
Institut für Verkehrswesen

POTENZIALE ZUR EFFIZIENZSTEIGERUNG VON AUTOBAHNEN
EINE VOLKSWIRTSCHAFTLICHE KOSTEN-NUTZEN-ANALYSE VERKEHRSORGANISATORISCHER
MASSNAHMEN OHNE AUSBAU DER BESTEHENDEN INFRASTRUKTUR



Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades an der Universität für
Bodenkultur in Wien, eingereicht im Oktober 2002 von

Ing. Dipl.-Ing. Roman Klementsitz

ZUSAMMENFASSUNG

Zur Überprüfung der Hypothese, dass durch Umsetzung von verkehrsorganisatorischen Maßnahmen im Vergleich zum Ist-Zustand Effizienzsteigerung im Verkehrsablauf auf Autobahnen möglich sind, wurde eine volkswirtschaftliche Kosten-Nutzen-Analyse durchgeführt. Die untersuchten verkehrsorganisatorischen Maßnahmen gliedern sich in:

- (1) Maßnahmen zur **Harmonisierung des Verkehrsablaufs**, das sind die beiden verkehrsorganisatorischen Maßnahmen Tempolimit und Fahrstreifenbenutzungspflicht für Lkw.
- (2) **Ausweitung der vorhandenen Kapazität** durch Mitbenutzung des Pannestreifens als Fahrstreifen.
- (3) **Einrichtung eines Sonderfahrstreifens**, darunter fallen die verkehrsorganisatorischen Maßnahmen Sonderfahrstreifen für mehrfach besetzte Pkw; Bus-Fahrstreifen; bewirtschafteter Sonderfahrstreifen; Sonderfahrstreifen für mehrfach besetzte Pkw oder mit Fahrstreifenbewirtschaftung.

Ausgehend von einer Literaturrecherche zu den Wirkungen der einzelnen verkehrsorganisatorischen Maßnahmen, den Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen des Verkehrsablaufs auf den Fahrstreifen und den Ansätzen zur Monetarisierung der einzelnen Mengen wurde ein Verkehrsmengengerüst, ein Wirkungsmengengerüst und ein Wertgerüst entwickelt. Fehlende Ursache-Wirkungszusammenhänge wurden selbst aus beobachteten Werten abgeleitet. Das in dieser Arbeit entwickelte Modell EMA (Entscheidungshilfen für verkehrsorganisatorische Maßnahmen für Autobahnen) berücksichtigt das Infrastrukturangebot, die Verkehrsnachfrage und die Rahmenbedingungen der einzelnen verkehrsorganisatorischen Maßnahmen. Basierend auf den eingegebenen Werten werden die volkswirtschaftlichen Kosten - bestehend aus Unfallkosten, Umweltkosten, Fahrzeugbenutzerkosten (fixe, variable Kosten inkl. Zeitkosten), sowie die zu erwartenden maßnahmenbezogenen zusätzlichen Infrastrukturkosten - ermittelt.

Das Ergebnis zeigt, dass eine Absenkung des Tempolimits auf 100 km/h auf Autobahnen in Österreich die volkswirtschaftlichen Kosten verringert. Wenn die Verkehrsstärke an einem Abschnitt eine durchschnittliche Tagesverkehrsstärke von 20.000 Kfz/24h erreicht, ist die Einrichtung eines Sonderfahrstreifens für mehrfach besetzte Pkw mit einer Mindestinsassenanzahl von 2 Personen aus volkswirtschaftlichen Kostengründen überlegenswert. Auf zweistreifigen Richtungsfahrbahnen in Kombination mit einer Fahrstreifenbewirtschaftung, die es erlaubt, auch Solo-Lenkern gegen eine Mautgebühr den Sonderfahrstreifen zu benützen. Auf dreistreifigen Richtungsfahrbahnen reicht ein Sonderfahrstreifen nur für mehrfach besetzte Pkw aus. Die Einrichtung eines Bus-Fahrstreifens auf Autobahnen ist in Österreich nur in Sonderfällen überlegenswert. Ein Anwendungsfall ist zum Beispiel eine Stadtautobahn vor einer Verflechtungsstrecke bei Verkehrsstärken, die die maximale Fahrzeugkapazität dieser Verflechtungsstrecke erreichen.

Die verkehrsorganisatorischen Maßnahmen Fahrstreifenbenutzungspflicht für Lkw und bewirtschafteter Sonderfahrstreifen senken die volkswirtschaftlichen Kosten nicht, die Mitbenutzung des Pannestreifens als Fahrstreifen nur dann, wenn die maximale Fahrzeugkapazität im Ist-Zustand überschritten wird.

ABSTRACT

The idea of this research work is to prove the hypothesis, that an implementation of traffic-management measures will increase the efficiency of highways, by using a cost-benefit-analysis of total economic costs. The following measures were analysed:

- (1) Measures **harmonizing the traffic-flow**, such as general speed-limit and enforcing the obligatory use of the right lane for lorries.
- (2) **Increasing the existing capacity** by using the emergency lane as traffic lane.
- (3) **Creating an exclusive lane** such as a traffic lane for high occupancy person-cars, a bus-lane, a toll-lane and a traffic lane for high occupancy person-cars in combination with a toll lane (hot-lane).

The cost benefit-analysis was based on a literature study identifying

- ❖ the impact of each traffic-management measure investigated,
- ❖ the context of impact in the calculation of effects of the traffic flow on highways in general and
- ❖ the combination of outputs expressed in total economic costs.

Missing links of the cause and effect chain were substituted by the analysis of existing recorded data. For this research work a model called EMA, *Entscheidungshilfen für verkehrsorganisatorische Maßnahmen für Autobahnen* (supporting model for investigating traffic-management measures on highways) was developed considering

- ❖ the infrastructure supply,
- ❖ the traffic demand and
- ❖ variables describing the traffic-management measures.

Based on these input data the total economic costs for each measure were determined including costs for

- ❖ car-accidents,
- ❖ environmental damages due to pollution,
- ❖ vehicle drivers (fixed and variable costs inclusive travel time) and
- ❖ infrastructure-investments and additional maintenance caused by the measure.

The result shows that a maximum speed limit of 100 km/h is able to decrease the total economic costs. If the traffic demand exceeds a value of 20,000 vehicles per day on yearly average, the implementation of an exclusive lane for high occupancy person cars (minimum of 2 passengers per car) is worthwhile to consider. On highways with two lanes per direction a combination with a toll lane is recommended (hot-lane). This allows also solo-drivers to use this exclusive lane by paying the toll. On highways with three lanes per direction an exclusive lane for high occupancy person-cars only is sufficient. Bus-lanes on Austrian highways are worthwhile to consider as alternative in some specific cases only. A possible scenario for bus-lanes is an urban highway followed by a bottleneck at the end, if the demand of vehicles meets the maximum vehicle-capacity of this bottleneck.

Enforcing the obligatory use of the right lane for lorries and toll-lanes do not decrease the total economic costs. Using the emergency lane as traffic lane decreases the total economic costs, if the demand exceeds the maximum vehicle-capacity of the existing infrastructure supply.

1 EINLEITUNG

1.1 Problemstellung

Die Zunahme der Verkehrsleistung - ausgedrückt in Personenkilometern und Tonnenkilometern pro Jahr - auf beiden Verkehrsträgern, Straße und Schiene, in den vergangenen Jahrzehnten in Österreich [BM FÜR ÖFFENTLICHE WIRTSCHAFT UND VERKEHR 1991, S. 63 und S. 85] führt fortschreitend zu immer größeren Kapazitätsproblemen der heimischen Infrastruktur. Auch aktuelle Prognosen gehen im Plannullfall ohne steuernde Eingriffe, aber auch in Szenarien, die bereits ein Entgegensteuern beinhalten (z.B. ein Szenario „faire und effiziente Preise im Verkehr“¹), weiterhin von einem signifikanten Wachstum der Verkehrsleistung aus (siehe Abbildung 1-1). Wesentliche Ursachen dafür sind:

- ❖ abnehmende interne Kosten zur Raumüberwindung für das einzelne Individuum (z.B. anschaulich am Brutto-Treibstoffpreis [KASTBERGER et al. 1997, S. 38]),
- ❖ zunehmende Motorisierung der Bevölkerung (Zunahme von 443 Pkw/1000 Einwohner im Jahr 1995 auf 650 Pkw/1000 Einwohner im Jahr 2020, bei einer prognostizierten Sättigungsmenge von 750 Pkw/1000 Einwohner [PISCHINGER et al. 1997, S. 44],
- ❖ zunehmende spezifische Jahresfahrleistung der Pkw von 12.200 km pro Pkw und Jahr im Jahr 1995 auf prognostizierte 13.800 km pro Pkw und Jahr im Jahr 2020 [PISCHINGER et al. 1997, S. 44],
- ❖ Ausweitung der Infrastruktur, wo dies technisch und budgetär realisierbar ist (z. B. Pyhrnautobahn (A9) Windischgarsten - Kirchdorf, Semmering Schnellstraße (S6) Maria Schutz - Mürzzuschlag, Burgenland Schnellstraße (S31) Weppersdorf - Oberpullendorf [BM FÜR WISSENSCHAFT UND VERKEHR 1998, S. 8]),
- ❖ Entstehung von großflächigen Dienstleistungs- und Produktionseinheiten außerhalb der Siedlungskerne (Einkaufs- und Freizeitzentren, Gewerbe- und Industriezonen) bei gleichzeitig fortschreitender räumlicher Entmischung der Funktionen Wohnen, Arbeiten und Freizeit,
- ❖ abnehmende Siedlungsdichte der Wohngebiete (Suburbanisierung und Zersiedelung),
- ❖ zunehmende Vernetzung transnationaler Wirtschaftsräume (Europäischer Wirtschaftsraum) und
- ❖ eine rasante technologische Weiterentwicklung aller Fahrzeuggruppen in Bezug auf Fahrkomfort, Energieverbrauch und Motorleistung.

Am sichtbarsten werden die Kapazitätsengpässe auf der Straße - obwohl nicht ausschließlich auf diese beschränkt - und hier im speziellen auf Autobahnen. Abgesehen von saisonalen Problemen in einigen Regionen in Österreich sind davon besonders die großen Ballungsräume im Osten des Landes und die wichtigen

¹ Dem im Masterplan 2015 [BM FÜR WISSENSCHAFT UND VERKEHR 1998] aufgenommenen Grünbuchszenario "faire und effiziente Preise im Verkehr" [EUROPÄISCHE KOMMISSION 1995] liegt zugrunde, dass entsprechend dem gleichnamigen Grünbuch der Europäischen Union jeder Verkehrsträger die von ihm verursachten Kosten (vor allem Stau, Unfallfolgen und Umweltbelastungen) selbst tragen muss.

Korridore betroffen. Die Zunahme der negativen Auswirkungen (Kosten) auf die Volkswirtschaft sind Ausdruck von Ineffizienzen des Gesamtsystems "Verkehr".

Eine zusätzliche Problematik beruht auf dem Faktum, dass die negativen Effekte, hervorgerufen durch diese Ineffizienzen, nicht ausschließlich die Verursacher tragen. Somit werden diese bei der Nutzenallokation der Infrastrukturbenützer nicht zur Gänze als Eingangsgröße berücksichtigt. Daraus lässt sich ableiten, dass auf diesem Gebiet ein Handlungsbedarf aus verkehrspolitischer Sicht besteht.

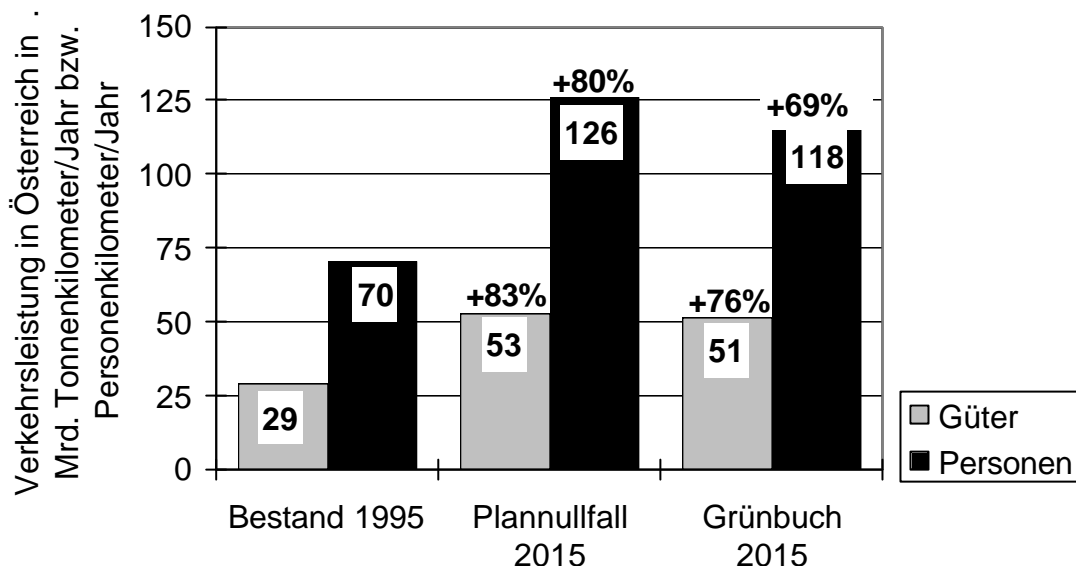


Abbildung 1-1: Prognose der Personenverkehrsleistung und Güterverkehrsleistung für Österreich auf Schiene und Straße bis 2015 (in Mrd. Personenkilometer/Jahr bzw. Mrd. Tonnenkilometer/Jahr, Prozentwerte bezogen auf 1995 [BM FÜR WISSENSCHAFT UND VERKEHR 1998, S. 4])

Der Handlungsspielraum zur Einflussnahme auf die prognostizierte Entwicklung ist mannigfaltig. Nicht alle Ansätze sind politisch durchsetzbar, sei es aufgrund von Budgetrestriktionen oder wegen großer Widerstände in der Bevölkerung. Es gilt Wege zu finden, die einerseits volkswirtschaftlich als effektiv anzusehen sind und andererseits dem gegenwärtigen Mobilitätsanspruch gerecht werden.

1.2 Ziel der vorliegenden Arbeit

Der Handlungsspielraum für eine mögliche zukünftige Entwicklung einer mobilen Gesellschaft soll prinzipiell aufgezeigt und kurz diskutiert werden. Im Detail befasst sich diese Arbeit mit Möglichkeiten, das Straßeninfrastrukturangebot - im speziellen das hochrangige Autobahnnetz - durch effizientere Ausnutzung des vorhandenen Angebots weiterzuentwickeln. Dabei sind Lösungen zu finden, die eine Erweiterung der Infrastruktur durch Bau von neuen Straßenverbindungen oder Erhöhung der Fahrstreifenanzahl durch Zubau ausschließen. Es sollen vielmehr verkehrsorganisatorische Maßnahmen entworfen werden, die, ausgehend vom Bestand, dazu geeignet sind, die volkswirtschaftlichen Kosten relativ zum Ist-Zustand zu senken. Es soll die Hypothese geprüft werden, ob eine solche Steigerung der Effizienz des Systems Autobahnen möglich ist.

1.3 Untersuchungsmethode und Ablauf

Methode

Zur Beantwortung der komplexen Fragestellung wird eine computerunterstützte Methode gewählt, welche die volkswirtschaftlichen Kosten und Nutzen der einzelnen Nutzungsvarianten einander gegenüberstellt und somit eine Reihung der Varianten je nach Rahmenbedingung und Nachfragemenge ermöglicht.

Ablauf

Der Ablauf ist in Abbildung 1-2 dargestellt. Ausgehend von einer Literaturrecherche, die den aktuellen Stand der Forschung und Praxis auf diesem Gebiet ermittelt, werden verkehrsorganisatorische Maßnahmen entworfen. Außerdem werden die Grundlagen in der Verkehrstechnik und die Ursache - Wirkungszusammenhänge auf dem Gebiet der Verkehrssicherheit, der Umweltauswirkungen, den Fahrzeugbenutzerkosten, den Infrastrukturkosten und der Verkehrsnachfrage erhoben. Die monetäre Bewertung der volkswirtschaftlichen Nutzen und Kosten werden zusammengefasst. Es wird die angewandte Methode der Kosten - Nutzen - Analyse, deren Vor- und Nachteile sowie Einschränkungen ihrer Aussagekraft dargestellt. Die durch Abgrenzung des Untersuchungsrahmens nicht berücksichtigten Handlungsspielräume werden dargelegt. Es werden die endgültigen verkehrsorganisatorischen Maßnahmen definiert, die zur genaueren Untersuchung im weiteren Verlauf der Arbeit herangezogen werden. Die Systemelemente und das Zielsystem zur Beschreibung der Ursache - Wirkungszusammenhänge werden definiert. Die mathematischen Beziehungen dieser Korrelationen werden dem aktuellen Wissensstand aus der Literaturrecherche entnommen und fehlende Zusammenhänge selbst ermittelt bzw. abgeschätzt. Die Ursache - Wirkungszusammenhänge des Mengengerüsts und deren monetäre Bewertungen (Wertgerüst) werden so aufbereitet, dass diese in ein EDV-Modell umgesetzt werden können. Die Anwendung eines computerunterstützten Bewertungsverfahrens empfiehlt sich aufgrund der zu erwartenden Komplexität der Fragestellung und der großen Kombinationsmöglichkeit der Eingangsparameter. Das für die Fragestellung auf EXCEL für WINDOWS entwickelte Modell EMA (**E**ntscheidungshilfen für verkehrsorganisatorische **M**aßnahmen für **A**utobahnen) wird beschrieben. Die Bandbreiten der manuell einstellbaren Parameter sowie die Eingabe- und Ausgabemaske werden dargestellt.

Als Ergebnis werden die einzelnen verkehrsorganisatorischen Maßnahmen nach den volkswirtschaftlichen Kosten gereiht und dem Ist-Zustand gegenübergestellt. Dies geschieht für verschiedene Kombinationen der Eingangsgrößen, die repräsentativ für österreichische Verhältnisse ausgewählt werden bzw. Extremwerte oder Schwellenwerte darstellen. Die Ergebnisse werden bezüglich ihrer Genauigkeit unter Anwendung der Sensitivitätsanalyse untersucht und der Fehler, hervorgerufen durch die Varianzen der Eingangsgrößen wird abgeschätzt.

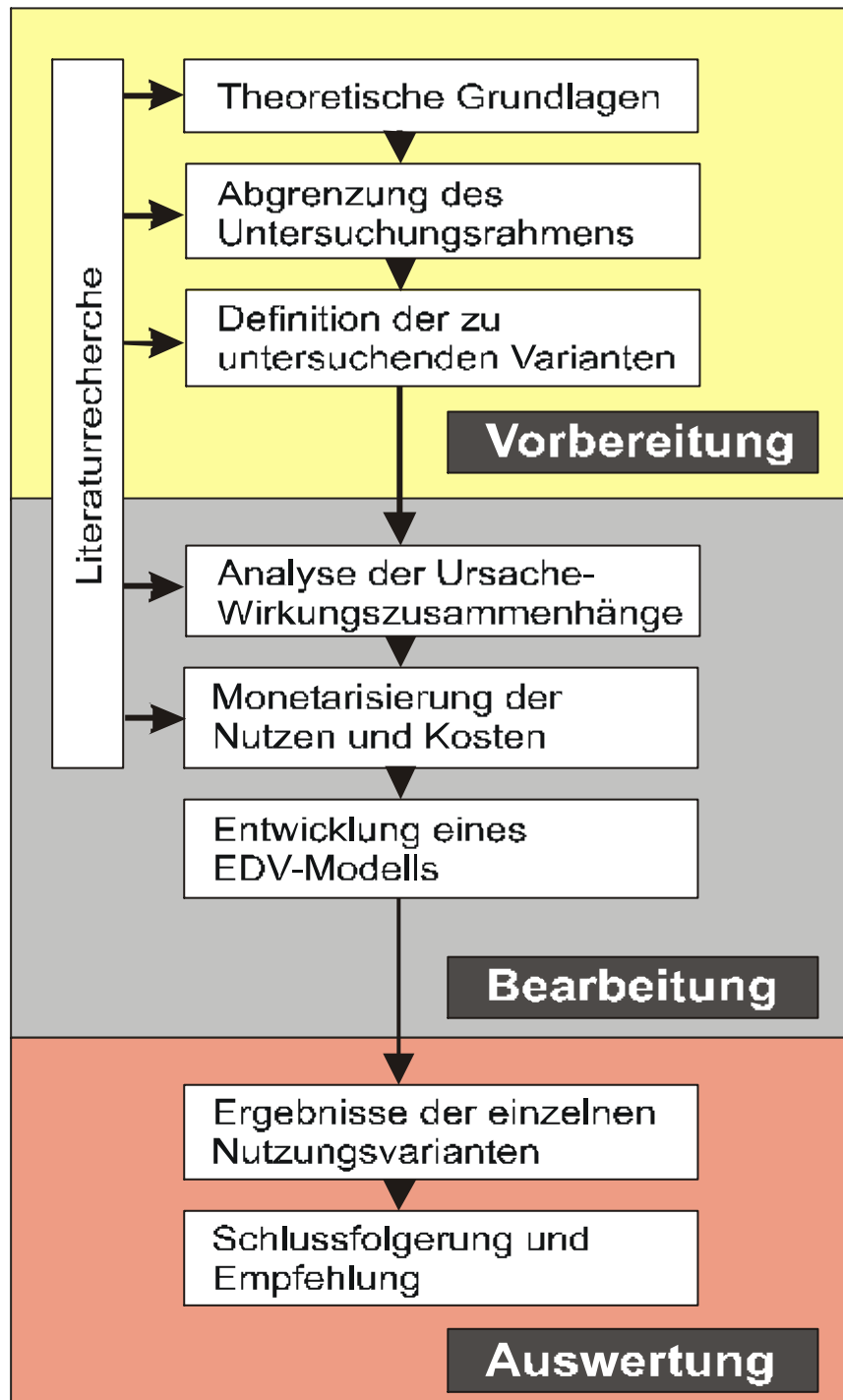


Abbildung 1-2: Untersuchungsablauf

2 ENTWICKLUNG EINER ARBEITSHYPOTHESE UND ABGRENZUNG DES UNTERSUCHUNGSRAHMENS

In diesem Kapitel soll ausgehend vom Ziel der Erhöhung der Effizienz im Verkehrssystem eine Arbeitshypothese für die einzelnen verkehrsorganisatorischen Maßnahmen entwickelt werden. Es wird eine Abgrenzung des Untersuchungsrahmens vorgenommen, die nicht berücksichtigten Handlungsspielräume werden dargestellt.

2.1 Zum Begriff der Effizienz in Verkehrssystemen

Auseinandergelung Meinungen und Antworten zu der prinzipiellen Fragestellung: „Wann ist ein Verkehrssystem als effizient zu bezeichnen?“ führen zu dem Schluss, dass die Bezeichnung Effizienz an sich von verschiedenen Gesichtspunkten aus gesehen wird. Effizienz im eigentlichen Sinne ist jedoch nicht teilbar und wird in Nachschlagewerken (hier exemplarisch dem Bertelsmann-Lexikon entnommen) wie folgt definiert: *„Allgemeine Wirksamkeit und Grad der Eignung (Beziehung zwischen Kosten und Nutzen) von Handlungen im Hinblick auf vorgegebene Ziele. Eine Handlungsweise ist im eigentlichen Sinne effizient, wenn bei gleichem Mitteleinsatz der Grad der Zielerreichung nicht mehr erhöht werden oder bei mehreren Zielen ein Ziel nur zu Lasten eines anderen Ziels besser erreicht werden kann.“* [BERTELSMANN 1985, S. 151]. Dies lässt den Umkehrschluss zu, dass bei gleichem Grad der Zielerreichung (im Falle eines vorgegebenen Zieles) der Mitteleinsatz ein Minimum sein muss.

In der Ökonomie entspricht Effizienz dem Zustand des Pareto-Optimums, in dem der gesellschaftliche Wohlstand bei gegebener Technologie nicht mehr erhöht werden kann. Es ist nicht möglich, eine Veränderung durchzuführen, die zumindest einem Individuum einen höheren Nutzen bietet, ohne die Kosten für ein anderes Individuum stärker zu erhöhen als der zusätzlich erzielte Nutzen [WINK 1995, S. 55]. Kruse unterscheidet in allokativen, technischen und qualitativen Effizienz [KRUSE 1985, S. 70]:

- (1) Die **allokative Effizienz** besteht bei der Erfüllung der Grenzkosten-Preis-Regel. Das heißt, dass der Anbieter genau jene Menge an Verkehrsinfrastruktur produziert, bis zu der das Entgelt für ein zusätzliches Angebot die Kosten dieses zusätzlichen Angebots gerade noch übersteigt. In den Kosten zur Bereitstellung eines zusätzlichen Angebots muss auch die Abgeltung der negativen externen Effekte beinhaltet sein.
- (2) Die **qualitative Effizienz** ist bei optimaler Anpassung des Angebots an die Präferenzen der Nutzer gegeben. Abweichungen zur allokativen Effizienz ergeben sich durch Eigenschaften der angebotenen Verkehrsinfrastruktur, die über oder unter den Anforderungen der Nutzer verbleiben (z.B. komfortable Fahrstreifenbreiten). Zu Abweichungen von der qualitativen Effizienz kommt es, wenn die individuellen Präferenzen der Nachfrager innerhalb des Bereitstellungsprozesses wenig oder gar nicht zum Ausdruck kommen.
- (3) Zusätzlich muss die **technische Effizienz** gegeben sein, also die kostenminimale Produktion der gewünschten Menge an Verkehrsinfrastruktur.

Die gesamtökonomische Effizienz bedeutet somit *„die kostenminimale Erstellung der richtigen Produktqualitäten und –mengen und ihr Angebot zu den richtigen Preisen“*

[KRUSE 1985, S. 70]. Diese Effizienz ist aufgrund zahlreicher sich widersprechender oder nicht erfüllbarer Randbedingungen (vollkommene Information der Akteure, geschlossene Volkswirtschaften, vollkommene Konkurrenz, Zwang zu irreversiblen Entscheidungen, Internalisierung aller externer Kosten) nur als theoretisches Optimum anzusehen, jedoch als Beurteilungsmaßstab anwendbar.

2.2 Arbeitshypothese zur Erhöhung der Effizienz von Autobahnen

Ausgehend von den Überlegungen in Kapitel 2.1 kann die Effizienz also gesteigert werden, wenn die Produktqualität oder Menge mit geringeren Kosten erstellt wird oder bei gleichen Kosten die Produktqualität (oder Menge) erhöht wird. Bei Autobahnen können die Unfallkosten, Umweltkosten, Fahrzeugbenutzerkosten und die Infrastrukturkosten verringert werden. Die zu untersuchenden Handlungsspielräume lassen sich in drei Kategorien unterteilen:

- (1) Maßnahmen zur Harmonisierung des Verkehrsablaufs,
- (2) Ausweitung der Kapazität durch Mitbenutzung des Pannestreifens und
- (3) Einrichtung eines Sonderfahrstreifens für spezielle Gruppen von Verkehrsteilnehmern.

Tabelle 2-1 zeigt Hypothesen zur Anhebung der Effizienz des Verkehrssystems Autobahn. Die Tabelle stellt jene Kostensektoren dar, bei denen eine Verringerung der Kosten erwartet wird. Die dargestellten verkehrsorganisatorischen Maßnahmen wirken systembedingt auch auf die anderen Kostenarten (erhöhend oder verringend), die bei der Gesamtbewertung berücksichtigt werden.

Neben den in Tabelle 2-1 dargestellten verkehrsorganisatorischen Maßnahmen gibt es weitere Maßnahmen, die jedoch sachlich außerhalb des Untersuchungsrahmens dieser Arbeit stehen und nicht näher betrachtet werden. Es sind dies z. B.:

- (1) Maßnahmen zur Förderung der Verwendung von Verkehrsmitteln, die geringere volkswirtschaftliche Kosten (intern und /oder extern) verursachen. Dies kann einerseits die Weiter- oder Neuentwicklung der eingesetzten Fahrzeuge oder ein Wechsel auf andere Fahrzeuge und /oder Verkehrsträger (z. B. Schiene, Wasser) sein.
- (2) Strategien zur Verkehrsverminderung ohne Nutzenverlust der Verkehrsteilnehmer (Substituierung von Wegen durch Telearbeit und Telekommunikation, raumordnerische Maßnahmen zur Reduzierung der Weglängen).
- (3) Attraktivierung des Angebots im öffentlichen Verkehr, zur Unterstützung von Punkt (1).
- (4) Logistische Maßnahmen zur Effizienzsteigerung im Verkehr (z. B. Verkehrslenkung durch Parkleitsysteme, Aufbau einer Infrastruktur für Car-Pooling und Car-Sharing).
- (5) Sonstige ordnungs- oder preispolitische Maßnahmen (z. B. Nacht- und Lkw-Fahrverbote, Gewichtsbeschränkungen, generelles Road-Pricing, verstärkte Verkehrsüberwachung, Sozialgesetzgebung für Berufsfahrer).

Tabelle 2-1: Hypothesen zur Effizienzanehebung des Verkehrssystems Autobahn

Maßnahme	Unfallkosten	Umweltkosten	Fahrzeugbenützerkosten	Infrastrukturkosten
Maßnahmen zur Harmonisierung des Verkehrsablaufs				
Fahrfstreifenbenützungspflicht für Lkw	ja			
Tempolimit	ja	ja		
Ausweitung der vorhandenen Kapazität				
Mitbenutzung des Pannestreifens			ja	
Einrichtung eines Sonderfahrstreifens				
Fahrfstreifen für mehrfach besetzte Pkw		ja	ja	
Bus-Fahrfstreifen		ja	ja	
bewirtschafteter Sonderfahrstreifen			ja	
Fahrfstreifen für mehrfach besetzte Pkw oder mit FS-Bewirtschaftung		ja	ja	

2.3 Systemabgrenzung

Jede volkswirtschaftliche Kosten-Nutzen-Analyse bedarf einer klar definierten Abgrenzung des Untersuchungsrahmens. Innerhalb dieser Grenzen werden die relevanten Ursache - Wirkungszusammenhänge abgebildet. Es ist zwischen sachlicher, räumlicher, und zeitlicher Abgrenzung zu unterscheiden:

(1) sachliche Abgrenzung – Infrastrukturangebot

Sachlich wird die Untersuchung auf Autobahnen eingegrenzt, die gemäß den RVS errichtet wurden, es sind alle möglichen Projektierungsparameter miteinzubeziehen.

(2) sachliche Abgrenzung – Verkehrsnachfrage

Das entwickelte Modell ist auf Nachfragemengen von zumindest 1000 Pkw-E/24h beschränkt und bildet alle Nachfragemengen darüber hinaus bis zur maximalen Kapazität ab. Eine Verkehrsstärke von 1000 Pkw-E/24h bedeutet eine minimale Verkehrsstärke von etwa 5 Pkw-E/h in den Nachtstunden. Auf eine volkswirtschaftliche Kosten-Nutzen-Analyse der einzelnen verkehrsorganisatorischen Maßnahmen für kleinere Verkehrsstärken wird aus zwei Gründen nicht näher eingegangen: Einerseits werden in Österreich nur dann Autobahnen errichtet, wenn eine gewisse Nachfragemenge erreicht wird, und andererseits ist eine nähere Betrachtung der verkehrsorganisatorischen Maßnahmen erst bei zunehmender Verknappung des Gutes „Autobahn“ angebracht.

(3) räumliche Abgrenzung

Die Kosten-Nutzen-Analyse wird in der Regel auf die untersuchten Abschnitte der Autobahn begrenzt. Parallele Infrastrukturen (das sonstige Straßennetz und andere Verkehrsträger) werden in der Untersuchung nur dann einbezogen, wenn eine

verkehrsorganisatorische Maßnahme eine Verkehrsverlagerungen von der Autobahn zu diesen Alternativen verursacht. Die durchschnittlichen Kosten (und Nutzen) für jene Verkehrsteilnehmer, die diese Alternative benützen, werden in diesen Fällen berücksichtigt. Die volkswirtschaftlichen Kosten bei der Ergebnisdarstellung beziehen sich auf einen Autobahnkilometer. Wegabschnitte vor und nach der Benützung der Autobahnen werden nicht miteingerechnet. Die Kosten-Nutzen-Analyse und das Ergebnis bezieht sich auf Verhältnisse für österreichische Autobahnen.

(4) zeitliche Abgrenzung

Die Ergebnisse können für jedes der Jahre 1998 bis 2010 als Bezugsjahr hochgerechnet werden. Nachfrageänderungen aufgrund der verkehrsorganisatorischen Maßnahmen werden direkt abgebildet, wobei ein die Nachfrage verändernder genereller Trend aufgrund externer Einflüsse für zukünftige Bezugsjahre nicht miteinbezogen wird. Stehen entsprechende Prognosedaten über zukünftige Nachfragemengen zur Verfügung, können diese durch eine manuelle Eingabe berücksichtigt werden.

Weitere Einschränkungen und vereinfachte Annahmen, die nur eine verkehrsorganisatorische Maßnahme betreffen, werden an den betreffenden Stellen erläutert.

2.4 Nicht berücksichtigte Handlungsspielräume

Neben den in dieser Arbeit untersuchten organisatorischen Verkehrsmaßnahmen auf Autobahnen gibt es eine Reihe von weiteren Maßnahmen, auf bestehende Ineffizienzen im Kfz-Verkehr zu reagieren. Diese Alternativen können bei der näheren Analyse der Kosten und Nutzen im Vergleich zu den hier detailliert untersuchten Maßnahmen durchaus effizienter in deren Wirkung sein. Diese in Abbildung 2-1 dargestellten möglichen Maßnahmen werden in dieser Arbeit nicht weiter verfolgt.



Abbildung 2-1: Alternative, nicht berücksichtigte Handlungsspielräume zur Behebung von Ineffizienzen beim Verkehrssystem Autobahn

3 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND EMPFEHLUNGEN

Die durchgeführte volkswirtschaftliche Kosten-Nutzen-Analyse zeigt Potenziale zur Effizienzsteigerung des Systems Autobahn auf, welche durch Umsetzung von verschiedenen verkehrsorganisatorischen Maßnahmen ausgenützt werden können. Zusätzlich sind diese verkehrsorganisatorischen Maßnahmen im Vergleich zum Ausbau des Infrastrukturangebots in Bezug auf die Infrastrukturausgaben für die öffentliche Hand kostengünstiger. Manche dieser verkehrsorganisatorischen Maßnahmen sind dazu geeignet, Autobahnabschnitte, die an ihrer maximalen Fahrzeugkapazität angelangt sind, ohne kostspieligen Ausbau der Kapazität weiter zu betreiben, und dies zu geringeren als die volkswirtschaftlichen Kosten im Ist-Zustand.

Das in dieser Arbeit entwickelte Modell EMA (Entscheidungshilfen für verkehrsorganisatorische Maßnahmen für Autobahnen) kann im konkreten Anwendungsfall für sämtliche relevanten Parameter des Infrastrukturangebots, der Verkehrsnachfrage und den Rahmenbedingungen der jeweiligen verkehrsorganisatorischen Maßnahme einen Variantenvergleich der volkswirtschaftlichen Kosten anstellen. Für die vorliegende Untersuchung wurde ein Grundfall für den Variantenvergleich definiert, der einem durchschnittlichen Autobahnabschnitt in Österreich entspricht.

Das Ergebnis zeigt, dass nicht alle verkehrsorganisatorischen Maßnahmen geeignet sind, die volkswirtschaftlichen Kosten im Vergleich zum Ist-Zustand zu verringern. Die verkehrsorganisatorischen Maßnahmen **bewirtschafteter Sonderfahrstreifen** und **Fahrstreifenbenutzungspflicht für Lkw** senken die volkswirtschaftlichen Kosten nicht, die volkswirtschaftlichen Kosten sind bei jeder Verkehrsstärke höher als jene des Ist-Zustandes. Im Zusammenhang mit der verkehrsorganisatorischen Maßnahme bewirtschafteter Sonderfahrstreifen ist jedoch anzumerken, dass diese Aussage nicht auf eine generelle Bewirtschaftung der Straßenverkehrsinfrastruktur (Road-Pricing) zu verallgemeinern ist, da bei einer solchen Maßnahme andere Wirkungsmechanismen in Kraft treten, die hier nicht untersucht worden sind.

Alle anderen verkehrsorganisatorischen Maßnahmen sind geeignet, je nach Rahmenbedingungen die volkswirtschaftlichen Kosten gegenüber dem Ist-Zustand zu reduzieren:

Ein **Tempolimit** senkt stets bei jeder Verkehrsstärke die volkswirtschaftlichen Kosten, eine optimale zulässige Höchstgeschwindigkeit liegt zwischen 90 km/h und 100 km/h vor.

Die **Mitbenützung des Pannestreifens** als Fahrstreifen ist bei sehr großen Verkehrsstärken (im Bereich der maximalen Fahrzeugkapazität des Ist-Zustandes) volkswirtschaftlich günstiger als der Ist-Zustand, der Schwellenwert ist von den notwendig werdenden Infrastrukturausgaben zur Adaptierung des Pannestreifens zum Fahrstreifen abhängig. Bei diesen Verkehrsstärken ist jedoch zu untersuchen, inwieweit die Zulegung eines zusätzlichen Fahrstreifens und die Beibehaltung des Pannestreifens nicht noch effizienter wäre. Diese Fragestellung wurde an dieser Stelle nicht untersucht, es wird in diesem Zusammenhang auf die Ergebnisse des Forschungsprojektes „*Entscheidungshilfe für die Mitverwendung von Pannestreifen für den Fließverkehr*“ [SAMMER et al. 1999] verwiesen.

Bei **Sonderfahrstreifen für mehrfach besetzte Pkw** muss in Abhängigkeit der

Reaktion der Verkehrsteilnehmer auf die verkehrsorganisatorische Maßnahme in zwei Fälle unterschieden werden. Ändert sich das Verhalten der Verkehrsteilnehmer nicht (keine Erhöhung der Anzahl der Insassen zur Erlangung der Benützungsberechtigung des Sonderfahrstreifens von einem Teil der Verkehrsteilnehmer), ist diese verkehrsorganisatorische Maßnahme nur in Fällen mit Engpässen am Ende des Sonderfahrstreifens zu empfehlen, an dem die berechtigten Fahrzeuge mit höherem Besetzungsgrad bevorzugt behandelt werden. Auch in diesem Fall ist dies im Vergleich mit dem Ist-Zustand nur dann günstiger, wenn sich die Verkehrsstärke im Bereich der maximalen Fahrzeugkapazität der Verflechtungsstrecke befindet. Reagieren die Verkehrsteilnehmer auf die verkehrsorganisatorische Maßnahme und bilden Fahrgemeinschaften und erhöhen so die Insassenanzahl der Fahrzeuge, ist diese Maßnahme ab einer Mindestverkehrsstärke einer JDTV von 10.000 Kfz/24h – bis 20.000 Kfz/24h (je nach Wirkung auf das Verkehrsverhalten) volkswirtschaftlich günstiger als der Ist-Zustand. Eine Verhaltensänderung kann durch begleitende Maßnahmen, wie im Leitfaden zur Erhöhung des Fahrzeugbesetzungsgrades, Empfehlungen zum Thema Fahrgemeinschaften [ICARO-KONSORTIUM 1999] dargelegt, unterstützt werden. Die Praxis zeigt einen möglichen Anstieg des Besetzungsgrades im Abschnitt um bis zu 10 %.

Ein **Bus-Fahrstreifen** ist nur dann volkswirtschaftlich günstiger, wenn am Ende des untersuchten Abschnitts ein Engpass auftritt, an dem die Linienbusse bevorzugt behandelt werden und die Verkehrsstärke im Abschnitt die maximale Fahrzeugkapazität der Verflechtungsstrecke bereits erreicht hat. Unter diesen Rahmenbedingungen ist der Zeitgewinn groß genug, dass sich ein Teil der Verkehrsteilnehmer zur Benützung des öffentlichen Verkehrs entscheidet.

Ein **Sonderfahrstreifen für mehrfach besetzte Pkw oder mit Fahrstreifenbewirtschaftung** ist besonders für zweistreifige Richtungsfahrbahnen bei großen Verkehrsstärken über 25.000 Kfz/24h volkswirtschaftlich günstig, da ein aufgrund zu geringer Nachfrage schlecht ausgelasteter Sonderfahrstreifen für mehrfach besetzte Pkw von jenen Verkehrsteilnehmern aufgefüllt wird, die alleine unterwegs sind und gegen Entrichtung einer Mautgebühr den Fahrstreifen mitbenützen dürfen. Aufgrund der deutlich höheren Infrastrukturkosten für die Adaptierung des Fahrstreifens mit einem vollelektronischen Mautsystem liegt der Schwellenwert der Verkehrsstärke, ab dem die verkehrsorganisatorische Maßnahme volkswirtschaftlich günstiger als der Ist-Zustand ist, bei einer JDTV über 20.000 Kfz/24h.

Empfehlungen

Zusammenfassend kann abgeleitet aus der vorliegenden Arbeit empfohlen werden, die Tempolimits auf Autobahnen in Österreich aus volkswirtschaftlichen Kostengründen auf 100 km/h zu senken. Wenn die Verkehrsstärke an einem Abschnitt eine JDTV von 20.000 Kfz/24h erreicht, ist die Einrichtung eines Sonderfahrstreifens für mehrfach besetzte Pkw mit einer Mindestinsassenanzahl von 2 Personen aus volkswirtschaftlichen Kostengründen überlegenswert. Auf zweistreifigen Richtungsfahrbahnen in Kombination mit einer Fahrstreifenbewirtschaftung, die es erlaubt, auch Solo-Lenkern gegen eine Mautgebühr den Sonderfahrstreifen zu benützen. Auf dreistreifigen Richtungsfahrbahnen reicht ein Sonderfahrstreifen nur für mehrfach besetzte Pkw aus. Die Einrichtung eines Bus-Fahrstreifens auf Autobahnen ist in

Österreich nur in Sonderfällen überlegenswert. Ein Anwendungsfall ist zum Beispiel eine Stadtautobahn vor einer Verflechtungsstrecke bei Verkehrsstärken, die die maximale Fahrzeugkapazität dieser Verflechtungsstrecke erreichen.