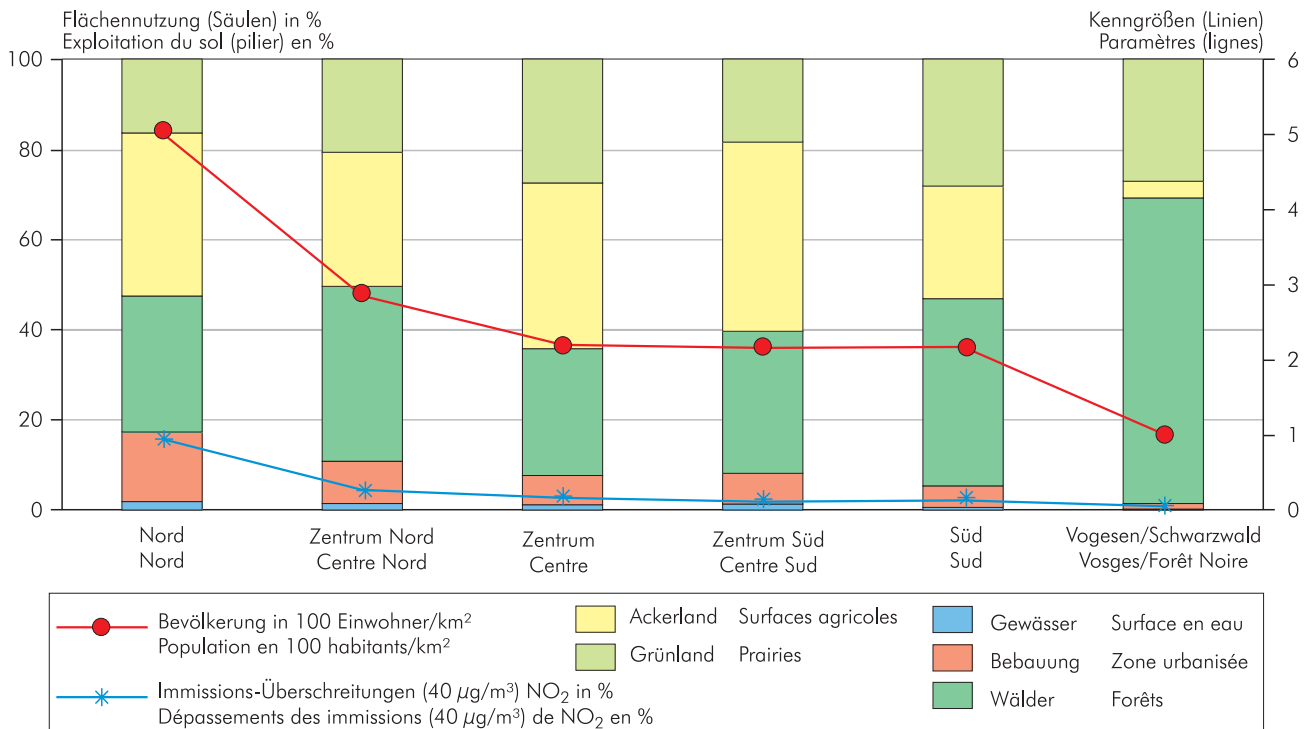


Abbildung 6.2-1: Strukturelle Daten der außerstädtischen Gebiete und NO₂-Immissions-Überschreitungen.

Figure 6.2-1 : Données structurales des entités géographiques hors agglomérations et dépassements des immissions de NO₂.

der örtlichen Ballungsräume) und der Ferntransport aus den städtischen und industrialisierten Gebieten im Norden des Projektgebietes nicht außer Acht gelassen werden.

In dieser räumlichen Ebene stammen die Emissionen hauptsächlich aus der Quellengruppe Verkehr, wobei die Höhe der Emissionen von dem Ausmaß vom zwischenstädtischen Verkehr in den Zonen abhängt (Abbildung 6.2-2). In den Zonen beträgt der Anteil der Emissionen aus der Quellengruppe Verkehr an den Gesamtemissionen etwa 80 %. Eine Ausnahme ist hier jedoch die Zone Süd mit dem Mittelpunkt Mülhausen und Basel, mit einem höheren Emissionsanteil aus industriellen Quellen auf ländlichem Gebiet.

Abbildung 6.2-1 zeigt einen Belastungsgradienten Nord-Süd und enthält den Flächenanteil, in dem der EU-Jahresmittelgrenzwert für NO_2 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) in den außerstädtischen Gebieten überschritten wird (siehe Karte 5.5-2).

plus au nord de la zone d'étude.

A cette échelle, les émissions dues au secteur des transports prédominent et sont plus ou moins caractérisées par le trafic interurbain des zones (figure 6.2-2). Dans les zones de plaine, la contribution du transport est globalement proportionnelle, à hauteur de 80%, aux émissions totales. La zone sud centrée sur Mulhouse et Bâle fait toutefois exception avec une part plus importante des émissions issues d'un complexe industriel localisé en milieu rural.

La figure 6.2-1 confirme le gradient de concentration nord-sud en donnant la superficie du territoire (hors agglomération) de chaque entité géographique où la valeur limite annuelle moyenne européenne pour le NO_2 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est dépassée (voir carte 5.5-2).

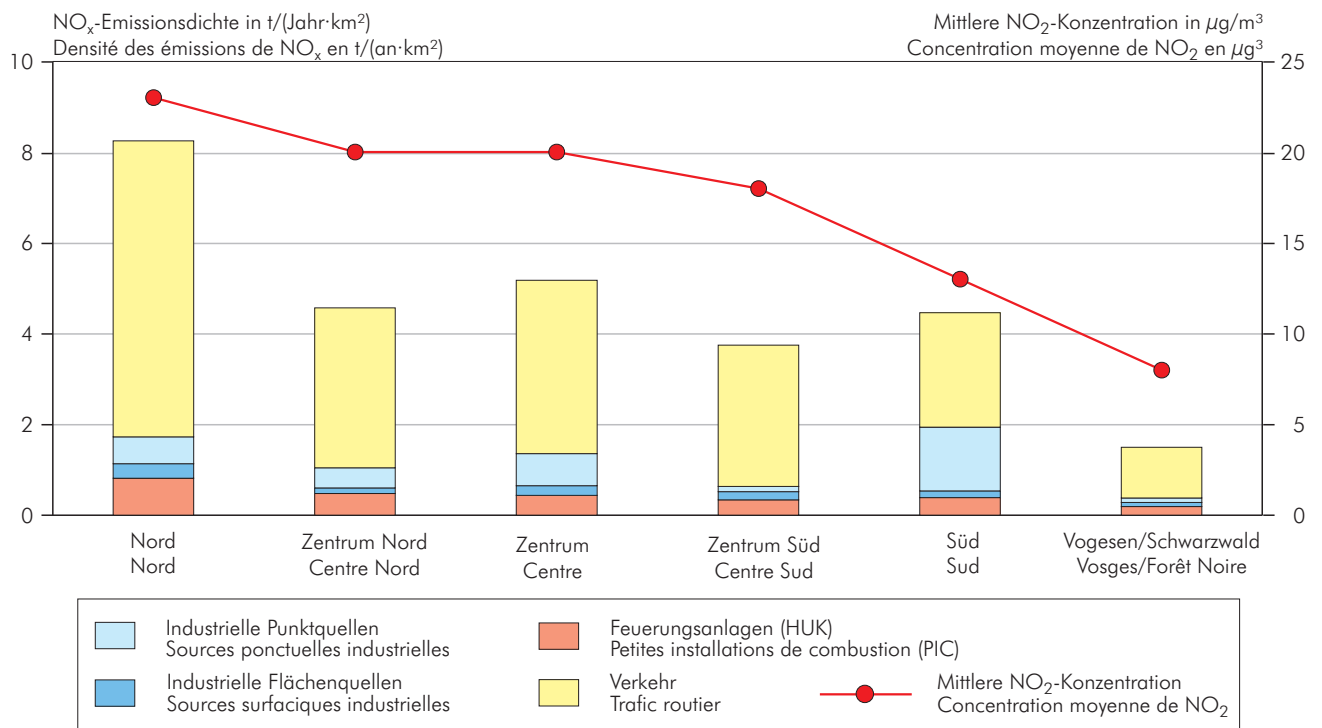
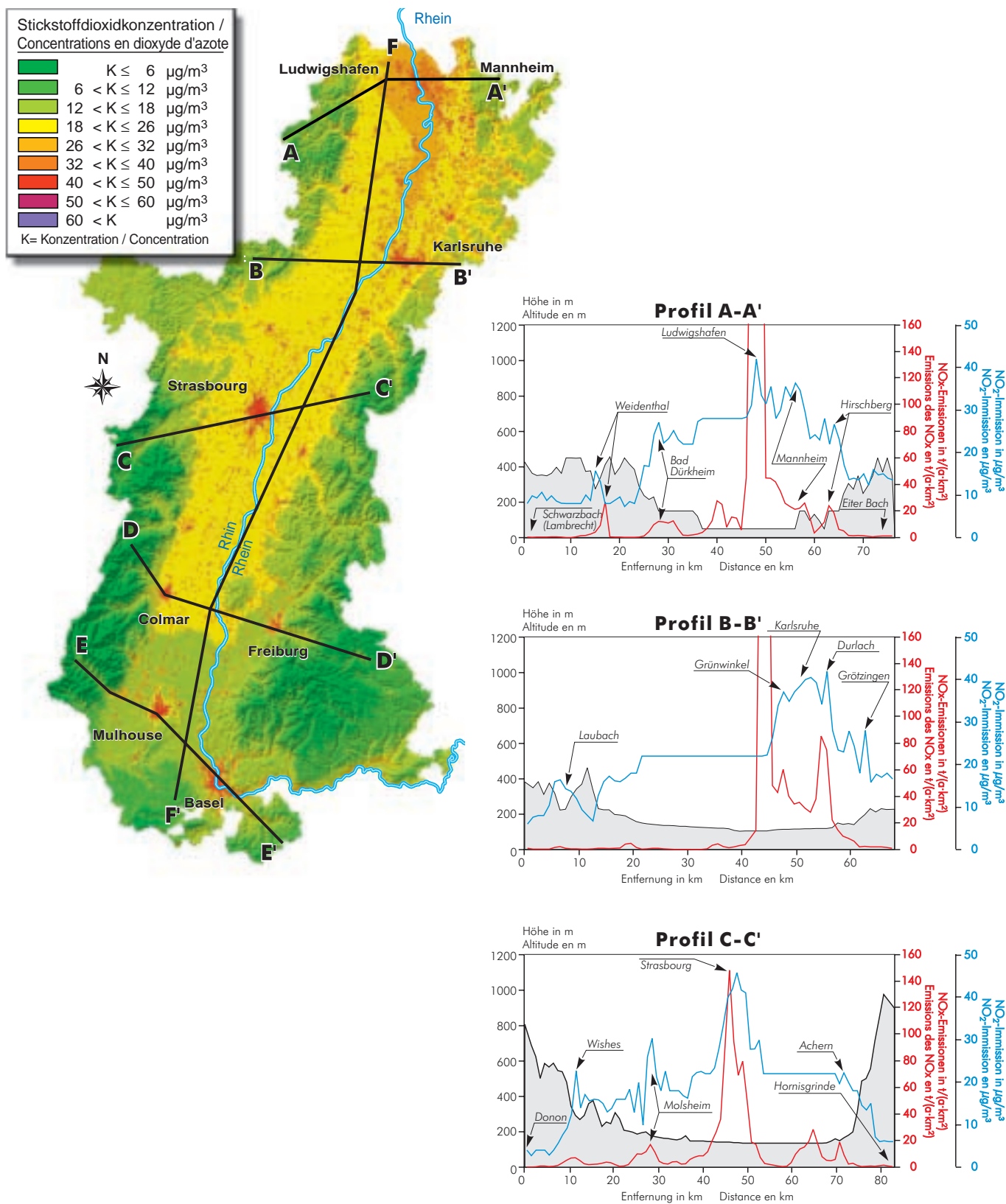


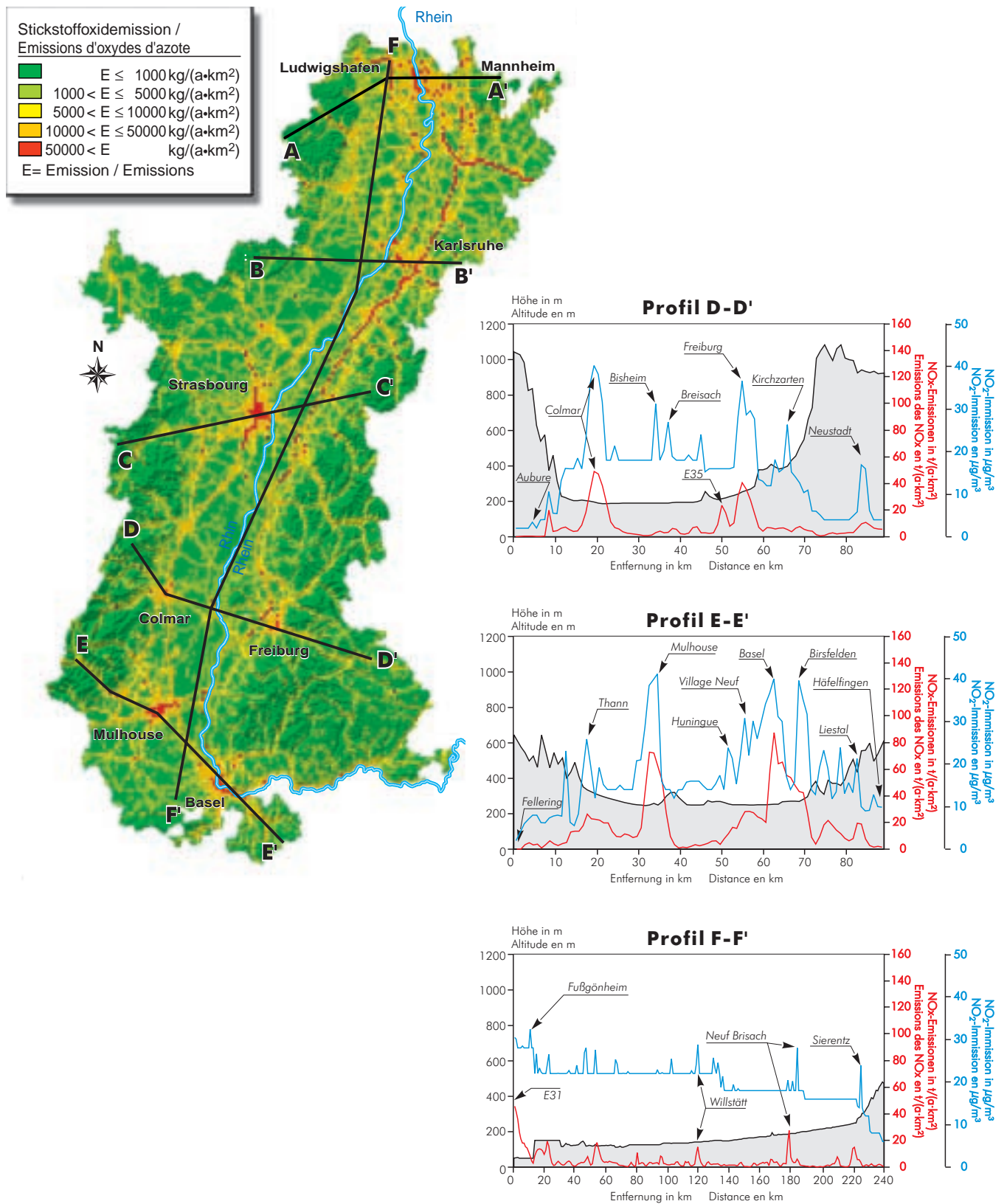
Abbildung 6.2-2: Emissionsdichten für Stickstoffoxyde in den außerstädtischen Gebieten.

Figure 6.2-2 : Densité des émissions en oxydes d'azote dans les entités géographiques hors agglomérations.



Karte 6.2-2a: NO₂-Immissions- und NO_x-Emissionsprofile von sechs Traversen.

Carte 6.2-2a : Immissions de NO₂ et émissions de NO_x pour 6 profils.



Karte 6.2-2b: NO₂-Immissions- und NO_x-Emissionsprofile von sechs Traversen.

Carte 6.2-2b : Immissions de NO₂ et émissions de NO_x pour 6 profils.

Werden die Immissionen zu den Emissionen entlang einer Traverse in Beziehung gesetzt, ergibt sich eine weitere Perspektive der NO_2 -Belastungsunterschiede. Die NO_2 -Immissionsprofile für sechs Traversen sind in Karte 6.2-2a, deren NO_x -Emissionsprofile in Karte 6.2-2b dargestellt.

Profile Ost-West

Für das Gesamtgebiet wurden von Norden nach Süden fünf Profile ausgeführt. Sie folgen den Traversen der Immissions-Messkampagne (siehe Kapitel 5). Auf diesen Profilen verläuft eine Linie der Hintergrundbelastung, über der Spitzenbelastungen auftreten, die mit den städtischen Emissionsspitzen in direktem Zusammenhang stehen.

Darüber hinaus scheint sich die Emissionsdichte mehr auf die NO_2 -Hintergrundbelastung auszuwirken, als die geringe Höhe der Randgebirge.

Profil Süd-Nord

Das Profil Süd – Nord veranschaulicht die Immissionen und die Emissionen auf der Achse Fußgönheim – Sierentz, unter Ausklammerung der Bilanzräume. Die Immissionsstruktur in Form aufsteigender „Plateaus“ mit Spitzen im Bereich der Dörfer stellt das bereits erwähnte Süd-Nord-Gefälle aus einem anderen Blickwinkel dar.

In einer Gemeinde, die je nach Lage im Rheingraben von einem mehr oder weniger belasteten Hintergrund umgeben ist, vermittelt die Höhe der über diesen Hintergrund hinausragenden Jahresimmissionsspitzen hingegen eine Vorstellung von der lokalen Verunreinigung durch die nächste Umgebung.

6.2.2 Hintergrundbelastung durch Benzol

Die Benzolhintergrundbelastung in den fünf Zonen der Ebene weist nur geringe Unterschiede auf, obwohl sich die strukturellen geographischen Parameter und die zugehörigen Gesamtemissionen sehr unterscheiden (siehe Abbildung 6.2-3 und 6.2-4). Der Benzolgehalt in der Luft ist im Gebirge deutlich niedriger als in der Ebene, was auf die günstigeren Windverhältnisse zurückzuführen ist.

Une autre perspective des gradients de pollution pour le NO_2 est la mise en correspondance des immissions et des émissions le long d'un transect (coupe transversale). Les profils des immissions de NO_2 pour les six transects sont représentés carte 6.2-2a, et carte 6.2-2b pour les émissions de NO_x .

Profils Est-Ouest

Du Nord au Sud de la zone, cinq profils ont été réalisés. Ils suivent les transects de mesures d'immissions qui ont été effectuées lors de campagnes de mesures (voir chapitre 5). Sur ces axes, une ligne de fond de pollution apparaît au dessus de laquelle émergent des pics de concentrations directement associés aux pics des émissions urbaines.

A noter que la densité des émissions semble plus déterminante pour la pollution de fond en NO_2 que l'encaissement de la vallée sur les profils dans le nord de la zone.

Profil Sud-Nord

Le transect Sud – Nord visualise les immissions et les émissions sur un axe Fußgönheim – Sierentz en évitant les grandes agglomérations. La structure des immissions en „plateaux“ ascendants, rehaussés de pics au niveau des villages présente, sous un autre angle, le gradient Sud-Nord déjà évoqué.

A l'échelle d'une commune, entourée par un fond de pollution plus ou moins chargé selon la localisation dans le fossé rhénan, la hauteur des pics annuels d'immissions émergeant de ce fond donne par différence une idée de la pollution locale attribuable à la commune en lien direct avec les pics annuels des émissions.

6.2.2 Pollution de fond due au benzène

La pollution de fond en benzène montre peu de différence entre les cinq zones de plaine dans le fossé Rhénan, alors que les émissions globales sous jacentes présentent une grande disparité (voir figure 6.2-3 et 6.2-4). Les niveaux de benzène dans les massifs montagneux sont nettement inférieurs à ceux rencontrés en plaine du fait des conditions plus favorables de ventilation.

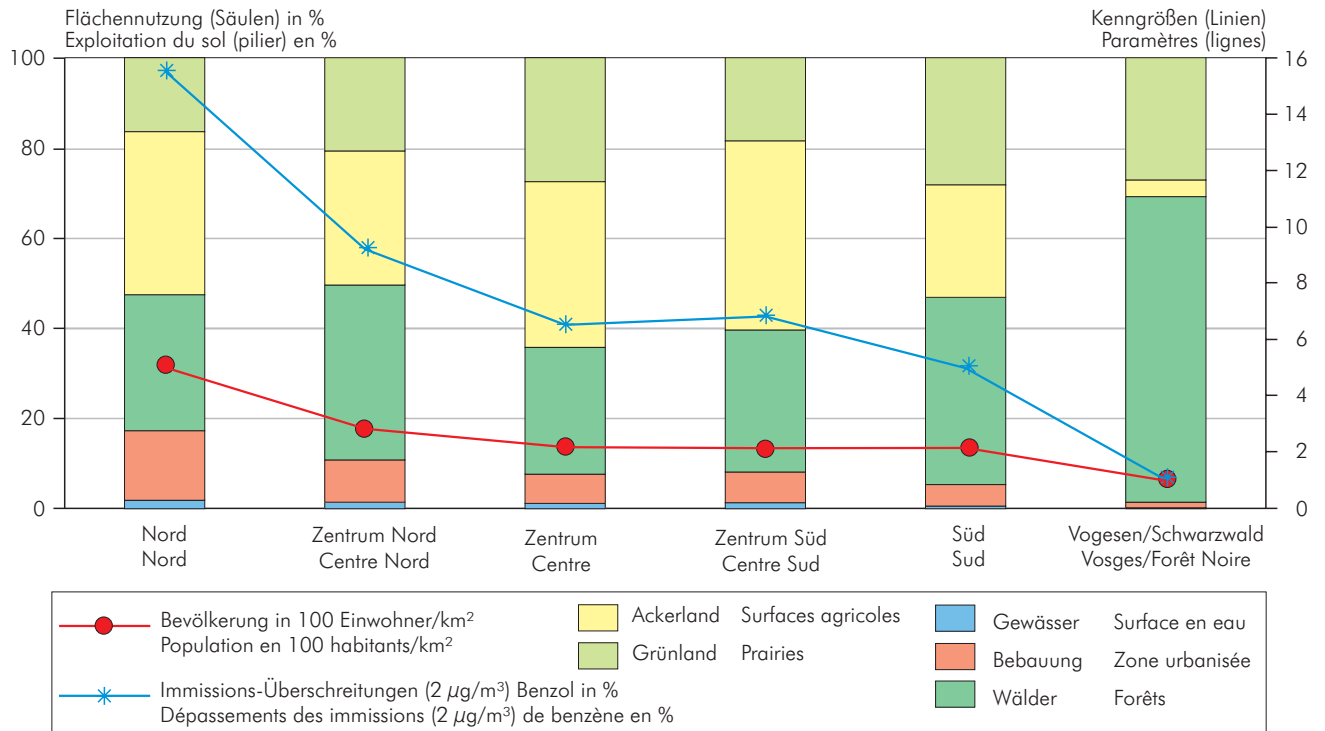


Abbildung 6.2-3: Strukturelle Daten der außerstädtischen Gebiete und Benzol-Immissions-Überschreitungen.

Figure 6.2-3 : Données structurales des entités géographiques hors agglomérations et dépassements des immissions de benzène.

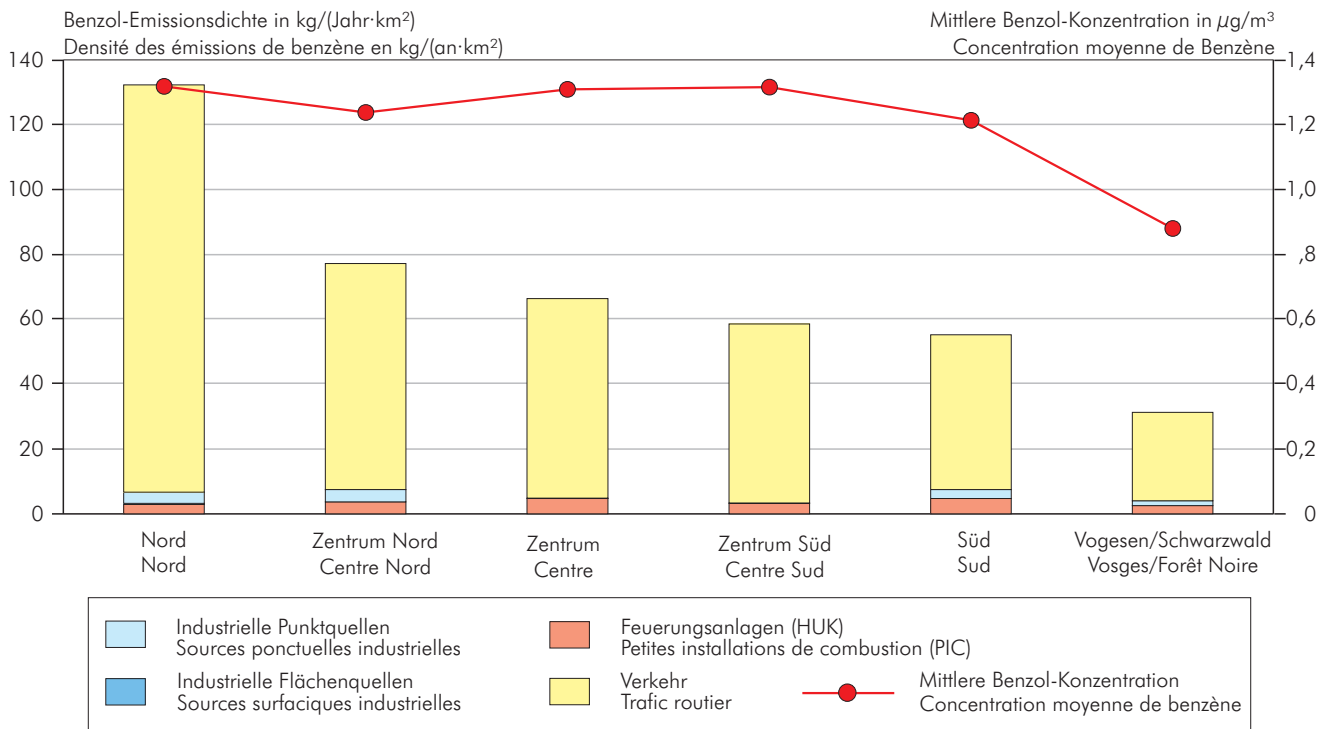


Abbildung 6.2-4: Emissionsdichten von Benzol in den außerstädtischen Gebieten.

Figure 6.2-4 : Densité des émissions de benzène dans les entités géographiques hors agglomérations.

6.3 Städtische Agglomerationen und Stadtkerne

Die Gebiete eines Bilanzraumes werden derart abgegrenzt, dass in diesen Räumen die Verteilung der Emissionen nach den Quellengruppen näherungsweise der Verteilung der Immissionen entspricht. Damit gelten die Aussagen zu den Emissionsverhältnissen in guter Näherung auch für die Immissionsverhältnisse in dem betrachteten Bilanzraum. Auf diese Weise ergeben sich Hinweise auf die Beiträge der Quellen zu den Immissionen in den betreffenden Flächen. Hierbei ist zu beachten, dass innerhalb der Bilanzräume kleinräumig andere Immissionsverhältnisse vorliegen können als es sich für die hier betrachteten Bilanzräume ergibt.

Die Abgrenzungen der städtischen Agglomerationen (siehe Kapitel 6.3.1) ergibt sich zunächst durch die Berücksichtigung aller bodennahen Linien- und Flächenquellen und wird durch die dort befindlichen industriellen Punktquellen festgelegt. In einer Ausbreitungsrechnung (Gauß-Modell) wurde die Lage der Immissionsmaxima der industriellen Punktquellen mit Quellhöhen ab 70 Metern in dem betrachteten Bilanzraum überprüft. Die Bilanzräume wurden so abgegrenzt, dass die Immissionsmaxima innerhalb dieser Bilanzräume liegen. Des Weiteren wurde bei der Festlegung der Größe eines Bilanzraumes die zusammenhängende bebaute Fläche einbezogen.

Im Projektgebiet wurden unter Beachtung der o.g. Vorgaben für die Abgrenzung der Bilanzräume nachfolgende städtische Agglomerationen festgelegt und bewertet (siehe Karte 6.3-1):

- Ludwigshafen/Mannheim/Heidelberg
- Wörth/Karlsruhe
- Straßburg/Kehl
- Colmar
- Freiburg
- Mülhausen
- Basel/Rheinfelden.

Innerhalb der festgelegten Bilanzräume wurden die Emissionen mit Hilfe der Emissionsrasterkarten (1 km x 1 km) für alle Quellengruppen und für die folgenden Luftschad-

6.3 Agglomérations urbaines et centres de ville

La zone d'une aire de bilan est délimitée de telle sorte que l'origine des immissions en terme de sources correspond approximativement à la répartition des émissions. En première approche, les données du cadastre des immissions peuvent être donc mises en correspondance avec les cadastres d'émissions pour la zone et la période considérée. Il en résulte des indications sur la contribution des sources aux immissions. A noter, qu'à une échelle plus fine (locale), d'autres relations peuvent exister entre les immissions et les émissions.

Les limites des agglomérations urbaines (voir chapitre 6.3.1) comprennent les zones de bâti (source surfacique) et les principaux axes de circulation attenants (sources linéaires). Cette zone est élargie de manière à inclure les maxima d'immissions induits dans les panaches des sources ponctuelles avec une altitude supérieure à 70 mètres. La localisation de ces maxima est déterminée par un calcul de dispersion (modèle Gaussien). Par ailleurs, lors de la détermination de la taille de l'agglomération urbaine, les zones de bâti continu ont été incluses. De plus, les zones urbanisées ont été intégrées dans l'aire de bilan connexe.

Dans la zone d'étude, les agglomérations urbaines autour desquelles une aire de bilan a été déterminée sont les suivantes (voir carte 6.3-1) :

- Ludwigshafen/Mannheim/Heidelberg
- Wörth/Karlsruhe
- Strasbourg/Kehl
- Colmar
- Fribourg
- Mulhouse
- Bâle/Rheinfelden.

Dans ces zones de bilan, les émissions ont été distribuées à l'aide d'un système d'information géographique sur des mailles kilométriques (1 km x 1 km) pour chaque catégorie

stoffe ermittelt:

- Stickstoffoxide
- Organische Verbindungen ohne Methan
- Benzol
- Gesamtstaub
- Staubinhaltsstoff Benzo(a)pyren

Für die Stadtkerne wurden die Bilanzräume gesondert betrachtet und deren Fläche auf 25 km² beschränkt (siehe Kapitel 6.3.2). Es wurden die Emissionen für alle Quellengruppen und für die Luftschadstoffe Stickstoffoxide und Benzol ermittelt.

6.3.1 Städtische Agglomerationen

Stickstoffoxide

Die Abbildung 6.3-1 zeigt für die Stickstoffoxide (NO_x) die Emissionen für die betrachteten Quellengruppen in den städtischen Agglomerationen.

Aus der Abbildung 6.3-1 wird deutlich, dass sich die Gesamtemissionen beträchtlich unterscheiden, wobei besonders der Bilanzraum Ludwigshafen/Mannheim/Heidelberg bei den Emissionen für Stickstoffoxide herausragt. In diesem Bilanzraum kommt, wie auch in den Bilanzräumen Wörth/Karlsruhe und Straßburg/Kehl, auch der Quellen-

de sources et pour les polluants atmosphériques suivants:

- Oxydes d'azote
- Composés organiques non méthaniques
- Benzène
- Poussières totales
- Constituant des poussières benzo(a)pyrène

Pour chacune des agglomérations, une zone de 25 km² dans le centre ville a été définie (voir chapitre 6.3.2). Dans ce périmètre, les émissions ont également été déterminées pour chaque catégorie de source et pour les oxydes d'azote et le benzène.

6.3.1 Agglomérations urbaines

Oxydes d'azote

La figure 6.3-1 montre, pour les oxydes d'azote, les émissions (NO_x), en provenance des différentes catégories de sources de pollution dans les agglomérations urbaines. En ce qui concerne les émissions d'oxydes d'azote, de grandes différences sont notables. La zone Ludwigshafen/Mannheim/Heidelberg ressort nettement. Les émissions du secteur industriel représentent une part importante dans les aires de bilan du nord de la zone d'étude (Ludwigshafen/Mannheim/Heidelberg, Wörth/Karlsruhe et

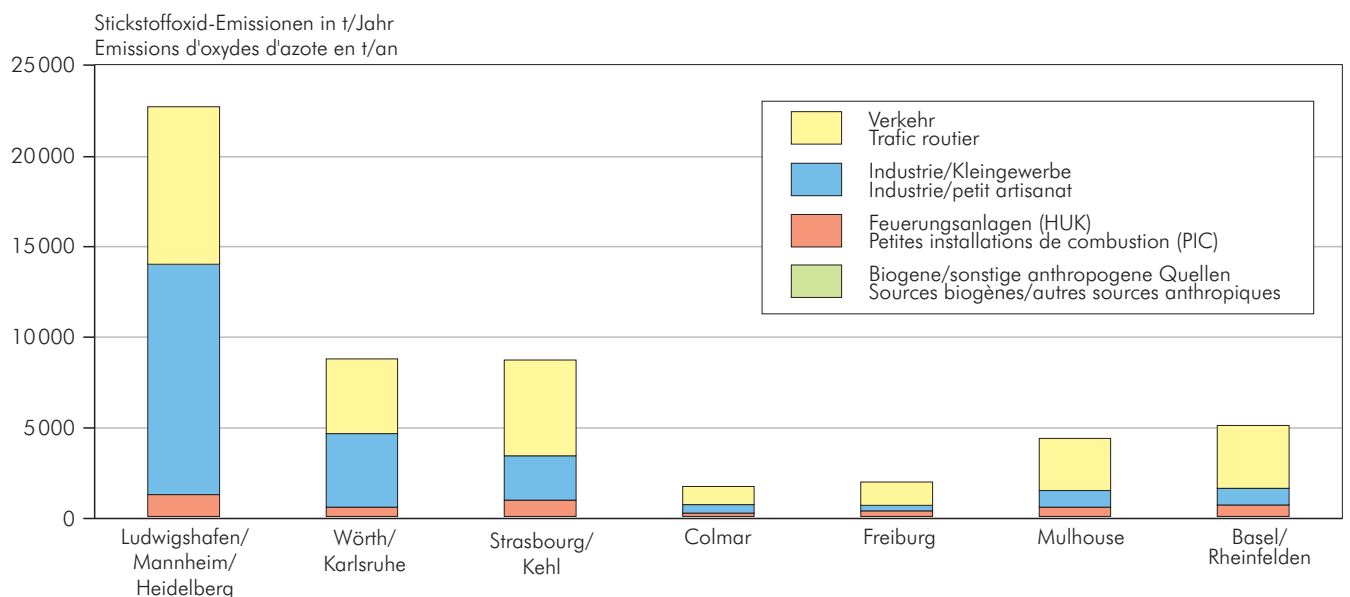
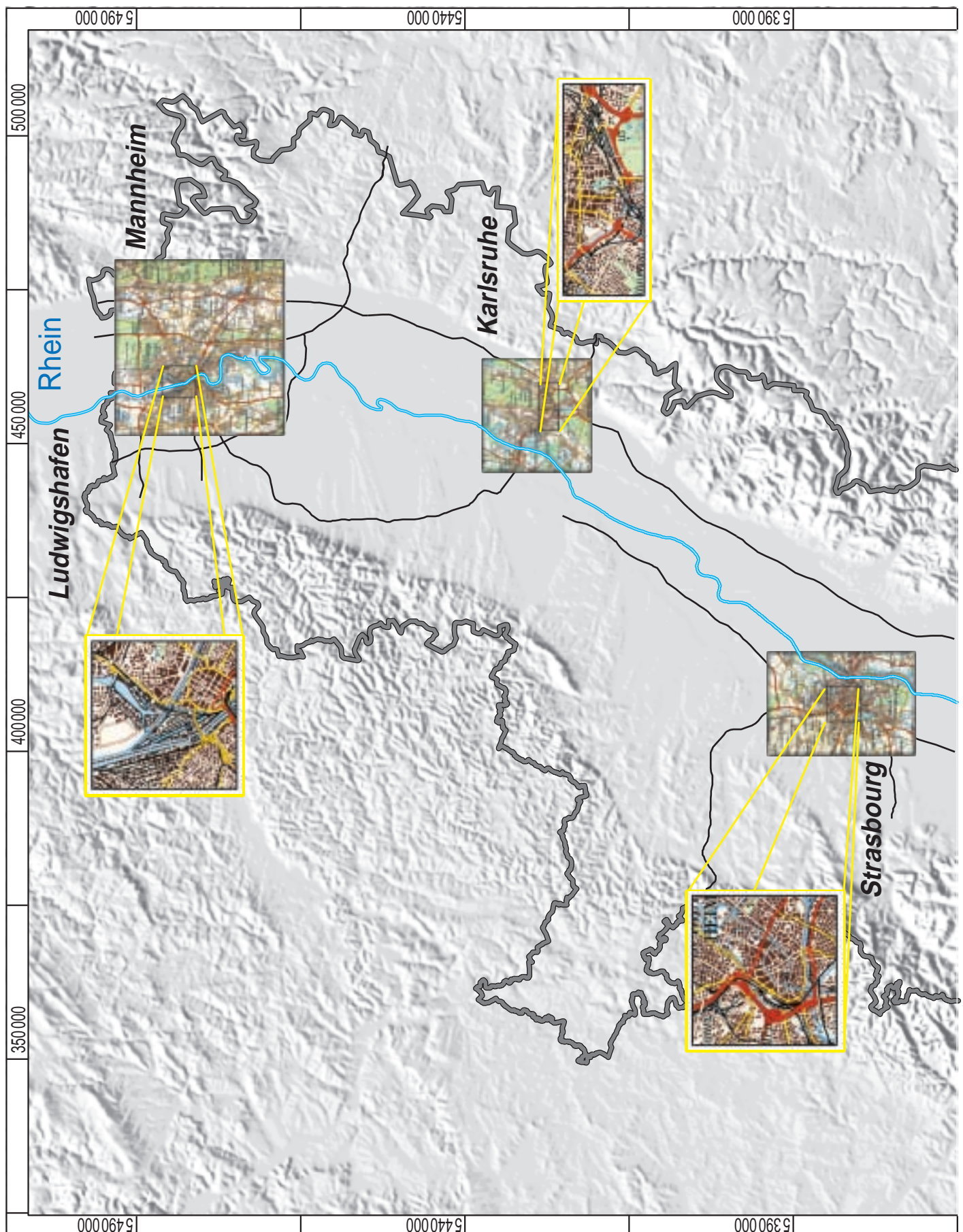
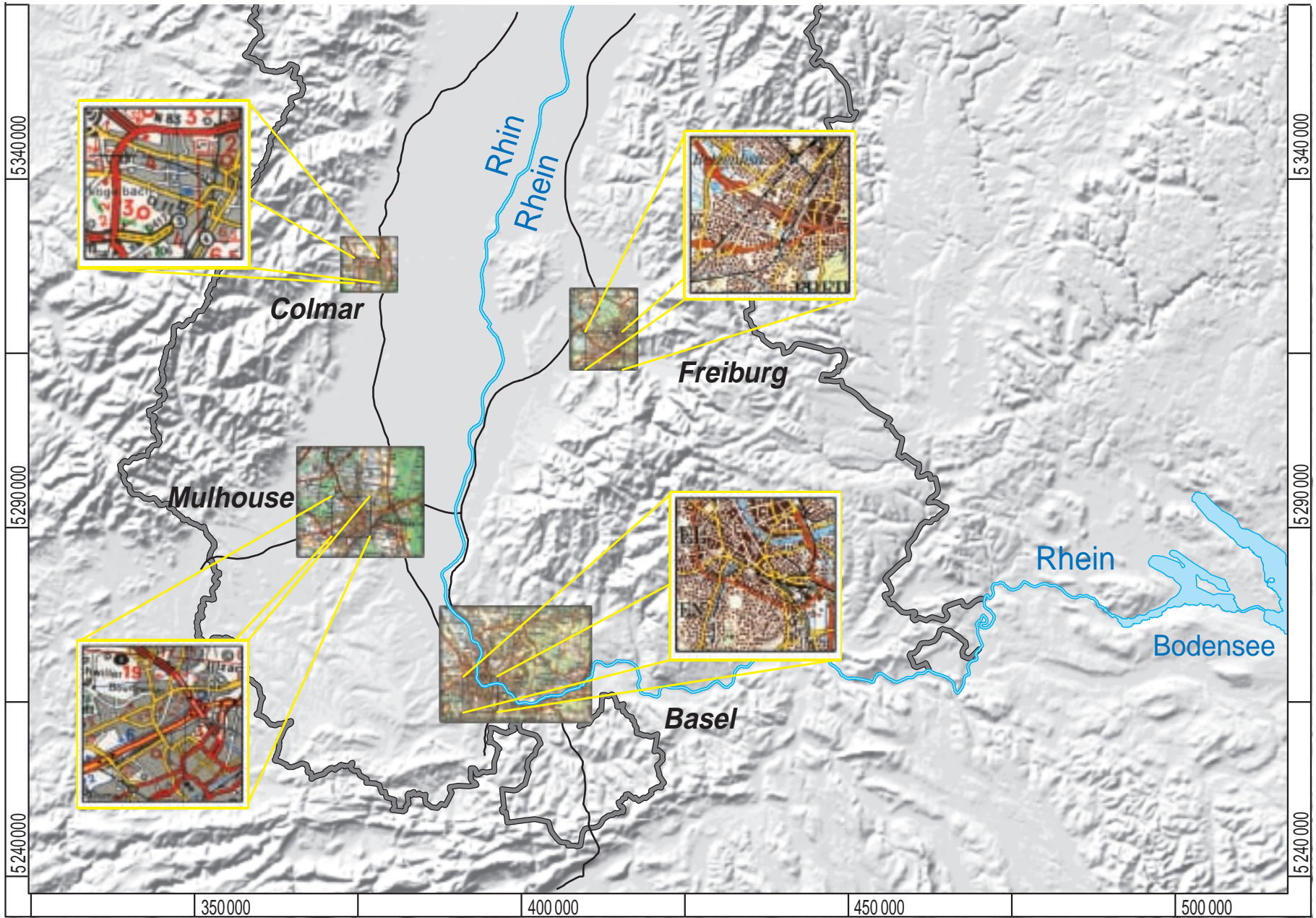


Abbildung 6.3-1: Emissionen für Stickstoffoxide NO_x in den städtischen Agglomerationen.

Figure 6.3-1 : Emissions d'oxydes d'azote dans les agglomérations urbaines.





Karte 6.3-1: Bilanzräume (Städtische Agglomerationen und die vergrößert dargestellten Stadtkerne) im Projektgebiet.

Carte 6.3-1 : Aires de bilan et noyaux urbains de la zone d'étude.

Tabelle 6.3-1: Verteilung der Emissionen auf die Quellengruppen für die Stickstoffoxide (NO_x) in den städtischen Agglomerationen.

Bilanzraum	Verkehr in %	Industrie/ Kleingewerbe in %	Feuerungs- anlagen (HUK) in %	Biogene/sonstige anthropogene Quellen in %
Ludwigshafen/Mannheim/Heidelberg	38	56	5	< 1
Wörth/Karlsruhe	47	47	6	< 1
Straßburg/Kehl	61	28	10	< 1
Colmar	60	28	12	< 1
Freiburg	67	17	16	< 1
Mülhausen	67	21	12	< 1
Basel/Rheinfelden	69	18	13	< 1

Tableau 6.3-1 : Répartition des émissions par catégories de sources pour les oxydes d'azote (NO_x) dans les agglomérations urbaines.

Aire de bilan	Trafic routier en %	Industrie/ petit artisanat en %	Petit installations de combustion (PIC) en %	Sources biogènes autres sources anthropiques en %
Ludwigshafen/Mannheim/Heidelberg	38	56	5	< 1
Wörth/Karlsruhe	47	47	6	< 1
Strasbourg/Kehl	61	28	10	< 1
Colmar	60	28	12	< 1
Fribourg	67	17	16	< 1
Mulhouse	67	21	12	< 1
Bâle/Rheinfelden	69	18	13	< 1

gruppe Industrie/Kleingewerbe ein maßgeblicher Anteil zu, während in den anderen Bilanzräumen der Verkehr deutlich überwiegt. Zu beachten ist außerdem, dass die hohen industriellen Anteile in den Bilanzräumen Ludwigshafen/Mannheim/Heidelberg, Wörth/Karlsruhe und Straßburg/Kehl im Wesentlichen durch hohe Einzelquellen mit großen Massenströmen verursacht werden. Diese Quellen treten mit ihren Immissionsmaxima häufig außerhalb bebauter Gebiete auf und sind damit anders zu bewerten als die flächig auftretenden Verkehrsemissionen. Einen genauen Überblick über die Emissionsverhältnisse bei NO_x in den städtischen Agglomerationen gibt die Tabelle 6.3-1.

Organische Verbindungen ohne Methan

Die Abbildung 6.3-2 zeigt für die organischen Verbindungen ohne Methan (NMVOC) die Emissionen für die betrachteten Quellengruppen in den städtischen Agglomerationen.

Aus Abbildung 6.3-2 wird deutlich, dass sich in den verschiedenen Bilanzräumen die Anteile der biogenen/sonstigen anthropogenen Quellen wesentlich unterscheiden. Verantwortlich dafür sind die NMVOC-Emissionen aus Wäldern. Die hohen Anteile der industriellen Quellen sind zurückzuführen auf einige industrielle Punktquellen

(Strasbourg/Kehl), alors que les émissions dues au trafic dominant dans les autres agglomérations de la zone d'étude. La part importante des émissions industrielles dans les trois agglomérations du nord est principalement liée à des sources ponctuelles présentant d'importants rejets. Les maxima d'immissions induits dans les panaches de ces sources ponctuelles apparaissent fréquemment en dehors des zones urbanisées. Par conséquent, l'analyse de ces sources sera différente de celle des émissions surfaciques en provenance du trafic. Le tableau 6.3-1 donne un aperçu de la répartition des émissions pour les oxydes d'azote dans les agglomérations urbaines.

Composés organiques volatils non méthaniques

La figure 6.3-2 montre les émissions de COVNM en provenance des différents secteurs d'émissions dans les agglomérations urbaines.

La part des émissions dues aux sources biogéniques et autres sources anthropiques diffère nettement selon l'agglomération considérée et est directement en relation avec l'importance des forêts dans l'aire de bilan. La part élevée des émissions dues au secteur industriel est le fait de quelques sources ponctuelles et de nombreuses activi-

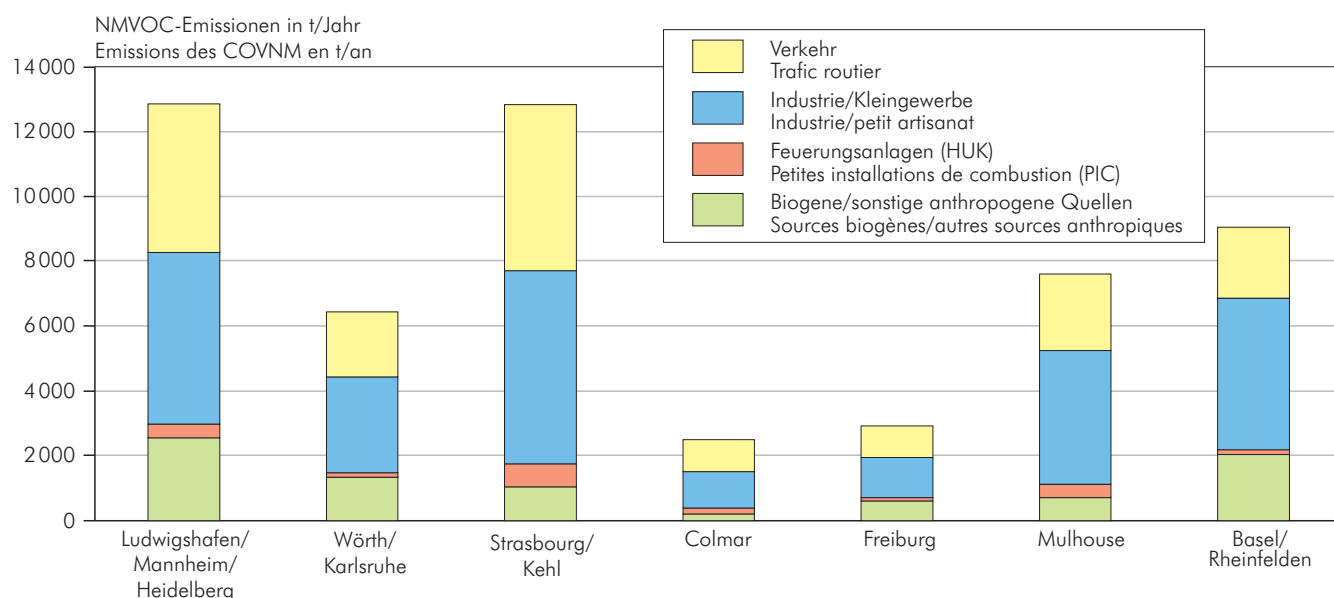


Abbildung 6.3-2: Emissionen für die organischen Verbindungen ohne Methan (NMVOC) in den städtischen Agglomerationen.

Figure 6.3-2 : Emissions de COVNM dans les agglomérations urbaines.

Tabelle 6.3-2: Verteilung der Emissionen auf die Quellengruppen für die organischen Verbindungen ohne Methan (NMVOC) in den städtischen Agglomerationen

Bilanzraum	Verkehr	Industrie/ Kleingewerbe	Feuerungs- anlagen (HUK)	Biogene/sonstige anthropogene Quellen
	in %	in %	in %	in %
Ludwigshafen/Mannheim/Heidelberg	36	41	3	20
Wörth/Karlsruhe	31	46	2	21
Straßburg/Kehl	40	47	5	8
Colmar	39	45	7	9
Freiburg	33	42	4	21
Mülhausen	31	54	6	9
Basel/Rheinfelden	24	51	2	23

Tableau 6.3-2 : Répartition des émissions par catégories de sources pour les composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) dans les agglomérations urbaines.

Aire de bilan	Trafic routier	Industrie/ petit artisanat	Petit installations de combustion (PIC)	Sources biogènes autres sources anthropiques
	en %	en %	en %	en %
Ludwigshafen/Mannheim/Heidelberg	36	41	3	20
Wörth/Karlsruhe	31	46	2	21
Strasbourg/Kehl	40	47	5	8
Colmar	39	45	7	9
Fribourg	33	42	4	21
Mulhouse	31	54	6	9
Bâle/Rheinfelden	24	51	2	23

und auch auf zahlreiche niedrige Quellen mit kleinen bis mittleren Massenströmen (Verbrauch und Umschlag lösemittelhaltiger Arbeitsstoffe sowie von Kraftstoffen). Tabelle 6.3-2 zeigt die Verteilung im Einzelnen.

tés industrielles (faiblement émettrices) liées à la consommation et au transbordement de solvants et de carburants. Le tableau 6.3-2 donne la répartition détaillée des émissions.

Benzol

Die Abbildung 6.3-3 zeigt für Benzol die Emissionen für die betrachteten Quellengruppen in den städtischen Agglomerationen.

Es wird deutlich, dass in allen Bilanzräumen die Quellengruppe Verkehr der Hauptverursacher der Benzol-Emissionen ist. Der unterschiedliche Massenstrom aus dem Verkehrsbereich zwischen Straßburg/Kehl und Wörth/Karlsruhe ist, bei vergleichbarer Einwohnerdichte, auf ortsspezifische Fahrmuster und den geringeren Anteil der Fahrzeuge mit geregelter Abgasreinigung im französischen Teilgebiet zurückzuführen. In den Bilanzräumen Ludwigshafen/Mannheim/Heidelberg und Wörth/Karlsruhe trägt, wie in Tabelle 6.3-3 ersichtlich, die Quellengruppe Industrie/Kleingewerbe (Chemische Industrie, Raffinerie) stärker zu den Benzol-Emissionen bei als in den anderen Bilanzräumen.

Gesamtstaub

Die Abbildung 6.3-4 zeigt für den Gesamtstaub die Emissionen für die betrachteten Quellengruppen in den städtischen Agglomerationen.

Aus Abbildung 6.3-4 und Tabelle 6.3-4 wird deutlich, dass die Quellengruppe Industrie/Gewerbe in den Bilanzräumen Ludwigshafen/Mannheim/Heidelberg, Wörth/Karlsruhe und Basel/Rheinfelden den Anteil des Verkehrs über-

Benzène

La figure 6.3-3 présente les émissions de benzène provenant des sources de pollution dans les agglomérations urbaines.

Le trafic routier est le principal responsable des émissions de benzène, quelle que soit l'aire de bilan considérée. Pour une densité de population comparable, les différences mises en évidence dans les zones Strasbourg/Kehl et Wörth/Karlsruhe sont imputables au parc – véhicule (pourcentage de véhicule catalysé différent) d'une part, et à des spécificités locales (réseau structurant, comportement routier) d'autre part. A Ludwigshafen/Mannheim/Heidelberg et Wörth/Karlsruhe, la part de l'industrie (industrie chimique, raffinerie) dans les émissions de benzène est plus importante que dans les autres zones étudiées (voir tableau 6.3-3).

Poussières totales

La figure 6.3-4 et le tableau 6.3-4 donne pour les particules, la répartition des émissions issues des sources de pollution dans les agglomérations urbaines.

Le secteur industriel est le principal responsable des émissions de poussières, devant le trafic automobile, dans les trois zones de Ludwigshafen/Mannheim/Heidelberg, Wörth/Karlsruhe et Bâle/Rheinfelden.

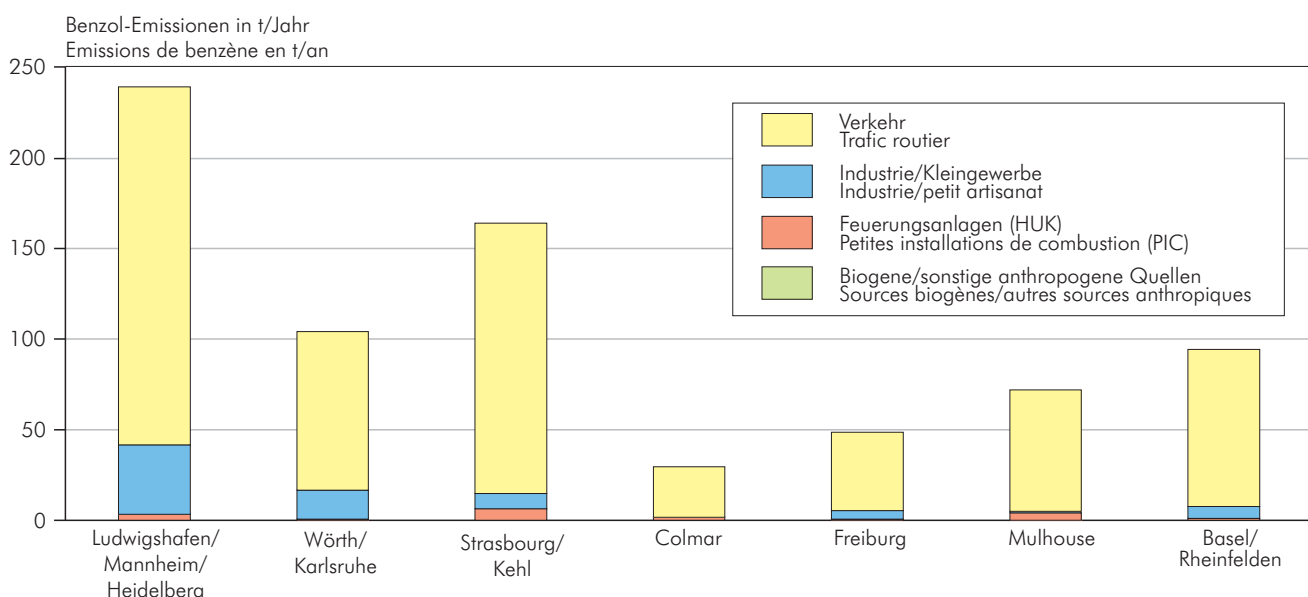


Abbildung 6.3-3: Emissionen für Benzol in den städtischen Agglomerationen.

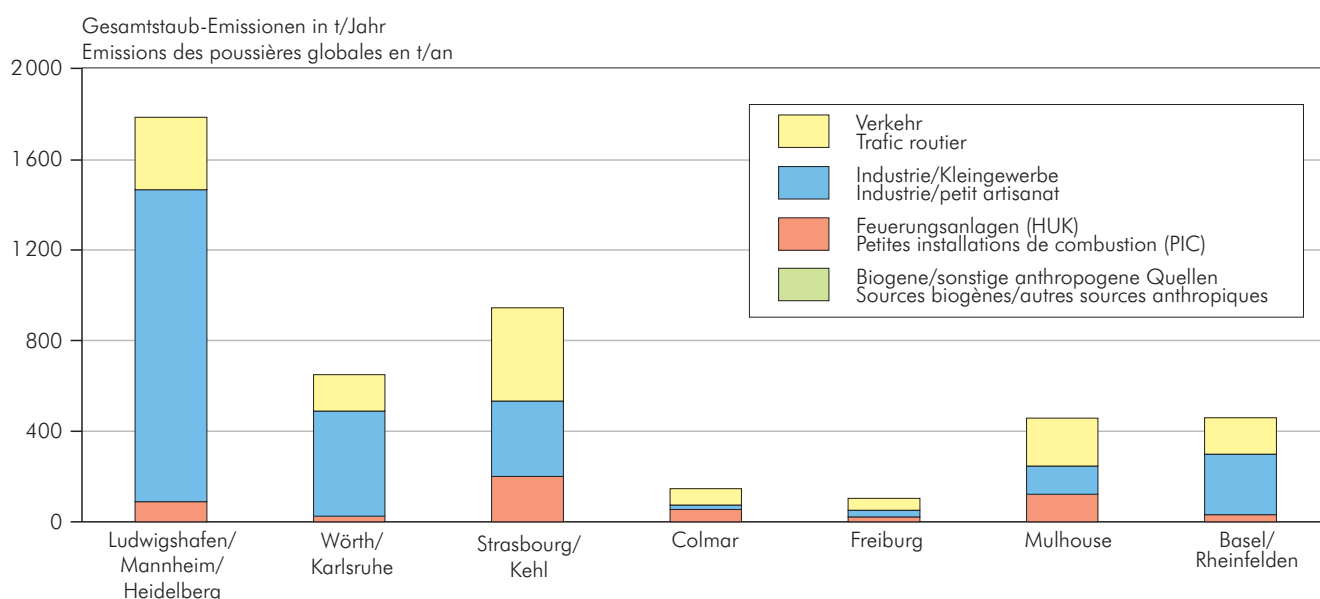
Figure 6.3-3 : Emissions de benzène dans les agglomérations urbaines.

Tabelle 6.3-3: Verteilung der Emissionen auf die Quellengruppen für Benzol in den städtischen Agglomerationen.

Bilanzraum	Verkehr	Industrie/ Kleingewerbe	Feuerungs- anlagen (HUK)	Biogene/sonstige anthropogene Quellen
	in %	in %	in %	in %
Ludwigshafen/Mannheim/Heidelberg	83	16	1	< 1
Wörth/Karlsruhe	84	15	1	< 1
Straßburg/Kehl	91	5	4	< 1
Colmar	94	< 1	6	< 1
Freiburg	89	10	1	< 1
Mülhausen	93	1	6	< 1
Basel/Rheinfelden	92	7	1	< 1

Tableau 6.3-3 : Répartition des émissions par catégories d'émissions pour le benzène dans les agglomérations urbaines.

Aire de bilan	Trafic routier	Industrie/ petit artisanat	Petit installations de combustion (PIC)	Sources biogènes autres sources anthropiques
	en %	en %	en %	en %
Ludwigshafen/Mannheim/Heidelberg	83	16	1	< 1
Wörth/Karlsruhe	84	15	1	< 1
Strasbourg/Kehl	91	5	4	< 1
Colmar	94	< 1	6	< 1
Fribourg	89	10	1	< 1
Mulhouse	93	1	6	< 1
Bâle/Rheinfelden	92	7	1	< 1

**Abbildung 6.3-4:** Emissionen für Gesamtstaub in den städtischen Agglomerationen.**Figure 6.3-4 :** Emissions de poussières dans les agglomérations urbaines.

wiegt (z. B. Großkraftwerke).

In den Bilanzräumen Colmar und Freiburg sind die industriellen Aktivitäten relativ niedrig, so dass hier die Quellengruppen Verkehr bzw. Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher (HUK) die maßgebliche Rolle spielen.

A Colmar et Fribourg, les émissions issues des activités industrielles sont relativement faibles si bien que la part du trafic routier et des petites installations de combustion est plus importante.

Tabelle 6.3-4: Verteilung der Emissionen auf die Quellengruppen für Gesamtstaub in den städtischen Agglomerationen

Bilanzraum	Verkehr in %	Industrie/ Kleingewerbe in %	Feuerungs- anlagen (HUK) in %	Biogene/sonstige anthropogene Quellen in %
Ludwigshafen/Mannheim/Heidelberg	18	77	5	< 1
Wörth/Karlsruhe	25	71	4	< 1
Straßburg/Kehl	44	35	21	< 1
Colmar	50	13	37	< 1
Freiburg	50	30	20	< 1
Mülhausen	46	27	27	< 1
Basel/Rheinfelden	35	58	7	< 1

Tableau 6.3-4 : Répartition des émissions par catégories de sources pour les poussières dans les agglomérations urbaines.

Aire de bilan	Trafic routier en %	Industrie/ petit artisanat en %	Petit installations de combustion (PIC) en %	Sources biogènes autres sources anthropiques en %
Ludwigshafen/Mannheim/Heidelberg	18	77	5	< 1
Wörth/Karlsruhe	25	71	4	< 1
Strasbourg/Kehl	44	35	21	< 1
Colmar	50	13	37	< 1
Fribourg	50	30	20	< 1
Mulhouse	46	27	27	< 1
Bâle/Rheinfelden	35	58	7	< 1

Auffallend ist, dass insbesondere in den Bilanzräumen Colmar, Straßburg/Kehl und Mülhausen die Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher (HUK) maßgeblich zur Gesamtstaub-Emission beitragen. Dies ist auf den höheren Verbrauch von Festbrennstoffen in den Haushalten dieser Bilanzräume zurückzuführen.

Staubinhaltsstoff Benzo(a)pyren

Die Abbildung 6.3-5 zeigt für Benzo(a)pyren (BaP) die Emissionen für die betrachteten Quellengruppen in den städtischen Agglomerationen. Aus der Abbildung 6.3-5 und Tabelle 6.3-5 wird deutlich, dass die BaP-Emissionen in allen Bilanzräumen durch die Feuerungsanlagen bestimmt werden. Auffällig sind die Bilanzräume Straßburg/Kehl und Mülhausen durch besonders hohe BaP-Emissionen, die, wie beim Gesamtstaub, durch den erhöhten Anteil von Festbrennstoffen in den Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher (HUK) verursacht werden.

6.3.2 Stadtkerne

Die in Kapitel 5.3 erwähnten Überschreitungen der EU-Grenzwerte in den Ballungsgebieten machen eine genauere Analyse der Emissionen für Stickstoffoxide und

La contribution des émissions de particules des petites installations de combustion est plus importante dans les zones de Colmar, Strasbourg/Kehl et Mulhouse. La consommation énergétique du secteur résidentiel y est plus importante.

Le benzo(a)pyrène comme constituant des poussières

La figure 6.3-5 et le tableau 6.3-5 nous donnent les émissions de benzo(a)pyrène (BaP) issues des différentes catégories de sources dans les agglomérations urbaines. Les émissions de BaP sont principalement définies, dans toutes les aires de bilan, par les petites installations de combustion. Les émissions de BaP très élevées des zones de Strasbourg/Kehl et Mulhouse sont également dues aux petites installations de combustion.

6.3.2 Centres de ville

L'attention portée au chapitre 5.3 sur les dépassements de norme localisés dans les grandes agglomérations suscite une analyse plus approfondie des émissions des

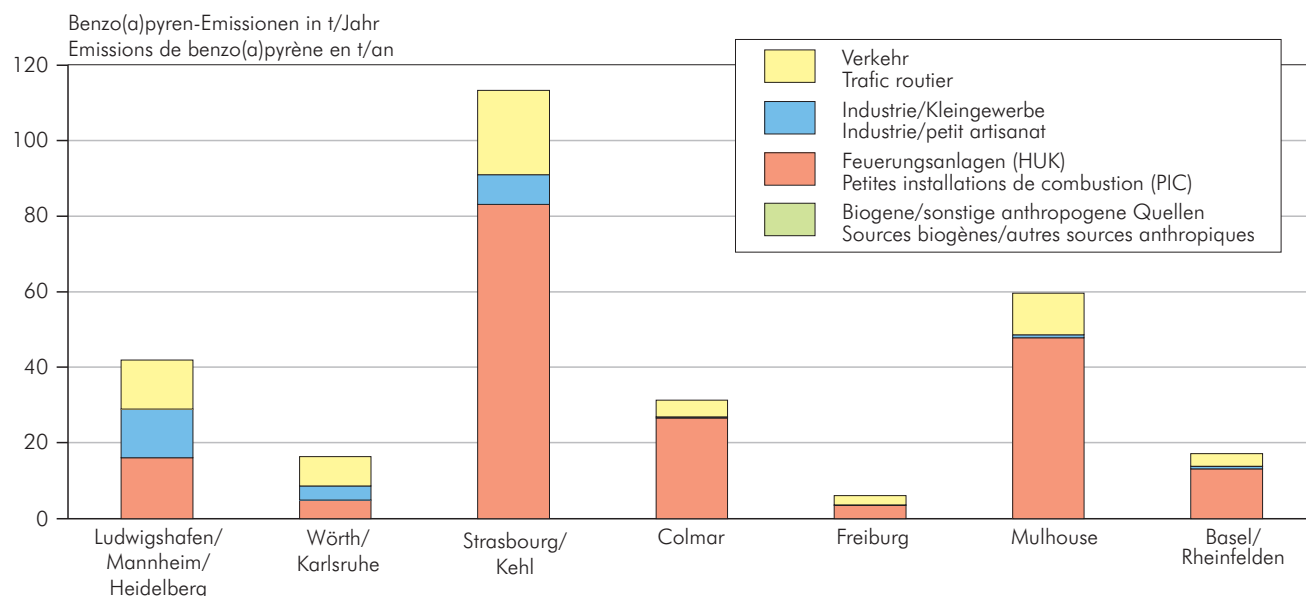


Abbildung 6.3-5: Emissionen für Benzo(a)pyren (BaP) in den städtischen Agglomerationen

Figure 6.3-5 : Emissions de benzo(a)pyrène (BaP) dans les agglomérations urbaines.

Tabelle 6.3-5: Verteilung der Emissionen auf die Quellengruppen für Benzo(a)pyren in den städtischen Agglomerationen.

Bilanzraum	Verkehr	Industrie/ Kleingewerbe	Feuerungs- anlagen (HUK)	Biogene/sonstige anthropogene Quellen
	in %	in %	in %	in %
Ludwigshafen/Mannheim/Heidelberg	31	31	38	< 1
Wörth/Karlsruhe	47	23	30	< 1
Straßburg/Kehl	20	7	73	< 1
Colmar	14	1	85	< 1
Freiburg	41	2	57	< 1
Mülhausen	19	1	80	< 1
Basel/Rheinfelden	20	4	76	< 1

Tableau 6.3-5 : Répartition des émissions par catégories de sources pour le benzo(a)pyrène (BaP) dans les agglomérations urbaines.

Aire de bilan	Trafic routier	Industrie/ petit artisanat	Petit installations de combustion (PIC)	Sources biogènes autres sources anthropiques
	en %	en %	en %	en %
Ludwigshafen/Mannheim/Heidelberg	31	31	38	< 1
Wörth/Karlsruhe	47	23	30	< 1
Strasbourg/Kehl	20	7	73	< 1
Colmar	14	1	85	< 1
Fribourg	41	2	57	< 1
Mulhouse	19	1	80	< 1
Bâle/Rheinfelden	20	4	76	< 1

Benzol in den entsprechenden Stadtkernen erforderlich. Ein Stadtkern ist zu diesem Zweck definiert als das dicht besiedelte Gebiet der Stadtmitte, einschließlich der großen Verkehrsachsen zur oder am Rande der Stadt. Bei jedem Bilanzraum wurde ein Gebiet von 25 km² berücksichtigt (siehe Karte 6.3-1). Die lokalen Emissionen tragen einen

noyaux urbains des aires de bilan étudiées précédemment. Un noyau urbain est défini ici par la zone d'habitat dense du centre ville incluant les axes importants de circulation automobile attenants voire en bordure de celle-ci. Pour chacune des agglomérations, une zone de 25 km² a été retenue (voir carte 6.3-1). Les émissions locales

großen Teil zur städtischen Luftverunreinigung bei, die in den Profilen der Immissionsmessungen erkennbar ist.

Emissionsdichte Stickstoffoxide

Abbildung 6.3-6 zeigt die ermittelten Emissionsdichten für Stickstoffoxide in den betrachteten Stadtkernen. In fünf von sieben Bilanzräumen des Rheingrabens liegen die Gesamtemissionsdichten in vergleichbarer Größenordnung (Colmar 28 t/(Jahr·km²), Freiburg 36 t/(Jahr·km²), Karlsruhe 40 t/(Jahr·km²), Basel 46 t/(Jahr·km²) und Mülhausen 51 t/(Jahr·km²)). In diesen fünf Ballungsräumen ist der Verkehr mit einem Anteil von mehr als 50 % der maßgebliche Verursacher der Stickstoffoxid-Emissionen. Die Emissionsdichte ist in diesen fünf Stadtkernen um den Faktor 10 höher als in den entsprechenden großräumigen Zonen ohne die städtischen Gebiete (siehe Kapitel 6.2).

Im Ballungsraum Ludwigshafen/Mannheim sind dagegen die Gesamtemissionen des Stadtkerns über den Faktor 25 höher als die Emissionen in dem 'Zentrum Nord' außerhalb der Ballungsgebiete (204 t/(Jahr·km²) gegenüber 8 t/(Jahr·km²); siehe Abbildung 6.2-2 und 6.3-6). Der Anteil der Emissionen aus den industriellen Punktquellen überwiegt hier und macht 71 % der Gesamtemissionen aus. Dies lässt sich auf die großen Industrieanlagen

contribuent pour une large part aux niveaux de pollution urbaine perceptible dans les profils transversaux.

Densité d'émissions de NO_x

Les densités d'émissions globales (figure 6.3-6) convergent dans cinq des sept grandes agglomérations du fossé Rhénan (Colmar 28 tonnes/an/km²; Fribourg 36 tonnes/an/km²; Karlsruhe 40 tonnes/an/km²; Bâle 46 tonnes/an/km² et Mulhouse 51 tonnes/an/km²). Pour ces noyaux urbains, les contributions des petites installations de combustion et du transport sont accentuées par rapport à l'échelle urbaine. La contribution du transport y représente plus de 50%. Plus largement, la densité des émissions en NO_x des noyaux urbains ramenée au km² est environ 10 fois plus élevée que celle des zones correspondantes non urbaines (voir chapitre 6.2).

A Ludwigshafen/Mannheim, les émissions globales du noyau urbain sont près de 25 fois supérieures (voir figure 6.2-2 et 6.3-6) aux émissions du 'centre nord' hors grandes agglomérations (204 tonnes/an/km² pour 8 tonnes/an/km²). La part des émissions issues des sources ponctuelles y est majoritaire et représente près de 71% du total. Ceci correspond à la présence de grandes installations industrielles à l'intérieur du périmètre urbani-

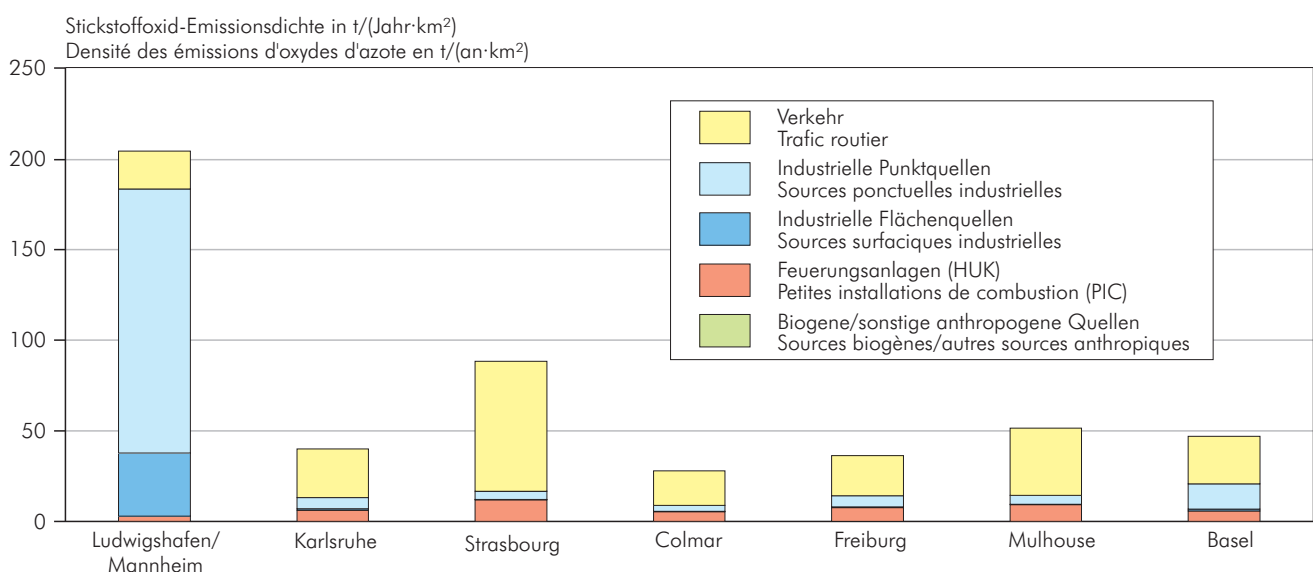


Abbildung 6.3-6: Emissionsdichten für Stickstoffoxide NO_x in den betrachteten Stadtkernen.

Figure 6.3-6 : Emissions d'oxydes d'azote dans les centres de ville.

innerhalb des Stadtgebiets zurückführen. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die immissionsseitige Auswirkung der Abgase von ihrer Emissionshöhe abhängt (ebenerdig beim Kraftfahrzeug, bei Industrieabgasen aus großer Höhe).

In Straßburg ist die Emissionsdichte im Stadtkern um den Faktor 15 höher als in dem außerstädtischen Gebiet 'Zentrum' (88 t/(Jahr·km²); siehe Abbildung 6.2-2), mit einem Beitrag der Quellengruppe Verkehr von 81 %. Dies ist darauf zurückzuführen, dass eine wichtige Verkehrsachse, die das regionale elsässische Netz strukturiert, durch den Stadtkern verläuft (A4 und A35).

Emissionsdichte Benzol

In Abbildung 6.3-7 sind die Emissionsdichten für Benzol in den Stadtkernen in allen sieben Ballungsgebieten unterschiedlich (Colmar 0,8 t/(Jahr·km²); Freiburg 1,1 t/(Jahr·km²); Karlsruhe 1,7 t/(Jahr·km²); Basel 0,9 t/(Jahr·km²); Ludwigshafen/Mannheim 0,9 t/(Jahr·km²); Straßburg 2,7 Tonnen/Jahr/km² und Mülhausen 1,3 Tonnen/Jahr/km²). Sie hängt ab von der Struktur dieser Ballungsräume, wie dem Vorhandensein wichtiger Straßenverkehrsachsen oder Punktquellen am Stadtrand.

sé. A noter, qu'à petite échelle, l'impact des rejets atmosphériques dépend de leur hauteur d'émission (ras du sol pour l'automobile, retombée à distance pour les panaches industriels).

A Strasbourg, la densité d'émission est encore 15 fois supérieure à la zone 'Centre' (88 tonnes/an/km²; voir figure 6.2-2) avec une contribution du transport s'élevant à 81% du fait de la présence, dans le noyau urbain, d'un axe routier important structurant le réseau régional alsacien (A4 et A35).

Densité d'émissions de benzène

La densité des émissions de benzène dans les noyaux urbains (voir figure 6.3-7) est disparate pour les sept agglomérations (Colmar 0,8 tonnes/an/km² ; Fribourg 1,1 tonnes/an/km² ; Karlsruhe 1,7 tonnes/an/km² ; Bâle 0,9 tonnes/an/km² ; Ludwigshafen/Mannheim 0,9 tonnes/an/km² ; Strasbourg 2,7 tonnes/an/km² et Mulhouse 1,3 tonnes/an/km²). Elle dépend de la structure de ces agglomérations comme la présence d'axes de communications routiers importants ou de sources ponctuelles dans le périmètre urbain.

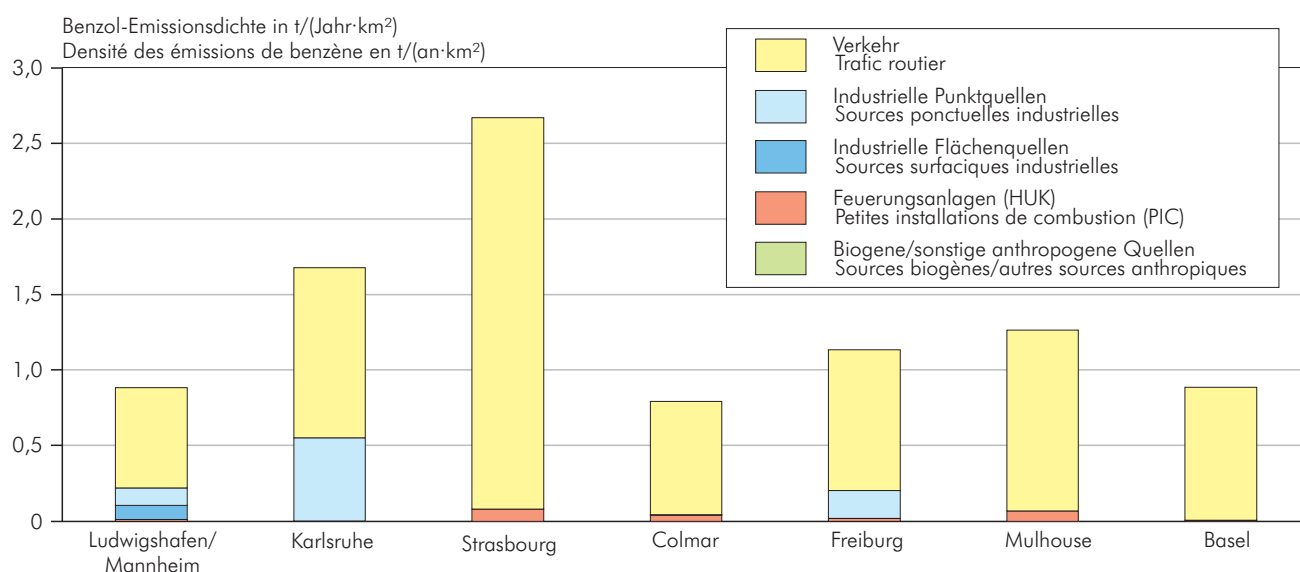


Abbildung 6.3-7: Emissionsdichten für Benzol in den betrachteten Stadtkernen.

Figure 6.3-7 : Emissions de benzène dans les centres de ville.

In den Stadtkernen aller Ballungsgebiete überwiegt der Anteil der Quellengruppe Verkehr, mit fast 75 % der Emissionen in den deutschen Städten (Ludwigshafen/Mannheim, Karlsruhe und Freiburg). In den französischen Städten und in Basel liegt dieser Anteil bei über 90 %. In Ludwigshafen/Mannheim, Karlsruhe und Freiburg ist auch der Emissionsbeitrag der industriellen Punktquellen deutlich (13 %, 33 % bzw. 16 %), was den Einfluss der Benzol emittierenden Industrieanlagen in den Stadtkernen belegt.

La part du secteur transport est prépondérante dans les noyaux urbains de toutes les agglomérations et contribue pour près de 75 % des émissions dans les villes allemandes (Ludwigshafen/Mannheim, Karlsruhe et Fribourg). Dans les villes françaises et Bâle, cette part dépasse 90%. A Ludwigshafen/Mannheim, Karlsruhe et Fribourg, la contribution des émissions dues aux sources ponctuelles n'est pas négligeable (respectivement 13 %, 33 % et 16 %) et atteste l'influence des installations industrielles émettrices de benzène présentes dans les noyaux urbains.

6.4 Messpunkte

Im folgenden Kapitel werden nach der Betrachtung des gesamten Projektgebietes und von ausgewählten Bilanzräumen (städtische Agglomerationen und Stadtkerne) auffällige Ergebnisse an den Immissionsmesspunkten (Immissionsschwerpunkte) bewertet und deren Verursacher ermittelt. Aus den Ergebnissen der stationären und mobilen Punktmessungen wurden zunächst die Immissionsschwerpunkte für die gemessenen Stoffe und Stoffgruppen im Projektgebiet ermittelt.

Zur Ermittlung der Immissionsschwerpunkte wurden als Abschneidekriterium der Immissionskonzentrationen verwendet:

- für die Luftschadstoffe NO_2 und Blei der Jahresmittelgrenzwert (NO_2 $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. Blei $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) entsprechend der 1. Tochterrichtlinie 99/30/EG (siehe Kapitel 5),
- für den Luftschadstoff Benzol der Jahresmittelgrenzwert von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entsprechend dem Vorschlagswert der 2. Tochterrichtlinie 99/C 53/07 (siehe Kapitel 5)
- und für alle anderen Luftschadstoffe die Immissionskonzentration, die größer als 75 % des größten Jahresmittelwertes aller punktuellen Messungen des jeweiligen Luftschadstoffes im Projektgebiet ist.

Die Verursachergruppen der lokalisierten Immissionsschwerpunkte wurden in einem zweiten Schritt ermittelt. Hierzu wurde das Emissionskataster bezüglich des Quellentyps (Gewerbeanlage, Fahrzeuge, Flächenemission), der Emissionsverhältnisse (Stoffart, zeitlicher Verlauf des Massenstromes, Quellhöhe) und der Schadstoffausbreitung ausgewertet. Des Weiteren wurde, soweit erforderlich, Fachauskunft über die an dem Projekt beteiligten ASPA, LfUG und LHA sowie von den Gebietskörperschaften und Aufsichtsbehörden eingeholt.

In die Betrachtung der Auffälligkeiten an Messpunkten sind alle Stoffe einbezogen worden, die immissionsseitig gemessen wurden. Dabei ergaben sich im Projektgebiet Auffälligkeiten an Messpunkten bei folgenden Stoffen:

6.4 Points de mesure

Après avoir considéré successivement l'ensemble de la zone d'étude et les aires de bilan choisies (agglomérations urbaines et noyaux urbains), le présent paragraphe relève les résultats remarquables aux sites ponctuels de mesure des immissions (concentrations les plus élevées) et en analyse les causes probables. Les maxima ponctuels d'immissions de polluants dans la zone d'étude sont issus des résultats aux stations permanentes ou temporaires de la campagne de mesure.

Les critères de sélection des immissions retenus pour analyse sont :

- la valeur limite en moyenne annuelle de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le dioxyde d'azote et de $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le plomb conformément à la 1^{ère} directive fille européenne 99/30/C.E.E. (voir chapitre 5),
- la valeur limite en moyenne annuelle de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le benzène conformément à la proposition de la 2^{ème} directive fille européenne 99/C 53/07 (voir chapitre 5),
- et 75 % de la valeur moyenne annuelle la plus élevée de toutes les mesures ponctuelles du polluant relevées dans la zone d'étude pour tous les autres polluants atmosphériques.

Dans une seconde étape, le secteur des émissions, principal responsable de ces concentrations a été déterminé. Pour cette analyse, l'examen du cadastre des émissions s'est fait au niveau de la catégorie de la source émettrice (activités industrielles spécialisées, trafic routier, émissions surfaciques), de la typologie de l'émission (polluant, évolution temporelle du flux d'émission, hauteur de la source). Enfin, la dispersion des polluants a été prise en compte. Par ailleurs, des informations ont été recueillies auprès des instituts partenaires du projet ASPA, LfUG et LHA ainsi qu'auprès des collectivités locales et des administrations chargées de l'inspection si nécessaire.

Si tous les polluants mesurés sont inclus dans l'analyse, des valeurs élevées de concentration ont été constatées pour les polluants suivants :

- Stickstoffoxide
- Benzol
- Toluol, Xylol, Ethylbenzol
- Staubinhaltsstoffe Cadmium, Nickel, Arsen, Benzo(a)pyren, Ruß.

Ergänzend wird auf Auffälligkeiten an Messpunkten bei kurzzeitigen Überschreitungen des Schwellenwertes der EU für Schwefeldioxid hingewiesen.

Auf die Herkunft und Einschränkungen hinsichtlich der immissionsseitig erfassten Schadstoffe ist teilweise schon bei der Diskussion der Stoffe in Kapitel 5.2 und 3.1 eingegangen worden. Dabei wird deutlich, dass mit wenigen Ausnahmen der Straßenverkehr als die wesentliche Quelle luftverunreinigender Stoffe in Erscheinung tritt. Im Folgenden werden herausragende Einzelfälle diskutiert.

Stickstoffoxide

Für beide Stickstoffoxide zeigen sich in den größeren innerstädtischen Gebieten im Projektgebiet erhöhte Immissionskonzentrationen. Für Stickstoffmonoxid NO werden die höchsten Konzentrationen an den Straßmesspunkten in Karlsruhe (93 µg/m³), in Basel (90 µg/m³) und in Mannheim (70 µg/m³) gemessen. Die NO₂-Immissionsschwerpunkte im Projektgebiet sind zahlreicher und deshalb in Tabelle 6.4-1 zusammengestellt. Die Immissionskonzentrationen für Stickstoffdioxid liegen an 15 Messpunkten im Projektgebiet über dem festgelegten Abschneidekriterium.

Hauptverursacher der NO_x-Immissionsbelastungen ist an allen untersuchten Messpunkten der motorisierte Straßenverkehr. Die Messpunkte in Mülhausen ('Mulhouse-ASP', 'Mulhouse-Nord') liegen in den innerstädtischen Bereichen mit einer dichten Bebauung, die wegen ungünstiger Austauschbedingungen ebenfalls Einfluss auf die Höhe der Immissionskonzentrationen hat. Bei den Messpunkten in Straßburg und in Colmar ('Strasbourg-IIIkirch', 'Strasbourg-Centre', 'Strasbourg-Rhin', 'Strasbourg-Place-Broglié' und 'Colmar-Centre') tragen die Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher (HUK) einen großen Teil zu den NO_x-Immissionsbelastungen bei.

- oxydes d'azote
- benzène
- toluène, xylènes, éthylbenzène
- cadmium, nickel, arsenic, benzo(a)pyrène, suie comme constituants des particules.

Pour être complet, il faut attirer l'attention sur les dépassements de courte durée des valeurs seuils européennes pour le dioxyde de soufre sur certains sites de mesure.

Les réglementations concernant les polluants mesurés dans la campagne de mesure ainsi que leur origine ont été en partie abordées aux paragraphes 5.2 et 3.1. A quelques exceptions près, le trafic routier s'avère être la source d'émissions de polluants la plus importante. Quelques exemples sont discutés ci-dessous.

Oxydes d'azote

Pour les oxydes d'azote, les concentrations les plus élevées sont enregistrées dans les grandes zones urbaines de la zone d'étude. Pour le monoxyde d'azote (NO), les concentrations les plus élevées sont mesurées aux sites de mesure en proximité automobile à Karlsruhe (93 µg/m³), Bâle (90 µg/m³) et Mannheim (70 µg/m³). L'ensemble des principaux points d'immissions de NO₂ dans la vallée du Rhin supérieur sont représentés dans le tableau 6.4-1. Sur quinze sites, les mesures enregistrées dépassent le critère de sélection.

Sur tous les sites de mesures où ont lieu ces dépassements, la principale source d'émissions en dioxyde d'azote est le secteur des transports (trafic routier). Les sites de mesures à Mulhouse ('Mulhouse-ASP', 'Mulhouse-Nord') sont situés en centre ville dans une zone de bâti dense. Ce bâti participe aussi aux fortes immissions en lien avec de mauvaises conditions de dispersions. A Strasbourg et à Colmar ('Strasbourg-IIIkirch', 'Strasbourg-Centre', 'Strasbourg-Rhin', 'Strasbourg-Place-Broglié' et 'Colmar-Centre'), les petites installations de combustion (PIC) contribuent pour une grande partie aux concentrations observées de NO_x.

Tabelle 6.4-1: NO₂-Immissionsschwerpunkte im Projektgebiet.

Messpunkt	Jahresmittelwert
Karlsruhe-Straße	63 µg/m ³
Mannheim-Straße	60 µg/m ³
Freiburg-Straße	54 µg/m ³
Karlsruhe-Mitte	44 µg/m ³
Ludwigshafen-Mitte	43 µg/m ³
Ludwigshafen-Pfalzgrafenplatz	42 µg/m ³
Speyer-St. Guido Stift	41 µg/m ³
Frankenthal	40 µg/m ³
Basel-Feldbergstraße	59 µg/m ³
Strasbourg-Place-Broglie	54 µg/m ³
Mulhouse-ASPA	51 µg/m ³
Strasbourg-Ilk Kirch	46 µg/m ³
Strasbourg-Centre	45 µg/m ³
Strasbourg-Rhin	44 µg/m ³
Colmar-Centre	43 µg/m ³
Mulhouse-Nord	41 µg/m ³
Chalampé	40 µg/m ³

Benzol

Die punktuellen Messungen zeigen die Schwerpunkte der Benzol-Immissionskonzentrationen in den Innenbereichen der Städte im Projektgebiet. An den Straßenmesspunkten in Karlsruhe (8,4 µg/m³), 'Colmar-Centre' (8,3 µg/m³), Basel am Messpunkt 'Feldbergstraße' (8,0 µg/m³), Mannheim (7,0 µg/m³) und Freiburg (6,6 µg/m³) liegen die Immissionskonzentrationen für Benzol über dem festgelegten Abschneidekriterium. Hauptverursacher ist in allen Fällen der motorisierte Straßenverkehr und hier insbesondere der Pkw-Verkehr (siehe Kapitel 6.3).

Die Konzentrationen als Summe von Toluol, Xylole und Ethylbenzol zeigen an den Messpunkten in der Regel eine gute Korrelation zu der Benzol-Konzentration, weil der Straßenverkehr als Hauptquelle für diese Stoffe großräumig auftritt. Abweichungen von diesem Zusammenhang können damit auf andere Quellen als den Straßenverkehr deuten. In Abbildung 6.4-1 sind auf der x-Achse für jeden Messpunkt die Benzol-Konzentration gegen die Konzentration als Summe von Toluol, Xylole und Ethylbenzol aufgetragen.

Im unteren Konzentrationsbereich bis etwa 3 µg/m³ Benzol bzw. 20 µg/m³ der Summe Toluol, Xylole und Ethylbenzol zeigt sich eine gute Korrelation. An den Messpunkten 204 ('Karlsruhe-West'), 49 ('Mulhouse-Nord'), 35 ('Strasbourg-Place-Broglie') und 73 ('Colmar-Sud-Ouest') liegen die

Tableau 6.4-1 : Concentrations de NO₂ dans la zone d'étude.

Sites de mesure	Valeur moyenne annuelle
Karlsruhe-Straße	63 µg/m ³
Mannheim-Straße	60 µg/m ³
Freiburg-Straße	54 µg/m ³
Karlsruhe-Mitte	44 µg/m ³
Ludwigshafen-Mitte	43 µg/m ³
Ludwigshafen-Pfalzgrafenplatz	42 µg/m ³
Speyer-St. Guido Stift	41 µg/m ³
Frankenthal	40 µg/m ³
Basel-Feldbergstraße	59 µg/m ³
Strasbourg-Place-Broglie	54 µg/m ³
Mulhouse-ASPA	51 µg/m ³
Strasbourg-Ilk Kirch	46 µg/m ³
Strasbourg-Centre	45 µg/m ³
Strasbourg-Rhin	44 µg/m ³
Colmar-Centre	43 µg/m ³
Mulhouse-Nord	41 µg/m ³
Chalampé	40 µg/m ³

Benzène

Les concentrations en benzène les plus élevées sont enregistrées dans les centre – villes. En proximité automobile, à Karlsruhe (8,4 µg/m³), 'Colmar-Centre' (8,3 µg/m³), 'Basel-Feldbergstraße' (8,0 µg/m³), Mannheim (7,0 µg/m³) et Fribourg (6,6 µg/m³), les moyennes annuelles estimées ou mesurées sont supérieures aux critères limites retenus. La source principale des émissions de benzène correspond encore au trafic routier (voir chapitre 6.3).

En proximité automobile, la somme des concentrations de toluène, xylènes et d'éthylbenzène est en général corrélée avec celle du benzène : le trafic routier est à grande échelle la source principale de ces polluants. Un écart dans cette relation peut signaler l'influence de sources d'émissions autres que le trafic routier dans les teneurs de benzène observées. La figure 6.4-1 met en relation la concentration en benzène (axe des abscisses) et la somme des concentrations de toluène, xylènes et éthylbenzène (axe des ordonnées) pour chaque site de mesure.

Dans la zone inférieure gauche du graphe (benzène < 3 µg/m³ et somme de toluène, xylène et éthylbenzène < 20 µg/m³), la corrélation semble respectée. Les sites de mesure 204 ('Karlsruhe-West'), 49 ('Mulhouse-Nord'), 35 ('Strasbourg-Place-Broglie') et 73 ('Colmar-Sud-Ouest')

Tabelle 6.4-2: Toluol-, Xylole- und Ethylbenzol-Immissionsschwerpunkte im Projektgebiet.

Messpunkt	Jahresmittelwert		
	Toluol	Xylole	Ethylbenzol
Basel-Feldbergstraße	22 µg/m ³	20 µg/m ³	5 µg/m ³
Colmar-Centre	22 µg/m ³	16 µg/m ³	4 µg/m ³
Karlsruhe-Straße	17 µg/m ³	16 µg/m ³	3 µg/m ³
Mannheim-Straße	16 µg/m ³		4 µg/m ³

Tableau 6.4-2 : Principaux points d'immissions du toluène, des xylènes et de l'éthylbenzène dans la zone d'étude.

Point de mesure	Valeur moyenne annuelle		
	Toluène	Xylènes	Éthylbenzène
Basel-Feldbergstraße	22 µg/m ³	20 µg/m ³	5 µg/m ³
Colmar-Centre	22 µg/m ³	16 µg/m ³	4 µg/m ³
Karlsruhe-Straße	17 µg/m ³	16 µg/m ³	3 µg/m ³
Mannheim-Straße	16 µg/m ³		4 µg/m ³

an diesen auffälligen Straßenmesspunkten in den Stadtzentren weist bei diesen Luftschadstoffen auf den motorisierten Straßenverkehr als Hauptverursacher hin.

Schwermetalle

Bei den Staub-Immissionsmessungen sind mehrere Schwermetalle untersucht worden. Dabei ergaben sich Hinweise auf erhöhte Immissionskenngrößen in einigen Bereichen des Projektgebietes. Die Zuordnung von Immissionsschwerpunkten zu verursachenden Quellen gestaltet sich im Falle der Schwermetalle schwieriger als bei anderen Stoffen, da die Verursacher vielfach aus ganz verschiedenen Bereichen kommen. Neben industriellen Anlagen kommen als Quellen für Schwermetall-Immissionen auch belastete Böden in Betracht, wobei durch Aufwirbelungen von vegetationslosen Böden (zum Beispiel bei der Bodenbearbeitung) die Feinfraktion in die bodennahe Luftschicht eingetragen wird. Die Zuordnung von Immissionsschwerpunkten zu festgestellten Bodenbelastungen ist in der Regel nur auf landwirtschaftlich genutzten Flächen sinnvoll. Diese Einschränkung und die kleinräumige Repräsentanz von Bodenuntersuchungsergebnissen setzen den Möglichkeiten der Ursachenanalyse enge Grenzen.

Staubinhaltsstoff Cadmium

Erhöhte Immissionskonzentrationen für Cadmium wurden an den Messpunkten 1 ('Hortenkopf': 3,8 ng/m³), 5 ('Neustadt-Nord': 3,8 ng/m³) und 6 ('Neustadt-Feld': 2,9 ng/m³) gemessen. Bei allen drei Messpunkten sind keine erkennbaren Verursacher oder definierte Quellen zu finden. Am Messpunkt 49 'Mulhouse-Nord' wurde eine Immissions-

benzène sur ces sites de mesure à proximité du trafic routier dans les centre-villes signale l'influence primordiale du trafic routier sur ces concentrations.

Métaux lourds

Une analyse des causes a été effectuée sur plusieurs métaux lourds comme constituants des particules. De fortes concentrations ont été enregistrées en quelques sites de la zone d'étude. La mise en correspondance des immissions et des émissions s'avère plus difficile pour les métaux lourds que pour les autres polluants du fait de la disparité possibles des origines. En plus des installations industrielles, les sols pollués sans végétation, par effet de vents tourbillonnants ou lors du travail de la terre, peuvent également influencer les teneurs en métaux lourds. La mise en relation entre ces fortes concentrations en métaux lourds dans la fraction particulaire fine proche du sol et la contamination des sols n'est pertinente qu'en zone agricole. Compte tenu de cette limite et de la représentativité à petites échelle des études de sols, les possibilités d'analyse des causes sont nettement restreintes.

Cadmium comme constituants des particules

Des teneurs élevées de cadmium ont été mesurées aux sites de mesure 1 ('Hortenkopf' : 3,8 ng/m³), 5 ('Neustadt-Nord' : 3,8 ng/m³), et 6 ('Neustadt-Feld' : 2,9 ng/m³). Aucune cause plausible n'a pu être déterminée sur ces trois sites de mesure. A 'Mulhouse-Nord' (site 49), la forte concentration de cadmium relevée (3,4 ng/m³) est

konzentration von $3,4 \text{ ng/m}^3$ gemessen. Die Höhe der Immissionskonzentration wird hauptsächlich verursacht durch eine Hausmüllverbrennungsanlage in der Nähe des Zentrums von Mülhausen. In diesen Fällen liegen die Werte nur geringfügig über dem umgebenden Immissionsfeld, so dass nicht von einer punktuellen Belastung im eigentlichen Sinne ausgegangen werden kann.

Abbildung 6.4-2 zeigt eine Gegenüberstellung der an den Messpunkten ermittelten Blei-Konzentration (x-Achse) zu der Cadmium-Konzentration (y-Achse). In dem rheinland-pfälzischen Teil des Projektgebietes liegt an den Messpunkten 1 ('Hortenkopf'), 4 ('Neustadt-Mitte'), 5 ('Neustadt-Nord'), 6 ('Neustadt-Feld') und 11 ('Speyer-Süd') die Cadmium-Konzentration im Vergleich zur dort gemessenen Blei-Konzentration höher. Dies ist auf die Problematik der Nachweisgrenze zurückzuführen, die bereits in Kapitel 5 beschrieben wurde. Ähnliche Verhältnisse sind an den Messpunkten 49 ('Mulhouse-Nord') und 76 ('Colmar-Est') zu finden. An beiden Messpunkten sind die erhöhten Cadmium-Konzentrationen hauptsächlich auf Hausmüllverbrennungsanlagen zurückzuführen. Keine erkennbaren Verursacher oder definierte Quellen für erhöhte Cadmium-Konzentrationen konnten an dem Messpunkt 31 ('Vosges-Moyenne') gefunden werden.

induite par une usine d'incinération des ordures ménagères de Mulhouse. Dans ces deux situations, les pics ne sont que très légèrement supérieurs aux champs de concentrations environnants si bien qu'on ne peut pas à proprement parler d'une pollution ponctuelle.

La figure 6.4-2 compare la concentration de plomb (axe des abscisses) décelée aux sites de mesure à la concentration de cadmium (axe des ordonnées). En Rhénanie-Palatinat, la concentration de cadmium mesurée en 1 ('Hortenkopf'), 4 ('Neustadt-Mitte'), 5 ('Neustadt-Nord'), 6 ('Neustadt-Feld') et 11 ('Speyer-Süd') est plus élevée que celle du plomb. Cela provient d'un problème technique lié au seuil de détection, déjà décrit au chapitre 5. Avec des seuils de détection moins élevés, les concentrations de cadmium plus élevées aux points de mesure 49 ('Mulhouse-Nord') et 76 ('Colmar-Est') sont dues aux installations d'incinération des ordures ménagères. Il n'y a pas de pollueurs précis ou de sources définies pour les concentrations de cadmium plus élevées constatées au point de mesure 31 ('Vosges Moyenne').

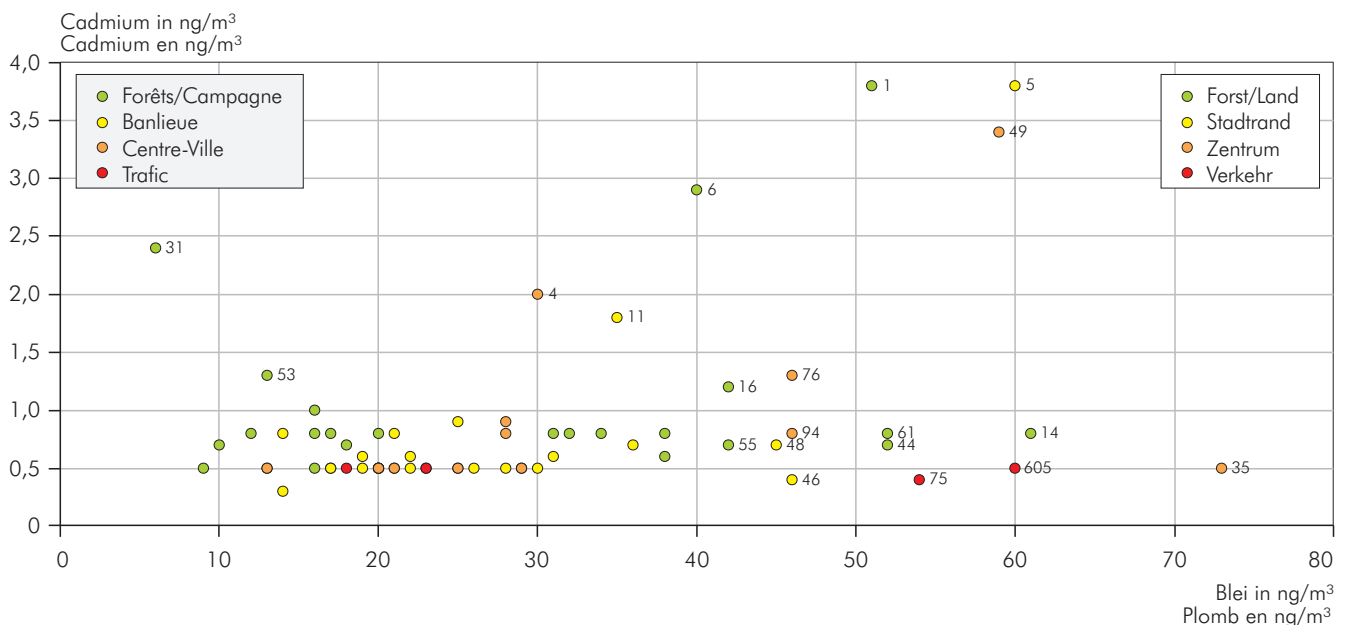


Abbildung 6.4-2: Darstellung der Blei-Konzentration gegenüber der Cadmium-Konzentration.

Figure 6.4-2 : Concentration de plomb en fonction des concentrations en cadmium.

Staubinhaltsstoff Nickel

Die Immissionsmessungen weisen für Nickel einen hohen Jahresmittelwert in Straßburg an den Messpunkten 'Strasbourg-Centre' ($10,6 \text{ ng/m}^3$) und 'Strasbourg-Place-Broglié' ($9,9 \text{ ng/m}^3$) auf. Die innerstädtische Lage der beiden Messpunkte weist auf die Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher (HUK) hin.

An dem Messpunkt in Heitersheim ($9,8 \text{ ng/m}^3$) wurde ein erhöhter Jahresmittelwert gefunden. Es konnten keine erkennbaren Verursacher gefunden werden.

Staubinhaltsstoff Arsen

Für den Luftschadstoff Arsen wurde an dem Messpunkt 'Colmar-Est' ($3,0 \text{ ng/m}^3$) eine erhöhte Immissionskonzentration gemessen. Verursacher der Arsen-Immissionsbelastung ist hauptsächlich eine Hausmüllverbrennungsanlage in unmittelbarer Nähe des Messpunktes.

Die Problematik der erhöhten Immissionskenngößen an den Messpunkten 'Altneudorf' und 'Neustadt-Feld' sowie 'Hortenkopf' im Pfälzer Wald wurde bereits in Kapitel 5 beschrieben.

Staubinhaltsstoff Benzo(a)pyren

Erhöhte Immissionskonzentrationen für BaP wurden an den Messpunkten 'Strasbourg-Centre' ($1,2 \text{ ng/m}^3$) und in Colmar an den Messpunkten 'Colmar-Est' ($1,1 \text{ ng/m}^3$) und 'Colmar-Centre' ($1,0 \text{ ng/m}^3$) gemessen. Diese werden hauptsächlich durch den motorisierten Straßenverkehr und feststoffbefeuerte Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher (HUK) (siehe Abbildung 6.3-5) verursacht.

Staubinhaltsstoff Ruß

Die Immissionsmessungen weisen für Ruß hohe Jahresmittelwerte an den Straßenmesspunkten in Karlsruhe ($7,8 \text{ } \mu\text{g/m}^3$), Mannheim ($7,2 \text{ } \mu\text{g/m}^3$) und Freiburg ($6,6 \text{ } \mu\text{g/m}^3$) sowie am Messpunkt 'Karlsruhe-Mitte' ($6,6 \text{ } \mu\text{g/m}^3$) auf. Da sich alle Messpunkte an stark befahrenen innerstädtischen Straßen befinden, kann auf den motorisierten Straßenverkehr als Hauptverursacher der Immissionsschwerpunkte für den Luftschadstoff Ruß geschlossen werden.

Nickel comme constituant des particules

Pour le nickel, les mesures des immissions présentent une valeur moyenne annuelle élevée à Strasbourg aux sites 'Strasbourg-Centre' ($10,6 \text{ ng/m}^3$) et 'Strasbourg-Place-Broglié' ($9,9 \text{ ng/m}^3$). Ces deux points de mesures sont situés en centre ville et sous l'influence des émissions des petites installations de combustion.

A la station d'Heitersheim, située dans un vignoble, une valeur moyenne annuelle élevée est enregistrée ($9,8 \text{ ng/m}^3$). Dans ce cas, aucune origine principale n'a pu être déterminée sur ce site.

Arsenic comme constituant des particules

Pour l'arsenic, la valeur annuelle la plus élevée a été mesurée à 'Colmar-Est' ($3,0 \text{ ng/m}^3$). L'origine probable de ce niveau en arsenic est une usine d'incinération des ordures ménagères située à proximité.

Les teneurs en arsenic élevées à 'Altneudorf', 'Neustadt-Feld' et 'Hortenkopf' en Forêt du Palatinat a déjà été décrit au chapitre 5.

Benzo(a)pyrène comme constituant des particules

Les concentrations de BaP les plus élevées ont été enregistrées aux sites de 'Strasbourg-Centre' ($1,2 \text{ ng/m}^3$), de 'Colmar-Est' ($1,1 \text{ ng/m}^3$) et de 'Colmar-Centre' ($1,0 \text{ ng/m}^3$). Ces teneurs proviennent probablement du trafic routier et des petites installations de combustion : ces stations sont situées en centre urbain (voir figure 6.3-5).

Suie comme constituant des particules

Pour la suie, les mesures d'immissions présentent des valeurs moyennes annuelles élevée en proximité automobile à Karlsruhe ($7,8 \text{ } \mu\text{g/m}^3$), Mannheim ($7,2 \text{ } \mu\text{g/m}^3$), Fribourg ($6,6 \text{ } \mu\text{g/m}^3$) et à la station urbaine 'Karlsruhe-Mitte' ($6,6 \text{ } \mu\text{g/m}^3$). Tous ces sites sont fortement influencés par la circulation automobile, ce qui confirmerait les teneurs relevées à ces sites.

Schwefeldioxid

Aus Tabelle 5.4-3 ist ersichtlich, dass vor allem an den Messstellen im Raum Straßburg/Kehl und Mannheim die SO₂-Immissionskonzentrationen kurzzeitig sehr hoch sind. Dies ist auf industrielle Einzelemittenten zurückzuführen.

Im Raum Straßburg/Kehl sind in Zukunft keine Überschreitungen mehr zu erwarten, da ein Emittent inzwischen auf ein anderes Verfahren umgestellt hat.

Dioxyde de soufre

Le tableau 5.4-3 montre des concentrations d'immissions de SO₂ momentanément très élevées, principalement aux stations situées dans les zones de Strasbourg/Kehl et de Mannheim.

A l'avenir ces dépassements périodiques dans la zone de Strasbourg/Kehl cesseront. L'une des industries rejetant du SO₂ a fermé une installation principalement responsable de ces pics de concentrations.

7 FAZIT UND AUSBLICK CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Im Rahmen des Förderinstruments für die Grenzregionen „Interreg II“ der EU wurde im Oberrheingebiet eine grenzübergreifende Luftqualitätsanalyse durchgeführt. Das Projektgebiet umfasst den gesamten Naturraum „Oberrhein“ und damit auf französischer Seite das Elsaß, in Deutschland die Regionen Südpfalz, Mittlerer und Südlicher Oberrhein sowie auf schweizer Seite die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft. Die Oberrheinebene stellt ein geographisch und kulturgeographisch einheitliches Gebiet dar. Charakteristisch sind die hohe Bevölkerungsdichte und die schlechten Austauschbedingungen für Luftschadstoffe wegen der Mittelgebirgszüge der Vogesen und des Schwarzwaldes, welche die Rheinebene begrenzen.

Die durchgeführte Luftqualitätsanalyse umfasst die Erhebung der Emissionen (Emissionskataster), die Erhebung und Beurteilung der Immissionen (Immissionskataster) und eine Analyse der Ursachen der Luftverschmutzung aufgeschlüsselt nach verschiedenen Arten von Standortkategorien (Verkehr, Stadtzentrum, Stadtrand und Forst/Land).

Diese Arbeiten der Bestandsaufnahme, der Beurteilung und der Analyse wurden von einem französisch-deutsch-schweizerischen Lenkungsausschuss, unter dem Vorsitz des Umwelt- und Verkehrsministeriums Baden-Württemberg, gesteuert. Im Verlauf des Projekts hat sich zwischen den deutschen, französischen und schweizer Partnern öffentlicher und privater Einrichtungen eine enge und vertrauensvolle Zusammenarbeit entwickelt. Trotz der Sprachbarriere wurde ein intensiver fachlicher Austausch bei der Annäherung der Emissionserhebungs- und der Immissionsmessmethoden sowie beim Einsatz geostatistischer Verfahren unter GIS gepflegt. Zwei dieser Einrichtungen (UMEG und ASPA) haben zur Aufgabenerledigung eine Arbeitsgemeinschaft gegründet.

Vor dem Hintergrund einer bereits feststellbaren Tendenz zum Rückgang der Konzentrationen einiger wichtiger Leitsubstanzen (Stickstoffdioxid, Schwefeldioxid und Schwebstaub) stellt die Kenntnis der räumlichen Verteilung der Emissionen und Immissionen ein wertvolles Instrument für eine grenzüberschreitende koordinierte Planungs- und Luftreinhaltemaßnahmenpolitik dar.

Dans le cadre de la politique de soutien aux régions frontalières „Interreg II“ de l'Union Européenne, une analyse transfrontalière de la qualité de l'air a été réalisée dans le Rhin Supérieur. La zone de projet comprend dans son ensemble l'espace naturel du Rhin supérieur soit côté français l'Alsace, pour l'Allemagne le Palatinat Sud, le Rhin supérieur centre et Sud et côté suisse les cantons de Bâle ville et Bâle campagne. La plaine du Rhin supérieur représente une entité territoriale caractérisée par une géographie physique et humaine globalement défavorable aux émissions et aux immissions atmosphériques (fortes densités humaines en plaine bordée par les massifs des Vosges et de la Forêt Noire).

L'analyse transfrontalière de la qualité de l'air ainsi réalisée comprend l'inventaire des émissions (cadastre des émissions), l'évaluation des immissions (cadastre des immissions) et une analyse des causes de la pollution de l'air selon les différents types de situations de pollution (trafic, centre ville, périphérie urbaine, forêt et campagne).

Ces travaux d'inventaire, d'évaluation et d'analyse ont été gérés par un comité de pilotage franco-germano-suisse présidé par le ministère du Transport et de l'Environnement de Bade-Wurtemberg. A l'occasion de ce projet, une véritable coopération s'est instaurée entre les organismes allemands, français et suisses, publics ou privés. Malgré la barrière linguistique, le rapprochement des méthodes d'inventaire des émissions et de mesurage des immissions tout comme la mise en oeuvre de méthodes géostatistiques sous SIG a été riche d'échanges de compétences. Deux des organismes impliqués (l'UMEG et l'ASPA) ont été amenés à créer une communauté de travail.

Dans le contexte d'une tendance déjà identifiable de la diminution des concentrations de quelques substances clés (dioxyde d'azote, dioxyde de soufre et particules en suspension), la connaissance de la répartition spatiale des émissions et immissions constitue un instrument précieux pour une politique coordonnée et transfrontalière de planification et de mesure pour la protection de l'air.

Wie der vorliegende Ergebnisbericht belegt, konnten die Ziele des Projektes, die Bereitstellung und Interpretation von Umweltdaten

- als Grundlage für eine koordinierte umwelt- und gesundheitsverträgliche Wirtschafts-, Industrie- und Verkehrspolitik,
- für flankierende Luftreinhalteplanung im kommunalen und regionalen Bereich und
- zur Förderung des Verständnisses für unterschiedliche regionale Interessen mit dem Ziel eines Interessenausgleichs

erreicht werden.

In der Folge stellt sich die Frage nach der Nutzung der Kataster (Immissionen und Emissionen) und der Ursachenanalyse. Aufbauend auf den Ergebnissen der vorliegenden Arbeiten kommen folgende Zielrichtungen in Betracht:

- Berücksichtigung der umfangreichen Erkenntnisse in die Planung und Koordination von Schutz- und Luftreinhaltemaßnahmen;
- Information der Bevölkerung entsprechend den Anforderungen der Richtlinie 96/62/EG des Rates „über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität“. Dazu müssen Form und Umfang der Informationen festgelegt werden. Dies beinhaltet auch z. B. die Entwicklung eines grenzübergreifenden Luftverunreinigungsindex als Instrument für eine anschauliche Darstellung der Luftqualität. Mit Hilfe von Datenträgern (Datenbanken) und elektronischer Datenübertragung (Minitel, BTX, Teletext, Internet) können außerdem die aktuellen Daten und Karten der Emissions- und Immissionskataster der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden;
- Fortschreibung der Kataster (Aktualisierung, Szenarien) durch Entwicklung und Einführung von Aktualisierungsinstrumenten – als Entwicklungsindikator für die Luftqualität im Oberrheingebiet – und von Simulationinstrumenten für die Untersuchung von Entwicklungs- und Sanierungsszenarien, die bei der Ausführung dieses Projekts noch nicht entwickelt waren;
- Prüfung der Möglichkeiten für eine Vertiefung der grenzübergreifenden Analyse, die derzeit auf die Auswertung der Jahresemissions- und der Jahresimmissionskataster der Primärschadstoffe beschränkt ist, z. B. durch Einführung eines Modellierungssystems, das

Comme le prouve ce rapport, les objectifs du projet ont été atteints à savoir la mise à disposition et l'interprétation des données environnementales qui serviront :

- de base à l'élaboration coordonnée de politiques économiques, industrielles et des transports respectueuses de l'environnement et de la santé.
- à une réflexion sur des mesures pour la gestion de la qualité de l'air au niveau communal et régional
- à favoriser la compréhension mutuelle pour les différents intérêts régionaux dans le but d'aboutir à des solutions communes équitables.

Par la suite se pose la question de l'utilisation des cadastres (immissions et émissions) et de l'analyse des causes. Sur la base des résultats obtenus, les perspectives suivantes sont à considérer :

- La prise en compte des connaissances étendues dans la planification et coordination des mesures de protection et de préservation de la qualité de l'air.
- L'Information de la population selon les exigences de la directive européenne 96/62/CE concernant l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant. Pour cela il faut définir la forme et le contenu des informations. Ceci inclut également, par exemple, le développement d'un indice de la qualité de l'air transfrontalier comme instrument d'une représentation expressive de la qualité de l'air. A l'aide de supports informatiques (banques de données) et télématiques (Minitel, BTX, Teletext, Internet), les dernières données et les cartographies d'émissions et d'immissions peuvent être rendues accessibles au grand public.
- L'usage des cadastres (actualisation, scénarii) qui passe par le développement et la mise en place d'outils non développés au cours du projet, à savoir des outils d'actualisation - comme indicateur de développement de la qualité de l'air dans l'espace du Rhin supérieur - et d'outils de simulation pour l'étude des scénarii de développement et d'assainissement.
- L'étude des possibilités d'approfondissement de l'analyse transfrontalière, qui se limite actuellement à une exploitation des cadastres d'émissions et d'immissions annuels des polluants primaires, par la mise en place, par exemple, d'un système de modélisation prenant

sekundäre photochemisch gebildete Luftverunreinigungen und den Transport von Luftschadstoffen über mittlere Entfernungen sowie die Grenzbedingungen berücksichtigt.

Der grenzübergreifende Sachverstand, der sich im Verlauf der mit europäischen Mitteln unterstützten Projekte INTERREG I (Plan Straßburg/Kehl) und INTERREG II (Grenzüberschreitende Analyse der Luftqualität am Oberrhein) entwickelt hat, macht eine Fortführung in die aufgezeigten Richtungen – Bereitstellen aktueller Ergebnisse von Luftmessungen, Bildung einer Schnittstelle für die Kataster und Entwicklung eines funktionsfähigen Modellierungssystems – möglich. Ein solches Projekt könnte im Rahmen eines europäischen Programms INTERREG III realisiert werden.

en compte la pollution photochimique secondaire et le transport des polluants sur des moyennes distances ainsi que les conditions aux limites.

L'expertise transfrontalière qui s'est développée au cours des projets bénéficiant de fonds européen INTERREG I (Plan Strasbourg/Kehl) et INTERREG II (Analyse transfrontalière de la qualité de l'air dans le Rhin Supérieur) serait capable de mener à bien la continuation dans les directions abordées que sont la mise à disposition des résultats actuels de mesures de la qualité de l'air, la création d'une interface pour les cadastres et le développement d'un système opérationnel de modélisation. Un tel projet pourrait s'intégrer dans le programme communautaire INTERREG III.

8 LITERATUR UND QUELLEN BIBLIOGRAPHIE

- 74-415:** Décret no 74-415 du 13 mai 1974 relatif au contrôle des émissions polluantes dans l'atmosphère et à certaines utilisations de l'énergie thermique
- 91-1122:** Décret no 91-1122 du 25 octobre 1991 relatif à la qualité de l'air et portant modification du décret no 74-415 du 13 mai 1974 relatif au contrôle des émissions polluantes dans l'atmosphère et à certaines utilisations de l'énergie thermique
- 96-335:** Décret no 96-335 du 18 avril 1996 relatif à la qualité de l'air et portant modification du décret no 74-415 du 13 mai 1974 relatif au contrôle des émissions polluantes dans l'atmosphère et à certaines utilisations de l'énergie thermique
- 96-1236:** Loi no 96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie
- 98-360:** Décret no 98-360 du 6 mai 1998 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites
- 98-362:** Décret no 96-362 relatif aux plans régionaux de qualité de l'air (PRQA)
- 10. BImSchV:** Zehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Beschaffenheit und die Auszeichnung der Qualitäten von Kraftstoffen - 10. BImSchV), 2000
- 1. BImSchVwV:** Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 27. Februar 1986 (GMBI. S 95, 202)
- 4. BImSchVwV:** Vierte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Ermittlung von Immissionen in Untersuchungsgebieten - 4. BImSchVwV), vom 26. November 1993; GMBI. Nr. 42 44. Jahrgang S. 827
- 22. BImSchV:** Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte - 22. BImSchV), 1993
- 23. BImSchV:** Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten - 23. BImSchV) vom 16. Dezember 1996 (BGBl. I S. 1962)
- BUWAL, 1995:** Schadstoffemissionen und Treibstoffverbrauch des Offroad-Sektors, Bern 1995
- BUWAL, 1996:** Schadstoffemissionen und Treibstoffverbrauch des Offroad-Sektors, Umwelt-Materialien Nr. 49 Luft, Bern 1996
- COPERT II, 1997:** Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport - Methodology and Emission Factors - 2nd. Edition November 1997; P. Ahlvik, S. Eggleston, N. Gorißen, D. Hassel, A.-J. Hickman, R. Jourard, L. Ntziachristos, R. Rijkeboer, Z. Samaras, K.-H. Zierock; European Environment Agency (EEA), European Topic Center on air emission 1997
- EPA, 1996:** Air Quality Criteria for Particulate Matter. National Center for Environmental Assessment. Office of Research and Development. US Environmental Protection Agency. Report No. EPA/600/P-95/001af - cF, 1996
- Fiedler, F., 1983:** Einige Charakteristika der Strömung im Oberrheingraben – In: Fiedler, F. u. Hörschele, K. (Hrsg.): Prof. Diem zum 70. Geburtstag – Wiss. Ber. Inst. Meteorol. Klimaf. Univ. Karlsruhe 4: 113-123
- INFRAS, 1995:** Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, INFRAS AG, Bern, Oktober 1995
- Jendritzky, G. & Menz, G. & Schirmer, H. & Schmidt-Kessen, W., 1990:** Methodik zur raumbezogenen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen (Fortgeschriebenes Klima-Michel-Modell). – Beitr. Akad. Raumforsch. Landespl., 114.
- Klimaatlas, 1995:** Trinationale Arbeitsgemeinschaft Regionalklima-Projekt REKLIP (Hrsg.): Klimaatlas Oberrhein Mitte-Süd, vdf Hochschulverlag AG ETH Zürich, Zürich
- Kühling, 1994:** Kühling, W.; Peters, H.-J.: Die Bewertung der Luftqualität bei Umweltverträglichkeitsprüfungen. UVP spezial; Hrsg.: Verein zur Förderung der UVP e.V., Hamm/Westf. Dortmunder Vertrieb für Bau und Planungsliteratur, Dortmund, 1994
- LAI, 1992:** Länderausschuss für Immissionsschutz: Krebs-

- risiko durch Luftverunreinigungen; Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen; Düsseldorf TZ-D 161/92; 1992
- LAI, 1994:** Länderausschuss für Immissionsschutz: Beurteilungswerte für luftverunreinigende Immissionen. Bericht des Länderausschusses für Immissionsschutz an die Umweltministerkonferenz. 22. September 1994
- LfU / UMEG, 1998:** Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU) und Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen (UMEG) (Hrsg.): Schwebstaubbekämpfung in Baden-Württemberg. Karlsruhe, 1998
- LHA, 1997:** Lufthygieneamt beider Basel (Hrsg.): Die Luftbelastung in der Region Basel. Jahresbericht 1997. Liestal 1998
- LHA, 1998:** Lufthygieneamt beider Basel (Hrsg.): Die Luftbelastung in der Region Basel. Jahresbericht 1998. Liestal 1998
- LHA, 1999a:** Lufthygieneamt beider Basel (Hrsg.): Die Luftbelastung in der Region Basel. Jahresbericht 1999. Liestal 1999
- LHA, 1999b:** Lufthygieneamt beider Basel (Hrsg.): NO₂-Vergleichsmessungen mit Passivsammler und kontinuierlichen Messgeräten. Liestal 1999
- LRV:** Luftreinhalteverordnung vom 16. Dezember 1985, revidiert am 15. Dezember 1997
- Marquardt et al., 1994:** Marquardt, H.; Schäfer, S.G. (Hrsg.): Lehrbuch der Toxikologie, BI Wissenschaftsverlag, 1994
- MUF, 2000:** Ministerium für Umwelt und Forsten des Landes Rheinland-Pfalz (Hrsg.): Luftreinhaltebericht Ludwigshafen/Frankenthal (in Druck); Mainz 2000
- OACI, 1995:** Engine Exhaust Emissions Data Bank, Organisation de l'Aviation Civile Internationale, First Edition, 1995, Doc 9646-AN/943
- Römpp, 1993:** Römpp Lexikon Umwelt; Hrsg.: Prof. Dr. Herwig Hulpke, Prof. Dr. Dr. Herbert A. Koch, Prof. Dr. Ing. Rudolf Wagner; Georg Thieme Verlag Stuttgart-New York; Stuttgart 1993
- SPANS, 1997:** Handbuch zum Geoinformationssystem SPANS GIS, Ontario, Kanada 1997
- Thurston, 1996:** Thurston, G.D.: A critical review of PM10-Mortality Time-Series Studies. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 6, S. 3-21, 1996
- UBA, 1991:** Umweltbundesamt (Hrsg.): Was Sie schon immer über Umweltchemikalien wissen wollten; Ausgabe 1991; Verlag W. Kohlhammer GmbH; 1990
- UBA, 1994:** Umweltbundesamt (Hrsg.): Daten zur Umwelt 1992/93
- UBA, 1994:** Abgasemissionsfaktoren von Pkw in der Bundesrepublik Deutschland, Hrsg.: Umweltbundesamt Abschlussbericht UBA-FB-91-042, Berlin 1994
- UBA, 1995:** Emissionsfaktoren für verschiedene Fahrzeugschichten, Straßenkategorien, Verkehrszustände und Bezugsjahre (II), Hrsg.: Umweltbundesamt, Forschungsvorhaben 105 06 044, 3. Zwischenbericht FIGE GmbH, Herzogenrath 1995
- UMK, 1991:** 27. Umweltministerkonferenz am 21./22. November 1991 in Leipzig; TOP 11.1 Krebsrisiko durch Luftverunreinigungen. BE: LAI, Hamburg
- USG, 1983:** Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 7. Oktober 1983, revidiert am 21. Dezember 1995
- UVM, 1996:** Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg: Luftbericht für den Raum Karlsruhe/Rastatt 1994/95
- VDI, 1991:** Elbers, G.; Muratyan, S.: Problematik verkehrsbezogener Außenluftmessungen von Partikeln (Dieselruß). VDI-Berichte Nr. 818, 1991
- VDI, 1999:** Hanß, A.; Obländer, W.; Peranic, Z.: Planung von Immissionsmessungen unter Berücksichtigung der räumlichen und zeitlichen Varianz. In: Neuere Entwicklungen bei der Messung und Beurteilung der Luftqualität: Tagung Heidelberg 27. bis 29. April 1999 / Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN-Normenausschuss. - Düsseldorf: VDI Verl., 1999

Für die Bereitstellung von Daten danken wir folgenden Instituten und Ämtern:

Nous remercions les instituts et administrations suivants pour nous avoir fournis des données :

Schweiz / Suisse :

BUWAL, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern
Bundesamt für Statistik, GEOSTAT, CH-2010 Neuchâtel;
Lizenznummer: BFS01G00411

Frankreich / France :

AIRLOR, Vandoeuvre les Nancy
ARPAM, Voujeaucourt
ESPOL, St. Avold
Météo-France - Direction Interrégionale Nord-Est 2000.

Deutschland / Allemagne :

Klimaatlas Oberrhein Mitte-Süd, Herausgeber: Trinationale Arbeitsgemeinschaft Regio-Klima-Projekt REKLIP,
ISBN 3-00-000100-X (IFG)

A1 ANHANG A1 — GRUNDLAGEN EMISSIONSKATASTER ANNEXE A1 — BASES DU CADASTRE DES ÉMISSIONS

A1.1 Quellengruppe Industrie (Punkt- und Flächenquellen) und Gewerbe

A1.1.1 Industrielle Punktquellen (Großemittenten)

In Anlehnung an den Bericht über Großemittenten im Oberrheingebiet vom 24. April 1997 der deutsch-französisch-schweizerischen Oberrheinkonferenz werden als Punktquellen Betriebe definiert, die von einem der nachgenannten Stoffe/Stoffgruppen mehr als 150 t/a im Bezugsjahr emittierten. Das Kriterium 150 t/a bezieht sich dabei auf die Summe der Emissionsmassenströme einer Komponente aller Anlagen eines Betriebsstandortes. Die einzelnen Komponenten sind:

- Schwefeloxide als Schwefeldioxid (SO₂),
- Kohlenmonoxid (CO),
- Stickstoffoxide (NO_x) mit den Komponenten NO und NO₂ (berechnet als NO₂),
- Flüchtige organische Verbindungen (Volatile organic compounds VOC),
- Gesamtstaub.

Zu dieser Quellengruppe zählen größere Industriebetriebe, Kraft- und Heizwerke und entsprechend große Feuerungsanlagen. Zusätzlich werden Feuerungsanlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von mehr als 50 MW sowie Müllverbrennungsanlagen als Punktquellen definiert.

Die Emissionsangaben für die Stoffe/Stoffgruppen in Tabelle 3.1-1 erfolgen bei den industriellen Punktquellen für jede Quelle eines Standortes als Jahressummenwert. Neben diesem Summenwert werden für jede Quelle auch die Austrittsparameter erfasst (geodätische Koordinaten der Schadstoffquelle, Kaminhöhe, Abgastemperatur, Volumenstrom etc.), um sie für spätere Ausbreitungsrechnungen zur Verfügung stellen zu können.

Die entsprechenden Daten wurden durch Auswertung von Messberichten im Rahmen der Berichtspflicht in den Teilgebieten, durch Befragung der Betriebe und durch Auswertung von Angaben der Aufsichtsbehörden ermittelt.

A1.1 Secteur industriel (sources ponctuelles et surfaciques)

A1.1.1 Sources ponctuelles industrielles (gros émetteurs de polluants)

Conformément à la définition donnée par la Conférence franco-allemande-suisse du Rhin supérieur dans son rapport relatif aux gros émetteurs de polluants dans le Rhin supérieur du 24 avril 1997, les sources ponctuelles sont les entreprises ayant émis au cours de l'année considérée plus de 150 tonnes de l'un des polluants ou catégories de polluants ci-après mentionnés. Le critère des 150 t/a se rapporte au total des flux massiques de polluants d'un composé émis par toutes les installations d'un site industriel. Les différents composants sont les suivants :

- oxydes de soufre en équivalent dioxyde de soufre (SO₂),
- monoxyde de carbone (CO),
- oxydes d'azote (NO_x) avec les composés NO et NO₂ (en équivalent NO₂),
- composés organiques volatils (COV)
- poussières totales.

Cette catégorie de sources comprend: les grandes entreprises industrielles et les grandes installations de combustion (puissance thermique supérieure à 50 MW) ainsi que les installations d'incinération d'ordures ménagères.

Ici, les données relatives aux sources ponctuelles industrielles dans le tableau 3.1-1 sont, pour chaque substance et pour chaque site, exploitées globalement alors que les informations ont été collectées plus finement. Ainsi, les paramètres de rejet des polluants (coordonnées géodésiques des sources, hauteur des cheminées, température d'échappement, débit, etc.) complètent la base de données et seront ultérieurement exploités dans le cadre de travaux de modélisation.

Les données correspondantes ont été déterminées sur la base des rapports de mesures établis régulièrement dans les zones, des enquêtes menées auprès des entreprises et en évaluant les données présentées par les services chargés de l'inspection.

A1.1.2 Industrielle Flächenquellen

Hierzu zählen alle industriellen Quellen, die nicht den Punktquellen zugeordnet werden können und keine kleingewerblichen Anlagen sind. In dieser Gruppe enthalten sind insbesondere stationäre Verbrennungsmotoren und Gasturbinen, der Umschlag staubender Güter (z. B. in Häfen und in Steinbrüchen), Prozessfeuerungsanlagen (z. B. Dampferzeugung, Glas-, Keramik- und Metallherstellung, Zementherstellung, Chemie- und Raffinerieanlagen), Motorenprüfstände, Kälteanlagen und Krematorien.

In dieser Quellengruppe wurden alle Schadstoffe, die auch bei den Punktquellen im vorigen Abschnitt definiert sind, erfasst (Tabelle 3.1-1). Die Emissionen werden jedoch nur als Jahressummenwert jeder Luftschadstoff-Komponente auf Stadt/Gemeindeebene ausgewiesen. Lediglich die Schadstoffe SO_2 , CO , NO_x , NMVOC und Staub wurden darüber hinaus für eine Rasterdarstellung auf einem 1 km x 1 km-Raster berechnet.

Die Datenerhebung bei den industriellen Flächenquellen erfolgte in ähnlicher Weise wie die Erhebungen bei den industriellen Punktquellen durch einzelbetriebliche Erfassung der Jahressummen.

A1.1.3 Kleingewerbliche Anlagen

In dieser Quellengruppe werden die folgenden emissionsrelevanten Branchen erfasst:

- Anlagen zur Oberflächenreinigung mit Produkten, die organische Lösemittel enthalten insbesondere in Betrieben zur Metallbe- und -verarbeitung, Lackierereien, Druckereien und in elektrotechnischen Betrieben,
- Chemische Kleiderreinigung,
- Otto-Kraftstoff-Umschlag in Tankstellen und Mineralölvertriebslagern,
- Lackierung von Metallen (auch Karosserielackierung) und Kunststoffen,
- Druckereien,
- Holzbe- und -verarbeitungsbetriebe.

A1.1.2 Sources surfaciques industrielles

Elles comprennent toutes les sources industrielles qui ne peuvent pas être affectées aux sources ponctuelles et qui ne sont pas des activités spécialisées. Ce groupe inclut notamment les moteurs fixes à combustion interne et les turbines à gaz, le transbordement des marchandises générateurs de poussières (par ex. dans les ports et les carrières), les installations de combustion industrielle liée à des procédés (par ex. génération de vapeur, fabrication de verre, de céramique et de métaux, fabrication de ciment, usines chimiques et raffineries), bancs d'essai de moteurs, installations frigorifique et crématrices.

Cette catégorie de sources comprend tous les polluants qui sont également définis dans les sources ponctuelles dans le chapitre précédent (tableau 3.1-1). Les émissions ne sont toutefois répertoriées au niveau ville/commune que sous forme de valeur annuelle totale pour chaque composé de polluant atmosphérique. Seuls les polluants SO_2 , CO , NO_x , COVNM et les poussières ont été également déterminés pour une représentation sur un maillage au km^2 .

L'acquisition des données concernant les sources surfaciques industrielles a été effectuée de la même façon que celle concernant les sources ponctuelles industrielles en enregistrant les valeurs totales annuelles pour chaque entreprise.

A1.1.3 Activités industrielles spécialisées

Cette catégorie de sources comprend les branches d'activités dont les émissions sont significatives :

- installations pour le nettoyage des surfaces avec des produits contenant des solvants organiques, notamment dans les entreprises d'usinage et de transformation des métaux, les installations de peinture, les imprimeries et les entreprises électrotechniques,
- nettoyage chimique à sec,
- transbordement d'essence pour moteurs dans les stations-service et les dépôts d'hydrocarbures,
- laquage de métaux (également peinture de carrosserie) et plastiques,
- imprimeries,
- entreprises de traitement et de transformation du bois.

Die Emissionen dieser Gewerbebetriebe werden in der Regel anhand von länderspezifischen Kennzahlen ermittelt. Diese Kennzahlen unterscheiden sich in den verschiedenen Teilgebieten je nach den gesetzlichen Vorgaben zu emissionsmindernden Maßnahmen, Arbeitsschutzbestimmungen, Grad der Umsetzung (Umsetzungsfristen).

In dieser Gruppe wurden lediglich die Luftschadstoff-Komponenten NMVOC (VOC ohne Methan) und Gesamtstaub erfasst und auf Stadt/Gemeindeebene sowie auf einem 1km x 1km-Raster ausgewiesen.

A1.2 Quellengruppe Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher

Das Emissionskataster Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher (HUK) wurde von der ENERKO GmbH, Aldenhoven sowie für den französischen Teil vom „Laboratoire de Physico-Chimie de l'Atmosphère (LPCA-CNRS)“ der Universität Straßburg jeweils in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgemeinschaft ASPA/UMEG erstellt.

Der Erhebungsumfang des Katasters Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher unterscheidet sich geringfügig für die einzelnen Gebietsteile aufgrund unterschiedlicher länderspezifischer Vorgaben (Abgrenzungen zu anderen Quellengruppen). Da einige Emissionsquellen bereits in den industriellen Punkt- und/oder industriellen Flächenquellen berücksichtigt worden sind, wurde für diese Anlagen eine Ausschlussliste für jedes Teilgebiet erstellt.

- In Deutschland werden alle nach der 4. BImSchV genehmigungsbedürftigen Feuerungsanlagen bei der Quellengruppe Industrie (Punkt- und Flächenquellen) berücksichtigt. Das Abschneidekriterium ist dabei abhängig vom Energieträger über die Feuerungswärmeleistung (FWL) definiert und beträgt bei Heizöl-EL-Feuerungen > 5 MW FWL, bei Erdgas-Feuerungen > 10 MW FWL und bei Holz/Kohle-Feuerungen > 1 MW FWL. Kleinere Anlagen werden dann in der Gruppe Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinver-

Les émissions de ces entreprises artisanales sont en général déterminées à l'aide de facteurs d'émissions qui peuvent être spécifiques à chaque zone d'étude. Ces facteurs d'émissions divergent dans chacun des pays en fonction des contraintes juridiques relatives aux mesures de réduction des émissions, des règlements concernant l'hygiène et la sécurité du travail et du degré d'application de ceux-ci (délais d'application).

Dans ce groupe, seuls les composés atmosphériques COVNM (COV sans méthane) et les poussières totales ont été recensés et calculés au niveau ville/commune ainsi que sur un maillage au km².

A1.2 Secteur résidentiel et petites installations de combustion

Le cadastre des émissions installations de combustion secteur résidentiel et petites installations de combustion a été établi par la ENERKO GmbH, Aldenhoven et par le „Laboratoire de Physico-chimie de l'Atmosphère (LPCA-CNRS)“ de l'Université de Strasbourg, pour la partie française, en collaboration avec la communauté de travail ASPA/UMEG.

Les différences de structure des bases de données (délimitations par rapport aux autres secteurs d'émissions) nécessaires à l'élaboration de l'inventaire pour le secteur résidentiel et des petites installations de combustion ont entraîné des écarts de méthodologie entre les différentes zones d'études. Certaines sources étant déjà prises en compte dans les sources ponctuelles et/ou industrielles, une liste d'exclusion propre à chaque partie de la zone d'étude a été définie.

- En Allemagne, toutes les installations de combustion qui sont soumises à autorisation conformément à la 4^{ème} loi BImSchV sont prises en compte dans le secteur industrie (sources ponctuelles et surfaciques). Le critère de décision est défini en fonction de la source d'énergie par le biais de la puissance thermique (FWL); il est de >5 MW pour les chaudières au fioul, de > 10 MW pour les chaudières au gaz naturel et de > 1 MW pour les chaudières au charbon. Les petites installations sont répertoriées dans le groupe secteur

braucher berücksichtigt.

- In der Schweiz werden alle Feuerungsanlagen mit einer Wärmeleistung > 1MW zu den Industriellen Quellen dazugeschlagen, kleinere Anlagen werden in der Quellengruppe Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher erfasst.
- Im französischen Gebietsteil werden alle Feuerungsanlagen ausgeschlossen, die als Punktquellen definiert sind, genauso alle Feuerungsanlagen mit mehr als 50 MW FWL. Alle anderen Anlagen werden in der Quellengruppe Feuerungsanlagen Haushalte und Kleinverbraucher berechnet.

Der Beitrag der Quellengruppe Haushalte und Kleinverbraucher an den Gesamtemissionen ist relativ gering; kleinere erhebungsbedingte Unterschiede sind bei einer Gesamtbetrachtung der Luftschadstoff-Emissionen daher vernachlässigbar.

Die Emissionsangaben dieser Quellengruppe erfolgten als Jahressummenwerte für jeden der in Tabelle 3.1-1 aufgeführten Luftschadstoff-Komponenten auf Stadt/Gemeindeebene sowie auf einem 1km x 1km-Raster. Zusätzlich wurden für die Städte Ludwigshafen, Frankenthal, Straßburg, Colmar, Mülhausen, Basel-Stadt, Mannheim, Heidelberg, Karlsruhe und Freiburg auch die Emissionen auf Stadtteil/Quartiersebene berechnet. Im ersten Arbeitsschritt erfolgte die Ermittlung des Endenergieeinsatzes je Gemeinde bzw. Stadtteil und die Differenzierung dieses Endenergieeinsatzes nach den folgenden Energieträgern:

- Gas (Erdgas, Stadtgas, Flüssiggas, Biogas, Klärgas und Deponiegas),
- Heizöl (EL und S),
- Fernwärme,
- Festbrennstoffe (Steinkohle, Braunkohle, Koks, Holz),
- Regenerative Energieträger,
- Heizstrom.

Die Berechnung des Endenergieeinsatzes nach Verbrauchssektoren in Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und in der Schweiz beruht auf umfangreichen Daten- und Informationsquellen aus den Bereichen der amtlichen Statistik, der Statistik von Verbänden und den im Rahmen dieses Vorhabens durchgeführten schriftlichen Erhebun-

résidentiel et petites installations de combustion.

- En Suisse, toutes les installations de combustion ayant une puissance thermique > 1 MW sont classées parmi les sources industrielles, les petites installations sont répertoriées dans la catégorie secteur résidentiel et petites installations de combustion.
- En France, toutes les installations de combustion qui sont définies comme sources ponctuelles sont exclues, de même que toutes les installations de combustion avec plus de 20 MW. Toutes les autres installations sont considérées dans la catégorie secteur résidentiel et petites installations de combustion.

La contribution du secteur résidentiel et petits consommateurs à l'ensemble des émissions est relativement faible; les petites différences qui sont constatées dans une considération globale des émissions sont par conséquent négligeables.

Les données d'émissions de cette catégorie de sources sont présentées sous forme de valeur totale annuelle pour chaque substance mentionnée au tableau 3.1-1, à l'échelle ville/commune ainsi que sur un maillage au km². Les émissions ont également été calculées à l'échelle de chaque quartier pour les villes de Ludwigshafen, Frankenthal, Strasbourg, Colmar, Mulhouse, Bâle-ville, Mannheim, Heidelberg, Karlsruhe et Fribourg. Dans une première étape, l'estimation de la consommation d'énergie a été établie pour chaque commune ou chaque quartier et cinq types d'énergie ont été distingués :

- gaz (gaz naturel, gaz de ville, gaz liquide, biogaz, gaz issu des installations de clarification et des décharges),
- fioul (fioul lourd et fioul domestique),
- réseaux de chaleur
- combustibles solides (houille, lignite, coke, bois),
- énergies renouvelables,
- électricité.

Le calcul de la consommation d'énergie par secteurs de consommation dans le Bade-Wurtemberg, la Rhénanie-Palatinat et en Suisse, est basé sur d'importantes sources de données et d'informations transmises par les statistiques officielles, les statistiques des fédérations et des enquêtes écrites effectuées dans le cadre de ce projet auprès des

gen bei Kommunen, Planungsverbänden, Schornsteinfeuern und Energieversorgungsunternehmen. Darüber hinaus flossen auch Daten über den Endenergieeinsatz aus den Prognosen in den bisher vorliegenden hochaufgelösten Luftschadstoff-Emissionskatastern (kleinräumige Untersuchungsgebiete) in die Untersuchungen ein.

Der Endenergieverbrauch im französischen Teilgebiet wurde getrennt für die Sektoren Haushalte, Industrie (ohne Punkt- und Flächenquellen) und für den tertiären Sektor (Dienstleistungsunternehmen, Handel etc.) ermittelt. Der Endenergieverbrauch für diese drei Sektoren berücksichtigt die Gebäudeheizung, die Warmwasserbereitung und kleine Feuerungsanlagen in der Industrie, die nicht unmittelbar einem Produktionsprozess zugeordnet werden können. Für jeden Sektor wurde eine eigene Methodik zur Datenermittlung im Rahmen dieses Projektes erarbeitet.

Während für den Industriesektor Verbrauchsfaktoren für jeden Energieträger pro Beschäftigtem und pro Branche bekannt sind, wurden für den Sektor Haushalte der Netowärmebedarf pro Wohnungstyp und Baujahr anhand von thermischen Durchschnittskennwerten bestimmt. Für den tertiären Sektor wurden ähnlich wie bei der Industrie abhängige Verbrauchszahlen zur Bestimmung herangezogen.

Der wichtigste Energieträger der Quellengruppe Haushalte und Kleinverbraucher im Projektgebiet ist das Heizöl, welches einen Anteil von rund 40 % am Endenergieverbrauch innehat. Die leitungsgebundenen Energieträger Erdgas, Heizstrom und Fernwärme weisen einen Anteil von zusammen etwa 55 % auf. Im französischen Teilgebiet wird mit einem Anteil von 28 % ein verhältnismäßig großer Teil des Endenergiebedarfs durch Heizstrom gedeckt.

Der Einsatz von Festbrennstoffen im Hausbrandbereich ist vergleichsweise gering. Fernwärme ist verstärkt im Gebietsteil Baden-Württemberg anzutreffen. Die Verbreitung von Erdgas ist im Teilgebiet Deutschland bereits weit fortgeschritten. Rund 69 % der Gemeinden in Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz sind bereits mit Erdgas erschlossen.

Der Anteil der leitungsgebundenen Energieträger liegt in

communes, des fédérations/organismes de planification, des ramoneurs et des entreprises d'approvisionnement en énergie. Les études tiennent également compte de données sur la consommation d'énergie relevées dans les prévisions des cadastres détaillés des émissions qui existaient déjà (zones considérées avec une petite résolution spatiale).

La consommation d'énergie en France a été déterminée séparément pour les secteurs résidentiel, industrie (sans sources ponctuelles et surfaciques) et pour le secteur tertiaire (entreprises de prestation de service, commerce, etc.). La consommation d'énergie pour ces trois secteurs tient compte du chauffage de logements, de la production d'eau chaude sanitaire et des petites installations de combustion dans l'industrie qui ne peuvent pas être attribuées directement à un processus de production. Une méthode individuelle de détermination des données a été élaborée pour chaque secteur dans le cadre de ce projet.

Alors que, pour le secteur industriel, les facteurs de consommation sont connus par employé/personne et par branche pour chaque source d'énergie, pour le secteur résidentiel, le besoin énergétique net par type de logement et par année de construction a été déterminé à l'aide d'indices thermiques moyens. Pour le secteur tertiaire, les chiffres de consommation ont été pris en considération en fonction de besoins énergétiques propres.

L'énergie la plus importante du secteur résidentiel et petites installations de combustion est le fioul qui représente un pourcentage de 40 % de la consommation. Les énergies distribuées par conduites (gaz naturel, électricité et énergie des réseaux de chaleur représentent ensemble un pourcentage de 55 %). Pour la partie française, une assez grande partie de la consommation d'énergie est couverte par l'électricité, à savoir 28 %.

L'utilisation des combustibles solides dans le domaine du chauffage domestique est faible. C'est dans le Bade-Wurtemberg que la part d'énergie attribuable aux réseaux de chaleur est plus importante. Le gaz naturel est très largement utilisé côté allemand. A peu près 69 % des communes du Bade-Wurtemberg et de la Rhénanie-Palatinat sont déjà desservies par le gaz naturel.

Pour la Rhénanie-Palatinat et le Bade-Wurtemberg, les

Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg zusammen bei etwa 24 400 GWh/a (56 %).

Das Teilgebiet Schweiz gliedert sich in Basel-Landschaft und Basel-Stadt. Im Kanton Basel-Landschaft liegt der mittlere jährliche Endenergieverbrauch bei ca. 12 MWh/(EW·a) und im Kanton Basel-Stadt bei rund 11 MWh/(EW·a). Der Anteil der leitungsgebundenen Energieträger liegt bei 45 % (2 300 GWh/a). Fernwärmeversorgung ist hauptsächlich im Gebiet Basel-Stadt anzutreffen. Insgesamt ergibt sich ein Endenergieverbrauch von rd. 5 143 GWh/a. Festbrennstoffe spielen mit einem Anteil von weniger als 4 % am Endenergieverbrauch im Teilgebiet Schweiz keine Rolle.

Im französischen Teilgebiet beträgt der Endenergieverbrauch der drei Sektoren (Haushalts- und Tertiärsektor sowie Industrie ohne Prozessfeuerung) für alle Energieträger 31 163 GWh/a. Der Durchschnittsverbrauch pro Einwohner beläuft sich auf 18 MWh/a. Dieser Wert ist im Vergleich zu den Werten für die deutschen und das schweizerische Teilgebiet erhöht.

In dem französischen Teilgebiet wurden die kleinen Verbrennungsanlagen in den Industriebetrieben, die nicht an einen industriellen Prozess angegliedert sind, ebenso behandelt wie Anlagen im Haushalts- oder Tertiärsektor. Im Vergleich zu den anderen Teilgebieten weist das Elsaß einen höheren Anteil der Energieträger Kohle und Holz (hauptsächlich im Haushalts- und Tertiären Sektor) an der Energiebilanz (insgesamt etwa 9 %) auf.

Das Heizöl ist mit einem Anteil von 37 % der am meisten verwandte Energieträger im französischen Teilgebiet. Der Anteil der Elektrizität liegt mit 28 % sogar geringfügig höher als der von Erdgas (24 %). Der Hauptanteil des Endenergieeinsatzes dieser Quellengruppe im Elsaß wird im Haushaltssektor verbraucht. Die Haushalte sind dabei verantwortlich für ca. 60 % des Endenergieverbrauches. Dies entspricht einem durchschnittlichen Verbrauch pro Einwohner für diesen Sektor von 10,6 MWh/a. Der Tertiärsektor und der Industriesektor ohne Industrieprozesse gehen zusammen mit 40 % in die Energiebilanz ein (12 307 GWh/a), also etwa 14,8 MWh/(EW·a).

Énergies distribuées par conduites couvrent 56 % (24 400 GWh/a) de la consommation finale en énergie.

Le territoire suisse est divisé en deux cantons: Bâle-campagne et Bâle-ville. Dans le premier, la consommation d'énergie annuelle moyenne est de 12 MWh/hab. Alors que dans le second, elle n'est que de 11 MWh/hab. Le pourcentage des énergies distribuées par conduites est d'env. 45 % (2 300 GWh/a). L'utilisation de réseaux de chaleur est concentrée sur le canton de Bâle-ville. La consommation totale d'énergie est de 5 143 GWh/an. Les combustibles solides sont très peu usités dans ces deux cantons suisses et représentent moins de 4 % du bilan énergétique.

Sur le territoire français, la consommation d'énergie du secteur résidentiel et des petites installations de combustion est de 31 163 GWh/a, toutes énergies confondues. La consommation moyenne par habitant s'élève à 18 MWh/a. Comparée aux valeurs sur les territoires allemand et suisse, cette valeur est assez élevée.

Côté français, cet écart s'explique par la prise en compte des consommations d'énergie des petites installations de combustion industrielles non liées à des processus de fabrication d'une part et à une part importante du bois et du charbon dans les secteurs résidentiel et tertiaire qui intervient à hauteur de 9 % dans le bilan énergétique d'autre part.

L'énergie la plus utilisée dans la partie française de la vallée du Rhin supérieur est le fioul domestique avec 37 % de l'énergie finale consommée. La part de l'électricité (28 %) dépasse légèrement celle du gaz naturel (24 %). En Alsace, la majeure partie de la consommation d'énergie est utilisée dans le secteur résidentiel; les ménages consomment environ 60 % de l'énergie totale. Cela représente une consommation moyenne par habitant de 10,6 MWh/an. Le secteur tertiaire et le secteur industriel (hors processus industriels) contribuent pour 40 % (12 307 GWh/a) dans le bilan énergétique, soit 14,8 MWh/hab/an.

A1.3 Quellengruppe Verkehr

A1.3.1 Straßenverkehr

Die Quelle Straßenverkehr wurde vom Ingenieurbüro Heusch/Boesefeldt in Aachen für die Teilgebiete Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz erstellt. Für den schweizer Teil wurden die Erhebungen von der INFRAS in Bern und für den französischen Teil von der CETE de l'Est in Metz durchgeführt. Die Untersuchungen wurden jeweils in enger Zusammenarbeit mit der Arbeitsgemeinschaft ASPA/UMEG erstellt.

Die Quellengruppe Straßenverkehr umfasst die Emissionen des gesamten Straßenverkehrs, differenziert nach den verschiedenen Straßenklassen. Die Schadstoffemissionen sind bei großräumigen Betrachtungen nicht mehr unmittelbar messbar. Da die Emissionen durch eine Vielzahl unterschiedlicher Emittenten verursacht werden und wesentlich von der jeweiligen Fahrsituation der Einzelfahrzeuge abhängig sind, können die Schadstoff-Freisetzungen lediglich über Modellansätze, die wiederum über empirische Messungen an repräsentativen Einzelfahrzeugen verifiziert wurden, ermittelt werden.

In dieser Studie werden folgende Fahrzeugtypen unterschieden:

- Personenkraftwagen und Kombifahrzeuge (Pkw),
- leichte Nutzfahrzeuge (INfz, Fahrzeuge $\leq 3,5$ t zulässiges Gesamtgewicht),
- schwere Nutzfahrzeuge (sNfz, Fahrzeuge $> 3,5$ t zulässiges Gesamtgewicht)
- Krafträder.

Die Fahrleistungen und damit auch die Emissionen für das Hauptstraßennetz wurden als Linienquelle erfasst. Linienquellen sind in der Regel die hochbelasteten Hauptverkehrsstraßen (klassifiziertes Straßennetz) bis hin zu den Hauptsammel- und Gemeindeverbindungsstraßen und repräsentieren über 80 % der gesamten Fahrleistungen. Alle übrigen, meist deutlich geringer belasteten Straßen werden zu Flächenquellen zusammengefasst.

Insgesamt umfasst das klassifizierte Straßennetz (Linienquellennetz) des Gebietsteiles von Baden-Württemberg

A1.3 Secteur transport

A1.3.1 Trafic routier

La source trafic routier a été étudiée par le bureau d'ingénieurs Heusch/Boesefeldt à Aix-la-Chapelle pour les territoires Bade-Wurtemberg et Rhénanie-Palatinat. Sur le territoire suisse, les enquêtes ont été effectuées par l'INFRAS à Berne et pour la partie française par la CETE de l'Est à Metz. Ces études ont toutes été réalisées en collaboration étroite avec la communauté de travail ASPA/UMEG.

Le secteur des transports routiers inclut les émissions de l'ensemble du trafic routier, différencié selon les diverses catégories de voies. Les considérations à grande échelle ne permettent plus une mesure directe des émissions polluantes. Les émissions étant issues d'une multitude d'émetteurs divers et essentiellement fonction de l'état des véhicules, les facteurs d'émissions n'ont pu être déterminés qu'à l'aide de modèles validés par des mesures empiriques sur des véhicules individuels représentatifs.

Cette étude distingue quatre catégories de véhicules :

- les voitures particulières légères,
- les véhicules utilitaires dont le poids total est inférieur à 3,5 t,
- les poids lourds dont le poids total est supérieur à 3,5 t,
- les deux-roues.

Les déplacements ainsi que les émissions sur les voies principales ont été considérés comme sources linéaires. Les sources linéaires sont en général les axes à grande circulation fortement pollués (réseau routier classifié) ainsi que les voies principales et communales de jonction et représentent plus de 80 % de la totalité des kilométrages. Toutes les autres routes, généralement nettement moins polluées, sont regroupées en sources surfaciques.

Dans le Bade-Wurtemberg, le réseau structurant (réseau de sources linéaires) compte 6200 km (tableau 2.3-4)

ca. 6 200 km (Tabelle 2.3-4), davon sind ca. 5 % Autobahnen, 21 % Bundesstraßen, 33 % Landesstraßen und etwa 41 % Kreis- und Gemeindestraßen. Von diesen Straßen befinden sich ca. 28 % im Innerortsbereich und etwa 72 % repräsentieren Außerortsstraßen.

Die Linienquellenabschnitte im Gebietsteil von Rheinland-Pfalz summieren sich zu einer Länge von insgesamt 2 400 km. Diese teilen sich auf in ca. 6 % Autobahnen, 14 % Bundesstraßen, 36 % Landesstraßen und 44 % Kreis- und Gemeindestraßen. Fast 34 % der Linienquellen befinden sich innerorts und ca. 66 % außerorts.

Das Hauptstraßennetz der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft umfasst 689 km. Der Anteil der Autobahnen am klassifizierten Straßennetz beträgt hier etwa 7 %, der Anteil der Bundesstraßen 4 %, Landes- und Kreisstraßen weisen zusammen einen Anteil von 44 % sowie Gemeindestraßen von 45 % auf. Die innerorts liegenden Straßen haben davon einen Anteil von ca. 45 %, Außerortsstraßen etwa 55 %.

Die Linienquellen des elsässischen Straßennetzes weisen eine Länge von ca. 6 400 km auf, davon sind 4 % Autobahnen, 8 % Nationalstraßen (Routes nationales), 84 % Landesstraßen (Routes départementales) und nur etwa 4 % Gemeindestraßen.

Zur Berechnung der fahrzeugspezifischen Emissionen ist die Kenntnis des Verkehrsablaufs bzw. des Fahrzustands der Fahrzeuge auf den einzelnen Straßenabschnitten erforderlich. Der Verkehrsablauf ist zum einen abhängig von der jeweiligen Verkehrsstärke und der Fahrzeugmischung im Tagesgang und zum anderen von den baulichen Verhältnissen (Knotenpunkte, Straßenquerschnitt, Trassierungsmerkmale, Vorfahrtregelung, Störeinflüsse). Zur Ermittlung der Jahresfahrleistung auf den Linienquellen wurden diese in Abschnitte mit annähernd homogenen Verhältnissen hinsichtlich Verkehrsstärke und Verkehrsablauf eingeteilt und die Fahrleistungen auf diesen Abschnitten bestimmt. Diese Abschnitte werden durch Knotenpunkte im Linienquellennetz begrenzt, an denen sich Änderungen der genannten Attribute zeigen. Die Flächenquellenfahrleistung wurde demgegenüber durch entsprechende statistische Ansätze aus den gebietsspezifischen

dont 5 % d'autoroutes, 21 % de routes nationales, 33 % de routes départementales et à peu près 41 % de routes communales ou cantonales. Environ 28 % de ces routes appartiennent au secteur urbain; à peu près 72 % sont situées en dehors des agglomérations.

Les sources linéaires en Rhénanie-Palatinat regroupent 2 400 km de voies, répartis en env. 6 % d'autoroutes, 14 % de routes nationales, 36 % de routes départementales et 4 % de routes cantonales et communales. Près de 34 % des sources linéaires se situent à l'intérieur des agglomérations et 66 % à l'extérieur.

Le réseau routier principal des cantons Bâle-ville et Bâle-campagne s'étend sur 689 km. Les autoroutes occupent 7 % de ce réseau, les routes nationales 4 %; les routes départementales et cantonales représentent 44 % et les routes communales 45 %. La part du réseau urbain est de 45 % tandis que 55 % du réseau est hors des agglomérations.

Les sources linéaires du réseau routier alsacien représentent une longueur de 6 400 km dont 4 % sont des autoroutes, 8 % des routes nationales, 84 % des routes départementales et seulement 4 % des routes communales.

L'inventaire des émissions liées aux véhicules s'appuie sur la caractérisation du trafic routier et sur le comportement des véhicules sur les différents tronçons. Le trafic routier dépend d'une part de l'intensité du trafic et de la diversité des types de véhicules dans la modulation horaire, et d'autre part de la nature des voies (nœuds routiers, profils des routes, caractéristiques du tracé, règles de priorité, perturbations du trafic).

Le kilométrage annuel parcouru a été estimé pour chaque tronçon. Celui-ci constitue un fragment d'une source linéaire qui présente des conditions homogènes au niveau de l'intensité et de la fluidité du trafic. Dans le réseau de sources linéaires, ces tronçons sont délimités par des nœuds routiers où l'on perçoit les modifications des attributs mentionnés.

Le kilométrage des sources surfaciques a été déterminé sur la base de modèles statistiques de données socio-

schen sozioökonomischen Daten kreisbezogen ermittelt und bis auf Gemeinde- bzw. Stadtteilebene disaggregiert. Im Falle der Erhebungen im französischen Teilgebiet wurde eine davon abweichende Methodik angewandt. Hier wurden zur Modellierung der Fahrleistung in den Flächenquellen alle Fahrten für jede Gemeinde abgeschätzt, und diese danach proportional auf die vorhandenen Flächenquellen verteilt.

Im Analysejahr 1998 wurde im Teilgebiet von Baden-Württemberg eine Jahresfahrleistung von 27,6 Mrd. Fahrzeugkilometern (Fz-km) erbracht. Das entspricht etwa 54 % der insgesamt im gesamten Projektgebiet gefahrenen Kilometer. Die Autobahnstrecken im Oberrheintal von Baden-Württemberg wiesen dabei mit einem Anteil von 31,4 % an den Jahresfahrleistungen im Vergleich zum Gesamtprojektgebiet (30 %) einen relativ hohen Wert auf. Der Anteil der Fahrleistung auf den sonstigen Außerortsstraßen ohne Autobahnen betrug etwa 41,3 %. Auf die Innerortsfahrleistung entfielen insgesamt ca. 27,3 %, wobei die Flächenquellen, die definitionsgemäß dem Innerortsverkehr zugeschlagen werden, mit ca. 7,5 % Anteil an der Gesamtfahrleistung im baden-württembergischen Teil des Projektgebietes beitrugen.

In den schweizer Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft wurde im Analysejahr 1998 eine Jahresfahrleistung von 2,4 Mrd. Fz-km erbracht, was einem Anteil von etwa 5 % an der Gesamtfahrleistung im Projektgebiet Oberrhein entspricht. Die eidgenössischen Autobahn-Strecken in diesen beiden Kantonen trugen dazu mit 38,3 % zu einem vergleichsweise hohen Anteil bei. Auf die Außerortsfahrleistung entfielen 16,7 %, der Rest auf innerorts gelegene Linien- sowie Flächenquellen. Letztere wiesen einen Anteil von 8,3 % an der Jahresfahrleistung in Basel-Stadt und Basel-Landschaft auf.

Die Jahresfahrleistung auf den Linien- und Flächenquellen im Elsaß entsprach mit 13,4 Mrd. Fz-km einem Anteil von 26,4 % am gesamten Projektgebiet. Die Außerortsstraßen (inkl. Autobahnen) trugen dazu etwa 87 % bei, während die Fahrleistungen im Innerortsbereich nur einen Anteil von 13 % aufwiesen. Der Anteil der Flächenquellen

ökonomischen spezifischen à la zone et converti à l'échelle des communes et des quartiers. Pour les enquêtes sur le côté français, la méthodologie utilisée est différente. Ici, le kilométrage parcouru dans les sources surfaciques a été évalué sur la base d'une répartition de l'ensemble des trajets intra-urbains, proportionnellement aux sources surfaciques.

En 1998, les kilomètres parcourus en Bade-Wurtemberg ont atteint 27,6 milliards de kilomètres. Cela correspond à peu près à 54 % des kilomètres totaux parcourus sur l'ensemble de l'espace rhénan. Les tronçons d'autoroutes dans la zone rhénane du Bade-Wurtemberg représentent un pourcentage relativement élevé de 31,4 % par rapport au kilométrage annuel de l'ensemble de la zone (30 %). Les autres routes, hors agglomérations et hors autoroutes, supportent environ 41,3 % des kilométrages parcourus. Le kilométrage en zone urbaine s'élève à 27,3 %; la contribution des sources surfaciques, par définition en zone urbaine, au kilométrage total sur le territoire du Bade-Wurtemberg est d'env. 7,5 %.

En Suisse, le kilométrage parcouru dans les cantons Bâle-ville et Bâle-campagne est de 2,4 milliards de kilomètres, ce qui correspond à 5 % de la totalité du kilométrage parcouru dans la zone de projet du Rhin supérieur. Les tronçons d'autoroutes suisses dans ces deux cantons ont contribué à raison de 38,3 % à un pourcentage comparativement assez élevé. Le kilométrage hors agglomérations a été de 16,7 %, le solde correspondant aux sources surfaciques (8,3 %).

Le kilométrage annuel total en Alsace est de 13,4 milliards de kilomètres et correspond à 26,4 % des kilomètres parcourus sur l'ensemble de la zone d'étude. Les zones interurbaines (y compris les autoroutes) contribuent à ce kilométrage à hauteur de 87 %, les zones urbaines ne représentant que 13 %. La contribution des sources

an der Gesamtjahresfahrleistung summierte sich lediglich zu einen Anteil von etwa 5,4 % an der Jahresfahrleistung im Elsaß.

Im Teilgebiet Rheinland-Pfalz wurde eine Jahresfahrleistung von etwa 7,3 Mrd Fz-km erbracht, welches einem Anteil von 14,5 % an der gesamten Fahrleistung im Projektgebiet Oberrhein entspricht. Die im Teilgebiet von Rheinland-Pfalz liegenden Autobahnen trugen im Erhebungszeitraum zu 29,4 % zur Jahresfahrleistung bei. Der Anteil der außerorts erbrachten Fahrleistung war mit 41,4 % genauso hoch wie im baden-württembergischen Teilgebiet, während der Innerortsanteil mit 29,2 % geringfügig höher ausfiel. Die Flächenquellen wiesen einen etwas höheren Anteil von 9,7 % an der gebietsbezogenen Fahrleistung auf.

Die Emissionen aus dem Straßenverkehr werden fahrzeugseitig wesentlich durch den im realen Verkehr zu beobachtenden Flottenmix bestimmt. Auf der Grundlage des sogenannten statischen Bestandes der Fahrzeugarten wird der im Straßenverkehr zu beobachtende fahrleistungsgewichtete sogenannte dynamische Bestand ermittelt. Als Ergebnis erhält man einen regionsspezifischen dynamischen Flottenmix für die verschiedenen Straßenarten als Grundlage für die Emissionsberechnung. Die Berechnung der Emissionen des Straßenverkehrs für die Gebietsteile von Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und der Schweiz erfolgte über die Fahrleistung der Fahrzeuge in Abhängigkeit von der Verkehrsmischung und über fahrleistungsgewichtete, regionsspezifische Emissionsfaktoren. Diese Vorgehensweise entspricht der Methodik zur Emissionsermittlung, wie sie im „Handbuch für Emissionsfaktoren“ des UBA/BUWAL vorgestellt ist [INFRAS, 1995][UBA, 1994][UBA, 1995].

Insgesamt wurden dabei 21 Pkw- und 5 INfz-Schichten berücksichtigt, die sich aufgrund der Antriebsart, des Schadstoffminderungskonzeptes, der Hubraumklasse sowie des Zulassungsjahres unterscheiden. Des weiteren wurde für Otto-Pkw und Otto-INfz die G-Kat-Laufleistung sowie erhöhte Emissionen durch Kaltstarts berücksichtigt. Bei den schweren Nutzfahrzeugen (sNfz) wurden 5 Fahrzeugarten und 6 Straßenkategorien und bei den Krafrädern 2 Fahr-

surfaciques au kilométrage annuel total n'est que de 5,4 %.

Sur le territoire de la Rhénanie-Palatinat, le kilométrage annuel parcouru a été d'env. 7,3 milliard de km, ce qui correspond à un pourcentage de 14,5 % de la totalité du kilométrage parcouru dans la zone d'étude du Rhin supérieur. La contribution des autoroutes situées dans le territoire de la Rhénanie-Palatinat au kilométrage annuel pendant la durée de l'enquête est de 29,4 %. Le trafic hors agglomérations est de 41,4 % alors que le trafic en agglomération représente 29,2 % de l'ensemble des kilométrages parcourus. Les sources surfaciques présentent un pourcentage un peu plus élevé de 9,7 % au kilométrage se rapportant au territoire.

Les émissions issues du trafic routier sont évaluées en tenant compte de la diversité des véhicules. Le parc dynamique automobile est déterminé à partir du parc statique et en fonction des distances moyennes enregistrées dans le trafic routier. On obtient alors un parc dynamique, spécifique à la région, pour les différents types de routes et que l'on prend comme base pour calculer les émissions.

Le calcul des émissions du trafic routier pour les territoires Bade-Wurtemberg, Rhénanie-Palatinat et Suisse, a été établi en fonction du kilométrage parcouru, du parc de véhicules et des facteurs d'émissions en rapport au kilométrage et spécifiques à la région. Cette procédure correspond à la méthodologie définie par le „Manuel des facteurs d'émissions“ de l'UBA/BUWAL [INFRAS, 1995][UBA, 1994][UBA, 1995].

Au total, on a pris en considération 21 catégories de voitures particulières et 5 catégories de véhicules utilitaires légers qui se différencient au niveau mode de traction, concept de réduction des polluants, classe de cylindrée et année d'immatriculation. Pour les voitures particulières à essence et les véhicules utilitaires légers à essence, on a également tenu compte des caractéristiques du catalyseur G ainsi que des émissions accrues dues au démarrage

zeugarten unterschieden. Weiterhin wurde bei der Emissionsberechnung die Längsneigung der Straßen mit einbezogen.

Die Berechnung der Emissionen aus dem Straßenverkehr im französischen Teilgebiet stützt sich auf die Methode COPERT, die aus den Arbeiten im Auftrag der Europäischen Umwelt-Agentur (EEA) hervorgegangen ist [COPERT II, 1997]. Dabei ist die Liste der erfassten Emittenten im Vergleich zu COPERT vervollständigt worden, um die Homogenität der Untersuchung für das Gesamtgebiet zu gewährleisten.

Die französische Erfassungsmethodik in Anlehnung an das (modifizierte) COPERT-II-Programm geht dabei von folgenden grundsätzlichen Überlegungen aus: Die Geschwindigkeit der Fahrzeuge auf den jeweiligen Straßenabschnitten verändert sich bei unterschiedlichen Verkehrsbelastungen als Funktion des Verhältnisses zwischen der theoretischen Kapazität und der stündlichen Verkehrsstärke und ist hauptsächlich abhängig vom Verkehrsaufkommen und der baulichen Situation der Straße.

Zur Berechnung der Schadstoffemissionen durch den Straßenverkehr wurden daran angelehnt deshalb folgende Parameter bestimmt:

- die Verkehrsstärken auf den berücksichtigten Strecken,
- die Verkehrssituationen für jeden Tageszeitraum,
- die Verkehrszusammensetzung auf den verschiedenen Strecken,
- die Temperaturbedingungen im Projektgebiet.

Um daraus die Schadstoffemissionen zu berechnen, wurden die unterschiedlichen Verkehrsabläufe und Verkehrsflüsse in dem Gebiet berücksichtigt, d.h. die Aufteilung des Gesamtverkehrs (gemäß der Fahrleistung) zwischen den einzelnen Fahrzeuggruppen und den unterschiedlichen Strecken.

Aus dem dynamischen Bestand der Fahrzeugarten und geeigneten Emissionsfaktoren wurden dann die Schad-

à froid. Dans les poids lourds (véhicules utilitaires lourds), on a 5 types de véhicules et 6 catégories de routes et dans les deux-roues 2 types de véhicules. On a également fait entrer la position longitudinale des routes dans le calcul des émissions.

Le calcul des émissions en provenance des transports routiers sur le territoire français s'appuie sur la méthode COPERT qui résulte des travaux réalisés pour le compte de l'Agence Européenne pour l'Environnement (EEA) [COPERT II, 1997]. La liste des émetteurs recensés a été complétée par rapport à COPERT afin d'assurer l'homogénéité de l'analyse sur l'ensemble de la zone d'étude.

La méthode de calcul française qui s'appuie sur le programme (modifié) COPERT-II se base sur les considérations fondamentales suivantes : la vitesse des véhicules sur les tronçons de routes respectifs se modifie en fonction des différentes sollicitations de trafic comme fonction du rapport entre la capacité théorique et la densité horaire du trafic et dépend principalement de l'importance de la circulation et de l'état de la route.

Pour calculer les émissions polluantes dues au trafic routier, les paramètres suivants ont été caractérisés :

- les volumes de trafic sur les différentes voies prises en compte,
- les conditions de circulation pour chaque période de la journée,
- la composition du parc automobile sur les différents axes routiers,
- les conditions de température dans la zone d'étude.

Pour déterminer à partir de là les émissions de polluants, on a considéré les différents écoulements et flux du trafic dans la zone, c.-à-d. la répartition de l'ensemble du trafic routier (conformément au kilométrage) entre les différentes catégories de véhicules et les différents tronçons.

A partir de l'effectif dynamique des types de véhicules et des facteurs d'émissions appropriés, on a alors calculé

stoffemissionen des Straßenverkehr berechnet.

Die Emissionsfaktoren, die in dieser Studie zum Einsatz kamen, wurden in erster Linie aus dem Bericht COPERT II der Europäischen Kommission für Umwelt (November 1997) entnommen. Diese Untersuchung gibt für jede Fahrzeugklasse (Pkw, INfz, sNfz und Kräder) in Abhängigkeit von der Verkehrssituation für jede Strecke des Untersuchungsnetzes geeignete Emissionsfaktoren an. Zur Berechnung der Verdunstungsemissionen unterscheidet man, wie in der Methode nach dem Emissionsfaktoren-Handbuch (UBA/BUWAL), zwischen Verdunstungsemissionen im Fahrbetrieb, Verdunstungen beim Stop and Go-Verkehr (z. B. Heiß/Warmabstellvorgänge) und Verdunstungen im ruhenden Verkehr (Tankatmung, Tankwanddiffusion).

Auch bei dieser Methode flossen die höheren Emissionen bei Fahrten mit Kaltstarteinfluss und die Neigung für jeden Streckenabschnitt der Linienquellen, die in insgesamt 5 Längsneigungsklassen eingeteilt wurden, mit ein.

Zum Vergleich der Ergebnisse aus der Untersuchung nach dem „Handbuch für Emissionsfaktoren“ nach UBA/BUWAL und nach der „modifizierten COPERT-II-Methode“ wurde im Rahmen dieses Projektes ein Testgebiet (Raum Colmar) mit beiden Ansätzen gerechnet. Es zeigte sich, dass die Ergebnisse im Rahmen der methodischen Ungenauigkeiten vergleichbar sind. Die entsprechenden Unterschiede im Fahrzeugpark (Dieselanteil, G-Kat-Anteile, siehe Tabelle 2.3-3) wurden durch beide Methoden korrekt wiedergegeben.

les émissions polluantes du trafic routier.

Les facteurs d'émissions qui interviennent dans cette étude sont majoritairement issu du rapport COPERT II de la Commission Européenne pour l'Environnement (novembre 1997). Cette étude donne les facteurs d'émissions unitaires appropriés pour chaque catégorie de véhicules (voitures particulières, véhicules utilitaires légers, poids lourds et deux-roues), en fonction des conditions de circulation. Les émissions d'évaporation sont caractérisées conformément à la méthode présentée dans le manuel des facteurs d'émissions (UBA/BUWAL); cette méthodologie différencie entre les pertes en circulation des véhicules, des pertes dues aux arrêts et des pertes en stationnement (respiration du réservoir, diffusion des parois du réservoir).

Cette méthode intègre également les émissions plus élevées résultant des démarrages à froid; la pente de chaque tronçon des sources linéaires classées par catégorie a été également prise en considération dans le calcul final des émissions.

Les résultats issus de la méthodologie du „manuel pour les facteurs d'émissions“ selon UBA/BUWAL et ceux issus de la „méthode modifiée COPERT II“, ont été comparés sur une zone test (région de Colmar). Les résultats se sont avérés comparables. Les deux méthodes ont correctement traduit les divergences existantes entre les parcs automobiles (pourcentages de Diesel, de cat G, voir tableau 2.3-3).

A1.3.2 Sonstiger Verkehr (Off-Road-Verkehr)

Im einzelnen werden hier folgende Quellen betrachtet:

- Schienenverkehr mit Dieseltraktion (Fahrbetrieb als Linienquelle, Rangierbetrieb als Flächenquelle),
- Luftverkehr (bodennahe Emissionen bis 1000 m) und VOC aus der Flugzeugenteisung als Flächenquelle,
- Schifffahrt (Personen- und Güterverkehr auf dem Rhein, dem Rheinseitenkanal und dem Neckar als Linienquellen, Emissionen in den Häfen als Flächenquellen).

Die Emissionen dieser Quellen wurden weitestgehend auf der Basis von Endenergieverbräuchen und endenergieverbrauchsbezogenen Emissionsfaktoren ermittelt [BUWAL, 1995; BUWAL, 1996]. Beim Flugverkehr wurden die bodennahen Emissionen aus den jährlichen Gesamtflugbewegungen und speziellen, für den bodennahen Bereich gültigen Emissionsfaktoren abgeleitet [OACI, 1995]. Ausgewiesen wurden hier die Luftschadstoff-Komponenten SO₂, NO_x als NO₂, CO, VOC und Partikel sowie CO₂.

A1.4 Quellengruppe biogene und sonstige anthropogene Quellen

Bei den biogenen Quellen kommen in der Regel keine Emissionsminderungsmaßnahmen zum Tragen. Lediglich bei der Nutztierhaltung werden in einigen Fällen (primär zur Entfernung von Gerüchen und Mikroorganismen, die mit dem Staub ausgetragen werden) Biofilter/Biowäscher eingesetzt, wobei jedoch durch die noch sehr kleine Anzahl der damit ausgestatteten Tierställe dieser Effekt vernachlässigt wird.

Die sonstigen Quellen beinhalten hauptsächlich anthropogen beeinflusste Emittenten, die direkt mit der Bevölkerung korreliert sind oder auch Emittenten, die sich nicht direkt den anderen Quellengruppen zuordnen lassen. Hier werden bereits in vielen Fällen Emissionsminderungsmaßnahmen (Gaserfassungssysteme, Abgasreinigungsverfahren usw.) eingesetzt und bei den Berechnun-

A1.3.2 Autres modes de transport

Les sources considérées sont les suivantes :

- le transport ferroviaire avec traction Diesel (service de conduite comme source linéaire, service de manœuvre comme source surfacique)
- le transport aérien (émissions à proximité du sol jusqu'à 1000 m) avec les émissions de COV en provenance du dégivrage des avions comme source surfacique
- le transport fluvial (trafic de voyageurs et de marchandises sur le Rhin, les canaux latéraux du Rhin et le Neckar comme sources linéaires, les émissions dans les ports comme sources surfaciques)

Les émissions de ces sources ont été en grande partie déterminées sur la base de la consommation d'énergie et de facteurs d'émissions relatifs à la consommation d'énergie [BUWAL, 1995; BUWAL, 1996]. Pour le transport aérien, les émissions à proximité du sol ont été déduites de l'ensemble des mouvements de vols annuels et des facteurs d'émissions spéciaux valables à proximité du sol [OACI, 1995]. Les polluants suivants ont été étudiés: SO₂, NO_x (NO₂ + NO), CO, COV, particules et CO₂.

A1.4 Catégories de sources biogènes et autres sources anthropiques

Dans les sources biogènes, les mesures de réduction des émissions ne jouent en général aucun rôle. Dans l'élevage de bétail seulement, on utilise dans certains cas un biofiltre/laveur biologique (en premier lieu pour enlever les odeurs et les micro-organismes qui sont véhiculés avec les poussières), cet effet étant néanmoins négligé du fait que le nombre d'établissements qui en sont équipés est très minime.

Les sources diverses comprennent principalement des émetteurs influencés au niveau anthropogénique qui sont en corrélation directe avec la population ou bien des émetteurs qui ne peuvent pas être affectés directement aux autres catégories de sources. Souvent, des mesures de réduction des émissions sont déjà mises en œuvre (systèmes d'enregistrement des gaz, procédés de traite-

gen entsprechend berücksichtigt.

Die Emissionen in den einzelnen Teilgebieten dieser Quellengruppe wurden von den Partnerinstitutionen (LHA, LfUG, ASPA, UMEG) in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgemeinschaft ASPA/UMEG und dem Büro für Nachhaltige Landwirtschaft und Agrikultur (BNLA), Hanhofen berechnet. Für den schweizer Gebietsteil wurde auf Berechnungsmethoden des schweizerischen Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) zurückgegriffen.

A1.4.1 Emissionen aus der Nutztierhaltung und der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion

Bei der Fermentation von Cellulose, Pektinen oder Hemicellulosen in den Pansen von Wiederkäuern (Rinder, Ziegen, Schafe) entstehen große Mengen an Methan (direkte, stoffwechselbezogene Emissionen) und Ammoniak. Ebenso bildet sich beim anaeroben Abbau organischer Substanz in den Exkrementen sowohl von Wiederkäuern, als auch von Nichtwiederkäuern teils erhebliche Mengen an Methan (indirekte Emissionen) und Ammoniak.

Sowohl bei der aeroben Oxidation des Ammoniums zum Nitrat als auch bei der anaeroben Reduktion des Nitrats zum elementaren Stickstoff (Denitrifikation) entsteht als Nebenprodukt Distickstoffoxid. Diese Prozesse finden überall dort statt, wo stickstoffhaltige organische Substanzen durch Mikroorganismen abgebaut werden können.

Die Emissionen von Ammoniak bei Pflanzen entstehen durch Stickstoffüberangebote im Boden (Überdüngung), Einwirkungen hoher NO_x -Konzentrationen (z. B. aus dem Verkehr) sowie nach dem Absterben von Pflanzenteilen infolge des Proteinabbaus.

Die Ammoniak- und Methanemissionen aus der Nutztierhaltung wurden mittels tierartspezifischer Emissionsfaktoren bilanziert. Die Emissionen von Ammoniak aus der Anwendung von mineralischen Stickstoffdüngern wurden aus dem ausgebrachten Mineraldünger-Stickstoff und einem düngerspezifischen Verlustfaktor berechnet und über die Landnutzungsdaten auf Gemeindeebene aggregiert.

ment des rejets atmosphériques, etc.) et prises en compte dans les calculs.

Les émissions sur les différents territoires de cette catégorie de sources ont été calculées par les institutions partenaires (LHA, LfUG, ASPA, UMEG) en collaboration avec la communauté de travail ASPA/UMEG et le BNLA (Büro für Nachhaltige Landwirtschaft und Agrikultur), Hanhofen. Sur le territoire suisse, les résultats résultent des méthodes de calcul de l'Office Fédéral Suisse chargé de l'environnement, des forêts et des paysages (BUWAL).

A1.4.1 Emissions en provenance de l'élevage d'animaux domestiques et des cultures agricoles

Lors de la fermentation de la cellulose, des pectines ou des hémicelluloses dans la panse des ruminants (bovins, chèvres, moutons), il se forme de grandes quantités de méthane (émissions directes en rapport avec le métabolisme) et d'ammoniac. Lors de la décomposition anaérobie des substances organiques dans les excréments des ruminants et des non-ruminants, il se forme des quantités considérables de méthane (émissions indirectes) et d'ammoniac.

Lors de l'oxydation aérobie de l'ammonium en nitrate et de la réduction anaérobie du nitrate en azote élémentaire (denitrification), il se forme du protoxyde d'azote comme dérivé. Ces processus ont lieu partout où des micro-organismes provoquent la décomposition des substances organiques contenant de l'azote.

Les émissions d'ammoniac par les plantes résultent de la surabondance d'azote dans les sols (sur-fertilisation), de l'action des concentrations élevées en NO_x (par ex. en provenance de la circulation) et du dépérissement des plantes suite à la décomposition des protéines.

Les émissions d'ammoniac et de méthane en provenance de l'élevage d'animaux domestiques ont été déterminées à l'aide de facteurs d'émissions spécifiques aux espèces d'animaux. Les émissions d'ammoniac en provenance de l'utilisation d'engrais azotés minéraux ont été définies à partir de l'azote qui a été épandu avec les engrais minéraux et d'un facteur de dissipation spécifique à l'en-

Die Lachgasemissionen aus der Landwirtschaft wurden mit Hilfe einer Gesamt-Stickstoffbilanz für die gesamte landwirtschaftlich genutzte Fläche berechnet.

A1.4.2 Emissionen aus naturbelassenen Böden

Die Ammoniak-Emissionen wurden mittels Emissionsfaktoren über die Landnutzungsdaten auf Gemeindeebene ausgewiesen. Zur Berechnung der Lachgasemissionen aus naturbelassenen Böden wurden zunächst die atmosphärischen Stickstoffeinträge (Gesamtstickstoff-Deposition) in den Regionen bestimmt. Daraus lassen sich dann die Lachgasemissionen über eine Stickstoffbilanzierung für die naturbelassenen Böden sowie für die jüngst stillgelegten Brachflächen nach vorangegangener landwirtschaftlicher Nutzung, die ebenfalls in dieser Quellengruppe erfasst sind, berechnen.

A1.4.3 Emissionen aus der Vegetation (Wälder, Ackerland, Grünland)

Terpene (v.a. α -Pinen) werden durch Koniferen (Nadelbäume) emittiert, Isopren entsteht bei der Assimilation von Laubbäumen. Aus Ackerpflanzen und Dauergrünland werden in den Vegetationszeiten ebenfalls verschiedene leichtflüchtige organische Verbindungen (NMVOC) emittiert. Diese Emissionen werden sehr stark von der jeweiligen Lufttemperatur, der Sonnenscheindauer und weiteren meteorologischen, hydrologischen und bodenspezifischen Parametern beeinflusst.

Aus den Landnutzungsdaten wurden die Flächenanteile der Laub- und Nadelbäume, Grünland, Ackerland, Rebland usw. in den Gemeinden des Projektgebietes bestimmt. Zur Bestimmung der Emissionsraten wurden darüber hinaus die mittleren stündlichen Lufttemperaturen in Verbindung mit Angaben zur Sonnenscheindauer und Angaben zur mittleren geodätischen Höhe der Städte und Gemeinden gesammelt. Daraus wurde dann die Jahresemission an leichtflüchtigen organischen Verbindungen (NMVOC) aus der Vegetation für jede Stadt bzw. Gemeinde mittels vegetationsspezifischer Algorithmen berechnet.

grais et interprétées au niveau des communes par l'intermédiaire des données d'occupation des sols.

Les émissions de protoxyde d'azote en provenance de l'agriculture ont été calculées pour l'ensemble de la superficie agricole exploitée à l'aide d'un bilan global de l'azote.

A1.4.2 Emissions en provenance des sols non traités

Les émissions d'ammoniac ont été répertoriées au niveau communal à l'aide des facteurs d'émissions concernant les données relatives à l'exploitation des sols. Les émissions de protoxyde d'azote en provenance des sols non traités ont été calculées sur la base des rejets d'azote dans l'atmosphère (déposition globale d'azote) dans les régions. Un bilan d'azote a ensuite été établi pour les sols non traités ainsi que pour les surfaces récemment mises en jachère après une exploitation agricole précédente et également répertoriées dans cette catégorie de sources.

A1.4.3 Emissions émanant de la végétation (forêts, terres labourées, pâturages)

Les terpènes sont émis par les conifères (résineux); l'isoprène provient de l'assimilation des feuillus. Les plantes cultivées et les pâturages toujours verts émettent également différents composés organiques volatils (COVNM) pendant les périodes de végétation. Ces émissions sont très fortement influencées par la température de l'air du moment, par la durée d'ensoleillement et par d'autres paramètres météorologiques, hydrologiques et spécifiques au sol.

Les pourcentages de superficie de feuillus et de résineux, pâturages, vignobles, etc., dans les communes de la zone d'étude ont été déterminés à partir des données d'exploitation du sol. Le calcul des émissions est basé sur les températures horaires moyennes de l'air, les données relatives à la durée d'ensoleillement et les données concernant l'altitude moyenne géodésique des villes et des communes. Les émissions annuelles de composés organiques volatils (COV) en provenance de la végétation ont alors été déterminées pour chaque ville et commune à l'aide d'algorithmes spécifiques.

A1.4.4 Emissionen aus Abfalldeponien

Biochemisch abbaubare Kohlenstoff-Verbindungen werden durch methanbildende Mikroorganismen in anaeroben Milieu im Deponiekörper zu Methan (CH_4) und Kohlendioxid (CO_2) abgebaut. Ein Teil des Kohlenstoffs wird für den Aufbau von bakterieller Biomasse verwendet oder über das Sickerwasser ausgetragen. Das Methan diffundiert durch den Deponiekörper, wird beim Passieren von aeroben Schichten mikrobiell teilweise zu Kohlendioxid oxidiert und der Rest gelangt schließlich in die Atmosphäre. Bei gefassten Deponien wird ein Großteil der gebildeten Gase erfasst und einer geordneten Entsorgung (Deponiegasfackeln, Blockheizkraftwerke/Heizkraftwerke o.ä.) zugeführt.

Diese methanbildenden Prozesse finden v.a. in Hausmülldeponien und in Deponien mit hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen, Sperrmüll, Straßenkehricht, kompostierbaren Abfällen, Klärschlamm sowie Rückständen aus der Kanalisation (Fäkalien aus Sickergruben und Hauskläranlagen usw.) statt.

Im Teilgebiet von Baden-Württemberg gab es im Jahr 1997 noch 20 in Betrieb befindliche Hausmülldeponien. Diese Deponien verfügen über ein Gaserfassungssystem mit anschließender energetischer Nutzung oder Abfackelung des anfallenden Deponiegases. Im französischen Teilgebiet wurden 9 Abfalldeponien berücksichtigt, im schweizer und im rheinland-pfälzischen Teilgebiet jeweils 6 Deponien.

Die Halbwertszeit des biologischen Abbaus von organischem Kohlenstoff im Abfall hängt ab vom Wasserregime, von der Müllzusammensetzung und von der Art der Abdeckung der Abfalldeponien und kann 10 Jahre leicht übersteigen. Zur Berechnung des Methananfalls im Bezugsjahr 1997 wurde deshalb für jede Deponie die abgelagerte Menge an Abfällen mit Anteilen an biologisch abbaubarem Kohlenstoff der letzten 15 bis 20 Jahre berücksichtigt. Aus dem Gasbildungspotential des Mülls, der erfassten Menge an Deponiegas und aus der mittleren Zusammensetzung des Gases wurden die Methanemissionen unter Berücksichtigung einer Methanoxidationsrate von 25 % im Deponiekörper berechnet.

A1.4.4 Emissions en provenance des décharges

Des micro-organismes décomposent la matière organique en méthane (CH_4) et en dioxyde de carbone (CO_2) en milieu anaérobie à l'intérieur de la décharge. Une partie du carbone est utilisée pour la constitution de biomasse bactérienne ou évacuée par les eaux d'infiltration. Le méthane se diffuse à travers la décharge, s'oxyde sous l'effet microbien en partie en dioxyde de carbone en traversant les couches aérobies et le reste parvient finalement dans l'atmosphère. Dans les décharges considérées une grande partie des gaz produits est éliminée (torches à gaz de décharge, centrales thermiques à unités génératrices en montage block et autonomes, ou autres).

Ces processus de formation de méthane ont lieu dans les décharges d'ordures ménagères et les décharges de déchets industriels considérés comme ordures ménagères, les déchets encombrants, les immondices des rues, les déchets compostables, les boues d'épuration ainsi que les résidus des canalisations (matières fécales des puits et stations d'épuration domestiques, etc.).

En 1997, le territoire du Bade-Wurtemberg comptait 20 décharges d'ordures ménagères encore en service. Ces décharges disposent d'un système de récupération des gaz avec exploitation énergétique ou brûlage à l'air libre des gaz de décharge qui se forment. 9 décharges ont été considérées sur le côté français, 6 sur le territoire suisse et 6 en Rhénanie-Palatinat.

La demi-vie de la dégradation biologique du carbone organique dans les déchets est fonction du régime de l'eau, de la composition des déchets et du mode de recouvrement des décharges d'ordures; elle peut facilement dépasser les 10 ans. La production de méthane des décharges de la zone d'étude a été calculée sur la base de la quantité de déchets déposée et du pourcentage de carbone biodégradable des 15 à 20 dernières années. Les émissions de méthane ont alors été calculées à partir du potentiel de formation de gaz des déchets, de la quantité enregistrée de gaz de décharge et de la composition moyenne du gaz, en tenant compte d'un taux d'oxydation du méthane de 25 % dans le corps de la décharge.

A1.4.5 Emissionen aus privater/gewerblicher Produktanwendung

In diese Gruppe fallen Emissionen aus dem Umgang mit Produkten, die flüchtige organische Verbindungen (in der Regel als Treib- oder Lösemittel oder als Hilfsstoffe) enthalten. Diese Produkte werden vor-Ort von Handwerkern wie Malern, im Baugewerbe, und in den privaten Haushalten (Reinigungs- und Pflegemittel, Heimwerker u.a.) sowie in Krankenhäusern bzw. anderen öffentlichen Einrichtungen eingesetzt.

Die hierbei betrachteten Hauptanwendungsgebiete gliedern sich wie folgt:

- Lackverarbeitung im Malerhandwerk, in Haushalten, im Baugewerbe
- Oberflächenbehandlung (Entfettung, Reinigung, Abbeizen, Kfz-Pflege)
- Klebstoffanwendungen im privaten und gewerblichen Bereich
- Konsumgüterverbrauch (Reinigungs- u. Pflegemittel, Kosmetika)

Die Lösemittlemissionen wurden aus den verbrauchten Einsatzmengen (Pro-Kopf-Verbräuche) und den mittleren Lösemittelgehalten der Produkte berechnet.

A1.4.6 Emissionen aus der Gasverteilung

Bei Leckagen und Reparaturarbeiten an den Gasversorgungsnetzen, an den Verdichterstellen und an den Endgeräten treten zum Teil erhebliche Gasverluste auf. Die Verluste von Transitleitungen, Untertage-Speichern und Großverbrauchern (Kraftwerke, Großindustrie) sind im Vergleich dazu von untergeordneter Bedeutung.

Die Emissionen in den verschiedenen Versorgungsnetzen (Hoch- Mittel- und Niederdrucknetze) hängen im wesentlichen vom Alter der Netze und von den verwendeten Rohrmaterialien ab. Sie werden zum überwiegenden Teil in den Ortsnetzen (Niederdruck) und an den Endgeräten in den Haushalten und bei kleingewerblichen Verbrauchern verursacht. Die Emissionen an Methan und nicht-Methan-Kohlenwasserstoffen aus der Erdgasverteilung

A1.4.5 Emissions provenant de l'utilisation privée/industrielle de produits

Ce groupe comprend les émissions provenant de l'utilisation de produits contenant des composés organiques volatils (en général sous forme de propulseurs, de solvants ou d'agents auxiliaires). Ces produits sont utilisés dans l'artisanat (par les peintres par ex.), dans l'industrie du bâtiment et dans les ménages privés (nettoyants et produits d'entretien, bricolage, etc.) ainsi que dans les hôpitaux et autres services publics.

Les principaux secteurs d'utilisation considérés sont classifiés comme suit :

- travaux de peinture dans les ateliers de peinture, les foyers domestiques, l'industrie du bâtiment
- traitement de surface (dégraissage, nettoyage, décapage, entretien de véhicules)
- utilisation de colles dans les secteurs privé et industriel
- utilisation de produits de nettoyage et d'entretien, cosmétiques, etc.

Les émissions de solvants ont été déterminées à partir des quantités consommées (consommation par personne) et de la teneur moyenne en solvants des produits.

A1.4.6 Emissions en provenance de la distribution du gaz

Les pertes de gaz enregistrées lors de fuites et de travaux de réparations sur les réseaux d'alimentation en gaz, aux stations de compression et aux appareils chez le consommateur sont quelquefois importantes. En comparaison avec cela, les pertes dans les conduites de transit, les entrepôts souterrains et chez les gros consommateurs (centrales électriques, grosse industrie) sont d'une importance secondaire.

Les émissions dans les différents réseaux de distribution (réseau à haute, moyenne et basse pression) dépendent considérablement de l'âge des réseaux et des matériaux bruts utilisés. Elles sont en grande partie provoquées dans les réseaux locaux (à basse pression) et sur les appareils consommateurs dans les foyers privés et chez les petits consommateurs industriels. Les émissions de méthane et d'hydrocarbures non méthaniques provenant

wurden aus den Verbrauchsdaten und aus Kenntnis der Rohrnetzmaterialien (Stahl, Kunststoff, Grauguss usw.) mittels materialspezifischer Emissionsfaktoren für die gasversorgten Städte und Gemeinden in Baden-Württemberg berechnet. Im Teilgebiet Rheinland-Pfalz und in Frankreich wurden aufgrund der nur rudimentär vorhandenen Basisdaten die Emissionen aus dem verbrauchsabhängigen Faktor, der für das baden-württembergische Teilgebiet bestimmt wurde, errechnet. Die Emissionen des schweizer Teilgebietes wurden nach Faktoren des BUWAL bestimmt.

de la distribution du gaz naturel ont été calculées à partir des données de consommation et compte tenu des matériaux bruts des réseaux (acier, plastique, fonte grise, etc..) à l'aide des facteurs d'émissions spécifiques aux matériaux pour les villes et communes du Bade-Wurtemberg qui sont alimentées en gaz. Pour la Rhénanie-Palatinat et la France qui ne disposent que de données de base très rudimentaires, les émissions ont été calculées en fonction du facteur relatif à la consommation qui a été déterminée pour le Bade-Wurtemberg. Les émissions du territoire suisse ont été déterminées selon les facteurs du BUWAL.

A2 ANHANG A2 — GRUNDLAGEN IMMISSIONSKATASTER

ANNEXE A2 — BASES DU CADASTRE DES IMMISSIONS

A2.1 Grundlagen für die Bewertung der Immissionsbelastung

Für die Bewertung der Luftbelastung durch gas- und partikelförmige Schadstoffkomponenten steht eine Vielzahl verschiedener Beurteilungswerte zur Verfügung. Die wesentlichen Unterschiede ergeben sich aus den verschiedenen Ziel- und Zwecksetzungen, die den jeweiligen Bezugswerten zugrunde liegen. Sie können zunächst in Beurteilungswerte zur Gefahrenabwehr hinreichend wahrscheinlicher Umweltschäden (Schutzprinzip) und in Werte zur Vorsorge vor möglichen Umweltschäden unterschieden werden. Dabei gehen letztere definitionsgemäß von einem niedrigeren tolerierbaren Immissionsniveau aus.

Neben der Unterscheidung nach Schutz- und Vorsorgeprinzip stellt das bei den Beurteilungswerten betrachtete Schutzgut ein weiteres wichtiges Unterscheidungsmerkmal der Beurteilungswerte dar. Als Schutzgüter werden bezeichnet:

- menschliche Gesundheit und menschliches Wohlbefinden - Schutzgut Mensch
- ökologische Systeme - Schutzgüter: Tier, Pflanze, Boden, Biotope und Biozönosen
- Sachgüter und materielles Erbe

Die Höhe der Beurteilungswerte orientiert sich am betrachteten Schutzgut und der angesetzten Wirkungsschwelle des jeweiligen Stoffes. So reagieren beispielsweise bestimmte Pflanzen schon bei vergleichsweise „niedrigen“ Ozonkonzentrationen, die vom Menschen und Tieren noch ohne erkennbare Reaktionen toleriert werden, mit sichtbaren Blattschädigungen. Andererseits wirken sich die meisten bei Mensch und Tier als krebserzeugend bekannten Schadstoffkomponenten auf das pflanzliche Wohlbefinden nicht aus.

Um den unterschiedlichen Wirkungsmechanismen der Luftschadstoffe gerecht zu werden, sind Beurteilungs- oder Grenzwerte in Langzeit- und Kurzzeitwerte unterschieden. Kurzzeitwerte beziehen sich auf kurzzeitig auftretende Konzentrationsspitzen und sind z. B. als Stunden-

A2.1 Bases relatives à l'évaluation de la pollution par les immissions

Pour évaluer le niveau de pollution atmosphérique dû aux substances polluantes gazeuses et particulaires, il existe plusieurs valeurs d'évaluation différentes. Les différences essentielles résultent des divers objectifs et usages sur lesquels se basent les valeurs références respectives. Ils se différencient tout d'abord en valeurs d'évaluation concernant la défense contre la menace de dommages environnementaux relativement prévisibles (principe de prévention) et en valeurs concernant la protection contre des pollutions écologiques possibles, celles-ci partant, par définition, d'un niveau d'immissions tolérable beaucoup plus bas (principe de précaution).

Outre la différenciation selon le principe de prévention et de précaution, le bien ou patrimoine à protéger constitue une autre caractéristique essentielle de différenciation des valeurs d'évaluation. Mentionnons :

- la santé et le bien-être de l'être humain, le bien à protéger étant l'homme lui-même
- les systèmes écologiques, le bien à protéger étant les animaux, les plantes et les sols, les biotopes et les biocénoses
- les biens réels et le patrimoine matériel

Le niveau des valeurs d'évaluation est fonction du bien considéré à protéger et au seuil d'effet qui a été fixé pour la substance respective. Certaines plantes, par exemple, réagissent avec des dommages visibles des feuilles à des concentrations d'ozone qui sont „basses“ par comparaison et que les êtres humains et les animaux tolèrent sans aucune réaction perceptible. Par ailleurs, la plupart des substances polluantes reconnues cancérigènes chez l'homme et l'animal n'ont pas d'effets sur le bien-être des plantes.

Pour apprécier à leur juste valeur les différents mécanismes d'action des polluants atmosphériques, les valeurs d'évaluation ou les valeurs limites sont différenciées en valeurs de longue durée et de courte durée. Les valeurs de courte durée se réfèrent à des pointes de concentra-

oder Tagesmittelwerte oder auch als 95- oder 98-Perzentil der Summenhäufigkeit der gemessenen Einzelwerte definiert. Mit Langzeitwerten, z. B. dem Jahresmittelwert, wird der langfristigen Schädigung eines Schutzgutes durch dauerhafte Einwirkung eines Schadstoffs Rechnung getragen.

A2.1.1 Leitwerte für die Luftqualität der Europäischen Union

Für die Bewertung der im Rahmen des länderübergreifenden Messprogramms „Grenzübergreifende Luftqualitätsanalyse am Oberrhein 1997-99“ erfassten Immissionskonzentrationen werden in erster Linie die von der Europäischen Union festgelegten Luftqualitätsstandards herangezogen. Dabei sind fünf Richtlinien im Sinne von geltendem Recht von Bedeutung:

- Richtlinie 80/779/EWG über Grenzwerte und Leitwerte der Luftqualität für Schwefeldioxid und Schwebstaub
- Richtlinie 82/884/EWG betreffend einen Grenzwert für den Bleigehalt der Luft
- Richtlinie 85/203/EWG über Luftqualitätsnormen für Stickstoffdioxid
- Richtlinie 92/72/EWG über die Luftverschmutzung durch Ozon

Gegenstand der ersten drei genannten Richtlinien ist in erster Linie die Festsetzung von Grenz- und Leitwerten für die jeweils genannten Schadstoffe. Abweichend von diesem Konzept ist das Ziel der Ozon-Richtlinie die Festlegung eines harmonisierten Verfahrens

- a) zur Überwachung der Luftverschmutzung durch Ozon,
- b) zum Austausch von diesbezüglichen Informationen und
- c) zur Unterrichtung der Bevölkerung.
Durch Schwellenwerte für die Information/Warnung der Bevölkerung sollen die Beeinträchtigungen der Gesundheit „in Grenzen gehalten“ werden.

Die Richtlinien sind in den Mitgliedstaaten in nationales Recht umgesetzt: Frankreich: Décret no 980 vom 6. Mai 1998 und arrêté vom 17. August 1998; Deutschland:

tion survenant passagèrement et sont définies par exemple comme moyennes horaires ou journalières ou aussi comme percentiles 95 ou 98 de la fréquence cumulée des différentes valeurs élémentaires mesurées. Les valeurs de longue durée, par exemple la moyenne annuelle, prennent en compte le dommage à long terme qui est dû à l'influence prolongée d'un polluant.

A2.1.1 Valeurs références pour la qualité de l'air dans l'Union Européenne

Pour évaluer les concentrations d'immissions répertoriées dans le cadre de la campagne de mesure „Analyse transfrontalière de la qualité de l'air dans le Rhin supérieur 1997-99“, il est tenu compte en premier lieu des standards de qualité de l'air déterminés par l'Union Européenne, cinq directives étant importantes dans le sens de la législation en vigueur :

- Directive 80/779/C.E.E. relative aux valeurs limites et aux valeurs références de la qualité de l'air pour le dioxyde de soufre et les poussières en suspension
- Directive 82/884/C.E.E. concernant une valeur limite pour la teneur de l'air en plomb
- Directive 85/203/C.E.E. relative aux normes de qualité de l'air pour le dioxyde d'azote
- Directive 92/72/C.E.E. relative à la pollution atmosphérique par l'ozone

L'objet des trois premières directives mentionnées est tout d'abord de déterminer les valeurs limites et les valeurs références pour les polluants en question. A la différence de ce concept, l'objectif de la Directive ozone est de déterminer une procédure harmonisée relative à

- a) la surveillance de la pollution atmosphérique par l'ozone,
- b) l'échange des informations à ce sujet,
- c) l'information de la population.
Les valeurs seuils pour l'information/l'alerte de la population ont pour objectif de „limiter“ les atteintes à la santé.

La Directive ozone est transcrite dans la législation nationale des Etats membres : France : décret n° 980 du 6 mai 1998 et arrêté du 17 août 1998; Allemagne : 22ème

22. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz -
22. BImSchV vom 26.10.1993

Für die Ermittlung der Immissionssituation und die Beurteilung der Luftqualität sowie für Maßnahmen im Rahmen von Strategien zur Einhaltung von Grenzwerten schafft die Rahmenrichtlinie 96/62/EG „über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität“ zukünftig den Rahmen.

Die Luftqualitäts-Rahmenrichtlinie 96/62/EG legt die Grundsätze für eine gemeinsame Strategie der europäischen Staaten mit folgenden Zielen fest:

- Definition und Festlegung von Luftqualitätszielen für die Gemeinschaft im Hinblick auf die Vermeidung, Verhütung oder Verringerung schädlicher Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt insgesamt
- Beurteilung der Luftqualität in den Mitgliedsstaaten anhand einheitlicher Methoden und Kriterien
- Verfügbarkeit von sachdienlichen Informationen über die Luftqualität und Unterrichtung der Öffentlichkeit hierüber, unter anderem durch Alarmschwellen
- Erhaltung der Luftqualität, sofern sie gut ist und Verbesserung der Luftqualität, wenn dies nicht der Fall ist.

Die Luftqualitäts-Rahmenrichtlinie wird durch Tochterrichtlinien ergänzt, in denen die oben genannten Ziele konkretisiert und Beurteilungswerte festgelegt sind. In den Tochterrichtlinien werden auch die Aufhebung von älteren Bestimmungen und Übergänge geregelt.

Die 1. Tochterrichtlinie 99/30/EG „über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Partikel und Blei in der Luft“ wurde im Frühjahr 1999 erlassen. Sie sieht für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Schwebstaub und Blei im Schwebstaub grundsätzlich einen schrittweisen Abbau des Beurteilungswertes bis zum Grenzwert am 1. Januar 2005 bzw. 1. Januar 2010 vor.

Tochterrichtlinien für Benzol und Kohlenmonoxid sowie für Ozon liegen in Entwürfen vor.

Die in der 1. Tochterrichtlinie festgelegten bzw. in den Entwürfen der für die 2. und 3. Tochterrichtlinie diskutierten Immissionswerte stellen durchweg strengere Beurteilungsmaßstäbe dar, als die in den oben aufgeführten

ordonnance de la Loi Fédérale sur les Immissions -
22ème BImSchV du 26.10.1993

A l'avenir, le cadre pour la détermination des immissions et l'évaluation de la qualité de l'air ainsi que pour les mesures dans le cadre des stratégies ayant pour but l'observation des valeurs limites sera mis en œuvre par la directive cadre 96/62/C.E.E. „relative à l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air“.

La directive cadre 96/62/C.E.E. détermine les principes pour une stratégie commune des états européens; les objectifs poursuivis sont les suivants :

- Définition et fixation des objectifs de qualité de l'air pour la communauté afin d'éviter, de prévenir ou de diminuer les effets nocifs sur la santé de l'homme et sur l'environnement en général
- Evaluation de la qualité de l'air dans les pays membres à l'aide de méthodes et critères homogènes
- Disponibilité des données utiles relatives à la qualité de l'air et information adéquate de la population entre autres par le biais de seuils d'alarme
- Maintien de la qualité de l'air si elle est bonne et amélioration si elle ne l'est pas.

La directive cadre est complétée par des directives filles qui concrétisent les objectifs susmentionnés et fixent les valeurs d'évaluation. Les directives filles règlent également l'abrogation des dispositions précédentes et des réglementations transitoires.

La 1ère directive fille 99/30/C.E.E. „relative aux valeurs limites pour le dioxyde de soufre, les dioxydes d'azote, les particules et le plomb dans l'air“ a été promulguée au printemps 1999. Elle prévoit pour le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote, les poussières en suspension et le plomb dans les poussières en suspension une diminution progressive des valeurs d'évaluation jusqu'à la valeur limite au 1er janvier 2005 ou 1er janvier 2010.

Les directives filles pour le benzène et le monoxyde de carbone ainsi que pour l'ozone sont encore au stade de projet. Les valeurs d'immissions fixées dans la 1ère directive fille ou discutées dans les projets pour la 2ème et la 3ème directives filles représentent des critères d'évaluation bien plus stricts que celles des directives précédentes susmen-

älteren Richtlinien. (Auf eine Darstellung dieser älteren, bereits in nationales Recht überführten Beurteilungswerte wird aus diesem Grund verzichtet.)

A2.1.2 Nationales Recht

Deutschland

Die rechtliche Grundlage für die Bewertung von Immissionskonzentrationen bildet in Deutschland das Bundes-Immissionsschutzgesetz und die dazu erlassenen Verordnungen und Verwaltungsvorschriften:

- Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes [22. BImSchV, 1993] — setzt die Richtlinien der Europäischen Union (siehe dort) in innerstaatliches Recht um
- Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes [23. BImSchV] — legt Prüfwerte für die Immissionsbelastung in direkter Verkehrsnähe fest, bei deren Überschreiten verkehrsregelnde Maßnahmen ergriffen werden können.
- Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz - TA Luft [1. BImSchVwV] — definiert für verschiedene Luftschadstoffe Immissionswerte im Genehmigungsverfahren, die zum Schutz vor Gesundheitsgefahren bzw. zum Schutz vor erheblichen Nachteilen und Belästigungen dienen. Die Immissionswerte basieren auf einer flächenrepräsentativen Erfassung und sind größtenteils in Betrag und Zeitbezug identisch mit den Immissionswerten der 22. Bundes-Immissionsschutz-Verordnung (22. BImSchV).
- Vierte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz [4. BImSchVwV] — enthält Vorschriften über die Durchführung der Messungen, deren Umfang und Art und weist auf die zu benutzenden Beurteilungsmaßstäbe hin.

Die 4. BImSchVwV enthält keine Bezugswerte. Diese sind in den zum Gesetz ergangenen Verordnungen festgelegt.

Neben den rechtsverbindlichen Beurteilungswerten der genannten Verordnungen und Verwaltungsvorschriften werden in Deutschland u.a. die vom

tionnées. (En conséquence, ce chapitre renonce à présenter les anciennes directives et notamment leurs valeurs d'évaluation déjà transcrites dans la législation nationale.)

A2.1.2 Législation nationale

Allemagne

La base juridique pour l'évaluation des concentrations d'immissions est constituée en Allemagne par la Loi Fédérale sur les Immissions et par les ordonnances promulguées à ce sujet et arrêtés administratifs :

- 22ème ordonnance relative à l'application de la Loi Fédérale sur les Immissions [22ème BImSchV, 1993] — elle transcrit les directives de l'Union Européenne (ci-dessus exposées) dans la législation nationale.
- 23ème ordonnance relative à l'application de la Loi Fédérale sur les Immissions [23ème BImSchV] — elle détermine les valeurs expérimentales relatives à la pollution atmosphérique due aux immissions mesurées à proximité directe du trafic et qui, si elles sont dépassées, nécessitent des mesures de régulation du trafic.
- 1er arrêté administratif relatif à la Loi Fédérale sur les Immissions - TA Luft [1ère BImSchVwV] — il définit les valeurs d'immission lors d'une procédure d'autorisation pour les différents polluants atmosphériques servant à la protection contre les effets nocifs sur la santé et à la protection contre les préjudices et les nuisances considérables. Les valeurs d'immission se rapportent aux données représentatives pour la zone considérée; tant en valeurs qu'en période de référence, les valeurs d'immission sont en grande partie identiques à celles de la 22ème ordonnance fédérale relative à la protection contre les immissions (22ème BImSchV).
- 4ème arrêté administratif général relatif à la Loi Fédérale sur les Immissions [4. BImSchVwV] — il comporte des directives relatives à l'application des mesures, à leur ampleur et leur nature et précise les critères d'évaluation à utiliser.

La 4ème ordonnance BImSchVwV ne contient pas de valeurs références. Celles-ci sont fixées par les ordonnances adoptées se rapportant à la loi.

A côté des valeurs d'évaluation des ordonnances citées et des arrêtés administratifs qui ont un caractère juridiquement obligatoire, en Allemagne, sont pris en compte entre autres lors de la prise de décision :

- VDI (Verein Deutscher Ingenieure) in der VDI-Richtlinie 2310 formulierten maximalen Immissionskonzentrationen (MIK-Werte)

und vom

- Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) erarbeiteten Zielwerte für krebserzeugende Luftschadstoffe

als Entscheidungshilfen herangezogen.

Die in der VDI 2310 festgelegten Richtwerte sind so festgelegt, dass „(...) Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den Menschen, insbesondere auch für Kinder, Kranke und Alte, bei ihrer Einhaltung“ vermieden werden.

Die vom LAI erarbeiteten Zielwerte für krebserzeugende Luftschadstoffe basieren auf einer Risikobetrachtung. Für jeden der insgesamt sieben in der Studie genannten Schadstoffkomponenten wird jeweils ein Risikoanteil bestimmt. Werden die ermittelten Zielwerte für jeden der sieben Schadstoffe gerade erreicht, wird davon ausgegangen, dass das Risiko, an durch Luftschadstoffe verursachtem Krebs zu sterben, bei 1 : 2500 liegt (bei 70-jähriger Exposition). Dabei ist berücksichtigt, dass auch solche Luftschadstoffe zum Krebsrisiko beitragen, die bis heute noch nicht messtechnisch erfassbar sind oder deren kanzerogene Wirkung noch nicht bekannt ist.

Die in der Krebsrisikostudie des LAI erarbeiteten Beurteilungswerte wurden im Beschluss der 37. Umweltministerkonferenz unter anderem als Orientierungswerte innerhalb der Sonderfallprüfung nach TA Luft für sinnvoll erachtet [UMK, 1991]. In dem Bericht des LAI an die Umweltministerkonferenz 1994 [LAI, 1994] wurden die Beurteilungswerte der LAI-Krebsrisikostudie außerdem als Zielwerte für die regionale Luftreinhaltung aufgenommen.

Frankreich

In Frankreich ist für die Luftreinhaltung das Luftreinhaltengesetz vom 30. Dezember 1996 [96-1236], das das Rahmengesetz vom 2. August 1961 zur Bekämpfung der Luftverschmutzung abgelöst hat, von Bedeutung. Gemäß dieses Gesetzes besteht das Ziel für den Staat und alle staatlichen Institutionen sowie für alle Privatpersonen, sich

- des pointes d'immissions maximales formulées par l'Association des Ingénieurs Allemands (VDI) dans la directive VDI 2310 (valeurs MIK)

et

- des valeurs cibles pour les polluants atmosphériques cancérigènes, élaborées par la Commission des Länder pour la protection contre les immissions (LAI)

Les valeurs de référence de la directive VDI 2310 ont été établies de sorte que „(...) leur respect permette d'éviter les dangers, préjudices ou désagréments importants pour l'homme, notamment pour les enfants, les malades et les personnes âgées.“

Les valeurs cibles élaborées par la commission LAI concernant les polluants atmosphériques sont basées sur la considération des risques. Chacune des sept substances polluantes citées dans l'étude a été affectée d'un pourcentage de risque. Si chacune d'elles atteint les valeurs cibles déterminées, le risque de mourir d'un cancer provoqué par des substances polluantes est évalué à 1 : 2500 (pour une durée d'exposition de 70 années). Ceci étant, les polluants atmosphériques encore impossibles à chiffrer sont considérés actuellement du point de vue technique ou dont l'effet cancérigène n'est pas encore connu, contribuent également au risque de cancer. Selon la décision de la 37ème conférence des Ministres de l'Environnement, les valeurs d'évaluation établies dans l'étude de risque du cancer de la Commission LAI sont des valeurs références à utiliser dans l'étude des cas spéciaux selon TA Luft [UMK, 1991]. Dans son rapport adressé à la Conférence des Ministres de l'Environnement de 1994 [LAI, 1994], la Commission LAI intègre également les valeurs d'évaluation de son étude de risque de cancer comme valeurs cibles pour le contrôle de la pollution atmosphérique au niveau régional.

France

En France, la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30 décembre 1996 [86-1236] qui a remplacé la loi cadre du 2 août 1961 pour la lutte contre la pollution atmosphérique est déterminante. Conformément à cette loi, l'objectif pour l'Etat et pour toutes les institutions publiques ainsi que pour toutes les personnes pri-

für eine Politik einzusetzen, welche jedem das Recht gewährt, eine Luft einzuatmen, die der Gesundheit nicht schadet. Damit sollen Luftverunreinigungen verhütet, überwacht, kontrolliert und beseitigt, die Luftqualität erhalten und dementsprechend die Energie sparsam verwendet werden.

Die maßgeblichen Ausführungsdekrete zum Luftreinhaltegesetz vom 30. Dezember 1996 sind

- Dekret vom 6. Mai 1998 [98-360] über die Überwachung der Luftqualität und ihre Auswirkungen auf die Gesundheit und die Umwelt, über die Zielsetzungen hinsichtlich der Luftqualität, die Schwellenwerte für die Auslösung des Alarmsystems und die Grenzwerte. Es setzt die Beurteilungswerte der bisherigen europäischen Richtlinien in Form von Qualitätszielsetzungen und Grenzwerten um. Es setzt auch den Schwellenwert zur Auslösung des Alarmsystems hinsichtlich Ozon fest und fügt neue Elemente wie Alarmwerte für Stickstoffdioxid und Schwefeldioxid und eine Zielsetzung für die Luftqualität hinsichtlich Benzol hinzu.
- Verordnung vom 17. August 1998 über den Schwellenwert zur Information und die Auslösekriterien für die Alarmpläne. Dieses Ausführungsdekret zum Luftreinhaltegesetz und zum vorherigen Dekret setzt auch den Schwellenwert zur Information der Bevölkerung hinsichtlich des Ozons in der französischen Gesetzgebung um. Es bestimmt ebenfalls die Schwellenwerte zur Information der Bevölkerung für Stickstoffdioxid und Schwefeldioxid.
- Vier Verordnungen der Präfekte bestimmen die Informations- und Alarmpläne für die Departements Bas-Rhin und Haut-Rhin, wobei die Besonderheit in Frankreich darin besteht, die Schwellenwerte für die Information und den Alarm hinsichtlich der feinen Partikel zu berücksichtigen, so wie sie in einem Bericht des Rats über die öffentliche Hygiene in Frankreich vom 12. November 1996 definiert werden.

Es ist anzumerken, dass die Wertskalen in der Verordnung vom 18. Januar 2000 über den Luftqualitätsindex auf den verschiedenen Zielsetzungen hinsichtlich der Luftqualität und auf den Schwellenwerten für die Information und den Alarm der vorgenannten Gesetzestexte und Berichte basieren.

vées, est d'intervenir en faveur d'une politique accordant à chacun le droit de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé. Cela permettra de prévenir, de contrôler et d'éliminer les pollutions atmosphériques, de sauvegarder la qualité de l'air et d'économiser l'énergie en conséquence.

Les textes d'application déterminants de la loi sur l'air du 30 décembre 1996 sont :

- décret du 6 mai 1998 [98-360] relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites. Il transcrit les grandeurs d'évaluation des anciennes directives européennes sous forme d'objectifs de qualité et de valeurs limites. Il transpose également le seuil d'alerte pour l'ozone et intègre de nouveaux éléments tels que les valeurs d'alerte pour le dioxyde d'azote et le dioxyde de soufre et un objectif de qualité de l'air pour le benzène.
- arrêté du 17 août 1998 relatif aux seuils de recommandation et aux conditions de déclenchement de la procédure d'alerte. C'est dans ce texte d'application de la Loi sur l'air et du décret précédent qu'est retranscrit dans la réglementation française le seuil d'information de la population pour l'ozone. Il fixe aussi des seuils d'information de la population pour le dioxyde de soufre et le dioxyde d'azote.
- quatre arrêtés préfectoraux définissent les procédures d'information et d'alerte pour les départements du Bas-Rhin et du Haut-Rhin avec comme particularité unique en France de prendre en compte les seuils d'information et d'alerte pour les particules fines tels qu'ils apparaissent dans un avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France du 12 novembre 1996.

Il est à noter que dans l'arrêté du 10 janvier 2000 relatif à l'indice de qualité de l'air, les échelles sont fondées par les différents objectifs de qualité de l'air, seuil d'information et seuil d'alerte des textes réglementaires et avis précités.

Schweiz

Das wesentliche Gesetz im Bereich des Umweltschutzes ist in der Schweiz das Umweltschutzgesetz vom 7. Oktober 1983 [USG, 1983]. Zur Konkretisierung des Emissions- und Immissionsschutzes erließ der Bundesrat am 16. Dezember 1985 die Luftreinhalteverordnung (LRV), die am 1. März 1986 in Kraft trat und periodisch aktualisiert wurde.

Die Immissionsgrenzwerte für Luftverunreinigungen in der Schweizer Luftreinhalteverordnung sind nach dem Umweltschutzgesetz so festzulegen, dass nach dem Stand der Wissenschaft die Immissionen unterhalb dieser Werte

- a) Menschen, Tiere und Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume nicht gefährden;
- b) die Bevölkerung in ihrem Wohlbefinden nicht erheblich stören;
- c) Bauwerke nicht beschädigen und
- d) die Fruchtbarkeit des Bodens, die Vegetation und die Gewässer nicht beeinträchtigen.

A2.1.3 Zusammenfassung

Nach Schadstoffen geordnet zeigt Tabelle 5.2-1 (Kapitel 5.2 Grundlagen für die Bewertung der Immissionsbelastung), eine Zusammenfassung aller für die Beurteilung von Langzeitimmissionen heranzuziehender Beurteilungswerte, in Tabelle 5.2-2 sind Werte für die Beurteilung kurzfristiger Immissionen zusammengefasst.

Um die gemessenen Daten mit den Beurteilungswerten der verschiedenen Regelwerke vergleichen zu können, müssen die Konzentrationen auf die jeweils vorgegeben Bezugsgrößen für Druck und Temperatur bezogen werden. Generell sind die Messwerte im vorliegenden Bericht auf die Bezugsgrößen 20 °C und 1013 hPa bezogen, entsprechend den Bezügen der EU-Tochtrichtlinie. Für den Vergleich mit Bezugswerten anderer Regelwerke, z. B. denen der Schweizer Luftreinhalteverordnung (9 °C und 950 hPa), werden gemessene Konzentrationen entspre-

Suisse

En Suisse, la loi fondamentale dans le domaine de la protection de l'environnement est la loi relative à la protection de l'environnement du 7 octobre 1983 [USG, 1983]. Pour concrétiser la protection contre les émissions et les immissions, le Conseil fédéral a promulgué le 16 décembre 1985 l'ordonnance sur la protection de l'air (LRV) qui est entrée en vigueur le 1^{er} mars 1986 et est actualisée périodiquement.

Les valeurs limites d'immissions pour la pollution atmosphérique dans l'ordonnance suisse sur la protection de l'air doivent être déterminées conformément à la loi sur la protection de l'environnement de sorte que selon le niveau scientifique actuel les immissions inférieures à ces valeurs

- a) ne mettent pas en danger l'homme, les animaux et les végétaux, leur communauté et espace de vie;
- b) ne présentent pas de perturbation considérable pour le bien-être de la population;
- c) n'endommagent pas les constructions et
- d) ne détériorent pas la fertilité des sols, la végétation et les eaux.

A2.1.3 Résumé

Le tableau 5.2-1 (chapitre 5.2 Bases relatives à l'évaluation de la pollution par les immissions) présente un résumé de toutes les valeurs d'évaluation à prendre en considération pour l'évaluation des immissions de longue durée, classées par substances polluantes; le tableau 5.2-2 résume les valeurs pour l'évaluation des immissions de courte durée.

Pour comparer les données mesurées aux valeurs d'évaluation des différentes législations, il faut que les concentrations se réfèrent aux valeurs respectives fixées pour la pression atmosphérique et la température. En général, les valeurs de mesure mentionnées dans le présent rapport se réfèrent aux valeurs 20 °C et 1013 hPa, conformément aux valeurs de la Directive européenne. Pour pouvoir être comparées aux valeurs références d'autres législations, par exemple à celles de l'ordonnance suisse sur la protection de l'environnement (9 °C et 950 hPa),

chend angepasst. Die hierzu notwendigen Umrechnungsfaktoren sind in Tabelle A2.1-1 dargestellt.

Die Bezugswerte für Schwebstaub der 1. Tochterrichtlinie gelten für Messbedingungen. Diese Konzentrationen sind im vorliegenden Bericht auf 15 °C und 1013 hPa bezogen.

Tabelle A2.1-1: Umrechnungsfaktoren, ausgehend von 0 °C und 1013 hPa

	Faktor
20 °C ; 1013 hPa ==> 0 °C ; 1013 hPa	1,073
20 °C ; 1013 hPa ==> 9 °C ; 950 hPa	0,974
9 °C ; 950 hPa ==> 0 °C ; 1013 hPa	1,101
9 °C ; 950 hPa ==> 20 °C ; 1013 hPa	1,026
0 °C ; 1013 hPa ==> 20 °C ; 1013 hPa	0,932
0 °C ; 1013 hPa ==> 9 °C ; 950 hPa	0,908

les concentrations mesurées seront adaptées en conséquence. Les facteurs de conversion utilisés sont mentionnés dans le tableau A2.1-1.

Les valeurs références de la 1ère Directive concernant les poussières en suspension sont valables pour les conditions de mesure. Dans ce rapport, ces concentrations sont basées sur 15 °C et 1013 hPa.

Tableau A2.1-1 : Facteurs de conversion, sur la base de 0 °C et de 1013 hPa

	Facteur
20 °C ; 1013 hPa ==> 0 °C ; 1013 hPa	1,073
20 °C ; 1013 hPa ==> 9 °C ; 950 hPa	0,974
9 °C ; 950 hPa ==> 0 °C ; 1013 hPa	1,101
9 °C ; 950 hPa ==> 20 °C ; 1013 hPa	1,026
0 °C ; 1013 hPa ==> 20 °C ; 1013 hPa	0,932
0 °C ; 1013 hPa ==> 9 °C ; 950 hPa	0,908

A2.2 Untersuchungsumfang und Messverfahren

A2.2.1 Untersuchungsumfang

Grundlage für das im vorliegenden Bericht dargestellte Immissionskataster bilden zunächst die Messergebnisse von dauerhaft im Projektgebiet eingerichteten Messstationen. Diese insgesamt 71 kontinuierlich messenden Stationen bilden jedoch ein sehr grobes Raster. Um das Ziel einer zusammenhängenden Beschreibung der Immissionssituation im Oberrheingraben zu erreichen, wurden an 41 zusätzlichen Standorten für die Dauer eines Jahres stichprobenhaft Immissionsmessungen mit Messfahrzeugen durchgeführt. An zwei Standorten in der Schweiz ('Waldenburg-Humbel', Nr. 66 und 'Lampenberg', Nr. 67) wurden für die Dauer des Messprogrammes zwei Messfahrzeuge dauerhaft abgestellt, so dass hier kontinuierlich wie an einer Messstation gemessen werden konnte.

Die Messpunkte der zusätzlich mit Messfahrzeugen durchgeführten Stichprobenmessungen wurden so ausgewählt, dass die jeweils ermittelten Ergebnisse Rückschlüsse auf die Immissionssituation in anderen Bereichen, in denen keine Messungen durchgeführt wurden, zulassen. Es wurden mehrere Traversen in West-Ost-Richtung über das Rheintal gelegt, entlang derer durch jeweils mehrere Messpunkte und/oder Messstationen die Immission gemessen wurde. Die Ergebnisse liefern nun mehrere Profile der Schadstoffkonzentrationen von den Vogesen bis zum Schwarzwald quer über das Rheintal.

Alle zusätzlich eingerichteten Messpunkte und auch die Messstationen wurden den Kategorien Verkehr, Stadtzentrum, Stadtrand, Land/Forst und Forst/Land-Höhenlage zugeordnet. Die Zuordnung orientiert sich an der direkten Umgebung des Standortes.

Die Schadstoffbelastung eines Messortes ist einer zeitlichen Schwankung (Tagesgang, Wochengang o.ä.) unterworfen. Sie ist stark abhängig von der direkten Umgebung des Messortes: beispielsweise ist die zeitliche Variation der Belastung an Straßenmesspunkten sehr viel größer als an Messpunkten im Hintergrund. Der Zusammenhang zwischen zeitlicher Varianz und dem für eine

A2.2 Etendue de l'étude et méthodes de mesure

A2.2.1 Etendue de l'étude

Le cadastre des immissions présenté dans ce rapport est basé tout d'abord sur les résultats de mesure enregistrés par les stations de mesure mises en place dans la zone d'étude. Les 71 stations de mesure en continu forment néanmoins un maillage assez grossier. Pour assurer la description cohérente des immissions dans la totalité du fossé rhénan, des véhicules laboratoires ont effectué des mesures d'immissions par prises d'échantillons sur 41 sites supplémentaires, pendant une période d'un an. Deux véhicules laboratoires étaient placés dans deux sites en Suisse ('Waldenburg-Humbel', n° 66 et 'Lampenberg', n° 67) pendant la durée du programme de mesure, permettant ainsi de procéder à des mesures en continu tout comme sur une station de mesure normale.

Les points de mesure des mesures d'échantillonnage effectuées en complément avec des véhicules laboratoires ont été sélectionnés de façon à ce que les résultats respectifs permettent de déduire les immissions dans d'autres secteurs où il n'a pas été réalisé de mesures. En travers de la vallée du Rhin, il a été établi plusieurs lignes d'Ouest en Est, le long desquelles les immissions ont été mesurées en plusieurs points et/ou stations de mesure. Les résultats donnent ainsi plusieurs profils des concentrations de polluants des Vosges à la Forêt Noire, en travers de la vallée.

Tous les points de mesure établis en complément, de même que les stations de mesure ont été rapportés aux catégories trafic, centre ville, périphérie, campagne/forêts et campagne/forêts en altitude. La classification est fonction de l'environnement direct du site.

Le taux de pollution d'un site de mesure est soumis à des fluctuations dans le temps (moment de la journée, jour de la semaine, et autres). Il dépend fortement de l'environnement direct du lieu de mesure : par exemple, la variation de la pollution dans le temps aux points de mesure situés le long d'une route est beaucoup plus grande qu'à des points de mesure situés plus loin. La

geforderte Genauigkeit des Jahresmittelwertes notwendigen Stichprobenumfang lässt sich anhand der an automatischen Messstationen gemessenen lückenlosen Datenreihen ermitteln [VDI, 1999]. An Messorten mit einer starken zu erwartenden Schwankung der Schadstoffbelastung im Verlauf des Tages, der Woche oder des Jahres muss die Häufigkeit der Stichprobenmessungen höher sein, um eine vergleichbare Genauigkeit zu erreichen.

An einigen der ortsfesten Messstationen, an denen betriebsüblich nur bestimmte für den Standort interessante Schadstoffe erfasst werden, wurden zusätzliche Messungen einzelner Komponenten durchgeführt. An einer Messstation (Nr. 49 'Mulhouse-Nord') wurden die „fehlenden“ Komponenten durch zusätzliche Stichprobenmessungen mit einem Messfahrzeug erfasst. In den anderen Fällen wurden Passivsammler (organische Stoffe, Stickstoffdioxid, Schwefeldioxid) oder Netzunabhängige Probennahmesysteme (organische Stoffe, Ruß) eingesetzt.

Tabelle A2.2-1 gibt die genaue Bezeichnung und detaillierte Informationen zur Lage (Rechtswert/Hochwert, Höhe über NN) aller im Projektgebiet eingerichteten Messorte wieder. Es sind außerdem die an den einzelnen Messorten eingesetzten Messverfahren aufgelistet.

Die Lage der Messorte im Projektgebiet zeigt Karte A2.2-1.

Die Messungen mit den Messfahrzeugen an den Messpunkten wurden in der Zeit von 6.00 Uhr bis 22.00 Uhr durchgeführt. Anhand der kontinuierlichen Messreihen der Messstationen wurde für jede Schadstoffkomponente und verschiedene Standortklassen (besiedeltes Gebiet, Verkehrsnähe, Hintergrund) ein Korrekturfaktor bestimmt, so dass die Messdaten in einen „quasi-kontinuierlichen“ Jahresmittelwert überführt werden konnten.

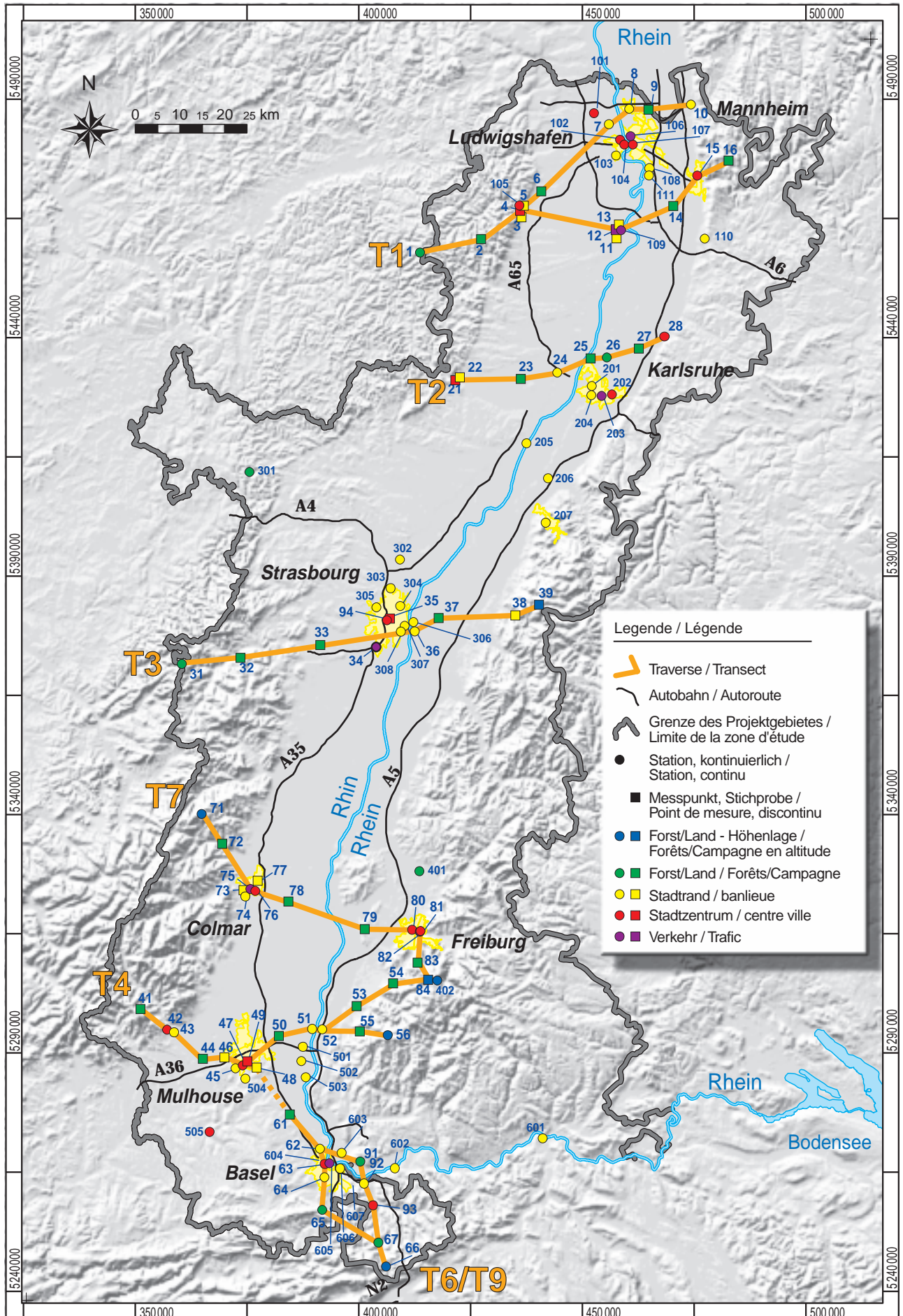
relation entre une variation dans le temps et l'étendue des échantillonnages requise pour obtenir une précision suffisante de la moyenne annuelle se détermine sur la base des séries complètes de données enregistrées aux stations de mesures automatiques [VDI, 1999]. Aux lieux de mesure associés à une forte fluctuation attendue de la pollution de l'air dans le courant de la journée, de la semaine ou de l'année, la fréquence des mesures d'échantillonnage doit être plus élevée afin d'obtenir une précision comparable.

Pour quelques stations de mesure fixes qui n'enregistrent que certains polluants intéressants pour le site, il a été procédé à des mesures supplémentaires de différents composés. Pour une station de mesure (N° 49 'Mulhouse-Nord'), les composés „manquants“ ont été enregistrés à l'aide de mesures d'échantillonnage supplémentaires effectués par un véhicule. Dans d'autres cas, il a été utilisé des collecteurs passifs (composés organiques, dioxyde d'azote, dioxyde de soufre) ou des systèmes de prélèvement d'échantillons indépendants du réseau (composés organiques, suie).

Le tableau A2.2-1 donne la désignation exacte et des informations détaillées concernant la position (latitude, longitude, altitude) de tous les sites de mesure équipés dans la zone d'étude. Il liste également les méthodes de mesure mises en œuvre aux différents lieux de mesure.

La carte A2.2-1 montre la localisation des sites de mesures.

Les mesures effectuées avec les véhicules laboratoires aux points de mesure ont été prélevées pendant la période de 6h00 à 22h00. Sur la base des séries de mesure en continu effectuées aux stations de mesure, un facteur de correction a été déterminé pour chaque composé de polluants et pour différentes catégories de sites (superficies habitées, proximité de la circulation, arrière-plan); les données de mesure ont été ensuite transformées en une normale annuelle „quasi-continue“.



Karte A2.2-1: Übersicht über die Lage der Messpunkte im Projektgebiet.

Carte A2.2-1 : Implantation des points de mesure dans la zone d'étude.

Tabelle A2.2-1: Beschreibung der Mess-Standorte im Projektgebiet.**Tableau A2.2-1 :** Description des sites de mesure dans la zone d'étude.

Nr.	Name	Land	x (UTM)	y (UTM)	Höhe	Kategorie	Stichprobe mit Messwagen	kontinuierliche Messung an Station	NUPS	Passivsammler
N°	Nom	Pays	x (UTM)	y (UTM)	Altitude	Catégorie	Prélèvement avec d'échantillons véhicules	Mesure continue sur la station	NUPS	Préleveurs passifs
										NO ₂ SO ₂ BTX
										NO ₂ SO ₂ BTX
Traverse 1 Transect 1										
1	Pfälzer-Wald	RLP	414734	5457706	606	FL	-	●	●	- - -
2	Ramberg	RLP	428429	5460367	475	FL	●	-	-	- - -
3	Neustadt-Süd	RLP	437485	5465166	138	SR	●	-	-	- - -
4	Neustadt-Mitte	RLP	437575	5466362	138	Z	●	-	-	- - -
5	Neustadt-Nord	RLP	437905	5467545	138	SR	●	-	-	- - -
6	Neustadt-Feld	RLP	441803	5470604	142	FL	●	-	-	- - -
7	Ludwigshafen-Oppau	RLP	456787	5484415	92	SR	-	●	-	- - ●
8	Mannheim-Nord	BW	461441	5487629	95	SR	-	●	-	- - -
9	Mannheim-Gartenstadt	BW	465979	5487654	97	FL	●	-	-	- - -
10	Weinheim	BW	475285	5488529	101	SR	-	●	-	- - -
11	Speyer-Süd	RLP	458626	5460962	97	SR	●	-	-	- - -
12	Speyer-Mitte	RLP	458746	5462804	95	Z	●	-	-	- - -
13	Speyer-Nord	RLP	458944	5463801	95	SR	●	-	-	- - -
14	Oftersheim	BW	471391	5467622	102	FL	●	-	-	- - -
15	Heidelberg	BW	476634	5473709	110	Z	-	●	-	- - -
16	Altneudorf	BW	483681	5476904	427	FL	●	-	-	- - -
umliegende Stationen Stations environnantes										
101	Frankenthal	RLP	453518	5486805	95	Z	-	●	-	- - -
102	Ludwigshafen-Mitte	RLP	459367	5481107	93	Z	-	●	-	- - ●
103	Ludwigsh.-Mundenheim	RLP	458387	5477808	98	SR	-	●	-	- - -
104	Ludwigsh.-Pfalzgrafenplatz	RLP	460316	5480047	94	Z	-	●	-	- - -
105	Neustadt	RLP	437275	5466713	138	Z	-	●	-	- - -
106	MA-Mitte	BW	462265	5480032	95	Z	-	●	-	- - -
107	MA-Mitte-Straße	BW	461765	5481907	95	V	-	●	-	- - -
108	MA-Süd	BW	465673	5475184	95	SR	-	●	-	- - -
109	Speyer	RLP	459037	5462644	110	V	-	●	-	- - -
110	Wiesloch	BW	478259	5460485	160	SR	-	●	-	- - -
111	Brühl	BW	466314	5471985	100	SR	-	●	-	- - -
Traverse 2 Transect 2										
21	Wissembourg-Centre	F	422471	5431515	161	Z	●	-	-	- - -
22	Wissembourg-Nord	F	423491	5432115	200	SR	●	-	-	- - -
23	Büchelberg	RLP	437299	5431845	130	FL	●	-	-	- - -
24	Wörth	RLP	445422	5433125	115	SR	-	●	-	- - -
25	Eggenstein-Rheinaue	BW	452876	5436098	102	FL	●	-	-	- - -
26	Eggenstein	BW	456542	5436350	110	FL	-	●	-	- - -
27	Staffort	BW	463829	5438310	112	FL	●	-	-	- - -
28	Bruchsal	BW	469637	5440798	113	Z	-	●	-	- - -
umliegende Stationen Stations environnantes										
201	KA-Nord-West	BW	452939	5430177	110	SR	-	●	-	- - -
202	KA-Mitte	BW	457517	5428348	115	Z	-	●	-	- - -
203	KA-Mitte-Str.	BW	455243	5428077	115	V	-	●	-	- - -
204	KA-West	BW	452819	5428228	115	SR	-	●	-	- - -
205	Nord-Est-Alsace	F	438387	5418226	114	SR	-	●	-	- - ●
206	Rastatt	BW	443198	5410844	120	SR	-	●	-	- - -
207	Baden-Baden	BW	442738	5402103	150	SR	-	●	-	- - -
Traverse 3 Transect 3										
31	Vosges-Moyennes	F	361608	5371972	770	FL	-	●	●	- - ●
32	Grendelbruch	F	374754	5373208	420	FL	●	-	-	- - -
33	Altorf/Duttlenheim	F	392501	5375855	160	FL	●	-	-	- - -
34	Strasbourg-Ilk Kirch	F	404835	5375464	110	V	-	●	-	- - ●
35	Strasbourg-Place-Brogie	F	408057	5381676	135	Z	●	-	-	- - -
36	Kehl-Süd	BW	413535	5378998	137	SR	-	●	-	- - -
37	Legelshurst	BW	418938	5381663	135	FL	●	-	-	- - -
38	Kappelrodeck	BW	436071	5382202	385	SR	●	-	-	- - -
39	Hornisgrinde	BW	441370	5384411	1138	FL-H	●	-	-	- - -
umliegende Stationen Stations environnantes										
301	Vosges-du-Nord	F	376464	5412522	330	FL	-	●	-	- - ●
302	Strasbourg-Hoerd	F	410119	5394184	137	SR	-	●	-	● - ●
303	Strasbourg-Reichstett	F	407997	5388196	138	SR	-	●	-	- - ●
304	Strasbourg-Nord	F	410145	5384301	137	SR	-	●	-	- - ●
305	Strasbourg-Ouest	F	404840	5384234	148	SR	-	●	-	- - ●

V: Verkehr Z: Stadtzentrum SR: Stadtrand FL: Forst/Land FL-H: Forst/Land-Höhenlage (über 900 m)
V: Trafic Z: Centre ville SR: Banlieue FL: Forêts/campagne FL-H: Forêts/campagne en altitude (supérieure à 900 m)
NUPS: Netzunabhängiges Probenahmesystem NUPS: Systèmes de prélèvement d'échantillons indépendants du réseau

Tabelle A2.2-1: Description des sites de mesure dans la zone d'étude.**Tableau A2.2-1 :** Description des sites de mesure dans la zone d'étude.

Nr.	Name	Land	x (UTM)	y (UTM)	Höhe	Kategorie	Stichprobe mit Messwagen	kontinuierliche Messung an Station	NUPS	Passivsammler
N°	Nom	Pays	x (UTM) ²	y (UTM)	Allitude	Catégorie	Prélèvement avec d'échantillons véhicules	Mesure continue à la station	NUPS	Préleveurs passifs
										NO ₂ SO ₂ BTX
										NO ₂ SO ₂ BTX
306	Kehl-Hafen	BW	411735	5380672	135	SR	-	●	-	- - -
307	Strasbourg-Rhin	F	411227	5380147	140	SR	-	●	-	● - ●
308	Strasbourg-Ampère	F	410387	5378924	139	SR	-	●	-	● - ●
94	Strasbourg-Centre	F	407515	5381256	139	Z	-	●	●	- - -
Traverse 4 Transect 4										
41	Moosch	F	352177	5300773	448	FL	●	-	-	- - -
42	Thann	F	358145	5296444	343	Z	-	●	●	- - -
43	Vieux-Thann	F	359692	5295911	327	SR	-	●	-	● - ●
44	Reiningue	F	366039	5290431	275	FL	●	-	-	- - -
45	Mulhouse-Sud	F	373557	5288643	245	SR	-	●	-	- - ●
46	Lutterbach	F	371014	5290894	260	SR	●	-	-	- - -
47	Mulhouse-ASPA	F	375132	5289257	240	Z	-	●	●	- - -
48	Riedisheim	F	378211	5288835	280	SR	●	-	-	- - -
49	Mulhouse-Nord	F	375331	5289238	236	Z	●	●	-	- - -
50	Forêt-Harth-Nord	F	382998	5295236	230	FL	●	-	-	- - -
51	Chalampé	F	390602	5296820	218	SR	-	●	-	- - ●
52	Neuenburg	BW	392868	5296755	227	SR	-	●	-	- - -
53	Heitersheim	BW	400480	5301339	280	FL	●	-	-	- - -
54	Ehrenkirchen	BW	408686	5306007	315	FL	●	-	-	- - -
55	Badenweiler	BW	401215	5296132	430	FL	●	-	-	- - -
56	Schwarzwald-Süd	BW	407562	5295311	920	FL-H	-	●	-	- - -
umliegende Stationen Stations environnantes										
501	Ottmarsheim	F	388514	5293092	221	SR	-	●	-	- - ●
502	Hombourg	F	388144	5290134	227	SR	-	●	-	- ● ●
503	Petit-Landau	F	389143	5286811	228	SR	-	●	-	- ● ●
504	Mulhouse-Est	F	375739	5286496	327	SR	-	●	-	- ● ●
505	Altkirch	F	367529	5275498	310	Z	-	●	-	- - ●
Traverses 6 und 9 Transect 6 et 9										
61	Sierentz	F	385627	5279040	255	FL	●	-	-	- - -
62	Dist.-3-Frontières	F	392385	5271744	247	SR	-	●	-	- - ●
63	Basel-St.-Johann-Platz	CH	393386	5268609	260	Z	-	●	-	- - -
64	Basel-Binningen	CH	393380	5265859	316	SR	-	●	-	- - -
65	Aesch-Schlathof	CH	392819	5259021	353	FL	-	●	-	- - -
66	Waldenburg-Humbel	CH	407101	5246985	915	FL-H	-	●	-	- - -
67	Lampenberg	CH	405388	5251981	608	FL	-	●	-	- - -
91	Basel-Chrischona	CH	401321	5269109	636	FL	-	●	-	- - -
92	Pratteln	CH	402204	5264582	272	SR	-	●	-	- - -
93	Liestal-Rheinstr.	CH	404212	5259992	320	Z	-	●	-	- - ●
umliegende Stationen Stations environnantes										
601	Waldshut	BW	441549	5273914	340	SR	-	●	-	- - -
602	Rheinfelden	BW	408986	5268017	285	SR	-	●	-	- - -
603	Weil am Rhein	BW	397316	5270991	250	SR	-	●	-	- - -
605	Basel-Feldbergstraße	CH	394439	5268758	255	V	-	●	-	- - -
606	Birsfelden	CH	396699	5268042	250	SR	-	●	-	- - -
Traverse 7 Transect 7										
71	Hautes-Vosges	F	366021	5341411	1107	FL-H	-	●	●	- - -
72	Kaysersberg	F	370549	5335253	345	FL	●	-	-	- - -
73	Colmar-Sud-Ouest	F	375265	5325605	187	SR	●	-	-	- - -
74	Colmar-Sud	F	375805	5324295	200	SR	-	-	-	● ● ●
75	Colmar-Centre	F	377218	5325500	195	V	-	●	●	- ● ●
76	Colmar-Est	F	378024	5325453	188	Z	-	●	●	- - -
77	Colmar-Nord-Est	F	378512	5327549	187	SR	●	-	-	- - -
78	Kastenwald	F	385377	5323240	184	FL	●	-	-	- - -
79	Merdingen	BW	402484	5317579	269	FL	●	-	-	- - -
80	Freiburg-Mitte	BW	412935	5316687	240	Z	-	●	-	- - -
81	Freiburg-Verkehr	BW	414494	5316307	260	V	-	●	-	- - -
82	Freiburg-Nord	BW	414659	5316463	260	Z	-	●	-	- - -
83	Langackern	BW	414234	5310575	537	FL	●	-	-	- - -
84	Holzschlägermatte	BW	416553	5307037	955	FL-H	●	-	-	- - -
umliegende Stationen Stations environnantes										
401	Emmendingen	BW	414409	5329743	200	Z	-	●	-	- - -
402	Schauinsland	BW	418432	5306926	1205	FL-H	-	●	-	- - -

V: Verkehr Z: Stadtzentrum SR: Stadtrand FL: Forst/Land FL-H: Forst/Land-Höhenlage (über 900 m)
V : Trafic Z : Centre ville SR : Banlieue FL : Forêts/campagne FL-H : Forêts/campagne en altitude (supérieure à 900 m)
NUPS: Netzunabhängiges Probenahmesystem NUPS : Systèmes de prélèvement d'échantillons indépendants du réseau

A2.2.2 Probenahme- und Messverfahren

Messstationen

In den Messstationen - begehbaren Containern, die fest am Standort installiert sind - werden für die gasförmigen anorganischen Schadstoffkomponenten (Stickoxide, Ozon, Schwefeldioxid und Kohlenmonoxid) Gasanalysatoren betrieben, die kontinuierlich die Schadstoffkonzentration der Luft messen und als Halbstundenwerte integriert an ein Datenerfassungssystem weitergeben. Die Halbstundenwerte (in Frankreich Viertelstundenwerte) werden zyklisch an eine Messnetzzentrale weitergegeben, dort plausibilisiert und nach Veröffentlichung in Datenbanken abgelegt.

Die Luft für die Schadstoffmessungen wird ca. 1 m über dem Dach des Containers, also etwa 3 m über Grund, angesaugt. Jedes der Messgeräte entnimmt aus diesem Luftstrom die für die Analyse notwendige Probenluftmenge.

Für organische Schadstoffkomponenten findet eine Probenahme an Aktivkohle statt. Die Luft wird über mit Aktivkohle gefüllte Röhrchen geleitet. Organische Gase werden an der großen Oberfläche der Aktivkohle adsorbiert und werden im Labor qualitativ und quantitativ nachgewiesen.

Für Schwebstaub und Ruß findet eine Probenahme auf Filtern statt. Im Rahmen der im Projektgebiet durchgeführten Schwebstaub- und Rußmessungen wurden zwei verschiedene Probenahmeverfahren eingesetzt:

An allen Messstationen in Baden-Württemberg wird Schwebstaub, an Stationen in Ballungsräumen auch Ruß, standardmäßig mittels High-Volume-Samplern von Digital (Volumenstrom: 30 m³/h) erfasst. Diese Geräte erlauben einen automatischen Filterwechsel. Die Probenahmedauer beträgt 24 Stunden. An sechs Messstationen in Frankreich, an denen normalerweise keine Schwebstaub-Messung stattfindet, wurden für die Dauer des Messprogrammes GS050-KleinfILTERGERÄTE installiert (Volumenstrom: 2,3 m³/h). Bei diesen Geräten ist ein automatischer Filterwechsel nicht möglich. Ein Filter wurde versuchsweise

A2.2.2 Prélèvement d'échantillons et méthodes de mesure mises en œuvre

Stations de mesure

Les stations de mesure fixes (des conteneurs géants) installées sur un site de mesure sont équipées d'analyseurs de gaz pour les composés de polluants anorganiques gazeux (oxyde d'azote, ozone, dioxyde de soufre, monoxyde de carbone) qui mesurent en continu la concentration des substances polluantes dans l'air et la transmet à un système d'acquisition locale de données sous forme de valeurs semi-horaires (valeur quart horaire pour la France). Les valeurs semi-horaires sont transmises périodiquement à un poste central du réseau de mesure, puis validées et archivées dans des banques de données.

L'air pour les mesures de polluants est aspiré env. 1 m au-dessus du toit du conteneur, donc à peu près 3 m au-dessus du sol. Chaque appareil de mesure prélève de ce flux d'air atmosphérique la quantité d'air échantillon nécessaire pour l'analyse.

Pour les composés polluants organiques, le prélèvement d'échantillon est effectué sur du charbon actif. L'air est acheminé à travers de petits tubes de verre remplis de charbon actif. Les gaz organiques sont adsorbés sur la large surface du charbon actif et analysés au laboratoire qualitativement et quantitativement.

Pour les poussières en suspension et la suie, le prélèvement d'échantillons se fait sur des filtres. Dans le cadre des mesures des poussières en suspension et de la suie effectuées dans la zone d'étude, deux procédures différentes de prélèvement d'échantillons ont été utilisées :

Dans toutes les stations de mesure au Bade-Wurtemberg, les poussières en suspension sont captées normalement à l'aide de collecteurs grand volume de Digital (débit volumétrique : 30 m³/h); aux stations situées dans les agglomérations urbaines, la suie est également captée. Ces appareils permettent un changement de filtre automatique. La durée de prélèvement d'échantillons est de 24 heures. A six stations de mesure en France où les poussières en suspension ne sont pas mesurées, des appareils à petits filtres GS050 ont été installés pour la durée du programme (débit volumétrique : 2,3 m³/h). Ces appa-

über die Dauer von etwa 3 Monaten im Gerät belassen und jeden zweiten Tag für eine halbe Stunde bestaubt. Die kumulierte Probenahmedauer betrug für jedes Filter also etwa 24 Stunden.

Messfahrzeuge

An insgesamt 39 Messpunkten im Projektgebiet fanden Stichprobenmessungen und an 2 Messpunkten kontinuierliche Messungen mit Messfahrzeugen statt. Die in den Fahrzeugen mitgeführten Messeinrichtungen für gasförmige Luftschadstoffe entsprechen denen der Messstationen. Für die Probenahme von Ruß und PM10-Staub werden in den Messfahrzeugen GS050-KleinfILTERGERÄTE eingesetzt.

Jeder Messpunkt wird während des Messzeitraums von einem Jahr je nach Kategorisierung 40 (Land) bis 104 (Verkehr) mal von einem Messfahrzeug angefahren. Die jeweilige Probenahmedauer beträgt 30 Minuten. Der Messplan stand vor Beginn der Messungen fest und war so angelegt, dass die Messungen sowohl gleichmäßig über die verschiedenen Tageszeiten (6.00 Uhr bis 22.00 Uhr) und die verschiedenen Wochentage als auch gleichmäßig über das Jahr verteilt stattfanden.

Für die Analyse von Ruß und Schwebstaub reicht eine halbstündige Probenahme nicht aus, um eine für eine Laboranalyse ausreichende Menge Ruß oder Schwebstaub auf dem Filter zu sammeln. Die Probenahmezeit kann verlängert werden, indem ein Filter mehrmals für die Dauer einer halben Stunde beprobt wird. Ein Filter wird also nach der 30-minütigen Probenahme wieder in eine speziell entwickelte Transportvorrichtung 'eingepackt' und bei den folgenden, am selben Messpunkt stattfindenden Messungen weitere Male beprobt, bis genügend Masse für eine Analyse auf dem Filter vorhanden ist (kumulierende Probenahme).

Für PM10-Staub wurden die an wenig belasteten Messpunkten (Kategorie 'Forst/Land') durchgeführten kumulierenden Messungen nicht ausgewertet. Es zeigte sich, dass die lange Einsatzdauer der Filter von ca. 3 Monaten bei der gravimetrischen Bestimmung von PM10-Staub eine

reils ne permettent pas un changement de filtre automatique. A titre d'essai, un filtre a été laissé dans l'appareil pendant une période d'env. 3 mois, avec une exposition aux poussières pendant une demi-heure tous les deux jours. La durée cumulée de prélèvement d'échantillons était par conséquent d'environ 24 heures pour chaque filtre.

Véhicules laboratoires

Des mesures par prise d'échantillons ont été effectuées par véhicules laboratoires pour au total 39 points de mesure. Les véhicules transportent des équipements de mesure des polluants atmosphériques gazeux qui sont identiques à ceux des stations de mesure permanentes. Pour la prise d'échantillons de suie et des poussières PM10, les véhicules laboratoires ont été équipés d'appareils à petits filtres GS050.

Pendant la période de mesure d'un an, un véhicule laboratoire se rend à chaque point de mesure de 40 à 104 fois selon le type de site. La durée de prélèvement d'échantillons est de 30 minutes. La planification des mesures est déterminée avant le commencement des mesures et élaborée de sorte que les mesures soient équitablement réparties aux différentes heures de la journée (de 6 h à 22 h) et aux différents jours de la semaine, au cours de l'année tout entière.

Pour l'analyse de la suie et des poussières en suspension, un prélèvement d'échantillons semi-horaire ne suffit pas pour collecter une quantité de suie ou de poussières en suspension qui soit suffisante pour l'analyse en laboratoire. Le temps de prise d'échantillons peut être prolongé en faisant fonctionner un même filtre plusieurs fois pour la durée d'une demi-heure. Après la prise d'échantillons de 30 minutes, le filtre est alors "réemballé" dans un dispositif de transport spécialement conçu et réutilisé plusieurs fois pour les prochaines mesures effectuées au même point de mesure jusqu'à ce qu'il contienne une masse suffisante pour une analyse (prélèvement d'échantillons cumulés).

Pour les particules PM10, les mesures qui ont été effectuées avec la méthode de mesure cumulée à des sites de mesures peu pollués (catégorie 'forêts/campagne') n'ont pas été évaluées. Il s'est avéré que la longue durée d'utilisation des filtres d'environ 3 mois pour la détermination

sehr große Messunsicherheit zur Folge hat. Die kumulierende Messung der meisten Staubinhaltsstoffe ergab jedoch auch in der Kategorie 'Forst/Land' gute Ergebnisse.

Probenahme mit Netzunabhängigen Probenahmesystemen (NUPS)

Bei den NUPS handelt es sich um ein Aktivsammelverfahren für die Langzeiterfassung (z. B. Monatsmittelwerte) organischer Luftschadstoffe und von Ruß.

Die Probenahme erfolgt so, dass die Luft mittels einer Pumpe zunächst über ein Quarzfilter zur Abscheidung des Rußes und danach durch zwei hintereinandergeschaltete mit Aktivkohle gefüllte Glasröhrchen geleitet wird. An der Aktivkohle werden Kohlenwasserstoffe angereichert und können im Labor analysiert werden. Im Projektgebiet Oberrhein waren 12 NUPS an Standorten von Messstationen installiert, an denen standardmäßig keine organischen Schadstoffkomponenten und/oder Ruß erfasst werden.

Probenahme mit Passivsammlern

Passivsammler weisen eine höhere Messunsicherheit auf, als die im Vorangegangenen beschriebenen Aktivsammelverfahren oder die Monitorgeräte in den Messstationen und Messwagen. Sie werden deshalb nur zur orientierenden Erfassung von Stickstoffdioxid, Schwefeldioxid und organischen Schadstoffkomponenten eingesetzt.

Die Passivsammler für BTX und NO₂ bestehen aus einem Glasröhrchen, in das an einem Ende Luft durch Diffusion eintreten kann. Im Inneren des Röhrchens befindet sich Material, an dem der jeweils zu messende Stoff angereichert wird. Bei organischen Schadstoffen (BTX) ist das Röhrchen mit Aktivkohle (in Rheinland-Pfalz: XAD4) gefüllt, für die Probenahme von NO₂ befindet sich im Inneren des Röhrchens ein Glasfaserfilter, an dem NO₂ absorbiert wird. Der Passivsammler für SO₂ besteht aus einem Glasschälchen, in dem ein mit einer Flüssigkeit getränkter Glasfaserfilter befestigt ist. Am Messort erfolgt die Exposition des SO₂-Passivsammlers mit der Öffnung

gravimetrische des Partikels PM10 eine sehr große Unsicherheit der Messung. Die kumulierte Messung der meisten Staubinhaltsstoffe ergab jedoch auch in der Kategorie 'Forst/Land' gute Ergebnisse.

Prélèvement d'échantillons avec des systèmes de prélèvement d'échantillons indépendants du réseau (NUPS)

Les NUPS procèdent d'une méthode de prélèvement actif pour la détection à longue durée (par exemple moyennes mensuelles) des polluants atmosphériques organiques et de la suie.

Pour la prise d'échantillons, l'air est acheminé à l'aide d'une pompe tout d'abord à travers un filtre à quartz qui sépare la suie et ensuite à travers deux petits tubes en verre remplis de charbon actif et placés l'un à la suite de l'autre. Les hydrocarbures sont enrichis sur le charbon actif et peuvent être analysés en laboratoire. Dans la zone d'étude du Rhin supérieur, 12 NUPS avaient été installés à des emplacements de stations de mesure où les composés polluants organiques et/ou de suie n'étaient pas appréhendés en routine.

Prise d'échantillons avec des préleveurs passifs

Les préleveurs passifs présentent une moins grande fiabilité de mesure que la méthode de prélèvement actif décrit plus haut ou que les appareils de mesure dans les stations fixes et les véhicules laboratoires. Ils ne sont par conséquent utilisés qu'à titre indicatif pour l'estimation du dioxyde d'azote, du dioxyde de soufre et des polluants organiques.

Les préleveurs passifs pour BTX et NO₂ consistent en un petit tube de verre dans lequel l'air pénètre par diffusion à une extrémité. Le tube de verre contient un matériau sur lequel la substance respective à mesurer s'enrichit. Pour les polluants organiques (BTX), le petit tube de verre contient du charbon actif (en Rhénanie-Palatinat : XAD4), pour le prélèvement d'échantillons de NO₂, un filtre en fibres de verre sur lequel NO₂ est absorbé. Le préleveur passif pour le SO₂ consiste en une soucoupe en verre dans laquelle est fixé un filtre en fibres de verre imbibé de liquide. Sur le site de mesure, l'exposition du préleveur passif SO₂ s'effectue à travers une ouverture par le

nach unten.

Die Passivsammler verblieben jeweils 4 Wochen am Messort (in Rheinland-Pfalz 1: Woche).

Nachweisgrenzen

Die Immissionsmessungen mittels Messfahrzeugen wurden von der ASPA, dem LfUG Mainz, dem Lufthygieneamt beider Basel sowie der UMEG durchgeführt. In allen Messfahrzeugen wie auch den ortsfesten Messstationen waren für die Messung gasförmiger Luftschadstoffe vergleichbare Messgeräte installiert. Die Nachweisgrenzen dieser automatischen Messverfahren sowie der eingesetzten Passivsammler für BTX und NO₂ zeigt Tabelle A2.2-2.

Bei der Messung von PM10-Staub im Projektgebiet kamen zwei verschiedene Probenahmeverfahren zum Einsatz: An insgesamt 31 Messstationen waren Digitalstaubsammler installiert, an den von Messfahrzeugen angefahrenen Messpunkten fand eine kumulierende Staubprobenahme mittels GS050 statt. Da bei Schweb-

deffaus.

Les préleveurs passifs restent chacun 4 semaines au site de mesure (Rhénanie-Palatinat: 1 semaine).

Seuils de détection

Les mesures d'immissions par véhicules laboratoires ont été effectuées par l'ASPA, la LfUG-Mainz, l'Office chargé de l'Hygiène de l'Air des deux cantons de Bâle et par l'UMEG. Les véhicules laboratoires et les stations de mesure fixes étaient tous dotés d'instruments de mesure similaires pour la mesure des polluants atmosphériques gazeux. Les seuils de détection de ces méthodes de mesures automatiques et des préleveurs passifs utilisés pour BTX et NO₂ sont mentionnés au tableau A2.2-2.

Deux procédés différents de prélèvement ont été utilisés pour la mesure des particules PM10 : des préleveurs de particules Digital étaient installés sur 31 stations de mesure ; un prélèvement cumulé de particules a été effectué à l'aide de GS050 sur les points de mesure visités par les véhicules laboratoires. Le seuil de détection étant

Tabelle A2.2-2: Nachweisgrenzen der in den Messfahrzeugen und Messstationen eingesetzten Mess- und Probenahmeverfahren sowie der Passiv-Probenahmeverfahren.

	NO µg/m ³	NO ₂ µg/m ³	SO ₂ µg/m ³	O ₃ µg/m ³	BTX µg/m ³
Aktiv-Mess- und Probenahmeverfahren					
UMEG	2,5	3,0	2,0	2,0	0,5
ASPA	3,0	4,0	5,0	4,0	
LfUG	2,0	4,0	3,0	2,0	0,5
Passiv-Probenahmeverfahren					
UMEG		< 10			0,5
LfUG					0,5

Tabelle A2.2-2 : Limite de détection des mesures des méthodes utilisées aux sites ponctuels de mesures ou aux stations permanentes.

	NO µg/m ³	NO ₂ µg/m ³	SO ₂ µg/m ³	O ₃ µg/m ³	BTX µg/m ³
Analyseur et prélèvement actif					
UMEG	2,5	3,0	2,0	2,0	0,5
ASPA	3,0	4,0	5,0	4,0	
LfUG	2,0	4,0	3,0	2,0	0,5
Prélèvement passif					
UMEG		< 10			0,5
LfUG					0,5

staub und Schwebstaubinhaltsstoffen die Nachweisgrenze vom Probenahmenvolumen abhängig ist, ergibt sich aufgrund der unterschiedlichen Messhäufigkeiten für die verschiedenen Messpunktkategorien auch jeweils verschiedene Nachweisgrenzen für PM10-Staub und dessen Inhaltsstoffe außer Benzo(a)pyren. Die aus wirtschaftlichen Gründen angesetzte niedrigere Messhäufigkeit im Gebieten mit niedriger zu erwartender Immissionsbelastung und niedriger zeitlicher Varianz derselben führt so dazu, dass gerade in den niedrig belasteten Gebieten ('Forst/Land') die Nachweisgrenzen für PM10-Staub und dessen Inhaltsstoffe höher sind als in Gebieten mit höheren und zeitlich stärker variierenden Schadstoffkonzentrationen ('Stadtrand', 'Stadtzentrum' oder 'Verkehr').

Für die Analyse von BaP gilt unabhängig vom Probenahmenvolumen stets die Nachweisgrenze von $0,05 \text{ ng/m}^3$.

In Tabelle A2.2-3 sind die Nachweisgrenzen für PM10-Staub und Inhaltsstoffe des PM10-Staubes für die verschiedenen Kategorien und die beteiligten Messinstitute aufgelistet.

Einzelwerte unter der Nachweisgrenze wurden im Sinne einer Maximalabschätzung für die Mittelwertbildung mit der Nachweisgrenze berücksichtigt.

Für PM10-Staub wurden die Messungen, die versuchsweise mit dem kumulierenden Messverfahren an wenig belasteten Messorten (Kategorie 'Forst/Land') durchgeführt wurden, nicht ausgewertet. Es zeigte sich, dass die lange Einsatzdauer der Filter von ca. 3 Monaten bei der gravimetrischen Bestimmung von PM10-Staub eine sehr große Messunsicherheit zur Folge hat. Die kumulierende Messung der meisten Staubinhaltsstoffen ergab jedoch auch in der Kategorie 'Forst/Land' gute Ergebnisse.

funktion du volume de prélèvement pour les particules en suspension et leurs constituants, on obtient un seuil de détection individuel pour les particules PM10 et pour leurs constituants à l'exception du benzo(a)pyrène, en raison des différentes fréquences de mesure pour les diverses catégories de points de mesure. Comme, pour des raisons de rentabilité, les mesures sont effectuées moins fréquemment dans les zones où la charge d'immissions et la variance dans le temps étaient présumées inférieures, les seuils de détection pour les particules PM10 et leurs constituants dans les zones moins polluées („forêts/campagne“) se sont avérés plus élevés que dans les zones où les concentrations de polluants étaient plus élevées et variant dans le temps ('banlieue', 'centre-ville' ou 'trafic').

Pour l'analyse du Benzo(a)pyrène le seuil de détection est toujours de $0,05 \text{ ng/m}^3$, indépendamment du volume de prélèvement.

Le tableau A2.2-3 énumère les seuils de détection pour les particules PM10 et leurs constituants pour les différentes catégories ainsi que les organismes de mesure concernés.

Les valeurs situées en dessous du seuil de détection ont été prises en considération dans le sens d'une estimation minimale pour la détermination d'une normale avec le seuil de détection.

Pour les particules PM10, les mesures qui ont été effectuées à titre expérimental avec la méthode de mesure cumulée sur des sites de mesures peu pollués (catégorie 'forêts/campagne') n'ont pas été évaluées. Il s'est avéré que la longue durée d'utilisation des filtres d'environ 3 mois pour la détermination gravimétrique des particules PM10 entraîne une très grande insécurité de mesure. La mesure cumulée de la plupart des constituants de poussières a néanmoins également donné de bons résultats dans la catégorie 'forêts/campagne'.

Tabelle A2.2-3: Relative Nachweisgrenzen in Abhängigkeit von der Stichprobenhäufigkeit (Probenahmevermögen) von Schwebstaub und Inhaltsstoffen des Schwebstaubes.

	Staub µg/m ³	Pb ng/m ³	Cd ng/m ³	Ni ng/m ³	As ng/m ³	Ruß ng/m ³	BaP ng/m ³
UMEG							
Forst/Land (ca. 20 m ³)	40	1,4	0,6	1,9	1,8	0,5	0,05
Stadtrand/Stadtzentrum (ca. 30 m ³)	27	0,9	0,4	1,3	1,2	0,4	0,05
Verkehr (ca. 60 m ³)	13	0,4	0,2	0,6	0,5	0,2	0,05
LfUG							
Forst/Land (ca. 20 m ³)	44	6,6	1,7	27,5	3,3	0,5	0,05
Stadtrand/Stadtzentrum (ca. 30 m ³)	29	4,4	1,1	18,3	2,2	0,4	0,05
Verkehr (ca. 60 m ³)	15	2,2	0,6	9,2	1,1	0,2	0,05
Basel							
Forst/Land (ca. 20 m ³)	40	2,5	0,5	1,9	1,8	0,5	0,05
Stadtrand/Stadtzentrum (ca. 30 m ³)	27	1,7	0,3	1,3	1,2	0,4	0,05
Verkehr (ca. 60 m ³)	13	0,8	0,2	0,6	0,5	0,2	0,05
Digtel (750 m ³ in 24h)	0,5	2	0,5	5	0,1	0,4	0,05

Tableau A2.2-3 : Seuils de détection des polluants de l'air considérés dans la campagne de mesure „Interreg II - Analyse transfrontalière de la qualité de l'air dans le Rhin supérieur“.

	Poussières µg/m ³	Pb ng/m ³	Cd ng/m ³	Ni ng/m ³	As ng/m ³	Suie ng/m ³	BaP ng/m ³
UMEG							
Forêts/campagne (env. 20 m ³)	40	1,4	0,6	1,9	1,8	0,5	0,05
Banlieue/centre-ville (env. 30 m ³)	27	0,9	0,4	1,3	1,2	0,4	0,05
Trafic (env. 60 m ³)	13	0,4	0,2	0,6	0,5	0,2	0,05
LfUG							
Forêts/campagne (env. 20 m ³)	44	6,6	1,7	27,5	3,3	0,5	0,05
Banlieue/centre-ville (env. 30 m ³)	29	4,4	1,1	18,3	2,2	0,4	0,05
Trafic (env. 60 m ³)	15	2,2	0,6	9,2	1,1	0,2	0,05
Bâle							
Forêts/campagne (env. 20 m ³)	40	2,5	0,5	1,9	1,8	0,5	0,05
Banlieue/centre-ville (env. 30 m ³)	27	1,7	0,3	1,3	1,2	0,4	0,05
Trafic (env. 60 m ³)	13	0,8	0,2	0,6	0,5	0,2	0,05
Digtel (750 m ³ in 24h)	0,5	2	0,5	5	0,1	0,4	0,05

A2.3 Grundlagen zur Erstellung der Immissionskarten

A2.3.1 Datengrundlage

Primärdaten:

Im Projektgebiet sind 71 kontinuierlich messende Messstationen ortsfest eingerichtet. Abhängig von der direkten Umgebung der Messstationen (Straßennähe, Bebauung, Industrie, Hintergrund usw.) sind die an der Station gemessenen Immissions-Konzentrationen auf das nähere oder auch weitere Umfeld der Station übertragbar.

Die 71 Messstationen bilden jedoch ein zu grobes Raster, um die Immissionskonzentrationen für die gesamte Fläche des Projektgebietes (20 654 km²) abschätzen zu können. Die Standorte sind außerdem auf die größeren Städte und deren Umland konzentriert. In ländlichen Gebieten des Projektgebiets sind nur wenige Messstationen eingerichtet. Um Informationslücken zu schließen, wurden für die Dauer eines Jahres zusätzlich 41 Messpunkte im Projektgebiet eingerichtet. Die Lage dieser Messpunkte wurde so gewählt, dass die dort gemessenen Immissionskonzentrationen auf eine größere Fläche in direkter Umgebung oder auch auf andere ähnlich strukturierte Gebiete im Projektgebiet übertragbar sind.

Neben den an den Messstationen und Messpunkten im Projektgebiet gemessenen Immissionsdaten wurden weitere Messdaten bei der Erstellung der flächenhaften Immissionskarten berücksichtigt:

- Daten umliegender Messnetze (HLfU, AIRLOR, ARPAM, ESPOL, NABEL).
Immissionsdaten umliegender Messnetze werden benötigt, um sogenannte „Randeffekte“ an den Grenzen des Projektgebietes zu vermeiden. Auf der Basis des umfangreichen Datenmaterials konnten außerdem statistische Auswertungen durchgeführt oder Ergebnisse solcher statistischen Untersuchungen aus dem Projektgebiet überprüft werden.
- Ergebnisse autobahnnaher Messungen [LHA, 1998] [LHA, 1999] [UVM, 1996].
Die Messergebnisse autobahnnaher Messungen wurden vor allem dazu benutzt, um die Immissionssitua-

A2.3 Cartes des immissions - Interpolation spatiale

A2.3.1 Base de données

Données primaires :

Le domaine d'étude comprend un réseau de 71 stations fixes de mesure en continu. Les concentrations de pollution mesurées sur une station sont interpolables à leur périmètre proche ou lointain selon le contexte environnemental qui leur est propre et les caractérise (de proximité automobile ou industrielle, urbain ou rural, etc.).

Le réseau formé par les 71 stations de mesure est cependant trop lâche pour évaluer correctement les immissions sur l'ensemble du fossé rhénan (20.654 km²). Les stations de mesure sont en outre majoritairement implantées dans les plus grandes villes et leurs périphéries, tandis qu'elles sont peu nombreuses dans les zones rurales du domaine d'étude. Pour pallier les manques de données, 41 sites de mesure complémentaires ont été temporairement installés pour une période d'un an. L'emplacement de ces points de mesure a été choisi de sorte que les concentrations mesurées soient représentatives, sur un assez large secteur, de leur proche environnement et puissent se transposer à d'autres secteurs structurellement semblables du domaine de l'étude.

En plus des données d'immissions mesurées aux stations permanentes et aux sites de mesure complémentaires, d'autres données de mesure ont été prises en compte pour l'élaboration des cartes des immissions spatialisées :

- les données des réseaux de mesure limitrophes (HLfU, AIRLOR, ARPAM, ESPOL, NABEL).
Les données d'immissions des réseaux de mesure limitrophes sont nécessaires pour éviter d'éventuels „effets de bordure“ aux limites du domaine d'étude. Cette abondance de données a également permis d'effectuer une exploitation statistique et de vérifier les résultats de ce types d'études statistiques portant sur le domaine d'étude .
- Les résultats des mesures effectuées à proximité des autoroutes [LHA, 1998] [LHA, 1999] [UVM, 1996].
Les résultats des mesures effectuées à proximité des autoroutes ont notamment été utilisées pour apprê-

tion längs der stark befahrenen außerorts liegenden Autobahnen und Bundes- bzw. Nationalstraßen im Projektgebiet abzuschätzen, d.h. die vorhandenen Daten wurden auf nicht „vermessene“ Straßenabschnitte übertragen.

- Rastermessungen in den Räumen Frankenthal/Ludwigshafen (1996/97) [MUF, 2000] [UVM, 1996], Emmendingen/Freiburg (1999/2000) [in Vorbereitung].
Die aus den Rastermessungen zur Verfügung stehenden Daten dienen der kleinräumigen Verfeinerung der Immissionskarten in den jeweiligen Gebieten.

Die Vergleichbarkeit aller für die Erstellung der flächenhaften Immissionskarten herangezogenen Messdaten wurde durch Qualitätssicherungsmaßnahmen gewährleistet. Unterschiedliche Zeitniveaus (kontinuierliche Messungen an Messstationen, Stichprobenmessungen nur tagsüber bei Rastermessungen und an Messpunkten im Projektgebiet) wurden auf ein einheitliches Zeitniveau von 0.00 Uhr bis 24.00 Uhr umgerechnet. Die länderspezifischen oder durch Regelwerke vorgegebenen unterschiedlichen Bezugsniveaus von Temperatur und Atmosphärendruck wurden durch das in den EU-Richtlinien einheitliche Bezugsniveau von 20 °C und 1013 hPa ersetzt.

Die aus den Immissionsmessungen vorliegenden Messdaten bilden die Grundlage für die Erstellung flächenhafter Immissionskarten. Sie werden im Folgenden als Primärdaten bezeichnet.

Sekundärdaten:

Zur Beschreibung der Immissionssituation in der Fläche müssen jedoch noch weitere Informationen berücksichtigt werden. So wird die Immissionssituation z. B. durch die Bebauung oder die Topographie und natürlich auch durch die Emission geprägt. Diese zusätzlichen Informationen werden im Folgenden als Sekundärdaten bezeichnet. Tabelle A2.3-1 zeigt eine Übersicht über die für die Erstellung der flächenhaften Immissionskarten herangezogenen Sekundärdaten.

- Höhenmodell:
Die topographische Höhe gehört zur Grundinformation über einen Messpunkt, ebenso wie dessen Lage in einem Koordinatensystem. Eine Abhängigkeit der

hender la répartition des immissions le long des autoroutes, des routes fédérales et nationales à fort trafic interurbain sur la zone d'étude. Les données disponibles ont été transposées aux tronçons routiers dépourvus de dispositifs de mesures de polluants.

- La distribution spatiale des mesures dans les régions de Frankenthal/Ludwigshafen (1996/97) [MUF, 2000] [UVM, 1996], d'Emmendingen/Fribourg (1999/2000) [en préparation].
Les données représentatives disponibles ont servi à affiner la résolution spatiale des cartes d'immissions dans les zones concernées.

La compatibilité de toutes les données de mesure prises en compte pour établir les cartes des immissions spatialisées est garantie par des normes d'assurance qualité. Les différentes périodes journalières de mesures (mesures en continu aux stations de mesure du réseau permanent, mesures par prélèvement d'échantillonnage seulement dans la journée pour les mesures aux sites supplémentaires de mesure du domaine d'étude) ont été homogénéisées de 0h00 à 24h00. Pour unifier les mesures, les conditions de pression et de température (20°C et 1013 hPa) préconisées par la directives européennes ont été substituées aux conditions usuelles prescrites par des législations nationales.

Les données de mesure résultant des mesures d'immissions forment la base primaire pour l'élaboration des cartes des immissions spatialisées.

Données secondaires :

Pour appréhender la répartition des immissions au sol, il faut tenir compte d'informations complémentaires. Les immissions sont en particulier influencées par la densité d'habitat ou par la topographie, de même que par les émissions. Ces informations complémentaires sont qualifiées de données „secondaires“.

Le tableau A2.3-1 répertorie les données secondaires prises en compte pour l'élaboration des cartes des immissions spatialisées.

- Modèle Numérique de Terrain (MNT) :
L'information de base correspond à l'altitude topographique relative à un point de mesure ainsi que sa localisation dans un système de coordonnées géogra-

Tabelle A2.3-1: Übersicht über die für die flächenhaften Immissionskarten herangezogenen Sekundärdaten.

Digitaler Datensatz	Rasterdaten (horizontale Auflösung)	Vektordaten	Klassen	Karte
Höhenmodell	250 m	—	variabel	2-1
Landnutzung	50m, 100 m, 200 m, je nach Nutzung	—	15	2.2-1
Emission	1000 m	ja	variabel	z. B. 4.3-1
Flüsse, Straßen	—	ja	variabel	2-1
Ortschaften	aus Landnutzung abgeleitet	ja	variabel	2-1

Tableau A2.3-1 : Données structurelles en ville des sites ponctuels de mesures en périphérie et au centre.

Données digitales	Données de maillage (résolution horizontale)	Données vectorielles	Classes	Carte
Modèle Numérique de Terrain	250 m	—	variable	2-1
Occupation du sol	50m, 100 m, 200 m, en fonction de l'exploitation	—	15	2.2-1
Emission	1000 m	oui	variable	z. B. 4.3-1
Fleuves, routes	—	oui	variable	2-1
Localités	dérivées de l'occupation du sol	oui	variable	2-1

Immissionskonzentration von der Höhenlage ergibt sich zum einen direkt aufgrund atmosphärischer Austauschprozesse und zum anderen indirekt, da die Entfernung zu Emissionsquellen, die oft im Tal liegen, mit der Höhe zunimmt.

- Landnutzung:
Landnutzungsdaten liegen in verschiedenen Raster- und Klassenauflösungen vor. Die Landnutzung ist mit den Emissionsquellen vieler Schadstoffe eng korreliert (z. B. Besiedelung als Flächenquelle für Emissionen aus Hausbrand). Außerdem wird die Ausbreitung von Schadstoffen durch die Landnutzung beeinflusst (dichte Bebauung, offenes Feld).
- Emission:
Die Emissionsdaten liegen aus dem in Kapitel 4 des vorliegenden Berichts beschriebenen Emissionskataster vor. Die Immission wird nicht allein durch die Menge der freigesetzten Schadstoffe bestimmt, sondern auch durch die Quellhöhe und die Ausbreitungsbedingungen. So wirken beispielsweise Autoabgase durch ihre niedrige Quellhöhe in direkter Nähe der Straße, während industrielle Emissionen durch hohe Kamine weit verfrachtet werden.
- Straßen, Flüsse:
Straßen sind Linienquellen. Sie liegen als Vektordaten, d.h. als Liniendaten vor. Flüsse spielen für die Modellierung von Immissionskarten keine Rolle. Sie werden nur für die grafische Darstellung verwendet.

phiques. Les immissions en altitude dépendent directement des processus d'échange atmosphérique et indirectement de l'éloignement par rapport aux sources d'émission le plus souvent localisées en plaine.

- Occupation du sol :
Les données relatives à l'occupation du sol sont disponibles pour des grilles à maille de résolution variable et selon différentes classes. Les sources d'émissions de nombreux polluants sont étroitement liées à l'occupation des sols (par exemple, les émissions de la combustion résidentielle est corrélée avec la densité de population). La répartition géographique des polluants est en outre influencée par l'occupation du sol (bâti dense, milieu rural).
- Emission :
Les données d'émissions sont présentées dans le cadastre des émissions décrit au chapitre 4 de ce rapport. Les niveaux d'immissions ne sont pas seulement déterminés par la quantité des polluants libérés mais également par la hauteur des sources émettrices ainsi que par les conditions de dispersion. Par exemple, les émissions dues aux gaz d'échappement ont une forte influence à proximité directe des routes en raison de leur hauteur de source peu élevée, tandis que les émissions dues aux rejets industriels par les hautes cheminées sont transportées sur une plus grande distance.
- Axes de circulation et cours d'eau :
Les routes correspondent à des sources linéaires. Elles s'apparentent ainsi à des données de type vectoriel (par opposition aux données à couverture spatiale de type raster). Les cours d'eau ne jouent aucun rôle pour la modélisation des cartes d'immissions. Ils ne sont utilisés qu'au titre de la représentation graphique.

- Ortschaften:
Alle besiedelten Gebiete, die bei den Landnutzungsdaten vier Klassen umfassen, wurden zu „Ortschaften“ zusammengefasst und vektorisiert. D.h., dass alle Ortschaften im Projektgebiet mit Linienzügen umschlossen sind und bei einer digitalen Verarbeitung (Verschneidung) der Karten leicht von den anderen Landnutzungsklassen unterschieden werden können.
- Entités urbaines :
Toutes les zones d’habitat correspondantes à quatre typologies de site dans les données de l’occupation du sol ont été regroupées et vectorisées en entités urbaines. Ainsi, toutes ces entités du domaine d’étude associées à un polygone se différencient aisément des autres classes d’occupation du sol lors d’un traitement informatique.

A2.3.2 Vorgehensweise

Die im vorliegenden Bericht dargestellten Immissionskarten sind aus verschiedenen Einzelkarten „zusammengesetzt“. Die Einzelkarten wurden voneinander unabhängig erstellt, wobei für jeden Schadstoff zunächst eine Basis-karte auf Grundlage lediglich der Messdaten erstellt wurde. Für jeden Schadstoff wurde dann untersucht, ob Zusammenhänge zu den in Tabelle A2.3-1 genannten Sekundärdaten gefunden werden können. Auf solchen Regressionen basierend wurden weitere thematische Einzelkarten erstellt.

Basiskarte

Grundlage der im vorliegenden Bericht dargestellten Immissionskarten ist zunächst eine reine Interpolation der Immissionskonzentrationen zwischen den Messorten. Das für die Interpolation verwendete Verfahren des ‘Potential Mapping’ [SPANS, 1997] läßt verschiedene „Gültigkeitsradien“ der Punktdaten (hier der Jahresmittelwerte eines Stoffes an einem Messort) zu. Diese „Gültigkeitsradien“ sind abhängig von der direkten Umgebung am Messort und vom Schadstoff. So ist beispielsweise zu erwarten, dass der an einer Hintergrundmessstation im Wald gemessene NO_2 -Jahresmittelwert auch an einem mehrere Kilometer entfernten Ort im Wald gemessen würde. Andererseits ist ein in der Nähe des Straßenverkehrs gemessener NO_2 -Jahresmittelwert nur für einen sehr kleinen Bereich repräsentativ. Bereits nach wenigen Metern kann die mittlere NO_2 -Konzentration sehr viel niedriger sein.

Die Basiskarte zeigt zunächst die an den Messorten gemessene Konzentration. Zwischen den Messorten wird, je nach „Gültigkeitsradius“ der Messpunkte, die Konzentration interpoliert.

A2.3.2 Démarche méthodologique

Les cartes d’immissions présentées dans ce rapport se composent de différentes cartes. Ces cartes ont été élaborées indépendamment les unes des autres. Une carte initiale a tout d’abord été établie pour chaque polluant à partir des seules données de mesure. Une analyse statistique des corrélations potentiellement existantes entre chaque polluant et les données secondaires figurant au tableau A2.3-1 a ensuite été menée. Les cartes thématiques finales ont été élaborées sur la base de ces modèles de régressions.

Carte initiale

Les cartes d’immissions spatialisées initiales présentées dans ce rapport reposent sur l’application d’une simple interpolation des concentrations d’immissions entre les sites de mesure. La procédure du ‘Potential Mapping’ [SPANS, 1997] utilisée pour l’interpolation permet d’établir différentes „zones de représentativité“ des données ponctuelles associées ici aux concentrations moyennes annuelles d’un polluant calculées en un lieu de mesure donné. Ces „zones de représentativité“ sont fonction de l’environnement immédiat du lieu de mesure et du type de polluant. Par exemple, la concentration moyenne annuelle de NO_2 mesurée à une station de mesure de type rural dans la forêt sera équivalente à une éventuelle mesure effectuée dans la forêt quelques kilomètres plus loin. En revanche, une concentration moyenne annuelle de NO_2 mesurée à proximité d’un axe routier n’est représentative que pour un secteur très circonscrit. Ainsi, la concentration annuelle moyenne de NO_2 peut être nettement moins élevée à quelques mètres seulement du point de mesure.

La carte initiale représente la concentration mesurée aux lieux de mesure. La concentration est interpolée entre les lieux de mesure en fonction de la „zone de représentativité“ qui lui est attribuée.

Einzelkarten unter Berücksichtigung der Sekundärdaten

Ist ein (empirisch-statistischer) Zusammenhang zwischen Immissions-Messdaten und Sekundärdaten (z. B. Höhen- daten, Landnutzung) erkennbar, kann im Analogieschluss für jeden beliebigen Ort im Projektgebiet, an dem keine Messungen durchgeführt wurden, die mittlere Konzentration des betreffenden Schadstoffs abgeschätzt werden, wenn er vergleichbare Sekundärdaten aufweist. Ist beispielsweise zu erkennen, dass die NO_2 -Konzentration mit zunehmender Höhenlage der Messpunkte abnimmt, lässt sich über eine mathematische Funktion aus der Höhenlage eines beliebigen Ortes die NO_2 -Konzentration abschätzen. Einer solchen Abschätzung können u.U. verschiedene Regressionen zugrunde gelegt werden, nämlich dann, wenn sich z. B. der Zusammenhang NO_2 -Konzentration und Höhenlage in den Vogesen etwas anders darstellt als im Schwarzwald.

Die so für jeden Ort im Projektgebiet abgeschätzten Immissions-Konzentrationen können, in Klassen eingeteilt, flächenhaft in einer Karte dargestellt werden. Es ergeben sich, wenn für einen Schadstoff Regressionen mit Sekundärdaten (Höhenmodell, Landnutzung, Emission) gefunden werden, eine oder mehrere 'thematische Einzelkarten' der mittleren Konzentrationsverteilung.

Überlagerung/Verschneidung

Für eine flächenhafte Darstellung der Immissions-Konzentrationen müssen die verschiedenen Informationen aus Basiskarte und thematischen Einzelkarten zusammengeführt werden.

So ist beispielsweise auch eine sehr gute Regression zwischen Höhenlage und NO_2 -Konzentration an einer in 1000 m Höhenlage verlaufenden Hauptverkehrsstraße nicht gültig. Längs dieser Straße überlagert die Nähe zur Emissionsquelle alle anderen Regressionen.

Das verwendete Geoinformationssystem bietet hierfür die Möglichkeit der sogenannten Karten-'Verschneidung'. Dabei wird für jeden Rasterpunkt der Wert einer thematischen Einzelkarte oder der Basiskarte in eine neue Karte eingetragen, je nachdem, welche Information am jeweili-

Cartes intermédiaires établies à partir des données secondaires

Lorsqu'il ressort une relation statistique entre les données de mesure des immissions et les données secondaires (données d'altitude, données d'occupation du sol), il est possible d'estimer par analogie la concentration moyenne du polluant concerné en n'importe quel lieu du domaine d'étude dépourvus de dispositif de mesure et présentant des caractéristiques environnementales similaires. Par exemple, la mise en évidence de la diminution de la concentration de NO_2 avec l'altitude des points de mesure permet selon une fonction mathématique intégrant le paramètre de l'altitude d'estimer les valeurs de concentration en NO_2 en n'importe quel point du domaine d'étude. Une telle évaluation peut être éventuellement basée sur différentes régressions : la relation entre la concentration NO_2 et l'altitude est par exemple différente dans les Vosges et dans la Forêt Noire.

Les concentrations d'immissions ainsi estimées pour chaque lieu du domaine d'étude peuvent être distribuées en classes et représentées en champs spatialisés sur une carte. Pour chaque polluant, les régressions établies avec les données secondaires (MNT, occupation du sol, émissions) aboutissent à l'élaboration d'une ou plusieurs cartes thématiques de la répartition spatiale des concentrations moyennes.

Superposition/Intersection

La représentation spatialisée des immissions implique de combiner les différentes informations de la carte initiale et des cartes thématiques.

Par exemple, une très bonne corrélation entre l'altitude et la concentration de NO_2 à proximité d'une route à grande circulation située à 1000 m d'altitude, n'est plus significative. En effet, la source d'émissions de proximité tout au long de cette route prime sur tous les résultats issus des régressions.

Le système d'information géographique utilisé permet de réaliser des opérations d'intersection de cartes. Pour chaque point du maillage, la valeur d'une carte thématique ou de la carte initiale la plus significative pour l'évaluation des concentrations de polluant en un lieu don-

gen Ort die beste Abschätzung liefert. Dabei bleiben die tatsächlich gemessenen Konzentrationen an den Messstationen und Messpunkten erhalten, in anderen Bereichen, die durch eine der 'thematischen Einzelkarten' besser beschrieben werden, wird die Basiskarte ersetzt. Abbildung A2.3-1 zeigt schematisch den Vorgang der Karten-Verschneidung.

Durch die Verschneidung kann es zu großen Gradienten an Straßen oder in Randbereichen von Siedlungen kommen, d.h., an eine Klasse vergleichsweise hoher Schadstoffkonzentrationen im Siedlungsgebiet oder an der Straße schließt direkt eine sehr niedrige Klasse an. Da man weiß, dass solche Konzentrations sprünge in der

né est reportée sur une nouvelle carte. Les valeurs de concentrations réellement observées aux stations et points de mesure sont conservées. L'une des cartes thématiques peut être substituée à la carte initiale si elle apporte une meilleure information pour un paramètre particulier. La figure A2.3-1 montre schématiquement le processus d'intersection de cartes.

L'intersection sur SIG à l'aide des données secondaires, peut conduire à des gradients de concentration au niveau des rues ou des zones périphériques des agglomérations. Une classe de concentration relativement élevée en polluant liée à la présence d'une agglomération ou d'un axe routier peut alors directement jouxter une zone de

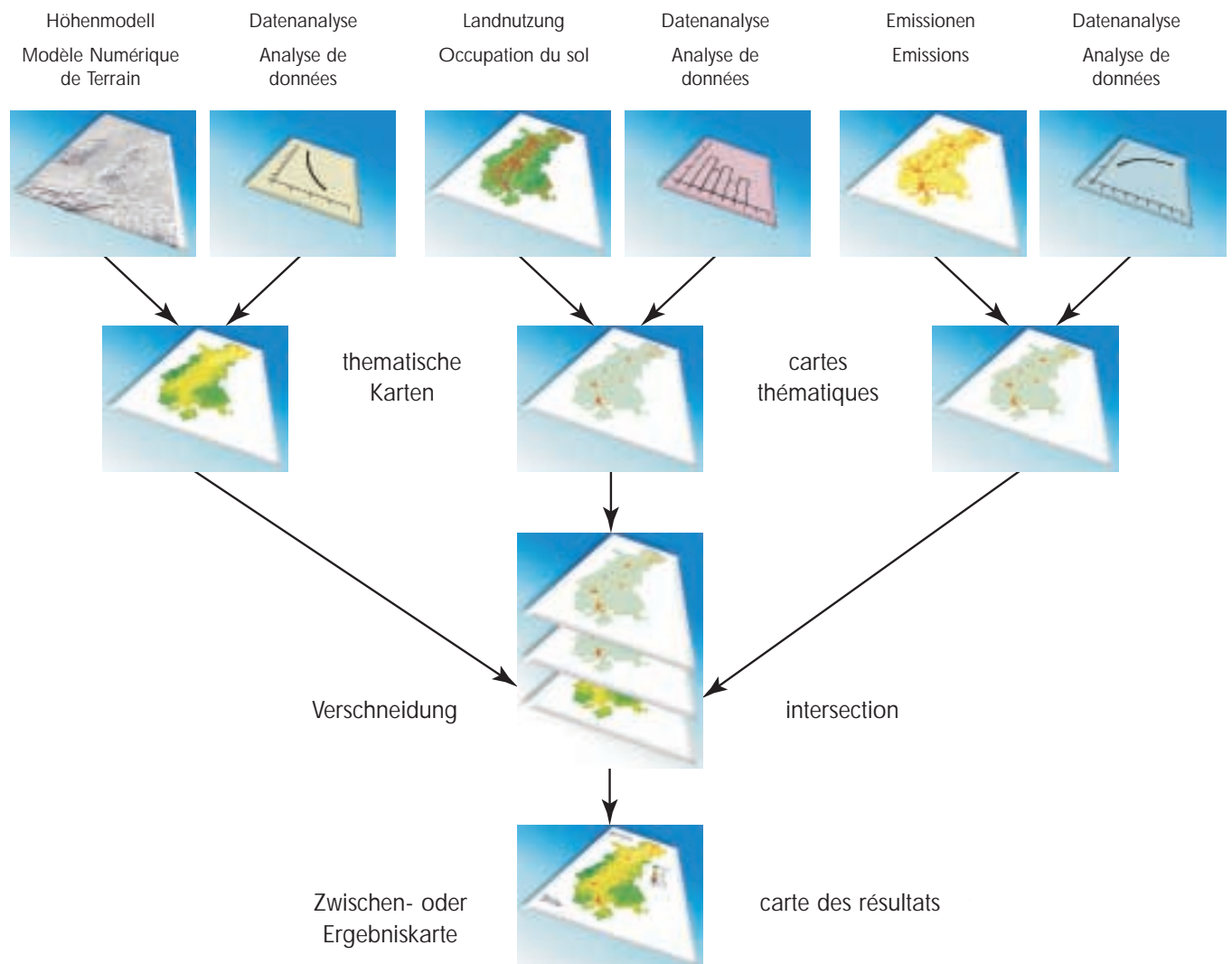


Abbildung A2.3-1: Schematische Darstellung zur Erstellung von Immissionskarten.

Figure A2.3-1 : Schéma d'élaboration des cartes d'immissions.

Immission nicht vorkommen, wurden für die Kartendarstellung Pufferzonen von 100 m bis 200 m um Siedlungsflächen definiert, um einen weicheren Übergang zu modellieren.

Die Linienzüge der Straßen sind schmaler als die Rasterung der Karten und sind dadurch auf der Kartendarstellung nur teilweise sichtbar. Dem wurde abgeholfen, indem den Straßen eine Pufferzone von 100 m zugewiesen wurde.

A2.3.3 Stickstoffdioxid

Die Schadstoffbelastung durch Stickstoffdioxid wird, bei einem Anteil des Fahrzeugverkehrs von 63 % an den Stickstoffoxidemissionen, im Wesentlichen durch den Verkehr bestimmt (vgl. Kapitel 4.2.3 und 4.2.6). Bodennahe Emissionsquellen spielen daher eine wesentliche Rolle für die Immissionsituation.

Für die Darstellung der Immissionskarten wurde eine Schrittweite von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gewählt. D.h. Immissionskonzentrationen zwischen $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, usw. wurden jeweils durch verschiedene Farben gekennzeichnet.

Basiskarte

Für die Bestimmung der Gültigkeitsradien spielt beim kfz-spezifischen Folgeschadstoff NO_2 die Nähe des Messortes zum Straßenverkehr die ausschlaggebende Rolle. Die verkehrsnah erfassten NO_2 -Konzentrationen gelten ausschließlich in direkter Nähe des Messortes, da die NO_2 -Konzentration schon in wenigen Metern Entfernung zum Straßenverkehr deutlich niedriger ist. Aus diesem Grund wurden solchen Standorten kleine Gültigkeitsradien (max. 100 m) zugewiesen. Standorte in emittententfernen Gebieten (Land/Forst) erhalten aufgrund des dort auf niedrigem Niveau sehr homogenen Konzentrationsfeldes Gültigkeitsradien von 500 m.

Die Basiskarte ist in Karte A2.3-1a abgebildet.

très faible concentration. Dans la mesure où de tels sauts de concentrations des immissions ne reflètent pas la réalité du terrain, des zones tampons de 100 m à 200 m ont été définies autour des zones urbaines afin d'atténuer l'occurrence de telles disparités.

Les segments linéaires des routes, plus étroits que le maillage (la grille raster) des cartes, ne sont que partiellement visibles sur celles-ci. L'attribution d'une zone tampon de 100 m le long des routes permet de pallier ce problème.

A2.3.3 Dioxyde d'azote

La pollution atmosphérique en dioxyde d'azote est liée en grande partie au trafic routier. En effet, la part aux émissions de ce polluant atmosphérique est à 63 % d'origine automobile. Les sources d'émission au niveau du sol jouent ainsi un rôle essentiel pour la répartition (dans la distribution spatiale) des immissions.

Pour la représentation des cartes d'immissions en NO_2 , un pas de classes de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été retenu. Les immissions entre $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, etc., sont représentées par une couleur différente.

Carte initiale

Dans le cas du dioxyde d'azote, dont la source est principalement liée aux automobiles, la proximité d'un axe routier au lieu de mesure joue un rôle important dans la détermination des gradients de concentration. Les concentrations de NO_2 enregistrées à proximité du trafic routier sont essentiellement représentatives de l'environnement immédiat du site de mesure. Les niveaux de NO_2 chutent sensiblement à quelques mètres seulement de l'axe routier. C'est la raison pour laquelle les gradients de concentrations associés à ces points sont relativement peu étendus (max. 100 m). Les gradients de concentration relatifs aux zones éloignées des principaux émetteurs (espaces agricoles/espaces forestiers) sont représentatif sur une étendue de 500 m : le champ de concentration de valeur peu élevée y est très homogène.

La carte initiale est présentée dans la carte A2.3-1a.

Höhenabhängigkeit der Hintergrundbelastung (thematische Karte 1)

Abbildung A2.3-2 zeigt die Abhängigkeit der Stickstoffdioxidkonzentration von der topographischen Höhe des Messortes für Messpunkte und -stationen in land- und forstwirtschaftlichen Nutzgebieten. Dargestellt sind die Mittelwerte für die Gruppen 'Rheingraben', 'westliche Randgebirge' und 'östliche Randgebirge'. Sie zeigen unterschiedliche Konzentrationsniveaus und Höhenabhängigkeiten. Die abgebildeten Regressionsbeziehungen wurden zur flächenhaften Berechnung der Schadstoffbelastung in den einzelnen Regionen und Höhenlagen benutzt. In Karte A2.3-1b ist das Ergebnis der Verschneidung der Basiskarte und der thematischen Karte 1 (Abhängigkeit von der Höhenlage) dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Konzentrationen der Basiskarte in den nicht besiedelten Gebieten durch die Konzentrationen der thematischen Karte 1 ersetzt wurden.

Besiedelte Gebiete (thematische Karte 2)

Im nächsten Schritt wurde der Einfluss unterschiedlicher Besiedlungsstrukturen auf die NO₂-Immission untersucht. Dazu wurden die Landnutzungsdaten der besiedelten Gebiete (dichte, mittlere und lockere Besiedlung und Industrie) herangezogen. Alle Messpunkte einer Landnut-

Relation entre la topographie et la pollution dans les zones rurales en site de fond (carte thématique 1)

La figure A2.3-2 illustre la relation entre la concentration en dioxyde d'azote et la topographie d'un site de mesure localisé en zone agricole ou forestière. Elle montre les valeurs moyennes pour les entités géographiques du 'fosse rhénan' et des 'reliefs montagneux limitrophes' ouest et est et fait ressortir différents niveaux de concentration en liaison avec l'altitude. Les modèles de régression résultants ont été utilisés pour le calcul surfacique de la pollution atmosphérique dans les différentes régions et à diverses tranches d'altitude. La carte A2.3-1b représente le résultat d'intersection entre la carte initiale et la carte thématique 1 (relation avec la topographie). On note que les concentrations de la carte thématique 1 se substituent à celles de la carte initiale en zones non urbanisées.

Zones urbaines (carte thématique 2)

Par la suite, l'influence des différentes structures urbaines sur l'immission en NO₂ a été analysée compte tenu des critères relatifs au bâti dense, moyen dense et lâche et au bâti industriel. Tous les points de mesure correspondant à une classe donnée d'occupation du sol ont été regroupés

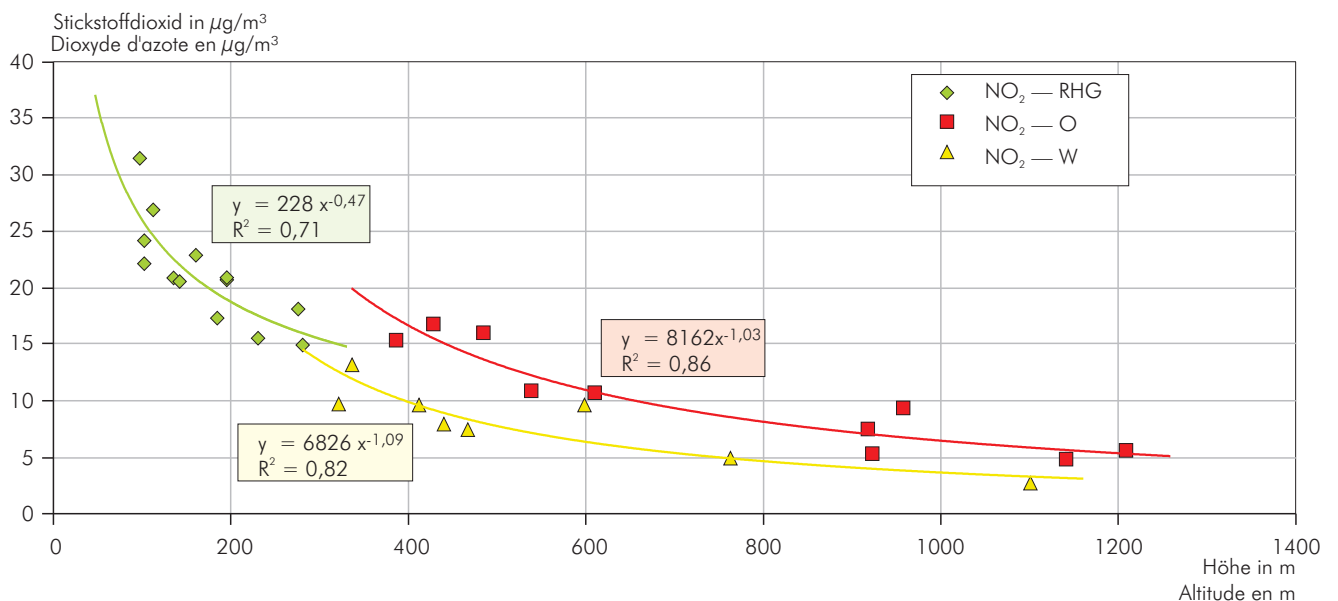
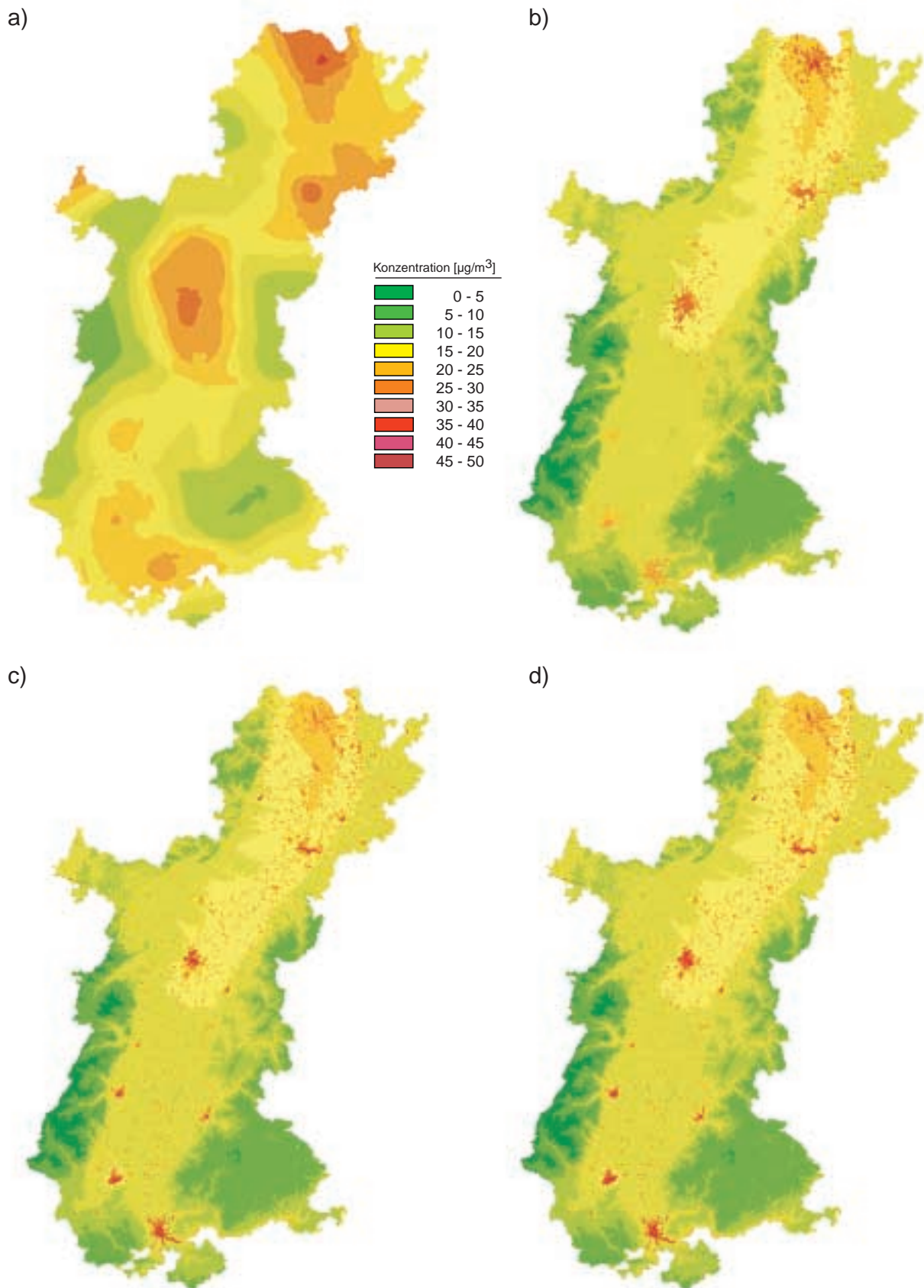


Abbildung A2.3-2: Stickstoffdioxidkonzentrationen in Abhängigkeit der topographischen Höhe für Messpunkte in land- und forstwirtschaftlicher Umgebung. RHG=Rheingraben, O=Höhenlage östlich des Rheins, W=Höhenlage westlich des Rheins.

Figure A2.3-2 : Répartition des concentrations de dioxyde d'azote selon l'altitude des sites de mesure dans les espaces forestiers et agricoles. RHG=fosse rhénan, O=massifs montagneux à l'est du Rhin, W=massifs montagneux à l'ouest du Rhin.



Karten A2.3-1a bis A2.3-1d: Zwischenstufen bei der Entwicklung der Stickstoffdioxid-Immissionskarte: a) Basiskarte b) Einbezug der Höhenregression für land- und forstwirtschaftliche Nutzflächen c) Einbezug der Landnutzung 'Besiedlung' d) Einbezug der Emissions-Immissions-Beziehung.

Cartes A2.3-1a à A2.3-1d : Etapes successives dans l'élaboration de la carte d'immission du dioxyde d'azote : a) Carte initiale b) Intégration des modèles de régression relatifs au paramètre 'altitude' pour les espaces forestiers et agricoles c) Intégration de l'occupation du sol 'urbanisation' d) Intégration de la relation émissions-immissions.

zung wurden zusammengefasst und aus den dort erfassten Jahresmittelwerten ein Gesamt-Mittelwert für diese Landnutzung gebildet. Abbildung A2.3-3 zeigt die so für die verschiedenen Landnutzungen der besiedelten Gebiete ermittelten Mittelwerte. In der Landnutzung 'mittlere Besiedlung' liegt jedoch nur einer der Messorte im Projektgebiet. Für die gesamte Klasse der 'mittleren Besiedlung' ist dieser mit einem Jahresmittelwert von $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wenig belastete Messpunkt nicht repräsentativ. Ersatzweise wurde für die Landnutzung der 'mittleren Besiedlung' der arithmetische Mittelwert aus 'dichter Besiedlung' und 'lockerer Besiedlung' gebildet.

Die für die Landnutzungsklassen 'lockere', 'mittlere' und 'dichte Besiedlung' ermittelten NO_2 -Mittelwerte wurden im gesamten Gebiet auf Flächen gleicher Landnutzung, an denen nicht gemessen wurde, übertragen.

Die meisten im Projektgebiet auf besiedelter Fläche betriebenen Messstationen liegen im Zentrum oder im Randbereich der großen Ballungsgebiete (z. B. Mannheim, Straßburg oder Basel). Die für die Landnutzungen 'mittlere' und 'lockere Besiedlung' - die ungefähr der Kategorie 'Stadttrand' entsprechen - gebildeten Mittelwerte zeigen entsprechend die Belastung in und um diese größeren Ballungszentren. Auf kleinere Städte und Gemeinden sind diese Ergebnisse nur bedingt übertragbar. Um Informationen aus Stadtgebieten mittelgroßer Städte zu erhalten, wurden in Rand- und Zentrumslagen der Städte Neustadt, Speyer, Weißenburg, Colmar und Mülhausen zusätzliche Messpunkte eingerichtet. Abbildung A2.3-4 zeigt die an diesen Messpunkten ermittelten NO_2 -Konzentrationen. Die NO_2 -Konzentration ist erwartungsgemäß am Stadttrand geringer als im Stadtzentrum, dennoch lässt sich kei-

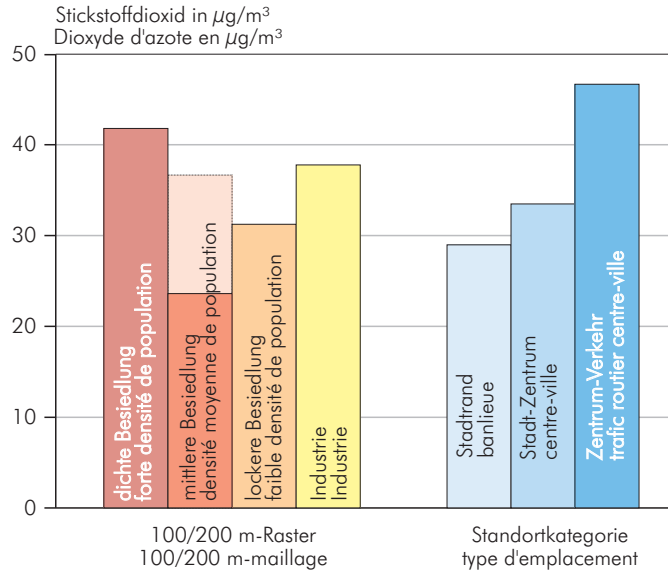


Abbildung A2.3-3: Stickstoffdioxidkonzentrationen in Abhängigkeit der Landnutzungsart und Standortkategorie.

Figure A2.3-3 : Concentration de dioxyde d'azote selon le type d'occupation du sol et le type de site.

afin d'estimer une valeur moyenne à partir de l'ensemble des concentrations moyennes annuelles qui y ont été relevées. La figure A2.3-3 fournit les valeurs moyennes ainsi calculées pour les différentes classes d'occupation du sol des zones urbaines. Par ailleurs, seul un point de mesure correspondant à la typologie 'bâti moyen dense' était disponible dans le domaine d'étude. Ce point de mesure peu pollué avec une concentration moyenne annuelle de $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ n'est pas

statistiquement représentatif de cette typologie de site. La valeur moyenne arithmétique calculée sur la base de l'échantillon des typologies de sites 'bâti dense' et 'bâti lâche' a alors été affectée à la classe thématique 'bâti moyen dense'.

Les valeurs moyennes de NO_2 déterminées pour les classes d'occupation du sol relatives au 'bâti lâche', 'moyen dense' et 'dense' ont été interpolées à toutes les surfaces, caractérisées par les mêmes classes d'occupation de la zone d'étude ne disposant pas de mesures.

La plupart des stations de mesure implantées dans les zones urbaines se situent au centre ou en périphérie des grandes agglomérations (par exemple : Mannheim, Strasbourg ou Bâle). Les valeurs moyennes calculées pour les classes d'occupation du sol 'bâti moyen dense' et 'bâti lâche', coïncidant pour partie à la classe 'périphérie urbaine', caractérisent donc la pollution de ces grandes agglomérations et leur périphérie. On ne peut interpoler ces résultats aux petites villes et aux communes de taille moyenne que sous certaines réserves. Pour obtenir des informations sur les zones urbaines des villes de taille moyenne, des points de mesure supplémentaires ont été installés à la périphérie et au centre des villes de Neustadt, de Speyer, de Wissembourg, de Colmar et de Mulhouse. La figure A2.3-4 montre les concentrations de NO_2 relevées à ces sites de mesure. La concentration de NO_2

ne Beziehung ableiten. Es ist keine generelle Abhängigkeit von der Besiedlungsdichte oder der flächigen Ausdehnung der Gemeinden erkennbar (Tabelle A2.3-2). Lokale Besonderheiten, wie z. B. Windsysteme oder Emitter, sind hier die prägenden Einflüsse auf die Immissionsituation. Die Ergebnisse sind also nicht auf Stadtrandlagen anderer mittelgroßer Gemeinden übertragbar, können aber für die genauere Modellierung der flächenhaften Immissionsverteilung der jeweiligen Städte herangezogen werden.

In kleinen Siedlungen mit einer Besiedlungsfläche unter 1 km² wurden die Randzonen in eine Belastungsklasse von 20 µg/m³ bis 25 µg/m³ eingeordnet. Das entspricht einer Maximalabschätzung.

Für die regionale Betrachtung im nördlichen Teil des Projektgebietes (Raum Ludwigshafen/Mannheim) wurden zusätzlich Messungen aus den Jahren 1997/98 mit einbezogen [MUF, 2000]. Diese Ergebnisse wurden in der Darstellung der Karte für den Großraum Frankenthal/Ludwigshafen/Mannheim berücksichtigt. Den Stadtrandbereichen dieser Region wurde eine Konzentration von 30 µg/m³ bis 35 µg/m³ zugewiesen.

Innerstädtischen Grünanlagen wurden Immissionskonzentrationen zwischen 25 µg/m³ und 30 µg/m³ zugeordnet [LHA, 1997] [LHA, 1998].

logiquement moins élevée dans la périphérie urbaine que dans le centre ne permet pas toutefois de déduire de relation statistique. D'autre part, il ne ressort pas de relation significative entre la densité de la population et la taille des agglomérations en terme de surface (tableau A2.3-2). Les particularités locales, comme par exemple les mécanismes locaux d'écoulement de l'air ou les émetteurs de polluants, jouent un rôle majeur dans la répartition des immissions. Les résultats ne peuvent donc pas être transposés aux zones périphériques des autres communes de taille moyenne. Ils peuvent seulement être pris en compte pour paramétrer la spatialisation des immissions des villes concernées.

Pour les petites agglomérations présentant une superficie inférieure à 1 km², la classe de concentration de pollution de 20 µg/m³ à 25 µg/m³, qui correspond à une évaluation maximale, a été affectée aux zones périphériques.

A l'échelle régionale, des mesures réalisées durant les années 1997/98 ont été utilisées en plus de celles de la présente campagne pour l'élaboration de la cartographie des immissions sur la conurbation Frankenthal/Ludwigshafen/Mannheim [MUF, 2000]. Une concentration de 30 µg/m³ à 35 µg/m³ a été attribuée aux zones périphériques de cette entité urbaine.

Des immissions comprises entre 25 µg/m³ et 30 µg/m³ ont été attribuées aux espaces verts urbains [LHA, 1997] [LHA, 1998].

Tabelle A2.3-2: Strukturdaten der Städte mit zusätzlichen Messpunkten an den Stadträndern und Zentren.

Stadt	besiedelte Fläche in km ²	Einwohner
Weißenburg	2,6	7 500
Neustadt	5,5	53 850
Speyer	9,5	49 800
Colmar	19,9	64 900
Mülhausen	22,0	109 900

Tableau A2.3-2 : Liste des données secondaires prises en compte dans les cartes des immissions spatialisées.

Ville	zones bâties en km ²	Habitants
Wissembourg	2,6	7 500
Neustadt	5,5	53 850
Speyer	9,5	49 800
Colmar	19,9	64 900
Mulhouse	22,0	109 900

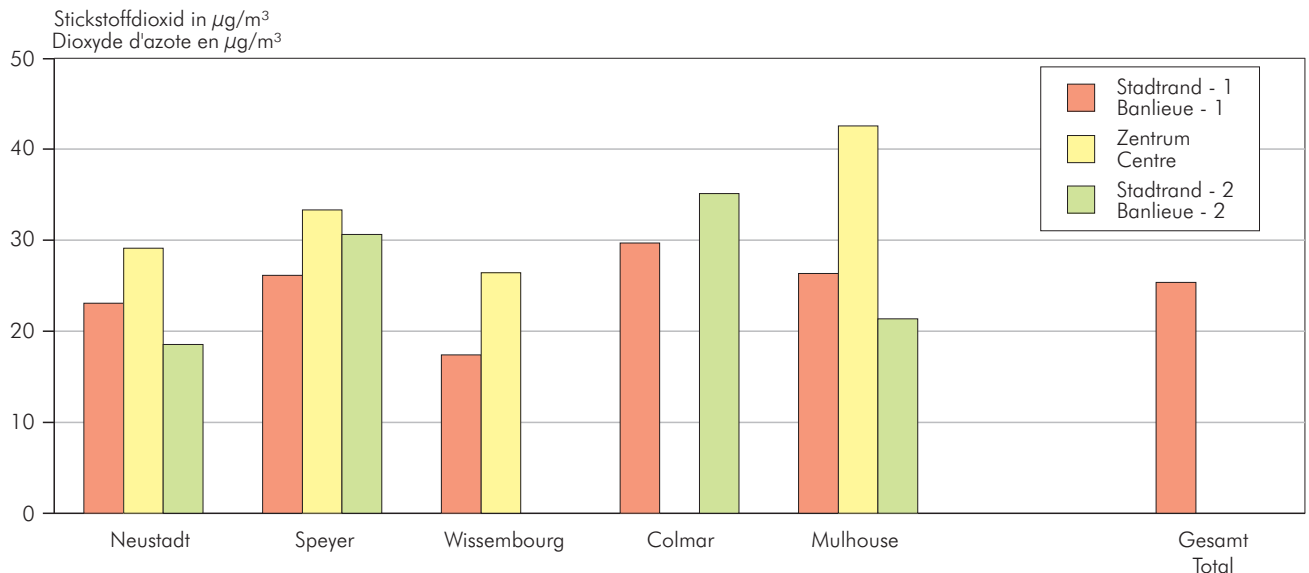


Abbildung A2.3-4: Stickstoffdioxidkonzentrationen der zusätzlichen Stadtrand- und zentrumsnahen Messungen. Gesamt = Mittelwert über alle zusätzlichen Stadtrandmessungen.

Figure A2.3-4 : Concentration de dioxyde d'azote relative aux mesures supplémentaires dans les périphéries et à proximité des centres urbains.

Total = concentration moyenne de toutes les mesures supplémentaires dans les périphéries urbaines.

Alle in besiedelten Gebieten eingerichteten Messorte im Projektgebiet liegen in Höhenlagen unter 600 m. Auf höher gelegene Gemeinden können die bisher durchgeführten Betrachtungen nicht übertragen werden. Um Aussagen für Besiedlung in diesen Höhenlagen treffen zu können, wurden Stationsmessungen in Höhen über 600 m aus dem Messnetz Baden-Württembergs herangezogen. Abbildung A2.3-5 zeigt diese Ergebnisse. Die erkennbare Höhenbeziehung wurde, ohne Berücksichtigung der Landnutzung, auf alle besiedelten Gebiete im Projektgebiet über 600 m übertragen.

Karte A2.3-1c zeigt das Ergebnis der Verschneidung.

Emissionen

Für das Projektgebiet liegen flächendeckend die NO_x -Emissionen in einem 1 km x 1 km-Raster sowie für den Verkehr gesondert als hochaufgelöste Linienquellen vor (vgl. Kapitel 4 Emissionskataster).

Flächenhafte Emissionen (thematische Karte 3)

Für den Vergleich der Immission mit der Emission (unter Vernachlässigung von Punktquellen) wurden die Messergebnisse der Messorte auf das sie umgebende 1 km x 1 km-Rasterquadrat übertragen. Ein Zusammenhang ist ledig-

Tous les sites de mesure du domaine d'étude implantés dans les zones urbaines se trouvent à des altitudes inférieures à 600 m. Les résultats des analyses effectuées jusqu'ici ne peuvent donc pas être appliqués aux communes situées à une altitude supérieure. On s'est alors servi des mesures des stations du réseau du Bade-Wurtemberg implantées à des altitudes supérieures à 600 m pour paramétrer les données relatives aux zones urbanisées situées au-delà de cette altitude. La figure A2.3-5 présente ces résultats. Le modèle de régression issu de cette analyse a été appliqué à toutes les zones urbanisées localisées à altitude supérieure à 600 m pour l'ensemble de la zone d'étude sans tenir compte des autres données d'occupation du sol. La carte A2.3-1c montre le résultat d'intersection.

Emissions

Un inventaire spatialisé des émissions de NO_x est disponible sur le domaine d'étude à une maille de résolution de 1 km x 1 km; Les émissions associées au trafic sont quant à elles représentées sous forme de sources linéaires à haute résolution (cf. chapitre 4 Cadastre des émissions).

Emissions surfaciques (carte thématique 3)

Les résultats des mesures des sites ponctuels ont été interpolés sur un maillage de 1 km x 1 km de côté aux fins d'une comparaison des 'champs' immissions et émissions. Seuls les lieux de mesure implantés dans le centre

lich für Messorte in Stadtzentren erkennbar. Die Korrelation zwischen Emission und Immission in Stadtzentren ist in Abbildung A2.3-6 dargestellt.

Die aus den Emissionen abgeleitete thematische Karte für die besiedelten Gebiete gibt die gleichen Strukturen wieder wie die thematische Karte 'Besiedlung'. Während das Emissionskataster auf der Basis von 1 km² großen Rastern erhoben wurde, liegen die Landnutzungsdaten in einer Auflösung von 100 m und 200 m vor. Eine genaue Abbildung des 1 km-Rasters auf das 100/200 m Raster ist nicht möglich. Um die zusätzliche Information, die sich aus der Immission-Emission-Beziehung ergibt, in die flächenhafte Darstellung einzubeziehen, wurde so vorgegangen, dass bei Differenzen in den Raster-elementen der Karte A2.3-1c (Landnutzung) und der thematischen Karte 3 (flächenhafte Emissionen) der Mittelwert aus beiden Rastern zur Bildung der neuen Rasterklasse benutzt wurde. Das Ergebnis ist in Karte A2.3-1d dargestellt.

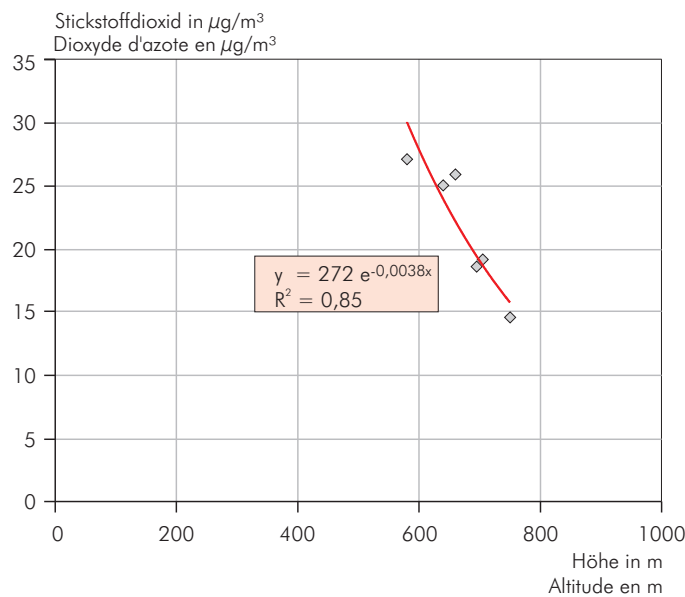


Abbildung A2.3-5: Höhenabhängigkeit der Stickstoffdioxidbelastung in hochgelegenen Ortschaften (Höhe über 600 m).

Figure A2.3-5 : Relation entre l'altitude et la pollution en dioxyde d'azote dans les localités implantées à une altitude supérieure à 600 m.

Linienhafte Emissionen - Straßen (thematische Karte 4)

In einer weiteren Betrachtung wurde das Emissions-Immissionsverhältnis für außerorts gelegene Straßen modelliert, da diese bislang nicht berücksichtigt wurden. Hierzu standen immissionsseitig autobahnahe Messungen an der A5 [MUV, 1996] und an der N2 [LHA, 1998] [LHA, 1999a] [LHA, 1999b] zur Verfügung. Emissionsseitig lagen Emissionsdaten in Form hochaufgelöster Linienelemente (Straßenabschnitte) vor (s. Karte 4.4-1).

Auswertungen autobahnahe Messpunkte zeigten ein schnelles Abklingen der NO₂-Konzentration mit der Entfernung von der Autobahn. Dabei wird die lokale Hinter-

des villes présentent une relation statistique significative. La corrélation entre les émissions et les immissions dans les centres villes est illustrée en figure A2.3-6.

La carte thématique des émissions reflète les mêmes structures que la carte thématique 'urbanisation' dans les zones urbanisées. Le cadastre des émissions a été établi selon un maillage de résolution 1 km² tandis que les données d'occupation du sol sont disponibles selon un maillage de résolution de 100 et 200 m de côté. Un calage du maillage de 1 km de côté sur le maillage 100/200 m de côté n'est pas possible. L'intégration de l'information déduite de la relation statistique immission - émission dans la représentation cartographique spatialisée a alors été réalisée de la façon suivante : lorsque les éléments de maillage de la carte A2.3-1c et de la carte thématique 3 (émissions surfaciques) présentaient des différences, la valeur moyenne des deux maillages a été utilisée pour élaborer un nouveau carroyage. Le résultat est présenté en carte A2.3-1d.

Emissionen linéaires - routes (carte thématique 4)

Le modèle de régression émissions-immissions a été ensuite calculé pour les routes hors agglomérations non prises en compte jusqu'ici. Celui-ci a été établi sur la base de mesures réalisées à proximité de l'autoroute A5 [MUV, 1996] et de la N2 [LHA, 1998] [LHA, 1999a] [LHA, 1999b], ainsi que des informations relatives aux données d'émissions disponibles à l'échelle fine du tronçon routier (cf. carte 4.4-1).

Les analyses concernant les points de mesure à proximité des autoroutes ont montré une diminution rapide de la concentration de NO₂ au fur et à mesure que l'on s'éloi-

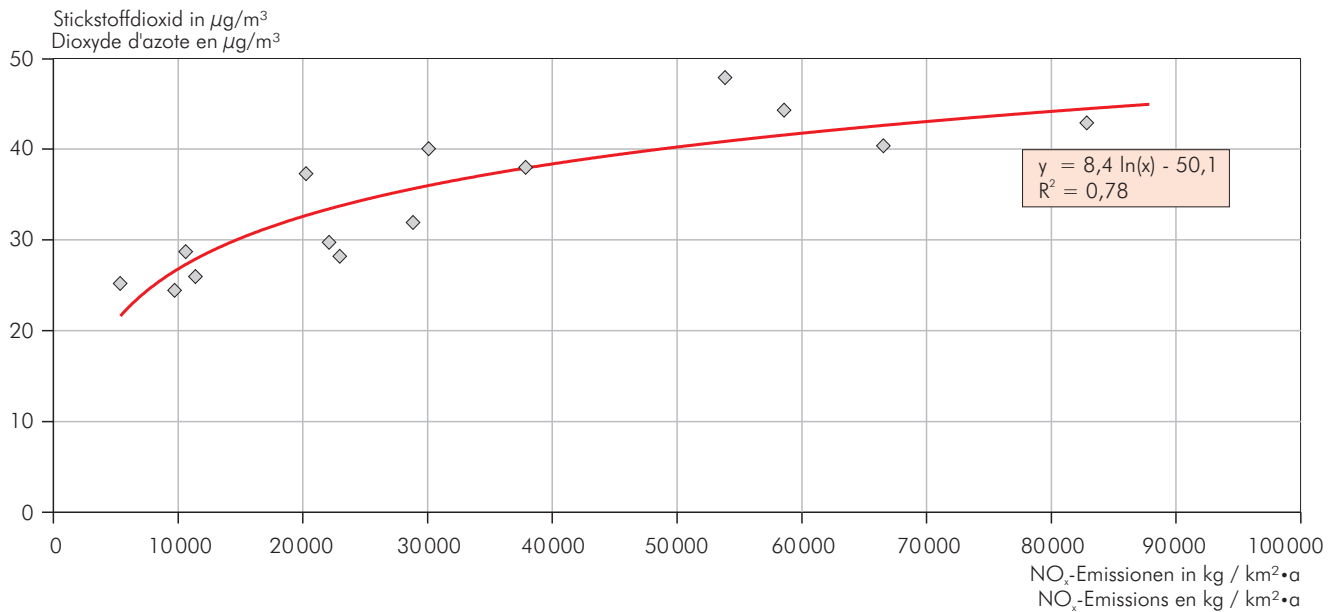


Abbildung A2.3-6: Emissions-Immissions-Beziehung für Stickstoffdioxid in Stadtzentren.

Figure A2.3-6 : Relation entre les émissions de NO_x et les immissions de NO_2 dans les centre-villes.

grundbelastung nach ca. 300 m erreicht. Deshalb wurden hier nur Messpunkte in unmittelbarer Nähe zur Autobahn ($x < 60$ m) mit in die Betrachtung einbezogen.

Dabei wurde jeder Konzentration eines Messpunktes die Emission des entsprechenden Autobahnabschnittes zugeordnet. Da die Ergebnisse aus dem Messprogramm Karlsruhe/Rastatt aus dem Jahre 1994/95 datieren, wurden die entsprechenden Konzentrationswerte bei einer Emissionsreduktion von ca. 10 % um 5 % reduziert. Das Ergebnis ist in Abbildung A2.3-7 dargestellt. Die erhaltene Regressionsbeziehung wurde anschließend auf alle Straßenabschnitte des Straßennetzes, mit NO_x -Emissionen über 15 000 $\text{kg}/\text{km}\cdot\text{a}$ (s. Kap. 4.4, Karte 4.4-1), übertragen. Aufgrund des Liniencharakters von Straßen wurde zur Kennzeichnung der Straßen in der Ergebniskarte diesen eine Breite von 200 m zugeordnet (entspricht Puffer-

gne de l'autoroute. La pollution locale de fond est atteinte à partir d'une distance d'environ 300 m. Aussi, seuls les points de mesure implantés à proximité immédiate de l'autoroute ($x < 60$ m) ont été pris en compte pour l'analyse des liens entre les émissions d'un tronçon d'autoroute et la concentration en polluant d'un point de mesure donné.

Dans la mesure où les résultats du programme de mesure Karlsruhe/Rastatt datent de l'année 1994/95, les valeurs d'immissions correspondantes à une baisse de 10 % des émissions ont été réduites de 5 %. Le résultat est illustré en figure A2.3-7. Le modèle de régression obtenu a été ensuite appliqué à tous les tronçons routiers, ayant des émissions de NO_x supérieures à 15 000 kg/km par an (cf. chap. 4.4, carte 4.4-1). La représentation des routes par des segments linéaires d'une largeur de 200 m dans la carte des résultats a impliqué l'utilisation de zones tampons

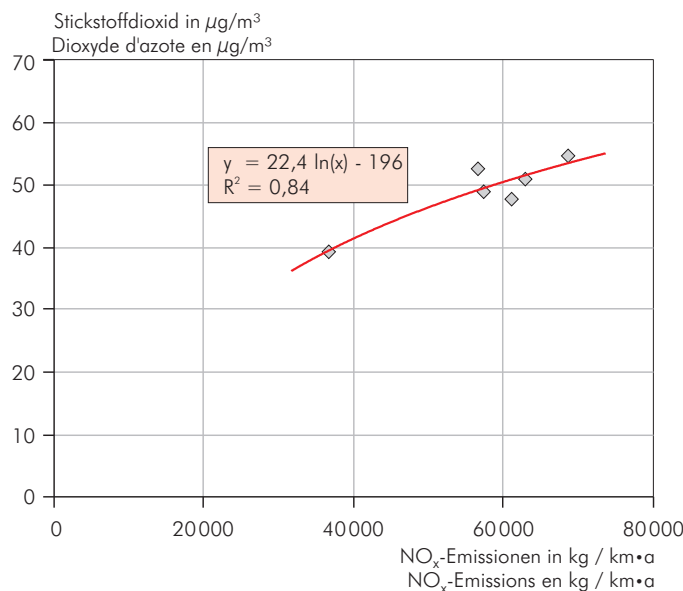


Abbildung A2.3-7: Emissions-Immissions-Beziehungen für NO_x bzw. NO_2 an den Autobahnen A5 (Baden-Württemberg) und N2 (Basel Stadt und Landschaft).

Figure A2.3-7 : Relation entre les émissions de NO_x et les immissions de NO_2 le long des autoroutes A5 (Baden-Württemberg) et N2 (Bâle ville et Bâle campagne).

zonen von je 100 m). Die aus der Verschneidung der thematischen Karte 4 (linienhafte Emissionen) mit der Vorläuferkarte A2.3-1d resultierende räumliche Verteilung der NO₂-Jahresmittelwerte im Projektgebiet ist in Karte 5.5-1 dargestellt.

A2.3.4 Benzol

Noch deutlicher als beim Stickstoffdioxid wird bei Benzol die Immissionsbelastung durch den Verkehr und damit durch bodennahe Quellen bestimmt. Mit einem Anteil von 90 % an den Gesamtemissionen ist der Verkehr der maßgebende Verursacher (s. Kapitel 4.2.3, 4.2.6). Innerorts werden 63 % der Gesamtbenzolemissionen emittiert gegenüber 24 % bei den Stickoxiden.

Für die Darstellung der Benzol-Immissionskarten wurde eine Klassenbreite von 1 µg/m³ gewählt.

Basiskarte

Für die Bestimmung der Gültigkeitsradien spielt beim kfz-spezifischen Schadstoff Benzol im besonderen Maße die Nähe des Messortes zum Straßenverkehr die ausschlaggebende Rolle. Die verkehrsnah erfassten Benzol-Konzentrationen gelten ausschließlich in direkter Nähe des Messortes. Aus diesem Grund wurden solchen Standorten kleine Gültigkeitsradien (max. 100 m) zugewiesen. Standorte in emittentenfernen Gebieten (Land/Forst) erhalten aufgrund des dort auf niedrigem Niveau sehr homogenen Konzentrationsfeldes Gültigkeitsradien von 500 m.

Höhenabhängigkeit der Hintergrundbelastung (thematische Karte 1)

Zur Betrachtung der Benzolbelastung in den Hintergrundsgebieten (Forst-, Landwirtschaft) wurde die Abhängigkeit zur geografischen Höhe der Messpunkte untersucht. Abbildung A2.3-8 zeigt diesen Bezug. Die Konzentrationen in den Niederungen (< 600 m) schwanken zwischen 0,9 µg/m³ und 1,9 µg/m³. In Höhenlagen oberhalb 600 m lagen die Konzentrationen zwischen 0,5 µg/m³ und 1,2 µg/m³. Konzentrationen von weniger als 0,5 µg/m³

de 100 m de part et d'autre des tronçons routiers. La répartition spatiale des concentrations moyennes annuelles de NO₂ dans le domaine d'étude résultant de l'intersection de la carte thématique 4 (émissions linéaires) avec la carte de base A2.3-1d est donnée en carte 5.5-1.

A2.3.4 Benzène

Les immissions en benzène sont encore plus nettement que pour le dioxyde d'azote liées au trafic automobile, donc à des sources proches du sol. Le trafic routier constitue la source émettrice principale avec 90 % des émissions totales (voir chapitre 4.2.3, 4.2.6). 63 % des émissions totales de benzène sont émises dans les agglomérations contre 24 % pour les oxydes d'azote.

Un pas de classe de 1 µg/m³ a été retenu pour la représentation des cartes d'immissions en benzène.

Carte initiale

Pour le polluant benzène dont la source est principalement liée aux automobiles, la proximité du lieu de mesure d'un axe routier joue un rôle important dans la détermination des gradients. Les concentrations de benzène relevées à proximité du trafic routier sont essentiellement représentatives de l'environnement proche du lieu de mesure. C'est la raison pour laquelle des gradients sur une distance plus réduite ont été affectés à ces lieux de mesure (max. 100 m). En revanche, les lieux de mesure situés dans les zones éloignées des émetteurs (espaces agricoles/espaces forestiers) ont été associés à des gradients de concentrations de 500 m, les concentrations mesurées de polluant y étant peu élevées et très homogènes.

Relation entre l'altitude et la pollution dans les zones rurales en site de fond (carte thématique 1)

L'évaluation de la pollution en benzène dans les zones rurales en site de fond (espaces forestiers, espaces agricoles) repose sur une analyse de la relation entre la topographie et les concentrations observées aux sites de mesure. La figure A2.3-8 montre les résultats de cette analyse. Dans les zones d'altitudes inférieures à 600 m, les concentrations varient entre 0,9 - 1,9 µg/m³. Pour les tranches d'altitude supérieures à 600 m, les concentrations

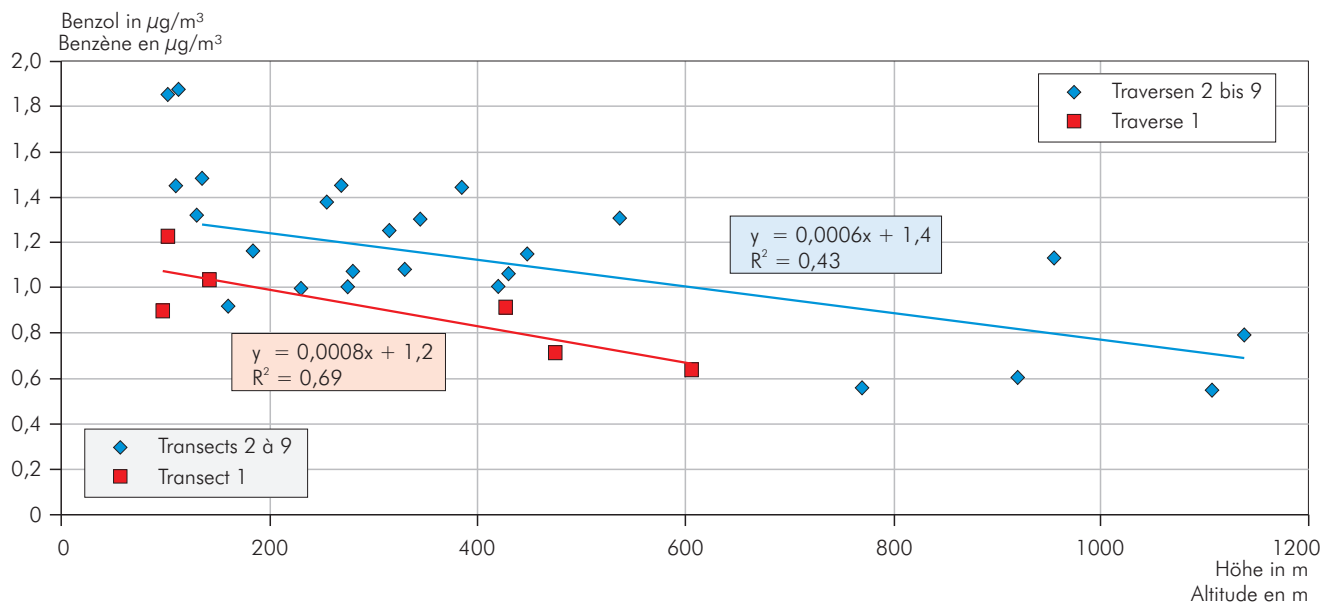


Abbildung A2.3-8: Höhenabhängigkeit der Benzolbelastung für land- und forstwirtschaftliche Nutzflächen (Hintergrund)
Figure A2.3-8 : Relation entre l'altitude et la pollution en benzène pour les espaces agricoles et forestiers (rural de fond).

konnten im gesamten Projektgebiet nicht festgestellt werden. Abbildung A2.3-8 zeigt, dass die auf Traverse 1 (Pfälzer Wald-Ludwigshafen-Mannheim-Odenwald) gemessenen Konzentrationen niedriger liegen als auf den anderen Traversen. Die daraus abgeleitete Höhenregression wurde benutzt, um im nördlichen Teil des Projektgebietes die Hintergrundbelastung zu modellieren. Die südlicheren Traversenmesspunkte zeigen eine deutlich grössere Schwankungsbreite. Sie wurden deshalb zu einer Analyse zusammengefasst. Aus den abgeleiteten Beziehungen wurde für die entsprechenden Regionen die Hintergrundbelastung berechnet.

Besiedelte Gebiete (thematische Karte 2)

Die Untersuchung besiedelter Gebiete wurde in 2 Schritten durchgeführt:

1. Untersuchung der Ortschaften in Höhen oberhalb 600 m.
2. Untersuchung der Ortschaften unterhalb 600 m.

Da im Projektgebiet keine Messungen in Ortschaften oberhalb 600 m stattfanden, wurden ersatzweise Daten aus dem Messnetz von Baden-Württemberg herangezogen.

Abbildung A2.3-9 zeigt die dafür gültigen Messwerte.

sont comprises entre 0,5 - 1,2 µg/m³. Aucune concentration inférieure à 0,5 µg/m³ n'a été relevée sur l'ensemble du domaine d'étude. La figure A2.3-8 montre que les concentrations mesurées sur le profil transversal 1 (Forêt du Palatinat-Ludwigshafen-Mannheim-Odenwald) sont inférieures à celles relevées sur les autres profils transversaux. Le modèle de régression correspondant avec l'altitude a été utilisé pour ajuster la répartition spatiale de la pollution sur les zones rurales de fond de la partie nord du domaine d'étude. Les sites de mesure des profils transversaux méridionaux présentant une plus grande variation des concentrations ont été regroupés en une seule analyse statistique. Le modèle de régression issu de cette analyse a permis de calculer les concentrations de polluants dans les zones rurales des régions concernées.

Zones urbanisées (carte thématique 2)

L'analyse des zones urbanisées a été menée en 2 étapes :

1. Analyse des localités implantées à des altitudes supérieures à 600 m.
2. Analyse des localités implantées à des altitudes inférieures à 600 m.

Comme pour le dioxyde d'azote les mesures du réseau de surveillance de la qualité de l'air du Bade-Wurtemberg ont été ici utilisées car aucune mesure n'était disponible pour les localités situées à des altitudes supérieures à 600 m dans le domaine d'étude. La figure A2.3-9 présente les valeurs de mesure utilisées.

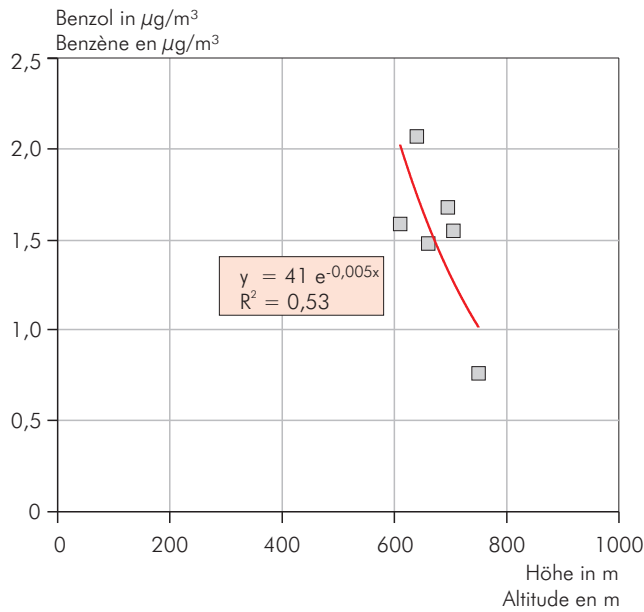


Abbildung A2.3-9: Höhenabhängigkeit der Benzolbelastung in hochgelegenen Ortschaften (> 600 m).

Figure A2.3-9 : Relation entre l'altitude et la pollution en benzène dans les localités implantées à une altitude supérieure à 600 m.

Für Ortschaften unterhalb 600 m wurde die Belastungssituation in Abhängigkeit von der Besiedlungsklasse dargestellt. Ergebnisse von Messpunkten bzw. Messstationen in unmittelbarer Nähe zum Verkehr (z. B. 'Karlsruhe-Straße') wurden aufgrund des lokal geprägten Charakters nicht berücksichtigt. Abbildung A2.3-10 zeigt die dazugehörigen Klassenwerte. Da keine Messstation in die Klasse 'mittlere Besiedlung' fiel, wurde dafür der Mittelwert aus 'dichter Besiedlung' und 'lockerer Besiedlung' gesetzt ($2,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

In Analogie zu Kapitel A2.3.3 wurde auch für Benzol an den Stadträndern für Besiedlungen größer als 1 km^2 die Immissionsklasse der Kategorie 'Stadtrand' übertragen (siehe Abbildung A2.3-10). Für die an den Stadträndern von Neustadt, Speyer, Colmar und Mulhouse gemessenen Immissionskonzentrationen wurden die entsprechenden gemessenen Mittelwerte übernommen. Kleinere Kommunen, d.h. die Besiedlungsfläche ist kleiner $1,0 \text{ km}^2$, wurden mit einer Immissionsbelastung von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ belegt. Der Ort Altkirch erhielt, aufgrund einer grösseren Emissionsquelle (s. Kapitel 4.3, Karte 4.3-6) als Konzentrationswert für die gesamte Besiedlung den an der dortigen Messstelle gemessenen Wert.

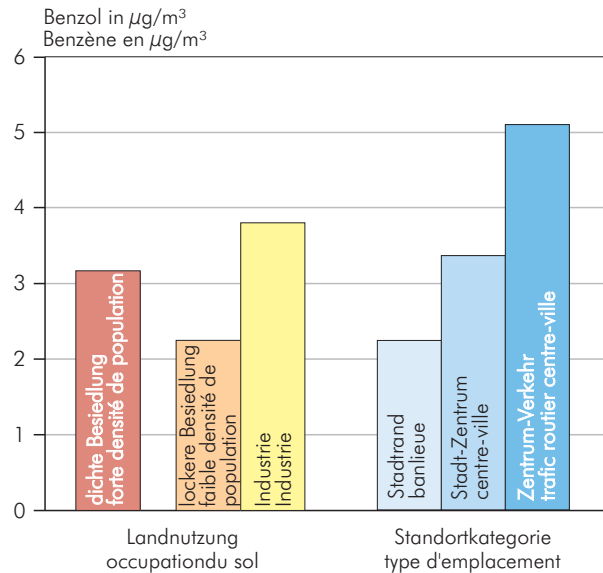


Abbildung A2.3-10: Benzolkonzentration in Abhängigkeit der Standortklasse und der Landnutzungsart. Die Klasse 'mittlere Besiedlung' trat nicht auf.

Figure A2.3-10 : Concentration de benzène selon la classe d'occupation du sol et le type de site. La classe 'bâti moyen dense' n'est pas représentée.

Pour les localités implantées à des altitudes inférieures à 600 m, la répartition de la pollution a été caractérisée en fonction des différentes classes d'habitat. Les résultats des sites et stations de mesure à proximité immédiate du trafic routier (par exemple à 'Karlsruhe-Straße') n'ont pas été pris en compte car non représentatifs d'une situation de pollution de fond. La figure A2.3-10 montre les valeurs de concentration selon les classes d'habitat respectives. La valeur moyenne calculée à partir de l'échantillon des classes 'bâti dense' et 'bâti lâche' ($2,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a été affectée à la classe 'bâti moyen dense' pour laquelle aucune mesure n'était disponible.

Comme pour le chapitre A2.3.3, la valeur moyenne d'immission en benzène calculée pour la classe 'périphérie urbaine' a été appliquée aux zones périphériques des villes d'étendue supérieure à 1 km^2 . Dans les zones périphériques de Neustadt, Speyer, Colmar et Mulhouse, les concentrations d'immissions correspondent aux valeurs moyennes réellement mesurées sur ces sites respectifs. Les petites communes urbaines de surface inférieure à 1 km^2 ont été associées à une valeur de concentration de pollution de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La valeur mesurée sur le site d'Altkirch a été appliquée à l'ensemble de la commune urbaine du fait de la présence d'un important émetteur local (voir chapitre 4.3, carte 4.3-6).

Emissionen (thematische Karte 3)

Weitergehende Korrelationen bezüglich des Emissions-Immissionsverhältnisses von flächenhaften (Ortschaften) und linienhaften Emissionen (Straßen) konnten anhand des vorliegenden Datenmaterials nicht abgeleitet werden.

Die aus der Verschneidung der Basiskarte mit der thematischen Karte 1 (Höhenabhängigkeit) und der thematischen Karte 2 (Besiedlung) entstandene räumliche Verteilung der Benzol-Konzentrationen im Projektgebiet ist in Karte 5.5-2 dargestellt.

A2.3.5 Benzo(a)pyren

Im Projektgebiet standen für Benzo(a)pyren weniger Messergebnisse als für andere Komponenten zur Verfügung. Die Datengrundlage bestand aus Ergebnissen an 21 Messstationen (mit jeweils 100 Tagesmittelwerten/Messstation und Jahr) und 37 zusätzlichen Messpunkten. An den zusätzlichen Messpunkten wurden kumulierende Messungen durchgeführt (vgl. Anhang A2.2).

Für die Darstellung der Immissionskarte wurde folgende Schrittweite gewählt (s. a. Höhenabhängigkeit):

Klasse 1: 0-0,4 ng/m³
 Klasse 2: 0,4 -0,6 ng/m³
 Klasse 3: 0,6 -0,8 ng/m³
 usw.

Basiskarte

Zunächst wurde, wie für die anderen Komponenten, auch für Benzo(a)pyren auf der Basis der Jahresmittelwerte und der Messpunkt- bzw. Stationskategorisierung eine Basis-Immissionskarte erstellt.

Höhenabhängigkeit der Hintergrundbelastung (thematische Karte 1)

Für die Hintergrundbelastung konnte mit der geographischen Höhe keine Korrelationen abgeleitet werden. Da, mit Ausnahme eines Messpunktes, die Konzentrationen aller Hintergrundmesspunkte unter 0,4 ng/m³ lagen, wurden alle nicht besiedelten Flächen unabhängig von der Höhenlage in die Konzentrationsklasse 0 ng/m³ bis 0,4 ng/m³ aufgenommen (Abbildung A2.3-11).

Emissions (carte thématique 3)

Les données disponibles n'ont pas permis d'établir d'autres corrélations significatives, notamment entre les données d'émissions surfaciques et linéaires et les immissions.

La répartition spatiale dans le domaine d'étude des concentrations en benzène résultant de l'intersection de la carte initiale avec la carte thématique 1 (relation avec l'altitude) et de la carte thématique 2 (urbanisation) est présentée en carte 5.5-2.

A2.3.5 Benzo(a)pyrène

Dans la zone d'étude, les mesures en benzo(a)pyrène ont été moins nombreuses que les mesures concernant les autres polluants. L'échantillon comportait les données de 21 stations de mesure (avec 100 concentrations journalières moyennes par station de mesure et par an) et 37 points de mesure supplémentaires. Des mesures cumulées ont alors été effectuées aux points de mesure supplémentaires (cf. Annexe A2.2).

Pour l'élaboration de la carte d'immissions, les classes de concentration retenues sont les suivantes (voir également relation avec l'altitude) :

Classe 1 : 0-0,4 ng/m³
 Classe 2 : 0,4-0,6 ng/m³
 Classe 3 : 0,6-0,8 ng/m³
 etc.

Carte initiale

A l'instar des polluants la carte de base des immissions spatialisées en benzo(a)pyrène a été élaborée à partir des concentrations moyennes annuelles et selon la typologie des sites de mesure et des stations.

Relation entre la topographie et la pollution dans les zones rurales en sites de fond (carte thématique 1)

Aucune relation statistique significative entre l'altitude et la pollution dans les zones rurales (site de fond) n'a pu être mise en évidence. A l'exception d'un site, tous les sites de mesure implantés dans ces zones ont enregistré des concentrations inférieures à 0,4 ng/m³ (figure A2.3-11). Aussi toutes les régions inhabitées de la zone d'étude ont été affectées à une classe de concentration de 0 ng/m³ à

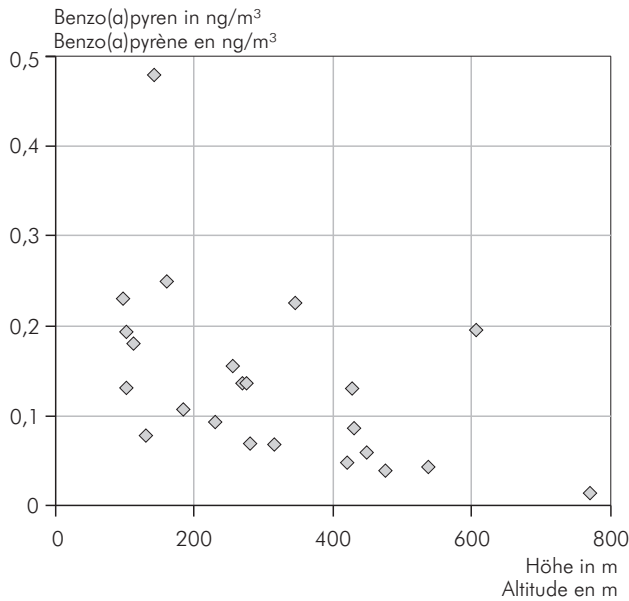


Abbildung A2.3-11: Höhenabhängigkeit der Benzo(a)pyren-Konzentrationen von Messpunkten in land- oder forstwirtschaftlicher Umgebung.

Figure A2.3-11 : Relation entre l'altitude et les concentrations de benzo(a)pyrène des points de mesure implantés en milieux forestiers et agricoles.

Weitere Untersuchungen

Für die Untersuchung der Abhängigkeiten hinsichtlich der Landnutzungsarten wurden, aufgrund der geringen Zahl der zur Verfügung stehenden Messdaten, keine Zuordnungen getroffen.

Untersuchungen des Emissions-Immissionsverhältnisses in besiedelten Gebieten zeigten auch keine Korrelationen.

Da Benzo(a)pyren und Stickstoffdioxid ähnliche Verursacher haben (Verkehr, Hausbrand), wurden beide Schadstoffe einander gegenübergestellt. Diese Zuordnung zeigt, dass in besiedelten Gebieten mit Konzentrationen größer $0,4 \text{ ng/m}^3$ eine Korrelation auftritt. Dieses Ergebnis ist in Abbildung A2.3-12 dargestellt. Die für die Hüllkurve abgeleitete Benzo(a)pyren - Stickstoffdioxidimmissions - Beziehung gibt eine Maximalabschätzung an.

Die Benzo(a)pyren-Stickstoffdioxid-Korrelation wurde zur Darstellung der innerörtlichen Benzo(a)pyrenbelastung im Projektgebiet benutzt. Dazu wurde mit Hilfe des in Kapitel A2.3-2 erstellten innerörtlichen Stickstoffdioxid-Immissionskatasters (thematische Karte 3 bei NO_2) eine Benzo(a)pyren-Immissionsbelastung berechnet.

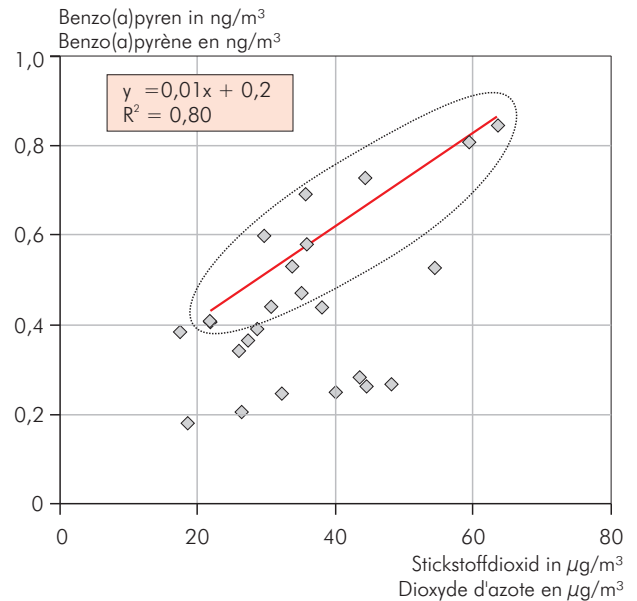


Abbildung A2.3-12: Benzo(a)pyren in Abhängigkeit von den gemessenen NO_2 -Immissionen.

Figure A2.3-12 : Distribution combinée des valeurs de benzo(a)pyrène et des mesures des immissions de NO_2 .

$0,4 \text{ ng/m}^3$, et ce quelle que soit leur altitude.

Autres analyses

Le faible échantillon des mesures en benzo(a)pyrène n'a pas permis d'établir des corrélations selon les différentes classes d'occupation du sol.

Par ailleurs, les analyses des relations émissions-immissions dans les zones habitées n'ont pas fait ressortir de corrélation significative.

L'origine commune des sources d'émissions (trafic routier, combustions logements) propres au benzo(a)pyrène et au dioxyde d'azote a permis de mettre en parallèle ces deux polluants. L'analyse combinée de ces deux polluants montre l'existence d'une forte corrélation dans les zones d'habitat où les concentrations en benzo(a)pyrène dépassent les $0,4 \text{ ng/m}^3$ comme l'illustre la figure A2.3-12.

Ce résultat a servi à établir la répartition spatiale de la pollution en benzo(a)pyrène dans les agglomérations de la vallée du Rhin supérieur. La charge d'immission en benzo(a)pyrène dans les agglomérations a ainsi été calculée à partir du cadastre des immissions en dioxyde d'azote (carte thématique 3 pour le NO_2).

Das Ergebnis ist in Karte 5.5-3 abgebildet.

A2.3.6 Schwefeldioxid

Für die Darstellung der Schwefeldioxid- Immissionskarte wurden Klassenstufen von $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gewählt.

Basiskarte

Ebenso wie für die anderen Komponenten wurde auch für Schwefeldioxid auf der Basis der Jahresmittelwerte und der Messpunkt- bzw. Stationskategorisierung eine Basis-Immissionskarte erstellt.

Höhenabhängigkeit der Hintergrundbelastung (thematische Karte 1)

Für die Höhenabhängigkeit der Schadstoffbelastung an den Messstationen und Messpunkten in forst- und landwirtschaftlicher Umgebung ergab sich eine sehr gute Korrelation bei einer Unterteilung in folgende Gruppen:

- Oberrheingraben
- Links- und rechtsrheinische Höhenlagen
- Höhenlagen in der Schweiz

Das Ergebnis dieser Unterteilung zeigt Abbildung A2.3-13.

Besiedelte Gebiete/Industriell beeinflusste Regionen (thematische Karte 2)

Untersuchungen hinsichtlich des Einflusses der Besiedlungsdichte innerhalb von Ortschaften weisen in einer Gesamtbetrachtung keine Unterschiede mehr auf. Lediglich bei Messungen in der Nähe von Industriestandorten ist bei hohen SO_2 -Emissionen im Mittel eine Erhöhung erkennbar. Dieses Ergebnis ist in Abbildung A2.3-14 dargestellt. Die Standorte solcher Industrieanlagen sind im Wesentlichen auf den mittleren und nördlichen Oberrheingraben beschränkt. In diesen Gebieten wurde daher der Landnutzungsclass 'Industrie' die Immissionsklasse $12 - 16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zugeordnet.

Le résultat est présenté sur la carte 5.5-3.

A2.3.6. Dioxyde de soufre

Un pas de classe de $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été retenu pour la représentation de la carte d'immissions de dioxyde de soufre.

Carte initiale

Une carte d'immissions initiale a été établie pour le dioxyde de soufre à partir des concentrations moyennes annuelles et de la typologie des sites de mesure, à l'instar des autres polluants. L'élaboration de la carte initiale des immissions spatialisées en dioxyde de soufre repose sur le même principe méthodologique suivi jusqu'ici pour l'élaboration des cartes initiales des autres polluants.

Relation entre la topographie et la pollution dans les zones rurales en site de fond (carte thématique 1)

L'analyse statistique des liens entre les concentrations de SO_2 et l'altitude pour les sites de mesure implantés en zone forestière et agricole a fait ressortir une très bonne corrélation selon le découpage des secteurs géographiques suivants :

- fossé rhénan
- massifs montagneux ouest et est du fossé rhénan
- secteurs montagneux suisses

Le résultat relatif à ce découpage est illustré en figure A2.3-13.

Zones urbanisées et régions influencées par l'industrie (carte thématique 2)

Les analyses sur l'influence de la densité d'habitat au sein des localités ne mettent pas en évidence de différences significatives à l'échelle régionale. Une augmentation sensible de la moyenne des mesures des immissions en SO_2 ne ressort seulement qu'à proximité des sites industriels représentant d'importantes sources émettrices de ce polluant comme le montre la figure A2.3-14. De tels sites industriels sont essentiellement localisés dans les parties centrale et nord du fossé rhénan. Dans ces secteurs, une classe de concentration d'immissions $12 - 16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été affectée à la classe d'occupation du sol 'Industrie'.

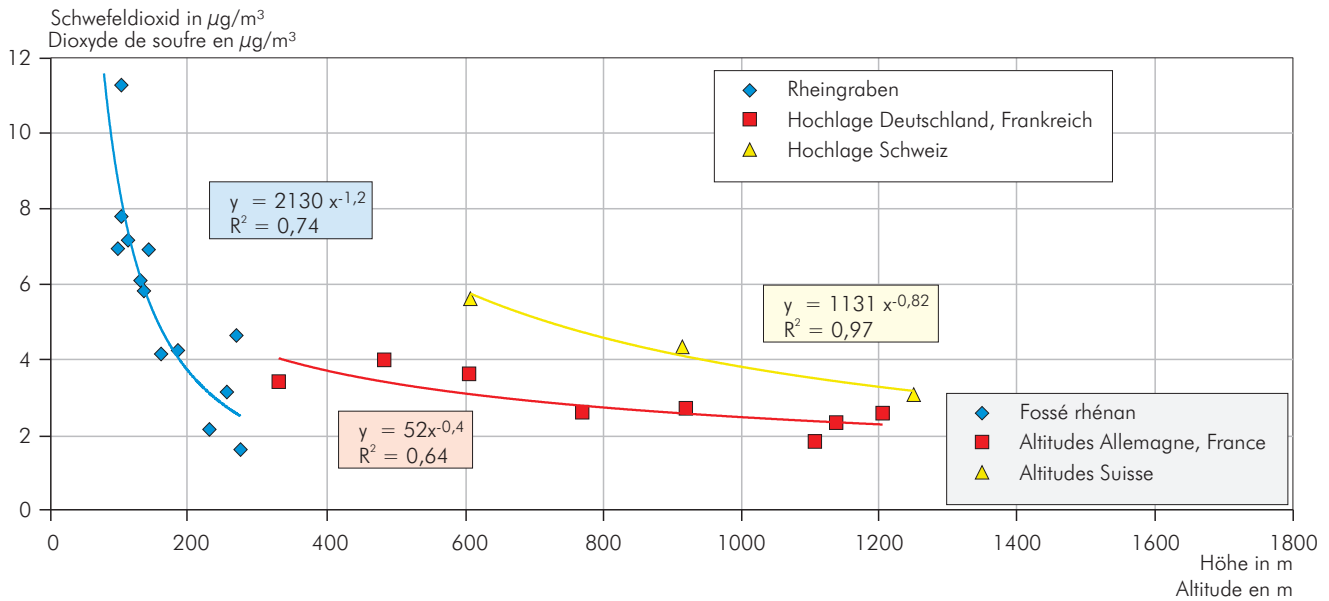


Abbildung A2.3-13: Schwefeldioxid in Abhängigkeit der Standorthöhe für Hintergrundmesspunkte

Figure A2.3-13 : Distribution des valeurs en dioxyde de soufre selon l'altitude des sites de mesure dans les zones de type rural de fond.

Emissionen (thematische Karte 3)

Untersuchungen der Emissions-Immissions-Beziehung an den innerörtlichen Messstationen und Messpunkten ergaben keine auswertbaren Beziehungen.

Das Ergebnis der „Verschneidung“ der erhaltenen thematischen Karten ist in Karte 5.5-4 dargestellt.

Emissions (carte thématique 3)

Les analyses de la relation émissions-immissions aux stations et points de mesure dans les agglomérations n'ont pas donné de résultat exploitable.

Le résultat final de l'intersection des cartes thématiques est présenté carte 5.5-4.

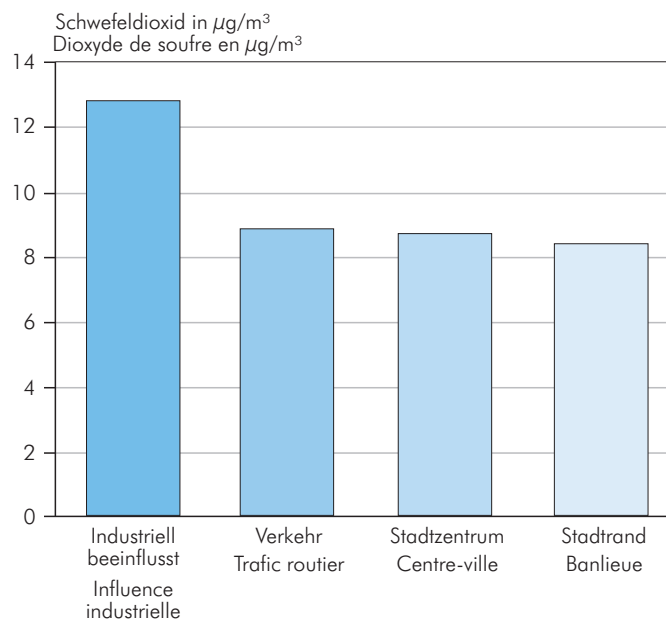


Abbildung A2.3-14: Vergleich der Schwefeldioxid-Immissionsbelastung für verschiedene Standortkategorien.

Figure A2.3-14 : Comparaison de la charge d'immissions en dioxyde de soufre selon les différents types de sites.