

# **Abschätzung der Wirkungen von verkehrlichen Maßnahmen zur Reduktion der Umweltwirkungen des Verkehrs mit Hilfe der EDV**

*Frank SCHRÖTER*

(Dr.-Ing. Frank Schröter, Institut für Verkehr und Stadtbauwesen, TU Braunschweig, Pockelsstraße 3, 38106 Braunschweig, e-mail: f.schroeter@tu-bs.de, Internet: <http://www.tu-bs.de/~schroete>)

## **EINLEITUNG**

Ressourcenverbrauch, Luftverschmutzung, Lärm und Streß sind direkte Folgen des stetig wachsenden Verkehrsaufkommens, Ausdruck des Bedürfnisses nach mehr Mobilität. Ökologische Folgen und gesundheitliche Auswirkungen der Verkehrsbelastung markieren die Grenzen des Mobilitätsbedürfnisses. Diesen Nachteilen durch den motorisierten Verkehr (MIV) stehen allerdings auch Vorteile der Gesellschaft durch Mobilität gegenüber. Die von allen geforderte „Sustainable Mobility“ kann also nicht Verzicht auf Mobilität heißen, sondern nur Entwicklung einer Mobilität, die nachfolgenden Generationen gleiche oder bessere Lebenschancen als den heute lebenden Menschen gibt.

Zur Zeit wird an verschiedenen Stellen versucht das Konzept einer "sustainable mobility" mit Leben zu erfüllen. Es zeigt sich deutlich, daß rein technische als auch rein verkehrseinschränkende Maßnahmenbündel nicht erfolgreich sein werden. Vielmehr müssen verschiedene Strategien miteinander verbunden werden, um eine umwelt- und gesundheitsverträgliche Verkehrsentwicklung zu erreichen. Lösungsansätze müssen neben technischen Fortschritten, intelligenten Verkehrskonzepten und ökonomischen Instrumenten insbesondere organisatorische und planerische Umgestaltungen (mit dem Ziel der Verkehrsvermeidung) beinhalten.

Je komplexer die erarbeiteten Maßnahmenbündel sind, desto schwieriger wird es, die konkreten Auswirkungen (Erfolge) der Maßnahmen abzuschätzen. Hier bietet die EDV die Möglichkeit, auch für komplexe planerische Maßnahmen zur Verkehrsbeeinflussung die Umweltwirkungen aufzuzeigen.

Einsatzmöglichkeiten von EDV-Programmen zur Abschätzung der Umweltwirkungen des Verkehrs liegen z.B. bei der Verkehrsentwicklungsplanung. Im Rahmen der Bearbeitung von Verkehrsentwicklungsplänen (VEP) geht es nicht mehr nur um die Berechnung und Darstellung von Verkehrsbelastungen, wichtiger Bestandteil der VEP ist auch die Berechnung und Darstellung der Umweltwirkungen des Verkehrs.

## **UMWELTWIRKUNGEN DES VERKEHRS**

Zu den durch den Verkehr hervorgerufenen Umweltbelastungen (vgl. dazu auch SCHRÖTER, 1998) zählen insbesondere Lärm, Luftverunreinigungen, Trennwirkungen von Straßen und Sicherheitsaspekte (Unfälle). Die Betrachtung der vom Verkehr hervorgerufenen Luftverunreinigungen muß dabei die Aspekte Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen mit einschließen.

### **Lärm**

Nach Angaben des Umweltbundesamtes (UBA) ist in der Bundesrepublik Deutschland die Geräuschbelastung durch Straßenverkehr trotz technischer und planerischer Lärminderungsmaßnahmen in den letzten Jahren auf einem hohen Niveau etwa gleich geblieben. Ursache dafür sind die gestiegenen Fahrleistungen. Auch 1997 waren noch etwa 15,6 % der Bevölkerung der alten Länder tags mit Pegeln von über 65 dB(A) belastet. Bei diesen Pegeln sind erhöhte Risiken für Herz-/Kreislaufkrankungen zu befürchten. Der Anteil der nachts Belasteten, die von Mittelungspegeln über 50 dB(A) betroffen sind, betrug 1997 ca. 31 %. Bei diesen Pegeln muß mit Schlafstörungen infolge der Geräuschbelastung gerechnet werden. Diese Aussagen sind auf die neuen Länder übertragbar.

Zur Berechnung der durch den Verkehr hervorgerufenen Lärmbelastung steht mit den „Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen (RLS-90)“ (FGSV, 1990) eine allgemein anerkannte Methode zur Verfügung.

### **Luftverunreinigungen**

Mengenmäßig sind bei den Schadstoffemissionen des Verkehrs insbesondere CO, NO<sub>x</sub> und die organischen Verbindungen (CH<sub>x</sub>) von Bedeutung. Den Anteil des Straßenverkehrs an einigen Luftverunreinigungen in der Bundesrepublik Deutschland gibt Tabelle 1 wieder.

Tab. 1: Anteil des Straßenverkehrs an einigen Luftverunreinigungen in der Bundesrepublik Deutschland (Stand 1996)

Schadstoff	Anteil in %
Kohlenmonoxid (CO)	52,4
Stickstoffoxide (NO <sub>x</sub> )	48,5
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	1,6
Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )	17,6
Organische Verbindungen	28,5
Staub	7,5
Methan	0,6

Die vom Verkehr emittierten Schadstoffe führen bei Menschen, Tieren und Pflanzen zu Schädigungen von unterschiedlichem Ausmaß. Eingeatmetes Kohlenmonoxid (CO) blockiert die Sauerstoffaufnahme in das Blut, verursacht so Sauerstoffmangel im Gewebe und führt je nach Konzentration zu Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit, Ohrensausen, Bewußtlosigkeit, Atemlähmung oder Tod. Durch hohe Spitzenkonzentrationen bei Verkehrsstoßzeiten sind insbesondere Herz-/Kreislaufkranke gefährdet (UBA, 1987, 94). Stickoxide (NO<sub>x</sub>) stellen eine der wesentlichen Ursachen für die Entstehung des sauren Regens dar, sie spielen auch eine besondere Rolle bei der Bildung von Photooxidantien. Bei höheren Stickstoffdioxidbelastungen wurde eine erhöhte Häufigkeit von Atemwegserkrankungen beobachtet, ebenso wie eine Verstärkung von Schädigungen auf Pflanzen (UBA, 1987, 166). Bei der Gruppe der Kohlenwasserstoffe (CH<sub>x</sub>) sind insbesondere die ringförmigen (zyklischen und polyzyklischen) Kohlenwasserstoffe (z.B. Benzol, Benzo(a)pyren) sowie die chlorierten und polychlorierten Kohlenwasserstoffe von Bedeutung. Die Kohlenwasserstoffe sind Ausgangsstoffe für die Bildung des photochemischen Smogs, einige Kohlenwasserstoffe sind krebserregend (UBA, 1987, 94).

Ein wichtiger Indikator für die vom Verkehr verursachten Luftschadstoffemissionen ist der Energieverbrauch im Verkehrssektor. Aber nicht nur deshalb kommt dem Energieverbrauch im Rahmen der Wirkungsberechnungen eine Bedeutung zu. Sparsamer Umgang mit den vorhandenen Ressourcen ein wichtiger Aspekt der Nachhaltigkeit. Die Bewertung einer verkehrsplanerischen Maßnahme unter dem Ziel „Sustainable Mobility“ setzt daher die Kenntnis über ihre Auswirkungen auf den Energieverbrauch voraus.

Der Anteil des Verkehrs am End-Energieverbrauch beträgt (wenn man Umwandlungsverluste und nichtenergetischen Verbrauch unberücksichtigt läßt) ca. 25 %. Der Energieverbrauch des Straßenverkehrs hat sich dabei in den Jahren 1970 bis 1995 nahezu verdoppelt. Die Effizienz der Energieumwandlung ist dabei mit 18 % die ungünstigste unter den unterschiedlichen Arten der Energienutzung. Während alle anderen Sektoren die Effizienz ihrer Nutzenergiebereitstellung im Zeitraum von 1987 bis 1992 steigern konnten (also Energiesparpotentiale genutzt haben), blieb die Effizienz der Energienutzung im Sektor Verkehr nahezu konstant (mit geringfügiger Verschlechterung). Seit 1992 hat der Verkehrssektor sogar einen höheren Energieverbrauch als die Industrie.

Im Personenverkehr ergibt sich über den Zeitraum 1991 - 1996 keine Änderung des Kraftstoffverbrauchs. Im Güterverkehr stieg hingegen der Kraftstoffverbrauch von 1991 bis 1996 stark an (21 %). 1996 wurden im Straßenverkehr ca. 3,16 Mrd. l Kraftstoff mehr verbraucht als 1991.

Trotz fahrzeugtechnischer Weiterentwicklung bezüglich Verringerung des Kraftstoffverbrauchs konnte der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch aufgrund des Trends zu leistungsstärkeren und schwereren Fahrzeugen nur gering herabgesetzt werden.

Der Energieverbrauch steht auch im direkten Zusammenhang zu den Kohlendioxidemissionen des Verkehrs. Bedingt durch seine lange Verweildauer in der Atmosphäre zählt CO<sub>2</sub> zu den Hauptverursachern des „Treibhauseffektes“ und wird als Leitsubstanz angesehen. Als „Treibhauseffekt“ wird der Temperaturanstieg an der Erdoberfläche bezeichnet. Dieser Temperaturanstieg ist die Folge der vermehrten anthropogen verursachten Freisetzung von Spurengasen, die verhindern, daß die von der Erde abgestrahlte Wärme in höhere Luftschichten entweichen kann. Zu den Spurengasen die diesen Effekt verursachen zählen neben Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) auch Fluorkohlenwasserstoffe (FCKW) und Methan. Deutschland hat sich verpflichtet, die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2005 um 25 % gegenüber 1990 zu senken. Bis zum Jahr 1996 wurde ein Rückgang von 10,3 % erreicht. Die Emissionsminderungen der letzten Jahre sind primär auf die wirtschaftliche Umstrukturierung sowie den verminderten Braunkohleeinsatz in den neuen Ländern zurückzuführen. Ein gegenläufiger Entwicklungstrend zeichnet sich nach Aussagen des UBA (1998, 20) im Straßenverkehr aufgrund des zunehmenden Verkehrsaufkommens ab.

Die Emissionen des Straßenverkehrs lassen sich z.B. nach dem Verfahren von GUDEHUS (1988, 96 ff.) berechnen. Dieses Verfahren muß jedoch um aktuelle und hinreichend differenzierte Emissionsfaktoren ergänzt werden. Mit dem „Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs“ (INFRAS, 1995) stehen diese aktuellen Faktoren zur Berechnung der Schadstoffemissionen sowie des Energieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen zur Verfügung.

### **Trennwirkung**

Unter Trennwirkungen werden Störungen von (Wege-)Beziehungen in funktional zusammenhängenden Räumen oder zwischen komplementären Nutzungen verstanden. Trennwirkungen treten in bebauten und unbebauten Bereichen auf. Da beide Bereiche einen unterschiedlichen Wirkungsbezug (Mensch/Tier) aufweisen, ist eine getrennte Betrachtung notwendig.

Sofern Flächen durch Verkehrswege (Autobahnen, Hauptverkehrsstraßen oder Eisenbahnstrecken) zerschnitten werden und dadurch eine Restgröße von weniger als 100 km<sup>2</sup> aufweisen, müssen diese Flächen aus Sicht des Naturschutzes als isoliert und verinselt betrachtet werden. Diese Räume bieten nicht mehr die Voraussetzungen für:

- ?? einen wirksamen Arten- und Biotopschutz,
- ?? die Förderung der natürlichen Sukzession und der Tierwanderungen sowie
- ?? für eine naturnahe Erholung des Menschen.

Die Trennwirkung im bebauten Bereich läßt sich mit Hilfe des Indikators „individueller Zeitverlust“ rechnerisch bestimmen. Dieser Zeitverlust ergibt sich aus der Wartezeit auf eine ausreichende Zeitlücke im Verkehrsstrom oder als erzwungene Umweg- und Wartezeit zu und an einem Überweg. Diese sogenannte „Grundtrennwirkung“ muß in einem zweiten Schritt mit dem tatsächlich vorhandenen Querungspotential und einer mittleren Querungswahrscheinlichkeit gewichtet werden, damit man den Gesamtzeitverlust durch die betrachtete Strecke berechnen kann (vgl. auch GUDEHUS, 1988, S. 111 ff.).

### **Unfallhäufigkeit (Sicherheit)**

In der Bundesrepublik werden jedes Jahr über 8.000 Menschen im Straßenverkehr getötet und ca. eine halbe Million Menschen verletzt. Im Jahr 1997 wurden auf den Straßen des Bundesgebietes 2,23 Mill. Verkehrsunfälle von der Polizei aufgenommen, darunter 140.688 schwerwiegende Unfälle mit nur Sachschaden. 1997 starben 8.549 Menschen bei 380.835 Unfällen mit Personenschaden, 501.094 wurden verletzt (STATISTISCHES BUNDESAMT, 1998). Nachdem die Anzahl der Unfälle mit Personenschaden in den letzten Jahren rückläufig war, ist für 1997 wieder ein Anstieg zu verzeichnen.

Als Verkehrssicherheit kann ein Zustand „frei von Unfällen“ bezeichnet werden. Da dieser Zustand praktisch nicht zu erreichen ist, geht es im Rahmen der Verkehrsplanung darum, die Wahrscheinlichkeit der „Freiheit von Unfällen“ bzw. das „Unfallrisiko“ zu beschreiben. Darüberhinaus muß auch die Schwere der Unfälle berücksichtigt werden. Als Sicherheit in einem Verkehrsnetz kann daher nach RUSKE/DRÜCKER (1987, 126) der Gefahrengrad (relatives Risikopotential) der einzelnen Netzelemente definiert werden. Hierbei berücksichtigt der Gefahrengrad die relative Unfallhäufigkeit und –schwere.

Der Gefahrengrad ist im wesentlichen von den folgenden drei Einflußgrößen abhängig:

- ?? Straßentyp (Unterscheidung z.B. hinsichtlich Anzahl Fahrspuren, Vorfahrtregelung)
- ?? Umfeld der Straße (Unterscheidung z.B. hinsichtlich Lage im Raum, Anbauzustand)
- ?? Verkehrsstärke der Straße (Streckenauslastung)

Durch die schrittweise Verknüpfung der Einflußgrößen unter Einbeziehung statistischer Unfallanalysedaten lassen sich Aussagen zum Gefahrengrad der Verkehrsnetzelemente ableiten (vgl. BRÜLL et. al., 1986).

### **UMFANG DER DATENERHEBUNG ZUR EDV-GESTÜTZTEN ABSCHÄTZUNG DER WIRKUNGEN**

Eine wesentliche Grundlage für die Simulation der Routenwahl und die Berechnung von Verkehrsbelastungen auf den Streckenelementen des Verkehrsnetzes unter Anwendung von Verkehrsrechnungsmodellen ist die Typisierung von Verkehrsnetzen (Streckenelementen und Knoten).

Zur Berechnung der Umweltwirkungen des Verkehrs sind eine Reihe von Strecken- bzw. Knotenspezifischen Informationen notwendig. Insgesamt werden 21 Typisierungsmerkmale benötigt, die in unterschiedlichem Umfang in die Berechnung der Umweltwirkungen eingehen. Eine zusammenfassende Übersicht der Typisierungsmerkmale und der Berücksichtigung bei der Berechnung der unterschiedlichen Umweltwirkungen des Verkehrs zeigt Tabelle 2.

Die Typisierungsmerkmale müssen in unterschiedlichem Detaillierungsgrad vorliegen. So werden z.B. beim Typisierungsmerkmal „Fahrtrichtungstrennung; Überquerungsmöglichkeit“ 14 verschiedene Ausprägungen zur Wirkungsberechnung benötigt. Neben dem Vorhandensein bzw. Nicht-Vorhandensein eines Mittelstreifens, muß noch seine evtl. zulässige Begehrbarkeit und Breite (in unterschiedlichen Klassen) erhoben werden. Beim Typisierungsmerkmal „Lage im Raum“ sind dagegen schon zwei Ausprägungen (ländlich bzw. städtisch) ausreichend.

Die Erhebung dieser Typisierungsmerkmale kann nur zu einem geringen Teil über Karten und Pläne der jeweiligen Stadt erfolgen. Die meisten Merkmale müssen über eine „Vorort-Erhebung“ für das gesamte zu untersuchende Streckennetz erhoben werden. Dieses Verfahren ist sehr kosten- und personalintensiv. Zukünftig könnte nach RINDSFÜSER (1998) die automatisierte Erfassung von Typisierungsmerkmalen (z.B. unter Nutzung der ATKIS-Daten) eine preisgünstigere Alternative darstellen.

Bei der Typisierung von Verkehrsnetzen muß beachtet werden, daß für die „klassische Verkehrsentwicklungsplanung“, d.h. Berechnung von Verkehrsaufkommen, Verkehrsverteilung, Modal-Split und Verkehrsbelastungen für den Analyse-Fall (Ist-Zustand) und für Planfälle (Szenario-Fälle), nur ca. die Hälfte der in Tabelle 2 angegebenen Typisierungsmerkmale benötigt werden. Dies bedeutet, daß die zu erhebenden Typisierungsmerkmale für die Berechnung der Umweltwirkungen des Verkehrs auszuweiten sind und entstehende zusätzliche Kosten gegen den Nutzen der Abschätzung der Auswirkungen von geplanten Maßnahmen auf die Umwelt abgewogen werden. Leider führt diese Abwägung in vielen Gemeinden dazu, daß (noch) auf die Berechnung der Umweltwirkungen verzichtet wird.

Tab. 2: Typisierungsmerkmale zur Berechnung der Umweltwirkungen des Verkehrs

Typisierungsmerkmal	Umweltwirkung			
	Schadstoffemissionen	Lärm	Trennwirkung	Sicherheit
<b>Streckenbezogen</b>				
Niveau, Streckenführung	↙		↙	↙
Fahrtrichtungstrennung; Überquerungsmöglichkeit	↙	↙	↙	↙
Anschlußdichte				↙
Einschränkung des Verkehrsflusses				↙
Lage im Raum	↙			↙
Steigungsklassen		↙		↙
Kurvigkeit der Strecke				↙
Fahrspuren	↙	↙	↙	↙
Anlagen für den Radverkehr				↙
Öffentlicher Personennahverkehr	↙	↙		
Lärmschutzeinrichtungen	↙	↙		
Straßenoberfläche		↙		
Geschwindigkeitsbeschränkung	↙	↙		
Bebauung / Bauweise	↙	↙		
Abstand der Bebauung	↙	↙		
Flächennutzung	↙	↙	↙	
Naturschutz	(↙)		↙	
<b>Knotenbezogen</b>				
Niveau; Anschluß	↙		↙	↙
Betriebssystem; Vorfahrtregelung	↙	↙	↙	↙
Überwege	↙		↙	↙
Baulasträger	↙	↙		↙

## BEISPIELE FÜR EDV-PROGRAMME ZUR WIRKUNGSABSCHÄTZUNG

Zur Abschätzung der Wirkungen von verkehrlichen Maßnahmen auf die Umweltsituation müssen Verkehrskenngrößen und Umweltindikatoren zueinander in Beziehung gesetzt werden. Am Beispiel der Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen des MIV läßt sich dieses Vorgehen gut veranschaulichen.

Als Verkehrskenngröße wird hier die Verkehrsstärke (angegeben in Kfz pro 24 h) zum Umweltindikator CO<sub>2</sub>-Emissionen (in mg pro Kfz und m) in Beziehung gesetzt. Die sich so ergebenden relativen Emissionen müssen dann noch auf das gesamte zu untersuchende Verkehrsnetz und den Untersuchungszeitraum (z.B. ein Jahr) bezogen werden. Abb. 1 zeigt diesen Ablauf zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen des MIV.

Mit Hilfe des bereits oben angesprochenen „Handbuches für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs“ (INFRAS, 1995) ist es möglich, für jedes Bezugsjahr zwischen 1980 und 2010 für unterschiedliche Fahrzeugkategorien (Pkw, Lieferwagen, schwere Nutzfahrzeuge, Reisebusse, Linienbusse, Mofa und Motorrad) Emissionsfaktoren zu bestimmen. Diese Faktoren können für die Verkehrszusammensetzung des sogenannten „Basisfalles“, je Fahrzeugkonzept oder je Fahrzeugschicht berechnet werden. (Der Basisfall beinhaltet die Verkehrszusammensetzung, die vom UBA für das Bezugsjahr prognostiziert wird.) Die auf die Fahrzeugkonzepte bezogenen Emissionsfaktoren werden dabei beim Pkw im wesentlichen nach den folgenden vier Schadstoffminderungskonzepten unterschieden:

- ?? GKat,
- ?? unregelter Katalysator (UKat),
- ?? ohne Schadstoffminderung mit Ottomotor und
- ?? Dieselmotor.

Eine detaillierte Betrachtung, wie sie das Handbuch ermöglicht, z.B. die Unterscheidung je Fahrzeugschicht aufgrund der fahrzeugalterbedingten unterschiedlichen Minderungsgrade eines Minderungskonzeptes (z.B. beim GKat zwischen GKat<91, GKat\_1996ff, GKatvorEURO2 und GKat/EURO2) ist im allgemeinen auf gesamtstädtischer Ebene nicht erforderlich.

Die unterschiedlichen fahrzeugspezifischen Emissionsfaktoren erfordern also eine Aufschlüsselung der Verkehrszusammensetzung, wie sie in Abb. 1 dargestellt ist. Darüberhinaus muß die Berechnung für jede Strecke durchgeführt werden, da die Emissionsfaktoren für unterschiedliche Verkehrssituationen in Form von Streckentypen (z.B. Hauptverkehrsstraße mit Lichtsignalanlage und mittleren Störungen (IO\_LSA2) oder Innerortsstraßen im Stadtkern (IO\_Kern)) angegeben werden. Vereinfacht kann die Verkehrssituation dabei über die Geschwindigkeit abgebildet werden.

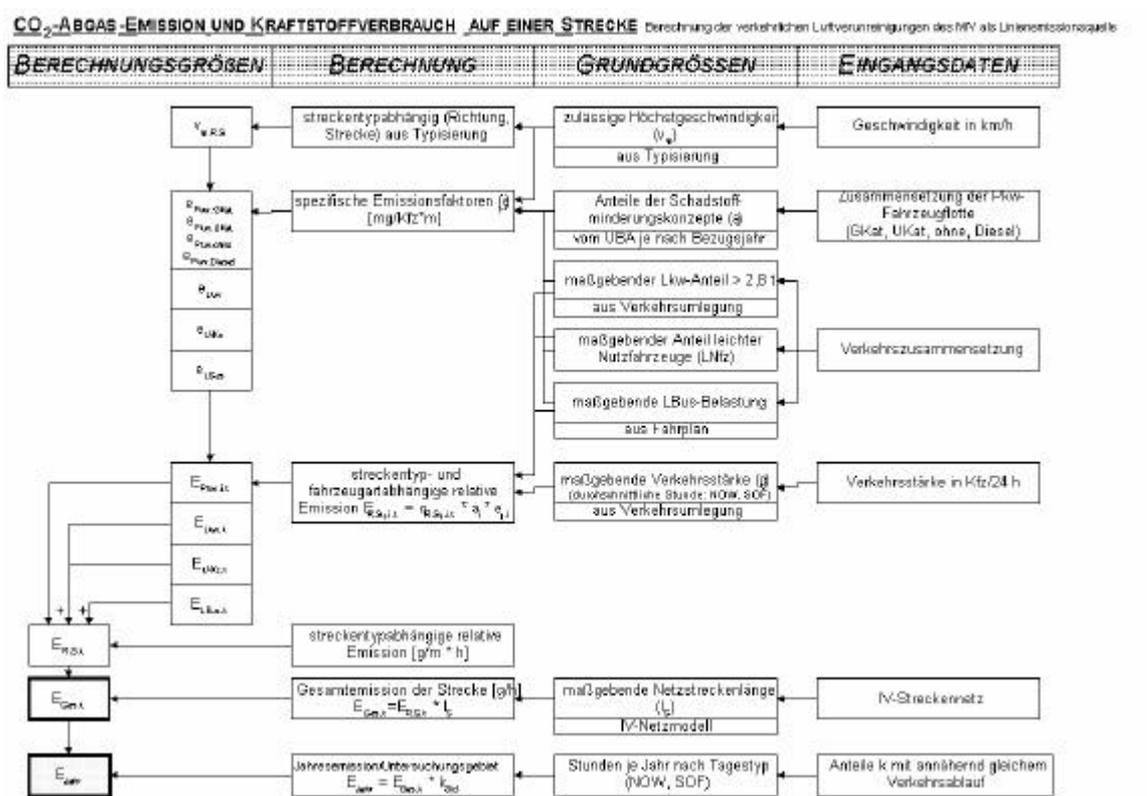


Abb.1 Ablaufschema zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen des MIV

Insbesondere die Notwendigkeit zur streckenbezogenen Emissionsberechnung erfordert den Einsatz der EDV. So müssen z.B. für die Stadt Braunschweig (ca. 245.000 Einwohner, 192 km<sup>2</sup> Stadtfläche) 2.330 Strecken (jeweils mit Hin- und Rückrichtung) berechnet werden. Abb. 2 zeigt beispielhaft die Bildschirmmaske eines vom Verfasser entwickelten EDV-Programms zur Berechnung der Schadstoffemissionen des Verkehrs. Die Berechnung kann wahlweise für eine einzelne Strecke oder für das gesamte Verkehrsnetz durchgeführt werden. Im letzteren Fall werden die benötigten Eingangsdaten aus einer vorhandenen Datei eingelesen.

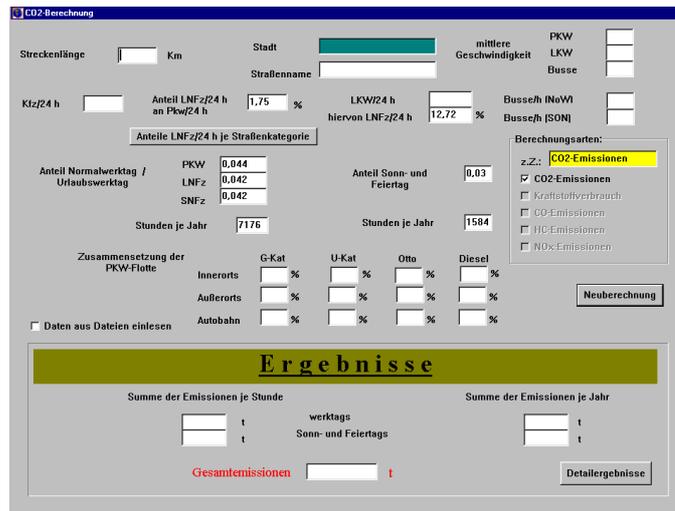


Abb. 2 Bildschirmmaske eines Programms zur Berechnung der Schadstoffemissionen des MIV

Der Anwender kann sich die Ergebnisse der Berechnung nach Fahrzeugarten differenziert anzeigen lassen, so daß eine detaillierte Betrachtung der Emissionen möglich ist (vgl. Abb. 3). Hierdurch wird gewährleistet, daß sich Veränderungen der Gesamtemissionen, die sich aufgrund von einzelnen Maßnahmen (z.B. Taktverdichtung im öffentlichen Personennahverkehr oder Umleitungen des Lkw-Verkehrs) ergeben, auch den entsprechenden Fahrzeugarten zuordnen lassen.

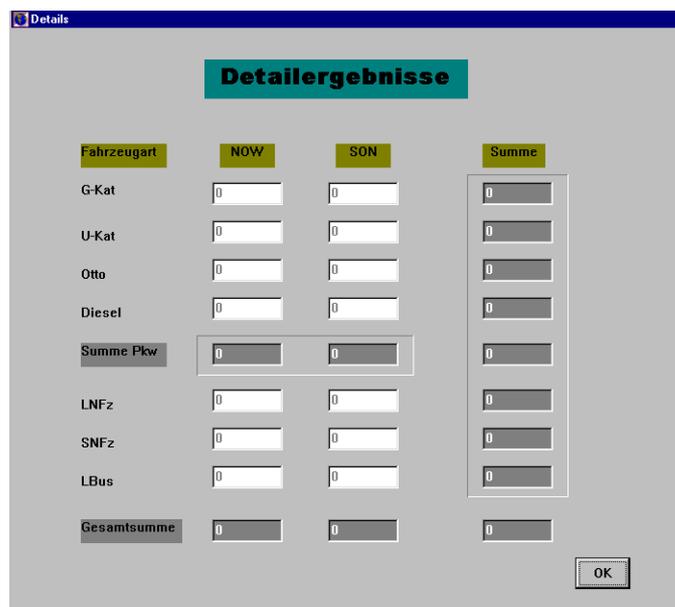


Abb. 3 Bildschirmmaske der fahrzeugartspezifischen Detailergebnisse des Programms zur Berechnung der Schadstoffemissionen des MIV

Ähnliche EDV-Programme liegen für die Berechnung der anderen Umweltwirkungen des Verkehrs vor. Durch entsprechende Umsetzungsprogramme ist es dann möglich, die Ergebnisse in entsprechende Datenformate umzuwandeln, um sie mit kommerziellen Programmen weiterverarbeiten zu können, damit ein räumlicher Bezug der Wirkungen hergestellt werden kann.

## BERECHNUNG DER UMWELTWIRKUNGEN IM RAHMEN VON VERKEHRSENTWICKLUNGSPLÄNEN

Mit Hilfe des oben beschriebenen EDV-Programmes lassen sich die Veränderungen der jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen des Kfz-Verkehrs für einzelne Fälle des Verkehrsentwicklungsplanes bestimmen. Abb. 4 zeigt beispielhaft die berechneten Veränderungen der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Kfz-Verkehrs für den Analysefall und drei Planfälle für die Stadt Braunschweig. Gegenüber dem Analysefall (1993) ergibt sich im günstigsten Planfall (P2, 2010) eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Kfz-Verkehrs um 2 %.

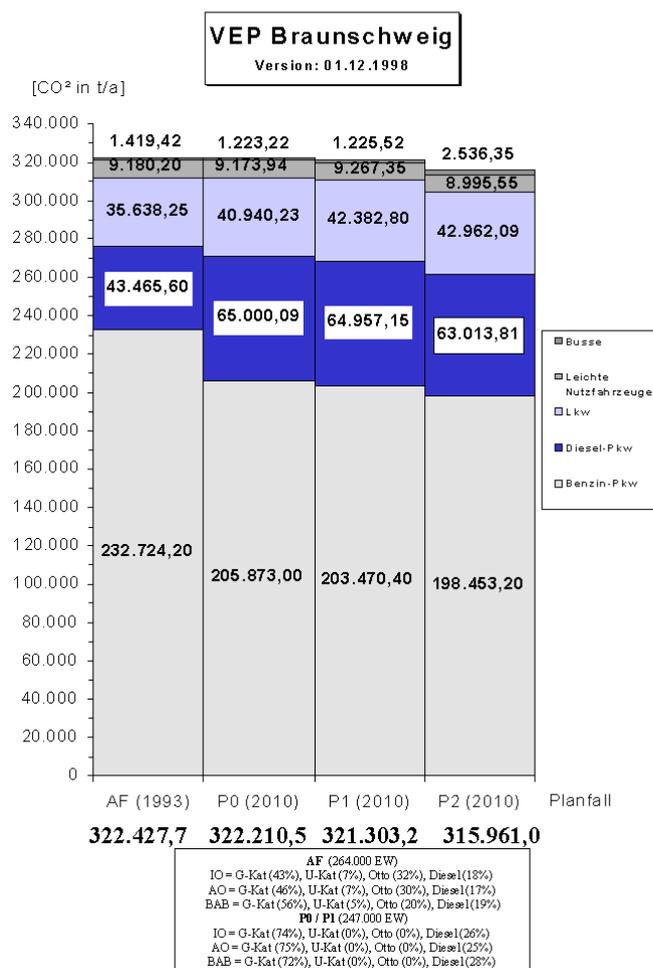


Abb. 4: Berechnete CO<sub>2</sub>-Emissionen des Kfz-Verkehrs in der Stadt Braunschweig für den Analysefall und unterschiedliche Planfälle. Mit Ausnahme der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist es für die Umweltwirkungen des Verkehrs notwendig, einen räumlichen Bezug herzustellen, damit ggf. Belastungsschwerpunkte im Stadtgebiet lokalisiert werden können. Abb. 5 zeigt beispielhaft die durch den Kfz-Verkehr verursachten Überschreitungen des Lärm-Immissionswertes von 65 dB(A) im Stadtgebiet von Braunschweig, die für den Planfall-2 prognostiziert wurden. Hierbei muß beachtet werden, daß die Überschreitungen des vorgegebenen Immissionswertes noch nicht zu evtl. betroffenen Nutzungen in Beziehung gesetzt wurde, d.h. es kann sein, daß im Einzelfall keine lärmempfindliche Nutzung an der Straße liegt.

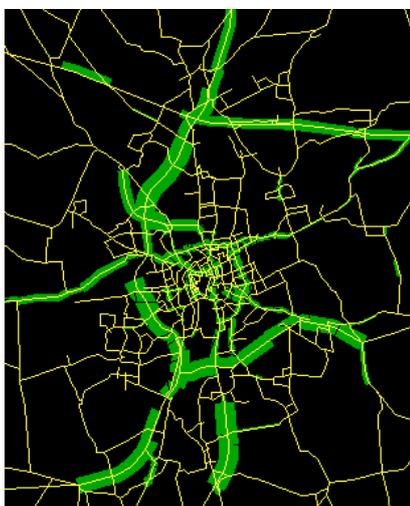


Abb. 5 Prognostizierte Überschreitungen des Lärm-Immissionswertes von 65 dB(A) im Stadtgebiet von Braunschweig (Planfall-2)

## BEISPIELE FÜR DIE WIRKSAMKEIT VON VERKEHRLICHEN MASSNAHMEN ZUR REDUKTION DER UMWELTWIRKUNGEN DES VERKEHRS

Als Beispiele für die Berechnung der Umweltwirkungen von verkehrlichen Maßnahmen und die räumliche Darstellungen ihrer Wirksamkeit können aus dem Maßnahmenbündel für den Planfall 2 des Verkehrsentwicklungsplanes Braunschweig folgende Maßnahmen angeführt werden:

1. Sperrung der Ebertallee (im Stadtteil Riddagshausen) für den Durchgangsverkehr
2. Sperrung der B1 (im Bereich Mastbruchsiedlung) für den Kfz-Verkehr

Die Abb. 6 und 7 zeigen die sich ergebenden Veränderungen für die Umweltbereiche Sicherheit und Lärmimmissionen. Bei der Maßnahme (1) werden Veränderungen der Sicherheitsklassen um bis zu vier Stufen (auf einer zehnstufigen Skala) erreicht. Die Lärmimmissionen reduzieren sich (im gesperrten Teil) um bis zu 8 dB(A). Die Maßnahme wäre also aus Umweltgesichtspunkten zu befürworten.

Bei der Maßnahme (2) kommt es im gesperrten Teilstück zwar zu Verbesserungen, jedoch führt die Maßnahme zu Verkehrsverlagerungen, die in den benachbarten Streckenabschnitten zu einer Verschlechterung der Umweltsituation führen. Bei den Sicherheitsklassen z.B. eine Verschlechterung um bis zu drei Klassen. Die Ursache hierfür liegt nach RUSKE et. al. (1979) im Auslastungsgrad der Strecke. Zwar nimmt bei einer sehr geringen Auslastung die Unfallschwere stark ab, die Unfallhäufigkeit jedoch zu. Da beide Elemente im Gefahrengrad berücksichtigt werden, kommt es zu einer Verschlechterung der Sicherheit auf dem betrachteten Streckenabschnitt. Bei den Lärmimmissionen kommt es im Nahbereich der Maßnahme zu Lärmreduktionen um bis zu 3 dB(A). Auf einer neu gebauten Umgehungsstraße, die gleichzeitig ein Gewerbegebiet erschließt, entstehen durch die Maßnahme (erstmalig) 53 dB(A). Hierdurch wird jedoch eine östlich der neuen Straße parallel verlaufende Straße (die jetzt als Sackgasse nur noch für den Anliegerverkehr befahrbar ist) massiv vom Verkehr entlastet, wodurch die Lärmimmissionen an dieser Straße um 11 dB(A) zurückgehen. Gleichzeitig führt dies zu einer Entlastung des sich südlich anschließenden Stadtteils Rautheim vom Durchgangsverkehr. Auch diese Maßnahme kann in Verbindung mit der neugebauten Straße aus Umweltgesichtspunkten also befürwortet werden.

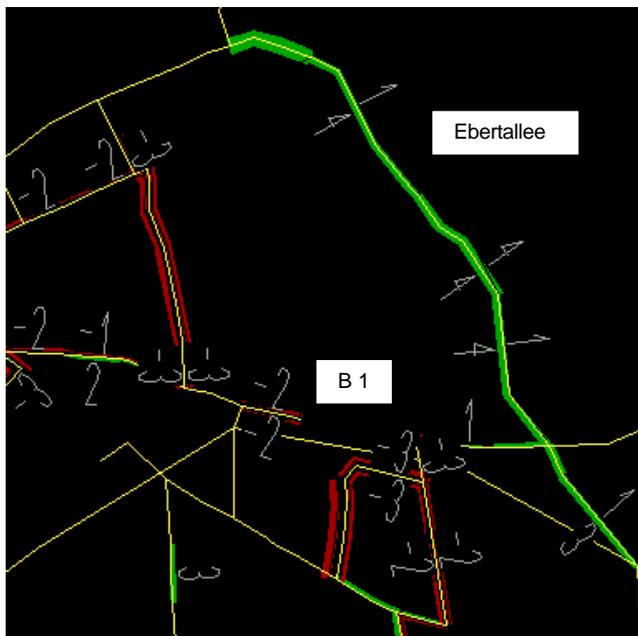


Abb. 6 Veränderungen der Verkehrssicherheitsklassen im Planfall-2 gegenüber dem Planfall-0 im Stadtteil Riddagshausen in Braunschweig

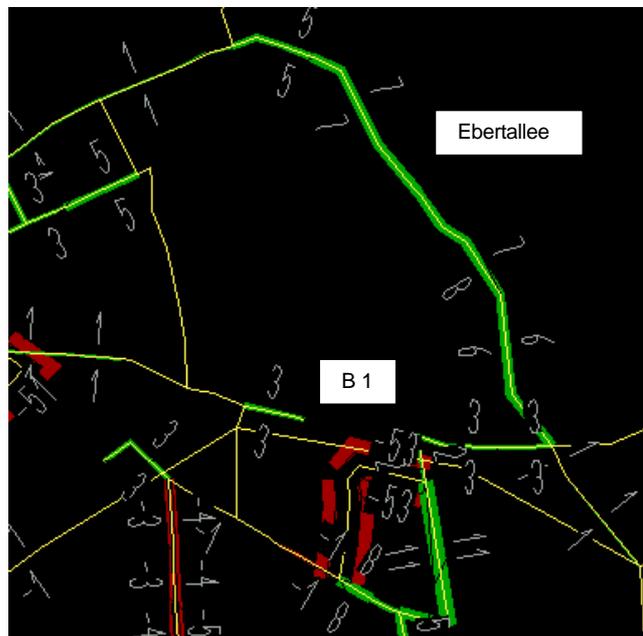


Abb. 7 Veränderungen der Lärmimmissionen (in dB(A)) im Planfall-2 gegenüber dem Planfall-0 im Stadtteil Riddagshausen in Braunschweig

## MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN DES EDV-EINSATZES ZUR ABSCHÄTZUNG DER UMWELTWIRKUNGEN DES VERKEHRS

Angesichts der Wirkungen des Verkehrs auf die Umwelt erscheint es dringend erforderlich, die durch verkehrliche Maßnahmen hervorgerufenen positiven oder negativen Umweltbeeinflussungen zu erfassen und einer Bewertung zugänglich zu machen. Lediglich bei den Emissionen der „klassischen“ Schadstoffe des

Verkehrs (CO, CH<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>) ist (bedingt durch veränderte Fahrzeugtechnik) eine Reduzierung der umweltpolitischen Bedeutung zu erkennen. Hier werden bereits beim Planfall 0 gegenüber dem Analysefall Schadstoffreduzierungen in einem Ausmaß erreicht, daß die Wirkung der einzelnen Planfallmaßnahmen eher unbedeutend erscheint. Bei den anderen oben erläuterten Umweltwirkungen kommt dem Verkehr eine zunehmende Bedeutung zu. Tendenzen wie beim Kohlendioxidausstoß oder dem Energieverbrauch, wo sich die Emissionsentwicklung aus dem Verkehrssektor conträr zur Entwicklung bei den übrigen Emittenten verhält, gilt es kritisch zu beobachten.

Die bisher praktizierte Vorgehensweise der Betrachtung der gesamtstädtischen Wirkungen, mit nachfolgender räumlich konkretisierter Analyse hat sich als sinnvoll erwiesen. Gleichzeitig wird aber auch deutlich, daß in vielen Fällen eine detailliertere Analyse (Detailanalyse) folgen muß.

Im Rahmen der Detailanalyse stoßen die Berechnungsverfahren aufgrund der Qualität der durch die Vorort-Erhebung gewonnenen Daten z.T. an ihre Grenzen. Mit der Nutzung von Geographischen Informationssystemen (GIS) zur Datenerhebung, z.B. die automatisierte Erfassung von Typisierungsmerkmalen unter Nutzung von ATKIS-Daten, deutet sich jedoch bereits ein Lösungsansatz für diese Grenzen der Berechnungsverfahren an. So werden beispielsweise in Niedersachsen vom Landesamt für Ökologie (NLÖ), im Rahmen der Erstellung von Schallminderungsplänen, bereits Daten (wie sie auch zur Lärm-Wirkungsberechnung benötigt werden) aus Luftbildern gewonnen.

Die EDV-gestützte Berechnung der Umweltwirkungen ermöglicht es, die Auswirkungen verkehrlicher Maßnahmen abzuschätzen und so Verschlechterungen der Umweltqualität entgegenzuwirken. Der Einsatz der EDV kann so zur Erhaltung der Umweltqualität beitragen, wodurch wieder ein Schritt hin zur „Sustainable Mobility“ geschafft ist.

## LITERATUR

- Brüll, A.; Gudehus, V.; Hölsken, D.; Ruske, W.  
„Umwelt/Flächennutzung/Verkehr Bewertungen in der städtischen Verkehrsplanung“, Heft 490 der Schriftenreihe  
„Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik“ des Bundesministers für Verkehr (Hrsg.), Bonn 1986
- Gudehus, V.  
„Ermittlung und Bewertung verkehrsbedingter Umweltwirkungen in Städten“, Heft 45 der Veröffentlichungen des  
Instituts für Stadtbauwesen, TU Braunschweig, 1988
- FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V.), Hrsg.:  
„Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen - Ausgabe 1990 - (RLS-90), Köln 1990
- INFRAS AG, Umweltbundesamt Berlin (Hrsg.)  
„Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs“, Version 1.1, Okt. 1995, Bern/Schweiz 1995
- Rindsfuser, G.  
„Automatisierte Typisierung von Verkehrsnetzen für die Verkehrsplanung aus Geobasisdaten“, Vortrag gehalten auf  
dem CORP98, Wien 1998, im Internet: <http://osiris.iemar.tuwien.ac.at/~corp/html/rindsfuesser.htm>
- RUSKE, W., Klein, N.; Weigel, M.; Kotalis, A.  
„Verkehrssicherheit in der Generalverkehrsplanung“, Heft 22 der Schriftenreihe „Unfall- und Sicherheitsforschung  
Straßenverkehr“ des Bundesministers für Verkehr, Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.), Köln 1979
- RUSKE, W.; Drücker, H.  
„Bewertung von Personenverkehrssystemen –Auswirkungen aus Angebots- und Nachfrageänderungen im  
personenverkehr-“, Untersuchungsbericht i.A. der Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT) und des  
Bundesministers für Forschung und Technologie (BMFT), (unveröffentlicht), Institut für Stadtbauwesen, TU  
Braunschweig, Braunschweig 1987
- Statistisches Bundesamt  
„Basisdaten - Statistische Grundzahlen zum Bereich Verkehr“, Wiesbaden 1998, Im Internet: <http://www.statistik-bund.de/basis/d/verk/verktab3.htm>
- Schröter, F.  
„Umweltwirkungen des Verkehrs“, Braunschweig 1998, Im Internet: <http://www.tu-bs.de/~schroete/verkehr.htm>
- UBA (Umweltbundesamt) „Was Sie schon immer über Auto und Umwelt wissen wollten“, Umweltbundesamt (Hrsg.), 4. verbesserte  
Auflage 1987
- UBA (Umweltbundesamt); Statistisches Bundesamt (Hrsg.)  
„Umweltdaten Deutschland 1998“, Berlin 1998

