Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement
Bundesamt für Strassenbau

Département fédéral des transports, des communications et de l'énergie
Office fédéral des routes

Dipartimento federale dei trasporti, delle comunicazioni e delle energie
Ufficio federale delle strade

Verminderung der Umweltbelastung durch verkehrsorganisatorische und verkehrstechnische Massnahmen

Réduction de la charge sur l'environnement à travers des mesures d'organisation et de technique de circulation

METRON Verkehrsplanungs- und Ingenieurbüro AG
Windisch/Zürich

W. Hüsler, dipl. Ing. ETH/SVI

Forschungsauftrag 10/85 der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (SVI)

August 1987

Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschafts-
departement EVED
Bundesamt für Strassenbau

VERMINDERUNG DER UMWELTBELASTUNG DURCH VERKEHRS-ORGANISATORISCHE UND VERKEHRSTECHNISCHE MASSNAHMEN

Réduction de la charge sur l'environnement à travers des mesures d'organisation et de technique de circulation

SVI - ARBEITSGRUPPE:

Dr. D. Keller, Raumplanungsamt Kanton Bern (Vorsitz)
B. Albrecht, IVT ETH Zürich
W. Hess, vormals Gesundheitsinspektor der Stadt Zürich
W. Hüsler, METRON
K. Infanger, BUS
M. Keller, INFRAS
Prof. Dr. H.U. Wanner, ETH Zürich
H.R. Wymann, Verkehrskommissariat I, Stadtpolizei Zürich

FORSCHUNGSSTELLE:

METRON Verkehrsplanungs-
und Ingenieurbüro AG
Steinackerstrasse 7
5200 Windisch

Projektleitung und Berichtverfassung:
W. Hüsler, dipl. Ing. ETH/SVI

August 1987

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
	Vorwort	VII
	Kurzfassung	IX
	Résumé	XI
1.	EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	1
1.1	Der Auftrag der SVI	4
1.2	Umweltbelastung durch Verkehr	5
1.2.1	Die Belastungsarten und Verursachergruppen	5
1.2.2	Das Wachstum des Verkehrsaufkommens	10
1.3	Problembereich Luft	11
1.3.1	Das Ausmass der Schadstoffbelastung der Luft	11
1.3.2	Die Luftreinhalte-Verordnung	13
1.3.3	Das Luftreinhalte-Konzept	17
1.3.4	Einschränkung der Untersuchung und Ansatzpunkte für Massnahmen	24
1.4	Problembereich Lärm	29
1.4.1	Das Ausmass der Lärmbelastung	29
1.4.2	Die Lärmschutzverordnung	30
1.4.3	Abgrenzung der Untersuchung und Ansatzpunkte für Massnahmen	36
1.5	Folgerungen für die Abgrenzung der Untersuchung und Forschungsfragen	38
2.	DIE MASSNAHMEN	41
2.1	Die Wirkzusammenhänge	44
2.2	Die Zuordnung der Massnahmen zu den Einflussgrössen und die Abgrenzung im Bereich der Massnahmen	47
2.3	Die Struktur für die Weiterbearbeitung	50
3.	ANSATZBEREICH: REDUKTION DES VERKEHRSVOLUMENS	53
3.1	Grundsätzliche Betrachtung zur Reduktion des Verkehrsvolumens	57

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
3.2	Parkraumpolitik	61
3.2.1	Begrenzung des Parkplatzangebots in zentralen Lagen	61
3.2.2	Eingriffe ins Parkregime (zeitliche Begrenzung, Anwohnervorrechte, Bewirtschaftung)	68
3.3	Reduktion der Strassenkapaziät für den motorisierten Individualverkehr	76
3.3.1	Fahrspurreduktion	76
3.3.2	Verkehrsdosierung durch Lichtsignalsteuerung	82
3.4	Ganz- und Teilfahrverbote	87
3.4.1	Zonen mit Transitsperren	87
3.4.2	Zonen mit zeitlich begrenzter Zufahrt	91
3.4.3	Zonen mit Dieselfahrverbot	95
3.4.4	Sonntagsfahrverbot	97
3.5	Verkehrsumlagerungen durch Strassenneubau	99
3.5.1	Umfahrungsstrassen	99
3.5.2	Untertunnelung	102
3.6	Kritische Würdigung und Nebenwirkungen	103
3.6.1	Die Flexibilität des Verkehrs	103
3.6.2	Die integrierte Kapazitätsreduktion	103
3.6.3	Zur Problematik von Einzelmassnahmen	109
3.6.4	Nebenwirkungen	110
3.7	Die Wirksamkeit der Reduktion des Verkehrsvolumens auf die Stickstoffdioxid-Immissionen	113
3.7.1	Zum Stellenwert dieser Abschätzung	113
3.7.2	Die Annahmen	113
3.7.3	Die Wirksamkeit der Reduktion des Verkehrsvolumens	116
3.7.4	Die Ueberlagerung der Wirksamkeit der "Reduktion des Verkehrsvolumens" und der beschlossenen Massnahmen auf Bundesebene (Fall: Hauptstrassen innerorts)	119
3.8	Die Wirksamkeit der Reduktion des Verkehrsvolumens auf die Lärmimmissionen	125
3.8.1	Einleitung	125
3.8.2	Annahmen für die Beurteilung der Lärmreduktion	125
3.8.3	Die Reduktion der Lärmbelastung infolge der Reduktion des Verkehrsvolumens	125

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
4.	ANSATZBEREICH: VERÄNDERUNG DES VERKEHRSABLAUFS	129
4.1	Grundsätzliche Betrachtung zur Veränderung des Verkehrsablaufs	133
4.2	Geschwindigkeitsreduktion innerorts	136
4.2.1	Signalisation von Tempolimite 30	136
4.2.2	Ausrichten der baulichen Gestaltung auf reduzierte Geschwindigkeiten	146
4.3	Verkehrsverflüssigung	151
4.3.0	Vorbemerkung	151
4.3.1	Verkehrsverflüssigung durch Abbau des Verkehrsvolumens	152
4.3.2	Strassenausbau	154
4.3.3	Optimieren der Verkehrsorganisation	155
4.4	Optimieren des individuellen Fahrverhaltens	158
4.4.1	Umweltfreundliches Fahren	158
4.4.2	Motor abstellen beim Halten und Gelb vor Grün	160
4.5	Kritische Würdigung und Nebenwirkungen	163
4.5.1	Das Niedriggeschwindigkeitsszenario	163
4.5.2	Zur Problematik von Einzelmassnahmen	164
4.5.3	Nebenwirkungen	165
4.6	Die Wirksamkeit der Veränderung des Verkehrsablaufs auf die Stickstoffdioxid-Immissionen	169
4.6.1	Annahmen und Stellenwert dieser Abschätzung	169
4.6.2	Die Wirksamkeit der Geschwindigkeitsbeschränkung Tempolimite 30 innerorts	169
4.6.3	Die Wirksamkeit des "umweltfreundlicheren Fahrens" in Kombination mit Tempolimite 30	172
4.6.4	Die Ueberlagerung der Wirksamkeit der Massnahmen	173
4.7	Die Wirksamkeit der Veränderung des Verkehrsablaufs auf die Lärmimmissionen	178
4.7.1	Vorbeifahrt und Beschleunigung	178
4.7.2	Die Reduktion der Lärmbelastung infolge Reduktion der Vorbeifahrtsgeschwindigkeit	179

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
5.	ZUSAMMENFASSUNG	183
5.1	Ausgangslage	186
5.2	Abgrenzung	188
5.3	Reduktion des Verkehrsvolumens	191
5.4	Veränderung des Verkehrsablaufs	194
5.5	Strategien und ihre Wirksamkeiten	196
6.	EMPFEHLUNGEN FÜR WEITERE ARBEITEN	199
6.1	Uebersicht	202
6.2	Verbreiterung der empirischen Basis	203
6.3	Neuorientierung des verkehrsplanerischen Theorieansatzes	205
6.4	Modellstudien	206
6.5	Ratgeber für die Praxis	206
6.6	Laufende Aktualisierung der Immissionsprognosen	207
6.7	Aufbau einer Koordinationsstelle	207
	Literaturverzeichnis	209 - 213

ANHANG

A NO_X Emissionen des Privatverkehrs (Autos, Lastwagen, Lieferwagen, Motorräder, Mofas, Cars) des Verkehrs innerorts 1984 - 2000

B NO_X Immissionen, abgeminderte Anteile und Anteile nach Quellengruppen 1987, 1994 und 2000 bei konstantem Verkehrsvolumen im Innerortsbereich

C Beispiel für Immissionsverlauf

Vorwort

Unter dem Titel "Verminderung der Umweltbelastung durch verkehrsorganisatorische und verkehrstechnische Massnahmen" hat die Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure ein Forschungsthema lanciert, das bis vor kurzem noch zu den fast exotischen Randgebieten des Verkehrsingenieurswesens zählte, heutzutage jedoch ausserordentlich aktuell ist und für längere Zeit dem praktizierenden Verkehrsingenieur an der Front grosse Sorgen bereiten wird.

Im Bewusstsein, dass nicht mehr als ein allererster Anfang würde gemacht werden können, wurde versucht, zielorientierte, das konkrete Ergebnis suchende Gedankenketten aufzubauen, zu verfolgen und zum Schluss zu bringen. Dies, um den Behörden und Verkehrsfachleuten eine erste Orientierungshilfe zu bieten und weil gleichzeitig von einem solchen Vorgehen die produktivsten Hinweise für die weiteren Arbeiten erwartet werden konnten.

Die Forschungsarbeit wurde von der Firma METRON Verkehrsplanung AG, Windisch, unter der Leitung von Herrn Willi Hüsler geleistet.

Der begleitenden Kommission gehörten neben dem Unterzeichnenden die folgenden Herren an:

Bruno Albrecht, IVT ETH Zürich; Walter Hess, vormals Gesundheitsinspektor der Stadt Zürich; Kurt Infanger, BUS; Mario Keller, INFRAS; Prof.Dr. Hans-Urs Wanner, ETH Zürich; Hansruedi Wymann, Verkehrskommissariat I, Stadtpolizei Zürich.

Es ist mir ein Anliegen, den obgenannten Kollegen meinen herzlichen Dank für die Arbeit und das angenehme Arbeitsklima auszusprechen.

Der Vorsitzende der begleitenden Kommission

Dr. Donald Keller
Raumplanungsamt des Kantons Bern

KURZFASSUNG

1. Die bisher auf Bundesebene beschlossenen Massnahmen zum Umweltschutz beim Verkehr und in den Bereichen Haushalt und Gewerbe/Industrie werden, mindestens im Bereich der städtischen Hauptstrassen, in zahlreichen Fällen nicht zur umfassenden Einhaltung der Immissionsgrenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung und der Lärmschutz-Verordnung führen.

2. Bei der Luftbelastung gilt das in besonderem Ausmass für die Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxid-Immissionen, die heute vorwiegend vom Verkehr stammen. Da die Senkung der Konzentration dieses Luftschadstoffes ebenfalls eine Verbesserung bei den anderen gasförmigen Luftschadstoffen ergibt, kann er in diesem Zusammenhang als Leitgrösse betrachtet werden. Die gemessenen Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxid-Immissionen erreichen heute in städtischen Hauptstrassen Werte, die den Immissionsgrenzwert um das 2 bis 4fache übersteigen können. Ohne zusätzliche Massnahmen zu den bisher beschlosssenen werden diese Werte (bei konstantem Verkehrsaufkommen) bis zum Ablauf der Uebergangsfrist im Jahre 1994 lediglich um einen guten Drittel reduziert und bis zum Jahr 2000 (bei voller Wirksamkeit der bisher beschlossenen Massnahmen) um knapp die Hälfte.

3. Eine ähnliche Diskrepanz besteht zwischen den Immissionsgrenzwerten der Lärmschutz-Verordnung und den Lärmbelastungen.

4. Zusätzliche Massnahmen sind somit notwendig. Diese Forschungsarbeit befasst sich mit den verkehrstechnischen und verkehrsorganisatorischen Massnahmen im lokalen Bereich innerorts, die zur Verminderung der Luft- und Lärmbelastungen führen. Die Abschätzungen haben ergeben, dass solche Massnahmen bei sinnvoller Anwendung zusätzliche Reduktionen der Luft- und Lärmimmissionen in der Grössenordnung von 25 bis 50% ergeben können.

5. Diese Massnahmen setzen beim Verkehrsvolumen (motorisierter Individualverkehr) und beim Verkehrsablauf (Geschwindigkeit, Beschleunigungsanteile, Fahrverhalten) an. Bei beiden Ansatzpunkten wirken sich die Massnahmen sowohl auf die Luftbelastung als auch auf die Lärmbelastung positiv aus.

6. Die Untersuchungen belegen, dass aus der Optik des Umweltschutzes die Verkehrsbelastungen in den Spitzenstunden nicht von ausschlaggebender Bedeutung sind, vielmehr ist es die Tagessumme der Fahrzeugkilometer, die ins Zentrum der Optik rückt.

7. Ein Problem, das an Bedeutung stark zunimmt, stellt der schwer zu entgiftende Dieselmotor und damit hauptsächlich der Schwerverkehr dar. Auf diesem Gebiet werden sehr grosse Anstrengungen notwendig sein, sonst sind die Belastungsgrenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung und der Lärmschutz-Verordnung sowie die Emissions-Zielsetzungen des Bundesrates (siehe Luftreinhalte-Konzept) nicht einzuhalten.

8. Das in dieser Studie vorgelegte Material erlaubt es, aufgrund von aktuellen Angaben (Messungen, Berechnungen), Schätzungen für die künftigen Luft- und Lärmbelastungen zu erstellen.

   Um die entsprechenden Belastungsgrenzwerte zu den gesetzlich vorgesehenen Zeitpunkten einzuhalten, sind Massnahmen notwendig. Diese Unterlagen helfen abzuschätzen, welche Wirksamkeit von einer bestimmten Reduktion des Verkehrsvolumens und von der Veränderung des Verkehrsablaufs erwartet werden kann.

9. Die Untersuchungen haben ergeben, dass einzelne Massnahmen in den meisten Fällen nicht zielführend sind, ja dass sie sich in gewissen Fällen sogar kontraproduktiv auswirken können. Besser eignen sich klar gebündelte Strategien wie die beiden folgenden:

   - Die integrierte Kapazitätsreduktion umfasst einerseits restriktive Massnahmen gegen den motorisierten Individualverkehr in den Bereichen Parkierung und Strassenkapazität generell (nicht nur Pförtneranlagen) und andererseits Förderungsmassnahmen beim öffentlichen Verkehr sowie der Fussgänger- und Veloverkehr.

   - Das Niedriggeschwindigkeitsszenario setzt bei der Reduktion von Tempolimiten und der Verflüssigung des Verkehrs durch Massnahmen, wie Kreisel statt Lichtsignalanlagen, sowie beim umweltfreundlichen Verhalten an.

10. Der Stand des gesicherten Wissens zu den Fragen der Wirksamkeit von verkehrlichen Massnahmen zum bessern Schutz der Umwelt ist lückenhaft. Insbesondere zur Verbreiterung der empirischen Basis werden weitere Forschungstätigkeiten dringend empfohlen.

RESUME

1. Les mesures préconisées au niveau fédéral pour la protection de l'environnement dans les domaines du trafic motorisé, des ménages et de l'industrie sont, pour le moins en ce qui concerne les routes principales urbaines, insuffisantes.

Dans de nombreux cas, les valeurs limites d'immission fixées par les ordonnances sur la protection de l'air et du bruit ne pourront être globalement respectées.

2. La charge polluante de l'air est en particulier indiquée par la valeur moyenne annuelle d'immission de dioxyde d'azote, qui provient aujourd'hui en grande partie du trafic motorisé.
Le dioxyde d'azote peut être considérée comme indicateur de la pollution de l'air, car une diminuation de sa concentration dans l'air entraine aussi une réduction d'autres polluants gazeux.

Les valeurs moyennes annuelles mesurées des immissions de dioxyde d'azote atteignent aujourd'hui sur les routes principales urbaines 3 à 4 fois plus que la valeur limite d'immission retenue par les ordonnances.

Jusqu'en 1994, terme de la période de transition, seul un bon tiers des immissions pourrait être réduit, en supposant un effet complet des mesures envisagées, et sans tenir compte d'autres mesures supplémentaires. Pour l'an 2000, cette réduction pourrait atteindre juste la moitié.

3. En matière de bruit, il existe une divergence semblable entre les valeurs limites d'immissions définies par l'ordonnance sur la protection contre le bruit et les valeurs effectives du niveau de bruit.

4. Des mesures supplémentaires seraient ainsi nécessaires. Ce travail de recherche traite des mesures de technique et d'organisation de la circulation qui conduisent à une diminution des charges polluantes de l'air et du niveau de bruit, à l'intérieur du périmètre des localités.

Une réduction de l'ordre de 25 à 50% des valeurs d'immission (air, bruit) peut être estimée si l'on applique correctement l'ensemble des mesures envisagées.

5. Ces mesures s'appliquent tant au volume de trafic (trafic individuel motorisé) qu'au déroulement trafic (vitesse, accélérations plus ou moins fréquentes, manière de conduire).

Pour ces deux aspects du trafic, les mesures produisent des résultats positifs aussi bien pour la charge polluante de l'air que pour le niveau de bruit.

6. Les recherches entreprises montrent que, dans l'optique de la protection de l'environnement, les charges de trafic aux heures de pointe sont pas déterminantes. C'est la somme journalière des kilomètres parcourus qui est le point crucial.

7. Le trafic poids-lourd repésente aussi un problème important, d'autant plus qu'il est difficile de rendre moins polluant les moteurs diesel.

De grands efforts devront être entrepris dans le domaine poids-lourd, sinon les valeurs limites fixées par les ordonnances (protection de l'air, protection contre le bruit) et les objectifs concernant les émissions prévus par le Conseil fédéral, ne seront pas respectés.

8. Cette étude autorise à établir, sur la base de données actuelles (mesures, calculs), des estimations pour le futur en ce qui concerne la charge polluante de l'air et le niveau de bruit.

A cet égard, des mesures sont nécessaires si l'on veut respecter dans les délais voulus les valeurs limites définies par la législation (valeurs limites d'exposition au bruit, valeurs limites d'immission de l'air).

Les données de cette étude permettent d'estimer l'effet d'une réduction déterminée de volume de trafic, ou d'un changement du déroulement du trafic, sur la charge polluante de l'air et le niveau de bruit.

9. Les recherches ont montré que les mesures appliquées individuellement ne permettent pas d'obtenir dans la plupart des cas les résultats escomptés. Dans quelques cas précis, ces mesures peuvent même jouer l'une contre l'autre.

Il s'agit ainsi d'appliquer des stratégies étroitement liées, comme ci-après:

- La réduction de capacité intégrée qui s'applique, d' une part, à l'encontre du trafic individuel motorisé au niveau du parcage et da la capacité des routes en géneral, (pas seulement ponctuellement aux accès) et, d'autre part, aux mesures d'encouragement des transports publics, des piétons et des deux-roues légers.

- Le scénario de vitesse modérée qui s'applique par la réduction de la vitesse de marche des véhicules, par l'écoulement continu du trafic grâce à des mesures tel que giratoire (en lieu et place régulations lumineuses), et par un comportement des conducteurs respectueux de l'environnement.

10. L'etat des connaissances fiables concernant l'efficacité des mesures en matière de trafic pour améliorer la protection de l'environnement est encore précaire.

Des recherches supplémentaires sont ainsi vivement conseillées si l'on veut consolider ces bases encore relativement empiriques.

K A P I T E L 1

EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

1.0 Aufbau des Kapitels

1.1 Der Auftrag der SVI

1.2 Umweltbelastung durch Verkehr

1.2.1 Die Belastungsarten und Verursachergruppen

1.2.2 Das Wachstum des Verkehrsaufkommens

1.3 Problembereich Luft

1.3.1 Das Ausmass der Schadstoffbelastung der Luft

1.3.2 Die Luftreinhalte-Verordnung

1.3.3 Das Luftreinhaltekonzept

1.3.4 Einschränkung der Untersuchung und Ansatzpunkte für Massnahmen

1.4 Problembereich Lärm

1.4.1 Das Ausmass der Lärmbelastung

1.4.2 Die Lärmschutzverordnung

1.4.3 Abgrenzung der Untersuchung und Ansatzpunkte für Massnahmen

1.5 Folgerungen für die Abgrenzung der Untersuchung und Forschungsfragen

1.1 Der Auftrag der SVI

Die Bezeichnung des Forschungsauftrags lautet:

"Verminderung der Umweltbelastungen durch verkehrsorganisatorische und verkehrstechnische Massnahmen".

Das Forschungsziel ist folgendermassen umschrieben:

Fachtechnische Beurteilung der Wirksamkeit verkehrsplanerischer und verkehrsorganisatorischer Massnahmen zur Verminderung der Umweltbelastungen. Aufzeigen von gesicherten Erkenntnissen sowie von Wissenslücken. Praktische Empfehlungen für Sofortmassnahmen sowie Grundlage für weitere Forschungsarbeiten.

Aufgrund der Breite des Forschungsfeldes mussten Prioritäten gesetzt werden, umsomehr als auch der Kredit durch den Kreditgeber auf ca. 2/3 des ursprünglichen Betrages gekürzt wurde. Aus den Anforderungen der Praxis ergab sich eine Zentrierung auf die Fragestellungen, die sich aus den Ausführungsbestimmungen des Bundesgesetzes für Umweltschutz ergeben. Es betrifft dies in erster Linie die Luftreinhalte-Verordnung und die Lärmschutz-Verordnung. Weitere Aspekte wie die Sicherheit, die Flächeninanspruchnahme, die Wohnlichkeit und der Energiekonsum wurden bewusst ausgeklammert.

1.2 Umweltbelastung durch Verkehr

1.2.1 Die Belastungsarten und Verursachergruppen

Der Verkehr trägt neben anderen Arten von Umweltbelastungen[1]) wesentlich zur Schadstoffbelastung der Luft und zur Lärmbelastung bei.

Die Luftbelastung

Die Schadstoffbelastung der Luft durch den Verkehr ist sehr weitgehend auf die Verbrennung von Treibstoffen zurückzuführen. Verursacher ist in erster Linie der motorisierte Strassenverkehr (Individualverkehr[2], Schwerverkehr[3] und zum Teil der öffentliche Verkehr[4]).

Im Luftreinhalte-Konzept des Schweizerischen Bundesrates (Literatur 1) werden die Anteile des Verkehrs und der andern hauptsächlichen Quellengruppen an den landesweiten Emissionen wichtiger Luftschadstoffe für das Jahr 1984 folgendermassen geschätzt:

---

1) Auf die Schadstoffbelastung des Bodens, des Wassers und auf weitere Arten von Umweltbelastungen wird in dieser Studie nicht eingegangen.
2) Personenwagen, Lieferwagen, Motorräder, Mofas
3) Lastwagen, Car
4) Postauto, Bus (nicht elektrisch)

Schwefeldioxid-Emissionen 1984

Quellengruppe	in Tonnen pro Jahr	in %
Verkehr[1]	5'500	6%
Haushalte	23'400	24%
Ind. und Gewerbe	66'400	70%

Stickoxid-Emissionen 1984

Quellengruppe	in Tonnen pro Jahr	in %
Verkehr[1]	157'800	74%
Haushalte	8'500	4%
Ind. und Gewerbe	48'000	22%

Kohlenwasserstoff-Emissionen 1984

Quellengruppe	in Tonnen pro Jahr	in %
Verkehr[1]	90'300	27%
Haushalte	42'500	12%
Ind. und Gewerbe	206'500	61%

Tabelle 1: Emissionen wichtiger Luftschadstoffe nach Quellengruppen.
Aus Luftreinhalte-Konzept (Quelle: Literatur 1).

---

[1]Gesamtverkehr (Strassenverkehr, Luftfahrt, Schiffahrt)

Die Blei-Emissionen schätzt das Bundesamt für Umweltschutz folgendermassen:

Blei-Emissionen
Ca. 75% der gesamtschweizerischen Blei-Emissionen, das entspricht ungefähr 500 t (im Jahr 1984), wurden durch den Strassenverkehr erzeugt.

Tabelle 2: Blei-Emissionen (Quelle: Literatur 2)

Die Lärmbelastung

Die Lärmbelastung durch den Verkehr ist auf die Antriebs- und Rollgeräusche zurückzuführen. Die Schallspitzen erzeugt in der Regel der Schwerverkehr. Neben dem motorisierten Strassenverkehr verursacht der Schienen- und Luftverkehr lokal erhebliche Lärmbelastungen.

Schätzungen zufolge (Literatur 3) sind etwa 80% aller Lärmbelästigungen auf den Verkehr zurückzuführen, wobei der weitaus grösste Anteil vom Strassenverkehr verursacht wird.

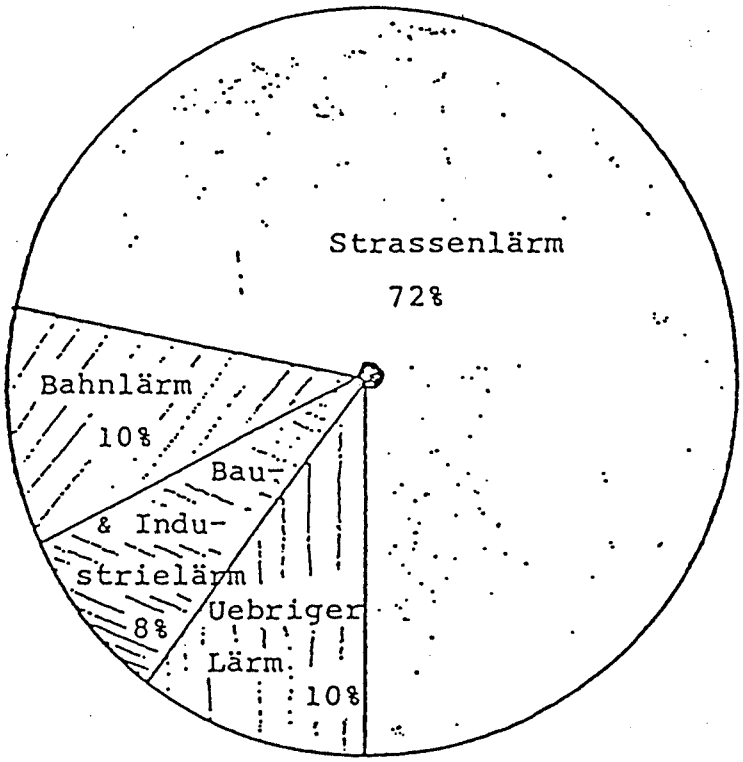


Abbildung 1: Lärmbelästigungen nach ihren Quellen.
(Quelle: Literatur 3).

Hauptgegenstand dieser Studie

Diese Studie befasst sich in der Folge hauptsächlich mit den Luft- und Lärmbelastungen durch den motorisierten Strassenverkehr.

Das leitet sich aus der Ueberlagerung der folgenden Umstände ab:

- Es wird vermutet, dass die "verkehrsorganisatorischen und verkehrstechnischen Massnahmen" (siehe Bezeichnung des Forschungsauftrages) beim Strassenverkehr von grosser praktischer Bedeutung für die Verringerung der lokalen und regionalen Umweltbelastungen sind.

- Die Luft- und Lärmbelastungen werden zur Zeit durch den motorisierten Strassenverkehr in insgesamt erheblichem Ausmass mitverursacht.

- Infolge des Erlasses der Luftreinhalte-Verordnung (Literatur 4) und der Lärmschutz-Verordnung (Literatur 5) mit ihren klaren Zielvorgaben ist es gerade in den Bereichen Luft- und Lärmbelastung für die Praxis der Verkehrsfachleute besonders dringlich, über die Wirksamkeit von verkehrsorganisatorischen und verkehrstechnischen Massnahmen in diesen Bereichen mehr zu wissen.

1.2.2 Das Wachstum des Verkehrsaufkommens

Gemäss den Prognosen des Stabes für Gesamtverkehrsfragen (Literatur 1) ist weiterhin mit einem Wachstum der Gesamtfahrleistung des Strassenverkehrs (in Fahrzeugkilometer) zu rechnen. Von 1984 bis zum Jahre 2000 wird die Zunahme des Personenverkehrs auf ca. 25% geschätzt und diejenige des Güterverkehrs auf ca. 30%.
Diese Prognosen gehen davon aus, dass der bisherige Zuwachstrend infolge von Sättigungserscheinungen allmählich abklingt. Vergleichsweise ergäbe die Fortschreibung des ungebrochenen Zuwachstrends der Jahre 1975 bis 1984 beim Personenverkehr bis im Jahr 2000 eine Zunahme der Fahrzeugkilometer um rund 60%.

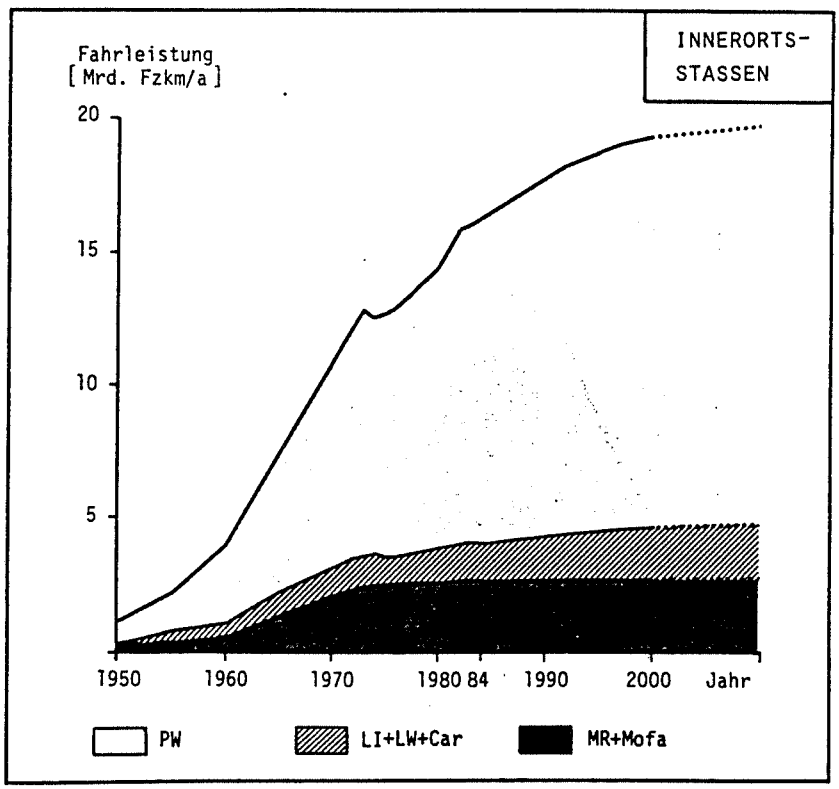


Abbildung 2: Verkehrsentwicklung innerorts in Fahrzeugkilometern nach Fahrzeugkategorien (Quelle: Literatur 11).

1.3 Problembereich Luft

1.3.1 Das Ausmass der Schadstoffbelastung der Luft

Die Belastung der Luft durch Schadstoffe kann grundsätzlich auf zwei Ebenen dargestellt werden:

- durch die Emissionen, das heisst die Menge der aus stationären Anlagen beziehungsweise aus Fahrzeugen austretenden Schadstoffe,

- durch die Immissionen, das heisst die am Ort ihres Einwirkens auftretenden Luftschadstoffkonzentrationen (Luftqualität oder Immissionskonzentration, Literatur 1).

Die Immissionen sind die unmittelbaren Verursacher der schädlichen Folgen der Schadstoffbelastung der Luft. Die einzelnen gemessenen Immissionskonzentrationen lassen sich nicht direkt nach den Quellengruppen aufsplitten. Eine Zusammenstellung von Messdaten aus dem Luftreinhalte-Konzept (Literatur 1) für die Luftschadstoffe Schwefeldioxid (SO_2) und Stickstoffdioxid (NO_2) zeigt auf, dass die entsprechenden Immissionsgrenzwerte aus der Luftreinhalte-Verordnung (Literatur 4) in den städtischen Agglomerationen und in den Stadtzentren - wo rund 60% der Schweizer Bevölkerung leben - zum Teil erheblich (um das Zwei- bis Vierfache) überschritten sind (Literatur 1).

Region	Immissionen in Mikrogramm pro Kubikmeter ($\mu g/m^3$)			
	SO_2 (Jahres-mittelwert)	hausgemachter Anteil (berechnet)	NO_2 (Jahres-mittelwert)	hausgemachter Anteil (berechnet)
Hochalpine Gebiete	2- 3 $\mu g/m^3$	20 %	2- 3 $\mu g/m^3$	20 %
Ländliche Gebiete	8-12 $\mu g/m^3$	60 %	20- 30 $\mu g/m^3$	80 %
Agglomerationen und Stadtränder	30-40 $\mu g/m^3$	85 %	30- 50 $\mu g/m^3$	90 %
Stadtzentren	50-70 $\mu g/m^3$	90 %	60-140 $\mu g/m^3$	95 %
Immissions-grenzwerte	30 $\mu g/m^3$		30 $\mu g/m^3$	

Tabelle 3: Heutige Schwefeldioxid- und Stickstoffdioxid-Immissionen in der Schweiz. (Quelle: Literatur 1).

Demgegenüber ist die Luftbelastung durch Ozon - das als sekundärer Schadstoff unter dem Einfluss von Sonnenlicht aus Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen gebildet wird - in ländlichen Gebieten grösser als in Städten. Unter ungünstigen Verhältnissen übersteigt die Ozon-Konzentration auf dem Lande die Schädlichkeitsgrenze für den Menschen und für die Vegetation, die bereits beim Einwirken während weniger Stunden bei ca. 100 - 120 $\mu g/m^3$ liegt, und erreicht während mehreren Tagen Spitzenwerte von über 200 $\mu g/m^3$.
Die Ozonkonzentration ist in den Städten meist tiefer als auf dem Land, weil die hohen Stickoxid-Konzentrationen in den Städten zu einem lokalen Abbau von Ozon führen.

1.3.2 Die Luftreinhalte-Verordnung

Die Luftreinhalte-Verordnung (LRV, Literatur 4) ist eine Ausführungsbestimmung des Umweltschutzgesetzes. Sie wurde am 1. März 1986 in Kraft gesetzt. Sie enthält unter anderem Bestimmungen zur vorsorglichen Emissionsbegrenzung und zu Massnahmen gegen übermässige Immissionen und legt Immissionsgrenzwerte fest.
Im folgenden werden die Betrachtungen auf die Bestimmungen zu Massnahmen gegen übermässige Immissionen und zu den Immissionsgrenzwerten beschränkt (die Massnahmen zur vorsorglichen Emissionsbegrenzung werden in ihrem Gesamtzusammenhang im Kapitel "1.3.3 Das Luftreinhalte-Konzept" abgehandelt).

a) Die Ziele der Luftreinhalte-Verordnung

Der Zweck der Luftreinhalte-Verordnung kann dem Art. 1 entnommen werden:
"Diese Verordnung soll Menschen, Tiere, Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume sowie den Boden vor schädlichen oder lästigen Luftverunreinigungen schützen".

Zu einer Anzahl wichtiger Luftschadstoffe sind im Anhang 7 der LRV Immissionsgrenzwerte festgelegt (vergl. Tabelle 4). Werden ein oder mehrere Immissionsgrenzwerte überschritten, so spricht die Verordnung von "übermässigen Immissionen".[1])

---

[1]) Bestehen für einen Schadstoff keine Immissionsgrenzwerte, so gelten die Immissionen als übermässig, wenn bestimmte Bedingungen von Art. 2 verletzt sind.

Schadstoff	Immissions-grenzwert	Statistische Definition
Schwefeldioxid (SO_2)	30 µg/m³	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
	100 µg/m³	95% der ½-h-Mittelwerte eines Jahres ≤100 µg/m³
	100 µg/m³	24-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden
Stickstoffdioxid (NO_2)	30 µg/m³	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
	100 µg/m³	95% der ½-h-Mittelwerte eines Jahres ≤100 µg/m³
	80 µg/m³	24-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden
Kohlenmonoxid (CO)	8 mg/m³	24-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden
Ozon (O_3)	100 µg/m³	98% der ½-h-Mittelwerte eines Monats ≤100 µg/m³
	120 µg/m³	1-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden
Schwebestaub[1] insgesamt	70 µg/m³	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
	150 µg/m³	95% der 24-h-Mittelwerte eines Jahres ≤150 µg/m³
Blei (Pb) im Schwebestaub	1 µg/m³	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
Cadmium (Cd) im Schwebestaub	10 ng/m³	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
Staubniederschlag insgesamt	200 mg/m²×Tag	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
Blei (Pb) im Staubniederschlag	100 µg/m²×Tag	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
Cadmium (Cd) im Staubniederschlag	2 µg/m²×Tag	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
Zink (Zn) im Staubniederschlag	400 µg/m²×Tag	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
Thallium (Tl) im Staubniederschlag	2 µg/m²×Tag	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)

Hinweis:

mg = Milligramm; 1 mg = 0,001 g
µg = Mikrogramm; 1 µg = 0,001 mg
ng = Nanogramm; 1 ng = 0,001 µg
Das Zeichen «≤» bedeutet «kleiner oder gleich».

[1] Feindisperse Schwebestoffe mit einer Sinkgeschwindigkeit von weniger als 10 cm/s.

Tabelle 4: Die Immissionsgrenzwerte aus der Luftreinhalte-Verordnung (Quelle: Literatur 4).

b) Die Massnahmenpläne

Die Kantone sind verbindlich angehalten (Art. 27 bis Art. 30), das Ausmass der Immissionen zu ermitteln und allfällige "übermässige Immissionen" festzustellen.

Steht fest oder ist zu erwarten, dass "übermässige Immissionen" auftreten, müssen die Behörden "innert dreier Jahre nach Inkrafttreten dieser Verordnung" (Luftreinhalte-Verordnung Art. 42) die Massnahmenpläne zur Beseitigung der "übermässigen Immissionen" erstellen, das heisst bis zum Jahre 1989.

Der Massnahmenplan gibt an: Die Quellen der Emissionen, die zu "übermässigen Immissionen" führen und die Massnahmen zur Verhinderung oder Beseitigung der "übermässigen Immissionen".

"Die in den Plänen angegebenen Massnahmen sind in der Regel innert fünf Jahren zu verwirklichen" (Luftreinhalte-Verordnung Art. 31), das heisst bis zum Jahre 1994.

> Die Luftreinhalte-Verordnung äussert sich in Art. 33 zu den Massnahmen beim Verkehr:
> "Reichen die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen bei Fahrzeugen und Verkehrsanlagen nicht aus, um übermässige Immissionen zu verhindern oder zu beseitigen, so trifft die Behörde die erforderlichen baulichen, betrieblichen, verkehrslenkenden oder -beschränkenden Massnahmen."

Hier trifft sich der Forschungsauftrag zu dieser Studie ("Verminderung der Umweltbelastungen durch verkehrsorganisatorische und verkehrstechnische Massnahmen") nahtlos mit dem Inhalt der Luftreinhalte-Verordnung.

c) Die Bilanz

Die heute gemessenen Konzentrationen von Schwefeldioxid liegen im Jahresmittel teilweise (vor allem in den Städten) um das Doppelte höher als der entsprechende Immissionsgrenzwert. Die Stickstoffdioxid-Konzentrationen sind sogar bis zu viermal höher als ihr Immissionsgrenzwert (siehe dazu Tabelle 3).

"Zur Einhaltung der Immissionsgrenzwerte müssen deshalb in den stark belasteten Gebieten, durch entsprechende Reduktionen der Emissionen, die Immissionen von Schwefeldioxid um rund 50%, diejenigen von Stickoxiden um bis zu 80% vermindert werden" (Zitat aus Luftreinhalte-Konzept, Literatur 1).

Aufgrund der Prognosen und Modellrechnungen der Emissionsentwicklung, die dem Luftreinhalte-Konzept[1]) zugrundegelegt sind, und dem Einfluss von bereits festgelegten und eingeleiteten Massnahmen (unter anderem gleich strenge Vorschriften wie US-83 für leichte Motorwagen) sowie weiterer Massnahmen, die der Bundesrat so rasch als möglich ergreifen will oder prüft (detaillierte Liste siehe Kapitel "1.3.3 Das Luftreinhalte-Konzept"), kann die folgende Prognose gewagt werden:

- Die Schwefeldioxidimmissionen dürften wesentliche Ziele (Einhaltung der Immissionsgrenzwerte ab 1994) der Luftreinhalte-Verordnung erreichen oder sich stark daran annähern. Das gilt insbesondere für die Jahresmittelwerte, wo der Zusammenhang zwischen Emissionswerten und Immissionskonzentrationen einer proportionalen Beziehung am nächsten kommt.

---

1) Auf das Luftreinhalte-Konzept, das sich hauptsächlich mit der Betrachtung der Emissionsseite befasst, wird im folgenden Kapitel (1.3.3) speziell eingegangen.

- Die Stickstoffdioxidimmissionen werden in den am stärksten belasteten Gebieten die Ziele der Luftreinhalte-Verordnung ohne weitere Massnahmen nicht erreichen.
  Das trifft nicht nur für das Stichjahr 1994, sondern ebenso für das Jahr 2000 zu.
  Zum selben Schluss kommt eine Studie der Firma Elektrowatt AG, die im Auftrag der Stadt Zürich (Literatur 6) ausgearbeitet wurde.

- Zu den weiteren Schadstoffen, zu denen Immissionsgrenzwerte festgelegt wurden (siehe Tabelle 4), sind Prognosen dieser Art nicht zulässig. Wesentlich ist jedoch der Hinweis, dass an der "Bildung von erhöhten Ozonkonzentrationen als Folge von Stickoxid- und Kohlenwasserstoff-Emissionen kein Zweifel mehr besteht" (Zitat NABEL 85, Literatur 7).
  Zur quantitativen Prognose des Verlaufes der Ozon-Immissionen reicht dieser Sachverhalt jedoch nicht aus. Es ist aber damit zu rechnen, dass die Ozonkonzentrationen mindestens in der Tendenz derjenigen der Stickoxidemissionen und Kohlenwasserstoffemissionen folgen.

1.3.3 Das Luftreinhalte-Konzept

Der Bundesrat hat am 10. September 1986 das Luftreinhalte-Konzept (Literatur 1) verabschiedet. Er hat mit diesem Bericht eine Motion erfüllt, die anlässlich der Wald-Sondersession vom Februar und März 1985 vom National- und Ständerat überwiesen worden war.

a) Die Ziele des Luftreinhalte-Konzeptes

Im Luftreinhalte-Konzept sind gesamtschweizerisch Emissionsziele für die als "Leitsubstanzen" betrachteten Luftschadstoffe Schwefeldioxid, Stickoxide und Kohlenwasserstoffe festgelegt.

Abgeleitet sind diese Emissionsziele einerseits aus forstwissenschaftlichen Erkenntnissen. So geben Jahrringuntersuchungen Grund zur Annahme, dass die Luftbelastung ab den fünfziger Jahren eine Schwelle überschritten hat, die sich schädigend auf die Bäume auswirkt. Andererseits sind mit den Immissionsgrenzwerten der Luftreinhalte-Verordnung allgemeinverbindliche lufthygienische Ziele vorgegeben. Bei beiden Betrachtungsweisen liegt das erforderliche Mass der Reduktion in vergleichbaren Grössenordnungen (nach Literatur 1 und 8).

Die Emissionsziele lauten:

- Schwefeldioxid:
  Erreichen des Standes von 1950 bis spätestens im Jahre 1990, das bedeutet eine Reduktion des gegenwärtigen Standes (1984) um knapp die Hälfte (Maximalziel).

- Stickoxide:
  Erreichen des Standes von 1960 bis spätestens im Jahre 1995, das bedeutet eine Reduktion des gegenwärtigen Standes (1984) um ca. 70% (Minimalziel).

- Kohlenwasserstoffe:
  Erreichen des Standes von 1960 bis spätestens im Jahre 1995, das bedeutet eine Reduktion des gegenwärtigen Standes (1984) um ca. 55% (Minimalziel).

b) Die Massnahmen

Um diese Ziele zu erreichen, sind Massnahmen vorgeschlagen. Einige sind bereits rechtsverbindlich festgelegt oder zumindest konkret eingeleitet.

Es sind dies gemäss Luftreinhalte-Konzept (Literatur 1):

- der Erlass der Luftreinhalte-Verordnung,
- die Einführung gleich strenger Vorschriften wie US-83 für leichte Motorwagen,
- die Abgaswartungspflicht und Kontrolle der Fahrzeuge im Verkehr,
- der Ersatz der Bundesfahrzeuge durch Fahrzeuge mit Katalysator,
- die Förderung des kombinierten Güterverkehrs (Huckepack),
- die Förderung des Transports begleiteter Motorfahrzeuge,
- das Wärmedämmkonzept im bundeseigenen Bereich,
- die befristete Herabsetzung der allgemeinen Höchstgeschwindigkeiten auf 120 bzw. 80 km/h vom 1. Januar 1985 bis 31. Dezember 1987.

Diese Massnahmen bilden eine erste Gruppe von Massnahmen, durch welche die betrachteten Schadstoffemissionen trotz Verkehrs- und Wirtschaftswachstum im Zeitraum 1984 bis 2000 bereits merklich vermindert werden (nach Literatur 1 und 8).
Im Luftreinhalte-Konzept (Literatur 1) ist die Wirksamkeit dieser Massnahmengruppe abgeschätzt und bei der Prognose des Verlaufes der Emissionen als sogenannte "Basisentwicklung" bezeichnet. Die Kohlenwasserstoff-Emissionen werden um ca. 15%, die Schwefeldioxid- und die Stickoxid-Emissionen um rund 35% reduziert.

In der Folge wurde die Wirksamkeit von weiteren 19 Massnahmen, von denen angenommen wurde, dass sie zur Verminderung der Luftverschmutzung beitragen können und realisierbar sind, abgeschätzt. Es handelt sich um die beiden Massnahmengruppen:

Gruppe A: Massnahmen, die der Bundesrat so rasch als möglich zu ergreifen gedenkt.

- Abgasvorschriften für Dieselfahrzeuge (schwere Motorwagen),
- Verschärfung der Abgasvorschriften für Motorräder und Motorfahrräder,
- Verzicht auf den Weiterausbau des beschlossenen Nationalstrassennetzes,
- leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe,
- Konzept BAHN 2000,
- Tarifmassnahmen und Fahrplanverdichtungen,
- Bau von Anschlussgeleisen,
- Wärmeschutz der Gebäude, Dimensionierung und Ausrüstung haustechnischer Anlagen, verbrauchsabhängige Heiz- und Warmwasserkosten-Abrechnung,
- Förderung alternativer, einheimischer und erneuerbarer Energiequellen,
- Fernwärme aus bestehenden Kernkraftwerken.

Gruppe B: Massnahmen, die der Bundesrat je nach Ergebnis der noch laufenden Abklärungen ergreifen wird.

- Verschärfung der Luftreinhalte-Verordnung,
- Verschärfung der Abgas-Vorschriften für Dieselfahrzeuge (schwere Motorwagen),
- nochmalige Verschärfung der Abgasvorschriften für Motorräder und Motorfahrräder,
- Mindestalter für Mofa-Fahrer 18 Jahre,
- Fortführung von Tempo 80/120

- Massnahmen im Agglomerationsverkehr
- Verwendung der sommerlichen Ueberschüsse aus der einheimischen Elektrizitätsproduktion,
- weitergehende Massnahmen für eine rationelle und umweltschonende Energieverwendung,
- Lenkungsabgabe auf fossiler Energie (Brenn- und Treibstoffe).

Mit den Massnahmen der Gruppen A und B können die Emissionen gegenüber der Basisentwicklung zusätzlich vermindert werden. Diese Abminderungen wurden geschätzt und von der "Basisentwicklung" subtrahiert. Die verbleibenden Emissionen sind im Luftreinhalte-Konzept als Emissionen "mit zusätzlichen Massnahmen" bezeichnet (siehe Abbildung 3).

c) Bilanz

Als Gesamtbilanz für die gesamtschweizerische Emissionsentwicklung der Leitsubstanzen "mit zusätzlichen Massnahmen" kann folgendes festgestellt werden:

- Bei den Schwefeldioxid-Emissionen wird der Stand von 1950 bereits im Jahre 1990 annähernd erreicht. Somit wird das Maximalziel erfüllt werden.

- Bei den Stickoxid-Emissionen und den Kohlenwasserstoff-Emissionen wird 1995 ein Stand erreicht, der etwa doppelt so hoch ist wie derjenige von 1960. Das Minimalziel (Erreichen des Standes von 1960 bis im Jahr 1995) wird somit mit den Massnahmen des Luftreinhalte-Konzeptes allein nicht erreicht werden.

Aufgrund dieser Bilanz hat der Schweizerische Bundesrat den Kantonsregierungen am 19. November 1986 ein Schreiben zugestellt, dem das folgende Zitat entnommen ist (Literatur 9):
"Bei den Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen wird eine deutliche Trendwende erreicht. Die bisher stetige Zunahme der Emissionen kann trotz weiterem Wirtschafts- und Verkehrswachstums gebrochen und ein merkbarer Rückgang der Emissionen erreicht werden.

Trotzdem werden aber bei diesen Schadstoffen bei den Quellengruppen Verkehr, Industrie und Gewerbe sowie Haushalte zusätzliche Anstrengungen erforderlich sein, um die angestrebten lufthygienischen Ziele erreichen zu können.

Da das Ausmass der erforderlichen Reduktion der Luftbelastung in den Städten und Agglomerationen besonders hoch ist und verschiedene weitere Massnahmen in Eurer Kompetenz liegen, rufen wir Euch dringend auf, auch Eurerseits die im Rahmen des Vollzugs der Luftreinhalte-Verordnung notwendigen Massnahmen gegen übermässige Immissionen innerhalb der gesetzlichen Frist so rasch als möglich zu ergreifen.
Damit leistet Ihr den dringend notwendigen Beitrag nicht nur zur Erreichung der lufthygienischen Ziele, sondern auch zur weiteren Verminderung der Luftbelastung auf regionaler und lokaler Ebene und zum Abbau der übermässigen Immissionen." (Ende des Zitats)

Die Kantone und Gemeinden sind somit aufgerufen, Massnahmen zur Verminderung der Luftverschmutzung zu ergreifen. Diese Aufforderung führt direkt zu den Fragestellungen dieses Forschungsauftrages.

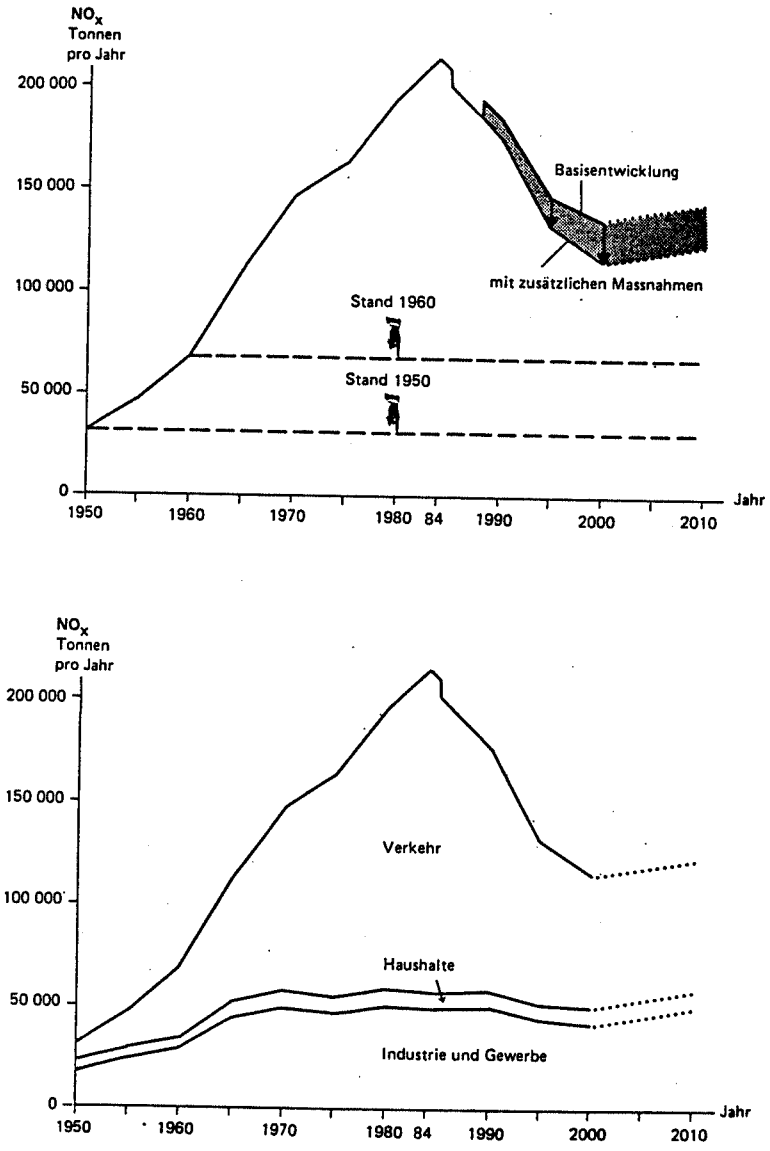


Abbildung 3: Entwicklung der Stickoxid-Emissionen. Aus dem Luftreinhalte-Konzept (Quelle: Literatur 1).

1.3.4 Einschränkung der Untersuchung und Ansatzpunkte für Massnahmen

a) Die Bestimmung des Referenzfalles

Wie bereits in Kapitel 1.2.1 festgehalten ist, besteht die praktische Bedeutung dieser Studie im Bereich Luftreinhaltung darin, Grundlagen für die Erreichung der Ziele der Luftreinhalte-Verordnung zu erarbeiten.

Um diese Arbeiten zu vereinfachen, ist es sinnvoll, aus der Vielzahl der Schadstoffe und Immissionsgrenzwerte einen "Referenzfall" auszuwählen. Der "Jahresmittelwert der Stickstoffdioxidkonzentration" eignet sich aus den folgenden Gründen als Referenzfall für die gasförmigen Luftschadstoffe:

- Der Verkehrsanteil beträgt ca. 3/4, somit ist der Verkehr sehr direkt angesprochen.

- Die Schwankungen von Jahresmittelwerten sind wesentlich weniger stark von schwer kalkulierbaren Grössen (Wind, Sonnenstrahlung) beeinflusst, als das bei den Spitzenwerten der Fall ist. Somit ist der kausale Zusammenhang zwischen Emission und Immission bei Jahresmittelwerten deutlicher als bei Spitzenwerten. Deshalb dürften die hier beabsichtigten Abschätzungen der Wirksamkeit von Massnahmen bei Jahresmittelwerten genauer sein.

- Der Luftschadstoff Stickstoffdioxid ist derjenige, der im Bereich der Jahresmittelwerte die Immissionsgrenzwerte heute und auf absehbare Zeit am stärksten übertrifft (1984: "bis zu viermal" Zitat Luftreinhalte-Konzept). Deshalb ist dieser Fall für weitere als bisher vom Bund erwogene Massnahmen besonders wichtig.

b) Die Abgrenzung dieser Untersuchung

Die räumliche Abgrenzung

Im weiteren ist es sinnvoll, diese Studie räumlich abzugrenzen. Von besonderem Interesse für die Praxis sind sicher die Gebiete, wo die Grenzwerte heute stark überschritten sind und wo ohne weitere Massnahmen weiterhin mit einer Ueberschreitung zu rechnen ist. Für den Referenzfall "Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxidkonzentration" sind dies die Städte und Agglomerationen.

Messungen, die in der Stadt Zürich durchgeführt wurden (Literatur 10), ergaben in Lagen unmittelbar an stark belasteten Strassen die weitaus grössten Ueberschreitungen der Immissionsgrenzwerte. Es ist deshalb sinnvoll, das Hauptaugenmerk auf diese Gebiete, das heisst stark belastete Strassen in den Städten und Agglomerationen, zu legen.

Die Abgrenzung nach Verursachergruppen beim Verkehr

Die Quellengruppe Verkehr liefert gesamtschweizerisch betrachtet ca. 74% der Stickoxidemissionen (1984). Der Verkehrsanteil beim Innerortsverkehr setzt sich folgendermassen zusammen:

Emissionsanteile (Stickoxid) der Verkehrsarten im Innerortsverkehr (heute)			
Privatverkehr:	Personenwagen	67%	96%
	Lieferwagen	6%	
	Lastwagen	26%	
	Car	1%	1,5%
	Motorräder	0,1%	
	Mofas	0,4%	
(Quelle: Literatur 11)		100%	
Oeffentlicher Verkehr (grobe Schätzung)			2% bis 3%
Verkehr insgesamt			100%

Tabelle 5: Emissionsanteile (Stickoxid) der Verkehrsarten im Innerortsverkehr (heute).

Das Schwergewicht der Stickoxidemissionen liegt klar bei der Gruppe Personenwagen, Lieferwagen und Lastwagen. Die übrigen können weitgehend vernachlässigt werden[1]).

Der Personenwagenverkehr, der Lieferwagenverkehr und der Lastwagenverkehr stehen wegen ihres grossen Anteils an den Stickoxidemissionen, ca. 96%, im Zentrum der Optik dieser Studie. Die verkehrsorganisatorischen und verkehrstechnischen Massnahmen haben sich in erster Linie auf diese Verkehrsarten zu beziehen, sonst bleibt ihre Wirksamkeit sehr beschränkt.

Von grosser Bedeutung ist der Umstand, dass sich der heutige Beitrag des Lastwagenverkehrs zum Verkehrsanteil infolge der Katalysatoren für leichte Motorwagen gesamtschweizerisch von ca. 22% (1984) auf ca. 62% (2000) verschieben wird (Literatur 11). Daraus folgt, dass die relative Bedeutung des Lastwagenverkehrs für die Einhaltung der Stickstoffdioxid-Immissionsgrenzwerte stark zunehmen wird.

1) Bei den Kohlenwasserstoffen ist der Beitrag der Motorräder und Mofas zum Verkehrsanteil stark überproportional. Er beträgt gesamtschweizerisch rund 23% (1984), das ergibt auf die Gesamtemissionen einen Anteil von ca. 6%.

c) Ansatzpunkte für Massnahmen

Die Ansatzpunkte für Massnahmen (im Sinne dieser Studie) zur Verbesserung der lufthygienischen Verhältnisse im Raum von stark belasteten Strassen in den Städten und Agglomerationen lassen sich grob in folgende zwei Gruppen gliedern:

- Massnahmen, die die Verkehrsmenge, das heisst die Anzahl der Fahrzeugkilometer des motorisierten Strassenverkehrs, verringern.

- Massnahmen, die die Charakteristiken des Verkehrsablaufs (Geschwindigkeiten und Beschleunigungsanteile) des motorisierten Strassenverkehrs, verringern.

1.4 Problembereich Lärm

1.4.1 Das Ausmass der Lärmbelastung

Es wurde bereits im Kapitel 1.2.1 darauf hingewiesen, dass ca. 80% aller Lärmbelästigungen auf den Verkehr zurückzuführen sind (siehe Abbildung 1). Nach dem Bundesamt für Umweltschutz werden heute (Zitat Literatur 3) "rund 30% der Bevölkerung Strassenlärmbelästigungen ausgesetzt, die zu erheblichen Störungen des Wohlbefindens führen."

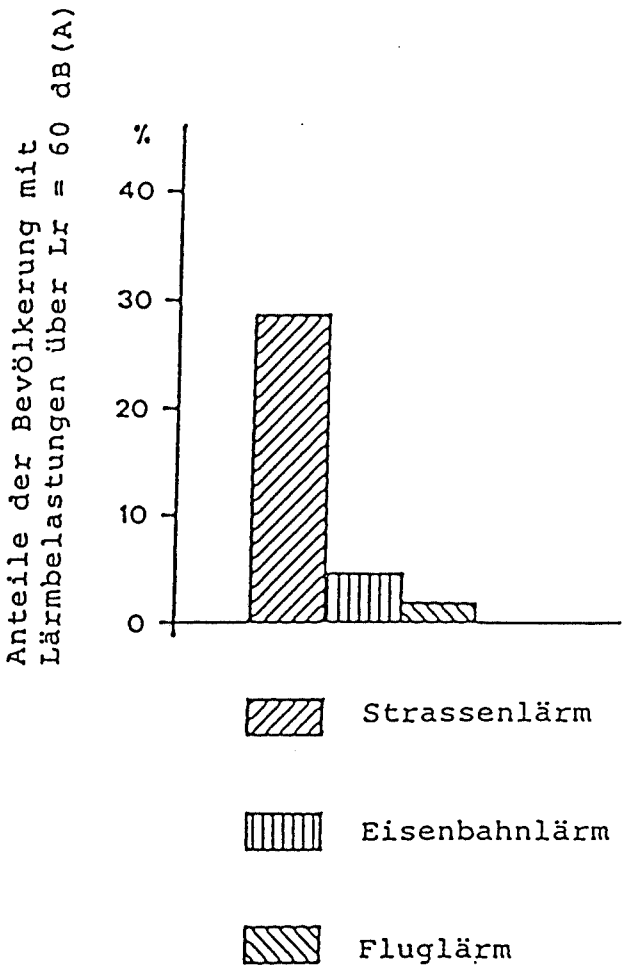


Abbildung 4: Lärmbelastungssituation nach Verkehrsart (Quelle: Literatur 3).

Die Abbildung 4 zeigt die Anteile der Bevölkerung, die Lärmbelastungen über 60 dB(A), das heisst über dem während des Tages geltenden Immissionsgrenzwert für Wohnzonen, ausgesetzt sind.

Die Gesamtlänge aller Innerortsstrecken mit Tageslärmimmissionen von über 65 dB(A) beträgt in der Schweiz zur Zeit ca. 3'000 km. Ueber 70 dB(A) sind es ca. 800 km (davon allein 75 km in der Stadt Zürich) und über 75 dB(A) etwa 50 km (nach Literatur 3).

Der Zusammenhang zwischen den Lärmbelastungen (Immissionen) und den Lärmemissionen ist nicht linear. So führt die Verdoppelung bzw. Halbierung der Anzahl gleichlauter Schallquellen nicht zu einer Verdoppelung bzw. Halbierung dessen was wir hören, sondern zu wesentlich geringeren Lärmschwankungen.
Zur Illustration mag die Tatsache dienen, dass 1 Presslufthammer lediglich halb so laut ist wie 10 Presslufthämmer.
Aus ebendiesem Grund wirkt sich die Zunahme oder Abnahme der Verkehrsmenge in einem Strassenabschnitt nicht proportional sondern schwächer auf die gemessene Lärmbelastung aus.

1.4.2 Die Lärmschutz-Verordnung

Die Lärmschutz-Verordnung (LSV, Literatur 5) ist eine Ausführungsbestimmung des Umweltschutzgesetzes (analog zur Luftreinhalte-Verordnung). Sie wurde am 1. April 1987 in Kraft gesetzt.
Die Lärmschutz-Verordnung legt Belastungsgrenzwerte für Gebäude, die dem längeren Aufenthalt von Personen dienen, fest. Ferner umfasst sie Verfahren zur Durchsetzung dieser Belastungsgrenzwerte oder zur Ausführung von vorsorglichen Emissionsbegrenzungen, Sanierungen und Schallschutzmassnahmen.

a) Die Ziele der Lärmschutz-Verordnung

Entsprechend der raumplanerisch festgelegten Nutzung der belärmten Gebiete sind Belastungsgrenzwerte festgelegt, die nach Tag und Nacht abgestuft sind.

Die Belastungsgrenzwerte beruhen auf dem Lärmmass des Mittelungspegels Leq, der die durchschnittliche Lärmintensität innerhalb eines Zeitraumes angibt. Für den Strassen- und Eisenbahnlärm sind die folgenden Belastungsgrenzwerte festgelegt:

Empfindlichkeitsstufe	Planungswert		Immissions-Grenzwert		Alarmwert	
	Lr in dB(A)					
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
I	50	40	55	45	65	60
II	55	45	60	50	70	65
III	60	50	65	55	70	65
IV	65	55	70	60	75	70

Tabelle 6: Belastungsgrenzwerte aus der Lärmschutz-Verordnung (Quelle: Literatur 5).

Erläuterungen:

- Die Zuordnung der Empfindlichkeitsstufen zu den Nutzungszonen geht aus Art. 43 der LSV hervor:

  a) die Empfindlichkeitsstufe I in Zonen mit einem erhöhten Lärmschutzbedürfnis, namentlich in Erholungszonen;
  b) die Empfindlichkeitsstufe II in Zonen, in denen keine störenden Betriebe zugelassen sind, namentlich in Wohnzonen sowie Zonen für öffentliche Bauten und Anlagen;
  c) die Empfindlichkeitsstufe III in Zonen, in denen mässig störende Betriebe zugelassen sind, namentlich in Wohn- und Gewerbezonen (Mischzonen) sowie Landwirtschaftszonen;
  d) die Empfindlichkeitsstufe IV in Zonen, in denen stark störende Betriebe zugelassen sind, namentlich in Industriezonen.

- Bei der Ermittlung des Beurteilungspegels Lr, der mit den Belastungsgrenzwerten zu vergleichen ist, wird mit lärmspezifischen Pegelkorrekturen K der unterschiedlichen Störwirkungen von Strassen- und Eisenbahnlärm Rechnung getragen.

- Als Tag gilt die Zeit von 06.00 bis 22.00 Uhr, als Nacht diejenige von 22.00 bis 06.00 Uhr.

Bei Ueberschreitungen der entsprechenden Belastungsgrenzwerte müssen die Sanierungen und in gewissen Fällen Schallschutzmassnahmen je nach der Dringlichkeit des Einzelfalles ausgeführt werden. Zitat Art. 24 der LSV: "Die Massnahmen müssen spätestens 15 Jahre nach Inkrafttreten dieser Verordnung durchgeführt sein."

b) Die Massnahmen und Verfahren

Der Lärmschutz-Verordnung liegt das folgende Konzept zugrunde:

Emissionsgrenzen sind gemäss Art. 2:
Emissionsbegrenzungen sind technische, bauliche, betriebliche, verkehrslenkende, -beschränkende oder -beruhigende Massnahmen an Anlagen sowie bauliche Massnahmen auf dem Ausbreitungsweg der Emissionen. Sie sind geeignet, die Erzeugung oder Ausbreitung des Aussenlärms zu verhindern oder zu verringern.

Sie sind vorgesehen:

- vorsorglich (bei Motoren und Geräten)
- als Sanierungen bei bestehenden, ortsfesten, lärmerzeugenden Anlagen (darunter fallen auch Strassen)
- als Schallschutzmassnahmen an bestehenden Gebäuden, wo die Sanierung der lärmerzeugenden Anlage unverhältnismässige Betriebseinschränkungen oder Kosten verursachen würde (Art. 14) oder andere "überwiegende Interessen" (siehe Art. 14) bestehen.
- bei neuen oder geänderten ortsfesten schallerzeugenden Anlagen (unter anderem im Rahmen der Baubewilligungsverfahren).

Das Vorgehen umfasst die folgenden Schritte:

- Ermitteln der Lärmimmissionen
  (siehe Art. 36)

- Erstellen von Lärmbelastungskatastern innerhalb einer Frist von 5 Jahren (siehe Art. 37). Die Lärmbelastungskataster geben an:
  . die berechnete oder gemessene Lärmbelastung
  . die angewendeten Berechnungsverfahren und die Eingabedaten zu den Berechnungen
  . die Nutzung und Empfindlichkeitsstufe der lärmbelasteten Gebiete
  . die Anlagen und ihre Eigentümer.
- Zuordnen der Empfindlichkeitsstufen zu den Nutzungsplänen bis spätestens in einer Frist von 10 Jahren (siehe Art. 44).
- Erstellen der Sanierungsprogramme. Art. 19 beschreibt das Erstellen der Strassensanierungsprogramme folgendermassen:

  1. Die Kantone erstellen aufgrund des Lärmbelastungskatasters (Art. 37) Programme über die kurz- oder mittelfristig vorgesehenen Sanierungen und Schallschutzmassnahmen bei Strassen.

  2. Die Sanierungsprogramme enthalten Angaben über:
     a. die Lärmbelastung gemäss Kataster;
     b. die sanierungsbedürftigen Strassen;
     c. die vorgesehenen Sanierungen und Schallschutzmassnahmen;
     d. die anstelle von Sanierungen vorgesehenen Massnahmen nach dem kantonalen Bau- und Planungsrecht (Art. 13 Abs. 4 Bst. b);
     e. die Wirksamkeit der Sanierungen;
     f. die vorgesehenen Erleichterungen für Sanierungen;
     g. den Zeitplan für die Durchführung der Massnahmen;
     h. die ungefähren Kosten der Massnahmen;
     i. die Abstimmung der Massnahmen auf den Richtplan nach Artikel 8 des Raumplanungsgestzes vom 22. Juni 1979.

3. Die Kantone reichen die Programme dem Bundesamt für Umweltschutz ein. Dieses prüft zusammen mit dem Bundesamt für Strassenbau, ob die Programme, insbesondere die vorgesehenen Erleichterungen für Sanierungen, den Vorschriften dieser Verordnung entsprechen. Das Bundesamt für Umweltschutz weist die Programme den Kantonen zur Ueberarbeitung zurück, soweit die Anforderungen nicht erfüllt sind.Die Frist zur Realisierung der Sanierungspläne beträgt 15 Jahre.

- Anpassen der Zonenplanung und der Baubewilligungsverfahren an die Lärmschutzbestimmungen (siehe Art. 29 bis Art. 35).

c) Die Bilanz

Die Lärmbegrenzung an den Motorfahrzeugen wird auf dem Verordnungsweg laufend verschärft. Dennoch kann nicht erwartet werden, dass die heute zum Teil massiven Ueberschreitungen der Belastungsgrenzwerte in den Städten und Agglomerationen innerhalb der gesetzten Frist von 15 Jahren ohne weitere Massnahmen verschwinden werden, zumal mit einer weiteren Zunahme des motorisierten Strassenverkehrs zu rechnen ist.

1.4.3 Abgrenzung der Untersuchung und Ansatzpunkte für Massnahmen

a) Die Abgrenzung der Untersuchung

Die räumliche Abgrenzung

Die Abgrenzung der Untersuchung kann aufgrund der folgenden Ueberlegungen vorgenommen werden:

- Die deutlichsten Ueberschreitungen der Belastungsgrenzwerte treten entlang von Strassen mit hoher Verkehrsdichte und geringem Abstand der Wohnbebauung auf (der Belastungswert wird im offenen Fenster gemessen). Es sind dies meistens städtische Hauptstrassen, Ortsdurchfahrten, sogenannte "Schleichwege" innerorts oder Autobahnen im Siedlungsbereich.
- Verkehrsorganisatorische und verkehrstechnische Massnahmen müssen an übergeordneten Strassen insbesondere dort ergriffen werden, wo vorsorgliche Massnahmen (baulicher Schallschutz an der Strasse) aus Platzmangel oder aus städtebaulichen Gründen nicht möglich sind, das trifft vor allem für städtische Hauptstrassen und für Ortsdurchfahrten (auch in kleinen Gemeinden) zu.

Aus diesen Gründen wird in dieser Studie das Augenmerk hauptsächlich auf die stark belasteten Strassen in den bebauten Gebieten gelegt. Als "starkbelastet" gelten Strassen mit mehr als 5000 bis 10000 Fahrzeugen Querschnittsbelastung pro Tag, bei enger Bebauung auch weniger.

Die Abgrenzung nach Verursachergruppen beim Verkehr

Aus der Quellengruppe "motorisieterter Strassenverkehr" liefern der Personenwagenverkehr[1]) (infolge der grossen Anzahl der Personenwagenkilometer) und der Lastwagenverkehr (er verursacht die Spitzenbelastungen) die grössten Anteile der Lärmbelastung.

Die Motorräder und Mofas führen insbesondere in Quartierstrassen mit geringer Verkehrsbelastung gelegentlich zu äusserst unangenehmen Lärmbelastungen (vor allem nachts).

Diese Art der Lärmbelastung führt jedoch nur selten zu Verletzungen der Belastungsgrenzwerte, weil vereinzelte Spitzenbelastungen den massgebenden Messwert (Mittelungspegel Leq bei ohnehin starker Lärmbelastung) nur wenig beeinflussen.
Auf dem Hauptstrassennetz führt der Lärm der Motorräder vor allem in den Ortsdurchfahrten auf bestimmten Ausflugsrouten zu starken Belästigungen. Diese beschränken sich jedoch auf wenige Tage im Jahr.

In dieser Studie wird im Bewusstsein dieser Probleme auf die spezielle Berücksichtigung des Motorrad- und Mofalärms verzichtet.

b) Ansatzpunkte für Massnahmen

Im Sinne dieser Studie lassen sich die Massnahmen zur Verringerung des Verkehrslärms im Raum von stark belasteten Strassen in den bewohnten Gebieten - sehr ähnlich wie die Massnahmen zur Verbesserung der lufthygienischen Verhältnisse - in zwei Gruppen gliedern:

---

1) inklusive Lieferwagen

- Massnahmen, die die Verkehrsmenge, das heisst, die Verkehrsbelastung (Anzahl motorisierte Strassenfahrzeuge im untersuchten Strassenabschnitt) beschränken.

- Massnahmen, die die Charakteristiken des Verkehrsablaufs (Geschwindigkeiten und Beschleunigungsanteile des motorisierten Strassenverkehrs im untersuchten Strassenabschnitt) verringern.

1.5 Folgerungen für die Abgrenzung der Untersuchung und Forschungsfragen

Die Forschungsfragen werden durch zwei Aspekte wesentlich bestimmt. Es sind dies:

- Die Bezeichnung des Auftrages "Verminderung der Umweltbelastungen durch verkehrsorganisatorische und verkehrstechnische Massnahmen" und die fachtechnische Beurteilung der Wirksamkeit solcher Massnahmen.

- Die grosse Bedeutung der Luft- und Lärmbelastung durch den motorisierten Strassenverkehr und die vorgängig behandelte zentrale Bedeutung der Luftreinhalte-Verordnung und der Lärmschutz-Verordnung.

a) Die räumliche Abgrenzung der Untersuchung

Die Untersuchung konzentriert sich auf Strassenräume mit grosser Verkehrsbelastung in besiedelten Gebieten und im besonderen auf Strassenräume, bei denen die Grenzwerte der Luftschadstoffimmissionen und/oder der Lärmbelastungen überschritten sind und somit aufgrund der Luftreinhalte-Verordnung beziehungsweise der Lärmschutz-Verordnung Massnahmen im Sinne dieser Studie erwogen werden müssen.

b) Die Abgrenzung nach Verursachergruppen beim Verkehr

Sowohl bei den Luftbelastungen als auch bei den Lärmbelastungen ist die Belastung (Immission) das Resultat einer Ueberlagerung der Wirkungen aller Quellen (Emissionen), die im fraglichen Raum einwirken. Bei den Strassen mit starker Verkehrsbelastung in besiedelten Gebieten sind das neben den nicht strassenverkehrlichen Quellen alle Fahrzeugkategorien des motorisierten Strassenverkehrs.

Innerhalb der im Untersuchungsraum bedeutungsvollen Kategorien des motorisierten Strassenverkehrs sind es die Personenwagen, die Lastwagen und die Lieferwagen, die die weitaus grössten Anteile der Luft- und Lärmbelastungen verursachen. Diese Fahrzeugkategorien haben deshalb für diese Studie eine zentrale Bedeutung (bezüglich des Lärms werden Motorräder den Lastwagen gleichgesetzt).

c) Die Ansatzpunkte für Massnahmen

Sowohl im Problembereich Luft als auch im Problembereich Lärm ergeben sich dieselben Ansatzpunkte für verkehrsorganisatorische- und verkehrstechnische Massnahmen zur Verminderung der Umweltbelastung. Es sind dies die Verkehrsmenge und die Art des Verkehrsablaufes.

Dabei ist von grosser Bedeutung, dass:

- Die Reduktion des Verkehrsvolumens sich grundsätzlich sowohl auf die Luftreinhaltung als auch auf den Lärmschutz positiv auswirkt.

- Die Reduktion der Geschwindigkeit und der Beschleunigungsanteile im Verkehrsablauf sich ebenso auf die Luftreinhaltung und den Lärmschutz positiv auswirken.

d) Die Forschungsfragen

Die Forschungsfragen lassen sich somit folgendermassen festlegen:

1. Welche Auswirkungen haben bestimmte Reduktionen der Verkehrsvolumen auf die Luft- und Lärmbelastungen?

2. Welche verkehrsorganisatorischen und verkehrstechnischen Massnahmen bewirken welche Reduktionen der Verkehrsvolumen?

3. Welche Auswirkungen haben bestimmte Veränderungen im Verkehrsablauf (Reduktion von Geschwindigkeit und Beschleunigungsanteilen) auf die Luft- und Lärmbelastungen?

4. Welche verkehrsorganisatorischen und verkehrstechnischen Massnahmen bewirken welche Veränderungen im Verkehrsablauf (im Sinne der Reduktion von Geschwindigkeit und Beschleunigungsanteilen)?

5. Welches ist der Aufwand (finanziell, zeitlich und verwaltungsmässig) für solche Massnahmen und welche Wirkungen zeitigen diese Massnahmen auf andere Problembereiche der Raum- und Verkehrsplanung (Nebenwirkungen)?

6. Wo bestehen Forschungslücken bei den oben erwähnten Fragestellungen und welche Prioritäten sind beim weiteren Forschen zu setzen?

K A P I T E L 2

DIE MASSNAHMEN

2. DIE MASSNAHMEN

2.0 Aufbau des Kapitels

2.1 Die Wirkzusammenhänge

2.2 Die Zuordnung der Massnahmen zu den Einflussgrössen und die Abgrenzung im Bereich der Massnahmen

2.3 Die Struktur für die Weiterbearbeitung

2.1 Die Wirkzusammenhänge

Massnahmen zur Verbesserung der Umweltverhältnisse können sein:

- technische Konzepte
- planerische Konzepte
- Konzepte, die auf das Verändern von menschlichem Verhalten abzielen.

Zu ihrer Durchsetzung sind Instrumente notwendig. Solche Instrumente sind:

- Gesetze und Vorschriften, die das Einhalten der Massnahmen erzwingen oder eine Rechtsgrundlage dazu schaffen.
- Planerische Richtlinien und Empfehlungen
- Finanzielle Anreize und Subventionen (bzw. das Gegenteil)
- Investitionen
- Propaganda

Die Massnahmen wirken, nachdem sie mit Hilfe der Instrumente durchgesetzt sind, auf die Einflussgrössen. Einflussgrössen auf die Luft- und auf die Lärmbelastung durch den Verkehr sind:

- Antriebstechnologie (Motor, Kraftübertragung, Treibstoff, Wartung)
- Abgasreinigung
- Schallschutz im Quellbereich

- Verkehrsvolumen (raumbezogen)
- Geschwindigkeit und Beschleunigungsanteile
- Fahrweise

Diese Einflussgrössen bestimmen im wesentlichen das Mass der Luft- und Lärmbelastung durch den Verkehr.

Ein Beispiel:

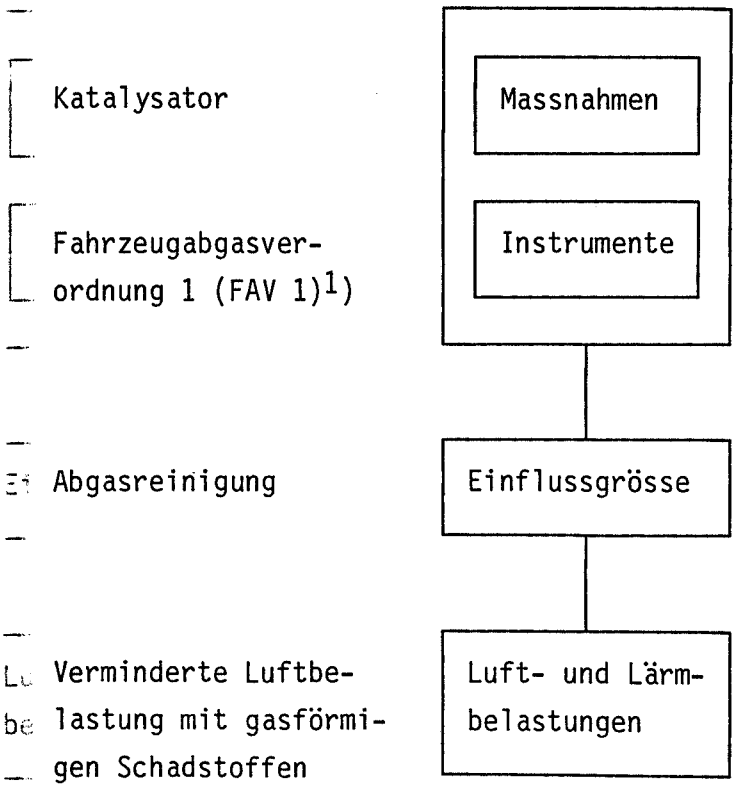


Abbildung 5: Die Logik der Wirkzusammenhänge im Ueberblick

1) Verordnung über die Abgasemissionen leichter Motorwagen (Literatur 12).

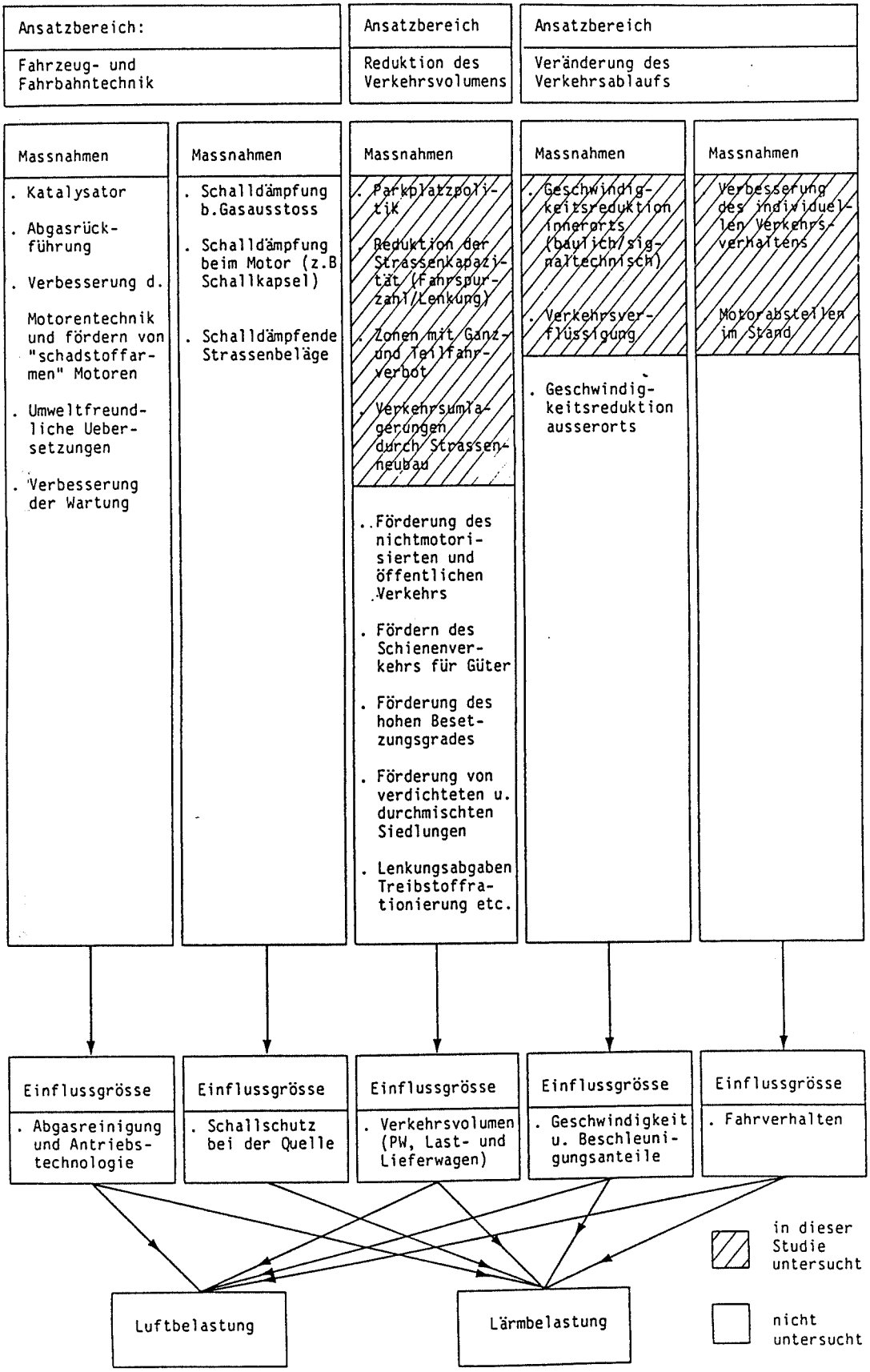


Abbildung 6: Ueberblick der Zuordnung von den Massnahmen zu den Einflussgrössen und Belastungen

2.2 Die Zuordnung der Massnahmen zu den Einflussgrössen und die Abgrenzung im Bereich der Massnahmen

In der Abbildung 6 sind die Massnahmen (in wenig detaillierter Form) in den Wirkzusammenhang Massnahmen → Einflussgrössen → Belastungen eingeordnet.

Ferner sind in Abbildung 6 die Massnahmen und Einflussgrössen sowie Belastungsarten hervorgehoben (durch Schraffur), die in dieser Studie hauptsächlich behandelt werden.

Die Auswahl der Bereiche, die in dieser Studie behandelt werden, ergibt sich weitgehend aus Kapitel 1.5 (Die Abgrenzung der Untersuchung und die Forschungsfragen). Es sei daran erinnert, dass "verkehrsorganisatorische und verkehrstechnische Massnahmen" in "Strassenräumen mit grosser Verkehrsbelastung in besiedelten Gebieten" untersucht werden sollen.

Die Zuordnung der Massnahmen zu den Einflussgrössen ist in einer Tabellenstruktur dargestellt. Das entspricht nicht den realen Verhältnissen, da mehrere Massnahmen auf zwei Einflussgrössen wirken und zwischen einzelnen Massnahmen unter Umständen ein Verhältnis der Zielkonkurrenz besteht, das heisst, die Massnahmen können nicht unabhängig voneinander optimiert werden.

Die Strukturierung der Massnahmen, wie sie aus Abbildung 6 hervorgeht, erleichtert die Beantwortung der Forschungsfragen.

Die Forschungsfragen 1, 2, 3 und 4 (siehe Kapitel 1.5) beziehen sich auf die folgenden Wirkungen:

Forschungsfrage 1: Die Wirkungen der Einflussgrösse "Verkehrsvolumen" auf die Umweltbelastungen.

Forschungsfrage 2: Die Wirkung der Massnahmen aus dem Ansatzbereich "Reduktion des Verkehrsvolumens" auf das Verkehrsvolumen.

Forschungsfrage 3: Die Wirkungen der Einflussgrössen "Geschwindigkeit, Beschleunigungsanteile und Fahrverhalten" auf die Umweltbelastungen.

Forschungsfrage 4: Die Wirkungen der Massnahmen aus dem Ansatzbereich "Veränderung des Verkehrsablaufs und Verkehrsverhaltens" auf die Einflussgrösse "Geschwindigkeit, Beschleunigungsanteile und Fahrverhalten".

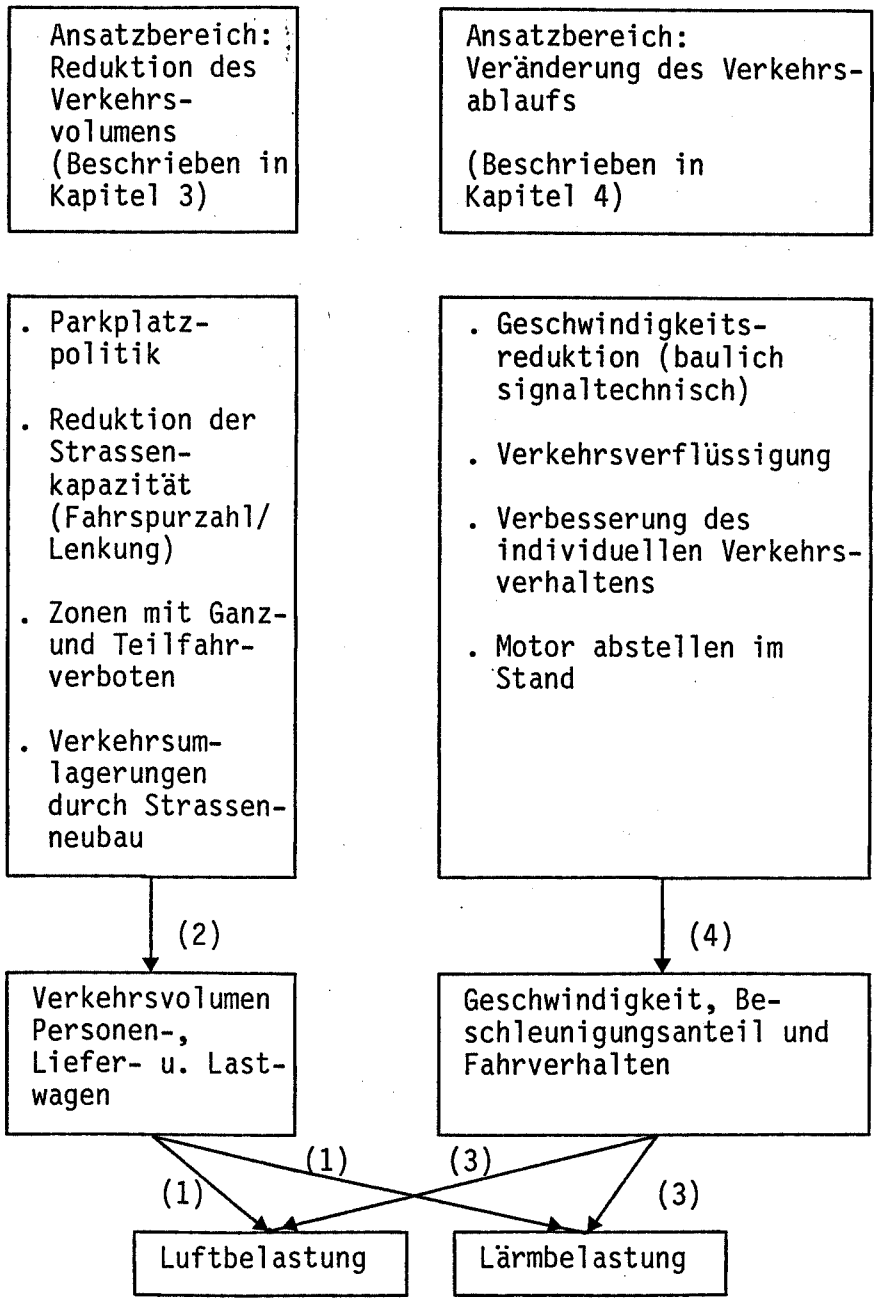
Nicht weiter verfolgt wird der Ansatzbereich "Fahrzeug- und Fahrbahntechnik". Zwar fliessen alle beschlossenen oder absehbaren Massnahmen aus diesem Ansatzbereich in die nachfolgenden Emissions- und Immissionsprognosen ein (z.B. Katalysator), aber es werden auf diesem Gebiet keine neuen Massnahmen angeregt und abgeschätzt, denn diese Massnahmen sind meistens stärker mit der übergeordneten Gesetzgebung verknüpft und haben weniger mit den hier anvisierten Fragen der Verkehrsorganisation und Verkehrstechnik im lokalen Bereich zu tun.

Beim Ansatzbereich "Reduktion des Verkehrsvolumens" werden die Fördermassnahmen (nicht motorisierter- und öffentlicher Verkehr, Schienenverkehr für Güter, hoher Besetzungsgrad sowie verdichtete und durchmischte Siedlungen) vor allem als Komplementärmassnahmen aufgefasst, ohne die restriktive Massnahmen zur Reduktion des Verkehrsvolumens nicht anwendbar sind, sie fliessen denn auch in diesem Sinne in die weitere Bearbeitung ein. Die Massnahmengruppe "Lenkungsabgaben und Treibstoffrationierung" ist verstärkt mit den Fragen der übergeordneten Gesetzgebung verknüpft und steht hier nicht im Vordergrund.

Beim Ansatzbereich "Veränderung des Verkehrsablaufs" wird auf die weitere Bearbeitung der Massnahme "Geschwindigkeitsreduktion ausserorts" verzichtet, weil das Schwergewicht dieser Untersuchung auf den Innerortsbereich gelegt wird.

Abbildung 6 zeigt diejenigen Ansatzbereiche, Massnahmen, Einflussgrössen und Belastungsarten, die Hauptgegenstand der Kapitel 3 und 4 sind.

2.3 Die Struktur für die Weiterbearbeitung



(1), (2), (3) und (4): Forschungsfragen (siehe Kapitel 2.2)

Abbildung 7: Die weiter untersuchten Massnahmen und Einflussgrössen und ihre Strukturierung

Die beiden folgenden Kapitel bearbeiten die Ansatzbereiche "Reduktion des Verkehrsvolumens" (Kapitel 3) und "Veränderung des Verkehrsablaufs" (Kapitel 4). Beide Kapitel sind, entsprechend zur Formulierung der Forschungsfragen nach zwei Ebenen gegliedert, nämlich:

- Nach der Wirkung der Massnahmen auf die Einflussgrössen (Verkehrsvolumen bzw. Verkehrsablauf)
- Und nach der Wirksamkeit von bestimmten Veränderungen der Einflussgrössen auf die Luft- und Lärmbelastungen.

Sicher wäre eine direkte Schlussweise von den Massnahmen auf die Belastungen wünschbar, das ist jedoch bei der Mehrzahl der Massnahmen (Ausnahme ist die "Tempo 30 Zone") nicht oder nur schlecht zu bewerkstelligen. Und zwar aus den folgenden Gründen:

- Eine empirisch ausgewertete Versuchsanordnung (vorher/nachher) liegt in den meisten Fällen nicht vor.
- Es müssen deshalb modellhafte Abschätzungen vorgenommen werden und die Schätzgenauigkeit ist auf den beiden Ebenen sehr unterschiedlich.
- Da die Massnahmen in der Regel und vernünftigerweise meistens in Form von Massnahmenbündeln erwogen bzw. ergriffen werden und die Wirkung eines Massnahmenbündels auf die Einflussgrössen eher besser abgeschätzt werden kann als die Wirkung einer einzelnen Massnahme, würde bei einer direkten Schlussweise die Genauigkeit der gesamten Abschätzung unnötig verschlechtert.
- Die ortsspezifischen Verhältnisse lassen sich bei der Gliederung des Vorgehens nach zwei Ebenen wesentlich besser einbringen, da die Fragestellung auf jeder Ebene klar nachvollziehbar ist, währenddem bei der Kombination der beiden Ebenen in einem mathematischen Modell der Nicht-Eingeweihte gewissermassen vor einer schwer zu hinterfragenden "black-box" stünde.

K A P I T E L 3

ANSATZBEREICH:
REDUKTION DES VERKEHRSVOLUMENS

3. ANSATZBEREICH: REDUKTION DES VERKEHRSVOLUMENS

3.0 Aufbau des Kapitels

3.1 Grundsätzliche Betrachtung zur Reduktion des Verkehrsvolumens

3.2 Parkraumpolitik

3.2.1 Begrenzung des Parkplatzangebots in zentralen Lagen

3.2.2 Eingriffe ins Parkregime (zeitliche Begrenzung, Anwohnervorrechte, Bewirtschaftung)

3.3 Reduktion der Strassenkapaziät für den motorisierten Individualverkehr

3.3.1 Fahrspurreduktion

3.3.2 Verkehrsdosierung durch Lichtsignalsteuerung

3.4 Ganz- und Teilfahrverbote

3.4.1 Zonen mit Transitsperren

3.4.2 Zonen mit zeitlich begrenzter Zufahrt

3.4.3 Zonen mit Dieselfahrverbot

3.4.4 Sonntagsfahrverbot

3.5 Verkehrsumlagerungen durch Strassenneubau
3.5.1 Umfahrungsstrassen
3.5.2 Untertunnelung

3.6 Kritische Würdigung und Nebenwirkungen
3.6.1 Die Flexibilität des Verkehrs
3.6.2 Die integrierte Kapazitätsreduktion
3.6.3 Zur Problematik von Einzelmassnahmen
3.6.4 Nebenwirkungen

3.7 Die Wirksamkeit der Reduktion des Verkehrsvolumens auf die Stickstoffdioxid-Immissionen (Jahresmittelwerte)
3.7.1 Zum Stellenwert dieser Abschätzung
3.7.2 Die Annahmen
3.7.3 Die Wirksamkeit der Reduktion des Verkehrsvolumens
3.7.4 Die Ueberlagerung der Wirksamkeit der "Reduktion des Verkehrsvolumens" und der beschlossenen Massnahmen auf Bundesebene (Fall: Hauptstrassen innerorts)

3.8 Die Wirksamkeit der Reduktion des Verkehrsvolumens auf die Lärmimmissionen
3.8.1 Einleitung
3.8.2 Annahmen für die Beurteilung der Lärmreduktion
3.8.3 Die Reduktion der Lärmbelastung infolge der Reduktion des Verkehrsvolumens

3.1 Grundsätzliche Betrachtung zur Reduktion des Verkehrsvolumens

a) Nachfrage, Angebot und Umweltverträglichkeit

In den mittelgrossen und grossen Städten der Schweiz besteht heute mindestens in den Stadtzentren zu den Zeiten der Spitzenbelastungen ein Zustand der beschränkten Strassen- und Parkplatzkapazität. Das hat sich aus dem beschränkten Raum für Fahrbahnflächen, aus städtebaulichen Rücksichtnahmen und aus der relativ geringen Personentransportleistung (querschnittsbezogen) des Verkehrssystems Strasse-Auto ergeben. Der heutige Zustand ist gesamthaft gesehen nicht bewusst herbeigeführt, sondern er hat sich aus einer Anzahl von kleinen Verbesserungen und Sachzwängen (insbesondere den engen Platzverhältnissen) ergeben, er wird deshalb als naturgegeben empfunden.

Neu ist der Gedanke, eine "Verringerung des Verkehrsvolumens" aus Gründen des Umweltschutzes bewusst anzustreben, also nicht der Umstand der Kapazitätsbeschränkung, sondern die Art seiner Begründung. Bisher bestand die Kunst der Verkehrstechnik und Verkehrsorganisation im wesentlichen darin, auf beschränktem Raum möglichst viele Autos durchzuschleusen und zu stationieren. Heute wird die Belastbarkeit des Raumes mit Luftschadstoffen und Lärm in gewissen Bereichen zum massgebenden Kriterium (vgl. Abb. 8 und 9).

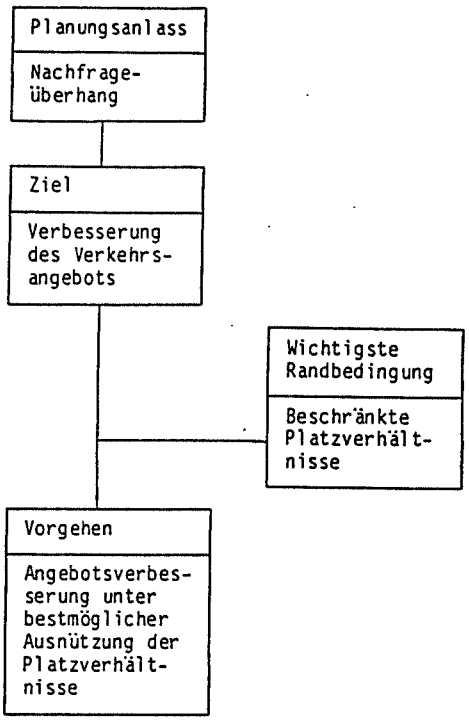


Abbildung 8:

Nachfrageorientierte Optimierung des Verkehrssystems Auto - Strasse - Parkierung

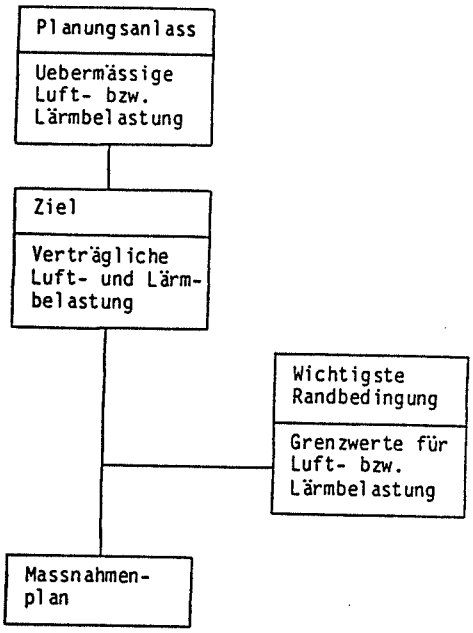


Abbildung 9:

Umweltbelastungsoptimierung des Verkehrssystems Auto - Strasse - Parkierung

b) Die räumlichen und zeitlichen Umlagerungen des Verkehrs

Eine charakteristische Eigenschaft des Verkehrs ist seine räumliche und zeitliche Flexibilität. Kapazitätsbegrenzungen beim Verkehrsfluss und bei der Parkierung führen (wo möglich) zu räumlichem und zeitlichem Ausweichen. Da Umweltbelastungen in den meisten Fällen auf grössere Gebiete (insbesondere die Luftbelastungen) bezogen werden müssen und in

der Form von Tagesmittelwerten bzw. Jahresmittelwerten relevant sind, ist bezüglich der Umweltbelastungen nicht die punktuelle Verkehrsspitze massgebend, sondern die auf grössere Gebiete bezogene Tagessumme des Verkehrs in Fahrzeugkilometern. Dem müssen die Massnahmen gerecht werden.

Die Verkehrsplanung hat sich bisher sehr stark auf das Management der Spitzenbelastungen ausgerichtet und sich deshalb vorwiegend mit dem Pendlerverkehr befasst, der an den Verkehrsspitzen massgebend beteiligt ist. Da der Pendlerverkehr gemäss Mikrozensus 1984 (Literatur 13) gesamtschweizerisch lediglich 29 % des Autoverkehrs (in Personenkilomtern) ausmacht, kommt dem Pendlerverkehr aus der Optik des Umweltschutzes neben dem Einkaufsverkehr mit 12 %, dem Erholungsverkehr mit 40% [1], dem Nutz-/Geschäftsverkehr mit 19% eine Bedeutung zu, die bis anhin häufig überschätzt wurde.

Der fundamentale Unterschied besteht nun darin, dass sich der Strassenverkehr nicht mehr eigenständig bei demjenigen Volumen einpendelt, das durch die gegebene und aus Platzgründen limitierte Infrastruktur von Strassen und Parkplätzen bei bestmöglicher Organisation bewältigt werden kann, sondern dass scheinbar von ausserhalb des Verkehrssystems (über Luft- und Lärm-Belastungsgrenzwerte) beschränkende Bedingungen für das Verkehrsvolumen gestellt werden.

---

[1]) dabei ist zu beachten, dass der Besetzungsgrad der Autos beim Erholungsverkehr wesentlich höher ist, als bei den anderen Verkehrsarten.

Zu diesem Zweck ist in den Gebieten mit übermässigen Luft- beziehungsweise Lärmbelastungen ein Massnahmenplan erforderlich, der ausgehend vom Ist-Zustand festlegt, welches Verkehrsvolumen und welche Verkehrszusammensetzung in Kombination mit welchen Geschwindigkeiten zu verträglichen Umweltbelastungen führen und mit welchen konkreten Massnahmen das zu erreichen ist.

3.2 Parkraumpolitik

3.2.1 Begrenzung des Parkplatzangebotes in zentralen Lagen

a) Beschreibung der Massnahme

Die Begrenzung des Parkplatzangebotes umfasst die folgenden Teilmassnahmen:

- Aufheben von Parkplätzen auf öffentlichem Grund
- Reduktion der Erstellungspflicht und Begrenzung des Erstellungsrechts auf privatem Grund
- Verhindern der illegalen Parkierung durch bauliche Massnahmen (Poller etc.)
- Durchsetzung der Parkverbote mit baulichen Massnahmen (die kurzzeitige Stationierung ist im Parkverbot polizeilich geduldet)
- Aufheben von Betriebsparkplätzen für Mitarbeiter (dafür allenfalls Geschäftswagen für Geschäftsverkehr oder besser geschenkte Abos für Tram, Bus und Bahn).

b) Die Wirkungsweise

Erkenntnisstand

Bei Nachfrageüberhang ist der Zusammenhang zwischen Parkplatzzahl und Verkehrsaufkommen unbestritten. Allerdings ist eine Quantifizierung dieses Zusammenhangs schwierig. Inbesondere fehlen bisher Vorher-/Nacher-Untersuchungen. Den folgenden Ausführungen wurden lediglich (soweit wie möglich) Ist-Zustand-Erhebungen zugrundegelegt.

Zur Massnahme:
Begrenzung des Parkplatzangebotes
in zentralen Lagen (Kapitel 3.2.1)

Der Parksuchverkehr

Bei einem Nachfrageüberhang in einem Gebiet tritt Parksuchverkehr auf. Es ist dies ein Phänomen, das insbesondere aus Leserbriefen bekannt ist und wohl aus subjektiver Betroffenheit gerne überschätzt wird. Empirische Arbeiten, die sich damit befassen, lassen auf eine grosse Lernfähigkeit und Flexibilität des Automobilisten schliessen, das heisst, dass er den Abstellplatz dort sucht, wo er eine erhebliche Chance hat, einen zu finden. Er kennt auch die günstigen Zeitpunkte relativ genau.

Eine Erhebung der Parkierungsgewohnheiten in der Stadt Biel (Literatur 14) hat ergeben, dass diejenigen Auto-Pendler, die über einen reservierten Parkplatz verfügen, später zur Arbeit fahren als diejenigen, die einen Parkplatz auf dem öffentlichen Grund suchen müssen. Das tägliche "Wettrennen" um die besten (zielnächsten) Parkplätze ist die Ursache davon.

Ein weiteres Beispiel für die Anpassungsfähigkeit der Automobilisten ergibt sich aus einer Untersuchung von R.H. Beck (Literatur 15). Die Besucher der Zürcher Bahnhofstrasse (mit Auto) sagen nur zu 18% aus, die Parkierungsmöglichkeiten seien gut, aber trotzdem sind lediglich 14% der Ansicht, dass die Parkplatzsuche zu lange dauert.

Zur Massnahme:
Begrenzung des Parkplatzangebotes
in zentralen Lagen (Kapitel 3.2.1)

Es zeigt sich, dass ein Nachfrageüberhang nach Parkplätzen, abgesehen von der Kapazitätsbegrenzung, eine weitere Eigenschaft hat, die die Fahrzeugkilometer tendenziell reduziert: Die Belegungsdauer steigt und die Fusswege verlängern sich. Der Parkplatz wird zur Ausgangsbasis und es werden (wenn möglich) mehrere Besorgungen zu Fuss erledigt. Siehe dazu Literatur 16 und 17.

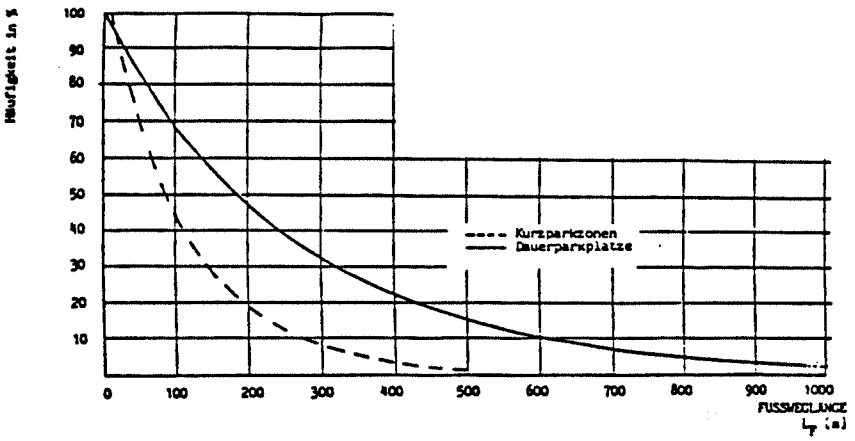


Abbildung 10: Vergleich der Häufigkeitsverteilungen der Fussweglänge der Parkplatzbenützer im Einzugsgebiet Beethovenplatz - Stellplätze im öffentlichen Strassenraum (Quelle: Literatur 16).

Ablesebeispiel zu Abbildung 10:

In der Kurzparkzone akzeptieren 50% der untersuchten Personen einen Fussmarsch von 80 bis 90 m. Bei Dauerparkplätzen akzeptieren 50% einen Fussmarsch von ca. 180 m (erhoben in Wien).

Zur Massnahme:
Begrenzung des Parkplatzangebotes
in zentralen Lagen (Kapitel 3.2.1)

Der "Hüpfverkehr"

Bei einem Ueberangebot von Parkplätzen stellt sich der "Hüpfverkehr" ein. Zielorte werden wenn möglich einer nach dem andern mit dem Auto direkt angefahren, auch wenn es sich um Distanzen handelt, die Fussgängern zuzumuten sind. Der Hüpfverkehr tritt vor allem bei bequemen Zufahrtsmöglichkeiten oder bei direkt zu den Dienstleistungen zugeordneten Parkhäusern auf.

In Nürnberg (Literatur 17) hat sich gezeigt, dass auch die Lage von Parkhäusern und ihre Benützung als "Ausgangsbasis" für mehrere Besorgungen oder für einzelne Kurzbesorgungen ("Hüpfen")in Zusammenhang stehen. Peripher gelegene Parkhäuser werden häufiger als "Ausgangsbasis" benützt, demgegenüber dienen zentrale Parkhäuser, die den Warenhäusern etc. oft direkt zugeordnet sind, häufiger dem "Hüpfen".
Aus dem Gesichtspunkt der Luftreinhaltung ist das "Hüpfen" nicht erwünscht, da es zu vermehrten Fahrzeugkilometern und Schadstoffemissionen führt.

Parkieren im Parkverbot und illegales Parkieren

Das Aufheben von Parkplätzen mit polizeilichen Massnahmen führt bei hohem Parkdruck nur bedingt zur Reduktion des Verkehrsvolumens. Das illegale Parkieren und das legale kurze Stationieren im bezeichneten Parkverbot können wegen der kurzen Parkdauer (also hohen Rotation) mehr Fahrten erzeugen als legale Parkplätze (Beispiel: mittlere Bahnhofstrasse in Zürich).

Zur Massnahme:
Begrenzung des Parkplatzangebotes
in zentralen Lagen (Kapitel 3.2.1)

Falls die Parkplatzaufhebung die Verkehrsreduktion bezweckt, müssen bei starkem Parkierungsdruck bauliche Massnahmen vorgesehen werden.

Die abgedrängte Parkierung (Fremdparkierung)

Bei einem Nachfrageüberhang an Parkraum werden die nächstbesten Parkierungsmöglichkeiten aufgesucht, was einerseits zu einer tendenziellen Verminderung der Fahrzeugkilomter führt, da solche Parkierungsmöglichkeiten in der Regel zwischen Quelle und Ziel aufgesucht werden. Andererseits führen diese "Fremdparker" zu wesentlichen Beeinträchtigungen in den betroffenen Quartieren und sind deshalb meistens unerwünscht. Sie sind nach Möglichkeit durch flankierende Massnahmen (Anwohnervorrecht oder Aufhebung der Strassenparkierung) einzugrenzen. Nur so wird die Massnahme "Begrenzung des Parkplatzangebots in zentralen Lagen" voll wirksam (siehe Massnahme Eingriffe ins Parkregime).

c) Zuständigkeit und Realisierbarkeit

Die Regelung der Anzahl und Lage von Autoabstellplätzen auf privatem Grund erfolgt über kantonale Bau- und Planungsgesetze und über kommunale Bauordnungen und Parkierungsreglemente. Zur Zeit lassen

Zur Massnahme:
Begrenzung des Parkplatzangebotes
in zentralen Lagen (Kapitel 3.2.1)

die meisten kantonalen Bau- und Planungsgesetze eine Begrenzung der Parkplatzerstellung auf privatem Grund im allgemeinen nicht zu, geregelt wird hauptsächlich die minimale Erstellungspflicht. Eine Ausnahme bildet der Kanton Luzern (weitere folgen). Deshalb ist es möglich, dass in der Luzerner Innenstadt die Parkplatzerstellung auf 0% bis 40% des Grenzbedarfs nach unten und nach oben verbindlich festgelegt ist. (Literatur 18).
Als steuernder Eingriff zur Reduktion des Parkplatzangebots ist diese Massnahme nur bedingt (im Rahmen von Baubewilligungen) wirksam. Hingegen lässt sich damit die weitere Vermehrung von Abstellplätzen auf privatem Grund wirksam stoppen. Die Aufhebung von Betriebsparkplätzen für Mitarbeiter kann in der öffentlichen Verwaltung durchgesetzt werden und für die privaten Betriebe können Anreize geschaffen werden.

Im Bereich des öffentlichen Grundes ist eine gezielte Reduktion des Parkplatzangebots durch die Gemeinden besser möglich. In den schweizerischen Innenstadtgebieten liegen jedoch lediglich 20% bis 30% der Parkplätze auf öffentlichem Grund. Im weiteren sind bauliche Massnahme zum Schutz vor illegaler Parkierung sowie vor Missbrauch von Parkverboten rasch realisierbar.

Zur Massnahme:
Begrenzung des Parkplatzangebotes
in zentralen Lagen (Kapitel 3.2.1)

d) Abschätzung der Wirksamkeit auf die Reduktion des Verkehrsvolumens

Diese Massnahmen sind in erster Linie auf den Ziel/Quellanteil des Einkaufs- und Pendlerverkehrs in den Innenstädten wirksam, welcher den öffentlichen Parkraum benützt. Bezogen auf die Innenstadt dürfte eine Reduktion (je nach den lokalen Verhältnissen) von bis zu 15% des Verkehrsvolumens möglich sein, wenn die Parkierung auf privatem Grund stabilisiert wird und auf öffentlichem Grund (legal, halblegal und illegal) stark reduziert wird.

Ohne flankierende Massnahmen (siehe Massnahme: Eingriffe ins Parkregime, das Bevorzugen der Anwohner), ist die Wirksamkeit bezogen auf die gesamte Stadt wesentlich geringer.

3.2.2
Eingriffe ins Parkregime

a) Beschreibung der Massnahme

In den zentralen Lagen von mittelgrossen und grossen Städten ist die Nachfrage nach Parkplätzen bedeutend grösser als das Angebot. Das trifft für alle Fahrzwecke (Wohnen, Arbeiten, Einkaufen, Geschäft/Güterumschlag) zu. Mit Hilfe des Parkregimes können Präferenzen für die Parkierung auf öffentlichem Grund gesetzt werden.

Die Hilfsmittel sind:
- Veränderung der maximalen Parkdauer
- Tarifpolitik
- Anwohnerprivileg
- Privatisierung der Parkplätze

b) Wirkungsweise

Parkzeitbeschränkung und Verkehrsaufkommen

Umweltrelevant ist in erster Linie die Tagessumme des Verkehrsvolumens (in Fahrzeugkilometern). Hier wird deshalb der Frage nachgegangen, welche Fahrtenzahl (Verkehrspotential) ein Parkplatz bei welchem Verkehrsregime auslöst.

Der Forschungsarbeit "Parkraumbewirtschaftung als Mittel der Verkehrslenkung" (Literatur 19) ist das folgende Diagramm entnommen (Abb. 11).

Zur Massnahme:
Eingriffe ins Parkregime (Kapitel 3.2.2)

Anzahl Zu- und
Wegfahrten pro Tag

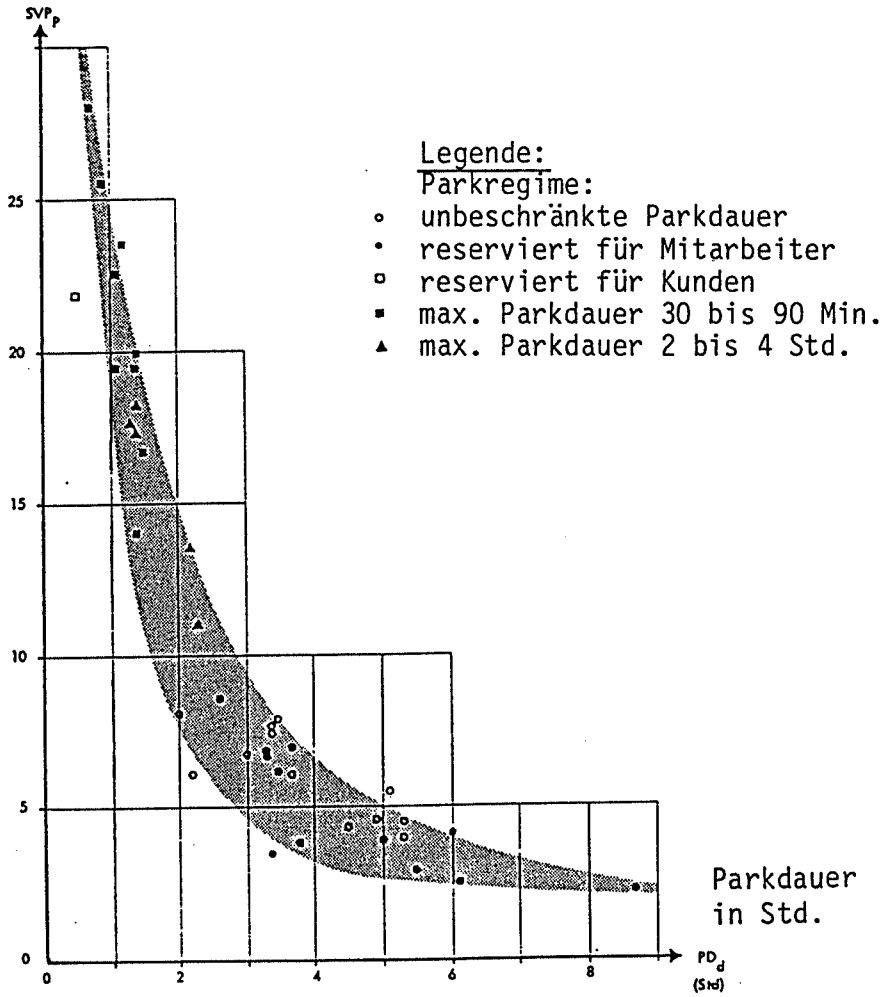


Abbildung 11: Anzahl Zu- plus Wegfahrten pro Tag als Funktion der Parkdauer (Quelle: Literatur 19).

Zur Massnahme:
Eingriffe ins Parkregime (Kapitel 3.2.2)

Das Verkehrspotential (Zu- plus Wegfahrten) eines Parkplatzes variiert sehr stark. Die Extremwerte liegen bei 2,5 bzw. 28 Fahrten pro Tag. Das Umwandeln eines Parkplatzes vom Regime "zeitlich unbegrenzt" zum Regime "bis 120 Minuten" ergibt in etwa eine Verdreifachung der Zu- und Wegfahrten.

Als Extremfall gilt die Umwandlung eines reservierten Mitarbeiterparkplatzes in einen Kundenparkplatz. Eine solche Aenderung des Parkregimes kann das Verkehrspotential verzehnfachen.

Aus Untersuchungen (Literatur 19) ergeben sich theoretisch die folgenden Multiplikatoren für Veränderungen des Parkregimes gegenüber dem unbeschränkten Zustand auf allgemein zugänglichen Parkplätzen.
Die theoretischen Multiplikatoren basieren auf der Annahme, dass die Nachfrage nach Kurzzeitparkplätzen tatsächlich vorhanden ist.

Regime:	Mittleres Verkehrspotential (Zu- u. Wegfahrten)	Multiplikator gegenüber Regime "unbeschränkt"
Unbeschränkt oder über 4 Stunden :	ca. 6 Fahrten/Tag	1
bis 4 Stunden :	ca. 11 Fahrten/Tag	1,8
bis 2 Stunden :	ca. 17,5 Fahrten/Tag	2,9
bis 1 Stunde :	ca. 22 Fahrten/Tag	3,7
bis 30 Minuten :	ca. 26 Fahrten/Tag	4,3
Diese Verkehrspotentiale basieren auf erhobenen Fallbeispielen (siehe Literatur 19). Sie haben keine Allgemeingültigkeit, dennoch haben sie sich in der Praxis als Richtwerte bewährt.		

Tabelle 7: Parkregime und Verkehrspotential

Zur Massnahme:
Eingriffe ins Parkregime (Kapitel 3.2.2)

Daraus folgt, dass die Beschränkung der Parkierungszeit als Massnahme zur Reduktion des Verkehrsvolumens in erheblichem Ausmass kontraproduktiv ist.

In ähnlicher Weise führen hohe Tarife zur kürzeren Parkierungsdauer und somit zur Erhöhung der Fahrtenzahl (falls der entsprechende Nachfragedruck vorhanden ist).

Das Bevorzugen der Anwohner

In den mittelgrossen und grossen Städten wird in den Wohnquartieren, die das Stadtzentrum umgeben, in erheblichem Ausmass von Nichtbewohnern parkiert. In der Stadt Zürich (Literatur 21) sind es 40% bis 60% der Parkierer, diese setzen sich zu 10% bis 20% aus Fremdparkierern und zu 20% bis 40% aus Besuchern und Beschäftigten im Gebiet zusammen.

Zur Massnahme:
Eingriffe ins Parkregime (Kapitel 3.2.2)

Eine Studie der Stadt Biel (Literatur 14) hat ergeben, dass bereits die Aenderung des Parkregims von "unbeschränkt" auf "max. 2 Std." auf 15% der Parkplätze in der Innenstadt die Anzahl der Fahrten, die den Kordon Innenstadt überschreiten, um 14% erhöhen kann (und umgekehrt).

Wird die Stabilisierung der Fahrtenzahl angestrebt, so müssen bei der Reduktion der Parkzeitbeschränkung von "unbeschränkt" auf "max. 2 Std." zwei von drei Parkplätzen aufgehoben werden.

Das vermeintlich umweltfreundliche Parkierungskonzept der Stadt Bern aus dem Jahr 1983 errechnet infolge Parkzeitverkürzung auf 20% der öffentlichen Parkplätze unter dem Strich eine Vermehrung der täglichen Fahrtenzahl von 46% (siehe dazu Abbildung 12 und Literatur 20).

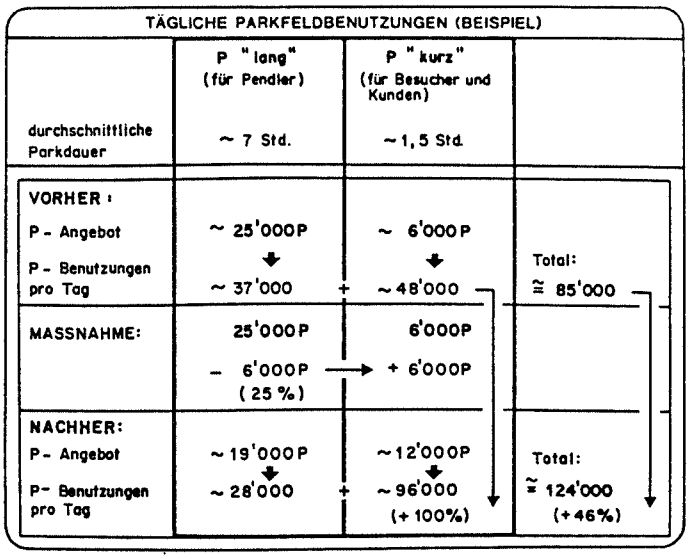


Abbildung 12: Parkraumplanung Bern (Quelle: Literatur 20)

Zur Massnahme:
Eingriffe ins Parkregime (Kapitel 3.2.2)

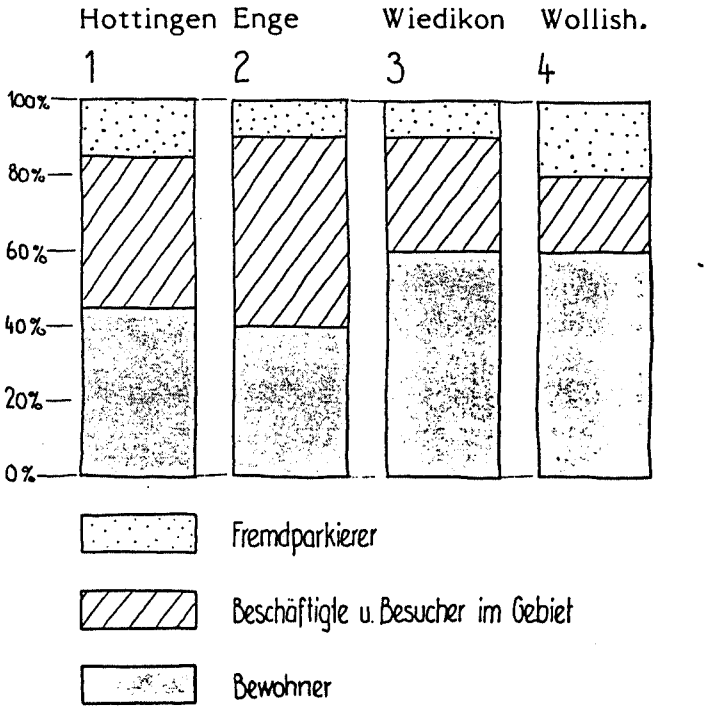


Abbildung 13: Parkierungserhebungen in Quartieren Zürichs (Quelle: Literatur 21)

Die Fremdparkierer haben ihr Ziel meistens in der City und sie parkieren so nahe wie möglich bei ihrem Ziel.

Zur Zeit führt die Stadt Bern Versuche mit Parkkarten für Anwohner durch; analoge Versuche sollen auch in Basel und Zürich anlaufen. Gestützt auf den Artikel 3 Absatz 4 des Strassenverkehrsgesetzes [1]) wird in ganzen Quartieren (eingeteilt nach Postleitzahlen) eine "blaue Zone" eingeführt, die an den Werktagen vor 17.30 Uhr nur mit Parkkarte (Bewohner sowie Firmenfahrzeuge von ansässigen Firmen)

---

[1]) seit August 1984

Zur Massnahme:
Eingriffe ins Parkregime (Kapitel 3.2.2)

unbeschränkt zur Parkierung benützt werden darf. Für alle anderen ist die Beschränkung der "blauen Zone" (1 1/2 Std.) wirksam.

Von dieser Massnahme kann die vollständige Elimination der Fremdparkierer (meistens Pendler zur City) erwartet werden, sowie eine sehr starke Reduktion der Autopendler ins Gebiet selbst. Demgegenüber ist eine gewisse Zunahme von Besuchern im Quartier zu erwarten, insbesondere im Nahbereich von Läden und anderen Dienstleistungsbetrieben. In der Gesamtbilanz wird bei grossflächiger Anlage dieser Massnahme die verkehrsreduzierende Wirkung stark überwiegen.

In ähnlicher Weise wirkt sich die Privatisierung der Parkplätze aus. Allgemein zugängliche Parkplätze werden dem allgemeinen Zugang entzogen, indem sie aufgehoben werden und durch private Parkplätze ersetzt werden (Einzelgaragen, Sammelgaragen etc.).

c) Zuständigkeit und Realisierbarkeit

Das Parkregime (zeitliche Beschränkung und Tarifpolitik) auf öffentlichem Grund fällt in die Zuständigkeit der Gemeinden, ebenso das Anwohnerprivileg (siehe Versuch "Parkkarten für Anwohner", gestützt auf Artikel 3 Absatz 4 des Strassenverkehrsgesetzes).

Zur Massnahme:
Eingriffe ins Parkregime (Kapitel 3.2.2)

Die Privatisierung der Parkplätze kann auf dem Verhandlungsweg angestrebt werden oder im Rahmen von Baubewilligungen langsam verfolgt werden. Ferner kann diese Massnahme durch "Laternengaragen-Gebühren" gefördert werden.

d) Abschätzung der Wirksamkeit auf die Reduktion des Verkehrsvolumens

Ein flächendeckendes Einführen des Anwohnerprivilegs führt zu einer massiven Reduktion des Auto-Pendlerverkehrs. Das Auto-Zu-Pendeln wird praktisch auf diejenigen Fälle beschränkt, wo Betriebsparkplätze zur Verfügung stehen.

Gemessen am gesamtstädtischen täglichen Verkehrsaufkommen sind, je nach Anteil der Zu-Pendler-Parkierung auf öffentlichem Grund, Reduktionen des Verkehrsvolumens von 10% bis zu 20% möglich (bei sehr grossen Städten weniger). Allerdings müssen die notwendigen alternativen Verkehrsmittel angeboten werden.

Die übrigen Teilmassnahmen dienen eher der Stabilisierung des Verkehrsvolumens (siehe Veränderung der maximalen Parkierungsdauer), da es zunächst gilt, den Trend zur Parkzeitverkürzung zu stoppen, oder sie sind erst längerfristig wirksam.

3.3 Reduktion der Strassenkapazität für den motorisierten Individualverkehr

3.3.1 Fahrspurreduktion

a) Beschreibung der Massnahme

In Kleinstädten genügt in der Regel ein minimal ausgebautes Strassennetz den Ansprüchen des Strassenverkehrs. Die Reduktion der Strassenkapazität durch bauliche Mittel ist somit hinfällig.
In mittelgrossen und grossen Städten können die folgenden Teilmassnahmen angewendet werden:

- Bei mehr als 2 Fahrspuren:
  Reduktion der Spurenzahl für den motorisierten Individualverkehr zu Gunsten von:
  . öffentlichem Verkehr
  . Fussgänger und Velo
  . Grüngestaltung

- Im Knotenbereich:
  Aufhebung von Abbiegespuren und Stauraumspuren zu Gunsten von:
  . Bus-Schleusen
  . Fussgängerinseln und Velospuren
  . Platzgestaltungen

- Im Haltestellenbereich des öffentlichen Verkehrs:
  Aufheben der Fahrspur, die das Ueberholen von Bus bzw. Tram erlaubt (Auto hinter Tram bzw. Bus, zum Teil mit signaltechnischer Sicherung). Diese Lösung kann allenfalls über längere Streckenabschnitte beibehalten werden.

Zur Massnahme:
Fahrspurreduktion (Kapitel 3.3.1)

b) Wirkungsweise

Fahrspurreduktionen

Durch Querschnittverengungen auf Strassenzügen wird die Streckenleistungsfähigkeit reduziert. Weit häufiger sind jedoch die Situationen, in denen Fahrspurreduktionen im Staubereich von Knoten angeordnet werden können. Das ist in den meisten Fällen nicht ohne Anpassung der Signalsteuerung der entsprechenden Knoten möglich. Da die Knoten meistens massgebend sind für die Kapazität eines bestimmten Strassenzuges, ist diese Teilmassnahme unmittelbar wirksam. In hohem Mass hat sich die Kreisellösung für Knoten ohne Vorsortierung bewährt.

Die Reduktion der Kapazität auf einem Strassenzug führt zum Ausweichen des Verkehrs auf jede mögliche Alternativroute, insbesondere durch die angrenzenden Wohnquartiere. Solche Ausweichrouten (man spricht von Schleichwegverkehr oder Fluchtverkehr) müssen mit Hilfe von Verkehrsberuhigungsmassnahmen unattraktiv oder unmöglich gemacht werden.

Die Fahrspurreduktion wirkt vor allem gegen die Zu- und Wegpendlerspitze und führt unter anderem zu einer Erhöhung des Besetzungsgrades der Privatautos. Als die Reichsbrücke in Wien einstürzte, war der Besetzungsgrad auf den Donaubrücken von 1,2. auf 1,7 Personen gestiegen (Literatur 22).
Der Reduktion der Wegpendlerspitze kommt dabei ein leicht höherer Stellenwert zu, da die Wegpendlerspitze teilweise mit Besucherverkehr überlagert ist, der dadurch ebenfalls beeinflusst wird.

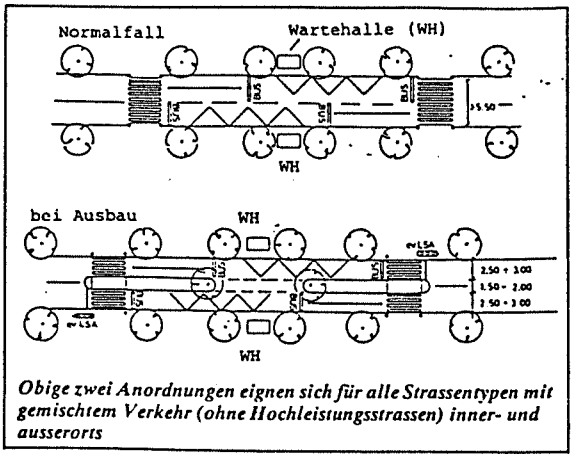
Zur Massnahme:
Fahrspurreduktion (Kapitel 3.3.1)

In jedem Fall ist die Abstimmung mit der Parkplatzpolitik dringend erforderlich.

Auto hinter Tram beziehungsweise Bus

Das konsequente Führen des (motorisierten) Individualverkehrs hinter dem öffentlichen Verkehr verringert die Attraktivität und Kapazität eines Strassenabschnitts für den Individualverkehr. Dabei ist mit den Mitteln der signaltechnischen Verkehrslenkung dafür zu sorgen, dass der gestaute Individualverkehr nicht zur Behinderung des öffentlichen Verkehrs führt (Busschleusentechnik).

Falls einzelne Haltestellen in diesem Sinn ausgebaut werden (Beispiel: Schweighofstrasse in Zürich, wo der motorisierte Individualverkehr um 8% zurück ging), sind Fussgängerschutzinseln vorzusehen und allenfalls mit Lichtsignalen zu versehen, die den sicheren Zugang zum - respektive Weggang vom - Bus oder Tram ermöglichen.



Obige zwei Anordnungen eignen sich für alle Strassentypen mit gemischtem Verkehr (ohne Hochleistungsstrassen) inner- und ausserorts

Abbildung 14: Bushaltestellen (unten Typ wie an der Schweighofstrasse in Zürich)

Zur Massnahme:
Fahrspurreduktion (Kapitel 3.3.1)

c) Zuständigkeit und Realisierbarkeit

Die baulichen Massnahmen liegen in der Kompetenz des Inhabers der Strassenhoheit, das sind bei den Hauptstrassen in den meisten Fällen die Kantone und bei den Nationalstrassen der Bund. Wo der öffentliche Verkehr von den Massnahmen mitbetroffen wird, sind die entsprechenden Verkehrsbetriebe ebenfalls in die Planung einzuschliessen.

Die Realisierung dieser Massnahmen ist technisch und juristisch möglich. Sie erfordern jedoch einen erheblichen Aufwand für Planung und Ausführung, ebenso eine politische Akzeptanz. Sie sollten Teil eines Gesamtkonzeptes zur städtebaulichen Strukturverbesserung der öffentlichen Räume und zur Förderung von öffentlichem Verkehr sowie des Velo- und Fussgängerverkehrs sein.

d) Abschätzung der Wirksamkeit auf die Reduktion des Verkehrsvolumens

Es kann davon ausgegangen werden, dass keine Strasse oder Fahrrichtung aufgehoben wird. Das heisst, dass im Extremfall alle Strassen in einer Stadt auf eine Fahrspur je Richtung reduziert werden. In grossen Städten ist etwa ein Drittel aller radialen Strassenzüge vierspurig ausgebaut, somit könnte die (in den Spitzenstunden erreichte) Kapazität der Strassen etwa um einen Viertel reduziert werden, was - bezogen auf den Tagesverkehr - etwa 10% ausmacht (bei sehr grossen Städten eher mehr).

Zur Massnahme:
Fahrspurreduktion (Kapitel 3.3.1)

Werden in den Knotenbereichen die Strassenräume drastisch begrenzt und Abbiegespuren aufgehoben, so fällt die Kapazität auf allen Strassenzügen massiv, da nicht nur der Querschnitt beengt wird, sondern auch die Knotensteuerung weniger Grünzeit für einzelne Fahrrichtungen erlaubt. Die einspurige Anordnung eines Strassenzuges ohne Abbiegespuren ergibt eine maximale Tageskapazität von cirka 10'000 bis 12'000 Fahrzeugen (Spitzenstunden cirka 750 Fahrzeuge). Das ergibt je nach Stadtgrösse eine mögliche Reduktion der Kapazität der Hauptstrassen auf cirka 70% bis 80% des heutigen Verkehrsvolumens bei mittelgrossen Städten und auf ca. 40% bis 60% bei grossen Städten. In kleinen Städten ist diese Massnahme nicht wirksam, da lediglich die Verkehrsspitzen beeinflusst werden und ein zeitliches Ausweichen des Verkehrs in den meisten Fällen möglich ist.

Die Teilmassnahme "Auto hinter Bus beziehungsweise Tram" reduziert pro Bus- und Tramlinie bei 7 1/2 Minuten-Betrieb die Kapazität einer Strecke um ca. 10% bis 15% (bei wichtigen Haltestellen). Wird auch der Gegenverkehr (zum Zweck des Fussgängerschutzes) blockiert, so verdoppelt sich diese Wirkung annähernd. Falls tatsächlich diese Strecke für die Kapazität des gesamten Strassenzuges massgebend ist (und nicht die angrenzenden Knoten), so resultiert eine entsprechende Reduktion des Verkehrsvolumens.

Zur Massnahme:
Fahrspurreduktion (Kapitel 3.3.1)

In den meisten Fällen wird die Reduktionswirkung jedoch indirekt sein.
Der entsprechende Strassenzug wird (vor allem bei Wiederholung der Massnahme) unattraktiv. Ein Beispiel dafür ist die Limmattalstrasse in Zürich, wo der Autoverkehr auf einer langen Strecke hinter dem Tram fahren muss. Diese Strecke wird von den Automobilisten wo immer möglich gemieden.
Inwiefern sich der zusätzliche Stau negativ auf die Luftbelastung auswirkt, ergibt sich aus der Zahl der zusätzlichen Wiederbeschleunigungsmanöver und der verhinderten Fahrzeugkilometer (dem Standlauf des Motors kommt lufthygienisch eine geringere Bedeutung zu).

Die Zahl der zusätzlichen Wiederbeschleunigungsmanöver hinter dem haltenden und wegfahrenden Tram bzw. Bus darf nicht überschätzt werden, da vor und nach einem Tram- bzw. Bushalt ohnehin Fussgänger die Fahrbahn queren und den Verkehrsfluss aufhalten (falls er zur Zeit noch fliesst). Somit kann von dieser Massnahme, bei sinnvoller Einbettung in ein Gesamtkonzept ein wesentlicher Beitrag zur Verbesserung der Luftbelastung erwartet werden.

3.3.2 Verkehrsdosierung durch Lichtsignalsteuerung

a) Beschreibung der Massnahme

In der Art der Optimierung der Lichtsignalanlagen können sehr deutliche Prioritäten gesetzt werden. Sowohl die Verkehrsarten als auch die Fahrrichtungen können einzeln beeinflusst werden.

Die Teilmassnahmen sind:
- Die Pförtneranlagen am Stadtrand
- Umfassende Verkehrsdosierung

b) Wirkungsweise

Problematik der isolierten Pförtneranlagen

Zur Entlastung eines Problemsektors lässt sich die Lichtsignalsteuerung an einem Knoten im Randbereich der Stadt dermassen verändern, dass sich die Kapazität für den einfallenden Verkehr reduziert (Pförtneranlage). Dabei ist neben der Kapazitätsreduktion einer der Grundgedanken, den Stau dort zu haben, wo er am wenigsten stört (Management des Staus). Die Folgen sind Wartezeiten und die Suche nach Alternativen.

Die von den Planern angepeilten Alternativen (öffentlicher Verkehr, Park and Ride oder Velo) werden jedoch erst konkurrenzfähig, wenn die Alternativen mit dem Auto (andere Routenwahl und Wahl eines günstigeren Zeitpunkts für die Fahrt) keinen Erfolg mehr versprechen. Beides sind bekannte und

Zur Massnahme:
Verkehrsdosierung durch Lichtsignalsteuerung
(Kapitel 3.3.2)

durchaus rationale Verhaltensmuster des motorisierten Individualverkehrs (siehe auch: Erhöhung des Besetzungsgrades unter Fahrspurreduktion).

Der Ausbau von aussenliegenden Umfahrungen und Ringstrassen erleichtert das Ausweichen auf günstigere "Pforten". Es ergibt sich somit eine Tendenz zur Problemverlagerung und zur Verlängerung der Wege.

Eine Pförtneranlage funktioniert grundsätzlich wie jede andere Kapazitätsbegrenzung eines Strassennetzes. Die Ganglinie verflacht sich, das heisst der Verkehr weicht in die verkehrsschwächeren Tageszeiten aus. Dieser Effekt lässt sich zum Beispiel an der Reduktion des Spitzenstundenanteils im überlasteten Querschnitt der Kanalgasse in Biel verfolgen. Dort hat die Verkehrszunahme bei konstanter Kapazität zur Reduktion des Spitzenstundenanteils geführt (Literatur 23).

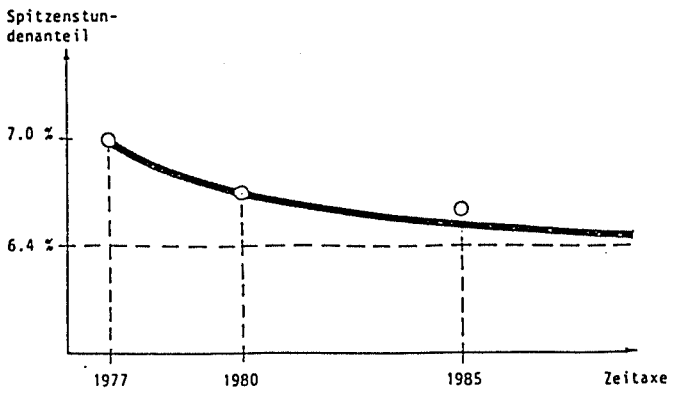


Abbildung 15: Entwicklung des Spitzenstundenanteils am Gesamtverkehr: Beispiel Kanalgasse in Biel. (Quelle: Literatur 23)

Zur Massnahme:
Verkehrsdosierung durch Lichtsignalsteuerung
(Kapitel 3.3.2)

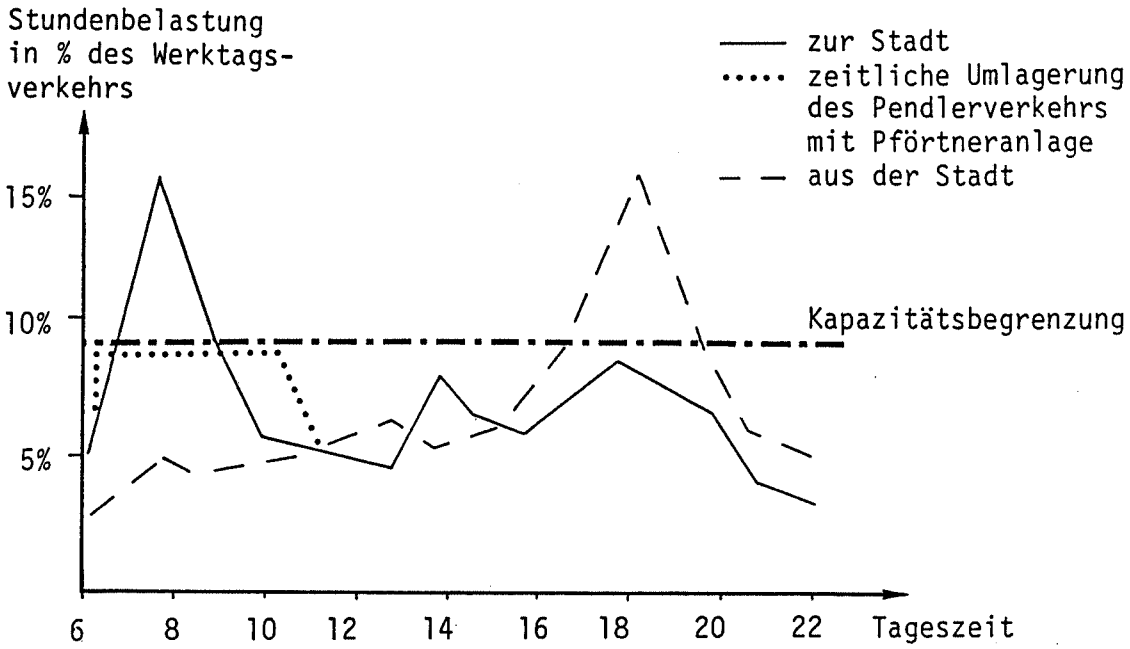


Abbildung 16: Tagesganglinie mit Umlagerung durch Pförtner (Kapazitätsbegrenzung) Prinzipskizze

Durch die "zeitliche Umfahrung" der Pförtneranlage wird ein Teil der beabsichtigten Reduktion der Fahrzeugkilometer kompensiert. Am ausgeprägtesten ist die Wirksamkeit der Pförtneranlage gegen den zeitlich weniger flexiblen Zupendlerverkehr am Morgen. Damit lässt sich bei genügendem Angebot von echten Alternativen die Morgenspitze (mit ihrem sehr hohen Zupendleranteil) echt reduzieren. In der Abendspitze von 17.00 bis 18.00 Uhr überlagern sich der Pendlerverkehr und der Einkaufs-Geschäfts- und Freizeitverkehr und die aussenliegende Pförtneranlage wird wenig Sinnvolles zur Reduktion dieses Verkehrstroms beitragen können (Abb. 16).

Zur Massnahme:
Verkehrsdosierung durch Lichtsignalsteuerung
(Kapitel 3.3.2)

Umfassende Verkehrsdosierung

Die koordinierte Verkehrsdosierung an allen Knoten beschränkt - analog zur Fahrspurreduktion - die Zu- und die Wegpendlerspitzen (weitere Angaben siehe Fahrspurreduktion).
Bei guter Koordination der Lichtsignalanlagen kann ein reduzierter Verkehrsstrom über längere Strassenabschnitte relativ flüssig geführt werden.

c) Zuständigkeit und Realisierbarkeit

Die Signalsteuerung auf den Hauptverkehrsstrassen untersteht den kantonalen Behörden (meist der verkehrstechnischen Abteilung der Polizei). In einzelnen Fällen ist die Kompetenz zum Teil an die Stadtverwaltungen übertragen.

Das Umweltschutzrecht des Bundes weist ausdrücklich auf diese Massnahme hin (verkehrslenkende- und verkehrsbeschränkende Massnahmen).

d) Abschätzung der Wirksamkeit auf die Reduktion des Verkehrsvolumens

Die reine aussenliegende Pförtneranlage als "Schutzwall" oder als Nadelöhr verringert die Morgenspitze und den Zupendleranteil des motorisierten Individualverkehrs. Je nach den lokalen Bedingungen

Zur Massnahme:
Verkehrsdosierung durch Lichtsignalsteuerung
(Kapitel 3.3.2)

und den Parkierungsmöglichkeiten (frei werdende Pendlerparkplätze) entsteht dadurch eine Tendenz zu vermehrtem, rasch umlaufendem Verkehr, der die reduzierten Fahrzeugkilometer der Pendler zu kompensieren droht.

Im Falle der umfassenden Verkehrsdosierung ist die Wirksamkeit nicht technisch bedingt, sondern sie ergibt sich aus der Plausibilität und Akzeptanz der Massnahme. Lange Rotphasen, die keinen anderen Nutzen haben als den Verkehr zu dosieren, werden als unplausibel empfunden. Wenn immer möglich sollte das Hauptmotiv zu dieser Massnahme die Förderung des öffentlichen Verkehrs oder des Fussgänger- und Veloverkehrs sein und die "Verkehrsdosierung" gewissermassen als Nebenprodukt anfallen.

Wird dieser plausible Bereich nicht verlassen, so ist eine Reduktion der Kapazität der Hauptstrassen auf ca. 80 bis 90% des heutigen Verkehrsvolumens bei mittelgrossen Städten und auf 70 bis 80% bei grossen Städten denkbar.

3.4 Ganz- und Teilfahrverbote

3.4.1 Zonen mit Transitsperren

a) Beschreibung der Massnahme

Wo der Durchgangsverkehr aus einer Zone oder einem Quartier eliminiert werden soll, wird meistens von Verkehrsberuhigung gesprochen. Es handelt sich um die folgenden Teilmassnahmen:

- Die Elimination von quartierfremdem Verkehr auf Quartierstrassen
- Die Entwidmung einer Hauptstrasse, die mit entsprechenden Massnahmen durchgesetzt werden muss.

Ob das mit "harten" Verkehrsberuhigungsmassnahmen (Riegelsysteme) oder mit "weichen" Verkehrsberuhigungsmassnahmen (Fahrbahnumgestaltungen) realisiert wird, ändert nichts an der Tatsache, dass daraus (wo möglich) eine Umlagerung des Verkehrs resultiert.

Als weitere Massnahme dieser Art ist die Sperrung einer Zone für den Schwerverkehrstransit von Bedeutung.

Zur Massnahme:
Zonen mit Transitsperren (Kapitel 3.4.1)

b) Wirkungsweise

Entsprechend zur Verkehrsumlagerung lagern sich auch die Belastungen um. Handelt es sich lediglich um die Elimination von quartierfremdem Verkehr auf Quartierstrassen, so beeinflusst das die umliegenden Hauptstrassen wenig. Eine Modellrechnung, die im Seefeldquartier der Stadt Zürich durchgeführt wurde (Literatur 24), ergab bei einer relativen Reduktion des Verkehrs auf den Quartierstrassen von 47% eine relative Zunahme des Verkehrs auf den Hauptstrassen von 3%.

Werden Hauptstrassen oder hauptstrassenähnliche Routen durch Quartiere unterbunden, wie das beim "Versuch Brunau-Riegel" (Literatur 25) in der Stadt Zürich der Fall war, so treten erhebliche Verkehrsverlagerungen auf, die häufig andere bereits übermässig belastete Strassenzüge zusätzlich belasten. Infolge des Brunau-Riegel-Versuchs fiel die Belastung der Mutschellenstrasse (im Quartier) von 9'210 Fahrzeugen pro Tag auf 3'320. Demgegenüber stieg er auf der flankierenden Seestrasse von 11'710 auf 16'570. Das führte einerseits dazu, dass der Faktor Anwohner mal Lärmbelastungsrückgang (im Quartier) grösser war als der Faktor Anwohner mal Lärmbelastungszunahme (am Quartierrand). Andererseits gibt zu denken, dass in der Seestrasse der Alarmwert der Lärmbelastung bereits vor dem Versuch überschritten war und während dem Versuch weiter anstieg: von 72 dB(A) auf 73,5 dB(A).

Zur Massnahme:
Zonen mit Transitsperren (Kapitel 3.4.1)

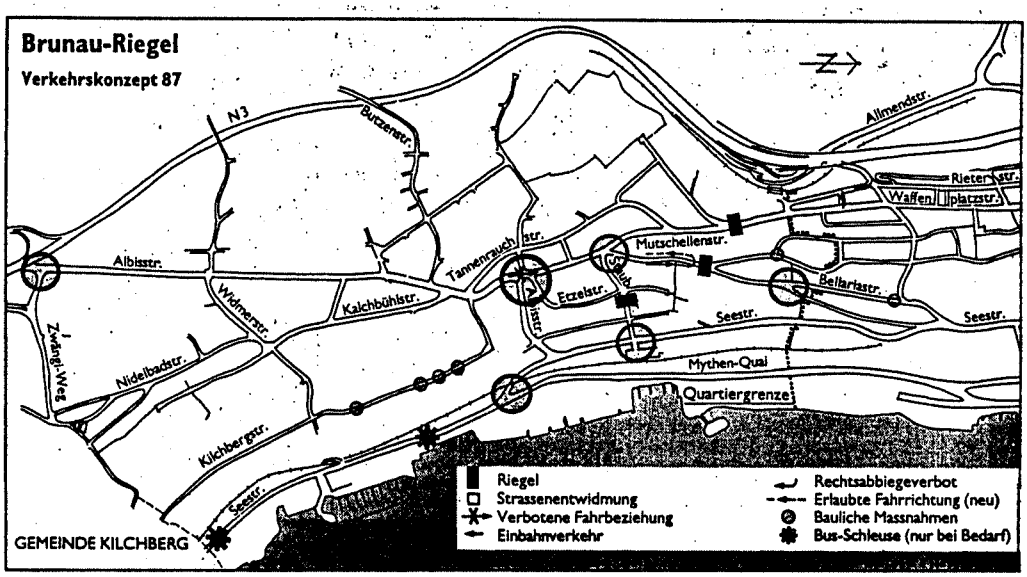


Abbildung 17: Verkehrsberuhigung Brunauquartier Zürich (Ausschnitt)

Im Brunauquartier war die Schlussfolgerung der Stadtverwaltung aus dem Versuch, dass der Verkehr im ganzen Sektor mit anderen Mitteln reduziert werden muss. Die Zonen mit Transitsperren sind in den meisten Fällen notwendige Ergänzungen (eventuell flankierende oder unterstützende Massnahmen) zu anderen Massnahmen, ausser es werden Hauptverkehrsstrassen entwidmet und unterbrochen, die nicht umfahren werden können. Das sind jedoch eher Einzelfälle, die sich zum Beispiel aus der Planung von Fussgängerzonen in Stadtzentren ergeben (Beispiel Limmatquai in Zürich).

Zur Massnahme:
Zonen mit Transitsperren (Kapitel 3.4.1)

c) Zuständigkeit und Realisierbarkeit

Je nach Strassenhoheit der Kanton oder die Gemeinden.

d) Abschätzung der Wirksamkeit auf die Reduktion des Verkehrsvolumens

Das Eliminieren von quartierfremdem Verkehr aus Wohnquartieren (meist als Bestandteil von Verkehrsberuhigungsmassnahmen) führt in der Regel nicht zur Reduktion des Verkehrsvolumens.

Aufhebungen von Hauptstrassen ohne entsprechende Umfahrungsmöglichkeit sind Einzelfälle mit gesamthaft gesehen geringem Einfluss. Die Wirksamkeit ist fallspezifisch abzuklären, sie kann lokal sehr hoch sein.

3.4.2 Zonen mit zeitlich begrenzter Zufahrt

a) Beschreibung

Neben den "klassischen" Fussgängerzonen mit Massnahmen aus der Palette: Anliegerverkehr am Morgen, Sonderbewilligungen für Anwohner, generelles Parkierungsverbot, Nachtfahrverbot und bauliche Umgestaltung, die sich meistens auf die historischen Altstadtgebiete oder einige Hauptgeschäftsstrassen beziehen, sind grossflächige Anordnungen gemeint, die die gesamten Innenstadtbereiche mit den grossen Arbeitsplatzkonzentrationen umfassen und die Zufahrt in diese Zonen zeitlich limitiert beschränken.

Die Teilmassnahmen sind:

- "klassische" Fussgängerzonen
- Innenstadtsperre in den Morgenstunden
- Innenstadtsperre am Nachmittag

b) Wirkungsweise

Die "klassische" Fussgängerzone

Die wesentlichen Punkte sind bereits bei der Massnahme Transitsperre abgehandelt.

Zur Massnahme:
Zonen mit zeitlich begrenzter Zufahrt
(Kapitel 3.4.2)

Grossräumige Innenstadtsperren

In den Städten Mailand und Rom wird die Innenstadt in den Morgenstunden (7.30 Uhr bis 11.30 Uhr Mailand; 7.00 Uhr bis 10.30 Uhr Rom) grossräumig gesperrt. Zufahrt hat lediglich, wer einen privaten Parkplatz nachweisen kann. Damit wird der Zu-Pendler-Verkehr in diese Räume unterbunden. Die Wirkung ist somit mit der aussenliegenden Pförtneranlage vergleichbar, wobei das Wirkungsfeld nur die Innenstadt ist und ein starker Fremdparkierungsdruck auf die umgebenden Quartiere ausgelöst wird. Das Freiwerden der Parkplätze der abgedrängten Pendler (das betrifft sowohl die Parkplätze auf öffentlichem Grund, als auch die Parkplätze auf privatem Grund), schafft Parkplatzkapazitäten für den rasch rotierenden Besucherverkehr und droht, die Entlastungswirkung der Morgenstunden zu kompensieren (bezogen auf die Tagessumme der Fahrzeugkilometer) oder kontraproduktiv zu wirken. Die Reduktionswirkung ist auf die zeitlich limitierten Parkplätze (und das in den gesperrten Morgenstunden) beschränkt. Ohne flankierende Massnahmen in der Parkierungspolitik (z.B. Anwohnerprivileg), ist die Wirkung dieser Massnahme fraglich. In Mailand hat die Fahrtenzahl zum Zentrum trotz der sehr grossflächigen Massnahme lediglich um 10% abgenommen.

Grossräumige Innenstadtsperren am Nachmittag können so angeordnet werden, dass kein zusätzlicher Besucherverkehr entsteht und dass der Besucherverkehr am Nachmittag (da tritt er vermehrt auf) beschränkt wird.

Zur Massnahme:
Zonen mit zeitlich begrenzter Zufahrt
(Kapitel 3.4.2)

Bekannt sind Mittagssperren aus Japan und im kleinräumigen Rahmen die "klassischen" Fussgängerzonen (Mittags- plus Nachmittagssperre).

Die Innenstadtsperre am Nachmittag wird zur Zeit in der Stadt St. Gallen angestrebt.
Sinnvoll ist das Sperren der Zufahrt zwischen 12 Uhr und 17 Uhr. Eine weitere Ausdehnung der Sperrzeit würde zu ernsthaften Schwierigkeiten für die Anwohner dieser Gebiete führen.

c) Zuständigkeiten und Realisierung

Grossräumige Innenstadtsperren sind massive Eingriffe in das Stadtgefüge, die Rechtsgrundlagen zu ihrem Vollzug sind grundsätzlich durch die Umweltschutzgesetzgebung gegeben, falls ihre Verhältnismässigkeit nachweisbar ist.

Bei grossflächigen Anordnungen sind meistens Kantonsstrassen und Gemeindestrassen betroffen und die Kompetenzen liegen bei den entsprechenden Behörden.

d) Abschätzung der Wirksamkeit auf die Reduktion des Verkehrsvolumens

Eine bedeutsame Reduktion ist lediglich bei der Nachmittagssperre zu erwarten. Reduziert wird hauptsächlich der Besucherverkehr (Fahrten zu Dienstleistungen aller Art) der Innenstadt.

Zur Massnahme:
Zonen mit zeitlich begrenzter Zufahrt
(Kapitel 3.4.2)

In den grossen Städten ist der Anteil der Autos an diesem Verkehr bereits heute gering. In der Zürcher Bahnhofstrasse wurde im Jahre 1978 ein Auto-Kundenanteil von 18% festgestellt (Literatur 15). In den mittelgrossen und kleinen Städten steigt dieser Anteil bis auf 40% (bei speziellen Verkehrslagen auch mehr).

Auf die Innenstadt bezogen führt das drastische Reduzieren des Besucherverkehrs zu wesentlichen Entlastungen, sie können die Grössenordnung von 50% erreichen. Bezogen auf die gesamten Stadtgebiete dürfte sich daraus eine Reduktion des Verkehrsvolumens von höchstens 10% in grossen Städten und 20% in mittelgrossen Städten ergeben. Es ist zudem zu beachten, dass eine gewisse Umschichtung des Einkaufsverkehrs (mit Auto) zu den Einkaufszentren am Stadtrand zu erwarten ist (das trifft vor allem für die Bewohner der Vorortgemeinden zu).

3.4.3 Zonen mit Dieselfahrverbot

a) Beschreibung

Aehnlich dem heute bekannten Lastwagenfahrverbot auf einzelnen Strassen werden Zonen ausgeschieden, in denen die Zufahrt mit Dieselmotoren verboten ist.

b) Wirkungsweise

Insbesondere das Transportgewerbe wäre zur Belieferung dieser Zonen auf den Einsatz von Alternativen zum Dieselantrieb angewiesen.

c) Zuständigkeit und Realisierung

Eine entsprechende zonenbezogene Signalisierung (Dieselverbot) ist zur Zeit nicht eingeführt und müsste zunächst auf Bundesebene erlassen werden.

d) Abschätzung der Wirksamkeit

Die Anzahl der Fahrzeugkilometer wird durch diese Massnahme nicht reduziert, hingegen wird der zukünftige Hauptemittent (im Jahre 2000 werden gemäss Berechnungen des Bundesamtes für Umweltschutz ca. 60% des Verkehrsanteils der Stickoxid-Emissionen vom Schwerverkehr stammen) zur Umlagerung des Verkehrs auf Antriebssysteme mit wesentlich besserer Abgasreinigung gezwungen.

Zur Massnahme:
Zonen mit Dieselfahrverbot (Kapitel 3.4.3)

In den sehr stark belasteten Zonen verhindert allein der dieselbetriebene Schwerverkehr das Einhalten der Luftreinhalte-Grenzwerte.

Bezüglich der Lärmbelastungen sind ebenfalls spürbare Verbesserungen zu erwarten.

3.4.4 Sonntagsfahrverbot

a) Beschreibung

Das generelle Sonntagsfahrverbot richtet sich gegen den motorisierten Individualverkehr. Zugelassen sind lediglich Notfahrzeuge und öffentliche Verkehrsmittel im Linienbetrieb.

b) Wirkungsweise

Der Wochenendverkehr ist stärker als der Werktagsverkehr auf das Auto ausgerichtet. Er spielt sich vorwiegend auf den Ueberlandstrassen und auf den Ausfallstrassen aus den Städten ab. Die Innenstädte sind an den Sonntagen (abgesehen von den Durchgangsrouten vor allem in den kleinen und mittelgrossen Städten) ausgesprochen schwach belastet. Mit einer gewissen Verlagerung von Fahrten auf Samstage, Montage oder Sonntage ohne Fahrverbot muss gerechnet werden.

c) Zuständigkeit und Realiserbarkeit

Sonntagsfahrverbote waren in der Schweiz im Jahre 1975 in der Folge der Energiekrise aufgrund von Notrecht in Kraft und haben weder im nationalen noch im internationalen Bereich zu wesentlichen Problemen geführt. Eine Institutionalisierung dieser Massnahme müsste auf Bundesebene erfolgen.

Zur Massnahme:
Sonntagsfahrverbot (Kapitel 3.4.4)

d) Abschätzung der Wirksamkeit auf die Reduktion des Verkehrsvolumens.

Wirksam ist die Massnahme vor allem entlang der Ausfallstrassen aus den Städten, der Ueberlandstrassen und den Ortsdurchfahrten. Entlang der Ortsdurchfahrten von Dörfern und kleineren bis mittelgrossen Städten ergibt sich vor allem ein Wegfall der an Sonntagen besonders störenden Lärmbelastungen.

Zur Reduktion des Verkehrsvolumens (bezogen auf Jahresmittelwerte) in den Hauptproblemgebieten der Innenstädte trägt das Sonntagsfahrverbot einen beschränkten Anteil bei. Bei Sonntagsfahrverbot an allen Sonntagen kann eine Grössenordnung von ca. 5% erreicht werden. Die gesamtschweizerische Verkehrsreduktion kann auf 5% bis 10% geschätzt werden, dabei wird der Schwerverkehr nicht beeinflusst. Die zur Zeit diskutierte Massnahme eines Sonntagsfahrverbotes an jedem 4. Sonntag ergäbe eine Viertelung der Wirksamkeit.

3.5 Verkehrsumlagerungen durch Strassenneubau

3.5.1 Umfahrungsstrassen

a) Beschreibung

Die Umfahrungsstrasse kann im Nahbereich liegen oder relativ weiträumig angelegt sein. Sie soll den Verkehr aus übermässig belasteten Gebieten heraus verlagern.

b) Wirkungsweise

Mehrwege

Umfahrungen verursachen meistens Mehrwege und somit eine Erhöhung der Fahrzeugkilometer.

Kapazitätsausbau und -rückbau

Grundsätzlich wird durch diese Massnahmen das Verkehrsvolumen nicht reduziert. Wo diese Massnahmen eine Angebotsverbesserung (Zeit, Komfort) bewirken, besteht eher eine Tendenz zu Fahrtverlängerungen, falls nicht entsprechende Gegenmassnahmen getroffen werden. Inbesondere besteht eine starke Tendenz zur Auffüllung frei gewordener Kapazitäten (siehe Literatur 26). Deshalb sollten die entlasteten Hauptstrassen in ihren Kapazitäten reduziert und wenn möglich ganz oder teilweise entwidmet werden.

Zur Massnahme:
Umfahrungsstrassen (Kapitel 3.5.1)

Die Verlagerung des Verkehrs und der entsprechenden Emissionen führt zu Verlagerungen eines Teils der Luftbelastungen und zu - den Verkehrsmengen entsprechenden - Verlagerungen der Lärmbelastungen.

Die Luftbelastungen werden jedoch in weit geringerem Ausmass verlagert. Bei kleinräumigen Umfahrungen, wie beim Beispiel des Brunau-Riegel-Versuchs in Zürich (Literatur 25), ist die Verlagerung fast irrelevant. Bei grossräumigen Umfahrungen mit starken Verkehrsbündelungen, wie zum Beispiel bei der Zürcher Nordtangente, werden auch in diesen Räumen sehr rasch übermässige Belastungen erreicht, wie das die NABEL-Messungen der EMPA in Dübendorf (Literatur 7) belegen.

Umfahrungsstrassen sind deshalb auch im Falle von weiträumigen Umlagerungen sehr vorsichtig auf ihren Gesamtnutzen zu prüfen.

c) Zuständigkeit und Realisierung

Umfahrungsstrassen sind fast ausschliesslich Kantonsstrassen oder Nationalstrassen, dementsprechend liegen die Planungs- und Kreditkompetenzen bei den Kantonen und beim Bund. Die Umgestaltung der aufgehobenen Hauptstrassen ist demgegenüber weitgehend eine Aufgabe der Gemeinden.

Zur Massnahme:
Umfahrungsstrassen (Kapitel 3.5.1)

d) Abschätzung der Wirksamkeit auf die Reduktion des Verkehrsvolumens

Bei wirksamer Verhinderung des "Wiederauffüllens" der entlasteten Strassen entspricht die lokale Verkehrsreduktion annähernd dem Anteil des Durchgangsverkehrs. Bei sehr kleinen Städten wie zum Beispiel Wiedlisbach macht das bis zu 50% aus (Literatur 27), bei grossen Städten fällt dieser Anteil (je nach dem Stand der Realisierung von Umfahrungsstrassen) auf 10% und weniger. Dieser Anteil kann in einzelnen Strassenzügen in mittelgrossen und grossen Städten beträchtlich höher sein. Die Wirkung kommt jedoch nur bezüglich des Lärms voll zum Tragen, bezüglich der Luftbelastung ist aufgrund der Schadstoffverfrachtung nur teilweise eine Verbesserung möglich. Dabei spielen die lokalen Verhältnisse (Luftströmungen, Wetter) eine wichtige Rolle.

3.5.2 Untertunnelung

a) Beschreibung der Massnahme

Die Wirkungen dieser Massnahmen entsprechen in den wesentlichen Zügen denjenigen der Umfahrungsstrasse. Der einzige wichtige Unterschied besteht darin, dass die Luftschadstoffe auf andere Weise (meist Abluftkamine) in die Umwelt abgegeben werden. Zusätzlich führen insbesondere längere Tunnels meist zu einer Verkehrsbeschleunigung (da Knoten in Tunnels vermieden werden), was zu einer Erhöhung der Stickoxid-Emissionen führt.

Im Falle der SN 1 in St. Gallen, die den Haupttransitstrang ab Sommer 1987 unterirdisch durch die Stadt führt, haben die Behörden eine ernüchternde regionale Umweltbilanz errechnet. Trotz flankierenden Massnahmen und bei angenommenem vollem Tragen dieser Massnahmen wird davon ausgegangen, dass der Reduktion der "Stau-Abgase" durch die Verbesserungen im Innerstadtverkehr eine massive Steigerung der Stickoxidemissionen gegenüberstehen wird, welche mit der erhöhten durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeit auf der Autobahn im Zusammenhang steht (siehe NZZ vom 29. Juni 1987).

Im weiteren ist zu beachten, dass Tunnellösungen lange Planungs- und Bauzeiten erfordern. Auch kann die Bauphase Emissionen erzeugen, die im lokalen Rahmen erheblich sein können und somit in der Immissionsprognose zu berücksichtigen sind.

3.6 Kritische Würdigung und Nebenwirkungen

3.6.1 Die Flexibilität des Verkehrs

Der motorisierte Individualverkehr ist in zeitlicher und räumlicher Hinsicht äusserst flexibel. Seine Flexibilität drückt sich auch in möglichen Sprüngen des Besetzungsgrades der einzelnen Fahrzeuge aus. Werden nur einzelne isolierte Massnahmen zur Reduktion des Verkehrsvolumens ergriffen, so werden in den meisten Fällen zunächst Ausweichmanöver erfolgen, die häufig sehr unangenehme Nebenwirkungen erzeugen.

3.6.2 Die integrierte Kapazitätsreduktion

Kapazitätsreduktionen sind mit grossem Vorteil als abgestimmte Konzepte auszuarbeiten, die die folgenden Bereiche umfassen sollten:

- Kapazitätsreduktion auf den Hauptstrassen und Verkehrsberuhigung in den Quartieren
- Restriktive Parkierungspolitik in den Innenstädten und Anwohnerprivilegien in den Wohnquartieren
- Förderung des nichtmotorisierten und öffentlichen Verkehrs und der städtebaulichen Qualitäten.

Zur Kapazitätsreduktion auf den Hauptstrassen

Mit Vorteil sind Spurreduktionen (auf Strecken und im Knotenstauraum) in Kombination mit einer umfassenden Dosierung des Strassenverkehrs vorzusehen. Spurreduktionen erlauben die städtebauliche Aufwertung vieler Strassenräume und die Aufwertung der zu fördernden Verkehrsarten. So verstanden sind Spurreduktionen plausibel. Der Pförtneranlage fällt die Aufgabe zu, einen Teil des Staus von den empfindlicheren Gebieten der Stadt fernzuhalten.

Diese umfassende Kapazitätsreduktion fördert die Tendenz des Verkehrs, in die Quartierstrassen auszuweichen. Dem muss mit Verkehrsberuhigungsmassnahmen in den "Quartierkammern" begegnet werden, andernfalls wirkt sich die Kapazitätsreduktion auf den Hauptstrassen äusserst negativ auf die Quartiere aus.

Zur Parkierungspolitik

Die Parkplatzzahl und die zusätzliche Verkehrserzeugung durch Parkzeitbeschränkungen ist mindestens zu stoppen (auf öffentlichen und auf privatem Grund) und in den Innenstädten womöglich zu reduzieren. Das erzeugt einen verstärkten Parkierungsdruck auf die Wohnquartiere in den Innenstädten und wirkt sich negativ auf die Wohnqualität in diesen Gebieten aus. Dieser Entwicklung kann durch die konsequente Anwendung des Anwohnerprivilegs entgegengetreten werden.

Zur Förderung der alternativen Verkehrsarten

Werden die obigen Massnahmen konsequent durchgesetzt, ohne dass ausgesprochen attraktive Alternativen zum motorisierten Individualverkehr angeboten werden, so ergibt sich eine Tendenz zur Verlagerung des Verkehrs und der Aktivitäten,in das Umland der Kernstädte, insbesondere in die Gürtelbereiche um die Städte, die durch tangentiale Strassen (zum Beispiel Autobahnumfahrungen) gut mit Strassen erschlossen sind. Diese Bereiche dürfen aus der Optik des Umweltschutzes und des Städtebaus als die künftigen Hauptproblembereiche betrachtet werden.

Der Anteil des Fussgängerverkehrs ist relativ stark von der Attraktivität des Stadtbildes abhängig und somit bis zu einem gewissen Grad machbar. Siehe dazu das folgende Diagramm (aus Literatur 16)

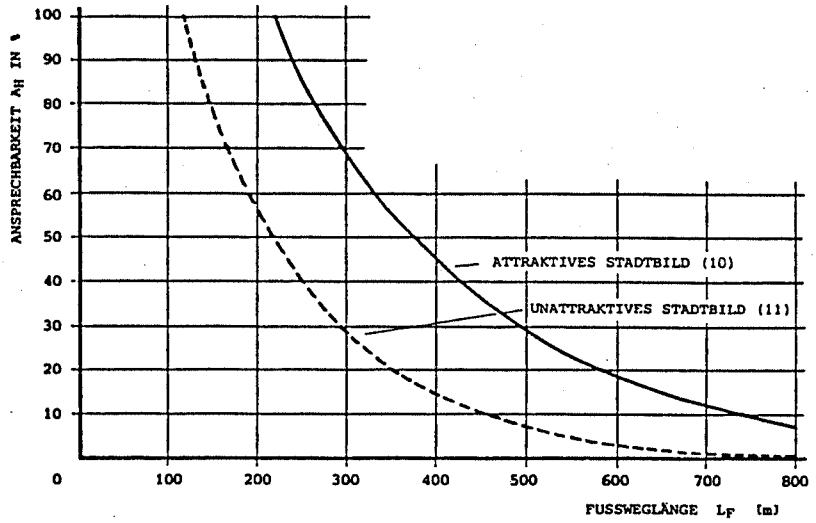


Abbildung 20: Einfluss der Stadtstruktur auf die Ansprechbarkeit bei Pendlerverkehr (Quelle: Literatur 16)

Ablesebeispiel zu Abbildung 20:

Bei einem attraktiven Stadtbild akzeptieren 50% der Pendler einen Fussweg von ca. 375 m, während dem bei einem unattraktiven Stadtbild lediglich ca. 220 m von 50% akzeptiert werden.

Fahrradverkehrsanteil und Stadtgrösse

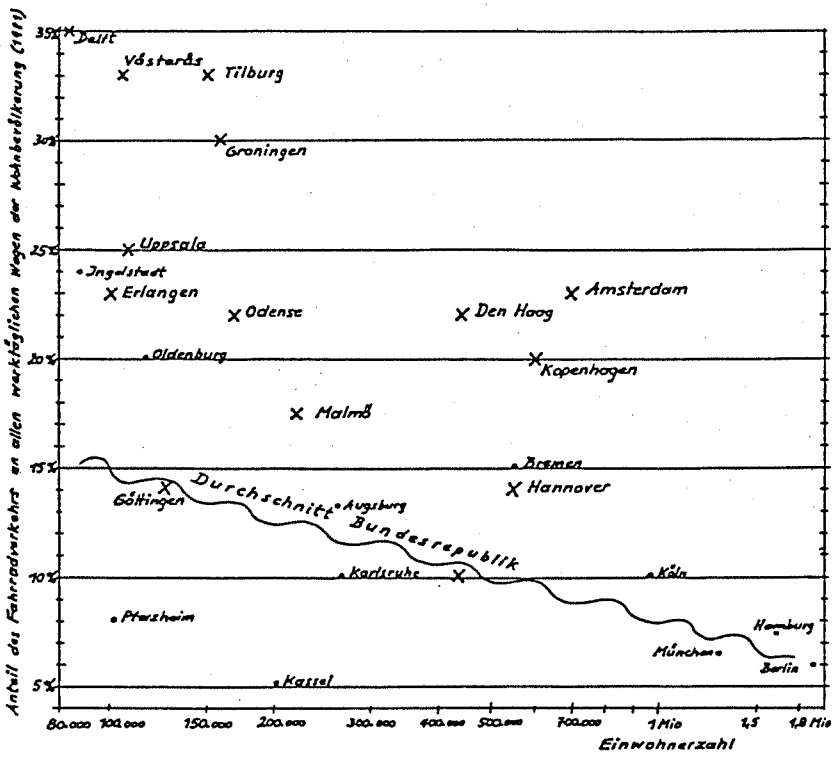


Abbildung 19: Fahrradanteil und Stadtgrösse, Vergleich europäischer Städte (Quelle: Literatur 30).

Das Fördern echter Alternativen zum Auto heisst insbesondere, das Zusammenspiel verschiedener Verkehrsarten zu optimieren, damit attraktive Alternativen von Tür zu Tür entstehen. Dabei spielt der Zubringerverkehr zum öffentlichen Verkehr (insbesondere attraktive Fusswege und Veloinfrastrukturen sowie Zubringerbusse) eine besonders wichtige Rolle.

Literatur 29 zeigt die Aufteilung des Zubringerverkehrs zu einigen Bahnhöfen im Kanton Zürich.

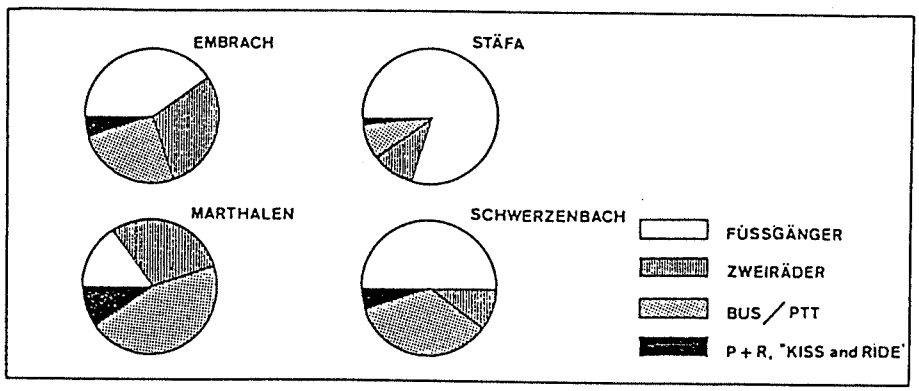


Abbildung 18: Beispiele für die zahlenmässige Bedeutung der Zubringerverkehrsmittel zur Bahn (Quelle: Literatur 29)

Der Anteil des Fahrradverkehrs lässt sich aufgrund internationaler Vergleiche in zahlreichen Schweizer Städten noch wesentlich steigern. Wie Literatur 30 belegt, weisen fahrradfreundliche Städte erhebliche Fahrradanteile am Gesamtverkehr auf. 20% und mehr sind auch in Grossstädten möglich.

Wertung

Es ist durchaus denkbar, dass mit Hilfe der integrierten Kapazitätsbeschränkungen das Volumen des motorisierten Individualverkehrs in den grossen Städten auf die Hälfte des heutigen Standes reduziert wird, ohne dass dadurch massgebliche Nachteile für die Bewohner und die Wirtschaftstätigkeit resultieren.

Eine gewisse Einschränkung dieser Aussage ist allenfalls beim Schwerverkehr angebracht. Die Voraussetzung wäre eine bedeutende Verlagerung des nichtregionalen Verkehrs auf den Schienenweg, damit sich das Schwerverkehrsaufkommen in den Städten auf den vitalen Wirtschafts- und Versorgungsverkehr beschränken kann.

Exkurs: Die Alternativen zum Individualverkehr

Die grossen Schweizerstädte weisen bereits heute im internationalen Vergleich hohe Modal-Split-Anteile für den öffentlichen Verkehr aus, und dennoch haben zum Beispiel die Einführung von U-Abo (Basel), Regenbogenkarte (Zürich) und Umweltpass (Bern) schlagend vorgeführt, dass der öffentliche Verkehr noch nicht an seinem Entwicklungsende angelangt ist. Die Fahrtenzahlen wurden um gut 24% (innerhalb von 3 Jahren) in der Region Basel und um gut 11% (innerhalb von 2 Jahren) in der Stadt Zürich gesteigert.

Ein weiteres Feld für Angebotsverbesserungen liegt im Bereich des agglomerationsgerechten Einsatzes des Angebots der SBB (S-Bahn-Betrieb). Abschätzungen für die Zürcher S-Bahn lassen auf günstigen Streckenabschnitten einen Zuwachs der Hauptpendlerströme auf der Bahn von 50% bis 80% erwarten (Literatur 28).

3.6.3 Zur Problematik von Einzelmassnahmen

Einzelmassnahmen wie die Mittags-/Nachmittags-Einfahrsperre in die Innenstadt oder die Sperrung einzelner Hauptverkehrsstrassen müssen, ähnlich wie die integrierte Kapazitätsreduktion, sehr sorgfältig geplant werden und ihre Auswirkungen wie Verkehrsdruck und Parkierungsdruck auf die umliegenden Wohnquartiere sind durch flankierende Massnahmen einzugrenzen.

Ebenso verursacht die reine aussenliegende Pförtneranlage eine Reihe von Problemen, deren Beseitigung automatisch zum Konzept der integrierten Kapazitätsreduktion führt.

Das Sonntagsfahrverbot trifft in seiner Wirksamkeit die Probleme der Hauptstrassen in den Städten nur am Rande, dagegen können die Ortsdurchfahrten von kleineren Städten bedeutend entlastet werden.

Umfahrungsstrassen und Tunnels führen ausser beim Lärmschutz selten zu echten Lösungen, sondern lediglich zu Problemverlagerungen. Die wichtigste Voraussetzung für die sinnvolle Anwendung dieser Massnahmen sind die Kapazitätsreduktion oder gänzliche Aufhebung der ersetzten Strassen.

3.6.4 Nebenwirkungen

Die Nebenwirkungen der Reduktion des Verkehrsvolumens (des motorisierten Individualverkehrs) auf die folgenden Bereiche wurde qualitativ abgeschätzt:

- Verkehrssicherheit
- Flächeninanspruchnahme
- Energieaufwand
- Finanzieller Aufwand
- Reisezeit
- Siedlungsstruktur
- Regionalwirtschaft

Zur Verkehrssicherheit

In städtischen Verhältnissen ist der motorisierte Individualverkehr an der grossen Mehrzahl der Verkehrsunfälle mit Verletzten oder Toten beteiligt. Deshalb dürfte sich die Reduktion seines Volumens auf die Verkehrssicherheit grundsätzlich positiv auswirken. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Reduktion des Verkehrsvolumens zu höheren Fahrgeschwindigkeiten führen kann und damit zu grösseren Unfallrisiken. Entsprechende Gegenmassnahmen sind allenfalls zu treffen. Ferner kann die Umlagerung des Verkehrs auf das Velo zu grösseren Risiken führen, falls nicht entsprechende Sicherungsmassnahmen für den Veloverkehr ergriffen werden.

Zur Flächeninanspruchnahme

Insbesondere bei der Massnahme Fahrspurreduktion kann die Flächeninanspruchnahme durch den Verkehr in gewissen Fällen reduziert werden, häufiger wird jedoch der Fall der Umverteilung der Flächen zugunsten von anderen Verkehrsarten (Fussgänger, Velo und öffentlicher Verkehr) sein. Zum Teil dürfte eine Entsiegelung möglich werden.

Zum Energieaufwand

Es ist eine Reduktion des Energieaufwandes zu erwarten.

Zum finanziellen Aufwand

Städtebaulich gut abgestimmte Lösungen im Sinne der integrierten Kapazitätsreduktion (siehe Kapitel 3.6.2) verursachen ein bedeutendes Bauvolumen und werden die entsprechenden Finanzierungsmittel einer Stadt während 5 bis 10 Jahren beanspruchen. In der Stadt Zürich wird zur Zeit angestrebt, eine Reduktion des Verkehrs von ca. 20 bis 30% mit einem Kredit von 80 Mio. Franken (siehe Literatur 31) zu realisieren.
Mit diesem Kredit dürfte es möglich sein, die technischen Massnahmen zur angestrebten Verkehrsreduktion zu realisieren. Städtebaulich gut abgestimmte Umgestaltungsmassnahmen und die notwendigen flankierenden Förderprogramme werden jedoch weit höhere Kosten (das Mehrfache) verursachen.

Zur Reisezeit

Für zahlreiche regionale Verkehrsbeziehungen ist das Auto nach wie vor das schnellste Verkehrsmittel, somit werden zum Beispiel die Umsteiger auf das öffentliche Verkehrsmittel mit einem gewissen Mehraufwand rechnen müssen. Dem steht allerdings gegenüber, dass die bisherigen Benützer des öffentlichen Verkehrs von den Angebotsverbesserungen mitprofitieren. Ein Beispiel dafür ist die Zürcher S-Bahn.

Zur Siedlungsstruktur

Die stärkere Ausrichtung der Siedlungsentwicklung auf den öffentlichen Verkehr fördert tendenziell die erwünschten kompakteren Siedlungsstrukturen.

Zur Regionalwirtschaft

Inwiefern die gefürchtete Suburbanisierung der Arbeitsplätze und Dienstleistungsbetriebe durch die verstärkte Beschränkung des motorisierten Individualverkehrs in den Städten gefördert wird, ist umstritten.

In den Kernzonen von schweizerischen Grosstädten ist zwar die Einwohnerzahl seit den 60er Jahren rückläufig, die Zahl der Arbeitsplätze und der Detailhandelsumsätze jedoch nicht. Die Einkaufszentren und Verwaltungsgebäude "auf der grünen Wiese" sind hauptsächlich auf die Agglomerationsgemeinden ausgerichtet und insofern eine Fehlentwicklung, als sie nicht in die Agglomerationsgemeinden integriert sind.

3.7 Die Wirksamkeit der Reduktion des Verkehrsvolumens auf die Stickstoffdioxid-Immissionen (Jahresmittelwerte)

3.7.1 Zum Stellenwert dieser Abschätzung

Die folgenden Ueberlegungen basieren auf bestimmten Annahmen und stark vereinfachten Modellvorstellungen. Sie bezwecken das Aufzeigen von Wirkungsketten und Zusammenhängen und können quantitative Hinweise zur Wirksamkeit von Verkehrsreduktionen und für die Prognosen von künftigen Zuständen geben. Mehr ist in dieser allgemeinen Form nicht möglich.

3.7.2 Die Annahmen

Emissionsseitig:

Ausgegangen wird von konstanten Verkehrsbelastungen d.h. keine Zunahme des Verkehrs in der Zukunft und von den emissionsbegrenzenden Massnahmen des Luftreinhaltekonzepts (reduzierte Entwicklung), zusätzlich aller Massnahmen, die bis zum 31. Juli 1987 beschlossen wurden.

Ausgehend vom Bericht "Schadstoffemissionen des privaten Strassenverkehrs 1950 bis 2000" des BUS (Literatur 11) wurde die Emissionsentwicklung innerorts auf eine konstante Verkehrsmenge normiert und bezüglich der neuesten Abgasvorschriften für Lastwagen, Mofas und Motorräder angepasst.

Bezogen auf das - gemäss Luftreinhalteverordnung - massgebende Jahr 1994 und das Jahr 2000 hat das die folgenden Reduktionen der Emissionen ergeben:

Verminderung der Stickoxid-Emissionen (1987 = 100%)		
Quellengruppen	1994	2000
Verkehr übrige Quelle	- 44% - 8%	- 60% - 12%
überlagert	- 32%	- 43%

Tabelle 8: Reduktion der Stickoxidemissionen im Jahr 1994 und 2000 innerorts bei konstantem Verkehrsvolumen, bezogen auf das Jahr 1987.

Der Emissionsanteil des Verkehrs in den Städten wurde aufgrund von Schätzungen des Gesundheitsinspektorats der Stadt Zürich (Literatur 10) bei heute 65% angenommen. Dieser Anteil verringert sich infolge der obigen Annahmen für die Jahre 1994 und 2000 folgendermassen:

Stickoxid-Emissionsanteile			
Quellengruppen	1987	1994	2000
Verkehr übrige Quelle	65% 35%	53% 47%	46% 54%

Tabelle 9: Verkehrsanteil und Anteil der übrigen Quellen an den gesamtstädtischen Stickoxidemissionen 1987, 1994 und 2000, bei konstantem Verkehrsvolumen.

Immissionsseitig:

Eine weitere modellhafte Annahme, die auf Messungen des Gesundheitsinspektorats der Stadt Zürich beruht (Literatur 10), erlaubt die Schätzung des Verkehrsanteils der Stickstoffdioxid-Immissionen im Raume von Hauptstrassen. Im Raume von Hauptstrassen wurde im Mittel eine um die Hälfte höhere Stickstoffdioxid-Belastung gemessen als in den angrenzenden Wohnquartieren. Somit kann angenommen werden, dass mindestens dieses Drittel

direkt von der entsprechenden Hauptstrasse stammt und die restlichen zwei Drittel einer grossflächig verteilten Belastung zugerechnet werden können, die natürlich ihrerseits ebenfalls zu einem gewissen Anteil von der selben Strasse stammen.

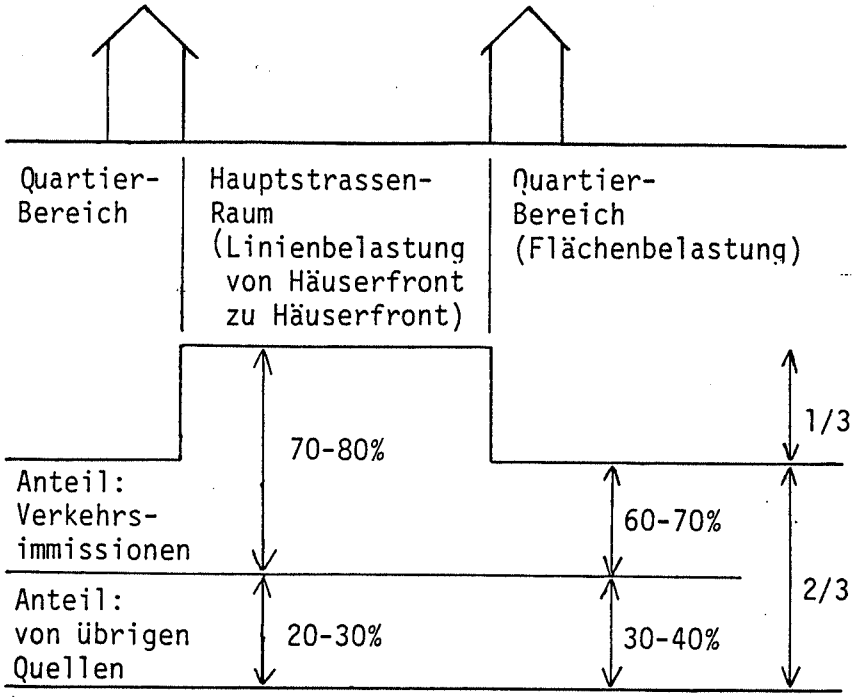


Abbildung 21: Modell für die Stickstoffdioxid-Immissionsbelastungsanteile im Hauptstrassenraum (Zeitbasis 1987)

Aus dieser Ueberlegung lassen sich zwei weitere Annahmen herleiten:

1. Der Verkehrsanteil an den Stickstoffdioxid-Immissionen in den Hauptstrassenräumen in den Städten (und das ist gemäss den Forschungsfragen von Kapitel 1 unser Hauptobjekt) kann zur Zeit auf ca. 70-80% geschätzt werden. Für die Zeiträume 1994 und 2000 lassen sich die folgenden Werte errechnen:

Stickstoffdioxid-Immissionsanteile im Hauptstrassenraum			
Quellengruppen	1987	1994	2000
Verkehr	70-80%	60-70%	55-65%
übrige Quelle	20-30%	30-40%	35-45%

Tabelle 10: Verkehrsanteil und Anteile der übrigen Quellen an den Stickstoffdioxd-Immissionen in städtischen Hauptstrassenräumen 1987, 1994 und 2000, bei konstantem Verkehrsvolumen.

2. Der Anteil an diesen Belastungen, der "direkt" von der entsprechenden Hauptstrasse stammt und der zum Beispiel bei der Verkehrsführung durch eine benachbarte Strasse sicher wegfällt, entspricht in etwa dem Drittel (siehe Abbildung 21), um welches die gemessene Belastung im Hauptstrassenraum höher ist. Diese "direkten" Belastungen ergeben die folgenden Anteile:

Stickstoffdioxid-Immissionsanteil aus direkter Verkehrseinwirkung			
	1989	1994	2000
"direkte" Verkehrs-belastungen	30-35%	25-30%	23-28%

Tabelle 11: Die Anteile der "direkten" Verkehrsbelastungen an den Stickoxidimmissionen in städtischen Hauptstrassenräumen 1989, 1994 und 2000, bei konstantem Verkehrsvolumen.

3.7.3 Die Wirksamkeit der Reduktion des Verkehrsvolumens

Aufgrund dieser Annahmen lässt sich die Wirksamkeit der Reduktion des Verkehrsvolumens auf die Stickstoffdioxid-Immissionen in städtischen Hauptstrassenräumen schätzen. Die folgende Tabelle geht vom Fall einer 10%igen Reduktion des Verkehrsvolumens und der Stickoxidemissionen aus (andere Reduktionswerte können durch einfache Multiplikation geschätzt werden):

WIRKSAMKEIT DER REDUKTION DES MOTORISIERTEN INDIVIDUALVERKEHRS UM 10% (Reduktion der Stickstoffdioxid-Immissionen im Jahresmittel), BEZUGSRAUM HAUPTSTRASSEN			
	Massnahmenbereiche		
	Verkehrsumlagerung auf einzelnen Strassen (Linien)	grossflächig	sehr grossflächig
Bezugsjahr 1987 Wirksamkeit	3% - 4%	4% - 7%	7% - 8%
Bezugsjahr 1994 Wirksamkeit	2% - 3%	3% - 6%	6% - 7%
Bezugsjahr 2000 Wirksamkeit	2% - 3%	3% - 5,5%	5,5% - 6,5%

Tabelle 12: Die Wirksamkeit einer 10%igen Reduktion des Verkehrsvolumens in städtischen Hauptstrassenräumen auf die Stickstoffdioxid-Immissionen 1987, 1994 und 2000.

Dabei bedeuten:

- Reduktion des motorisierten Individualverkehrs:
  Die gleichmässige Reduktion aller Anteile, insbesondere des Personenwagenverkehrs und des Schwerverkehrs.

- Massnahmenbereich auf einzelnen Strassen:
  Die Verkehrsumlagerung im Nahbereich dieser Strasse

- Massnahmenbereich grossflächig:
  Es erfolgt bezogen auf ganze Innenstädte oder Stadtquartiere eine echte Reduktion des Verkehrsvolumens (also nicht nur eine Umlagerung von Verkehrsströmen).

- Massnahmenbereich sehr grossflächig:
  Es erfolgt bezogen auf eine ganze Stadt eine echte Reduktion des Verkehrsvolumens.

Ablesebeispiel zu Tabelle 11:

Eine städtische Hauptstrasse, die heute (1987) zum Beispiel mit 50 µg/m3 Stickstoffdioxid belastet ist, wird als Folge einer sehr grossflächigen Reduktion des motorisierten Individualverkehrs von 10% der Fahrzeugkilometer eine Reduktion der Stickstoffdioxid-Immissionen um rund 7-8%, das heisst um ca. 4 µg/m3 erfahren. Bei einer Reduktion der Fahrzeugkilometer um 50% (Bezugsjahr 87) ergibt sich somit eine Verminderung der Stickstoffdioxid-Belastung von 20 µg/m3, was dem Erreichen des Grenzwertes der Luftreinhalteverordnung von 30 µg/m3 entspricht.
Im Jahr 1994 ist die Wirksamkeit derselben Massnahmen (wegen des fallenden Verkehrsanteils an den Immissionen) um ca. 1 Prozentpunkt geringer.

Unsicherheiten

Die Modellrechnung geht davon aus, dass die Reduktion der Fahrzeugkilometer der Ottomotoren und Dieselmotoren proportional vollzogen wird, was nicht generell vorausgesetzt werden kann. Bleibt zum Beispiel bei einer sehr grossflächigen, zehnprozentigen Reduktion der Fahrzeugkilomter des motorisierten Individualverkehrs (Bezugsjahr 2000) der Lastwagenanteil absolut konstant, sinkt die Wirksamkeit von 5-6% auf ca. 2-3%.

Im weiteren sind Effekte wie Verkehrsverflüssigung durch Verkehrsverdünnung oder zusätzlichen Stau infolge von Kapazitätsbegrenzung nicht generell zu berücksichtigen und deshalb hier quantitativ nicht eingeflossen (siehe dazu 3.5.2 a).

3.7.4 Die Ueberlagerung der Wirksamkeit der "Reduktion des Verkehrsvolumens" und der beschlossenen Massnahmen auf Bundesebene (Fall: Hauptstrasse innerorts)

Die folgende Grafik stellt Prognosen des Verlaufs der Stickstoffdioxid-Belastungen von 1987 (heute) bis 1994 dar. Ferner ist auf den Prognoselinien angegeben, welche Reduktion des Verkehrsvolumens notwendig wäre, um im Jahre 1994 voraussichtlich gerade den Immissionsgrenzwert von 30 µg/m3 im Jahresmittel zu erreichen.

Es lässt sich somit eine Aussage gewinnen zur Fragestellung: "Um wieviel müssen wir bei einer bestimmten (gemessenen) heutigen Belastung das Verkehrsvolumen reduzieren, damit infolge der Ueberlagerung der Massnahmen "Reduktion des Verkehrsvolumens" und der übrigen beschlossenen und beabsichtigten Massnahmen auf Bundesebene (Stand 31. Juli 1987) [1]) im Bezugsjahr 1994 der Grenzwert erreicht wird ?"

In den Tabellen werden die Fälle Reduktion um 10, 30, 50 und 70% des Verkehrsvolumens durchgespielt. Die Angaben beziehen sich selbstverständlich auf die Annahmen des Modells (siehe Annahmen Kapitel 3.7.2) und sind in diesem Sinne als Schätzungen zu verstehen.

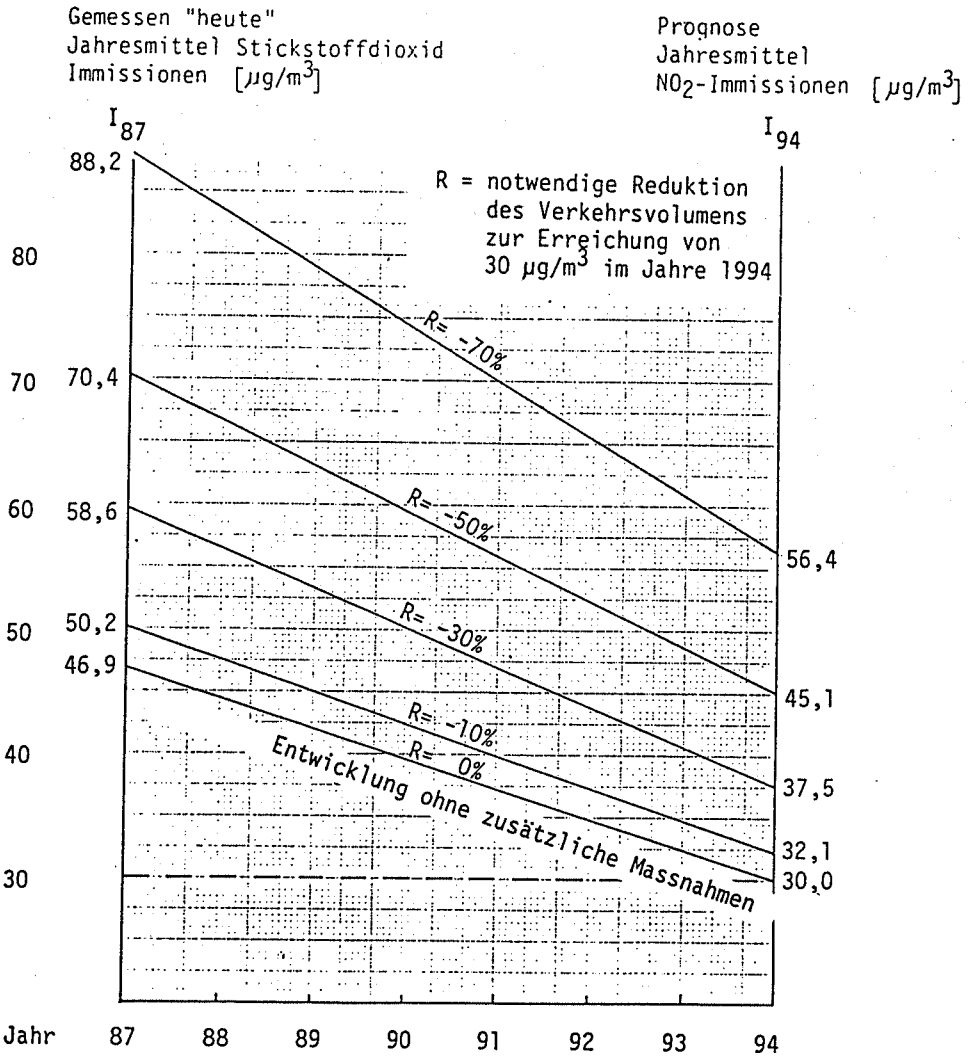
Die Immissionsentwicklung infolge der übrigen Massnahmen ist aufgrund der Emissionsentwicklung innerorts nach Literatur 1 und 11 geschätzt und auf ein konstantes Verkehrsvolumen umgerechnet. Diese Abschätzung ergibt eine Reduktion der Stickstoffdioxid-Immissionen (Jahresmittel) von 1987 bis 1994 um gut 1/3 (die Rechnung ergab -36%). Von 1987 bis 2000 beträgt die Reduktion ca. die Hälfte (die Rechnung ergab - 49%).

---

[1]) Berücksichtigt sind sowohl Massnahmen beim Verkehr als auch bei den übrigen Quellen.

Messstelle: Hauptstrasse innerorts

Fall: Verkehrsreduktion sehr grossflächig



Von der Massnahme beeinflusster Immissionsanteil (im Jahr 1994) = 66,9%

Reduktion infolge anderer Massnahmen = 36%

$$I_{87} = \frac{30\ ug/m3\ .\ 10'000}{64,0\%\ (100\text{-}n.0,669)} \qquad I_{94} = I_{87}\ .\ 0,64$$

n = Verkehrsreduktion in % (Reduktion der Fahrzeugkilometer bei gleichem Lastwagenanteil in %)

Abbildung 22: Verlauf der Stickstoffdioxid-Immissionsentwicklung bis 1994 bei konstantem und reduziertem Verkehrsvolumen (sehr grossflächig).

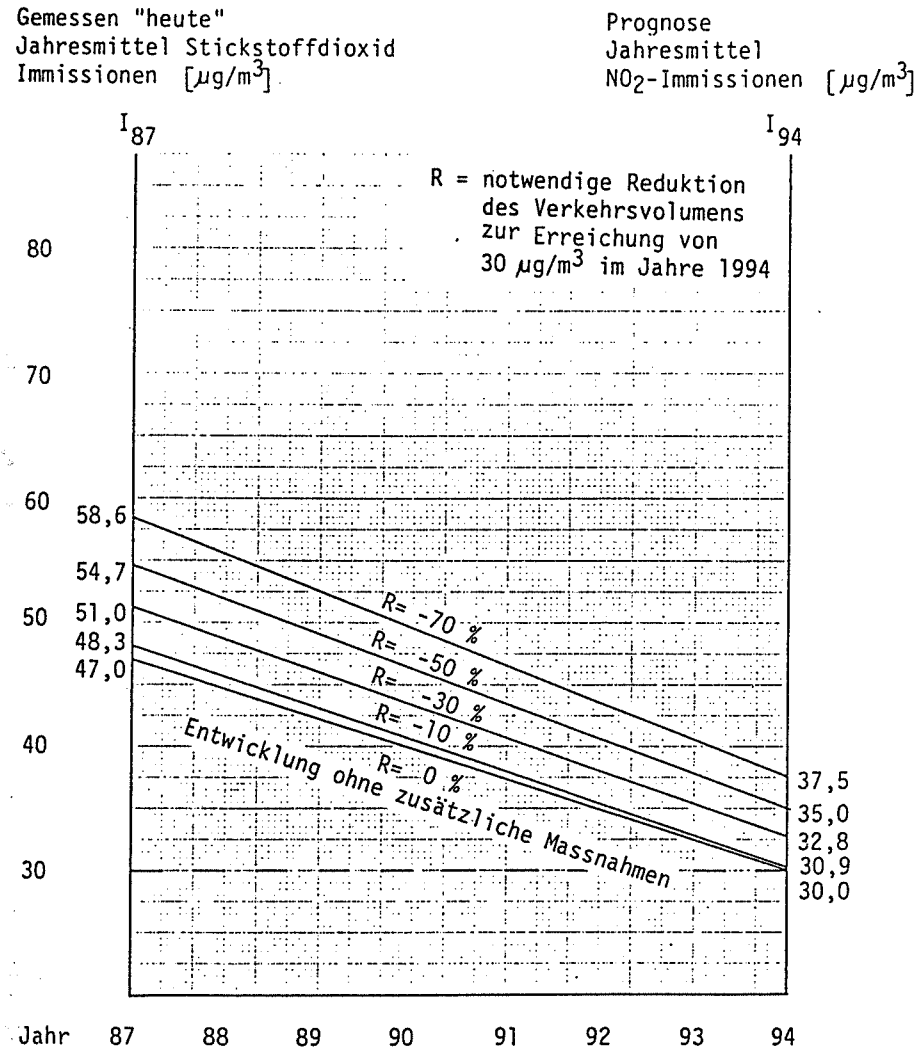
Ablesebeispiel zu Abbildung 22:

Wird an einer Hauptstrasse innerorts heute (1987) zum Beispiel eine Stickstoffdioxid-Konzentration (Jahresmittelwert) von ca. 59 $\mu g/m^3$ gemessen, so ist anzunehmen, dass diese Belastung infolge der bereits beschlossenen Massnahmen (Katalysatoren, Heizungskontrolle etc.) bis im Jahre 1994 ohne Berücksichtigung einer Verkehrszunahme) auf ca. 37 $\mu g/m^3$ fällt. Um den Immissionsgrenzwert von 30 $\mu g/m^3$ mit der zusätzlichen Massnahme "Reduktion des Verkehrsvolumens" zu erreichen, ist eine ca. 30%ige Reduktion des Verkehrsvolumens notwendig.

Ein weiteres Beispiel befindet sich im Anhang C.

Messstelle: Hauptstrasse innerorts

Fall: Verkehrsreduktion auf einzelnen Strassen (Umlagerung)



Von der Massnahme beeinflusster Immissionsanteil im Jahr 1994 = 28,7%

Reduktion infolge anderer Massnahmen = - 36,0%

$$I_{87} = \frac{30 \text{ ug/m}^3 \cdot 10000}{64{,}0\ (100 - n \cdot 0{,}287)} \qquad I_{94} = I_{87} \cdot 0{,}64$$

n = Verkehrsreduktion in % (Reduktion der Fahrzeugkilometer bei gleichem Lastwagenanteil in %)

Abbildung 23: Verlauf der Stickstoffdioxid-Immissionsentwicklung bis 1994 bei konstantem und reduziertem Verkehrsvolumen (auf einzelnen Strassen).

Vergleich der Fälle "Verkehrsreduktion sehr grossflächig" (Abbildung 22) und "Verkehrsreduktion auf einzelnen Strassen (Umlagerung)" (Abbildung 23):

Bei einer Ausgangsbelastung (1987) von 58 bis 59 µg/m3 kann der Immissionsgrenzwert (von 30 µg/m3) bis 1994 entweder durch eine "sehr grossflächige Verkehrsreduktion" von ca 30% oder durch eine engräumige Verkehrsumlagerung von ca. 70% erreicht werden. Die grossräumige Massnahme ist somit mehr als doppelt so wirksam und verzichtet zudem auf die Problemverlagerung.

Die analogen Ueberlegungen wie sie in Abbildung 22 und 23 abgebildet sind, können für das Jahr 2000 angestellt werden. Die entsprechenden Eckwerte für die Jahre 1987 und 2000 sind in den Tabellen 13 und 14 dargestellt.

Fall: Verkehrsreduktion sehr grossflächig Messstelle: Hauptstrasse innerorts			
Erforderliche Reduktion des Verkehrsvolumens zur Erreichung von 30 µg/m3 im Jahr 2000	Stickstoffdioxid-Belastungen in µg/m3 (Jahresmittelwerte)		
	gemessen 1987	Prognose für 2000 ohne grossflächige Verkehrsreduktion	Prognose für 2000 mit grossflächiger Verkehrsredukt.
0%	59	30	30
10%	62	32	30
30%	72	33	30
50%	84	43	30
70%	101	52	30

Tabelle 13: Immissionsentwicklung bei konstantem und reduziertem Verkehrsvolumen bis 2000 (Reduktion sehr grossflächig)

Ablesebeispiel zu Tabelle 13:

Das bedeutet, dass bis zum Jahr 2000 ohne Berücksichtigung einer Verkehrszunahme infolge der Katalysatoren und weiteren bekannten Massnahmen (siehe Kapitel 1.3.3 b) in den innerörtlichen Hauptstrassen annähernd eine Halbierung der Stickstoffdioxid-Immissionen erwartet werden darf (z.B. von 59 µg/m3 auf 30 µg/m3). Bei heute (87) gemessenen 72 µg/m3, wäre zur Erreichung von 30 µg/m3 zum Beispiel eine "sehr grossflächige Verkehrsreduktion" von ca. 30% erforderlich.

Fall: Verkehrsreduktion auf einzelnen Strassen (Umlagerung) Messstelle: Hauptstrasse innerorts			
Erforderliche Reduktion des Verkehrsvolumens zur Erreichung von 30 µg/m³ im Jahr 2000	Stickstoffdioxid-Belastungen in µg/m3 (Jahresmittelwerte)		
	gemessen 1987	Prognose für 2000 ohne Verkehrsreduktion auf einzelnen Strassen	Prognose für 2000 mit Verkehrsreduktion auf einzelnen Strassen
0%	59	30	30
10%	60	31	30
30%	63	33	30
50%	67	35	30
70%	71	37	30

Tabelle 14: Immissionsentwicklung bei konstantem und reduziertem Verkehrsvolumen bis 2000 (Reduktion auf einzelnen Strassen, Umlagerung)

3.8 Die Wirksamkeit der Reduktion des Verkehrsvolumens auf die Lärmimmissionen

3.8.1 Einleitung

Die Reduktion des Verkehrsstroms, der ein bestimmtes Gebiet oder Haus mit Lärm belastet, wirkt sich weit weniger als proportional auf die Lärmbelastung aus. So entspricht die Halbierung des Verkehrsstroms einer Reduktion der Lärmbelastung um ca. 3 dB(A). Und um eine Halbierung der Lärmbelastung zu erreichen (was einer Reduktion um 10 dB(A) entspricht), muss der Verkehr im lärmwirksamen Querschnitt theoretisch auf einen Zehntel (10%) reduziert werden.

3.8.2 Annahmen für die Beurteilung der Lärmreduktion

Die folgende Abschätzung gilt unter den Annahmen:

- Anteil von Schwerverkehr plus Motorrädern ca. 10% und relativ konstant (nicht absolut konstant)
- Messstelle: freie Strecke, Steigung innerhalb von ± 3%, Schwarzbelag mit freier Schallausbreitung (siehe dazu Literatur 33).

3.8.3 Die Reduktion der Lärmbelastung infolge der Reduktion des Verkehrsvolumens

Die Messgenauigkeit lässt zuverlässige Aussagen im Bereich von ± 1,0 dB(A) zu. Im Falle von berechneten Schallimmissionswerten beträgt dieser Bereich ca. ± 2,0 dB(A).

Die Abbildung 24 zeigt den Spielraum, der mit der Reduktion des Verkehrsvolumens etwa offensteht, um wichtige Immissions-Grenz- bzw. Alarmwerte zu erreichen, in einer Rückwärtsprojektion. Je nach lokalen Bedingungen können sich die Werte leicht verschieben. Links in der Abbildung kann der "heute" berechnete oder gemessene Wert eingesetzt werden. Aus der Abbildung ist ersichtlich, welche Verkehrsreduktionen zu welchen Werten führen.

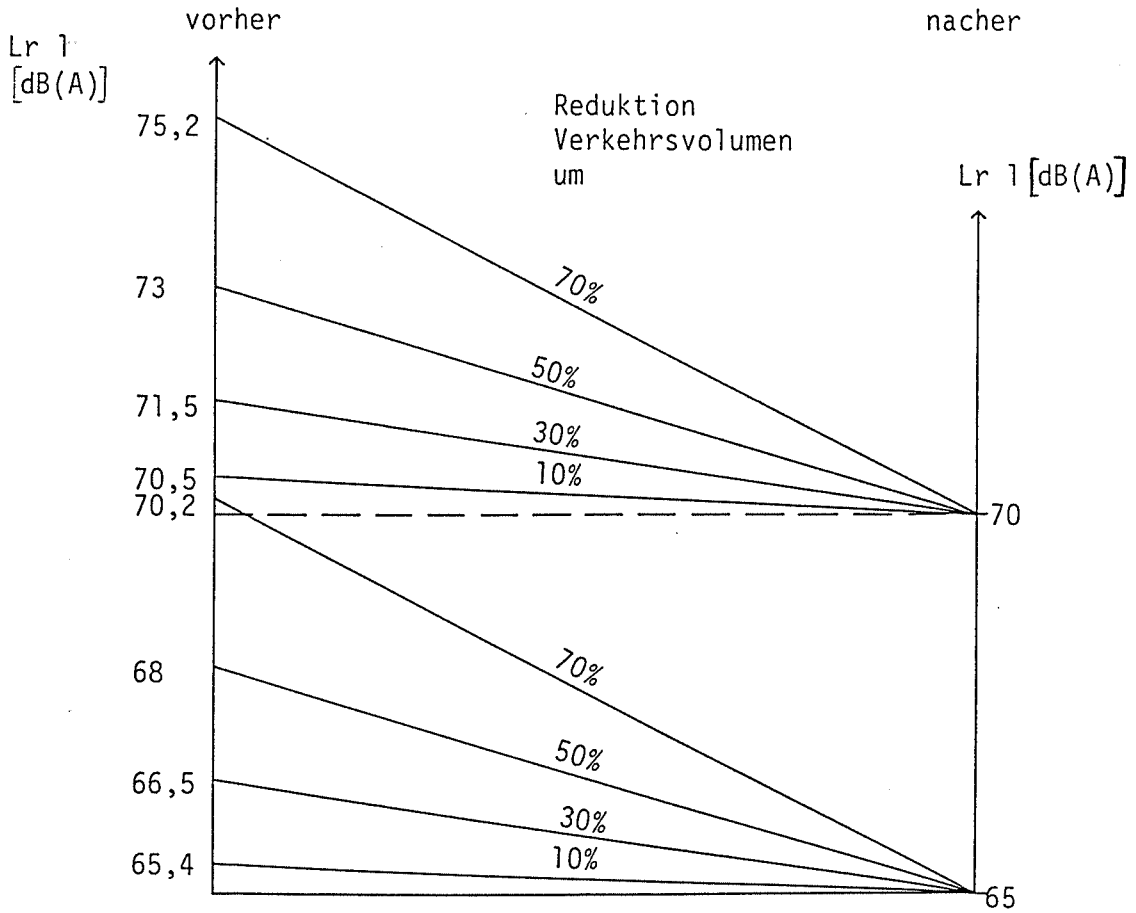


Abbildung 24: Beurteilungspegel (Lr 1) (siehe Lärmschutz-Verordnung) vor der Verkehrsreduktion (links) und nach der Verkehrsreduktion (rechts).

Ablesebeispiel zu Abbildung 24:

Beträgt der Beurteilungspegel (Lr1 vorher) entlang einer Strasse 73 dB(A), so wird sich dieser Pegel infolge einer Halbierung des Verkehrsvolumens auf dieser Strasse auf 70 dB(A) reduzieren, was dem Alarmwert für Wohnzonen und Wohn/Gewerbezonen entspricht.

Um den Immissionsgrenzwert zu erreichen, müsste der Verkehr in diesem Fall um rund 80% vermindert werden.

Unsicherheiten

Bei dieser Abschätzung wurde vorausgesetzt, dass der Lastwagen plus Motorradanteil sowohl vorher als auch nachher jeweils 10% beträgt. Im übrigen sind die Daten relativ gut gesichert. Bei besonderen Situationen (Knoten etc.) ist eine spezifische Abklärung erforderlich.

Kommentar

Wird die Reduktion des Verkehrsvolumens als einzige Massnahme zur Verbesserung von Luft- und Lärmbelastung eingesetzt, so zeigt es sich, dass die Lärmschutz-Verordnung in zahlreichen Fällen wesentlich restriktivere Bedingungen stellt, als die Luftreinhalte-Verordnung.

Insbesondere in Dörfern, Klein- und Mittelstädten, die ausserhalb der grossen Agglomerationen liegen, ist die Lärmschutz-Verordnung wesentlich massgebender.

K A P I T E L 4

ANSATZBEREICH:
VERÄNDERUNG DES VERKEHRSABLAUFS

4. ANSATZBEREICH: VERÄNDERUNG DES VERKEHRSABLAUFS

4.0 Aufbau des Kapitels

4.1 Grundsätzliche Betrachtung zur Veränderung des Verkehrsablaufs

4.2 Geschwindigkeitsreduktion innerorts
4.2.1 Signalisation von Tempolimite 30
4.2.2 Ausrichten der baulichen Gestaltung auf reduzierte Geschwindigkeiten

4.3 Verkehrsverflüssigung
4.3.0 Vorbemerkung
4.3.1 Verkehrsverflüssigung durch Abbau des Verkehrsvolumens
4.3.2 Strassenbau
4.3.3 Optimieren der Verkehrsorganisation

4.4 Optimieren des individuellen Fahrverhaltens
4.4.1 Umweltfreundliches Fahren
4.4.2 Motor abstellen beim Halten und Gelb vor Grün

4.5 Kritische Würdigung und Nebenwirkungen
4.5.1 Das Niedriggeschwindigkeitsszenario
4.5.2 Zur Problematik von Einzelmassnahmen
4.5.3 Nebenwirkungen

4.6 Die Wirksamkeit der Veränderung des Verkehrsablaufs auf die Stickstoffdioxid-Immissionen

4.6.1 Annahmen und Stellenwert dieser Abschätzung

4.6.2 Die Wirksamkeit der Geschwindigkeitsbeschränkung Tempolimite 30 innerorts

4.6.3 Die Wirksamkeit des "umweltfreundlicheren Fahrens" in Kombination mit Tempolimite 30

4.6.4 Die Ueberlagerung der Wirksamkeit der Massnahmen

4.7 Die Wirksamkeit der Veränderung des Verkehrsablaufs auf die Lärmimmissionen

4.7.1 Vorbeifahrt und Beschleunigung

4.7.2 Die Reduktion der Lärmbelastung infolge Reduktion der Vorbeifahrtsgeschwindigkeit

4.1 Grundsätzliche Betrachtungen zur Veränderung des Verkehrsablaufs

a) Geschwindigkeit, Reisezeit und Umweltverträglichkeit

In den mittelgrossen und grossen Städten der Schweiz besteht seit den früheren sechziger Jahren ein sogenanntes "Verkehrsproblem" das heisst, die Reisegeschwindigkeiten werden durch überlastete Knoten und den daraus resultierenden Staus stark beeinträchtigt. Und es ist seither eine zentrale Aufgabe der Verkehrsfachleute, diesen Zustand zu verbessern, den Verkehr zu verflüssigen und die Reisegeschwindigkeiten zu erhöhen.

Aus der Optik der Luft- und Lärmbelastungen in den Städten kommt in diesen klar ausgerichteten Optimierungsprozess ein völlig neues Element. Tiefere Geschwindigkeitslimiten (z.B. Tempolimite 30) verursachen, insbesondere wegen den geringen Beschleunigungsanteilen, deutlich weniger Lärm- und Luftbelastungen.

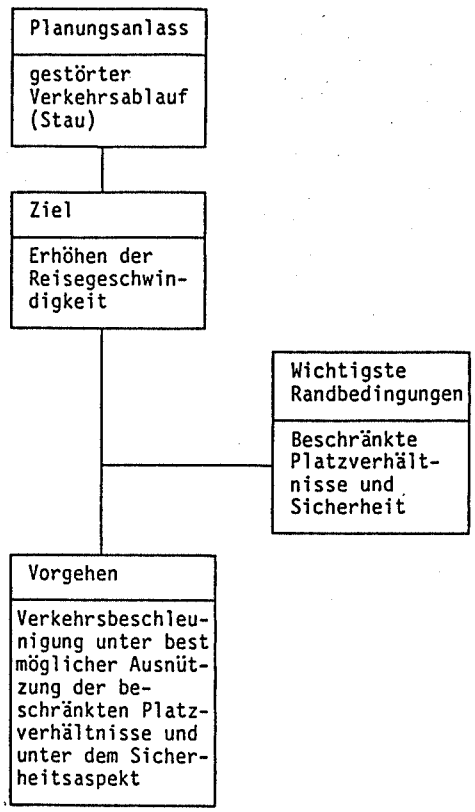


Abbildung 25:

Reisezeitorientierte Optimierung des Verkehrsablaufs

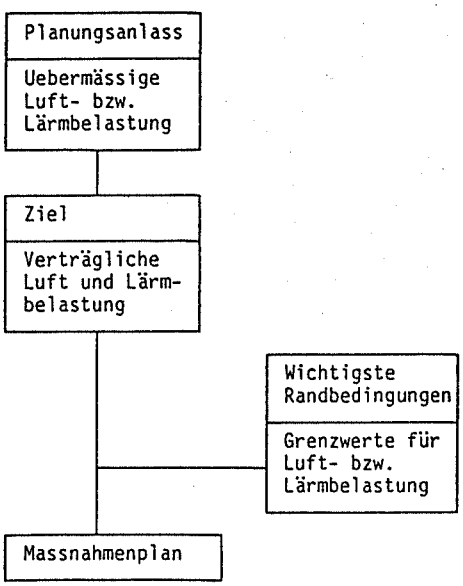


Abbildung 26:

Umweltbelastungsorientierte Optimierung des Verkehrsablaufs

Somit darf der Verkehrsablauf, mindestens in Gebieten mit übermässigen Lärm- bzw. Luftbelastungen, nicht mehr unbedingt reisezeitorientiert optimiert werden.

b) Geschwindigkeit und Verkehrsvolumen

Reisezeitorientierte Verbesserungen im Verkehrsablauf vergrössern bei gleichem Zeitaufwand den Aktionsradius. Das führt in der Regel zu Fahrtverlängerungen und somit zu Erhöhungen des Verkehrsvolumens. Dieser Prozess ist mit Veränderungen der Siedlungsstrukturen gepaart und somit schwer quantifizierbar. Studien der Verkehrsentwicklung nach der Eröffnung von Nationalstrassen (Literatur 26), belegen die Zunahme des Verkehrsvolumens in der Folge des Nationalstrassenbaus deutlich.

4.2 Geschwindigkeitsreduktion innerorts

4.2.1 Signalisation von Tempolimite 30

a) Beschreibung der Massnahme

Tempolimite 30 Signalisationen können sich beziehen auf:

- einzelne Strassenabschnitte
- auf ganze Quartiere (Tempo 30-Zonen)
- auf Stadtteile oder ganze Städte (bei Ausnahme einzelner Strassenzüge).

b) Wirkungsweise

Aus dem Gesichtspunkt der Luft- und Lärmbelastung sind Geschwindigkeitsbeschränkungen nur sinnvoll, wenn sie über längere Steckenabschnitte oder grössere Zonen wirksam sind. Von vereinzelten geschwindigkeitreduzierten Massnahmen ist abzusehen, da sie zu ungünstigem Brems- und Wiederbeschleunigungsverhalten führen.

Geschwindigkeitsreduktionen auf Hauptstrassen und Quartierstrassen

Cirka 70 bis 85% der Fahrzeugkilometer innerorts werden auf den Hauptstrassen[1]) zurückgelegt. Für Zürich wurde der Quartierstrassenanteil für 1979 auf 14% geschätzt (Literatur 34). Es sind auch Hauptstrassen, die die stärksten Ueberschreitungen der Luft- und Lärmimmissionsgrenzwerte aufweisen. Das bedeutet, dass Geschwindikgeitsreduktionen, die sich

---

[1]) inklusive Hochleistungsstrassen

Zur Massnahme:
Signalisation von Tempolimite 30 (Kapitel 4.2.1)

auf Wohnquartiere beschränken, zwar in diesen Quartieren sehr positive Auswirkungen zeitigen (insbesondere bezüglich der Lärmbelastung und Sicherheit), jedoch wenig bis nichts zur Entlastung der Hauptstrassenräume beitragen. Eine deutliche Reduktion der Luft- und Lärmbelastung tritt dort nur ein, wenn die Geschwindigkeitsreduktion auf den Hauptstrassen selbst eingeführt wird (dabei braucht es sich nicht in jedem Fall um die Limite 30 km/h zu handeln).

Exkurs 1: Zusammenhang zwischen Vorbeifahrgeschwindigkeit, Geschwindigkeitslimiten und Emissionen von Luftschadstoffen:

Schadstoffausstoss bei konstanter Vorbeifahrgeschwindigkeit

Vorbeifahrgeschwindigkeit	Gangwahl	Schadstoffmengen in g/km		
		CO	HC	NO_x
30 km/h	2. Gang	11,8	1,2	0,66
	3. Gang	10,7	1,0	0,38
45 km/h	3. Gang	7,4	0,9	0,73
	4. Gang	6,45	0,77	0,64

Tabelle 15: Schadstoffemissionen eines repräsentativen Querschnitts von PW der Baujahre 78 bis 83 bei konstanter Vorbeifahrgeschwindigkeit (Quelle: Literatur 35).

Zur Massnahme:
Signalisation von Tempolimite 30 (Kapitel 4.2.1)

Der Schadstoffausstoss bei konstanter Fahrtgeschwindigkeit ist sehr stark von der Gangwahl abhängig. Kohlenmonoxid (CO) und Kohlenwasserstoffe (HC) ergeben bei 45 km/h günstigere Werte als für 30 km/h. Bei den Stickoxiden (NO_x) sind diese Werte für 30 km/h günstiger.

Tempolimiten und Fahrmodi

Da sich der Verkehr nicht bei konstanten Fahrgeschwindigkeiten abspielt (am wenigsten innerorts), müssen Fahrmodi (auch Fahrzyklen genannt) definiert werden, aus denen die entsprechenden Emissionsfaktoren für verschiedene Situationen ermittelt werden können. Fahrmodi können bestimmten Reisegeschwindigkeiten zugeordnet werden (Reisegeschwindigkeit bedeutet: Weglänge durch Uhrzeitdifferenz von A nach B). Alle bisher festgelegten Fahrmodi für den Innerortsverkehr sind auf die Tempolimite 50 ausgelegt; somit bedeutet der Fahrmodus 30 km/h stockender Verkehr mit Zwischenbeschleunigung auf 40 bis 50 km/h und hat mit dem Fahrverhalten bei Tempolimite 30 nichts gemeinsam. Für Auswirkungsanalysen zur Tempolimite 30 sind somit neue Fahrmodi zu entwickeln.

Schadstoffausstoss bei Tempolimite 30 im Innerortsverkehr

In Buxtehude wurde ein flächendeckender Versuch mit der Tempolimite 30 durchgeführt, wobei die Signalisierung durch (allerdings bescheidene) bauliche Massnahmen flankiert wurde. Das Geschwindigkeitsniveau wurde durch diese Massnahme um ca. 10 km/h gesenkt. Gemessen wurden Testfahrten auf 4 bestimmten Strecken vorher und nachher (Litertaur 36). Die Fahrer (es waren vorher und nachher dieselben) wurden von ADAC ausgewählt. Auf dem Prüfstand wurden die mittleren aus 10 bis 12 Fahrten mit 7 Fahrzeugtypen durchgespielt. Dabei ergaben sich die folgenden Schadstoffreduktionen:

Zur Massnahme:
Signalisation von Tempolimite 30 (Kapitel 4.2.1)

Veränderung der Abgasemissionen
Vorher (Tempolimite 50) - Nachher (Tempolimite 30)
(Mittel aller untersuchten Fahrten):

Resultate aus Messungen im Rahmen des Vorhabens "Flächenhafte Verkehrsberuhigung" Buxtehude 1986.

Mittel von 7 Personenwagentypen VW Golf 1,1l bis Mercedes Benz 2,5l (ohne Katalysator).

CO - Emission - 17,5%
HC - Emission - 10,4%
NO_x - Emission - 31,8%

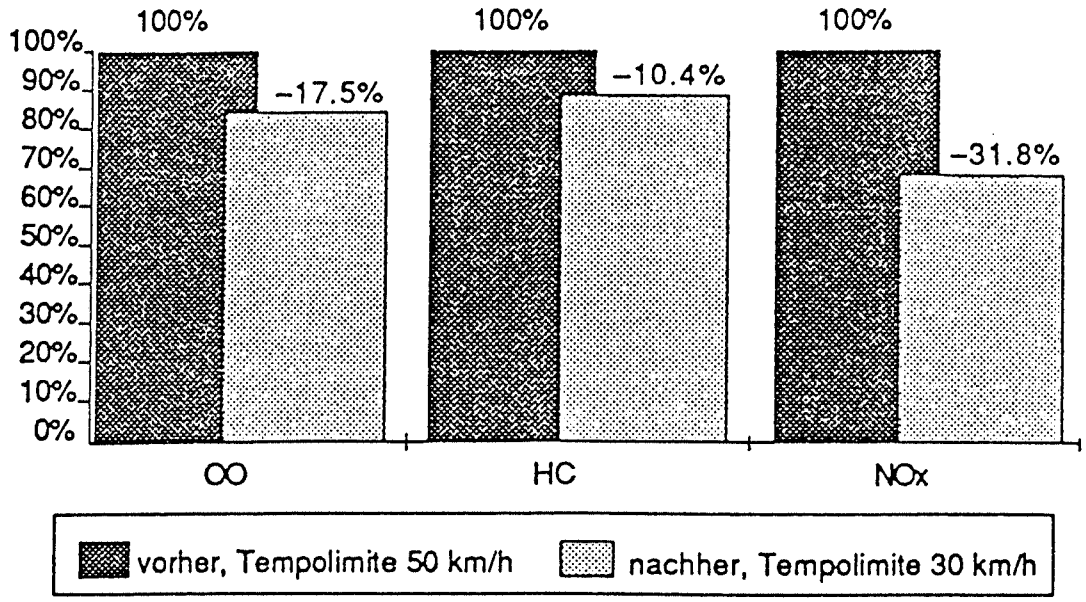


Abbildung 27: Reduktion der Abgasemission infolge Tempolimite 30 statt 50 (Quelle: Literatur 37).

Die Verminderung des mittleren Schadstoffausstosses liegt zwischen 10% für die Kohlenwasserstoffe und 32 % für die Stickoxide (wobei die Streubereiche beträchtlich sind: für die Stickoxide 17,7 bis 43,9%).

Zur Massnahme:
Signalisation von Tempolimite 30 (Kapitel 4.2.1)

Der scheinbare Widerspruch zu den Messergebnissen bei konstanter Fahrt erklärt sich durch die folgenden drei Faktoren:

1. Der wesentlich stärkere Schadstoffausstoss bei der Beschleunigung.

	Schadstoffmenge in g/km					
	CO		HC		NO_x	
	konst.	beschl.	konst.	beschl.	konst.	beschl.
2. Gang	9,17	14,17	0,50	1,30	2	9
3. Gang	7,83	10,80	0,58	1,20	1	7
4. Gang	4,17	11,67	0,53	1	1	6,17

Konstantfahrt: P = 5 kW
beschl. Fahrt: P = 20 kW ($a \sim 1\ m/s^2$)

Schadstoffemissionen für einen Mittelklasse-Pkw bei einer Geschwindigkeit von 60 km/h

Tabelle 16: Schadstoffausstoss bei konstanter und beschleunigter Fahrt (Quelle: Literatur 38).

Bei höherer Zielgeschwindigkeit (angestrebte Fahrgeschwindigkeit) muss länger beschleunigt werden. Die Länge des Beschleunigungsweges ist (analog zum Bremsweg) eine Funktion des Quadrates der Zielgeschwindigkeit.

2. Bei tieferer Zielgeschwindigkeit wird früher hochgeschaltet.
   Fahrversuche in konventionellen und verkehrsberuhigten Strassen ergaben das folgende Resultat:

Zur Massnahme: Signalisation von Tempolimite 30 (Kapitel 4.2.1)

Typische Gangwahl bei Beschleunigung		
	bei Tempolimite 30	bei Tempolimite 50
1. Gang bis 2. Gang bis	20 km/h 30 km/h	30 km/h 45 km/h

Tabelle 17: Gangwahl bei Beschleunigung und unterschiedlicher Tempolimite (Quelle: Literatur 39).

Die deutliche Tendenz zum niedrigtourigen Fahren (früheres Hochschalten) bei Tempolimite 30 km/h führt zu einer Reduktion der Schadstoffemissionen. Am deutlichesten fällt diese Reduktion bei den Stickoxiden aus.

3. Der Vergleich der Geschwindigkeitsverläufe mit Tempolimite 30 km/h und 50 km/h zeigt, dass der Fahrtverlauf bei der Tempolimite 30 viel regelmässiger ist (siehe dazu Abbildung 28). Interessant ist der Umstand, dass bei der Tempolimite 30 die starken Abbremsmanöver zurückgehen. Es zeigt sich, dass bei Knoten mit Rechtsvortritt das langsamere Herannahen zu einer besseren Uebersicht und zu weniger Bremsmanövern führt.

Zur Massnahme:
Signalisation von Tempolimite 30 (Kapitel 4.2.1)

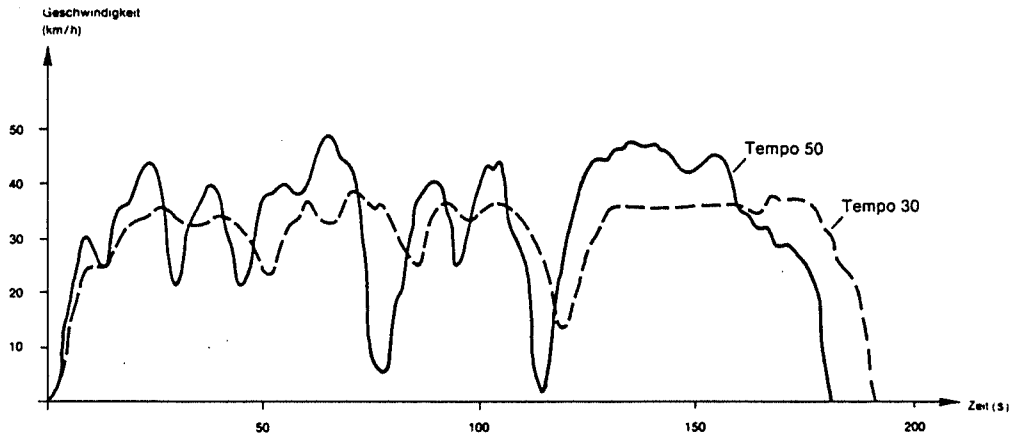


Abbildung 28: Typische Geschwindigkeitsverläufe vor und nach Einführung der Tempolimite 30 (Quelle: Literatur 36).

Der verringerte Anteil von Beschleunigungsmanövern und Bremsmanövern infolge des ruhigeren Geschwindigkeitsverlaufes führt zu einer Verringerung der Schadstoffemissionen. Die Bremsmanöver (Fahren im Schubbetrieb, also Bremsen mit dem Motor) führen zu stark erhöhten Kohlenwasserstoff-Emissionen (Literatur 35).

Zur Massnahme:
Signalisation von Tempolimite 30 (Kapitel 4.2.1)

Exkurs 2: Der Zusammenhang zwischen Vorbeifahrgeschwindigkeiten, Geschwindigkeitslimiten und den Lärmemissionen

- Die Lärmimission setzt sich aus dem Antriebsgeräusch und aus dem Rollgeräusch zusammen. Das Rollgeräusch ist neben dem Strassenbelag direkt von der Geschwindigkeit abhängig.

- Das Antriebsgeräusch ist von der Motordrehzahl und vom Gasdurchsatz abhängig, das heisst vom Beschleunigen und hochtourig Fahren. Somit ergeben sich bei Tempolimite 30 für die Antriebsgeräusch-Emissionen gegenüber der Tempolimite 50 sehr ähnliche Vorteile wie bei den Luftschadstoffemissionen (siehe Exkurs 1).

  Es sind dies:
  - Kürzere und weniger Beschleunigungsanteile, was zu kürzeren und weniger Lärmemissionsspitzen führt.
  - Rascheres Hochschalten, was zu einer geringeren Motordrehzahl führt und die Lärmemission verringert.

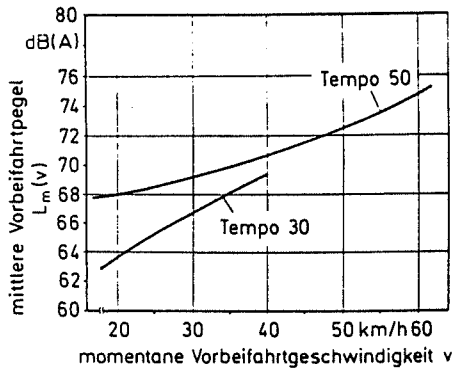


Abbildung 29: Mittlerer Vorbeifahrtpegel bei Tempolimite 50 und bei Tempolimite 30 (Quelle: Literatur 37)

Zur Massnahme:
Signalisation von Tempolimite 30 (Kapitel 4.2.1)

Kommentar zu Abbildung 29:

Die Geräuschemissionen sind abhängig von der jeweiligen Tempolimite. Bei gleicher Vorbeifahrgeschwindigkeit wird auf Strassen mit Tempolimite 30 um ca. 2 dB(A) "leiser gefahren", als bei derselben Vorbeifahrgeschwindigkeit unter dem Regime von Tempolimite 50.

c) Zuständigkeit und Realisierung

Geschwindigkeitsbeschränkungen auf 30 km/h können bereits heute signalisiert werden. Die Rechtswirkung des Signals reicht jeweils bis zum nächstfolgenden Knoten. Eine Zonengeschwindigkeitsbeschränkung auf 30 km/h kann in der Schweiz zur Zeit noch nicht signalisiert werden. Eine entsprechende Aenderung der Strassensignalisationsverordnung wird zur Zeit vorbereitet und dürfte laut Angaben des EJPD in der ersten Hälfte 1988 in Kraft treten. In Deutschland, Holland, Skandinavien und Japan sind solche Signalisierungen eingeführt oder in Erprobung.

d) Abschätzung der Wirksamkeit auf die Verbesserung des Verkehrsablaufes

Im Falle der Geschwindigkeitsbeschränkung liegt empirisches Material zur direkten Qualifizierung des Zusammenhangs zwischen Geschwindigkeitslimite und Luftschadstoff- bzw. Lärmemissionen vor (siehe Kapitel 4.2.1 Exkurs 1).

Zur Massnahme:
Signalisation von Tempolimite 30 (Kapitel 4.2.1)

Die Einflussgrössen, die im Falle der Senkung der Tempolimite im Innerortsverkehr zur Verminderung der Luftschadstoff- und Lärmemissionen führen, sind:

- der geringere Anteil von Beschleunigungsphasen
- das festgestellte günstigere Fahrverhalten bezüglich Gleichmässigkeit der Geschwindigkeit und Gangwahl
- teilweise (insbesondere bezüglich Stickoxid-Emissionen und Lärm) die tiefere Fahrgeschwindigkeit.

Nach deutschen Erfahrungen ist die Reduktion der gemessenen Streckengeschwindigkeit stark von der Vorher-Geschwindigkeit abhängig. In Buxtehude (Literatur 36) lag die Reduktion der mittleren Geschwindigkeit infolge der Signalisierung der Tempo 30-Zone im Mittel bei ca. 10 km/h. Im Falle der "Konopkastrasse" erfolgte eine Reduktion von vorher 52 km/h um 15 km/h auf nachher 37 km/h und im Falle der "Westfleth" von vorher 34 km/h um 1 km/h auf 33 km/h. Absolut gesehen sind die einzelnen Geschwindigkeiten "nachher" nicht befriedigend. Das mag damit zusammenhängen, dass den Bürgern eine halbjährige "Angewöhnungsfrist" ohne Polizeikontrolle angeboten wurde und in Deutschland bei der Tempolimite 30 km/h grundsätzlich 35 km/h polizeilich akzeptiert werden und erst ab 37 km/h gebüsst wird.

4.2.2
Ausrichten der baulichen Gestaltung auf reduzierte Geschwindigkeiten

a) Beschreibung der Massnahme

Quartierstrassenbereiche

Die Ausrichtung der baulichen Gestaltung auf reduzierte Geschwindigkeiten ist im Bereich der Quartierstrassen unter dem Begriff der Verkehrsberuhigung eingeführt und erprobt. Verkehrsberuhigung mit gestalterischen Massnahmen wie:

- Reduktion der Fahrbahnbreiten
- Platzgestaltungen in Knotenbereichen, allenfalls mit Niveauunterschieden
- Querungshilfen für Fussgänger, allenfalls mit Niveauunterschieden
- Torbereiche mit Gehwegüberfahrten und Bäumen oder Pollern
- Wohnstrassen im Sinne der Strassensignalisations-Verordnung

werden als "weiche" Verkehrsberuhigungen bezeichnet. Ein wesentliches Ziel der "weichen" Verkehrsberuhigungsmassnahmen ist die Entschärfung, also Verlangsamung des Verkehrs. Dieses Ziel wird bei sinnvoller Anordnung und Dichte der Massnahmen auch erreicht, wie das durch inländische (Literatur 40) und ausländische Untersuchungen (Literatur 41) eindeutig belegt wird.

Zur Massnahme:
Ausrichten der baulichen Gestaltung auf reduzierte Geschwindigkeiten (Kapitel 4.2.2)

Hauptstrassen-Bereiche

Bauliche Massnahmen, die das Geschwindigkeitsniveau auf den innerörtlichen Hauptstrassen auf die Grössenordnung von 30 km/h beschränken, sind zur Zeit nicht spruchreif und dürften das auch in absehbarer Zeit nicht werden. Das heisst, dass die Massnahme "Tempo 30 auf Hauptstrassen innerorts" nicht ausschliesslich auf bauliche Massnahmen abgestützt werden kann.

Bauliche Massnahmen sind jedoch geeignet, das Erscheinungsbild der Hauptstrassen, das heute häufig auf Geschwindigkeiten von 60 bis 80 km/h ausgelegt ist, auf Geschwindigkeiten von 40 bis 50 km/h auszulegen. Solche Massnahmen werden unter dem Begriff "städtebauliche Integration von Hauptstrassen" subsumiert und umfassen Elemente wie:

- Reduktion der Fahrbahnbreiten, allenfalls mit Mehrzweckstreifen, die von Lastwagen überfahren werden können, zugunsten von Alleen, Radwegen, Fussgängeranlagen etc.
- Platzgestaltungen in Knotenbereichen, zum Beispiel Kreisellösungen oder Belagswechsel
- Querungshilfen für Fussgänger, zum Beispiel Inseln oder lokale Fahrbahnverengungen
- Pfortenbereiche beim Uebergang ausserorts/innerorts
- Raumstaffelung und Gestaltung des Strassenraums in einen klaren Bezug zur städtebaulichen Umgebung stellen (städtebauliche Integration).

Zur Massnahme
Ausrichten der baulichen Gestaltung auf reduzierte Geschwindigkeiten (Kapitel 4.2.2)

b) Wirkungsweise

Grossflächige und vereinzelte Anordnung der Massnahmen

Das Verlangsamen des Verkehrs und der gleichmässigere Verlauf der Fahrgeschwindigkeiten treten bei grossflächiger Anordnung der Gestaltungsmassnahmen (in Analogie zu den Tempolimiten) besonders deutlich in Erscheinung. Dagegen ist von vereinzelt angeordneten Massnahmen meistens keine Verbesserung der Luft- und Lärmbelastungen zu erwarten.

Zur Quantifizierung

Zur Quantifizierung der Wirkungsweise gelten dieselben Ueberlegungen wie in Kapitel 4.2.1, Abschnitt b). Zur Frage der Luftbelastung kann auf den Exkurs 1 und zur Frage der Lärmbelastung auf Exkurs 2 (im selben Kapitel) hingewiesen werden.

Die Kombination von Signalisation und baulicher Gestaltung

Wenn nur die Signalisation von Tempo 30 angewendet wird ohne die bauliche Gestaltung der tieferen Geschwindigkeitslimite anzupassen, ist die Akzeptanz (Einhaltung) der signalisierten Geschwindigkeitslimiten relativ schlecht, da die Geschwindigkeitslimite aufgrund des Erscheinungsbildes der Strassen als nicht plausibel empfunden wird.

Zur Massnahme:
Ausrichten der baulichen Gestaltung auf reduzierte Geschwindigkeiten (Kapitel 4.2.2)

Das Umgekehrte, nämlich das Ausrichten der baulichen Gestaltung auf reduzierte Geschwindigkeiten ohne Signalisierung von Tempo 30 ist im Bereich von Quartierstrassen erprobt und bei zweckmässiger Gestaltung tritt die Geschwindigkeitsreduktion ein (Literatur 40).

Im Bereich von Hauptstrassen können die Geschwindigkeiten kaum durch gestalterische Massnahmen allein auf ein Niveau von 30 km/h reduziert werden. Somit kommt den gestalterischen Massnahmen auf Hauptstrassen eher die Bedeutung zu, die Akzeptanz der Signalisation zu verbessern.

Weitere Motivationen für gestalterische Massnahmen im Bereich von Hauptstrassen sind: städtebauliche Aspekte, Sicherheit und Platzgewinnung für andere Nutzungen, allenfalls Entsiegelungen.

c) Zuständigkeit und Realisierung

Für Verkehrsberuhigung im Bereich der Quartierstrassen (Sammelstrassen und Erschliessungsstrassen) sind die Gemeinden zuständig. Der finanzielle Aufwand ist allerdings beträchtlich. Er kann von ca. Fr. 1.- pro m^2 Strasse für provisorische Massnahmen wie

Zur Massnahme:
Ausrichten der baulichen Gestaltung auf reduzierte Geschwindigkeiten (Kapitel 4.2.2)

Blumenkübel, bis zu ca. Fr. 120.- pro m^2 Strasse für sehr weitgehende Umgestaltungen betragen.

Für die "städtebauliche Integration von Hauptstrassen" sind die kantonalen Behörden zuständig. Solche Planungen sind unter anderem bekannt aus Cham, Kanton Zug (Literatur 42), aus Baselland (Literatur 43) und aus Uerzlikon, Horgen, Berikon und Uster im Kanton Zürich. Ausländische Beispiele sind in Literatur 44 dokumentiert.

Zur Zeit sind jedoch die massgebenden Projektierungsrichtlinien der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS) und der kantonalen Tiefbauämter in der Regel nicht auf reduzierte Geschwindigkeiten und "städtebauliche Integration" ausgerichtet.

d) Abschätzung der Wirksamkeit auf die Verbesserung des Verkehrsablaufes

Mit Verkehrsberuhigungsmassnahmen lässt sich das Geschwindigkeitsniveau in Quartierstrassen gezielt beeinflussen, die Geschwindigkeitsreduktion ist von der Art der Massnahmen abhängig.

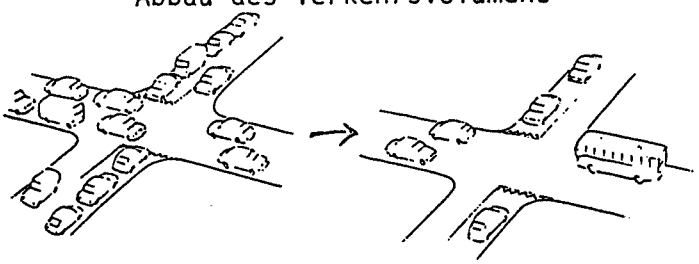
Auf Hauptstrassen kann - mit gestalterischen Massnahmen allein - ein Geschwindigkeitsniveau, das der Tempolimite 30 km/h entspricht, nicht erreicht werden. Die zusätzliche Signalisierung von Geschwindigkeitslimiten ist erforderlich.

4.3 Verkehrsverflüssigung

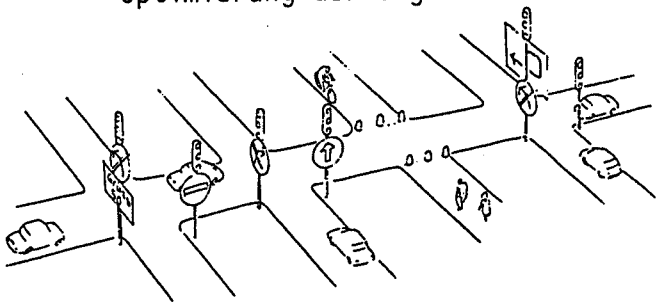
4.3.0 Vorbemerkung

Die drei im folgenden dargestellten "Massnahmen" zur Verflüssigung des Verkehrs müssten korrekter als Strategien bezeichnet werden, die sich jeweils auf ein Bündel von Massnahmen stützen, die - soweit sie quantifizierbar sind - bereits in Kapitel 3 abgehandelt sind. Aus diesem Grund wird im folgenden lediglich auf gewisse Besonderheiten eingegangen und im übrigen auf die entsprechenden Stellen in Kapitel 3 verwiesen.

Abbau des Verkehrsvolumens



Optimierung der Organisation



Strassenausbau

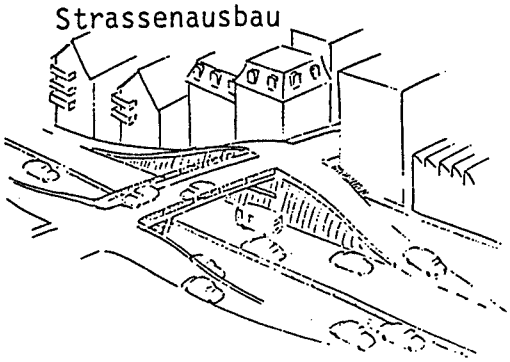


Abbildung 30: Die drei Strategien zur Verkehrsverflüssigung im Ueberblick

4.3.1 Verkehrsverflüssigung durch Abbau des Verkehrsvolumens

a) Beschreibung der Massnahme

Die Verkehrsverflüssigung durch den Abbau des Verkehrsvolumens kann mit der Politik der Reduktion des Verkehrsvolumens mit Schwergewicht auf der Parkplatzpolitik (siehe Kapitel 3.2.1 und 3.2.2) angestrebt werden.

b) Wirkungsweise

Die verfolgte Absicht: Reduktion der Anzahl der erzwungenen Brems- und Anhaltemanöver kann durch die bessere Koordination der Signalsteuerungen erreicht werden, die durch das reduzierte Verkehrsvolumen möglich wird. Das heisst, der Verkehrsfluss wird auf Kosten des Verkehrsvolumens optimiert.

Dabei ist zu beachten:

- Dass aus der Optik der Luft- und Lärmbelastung nicht höhere Geschwindigkeiten, sondern ein möglichst gleichmässiger Verkehrsfluss anzustreben ist.

- Und dass ohne entsprechende Gegenmassnahmen bei einer Abnahme des Verkehrsvolumens in der Innenstadt Verkehrsumlagerungen aus den Innenstadttangenten in die Innenstadttransversale erfolgen, was der bezweckten Absicht entgegenwirkt.

Zur Massnahme:
Verkehrsverflüssigung durch Abbau des Verkehrsvolumens (Kapitel 4.3.1)

c) Zuständigkeit und Realisierung

Da es sich um ein Bündel von Massnahmen handelt, die in unterschiedlichen Kompetenzbereichen liegen (Verkehrsorganisation der Kantonsstrassen beim Kanton und Parkplatzpolitik hauptsächlich bei den Gemeinden), ist eine umfassende Koordination notwendig.

d) Abschätzung der Wirksamkeit auf die Verbesserung des Verkehrsablaufs

Ausschlaggebend für die Luftbelastung und in vermindertem Ausmass für die Lärmbelastung ist nicht die Länge der Wartezeiten, sondern die Anzahl der Halte- bzw. Wiederbeschleunigungsmanöver und die Höhe der Geschwindigkeit auf die beschleunigt wird. Führt die Verkehrsverdünnung zu erhöhten Fahrgeschwindigkeiten zwischen den Halten, so kann der erreichte Vorteil von weniger Halten zu erheblichen Teilen wettgemacht werden (siehe dazu Kapitel 4.2.1 Exkurs 1 und 2). Die Quantifizierung dieser Effekte ist stark von der spezifischen Situation abhängig.

Der Haupteffekt dieser Massnahme bezüglich der Umweltbelastung liegt bei der Reduktion des Verkehrsvolumens (siehe dazu Kapitel 3).

4.3.2
Verkehrsverflüssigung durch Strassenausbau

a) Beschreibung der Massnahme

Die Verkehrsverflüssigung durch den Strassenbau kann in der Form des Ausbaus am selben Ort (Vermehrung der Spurenzahl, Entflechtung der Knoten) oder durch das Erstellen von neuen Strassenzügen (Umfahrung bzw. Tunnel) erfolgen.
Diese Massnahmen sind in den Kapiteln 3.5.1 und 3.5.2 abgehandelt. Bezweckt wird die Reduktion der Anzahl der erzwungenen Brems- und Anhaltemanöver, um die Zusatzemissionen des Wiederbeschleunigens zu vermeiden.

Die Problematik dieser Massnahmen besteht darin, dass sie nur dann voll wirksam ist, wenn es gelingt, durch den Ausbau weder die Fahrgeschwindigkeit noch die Kapazität zu erhöhen. Gelingt das nicht, so wirkt diese Massnahme kontraproduktiv.

Da die Massnahme Verkehrsverflüssigung durch Strassenausbau, insbesondere in Engpasssituationen mit stark behindertem Verkehrsablauf erwogen wird, ist die Bedingung "keine Kapazitätserhöhung" sehr schwer zu erfüllen, das heisst, dass die Tendenz zur Fahrtverlängerung und somit zur Erhöhung des Verkehrsvolumens sehr stark ist, am stärksten in den Städten mit hoher Verkehrsbelastung.

Die Massnahme kann durch integrierte Verkehrslenkung (grüne Welle, verkehrsabhängige Lichtsignalsteuerung) und durch Vereinfachung der Verkehrsnetze (Einbahnstrassen, Knotenabhängen, Linksabbiegeverbote) umgesetzt werden.

4.3.3 Verkehrsverflüssigung durch Optimieren der Verkehrsorganisation

a) Beschreibung der Massnahme

Die Optimierung der Verkehrsorganisation ist eine "klassische" Disziplin des Verkehrsingenieurwesens. Sie umfasst:

- Die integrierte Verkehrslenkung (verkehrsabhängige Lichtsignalsteuerung und grüne Welle)
- Vereinfachung der Verkehrsnetze durch Einbahnregelungen, Knotenabhängen und Linksabbiegeverbote (unter anderem)
- Einzelmassnahmen, die "unnötige" Anhaltemanöver vermindern (z.B. Kreisellösungen anstelle von Lichtsignalanlagen, Fussgängerschutzinseln eventuell kombiniert mit Tempolimite anstelle von Lichtsignalen, Signalisation von "kein Vortritt" oder Verkehrsberuhigung anstelle von "Stop"
- Temporeduktion (siehe Kapitel 4.2.1).

b) Wirkungsweise

Da die Optimierung der Verkehrsorganisation (mit Ausnahme gewisser Einzelmassnahmen und der Temporeduktion) in der Schweiz bereits seit längerer Zeit angewendet wird, sind die Verbesserungspotentiale bereits weitgehend ausgeschöpft.

Zur Massnahme:
Verkehrsverflüssigung durch Optimieren der Verkehrsorganisation (Kapitel 4.3.3)

Aus der Sicht des Umweltschutzes stösst die Verkehrsverflüssigung durch Optimieren der Verkehrsorganisation dort an Grenzen, wo sie weite Umwege und sehr ungünstige Verkehrsströme in den flankierenden Quartieren verursacht (insbesondere infolge von Einbahnregelugen, Knotenabhängen und signaltechnischer Optimierung der Hauptströme). Ferner ergeben sich häufig Zielkonflikte mit der Förderung des öffentlichen Verkehrs und des Fahrradverkehrs (insbesondere bei grünen Wellen).

Ein typisches Beispiel dafür ist die Zürcherstrasse in Schlieren (Kanton Zürich). Die Einrichtung der grünen Welle hat zu starken Parallelströmen in den Wohnquartieren geführt (bis zu 800 Fahrzeuge in der Spitzenstunde), da die Einfahrt und Ausfahrt zu/von der grünen Welle infolge Optimierung des Längsverkehrs auf der Hauptachse sehr ungünstig verlaufen (siehe Literatur 45).

Das Potential für die Verringerung der Luft- und Lärmbelastung ist eng begrenzt. Vermehrte Spielmöglichkeiten in diesem Sinne entstehen bei der Reduktion des Verkehrsvolumens (siehe Kapitel 4.3.1).

c) Zuständigkeit und Realisierung

Da es sich weitgehend um Eingriffe im Bereich der Hauptstrassennetze handelt, sind die kantonalen Behörden zuständig (meistens die verkehrstechnischen Abteilungen der Polizei und zum Teil die Tiefbauämter).

Zur Massnahme:
Verkehrsverflüssigung durch Optimieren der Verkehrsorganisation (Kapitel 4.3.3)

In grösseren Städten, die über eine eigene verkehrstechnische Abteilung verfügen, sind die Kompetenzen in gewissen Bereichen (insbesondere die Lichtsignalsteuerung) an die Gemeinden delegiert.

d) Abschätzung der Wirksamkeit auf die Verbesserung des Verkehrsablaufs

Die Verbesserungsmöglichkeiten mit Verkehrsverflüssigung durch Optimieren der Verkehrsorganisation sind in der Schweiz weitgehend ausgeschöpft. Weitere Anstrengungen in dieser Richtung müssen auf unerwünschte Nebeneffekte, auf andere Verkehrsströme (Auto, Fussgänger, Velo und öffentlicher Verkehr) und auf die flankierenden Quartiere (Gefahr von Mehrwegen) überprüft werden. Eine generelle Quantifizierung ist nicht möglich.

Von Einzelmassnahmen wie z.B. die Kreisellösung (anstelle von Lichtsignalregelungen an Knoten) dürfen positive Resultate erwartet werden (Beispiele: Steffisburg, Wettingen, Burgernziel in Bern). Insbesondere können mit Kreisellösungen ausserhalb der Verkehrsspitzen zahlreiche unnötige Anhaltemanöver vermieden werden. Ihre systematische Anwendung, etwa als Bestandteil eines Niedriggeschwindigkeitsszenarios, kann wesentliches zur Verkehrsverflüssigung und zum gleichmässigeren Ablauf des Verkehrs beitragen. Die Quantifizierung der Auswirkungen ist in allgemeiner Form nicht möglich.

4.4 Optimieren des individuellen Fahrverhaltens

4.4.1 Umweltfreundliches Fahren

a) Beschreibung der Massnahme

Umweltfreundlich fahren heisst niedrigtourig fahren. Das wird durch rasches Hochschalten und relativ viel "Gasgeben" beim Beschleunigen erreicht. Der dritte Gang sollte bei mittleren Personenwagen etwa bei 30 km/h eingelegt werden (ausser bei Steigung). Die Fahrgeschwindigkeiten sind so tief zu wählen, dass eine gute Vororientierung möglich ist und Bremsmanöver seltener werden.

b) Wirkungsweise

Die Wirkung des umweltfreundlichen Fahrens setzt sich aus den Elementen zusammen, die in Kapitel 4.2.1 in Exkurs 1 und 2 eingehend beschrieben sind.

Bei den Emissionsmessungen in Buxtehude (Literatur 36) wurde infolge von Tempolimite 30 (gegenüber 50) und umweltfreundlichem Fahren eine mittlere Reduktion der Emissionen von:

- Stickoxid - 47,6%
- Kohlenmonoxid - 13,4%
- Kohlenwasserstoff - 21,9%

festgestellt (Messverfahren siehe Kapitel 4.2.1 Exkurs 1).

Zur Massnahme:
Umweltfreundliches Fahren (Kapitel 4.4.1)

c) Zuständigkeit und Realisierung

Da es sich um das individuelle Fahrverhalten jedes einzelnen Automobilisten handelt, ist nur der Weg über die Instruktion (Fahrschule) und die Aufklärung durch Propagandaaktionen und Weiterbildungskurse möglich.

In dieser Beziehung haben die Verkehrsverbände ACS, TCS und VCS bereits einige Anstrengungen unternommen, allerdings mit bescheidenen Erfolgen. Es ist jedoch anzunehmen, dass dabei noch nicht alle Möglichkeiten zur Beeinflussung des Fahrverhaltens der Automobilisten ausgeschöpft wurden.

d) Abschätzung der Wirksamkeit auf die Verbesserung des Verkehrsablaufs

Die Messungen aus Buxtehude (siehe Kapitel 4.2.1) erlauben den direkten Schluss auf die theoretisch mögliche Reduktion der Schadstoff-Emissionen. Im übrigen können dieselben Ueberlegungen wie in Kapitel 4.2.1 d zugrundegelegt werden.

4.4.2
Motor abstellen beim Halten und Gelb vor Grün

a) Beschreibung der Massnahme

Abstellen des Motors beim Halten und Warten (vor Lichtsignalen, Bahnschranken sowie vor Parkhauseinfahrten und anders motiviertem Warten).

Die Massnahme "Gelb vor Grün" bei den Lichtsignalen erleichtert das Wiedereinschalten des Motors und ist vor allem für die weniger flexiblen Dieselmotoren von Bedeutung.

b) Wirkungsweise

Die Emission von Schadstoffen beim Leerlaufbetrieb des Motors im Stand ist absolut unnötig. Zwar beträgt die Emission von Stickoxiden im Leerlauf bei Personenwagen lediglich ca. 0,6% der Jahresemissionen (siehe Literatur 46) und ist damit von geringer Bedeutung. Daneben werden zur Zeit im Leerlauf beträchtliche Mengen von Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffen emittiert. Diese werden bei den Personenwagen bis ins Jahr 2000 durch die Katalysatoren drastisch reduziert (um den Faktor 185 bzw. 23, Literatur 46).

Das trifft leider für die Dieselmotoren auf absehbare Zeit nicht zu, deshalb ist die Massnahme "Motor abstellen beim Halten" für die Dieselmotoren und damit insbesondere für den Schwerverkehr besonders bedeutungsvoll. Die Kombination mit der Massnahme "Gelb vor Grün" drängt sich besonders wegen der Starteigenschaften der Dieselmotoren auf.

Zur Massnahme:
Motor abstellen beim Halten und Gelb vor Grün
(Kapitel 4.4.2)

Das Eliminieren aller Motorleerläufe beim Halten ergäbe eine Reduktion der Stickoxid-Emissionen in den städtischen Hauptstrassen von ca. 1,5% (geschätzt aufgrund von Literatur 46).

Bezüglich des Lärms sind von "Motor abstellen beim Halten" in der Regel keine Verbesserungen zu erwarten.

c) Zuständigkeit und Realisierung

Die Massnahmen "Gelb vor Grün" kann von den kantonalen Behörden eingeführt werden. Zur Zeit läuft die Vernehmlassung zur Einführung von "Gelb vor Grün" auf eidgenössischer Ebene.
Das "Motor abstellen beim Halten" kann unter Anordnung von Polizeibussen verlangt werden, wie das in Baden und Basel zur Zeit praktiziert wird. In dieser Sache wird zur Zeit ein Entscheid des Bundesgerichtes angestrebt. Im weiteren Sinne handelt es sich beim "Motor abstellen beim Halten" um eine Frage des umweltfreundlichen Autofahrens und es kommen zur Realisierung ähnliche Mittel wie beim "umweltfreundlichen Fahren" (siehe Kapitel 4.4.1) in Frage.

Zur Massnahme:
Motor abstellen beim Halten und Gelb vor Grün
(Kapitel 4.4.2)

d) Abschätzung der Wirksamkeit auf die Verbesserung des Verkehrsablaufes.

Zahlenmässig ist die Wirkung des Motorabstellens beim Halten (inklusive Gelb vor Grün) gering und der Verkehrsablauf verändert sich - im eigentlichen Sinne des Wortes - kaum.

Die Bedeutung der Massnahme liegt eher darin, dass es sich um absolut unnötige Emissionen handelt und dass diese häufig im Bereich von Plätzen erfolgen, die von zahlreichen Menschen begangen werden und diese nicht zuletzt geruchlich sehr stark belästigen.

4.5 Kritische Würdigung und Nebenwirkungen

4.5.1 Das Niedriggeschwindigkeitsszenario

Die Elemente

Ein umfassendes Niedriggeschwindigkeitsszenario enthält Elemente aus den folgenden Massnahmen:

- Tempolimite 30
- Verkehrsverflüssigung
- Umweltfreundlich fahren

Das Konzept

Die Geschwindigkeitslimiten werden einerseits durch Signalisierung über grössere Zonen festgelegt und andererseits durch die gestalterische Anpassung des Erscheinungsbildes der Strassen, wodurch die Plausibilität dieser Signalisierung erhöht und das Strassenbild städtebaulich aufgewertet wird. Die Tempolimiten sind grossflächig jedoch nicht dogmatisch anzuwenden.

Elemente der Verkehrsverflüssigung wie Aufhebung von Stop-Signalisationen und Lichtsignalanlagen, die lediglich aus Sicherheitsgründen (wegen der hohen Geschwindigkeiten) eingerichtet wurden, vermindern unnötiges Anhalten und Wiederbeschleunigen. Daneben können zahlreiche Hauptstrassenknoten, die heute mit Lichtsignalen geregelt sind, durch die Umgestaltung zu Kreiselplätzen verflüssigt werden. Kleine Kreisel können häufig mit Geschwindigkeiten von 20 bis 25 km/h befahren werden,

und sie weisen ähnliche Leistungsfähigkeiten wie Lichtsignalanlagen auf (zum Teil sogar höhere). Dadurch vermindert sich die Zahl der unnötigen Halte, und die Gleichmässigkeit des Verkehrsflusses verbessert sich.

Durch die konsequente Instruktion und Propagierung umweltfreundlichen (niedrigtourigen und Motor abstellen beim Halten) Fahrens bei niedrigen Geschwindigkeiten wird die Reduktion der Luft- und Lärmbelastung weiter vermindert.

Wertung

Bei konsequenter Verfolgung eines solchen Niedriggeschwindigkeitsszenarios ist eine weitgehende Ausschöpfung der entsprechenden Einsparpotentiale denkbar, was bezüglich der Luftbelastung (mit Stickstoffdioxid) einer Reduktion des Verkehrsvolumens in der Grössenordnung von 40 bis 45% entspricht.

Bezüglich der Reduktion der Lärmbelastungen wird die Auswirkung einer Halbierung des Verkehrsvolumens erreicht oder übetroffen.

4.5.2 Zur Problematik von Einzelmassnahmen

Geschwindigkeitsbeschränkungen, die lokal begrenzt sind, etwa auf einzelne Strassen oder Quartiere, wirken sich in diesen Bereichen voll auf die Reduktion der Lärmbelastungen aus. Die Luftbelastungen werden dadurch nur in geringem Ausmass beeinflusst. Um relevante Verbesserungen der Luftqualität zu erreichen, müssen sich die Massnahmen über sehr grosse Teile der Innerortsstrassennetze der betroffenen Städte erstrecken (wie zum Beispiel in Japan und zum Teil in den USA). Von besonderer Bedeutung sind dabei die innerörtlichen Hauptstrassen.

4.5.3 Nebenwirkungen

Die Nebenwirkungen der Verbesserungen des Verkehrsablaufes auf die folgenden Bereiche wird qualitativ abgeschätzt:

- Verkehrssicherheit
- Flächeninanspruchnahme
- Energieaufwand
- Finanzieller Aufwand
- Reisezeit
- Siedlungsstruktur
- Regionalwirtschaft

Zur Verkehrssicherheit

Die Reduktion der Geschwindigkeit hat empirisch mehrfach belegte positive Auswirkungen auf die Zahl und auf die Schwere der Unfälle (siehe Literatur 47, 48). Die Abbildung 31 verdeutlicht zudem, dass die tödlichen Unfälle erst bei Aufprallgeschwindigkeiten um 20 bis 30 km/h aufzutreten beginnen.

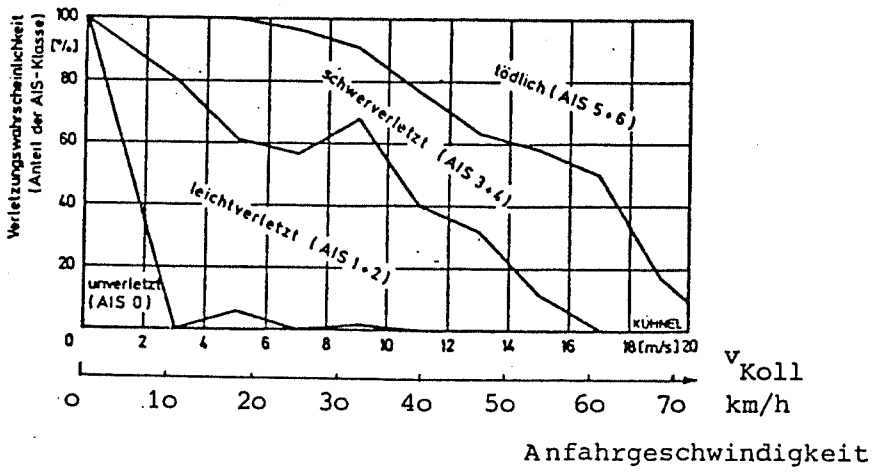


Abbildung 31: Verletzungsschwere von Fussgängern mit wachsender Aufprallgeschwindigkeit (Quelle: Literatur 48).

Zur Flächeninanspruchnahme

Bei niedrigen Geschwindigkeiten sind schmalere Fahrstreifen und Kurvenradien erforderlich, was sich auf die Flächeninanspruchnahme positiv auswirkt (siehe dazu Abbildung 32).

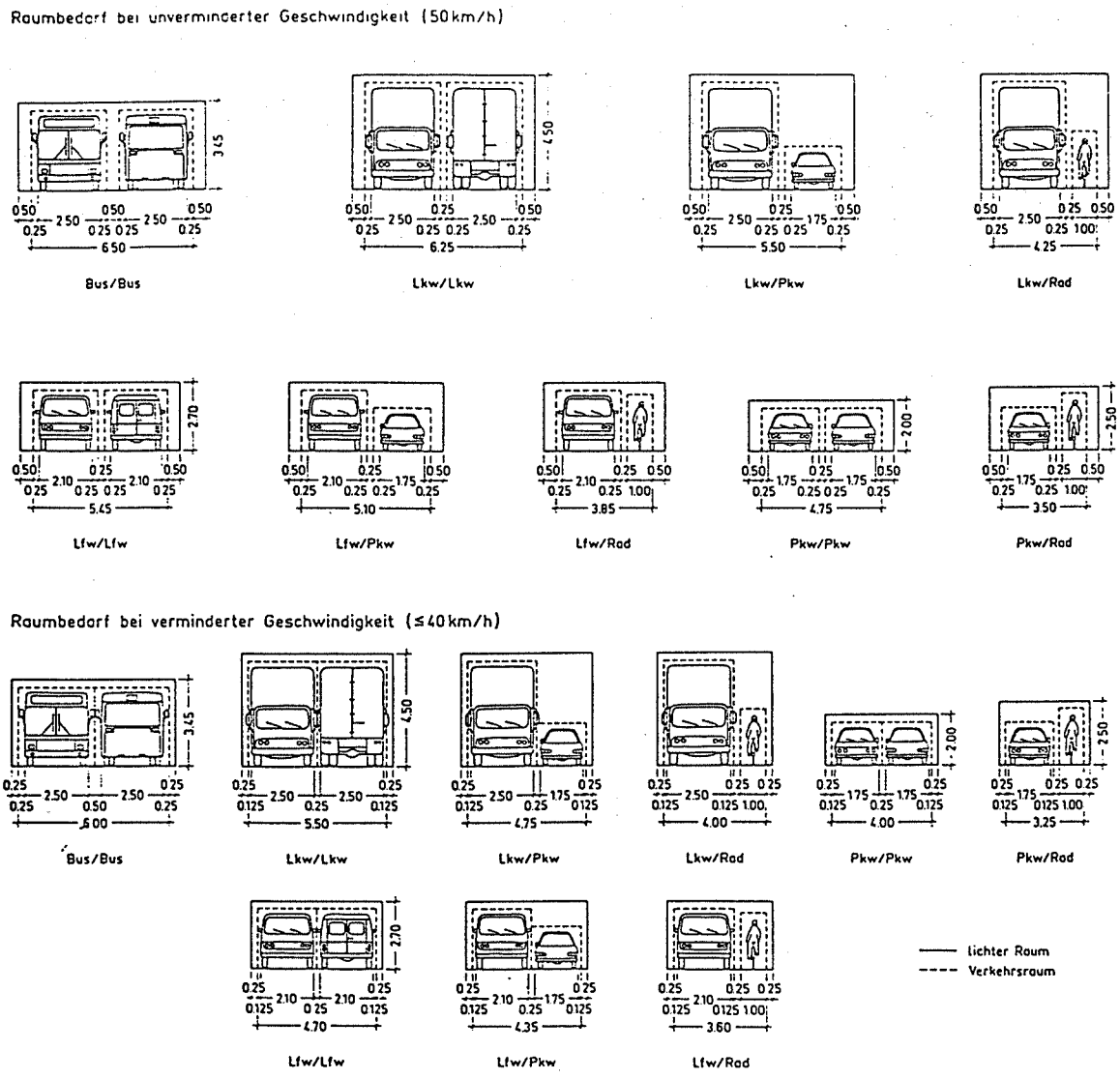


Abbildung 32: Geschwindigkeit und erforderliche Bewegungsräume im Innenstadtverkehr (Quelle: Literatur 49).

Zum Energieaufwand

Die Vorher/Nachher-Messungen in Buxtehude (Literatur 36) ergaben infolge der Tempolimite 30 km/h gegenüber 50 km/h eine Zunahme des Treibstoffverbrauchs um 7% bei "normaler" Fahrweise und eine Verminderung des Treibstoffverbrauchs von 6,7% bei "umweltfreundlicher" Fahrweise (erhoben für ein repräsentatives Kollektiv von Personenwagen).

Zum finanziellen Aufwand

Die signalisationstechnische Einführung von Tempo 30-Zonen ist relativ kostengünstig. Sie können in den meisten Städten ohne spezielle Kreditbeschlüsse finanziert werden.
Demgegenüber sind zur Durchsetzung dessen, was in Kapitel 4.5.1 als "Niedriggeschwindigkeitsszenario" beschrieben ist, erhebliche finanzielle Mittel notwendig. Je nach Anspruch an die städtebauliche Abstimmung der baulichen Massnahmen kann das bei gleicher Wirkung ähnliche Grössenordnungen wie bei der Reduktion des Verkehrsvolumens erreichen (siehe Kapitel 3.6.4).

Zur Reisezeit

Die Tempolimite 30 km/h hat gegenüber der Tempolimite 50 km/h (Literatur 36) Verlängerungen der Reisezeiten für jeweils dieselben Strecken von unter 15% bewirkt. Diese Reisezeitverlängerungen sind deshalb relativ gering, weil nur ein beschränkter Teil der gesamten Unterwegszeit (von Quelle bis Ziel) mit der vollen Ausnützung der Geschwindigkeitslimite gefahren wird.

Zu den Bereichen Siedlungsstruktur und Regionalwirtschaft

Ausser der Aufwertung von Wohnlagen infolge besserer Umweltbedingungen, düften sich keine vor- oder nachteiligen Auswirkungen ergeben.

4.6 Die Wirksamkeit der Veränderung des Verkehrsablaufs auf die Stickstoffdioxid-Immissionen (Jahresmittelwerte)

4.6.1 Annahmen und Stellenwert dieser Abschätzung

Analog zu den Kapiteln 3.7.1 und 3.7.2

4.6.2 Die Wirksamkeit der Geschwindigkeitsbeschränkung Tempolimite 30 innerorts

Für die Massnahme Tempo 30 innerorts liegen empirische Untersuchungen vor, die eine Quantifizierung erlauben (siehe Kapitel 4.2.1 Exkurs 1). Die flächendeckende Einführung der Tempolimite 30 km/h in einer grossen innerstädtischen Zone in Buxtehude hat bei einem repräsentativen Kollektiv von Personenwagen zu einer mittleren Reduktion der Emission von Stickoxiden um 31,6% geführt. Wird dieselbe Reduktion auch für die anderen Motorfahrzeuge (inklusive dem Schwerverkehr) zugrunde gelegt, so ergeben sich für die Zeitpunkte 1989, 1994 und 2000 aufgrund der Annahmen und Modellvorstellungen von Kapitel 3.7.2 die in der untenstehenden Tabelle aufgeführten Wirksamkeiten.

Bemerkung:

Es ist äusserst wünschenswert, einen ähnlichen Grossversuch wie denjenigen in Buxtehude unter schweizerischen Verhältnissen durchzuführen. Da zur Zeit keine solchen Messungen vorliegen, musste auf die Mittelwerte von Buxtehude zurückgegriffen werden (die im übrigen von unzweifelhaften Instituten durchgeführt wurden).

WIRKSAMKEIT DER MASSNAHME TEMPOLIMITE 30 INNERORTS (Reduktion der Stickstoffdioxid-Immissionen Jahresmittel) Bezugsraum Hauptstrassen			
	Massnahmenbereiche		
	auf einzelnen Strassen (Linien)	gross-flächig	sehr gross-flächig
Bezugsjahr 1987 Wirksamkeit	10 - 11%	11% - 24%	24 - 25%
Bezugsjahr 1994 Wirksamkeit	9 - 10%	10% - 21%	21 - 22%
Bezugsjahr 2000 Wirksamkeit	8 - 9%	9% - 19%	19 - 20%
Weitere Erklärungen siehe Anmerkungen zu Tabelle 12			

Tabelle 18: Wirksamkeit der Massnahmen bei Tempolimite 30 innerorts und konstantem Verkehrsvolumen

Ablesebeispiel:

Das heisst, dass zum Beispiel in einer Hauptstrasse (Linienbelastung), in der heute (im Jahre 1987) 50 µg Stickstoffdioxid pro m3 im Jahresmittel festgestellt werden, infolge einer "sehr grossflächigen" Einführung der Tempolimite 30 (annähernd über die ganze Stadt) eine Reduktion der Stickstoffdioxid-Immissionen um ca. 25% erwartet werden kann. Es ist somit mit einer Reduktion auf ca 38 µg/m3 zu rechnen. Bei einer heutigen Belastung von 40 µg/m3 führt die Massnahme Tempolimite 30 "sehr grossflächig" zu einem Wert von ca. 30 µg/m3, also zum Immissions-Grenzwert der Luftreinhalteverordnung.

Unsicherheiten

Eine gewisse Unsicherheit besteht bei den Auswirkungen der Tempolimite 30 auf die Dieselmotoren, die hier den Ottomotoren gleichgestellt sind.

Ferner wird die Uebertragbarkeit der Messungen von Nicht-Katalysatorfahrzeugen auf Katalysatorfahrzeuge unterstellt.

Inwiefern die Messresultate aus der Kleinstadt Buxtehude auf grosse Städte übertragen werden können, werden erst künftige Untersuchungen in solchen Städten aufzeigen. Eine weitere empirische Untermauerung der hier verwendeten Ansätze ist ausgesprochen wünschenswert.

4.6.3 Die Wirksamkeit des "umweltfreundlichen Fahrens" in Kombination mit Tempolimite 30

Wird der Massnahme Tempolimite 30 (siehe Kapitel 4.6.2) das "umweltfreundliche Fahren" überlagert, so ergeben sich Verminderungen der Stickoxid-Emissionen von 47,6% (siehe Kapitel 4.4.1). Das führt zu den folgenden Wirksamkeiten:

Ueberlagerte Wirksamkeit der Massnahmen Tempolimite 30 innerorts und umweltfreundliches Fahren			
	auf einzelnen Strassen (Linien)	grossflächig	sehr grossflächig
Bezugsjahr 87 Wirksamkeit	15 - 16%	16 - 36%	36 - 37%
Bezugsjahr 94 Wirksamkeit	13 - 14%	14 - 31%	31 - 32%
Bezugsjahr 2000 Wirksamkeit	12 - 13%	13 - 28%	28 - 29%
Weitere Erklärungen siehe Anmerkung zu Tabelle 12			

Tabelle 19: Wirksamkeit bei Ueberlagerung der Massnahmen Tempolimite 30 innerorts und umweltfreundliches Fahren

Vergleich:

Im wichtigen Bezugsjahr 1994 könnte die dannzumalige Belastung mit der Massnahme Tempolimite 30 um gut 20% reduziert werden (siehe Tab. 18), mit umweltfreundlichem Fahrverhalten wäre es möglich, diese Wirksamkeit um weitere 10% zu steigern (siehe Tab.19).

4.6.4 Die Ueberlagerung der Wirksamkeit der Massnahmen "Tempolimite 30" sowie "umweltfreundliches Fahren" und der anderen beschlossenen Massnahmen auf Bundesebene

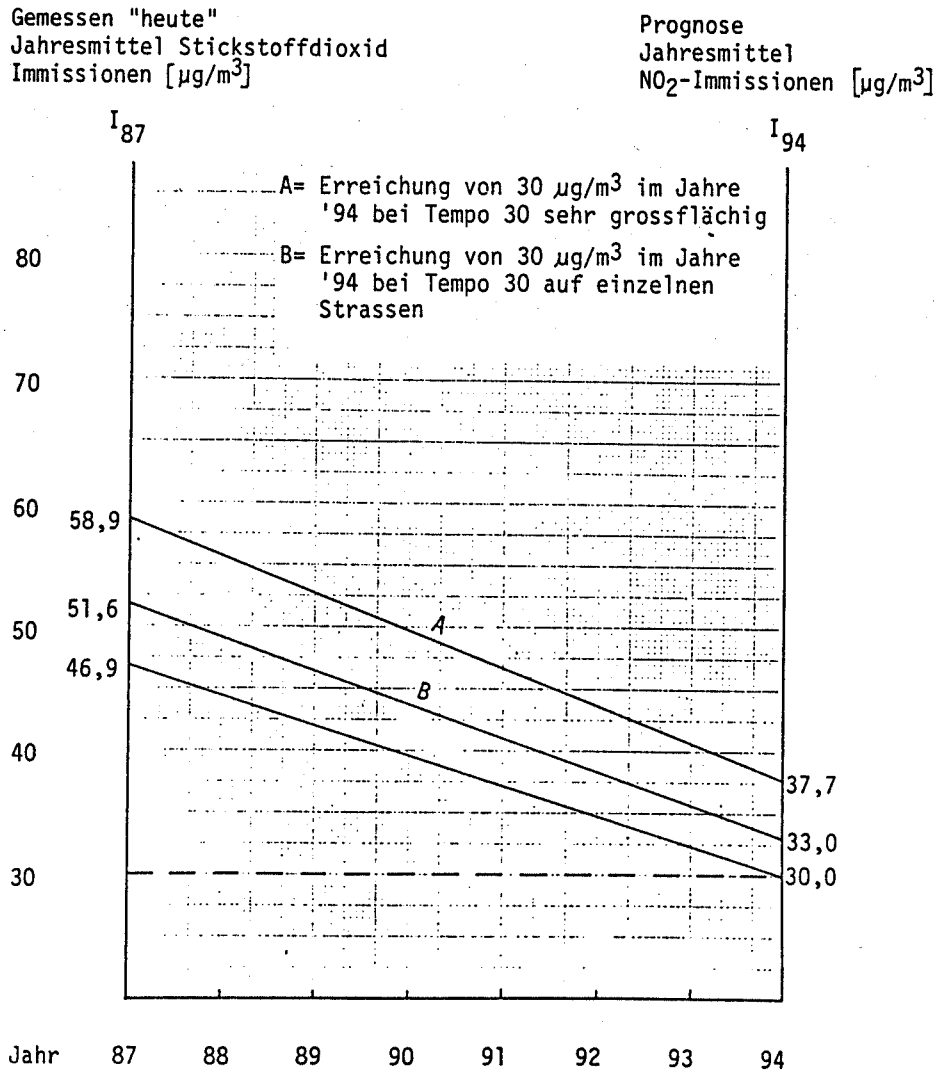
Diese Abschätzungen (wie auch die vorausgehenden) gehen von der Annahme eines konstanten Verkehrsvolumens aus. Mit der Veränderung des Verkehrsvolumens setzt sich Kapitel 3 auseinander. Eine allfällige Ueberlagerung der Massnahmen aus Kapitel 3 und 4 ist auf der Stufe des Faktors "n" in der Formel von Abbildung 22 bzw. 23 durch Addition der verkehrsbezogenen Wirksamkeiten möglich. Eine Zunahme des Verkehrsvolumens kann durch entsprechende negative Werte von "n" berücksichtigt werden.

Bei welchen heutigen Immissionsbelastungen eine bestimmte Kombination von Massnahmen zu einem bestimmten Zeitpunkt zur Reduktion auf den Grenzwert (hier 30 µg/m3 Stickstoffdioxid im Jahresmittel) führt, kann durch Rückwärtsrechnen ermittelt werden.

Die Abbildung 33 zeigt den prognostizierten Verlauf der Immissionsbelastungen im Raume von städtischen Hauptstrassen auf, die bei konstantem Verkehrsvolumen infolge der Massnahme "Tempolimite 30" sehr grossflächig bzw. in einer einzelnen Hauptstrasse im Jahre 1994 voraussichtlich zum Erreichen des Grenzwertes von 30 µg/m^3 führt.
Zusätzlich wird in Abbildung 34 dieselbe Aussage zur Ueberlagerung der Massnahme "Tempolimite 30" plus "umweltfreundliches Fahren" dargestellt.

Messstelle: Hauptstrasse innerorts

Fälle:
- **A:** "Tempolimite 30" sehr grossflächig
- **B:** "Tempolimite 30" auf einzelnen Strassen

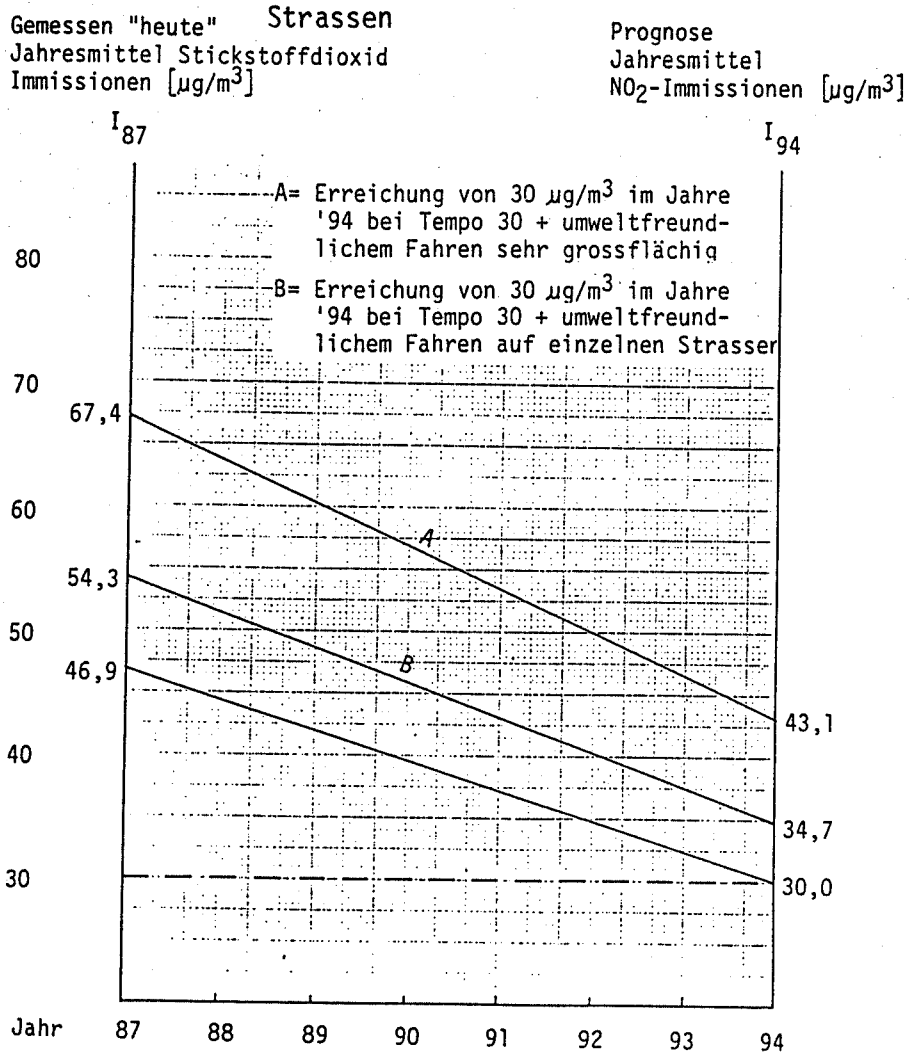


- Von der Massnahme beeinflusster Immissionsanteil (im Jahr 94): 66,9% bzw. 28,7%
- Reduktion infolge anderer Massnahmen 36%
- Wirksamkeit der Massnahme "Tempolimite 30" 31,7%
- Berechnung analog Abbildung 22 bzw. 23

Abbildung 33: Verlauf der Immissionsentwicklung bis 1994 bei konstantem Verkehrsvolumen mit und ohne "Tempolimite 30"

Messstelle: Hauptstrasse innerorts

Fälle:
- **A:** "Tempolimite 30" plus "umweltfreundliches Fahren" sehr grossflächig
- **B:** "Tempolimite 30" plus "umweltfreundliches Fahren" auf einzelnen Strassen



- Von der Massnahme beeinflusster Immissionsanteil (im Jahr 94): 66,9% bzw. 28,7%
- Reduktion infolge anderer Massnahmen 36%
- Wirksamkeit der Massnahmen "Tempolimite 30" plus "umweltfreundliches Fahren" 47,6%
- Berechnung analog Abbildung 22 bzw. 23

Abbildung 34: Verlauf der Immissionsentwicklung bis 1994 bei konstantem Verkehrsvolumen mit und ohne "Tempolimite 30" plus "umweltfreundliches Fahren"

Ablesebeispiele zu den Abbildungen 33 und 34:

Abbildung 33 zeigt die Immissionsentwicklung bis 1994 für bestimmte heute (1987) gemessene Werte. Messen wir heute in einer Hauptstrasse ca. 59 µg/m3 Stickstoffdioxid-Belastung, so wird sich diese Belastung nach aller Voraussicht bis 1994 auf ca. 38 µg/m3 senken. Das ist genau derjenige Wert, der sich mittels der Massnahmen "Tempolimite 30 sehr grossflächig" auf die Höhe des Immissionsgrenzwertes der Luftreinhalte-Verordnung (30 µg/m3) senken liesse.

Die analoge Ueberlegung lässt sich in Abbildung 34 für die Massnahmen "Tempolimite 30 sehr grossflächig" verfolgen: Bei heute ca. 67 µg/m3 wird 1994 ca. 43 µg/m3 erreicht, was durch die Massnahmen auf ca. 30 µg/m3 reduziert wird.

Die Ueberlegungen, die für das Jahr 1994 zu den Abbildungen 33 und 34 geführt haben, können analog für das Jahr 2000 durchgeführt werden. Sie führen zu den Eckwerten, die in Tabelle 20 dargestellt sind.

Fälle: "Tempolimite 30" und "umweltfreundliches Fahren" auf einzelnen Strassen bzw. sehr grossflächig Messstelle: Hauptstrasse innerorts			
Erforderliche Massnahme beim Verkehrsablauf zur Erreichung von 30 ug/m^3 im Jahre 2000	Stickstoffdioxid-Belastungen in ug/m^3 (Jahresmittelwerte)		
	gemessen 1987	Prognose für 2000 ohne zusätzliche Massnahmen	Prognose für 2000 mit zusätzlichen Massnahmen
keine zusätzlichen Massnahmen	59	30	30
"Tempo 30" auf einzelnen Strassen	64	33	30
"Tempo 30" sehr grossflächig	72	37	30
"Tempo 30" + "umweltfreundliches Fahren" auf einzelnen Strassen	67	34	30
"Tempo 30" + "umweltfreundliches Fahren" sehr grossflächig	82	42	30

Tabelle 20: Immissionsentwicklung bei konstantem Verkehrsvolumen und bei Massnahmen beim Verkehrsablauf bis 2000

4.7 Die Wirksamkeit der Veränderung des Verkehrsablaufs auf die Lärmimmissionen

4.7.1 Vorbeifahrt und Beschleunigung

Lärmmessungen, die Veränderungen des Verkehrsablaufs erfassen, beziehen sich in den meisten Fällen auf sogenannte Vorbeifahrtsgeschwindigkeiten. Die Reduktionen der Geschwindigkeitslimiten haben massgebliche Reduktionen der Anzahl und Länge der Beschleunigungsphasen, die zu Lärmspitzen führen, zur Folge.

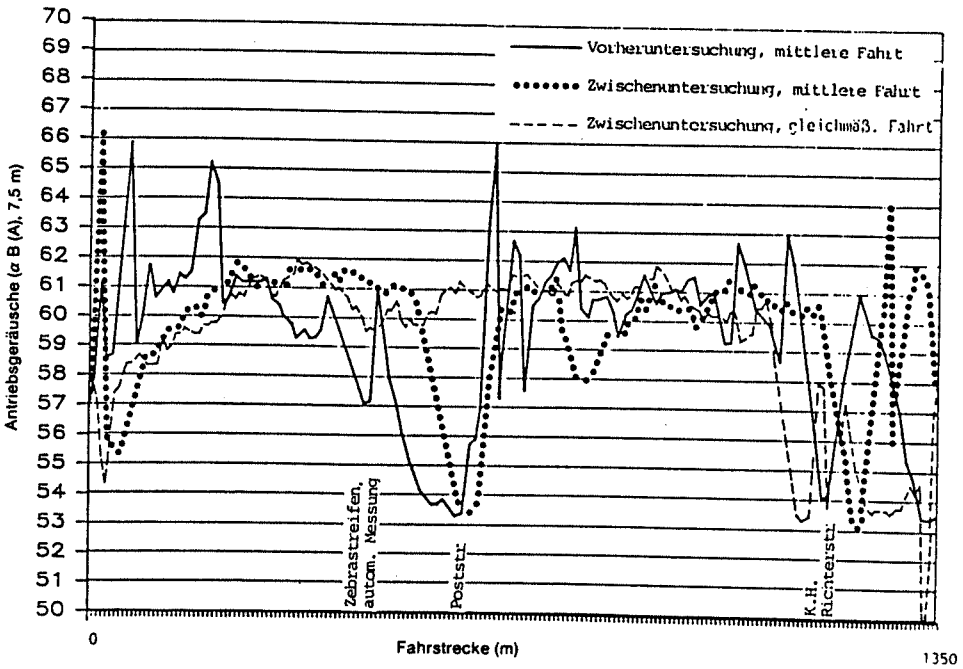


Abbildung 35: Typische Antriebsgeräuschverläufe vor und nach Einführung von "Tempolimite 30" (Quelle: Literatur 36)

Besonders deutlich wird das bei den Antriebsgeräuschen (siehe Abbildung 35) sichtbar. Demnach wirken sich tiefere Geschwindigkeitslimiten und das umweltfreundlichere Fahren am deutlichsten in den Wiederbeschleunigungsbereichen nach Knoten aus.
Für Situationen dieser Art können keine allgemeingültigen Abminderungsfaktoren angegeben werden. Aufgrund von Erhebungen, wie sie in Abbildung 35 dargestellt sind, kann jedoch angenommen werden, dass sie wesentlich grösser sind, als in Bereichen mit relativ konstanter Vorbeifahrtsgeschwindigkeit.

Die Verminderung der Lärmemissionen infolge einer Verminderung der konstanten Vorbeifahrtsgeschwindigkeit ist hauptsächlich auf das geringere Rollgeräusch zurückzuführen.

4.7.2 Die Reduktion der Lärmbelastung infolge Reduktion der Vorbeifahrtsgeschwindigkeit

Der empirische Zusammenhang zwischen der mittleren Vorbeifahrtsgeschwindigkeit und dem gemessenen mittleren Gesamtpegel ist in Abbildung 36 dargestellt (dabei sind die Differenzen ausgeprägter als beim Leq.).

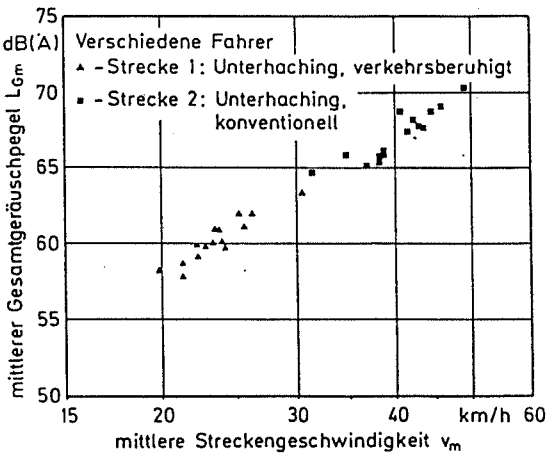


Abbildung 36: Mittlerer Gesamtgeräuschpegel und mittlere Vorbeifahrtgeschwindigkeit (Quelle: Literatur 39)

In Abbildung 37 ist dargestellt, in welchem Masse Geschwindigkeitsreduktionen zur Einhaltung wichtiger Grenzwerte aus der Lärmschutz-Verordnung beitragen können (Annahmen siehe Kapitel 3.8.2).

Bei den Geschwindigkeiten v_1 (vorher) und v_2 (nachher) handelt es sich nicht um Geschwindigkeitslimiten sondern um die jeweilige gemessene mittlere Vorbeifahrtsgeschwindigkeit.

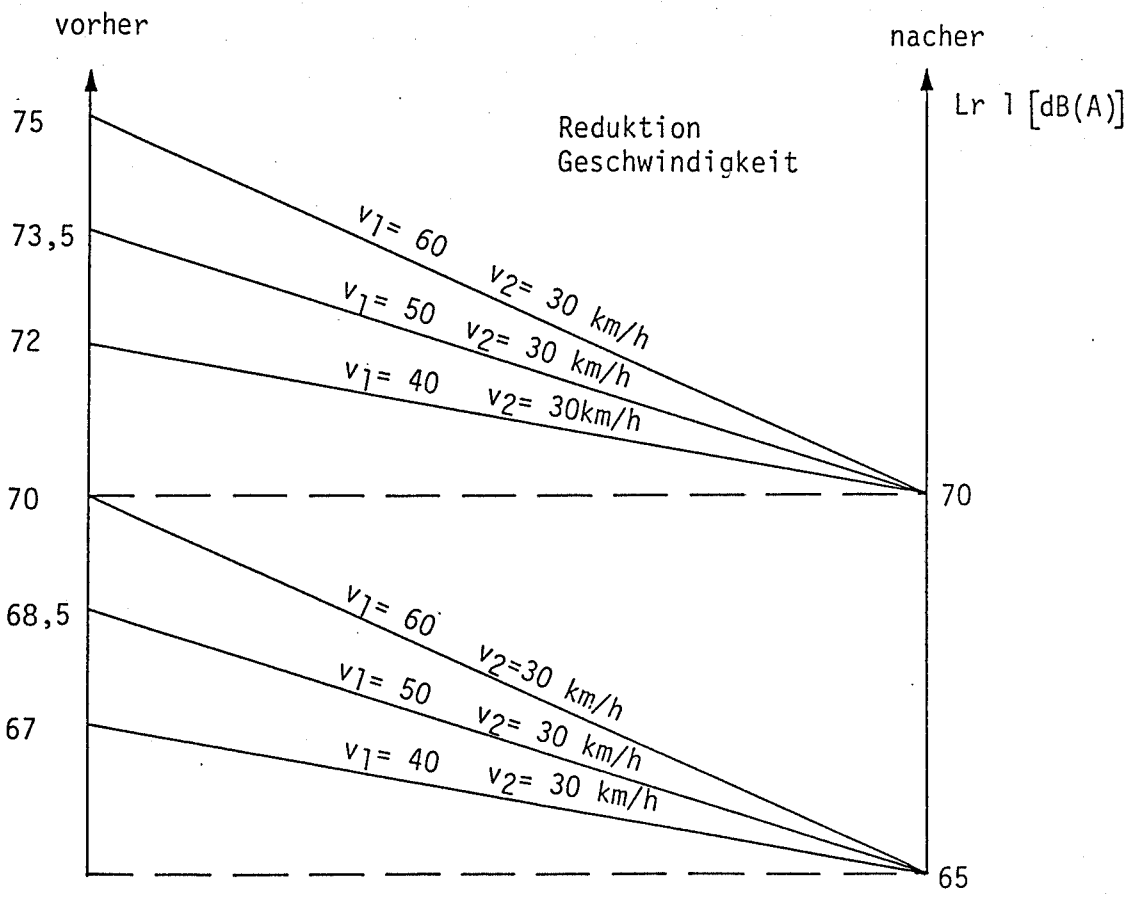


Abbildung 37: Beurteilungspegel (Lr 1) (siehe Lärmschutzverordnung) vor der Geschwindigkeitsreduktion (links) und nach der Geschwindigkeitsreduktion (rechts).

Ablesebeispiel zu Abbildung 37:

Beträgt der Beurteilungspegel (Lr 1 vorher) entlang einer Strasse, die zur Zeit im Mittel mit 50 km/h befahren wird, 73,5 dB(A), so wird sich diese Belastung infolge einer Reduktion der mittleren Geschwindigkeit von 50 km/h auf 30 km/h auf 70 dB(A) reduzieren, was dem Alarmwert für Wohnzonen und Wohn/Gewerbezonen entspricht.
Der Immissionsgrenzwert kann in diesem Fall mit diesen Massnahmen nicht erreicht werden.

Unsicherheiten

Die Daten sind relativ gut gesichert (zur Genauigkeit siehe Kapitel 3.8.3).

K A P I T E L 5

ZUSAMMENFASSUNG

5. ZUSAMMANFASSUNG

5.1 Ausgangslage

5.2 Abgrenzung

5.3 Reduktion des Verkehrsvolumens

5.4 Veränderung des Verkehrsablaufs

5.5 Strategien und ihre Wirksamkeiten

5.1 Ausgangslage

Es bestehen keine Zweifel, dass die Luftverunreinigung in der Schweiz alarmierende, klar gesundheitsbeeinträchtigende Werte erreicht hat und dass ein erheblicher Teil der Bevölkerung Lärmbelästigungen ausgesetzt ist, die zu bedeutenden Störungen des Wohlbefindens führen. In seltener Einmütigkeit sind in den vergangenen Jahren von praktisch allen politischen Lagern markige Forderungen nach umgehender Remedur erhoben worden.

Im Luftreinhalte-Konzept vom 10. September 1986 nimmt der Schweizerische Bundesrat eine umfasssende Situationsanalyse vor und setzt als Ziel: Bis 1990 bzw. 1995 sind die gesamtschweizerisch emittierten gasförmigen Luftschadstoffe auf die Mengen von 1950 (Maximalziel) oder 1960 (Minimalziel) zu reduzieren.

Durch geeignete Massnahmen soll:

- bei den Schwefeldioxid-Emissionen bis 1990 der Stand von 1950 (Maximalziel) und
- bei den Stickoxid- und Kohlenwasserstoff-Emissionen bis 1995 der Stand von 1960 (Minimalziel) erreicht werden.

Die Luftreinhalte-Verordnung vom 16. Dezember 1985 legt unter anderem Grenzwerte für Schadstoffkonzentrationen in der Luft (sgn. Immissionsgrenzwerte) fest und bestimmt, dass diese ab 1994 einzuhalten seien. Die Lärmschutz-Verordnung vom 15. Dezember 1986 legt Belastungsgrenzwerte fest und bestimmt, dass die Lärmbelastungen spätestens innert 15 Jahren unter diese Grenzwerte abzusenken sind.

Obwohl zahlreiche Massnahmen zur Verringerung der Luftverschmutzung und der Lärmbelastung bereits in Kraft gesetzt wurden oder demnächst in Kraft gesetzt werden[1], ist auch bei optimistischen Annahmen damit zu rechnen, dass die gesteckten Ziele, namentlich im Bereich der Luftreinhaltung, ohne weitere Massnahmen nicht erreicht werden. Nicht von ungefähr fordert denn Art. 33 der Luftreinhalte-Verordnung Massnahmen beim Verkehr: "Reichen die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen bei Fahrzeugen und Verkehrsanlagen nicht aus, um übermässige Immissionen zu verhindern oder zu beseitigen, so trifft die Behörde die erforderlichen baulichen, betrieblichen, verkehrslenkenden oder -beschränkenden Massnahmen".

In Kürze werden sich demnach die Behörden von Bund, Kantonen und Gemeinden an die Verkehrsfachleute wenden mit der Frage: Welche verkehrsorganisatorischen und verkehrstechnischen Massnahmen sind geeignet, um die Umweltbelastungen, die der Verkehr verursacht, zu reduzieren ?

Dies ist genau die Fragestellung, der die vorliegende Studie nachgeht. Das Ziel der Forschungsarbeit war ursprünglich umschrieben als "fachtechnische Beurteilung der Wirksamkeit verkehrstechnischer und verkehrsorganisatorischer Massnahmen zur Verminderung der Umweltbelastungen; Aufzeigen von gesicherten Erkenntnissen sowie von Wissenslücken; praktische Empfehlungen für Sofortmassnahmen sowie Grundlagen für weitere Forschungsarbeiten". Das Ziel erwies sich bald einmal als derart breit gesteckt und umfassend, dass klare Prioritäten gesetzt werden mussten, umsomehr, als auch der Kredit durch den Kreditgeber auf ca. zwei Drittel der beantragten Mittel gekürzt wurde.

---

1 In dieser Studie sind alle bis zum 31. Juli 1987 beschlosssenen Massnahmen berücksichtigt.

5.2 Abgrenzung

Naturgemäss mussten zahlreiche Abgrenzungsfragen entschieden werden, wodurch die Studie im wesentlichen folgende Ausrichtung erhielt:

- Aufgrund der oben beschriebenen Ausgangslage werden von den zahlreichen Umweltbelastungen nur die Luftbelastungen durch Schadstoffe und der Lärm in Betracht gezogen.

- Im Vordergrund der Ueberlegungen zur Luftverunreinigung stehen "Leitsubstanzen" bzw. die Primärschadstoffe Schwefeldioxid (SO_2), Stickoxid (NO_x), Kohlenwasserstoffe (HC) und ihre Folgeprodukte. Immissionsseitig kommen hier den Jahresmittelwerten [1] der Stickstoffdioxid-Immissionen eine zentrale Bedeutung zu, weil diese für den Verkehr massgebend sind und die übrigen Schadstoffe von den in Frage kommenden Massnahmen ebenfalls positiv beeinflusst werden.

- Die Ueberlegungen zur Lärmbelastung orientieren sich an den Belastungsgrenzwerten, wie sie in der Lärmschutzverordnung umschrieben und definiert sind.

- Bezüglich der Stickstoffdioxid-Immissionen und des Lärms darf erwartet werden, dass verkehrsorganisatorische und verkehrstechnische Massnahmen ihre grösste Wirkung in Städten und Agglomerationen entfalten, genauer, an stark belasteten Strassen in bebauten Gebieten, wo die entsprechenden Grenzwerte am deutlichsten und häufigsten überschritten werden. Die Ueberlegungen dieser Studie sind deshalb auf diese Problemgebiete ausgerichtet.

---

1 Die Jahresmittelwerte lassen kausale Schlüsse zwischen dem Verkehr und der Luftbelastung besser zu, als das bei Stunden- oder Tagesmittelwerten der Fall ist.

- Im Innerortsverkehr werden über 95% der Stickoxid-Emissionen des Verkehrs von den privaten Personenwagen, den Lieferwagen und den Lastwagen verursacht. Die angestellten Ueberlegungen konzentrieren sich deshalb auf die Summe dieser drei Verkehrsarten.

- Allerdings zeichnet sich ab, dass ein wachsendes Problem mit den Dieselmotoren (insbesondere Schwerverkehr) ansteht. Diese werden aller Voraussicht nach bis zum Jahre 1995 weit mehr Stickoxide ausstossen als die Benzinmotoren und eines der Hauptprobleme bei der Erreichung der lufthygienischen Zielsetzungen bilden.

- Es gibt ausserordentlich viele Massnahmen, von denen eine Verringerung der Umweltbelastungen durch Verkehr erwartet werden kann. Die vorliegende Studie beschränkt sich auf verkehrsorganisatorische und verkehrstechnische Massnahmen, die direkt darauf abzielen, das Verkehrsvolumen zu reduzieren oder eine Veränderung des Verkehrsablaufs herbeizuführen. Indirekte Massnahmen, wie beispielsweise die Förderung des öffentlichen Verkehrs sowie Massnahmen, die in der Fahrzeug- und Fahrbahntechnik liegen (wie beispielsweise der Katalysator), interessieren hier nicht in erster Linie (sind aber, wo erforderlich berücksichtigt).

Die nachfolgende Abbildung vermittelt einen Ueberblick über die in Frage kommenden Massnahmen zur Verminderung der Umweltbelastungen durch Verkehr und lokalisiert jene Massnahmen, denen die vorliegende Studie nachgeht; sie liegen in den Ansatzbereichen "Reduktion des Verkehrsvolumens" und "Veränderung des Verkehrsablaufs".

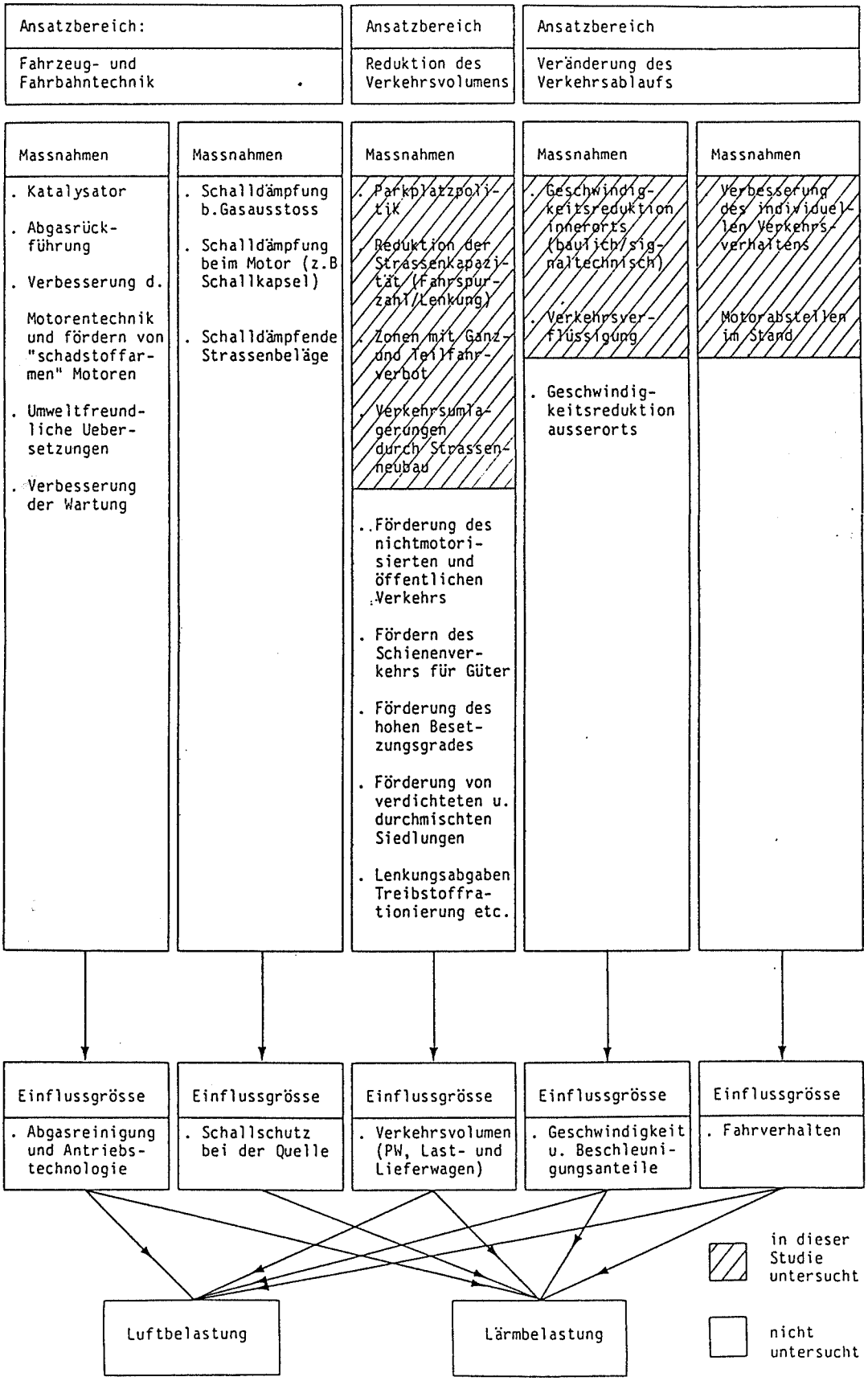


Abbildung 6: Ueberblick der Zuordnung von den Massnahmen zu den Einflussgrössen und Belastungen

5.3 Reduktion des Verkehrsvolumens

Durch die Reduktion des Verkehrsvolumens werden die Umweltbelastungen reduziert. Das Verkehrsvolumen wird als durchschnittliche Tagessumme der Fahrzeugkilomter des motorisierten Individualverkehrs in einem bestimmten Gebiet (Stadt, Quartier, Strassenzug) gemessen. Spitzenstundenbelastungen sind aus der Optik des Umweltschutzes von geringerer Bedeutung als bei der rein verkehrsleistungsorientierten Dimensionierung von Verkehrsanlagen.

Die Massnahmen zur Verringerung des Volumens des motorisierten Individualverkehrs lauten:

- Parkplatzpolitik
- Reduktion der Strassenkapazität
- Zonen mit Ganz- und Teilfahrverboten
- Verkehrsumlagerungen durch Umfahrungsstrassen und Tunnels

Als geeignete Parkraumpolitik fällt zum einen die Begrenzung des Parkplatzangebots in zentralen Lagen (z.B. durch Aufheben von Parkplätzen auf öffentlichem Grund, durch Verhindern der illegalen Parkierung, etc.) in Betracht, zum andern geht es um Eingriffe ins Parkregime (Tarifpolitk, Anwohnerprivileg, etc.).

Aus Umweltschutzgründen muss die an vielen Orten praktizierte Parkraumpolitik neu überdacht werden. Denn das heute allgemein üblich gewordene Umwandeln von Parkplätzen mit unbeschränkter Parkdauer in Parkplätze mit beschränkter Parkdauer hat zwar eine Reduktion der Spitzenstundenbelastung zur Folge, erhöht jedoch die Tagessumme der Fahrzeugkilometer und damit die Luft- und Lärmbelastungen als Folge der häufiger wechselnden Belegung der Parkplätze.

Eine Reduktion der Strassenkapazität kann durch eine Reduktion der Fahrspuren erfolgen, im Knotenbereich durch Aufheben von Abbiegespuren und Stauraumspuren und im Haltestellenbereich des öffentlichen Verkehrs durch Aufheben der Fahrspuren, die das Ueberholen von Bus oder Tram erlauben. Im Prinzip wird ebenfalls eine Reduktion der Strassenkapazität erreicht, wenn durch entsprechende Lichtsignalsteuerung der Verkehr dosiert wird.

Zum Massnahmenbereich Zonen mit Ganz- und Teilfahrverboten gehören das Einführen von Zonen mit Transitsperren, von Zonen mit zeitlich begrenzter Zufahrt, von Zonen mit Dieselfahrverbot und schliesslich vom Sonntags-Fahrverbot.

Ob die Reduktion der Strassenkapazität und das Einführen von Teilfahrverboten einen tatsächlichen Abbau der Fahrzeugkilometer bewirken oder ob lediglich zeitliche und räumliche Ausweichmanöver stattfinden oder gar Mehrverkehr durch Umnutzungen von Parkplätzen in der Stadt erzeugt wird, hängt von den Begleitumständen oder den begleitend ergriffenen Massnahmen ab. Verkehrsbeschränkende Massnahmen sollten aus einer städtebaulichen und verkehrsplanerischen Gesamtschau heraus entwickelt werden, die Stadtraum- und Platzgestaltung sowie die Förderung von anderen Verkehrsarten einschliesst. Denn wenn solche Massnahmen lediglich als Schikane erscheinen, ergeben sich Probleme, da zu ihnen kaum ein Konsens gefunden wird und da sie dementsprechend schwer durchsetzbar sind.

Verkehrsumlagerung durch Umfahrungsstrassen oder Tunnels mit dem Ziel, stark belastete Gebiete vom Verkehr zu entlasten, reduziert grundsätzlich nicht die Fahrzeugkilometer, sondern bewirkt im wesentlichen eine

räumliche Umverteilung. Das insgesamt erhöhte Angebot an Verkehrsanlagen wirkt sich stimulierend auf die Verkehrsnachfrage aus, falls nicht - insbesondere auf den entlasteten Strassenzügen - flankierende Massnahmen ergriffen werden. Die Wirksamkeit der Massnahmen zur Verringerung des Verkehrsvolumens kann nicht losgelöst vom konkreten Fall beziffert werden. Dazu fehlt es an der notwendigen Theorie und an der empirischen Basis.

Hingegen ist es möglich, Abschätzungen darüber anzustellen, wie stark das Verkehrsvolumen reduziert werden muss, um eine gewünschte Reduktion der Luftverunreinigung zu erzielen: Wird zum Beispiel in einem Strassenzug 1987 ein Jahresmittelwert von 55 - 60 µg/m3 Stickstoffdioxid-Belastung gemessen, so kann das gesetzte Ziel (von 30 µg/m3 im Jahre 1994) der Luftreinhalte-Verordnung nur erreicht werden, wenn zusätzlich zu den beschlossenen technischen Massnahmen eine sehr grossflächige Reduktion des Verkehrsvolumens von ungefähr 30% erreicht wird.

Beispiel:
Wird in einem Strassenzug 1987 ein Jahresmittelwert von 55-60 µg/m3 Stickstoffdioxid gemessen, so kann das von der Luftreinhalte-Verordnung gesetzte Immissionsziel (von 30 µg/m3 im Jahre 1994) erreicht werden, wenn zusätzlich zu den beschlossenen technischen Massnahmen eine sehr grossflächige Reduktion des Verkehrsvolumens von ungefähr 30% erreicht wird.

Relativ gut bekannt sind die Zusammenhänge zwischen dem Verkehrsvolumen und dem Verkehrslärm. In erster Näherung ergibt eine 50 %ige Reduktion des Verkehrsvolumens eine Reduktion des Lärms von 3 dB(A). Es braucht eine 70%ige Reduktion des Verkehrsvolumens, um den Lärm um rund 5 dB(A) zu verringern.

5.4 Veränderung des Verkehrsablaufs

Die vom Verkehr verursachten Umweltbelastungen können verringert werden, wenn es gelingt, den Verkehrsablauf zu verändern, wobei unter Verkehrsablauf die Fahrgeschwindigkeiten, die Häufigkeit und Länge der Beschleunigungsphasen sowie das individuelle Fahrverhalten (Schalten, hoch- bzw. niedrigtourig fahren, Motorabstellen im Stand) verstanden wird.

Zu den Massnahmen zur Veränderung des Verkehrsablaufs gehören:

- Verkehrsverflüssigung durch Strassenausbau,
- Verkehrsverflüssigung durch Optimierung der Verkehrsorganisation,
- Reduktion der Geschwindigkeit innerorts (Tempolimite 30),
- umweltfreundliches Fahren, Motorabstellen beim Halten und "Gelb" vor "Grün".

Die Verkehrsverflüssigung durch Strassenausbau ist aus der Sicht des Umweltschutzes eine äusserst problematische, wenn nicht kontraproduktive Massnahme, weil mit dem Strassenausbau Zunahmen der Fahrzeugkilometer einherzugehen pflegen. Die Optimierung der Verkehrsorganisation ist heutzutage in der Schweiz bereits derart fortgeschritten, dass kaum mehr ins Gewicht fallende Verbesserungen erzielt werden können, es sei denn, zu Lasten von anderen Verkehrsteilnehmern.

Demgegenüber gibt es Anzeichen dafür, dass die Reduktion der Höchstgeschwindigkeit innerorts eine wirkungsvolle Massnahme darstellt. Ins Gespräch gekommen sind die Signalisationen von Tempolimite 30 und das Ausrichten der baulichen Gestaltung im Qaurtierstrassen- und Hauptstrassenbereich auf die so reduzierten Geschwindigkeiten. Wie einschlägige Erhebungen zeigen,

reduzieren tiefere Geschwindigkeitslimiten nicht nur direkt die Luft- und Lärmbelastungen, sondern bewirken noch zusätzlich indirekt ein aus Umweltschutzsicht günstigeres Fahrverhalten.

Um die Wirksamkeit abzuschätzen, die das Einführen der Tempolimite 30 im Bereich der Luftverunreinigung hätte, ist man auf die Resultate des Grossversuchs in Buxtehude (BRD) angewiesen. Aufgrund der Ergebnisse dieses Grossversuchs kann abgeleitet werden, dass eine sehr grossflächige Anwendung der Tempolimite 30 eine Reduktion der Stickstoffdioxid-Belastungen (Jahresmittelwerte) von 20 - 25% zur Folge hätte (falls das Verkehrsvolumen konstant bleibt). Wird zusammen mit der Tempolimite 30 ein bewusst umweltfreundliches Fahren erzielt, so kann mit einer Verminderung der Stickstoffdioxid-Belastungen von 30 - 40% gerechnet werden.

Beispiel:
Wird in einem Strassenzug 1987 ein Jahresmittelwert von 55-60 µg/m3 Stickstoffdioxid gemessen, so kann das von der Luftreinhalte-Verordnung gesetzte Immissionsziel (von 30 µg/m3 im Jahre 1994) erreicht werden, wenn zusätzlich zu den beschlossenen technischen Massnahmen die Tempolimite 30 sehr grossflächig eingeführt wird.

Wie diese Zahlen zeigen, kommt dem individuellen Fahrverhalten beachtliche Bedeutung zu.

Dies gilt nicht nur für die Luftverunreinigung, sondern auch für den Verkehrslärm, der nicht nur von der Geschwindigkeit, sondern auch vom Fahrverhalten (insbesondere Gangwahl) abhängig ist. Die Reduktion der mittleren Vorbeifahrgeschwindigkeit von 50 auf 30 km/h ergibt eine Reduktion der Lärmbelastung von ca. 3,5 dB(A).

Daneben wirkt sich die Tempolimite 30 auf die Verkehrssicherheit und auf die Flächeninanspruchnahme sehr positiv aus.

Die Massnahme "Motorabstellen beim Halten" und "Gelb vor Grün" mag direkt am Strassenraum den Betroffenen einige Erleichterung bringen und sich psychologisch positiv auf das Umweltbewusststein der Automobilisten auswirken. Quantitativ ins Gewicht fallende Verbesserungen bezüglich der Stickstoffdioxid-Immissionen sind davon jedoch nicht zu erwarten, weil leer laufende Motoren sehr wenig Stickoxide emittieren.

5.5 Strategien und ihre Wirksamkeiten

Wie die Erfahrungen zeigen, ist es nicht sinnvoll, die vom Verkehr verursachten Umweltbelastungen mittels isolierter Einzelmassnahmen reduzieren zu wollen. Vielmehr sollte das gesteckte Ziel mit zu Strategien gebündelten Massnahmen verfolgt werden. Grundsätzlich werden hier zwei direkt wirksame Strategien vorgeschlagen:

- Die integrierte Kapazitätsreduktion: Sie hat die Reduktion des Verkehrsvolumens zum Ziel.

- Das Niedriggeschwindigkeitsszenario: Es optimiert die Umweltfreundlichkeit des Verkehrsablaufs.

Die integrierte Kapazitätsreduktion umfasst die Kapazitätsreduktion auf den Hauptstrassen und die Verkehrsberuhigung in den Quartieren, eine restriktive Parkierungspolitik in den Innenstädten und Anwohnerprivilegien in den Wohnquartieren sowie die Förderung des nichtmotorisierten und öffentlichen Verkehrs als auch die Förderung der städtebaulichen Qualitäten.

Das Niedriggeschwindigkeitsszenario besteht aus der Tempolimite 30 und der entsprechenden gestalterischen Anpassung des Erscheinungsbildes der Strassen, die Verkehrsverflüssigung durch Aufheben von Stopsignalisationen und Lichtsignalanlagen, die lediglich aus Sicherheitsgründen errichtet wurden und wegen der reduzierten Geschwindigkeiten nicht mehr nötig sind sowie die konsequente Instruktion des umweltfreundlichen Fahrens mit entsprechender Propaganda.

Vergleicht man die Wirksamkeit der beiden Strategien miteinander, so ergibt sich, gemessen an der Verbesserung der Stickstoffdioxid-Belastung folgendes Bild:

Die sehr grossflächige Einführung der Tempolimite 30 vermindert die Stickstoffdioxid-Immissionen ungefähr in der selben Grössenordnung, wie die sehr grossflächige Reduktion des Verkehrsvolumens um 30%. Wird zusätzlich zur Tempolimite 30 ein generell umweltfreundliches Fahren erreicht, so entspräche dies der Wirkung einer Reduktion des Verkehrsvolumens um 40 - 50%.

Zu den Wirksamkeiten der Strategien gemessen an der Reduktion des Verkehrslärms können folgende Angaben gemacht werden:

> Die Reduktion der Vorbeifahrgeschwindigkeit von 40 km/h auf 30 km/h entspricht einer Reduktion des Verkehrsvolumens um ca. 40%; wird die Vorbeifahrgeschwindigkeit von 50 km/h auf 30 km/h gesenkt, so entspricht das einer Verminderung des Verkehrsvolumens um über 50%.

Die beiden Strategien schliessen sich gegenseitig nicht aus, sie können im Einzelfall zur Erreichung einer höheren Wirksamkeit überlagert werden.

K A P I T E L 6

EMPFEHLUNGEN FÜR WEITERE ARBEITEN

6. EMPFEHLUNGEN FUER WEITERE ARBEITEN

6.0 Aufbau des Kapitels

6.1 Uebersicht

6.2 Verbreiterung der empirischen Basis

6.3 Neuorientierung des verkehrsplanerischen Theorieansatzes

6.4 Modellstudien

6.5 Ratgeber für die Praxis

6.6 Laufende Aktualisierung der Immissionsprognosen

6.7 Aufbau einer Koordinationsstelle

6.1 Uebersicht

Die im Rahmen der vorliegenden Studie angestellten Ueberlegungen und gewonnenen Erkenntnisse legen nahe, eine ganze Reihe von Empfehlungen für weitere Arbeiten abzugeben.

Es sind dies im Ueberblick:

- Verbreiterung der empirischen Basis
- Neuorientierung des verkehrsplanerischen Theorieansatzes
- Modellstudien
- Ratgeber für die Praxis
- laufende Aktualisierung der Immissionsprognosen
- Aufbau einer Koordinationsstelle

6.2 Verbreiterung der empirischen Basis

Um die empirische Basis zu verbreitern, sind folgende drei Tätigkeiten auszuführen:

- Durchführen begleitender Messungen (vorher/nachher) und Auswertungen bei ohnehin vorgenommenen Aenderungen des Verkehrssystems.

- Erarbeiten und Etablieren eines Bezugsrahmens, der Anleitung für die begleitenden Messungen gibt und mit dem sich die gewonnenen Daten einordnen lassen.

- Durchführen eines Versuchs "grossflächige Tempo 30-Zone" mit gesamtschweizerischer Bedeutung.

Aus verschiedensten Gründen (beispielsweise wegen Unterhaltsarbeiten) werden in schweizerischen Städten laufend Veränderungen am Verkehrssystem vorgenommen, die sich auf ein bestimmtes, abgrenzbares Gebiet auswirken wie Massnahmen, die in der vorliegenden Studie diskutiert werden. Es wäre zweifellos sinnvoll, diese zahlreich sich bietenden Gelegenheiten zu nutzen und die vorgenommenen Veränderungen mit geeigneten Vorher/Nachher-Messungen zu begleiten. Falls diese begleitenden Messungen nach einheitlichen Kriterien vorgenommen und systematisch ausgewertet werden, fällt rasch eine grosse Menge wertvoller Daten an.

Zum Beispiel können auf diese Weise Informationen zum Verkehrsaufkommen (und dessen Verlagerung auf andere Verkehrsarten) bei Kapazitätsbeschränkungen beim motorisierten Individualverkehr oder Datengrundlagen für weitergehende feinere Immissionsmodelle gewonnen werden.

Was die begleitenden Messungen im speziellen zeigen, gilt allgemein für die Verbreiterung der empirischen Basis; es braucht einen anerkannten Bezugsrahmen, der festlegt, welche Messdaten und statistischen Unterlagen auf welche Art und Weise zu erfassen sind, nach welchen Kriterien die Gebietsabgrenzungen vorzunehmen sind usw. Der Bezugsrahmen müsste es auch ermöglichen, die erhobenen Daten thematisch und bedeutungsmässig den Massnahmen, die zur Minderung der Umweltbelastungen durch Verkehr anvisiert werden, zuzuordnen.

Begleitende Messungen und die Aufbereitung anderer vorhandener statistischer Unterlagen genügen jedoch nicht, um die Datenbasis zur Einführung der "Tempolimite 30" entscheidend zu verbessern. Da mit dieser Massnahme grosse Erwartungen verbunden sind, sollte ein grossflächiger Versuch durchgeführt werden. Zwar liegen Untersuchungen aus der Bundesrepublik Deutschland vor, doch ist es notwendig, die lufthygienischen und lärmmässigen Auswirkungen in schweizerischen Verhältnissen (Landschaft- und Fahrzeugkollektiv) nachzuvollziehen und insbesondere den Versuch auf weitere Fahrzeugkategorien auszuweiten; in den Versuch einbezogen gehören namentlich auch der Schwerverkehr (Dieselmotoren) und Personenwagen mit Katalysatoren.

Auf Grund von solchen und ähnlichen Untersuchungen können die zur Zeit noch weitgehend fehlenden Emissionsfaktoren für den unteren Geschwindigkeitsbereich gewonnen werden.

6.3 Neuorientierung des verkehrsplanerischen Theorieansatzes

Die Verkehrsplanung hat sich während Jahrzehnten an eine Problemsicht gewöhnt, wonach der offensichtliche, für alle klar erkennbare Nachfrageüberhang mit einer Verbesserung des Verkehrsangebots aufzufangen ist, und weil in den Städten die Platzverhältnisse beschränkt sind, lautet das Ziel: Angebotsverbesserung unter bestmöglicher Ausnützung der Platzverhältnisse. Kern des "Verkehrsproblems" sind die durch überlastete Knoten und den daraus resultierenden Staus stark beeinträchtigten Reisegeschwindigkeiten. Dementsprechend stellte sich die Verkehrsplanung zur Aufgabe, eine nachfrageorientierte Optimierung des Verkehrssystems Auto-Strasse-Parkierung herbeizuführen. Und diese Aufgabenstellung ist wesentlicher Hintergrund für die verkehrsplanerische Theoriebildung, wie sie sich beispielsweise und vielleicht am deutlichsten in den Verkehrsmodellen und in den Projektierungsnormen niederschlägt.

Die vom Verkehr verursachten Umweltbelastungen und die in der Folge gesetzlich verankerten Bestimmungen geben der Verkehrsplanung eine völlig veränderte Ausgangslage: Ziel ist, übermässige Luft- und Lärmbelastungen zu verringern und die allgemeine Lebens- und Wohnqualität zu steigern.

Mit der grundsätzlich neuen Aufgabenstellung, der sich die Verkehrsplanung heute gegenübersieht, drängt sich eine Neuorientierung des verkehrsplanerischen Theorieansatzes auf.

6.4 Modellstudien

Die Strategien "integrierte Kapazitätsreduktion" und "Niedriggeschwindigkeitsszenario" sind im Abstrakten, d.h. losgelöst von spezifischen städtischen Gegebenheiten, schwer zu konkretisieren. Modellstudien können hier Abhilfe schaffen. Es geht darum, anhand zweier Schweizer Städte konkret darzustellen, was die beiden Strategien bedeuten. Als Resultat muss eine Modellstudie den Katalog der im einzelnen zu ergreifenden Massnahmen umfassen und eine plausible Abschätzung über die mit der Strategie zu erzielenden Verringerungen der Umweltbelastung enthalten.

Des weitern sind die Kosten zu schätzen und Finanzierungsmodelle sowie eine Auslösungsanalyse zu entwickeln.

6.5 Ratgeber für die Praxis

Ein Ziel der vorliegenden Studie war es zusammenzutragen, was an Wissen über die verkehrsorganisatorischen und verkehrstechnischen Massnahmen zur Verminderung der Umweltbelastungen durch Verkehr vorhanden ist. Ohne die bestehenden Wissenslücken irgendwie beschönigen zu wollen, gilt es auch festzustellen, dass mehr Wissen vorhanden ist, als dem Verkehrsingenieur und Behördenmitglied an der Front bekannt sein dürfte. Es ist deshalb sinnvoll, wenn das bestehende Wissen möglichst rasch in der Form eines leicht verständlichen Ratgebers für die Praxis zusammengestellt und so einer grossen Zahl von Behördenmitgliedern und Fachleuten ohne spezifische Vorkenntnisse zugänglich gemacht wird.

6.6 Laufende Aktualisierung der Immissionsprognosen

Den verkehrsorganisatorischen und verkehrstechnischen Massnahmen zur Verringerung der Umweltbelastungen durch den Verkehr kommt deshalb grosse Bedeutung zu, weil gemäss der massgebenden Immissionsprognosen die bereits ergriffenen oder in absehbarer Zeit zur Einführung vorgesehenen Massnahmen nicht ausreichen werden, um das vom Bund gesteckte Ziel und das Einhalten der Immissions-Grenzwerte im Jahre 1994 bzw. im Jahre 2000 zu erreichen. Wie alle Prognosen, sind auch diese Immissionsprognosen mit Unsicherheiten behaftet; zudem werden sie durch neue Beschlüsse - etwa im Bereich der Abgasvorschriften - auf nationaler Ebene revisionsbedürftig. Es drängt sich deshalb auf zu verlangen, dass die Immissionsprognosen laufend aktualisiert werden.

6.7 Aufbau einer Koordinationsstelle

Damit die oben empfohlenen weiteren Arbeiten koordiniert durchgeführt werden können, aber auch, um die von verschiedensten Stellen ohnehin vorgenommenen Untersuchungen wirkungsvoll koordinieren zu können, ist eine zeitlich befristete, aber während dieser Zeitperiode permanent wirkende Koordinationsstelle zu schaffen.

LITERATUR

1 Schweizerischer Bundesrat
Luftreinhalte-Konzept
Bern, 10. September 1986

2 Angaben des
Bundesamtes für Umweltschutz 1987

3 Bundesamt für Umweltschutz
Presserohstoff
Bern 15. Dezember 1986

4 Luftreinhalte-Verordnung (LRV)
16. Dezember 1985

5 Lärmschutz-Verordnung (LSV)
15. Dezember 1986

6 Stadt Zürich
Lufthygienische Verbesserungsmassnahmen;
Elektrowatt Ing. AG
Zürich 1985

7 Bundesamt für Umweltschutz
Luftbelastung 1985 (NABEL)
Bern 1986

8 Bundesamt für Umweltschutz
BUS-Bulletin 4; R. Rothen
Bern 1986

9 Schweizerischer Bundesrat
Brief an die Kantonsregierungen
Bern den 19. November 1986

10 Stadt Zürich
Luftbelastung in der Stadt Zürich 82/83
Zürich 1983

11 Bundesamt für Umweltschutz
Schadstoffemissionen des privaten Strassenverkehrs
1950-2000
Bern 1986

11A und Ergänzung bezüglich FAV2, FAV3 und FAV4
Bundesamt für Umweltschutz 4. März 1987

12 Verordnung über die Abgasemissionen leichter
Motorwagen-FAV1
Bern 1987

13 Stab für Gesamtverkehrsfragen / EVED
Verkehrsverhalten in der Schweiz
Bern 1986

14 Stadt Biel
Parkraumbewirtschaftungs- und Steuerungsmöglichkeiten
und Auswirkungen (Metron Verkehrsplanung AG)
Biel 1987 (nicht veröffentlicht)

15 R.H. Beck
Der Konsument zwischen Shopping-Center und
innerstädtischem Geschäftszentrum
Diss. Uni Zürich 1978

16 Prof. H. Knoflacher
Katalysatoren für Nichtmotorisierte
Wien 1986

17 Prof. R. Monheim
Aktivitäten und Aktivitätenkoppelung als Ansatzpunkt
für eine Verknüpfung von Verkehrs- und Stadtplanung
In: Zukunft des Verkehrswesens - Verkehrsplanung der
Zukunft
Kassel 1986

18 Stadt Luzern
Parkplatzreglement für die Stadt Luzern vom 17. April
1986
Luzern 1986

19 Bundesamt für Strassenbau
Parkraumbewirtschaftung als Mittel der Verkehrslenkung
(Glaser + Saxer)
Bern 1983

20 Stadt Bern
Umwelt, Stadt und Verkehr:
Kurzbericht zur Parkraumplanung der Stadt Bern
Bern 1983

21 Stadt Zürich, Stadtplanungsamt
Benützung der Strassenparkplätze
Zürich 1986

22 Prof. H. Knoflacher
Studie Donaubrücke
Wien

23 Stadt Biel
Studie Neumarkt-Parking (Barbe AG)
Zürich 1986

24 Stadt Zürich, Stadtplanungsamt
Verkehrsmodelle
1984

25 Stadt Zürich, Bauamt I
Versuch Brunau-Riegel, Dokumentation
Zürich 1986

26 Nationalstrassen Ueberprüfung (NUP)
Neuverkehr (J. Richter)
NUP Auftrag 14, 1981

27 Gemeinde Wiedlisbach, Kanton Bern
Entlastungsstrasse Wiedlisbach
Vorschläge für flankierende Massnahmen
(Metron Verkehrsplanung AG)
Windisch 1984

28 Generaldirektion SBB und Volkswirtschaftsdirektion des Kantons Zürich
Verkehrsprognose S-Bahn
Zürich 1984

29 Region Zürich und Umgebung (RZU)
Mit dem Velo zur S-Bahn (Metron Verkehrsplanung AG)
Windisch 1985

30 Deutsches Institut für Urbanistik
Stadtverkehrsplanung Teil 3:
Umverteilung des städtischen Personenverkehrs (D. Apel)
Berlin 1984

31 Stadt Zürich
Stadtratsbeschluss vom 17. Dezember 1986

32 Stadt Zürich
Statistisches Jahrbuch der Stadt Zürich 1985
Zürich 1986

33 Bundesamt für Umweltschutz
Anleitung zur Ermittlung und Beurteilung von Lärmimmissionen an Strassen
Bern 1987

34 Stadt Zürich, Stadtplanungsamt
Verkehrsmodelle
1984

35 Umweltbundesamt Berlin
Einfluss der Fahrweise auf Geräuschentwicklung Kraftstoffverbrauch und Abgasemissionen (H. Steven)
In: Forschungsvorhaben flächenhafte Verkehrsberuhigung
3. Kolloquium Materialienband
Berlin 1985

36 A. Döldissen
Veränderung von Lärm und Abgasen durch die flächendeckende Einführung von Tempo 30 - das Beispiel Buxtehude
In: Gemeinde - Stadt - Land, Heft 11
Hannover 1985
(siehe auch: Bundesminister für Raumordnung Bauwesen und Städtebau. Städtebaulicher Bericht Umwelt und Gewerbe in der Städtebaupolitik. Sonderheft Bonn 1986)

37 Umweltbundesamt Berlin
Umweltauswirkungen von Tempo 30 (P. Klippel)
Berlin 1986

38 Angaben von H. Steven FIGE, Aachen 1986

39 G. Kemper, H. Steven
Geräuschemissionen von Personenwagen bei Tempo 30
In: Zeitschrift für Lärmbekämpfung 2/84
Berlin-Verlag 1984

40 IVT, ETH Zürich
Versuche mit Wohnschutz-Massnahmen (M. Rotach, K. Infanger)
Zürich 1982

41 Institut Wohnen und Umwelt
Tempo 30 - Modellversuche in Darmstadt (P. Müller)
Darmstadt 1986

42 Gemeinde Cham
Verkehrskonzept (Metron Verkehrsplanung AG)
Windisch 1983

43 IVT, ETH Zürich und Tiefbauamt
Kanton Baselland
Gestaltung von Kantonsstrassen in Ortskernen
Zürich und Liestal 1987

44 Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau
Städtebauliche Integration von innerörtlichen Hauptverkehrsstrassen - Massnahmenuntersuchung und Empfehlungen
In: Städtebauliche Forschung Nr. 03.118. Bonn 1986

45 Stadt Schlieren
Verkehrsberuhigung Grundkonzept und konkrete Massnahmen (Metron Verkehrsplanung AG)
Windisch 1985

46 Technischer Informationsdienst TCS, Emmen
Der Katalysator hält was er verspricht - weniger Schadstoffe, lange Lebensdauer
In: Phoenix International 1/87 (P. Riedwyl)
Zürich 1987

47 Interdisziplinäre Arbeitsgruppe für Unfallmechanik
Universität und ETH Zürich
Auto-Fussgängerkollision, Kopfverletzungen bei Zweiradkollisionen
Zürich 1985

48 A. Kühnel
Der Fahrzeug-Fussgängerunfall und seine Rekonstruktion (Dissertation)
Berlin 1980

49 Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen
Empfehlungen für die Anlage von Erschliessungsstrassen (EAE 85)
Köln 1985

A N H A N G

ANHANG A

NO_X Emissionen des Privatverkehrs (Autos, Lastwagen, Lieferwagen, Motorräder, Mofas, Cars) des Verkehrs innerorts 1984-2000

(Quelle: BUS Schriftenreihe Umweltzschutz Nr. 55, Seite 11 und 49 sowie Nachtrag vom 4.3.87, Literatur 11 und 11A)

	NO_X Emission t/a	Reduktion infolge AGU 2, 3, 4	Mio FZ km/a	g/FZ km	t pro Mio FZ km in % 1987
1984	33'700	33'700	15'900	-	
1987	33'700	33'700	16'800*	2.01	100%
1990	27'500	27'500	17'800	1.53	76,5%
1994					55,6%
1995	19'500	18'900	18'700	1.01	50,4%
2000	16'600	15'600	19'300	0.81	40,3%

* linear interpolierte Werte

Tabelle I: Entwicklung der Stickoxid-Emissionen des Privatverkehrs 1984 bis 2000.

ANHANG B

NO_x Immissionen, abgeminderte Anteile und Anteile nach Quellengruppen 1987, 1994 und 2000 bei konstantem Verkehrsvolumen im Innerortsbereich.

(Quellen: Tabelle I, Luftreinhaltekonzept Literatur 1, Annahmen Kapitel 3.7.2)

Fall: Flächenbelastung (siehe Abbildung 21)					
	1987 Anteile	1994 abgeminderter Anteil (87=100%)	Anteile bezgl.94	2000 abgeminderter Anteil (87=100%)	1987 Anteile
Verkehr	65 %	55,6 %	52,8 %	40,3 %	46,0 %
übrige Quellen	35 %	92,0 %	47,2 %	80 %	54,0 %
Ueberlagerung	100 %	68,3 %	100 %	57,0 %	100 %

Tabelle II: Entwicklung der Stickstoffdioxid-Immissionen bei Flächenbelastung 1987 bis 2000 und Verkehrsanteil

Fall: Linienbelastung (siehe Abbildung 21)					
	1987 Anteile	1994 abgeminderter Anteil (87=100%) (87 = 100%)	Anteile bezügl. 1994	2000 abgeminderter Anteil (87 = 100%)	1987 Anteile bezügl. 2000
Verkehr (davon Linie direkt)	77 % (33 %)	55,6 %	66,9 % (28,7%)	40,3 %	60,5 % (25,9%)
übrige Quellen	23 %	92,0 %	33,1%	88 %	39,5 %
Ueberlagerung	100 %	64,0 %	100 %	51,3 %	100 %

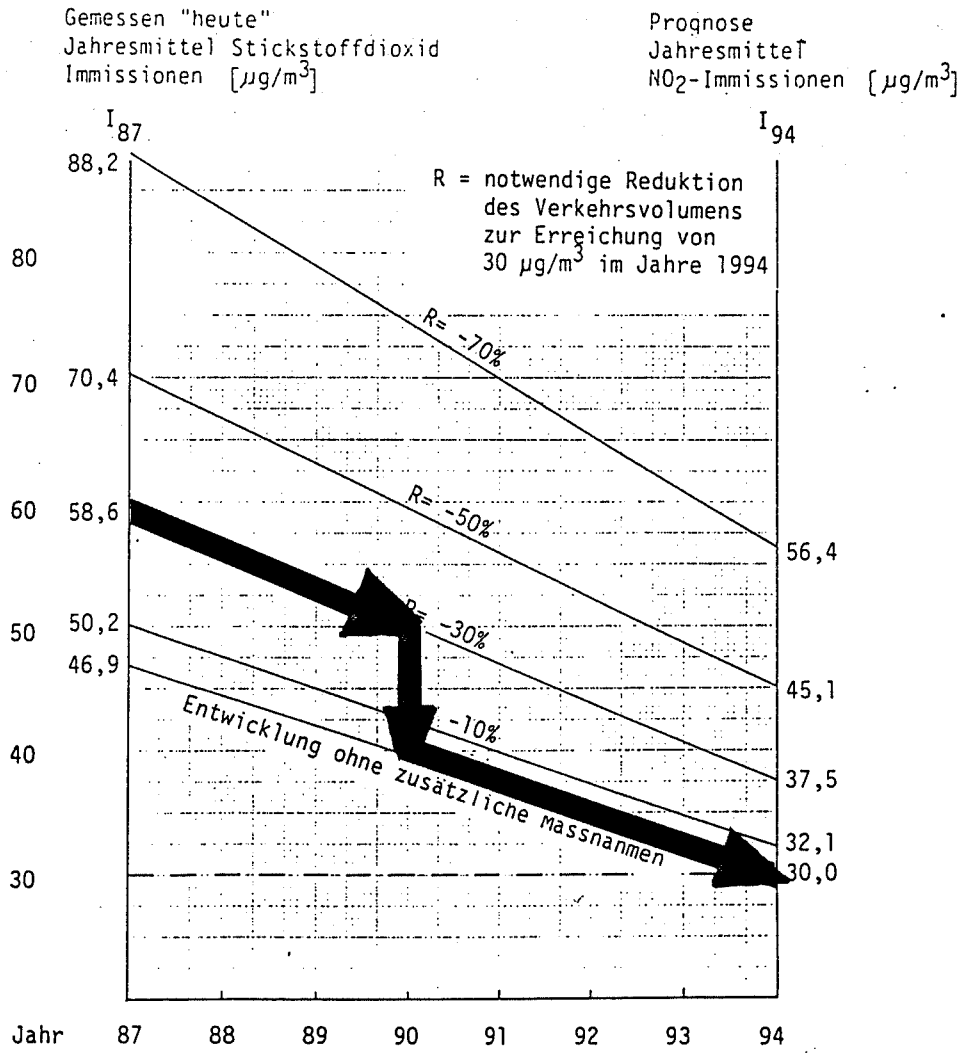
Tabelle III: Entwicklung der Stickstoffdioxid-Immissionen bei Linienbelastung 1987 bis 2000 und Verkehrsanteil

ANHANG C:

Beispiel für Immissionsverlauf

Messstelle: Hauptstrasse innerorts

Fall: Verkehrsreduktion sehr grossflächig



Weitere Angaben siehe Abbildung 22

Tabelle IV: Verlauf der Stickstoffdioxid-Immissionsentwicklung bis 1994 bei sehr grossflächiger Reduktion des Verkehrsvolumens im Jahre 1990 um 30%.