

Martin Grosch:

## Automobilabhängigkeit und verkehrsbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen in Sydney: Ursachen und Lösungsansätze

### **Einleitung: Die Automobilabhängigkeit in Sydney – eine Folge des zweihundertjährigen flächenhaften Siedlungswachstums**

Die Stadtentwicklung in den australischen Metropolen ist von der Ankunft der weißen Siedler bis heute von einem starken Flächenverbrauch und einer niedrigen Bebauungsdichte gekennzeichnet. Fortschritte in der Fahrzeug- und Verkehrstechnologie begünstigten immer wieder den „Urban Sprawl“.

Der Bau der Straßenbahn in Sydney im Jahr 1879 leitete zunächst eine sternförmige Ausbreitung der Vororte entlang der neuen Bahnlinien ein. Der „Siegeszug des Automobils“ führte dann ab den 1960er Jahren zu einem Bedeutungsverlust des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) und letztlich zu einer kompletten Stilllegung des Straßenbahnverkehrs im Jahr 1961. Sydney entwickelte sich zu einer flächenhaften „Automobile City“ (Forster, 2004: 18). Das Bevölkerungswachstum trug zur Entstehung vieler neuer Stadtteile bei, die aufgrund der flächenhaften Entwicklung und der daraus entstehenden großen Distanzen nicht mehr an das öffentliche Verkehrsnetz angegliedert waren.

Heute steht Sydney vor der Herausforderung, den ökologischen Problemen entgegenwirken zu müssen, welche aus der ausgeprägten Automobilabhängigkeit entstanden sind. Vor allem in Zusammenhang mit dem Klimawandel sind politische und planerische Akteure in Sydney gefordert, die urbane Mobilität umweltverträglicher zu gestalten. In diesem Beitrag sollen mit Hilfe von qualitativen und quantitativen Methoden Strategien und Lösungsansätze erarbeitet werden, welche zu einer Abschwächung der automobilbedingten Umweltbelastung beitragen können.

## **Die „compact city“ als Lösungsansatz? Die Bedeutung von innerstädtischen Nachverdichtungsmaßnahmen in Sydney**

Das NSW Department of Planning schätzt das Bevölkerungswachstum in Sydney innerhalb der nächsten 25 Jahre auf 1,1 Millionen Menschen (NSW Department of Planning 2005:3). Dieser starke Bevölkerungsanstieg ermöglicht der Stadtplanung, die Grundlage für eine ökologisch nachhaltige Siedlungsstruktur zu legen. Für die Schaffung neuer Wohngebiete bieten sich bauliche Nachverdichtungsmaßnahmen an. Dieser Ansatz, der in Australien als „Urban Consolidation“ bekannt ist, wurde bereits während der letzten 25 Jahre hauptsächlich in den Innenstädten der australischen Metropolen verfolgt, um die Bevölkerungsdichte zu erhöhen. In der Raumplanung verspricht man sich hiervon eine Abschwächung der Automobilabhängigkeit. Als bekannteste und umfassendste wissenschaftliche Untersuchung zu den Ursachen der Automobilabhängigkeit in Städten sei auf die Arbeit von Peter Newman und Jeff Kenworthy verwiesen (1999). Die beiden an der Murdoch University in Perth lehrenden Stadtforscher sammelten und erhoben weltweit in 46 Städten Daten zur PKW-Nutzung und zu Bebauungs-, Bevölkerungs- und Arbeitsplatzdichte, setzten diese in Beziehung und bestätigten damit ihre These einer steigenden Automobilabhängigkeit bei sinkender Bevölkerungsdichte (Newman, P. und J. Kenworthy 1999:94).

Am Beispiel von Sydney entwerfen sie den Vorschlag, Verdichtungsmaßnahmen nicht nur im Kerngebiet, sondern auch im Umkreis von suburbanen Stadtzentren wie Chatswood oder Parramatta zu forcieren. Diese „Town Centres“ sollen untereinander mit öffentlichen Verkehrsmitteln erreichbar sein und in einem Radius von 10 bis 15 km als Einzugsgebiet für weitere, ebenfalls an den ÖPNV angebundene „Local Centres“ dienen. Für Sydney ist also eine mehrkernige Stadtstruktur angedacht, in dessen Zentren ein Minimum von 35 Bewohnern bzw. Arbeitsplätzen pro Hektar notwendig ist, um einen effizienten und rentablen ÖPNV aufbauen zu können (Newman, P. und J. Kenworthy 2006:47).

Einen vergleichbaren Ansatz verfolgt das NSW Department of Planning, das im Rahmen seiner „City of Cities“-Strategie versucht,

das Bevölkerungswachstum im Umkreis von regionalen Zentren innerhalb des Stadtgebiets zu konzentrieren. Parramatta soll in diesem Zusammenhang weiter als „Second CBD“ gefördert werden. Darüber hinaus ist der Ausbau von Liverpool und Penrith als Zentren der ökonomischen Aktivität mit einer hohen Ausstattung an Arbeitsplätzen und Freizeitmöglichkeiten angedacht. Als Basis des Planungskonzeptes dient die Vorgabe, allen Bürgern der Stadt Pendelzeiten von weniger als einer Stunde pro Tag zu ermöglichen. Vor allem die bisher benachteiligten westlichen Vororte sollen eine bessere ÖPNV Anbindung erhalten. Um die strukturellen Disparitäten zwischen den westlichen und den wassernahen, attraktiveren östlichen Stadtteilen auszugleichen, soll im Westen innerhalb der kommenden 20 Jahre die Hälfte aller neuen Wohnungen und Arbeitsplätze entstehen. Hierbei liegt der Fokus auf der Förderung zweier geplanter Wachstumszentren im Süd- und Nordwesten der Stadt. Diese „Growth Centres“ sind unter anderem als Knotenpunkte innerhalb des neuen „North West - CBD - Southwest Rail Link“ vorgesehen (vgl. Abschnitt 0) (NSW Department of Planning 2005:23).

### **Bisherige „Urban Consolidation“-Maßnahmen in Sydney**

Die Auswirkungen des enormen Flächenverbrauchs bei der baulichen Erschließung Sydneys wurden bereits während der 1980er Jahre deutlich. Die permanente Erweiterung der Siedlungsgebiete erforderte hohe Ausgaben zur Bereitstellung der Infrastruktur. Durch die niedrige Bebauungsdichte in den Vororten entstanden große Distanzen zu Arbeitsplätzen und Einkaufszentren, die aufgrund von fehlenden öffentlichen Verkehrsmitteln mit dem privaten PKW zurückgelegt werden mussten. Die Benzinpreisanstiege aus den beiden Ölkrisen der 1970er Jahre, das anhaltende Bevölkerungswachstum und die zunehmende Verschuldung des Bundesstaates New South Wales in den 1980er Jahren zwangen die Stadtplanung schließlich zu einer Erhöhung der Bebauungsdichte auf dem bestehenden Siedlungsgebiet. Die Idee der „dual occupancy“, einer nachträglichen Aufteilung der Grundstücke, wurde aufgeworfen, scheiterte aber am starken Widerstand der Gemeinden (Searle 2007:2). Schließlich wurde versucht, innerstädtische

Baulücken zu schließen und den Anteil der freistehenden Einfamilienhäuser zu verringern. Tabelle 1 illustriert die Entwicklung der freistehenden und nicht freistehenden Häuser im Bereich der „Sydney Statistical Division“ von 1981 bis 2006.

	freistehende Häuser	Anstieg (in %)	Anteil der freistehenden Häuser (in %)	nicht freistehende Häuser	Anstieg (in %)	Anteil der nicht freistehenden Häuser (in %)	Gesamt
<b>1981</b>	765449	–	69,0	344717	–	31,1	1110235,0
<b>1986</b>	822839	7,5	69,2	366846	6,4	30,8	1189761,7
<b>1991</b>	874040	6,2	68,0	410861	12,0	32,0	1284975,2
<b>1996</b>	904931	3,5	66,4	458323	11,6	33,6	1363323,9
<b>2001</b>	907195	0,3	64,2	505838	10,4	35,8	1413097,5
<b>2006</b>	939074	3,5	62,2	570841	12,9	37,8	1509980,7

Tabelle 1: Entwicklung der Wohnungstypen in der Sydney Statistical Division von 1981-2006  
(Quelle: ABS census counts verschiedener Jahrgänge; eigene Berechnungen)

Während Verdichtungsmaßnahmen zu Beginn der „Urban Consolidation“ sowohl innerhalb von bereits bebauten Gebieten, als auch am Siedlungsrand durchgeführt wurden, konzentrierten sich die Verdichtungsprojekte Anfang der 1990er Jahre hauptsächlich in industriellen Brachgebieten im Stadtkern wie z.B. in Pymont-Ultimo.

Die Strategieentwürfe „Cities for the 21<sup>st</sup> century“ und „Shaping our Cities“ von 1995 und 1999 sahen unter dem Leitbild der „Compact City“ eine Erhöhung der Siedlungsdichte von durchschnittlich 12 auf 15 Wohneinheiten pro Hektar vor (Schüttemeyer 2005:48). In Pymont-Ultimo konnte die Einwohnerzahl durch den Bau von Mehrfamilienwohnungen und mehrgeschossigen Appartements zwischen 1986 und 2000 von 5000 auf ca. 19500 Personen angehoben werden. Aus ökologischer Perspektive kann das „Urban Consolidation“-Projekt in Pymont-Ultimo durchaus als Erfolg bewertet werden. Die günstige, city-nahe Lage in Verbindung mit einer guten Anbindung an den ÖPNV und wenigen Parkmöglichkeiten führte zu einer deutlichen Reduzierung des Automobilbedarfs (Braun, Grotz und Schüttemeyer 2005:64).

### **Kritik an der „Urban Consolidation“**

Gegner der kompakten Stadt erkennen die ökologischen Vorteile einer hohen Siedlungsdichte zwar weitestgehend an, kritisieren aber die sozialen Auswirkungen. Am Beispiel von Pymont-Ultimo erweist

sich der Anstieg der Immobilienpreise als problematisch, da durch die Verdrängung einkommensschwächerer Familien sozial-räumliche Segmentierungsprozesse entstünden (Waitt 2004:15; Hall 2003:103). Troy (1996:165) erachtet die Ergebnisse von Newman und Kenworthy als zu stark vereinfacht. Die Nutzung des Automobils habe im Zuge von „Gentrification“-Prozessen im Kerngebiet und in den inneren Vororten eher zugenommen, während in den von Einfamilienhäusern dominierten Äußeren Vororten die Wege zum Arbeitsplatz konstant geblieben seien. Kompaktere Stadtstrukturen führten also nicht zur Abnahme der Automobilabhängigkeit, die zunehmende Flächenversiegelung brächte vielmehr einen wachsenden Oberflächenabfluss und somit negative ökologische Konsequenzen mit sich. Einen empirischen Beweis für seine Thesen kann Troy allerdings nicht liefern. Des Weiteren beanstandet Troy (2008:164) die sozialen Auswirkungen innerhalb verdichteter Stadtgebiete. Er weist auf die Entbehrungen für Familien hin, die weder eine große Wohnfläche noch einen Garten zur Verfügung haben. Um Naherholungsmöglichkeiten nutzen zu können, würden die Familien in den verdichteten Wohngebieten vermehrt den privaten PKW gebrauchen. In den Äußeren Vororten könnten sie ihre Freizeit vermehrt im eigenen Garten verbringen.

### ***Auswirkungen der „Urban Consolidation“ auf die Bevölkerungsentwicklung in Sydney***

Für die quantitative Analyse wurden die einzelnen „Statistical Local Areas“ Sydneys unter dem Kriterium der Entfernung zum Stadtkern in fünf konzentrischen Siedlungsringen (Kerngebiet, innere Vororte, mittlere Vororte, äußere Vororte, Siedlungsrand) zusammengefasst. Ein Vergleich der Entwicklung der Bevölkerungszahlen von 1991 bis 2006 in den genannten Siedlungszonen lässt die Auswirkungen der innenstadtnahen Verdichtungsmaßnahmen erkennen. Im Kerngebiet stieg die Bevölkerung in genanntem Zeitraum um 35 % an (vgl. Abb. 1). Aber auch die Äußeren Vororte und der Siedlungsrand verzeichneten ein hohes prozentuales Wachstum (22 % bzw. 20%).

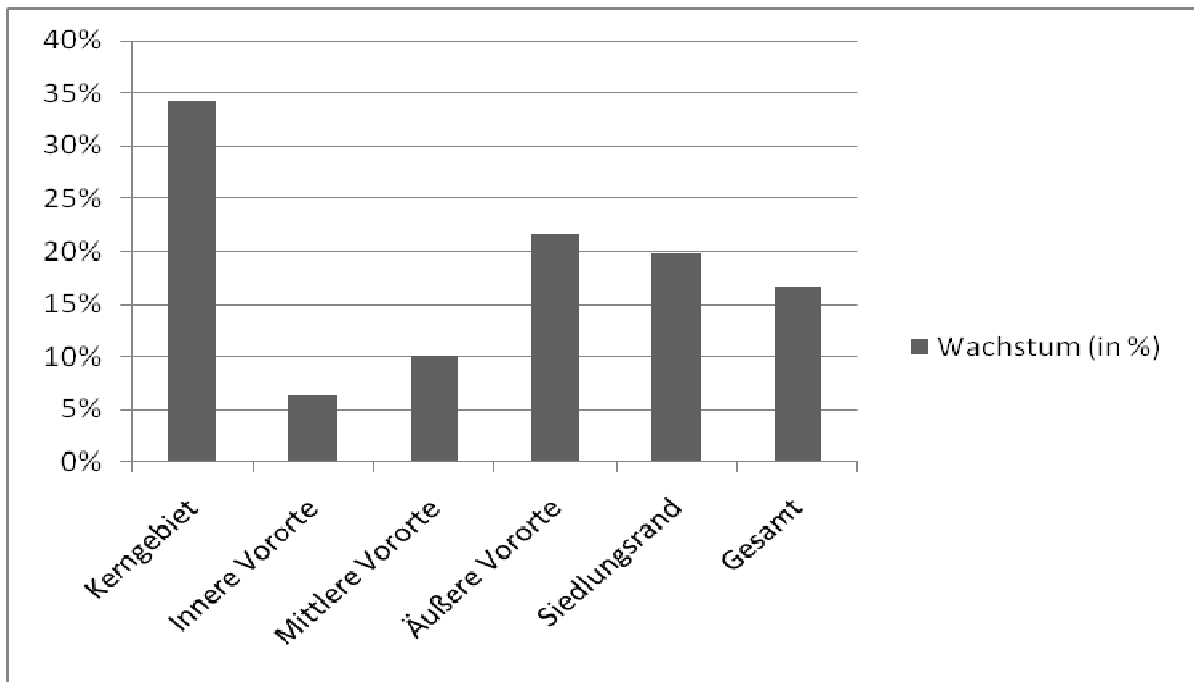


Abbildung 1: Bevölkerungswachstum im Verdichtungsraum Sydney von 1991 bis 2006 -in %- (Quelle: ABS, census counts and estimated resident population der Jahrgänge 1991 und 2006; eigene Berechnungen.)

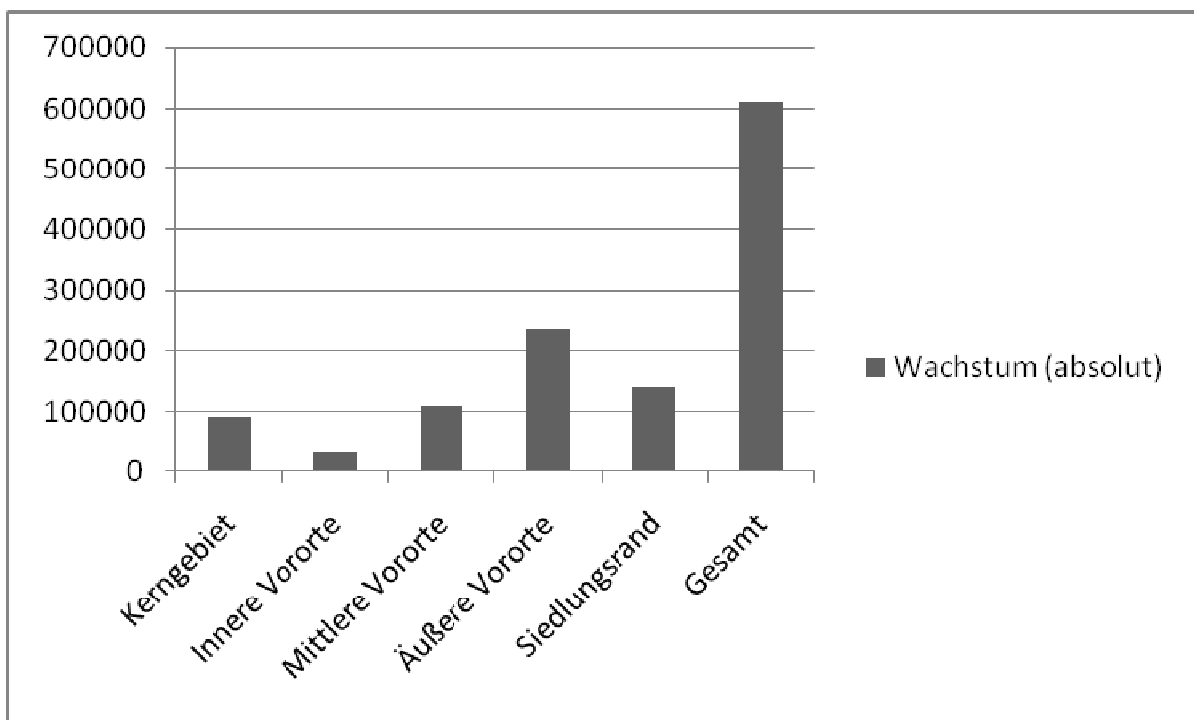


Abbildung 2: absolutes Bevölkerungswachstum im Verdichtungsraum Sydney von 1991 bis 2006 (Quelle: ABS, census counts and estimated resident population der Jahrgänge 1991 und 2006; eigene Berechnungen)

Ein Blick auf die Veränderung der absoluten Bevölkerungszahlen lässt den stärksten Anstieg für die Äußeren Vororte und den Siedlungsrand feststellen (vgl. Abbildung 2).

Das Vorhaben, die Bevölkerungsdichte im Kerngebiet zu erhöhen, kann also als erfolgreich bewertet werden. Das hohe absolute Bevölkerungswachstum in den äußeren Vororten und am Siedlungsrand weist aber auch auf die Grenzen der „Urban Consolidation“ hin: Allein mit Hilfe von innerstädtischen Verdichtungsmaßnahmen wird ein „Doughnut Effect“ am Stadtrand nicht abzuwenden sein. Insbesondere das begrenzte Flächenpotenzial im Stadtkern erfordert alternative Konzepte. Der Vorschlag von Newman und Kenworthy (2006:47 f.), in Sydney ein mehrkerniges Stadtmodell zu fördern, scheint hier als geeignet. Aufgrund von Kapazitätsgrenzen in den Innenstädten erachten sie die Etablierung einer polyzentrischen Struktur als unumgänglich. Verdichtete Zentren mit hoher Bevölkerungs- und Arbeitsplatzdichte würden die zurückzulegenden Distanzen für die Bewohner verkürzen und die Verwirklichung eines flächendeckenden und rentablen öffentlichen Verkehrsnetzes ermöglichen. Auf Basis solcher Strukturen könnten dann funktional durchmischte Zentren geschaffen werden, in denen ein ausgewogenes Verhältnis von Wohn-, Arbeits-, Freizeit- und Einkaufsmöglichkeiten vorherrscht. Sofern sich die Arbeitsplätze in fußläufiger Entfernung zu den Wohngebieten befinden, würde sich der Bedarf an der Nutzung motorisierter Verkehrsmittel weiter verringern.

## **Die Defizite des ÖPNV in Sydney**

### ***„Public transport in crisis“***

Es ist nicht nur die flächenhafte Siedlungsstruktur Sydneys, welche die starke Automobilabhängigkeit bedingt. Verkehrsplanerische Unzulänglichkeiten der vergangenen Jahrzehnte, sowie eine ausgeprägte Ignoranz gegenüber der Endlichkeit der fossilen Energieträger verhinderten nachhaltige Planungskonzepte. Bisherige verkehrsplanerische Maßnahmen standen in erster Linie im Zeichen von Schnelligkeit, Bequemlichkeit und kurzfristiger ökonomischer Rentabilität. Die ökologische Komponente wurde weitestgehend vernachlässigt (Atherton, Riedy & White 2006:9). Die wachsende öffentliche Wahrnehmung des Klimawandels und die steigenden Ölpreise führten letztlich auch in Sydney zu einer verstärkten Wahrnehmung der Umweltproblematik. Die neue „Transport Strategy“ des NSW Department of Planning, die den planerischen

Schwerpunkt auf eine umweltverträgliche Entwicklung im Stadtverkehr setzt, ist Ausdruck für dieses Umdenken. Nichtsdestotrotz weist das aktuelle Sydnayer Verkehrssystem Defizite auf, was sich durch vielerorts fehlende Zugangsmöglichkeiten zum ÖPNV und zu geringe Investitionen in das Schienennetz widerspiegelt. Darüber hinaus stehen reduzierte Frequenzen im Schienen- und Busverkehr, uneinheitliche Ticket-Systeme und im Vergleich zur Nutzung des PKW teure Preise im ÖPNV sinnbildlich für das schlechte Image des öffentlichen Verkehrs.

Mit Hilfe eines integrierten, bargeldlosen Ticket-Systems für Sydneys Busse, Züge und Fähren sollte im Jahr 2008 eine signifikante Verbesserung des veralteten Systems herbeigeführt werden. Das 95 Mio. AUD teure Kooperationsprojekt mit der Firma ERG aus Perth sah die Entwicklung einer „Smart Transport Card“ vor. Am 24. Januar 2008 berichtete der *Sydney Morning Herald* jedoch vom Scheitern des Vorhabens. Aufgrund von permanenten Verzögerungen von Seiten der Firma ERG wurde die Zusammenarbeit von der Stadtverwaltung gekündigt. Die Realisierung des integrierten Ticketsystems sei in Folge dessen innerhalb der kommenden zehn Jahre nicht mehr zu erwarten (*Sydney Morning Herald* vom 24. Januar 2008:6).

Ein weiteres Problem stellt die Überlastung der öffentlichen Verkehrsmittel dar. Durch die geplante Ansiedlung von 650000 neuen Bewohnern werden die Kapazitätsgrenzen des ÖPNV weit überschritten (Searle 2006:560). Viele Pendler bevorzugten in dieser Situation aus Bequemlichkeits- und Schnelligkeitsgründen den privaten PKW für die Fahrt zum Arbeitsplatz. Wie Glazebrook (2006:21) feststellt, übersteigt der Pro-Kopf-Primärenergieverbrauch von Autos in Sydney den von Bussen und Zügen jedoch um das Dreifache. Im Jahr 1999 betrug der Jahreswert an automobilbedingten Pro-Kopf-CO<sub>2</sub>-Emissionen in Sydney 2446 kg. Aus der ÖPNV-Nutzung resultierten hingegen nur 142 kg CO<sub>2</sub> pro Kopf (Newman, Kenworthy & Laube 1999:603). Eine Verbesserung der öffentlichen Verkehrsinfrastruktur würde somit ökologische Entlastungen bewirken.



## **Projekte zum Ausbau des öffentlichen Verkehrsnetzes in Sydney**

Die Metropolitan Strategy „City of Cities. A plan for Sydney's growth“ sieht den Ausbau und die Vernetzung von einzelnen regionalen Zentren innerhalb des Stadtgebietes vor. Der Bau einer Schienenverbindung vom nordwestlichen Wachstumszentrum über den CBD zum südwestlichen Wachstumszentrum soll eine effiziente Vernetzung der großen Wohn- und Arbeitsplatzzentren garantieren. Ziel dieses „North West - CBD - South West Rail Link“ ist eine ununterbrochene Verbindung zwischen Rouse Hill und Castle Hill im Nordwesten, den Arbeitsplatzzentren Macquarie, Chatswood, North Sydney und Sydney CBD mit Leppington und Campbelltown/Macarthur im Südwesten. Informationen des *Sydney Morning Herald* zufolge ist das Vorhaben des „North West Rail Links“, also der Teilstrecke vom CBD in den Nordwesten, aber noch keineswegs garantiert. Neue Überlegungen der Stadtplanung ziehen den Bau einer 12 Milliarden AUD teuren U-Bahnlinie vom Stadtzentrum über West Ryde bis in den Hills District in Erwägung. Im Falle einer Realisierung wäre der ursprünglich in der „Transport Strategy for Sydney“ veröffentlichte Plan einer überirdischen Schienenverbindung ad acta gelegt. Das U-Bahn-Projekt würde mehrere Jahre an Planung in Anspruch nehmen, bis mit der eigentlichen Bautätigkeit begonnen werden könnte. Die Wartezeit vieler Bürger auf die Möglichkeit, ein öffentliches Verkehrsmittel nutzen zu können, würde sich damit weiter verlängern (*Sydney Morning Herald* vom 26. Februar 2008:4).

Für die Raum- und Verkehrsplanung ergäben sich in Zusammenhang mit dem beschriebenen Großprojekt in jedem Fall neue Handlungsspielräume. Verdichtungsmaßnahmen würden nunmehr nicht nur in den Stadtzentren sinnvoll, sondern auch entlang der Bahnlinien und insbesondere im Einzugsbereich der neu entstehenden Bahnhöfe. Inwieweit dies an den verschiedenen Standorten realisierbar ist, müsste anhand von kleinräumlichen Untersuchungen überprüft werden.

## **Räumliche Analyse der automobilbedingten Umweltbelastung in Sydney**

Die aus der Mobilität resultierenden Treibhausemissionen tragen in den australischen Metropolen einen erheblichen Teil zur Belastung der Atmosphäre bei. In Sydney sind die verkehrsbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen zwischen 1990 und 2005 um 31 % angestiegen. Der

Anteil der privaten PKW an den im Jahr 2005 ausgestoßenen 559,1 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> betrug 61,8 % (Australian Greenhouse Office 2007:11 ff.). Bleiben adäquate raum- und verkehrsplanerische Maßnahmen aus, wird mit dem Bevölkerungswachstum eine steigende Umweltbelastung einhergehen. Sicherlich werden Fortschritte in der Fahrzeugtechnologie Einsparungen bewirken können, die Abnahme der Gesamtemissionen ist dadurch aber nicht zu erwarten. Sich allein auf die Annahmen von technologischen Verbesserungen zu beschränken wäre also sicher unzureichend. Vielmehr ist es notwendig, die Ansiedlung der neuen Bevölkerung in Sydney mit einer umweltverträglichen Mobilität zu vereinbaren. Ziel der im Folgenden beschriebenen Analyse ist es, die räumliche Verteilung der automobilbedingten Pro-Kopf-CO<sub>2</sub>-Emissionen innerhalb der einzelnen Stadtregionen Sydneys darzustellen. Indem die Emissionswerte mit weiteren ökonomischen, räumlichen und sozio-demographischen Daten in Beziehung gesetzt werden, wird herausgearbeitet, welche Indikatoren ausschlaggebend für eine starke bzw. schwache Automobilabhängigkeit sind. Zudem soll mit Hilfe der quantitativen Analyse die Frage beantwortet werden, in welchen Stadtgebieten aktuell ein günstiges Potenzial zur Ansiedlung der wachsenden Bevölkerung besteht.

Anhand zweier Grafiken und einer thematischen Karte werden zunächst die räumlichen Unterschiede der automobilbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Sydney visualisiert:

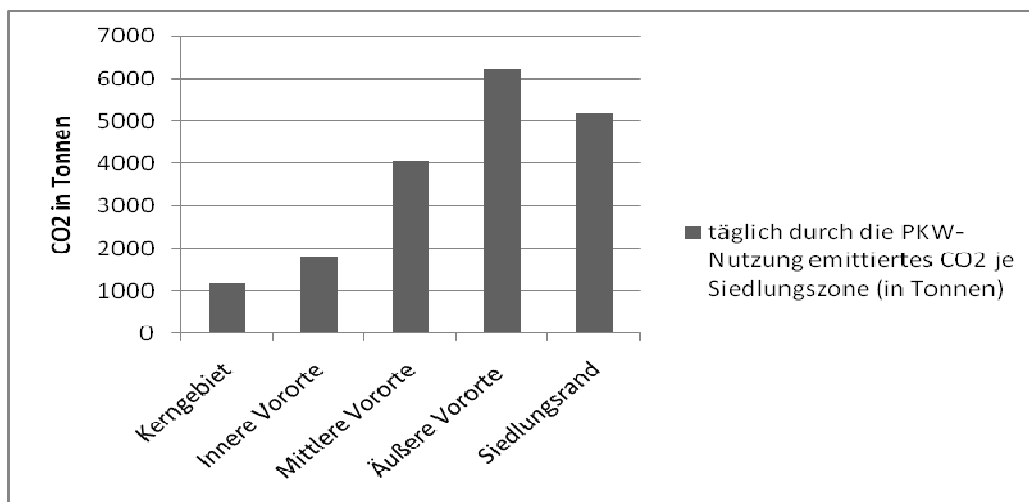


Abbildung 3: Darstellung der täglich aus der PKW-Nutzung entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen in Sydney je Siedlungszone (Quelle: HTS (2004), ABS Census Quickstats je SLA (2006) und Angaben der Federal Chamber of Automotive Industries (2008) zu den durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen

Abb. 3 stellt die täglichen aus der Automobilnutzung entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen je Siedlungszone dar. Die Werte steigen vom Kerngebiet zu den Äußeren Vororten und nehmen dann wieder leicht ab. Wie erwartet ist die Gesamtbelastung in den weiter vom Stadtkern entfernten Vororten am höchsten. Rechnet man die dargestellten absoluten Werte in Pro-Kopf-Werte um, ergibt sich folgendes Ergebnis:

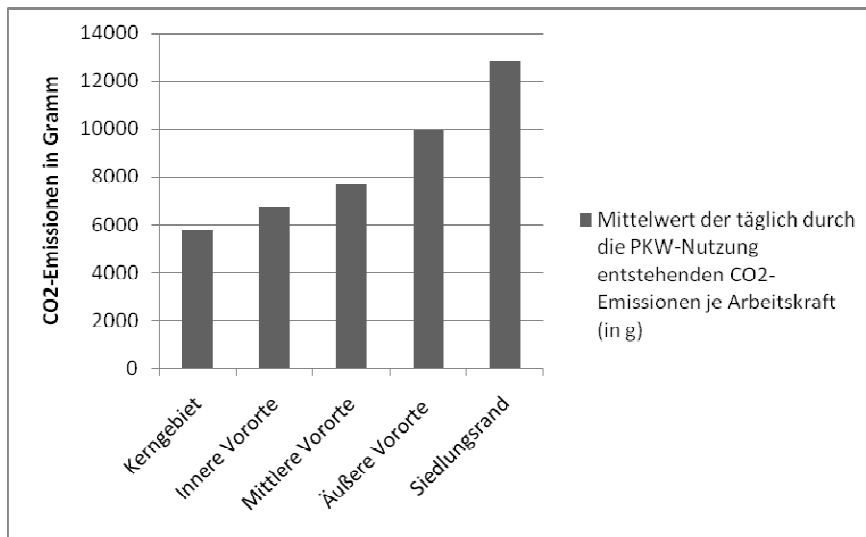


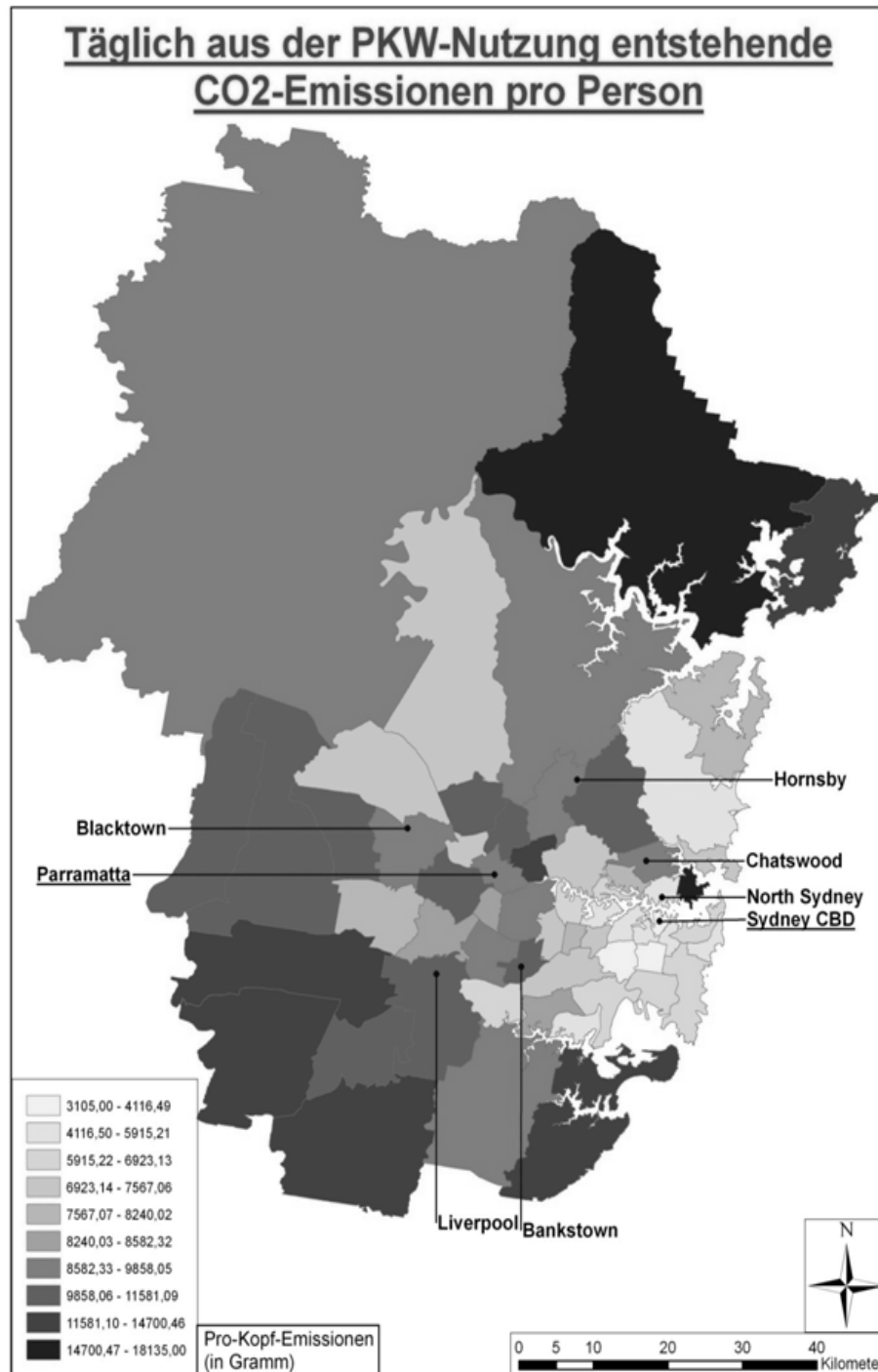
Abbildung 4: Mittelwert der täglich aus der PKW-Nutzung entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen je Arbeitskraft (Quelle: HTS (2004), ABS Census Quickstats je SLA (2006) und Angaben der Federal Chamber of Automotive Industries (2008) zu den durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen der Autos mit einem Leergewicht von weniger als 3,5 Tonnen; eigene Berechnungen)

Abbildung 4 und Karte 1 bestätigen die Annahme der steigenden automobilbedingten Pro-Kopf-CO<sub>2</sub>-Emissionen mit wachsender Distanz vom Stadtkern. Es stellt sich nun die Frage nach den Gründen für das festgestellte Muster.

Unter Bezugnahme auf die Ergebnisse bisheriger Arbeiten soll im Folgenden zunächst thesehaft eine Reihe möglicher Faktoren aufgelistet werden. Eine multilineare Regressionsanalyse wird im zweiten Schritt herausstellen, welche dieser Faktoren den größten Einfluss auf die täglich aus der PKW-Nutzung resultierenden Pro-Kopf-CO<sub>2</sub>-Emissionen haben.

Zunächst wird ein Zusammenhang zwischen PKW-Verfügbarkeit und Mobilitätsverhalten angenommen. Durch die verhältnismäßig hohe Bebauungsdichte im Kerngebiet und in den inneren Vororten sind

die Parkmöglichkeiten stärker eingeschränkt. Für die Bewohner wird die Anschaffung eines Zweitwagens dadurch unattraktiver. Unter Umständen spielen in diesem Zusammenhang auch die Einkommensverhältnisse eine Rolle.



**Karte 1: Täglich aus der PKW-Nutzung entstehende CO<sub>2</sub>-Emissionen in Sydney pro Person (Quelle: HTS (2004), ABS Census Quickstats je SLA (2006) und Angaben der Federal Chamber of Automotive Industries (2008) zu den durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen der Autos mit**

Besserverdienende Haushalte können sich einfacher einen Zweitwagen leisten als einkommensschwächere, die folglich stärker

auf die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel angewiesen sind. Es wird also vorab von einem Zusammenhang zwischen Einkommen, PKW-Verfügbarkeit und Automobilnutzung ausgegangen.

Zweitens dürfte die Bebauungsdichte sowohl die Zahl als auch die Länge der täglichen Fahrten mit dem PKW beeinflussen. Hinzu kommt die Schwierigkeit, in Gebieten mit niedriger Bevölkerungsdichte ein rentables ÖPNV-System zu etablieren. Je weniger Menschen im Umkreis einer Haltestelle wohnen, umso geringer ist deren Frequentierung. Eine niedrige Bebauungsdichte erhöht also nicht nur die durchschnittlichen Distanzen zu Arbeitsplätzen und Erholungsgebieten, sondern auch zu den ÖPNV-Haltestellen.

Drittens werden in stark funktional durchmischten Gebieten verhältnismäßig niedrige automobilbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen zu erwarten sein. Reine Wohngebiete verfügen über ein niedriges Maß an Funktionsmischung. Die geringe Arbeitsplatzverfügbarkeit in den monostrukturierten Wohnsiedlungen zwingt die erwerbstätigen Bewohner, relativ weite Strecken zu ihrem Arbeitsplatz zurückzulegen. Fehlt es an einer konkurrenzfähigen ÖPNV-Anbindung, so sind sie auf die Nutzung des privaten PKW angewiesen. Auf der anderen Seite ergeben sich in funktional durchmischten Gebieten mit einem guten Angebot an Arbeitsplätzen kurze Wege für die Erwerbstätigen, die mit nicht-motorisierten Verkehrsmitteln oder zu Fuß zurückgelegt werden können. Die Abhängigkeit vom Automobil reduziert sich also, je höher sich die lokale Verfügbarkeit an Arbeitsplätzen darstellt. In Sydney befindet sich der Großteil der Arbeitsplätze im CBD. Die jeweilige Distanz von den Vororten zum CBD dürfte demnach ebenfalls ein Kriterium darstellen. Somit stehen zur Erarbeitung der Einflussfaktoren auf die räumliche Verteilung der automobilbedingten Pro-Kopf-CO<sub>2</sub>-Emissionen folgende Variablen zur Verfügung:

- Straßendistanz zum CBD ( $x_1$ )
- Anteil der Fahrten mit dem PKW am Modal Split ( $x_2$ )
- Bebauungsdichte (in Wohneinheiten pro Hektar) ( $x_3$ )
- Zugang zum ÖPNV ( $x_4$ )
- durchschnittliche PKW-Verfügbarkeit je Haushalt ( $x_5$ )
- durchschnittliches wöchentliches Haushaltseinkommen ( $x_6$ )
- Arbeitsplätze pro Erwerbstätigem je SLA ( $x_7$ )

## Statistische Analyse

Um den Grad des Einflusses der einzelnen Variablen auf die automobilbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen berechnen zu können, bietet sich eine statistische Analyse in Form einer multilinenen Regressionsrechnung an. Während bei einer einfachen Korrelationsanalyse bzw. einer einfachen linearen Regressionsanalyse lediglich geprüft wird, ob der Zusammenhang zweier Variablen signifikant ist, prüft die multivariate Regressionsanalyse mehrere unabhängige Variablen auf einen signifikanten Zusammenhang mit einer abhängigen Variablen. In diesem Fall sind dies die aus der täglichen PKW-Nutzung resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen je Arbeitskraft ( $y$ ).

In Abschnitt 4 wurde bereits ein kausaler Zusammenhang zwischen den einzelnen unabhängigen Variablen und der abhängigen Variable vermutet. Diesen gilt es nun mit Hilfe der statistischen Analyse zu testen. Betrachtet man das Verhältnis der unabhängigen Variablen untereinander, so müssen auch hier kausale Zusammenhänge erwartet werden. Für die Regressionsrechnung bedeutet eine solche Interkorrelation von unabhängigen Variablen aber eine Verfälschung des Ergebnisses (Multikollinearität). Es ist also zunächst notwendig für die unabhängigen Variablen eine Kollinearitätsdiagnose durchzuführen. Für die verbleibenden Werte wird ein kritisches Signifikanzniveau ( $W_{\text{krit}} > 0,05$ ) festgelegt. Überschreiten die Signifikanzniveaus einzelner, unabhängiger Variablen den kritischen Wert, besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen abhängiger und unabhängiger Variable. Nachdem die beschriebenen Ausschlussverfahren in mehreren Schritten durchgeführt und alle Störvariablen entfernt wurden, verbleiben drei unabhängige Variablen:

- Bebauungsdichte (in Wohneinheiten pro Hektar) ( $x_3$ )
- Zugang zum ÖPNV ( $x_4$ )
- durchschnittliche PKW-Verfügbarkeit je Haushalt ( $x_5$ )

Modellzusammenfassung				
Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	,847 <sup>a</sup>	,718	,697	1800,59144
a. Einflussvariablen : (Konstante), Zugang zum ÖPNV, Bebauungsdichte, durchschnittliche Anzahl an PKWs pro Haushalt				

**Tabelle 2: Zusammenfassung des Regressionsmodells**

Es ergibt sich folgende Regressionsgleichung:

$$y = 3098,972 + (-34,595 \cdot x_3) + 91,356 \cdot x_4 + 3262,706 \cdot x_5$$

Die Regressionsrechnung bestätigt zunächst die Annahmen von Newman & Kenworthy (1999) und Schüttemeyer (2005). Bezüglich der Arbeitsplätze je Erwerbstätigem ( $x_7$ ) konnte hingegen kein Zusammenhang festgestellt werden. Die Zugangsmöglichkeiten zum ÖPNV sowie die PKW-Verfügbarkeit spielen hinsichtlich der räumlichen Verteilung der automobilbedingten Pro-Kopf-CO<sub>2</sub>-Emissionen ebenfalls eine Rolle. Auch Corpuz, McCabe und Ryszawa (2003:3) kommen bei einer Untersuchung zur Mobilität in Sydney zu dieser Erkenntnis.

Es soll an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen werden, dass mit Hilfe des Regressionsmodells zwar eine signifikante Korrelation der Variablen  $x_3$ ,  $x_4$  und  $x_5$  errechnet werden konnte, das abschließende Modell besteht aber den Multikollinearitäts-Test nicht. Eine Problematik, die sich auch bei weiteren Veränderungen des Modells nicht beheben lässt. Es liegt demnach kein eindimensionales Beziehungsgeflecht vor, bei dem die einzelnen unabhängigen Variablen ausschließlich Einfluss auf die Zielvariable nehmen. Vielmehr muss von einem zirkulären Zusammenhang ausgegangen werden.

Bei der Interpretation der mathematischen Resultate ist eine starke Korrelation der PKW-Verfügbarkeit je Haushalt mit den Pro-Kopf-CO<sub>2</sub>-Emissionen festzustellen. Diesbezüglich sind Planung und Politik

in Australien sowohl auf nationaler als auch auf föderaler Ebene gefragt, für Haushalte die Anschaffung von Zweit- oder Drittwagen unattraktiv zu gestalten. Es bietet sich an, die direkten und indirekten Kosten für den Kauf eines privaten PKW zu erhöhen. Die Einführung einer Öko-Steuer, die eine Verteuerung des im internationalen Vergleich günstigen australischen Benzins bewirken würde, könnte die Bürger zu einer verstärkten Nutzung öffentlicher oder nicht-motorisierter Verkehrsmittel bewegen. Sicher würde die steuerliche Mehrbelastung der Bürger auf erhebliche Widerstände von Seiten der Öffentlichkeit und der Wirtschaft stoßen.

Gegenargumente können vor allem aus sozialer Perspektive erhoben werden, da besonders Einkommensschwächere stärker belastet würden. Reinvestiert man aber die steuerlichen Mehreinnahmen in den Ausbau des öffentlichen Verkehrsnetzes und garantiert dadurch jedem Bürger die Erreichbarkeit der städtischen Zentren, so wäre die Maßnahme auch sozial vertretbar. Würde die Nutzung des privaten PKW verteuert, müsste also gleichzeitig jedem Bürger der Zugang zum öffentlichen Verkehrsnetz gewährleistet sein. Die ÖPNV-Nutzung müsste zudem aus finanziellen Aspekten und in punkto Schnelligkeit gegenüber der Nutzung des Automobils konkurrenzfähig gestaltet werden. In dieser Hinsicht bietet sich neben dem Ausbau des Schienennetzes auch die flächendeckende Einführung von Buslinien an, was den Bussen in Sydney gegenüber den PKW Schnelligkeitsvorteile verschaffen würde.

Die Regressionsrechnung bestätigt den erwarteten Zusammenhang von steigenden automobilbedingten CO<sub>2</sub>-Ausstößen mit sinkender Bebauungsdichte. Um die oben beschriebenen Verbesserungen des ÖPNV realisieren zu können, ist die Schaffung von städtebaulichen Rahmenbedingungen unumgänglich. Besonders in den bestehenden städtischen Zentren, aber auch in den neu geplanten Gebieten müssen daher kompakte Strukturen und eine ausgewogene Funktionsmischung die Grundlage für weitere Verbesserungsansätze bilden.

Die Maßnahmen und Strategien zur Reduzierung der automobilbedingten Umweltbelastung, die in Bezug auf die beschriebenen



Ergebnisse ergriffen werden könnten, sollen abschließend noch einmal zusammengefasst und diskutiert werden.

### **Strategien für eine umweltverträgliche Mobilität in Sydney**

Das für die kommenden Jahre erwartete Bevölkerungswachstum in Sydney bedeutet eine große Herausforderung, bietet aber auch eine große Chance für die Raumplanung, die Stadtstruktur und in diesem Zusammenhang die Mobilität ökologisch nachhaltig zu gestalten. Der Übergang von einer flächenhaften zu einer kompakten Stadt muss hierbei die Planungsgrundlage bilden. Die aktuelle „Metropolitan Strategy“ des NSW Ministry of Planning setzt den planerischen Schwerpunkt auf die Förderung eines polyzentrischen Stadtmusters, bei dem die bestehenden Arbeitsplatzzentren und die beiden neuen Wachstumszentren im Nord- und Südwesten als Stadtkerne dienen. Dort soll insbesondere ein gutes Maß an funktionaler Durchmischung gewährleistet werden. Neben einer hohen Arbeitsplatzdichte sind weitere Wohn-, Freizeit und Einkaufszentren geplant. Vor allem die angedachten Verdichtungsmaßnahmen in den Zentren und in den Subzentren dürften, im Falle einer konsequenten Durchführung, eine Verkürzung der zu überbrückenden Distanzen und somit eine deutliche Verbesserung der aktuellen Strukturen bewirken.

Nichtsdestotrotz unterstreicht die statistische Untersuchung die Notwendigkeit von flächendeckenden Investitionen in die öffentliche Verkehrsinfrastruktur. Sowohl der Zustand in vielen peripheren, nahezu vollständig vom öffentlichen Verkehrsnetz isolierten Vororten, als auch die Kapazität des bestehenden ÖPNV müssen deutlich verbessert werden. Für die Ansiedlung der neuen Bevölkerung könnten neben den Wachstumszentren Verdichtungsmaßnahmen in denjenigen Stadtgebieten in Erwägung gezogen werden, die bereits aktuell über eine gute Anbindung an den ÖPNV verfügen. Einzelne Vororte des Kerngebiets, der inneren und mittleren Vororte bieten sich hier an. Sicher ist dort die Flächenverfügbarkeit durch die bereits relativ dichte Bebauung begrenzt, dennoch könnten Industriebrachen oder Altbauten lokalisiert und baulich erneuert werden. Geringe Kosten für die Erschließung der Infrastruktur stellen für solche Maßnahmen einen weiteren Vorteil dar.

Die aus der „Urban Consolidation“ zu erwartenden sozialen Segregationsprozesse sind nicht von der Hand zu weisen. Um die Verdrängung einkommensschwächerer Familien aus den attraktiven, zentrennahen Wohnvierteln zu verhindern, bieten sich soziale Wohnungsbauprojekte an, die auch im Rahmen der staatlichen „Affordable housing policy“ geplant sind. Vor allem den Arbeitnehmern des öffentlichen Sektors („Key Workers“) soll damit ein arbeitsplatznahes Wohnen ermöglicht werden.

Zusammenfassend bietet sich also für die Planung von neuen verdichteten Siedlungen an, ein ausgewogenes Verhältnis von Wohn-, Arbeits-, Einkaufs- und Freizeitmöglichkeiten zu garantieren, ÖPNV-Haltestellen für alle Bewohner in fußläufiger Distanz zu lokalisieren und das Angebot an Parkplätzen möglichst gering zu halten. Sofern es gelingt, die genannten Strukturen in den Stadtzentren und deren Einzugsgebieten zu etablieren, kann von einer deutlichen Reduzierung der automobilbedingten Umweltbelastung ausgegangen werden.

Neben der Verwirklichung von günstigen räumlichen Strukturen, besteht auch ein politischer Spielraum, die Nutzung des Automobils einzuschränken. Zunächst könnte das Bewusstsein gegenüber dem Klimawandel und dessen negativen Auswirkungen mit Hilfe von öffentlichen Aufklärungs- bzw. Marketingkampagnen geschärft werden. Noch wichtiger erscheint aber eine politische Steuerung der Benzinpreise. Durch die Einführung einer landesweiten Benzin- oder Mineralölsteuer könnte der Preis des im internationalen Vergleich günstigen australischen Benzins an ein europäisches Niveau angeglichen werden. Sowohl aus ökologischer als auch aus sozialer Perspektive wäre dies wünschenswert.

Alles in Allem macht die abschließende Betrachtung des Sachverhaltes Eines deutlich: Die Möglichkeiten für die Schaffung einer umweltverträglichen Stadtstruktur sind in Sydney gegeben. Inwieweit diese in die Tat umgesetzt werden, hängt in erster Linie von der Bereitschaft der Politiker und Planer ab, aus Sydney eine „Green City“ zu machen. Dies würde letztlich einen Beitrag zur Einhaltung der Kyoto-Ziele und möglichen Nachfolgeabkommen zum Klimaschutz leisten.

## Literaturverzeichnis

- Australian Bureau of Statistics, 2006. *Sydney ... A Social Atlas*. Canberra.
- Atherton, A., Riedy, C. und S. White, 2006. *Moving on: the RTBU's public transport blueprint for Sydney*. Institute for sustainable futures. University of Technology, Sydney.
- Besser, L. und A. Smith, 2008. "City catches \$12b metro." In: *Sydney Morning Herald* vom 19. März 2008, S. 1 und 4.
- Braun, B., Grotz, R. und A. Schüttemeyer, 2001. „Von der flächenhaften zur verdichteten Stadt: Ansätze der nachhaltigen Stadtentwicklung in Sydney.“ *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 145 (5), 56-65.
- Breheny, M. 2008. "Centrists, decentrists and compromisers: views on the future of urban form." In: Jenks, M., Burton, E. und K. Williams, Hrsg.<sup>2</sup>, *The Compact City: a sustainable urban form?* London: Spon Press, 13-35.
- Corpuz, G., McCabe, M. und K. Ryszawa, 2006. *The Development of a Sydney VKT Regression Model*. Gold Coast, 29<sup>th</sup> Australasian Transport Research Forum.
- Federal Chamber of Automotive Industries, 2008. *National average carbon emissions*. Canberra.
- Forster, C., 2004<sup>3</sup>. *Australian cities. Continuity and change*. Melbourne: Oxford University Press
- Glazebrook, G., 2006. *Taking the con out of convenience: the true costs of transport modes in Sydney*. Faculty of Design, Architecture and the Built Environment. University of Technology, Sydney.
- Hall, T., 2003. „Car-ceral cities. Social Geographies of everyday urban mobility.“ In: Miles, M. und T. Hall, Hrsg., *Urban futures. Critical commentaries on shaping the city*, New York: Routledge, 92-105.
- Newman, P. und J. Kenworthy, 1999. *Sustainability and Cities. Overcoming Automobile Dependence*. Washington D. C.: Island Press.
- Newman, P. und J. Kenworthy, 2006. "Urban Design to reduce automobile dependence." In: *Opolis* (2 (1)), 35-52.
- Newman, P., Kenworthy, J. und F. Laube, 1999. "The Global City and Sustainability-Perspectives from Australian Cities and a Survey of 37 Global Cities." In: Brotchie, J., Newton, P. und J. Dickey, Hrsg., *East West Perspectives on 21st Century Urban Development*, Aldershot, 327-354
- NSW Department of Planning, 2005. *NSW Government's Metropolitan Strategy: City of Cities. A plan for Sydney's future*. Sydney.
- Searle, G., 2006. "Is the City of Cities Metropolitan Strategy the answer for Sydney?" In: *Urban Policy and Research*, 24 (4), 553-566.
- Searle, G., 2007. "Sydney's urban consolidation experience: power, politics and community" In: *Urban Research Program. Research Paper 12*. Brisbane.

- Schüttemeyer, A. 2005. „Verdichtete Siedlungsstrukturen in Sydney. Lösungsansätze für eine nachhaltige Stadtentwicklung.“ In: *Bonner Geographische Abhandlungen*, Heft 113, Bonn, Ferger Verlag.
- Smith A., 2008. “Sydney's \$260m cheap home plan.” In: *Sydney Morning Herald* vom 29. April 2008, S. 6.
- Smith A., 2008. “\$95m down the drain, and transport card is years off” In: *Sydney Morning Herald* vom 24. Januar 2008, S. 1 und 6.
- Troy, P. N., 1996. *The perils of urban consolidation*. Leichhardt: The Federation Press.
- Troy, P. N., 2008, “Urban consolidation and the family.” In: Jenks, M., Burton, E. und K. Williams Hrsg. *The Compact City. A sustainable urban form?*, London: Spon Press, 45-52
- Waite, G., 2004. “Pyrmont-Ultimo: the Newest Chic Quarter of Sydney.” In: Bell, D. und M. Jayne, Hrsg., *City of Quarters. Urban Villages in the Contemporary City*, Aldershot, 15-36.