

Strategieentwicklung für ein pro-aktives Verkehrsmanagement

Development of Strategies for Pro-Active Traffic Management Systems

Jürgen Mikat¹, Julia Ringel und Reinhart D. Kühne

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) e.V.
Rutherfordstr.2
12489 Berlin, Germany

Kurzfassung: Die Leistungsfähigkeit eines Verkehrsnetzes ist für die wirtschaftliche Perspektive einer Stadt von wesentlicher Bedeutung. Um diese zu gewährleisten, führen Verkehrsmanagementzentralen oder vergleichbare Einrichtungen gezielt Maßnahmen durch, mit denen sie lenkend in den Verkehrsablauf eingreifen. Die Auswirkungen von Baustellen, Unfällen, Havarien oder anderen Störungen des Verkehrssystems sollen durch das planmäßige Ausführen von Maßnahmenpaketen, sog. Strategien, verringert oder - im Idealfall - umgangen werden. Voraussetzung hierfür ist, dass die Maßnahmenpakete bereits im Vorfeld auf ihre Wirksamkeit überprüft wurden und mit allen davon betroffenen Institutionen abgestimmt wurden. Dies ist in der Regel nur für im Voraus bekannte oder für regelmäßig wiederkehrende Störungen möglich. Generische Ereignisse wie Unfälle lassen sich in Ort und Zeit nicht vorherbestimmen, so dass für deren Bewältigung kaum Strategien vorliegen. Eine pro-aktive Strategieentwicklung auch für diese Fälle wie auch für seltenere Ereignisse erscheint jedoch sinnvoll, wenn mit gravierenden verkehrlichen Beeinträchtigungen gerechnet werden muss. In diesem Papier wird eine Herangehensweise vorgestellt, mit der auch für diese nicht genau lokalisierbaren Fälle mit geringem Aufwand Strategien erzeugt werden können. Zusätzlich werden der öffentlichen Hand differenzierte Möglichkeiten zur Strategieentwicklung an die Hand gegeben.

Schlagworte: Verkehrsmanagement; Strategien; Havarien; Leistungsfähigkeit;

¹ email: juergen.mikat@dlr.de, URL: www.dlr.de/vf

Abstract: The efficiency of its road network is of central importance for the economic success of today's cities. In order to ensure smooth traffic flow Traffic Control Centres or analogous institutions take specific measures. Strategies - bundles of measures - are held in reserve and are activated in case of construction sites, accidents, disasters or other occurrences in the traffic system to prevent from or diminish negative effects on traffic flow. The precondition is that all Strategies are evaluated in their efficiency and reviewed by the local institutions concerned with traffic. In most cases this is only possible for already known or frequently occurring incidents. Generic incidents, e.g. accidents, cannot be determined in time and location. Therefore, useful strategies are not at hand if they emerge. However, a pro-active development of Strategies for such cases as well as for other less frequent incidents seems to be appropriate if serious disturbances of the traffic system can be anticipated. In this paper, an approach is presented which allows development of Strategies with little effort also for not precisely determinable incidents. Furthermore, methods are given to public authorities to implement own conceptions in Strategies.

Keywords: traffic management; strategies, disasters, efficiency;

1 Einleitung

Aktuell arbeiten die Operatoren von Verkehrsmanagementzentralen (VMZ) mit unterschiedlichen Methoden zur Bewältigung der Aufgaben. In Abhängigkeit von der Art des Straßennetzes, der Erfassungsinstrumente und dem Verkehrsaufkommen stehen neben der Expertise der Operatoren für komplexere Situationen auch Ablaufpläne und Strategien zur Verfügung, die an Hand bestimmter Szenarien zwischen den betroffenen Institutionen abgestimmt wurden. Hinterlegt werden die Strategien in einem sogenannten Strategienmanager, wie er beispielsweise mit SAM im Rahmen von MOBINET entwickelt wurde [5]. In der Verkehrszentrale Hessen umfasst das pro-aktive Strategienmanagement Maßnahmenpakete zur Streckenbeeinflussung sowie für das Störfall-, Ereignis- und Baustellenmanagement [6]. Die Strategien werden auf Grund des recht hohen Aufwands nur für Situationen erarbeitet, die mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit erwartet werden können. Darüber hinaus können jedoch sogenannte. generische Situationen und Ereignisse auftreten, die mit diesen Strategien nicht erfasst werden. Hierzu gehören z.B. Unfälle, kurzfristige Baustellen, Wasserrohrbrüche, Bombenfunde etc.

Bei dem hier vorgestellten Verfahren besteht die Möglichkeit, eine Vielzahl von Strategien bereits im Vorfeld von möglichen Ereignissen zu erfassen, miteinander zu vergleichen und nach Kriterien zu beurteilen, die der Nutzer vorgibt. Typischerweise werden für ein Szenario zunächst viele Strategien generiert, die in einem automatischen Auswahlprozess gefiltert und den Experten zur Verfügung gestellt werden. Die Experten begutachten diese verbleibenden Strategien und untersuchen sie auf mögliche Umsetzbarkeit oder Konflikte. Sie werden anschließend weiter modifiziert und nach weiteren Iterationsschritten erneut auf ihre Nutzbarkeit geprüft, oder direkt in den Strategiekasten für die Operatoren übernommen.

Das Ziel ist es, auch für eher unwahrscheinliche Situationen pro-aktiv Strategien vorzuhalten, die – treten sie an neuralgischer Stelle im Verkehrsnetz auf – einen erheblichen Einfluss auf

den Verkehrsablauf haben können. Im Ergebnis werden für eine solche Situation eine oder mehrere Strategien nach der Konsolidierung durch die Experten in der Strategiedatenbank einer Verkehrsmanagementzentrale vorgehalten und können nach Bedarf aktiviert werden.

Auch für das Management von Katastrophen kann diese Methodik sinnvolle Verkehrslenkungsstrategien liefern. Für verschiedene zu erwartende Entwicklungen oder für verschiedene Entwicklungsstadien z.B. einer Überschwemmung wird ein Satz an Strategien entwickelt, die es ermöglichen die vorhandenen Restkapazitäten des Straßennetzes zu nutzen. Darüber hinaus kann die Methodik Hinweise darauf geben, wo weitere infrastrukturelle Maßnahmen, wie verkehrsabhängige Steuerungen von Lichtsignalanlagen oder der Einsatz von Wechselwegweisern, sinnvoll und kosteneffizient eingesetzt werden können.

Im Folgenden wird die aktuell verbreitete Herangehensweise für die Bildung von Strategien dargestellt, und darauf aufbauend der Ansatz für eine pro-aktive Strategieentwicklung erläutert. Die anschließenden Abschnitte erläutern den Prozess zur Generierung und Auswahl von Strategien, die für eine eingehende Bewertung durch die Experten vor Ort in Frage kommen, und die Anpassung und Umsetzung der Strategien für die Übertragung in das Strategiereservoir einer Verkehrsmanagementzentrale. Der Entwicklungsprozess wird exemplarisch an einem Beispiel der Stadt Magdeburg demonstriert.

2 Entwicklung von Strategien

2.1 Traditionelle Vorgehensweise

Die Grundlage für die Entwicklung von Strategien stellt in der Regel ein bekanntes, oft wiederkehrendes verkehrliches Problem dar, dessen Auswirkungen mit Hilfe eines Bündels an Maßnahmen verringert oder vermieden werden sollen. Örtlicher und zeitlicher Umfang der Störung des Verkehrsflusses sind ebenso wie die allgemeine Verkehrslage bekannt. Ereignisse, Probleme und Zustände gemeinsam können als „Situation“ aufgefasst werden [1]. Als Ausgangslage für die Bestimmung von Maßnahmen dienen Daten über die Verkehrsentwicklung vor, während und nach der Störung. Verkehrsexperten erarbeiten anschließend, evtl. unter Verwendung weiterer Planungswerkzeuge (z.B. VISUM von ptv), Strategien zur Verringerung der verkehrlichen Auswirkungen, die dann unter den verschiedenen am Verkehrssystem Beteiligten (Tiefbauämter, Polizei, ÖPNV-Verbund etc.) abgestimmt werden.

Im Zentrum dieses Prozesses steht bei dieser Vorgehensweise ein bekanntes verkehrliches *Problem*, eine Verkehrssituation an der Kapazitätsgrenze des Teilnetzes oder der Teilstrecke (Abbildung 1). Die Grundlage bilden ein Netzmodell und Verkehrsdaten sowie eine erste Formulierung einer Strategie. Diese Strategieformulierung enthält bereits das Wissen um das verkehrliche Problem, d.h. auch den örtlichen und zeitlichen Umfang: die Strategie ist „verortet“. Im anschließenden Prozess wird die Strategie geprüft und bewertet, und im Positivfall beibehalten.

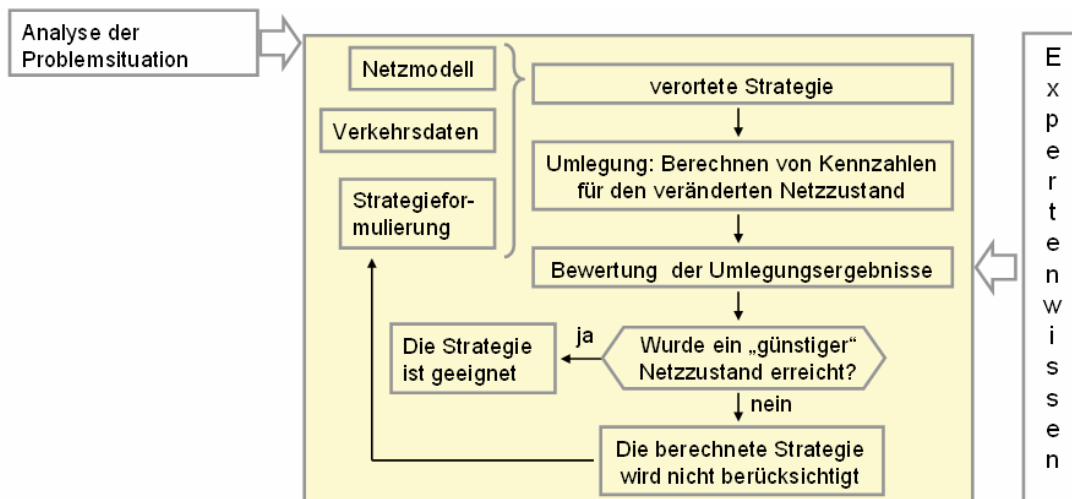


Abbildung 1: Traditioneller Ansatz zur Erzeugung von Strategien

Mit dieser Vorgehensweise werden gut funktionierende Strategien erreicht. Es kann jedoch nicht sichergestellt werden, dass die gefundene Lösung einen bestmöglichen, effizienten Verkehrsablauf ermöglicht. Andere Kombinationen von Maßnahmen, auch solche die zu einer besseren Verkehrsverteilung führen können, bleiben auf Grund des hohen Aufwands und der Komplexität des Problems unberücksichtigt. Abhängig von der Anzahl der vorhandenen Beeinflussungsmöglichkeiten (Art der verkehrlich wirksamen Instrumente, Auswahl von Steuerungsprogrammen etc.) kann die Anzahl an Kombinationen sehr groß werden. Das Bestimmen aller Möglichkeiten und Auffinden des Optimums stellt daher derzeit keine realistische Option dar.

Charakteristisch bei diesem Ansatz ist die inhärente fehlende Flexibilität. Die entwickelten Strategien können *ausschließlich* für Situationen eingesetzt werden, die sowohl örtlich wie auch zeitlich mit dem Ursprungsproblem übereinstimmen. Für jede größere Änderung im Verkehrsablauf, z.B. durch Baustellen, Umleitungen oder Unfälle, besteht die Gefahr, dass auf Grund der geänderten Randbedingungen die Strategien an ihrer Wirksamkeit verlieren. Der hohe Aufwand, der mit der Entwicklung von Strategien verbunden ist, verhindert jedoch die Berücksichtigung möglichst vieler Sonderfälle einerseits, und rechtfertigt die Beschränkung auf die schwerwiegendsten verkehrlichen Probleme andererseits.

2.2 Der neue Ansatz: Iterative Strategieentwicklung

Der hier vorgestellte Ansatz zur Strategieentwicklung stellt nicht ein einzelnes verkehrliches Problem in das Zentrum, sondern geht von einem *übergeordneten Konzept* aus, aus dem heraus die Strategien für Klassen von Problemen entwickelt werden. Das Konzept beschreibt, nach welchem Prinzip neue Strategien gesucht werden (Abbildung 2).

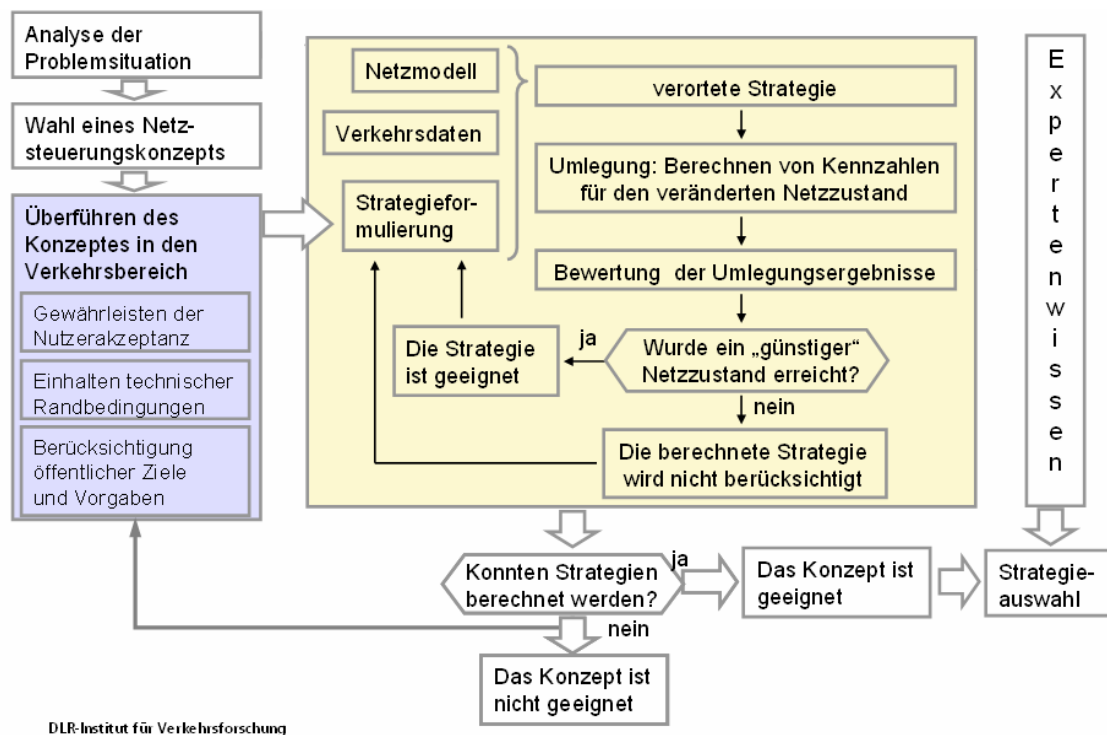


Abbildung 2: Iterative Strategieentwicklung mit Konzepten

Steuerungskonzepte können einfache oder komplizierte algorithmische Regelungen sein. Zur Veranschaulichung sei hier in Beispiel aus einem anderen technischen Bereich genannt. In Computernetzen verwendete Steuerungen müssen die Kapazitäten der vorhandenen Leitungen und der Schnittstellen zwischen verschiedenen Netzbereichen berücksichtigen. Mit verschiedenen Load Balancing-Verfahren ist es möglich, eine möglichst optimale (auch zeitliche) Verteilung der Lasten zu erreichen. Ein solches Steuerungskonzept kann auch im Verkehrsbereich Anwendung finden. Hierzu müssen die wesentlichen Merkmale des Steuerungskonzepts herausgearbeitet und abstrahiert werden. Gleichzeitig müssen die wesentlichen Unterschiede zwischen Computernetzen und Verkehrsnetzen untersucht werden. In einem Übertragungsprozess wird das abstrakt formulierte Konzept für den Verkehrsbereich angepasst und konkretisiert. Auch unabhängig von bereits vorhandenen Netzsystemen und ihren Steuerungen können neue generische Verfahren entwickelt werden. Entscheidend ist die räumliche Übertragbarkeit des Konzepts ohne auf weiteren Rückgriff auf örtliche Vorinformationen.

Nach der Analyse der Problemsituation wird entschieden, welches der vorgehaltenen Steuerkonzepte für die Bewältigung des Problems geeignet erscheint. Die Überführung in den Verkehrsbereich ist ein Prozess, der die abstrakt formulierten Konzepte an verkehrliche Gegebenheiten anpasst. Die Besonderheiten des Verkehrssystems, wie z.B. Kapazitäten der Kanten des Straßennetzes, unterschiedliche Typen von Kanten (z.B. Mehrspurstraßen und Einbahnstraßen), unregulierte und signalisierte Knoten etc. müssen dabei berücksichtigt werden. Hinzu kommen technische Randbedingungen wie Funktionalitäten von

Lichtsignalanlagen, Wechselwegweisern etc. als steuernde Einheiten. Nicht zuletzt können auch politische Randbedingungen wie Zielvorstellungen und Vorgaben über Verkehrsverteilungen in die Umsetzung implementiert werden.

Die nächsten Schritte verlaufen analog zur herkömmlichen Strategieentwicklung: Die Strategie wird auf das vorliegende Netz angewandt und das Ergebnis der Umlegung bewertet. Im Unterschied wird jedoch auch bei Auffinden „guter“ Strategien nach weiteren Strategien gesucht. In einem Iterationsprozess werden die Parameter der Strategieformulierung systematisch variiert und weitere Strategien berechnet. Sollten sich keine Strategien finden lassen, die zu annehmbaren Ergebnissen führen, muss im übergeordneten Prozess die Überführung des Konzepts in den Verkehrsbereich angepasst werden, oder das Konzept als für das Problem ungeeignet erklärt werden.

Die Auswahl der Strategien erfolgt nach vorher festgelegten, an die Problemstellung angepassten Kriterien und einem aus diesen gebildeten Gesamtkriterium. Mit einem einfachen Verfahren wird der Parameterbereich sukzessive eingeschränkt und sich einer optimalen Lösung angenähert. Ein klares Optimum ist auf Grund der Vielzahl an möglichen Parametern dabei nicht zu erwarten und wird auch nicht angestrebt. Das Ziel ist eine Reihe von Strategien, die zur Lösung des verkehrlichen Problems bereitgehalten werden können. In ihren einzelnen Maßnahmen unterschiedliche Strategien, die zu einem ähnlichen Ergebnis im Gesamtkriterium führen stellen echte Alternativen dar.

Einzelne Kriterien können jedoch möglicherweise ungünstig und dennoch gleichzeitig einander gegenläufig sein, so dass sich ebenfalls ein günstiges Gesamtkriterium ergibt. Die berechneten Strategien müssen daher auch auf die Plausibilität der Einzelkriterien geprüft werden. Im Vorfeld festgelegte oder auch automatisch zur Laufzeit bestimmte Grenzwerte für die Einzelkriterien und das Gesamtkriterium separieren brauchbare von unbrauchbaren Strategien. Ausführungen über geeignete Bewertungskriterien finden sich weiter unten.

Alle Strategien die zu einem brauchbaren Ergebnis führten werden in einem Strategiekasten gesammelt. Die Strategien werden von Experten mit guten Ortskenntnissen begutachtet und kritisch auf ihre Tauglichkeit hin beleuchtet. Die Strategieentwicklung aus Konzepten ist nach der Festlegung der Randbedingungen ein weitgehend automatisch ablaufender Prozess. Einschränkungen der digitalen Karten (z.B. zu geringer Detaillierungsgrad oder zwischenzeitliche bauliche Veränderungen) oder eine geringe Genauigkeit der Verkehrssimulation einerseits, und unzureichende Informationen über die vorhandene Infrastruktur oder die Signalpläne von Lichtsignalanlagen andererseits können dazu führen, dass trotz der Vorauswahl an Hand der Grenzwerte Strategien berechnet werden die nicht geeignet erscheinen. Mit dem Input der Experten können die vorhandenen Strategien weiter verfeinert oder auch ausgemustert werden.

2.3 Der Strategiepool

Die Strategien aus dem durch die Experten bereinigten Strategiekasten werden dem Operatorenbetrieb einer Verkehrsmanagementzentrale zur Verfügung gestellt. Sie werden – evtl. nach einer weiteren Konsolidierung – zusätzlich in den Pool der Strategien mit aufgenommen und können nach Bedarf vom System auf Grund der Verkehrslage vorgeschlagen und von den Operatoren ausgelöst werden. Die Operatoren benötigen zusätzliche Kenntnisse darüber, wodurch sich diese unterscheiden. Hierzu werden das

Gesamtkriterium und dessen Aufschlüsselung in die Einzelkriterien mitgeliefert. An Hand der Einzelkriterien kann abgelesen werden, mit welchem Ziel die Strategie berechnet wurde (individuelle oder Systemreisezeiten, Belegung, Kapazitätsauslastung, Umweltaspekte). Hierdurch behalten die Operatoren den Überblick, und gleichzeitig steht ihnen eine größere Zahl möglicher und auch konsolidierter Strategien zur Verfügung und erlaubt ihnen somit eine größere Flexibilität in der Bewältigung von Verkehrsproblemen.

2.4 Bewertungskriterien

Die Verwendung von Konzepten zur Strategieentwicklung erlaubt die Berücksichtigung politischer Zielvorstellungen einerseits und die Kombination verschiedener Kriterien andererseits für die Bestimmung von Kennwerten. Neben den Zielkriterien systemische Reisezeit, Anzahl Halte und Linearkombinationen aus beiden ist auch die Bildung von Kriterien möglich, die eine zu große Benachteiligung der individuellen Reisezeiten, von Emissions- und Immissionsfaktoren, maximaler Belegung von Kanten oder Teilnetzen etc. oder auch Kombinationen aus diesen Größen berücksichtigen. Bei geeigneter mathematischer Formulierung können komplexe Kriterien formuliert werden, die den Bedürfnissen der Nutzer angepasst sind.

3 Praktische Anwendung

An Hand eines ausgewählten Konzepts wird im Folgenden die Umsetzung des Ansatzes demonstriert. Das zu Grunde liegende Konzept ist aus einem Netzsteuerungsansatz für Hochenergienetze abgeleitet und wurde für das Stadtgebiet Magdeburg angewandt. Das Konzept soll kurz erläutert werden, wobei für eine ausführliche Darstellung auf andere Stelle verwiesen wird [4]. Im Anschluss daran werden die weiteren Schritte zur Generierung von Strategien erläutert. Der Leser sei hierzu auf Abbildung 2 verwiesen.

1. **Konzept.** In der Energiewirtschaft ist die Vermeidung von Lastspitzen von besonderer Bedeutung. Bei übergroßen Belastungen des Energienetzes kann die Leistungsabgabe der Kraftwerke deren Funktion so beeinträchtigen, dass diese abgeschaltet werden müssen. Um dies zu vermeiden, werden im Vorfeld die Leistungsaufnahmen von Großverbrauchern analysiert und so genannte Lastprofile generiert. Wird von diesen Lastprofilen abgewichen, werden schrittweise Maßnahmen ergriffen, um ein Übergreifen auf die Gesamtnetzleistung zu vermeiden.
2. **Abstraktion.** An Hand der beobachteten normalen Lastverläufe werden Grenzwerte festgelegt, die z.B. tageszeitabhängig das Maximum der erlaubten Last festlegen. Da in der Regel jedoch die Maximallast erst gar nicht erreicht werden soll, werden bereits für eine Entwicklung, bei der absehbar das Maximum erreicht wird, weitere Grenzwerte definiert. Gleichzeitig wird mit Festlegen der Maximallast und der weiteren Grenzwerte vereinbart, wie im Falle des Überschreitens verfahren wird. Im Hochenergiebereich wird von Lastabwurfstufen gesprochen, bei denen einzelne oder eine Reihe von Maßnahmen ausgelöst werden.
3. **Überführung.** Für die Überführung in den Verkehrsbereich kann im Wesentlichen analog der abstrakten Vorüberlegungen vorgegangen werden. Zwei wesentliche Schritte sind hier von Bedeutung: die Festlegung geeigneter Kennzahlen und deren Grenzwerte, sowie die Erstellung von Lastprofilen auf der Basis historischer

Ganglinien. Hierfür sind politische oder technische Randbedingungen mit einzubeziehen. Für die hier genannten Aspekte müssen also die prinzipiellen Voraussetzungen gegeben sein, d.h. eine entsprechende Datenlage und Aussagen über die verkehrlichen Zielvorstellungen müssen vorliegen oder erfassbar sein.

4. **Verortung.** Mit der Einbeziehung der Örtlichkeiten gewinnt das Konzept an Inhalt. Da die vereinbarten Maßnahmen für einen Teilbereich des Netzes gelten, steht die Festlegung des in Frage kommenden Straßenteilnetzes an erster Stelle. Dieses richtet sich einerseits nach der verkehrlichen Problemstellung (Teilnetzbereiche, Kanten eines Netzes), und andererseits nach den möglichen Umfahrungsmöglichkeiten und Alternativstrecken, abgestimmt auf die Problemstellung. Im Falle der Stadt Magdeburg wurden großräumige Umfahrungsstrategien für eine lang andauernde Baustelle am zentralen Verkehrsknotenpunkt „Universitätsplatz“ gesucht. Es wurde ein Gebiet festgelegt, dessen Kanten genügend Kapazitäten als Alternativrouten zur Verfügung stellen kann (Abbildung 3). Die Festlegung dieses Gebiets geschieht einerseits aus verkehrlicher und andererseits aus verkehrspolitischer Sicht, und daher stets in Absprache mit Vertretern der öffentlichen Hand. Für das Teilnetzgebiet und die Kanten der Alternativrouten werden an Hand der historischen Daten Ganglinien erstellt und aus diesen Lastprofile abgeleitet. Zusammen mit den in Schritt 3 festgelegten Kriterien und deren Grenzwerte können nun die Art sowie Zeitpunkt und Stärke von Maßnahmen systematisch variiert werden.



Abbildung 3: Innenstadtbereich von Magdeburg in der Repräsentation der mikroskopischen Simulation SUMO. Grau: betrachtetes Teilnetzgebiet, Rechteck: Störung am Universitätsplatz. Die unmittelbar an das betrachtete Teilnetz angrenzenden Straßen stellen die Hauptalternativrouten dar.

5. **Umlegung und Bewertung.** Zur Berechnung der Strategien wurden für die Stadt Magdeburg Simulationen mit einer mikroskopischen Simulation (SUMO – Simulation of Urban Mobility [3]) durchgeführt. Es wurden vollständige Umlegungen für den „Normalfall“, d.h. ohne die Baustelle und basierend auf den historischen Daten, sowie für den Fall der längerfristigen Störung des Verkehrs berechnet. Mit dem Ergreifen von Maßnahmen oder Maßnahmenbündel sollen die Auswirkungen der Störung verringert werden. Als Zielsetzung wurde angenommen, dass trotz der Störung ein

normaler Verkehrsablauf im Teilnetzgebiet möglich sein soll. Der Durchgangsverkehr durch das Gebiet soll großräumig abgeleitet werden. Ziel der Strategien ist es daher, die übliche Ganglinie für das Teilnetz trotz der Störung zu erzielen. Das Teilnetz wird daher für die Fahrzeuge in der Simulation mit einem virtuellen Malus belegt, so dass die Fahrzeuge in den weiteren Berechnungen dieses zu einem großen Teil umfahren (verlängerte Reisezeit im Teilnetzbereich). In der mikroskopischen Simulation führt dies automatisch zu langen Haltezeiten der Fahrzeuge an den Lichtsignalanlagen. Die Strategieentwicklung berücksichtigt daher diese Entwicklung und passt die Freigabezeiten an den strategischen Knoten an.

6. **Iteration.** Der Iterationsprozess umfasst zwei Aspekte der Anpassung. Zum einen werden für einen festgelegten Malus die Freigabezeiten der Knoten systematisch variiert. Nach jeder Berechnung einer neuen Strategie wird diese entsprechend den ausgewählten Kriterien bewertet. Innerhalb der vorgegebenen Parameter zum Ziel führende Strategien werden dem Strategiepools zugeführt, andere verworfen. Neben der Stärke der Maßnahmen kann aber auch der Zeitpunkt des Einsetzens der Maßnahmen und die Abstufung variiert werden (Abbildung 4). Ein früheres Aktivieren und das Entwickeln abgestufter Maßnahmen lenken beispielsweise bereits einen Teil des Spitzenverkehrs vorzeitig um, so dass ein nahezu stetiger Übergang zwischen „Normalverkehr“ und „Störungsverkehr“ gelingt (Maßnahmen in Abbildung 4).

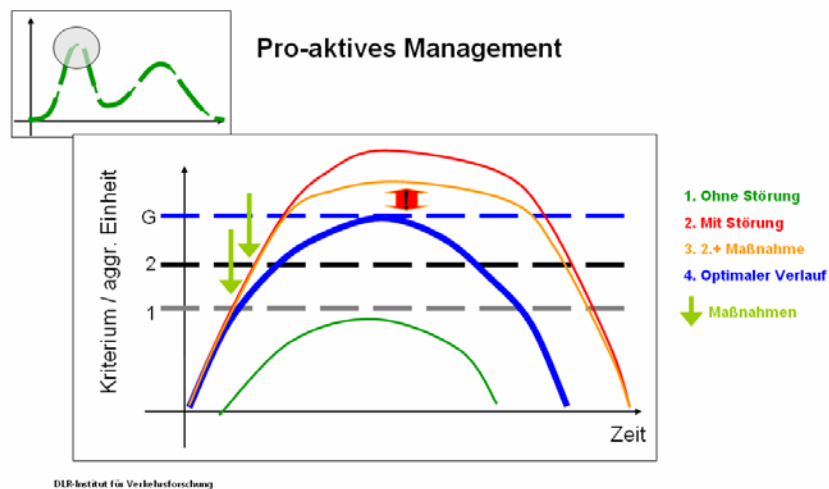


Abbildung 4: Skizze der Ganglinie einer Morgenspitze, Ausschnitt (vgl. links oben). Von unten nach oben: ohne Störung, angestrebter Verlauf, Störung mit Maßnahme, Störung ohne Maßnahme. G: Zielgrenzwert, 1 und 2: Grenzwerte bei denen Maßnahmen aktiviert werden.

7. **Ergebnis.** Abbildung 5 stellt ein beispielhaftes Ergebnis für die Strategie „Universitätsplatz“ dar. Für den Störfall wurde eine abgestufte Gesamtstrategie gewählt. Für jede Stufe wurde aus dem Strategiekasten jeweils eine Strategie ausgewählt. Die Gesamtstrategie setzt sich aus den Maßnahmenpaketen der einzelnen Stufen zusammen, die in Abbildung 5b zu sehen sind.

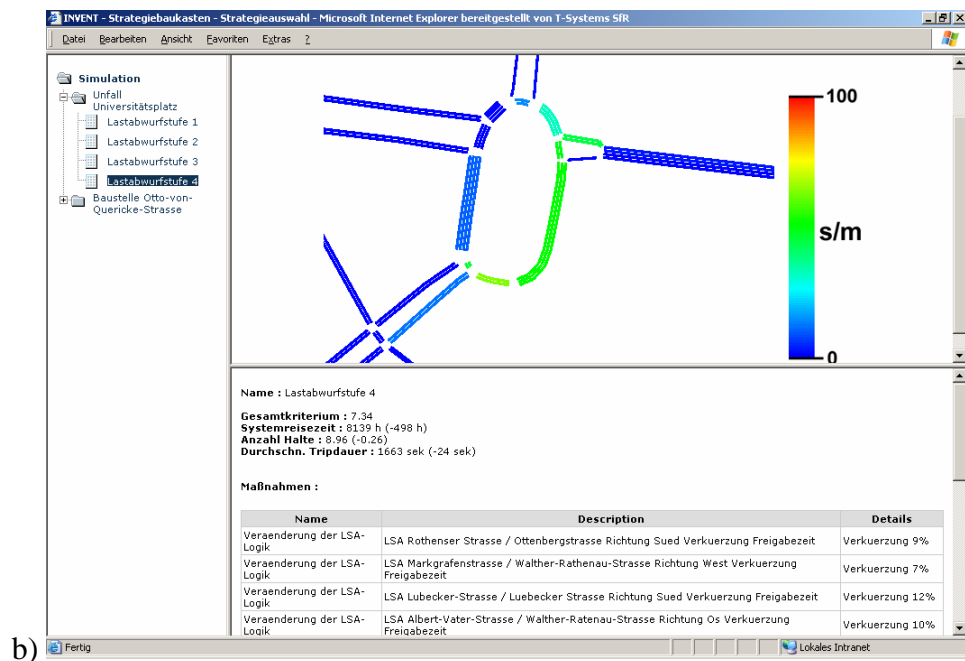
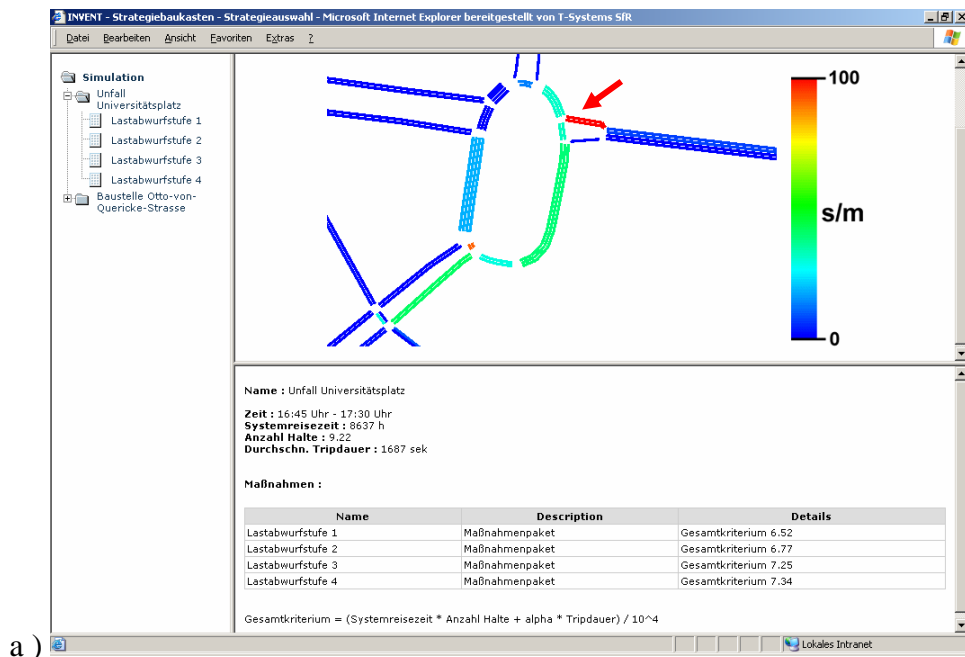


Abbildung 5: a) Visualisierung der Störung am Universitätsplatz in Magdeburg. Linke Spalte: Auflistung der Strategien, unteres Fenster: Beschreibung der Strategien und der berechneten Gesamtkriterien; großes Fenster: Reisezeiten im Störfallgebiet, die Störung „Baustelle“ ist mit einem Pfeil markiert. b) unteres Fenster: Maßnahmenbeschreibung der Strategie der Lastabwurfstufe 4 und Veränderung von Systemgrößen bei Ergreifen der Maßnahmen, großes Fenster: erzielte Reisezeiten im Störfallgebiet durch Einsatz der Maßnahmen.

8. **Auswahl durch Experten und Implementierung der neuen Strategien.** Die berechneten Strategien werden auf Grund des allgemeinen Ansatzes durch ortskundige Experten begutachtet. Zu diesen Experten gehören Mitarbeiter des Tiefbauamts, des Ordnungsamts, der Polizei, der öffentlichen Nahverkehrsbetriebe und entsprechend den Verwaltungsstrukturen Vertreter weiterer Institutionen. Sie entscheiden mit ihrer langjährigen Erfahrung darüber, ob die Strategien in der berechneten Form realisierbar sind oder ob sie mit nicht erfassten Gegebenheiten im Konflikt stehen. Im letzteren Fall sind entsprechend den Expertenvorschlägen die Strategien weiter zu verfeinern und eventuell neu zu berechnen. Nach diesem Konsolidierungsprozess können die neuen Strategien in die Datenbank der Verkehrsmanagementzentrale übernommen werden, und stehen den Operatoren anschließend zur Verfügung.
- Die in Abbildung 5b dargestellten Ergebnisse sind für einen Operator verständlich in Textform formuliert. Für die Übernahme der Strategien in die Datenbank der Verkehrsmanagementzentrale bietet sich jedoch ein maschinenlesbares Protokoll an. Daher werden die Strategien in Form z.B. von XML-Dateien (vgl. Abbildung 6) beschrieben und der Schnittstelle für Strategienimport einer Verkehrsmanagementzentrale zur Verfügung gestellt.

```

- <Response>
  <Datekind>MAS</Datekind>
  - <Timestamp>
    <StartDateTime>16:45 Uhr</StartDateTime>
    <EndDateTime>17:30 Uhr</EndDateTime>
  - <Date>
    <MeasureType>LSA</MeasureType>
    <Street>Rothenser Strasse</Street>
    <Destination>Fahrtrichtung Sued</Destination>
    <Km_From>/</Km_From>
    <Km_To>/</Km_To>
    <NormalRoute>Ottenbergstrasse Richtung Sued</NormalRoute>
    <AlternativeRoute>Ottenbergstrasse Richtung Sued</AlternativeRoute>
    <Program>Signalprogramm LSA</Program>
    <Parameter>Freigabezeit</Parameter>
    <FactorDescription>Verkuerzung</FactorDescription>
    <Factor>25%</Factor>
    <Links>/</Links>
  </Date>
</Timestamp>
<Datekind>MAS</Datekind>
- <Timestamp>
  <StartDateTime>16:45 Uhr</StartDateTime>
  <EndDateTime>17:30 Uhr</EndDateTime>
- <Date>
  <MeasureType>LSA</MeasureType>
  <Street>Markgrafenstrasse</Street>
  <Destination>Fahrtrichtung West</Destination>
  <Km_From>/</Km_From>
  <Km_To>/</Km_To>
  <NormalRoute>Walther-Rathenau-Strasse Richtung West</NormalRoute>
  <AlternativeRoute>Walther-Rathenau-Strasse Richtung West</AlternativeRoute>
  <Program>Signalprogramm LSA</Program>
  <Parameter>Freigabezeit</Parameter>
  <FactorDescription>Verkuerzung</FactorDescription>
  <Factor>25%</Factor>
  <links>/</links>

```

Abbildung 6: Ausschnitt aus einer Übertragungsdatei für Strategien im XML-Format. Die Maßnahmen der Strategien lassen sich im Klartext-Format ablesen.

Die in diesem Beispiel berechneten Strategien für die Baustelle am „Universitätsplatz“ der Stadt Magdeburg wurden als Änderungen von Freigabezeiten der Lichtsignalanlagen umgesetzt. Je nach Detaillierungsgrad der Simulation und insbesondere der zu Grunde liegenden digitalen Netzkarte können auch Zustandsänderungen anderer Instrumente wie z.B. Wechselwegweiser als Maßnahmen einer Strategie in die Simulation eingebracht werden. Die Methode kann auch unterstützend bei der Planung neuer verkehrslenkender Instrumente eingesetzt werden. Die Instrumente können in die Simulation eingebaut werden, und verschiedene Strategien berechnet werden. Der Standort der Instrumente kann dabei systematisch variiert werden und die geeigneten Kombinationen aus Örtlichkeit und Maßnahmen bzw. Maßnahmenstärke werden erfasst.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorgestellte Herangehensweise zur Strategieentwicklung stellt eine effiziente Möglichkeit dar, eine Vielzahl von Strategien mit einem einfachen Verfahren halbautomatisch zu entwickeln. Ein grundlegendes Konzept, das die prinzipielle Steuerung beschreibt, wird auf den Verkehrsbereich angepasst. Technische und verkehrspolitische Randbedingungen fließen in die Anpassung mit ein, und es erfolgt die Umsetzung in eine allgemeine Strategieformulierung. Die Generierung von Strategien erfolgt durch die Anpassung verschiedener Parameter und deren Optimierung. Es werden vorher festgelegte Kenngrößen betrachtet, zu einem Gesamtkriterium zusammengefasst und mit Grenzwerten belegt. Die entwickelten Strategien werden von Experten begutachtet und nach einer eventuellen Verfeinerung in den Strategiekasten einer Verkehrsmanagementzentrale aufgenommen.

Für den Abstimmungsprozess zwischen den Zuständigkeiten bei städtischen und Landesbehörden sind in einigen Städten Abstimmungsforen eingerichtet worden, in denen solche Strategien für absehbare Fälle diskutiert werden. Die vorgestellte Herangehensweise unterstützt die Foren bei ihrer Arbeit. Neben den bisher verfügbaren, insgesamt relativ wenigen und stark problemorientierten Strategien sollen ihnen zusätzlich Strategien an die Hand gegeben werden, die a) Alternativen zu den bisherigen Lösungen bieten, b) für unwahrscheinlichere, jedoch kritische Ereignisse im Straßennetz geeignet sind, und c) Möglichkeiten neuer Konzeptionen und Perspektiven von Planungen neuer Infrastruktur in der Verkehrslenkung bieten. Mit der Verfügbarkeit eines umfangreichen Pools an wirksamen Strategien wird die Bedeutung der Verkehrsmanagementzentralen gestärkt. Diese können dann z.B. auch im Katastrophenschutz eine wichtige und zentrale Funktion übernehmen (Strategieentwicklung für Evakuierungsszenarien). Gleichzeitig werden neue Anforderungen an die Operatoren gestellt, die abgestimmte Strategien differenziert anwenden müssen. Der Operatorenausbildung kommt somit eine neue Bedeutung zu.

Im Vergleich zur herkömmlichen Strategieentwicklung, bei der jede Strategie einzeln entworfen wird, erfolgt bei der vorgestellten iterativen Vorgehensweise die Umsetzung eines Konzepts auf den Verkehrsbereich einmalig. Das umgesetzte Konzept ist *per definitionem* auf verschiedene Städte oder Regionen übertragbar, da es an keine infrastrukturellen Vorgaben gebunden ist. Wie bei der herkömmlichen Vorgehensweise folgt eine Einarbeitung der verkehrlichen Zielvorstellungen und anderer lokaler Gegebenheiten. Im Unterschied wird

jedoch im Vorfeld klar einmalig festgelegt, welche Kriterien in welcher Kombination berücksichtigt und welche Grenzwerte jeweils gesetzt werden. Unabhängig davon können jedoch sowohl Kriterien wie auch Grenzwerte leicht neuen Vorstellungen angepasst werden. Auf neuen Werten basierend können ohne weiteren Mehraufwand neue Strategien berechnet werden. Die neuen Strategien werden mit lokaler Expertise begutachtet und zur abschließenden Abstimmung in den städtischen Foren vorgelegt.

Die Bedeutung einer pro-aktiven Strategieentwicklung wird in einem zukünftigen Verkehrsmanagement, das über die Schaltung einzelner Maßnahmen hinausgehen soll, eine stärkere Rolle spielen. Ziel ist es, tragfähige Steuerungskonzepte zu finden, die eine effektive Strategieentwicklung ermöglichen, um den künftigen vielfältigen Ansprüchen an eine gesellschaftlich tragfähige, nutzergerechte und umweltverträgliche Verkehrslenkung zu entsprechen.

Danksagungen

Die Arbeiten wurden im Rahmen des Leitprojekts „INVENT – Intelligenter Verkehr und nutzergerechte Technik“, Teilprojekt „Verkehrsmanagement 2010 – Netzausgleich Individualverkehr“ durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert (Förderkennzeichen 19 P 1071 M) [2].

Literatur

- [1] Andree, R., Boltze, M., Jentsch, H.: Entwicklung von Strategien für ein dynamisches Verkehrsmanagement, Straßenverkehrstechnik 12/2001.
- [2] BMBF Leitprojekt INVENT – Intelligenter Verkehr und Nutzergerechte Technik, Förderkennzeichen 19 P 1071 M, www.invent-online.de (Stand: 30.06.2005)
- [3] Krajzewicz, D.; Hartinger, M.; Hertkorn, G.; Mieth, P.; Ringel, J.; Rössel, C.; Wagner, P. (2003): The "Simulation of Urban MObility" package: An open source traffic simulation, In: Proceedings of the 2003 European Simulation and Modelling Conference, The 2003 European Simulation and Modelling Conference, 2003.10.27-2003.10.29, Naples, Italy; Krajzewicz, D.; Hartinger, M.; Hertkorn, G.; Nicolay, E.; Rössel, C.; Ringel, J.; Wagner, P. (2004): Recent Extensions to the open source Traffic Simulation SUMO, WCTR 2004, 2004.07.04 - 2004.07.08, Istanbul, Turkey
- [4] Mikat, J., Krajzewicz, D., Kelpin R., Wagner P., Lastabwurf als Steuerverfahren im Verkehrssystem (zur Veröffentlichung vorbereitet).
- [5] MOBINET – Leitprojekt Mobilität im Ballungsraum München. www.mobinet.de .
- [6] Riegelhuth G., Neue Strategien des Verkehrssystemmanagements – Theorie und Praxis im Vergleich, Verkehrswissenschaftliches Seminar der DVWG „Neue Strategien des Verkehrssystemmanagements“, 14.04.2005, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Berlin-Adlershof.