



TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

TUM: JUNGE AKADEMIE



PROJEKTBERICHT

MOBILITÄT IN DER STADT

SIMON EBERLE, MARTIN KAUMANN, TIM LAUER,
KATHARINA SCHAAR, PAUL STURBERG

MENTOR: HERR PROF. FÄRBER

TUTOR: HERR DR. HEINECKE

Inhaltsverzeichnis

1 Gegenwart – Die Probleme in der heutigen Zeit	2
1.1 Demographie	2
1.2 Der Platz in Städten wird knapp	4
1.3 Umweltverträglichkeit	7
2 aktuelle Lösungsversuche	9
2.1 Flächenverbrauch	9
2.1.1 Parkplätze	9
2.1.2 Stadt der kurzen Wege	9
2.2 Individualverkehr	11
2.2.1 Stärkung des öffentlichen Nahverkehrs und des nichtmotorisierten Verkehrs	11
2.2.2 Radverkehr am Beispiel Zürich	18
2.2.3 Carsharing	21
2.2.4 Autofreie Städte	22
2.2.5 Elektromobilität	25
2.3 Shared Space bzw. Begegnungszonen	26
3 Zukunft – Lösungsvorschlag People Mover	34
3.1 Das Konzept	34
3.2 Navigation der Fahrzeuge	35
3.2.1 Finden einer Route unter Berücksichtigung von Knotenlasten	35
3.2.2 intelligente Fahrzeugsteuerung	37
4 Fazit	40

Einleitung

Wie soll die Mobilität in der Zukunft aussehen?

Noch immer wächst das Bedürfnis der Menschen nach Mobilität Jahr für Jahr ungebrochen. Zugleich stellen wir immer strengere Anforderungen daran, wie Mobilität organisiert sein soll: Wir wollen natürlich schnell an unser Ziel kommen, dabei jedoch auch flexibel sein. Wir erwarten, dass auch ältere Menschen, ebenso wie Rollstuhlfahrer und andere in ihrer Beweglichkeit eingeschränkte Personen die Möglichkeit haben, mobil zu sein. Außerdem müssen unsere Verkehrsmittel immer größere Fahrgastmengen bewältigen. Jeder Ort soll gut erreichbar sein, aber Verkehrsmittel sollen im Stadtbild möglichst nicht auffallen.

Auch das Bewusstsein für schädliche Umwelteinflüsse durch Verkehr, wie Lärm oder Abgase, wächst, ebenso wie die Kritik am hohen CO₂-Ausstoß unserer Verkehrsmittel. Dies führt zwar auch zu einem gesteigerten öffentlichen Interesse an der Problematik, aber die meisten Lösungsansätze stecken noch in den Kinderschuhen und sind auf sehr spezielle Einzelaspekte der Gesamthematik Mobilität fokussiert.

Im Rahmen unseres Projektseminars zum Thema „Mobilität in der Stadt“ haben wir die Herausforderungen untersucht, mit denen Mobilitätskonzepte der Zukunft konfrontiert werden. Dieser Bericht fasst unsere Ergebnisse zusammen und ist wie folgt gegliedert:

In Kapitel 1 stellen wir die in unseren Augen vorrangigen Probleme vor, die sich aus den oben geschilderten Anforderungen ergeben. Kapitel 2 untersucht einige Ideen und Konzepte, die bereits heute zur Lösung von Teilproblemen zur Anwendung kommen, zeigt aber auch deren Grenzen auf. Als ein mögliches umfassendes Mobilitätskonzept der Zukunft stellen wir in Kapitel 3 den *People Mover* vor.

1 Gegenwart – Die Probleme in der heutigen Zeit

Zunächst gilt es, den Status quo zu ermitteln und zu untersuchen. Was sind die Probleme, die es heutzutage gibt, und was sind die Ansprüche, die an ein Mobilitätskonzept gestellt werden? Um dies herauszufinden, sprachen wir mit Experten und stellten eigene Recherchen an. Die Ergebnisse sind in diesem Kapitel zusammengefasst.

1.1 Demographie

Untersucht man das Mobilitätsverhalten der gesamten Bevölkerung, so ist offensichtlich, dass dieses zu einem großen Teil von der Struktur ebendieser Bevölkerung abhängt. Diesen Aspekt wollen wir im Folgenden etwas näher beleuchten.

Dass die Bevölkerung altert ist keine Frage, auch in Großstädten zeichnet sich dieser Trend deutlich ab. Dies hat verschiedenartige Einflüsse auf die Gestaltung von Mobilität, die zunehmend ins Bewusstsein rücken. So hat beispielsweise die Studie *Mobilität in Deutschland (MiD)* dem Thema „Demographischer Wandel“ ein gesondertes Kapitel gewidmet und auch im *Mobilitätspanel Deutschland* spielen Demographiefragen eine zunehmende Rolle.

Welche Effekte ergeben sich nun aus der sich verändernden Bevölkerungsstruktur? Zunächst sind ältere Menschen im Durchschnitt deutlich weniger mobil als jüngere. Ab einem Alter von ca. 50 Jahren sinken sowohl die Mobilitätsquote (der Anteil der Menschen, der an einem gegebenen Tag das Haus verlässt) als auch die Anzahl und Länge der zurückgelegten Wege (siehe Abbildung 1). Dies mag auf den ersten Blick so wirken, als würde das Problem von Mobilität in der Stadt mit einer alternden Bevölkerung sogar kleiner, dieser Gedanke greift jedoch in mehreren Punkten zu kurz:

Zunächst ist es aus gesellschaftlicher und gesundheitlicher Sicht wünschenswert, die Mobilität gerade von älteren Menschen zu fördern. Schließlich steht Mobilität in unmittelbarem Zusammenhang mit Teilhabe am gesellschaftlichen Leben und macht einen großen Teil der alltäglichen körperlichen Bewegung aus. Für eine gesunde, lebendige Gesellschaft spielt Mobilität, gerade älterer Bevölkerungsgruppen daher eine große Rolle. Diese spiegelt sich auch verstärkt im tatsächlichen Verhalten wider, wie in der *MiD*-Studie deutlich wird, die Daten von 2002 und 2008 vergleicht:

In keiner Bevölkerungsgruppe ist die Mobilitätsquote in diesem Zeitraum deutlicher gestiegen, als unter den über 50-jährigen. Auch die Anzahl und Länge der zurückgelegten Wege steigt in dieser Bevölkerungsgruppe so stark wie in keiner anderen, so legten etwa 65- bis 74-jährige 2008 bereits 14 % mehr Wege zurück als noch sechs Jahre zuvor. Dies führt dazu, dass trotz der alternden Bevölkerung der gesamte Bedarf nach Mobilität

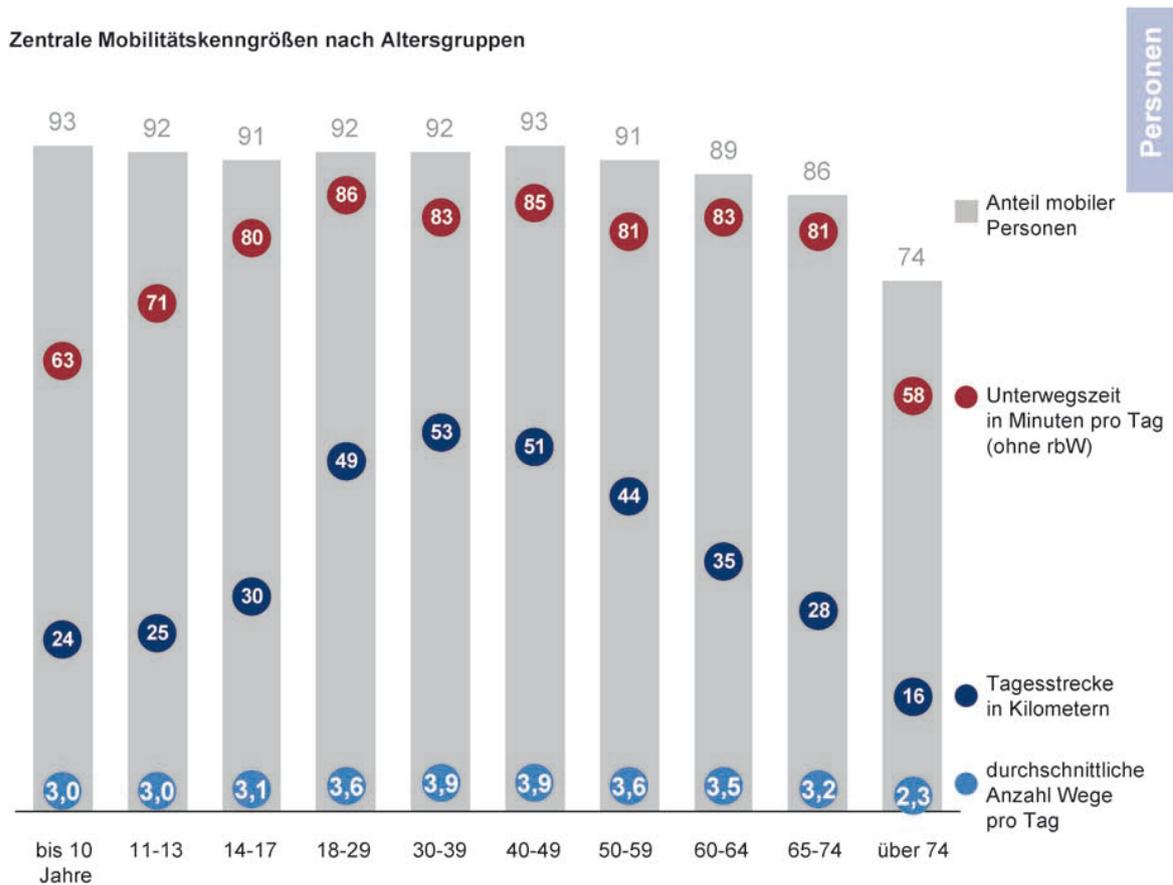


Abb. 1: Mobilitätsquote nach Alter (aus [4])

keineswegs sinkt, sondern weiterhin deutlich steigt. Hinzu kommt, dass der Wandel der Bevölkerungsstruktur zu problematischen Entwicklungen im Modal Split, also der Wahl des Verkehrsmittels, führt (Abbildung 2):

Jugendliche bis 17 Jahre gehören mit ihrem Mobilitätsverhalten zu den umweltfreundlichsten Bevölkerungsgruppen, die Nutzungszahlen von öffentlichem Verkehr und Fahrrad sind hier so hoch wie in keiner anderen Altersgruppe, aber auch unter den jungen Erwachsenen im fähigen Alter ist der Anteil der im eigenen Auto gefahrenen Strecken insbesondere in Großstädten sehr gering. Der Anteil der jungen Menschen, die einen Führerschein besitzen, sinkt sogar.

Ein anderes Bild bietet sich, wenn man nun wieder ältere Bevölkerungsgruppen ins Auge fasst: Zwar ist auch hier der Anteil der Wege, die zu Fuß oder im öffentlichen Verkehr zurückgelegt werden, nach wie vor hoch, immer mehr ältere Menschen nutzen jedoch ihr Auto. Unter den heutigen Senioren gibt es noch einige, die nie einen Führerschein besaßen, der überwiegende Teil der „nachwachsenden Senioren“ jedoch ist schon sein Leben lang Auto gefahren und ändert dies auch im Alter nicht.

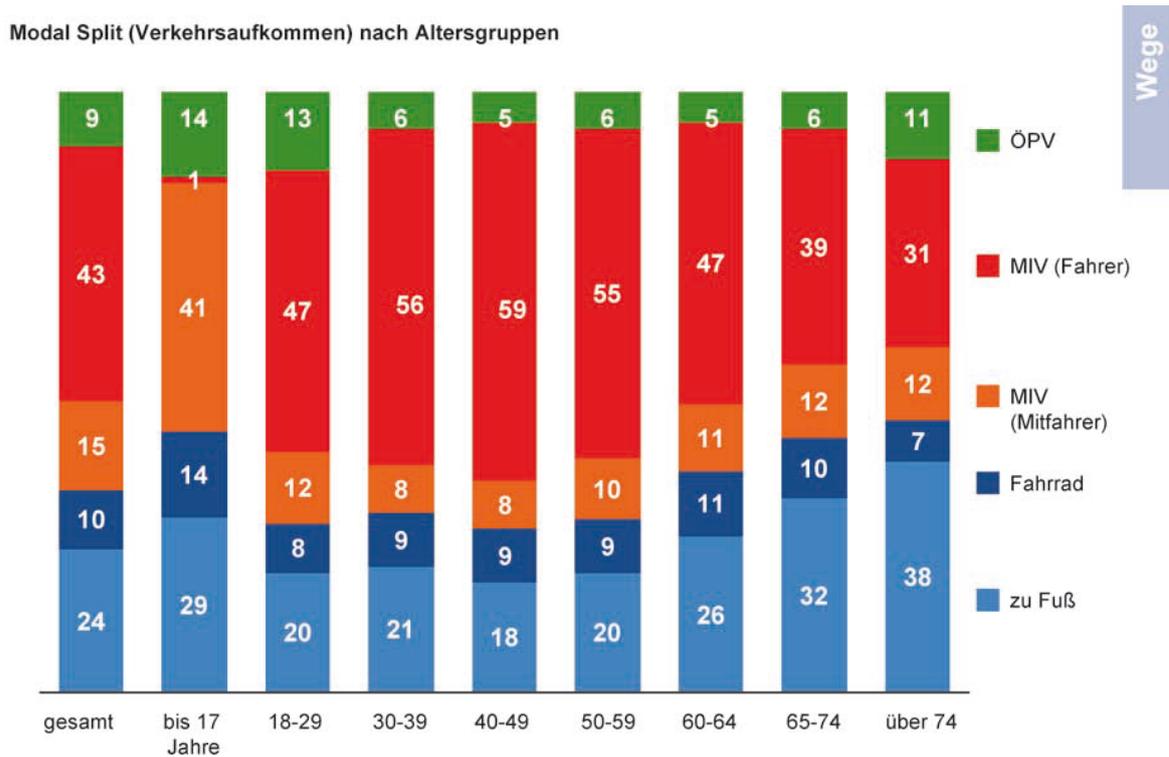


Abb. 2: Modal Split nach Alter (aus [4])

Diese gegenläufigen Entwicklungen führen also dazu, dass der sich durchsetzende Wandel in der Mobilitätskultur junger Großstädter noch nicht im zu erwartenden Maße auf das Gesamtbild durchschlägt und der Anteil des motorisierten Individualverkehrs ohne zusätzliche Maßnahmen auf absehbare Zeit sehr hoch bleiben wird. Die älteren Bevölkerungsgruppen hingegen werden sich nur überzeugen lassen, ihr gewohntes Verkehrsmittel, das Automobil, zugunsten etwa des öffentlichen Verkehrs aufzugeben, wenn dieser auch für sie bequemen und unkomplizierten zu nutze ist. Eine solche Barrierefreiheit ist bisher jedoch leider noch nicht überall gegeben.

1.2 Der Platz in Städten wird knapp

Die zweite Herausforderung, der sich ein modernes Mobilitätskonzept neben der Bevölkerungsentwicklung stellen muss, ist der knapper werdende Platz in Städten.

Urbanisierung beziehungsweise Landflucht sind längst keine unbekanntenen Begriffe mehr, immer mehr Menschen streben vom Land in die Ballungsräume und zunehmend auch aus dem direkten Umland zurück in die Großstädte. Dichte Bebauung macht ebenerdige Flächen zu einem kostbaren Gut. Doch genau auf diesen Flächen findet der Großteil der Fortbewegung statt.

Laut statistischem Bundesamt wurden im Jahre 2009 rund 38 % der gesamten Siedlungs- und Verkehrsfläche in Deutschland für den Verkehr genutzt. Verkehrsreiche Straßen durchschneiden Städte, schränken Fußgänger in ihrer Bewegung ein und führen dazu, dass Verkehrsflächen vielerorts das Stadtbild dominieren und erheblichen Einfluss auch auf die Mobilität von Menschen nehmen, die diese überhaupt nicht unmittelbar selbst nutzen.

Wie lässt sich also der Flächenbedarf unseres Verkehrs reduzieren und so mehr Raum für Lebensqualität schaffen? Eine naheliegende Lösung ist, den Verkehr einfach auf einer anderen Ebene stattfinden zu lassen. Erhöhte Straßen sind jedoch selten und begegnen den angesprochenen Problemen aus offensichtlichen Gründen (z. B. Schattenwurf, Schallemissionen, ...) oft nicht zufriedenstellend.

Den umgekehrten Ansatz einer unterirdischen Streckenführung vertrat in den 1930er Jahren in Frankreich die Bewegung *Urbanisme Souterrain*. Tatsächlich wurden Mitte des 20. Jahrhunderts beispielsweise in Paris verschiedene Projekte in dieser Richtung verfolgt, wobei besonders der Einkaufskomplex *Les Halles* und der Stadtteil *La Defense* zu nennen sind. Im Büroviertel *La Defense* etwa wurde jeglicher motorisierter Verkehr (öffentlich wie individuell) sowie Bahnhöfe und Parkraum zugunsten einer 40 Hektar großen Fußgängerzone in den Untergrund verlegt. In großem Maßstab erscheint jedoch eine unterirdische Führung aller Straßen finanziell nicht zu stemmen, und auch aus anderen (z.B. geologischen) Gründen nicht immer umsetzbar. Insgesamt stellt dieses Konzept also keine Lösung des Platzproblems für die gesamte Stadt dar.

Auch zwischen den verschiedenen Verkehrsmitteln gibt es große Unterschiede, was den Platzverbrauch betrifft: So nimmt die gleiche Anzahl Personen, die jeweils allein oder zu zweit im Auto sitzen, bedeutend mehr Platz in Anspruch, als in einem Bus oder auf einem Fahrrad. Dies demonstriert der österreichische Verein *fairkehr.net* immer wieder mit Hilfe von *Gehzeugen* (Gestellen, die zeigen sollen, wie viel Raum ein einzelnes Auto einnimmt), Abbildung 3 zeigt eine solche Aktion.

Unabhängig vom fließenden Verkehr existiert allerdings noch ein zweiter großer Flächenverbraucher: parkende Autos. Eine Parkplatz hat nach verbreiteter Bemessung eine Größe von circa $5\text{ m} \times 2,3\text{ m}$ und verbraucht damit $11,5\text{ m}^2$. Nimmt man noch Anfahrtswege für die Parkplätze hinzu kommt man so auf erstaunlich hohe Flächenzahlen. Zudem sind Parkplätze so bemessen, dass sie von Fahrzeugen aller Größen verwendet werden können, weswegen oft auch in Städten verbreitete Kleinwagen ebensoviel Parkraum verbrauchen wie größere Automobile. Auch in Städten sind Parkplätze meist ebenerdig und verbrauchen damit wertvolle Freifläche. Eine bessere Lösung stellen Seitenstreifen dar, bei denen der Anfahrtsweg wegfällt und nur der Platz verbraucht wird, den das Auto benötigt. Aber auch hier bleibt der ebenerdige Flächenverbrauch hoch, zudem werden vollgeparkte

1 Gegenwart – Die Probleme in der heutigen Zeit

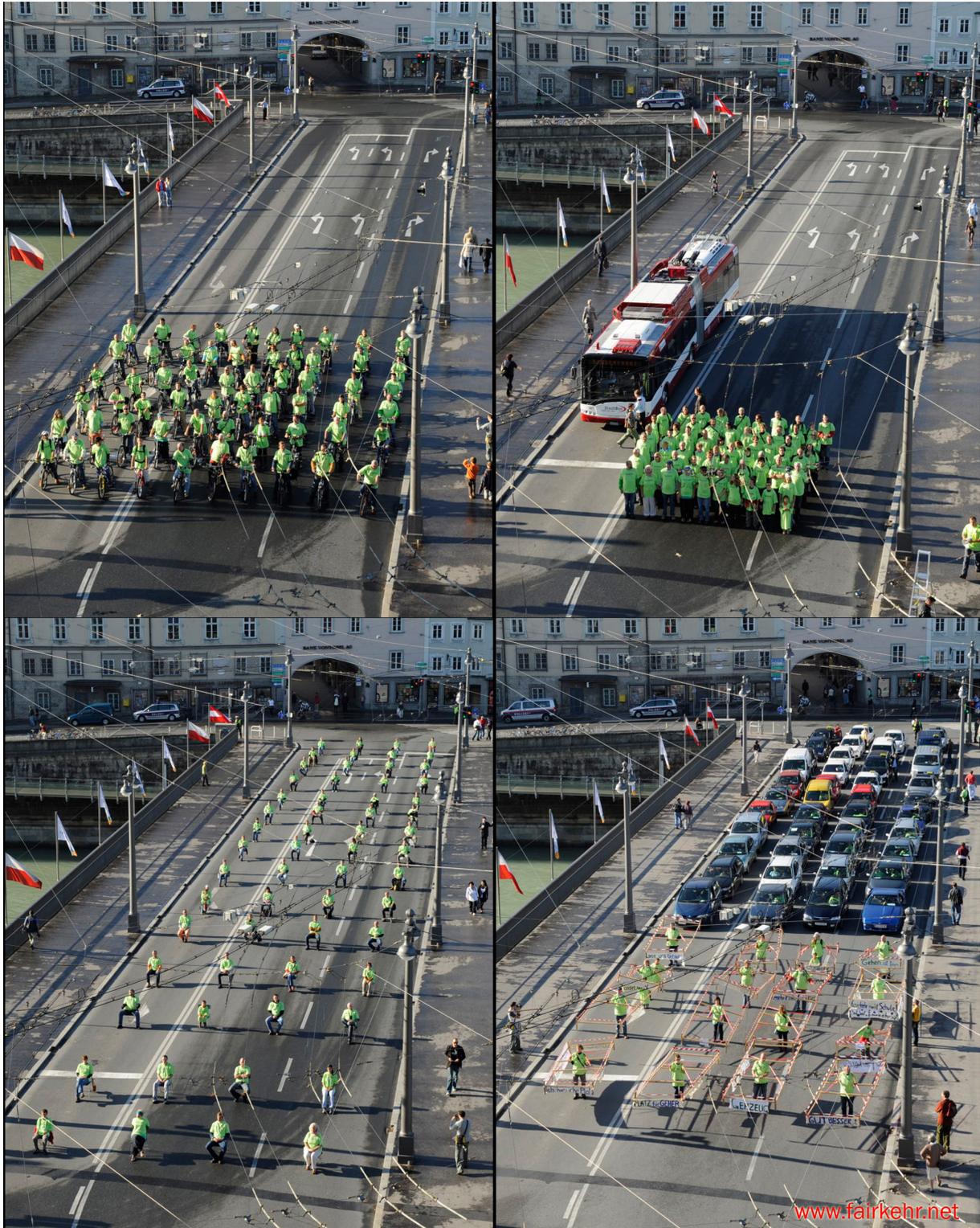


Abb. 3: Visualisierung des Platzverbrauches auf der Salzburger Staatsbrücke durch den Verein *fairkehr.net*. Dargestellt ist der Verbrauch von jeweils 60 Personen (im Uhrzeigersinn): auf Fahrrädern, in einem Bus und in Autos (einmal mit und einmal ohne “Hülle”)

Seitenstreifen oft als unschön empfunden und stellen eine zusätzliche Barriere dar.

1.3 Umweltverträglichkeit

Die dritte große Herausforderung an unsere Mobilität stellt die Beeinträchtigung einer gesunden Umwelt dar. Neben Natur und Atmosphäre leidet auch der Mensch direkt und indirekt unter den Auswirkungen der Umweltverschmutzung, die vorrangig durch den Straßenverkehr verursacht wird. Verkehrsbedingte Schadstoffemissionen sind die größte Quelle intra-urbaner Luftschadstoffe in vielen Städten. Zu diesen Schadstoffen zählt nicht nur das klimaschädliche Kohlenstoffdioxid (CO_2), sondern auch Kohlenstoffmonoxid (CO), Stickoxide (NO_x), Feinstaub, Benzol, Formaldehyd und viele mehr. Jede dieser Substanzen erzeugt wieder auf sekundären Wegen weitere Schadstoffe wie Ozon (O_3), sekundäre Aerosole (wie Nitrate) sowie organische und anorganische Säuren, die negative Auswirkungen sowohl auf die Natur als auch die Gesundheit des Menschen haben. Aber nicht nur die Verbrennungsrückstände, sondern auch nicht-verbrennungsbedingter Feinstaub (z.B. von Bremsen oder Reifenabrieb) sind ein Problem. Zwar wurden (vor allem in den Industriestaaten) bereits eine Reihe von Maßnahmen ergriffen um den Schadstoffausstoß von Fahrzeugen zu reduzieren, jedoch steht diesen einerseits die Zunahme der Anzahl der Fahrzeuge entgegen und andererseits ein spezielles Problem des Stadtverkehrs, das die Wirksamkeit beispielsweise des inzwischen weit verbreiteten drei-Wege-Katalysators, der bei Benzin-Fahrzeugen einen Großteil der Schadstoffe in weniger schädliche Stoffe umwandelt, einschränkt: Dieser benötigt ca. eine Minute um durch die Abgase auf Betriebstemperatur zu kommen und ist bis dahin praktisch wirkungslos. Ein erheblicher Anteil der Abgase der meist kurzen Stadtfahrten verlässt das Fahrzeug also in seiner ursprünglichen Form. Eine weitere in diesem Falle ungünstige Eigenheit der Stadt ist es, dass hier auf sehr kurzem Raum viel Verkehr, und damit auch verkehrsbedingte Schadstoffe, und Menschen konzentriert sind.

Obwohl noch nicht abschließend geklärt ist, welche gesundheitlichen Schäden sich in welchem Maße auf Verkehrsemissionen zurückführen lässt, so kann doch als gesichert gelten, dass Verkehrsschadstoffe das Asthma verstärken, auch legen existierende Studien nahe, dass ein Zusammenhang zu Asthmaerkrankungen im Kindesalter, nichtasmatischen Atemwegserkrankungen, Reduktion der Lungenfunktion sowie einer Erhöhung der Gesamt- und der kardiovaskulären Mortalität sowie der kardiovaskulären Morbidität und Verkehrsemissionen besteht. Auch werden Zusammenhänge zu weiteren Krankheiten vermutet [7].

Neben Abgasen gehört auch Lärm zu den größten Umweltverschmutzern. Der Arbeits-

ring Lärm der Deutschen Gesellschaft für Akustik benennt den Straßenverkehrslärm als „bedeutendste Lärmquelle in der Bundesrepublik Deutschland“ [1]. Die Folgen sind für den menschlichen Organismus schädlich: Die sogenannten extra-auralen Lärmwirkungen (Auswirkungen von dauerhaftem, lästigem Lärm) sind psychische Belastung, Ausschüttung von Stresshormonen, Konzentrations- und Schlafstörungen sowie in Extremfällen Gehörschäden. Die Ausschüttung von Stresshormonen führt außerdem zu einer Belastung des Nerven- und Herzkreislaufsystems. Eine vielbefahrene Straße vor dem Haus kann also ernsthafte gesundheitliche Folgen haben und die Lebensqualität mindern.

Nicht nur für den Menschen ist Lärm schädlich. Das Bundesamt für Naturschutz erklärte im Jahr 2000 beispielsweise, dass auch Tiere erheblich unter Lärm leiden [11]. Neben Verhaltensänderungen und Gehörschäden kann auch das Fortbestehen einiger Arten durch Lärm gefährdet werden. Denn „wenn Vögel, Frösche, Heuschrecken und Wale ihre Werbesänge nicht mehr hören können, sinkt auch ihr Bruterfolg“. Der Lebensraum für viele Tierarten wird daher auch vom Lärm beeinflusst.

2 aktuelle Lösungsversuche

2.1 Flächenverbrauch

2.1.1 Parkplätze

Bereits gewöhnliche Parkhäuser reduzieren den Verbrauch ebenerdiger Flächen für Parkraum erheblich. Automatische Parkhäuser können diese noch effizienter nutzen. Autos werden einem Parksystem übergeben, das sie automatisch in Regale platziert. Dadurch fällt der Flächenverbrauch für Anfahrtswege weg, man bekommt also auf weniger Raum deutlich mehr Fahrzeuge unter. Ein solches System steht beispielsweise in der Donnersberger Straße in München. Nachteile eines solchen Systems sind die hohen Wartungskosten sowie Kosten im laufenden Betrieb und die Gefahr eines Systemausfalls. Lohnenswert sind sie also nur als nachträgliche Ergänzung an Orten, an denen durch bestehende Bebauung ansonsten kein Parkhaus möglich wäre. Der Geschäftsführer eines Entwicklers solcher Garagen, die *GIVT AG*, bestätigte uns, dass man mit diesem System zwar schlechte Stadtplanung kompensieren kann, die Akzeptanz bei normalen Parkhäusern aber im allgemeinen höher ist.

Experimente mit Vierteltiefgaragen (also einer großen Tiefgarage für ein ganzes Viertel) haben laut *GIVT AG* gezeigt, dass es bei Parkhäusern für die Akzeptanz grundlegend ist, dass die Entfernung zum eigentlich Zielort nicht zu groß wird. Mehrere kleine verteilte Tiefgaragen könnten wegen der besseren Akzeptanz also eher helfen, das Platzproblem in den Städten zu lindern.

Auch in Zürich hat man sich dieses Problems angenommen. Im Züricher Verkehrskonzept [15] ist Zahl der innerstädtischen Parkplätze auf das Niveau von 1990 festgeschrieben. Auch ist explizit die Möglichkeit vorgesehen, auf „städtebaulich empfindlichen Plätzen und Strassen“ oberirdische Parkplätze durch unterirdische Parkmöglichkeiten zu ersetzen. So werden einerseits Autofahrer durch ein geringes Parkangebot aus der Stadt ferngehalten, andererseits verbrauchen die vorhandenen (unterirdischen) Parkflächen nur wenig Raum.

2.1.2 Stadt der kurzen Wege

Die Platzansprüche des fließenden und ruhenden Verkehrs stehen in direkter Konkurrenz zum Platzbedarf von städtischen, sozialen oder gewerblichen Einrichtungen. In unseren Gesprächen mit Frau Düll-Buchecker (TU München, Lehrstuhl für Stadtraum und Stadtentwicklung) und Frau Prof. Gerike (TU München, Lehrstuhl für Verkehrstechnik) haben wir einige interessante Methoden kennen gelernt.

2 aktuelle Lösungsversuche

Ein wichtiges Konzept, dessen man sich bei der Neugestaltung eines Viertels gerne bedient, ist die „Stadt der kurzen Wege“. Die Idee dabei ist, die Stadt so zu gestalten, dass die Einwohner möglichst alle Einrichtungen der Nahversorgung in unmittelbarer Nähe ihres Wohnortes vorfinden. Quantifiziert werden kann diese Bestrebung über die sog. „Bindungsquote“, die die Relation aus Kaufkraft und Umsatz in einem Gebiet angibt. Ideal wäre es, die Bindungsquote überall in etwa bei 1 zu halten, so dass der Großteil der Bedürfnisse der Einwohner direkt vor Ort befriedigt werden können. So ließe sich der motorisierte Verkehr deutlich reduzieren, weil kurze Strecken eher gelaufen oder mit dem Fahrrad bewältigt werden.

Die Schwierigkeit bei der Umsetzung liegen jedoch auf der Hand: In einer Stadt, die nach und nach gewachsen ist und nicht auf dem Reißbrett entstand, haben sich gewisse Strukturen nach und nach entwickelt, die sich schwer umkehren lassen: Meist gibt es ein großes Ladenzentrum, während sich in den Wohngebieten kaum Geschäfte befinden. Die Bindungsquote ist in diesen Gebieten also kleiner als 1, es „fließt“ Kaufkraft ab und die Bewohner müssen zum Einkaufen erst einen anderen Ort oder Stadtteil aufsuchen.

Natürlich bezieht sich die „Stadt der kurzen Wege“ nicht nur auf Einkaufsmöglichkeiten. Auch Schulen, Arbeitsplätze, Freizeit- und Sporteinrichtungen, Naherholungsgebiete etc. sollten sich möglichst nah am Wohnort befinden. Da viele dieser Einrichtungen aber viel Platz brauchen ist hier die Umsetzung in schon vorhandenen Städten noch diffiziler als es allein schon die Einzelhandelsproblematik ist.

Will man wirklich eine „Stadt der kurzen Wege“ schaffen, so bräuhete man eine große Anzahl dieser Institutionen, die jeweils nur einen kleinen Teil der Stadt versorgen: Um zum Beispiel für alle Einwohner einer Stadt einen Supermarkt in Gehweite ihrer Wohnung bereit zu stellen, müssten viele Läden recht dicht über die Stadt verteilt werden. Das nimmt aber in der Summe mehr Platz in Anspruch, als ein (evtl. größerer) Markt, den dafür einige Bürger nur mit dem Auto erreichen können.

Es ist nicht einfach, auf eine so zwiespältige Fragestellung eine befriedigende Antwort zu finden. Der Konkurrenzkampf um den Platz in der Stadt ist eine komplexe Aufgabenstellung und eines der größten Probleme der Städte in der heutigen Zeit.

2.2 Individualverkehr

Immer mehr Menschen möchten immer weitere Strecken zurücklegen und sich dabei möglichst schnell, flexibel und individuell bewegen können. Viele Autos sind nur mit wenigen Personen besetzt, selbst bei Freizeitwegen, die oft gesellig zurückgelegt werden, sind Pkws durchschnittlich mit weniger als zwei Personen besetzt (Abbildung 4). Für die Zwecke Arbeit und "dienstlich", die zusammen knapp ein Drittel der gesamten Verkehrsleistung ausmachen, liegt der Wert sogar nur ganz knapp über eins. Ausgelegt sind die meisten Fahrzeuge hingegen auf vier bis fünf Personen, sowohl der Antrieb als auch der Platzverbrauch der Fahrzeuge wird also äußerst unökonomisch genutzt. Die Städte werden durch unnötigen Lärm und Abgase verschmutzt und in Stoßzeiten kommt es zu Überlastungen und Staus.

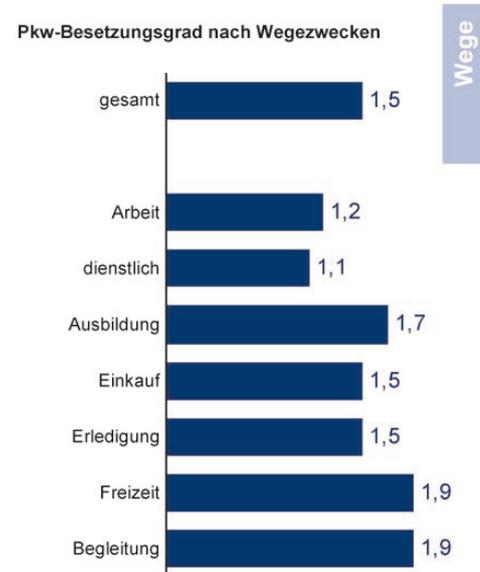


Abb. 4: mittlerer Besetzungsgrad von Pkws (aus [4])

Im Folgenden wollen wir daher einige Ansätze vorstellen, die dazu beitragen können, die Anzahl privater Automobile, die in Städten unterwegs sind, zu reduzieren.

2.2.1 Stärkung des öffentlichen Nahverkehrs und des nichtmotorisierten Verkehrs

Der öffentliche Personennahverkehr ist der stärkste Gegenpol zum individuellen Automobilverkehr und soll ihn zusammen mit dem nichtmotorisierten Verkehr (z.B. Fahrradverkehr) im Idealfall in der Stadt völlig ersetzen. Trotz Wachstums in letzter Zeit erreichen die öffentlichen oder nichtmotorisierten Fortbewegungsarten nur aber geringe Weganteile (siehe Abbildung 5).

Es gibt einige Versuche (unter anderem von Winfried Wolf, Hermann Knoflacher, Heiner Monheim oder Frederic Vester), diesen Widerspruch zwischen Anspruch und Wirklichkeit aufzulösen, die zu vier Thesen geführt haben, um die nach wie vor schwache Bedeutung des öffentlichen Verkehrs zu erklären [18]:

Einseitiges Lobbying Kurz nach der Einführung des Automobils erhielt es Sonderrechte auf den vorher von allen genutzten Wegen. Im Jahre 1959 kam gar der Begriff der *Autogerechten Stadt* auf, in der sich alle Planungsmaßnahmen dem Auto unterordnen

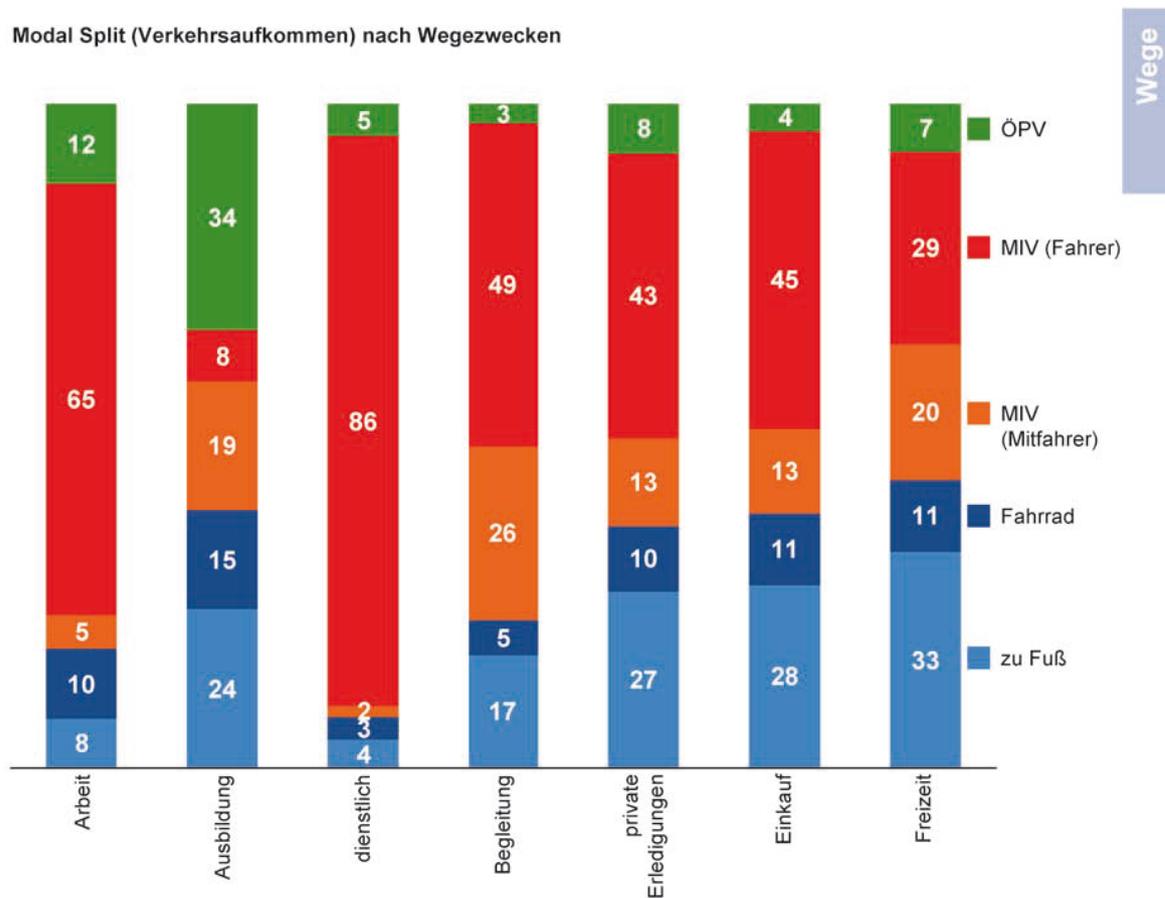


Abb. 5: Der Modal Split nach Wegart (aus [4])

sollten. Der Verkehrsfluss wurde zum Nachteil für andere Fortbewegungsarten für Autos optimiert. Diese andauernde Bevorzugung schlägt sich bis heute in der Verteilung der öffentlichen Gelder nieder, die vor allem in den Automobilverkehr gesteckt werden.

Das Problem der Bevorzugung des Autos ist leider inzwischen in den Köpfen der Menschen weit verankert und wird meist einfach hingegenommen. Ein radikales Vorgehen wäre, das Auto bei jeder verkehrstechnischen Planung grundsätzlich auf die niedrigste Priorität zu setzen und vor allem die Rad- und Fußwegen zu optimieren. Dies wäre aber in den meisten Fällen weder vermittelbar noch durchsetzbar. Dennoch gibt es erste Versuche die Gleichstellung von motorisiertem Verkehr und Rad- beziehungsweise Fußgängern wiederherzustellen, zum Beispiel das *Shared Space*-Konzept (siehe Abschnitt 2.3). In diesem Punkt hat besonders die Stadt Zürich viel getan und das Auto auf vielen Innenstadtstraßen zugunsten von Fußgängern und besonders Radfahrern verboten, sowie den Ausbau von Parkplätzen gestoppt.

Gesetz der Zeitkonstanz Die Entscheidung, ob eine Strecke zurückgelegt wird, hängt allein von der Dauer ab. Die Entfernung spielt keine oder nur eine untergeordnete Rolle. Schnellere Verkehrsmittel führen also insgesamt meist nicht zu einer Zeitersparnis, sondern zu längeren Wegen. Da zur Bewältigung der so entstandenen längeren Wege das schnellste Verkehrsmittel genutzt wird, hat der langsamere Verkehr automatisch einen Nachteil. Wird der ÖPNV also nicht im gleichen Maße ausgebaut wie der Autoverkehr, so dass er trotz Wartezeiten schneller als der Autoverkehr ist, wird seine Bedeutung abnehmen. Der nichtmotorisierte Verkehr kann dem meist wenig entgegensetzen, da seine Geschwindigkeit stark limitiert ist. Außerdem bedeuten längere Wege ein erhöhtes Verkehrsaufkommen, wodurch vorhandene Kapazitäten schneller ausgeschöpft werden.

Kurze Wege in einer Stadt haben mehrere Vorteile. Zum Beispiel sinkt die Verkehrsbelastung, alternative Verkehrsmittel wie das Fahrrad werden attraktiver und die Zersiedelung schreitet nicht so stark voran. Nicht umsonst existiert seit den 1980er Jahren ein Stadtplanungskonzept, das sich "Stadt der kurzen Wege" nennt (siehe Kapitel 2.1.2). In einer Stadt der kurzen Wege muss es möglich sein auch lokal alle Bedürfnisse (Freizeit, Einkauf, Arbeit...) zu erfüllen, ansonsten funktioniert das Konzept nicht. Da sich der Markt den Gegebenheiten anpasst und es nach der zweiten These zu immer längeren Wegen gekommen ist, ist dies heute oft nicht mehr der Fall. In vielen Städten entstehen so beispielsweise Einkaufszentren fern der Innenstadt (in München wären hier etwa die Riem Arcaden, die Pasing Arcaden oder das Einkaufszentrum am Giesinger Bahnhof zu nennen). Diese Einkaufszentren werden in kurzer Zeit per PKW angefahren und verursachen einen Rückgang der Frequentierung eben jener lokalen Märkte, die für eine Stadt der kurzen Wege notwen-

dig wären. Sorgt man nun durch eine Verlangsamung der Verkehrsmittel dafür, dass die Menschen nicht mehr bereit sind zu den Einkaufszentren zu fahren, werden sich wieder lokale Anbieter etablieren. Allerdings wird es kaum möglich sein zu vermitteln, dass man nun länger zu Orten brauchen soll, die man früher schnell erreichen konnte. Auch gäbe es in einer Übergangsphase durch die großen Entfernungen eine Unterversorgung. Die bereits gebauten Einkaufszentren verlören an Einzugsgebiet und könnten unrentabel werden, was einen enormen wirtschaftlichen Schaden bedeuten würde. Es muss in Zukunft also in erster Linie vermieden werden, dass der innerstädtische motorisierte Individualverkehr noch schneller wird.

Angebot schafft Nachfrage Ähnlich zum Gesetz der Zeitkonstanz verursacht auch ein Überangebot an Straßen ein höheres Verkehrsaufkommen, ein Unterangebot kann hingegen den Verkehr senken. So wurde beispielsweise 1993 die Donnersberger Brücke in München saniert. Die Brücke zählte zu diesem Zeitpunkt mit täglich 150.000 Autos zu den verkehrsreichsten Überführungen Europas. Die Teilspernung, so befürchtete man, würde ein Verkehrschaos nach sich ziehen. Staus oder sonstige Probleme blieben allerdings aus, stattdessen zählte man 7000 Autos weniger (die teilgesperrte Donnersberger Brücke und Umgehungsstraßen zusammengenommen). Ähnliches konnte bei einer Sperrung der Inntalautobahn 1990 beobachtet werden. Umgekehrt stieg der Autoverkehr in Wien nach kurzem Abfall langfristig, nachdem dort eine Umgehungsautobahn zur Entlastung der Innenstadt gebaut wurde, da die neuen Kapazitäten die Innenstadt für Autofahrer wieder attraktiver machte. Aufgrund des nach einem Straßenausbau entstehenden Eindrucks, dass die momentane Straßeninfrastruktur immer noch nicht ausreichend ist, werden noch mehr Gelder in den Ausbau investiert und der Autoverkehr steigt weiter. Ähnliches kann aber auch beim öffentlichen Nahverkehr beobachtet werden: nach einem Netzausbau steigen oft auch die Fahrgastzahlen [10].

Der öffentliche Nahverkehr muss folglich nicht trotz, sondern genau weil seine Bedeutung gegenüber dem Straßenverkehr niedriger ist, einen größeren Anteil Investitionen erhalten. Auch die Investitionen für Fahrrad- und Fußwege muss höher ausfallen. Dadurch könnte man deren Fahrgast- beziehungsweise Nutzerzahlen auf Kosten des Straßenverkehrs erhöhen. Reduziert man außerdem noch die Anzahl der Straßen und ersetzt sie zum Beispiel durch Radwege oder Fußgängerzonen, wird der Straßenverkehr nach der dritten These niedriger ausfallen. Die Akzeptanz für ein solches Vorgehen ist aber natürlich nicht sehr hoch, da in erster Linie der Komfort einer individuellen (motorisierten) Mobilität verloren geht. Auch müssen für Warentransporte (zum Beispiel nach dem Einkauf) ausreichend Alternativen im öffentlichen Nahverkehr bereitstehen. Investitionen in Straßen oder gar Straßenneubauten sollten aber dennoch wohlüberlegt sein.

Fehlende Kostenwahrheit Die Kosten für Straßen und Parkplätze müssen fast alleine durch Steuern finanziert werden. Auch durch Umweltbelastungen, Unfälle und ähnlichem verursachte Kosten müssen früher oder später mit Steuern gedeckt werden. Diese Kosten, die nicht vom Verursacher direkt sondern von der Allgemeinheit bezahlt werden, heißen externe Kosten. Alleine beim Personenverkehr entstehen bei PKWs 76 € pro 1000 Personenkilometer externe Kosten. Bei der Schiene sinkt dieser Wert auf lediglich 22,9 € pro 1000 Personenkilometer. Beim Warenverkehr zeigt sich ein ähnliches Bild: Auf der Straße muss man für 1000 Tonnenkilometer 87,8 € bezahlen, auf der Schiene kostet das nur 17,9 € ([14]). Momentan ist der Betrieb eines Autos allerdings noch günstiger, als er zur Kostendeckung sein müsste. Um diese Kosten zu decken, müsste also entweder die Kfz- oder die Mineralölsteuer erhöht werden. Diese indirekte Subventionierung führt natürlich zu einem Anstieg des Autoverkehrs gegenüber den anderen Verkehrsarten, bei denen die externen Kosten zumindest weniger stark ausfallen. Bei kostendeckender (fairer) Besteuerung, besonders unter Berücksichtigung der Umweltkosten sowie anderer externer Kosten, ist der Schienenverkehr dem Auto sowohl für den Waren- als auch für den Personentransport im Preis deutlich überlegen.

Eine Anpassung der Steuersätze könnte die Kostenwahrheit wieder herstellen. Im Falle der Mineralölsteuer müsste diese allerdings in Absprache mit den Grenzländern vollzogen werden, um keinen unnötigen Grenzverkehr beim Tanken zu erzeugen. Eine reine Anpassung der Kfz-Steuer benachteiligt wiederum Wenigfahrer in einem unfairen Maße. Auch gehört eine solche Anpassung sicher nicht zu den populärsten Schritten, auch da viele Bürger auf den motorisierten Individualverkehr angewiesen sind. Bevor also keine Struktur geschaffen wurde, die das Auto nur zu einer Alternative unter vielen macht, wird eine solche Anpassung nicht möglich sein. Ohne diese Anpassung wird der Ausbau der Alternativen zum Auto aufgrund ihrer scheinbaren Mehrkosten allerdings verzögert.

Zusammenfassung Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der öffentlichen Nahverkehr und der nichtmotorisierte Verkehr vor allem mittels sogenannter *Push-and-Pull* Ansätze gefördert werden kann. Das heißt die Nutzung von nichtfavorisierten Verkehrsmitteln wie Autos muss erschwert werden, ohne unmöglich gemacht zu werden (*Push*). Möglichkeiten wären hier Tempolimits, Verringerung der Infrastruktur (z.B. durch den Bau von Fußgängerzonen), Sonderzahlungen, Parkgebühren und vieles mehr. Die Nutzung der favorisierten Verkehrsmittel hingegen muss erleichtert werden (*Pull*). Dies kann durch bessere Infrastruktur, besseren Service, Geldvorteile, Sonderrechte etc. erreicht werden.

Im Rahmen des Projektseminars haben wir uns als Beispiel für einen besseren Service mit einem optimierten Informationssystem für die Münchner S-Bahn beschäftigt, das in Abbil-



Abb. 6: Vorschlag zu einem möglichen Informationssystem zur Verbesserung des Service. Erste Ansicht



Abb. 7: Vorschlag zu einem möglichen Informationssystem zur Verbesserung des Service. Zweite Ansicht

dung 6 beziehungsweise 7 dargestellt ist und die Nutzung der S-Bahn auch in unbekanntenen Gegenden einfacher machen soll. Zusätzlich zum nächsten Halt zeigt das System einerseits auch die beiden darauffolgenden Halte an und ermöglicht so eine bessere Orientierung. Zudem werden nicht nur die Umsteigemöglichkeiten am nächsten Bahnhof aufgelistet, auch die Anschlusszeiten werden angezeigt. Gemeinsam mit einem Übersichtsplan der Station kann der Fahrgast also bereits im Zug seine Weiterreise planen und muss nicht erst nach dem Ausstieg seinen Weg suchen und die beste Linie zur Weiterfahrt herausfinden.

2.2.2 Radverkehr am Beispiel Zürich

Lösungsansätzen zur Verbesserung des Radverkehrs haben wir uns durch einen Selbstversuch in Zürich genähert. Zürich bietet einen (tagsüber) kostenlosen Fahrradverleih namens „Züri rollt“ an fünf Standorten in der Stadt an. Als Mitarbeiter dieser Verleihstationen sind vor allem Sozialhilfeempfänger mit Migrationshintergrund eingestellt, deren Integration und Deutschkenntnisse durch die kontaktintensive Arbeit verbessert werden sollen.



Abb. 8: Logo an einer Filiale des kostenlosen Fahrradverleihs „Züri rollt“.

Die Fahrräder sind jeweils zu Anfang der Saison fabrikneu und sehr gut ausgestattet. Pro Fahrrad muss man 20 SFr. oder 20 €, sowie Ausweisdaten als Pfand hinterlegen, anschließend bekommt man ein Fahrrad ausgehändigt, das bis 21:30 Uhr an den Ausleihstandort zurückzubringen ist. Ansonsten werden pro Nacht 10 SFr. fällig. Auf den meisten großen Straßen in Zürich existiert kein eigener Fahrradweg auf dem Gehsteig, sondern der Fahrradweg ist auf der Straße aufgemalt, wird aber immer wieder abrupt unterbrochen. Ob der Fahrradverkehr an diesen Stellen auf den Gehsteig umgeleitet oder implizit auf der Straße weitergeführt werden soll, ist nicht zu erkennen. Durch die fehlende Trennung kommt es allerdings oft zu kritischen Abständen zum fließenden Verkehr. Ein Züricher bestätigte uns später, dass die Fahrradwege in Zürich an Stellen, an denen es die Fahrbahnbreite nicht gut zulässt, öfters einfach weggelassen und nach diesen Engstellen weitergeführt werden. Gerade an solchen Engstellen wünscht man sich als Radfahrer aber etwas mehr Abstand zu vorbeifahrenden LKW und Autos. Hier besteht also durchaus Nachbesserungsbedarf, allerdings ist uns ansonsten das dichte Netz der Fahrradwege positiv aufgefallen.

In den Wohnstraßen besserte sich das Bild. Zwar existierten dort Fahrradwege nur an Kreuzungen oder anderen kritischen Stellen, allerdings fiel das aufgrund des geringen

2 aktuelle Lösungsversuche



Abb. 9: Fahrradwege erhalten in Zürich oft einen großen Teil der Straßenfläche und werden gezielt über Kreuzungen geführt.

Verkehrs auch nicht negativ auf. Fahrradfahrer dürfen außerdem im Gegensatz zum motorisierten Verkehr nahezu durch jeden Verkehrsbereich (auch durch die zahlreichen Fußgängerzonen und Einbahnstraßen) fahren.

Mit dem Fahrrad kommt man in Zürich folglich fast immer direkter und unkomplizierter ans Ziel. Fahrräder werden in Zürich als vollwertige Mitglieder des Straßenverkehrs verstanden und dem Auto gleichgestellt. Die Ampeln für Fahrräder sind oft genauso groß wie die für Autos, statt kleinen grün-weißen Fahrradwegweisern gibt es große rote Schilder, die auf die Fahrradrouten aufmerksam machen. Es werden auch Abbiegerspuren und Vorfahrtsschilder für Fahrräder eingesetzt. Dementsprechend ist das Fahrrad in Zürich ein sehr oft genutztes Verkehrsmittel, das in Zürich mit ProVelo (Kanton Zürich) auch einen eigenen Dachverband hat.

Unsere weitere Beobachtung des Radverkehrs führte uns nach Winterthur. Am dortigen Bahnhof fiel uns die ungewohnt große Menge abgestellter Fahrräder auf, die als Beleg dafür dienen kann, wie gut das Fahrrad dort als Verkehrsmittel akzeptiert ist. Auch führt



(a) Fahrräder dürfen auch in Fußgängerzonen fahren.



(b) Fahrräder sind auf der gleichen Hierarchieebene wie Autos.

Abb. 10: Die Bedeutung von Fahrrädern im Raum Zürich

in Winterthur ein Radweg, der auf vielbefahrene Straßen, Ampeln, große Kreuzungen und Umwege verzichtet, quer durch die Stadt zum Bahnhof. Teil dieses Radwegs ist ein Abschnitt, der allein für Fahrradfahrer ausgelegt ist, und mit 3600 € pro Meter Baukosten als teuerster Radweg Europas gilt (Abbildung 11). Teuer hat ihn vor allem der Umstand gemacht, dass Mauern, Hauseingänge und Garagen teilweise abgerissen und neu aufgebaut werden mussten, um Platz für den Weg zu schaffen. Dass er trotzdem existiert zeigt aber, wie wichtig den Zürichern ein schneller Radweg ohne Umwege ist. Seltsam scheint uns aber der Umstand, dass dieser teure Fahrradweg nirgends prominent ausgeschildert wurde. Ohne vorherige Recherche hätten wir den Weg wohl nicht gefunden.

Was Abstellplätze für Räder angeht setzt Zürich wie auch schon im Verkehr das Fahrrad auf eine Stufe mit dem Auto. So existieren neben ausgefallenen Fahrradständerkonstruktionen auch mit Farbe markierte Abstellflächen für Fahrräder. Die Fahrradständer sind wie Parkplätze immer entsprechend ausgeschildert. Außerdem gibt es ähnlich zu den bekannten Tiefgaragen für Autos „Velostationen“ (z. B. auch am Bahnhof in Bülach und im Züricher Hauptbahnhof), in denen ein überwacht abstellen des Fahrrads ermöglicht wird. Diese Velostationen bieten außerdem auch weitere Dienstleistungen wie Reparatur und Vermietung von Fahrrädern an.

Fazit Radverkehr Alles in allem tut die Stadt Zürich also sehr viel, um das Radfahren angenehmer zu gestalten. Dementsprechend viele Fahrradfahrer sind auf den Straßen der Stadt unterwegs. Unserer Meinung nach ist dies ein sehr gutes Konzept, das sich direkt



Abb. 11: Zweispuriger Fahrradweg in Winterthur.

auf das Klima und die Atmosphäre der Stadt positiv auswirkt. Bis auf einige Engstellen an Fahrradwegen gibt es nichts, was uns negativ aufgefallen ist, die Vorteile hingegen sind überwältigend.

2.2.3 Carsharing

Car Sharing gilt gerade in ökologisch orientierten Kreisen als Alternative zum eigenen Auto. In Wirklichkeit ist die Idee aber schon viel älter und lange vor den heutigen Umwelt- und Mobilitätsfragen aufgekommen. Die erste dokumentierte Car Sharing Organisation ist die Selbstfahrergemeinschaft (SEFAGE) in Zürich 1948. Bereits in den 1970er Jahren gab es in Deutschland erste größere Car Sharing Projekte, die allerdings allesamt zum Scheitern verurteilt waren.[17] Diese Situation hat sich aber mittlerweile gewandelt. Schuld daran ist nicht nur die Klima-Debatte. Gerade junge Menschen, die mit Computern und Smartphones aufgewachsen sind, verlieren zunehmend die emotionale Bindung zum Auto, betrachten es eher pragmatisch und legen Wert auf Flexibilität und Variabilität. Aber auch unter diesem Anforderungsprofil macht klassisches Car Sharing keine gute Figur. So muss

man meist bereits vor der Nutzung die Nutzungsdauer kennen. Das Auto einfach noch ein wenig länger nutzen, weil man beispielsweise noch ein wenig bleiben möchte, ist nur möglich, wenn das Auto nicht bereits wieder reserviert worden ist. Ein weiterer Nachteil ist, dass das Auto nur an (wenigen) dafür vorgesehenen Stellen wieder zurückgegeben werden kann. Klassisches Car Sharing kann zwar Menschen Zugriff auf ein Auto geben, ohne selbst eines besitzen zu müssen, flexibel ist es jedoch nicht.

Aus diesem Grund versuchen Autohersteller zunehmend, Car-Sharing-Konzepte anzubieten, die flexibler sind und damit gerade der jungen Generation entgegenkommen. Nach einer einmaligen Registrierung kann der Kunde beispielsweise via Smartphone-App einfach das nächste in seiner Nähe geparkte Fahrzeug buchen und nutzen solange er möchte. Nach erfolgter Nutzung kann der Pkw überall im Geschäftsgebiet auf einem öffentlichen Parkplatz abgestellt werden und steht dem nächsten Nutzer zur Verfügung. Abgerechnet wird dabei nach Nutzungsminuten. Die gefahrene Strecke spielt keine Rolle und auch Sprit und Parkgebühren sind teilweise (beispielsweise in Hamburg) inclusive. Das Konzept befindet sich vielerorts bereits in der Erprobung und wird sehr positiv angenommen. So haben sich in Ulm beispielsweise bereits 20% der Führerscheinbesitzer und sogar 40% der 18-36 jährigen für das Modell *Car2Go* des Herstellers Daimler angemeldet. Eine Umfrage unter 2000 Ulmern ergab sogar, dass sich 39% der befragten vorstellen könnten auf ein eigenes Auto zu verzichten, wenn *Car2Go* zur Dauereinrichtung würde [9].

2.2.4 Autofreie Städte

Autofreie Städte oder Stadtteile brauchen Menschen, die auf das Auto verzichten. Die Frage, wie man Menschen dazu bringen kann, ganz oder zumindest weitestgehend auf das Auto zu verzichten, ist daher eng mit der Frage verbunden, wie Menschen überhaupt ihr Verkehrsmittel wählen. Im Folgenden sollen hier einige Ansätze zur Beantwortung dieser Frage aufgeführt werden (nach [13]).

Kosten-Nutzen-Überlegungen Nach der Rational-Choice-Theorie wird die Verkehrsmittelwahl von objektivierbaren Größen wie Kosten- und Zeitaufwand bestimmt, Einstellungen und Werthaltungen spielen dabei keine Rolle. Die Auswertung einer telefonischen Befragung in München ergab allerdings, dass die Bequemlichkeit den stärksten Effekt auf die Verkehrsmittelwahl hat, gefolgt vom Zeitaufwand. Für die Geldkosten und das Umweltbewusstsein konnte kein signifikanter Effekt nachgewiesen werden, subjektive und nicht quantifizierbare Beweggründe überwiegen also. Dieser Ansatz erscheint daher weniger der Realität gerecht zu werden, sollte hier jedoch der Vollständigkeit halber trotzdem genannt werden.

Wertehaltung Nach dieser Theorie ist die Intention, ein bestimmtes Verkehrsmittel zu benutzen von drei einstellungsbasierten Einflussfaktoren abhängig: der *subjektiven Bewertung der Verhaltensweise* (z. B. Einstellung gegenüber dem Verkehrsmittel), den *subjektiv wahrgenommenen normativen Erwartungen wichtiger Dritter* (z. B. Norm gegenüber Pkw-Nutzung) und der *subjektiv wahrgenommenen Schwierigkeit* (wahrgenommene Verhaltenskontrolle) diese Verhaltensweise auszuführen.

Sozial-kulturelle Dimension Da man sich als Mensch nicht nur in seinem physischen Umfeld sondern auch in seinem sozialen Umfeld fortbewegt, ist durchaus auch eine soziale Dimension der Mobilität nicht zu vernachlässigen. Es lassen sich vier Dimensionen der Mobilität differenzieren: Autonomie, Erlebnis, Status und Privatheit

- **Autonomie** Unter Autonomie wird im mobilitätsbezogenen Sinne die Möglichkeit verstanden, alle räumlichen Ziele gut zu erreichen, an denen die jeweils erwünschten gesellschaftlichen Aktivitäten stattfinden. Nicht in allen Fällen gelingt es dem Automobil allerdings, die Autonomieansprüche am besten einzulösen. Im Nahraum erweist sich nicht selten das Fahrrad oder der Fußweg als dem Automobil überlegen, weil die Suche nach einem Parkplatz entfällt. Das Leitbild der Multimodalität zielt ebenfalls auf eine Steigerung der individuellen Autonomie im Personenverkehr ab. Ein multimodal orientiertes Mobilitätsmanagement strebt dabei eine optimale Verknüpfung der unterschiedlichen Verkehrsträger an.
- **Status** Hier sei als Beispiel die Statusfunktion des Autos oder der Urlaubsreise genannt. Aber auch der bewusste Verzicht auf ein Auto wäre hier denkbar.
- **Erlebnissorientierung** Die stark gestiegene Erlebnisorientierung der heutigen Gesellschaft ist eine der entscheidenden Ursachen für die Zunahme des Freizeitverkehrs und des Ferntourismus. Während Autos in ihren verschiedenen Ausprägungen wie Jeep oder Cabrio sehr leicht einen Erlebnisswert transportieren können, ist das im ÖPNV der uneinheitlichen Nutzerschaft wegen nur schwer möglich.
- **Privatheit** Während es mit dem Auto möglich ist sich in der Öffentlichkeit gleichzeitig privat zu bewegen, können fast alle anderen Verkehrsmittel dies nicht bieten.

Die Low-Cost-These Diese These besagt, dass die Einstellungen besonders dann verhaltensrelevant sind, wenn die Verhaltenskosten gering sind. Eine umweltbewusste Haltung kommt demnach vor allem dann zum Tragen, wenn die Kosten für die Verhaltensänderung zeitlich wie finanziell (subjektiv) gering sind. Da "subjektiv gering" aber sehr schwer zu quantifizieren ist, ist dieser Ansatz plausibel aber schwer überprüfbar.

Autofreie Haushalte heute Dass Haushalte kein Auto haben ist nicht etwa eine revolutionäre Idee unserer Zeit sondern eigentlich der Urzustand des "präautomobilen Zeitalters" und auch heute keineswegs selten! Etwa ein Viertel aller deutschen Haushalte hatte im Jahr 2002 kein eigenes Auto. So kann festgestellt werden, dass der Anteil der autofreien Haushalte mit der Größe der Siedlungen wächst, was vermutlich daran liegt, dass die Dichte des Nahverkehrsnetzes dieselbe und die Verfügbarkeit von Parkraum pro Person genau die entgegengesetzte Tendenz aufweisen. Unabhängig von der Siedlungsgröße lässt sich auch eine deutliche Korrelation zwischen monetären und demographischen Faktoren und dem Besitz von Autos erkennen. So haben sieben von zehn autofreien Haushalten keine erwerbstätige Bezugsperson. Mangel an Geld scheint also die treibende Kraft für den Verzicht auf ein Auto zu sein. Auch Haushalte mit älteren Bezugspersonen haben überdurchschnittlich oft kein eigenes Auto, wohingegen der Anteil autofreier Haushalte bei Familien mit Kindern überproportional gering ist. Das ist zum einen keine besonders überraschende Feststellung. Andererseits ist es doch wieder interessant, wenn man bedenkt, dass autofreie Wohngegenden wie Vauban in Freiburg sich gerade für junge Familien mit Kindern als sehr attraktiv gezeigt haben. Junge Familien mit Kindern sind also (zumindest in Teilen) durchaus bereit und fähig auf ein Auto zu verzichten, wenn dafür die Wohngegend gerade für ihre Kinder attraktiver wird. Auch lässt sich feststellen, dass vor allem junge und gut ausgebildete Menschen freiwillig auf das Auto verzichten und damit zufrieden sind. Auch hat das Auto gerade bei jungen Menschen nicht mehr die Bedeutung als Statussymbol, die es noch in früheren Jahren hatte. Es liegt also durchaus die Frage auf der Hand, ob sich gerade unter den Jungen und gut Ausgebildeten so etwas wie ein "nachautomobiler Lebensstil" entwickelt, der selbst gewählte Autofreiheit als Teil der eigenen Identität sieht. Das ist auch gerade insofern interessant, dass bei einer solchen Gruppe keine großartige Überzeugungsarbeit mehr zu leisten ist, während gerade bei den unfreiwillig autofreien es durchaus angebracht scheint ihnen durch entsprechende Angebote das Leben ohne Auto einfacher zu machen um es weniger als Entbehrung erscheinen zu lassen und damit als "Normalzustand" für breitere Bevölkerungsschichten tragbar zu machen.

Die Maßnahmen, die ergriffen werden können, um Autofreiheit zu erreichen sind im Wesentlichen dieselben, die schon unter 2.2.1 angesprochen wurden, nämlich push-and-pull Ansätze, die das Auto weniger und seine Alternativen (wie den öffentlichen Nahverkehr) attraktiver werden lassen sowie bauliche Konzepte wie sie unter dem Schlagwort "Stadt der kurzen Wege" bekannt sind.

Beispiel Vauban Ein sehr bekanntes Beispiel für autofreies Wohnen ist das Freiburger Quartier Vauban. Dort wurde die Chance genutzt auf dem Gelände einer ehemaligen

französischen Kaserne in Stadtnähe ein neues Verkehrs- (und Energiekonzept) zu verwirklichen. Im Viertel selbst sind Autos nur zum Be- und Entladen gestattet. Abgestellt werden müssen sie in einem der Parkhäuser am Rande des Viertels wo auch Besucher ihre Autos parken müssen. Des Weiteren ist jeder Bewohner dazu verpflichtet für seine Autos einen Stellplatz in einem der Parkhäuser zu kaufen, sodass hier der Verzicht auf ein Auto ein deutliches Ersparnis bringt. Des Weiteren wurde versucht den Stadteil gut an den öffentlichen Nahverkehr anzubinden und Einkaufs- und Arbeitsmöglichkeiten im Quartier zu bieten. Allerdings ist es auch bei Vauban so, dass deutlich weniger Menschen dort arbeiten als wohnen. Zwar gibt es in Vaubaun 500 Arbeitsplätze für 5000 Einwohnern, jedoch ist auch das noch weit von echter Nutzungsvermischung entfernt [12].

2.2.5 Elektromobilität

Ein weiterer Ansatz, der versucht, die Zukunft des Individualverkehrs an die aktuellen Problematik anzupassen, ist die Elektromobilität. Dieser Ansatz gewinnt auch bei Automobilherstellern zunehmend an Bedeutung, so wurde im Rahmen der Internationalen Automobil-Ausstellung 2011 in Frankfurt beispielsweise ein eigener Fachkongress zum Thema auf der Elektromobilität abgehalten [8].

Durch Elektrofahrzeuge sollen schädliche Emissionen vermieden und Lärm reduziert werden. Ein Elektrofahrzeug kann mit „grünem Strom“ betrieben werden und fährt dann fast CO₂-neutral und neuartige Antriebe arbeiten so leise, dass das einzig nennenswerte Geräusch der Elektroautos das Rollgeräusch ist, das sie bei Geschwindigkeiten über 40 Stundenkilometern erzeugen. Es scheint also eine gute Antwort auf die Fragen der Umweltverträglichkeit zu geben.

Die Euphorie für die Vision eines leisen, ökonomischen, sauberen und trotzdem flexiblen Individualfahrzeugs, das man zu Hause an die Steckdose anschließt, wird jedoch von der Frage nach der Realisierbarkeit deutlich gedämpft. Der Vortrag von Dr. Fetzer auf der IAA fasst anschaulich zusammen, dass Batterien für Elektroautos teuer, schwer und sehr platzeinnehmend sind [5]. In einem Elektroantrieb macht das Gewicht der Batterie 84 % des Gewichtes des Antriebs aus und nimmt 89 % des Volumens ein. Durch Litium-Ionen-Akkus kann dieser Quotient leicht verbessert werden, doch kosten diese auch weitaus mehr Geld.

Leider reichen die heutigen Akkus zudem nur für kurze Distanzen und die Ladezeiten sind relativ lang. Einzelnen Prototypen wird eine Reichweite von maximal 250 km zugeschrieben [2], serienreife Elektrofahrzeuge haben heutzutage jedoch eine Reichweite von höchstens 100 km. Elektrofahrzeuge werden also erstmal höchstens als Zweitautos Ver-

wendung finden, während als Erstautos weiterhin Automobile mit Verbrennungsmotor oder bestenfalls Hybridfahrzeuge dienen werden.

2.3 Shared Space bzw. Begegnungszonen

Das Shared Space Konzept wurde 1990 von dem Niederländer Hans Monderman entwickelt und wird von manchen als Lösung vieler städtischer Probleme gesehen, andere fürchten um die Verkehrssicherheit und sehen in dem Konzept keine Zukunft. Im Folgenden werden zuerst die Probleme angesprochen, die durch das Shared Space Konzept gelöst werden sollen, dann wird auf das Konzept an sich und seine Vorteile eingegangen, anschließend werden die Nachteile abgewogen und unsere eigene Einschätzung präsentiert.



Abb. 12: Hinweiszeichen eines Shared-Space-Bereichs

Probleme Bereits im Abschnitt 2.2.1 ist deutlich geworden, dass das Auto oder allgemein der motorisierte Verkehr eine ungerechtfertigte Dominanz in den Städten einnimmt, die es zu brechen gilt. Der Verkehr in den Städten ist außerdem stark reglementiert und viele Schilder verursachen zu viele Reize. Phasen hoher Geschwindigkeit wechseln sich häufig mit Standphasen ab, was sich negativ auf Umwelt und Lärmbelastung auswirkt. Außerdem begünstigt der relativ schnelle dichte innerstädtische Verkehr Unfälle.

Die Trennung von Fußwegen, Radwegen und Straßenverkehr macht regelmäßige Überquerungsmöglichkeiten notwendig und schwächt die Kommunikation mit den anderen Verkehrsteilnehmern. Ein Beispiel für letzteres ist die Tatsache, dass Radfahrer nicht selten auf Autofahrer schlecht zu sprechen sind, das Gegenteil aber genauso oft der Fall ist. Außerdem verbraucht die Trennung viel Raum, der selten vollständig genutzt wird.

Shared Space - Die Lösung? Die Grundidee des Shared Space ist Folgendes: Radfahrer, Fußgänger und Autofahrer verwenden gleichberechtigt dieselbe Verkehrsfläche. Der gesunde Menschenverstand sorgt für ein Zusammenspiel der Verkehrsgruppen, ohne jemandem spezielle Rechte zuzugestehen. Dadurch wird Kommunikation unter den Verkehrsteilnehmern erzwungen, der insgesamt benötigte Platzverbrauch sinkt und die Dominanz des Autos wird reduziert.

Eine starke Reglementierung ist nicht nötig, weshalb auf Schilder, Ampeln und Fahrbahnmarkierungen verzichtet wird. Das sorgt einerseits für ein besseres Stadtbild, andererseits

wird eine Reizüberflutung verhindert. Übergänge zwischen zwei Straßenseiten sind nicht mehr notwendig.

Die Maximalgeschwindigkeit der Autofahrer wird reduziert und es kommt seltener zu unnötigen Standphasen, was auch die Lärmbelastung reduziert. In manchen Fällen kann dadurch die Durchschnittsgeschwindigkeit in Shared Space Zonen sogar steigen.

Das Prinzip *Unsicherheit schafft Sicherheit* besagt, dass unsicher wirkende Verkehrssituationen zu mehr Aufmerksamkeit und vorsichtigerem Verhalten führen, wodurch die Sicherheit schlussendlich erhöht wird. Auf die Shared Space Zonen übertragen bedeutet das, dass die Unfallzahlen sinken oder zumindest die Anzahl schwerer Unfälle stark abnimmt.

Um eine gleichberechtigte Nutzung zu ermöglichen, muss die Straße übersichtlich aufgebaut sein und Hindernisse, wie Bordsteine, müssen entfernt werden. Zudem muss die Fahrbahn in ihrer vollen Breite nutzbar sein, es dürfen also keine Mittelstreifen oder (grüne) Verkehrsinseln bestehen bleiben.

Grenzen des Ansatzes Vielen Menschen ist die Vorstellung, sich gemeinsam mit Autos auf einer Fläche zu bewegen, unheimlich. Das gewollte Gefühl der Unsicherheit, das ja die Sicherheit fördern soll, wirkt stressig. Durch die fehlende Reglementierung kommt es teilweise zu Situationen, die die Menschen überfordern und zu gefährlichen Situationen führen.

Das Grundmodell des Shared Space schlägt eine Geschwindigkeitsbegrenzung von 50 km/h vor. Auch wenn die bestehenden Zonen gezeigt haben, dass eine solche Geschwindigkeit in der Praxis kaum erreicht wird, wirkt eine solche hohe Maximalgeschwindigkeit beängstigend. Die Schweizer Shared Space Zonen limitieren deshalb die Maximalgeschwindigkeit auf 20 km/h, wie auch in Abbildung 15 zu sehen. Nach einer Untersuchung der Unfallforschung der Versicherer ist zudem eine Reduzierung der Unfallzahlen nicht nachweisbar, eher das Gegenteil ist der Fall [16].

Auf vielbefahrenen Straßen würden Fußgänger durch die Masse an Autos an die Straßenränder zurückgedrängt, der Shared Space Ansatz ist somit nur für schwach bis mäßig befahrene Straßen geeignet. Das Konzept spielt seine volle Stärke allerdings nur dort aus, wo Fußgänger, Radfahrer und Autofahrer oft aufeinandertreffen.

Zudem basiert der Shared Space Ansatz auf der Annahme, dass jeder Verkehrsteilnehmer mit den anderen interagieren kann. Besonders für sehbehinderte Personen ist das in der Form nicht möglich. Ihnen wird durch die freie Raumaufteilung sogar Sicherheit genommen, weshalb einige Blindenverbände (um Beispiel der Deutschen Blinden- und Sehbe-

hindertenverbandes und der Blinden- und Sehbehinderten Verein Hamburg) das Konzept ablehnen beziehungsweise verpflichtende Orientierungshilfen in Shared Space Zonen fordern [3].

Die Diskussion um das Konzept wird im Moment von vielen subjektiven Faktoren begleitet. Für die einen ist es erstrebenswert, sich in dem Raum "Stadt" frei bewegen zu können. Andere fürchten um die Ordnung und Sicherheit und sind mit den neuen Freiheiten teils sogar überfordert. Auch bei unseren Gesprächen mit den Lehrstühlen der TU München waren wir mit unterschiedlichen Meinungen zum Thema Shared Space konfrontiert.

Es existieren bisher allerdings nur wenige Shared Space Zonen in Deutschland (die Bekannteste davon in Bohmte). Die meisten sind zur Zeit in den Niederlanden und in der Schweiz zu finden. Allerdings kann die Umsetzung teils sehr stark variieren. Manchmal erinnert die Shared Space Zone eher an einen verkehrsberuhigten Bereich mit so gut wie keinem Verkehr, weshalb eine allgemeine Aussage anhand dieser Zonen nur schwer möglich ist. Wir haben uns deswegen dazu entschieden, uns selbst ein Bild zu machen und haben im Raum Zürich einige Shared-Space-Bereiche und Begegnungszonen besichtigt.

Die Züricher Begegnungszonen Ein den Begegnungszonen ähnliches Konzept weißt der Limmatquai auf (Abbildung 13). Dieser ist am Hauptbahnhof eine mehrspurige, stark befahrene Autostraße, etwas weiter südlich in Richtung See jedoch im Jahr 2004 für motorisierten Verkehr gesperrt worden. Dort ist er nun Straßenbahnen, wenigen Bussen, Fahrrädern und Fußgängern vorbehalten. Zwar sind die Verkehrsflächen noch formal voneinander getrennt (Bürgersteige am Fahrbahnrand), aber die Trennung ist durchlässig (niedrige Bordsteine bzw. kein Höhenunterschied, Kenntlichmachung allein durch die Pflasterung, etc.). Auch wenn es sich beim Limmatquai nicht um eine Begegnungszone handelt, ist die Wirkung ähnlich: Fußgänger überschreiten häufig die Fahrbahn und es herrscht eine angenehme, entspannte Atmosphäre.

Echte Begegnungszonen gibt es sowohl in der Stadt Zürich selbst, als auch im Umland. Die städtischen Begegnungszonen sind jedoch zum Großteil nicht besonders aufschlussreich. Dies liegt daran, dass viele dieser Zonen schon als verkehrsberuhigte Zonen existierten, bevor das Konzept der Begegnungszonen am 1. Januar 2002 eingeführt wurde. Sie befinden sich häufig in ohnehin kaum befahrenen Wohnstraßen und sind nur durch Straßenschilder gekennzeichnet, ohne jedoch typische bauliche Merkmale, wie z. B. gemeinsame Verkehrsflächen für alle Verkehrsteilnehmer, aufzuweisen. Jedoch haben wir in Zürich auch zwei Ausnahmen dieser Regel besucht: Zum einen den Turbinenplatz, zum anderen den Rigiplatz.

Der Turbinenplatz (siehe Abbildung 14) liegt in einem Industrieviertel und ging 2003 in



Abb. 13: Eindrücke vom Limmatquai

den Besitz der Stadt über, die ihn in eine Begegnungszone umwandelte. Der Platz ist phantasievoll und durchdacht gestaltet, bietet viele Sitzgelegenheiten und viel Platz für Fußgänger. Verkehrlich jedoch bleibt auch er in unseren Augen hinter der Idee der Begegnungszonen zurück, der (aufgrund der Lage des Platzes ohnehin relativ spärliche) motorisierte Verkehr wird durch Poller vom Platz ferngehalten und statt dessen um diesen herumgeleitet, eine Durchmischung der Verkehrsströme findet also nicht statt.

Anders am Rigiplatz: hier führt eine auch für Autos befahrbare Straße mitten zwischen einem Platz, auf dem sich Cafés befinden, und einer Sportwiese hindurch. Die Straße durchschneidet eine Treppenstruktur, die den Platz mit der Wiese verbindet und ist in diesem (relativ kurzen) Bereich als Begegnungszone ausgeschildert. Auch wenn der Platz im Zusammenhang mit der Ausweisung der Begegnungszone baulich nicht verändert wurde, repräsentiert er doch gut deren Idee: Fußgänger- und Fahrzeugbereiche sind nur durch eine flache Rinne zum Abfluss von Regenwasser getrennt, Platz und Wiese sind über die Straße auch für Fußgänger und Kinder verbunden, was den Rigiplatz zu einem attraktiven Zentrum des Stadtviertels machen könnte. Für eine Begegnungszone untypisch ist jedoch die starke Trennung des terrassenförmigen Teils des Platzes von dem relativ schmalen, für Autos befahrbaren Teil des Platzes. Dies ist vor allem der Hanglage des Platzes geschuldet. Leider war wegen des schlechten Wetters der Platz jedoch menschenleer, weswegen wir nicht beurteilen können, ob er auch in dieser Form entsprechend genutzt wird.

Auch im Umland von Zürich gibt es einige Begegnungszonen, hier haben wir uns exemplarisch Wädenswil und Bülach angesehen.

Die Begegnungszone Wädenswil (am Westufer des Zürichsees südlich der Stadt Zürich)



Abb. 14: Der Turbinenplatz

umfasst eine Einkaufsstraße, die von Bahnhof und Seeufer in die Stadt führt. Hier teilt sich der gesamte Verkehr eine Verkehrsfläche, jedoch haben wir bei unserem Besuch kaum Autoverkehr beobachtet, abgesehen von einigen abgestellten Fahrzeugen erwecken die Straßen daher eher den Eindruck einer Fußgängerzone. Der Verkehr wird im wesentlichen über die parallel verlaufende Hauptstraße abgeleitet, dadurch ist die Begegnungszone äußerst fußgängerfreundlich.

Unser Eindruck war auch hier, ebenso wie bei den meisten bisher genannten Begegnungszonen, dass man sich scheute, das Konzept in voller Konsequenz anzuwenden. Hier handelt es sich allem Anschein nach also weniger um eine Gleichstellung des nicht-motorisierten Verkehrs mit dem motorisierten, als viel mehr um einen Versuch, die innenstädtische Fußgängerzone vorsichtig auch dem motorisierten Verkehr zugänglich zu machen.

In Bülach, das etwas nordöstlich der Stadt Zürich liegt, ist dies anders. Hier wurde im Jahr 2004 die gesamte Altstadt als Begegnungszone ausgewiesen. Auch baulich wurden in mehreren Etappen Veränderungen vorgenommen. So wurden die Verkehrsflächen zusammengelegt und Entwässerungsrinnen in der Mitte derselben angeordnet, so dass diese



Abb. 15: Tempolimits am Rigiplatz. Typisch für die Schweizer Begegnungszonen ist die Geschwindigkeitsbegrenzung auf 20 Km/h.

nicht als Trennung zwischen Bürgersteig und Fahrbahn missverstanden werden können. Besonders die Entfernung der Bürgersteige hat sich hier als sehr wirkungsvoll erwiesen, da dies optisch die gewünschte Vermischung der Verkehrsströme fördert. Alle Verkehrsteilnehmer nutzten die Fläche gleichermaßen und erschienen dabei rücksichtsvoll. Das Konzept funktioniert hier sehr gut.

Ein Problem allerdings, das mit der Idee verbunden ist, den gesamten Bereich für alle Verkehrsteilnehmer benutzbar zu gestalten, besteht im Mangel an Grünflächen und Bäumen im Straßenbild. Diese würden unweigerlich eine nicht gewünschte Unterteilung der Verkehrsfläche bedeuten, die vermutlich wieder zur Entmischung der Ströme führen würde. Deshalb ist die gesamte Fläche gepflastert. In Bülach wird versucht, diesen Mangel durch (teils sehr große) Topfpflanzen auf der Straße beizukommen, jedoch hat uns auch das nicht vollständig überzeugt, dieses Manko muss also wohl bei konsequenter Umsetzung des Konzepts als unvermeidbar in Kauf genommen werden.

Vorstellbar wäre bei größeren Plätzen eine „grüne Insel“ zu schaffen und Sickergruben

2 aktuelle Lösungsversuche



(a) Hinweisschild



(b) Gestaltung

Abb. 16: Begegnungszone in Bülach. Im unteren Bild sieht man gut die mittige Entwässerungsrinne, ebenso wie einen Blumenkasten zur Begrünung der Zone.

auszuheben, in denen das Wasser in den Boden geführt wird. Um positive Effekte zu erzielen, müssten aber vermutlich viele Grünflächen geschaffen werden, was dem Konzept der Begegnungszone oft entgegensteht.

Fazit Begegnungszonen In Bülach wurde das Konzept der Begegnungszonen unter den von uns besuchten Beispielen mit Abstand am umfassendsten umgesetzt. Auch wenn der Verkehr dort insgesamt relativ überschaubar war, scheint das Konzept gut zu funktionieren, gerade auch in dieser konsequenten Umsetzung. Das Konzept bringt eine Entschleunigung des Straßenverkehrs mit sich, die vor allem in Innenstädten sehr angenehm ist. Trotzdem birgt das Konzept der Begegnungszonen unserer Meinung nach zu viele Unwägbarkeiten, als dass es großräumig umgesetzt werden könnte. Vor allem blinde und alte Menschen haben Angst vor Begegnungszonen, da sie sich nicht an einem Bürgersteig orientieren können bzw. sich durch diesen vor dem motorisierten Verkehr geschützt fühlen. Die Flächenversiegelung widerspricht zudem dem Anspruch der Umweltverträglichkeit, den wir an ein modernes Mobilitätskonzept stellen.

3 Zukunft – Lösungsvorschlag People Mover

Um die Probleme zu bewältigen, die es derzeit bei der Mobilität in der Stadt gibt, gibt es viele Lösungsvorschläge. Wir möchten hier beispielhaft unsere Idee der People Mover vorstellen und bewerten. Das Konzept ist weit davon entfernt, realisierbar zu sein, verdeutlicht jedoch einige grundlegende Aspekte, die uns wichtig erscheinen und soll als Anregung zur weiteren Entwicklung dienen.

3.1 Das Konzept

„Das größte Risiko bleibt der Mensch“ titelte das Handelsblatt am 07. Juli 2011 in einem Artikel zur Unfallforschung im Straßenverkehr [6]. Das dies der Wahrheit entspricht ist schnell einzusehen: Menschen reagieren langsamer als Computer und machen Fehler. Eine kleine Unachtsamkeit reicht oft aus, um einen Unfall zu verursachen.

Aber nicht nur bei der Unfallverhütung stört der Faktor Mensch. Auch zur Stauvermeidung hätten Fahrzeuge, die den Abstand zum vorderen Fahrzeug automatisch regeln und sich an die optimale Geschwindigkeit zur Verkehrsflussoptimierung halten, Vorteile gegenüber Menschen als Lenker.

In unserem Konzept der People Mover wird deshalb auf private, von Menschen gesteuerte Autos komplett verzichtet. Die Idee besteht sieht sich in der Stadt bewegendes Fahrzeuge (im Folgenden auch People Mover genannt) vor, die zentral von Computern gesteuert werden. Ein zentrales Rechenzentrum weiß also genau, wo sich welches Fahrzeug befindet, ob es gerade belegt ist und wo sein Ziel ist.

Möchte man von einem Punkt der Stadt zu einem anderen gelangen, so ordert man einen dieser People Mover. Das nächste leere Fahrzeug kommt dann zu dem Punkt, an dem es bestellt wurde und holt die zu transportierende Person ab. Diese gibt dann ihre gewünschte Zieladresse ein. Nun ermittelt der zentrale Computer anhand des eingegebenen Zieles die beste Route. Da die People Mover zentral gesteuert werden, kann mittels einer Fluss-Optimierung Stau vermieden werden, da ja bekannt ist, wie viele Fahrzeuge welche Reisewege wählen möchten und welche Kapazitäten jeweils schon ausgelastet sind. Der Passagier wird sicher, bequem und schnellstmöglich zu seinem Ziel gebracht. Da er sich nicht selbst um den Verkehr kümmern muss, kann er die Reisezeit anderweitig nutzen.

Nachdem der Passagier sein Ziel erreicht hat und aussteigt, ist das Fahrzeug wieder frei und kann sofort den nächsten Bedarf abdecken.

Durch dieses Konzept wird die Anzahl der Fahrzeuge, die sich in der Stadt befinden,

deutlich reduziert. Auch das Problem der knappen Parkplätze erledigt sich von selbst, da die Fahrzeuge die meiste Zeit verwendet werden und daher kaum abgestellt werden müssen.

3.2 Navigation der Fahrzeuge

Bei der Navigation der Fahrzeuge stellen sich zwei Fragen:

- Wie kommt ein Fahrzeug, nachdem der Passagier eingestiegen ist, so schnell wie möglich zum Zielort?
- Wie müssen sich leere Fahrzeuge verhalten, um Wartezeiten möglichst kurz zu halten?

3.2.1 Finden einer Route unter Berücksichtigung von Knotenlasten

Zur Navigation der Fahrzeuge könnte man handelsübliche Navigationssysteme nutzen. Das hat aber einen entscheidenden Nachteil: die Fahrzeuge sprechen sich untereinander nicht ab. Herrscht auf einer Straße dichter Verkehr oder gar Stau, so würden die Navigationssysteme im Regelfall die neuen Fahrzeuge trotzdem auf diese Straße leiten. Modelle mit der Möglichkeit zur Stauumfahrung könnten Ausweichrouten nutzen, die dann ihrerseits überlastet werden. Diese Kettenreaktion mündet schließlich in vielfach blockierte Straßen.

Ein besserer Ansatz ist, die gesammelten Informationen der Fahrzeuge über die Auslastung der Straße auszuwerten und die neuen Fahrzeuge entsprechend dieser Informationen auf die Straßen aufzuteilen. Dieses Problem ist ein vielfach analysiertes Problem, wenn man sich in einer anderen Branche umsieht: der Telekommunikation.

Die Paketweiterleitung im Internet läuft über verschiedene Server, den Netzknoten. Für jedes Paket muss der schnellste Weg über die Netzknoten gefunden werden, das sogenannte *Routing*. Jeder Netzknoten bestimmt dafür die günstigste, das heißt die schnellste, weitere Route für ein eintreffendes Paket. Dieser Vorgang heißt *Forwarding*. Beim adaptiven Routing besitzen die Netzknoten die Fähigkeit, defekte oder überlastete Netzknoten zu finden und zu umgehen.

Eines der meistgenutzten adaptiven Verfahren ist das *Link-State-Routing*-Protokoll. Grob erklärt funktioniert dieses Protokoll für einen Netzknoten so:

1. Finde mittels *HELLO* Paketen die benachbarten Netzknoten.
2. Sende den Nachbarknoten ein *ECHO* Paket und messe die Zeit, die der Knoten zum

Antworten braucht.

3. Sende bei Änderungen oder in regelmäßigen Abständen die Information über Reisezeiten zu ändern Knoten an alle Netzknoten im Netzwerk (*Link State Advertisements*).
4. Bilde aus den erhaltenen Informationen der anderen Netzknoten eine Karte, wer mit wem wie gut verbunden ist.
5. Berechne (zum Beispiel mit dem *Dijkstra*-Algorithmus) die kürzesten Wege zu jedem anderem Netzknoten. Der kürzeste Weg ist zum Beispiel der Weg mit den niedrigsten Antwortzeiten der Knoten (es können aber auch andere Faktoren wie zum Beispiel die momentane Auslastung eine Rolle spielen). Durch das Verwenden bereits berechneter Pfade anderer Netzknoten ist die Berechnung recht effizient.
6. schicke ankommende Pakete zu dem Nachbarn, der aufgrund der berechneten Wege auf dem kürzesten Pfad zum jeweiligen Ziel liegt.

Auf die People Mover übertragen entspricht das *Routing* dem Problem, für ein Fahrzeug den schnellste Weg über verschiedene Straßenkreuzungen (unsere Netzknoten) zu finden. Das adaptive Routing besäße dann die Fähigkeit, überlastete Straßenkreuzungen zu finden und zu umgehen. Das Senden der *HELLO* Pakete entfällt, da davon ausgegangen wird, dass jede Kreuzung ihre Nachbarn im Voraus kennt und Kreuzungen auch nicht einfach verschwinden oder plötzlich neu hinzukommen. Um den Zeitbedarf in Richtung des nächsten Knotens zu messen (*ECHO* Paket) wird einfach die Zeit gemessen, die eine in diese Richtung gesendetete People-Mover-Einheit benötigt. Um Situationen zu vermeiden, in denen die gemessene Zeit einen so hohen Wert erreicht, dass nie wieder eine Einheit in diese Richtung gesendet wird, können die aktuellen Kosten zurückgesetzt werden. Dafür werden, nachdem die Straße wieder als leer erkannt wird (also alle in diese Richtung gesendeten People Mover Einheiten bei der nächsten Kreuzung angekommen sind) die Kosten auf den Standardwert für diese Straße gesetzt (der Standardwert entspricht erlaubter Geschwindigkeit mal Strecke). Der Rest des Algorithmus kann direkt vom *Link-State-Routing*-Protokoll übernommen werden.

Durch die Nutzung eines derartigen Navigationsverfahrens können die vorhandenen Straßen ideal ausgenutzt werden, womit weniger Platz benötigt wird. Allerdings ist das System nicht beliebig skalierbar. Das Problem existiert allerdings auch im *Link-State-Routing* und wurde dort durch die Nutzung von Arealen entschärft. Außerdem können nur Straßenkreuzungen als Ziel angegeben werden. Man könnte aber jeden möglichen Haltepunkt eines People Movers als Kreuzung mit nur zwei Straßen betrachten und so in den Algorithmus mit einfließen lassen.

3.2.2 intelligente Fahrzeugsteuerung

Zu den wesentlichen Vorteilen des Konzepts des *People Mover* im Vergleich mit herkömmlichen Fahrzeugen im Individualverkehr zählt die Möglichkeit, Fahrzeuge durchgängig zu nutzen. Anstatt eines Objekts, welches nutzlos Platz verbraucht, stellt ein abgestelltes Fahrzeug eine Ressource dar, die der Befriedigung von Mobilitätsbedürfnissen wieder zur Verfügung steht. Um dieses Potential jedoch auszuschöpfen, ist eine intelligente Steuerung der nicht verwendeten Fahrzeuge nötig, die sicherstellt, dass diese sich zu jeder Zeit dort befinden, wo sie auch benötigt werden und so die Wartezeit beim Ruf eines *People Mover* kurz hält.

Diese Steuerung bewegt sich im Wesentlichen im Spannungsfeld zweier globaler Ziele: einerseits die Minimierung der Wartezeit und zu diesem Zweck eine Verteilung der Fahrzeuge, die möglichst genau dem zu erwartenden Bedarfsprofil entspricht, andererseits eine Begrenzung der Bewegung leerer Fahrzeuge, um den Energieverbrauch in Grenzen zu halten. Klar ist, dass beide Ziele einander entgegenstehen, je genauer also der erwartete Bedarf nachgebildet werden soll, desto mehr Bewegung der Fahrzeuge ist erforderlich. Im folgenden stellen wir beispielhaft einen Ansatz für eine solche intelligente Steuerung vor. Dieser erhebt nicht den Anspruch, anderen Konzepten überlegen zu sein, sondern soll allein illustrieren, welche Ideen einem solchen Ansatz zugrunde liegen könnten und deren Machbarkeit demonstrieren. Außerdem soll durch eine auf diesem Ansatz aufbauende Simulation eine grobe Abschätzung der Machbarkeit, der erreichbaren Wartezeiten und der benötigten Anzahl von Fahrzeugen vorgenommen werden.

Annahmen und Idee Grundlage der Steuerung ist eine zeit- und ortsabhängige *Mobilitätsbedarfsfunktion*, die den zuvor empirisch bestimmten zu erwartenden Bedarf an *People Movern* zu jedem Zeitpunkt und an jedem Ort angibt. Wir nehmen an, dass diese einen gewissen typischen Verlauf hat, (etwa morgens aus den Wohngebieten in Gewerbe-zonen und abends umgekehrt aus diesen zurück in die Wohngebiete) der sich, ähnlich dem Lastgang für elektrischen Strom, relativ treffsicher vorhersagen lässt.

Die Fahrzeuge versuchen nun, eine Verteilung zu erreichen, die dieser Bedarfsfunktion möglichst gut entspricht. Hierzu ist einer zentralen Steuerungsstelle die Position sämtlicher Fahrzeuge bekannt, sie errechnet daraus die Differenz zwischen aktueller Verteilung und erwartetem Bedarf. Diese Differenz teilt die zentrale Steuerungsstelle wiederum den Fahrzeugen mit, die daraus (ohne Kommunikation untereinander) eine Strategie errechnen, um das genannte Ziel zu erreichen.

Ruft nun eine Person einen *People Mover*, so wird ihr von der zentralen Steuerungsstelle

das nächstgelegene Fahrzeug zugewiesen. Dieses wird nun sofort aus der aktuellen Verteilung entfernt und begibt sich auf dem schnellsten Weg zu seinem Passagier. Diesen befördert es zu seinem gewünschten Zielort und teilt der zentralen Steuerungsstelle seine erwartete Ankunftszeit mit, ab der diese das Fahrzeug wieder in die aktuelle Verteilung einbezieht.

Setting Die Stadt wird als rechteckiges Gitter $\mathcal{L} = [M] \times [N]$ abstrahiert, Abstände zwischen Gitterpunkten werden in der 1-Norm gemessen (Manhattan-Norm). Wir kümmern uns nicht um den genauen Verlauf der Straßen, sondern erlauben ein Abbiegen in alle vier Richtungen an jeden Gitterpunkt. Dies ist in sofern keine große Einschränkung, da es in dieser Norm egal ist, in welcher Reihenfolge die Abbiegeschritte erfolgen.

Modell Die oben angesprochene Mobilitätsbedarfsfunktion $f : \mathcal{L} \times \mathbb{R}_+ \rightarrow \mathbb{R}_+, (x, t) \mapsto f(x, t)$ gibt die empirisch erwartete Anzahl von *requests* am Ort x zum Zeitpunkt t an.

Jedes Fahrzeug, das aktuell nicht benutzt wird, versucht sich in jedem Schritt so zu positionieren, dass möglichst die erwartete Verteilung erfüllt wird.

Dazu wird für jede der vier Richtungen, in die sich das Fahrzeug bewegen kann, der nach dem Abstand gewichtete Fehler, also die Differenz zwischen erwartetem Bedarf und tatsächlicher Verteilung, über den Teil der Karte aufsummiert, der in der entsprechenden Richtung vom jeweiligen Fahrzeug aus gesehen liegt. Nun wird zufällig nach einer mit diesen Werten gewichteten Gleichverteilung bestimmt, zu welchem Nachbarknoten das Fahrzeug sich im nächsten Zeitschritt bewegt.

Genauer:

Sei $W(x, t)$ die Funktion, die den Fehler in der Verteilung zur Zeit t angibt:

$$W(x, t) = f(x, t) - a(x, t) - \bar{a}(x, t)$$

Dabei ist:

$f(x, t)$ die oben angesprochene erwartete Zahl Personen zur Zeit t am Ort x

$a(x, t)$ die Anzahl der Autos am zur Zeit t am Ort x

$\bar{a}(x, t)$ die Anzahl der Autos, die zur Zeit t am Ort x eine Person absetzen werden

Hat nun ein Fahrzeug vom aktuellen Knoten K Möglichkeiten, zu einem Nachbarknoten zu fahren, werden die K Summen über gewichteten Werte der Funktion W in der jeweiligen Richtung w_1, w_2, \dots, w_K berechnet. Gemäß einer gewichteten Gleichverteilung wird dann

3 Zukunft – Lösungsvorschlag People Mover

die Wahrscheinlichkeit W_i , sich für Richtung i zu entscheiden, bestimmt durch

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{k=1}^K w_k}$$

4 Fazit

Die Organisation insbesondere der urbanen Mobilität zählt auf Grund ihrer vielfältigen Bezüge und Zusammenhänge mit anderen großen Fragen wie dem Klimawandel oder der gesellschaftlichen Teilhabe und Integration wohl zu den bestimmenden Themen der Zukunft. Die Beantwortung der Fragen ist entscheidend für den Fortbestand unserer urbanen Strukturen, welche die dynamischsten Zentren unserer Zivilisation darstellen.

Wie zu erwarten war, ist aktuell jedoch keine umfassende Lösung für die Probleme in Sicht, die wir im Abschnitt 1 angesprochen haben. Nichtsdestotrotz gibt es einige viel versprechende Ansätze für einzelne Teilaspekte:

Die Berücksichtigung des Konzepts der „Stadt der kurzen Wege“ bei der Stadtplanung kann helfen, den gesamten Verkehr zu reduzieren, auch es einer bestehenden Stadt nicht ohne weiteres im Gesamten verordnet werden kann. Bei Fragen zur Genehmigung der Nutzung zentrumsferner Flächen für große Einkaufszentren oder die Ausweisung von Gewerbeflächen in Wohngebieten lässt sich jedoch aus stadtplanerischer Sicht immer wieder einiger Einfluss nehmen.

Auch bei anderen Fragen wie der Ausweisung von Parkflächen oder der Berücksichtigung von Radverkehr in der Verkehrsplanung lassen sich über durchdachte Konzepte lokal Bedingungen schaffen, die umweltfreundliche und autofreie Mobilität fördern, was vielerorts auch bereits geschieht.

Solche lokalen Ansätze bieten zwar den großen Vorteil, dass sie sich schnell und unkompliziert etwa auf Gemeindeebene umsetzen lassen, jedoch reichen sie zur Beantwortung der sich stellenden Fragen allein nicht aus: Car Sharing etwa kann das eigene Automobil nur dann ersetzen, wenn es jederzeit und an jedem Ort über Gemeinde-, Regions-, sogar Landesgrenzen hinweg verfügbar und kompatibel ist. Hier sind staatliche Akteure und Unternehmen der Mobilitätsbranche (Automobilhersteller, Nahverkehrsunternehmen, ...) gefragt, Anreize zu setzen und Bedingungen zu schaffen, unter denen der Verzicht aufs eigene Auto nicht nur jungen Menschen als echte Alternative erscheint.

Gleiches gilt für die Elektromobilität, ein Feld auf dem in letzter Zeit auch tatsächlich verstärkt Aktivität aller beteiligten Akteure zu beobachten ist. Jedoch gilt es hier, ebenso wie bei allen anderen geschilderten Ansätzen, nicht das Gesamtbild aus den Augen zu verlieren. So beansprucht ein elektrisch betriebenes Automobil nach wie vor Parkraum, ebenso wie es weder möglich noch sinnvoll ist, Verkehr aus Innenstädten vollständig zu verbannen.

Nur ein durchdachtes Konzept, welches alle angesprochenen Maßnahmen und Ideen ge-

zielt einsetzt und kombiniert, kann die Frage nach der Mobilität der Zukunft nachhaltig beantworten. Langfristig müssen wir uns dabei wohl oder übel von einigen Konzepten verabschieden, die wir nicht nur lieb gewonnen haben, die uns so selbstverständlich geworden sind, dass wir über Alternativen überhaupt nicht mehr nachdenken.

An deren Stelle werden neue Konzepte wie der *People Mover* treten, die jedoch, konsequent verfolgt, nicht zu einem rein zweckmäßigen und der Not geschuldeten Ersatz verkommen müssen, sondern umgekehrt etwa im Bereich der Flexibilität oder des Stadtbilds weitere Vorteile bieten, die auf anderem Wege nicht zu erreichen wären.

Dabei ist klar, dass auch das Konzept *People Mover*, wie wir es vorgestellt haben, viele drängende Fragen offen lässt. Zu nennen wären hier beispielsweise die Trägerschaft bzw. das Geschäftsmodell, auf welchem die Dienstleistung beruht (Der Wunsch nach Kompatibilität und Verfügbarkeit steht hier im Konflikt zu marktwirtschaftlicher Konkurrenz) ebenso wie alle technischen Fragen im Bezug auf die Fahrzeuge.

Und wenn wir uns in einigen Jahrzehnten auf völlig anderen Wegen durch die Städte bewegen, an die heute noch niemand einen ernsthaften Gedanken verschwendet, ohne ein solches umfassendes Konzept wird die Mobilität in der Stadt bald an ihre Grenzen stoßen. Um die lebensnotwendige Dynamik unserer Ballungszentren aufrecht zu erhalten, müssen wir neue Wege gehen und können das Moment der Veränderung nutzen, um Flexibilität zu gewinnen und eine Mobilität zu ermöglichen, die unsere Bedürfnisse noch besser befriedigt, als bisher.

Literatur

- [1] URL: <http://www.ald-laerm.de/strasenverkehrsplaerm/strasenlaerm>.
- [2] URL: <http://www.hybrid-autos.info/Elektro-Fahrzeuge/>.
- [3] Blinden- und Sehbehindertenverein Hamburg e.V. *DBSV: Erhöhte Gefahr für blinde und sehbehinderte Verkehrsteilnehmer*. URL: <http://www.bsvh.org/angebote/mobil/umwelt-verkehr/shared-space/#dbsv>.
- [4] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS). *Mobilität in Deutschland 2008 (MiD 2008)*. 2008.
- [5] Dr. J. Fetzer, Dr. H. Fink, Dr. A. Reitzle und Dr. T. Wöhrle. *Schlüsselfaktor Speichertechnologie: Chance und Herausforderung in der Elektromobilität*. URL: http://www.iaa.de/fileadmin/user_upload/2011/deutsch/downloads/fv/01/07-Schlusselfaktor_Speichertechnologie-Chance_und_Herausforderung_in_der_Elektromobilitaet.pdf.
- [6] Handelsblatt. *Das grösste Risiko bleibt der Mensch*. URL: <http://www.handelsblatt.com/auto/nachrichten/das-groesste-risiko-bleibt-der-mensch/4365036.html>.
- [7] HEI-Arbeitsgruppe. *Verkehrsbedingte Luftverschmutzung: Eine kritische Sichtung der Fachliteratur zu Emissionen, Exposition und gesundheitlichen Auswirkungen*. URL: <http://pubs.healtheffects.org/getfile.php?u=622>.
- [8] IAA. *Fachkongress Elektromobilität*. URL: <http://www.iaa.de/besucher/veranstaltungen/fachkongress-elektromobilitaet/>.
- [9] Dietmar H. Lamparter. *"Die Kiste muss verfügbar sein"*. URL: <http://www.zeit.de/2010/47/Stadt-Carsharing>.
- [10] Heiner Monheim. „Verkehrswende zu weniger Autoverkehr - von der Utopie zur Realität“. In: *Konferenz autofreier Bürgerinnen und Bürger*. 1998.
- [11] Bundesamt für Naturschutz. *Die Tierwelt leidet unter Lärm*. URL: <http://idw-online.de/pages/de/news19741>.
- [12] Jan Scheurer und Peter Newman. *Vauban: A European Model Bridging the Green and Brown Agendas*. URL: <http://www.unhabitat.org/downloads/docs/GRHS2009CaseStudyChapter06Vauban.pdf>.

Literatur

- [13] Alexandra Schlaffer, Dr. Marcel Hunecke, Andrea Dittrich-Wesbuer und Henrik Freudenau. *Bedeutung psychologischer und sozialer Einflussfaktoren für eine nachhaltige Verkehrsentwicklung*. URL: <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-1/2173.pdf>.
- [14] Christop Schreyer, Christian Schneider, Markus Maibach, Prof. Werner Rothengatter, Claus Doll und David Schmedding. *Externe Kosten des Verkehrs*. 2004.
- [15] Tiefbauamt der Stadt Zürich. *Parkierungskonzept Innenstadt*. 2004.
- [16] Unfallforschung der Versicherer. *Shared Space - Eine neue Gestaltungsphilosophie für Innenstädte?* URL: <http://www.udv.de/verkehrsinfrastruktur/planung-entwurf-betrieb/shared-space/>.
- [17] Wikipedia. *Carsharing*. URL: https://secure.wikimedia.org/wikipedia/de/wiki/Car_Sharing.
- [18] Wikipedia. *Sanfte Mobilität*. URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Sanfte_Mobilitaet.