

2. Luftschadstoffe

2.1. Klimaschutz und Treibhauseffekt

Die Hauptbestandteile der Luft sind die Gase Stickstoff (78 Vol.-%), Sauerstoff (21 Vol.-%), Kohlendioxid (0,03 Vol.-%) sowie die Edelgase (weniger als 1 Vol.-%). Spätestens seit der Industrialisierung vor ca. 120 Jahren hat sich die Zusammensetzung der Erdatmosphäre sukzessive verändert. So sind die Konzentrationen von Kohlendioxid (CO₂) und Stickstoffdioxid (NO₂) um 25 bzw. 10 % angestiegen, der Methangehalt hat sich mehr als verdoppelt und die Fluorkohlenwasserstoffe (FCKW), die rein synthetischer Natur sind, haben Werte von mehreren pptv (parts per trillion) erreicht. Eiskernbohrungen in der Arktis ergaben, daß die derzeitigen Kohlendioxidkonzentration in den letzten 200 000 Jahren nie in dieser Höhe aufgetreten sind. Eine besondere Rolle unter den Luftschadstoffen nimmt das Ozon ein, da es nicht direkt emittiert wird, sondern durch photochemische Reaktionen in der Atmosphäre gebildet wird. Bis heute ist der troposphärische Ozongehalt der Nordhemisphäre gegenüber der Zeit vor der Industrialisierung um ca. Faktor drei angestiegen. Wichtige Vorläufer-Substanzen für die Ozonbildung sind flüchtige organische Verbindungen, Kohlenmonoxid und Stickoxide, die mit steigender Tendenz hauptsächlich vom Verkehr abgegeben werden.

Spurengas	Dimension	vorindustriell	1991
Kohlendioxid	ppmv	280	355
Methan	ppmv	0,73	1,74
Stickstoffdioxid	ppbv	270	310
FCKW-11 (CFCl ₃)	pptv	0	280
FCKW-12 (CF ₂ Cl ₂)	pptv	0	484
Ozon (O ₃)	ppbv	5-15	30-50

Tab.1: Klimarelevante Spurengase in der Atmosphäre (aus: Umweltpolitik: Kommunaler Klimaschutz in der Bundesrepublik Deutschland, Hrsg. Bundesumweltministerium März 1995); ppmv=parts per million, ppbv=parts per billion, pptv= parts per trillion.

Mittlerweile ist der Zusammenhang zwischen Treibhauseffekt und hohen CO₂-Emissionen unbestritten. Aber

auch andere Gase wie Methan, Lachgas, Fluorkohlenwasserstoffe, Stickoxide, Ozon und Wasserdampf gelten als Treibhausgase, die in zunehmendem Maße die Abstrahlung der Wärme von der Erde verhindern. Die kurzwellige Sonnenenergie wird beim Auftreffen auf die Erdoberfläche in Wärme umgewandelt. Normalerweise gehen ca. 30 % der Wärme wieder durch die Atmosphäre verloren, der Rest wird von den Gasen der Luft gespeichert. Die Zunahme der Treibhausgase bedeutet eine Erhöhung der Speicherkapazität für Wärmeenergie und damit eine Erwärmung unseres Klimas, den Treibhauseffekt.

Die Konzentrationen der Treibhausgase werden selbst bei einer Stabilisierung ihrer Emissionsraten weiter ansteigen. Der Zeitpunkt, wann sich ein neues Gleichgewicht eingestellt haben wird, hängt von der Verweildauer der einzelnen Gase in der Atmosphäre ab. Für NO_2 , FCKW und CO_2 wird der neue Gleichgewichtswert nach ca. 300 Jahren erreicht sein, für CH_4 schon nach 30 bis 50 Jahren. Daher ist eine weitere Klimaveränderung nicht mehr zu vermeiden. Eine Begrenzung der Erwärmung und den damit verbundenen Folgen kann nur erreicht werden, wenn die CO_2 -Emissionen bis zum Jahr 2050 weltweit auf 50 % des Wertes von 1990 reduziert werden können. Für die Industrieländer bedeutet das allerdings eine überproportional hohe Einschränkung, denn sie sind bei einem Bevölkerungsanteil von 25 % für 75 % der CO_2 -Emissionen verantwortlich. Außerdem muß den sogenannten Entwicklungsländern noch ein Spielraum für deren weitere Industrialisierung eingeräumt werden (Umweltpolitik, Bundesumweltministerium 1995).

Eine Reduzierung aller Treibhausgase bedeutet den Energieverbrauch einzuschränken und so weit wie möglich auf erneuerbare Energien umzusteigen. Davon betroffen sind alle Bereiche der Industrie, der Kommunen und Privathaushalte.

Natürlich kann das Umsteigen auf die "saubere" Atomenergie keine Lösung sein. Klimaschutzkonzepte müssen auch die Entwicklung weg von der Atomenergie beinhalten, mit der wir vielen Generationen hochradioaktiven Müll hinterlassen und uns selbst der ständigen Gefahr des atomaren Supergaus aussetzen. Außerdem ist mittlerweile offen-

sichtlich, daß die Rohstoffe Öl, Gas und Uran, die die Grundlage unseres heutigen Energiesystems bilden in weniger als 100 Jahren aufgebraucht sein werden.

In den 90er Jahren wurde die Klimagefährdung als größte Herausforderung der Industrienationen weltweit erkannt. Eine entscheidende Rolle für den Klimaschutz haben die Kommunen. Mittlerweile haben einige Städte und Gemeinden Klimaschutzkonzepte erarbeitet, die kommunale Ansatzmöglichkeiten in den Bereichen Energie und Verkehr aufweisen. Das Ziel ist die Verringerung von Schadstoffemissionen sowie die Verringerung des CO₂-Ausstoßes. Eine wichtige Grundlage für die Ausarbeitung von Klimaschutzprogrammen ist die Identifizierung und Quantifizierung aller wesentlichen lokal verursachten Treibhausgasemissionen (Bericht der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages 1990: Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre).

Seit Anfang der achtziger Jahre gibt es konkrete Pläne und Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität, die in Luftreinhalteplänen festgelegt wurden bzw. werden. Als Grundlage dienen Luftschadstoffmessungen, die für unseren Raum von der UMEG (Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen mbH) in Karlsruhe durchgeführt werden. Bei der Darstellung von Luftverschmutzungen wird unterschieden zwischen Emissionen und Immissionen. Emissionen sind die Stoffe, die von einem Emittenten abgegeben werden. Daher werden Emissionsmessungen in unmittelbarer Nähe von entsprechenden Firmen oder direkt an Straßen durchgeführt und sind ein Maß für die Verschmutzung, die vor Ort verursacht wird. Es läßt sich konkret zuordnen, wer welche Stoffe abgibt. Allerdings gibt es für Emissionen keine Grenzwerte, und die Meßdaten können nur als Vergleichswerte zwischen verschiedenen Emittenten dienen.

Als Immission wird die Luftverunreinigung über einem bestimmten Gebiet bezeichnet. Hier wird die Schadstoffkonzentration der Luft unabhängig vom Verursacher bestimmt. Für Immissionen werden seit 1986 die Grenzwerte der TA Luft zugrunde gelegt, weitere Grenz- und Richtwerte sind in der 22.BImSchV definiert (Verordnung über Immissionswerte vom 26.10.1993, BGBI. I S.1819, zuletzt geändert durch die Verordnung vom 27.5.1994, BGBI. I S. 1095).

2.2. Die Luftschadstoffkonzentrationen in Ladenburg

Die Luftverschmutzung in Ladenburg wird hauptsächlich durch die ortsansässige Industrie und das hohe Verkehrsaufkommen verursacht. Aber auch alle öffentlichen und privaten Haushalte sowie die Landwirtschaft tragen zur Anreicherung von Schadstoffen in der Luft bei.

Zusätzlich werden mit den vorherrschenden westlichen Strömungen die Luftmassen aus dem Industrieballungszentrum Mannheim/Ludwigshafen über Ladenburg verteilt. Besonders der Norden und Westen der Gemarkung liegen am "Schornstein von Mannheim", der sich von Feudenheim, über Ladenburg und Schriesheim an den Rand des Odenwaldes erstreckt.

Die zeitweise schlechten meteorologischen Austauschbedingungen in der Rheinebene tragen außerdem dazu bei, daß die Immissionen in dieser Gegend konzentriert bleiben und bei empfindlichen Menschen zu Gesundheitsbeeinträchtigungen führen können.

2.3. Immissionsmessungen in Ladenburg

Im Auftrag des Landes Baden-Württemberg führte die Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen mbH (UMEG) in Karlsruhe in der Zeit von Januar 1992 bis Januar 1993 ein flächendeckendes Luftmessprogramm im Großraum Mannheim/Südliche Bergstraße durch. Neben den klassischen Luftschadstoffen wie Schwebstaub, Schwefeldioxid, Stickoxiden und Ozon wurden Konzentrationen von weiteren organischen (BTX-Aromaten und chlorierten Kohlenwasserstoffen) und anorganischen (Chlorwasserstoff und Inhaltsstoffen von Schwebstaub) Komponenten bestimmt.

2.3.1. Bedeutung der Luftschadstoffe

Schwefeldioxid (SO₂) entsteht hauptsächlich bei Verbrennungsprozessen aus Feststoff- und Schwerölfeuerungen. In der Atmosphäre reagiert SO₂ zu Schwefelsäure oder schwefliger Säure und trägt damit zur Versauerung des Regens und zum Waldsterben bei. Außerdem wirkt es stark reizend auf Schleimhäute und Atemwege.

Kohlenmonoxid (CO) wird überwiegend bei der unvollständigen Verbrennung in Feuerungsanlagen und Motoren gebildet und an der Luft schnell in Kohlendioxid umgewandelt.

Eine erhöhte Kohlenmonoxidkonzentration z.B. an Hauptverkehrsstraßen oder bei Smogwetterlagen blockiert die Sauerstoffaufnahme im Blut und führt somit zur Gefährdung insbesondere von Herz-Kreislaufkranken.

Stickoxide entstehen hauptsächlich bei Verbrennungsvorgängen in Feuerungsanlagen und Motoren. Sie werden fast ausschließlich als **Stickstoffmonoxid (NO)** emittiert und in der Atmosphäre zu **Stickstoffdioxid (NO₂)** oxidiert. Daraus können sich Salpetersäure bzw. salpetrige Säure bilden, die ebenfalls zum sauren Regen beitragen.

Erhöhte Stickstoffdioxidkonzentrationen können Atemwegserkrankungen verursachen.

Ozon (O₃) ist natürlicherweise in hohen Konzentrationen in der Stratosphäre in 20-50 km Höhe vorhanden und bietet einen lebensnotwendigen Schutz gegen die UV-Strahlung. Als Folge von austauscharen Wetterlagen kann es in bodennahen Schichten Werte zwischen 60 µg/m³ und 100 µg/m³ erreichen. Unter starker Sonneneinstrahlung wird Ozon zusätzlich aus Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen gebildet. Die hochreaktive Verbindung greift insbesondere die Atemorgane stark an. Die Wirkung des Ozons ist abhängig von der Expositionsdauer und der körperlichen Belastung. Auf einige empfindliche Pflanzen wirkt Ozon schon in sehr niedrigen Dosen schädigend.

In Deutschland gelten die Ozon-Schwellenwerte der Europäischen Union. Der Schwellenwert für den Gesundheitsschutz beträgt 110 µg/m³. Diese Konzentration soll aus Vorsorgegründen nicht über einen längeren Zeit überschritten werden. Ab 180 µg/m³ über eine Stunde wird die Bevölkerung informiert und ab 360 µg/m³ über eine Stunde wird zusätzlich gewarnt. Die Bundesregierung legte im Ozongesetz vom 19. Juli 1995 außerdem fest, daß ab einem Stundenmittelwert von 240 µg/m³ Fahrverbote gelten können (Gesetz zur Änderung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, BGBl 1995, Teil 1, S. 930).

Gesundheitsschutz	8h	110 µg/m ³
Schutz der Vegetation	1h	200 µg/m ³
	24h	65 µg/m ³
Unterrichtung der Bevölkerung	1h	180 µg/m ³
Fahrverbote	1h	240 µg/m ³
Auslösung des Warnsystems	1h	360 µg/m ³

Tab. 2: Schwellenwerte für die Ozonkonzentrationen in der Luft, festgelegt durch die Europäische Union und durch das Bundes-Immissionsschutzgesetz (Stand Juli 1995).

Benzol, Toluol und Xylol (BTX-Aromate) sind leichtflüchtige Verbindungen, die durch Verdunstung von Vergaserkraftstoff sowie bei der Verbrennung in Motoren freigesetzt werden. Das als krebserregend eingestufte Benzol wird vor allem durch den Kraftverkehr abgegeben. Die Emissionen von Toluol und Xylol werden knapp zur Hälfte beim Einsatz von Lösungsmitteln frei.

Trichlorethen (TRI) und Tetrachlorethen (PER) sind leicht flüchtige Chlorkohlenwasserstoffe und finden ihre Anwendung beim Chemischreinigen sowie als Lösemittel bei Entfettungs- und Reinigungsanlagen und in Klebstoffen. Beide Substanzen werden als krebserregend eingestuft. Weiterhin können sie beim Einatmen höherer Konzentrationen Rauschzustände verursachen und innere Organe schädigen. Sie reichern sich im Fettgewebe von Mensch und Tier an und werden nur sehr langsam abgebaut.

Mittlerweile ist besonders die Verunreinigung des Grund- und Trinkwassers mit TRI und PER in einigen Regionen zu einem ernststen Problem geworden (siehe Kapitel Grund- und Trinkwasser).

Partikel mit einem Durchmesser von kleiner als 10 µm verhalten sich ähnlich wie Gase und werden als **Schwebstaub** bezeichnet, während größere Staubpartikel sich schnell als **Staubniederschlag** absetzen.

Gesundheitsschäden gehen hauptsächlich von Feinstäuben aus, die sich in den Lungenbläschen ablagern.

Zusätzlich können die Staubpartikel an ihrer Oberfläche Schadstoffe wie chlorierte Kohlenwasserstoffe oder Schwermetalle adsorbieren und mit in den Organismus tragen.

Die Konzentrationen der Schwermetalle **Blei, Cadmium, Thallium, Arsen, Chrom und Nickel** wurden im Schwebstaub bestimmt. Sie werden bei unterschiedlichen Verbrennungsprozessen der Industrie freigesetzt. Die Hauptbelastung von Blei wird allerdings immer noch durch bleihaltiges Benzin verursacht. Alle Schwermetalle reichern sich bei ständiger Aufnahme im Körper an und führen zu starken Gesundheitsschädigungen. Sie werden mittlerweile fast alle als krebserregend eingestuft.

Polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sind größtenteils an Feinstaub angelagert und entstehen bei unvollständiger Verbrennung. Hauptverursacher von PAK-Emissionen ist der Kraftverkehr.

In der vorliegenden Studie wurde nur **Benzpyren** als Leitkomponente für PAK gemessen.

Chlorwasserstoff wird beim Verbrennen von Kohle und chlorhaltigen Brennstoffen wie z.B. PVC freigesetzt. Das aggressive Gas wirkt ätzend auf die Atemorgane und gilt als pflanzenschädigende Substanz.

Fluorwasserstoff entsteht beim Verbrennen fossiler Brennstoffe, beim Brennen keramischer Erzeugnisse (Ziegeleien, Keramik- und Emailbetriebe) und bei der Aluminiumherstellung. Beim Menschen führt Fluorwasserstoff zur Schleimhautreizung und bei chronischer Belastung zu Knochen-, Zahn-, Nieren und Hautveränderungen. Wie Chlorwasserstoff wirkt es pflanzenschädigend besonders bei Nadel-, Steinobst- Wein-, Knollen- und Zwiebelgewächsen.

2.3.2. Beurteilungsgrundlagen für Immissionen

Für die Beurteilung der Belastung durch Luftschadstoffe steht eine Vielzahl verschiedener Bezugswerte zur Verfügung. Dabei werden über längere Zeiträume gemittelte Immissionskonzentrationen nach anderen Kriterien bewertet als kurzzeitig auftretende Spitzenwerte.

In der **TALuft** (erste allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsgesetz) sind verbindliche Immissionsgrenzwerte als IW_1 und IW_2 festgelegt. Für den Vergleich mit

diesen Grenzwerten, werden aus den Meßwerten die Immissionskenngrößen I_1 und I_2 gebildet. I_1 ist der arithmetische Mittelwert der Meßreihe und gibt die durchschnittliche Belastung an einem Punkt oder über einer Fläche an. Der I_2 -Wert ist als 98 %-Wert ein Maß für die Spitzenbelastungen. Er gibt die Immissionskonzentration an, die von 98 % aller Meßwerte unterschritten wurde.

Die 22. Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz (**22. BImSchV**) setzt die bisher in EG-Richtlinien festgesetzten Luftqualitätsnormen in innerstaatliches Recht um. Diese rechtsverbindlichen Werte stimmen größtenteils mit den Grenzwerten der TA-Luft überein, aber im Gegensatz zur TA-Luft setzt die 22. BImSchV voraus, daß die Messung am Ort der höchsten Belastung durchgeführt wird.

Der Verein deutscher Ingenieure gibt mit der Richtlinie **VDI 2310** Richtwerte zur Beurteilung von Luftverunreinigungen an. Dazu wurden maximale Immissionskonzentrationen (MIK-Werte) für eine bestimmte Zeit der Exposition festgelegt. Diese Vergleichswerte für Immissionsspitzen wurden so gewählt, daß bei langfristiger Einwirkung von Schadstoffen eine Gesundheitsschädigung auch von Kranken, Kindern und alten Menschen vermieden werden soll.

Außerdem hat der Länderausschuß für Immissionsschutz (**LAI 1991**) in seiner Studie über "Beurteilungsmaßstäbe zur Begrenzung des Krebsrisikos durch Luftverunreinigungen" Ziel- und Orientierungswerte für sieben Luftschadstoffe empfohlen, darunter Arsen (5 ng/m^3), Cadmium ($1,7 \text{ ng/m}^3$), Benzopyren ($1,3 \text{ ng/m}^3$) und Benzol ($2,5 \text{ ng/m}^3$).

Der Beurteilung wurde ein Krebsrisiko von 1:2500 zugrundegelegt, d.h. ein Krebsfall auf 2500 Einwohner bei einer Expositionszeit von 70 Jahren.

2.3.3. Meßergebnisse in Ladenburg

Die Fläche von Ladenburg wurde für die Messungen von der UMEG in 11 Untersuchungsgebiete von jeweils einem Quadratkilometer mit je 4 Meßpunkten unterteilt. Aus diesen 11 Einzelergebnissen wurden die Mittelwerte für die Immissionskenngrößen I_1 und I_2 errechnet und mit den Immissionswerten IW_1 und IW_2 der TA-Luft verglichen.

Komponente	Mittelwert I_1 des Meßgebietes	Streuung der I_1 -Werte der Einzelflächen	Grenzwert	Einheit
SO ₂	14,91	12-18	140	µg/m ³
NO ₂	34,64	30-38	80	µg/m ³
NO	25,18	23-28	-	µg/m ³
CO	0,65	0,6-0,8	10	mg/m ³
O ₃	53	43-58	[110]	µg/m ³
Benzol	2,9	2,2-4,1	[2,5]	µg/m ³
Toluol	7,72	6-10	-	µg/m ³
o-Xylol	1,5	1,1-2,1	-	µg/m ³
m/p-Xylol	4,16	3-5,7	-	µg/m ³
Trichlorethen	0,97	0,8-1,1	-	µg/m ³
Tetrachlorethen	0,5	0,3-0,7	-	µg/m ³
Staub	96	73-156	350	mg/(m ² d)
Blei (Pb)	29,1	26-34	250	µg/(m ² d)
Cadmium (Cd)	0,48	0,4-0,8	5	µg/(m ² d)
Thallium (Tl)	0,17	0,1-0,4	10	µg/(m ² d)
Nickel (Ni)	37,1	31-49	-	µg/(m ² d)
Arsen (As)	3,18	2-7	-	µg/(m ² d)
Chrom (Cr)	7,91	5-16	-	µg/(m ² d)

Tab. 3: arithmetischer Mittelwert (I_1 -Wert) der Luftschadstoffkonzentrationen aus den 11 Untersuchungsflächen von Ladenburg (Luftreinhalteplan Mannheim/Heidelberg, 1995). Als Orientierungsgrenzwert für Ozon wurde als maximale Immissionskonzentration während 8 Stunden der Achtstunden-MIK-Wert von 110 µg/m³ (festgelegt von der WHO) zugrunde gelegt. Für Benzol gilt der Wert von 2,5 µg/m³ als empfohlener Ziel- und Orientierungswert (LAI 1991).

Komponente	98%-Wert des Meßgebietes	Streuung der I ₂ -Werte der Einzelflächen	Grenzwert	Einheit
SO ₂	61,55	36-93	400	µg/m ³
NO ₂	73,73	61-83	200	µg/m ³
NO	153,91	119-168	-	µg/m ³
CO	1,88	1,5-2,3	30	mg/m ³
O ₃	177,27	149-194	-	µg/m ³
Benzol	10,4	7,5-14,9	[12]	µg/m ³
Toluol	24,36	19-35	-	µg/m ³
o-Xylol	5,4	4,1-7,7	-	µg/m ³
m/p-Xylol	14,78	10,8-19,7	-	µg/m ³
Trichlorethen	4,36	4-5	-	µg/m ³
Tetrachlorethen	3,91	3-5	-	µg/m ³
Staub	200	141-277	650	mg/(m ² d)

*Tab.4 :Mittelwert der 98 %-Werte (I₂-Werte) der Luftschadstoffkonzentrationen aus den 11
Einzelflächen von Ladenburg (Luftreinhalteplan Mannheim/Heidelberg 1995); für Benzol ist der
empfohlene Ziel- und Orientierungswert angegeben.*

2.3.4. Auswertung der Immissionsmeßergebnisse

Schwefeldioxid

In der Industriezone im Westen von Ladenburg waren die I₂-Werte ca. doppelt so hoch wie in der Umgebung und deuten auf hohe Emissionen an einzelnen Tagen hin.

Im Zentrum Ladenburgs lagen die I₁-Meßwerte bei ca. 13 % des IW₁. Die durchschnittliche Belastung erscheint zwar niedrig, aber das Verbrennen schwefelhaltiger Brennstoffe führt besonders im Winter zeitweise zu deutlich höheren SO₂-Immissionen.

Stickoxide

Sie werden zu ca.75 % durch den Verkehr verursacht. Die Luftbelastung durch Stickoxide, besonders durch Stickstoffmonoxid ist "hausgemacht". An verkehrsreichen Straßen werden bei windstillem Wetter extrem hohe Werte erreicht.

Stickstoffdioxid

In Ladenburg erreichten die Konzentrationen 47 % des IW_1 . Im Innenstadtbereich von Großstädten wie Mannheim wurden bis zu 80 % des IW_1 gemessen. Diese Durchschnittswerte schließen nicht aus, daß die Grenzwerte an einzelnen Tagen auch überschritten werden können.

Stickstoffmonoxid

In Ladenburg lag der I_1 -Mittelwert bei ca. $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hohe Konzentrationen wurden entlang der Autobahn A5 und an allen Anschlußstellen gemessen (bis zu $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Kohlenmonoxid

Die Kohlenmonoxidkonzentrationen lagen im gesamten Raum Heidelberg/Mannheim bei 5 %-14 % des IW_1 -Wertes nach TA-Luft und erreichten in Ladenburg Werte von ca. 8 % des IW_1 . Bedingt durch den Verkehr wurden die höchsten Konzentrationen in den Stadtzentren von Mannheim und Heidelberg und entlang der Autobahnen gemessen. Kohlenmonoxid wird zu 75-80 % durch den Verkehr emittiert. Eine weitere bedeutsame Quelle für den CO-Ausstoß ist der Hausbrand (Heizung).

Ozon

Die Ozonwerte sind im gesamten Untersuchungsgebiet seit 1987 stetig angestiegen. Im Meßzeitraum 1992/1993 wurde der Schwellenwert von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 121mal überschritten.

Paradoxerweise liegen die Ozonwerte in ländlichen und verkehrsärmeren Gebieten oft über denen der Ballungszentren. Dieses Phänomen ist auch kleinräumig in Ladenburg zu beobachten. So sind die Ozonwerte in der verkehrsreichen Innenstadt niedriger als über den landwirtschaftlich genutzten Flächen auf der Südgemarkung um Neubotzheim. Die Ozonkonzentrationen verhalten sich entgegengesetzt zu den Stickoxiden. D.h. tagsüber entsteht in den verkehrsbelasteten Zentren durch Abgase und Sonneneinstrahlung Ozon, das

sich durch Luftströmungen auch über die verkehrsärmeren Flächen ausdehnt. Läßt die Sonneneinstrahlung gegen Abend nach, sorgt vor allem Stickstoffmonoxid aus den Autoabgasen dafür, daß Ozon abgebaut wird. Dort aber wo der ständige Nachschub an Abgasen (und damit von Stickstoffmonoxid) fehlt, kann das Ozon nicht oder nur sehr langsam abgebaut werden. Das heißt außer zu den Tageszeiten mit der intensivsten Sonneneinstrahlung sind die Ballungsgebiete mit Ozon weniger belastet als die unbebauten, verkehrsärmeren Gebiete.

Für das gesamte Untersuchungsgebiet wurden die Jahresmittelwerte errechnet und mit den Ergebnissen der Meßstationen in Mannheim verglichen. Danach gehören besonders der Westen und die Nordgemarkung von Ladenburg mit 50 bis 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zu den Gebieten der höchsten Ozonbelastung. Über dem größten Teil der Stadt Ladenburg wurden 40 bis 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, in der Südstadt sowie entlang des südlichen Neckarverlaufes 30 bis 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen. Damit sind die Jahresdurchschnittswerte wie erwartet in der Randlage des Ballungszentrums höher als in Mannheim selbst. An den Stationen in Mannheim-Nord und Mannheim-Mitte wurde das Jahresmittel mit 30 bis 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ angegeben und lag im Schnitt 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ unter den Werten, die die flächendeckende Messung für Mannheim ergab. Bei den 98 %-Werten stimmten die Ergebnisse der Meßstationen gut mit den Daten aus dem Untersuchungsprogramm überein. Aber auch hier wurden in Ladenburg höhere Konzentrationen als in Mannheim ermittelt. Im Norden und Westen von Ladenburg erreichten die Werte 160 bis 190 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, in der Mitte und im Süden 130 bis 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Messergebnisse der Stationen in Mannheim-Nord lagen bei 145 bis 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und in Mannheim-Mitte bei 130 bis 145 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

	I ₁ -Wert	I ₂ -Wert
Ladenburg-Nord	50-60	160-190
Ladenburg-West	50-60	175-190
Ladenburg-Mitte	40-50	130-160
Ladenburg-Süd	30-40	130-145
Mannheim-Nord	40-50	130-160
Mannheim-Nord-Meßstation	30-40	145-160
Mannheim-Mitte	30-50	130-145
Mannheim-Mitte-Meßstation	30-40	130-145

Tab.5: Jahresmittelwerte der Ozonkonzentrationen in µg/m³ in Ladenburg und Mannheim; Ergebnisse aus der flächendeckenden Messung und den Meßstationen(Luftreinhalteplan Mannheim/Heidelberg 1995); I₁=arithmetischer Mittelwert, I₂=98 %-Wert.

Die Ergebnisse zeigen, daß die Ozonkonzentrationen in Ladenburg im Durchschnitt bis zu 20 µg/m³ über denen der Meßstationen in Mannheim lagen, die 98 %-Werte waren um ca. 30 µg/m³ höher als die Mannheim. Da es sich hier um einen Jahresdurchschnitt handelt, die Ozonwerte aber an sonnenarmen Tagen nicht wesentlich differieren, resultieren die Unterschiede aus den Sommermonaten mit hoher Sonneneinstrahlung. In dieser Zeit ist dann der Abstand der aktuellen Werte in Ladenburg zu denen der Meßstationen vermutlich größer als 30 µg/m³. Es wäre daher notwendig, im Norden von Ladenburg eigene Luftschadstoffmessungen sowie Wirkungsuntersuchungen an Pflanzen durchzuführen.

Die Spitzenozonwerte während der Sommermonate sind in den letzten Jahren weiter angestiegen. Entsprechend ist davon auszugehen, daß sowohl der Jahresmittelwert, vor allem aber der 98 %-Wert die Ergebnisse der Untersuchung von 1992 deutlich überschreitet.

Chlorwasserstoff und Fluorwasserstoff

Bei beiden Substanzen waren im gesamten Untersuchungsgebiet keine Besonderheiten festzustellen. Die Konzentrationen lagen zwischen 1 % und 5 % der festgelegten Grenzwerte der TA-Luft.

Benzol

Die Jahresmittelwerte von Benzol überschritten fast flächendeckend den vom Länderausschuß für Immissionschutz empfohlenen Ziel- und Orientierungswert zur Begrenzung des Krebsrisikos durch Benzol von $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In Ladenburg wurde ein Jahresmittel von $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, an stark befahrenen Straßen in Mannheim und Heidelberg sogar bis $6,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ errechnet. Die Benzolemissionen werden fast ausschließlich durch den Verkehr verursacht und erreichen an innerstädtischen Hauptverkehrsstraßen bis zu $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Aufgrund dieser Meßergebnisse kann davon ausgegangen werden, daß ab einem durchschnittlichen Verkehrsaufkommen von 10 000 Kraftfahrzeugen pro Tag insbesondere in schmalen Innerortsstraßen mit einem Jahresdurchschnitt von mehr als $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Benzol gerechnet werden muß (Luftschadstoffmessungen, UMEG 1993).

Toluol und Xylol

Für diese Substanzen existiert weder ein Grenz- noch ein Orientierungswert. Deshalb kann eine Aussage über den Grad der Belastung nicht getroffen werden. Der Vergleich im Meßgebiet zeigte, daß die Werte für Ladenburg ca. 50 % der für Mannheim ermittelten Konzentrationen erreichten.

Trichlorethen

Die Konzentrationen lagen im Untersuchungsgebiet zwischen $0,7$ und $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in Ladenburg bei ca. $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tetrachlorethen

In Ladenburg wurden Durchschnittswerte von $0,3$ - $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, im restlichen Untersuchungsgebiet Konzentrationen zwischen $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen.

Staubniederschlag

Der Staubniederschlag in Ladenburg erreichte im Industriegebiet im Westen mit bis zu $156 \text{ mg}/(\text{m}^2\text{d})$ ca. 45 % des festgelegten IW_1 und lag damit deutlich höher als in der Umgebung. Im Stadtzentrum von Ladenburg waren es mit $80 \text{ mg}/(\text{m}^2\text{d})$ etwa 22 % des IW_1 .

Blei und Cadmium im Staubniederschlag

In Ladenburg erreichten die I_1 -Konzentrationen ca. 14 % des IW_1 -Grenzwertes für Blei und 16% für Cadmium und waren damit um Faktor 2-3 niedriger als in Mannheim und Heidelberg.

Thallium im Staubniederschlag

Thallium zeigte flächendeckend im Vergleich zum Immissionswert IW_1 eine Belastung zwischen 1 % und 3 %. Im Nordwesten von Ladenburg erreichte die Konzentration 4 % des IW_1 . Am höchsten war sie im Einfluß des Zementwerkes im Süden Heidelbergs mit 5-11 % des IW_1 .

Nickel, Arsen und Chrom im Staubniederschlag

Für diese 3 Schwermetalle existieren keine Grenzwerte nach TA-Luft. Daher ist eine Bewertung nur im relativen Vergleich möglich.

Für **Nickel** wurden im Großraum Mannheim/Heidelberg zwischen 16 und 119 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$, in Ladenburg bis zu 31 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ gemessen. Hohe Werte wurden z.B. um das Großkraftwerk Mannheim, im Stadtzentrum von Weinheim und in Walldorf/Wiesloch beschrieben.

Die Meßergebnisse für **Arsen** lagen in Ladenburg und der übrigen Region zwischen 2 und 8 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$.

Chrom wurde in Konzentrationen von 5-30 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ in der gesamten Region gemessen. Die Belastungsschwerpunkte lagen in Mannheim aber auch in Edingen/Neckarhausen und um St. Ilgen. In Ladenburg waren die Konzentrationen mit 5-8 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$ relativ nieder. Auffallend waren die höheren Werte um das Industriegebiet im Nordwesten von Ladenburg mit 16 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$.

Benzpyren

Die Jahresdurchschnittswerte im Untersuchungsgebiet ergaben Konzentrationen zwischen 0,9 ng/m^3 und 2,6 ng/m^3 . Der Zielwert von 1,3 ng/m^3 wurde an 5 Stationen in Mannheim und Heidelberg überschritten. Für Ladenburg wurden keine erhöhten Werte beschrieben.

2.4. Immissionswirkungsuntersuchungen

Mit Hilfe von Indikatorpflanzen kann das Vorhandensein bzw. die Wirkung von Luftschadstoffen untersucht

werden. Für diese Experimente werden gezüchtete Pflanzen an festgelegten Standorten für eine bestimmte Zeit exponiert. Der Grad von Blattschädigungen bzw. die Menge der angereicherten Schadstoffe in Nadeln oder Blättern lassen dann Rückschlüsse zu, ob die Luftverunreinigungen ertragsmindernd auf Kulturpflanzen wirken, oder ob Pflanzen in Folge zu hoher Anreicherungen nicht mehr als Nahrungsmittel zu verwenden sind.

2.4.1. Analyse von PCB und PAB in Fichtennadeln

In den Nadeln von Fichten wurde der Gehalt von aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und polychlorierten Biphenylen (PCB) ermittelt. Diese Stoffe können die Pflanzen nicht aus dem Boden aufnehmen, sondern reichern sie aus der Luft an. Im gesamten Untersuchungsraum war eine deutliche Immissionsbelastung erkennbar, die höchsten Werte wurden in Mannheim mit 46-277 ng/g Trockensubstanz (TS) nachgewiesen, in Ladenburg-Mitte ergab die Messung 39 ng/g TS. Der natürliche PAK-Gehalt in Pflanzen liegt nur zwischen 10-20 ng/g TS.

PCB ist rein anthropogen und kommt in der Natur nicht vor. In Ladenburg-Mitte wurden 6 ng/g TS, in Mannheim zwischen 6,5 und 33 ng/g TS ermittelt.

2.4.2. Schwermetallanreicherungen in Graskulturen

Die Anreicherung von Schwermetallen und Schwefel aus der Luft wurde an standardisierten Graskulturen untersucht, die nicht mit dem Boden des Untersuchungsortes in Verbindung standen. Zur Beurteilung der Konzentrationen wurden für Blei und Cadmium die Grenzwerte nach der Futtermittelverordnung (FMV 1990) und für Zink und Nickel maximale Immissionsdosiswerte (MID nach VDI 2310) zugrundegelegt. Die Überschreitung des Schwellenwertes bedeutet, daß eine signifikante Anreicherung in den Kulturen und damit eine Belastung der Luft mit dem jeweiligen Element vorliegt.

	Blei	Cadmium	Zink	Nickel	Schwefel
La-Nord	2,9	0,07	45		3723
La-Mitte	2,5	0,06	60	11	3928
La-Rosenhof	1,7	0,06	50		4082
Grenzwert	40	1	300	50	
Schwellenwert	2,65	0,09	43,6	7,1	4514

Tab.6: Schwermetallanreicherungen in Graskulturen in Ladenburg in µg/gTS (Luftreinhalteplan Mannheim/Heidelberg 1995).

Für die Schwermetalle Chrom und Kupfer wurden auf der Gemarkung von Ladenburg keine erhöhten Werte beschrieben. Für beide Elemente wurde im gesamten Untersuchungsgebiet der jeweilige Schwellenwert (5,52 µg/gTS für Cu und 1,04 µg/gTS für Cr) nur sehr vereinzelt und in geringem Maße überschritten.

Signifikante Belastungen wurden in Ladenburg für Blei, Zink und Nickel nachgewiesen. Besonders auffällig war der erhöhte Wert (11 µg/g TS) für Nickel in Ladenburg-Mitte, da im restlichen Untersuchungsgebiet 95 % der Werte zwischen 5 und 7 µg/gTS lagen.

Für Schwefel und Cadmium wurde an allen 3 Ladenburger Untersuchungsorten der Schwellenwert eingehalten (Tab.6).

Bei den Untersuchungen der Gartenböden in Ladenburg (siehe Kapitel Boden) überschritten Blei und Zink ebenfalls deutlich die natürlich vorhandenen Konzentrationen, für Nickel wurden allerdings keine erhöhten Werte festgestellt (Tab.45).

2.4.3. Wirkungen an oxidationsempfindlichen Pflanzen

Die Wirkung von Photooxidantien wurde an drei verschiedenen Indikatorpflanzen (Pintobohne, Brennessel, Rotklee) am Standpunkt Ladenburg-Rosenhof untersucht. Blattschädigungsgrade von über 5 % dienen als Maß für die Belastung durch oxidierende Luftverunreinigungen.

	Pintobohne	Brennessel	Rotklee
Maximalwert	50 %	32 %	29 %
Mittelwert	14 %	8 %	9 %

Tab.7: Blattschädigungsgrade an oxidationsempfindlichen Pflanzen, untersucht in Ladenburg/Rosenhof (Luftreinhalteplan Mannheim/Heidelberg 1995).

Die Ergebnisse für Ladenburg entsprechen den Beobachtungen im gesamten Untersuchungsgebiet. Allerdings gibt es im Plangebiet vereinzelt Belastungsschwerpunkte wie beispielsweise in Handschuhsheim-Nord. Dort wurde eine Maximalschädigung der Pintobohne von 90 % und ein Mittel von 23 % Schädigung festgestellt. Die Ergebnisse bestätigen die zunehmende Belastung unseres Raumes durch Photooxidantien. So hat sich zwischen 1984 und 1992 die durchschnittliche Blattschädigungsrate bei der Pintobohne verdoppelt.

Das Auftreten von Blattschäden signalisiert, daß die Grenze der physiologischen Belastbarkeit der Pflanze überschritten ist. Bevor es zu diesen offensichtlichen Schädigungen kommt, kann die Pflanze aber in ihrer Leistungsfähigkeit schon stark beeinträchtigt sein.

Untersuchungen an Flechtenexponaten wurden auf der Gemarkung von Ladenburg nicht durchgeführt. Flechten reagieren besonders empfindlich auf saure Luftverunreinigungen. Im gesamten Untersuchungsgebiet wurden aber nur sehr geringe Schädigungen an Flechten beobachtet.

2.5. Überlegungen zur Bewertung des Krebsrisikos anhand der LAI-Studie

In die Bewertung des Krebsrisikos durch den Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) wird die Belastung der Luft durch die krebserregenden Schadstoffe Arsen, Asbest, Benzol, Cadmium, Dieselruß, Benzpyren und 2,3,7,8-TCDD einbezogen. Dabei geht das Komitee von einer kontinuierlichen Exposition über 70 Jahre hinweg aus. Unterschiedliche Berechnungen ergaben für das Teilmeßgebiet Mannheim/Ladenburg ein Risiko zwischen 2,0:2500 und

2,7:2500, das heißt 2 bzw. 2,7 durch Luftschadstoffe tödlich verlaufende Krebserkrankungen je 2500 Bürger. Das Risiko ist damit in unserem Ballungszentrum ca. 5 mal höher als in ländlichen Regionen.

Der LAI hat als Ziel festgelegt, höchstens ein Risiko von 1:2500 zu akzeptieren, da es unrealistisch erscheint die Werte der ländlichen Regionen zugrunde zulegen.

2.6. Emissionsmessungen in Ladenburg

Für die im Luftreinhalteplan Mannheim/Heidelberg Juli 1995 veröffentlichten Ergebnisse der Emissionsmessungen war das Untersuchungsgebiet wiederum in das Kataster mit Flächen von 1 km² unterteilt worden. Im Unterschied zu den Immissionen wurde ermittelt, wer welche Mengen an Schadstoffen auf einer definierten Fläche abgibt. Die Beschreibung der Emissionen erfolgte getrennt nach den Quellengruppen Industrie und Gewerbe, Kleinf Feuerungsanlagen und Verkehr auf der Grundlage der Messungen von 1992.

Für die Auswertung von Verkehrs- und Industrieemissionen wurden die Randbereiche von Ladenburg miteinbezogen, obwohl nur noch ein Teilgebiet der einzelnen Quadrate zur Ladenburger Gemarkung zählt. Das betrifft die Flächen mit hohen Emissionen im Osten entlang der Autobahn sowie das Industriegebiet im Westen.

Eine kleinräumigere Erfassung von Verkehrsemissionen entlang einiger Straßen in Ladenburg wurde von der UMEG durchgeführt. Die Grundlage dieser Daten sind Verkehrszählungen aus dem Jahre 1992. In die Berechnung der Emissionen gehen eine Reihe von Faktoren wie Straßenneigung, Anzahl der Ampeln, Anzahl der Dieselfahrzeuge, Häufigkeit von Staus, Häufigkeit von Anhalten und Anfahren u.a. mit ein. Die Ergebnisse wurden für einzelne Straßenabschnitte getrennt aufgeführt. Die Angaben im Luftreinhalteplan wurden dagegen entsprechend der Katastereinteilung auf den km² bezogen

Grundlage für beide Auswertungen war das Verkehrsemissionskataster, das nach Vorgaben der UMEG erstellt wurde.

2.6.1. Kleinfeuerungsanlagen

In Ladenburg werden mittlerweile ca. 80 % der angeschlossenen Haushalte mit Gas beheizt. Verschwindend gering ist der Anteil der Haushalte (ca. 2 %), die Festbrennstoffe als Energieträger benutzen; die restlichen Anlagen werden mit Heizöl betrieben. Obwohl die Anschlußquote an Erdgas höher ist als in den anderen Gemeinden des Untersuchungsgebietes, könnten weitere Einschränkungen bei der Verwendung von Öl und Festbrennstoffen die Emissionen noch reduzieren.

CO	SO ₂	NO ₂	OGD	Staub
52	29	29	7	2

Tab.8: Schadstoffemissionen der Kleinfeuerungsanlagen in Ladenburg in t/a (Luftreinhalteplan Mannheim/Heidelberg 1995).

	Gas	Heizöl	Festbrennstoffe
CO	30 %	20 %	50 %
NO _x	40 %	60 %	
SO ₂		95 %	5 %
OGD	5 %	60 %	35 %
Staub		20%	80%

Tab.9: Emissionsanteil der einzelnen Schadstoffe bei unterschiedlichen Energieträgern für die Quellengruppe Kleinfeuerungsanlagen (Luftreinhalteplan Mannheim/Heidelberg 1995).

2.6.2. Industrie

Die Auswertung der Emissionen, die durch die Industrie verursacht werden, wurde getrennt für 2 Gebiete vorgenommen. Der Schadstoffausstoß über den 3 Quadraten des Katasters im Industriegebiet um die Firmen Grünzweig/Hartmann, Jungbunzlauer und Benckiser wurde gesondert

angegeben (Ladenburg-West), da auf diesen Flächen die Emissionen um ein Vielfaches höher lagen als auf dem Rest der Gemarkung.

	SO ₂	NO _x	CO	OGD	Staub
Ladenburg-West	bis 622	38-210	3,2-8,7	14-91	22-26
sonstige Gemarkung	bis 8,6	bis 3,8	bis 0,3	bis 3,5	bis 0,2

Tab.10: Emissionen in Ladenburg verursacht durch die Industrie in t/Jahr je km²(Luftreinhalteplan Mannheim/Heidelberg 1995).

2.6.3. Straßenverkehr

Zur Ermittlung der Straßenverkehrsemissionen wurde das Verkehrsnetz in Linienquellen, (Hauptstraßennetz) und Flächenquellen mit untergeordneter Bedeutung für den Verkehr eingeteilt.

Autobahn	1,9 km
Landesstraße	11,9 km
Kreisstraße	2,2 km
Gemeindestraße	4,2 km
gesamt	20,2 km

Tab.12: Straßenlänge der untersuchten Linienquellen in km in Ladenburg (Luftreinhalteplan Mannheim/Heidelberg 1995).

Für die einzelnen Gemeinden im Untersuchungsgebiet wurde die jeweilige Jahresfahrleistung der Linien- und Flächenquellen ermittelt.

1992 waren in Ladenburg 11791 Einwohner gemeldet. Die Anzahl der zugelassenen PKW lag bei 6121, die der LKW, Busse und leichten Nutzfahrzeuge (INFZ) bei 364. Damit unterhielten durchschnittlich 1,9 Einwohner einen PKW.

PKW	90,85
leichte Nutzfahrzeuge	1,9
schwere Nutzfahrzeuge	6,08

Tab.11: Jahresfahrleistung der einzelnen Fahrzeugtypen bezogen auf Linien- und Flächenquellen in Mio km in Ladenburg (Luftreinhalteplan Mannheim/Heidelberg 1995).

Die Verkehrsemissionen wurden für die 3 Quadrate entlang der Autobahn A5 sowie für 1 Quadrat, das die Autobahnzufahrt beinhaltet gesondert aufgeführt. Die restlichen Daten beziehen sich auf die übrige Gemarkung von Ladenburg.

	SO ₂	NO ₂	CO	OGD	Staub
A5	2,6-3,9	67-102,6	176-261	16-23	3,1-4,7
restliche Gemarkung	0,2-0,8	bis 14,8	bis 67,5	bis 9,2	bis 0,7
Autobahnzufahrt	1,3	34,3	91	8,5	1,6

Tab.13: Emissionen in Ladenburg verursacht durch den Verkehr in t/Jahr je km² (Luftreinhalteplan 1995).

CO wird fast ausschließlich durch die Fahrleistung der PKW emittiert, während an den übrigen Emissionen SO₂, NO₂, OGD und Staub die schweren Nutzfahrzeuge überproportional hoch beteiligt sind. Im gesamten Untersuchungsgebiet liegt die Fahrleistung der sNFZ bei ca. 6 %, aber 75 % der Partikel-Emissionen, 48 % der OGD-Emissionen, 50 % des SO₂- und 38 % des NO₂-Ausstoßes werden durch diese Fahrzeugklasse erzeugt. Für Ladenburg liegt der Anteil der sNFZ mit 6,7 % etwas über dem Durchschnitt und damit auch die durch sie abgegebenen Schadstoffe (Luftreinhalteplan 1995).

2.6.4. Sonstige Verkehrsarten

Die Emissionen von Schiffs-, Flug- und Bahnverkehr sind im gesamten Untersuchungsgebiet von geringer Bedeutung. Ihr Anteil beträgt bei CO 0,5 %, bei NO₂ 6,9 %, bei SO₂ 6,9 % und bei OGD 1,4 %.

Für Ladenburg selbst gibt es keine exakten Angaben über diese Emissionen.

2.6.5. kleinräumiges Luftschadstoff-Emissionskataster der Quellengruppe Verkehr für die Stadt Ladenburg (UMEG 1995)

Von der UMEG wurden 1992 an einigen Ladenburger Straßen die Emissionen der wichtigsten Autoabgase Kohlenmonoxid, Organische Gase und Dämpfe und Stickoxide berechnet und als Jahresemission pro km angegeben. Die meisten Straßen wurden in mehrere Abschnitte unterteilt, für die die Auswertung getrennt erfolgte.

Für einige Gebiete mit geringem Verkehrsaufkommen wurden die Emissionen innerhalb definierter Flächen errechnet (Flächenquellen). Die Emissionsbelastung durch das Fahrzeugaufkommen an den Linienquellen am Rande dieser Flächen wurde in die Berechnungen für die Flächenquellen nicht miteinbezogen.

Wie schon beschrieben gibt es für Emissionen keine Grenzwerte und die Daten können nur untereinander verglichen werden.

	Fahrzeuge/24h	Emissionen in t/a km		
		CO	OGD	NO ₂
Schriesheimerstr.	6617	15,6	1,7	4,3
Hirschberger Allee (1)	3939	18,6	2,3	1,9
Hirschberger Allee (2)	1660	7,6	1	0,6
Weinheimerstr.	6568	22,8	2,9	3,5
Trajanstr. (1)	6382	29,9	3,8	3,1
Trajanstr. (2)	4693	22	3,8	2,3
Trajanstr. (3)	2672	12,5	1,6	1,3
Neckarstr. (1)	912	1,7	0,3	0,5
Neckarstr. (2)	5032	17	2,2	2,4
Hauptstr. (1)	3655	23	2,8	1,8
Hauptstr. (2)	2261	14,2	1,7	1,2
Neue Anlage	7876	28	3,5	4,2
Wallstadterstr. (1)	6693	23,6	2,9	3,3
Wallstadterstr. (2)	5727	20,1	2,5	2,9
Wallstadterstr. (3)	8457	16	2,4	4,4
Heddesheimerstr.	12540	25,1	3,1	7,3
Benzstr. (1)	7877	28,8	3,9	3,6
Benzstr. (2)	7594	27,3	3,5	4
Bahnhofstr. (1)	9433	34,2	4,3	5
Bahnhofstr. (2)	7946	28,4	3,5	4
Ilvesheimerstr. (1)	11083	20,2	2,5	5,9
Ilvesheimerstr. (2)	9986	42,2	5,3	6
L597 (1)	10684	24,1	2,7	6,8
L597 (2)	10054	21	2,6	7,3
L597 (3)	11112	25	2,9	7,6
A5	74371	233,1	19,4	95,1

Tab.14: Jahresemissionen über den Linienquellen in Ladenburg in t/a km; die Zahlen in Klammern geben den Abschnitt der jeweiligen Straße entsprechend der Abb.1 an (UMEG 1995).

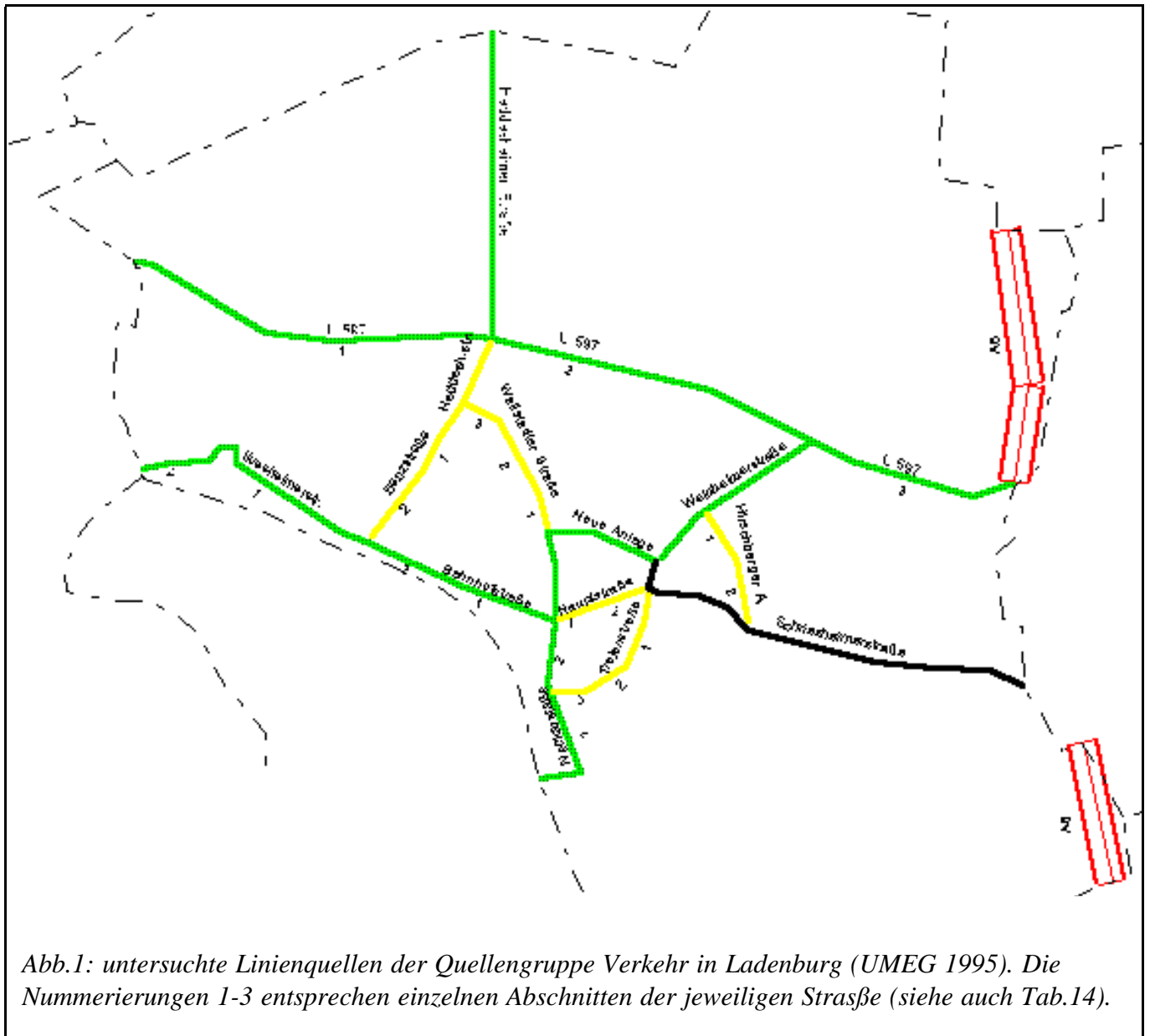




Abb.2: untersuchte Flächenquellen der Quellengruppe Verkehr in Ladenburg (UMEG 1995). Die Nummerierung der Flächenquellen ist entsprechend Tab.15.

Stadtteil	Nummer	CO	OGD	NO ₂	SO ₂	Blei	Partikel
Süd	221	12,1	1,6	1,2	0,083	1,61	0,113
Nord	222	9,4	1,3	1,0	0,065	1,22	0,095
Ost	223	24,8	3,3	2,4	0,172	3,36	0,234
Nord	224	34,9	4,8	3,4	0,2343	4,74	0,331
Nord	225	16,9	2,2	1,6	0,112	2,19	0,153
Nord	226	5,1	0,7	0,5	0,04	0,79	0,06
Weststadt	227	13,0	1,9	1,7	0,122	1,8	0,247
Weststadt	228	14,3	1,9	1,4	0,1	1,9	0,144
Weststadt	229	20,7	3,0	2,8	0,187	2,71	0,379
Weststadt	230	43,1	5,7	4,2	0,318	6,184	0,436
Weststadt	231	16,8	2,4	2,2	0,153	2,233	0,31
Ost	252	44,2	5,6	4,4	0,27	5,29	0,37
Süd	253	13,3	1,7	1,4	0,084	1,59	0,12
Weststadt	254	3,8	0,5	0,4	2,7	0,467	0,046

Tab.15: Jahresemissionen über den Flächenquellen in Ladenburg in t/a km² (UMEG 1995); die Nummerierung der Flächen ist entsprechend der Abb.2.

2.7. Energie- und Emissionsbericht über öffentliche Gebäude von Ladenburg

Das Badenwerk veröffentlicht seit 1993 einen jährlichen Bericht über den Energiebedarf der öffentlichen Gebäude in Ladenburg. Folgende öffentliche Einrichtungen wurden in den Bericht einbezogen: das Gebäude auf dem städtischen Friedhof, das Feuerwehrhaus, die Astrid-Lindgren-Schule, der Bauhof, die Straßenbeleuchtung, das Schulzentrum (seit 1994) und die Erich-Kästner-Schule (seit 1995).

Der Energieverbrauch der einzelnen Gebäude wurde mit gering, normal oder hoch bewertet. Als Referenzwerte dienten statistisch ermittelte Vergleichsdaten von entsprechenden Gebäuden. Die Spanne, in der der Energiebedarf von 70 % der vergleichbaren Gebäude liegt wurde als normal festgelegt. Normal (2) ist der statistische Mittelwert, normal (1) entspricht der unteren, normal (3) der oberen Grenze des Normalbereichs. Die Einstufung in die Kategorien gering-

normal-hoch wird erst seit 1994 vorgenommen.

	Wärme		Licht- und Kraftstrom	
	1994	1995	1994	1995
Schulzentrum	normal (2)	normal (2)	hoch	hoch
Feuerwehrhaus	hoch	hoch	normal (3)	normal (3)
Bauhof	normal (2)	hoch	normal (1)	normal (1)
Gebäude auf dem städtischen Friedhof	normal (1)	normal (1)	hoch	hoch
Astrid-Lindgren-Schule	normal (2)	normal (2)	normal (3)	normal (3)
Erich-Kästner-Schule	n.u.	normal (2)	n.u.	normal (2)

Tab.16: Bewertung des Energieverbrauchs öffentlicher Gebäude in Ladenburg im Jahr 1994 und 1995; die Einteilung erfolgte in gering, normal (1), normal (2), normal (3) und hoch (Energieberichte für Ladenburg 1994 und 1995, Badenwerk AG, Karlsruhe); n.u.=nicht untersucht.

		1993	1994	1995
Schulzentrum	Wärme	n.u.	192,2	213,4
	Licht	n.u.	23,2	23,8
Feuerwehrhaus	Wärme	278,4	283	298,1
	Licht	25,1	24,8	24
Bauhof	Wärme	206,9	242,6	273,7
	Licht	19,7	19,7	19,3
Gebäude auf dem städtischen Friedhof	Wärme	64,4	61,1	94
	Licht	111,5	98	58,3
Astrid-Lindgren-Schule	Wärme	216,5	190,2	205,2
	Licht	21,6	22,2	22,3
Erich-Kästner-Schule	Wärme	n.u.	n.u.	188,1
	Licht	n.u.	n.u.	11,2

Tab. 17: Energieverbrauchskennwerte für einige öffentliche Gebäude in Ladenburg für Wärme sowie Licht- und Kraftstrom in kWh/m² von 1993-1995 (Energieberichte für Ladenburg 1993-1995, Badenwerk AG, Karlsruhe); n.u.=nicht untersucht.

Beim Verbrauch für Licht- und Kraftstrom ist das Ergebnis nur für den Bauhof und die Erich-Kästner-Schule zufriedenstellend. Alle anderen Objekte liegen mit ihrem Energiebedarf an der oberen Grenze des Normbereiches oder sogar darüber. Besonders groß wäre das Einsparungspotential sicherlich im Karl-Benz-Gymnasium, da es ca. 73 % der gesamten Energie aller untersuchten öffentlichen Gebäude in Ladenburg benötigt.

Im Gebäude auf dem städtischen Friedhof ist der Stromverbrauch immer noch hoch, obwohl er seit 1993 deutlich zurückgegangen ist. Gleichzeitig ist hier der Bedarf an Wärmeenergie angestiegen. Es dürfte sich dabei wohl um eine Umstellung der Heizung von Strom auf Gas handeln. Die Wärmedämmung wurde für dieses Gebäude mit gering angegeben und korreliert offensichtlich mit dem hohen Energiebedarf.

Ein hoher Wärmeverbrauch wurde auch für das Feuerwehrhaus und den Bauhof ermittelt, obwohl gleichzeitig die Wärmedämmung für das Feuerwehrhaus mit mittel und für den Bauhof mit hoch angegeben wurde.

Der Wärmebedarf insgesamt hat gegenüber dem Vorjahr deutlich zugenommen. Den größten Anteil daran hat das Schulzentrum, da es über 90 % der Heizenergie der untersuchten Gebäude benötigt und der Anstieg gegenüber 1994 ca. 11% beträgt.

2.7.1. Anteile der verwendeten Energieträger

Der überwiegende Anteil der Wärmeenergie für die öffentlichen Gebäuden in Ladenburg wird durch Erdgas gedeckt (79,8 % im Jahr 1995). Nur ein sehr geringer Prozentsatz von 0,4 % des Gesamtbedarfs wird aus Strom hergestellt. Licht- und Kraftstrom machen immerhin 19,7 % des Gesamtenergieverbrauches aus.

Energieträger	absolute Anteile	prozentuale Anteile
Heizstrom	29.037 kWh	0,4 %
Erdgas	5.543.050 kWh	79,8 %
Licht/Kraftstrom	1.370.501 kWh	19,7 %

Tab.18: Anteil der Energieträger am Gesamtenergiebedarf der öffentlichen Gebäude in Ladenburg im Jahr 1995 (Energiebericht 1995 Ladenburg, Badenwerk AG, Karlsruhe).

Aus dem Verbrauch der unterschiedlichen Energieträger Heizstrom, Erdgas und Licht-/Kraftstrom wurden die Emissionen von Stickoxiden, Schwefeldioxid und Kohlendioxid errechnet.

Emissionen	Schadstoffarten	1995
Wärme	Stickoxide	1115 kg
	Schwefeldioxid	172 kg
	Kohlendioxid	1195 t
Licht- und Kraftstrom	Stickoxide	247 kg
	Schwefeldioxid	178 kg
	Kohlendioxid	263 t

Tab.19: Emissionen öffentlicher Einrichtungen in Ladenburg im Jahr 1995 (Energiebericht 1995 Ladenburg, Badenwerk AG, Karlsruhe)

Die Aufstellung zeigt die Emissionen, die in Ladenburg allein durch die Energieversorgung der untersuchten öffentlichen Gebäude freigesetzt werden. Auffällig ist dabei der hohe Ausstoß von Schwefeldioxid bei der Stromherstellung. Obwohl der Anteil von Licht- und Kraftstrom am Gesamtenergiebedarf bei nur 19,7 % liegt, wird ähnlich viel SO₂ freigesetzt wie bei der Wärmegewinnung durch Erdgas, die 79,8 % der Gesamtenergie liefert.

2.8. Klimaschutz in Ladenburg

Seit dem 2.12.92 ist Ladenburg Mitglied im Klima-Bündnis europäischer Städte und hat sich damit verpflichtet, den CO₂-Ausstoß bis zum Jahr 2005 um 30 % zu reduzieren. In einer 1993 veröffentlichten Broschüre mit Tips zum Energiesparen in den Privathaushalten, wurde den Ladenburger Bürgern versprochen, daß in einem ersten Schritt von der Stadtverwaltung ein Energiekonzept erstellt werden würde. Einige einzelne Projekte wurden in Angriff genommen, aber ein Gesamtkonzept konnte bis heute nicht erarbeitet werden, und viele der Vorhaben sind noch in der Planungsphase oder warten auf ihre Umsetzung.

2.8.1. Projekte zur Energieeinsparung in Ladenburg

(aus Kapitel Maßnahmenplan 9/1994 des Luftreinhalteplans Großraum Mannheim/Heidelberg).

2.8.1.1. Vorbild der öffentlichen Hand

Die Heizung des städtischen Freibades wurde 1991 von Gas auf Solarenergie umgestellt. Dadurch werden in Ladenburg pro Jahr 76 Tonnen weniger CO₂ emittiert.

2.8.1.2. Privathaushalte

Seit 1985 fördert die Stadt die Umstellung von Öl- auf Gasheizung bei Privathaushalten. Die Anschlußquote an das Gas beträgt mittlerweile 80 % und wird von keiner anderen Gemeinde im Umkreis erreicht. Außerdem werden der Einbau von Solaranlagen und Brennwertkesseln sowie die Wärmerückgewinnung durch kontrollierte Wohnungslüftung bezuschußt.

2.8.1.3. Industrie (eigene Angaben der Firmen)

Firma Jungbunzlauer GmbH Ladenburg Kraftwerk

Die Firma Jungbunzlauer GmbH betreibt 1994 in ihrem Kraftwerk in Ladenburg drei Feuerungsanlagen:

Kessel 1: Kohlefeuerung, in der Anlage wurde gelegentlich Pilzmycel aus der Zitronensäureherstellung mitverbrannt

Kessel 2: Erdgas/Heizöl EL

Kessel 3: Erdgas/Heizöl EL

Die Feuerung des Kessels 2 wurde 1992 von Heizöl S (max. 1 % S) auf Erdgas/Heizöl EL umgestellt. Die Mycelverbrennung in Kessel 1, die gelegentlich zu Beschwerden wegen erheblicher Geruchsbelästigung führte, wurde eingestellt.

Emissionen in Tonnen pro Jahr	1984	1988	1992	1996	2000
Schwefeldioxid	727	849	478	478	478
Stickoxide	340	305	131	131	131
Stäube	111	76	14	14	14

Tab.20: voraussichtlicher Emissionsverlauf beim Kraftwerk der Firma Jungbunzlauer GmbH, 1984 bis 2000 (Maßnahmenplan des Luftreinhalteplans Mannheim/Heidelberg, 1994).

Grünzweig und Hartmann AG, Ladenburg

Im Rahmen betrieblicher Modernisierung und Sanierung soll in den Anlagen der Firma auch die Reduktion vorhandener Emissionen erreicht werden. Die Maßnahmen umfassen Zusätze zum Rohstoff, Optimierung der Härteöfen, Vorwärmer und Umluftführung, Intensivierung der Staubabscheidung sowie Gaspendingung.

Folgende Emissionen sollen verringert werden:

Staub	um 62 %	von 500 t/a auf 192 t/a
Stickoxide	um 64 %	von 428 t/a auf 153 t/a
Chlorwasserstoff	um 61 %	von 23 t/a auf 9 t/a
organische Stoffe	um 47 %	von 184 t/a auf 97 t/a

Die Realisierung des Vorhabens wird bei laufender Produktion stufenweise erfolgen und bis Ende 1998 abgeschlossen sein.

2.8.1.4. Verkehr

Auf den Ortsstraßen in Wohngebieten wurde flächendeckend Tempo 30 eingeführt; weitere zusätzliche verkehrsberuhigende Maßnahmen sind vorgesehen.

In der Altstadt darf nur Schrittgeschwindigkeit gefahren werden und an den Wochenenden besteht außerhalb der Geschäftszeiten ein Einfahrverbot in die Hauptstraße aus Richtung Wallstadterstraße.

Der Durchgangsverkehr soll durch weitere Verkehrsberuhigungen reduziert werden. Zur Zeit sind Verhandlungen im Gange einige Hauptdurchgangsstraßen in Ortsstraßen umzuwidmen, da die Gemeinde nur auf Ortsstraßen nicht aber auf Kreis-oder Landesstraßen verkehrsberuhigende Maßnahmen durchführen kann. Die Verhandlungen sind allerdings schleppend und die Umsetzung kann vermutlich erst sehr langfristig verwirklicht werden.

Für das Stadtzentrum wurde ein Gutachten erstellt, das verschiedene Varianten zur Regulierung des Verkehrsaufkommens im Stadtzentrum vorschlägt.

Regionalbahnanbindung

Langfristig soll ein zusätzliches Gleis gebaut werden, das von Mannheim über Ladenburg nach Weinheim führen wird und eine bessere Anbindung des öffentlichen Nahverkehrs vorsieht. Von der Bundesbahn wird Ladenburg zur Zeit immer weniger häufig angefahren. Mit Hinblick auf eine spätere S-Bahn-Anbindung ist die Anlegung von P+R-Plätzen im Bahnhofsbereich geplant.

Ausbau des regionalen Busverkehrs

Im Frühjahr 1996 wurde eine Ruftaxilinie eingeführt, die eine bessere Verbindung zwischen der Weststadt und dem Stadtzentrum ermöglicht.

Eine zusätzliche Busverbindung nach 22 Uhr zwischen Ladenburg und Schriesheim wurde nach einer einjährigen Testphase wieder eingestellt, da die Auslastung zu gering war.

Fahrradwegenetz

Das Fahrradwegenetz in Ladenburg soll sukzessive erweitert werden. Allerdings stagniert der Ausbau seit einiger Zeit.

2.9. Zusammenfassung

In Ladenburg ist die Schadstoffbelastung über der Nordgemarkung deutlich höher als über dem Stadtzentrum oder dem Süden. Die Emissionen aus dem Industriegebiet und dem Ballungszentrum Mannheim/Ludwigshafen werden mit den vorherrschenden Westwinden über den Norden von Ladenburg hinweg in Richtung Odenwald abgeleitet.

Als Emissionsschwerpunkte in Ladenburg werden im Luftreinhalteplan 1995 das Industriegebiet West und die Flächen entlang der A5 dargestellt. Der Ausstoß von Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, von organischen Gasen und Dämpfen, sowie von Stäuben und Kohlenmonoxid liegt hier deutlich über den Werten der restlichen Gemarkung.

Hauptverursacher für hohe Schwefeldioxid- und Staubemissionen ist trotz verbesserter Filtersysteme immer noch die Abluft aus Industriebetrieben, während Kohlenmonoxid fast ausschließlich durch den Verkehr abgegeben wird.

Eine kleinräumige Analyse über die Schadstoffabgabe für die einzelnen Straßen in Ladenburg verdeutlicht die fast flächendeckende Emissionsbelastung durch den Verkehr. Sie liegt im Siedlungsgebiet von Ladenburg zwar deutlich niedriger als entlang der Autobahn, ist aber gerade an den engen Straßen des Stadtzentrums mit einem hohen Anteil an Fuß- und Radverkehr besonders problematisch.

Die Immissionen sind im Gegensatz zu den Emissionen sehr viel gleichmäßiger über Ladenburg verbreitet. Es gibt kaum Belastungsnester, die sich durch Spitzenkonzentrationen einzelner Schadstoffe deutlich hervorheben. Das ist nicht verwunderlich, da die von Emittenten abgegebenen Schadstoffe mit den Luftströmungen über ein größeres Gebiet verteilt werden.

Besonders auffällig sind die hohen Ozonwerte, die im Westen und Norden von Ladenburg gemessen wurden und die höchsten Konzentrationen im gesamten Untersuchungsgebiet über einer entsprechend großen zusammenhängenden

Fläche erreichten. Sie lagen sogar über den Werten, die an den Mannheimer Meßstationen ermittelt wurden. Da diese umfassenden Untersuchungen 1992 durchgeführt wurden, und die Spitzenwerte für Ozon seither weiter angestiegen sind, dürfte die aktuelle Belastung ebenfalls über den beschriebenen Ergebnissen liegen.

Ein weiterer kritischer Parameter sind die Benzolemissionen aus den Kraftfahrzeugen in den Stadtgebieten. Das krebserregende Benzol erreichte gerade in der Innenstadt von Ladenburg, in der Fußgänger und besonders Kinder den Abgasen ausgesetzt sind, Werte, die den empfohlenen Schwellenwert deutlich überschritten. Vermutlich werden sie mit dem zunehmendem Verkehr ebenfalls weiter ansteigen.

Die Immissionswirkungsuntersuchungen an verschiedenen Indikatorpflanzen an der Meßstation Rosenhof ergaben auffällige Befunde für aromatische Kohlenwasserstoffe, polychlorierte Biphenyle und Nickel sowie signifikante Belastungen durch Blei und Zink. Außerdem bestätigen die Blattschädigungen an oxidationsempfindlichen Pflanzen die Zunahme von Photoxidantien in unserem Raum.

Der Energiebericht des Badenwerkes über die öffentlichen Gebäude zeigt die Objekte auf, die zuviel Energie verbrauchen. Als Grundlage gilt der Vergleich mit entsprechenden Gebäuden. Würde man strengere ökologisch orientierte Maßstäbe zur Energieeinsparung anlegen, wäre die Bilanz sicher noch viel schlechter. Das Ladenburger Schulzentrum, das Gebäude auf dem städtischen Friedhof und der Bauhof wurden 1994 bezüglich ihres Energieverbrauches mit "hoch" eingestuft. Die Beurteilung für die Jahre 1994 und 1995 ist im Wesentlichen gleich geblieben, nur der Wärmebedarf für den Bauhof hat sich von normal auf hoch verschlechtert. Allerdings ist der Wärmeverbrauch insgesamt im Vergleich zu 1994 um ca. 10% angestiegen. Maßnahmen zur Minderung des Energiebedarfes wurden noch nicht eingeleitet.

Von der Stadt wurden bis jetzt nur sehr vereinzelte Projekte unter dem Gesichtspunkt Klimaschutz und Reduzierung der Luftschadstoffe in Angriff genommen, von denen viele noch in Planung sind. Die Umsetzung erfolgt sehr, sehr langsam, und ein ausgearbeitetes Energiekonzept konnte noch nicht erstellt werden.

2.10. Maßnahmen zur Verringerung der Schadstoffemissionen

Die weltweit hohen CO₂-Emissionen tragen zur Erwärmung unseres Klimas, dem Treibhauseffekt bei. Es muß deshalb versucht werden, den Energieverbrauch und damit den Ausstoß von Kohlendioxid und anderen Schadstoffen so weit wie irgendmöglich zu verringern. Die Kommunen sind gefordert, Konzepte für die Verbesserung der Umweltbedingungen vor Ort zu entwerfen und zügig durchzuführen.

Mit dem Beitritt zum Klimabündnis haben sich Städte und Gemeinden, darunter auch Ladenburg, zu einer 30 % CO₂-Reduzierung bis zum Jahre 2005 verpflichtet. Dieser Beschluß bedeutet, daß im Jahre 2005 Daten vorgelegt werden sollen, die die angestrebte Reduktion belegen. Diese eingegangene Verpflichtung kann aber nur erfüllt werden, wenn das Projekt Klimaschutz und Reduzierung der Emissionen systematisch verfolgt wird. Dazu gehören die Erstellung eines Klimaschutzkonzeptes, die Bereitstellung von Geldern und die zügige Durchführung von Maßnahmen. Als erste Voraussetzung müßte eine kompetente Person bestimmt werden, die die Koordination für dieses anspruchsvolle Projekt übernimmt. Hilfreiche Tips zur Konzeption können beispielsweise bei der Energieagentur des Landes Baden-Württemberg in Karlsruhe erhalten werden.

Das häufigste Argument gegen ein solches kommunales Energiemanagement ist die Wirtschaftlichkeit. Aber die Erfahrungen vielerorts haben inzwischen gezeigt, daß in der Regel reichlich Einsparpotentiale vorhanden sind und daher kostendeckend gearbeitet werden kann (Umweltpolitik, Kommunaler Klimaschutz in der Bundesrepublik Deutschland, S. 52 ff, Hrsg. Bundesumweltministerium März 1995).

2.10.1. Einsparung von Strom und Wärmeenergie

Mittlerweile gibt es einige Städte wie z.B Saarbrücken, die ihr vorbildliches Konzept zur Energieeinsparung systematisch durchführen. Dazu gehört vor allem eine Änderung des Stromtarifs. Als Anreiz gibt es Prämien für Bürger, die weniger Strom verbrauchen als im Vorjahr, und der Stromverbrauch wird linear berechnet, so daß Vergünstigungen für Großverbraucher wegfallen. Zusätzlich wird der Spitzenlaststrom zu höheren Preisen abgegeben, da dessen Produktion

tatsächlich einen viel höheren Aufwand bedeutet. In Saarbrücken wurde ein Förderprogramm für die ersten 1000 kW Sonnenstrom von den Saarbrückener Dächern gestartet, das auch eine attraktive Vergütung von überschüssigem Strom, der wieder in das Netz eingespeist wird, beinhaltet.

Projekte dieser Art sind für jede Gemeinde, auch für die Stadt Ladenburg, vorstellbar. Eine günstige Gelegenheit zur Verhandlung neuer Bedingungen mit dem Badenwerk hätte sich bei der Verlängerung des Vertrages für die nächsten 20 Jahre geboten, trotzdem besteht jederzeit die Möglichkeit mit dem Versorgungsunternehmen neue, umweltorientierte Konzepte auszuhandeln.

Kernenergie

Die Stadt Saarbrücken kommt inzwischen ohne Kernenergie aus. Dieser Erfolg ist beachtlich, wenn man bedenkt, daß mit ca. 70 % der Hauptanteil des Stromes, der im Badenwerk produziert wird und u.a. Ladenburg versorgt, aus Kernenergie gewonnen wird.

	1992	1993	1994
Kernenergie	60,4 %	65 %	70,3 %
Steinkohle	24,5 %	20,5 %	16,4 %
Öl	0,3 %	0,2 %	0,2 %
Wasser	8,5 %	8 %	8,6 %
Gas	0,4 %	0,4 %	0,1 %
unbekannte Primärenergie	5,9 %	5,9 %	4,4 %

Tab.21: Anteile der Energieträger am Kraftwerksmix für Licht- und Kraftstrom im Badenwerk 1992 bis 1994.

	1992	1993	1994
Kernenergie	70 %	70 %	70 %
Steinkohle	30 %	30 %	30 %

Tab. 22: Anteile der Energieträger für Heizstrom, hergestellt im Badenwerk zwischen 1992 und 1994.

Solar- und Windenergie

Von der LfU in Karlsruhe wurde im Dezember 1994 ein Solar- und Windenergieatlas für Baden-Württemberg mit der nutzbaren Strahlung und Windenergie für die einzelnen Regionen veröffentlicht. Für die Nutzung der Sonnenenergie zählt Baden-Württemberg zu den bevorzugten Standorten. Nach Auswertung der LfU könnte durch Bestückung der nach Süden ausgerichteten Dachflächen mit Solarzellen ca. 1/3 des Heizölverbrauchs der Haushalte und Kleinverbraucher im Land eingespart werden. Für Ladenburg wäre es wünschenswert, daß das bestehende Programm zur Förderung von Solaranlagen auch in Zukunft bestehen bleiben würde.

Die Nutzung von Windenergie dürfte im Rheintal eher unattraktiv sein, da hier geringe Windgeschwindigkeiten vorherrschen. Allerdings können über größeren zusammenhängenden Freiflächen wie z.B. zwischen Heidelberg und Ladenburg Windgeschwindigkeiten auftreten, die für die Energiegewinnung nutzbar sind.

Emissionen verschiedener Energieträger

Die Stadt könnte für Neubaugebiete beispielsweise den Niedrigenergiestandard vorschreiben sowie die Energieversorgung durch Blockheizkraftwerke sicherstellen.

Wie aus Tab.23 ersichtlich, unterscheiden sich die Emissionen je nach eingesetzten Energieträgern erheblich, und die Freisetzung von Schwefeldioxid ist bei Verwendung von Gas oder Nahwärme am geringsten. Beim Vergleich dieser Emissionsfaktoren ist zu berücksichtigen, daß es sich bei den Energieträgern Heizstrom und Nahwärme um Endenergien handelt, die direkt in das Heizungsnetz eingespeist werden, während die anderen Energieträger erst durch Verbrennung in Wärme umgewandelt werden müssen. Bei gleicher Nachfrage an Nutzwärme wird der Endenergieverbrauch dieser Verbrennungsprozesse höher sein.

Energieträger	CO ₂	SO ₂	NO _x
Licht+Kraftstrom	193	0,13	0,18
Heizstrom	301	0,18	0,22
Gas	213	0,03	0,2
Nahwärme	262	0,03	0,19
Propan	254	0,12	0,31
Öl	300	0,4	0,39
Holz	39	0,13	0,61
Steinkohle	368	1,66	0,38
Braunkohle	443	0,6	0,51

Tab.23: Schadstoffemissionen je verbrauchte kWh in Gramm (Badenwerk 1994).

Heizung

Durch die Kleinf Feuerungsanlagen werden ca. 7,5 % der gesamten Schwefeldioxidemissionen verursacht. Den Hauptanteil mit 80 % machen die privaten Heizungen (Hausbrand) aus. SO₂ entsteht bei der Verbrennung von Holz, Heizöl und Brikett. Nur Erdgas enthält keine Schwefelverbindung und verbrennt deshalb praktisch ohne SO₂-Freisetzung. Bei der Verwendung von allen festen Heizmaterialien werden außerdem weitere Schadstoffe in deutlich höheren Konzentrationen freigesetzt als bei der Verbrennung von Erdgas und Erdöl (Tab.24).

Der Anteil der Kleinf Feuerungsanlagen an den Gesamt-emissionen ist zwar relativ gering, aber durch die geringe Emissionshöhe der Schornsteine leisten sie besonders während der lufthygienisch ungünstigen Jahreszeit im Winter einen bedeutenden Beitrag zu den Immissionen.

Erst 1984 wurde eine Wärmeschutzverordnung mit verbindlichen Standards für die Wärmedämmung herausgegeben, eine neue gilt seit dem 1.1.95. In Ladenburg ist aber der Großteil der Häuser vor 1984 gebaut worden. Bei diesen Gebäuden kann von sehr hohen Wärmeverlusten ausgegangen werden. Durch vernünftige Isolation könnten

schätzungsweise bis zu 30 % der Heizung und damit der Abgase und der Kosten eingespart werden (aus: "Wärmebedarf in Neubaugebieten, Gestaltungsmöglichkeiten auf kommunaler Ebene", hessische Energieagentur, 1994).

Energieträger	emittierende Schadstoffe in kg/TJ				
	SO ₂	NO ₂	CO	OGD	Staub
Gas	0,5	42	60	4	0,1
Heizöl EL	85	52	30	10	1,5
Kohle	154	88	4230	396	200
Braunkohlebrikett	100	100	4100	450	240
Holz	1	50	6000	800	200

Tab.24: Emissionsfaktoren für die verschiedenen Energieträger (Luftreinhalteplan Großraum Mannheim/Heidelberg, Maßnahmenplan); kg/TJ=Kilogramm/Terajoule, OGD=organische Gase und Dämpfe (z.B. Benzpyren, Benzol, Alkohole).

Einige Maßnahmen zur Einsparung von Energie wären ohne großen Aufwand praktisch sofort durchführbar. So bietet das Badenwerk eine Beratung für Energieeinsparungen der öffentlichen Gebäude an. Allerdings könnten offensichtliche Quellen der Energieverschwendung wie beispielsweise die übermäßige Beleuchtung vieler Gebäude vorher in eigener Regie beseitigt werden.

Auch die regelmäßige Bürgerberatung im Rathaus durch Mitarbeiter des Badenwerkes könnte viel besser ausgenutzt werden. Es können hier Strommeßgeräte ausgeliehen oder Informationen über sparsame Elektrogeräte erhalten werden. Dieser Service scheint den Bürgern wenig bekannt zu sein und wird bis jetzt kaum in Anspruch genommen.

2.10.2. Verkehr

91 % des Kohlenmonoxids, 52 % der Stickoxide und 68 % der organischen Dämpfe und Gase wie Benzol, Toluol, Benzpyren usw. werden durch den Verkehr insgesamt emittiert. Der Hauptverursacher Nr.1 ist dabei der Straßenverkehr (Luftreinhalteplan Großraum Mannheim/Heidelberg 1995).

Diese Immissionen treten lokal auf und erreichen an verkehrsbelasteten Straßen extrem hohe Werte. Hiervon sind alle Stadtzentren betroffen. Auch in Ladenburg führt außer dem Durchgangsverkehr der Parkplatzsuch- und Rangierverkehr zu einer hohen Abgasbelastung.

Eine Verkehrsberuhigung oder gar Sperrung der Ladenburger Innenstadt wird seit langem kontrovers diskutiert. Erfahrungen in anderen Städten und Gemeinden haben gezeigt, daß eine Fußgängerzone nicht den befürchteten Verlust für die Geschäftsleute bringt, sondern im Gegenteil die Attraktivität des Einkaufens steigert. Mit Hinblick auf das Ziel Verkehrsberuhigung in der Innenstadt wurde im Mai 1996 eine Verkehrsuntersuchung vorgelegt, die verschiedene Möglichkeiten aufzeigt, wie sich der Durchgangsverkehr reduzieren ließe. Gleichzeitig wurde analysiert, in wie weit das Verkehrsaufkommen auf anderen Straßen zunehmen würde.

Erstrebenswert wäre ein Konzept, das eine Reduzierung des Autoverkehrs in ganz Ladenburg bewirken würde, d.h. die Umgehungsstraßen des Stadtkerns könnten z.B. als Spielstraßen deklariert werden und durch den Einbau von Unebenheiten tatsächlich beruhigt werden. Leider kümmern sich die Autofahrer noch wenig um das vorgeschriebene Tempo 30. Zum einem müßte der Durchgangsverkehr (LKW- und PKW-Verkehr) verstärkt über die Umgehungsstraße geleitet werden, zum anderen müßten auch die Ladenburger selbst einsehen, daß die Kurzstrecken innerhalb der Stadt schneller und einfacher zu Fuß oder mit dem Rad zurückzulegen sind.

Heute werden mit dem PKW 70 % der Fahrten auf Strecken bis zu 10 km und 23 % der Fahrten unter 2 km zurückgelegt (Umweltbundesamt 1992 "CO₂-Minderung durch Vermeidung im Verkehr"). Diese Daten verdeutlichen, daß das Auto immer mehr den Fuß- und Radverkehr ersetzt und das Ziel sein muß, diese Entwicklung wieder umzukehren.

2.10.3. Industrie

Die schon bestehende Industrie unterliegt Verordnungen für den Ausstoß von Schadstoffen, auf die die Stadt keinen direkten Einfluß hat. Aber ein weiterer Anstieg der Schad-

stoffe in der Ladenburger Luft ist nicht zu vertreten. Deshalb sollte in Zukunft der Bau emittierender Industrie nicht mehr bewilligt werden.

Dasselbe gilt für den weiteren Ausbau der vorhandenen Industrie. Andererseits bietet die Beantragung von Umbaumaßnahmen die Gelegenheit zu strengeren Umweltauflagen durch die Gemeinde. So könnte z.B. gefordert werden, daß die Abwärme als Heizungswärme ausgenutzt wird.

2.10.4. Öffentlichkeitsarbeit

Bei allen Maßnahmen braucht die Stadt die Unterstützung der Bürger. Eine Sensibilisierung der Gemeindeglieder aber kann nur durch ständige, engagierte Öffentlichkeitsarbeit erfolgen. Das Projekt Klimaschutz muß zum Thema gemacht werden. So wäre es durchaus vorstellbar unter diesem Motto Feste und Veranstaltungen durchzuführen. In anderen Gemeinden wurden damit große Erfolge erzielt. Über geplante Maßnahmen und den aktuellen Stand ihrer Durchführung könnte die Bevölkerung beispielsweise unter einer Rubrik Klimaschutz im Mitteilungsblatt regelmäßig informiert werden.

Auch die Einbeziehung der Banken in Projekte für Klimaschutz und Umwelt ist vielerorts schon gelungen. In diesen Gemeinden und Städten vergaben die Banken günstige Kredite für ökologisches Bauen oder Sanieren.

2.10.5. Checkliste, für Maßnahmen, die zu diskutieren wären:

kurzfristige Maßnahmen

- Erstellung eines Energie- und Klimaschutzkonzeptes
- (teilweise) Sperrung des Zentrums für den Verkehr
- Vorrecht für Fußgänger und Radfahrer gegenüber dem Autoverkehr im Zentrum
- mehr Spielstraßen
- weitere Verkehrsberuhigung an den Eingangsstraßen und den 30 km Zonen (z.B. Neue Anlage, Trajanstraße)
- Ausbau des städtischen Radwegenetzes

- finanzielle Förderung des Radfahrens durch den Arbeitgeber
- Jobticket
- Parkraumbewirtschaftung
- Förderung der Wärmedämmung an älteren Privatgebäuden
- Förderung alternativer Energien für Privatgebäude
- Förderung von Niedrigenergiehäusern
- ökologische Baumaterialien für öffentliche Gebäude
- Beratungsstelle für Verbraucher
- Aktionen an Schulen
- verbesserte Öffentlichkeitsarbeit
- Klimaschutz als Thema von Veranstaltungen, Ausstellungen u.ä.
- Meßstation für Luftschadstoffe, besonders für Ozon, einrichten
- Günstiger Stromtarif bei geringem Verbrauch, Verteuerung von Spitzenlaststrom

langfristige Maßnahmen

- Wärmedämmung an öffentlichen Gebäuden
- alternative Energien für öffentliche Gebäude
- Niedrigenergiehäuser als öffentliche Gebäude
- Wärme aus der Industrie für die Heizung ausnutzen
- Nah- und Fernwärmenetze unter Anwendung von Blockheizkraftwerken
- regionale Konzepte in Zusammenarbeit mit umliegenden Städten und Gemeinden zur Verminderung des Schadstoffausstoßes, besonders in Hinblick auf die Reduzierung des Verkehrsaufkommens