

Marc Keuschnigg und Johannes Schubert

Münchener Umwelt-Survey:
Privater Umweltverbrauch
in den Bereichen Wohnen und Mobilität

Arbeitspapier des Instituts für Soziologie
der Ludwig-Maximilians-Universität München
Nr. 6

Institut für Soziologie
Konradstr. 6
80801 München

Februar 2013

Zusammenfassung

Der Bericht präsentiert zentrale Ergebnisse einer im Frühjahr 2012 unter Münchener Haushalten durchgeführten Befragung zum Thema Umwelteinstellungen, Umweltverhalten und Umweltfolgen. Ausgehend von einer Beschreibung der Erhebung und der verwendeten Methode zur Schätzung des personellen Umweltverbrauchs (in Kilo Kohlendioxid (CO₂) pro Kopf), erfolgt eine Bestandsaufnahme der von Münchener Haushalten verursachten CO₂-Emissionen in den Bereichen Wohnen und Mobilität. Pro Kopf liegen diese im Durchschnitt bei 3,18 Tonnen pro Jahr. Im Anschluss werden wichtige Einflussgrößen von Pro-Kopf-Emissionen untersucht. Dabei kann die Anzahl der Kraftfahrzeuge im Haushalt als stärkster Treiber für CO₂-Emissionen identifiziert werden, wohingegen die Haushaltsgröße und die Anzahl der Wohngemeinschaften im Gebäude die einflussreichsten Faktoren zur Reduktion der CO₂-Emissionen im Wohnbereich darstellen. Das Umweltbewusstsein der Befragten hat dagegen keinen (Wohnen) oder nur einen untergeordneten Einfluss (Mobilität) auf den persönlichen Umweltverbrauch. Die Befunde erlauben die Formulierung einiger umweltpolitischer Vorschläge und geben Hinweise auf wirksame Maßnahmen des Klimaschutzes auf Verbraucherseite. Im Bereich Wohnen wären hier insbesondere die Akzeptanz von Untermiete und Wohngemeinschaften (soziale Verdichtung) sowie eine Förderung baulich kompakter Gebäude mit mehr als acht Wohneinheiten (physische Verdichtung) zu nennen. Im Bereich Mobilität stellt sich die Frage, mit welchen Mitteln der motorisierte Individualverkehr wirksam reduziert werden kann.

Marc Keuschnigg
Ludwig-Maximilians-Universität München
Institut für Soziologie
Konradstraße 6
80801 München
marc.keuschnigg@soziologie.uni-muenchen.de

Johannes Schubert
Ludwig-Maximilians-Universität München
Institut für Soziologie
Konradstraße 6
80801 München
johannes.schubert@soziologie.uni-muenchen.de

1 Einleitung

In den letzten Jahrzehnten fand eine erhebliche Sensibilisierung der deutschen Bevölkerung für Fragen des Umweltschutzes und eines nachhaltigen Umgangs mit natürlichen Ressourcen statt. Ungeachtet dieser Veränderung des allgemeinen Umweltbewusstseins erfolgten allerdings nur zögerliche Verhaltensanpassungen. So konnte im letzten Jahrzehnt trotz jährlicher Umweltschutzausgaben in Milliardenhöhe der Ausstoß an Kohlendioxid (CO₂) durch bundesdeutsche Haushalte um lediglich 6,2% auf 230 Mio. Tonnen im Jahr reduziert werden (Statistisches Bundesamt 2012). Demzufolge ist die Wirksamkeit von Umweltschutzmaßnahmen in Deutschland noch immer unbefriedigend. In diesem Zusammenhang können Studien zum Umweltverhalten die Suche nach Stellschrauben wirksamer Umweltpolitik unterstützen.

Der vorliegende Bericht beschreibt erste Ergebnisse einer im März 2012 durchgeführten Erhebung zu Umweltverhalten und Umweltverbrauch privater Haushalte im südlichen Teil Münchens. Die Konzeption und Durchführung des Umwelt-Survey erfolgte durch das Institut für Soziologie der Ludwig-Maximilians-Universität München in Zusammenarbeit mit dem Referat für Stadtplanung und Bauordnung der Landeshauptstadt München.¹ Der Münchener Umwelt-Survey untersucht Einflussfaktoren des privaten Umweltverbrauchs in den Bereichen Wohnen und Mobilität. Dabei wird der Frage nachgegangen, wie Haushaltseigenschaften (z.B. Haushaltsgröße, Einkommen) und Gebäudemerkmale (z.B. Baulter, Gebäudetyp) mit dem jährlichen CO₂-Ausstoß von Privathaushalten zusammenhängen. Indem sowohl soziodemografische als auch infrastrukturelle Einflussfaktoren auf den privaten Umweltverbrauch identifiziert werden, können Hinweise auf wirkungsvolle Umweltschutzmaßnahmen auf Verbraucherseite gewonnen werden.

Zunächst werden das Erhebungsinstrument, die Auswahl des Erhebungsgebiets und die Stichprobenziehung besprochen (Abschnitt 2). Anschließend wird die Messung des privaten Umweltverbrauchs in CO₂-Einheiten vorgestellt (Abschnitt 3). Der Ergebnisteil beginnt mit einer Beschreibung des privaten Umweltverbrauchs im Erhebungsgebiet (Abschnitt 4). In Abschnitt 5 werden Einflussfaktoren des privaten CO₂-Ausstoßes einer systematischen Auswertung unterzogen, wobei mit Hilfe von statistischen Regressionsanalysen Ansatzpunkte wirksamen Umweltschutzes ausfindig gemacht werden können. Abschnitt 6 schließt mit einer Zusammenfassung zentraler Erkenntnisse.

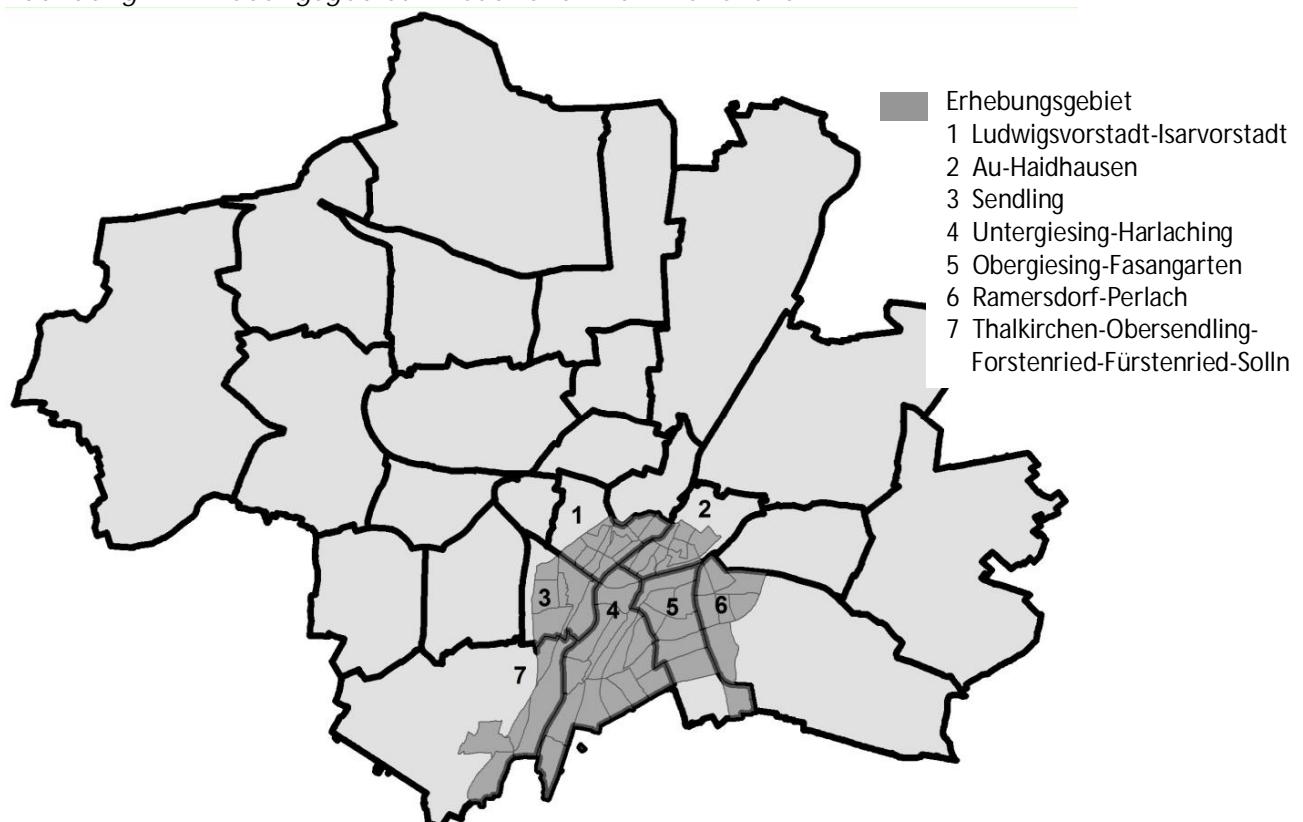
¹ Wir danken allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Befragung. Dank schulden wir auch dem Münchener Institut für Soziologie sowie dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekt „Klima Regional“ für die Finanzierung der Erhebung. Für ihre Hilfe bei der Projektumsetzung danken wir insbesondere Norman Braun, Benjamin Gedon, Bernhard Gill, Anja Hellmann, Fabian Kratz, Daniel Pfaller, Laila Schmitt und Tobias Wolbring vom Institut für Soziologie sowie Ramón Arndt, Stefanie Bernhart und Andreas Peter vom Referat für Stadtplanung und Bauordnung. Die Daten der Studie wurden im Rahmen eines studentischen Lehrforschungsprojekts am Institut für Soziologie erhoben. Wir danken allen Teilnehmern der Methoden-Kurse 2011/12 für ihre Mitarbeit bei der Konzeption und Durchführung der Erhebung. Für hilfreiche Anmerkungen zu einer frühen Version dieses Berichts danken wir Felix Bader und Bernhard Gill.

2 Datenerhebung

Die Datenerhebung erfolgte im März 2012 mit Hilfe eines 14-seitigen schriftlichen Fragebogens, der im Rahmen eines Lehrforschungsprojekts in Zusammenarbeit mit Studierenden entworfen und verschickt wurde. Das Erhebungsinstrument enthielt 56 Fragen zum privaten Umweltverhalten (z.B. Heiz- und Stromkosten, Autonutzung), zu persönlichen Merkmalen der Befragten (z.B. Umweltbewusstsein, Bildungsstand), zu Eigenschaften des Haushalts (z.B. Wohnungsgröße, Kinderzahl) und zum Zustand der bewohnten Immobilie (z.B. Baujahr, Sanierungsstand). Neben den Daten zum persönlichen Umweltverbrauch wurden damit auch Angaben zu möglichen Einflussfaktoren des privaten CO₂-Ausstoßes erhoben.

Die Befragung wurde in sieben Münchener Stadtbezirken durchgeführt, deren Lage sich vom Stadtzentrum bis zur südlichen Stadtgrenze erstreckt (siehe Abbildung 1). Die Auswahl des Erhebungsgebietes hat zum Ziel, eine möglichst heterogene Teilnehmerschaft abzubilden und dabei von der gesamten Zusammensetzung des Münchener Gebäudebestandes und der Münchener Wohnbevölkerung nur wenig abzuweichen. Dementsprechend umfasst der Erhebungsräum dicht bebaute Bezirke in Innenstadtnähe (z.B. Ludwigsvorstadt, Isarvorstadt) genauso wie vorstädtisch geprägte Viertel in Randlage (z.B. Harlaching, Forstenried). Enthalten sind einkommensstärkere (z.B. Solln) und einkommensschwächere Viertel (z.B. Giesing) sowie Stadtteile mit niedrigem (z.B. Au, Haidhausen) und hohem Altersdurchschnitt (z.B. Ramersdorf, Perlach). Die Unterschiede in der räumlichen Lage, dem Gebäudebestand und der soziodemografischen Zusammensetzung der Viertel – und damit die erhöhte Variation erfasster Merkmale – erleichtern die Bestimmung von Einflussfaktoren des privaten Umweltverbrauchs.

Abbildung 1: Erhebungsgebiet im südlichen Teil Münchens.



Entsprechend dieser Auswahl des Erhebungsgebiets umfasst die Grundgesamtheit der Untersuchung alle Bewohnerinnen und Bewohner der sieben Stadtbezirke aus Abbildung 1, die zum Zeitpunkt der Erhebung das 18. Lebensjahr abgeschlossen hatten. Die Stichprobenziehung fand per Zufallsbegehung² statt, wobei Postanschriften von insgesamt 3.300 Haushalten erfasst wurden. In einem zweiten Schritt wurden die Fragebögen zusammen mit einem frankierten Rückumschlag postalisch an die erfassten Haushalte verschickt. Um systematische Verzerrungen bei der Auswahl der Befragten innerhalb der Haushalte zu vermeiden, fand innerhalb der ausgewählten Wohneinheiten eine zweite Stichprobenziehung mittels Geburtstagsmethode³ statt (beide Verfahren der Stichprobenziehung beschreibt z.B. Diekmann 2007). Eine Woche nach Verschickung der Fragebögen fand eine Erinnerungsaktion per Postkarte an alle ursprünglich angeschriebenen Haushalte statt. Die letztlich realisierte Stichprobe umfasst 1060 befragte Personen, was einer befriedigenden Ausschöpfungsquote von 32% entspricht. Nach Eingang der Fragebögen wurden alle Angaben der Befragten in anonymisierter Form numerisch erfasst, sodass eine computergestützte statistische Analyse des Datenmaterials möglich ist.

Die Güte der Stichprobe kann nun durch einen Vergleich des erhobenen Datenmaterials mit Daten der amtlichen Statistik bemessen werden. Bei annähernder „Repräsentativität“ sollten Anteile und Mittelwerte der erhobenen soziodemografischen Merkmale mit den offiziellen Werten für die Bevölkerung des Erhebungsraums korrespondieren. Vergleicht man beispielsweise die Eigenschaften Geschlecht, Haushaltsgröße, Kinderzahl und Staatsangehörigkeit mit Referenzwerten des Statistischen Amts der Landeshauptstadt München (2012), zeigen sich allerdings Abweichungen: Während sich der offiziell gemessene Männeranteil in der Bevölkerung des Erhebungsgebiets auf 49% beläuft, kommen männliche Befragte in der Stichprobe nur auf einen Anteil von 45%. Unterschätzt wird auch der Anteil an Ein-Personen-Haushalten, wobei die durchschnittliche Haushaltsgröße im Sample 2,0 Personen beträgt (offizieller Mittelwert: 1,8). Die stärksten Abweichungen ergeben sich aber hinsichtlich der Kinderzahl und des Migrantenanteils. Familien mit mindestens einem Kind sind gegenüber kinderlosen Haushalten deutlich überrepräsentiert (Stichprobe: 48%; offizieller Anteil: 16%) und Bürgerinnen und Bürger mit ausländischer Staatsangehörigkeit erheblich unterrepräsentiert (Stichprobe: 6%; offizieller Anteil: 25%).⁴ Die fehlende Repräsentativität der Stichprobe sollte bei der Interpretation deskriptiver Befunde beachtet werden (Abschnitt 4). Da bei der Bestimmung von Einflussgrößen des Umweltverbrauchs allgemeine Zusammenhänge interessieren, können die Verzerrungen dort allerdings vernachlässigt werden (Abschnitt 5).

² Verwendet wurde ein sog. Random-Route-Verfahren, wobei ausgehend von zufällig gezogenen Startadressen innerhalb des Erhebungsgebiets nach strikten Begehungsregeln die Adresse jedes vierten Haushalts (mit Klingelschild oder Briefkasten) erfasst wurde. Dieses Vorgehen wird in der Sozialforschung zur Gewährleistung annähernder Repräsentativität bei räumlich eng begrenzten Erhebungen häufig verwendet.

³ Hierbei soll dasjenige Haushaltmitglied den Fragebogen beantworten, welches zuletzt Geburtstag hatte, da üblicherweise nicht alle Mitglieder eines Haushalts mit gleicher Wahrscheinlichkeit die Post öffnen.

⁴ Zweiseitige t-Tests für den Einstichprobenfall weisen die berichteten Unterschiede als statistisch hoch bzw. höchst signifikant aus.

3 Messung des Umweltverbrauchs

In den letzten Jahren hat sich der Ausstoß von Kohlendioxid (CO₂) als eine international vergleichbare und anerkannte „Währung“ für die Messung des Umweltverbrauchs etabliert (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2007; Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung für Globale Umweltveränderungen (WBGU) 2007).⁵ Um die Ergebnisse des Münchener Umwelt-Surveys mit anderen Studien vergleichen zu können, wird der personelle Umweltverbrauch der Befragten gleichfalls über deren Kohlendioxidausstoß erfasst. Dabei ist zu beachten, dass der CO₂-Ausstoß privater Haushalte in verschiedenen Bereichen der alltäglichen Lebensführung verursacht wird, wobei erhebliche Unterschiede in der praktischen Erfassbarkeit vorliegen. Nach Angaben des Umweltbundesamtes (UBA 2012) erzeugt der bundesdeutsche Durchschnittsbürger ungefähr elf Tonnen CO₂ pro Jahr, wobei ca. 40% auf die Bereiche Mobilität und Wohnen (motorisierter Individualverkehr, Strom, Heizung, Warmwasseraufbereitung) und der Rest auf die schwer messbaren Bereiche Ernährung, Konsum und öffentliche Infrastruktur entfallen. Aufgrund des substanzialen Anteils, den die Bereiche Mobilität und Wohnen zum Gesamtausstoß beitragen, sowie aufgrund der vergleichsweise einfachen Messbarkeit von Energieausgaben (z.B. für Gas, Fernwärme oder Kraftstoff) beschränkt sich der Umwelt-Survey auf eine Erfassung des Umweltverbrauchs in den Bereichen Wohnen und Mobilität.

CO₂-Emissionen durch Wohnen: Die Messung des Umweltverbrauchs im Bereich Wohnen erfolgte durch getrennte Abfrage monatlicher oder jährlicher Ausgaben für die Energieträger Öl, Gas, Fernwärme, Strom, Ökostrom, Holz und Kohle. Unter der Annahme, dass monetäre Ausgaben von den Befragten leichter erinnert werden als Verbrauchsmengen (oder gar das verursachte CO₂-Volumen), wird die Verbrauchserfassung in Euro zur vereinfachten Handhabe des Fragebogens eingesetzt.⁶ Die Angaben können in einem zweistufigen Verfahren in Emissionsmengen umgerechnet werden (vgl. Schubert, Wolbring und Gill 2012). Hierzu werden die angegebenen Energieausgaben zunächst mithilfe aktueller Preisindizes (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie 2012) in konkrete Jahresverbrauchsmengen in Kilowattstunden (kWh) umgerechnet (siehe Tabelle 1). Dabei werden die für München gebräuchlichen Verbrauchspreise verwendet. Im zweiten Schritt werden die absoluten Mengen mit brennstoffspezifischen Umrechnungsfaktoren (Fritsche 2007; Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien (IINAS) 2012; Referat für Gesundheit und Umwelt der Stadt München (RGU) 2012) gewichtet. Die Faktoren entsprechen dem CO₂-Ausstoß in Kilo (kg), welcher durch Verbrauch einer kWh des entsprechenden Energieträgers entsteht.⁷ Soweit möglich, und um

⁵ Kohlendioxid entsteht v.a. bei der Verbrennung fossiler Rohstoffe und zählt neben Methan und Wasserdampf zu den schädlichsten Treibhausgasen. Die rasante Zunahme des weltweiten CO₂-Ausstoßes wird deshalb maßgeblich für den Klimawandel verantwortlich gemacht (IPCC 2007).

⁶ Für eine ähnliche Operationalisierung sowie den damit einhergehenden Schwierigkeiten der Messung siehe Frondel et al. (2011).

⁷ Verwendet werden hierzu Umrechnungsfaktoren, die neben dem direkten CO₂-Ausstoß pro Brennstoffeinheit auch die energietischen Vorleistungen der Bereitstellung wie z.B. Förderung, Transport, Veredelung berücksichtigen.

dem lokalen Energiemix Rechnung zu tragen, sind auch hier die für München spezifischen Umrechnungsfaktoren verwendet worden.⁸

CO₂-Emissionen durch Mobilität: Zur Erfassung des Umweltverbrauchs im Bereich Mobilität konnten die Befragten für bis zu drei Kraftfahrzeuge (Autos, Wohnmobile, Motorräder, u.ä.) die folgenden Angaben machen: Kraftstoffart (Diesel, Benzin, Gas, Elektro oder Hybrid), Kraftstoffverbrauch pro 100 Kilometer (km) sowie die Gesamtfahrleistung pro Jahr in Kilometern (siehe Tabelle 1). Emissionen durch eine Teilhabe am öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) bleiben unberücksichtigt, sodass sich die Erfassung auf Haushalte mit Autos beschränkt (72% der befragten Haushalte nutzen mindestens ein Kraftfahrzeug).⁹ Die Umwandlung der Angaben in Emissionsmengen erfolgt analog zum Vorgehen im Wohnbereich: Aus dem angegebenen Verbrauch (pro 100 km) und der jährlichen Gesamtfahrleistung (in km) wird zunächst für jeden Haushalt der benötigte Treibstoffbedarf ermittelt. Unter Zuhilfenahme der treibstoffspezifischen Umrechnungsfaktoren (CO₂-Ausstoß pro Liter) werden anschließend die mit Kfz-Mobilität verbundenen CO₂-Emissionen berechnet.¹⁰

Tabelle 1: Umrechnungsfaktoren für Energieträger im Bereich Wohnen und Mobilität.

	Energie-träger	Erfassung	Umrechnung in Einheiten pro Jahr	kg CO ₂ pro Einheit Energie-träger	Quellen
Wohnen	Öl		kWh	0,3173	Fritsche 2007/IINAS 2012
	Gas		kWh	0,2245	Fritsche 2007/IINAS 2012
	Fernwärme	Ausgaben	kWh	0,2060	RGU 2012/IINAS 2012
	Strom	in Euro	kWh	0,4290	RGU 2012/IINAS 2012
	Ökostrom	pro Jahr	kWh	0,0410	RGU 2012/IINAS 2012
	Holz		kWh	0,0156	RGU 2012/IINAS 2012
Mobilität	Kohle		kWh	0,3665	Fritsche 2007/ IINAS 2012
	Diesel	Liter pro 100 km,	Liter	0,3090	Fritsche 2007/ IINAS 2012
	Benzin	Fahrleistung	Liter	0,3246	Fritsche 2007/IINAS 2012

Die Gesamtemissionen aus den Bereichen Wohnen und Mobilität ergeben sich schließlich durch Addieren beider Werte. Eine um Haushaltsgrößen bereinigte Messung erhält man durch Division des errechneten CO₂-Ausstoßes mit der im Fragebogen erfassten Haushalts-

⁸ Beispielrechnung für den Brennstoff Öl im Wohnbereich: Für einen Euro bekam man zum Erhebungszeitpunkt ca. 1,23 Liter Heizöl. In einem Liter Öl ist ein Brennwert von 10,20 kWh enthalten. Für einen Euro erhält man also 12,55 kWh Brennwert. Bei der Verbrennung fallen pro kWh 0,32 kg CO₂ an. Pro Euro, der für Öl ausgegeben wird, fallen also CO₂-Emissionen in Höhe von etwa 4 kg an.

⁹ Dieses Vorgehen ignoriert, dass auch Haushalte ohne Kraftfahrzeug mobilitätsbedingte Emissionen erzeugen. Die hier getroffene Annahme, autofreie Haushalte würden im Bereich Mobilität keinerlei CO₂ verursachen, dient der Vereinfachung der Analyse. In der Konsequenz wird der Einfluss der Autonutzung auf die Pro-Kopf-Emissionen allerdings überschätzt, weil die Vergleichsgruppe autoloser Haushalte künstlich reduzierte CO₂-Werte aufweist. Alternativ wäre ein Vorgehen denkbar, bei dem Haushalten ohne Auto ein Schätzwert für den Umweltverbrauch durch Nutzung alternativer Verkehrsmittel zugewiesen wird. Dieser ist allerdings vergleichsweise gering: Durch Teilhabe am ÖPNV fallen in München jährlich etwa 114 Kilo CO₂ pro Kopf an (Referat für Gesundheit und Umwelt der Stadt München 2012).

¹⁰ Beispielrechnung für den Treibstoff Diesel im Mobilitätsbereich: Bei einem Verbrauch von 6 Litern pro 100 Kilometern und einer jährlichen Gesamtfahrleistung von 18.000 km beträgt die dafür benötigte Treibstoffmenge 1080 Liter. Bei der Verbrennung eines Liters Diesel fallen 3,03 kg CO₂ an. Eine jährliche Gesamtfahrleistung von 18.000 km geht also mit einem CO₂-Ausstoß von 3,27 t CO₂ einher.

größe. Für die Analyse stehen Angaben aus insgesamt 908 Haushalten zur Verfügung (die Angaben von 152 Haushalten sind lückenhaft und werden von der weiteren Analyse ausgeschlossen; $N = 1060 - 152 = 908$).

An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass es sich bei dem hier beschriebenen Verfahren zur Messung von Umweltverbrauch um eine Schätzung handelt. Diese kann insbesondere aus drei Gründen fehleranfällig sein. Zum einen konnten Frondel et al. (2011) zeigen, dass zahlreiche Befragte keine korrekten Aussagen über ihre Energieausgaben machen können, z.B. weil sie sich nicht daran erinnern, nicht interessiert sind oder sich nicht in der Lage sehen, die zugegebener Maßen komplexe Strom- oder Heizkostenabrechnung korrekt zu lesen. Dies kann zu einer Über- oder Unterschätzung des Energieverbrauchs in der vorliegenden Stichprobe führen. Darüber hinaus kann nicht mit Sicherheit gesagt werden, ob die getätigten Angaben zum Energieverbrauch allumfänglich sind. So könnte es z.B. sein, dass Befragte nur Angaben zum Stromverbrauch gemacht haben, obwohl sie außerdem auch Gas oder Öl im Haushalt verwenden. Dies würde zu einer Unterschätzung der CO₂-Emissionen führen. Eine dritte mögliche Fehlerquelle stellen die verwendeten Umrechnungsfaktoren dar.

Insgesamt schränken die genannten Verzerrungsquellen die Interpretierbarkeit der nachfolgenden deskriptiven Befunde ein (Abschnitt 4). Stehen die Absolutbeträge des Umweltverbrauchs im Vordergrund der Analyse (z.B. beim Vergleich mit den Werten anderer Städte), so sind die potenziellen Verzerrungen zu beachten. In den abschließend durchgeführten Zusammenhangsanalysen (Abschnitt 5) fallen Verzerrungen weitaus weniger ins Gewicht, da hierbei relative Werte des Umweltverbrauchs von Interesse sind. Solange Unter- oder Überschätzungen nicht mit spezifischen Haushalts- oder Gebäudemerkmalen einhergehen (also Fehleinschätzungen nicht mit anderen Variablen zusammenhängen) und Haushalten mit hohem Umweltverbrauch verhältnismäßig größere CO₂-Werte zugewiesen werden als verbrauchsarmen Wohneinheiten (also die Proportionalität der geschätzten CO₂-Emissionen eingehalten wird), spielen absolute Verzerrungen eine untergeordnete Rolle bei der Analyse von Einflussfaktoren des Umweltverbrauchs.

4 Beschreibung des Umweltverbrauchs

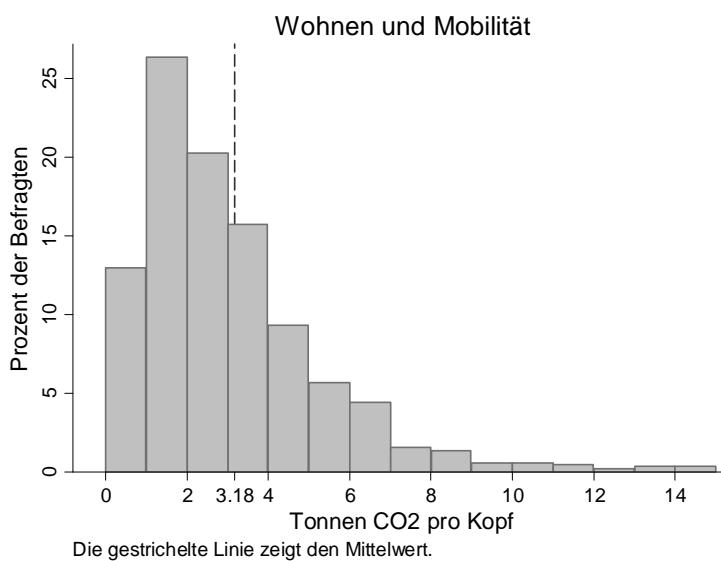
Dieser Abschnitt liefert eine Bestandsaufnahme des Umweltverbrauchs der befragten Münchnerinnen und Münchener. Durch einen Abgleich der Schätzwerte mit externen Daten des Münchener Referats für Gesundheit und Umwelt (2012) wird auch die Plausibilität der Angaben geprüft. Um den Umweltverbrauch der Münchner Haushalte sinnvoll miteinander vergleichen zu können, wird der berechnete CO₂-Ausstoß auf Pro-Kopf-Werte normiert betrachtet.

Tabelle 2: Verteilung der jährlichen CO₂-Emissionen in Tonnen pro Kopf.

	Mittelwert	Perzentile					Fallzahl <i>N</i>
		25%	50%	75%	95%		
Wohnen und Mobilität	3,18	1,51	2,47	4,02	7,48		908
Wohnen	1,99	0,82	1,61	2,59	4,85		908
Mobilität	1,93	0,77	1,34	2,31	5,27		633

Folgt man der oben geschilderten Berechnung des Umweltverbrauchs, wird in den befragten Münchener Haushalten in den Bereichen Wohnen und Mobilität pro Kopf und Jahr CO₂ in Höhe von durchschnittlich 3,18 Tonnen (t) ausgestoßen (siehe Tabelle 2). Der Umweltverbrauch weist allerdings erhebliche Unterschiede zwischen den Haushalten auf. Während 50% der befragten Wohneinheiten Pro-Kopf-Emissionen von bis zu 2,47 t/Jahr verursachen (50%-Perzentil bzw. Median), beträgt der Ausstoß unter den 5% ressourcenintensivsten Haushalten mehr als 7,48 t/Jahr (95%-Perzentil). Abbildung 2 verdeutlicht die rechtsschiefe Verteilung des Umweltverbrauchs: Während ein Großteil der befragten Haushalte verhältnismäßig geringe Emissionen verursacht, sind einige wenige Haushalte für einen stark erhöhten Pro-Kopf-Ausstoß verantwortlich. In der Konsequenz fällt der Mittelwert der CO₂-Emissionen höher aus als der Median.

Abbildung 2: Verteilung der jährlichen CO₂-Emissionen in Tonnen pro Kopf.



Trennt man die beiden Emissionsbereiche Wohnen und Mobilität, ergeben sich Mittelwerte von jeweils etwa 2 t/Jahr. Auffällig ist aber, dass die Variation im CO₂-Ausstoß durch Mobilität höher ausfällt als im Bereich des Wohnens (siehe Tabelle 2). Mit anderen Worten weisen die Haushalte beim Umweltverbrauch im Wohnumfeld geringere Unterschiede auf, wohingegen beim CO₂-Ausstoß durch Mobilität deutlichere Differenzen bestehen.¹¹

Interessante Ergebnisse liefert auch eine Betrachtung von Anteilswerten des Verbrauchs: Während Haushalte ohne Auto ihren (hier gemessenen) CO₂-Ausstoß definitionsgemäß allein im Wohnumfeld erzeugen, verursachen Haushalte mit Auto rund die Hälfte ihrer Emissionen durch Mobilität. Über alle befragten Haushalte hinweg beläuft sich der Mobilitätsanteil auf rund 30% des gemessenen Umweltverbrauchs.

Ein abschließender Vergleich der berichteten Mittelwerte mit externen Referenzwerten weist der hier verwendeten Erfassungsmethodik grundsätzlich Validität aus. Die Gegenüberstellung deutet aber auf eine tendenzielle Unterschätzung der CO₂-Emissionen hin. Auf der Basis von Daten des deutschen Sozio-oekonomischen Panels (SOEP) können Schu-

¹¹ Die Auswertung im Bereich Mobilität schließt die 275 Haushalte ohne Kraftfahrzeug aus. Die Fallzahl reduziert sich somit auf $N = 908 - 275 = 633$.

bert, Wolbring und Gill (2012) z.B. zeigen, dass der CO₂-Ausstoß pro Kopf in Städten mit mehr als 500.000 Einwohnern im Durchschnitt bei etwa 4,3 t/Jahr liegt (wobei 1,2 t/Jahr auf den Bereich Mobilität und 3,1 t/Jahr auf den Bereich Wohnen entfallen). Auch das Umweltbundesamt (2012) weist mit ca. 3,83 t/Jahr für die Bereiche Mobilität und Wohnen einen höheren (allerdings bundesweiten) Durchschnittswert aus. Spezifische Referenzwerte für die Stadt München könnte schließlich das CO₂-Monitoring des Referats für Gesundheit und Umwelt (RGU 2012) liefern. Aufgrund gravierender Unterschiede in der methodischen Herangehensweise beim CO₂-Monitoring des RGU und der hier vorliegenden Studie (Produzenten- vs. Konsumentenstatistik) sollten Vergleiche allerdings nur mit großer Vorsicht angestellt werden. Beim CO₂-Monitoring des RGU werden Pro-Kopf-Emissionen von Münchener Bürgerinnen und Bürgern im Bereich Wohnen auf Basis von Produzentendaten berechnet. Die Kohlenstoffemissionen im Bereich Mobilität beruhen auf Schätzungen, die wiederum auf Verkehrszählungen des Referats für Stadtplanung und Bauordnung zurückgreifen. Für die Bereiche Mobilität und Wohnen kann ein Durchschnittswert von ca. 5,3 t/Jahr und Einwohner (eigene Berechnung auf Basis des CO₂-Monitoring, vgl. RGU 2012: 10) berichtet werden. Der Wert ergibt sich aus auf die Münchener Bevölkerungszahl umgerechneten Angaben zum angefallenen Pkw- und öffentlichen Verkehr sowie den produzierten Energiemengen der Stadtwerke und anderen Versorgungsunternehmen (unter Berücksichtigung von Vorleistungen). Es wird vermutet, dass sich die Differenz von ca. 2 t/Jahr zum hier berichteten Schätzwert v.a. durch die unterschiedlichen methodischen Herangehensweisen ergibt. Insgesamt, und im Vergleich zu den oben genannten Referenzwerten, sollte von einer Unterschätzung der hier berichteten CO₂-Emissionen ausgegangen werden (vgl. Abschnitt 3).

5 Einflussgrößen des Umweltverbrauchs

Im nächsten Schritt sollen Einflussfaktoren auf den personellen Umweltverbrauch aufgedeckt werden. Zunächst erfolgt dies mittels einfach nachvollziehbaren Zusammenhangsanalysen zwischen jeweils zwei Variablen (Teilabschnitt 5.1). Hierbei wird auch die Messung wesentlicher Einflussgrößen besprochen. Zur empirischen Bestimmung relevanter Einflussgrößen werden Regressionsmodelle geschätzt. Ziel ist hierbei, systematische Zusammenhänge einzelner Einflussgrößen mit dem CO₂-Ausstoß aufzudecken. Im Anschluss werden Determinanten des CO₂-Ausstoßes einer multivariaten Auswertung unterzogen (Teilabschnitt 5.2). Das Verfahren ermöglicht die gleichzeitige Schätzung von Einflüssen mehrerer Determinanten auf den Umweltverbrauch und erlaubt die Identifikation von Zusammenhängen unter Drittvariablenkontrolle. Damit kann nicht nur die absolute Einflussstärke einzelner erklärender Variablen des CO₂-Ausstoßes untersucht werden, sondern auch bestimmt werden, wie wichtig diese Größen zur Erklärung von Umweltverbrauch im Vergleich zu anderen Bestimmungsfaktoren sind.¹²

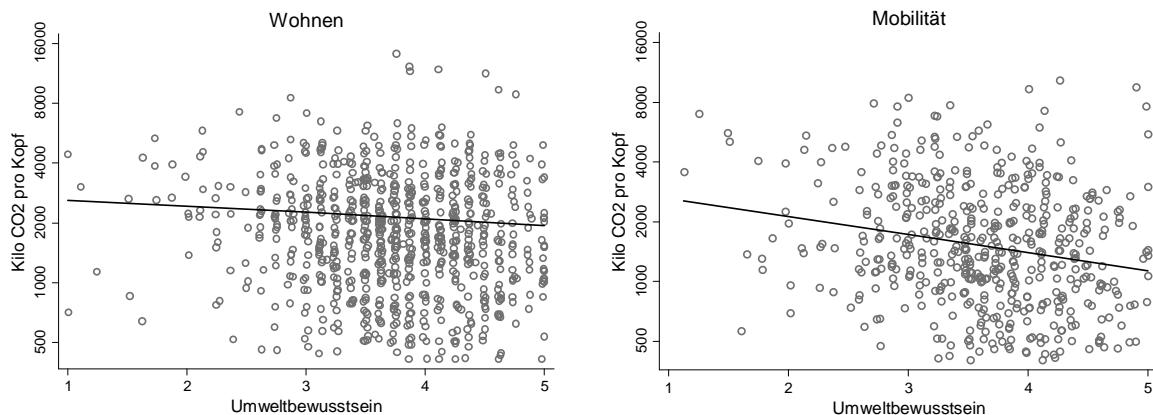
¹² Aufgrund der erheblichen Rechtsschiefe der Zielgröße CO₂-Ausstoß werden die Werte des Umweltverbrauchs im Folgenden in logarithmierter Form verwendet. Die Logarithmierung ermöglicht durch eine absolute Verkleinerung hoher Angaben (der angesprochenen umweltintensiven Ausreißer) die Verwendung linearer Analysetechniken. Die Transformation hat keine Auswirkung auf die Proportionen der CO₂-Angaben und damit der Richtung der nachfolgend berichteten Zusammenhänge. Darüber hinaus werden Haushalte, deren personeller Umweltverbrauch sich auf weniger als 0,4 oder mehr als 20 t/Jahr beläuft aufgrund von Plausibilitätsüberlegungen ausgeschlossen.

5.1 Analyse bivariater Zusammenhänge

Nicht nur aus soziologischer Sicht stellt das Umweltbewusstsein eine naheliegende Determinante des Umweltverbrauchs dar. Zunächst wird also untersucht, ob persönliche Einstellungen gegenüber der Umwelt mit dem tatsächlichen Umweltverhalten (also der Zielgröße CO₂-Ausstoß) zusammenhängen. Das Umweltbewusstsein der Befragten wird dabei wie folgt erfasst:

Umweltbewusstsein: Die Messung erfolgt anhand einer in der Umweltsoziologie etablierten Skala zum „allgemeinen Umweltbewusstsein“ (siehe Diekmann und Preisendorfer 2001). Die verwendete Skala beinhaltet acht Fragen zur persönlichen Meinung bezüglich umweltrelevanter Fragestellungen. Abgedeckt werden emotionale (z.B. Beunruhigung durch Umweltschäden), kognitive (z.B. Akzeptanz von Grenzen wirtschaftlichen Wachstums) und konative (z.B. Bewertung der Umweltpolitik) Komponenten des Umweltbewusstseins. Die Beantwortung der Einzelitems erfolgte im Fragebogen anhand einer fünfstufigen Zustimmungsskala mit den Werten 1 (stimme überhaupt nicht zu) bis 5 (stimme voll und ganz zu). Die Antworten werden zu einem additiven Index zusammengeführt, der die durchschnittliche Zustimmung jedes Befragten misst.¹³ Im Durchschnitt über alle Befragten gilt ein Umweltbewusstsein von 3,7, wobei eine überwiegende Mehrheit der Teilnehmer (87%) Werte zwischen 3 und 5 angibt. Weil das Umweltbewusstsein von einzelnen Befragten (nicht ganzen Wohneinheiten) erfasst wurde, bildet die Variable streng genommen kein Haushalts-, sondern ein Individualmerkmal ab. Unter der Annahme von Homophilie, also der menschlichen Tendenz, sich bevorzugt mit Menschen ähnlicher Einstellung zu umgeben (z.B. Wolf 1996), genauso wie unter der Annahme von Imitation, also der Neigung, sich von den Einstellungen und Handlungen seiner Mitmenschen beeinflussen zu lassen (z.B. Christakis und Fowler 2010), sollte das an Einzelpersonen gemessene Umweltbewusstsein aber auch in Mehrpersonenhaushalten eine gute Näherung an das in der gesamten Wohneinheit vorherrschende Umweltbewusstsein bieten.

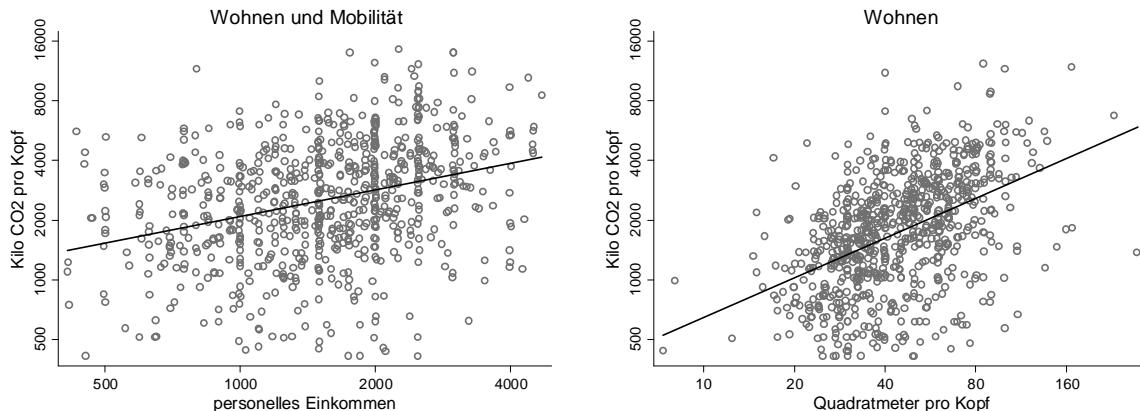
Abbildung 3: Zusammenhang von Umweltbewusstsein und CO₂-Emissionen.



¹³ Der Index ist mit einem Cronbach α von 0,83 hoch reliabel, d.h. die acht verwendeten Teilindikatoren korrelieren hoch miteinander und scheinen das zu messende Konstrukt „Umweltbewusstsein“ zufriedenstellend abzubilden.

Eine bivariate Auswertung zeigt, dass Haushalte, deren Umweltbewusstsein um eine Stufe höher ausfällt, durchschnittlich 17,8% weniger Pro-Kopf-Emissionen durch Wohnen und Mobilität erzeugen. Abbildung 3 visualisiert den Zusammenhang getrennt für die Bereiche Wohnen und Mobilität. Dabei zeigt sich, dass der Zusammenhang besonders hervortritt, wenn nur Emissionen aus Mobilität beachtet werden. Hier reduziert eine ein-stufige Steigerung des Umweltbewusstseins den CO₂-Ausstoß um 21,5%.¹⁴ Im Wohnbereich ist Umweltbewusstsein hingegen nicht systematisch mit niedrigeren Ausstoßmengen verknüpft. Eine Interpretation dieses divergierenden Befunds legt nahe, dass Umwelteinstellungen nur dann Verhalten lenken, wenn dem Entscheidungsträger ein entsprechender Handlungsspielraum gegeben ist. Gerade bei Mietern (74% der Befragten) liegen wirksame Energiesparmaßnahmen im Wohnbereich (z.B. energetische Sanierungen) häufig außerhalb des eigenen Handlungseinflusses. Anders dagegen im Bereich der Mobilität. Über die Autonutzung kann im betrachteten städtischen Erhebungsraum mit seinem weitreichenden ÖPNV-Angebot täglich entschieden werden. Entsprechend der sog. „Low-Cost-Hypothese“ (Diekmann und Preisendorfer 2001) macht die Einfachheit der Wahl und die geringen Kosten einer umweltgerechten Alternative eine Befolgung von Umwelteinstellungen wahrscheinlicher. Diesen Ergebnissen zufolge stellt eine allgemeine Förderung des Umweltbewusstseins lediglich im Bereich Mobilität eine wirksame Stellschraube zur Reduktion von CO₂-Emissionen dar.

Abbildung 4: Zusammenhang von Wohlstand und CO₂-Emissionen.



Weiterhin ist von Interesse, ob der Umweltverbrauch entlang des verfügbaren Einkommens der Haushalte variiert. Denkbar ist, dass sich bessergestellte Menschen beispielsweise mehr Wohnraum leisten können (und damit einen erhöhten Heizbedarf in Kauf nehmen) oder mehr und größere Autos nutzen (mit entsprechend hohem Kraftstoffbedarf). Der haushaltstypische Wohlstand wird dabei folgendermaßen gemessen:

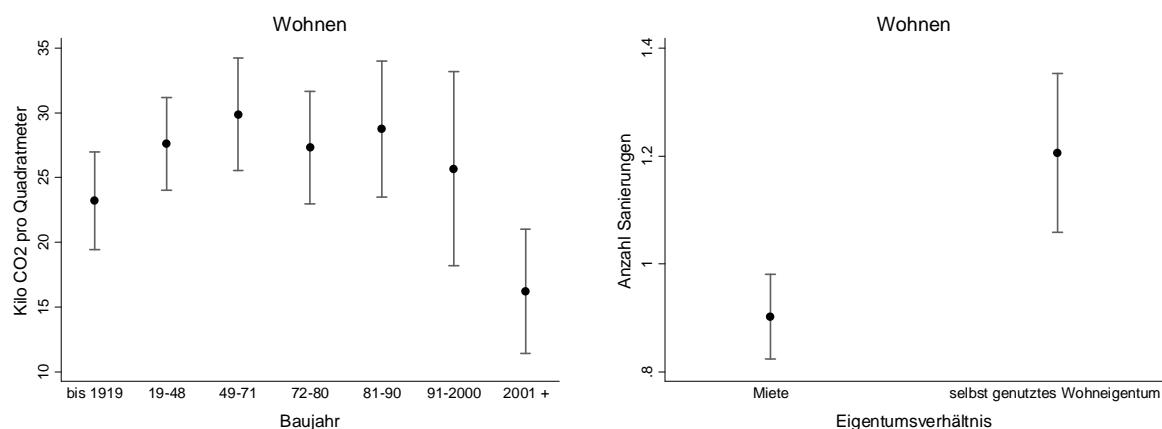
Personelles Einkommen: Wohlstand wird mittels des um die Haushaltsgröße korrigierten verfügbaren Haushaltseinkommens in Euro gemessen. Betrachtet wird das Haushalts-Netto-Einkommen aus allen Quellen nach Abzug von Steuern und Abgaben sowie zuzüglich empfangener Transferleistungen, welches durch die Kopfzahl der Haushaltsmitglie-

¹⁴ Die Ergebnisse für den gesamten und den mobilitätsbedingten CO₂-Ausstoß sind jeweils signifikant zum 0,1%-Niveau.

der dividiert wird. Die Variable wird aufgrund ihrer Rechtsschiefe gleichfalls logarithmiert verwendet.¹⁵

Abbildung 4 zeigt auf der linken Seite die deutlich positive Verknüpfung von Einkommen und Umweltverbrauch in München. Für den Zusammenhang gilt eine Elastizität von 0,446, d.h. Haushalte, deren Pro-Kopf-Einkommen um 10% höher ausfällt, verursachen in den Bereichen Mobilität und Wohnen rund 4,5% mehr Emissionen. Die rechte Seite der Abbildung zeigt einen möglichen Kanal auf, durch welchen sich Wohlstand auf den CO₂-Ausstoß auswirken kann. Wenig überraschend verzeichnen nämlich Haushalte mit großer Wohnfläche erheblich mehr Emissionen im Wohnbereich. Eine Steigerung der Wohnfläche pro Haushaltmitglied um 10% ist dabei mit Emissionszunahmen von rund 6,7% verbunden (beide Ergebnisse sind wiederum höchst signifikant). Die Wirkungskanäle des Einkommenseffekts werden in den multivariaten Analysen in Teilabschnitt 5.2 weiter untersucht.

Abbildung 5: Baualter und CO₂-Emissionen, Eigentumsverhältnisse und Sanierungsstand.



Darüber hinaus erlaubt das Datenmaterial eine Untersuchung von Gebäudeeigenschaften auf den Umweltverbrauch. Zunächst ist von Interesse, ob sich der Energiebedarf im Bereich Wohnen je nach Baualter des Hauses unterscheidet. Abschließend wird die Motivation zu Sanierungsmaßnahmen genauer untersucht. Hierbei ist von Interesse, ob sich der Sanierungsstand von selbst genutztem Immobilienbesitz und vermieteten Wohnungen unterscheidet. Dabei wird der Frage nachgegangen, ob Immobilienbesitzer eher in die Energieeffizienz selbst genutzten Eigentums investieren. Die berücksichtigten Gebäudemerkmale werden wie folgt erfasst:

Gebäudeeigenschaften: Das Baujahr der genutzten Immobilie wird im Fragebogen in sieben Kategorien erfasst (vor 1919, 1919-1949, 1949-1971, 1972-1980, 1981-1990, 1991-2000, 2001 und später). Als Zielvariable dient der CO₂-Ausstoß pro Quadratmeter Wohnfläche. Die Konsequenzen der Eigentümerschaft für den Sanierungsstand der bewohnten Immobilie werden anhand der Zahl der im letzten Jahrzehnt (selbst oder durch andere)

¹⁵ Weil nun beide Größen, die abhängige Variable zum Umweltverbrauch und die Einflussvariable in logarithmierter Form vorliegen, kann als Zusammenhangsmaß eine sog. Elastizität bestimmt werden. Grob gesagt entspricht die Elastizität der prozentualen Veränderung der Zielvariable bei einer einprozentigen Veränderung der Einflussvariable.

durchgeführten energetischen Renovierungsarbeiten (im Bereich des Daches, der Fassade, der Fenster, der Türen oder der Heizung) aufgezeigt.

Abbildung 5 zeigt im linken Diagramm die Mittelwerte der CO₂-Emissionen pro Quadratmeter Wohnfläche, je nachdem in welchem Zeitintervall das bewohnte Haus erbaut wurde. Die vertikalen Linien entsprechen dem 95%-Konfidenzintervall des baujahrbezogenen Mittelwerts. Die Konfidenzintervalle beschreiben den Bereich, in welchem der „wahre“ Durchschnittswert der CO₂-Emissionen mit 95%-iger Sicherheit liegt. Deutlich wird eine umgekehrte U-förmige Beziehung zwischen Baualter und Energieaufwand, mit verhältnismäßig geringen Emissionswerten für alte Häuser (Baujahr vor 1919), hohem Umweltverbrauch für Häuser mittleren Alters (Baujahr 1919 bis 2000) und geringem Energieaufwand für zuletzt erbaute Häuser (Baujahr ab 2001).¹⁶ Weil sich die Konfidenzintervalle der ersten sechs Baujahrepisoden überlappen, bestehen hier keine signifikanten Emissionsdifferenzen. Allerdings wird in jüngeren Immobilien (Baujahr ab 2001) durchschnittlich 12,4 Kilo weniger CO₂ pro Quadratmeter emittiert als in Häusern, die zwischen 1919 und 1990 gebaut wurden. Ein zweiseitiger t-Test weist den Unterschied als signifikant aus. Bemerkenswert ist, dass sich die Bausubstanz von Häusern, die vor 1919 erbaut wurden, hinsichtlich ihrer Energieeffizienz nicht signifikant von neu erbauten Häusern unterscheidet.

Im rechten Diagramm von Abbildung 5 wird die unterschiedliche Motivation zu energetischen Sanierungsmaßnahmen deutlich, je nachdem ob der Eigentümer eine Immobilie selbst bewohnt oder diese vermietet hat. Während die Befragten mit selbstgenutztem Wohneigentum auf durchschnittlich 1,2 getätigte Sanierungsmaßnahmen im letzten Jahrzehnt zurückblicken können, fanden in gemieteten Immobilien im selben Zeitraum lediglich 0,9 Renovierungen statt (der Mittelwertunterschied ist höchst signifikant). Im nächsten Schritt werden Determinanten des Umweltverbrauchs einer systematischen Analyse unter Drittvariablenkontrolle unterzogen.

5.2 Analyse unter Drittvariablenkontrolle

Im letzten Analyseschritt findet eine Identifikation von Einflussvariablen auf den privaten Umweltverbrauch mittels multipler Regressionsanalyse statt. Dabei erweisen sich eine Reihe von Haushalts- und Gebäudemerkmalen als statistisch bedeutsame Korrelate des CO₂-Ausstoßes. Diese umfassen neben den oben betrachteten Einflussgrößen auch mehrere bisher unberücksichtigte Variablen:

Haushaltsvariablen: Einbezogen werden weiterhin das Umweltbewusstsein der befragten Personen sowie das personelle Einkommen innerhalb der Haushalte. Darüber hinaus wird die Haushaltsgröße als Anzahl der im Haushalt lebenden Personen erfasst. Die Wohnungsgröße fließt gemessen in Quadratmeterzahlen in die Analyse ein. Eine binäre Variable nimmt für jeden Haushalt den Wert 1 an, der in selbstgenutztem Eigentum wohnt; Mieter erhalten den Wert 0. Gleichfalls binär wird erfasst, ob die Befragten über eine Zeitkarte für den ÖPNV verfügen. Diese Variable dient als Indikator häufiger ÖPNV-Nutzung und kann als Verzicht auf das Auto interpretiert werden. Häufige Autonutzung

¹⁶ Der umgekehrte U-förmige Zusammenhang bleibt auch erhalten, wenn auf den Sanierungsstand des Hauses, die Parteienzahl und den zum Heizen genutzten Energieträger kontrolliert wird.

wird mit einem Indikator zum Autobesitz gemessen. Zunächst nimmt eine binäre Variable den Wert 1 an, wenn ein Haushalt über mindestens ein Kraftfahrzeug verfügt. Im abschließenden Mobilitätsmodell wird eine Zählvariable der Autonutzung verwendet, die angibt, über wie viele Kraftfahrzeuge ein Haushalt verfügt.

Gebäudevariablen: Das Außenflächen-zu-Volumen-Verhältnis (A/V-Verhältnis) eines Gebäudes stellt eine zentrale Einflussgröße des Energieverbrauchs im Bereich Wohnen dar (Bettencourt et al. 2007). In der Bauphysik beschreibt das A/V-Verhältnis den Zusammenhang von Gebäudehülle und Gebäudevolumen. Als Faustregel gilt: Je größer das Volumen, desto geringer die Außenfläche pro Volumeneinheit. Je größer das Volumen eines Gebäudes, desto geringer ist also seine wärmeübertragende Außenfläche (pro Volumeneinheit). Folglich ist zu erwarten, dass die Bewohner von Gebäuden mit vielen Parteien weniger Energie verbrauchen als die Bewohner von Ein- und Zweifamilienhäusern. Der Gebäudetyp wird über die Anzahl der im Haus vorhandenen Wohneinheiten erfasst. Im Sinne des A/V-Verhältnisses misst diese Variable den für das Gebäude geltenden Grad an physischer Kompaktheit.

Tabelle 3 fasst die Schätzergebnisse zu den Einflussgrößen des Umweltverbrauchs zusammen. Die abhängige (zu erklärende) Variable stellt der Pro-Kopf gemessene CO₂-Ausstoß in kg dar. Die Regressionsschätzungen zeigen im oberen Bereich der Tabelle Effekte von Haushaltsmerkmalen auf den personellen CO₂-Ausstoß. Im unteren Bereich der Tabelle sind Auswirkungen der Gebäudevariablen angegeben.¹⁷

Modelle 1 und 2 betrachten Gesamt-Emissionen in den Bereichen Wohnen und Mobilität; in den Modellen 3 und 4 wird die Analyse getrennt für beide Bereiche wiederholt. Da Umweltverbrauch durch Wohnen zum Teil von anderen Faktoren abhängt als im Bereich der Mobilität, werden in den beiden letzten Modellen teilweise unterschiedliche Einflussvariablen berücksichtigt. Beachtet werden nur die befragten Haushalte, welche Angaben zu allen berücksichtigten Variablen machten, sodass die Fallzahl *N* zunächst 819 beträgt. Die Analyse im Bereich Mobilität ist auf Haushalte beschränkt, die über mindestens ein Kraftfahrzeug verfügen (*N* = 569). Insgesamt können mit Hilfe der ausgewählten Variablen rund 29% der Unterschiede in den personellen Ausstoßmengen an CO₂ erklärt werden (vgl. den Wert des Determinationskoeffizienten *R*² in Modell 2).

Modell 1 reproduziert die bisherigen Ergebnisse zur Beziehung von Umweltbewusstsein, Wohlstand und Umweltverbrauch. Entsprechend den Schätzergebnissen ist eine Steigerung des Umweltbewusstseins um eine der fünf möglichen Stufen mit einer Ausstoßverringerung in den Bereichen Wohnen und Mobilität von durchschnittlich 17,2% verbunden. Der Effekt personellen Einkommens ist ungleich höher: Steigt das Pro-Kopf-Einkommen eines Haushalts um 10%, sind Zunahmen im CO₂-Ausstoß von 4,08% zu er-

¹⁷ Die ausgewiesenen Ergebnisse der OLS-Regressionen zeigen über das Vorzeichen der Schätzwerte die Richtung des Einflusses der entsprechenden Variable auf den CO₂-Ausstoß in kg pro Kopf an. Die Höhe des Werts entspricht der Stärke des Zusammenhangs, wobei prozentuale Veränderungen der geschätzten CO₂-Menge infolge einer Veränderung der Einflussvariable angegeben sind. Die standardisierten Beta-Koeffizienten (in Klammern) ermöglichen einen einheitenfreien Vergleich der Einflussstärken über unterschiedlich skalierte Einflussvariablen hinweg. Technisch entsprechen die Werte einer Veränderung der Zielvariable (gemessen in Standardabweichungen) bei einer Veränderung der Einflussvariable um eine Standardabweichung. Alle Effekte, sowohl unstandardisierte als auch standardisierte Koeffizienten, sind unter Kontrolle aller übrigen beachteten Variablen bestimmt.

warten. Dies macht Einkommen in Modell 1 zur erkläруngsstärksten Einflussvariable (standardisierter Beta-Koeffizient: 0,271). Wagt man angesichts des weltweit wachsenden Wohlstands eine weitreichende Generalisierung dieses Befunds, so problematisiert der starke Einkommenseffekt die Frage, inwiefern eine Entkopplung von Ressourcenverbrauch und Wohlstand realisierbar ist.

Tabelle 3: Einflussgrößen des Umweltverbrauchs. OLS-Regressionen, mit robusten Standardfehlern. Abhängige Variable: logarithmierter CO₂-Ausstoß in kg pro Kopf. Angegeben sind unstandardisierte Koeffizienten (und standardisierte Beta-Koeffizienten in Klammern).

	1 Wohnen und Mobilität	2 Wohnen und Mobilität	3 Wohnen	4 Mobilität
Umweltbewusstsein (1-5)	-0,172 *** (-0,126)	-0,101 ** (-0,074)	-0,034 (-0,021)	-0,132 ** (-0,099)
log. personelles Einkommen	0,408 *** (0,271)	0,144 ** (0,095)	-0,064 (-0,036)	0,267 *** (0,177)
Personen im Haushalt		-0,274 *** (-0,298)	-0,353 *** (-0,330)	-0,262 *** (-0,295)
Wohnungsgröße (qm)		0,002 *** (0,126)	0,004 *** (0,164)	
selbst genutztes Wohneigentum		0,181 ** (0,083)	0,280 ** (0,111)	
Zeitkarte für ÖPNV		-0,206 *** (-0,107)		-0,222 ** (-0,119)
Auto (ja/nein)		0,709 *** (0,328)		
Anzahl Autos				0,378 *** (0,269)
3-8 Wohnparteien im Haus	-0,120 (-0,053)	-0,037 (-0,016)	-0,176 (-0,067)	
9-15 Wohnparteien im Haus	-0,262 ** (-0,133)	-0,108 (-0,055)	-0,263 ** (-0,115)	
16+ Wohnparteien im Haus	-0,359 *** (-0,149)	-0,259 ** (-0,108)	-0,510 *** (-0,182)	
Konstante	5,572 ***	7,037 ***	8,324 ***	5,807 ***
Fallzahl N	819	819	819	569
R ²	0,111	0,287	0,135	0,252

* p<0,05, ** p<0,01, *** p<0,001.

Doch selbstverständlich übt nicht Wohlstand selbst einen Einfluss auf den Umweltverbrauch aus. Mögliche Wirkungskanäle, durch welchen sich hohe Einkommen auf den CO₂-Ausstoß auswirken können, werden in Modell 2 differenziert. Dabei wird die Wohnungsgröße und das Eigentümerverhältnis berücksichtigt, sowie beachtet, ob Haushalte ein

Auto besitzen und/oder Zeitkarten des ÖPNV nutzen. Zunächst wird deutlich, dass sich der Einkommenseffekt durch Hinzunahme dieser Variablen deutlich reduziert. Die Aufnahme von Kontrollvariablen kann den Einfluss von Wohlstand auf den Umweltverbrauch also teilweise „wegerklären“. Als stärkster Prädiktor des CO₂-Ausstoßes erweist sich dabei der Autobesitz (standardisierter Beta-Koeffizient: 0,328). Haushalte, die über mindestens ein Kraftfahrzeug verfügen, emittieren durchschnittlich 70,9% mehr Kohlendioxid als autofreie Haushalte.¹⁸ Trotz der zuvor aufgezeigten Sanierungsunterschiede haben Eigentümer gegenüber Mietern ein um 18,1% erhöhtes Emissionsvolumen. Darüber hinaus steigen Emissionsmengen höchstsignifikant mit der Quadratmeterzahl der genutzten Immobilie. Als zweitstärkste Einflussvariable hat die Haushaltsgröße einen deutlich negativen Effekt auf die gemessenen Pro-Kopf-Emissionen. Nimmt die Größe eines Haushalts um eine Person zu (z.B. wenn zwei getrennt lebende Singles zusammenziehen) reduziert sich der Pro-Kopf-Ausstoß der betroffenen Personen um 27,4%. Das Ergebnis reflektiert positive Skaleneffekte, die sich durch das Zusammenleben mehrerer Personen in einem Haushalt ergeben. Solche Größenerspartnisse entstehen, da der fixe Anteil des Ressourcenverbrauchs (z.B. Heizung, Beleuchtung) mehreren Personen zugutekommen, sodass sich der Verbrauch pro Kopf mit jeder weiteren Person im Haushalt reduziert.

Modell 3 untersucht im Speziellen die Determinanten des CO₂-Ausstoßes durch Wohnen. Die Ergebnisse erweisen sich hauptsächlich als robust gegenüber Modell 2. Deutlich wird erneut, dass Umweltbewusstsein im Wohnbereich keine Wirkung auf den Umweltverbrauch ausübt (der im Vergleich zu Modellen 1, 2 und 4 stark reduzierte Effekt ist nicht signifikant). Modell 3 zeigt auch, dass unter Kontrolle von Haushalts- und Wohnungsgröße, Eigentumsverhältnis und physischer Verdichtung (A/V-Verhältnis) kein signifikanter Wohlstandseffekt auf den CO₂-Ausstoß durch Wohnen verbleibt. Außerdem bestätigt Modell 3 die theoretischen Überlegungen bezüglich positiver Skaleneffekte (Haushaltsgröße) und physischer Verdichtung (Parteienzahl), wobei die Haushaltsgröße der stärkste Prädiktor des Umweltverbrauchs im Bereich Wohnen ist. Eine Vergrößerung des Haushalts um eine zusätzliche Person resultiert in einer Pro-Kopf-Ersparnis von 35,3%. Betrachtet man den Effekt der Anzahl der in einem Gebäude vorhandenen Wohnparteien, so zeigt sich, dass die Kohlenstoffemissionen im Vergleich zum Ein- und Zweifamilienhaus mit zunehmender Parteienzahl kontinuierlich abnehmen. Allerdings wird dieser Effekt erst ab einer Anzahl von neun oder mehr Parteien statistisch bedeutsam. Bei ansonsten unveränderten Bedingungen würde der Umzug von einem Ein- oder Zweifamilienhaus in ein Hochhaus mit mehr als 16 Parteien in einem Einspareffekt im Bereich Wohnen von 51% resultieren. Insbesondere in Modell 2 kann argumentiert werden, dass die Mobilitätsvariablen „Zeitkarte“ und „Auto“ einen Teil der Erklärungskraft des A/V-Verhältnisses „übernehmen“ – hier wird vermutet, dass der Zeitkartenbesitz mit zunehmender physischer Verdichtung zunimmt, der Kfz-Besitz aber abnimmt. Insgesamt können mit Modell 3 auf Basis der berücksichtigen

¹⁸ Die zugrundegelegte Annahme, dass autofreie Haushalte im Bereich Mobilität keinerlei Emissionen verursachen (siehe Abschnitt 3), ignoriert den CO₂-Ausstoß durch Nutzung alternativer Verkehrsmittel. Im Ergebnis wird der Effekt des Autobesitzes auf die Emissionsmengen pro Kopf überschätzt. Bei der Effektinterpretation ist ferner zu beachten, dass sich autofreie Haushalte wahrscheinlich systematisch in hier nicht berücksichtigten Merkmalen von Haushalten mit Auto unterscheiden (unbeobachtete Heterogenität). Das bedeutet, dass nicht allein die Tatsache, ein Auto zu benutzen, den Pro-Kopf-Ausstoß von CO₂ so deutlich erhöht. Stattdessen können weitere mitlaufende Variablen für diesen starken Effekt sorgen (z.B. Lage der Wohnung, Entfernung zum Arbeitsplatz, Alter der Haushaltseinwohner).

Einflussvariablen rund 14% der Varianz des CO₂-Ausstoßes im Bereich Wohnen erklärt werden.

Das abschließende Modell 4 dient der Bestimmung von Einflussgrößen auf den Umweltverbrauch durch Mobilität. Die Analyse ist auf 569 Haushalte beschränkt, die über mindestens ein Kraftfahrzeug verfügen (von den 633 Haushalten mit Auto weisen 64 Haushalte fehlende Angaben in den berücksichtigten Kontrollvariablen auf und werden daher ausgeschlossen; $N = 633 - 64 = 569$). Betrachtet man die Tabelle, fällt zunächst der signifikante Einfluss des Umweltbewusstseins auf. Der Befund spiegelt die zuvor berichteten Ergebnisse zum emissionsreduzierenden Effekt umweltrelevanter Einstellungen im Mobilitätsbereich wieder. Einen deutlich stärkeren Einfluss hat allerdings die Wohlstandsvariable, wobei Steigerungen des verfügbaren Einkommens um 10% mit Erhöhungen des mobilitätsbedingten CO₂-Ausstoßes um 2,67% einhergehen.¹⁹ Bester Prädiktor des Umweltverbrauchs ist aber auch in Bezug auf Mobilität die Haushaltsgröße. Der Grund liegt darin, dass verbrauchte Kraftstoffmengen mit steigender Haushaltsgröße auf mehr Personen verteilt werden. Der Effekt kann wohl teilweise darauf zurückgeführt werden, dass Personen größerer Haushalte häufiger gemeinsam im Auto sitzen oder einzelne Fahrten (z.B. zum Supermarkt) mehr Personen zugutekommen (vgl. positive Skaleneffekte). Im Vergleich zu Single-Haushalten sollten in Mehr-Personen-Haushalten pro Kopf also weniger Fahrten notwendig sein. Die zweitwichtigste Einflussvariable stellt die Anzahl verfügbarer Fahrzeuge pro Haushalt dar. Kommt ein Auto dazu, steigen mobilitätsbedingte Emissionen um durchschnittlich 37,8%. Und schließlich wirkt sich eine Zeitkarte für den ÖPNV als Substitut zum Auto mit einer Reduktion um durchschnittlich 22,2% signifikant negativ auf das Emissionsvolumen aus. Insgesamt erklärt Modell 4 etwa 25% der Varianz im personellen Emissionsaufkommen durch Mobilität.

6 Fazit

Die vorliegende Studie verfolgt insbesondere das Ziel, mögliche Stellschrauben des Umweltverhaltens zu identifizieren und damit politischen Entscheidungsträgern genauso wie privaten Verbrauchern die Auswahl und Handhabe von wirksamen Umweltschutzmaßnahmen zu erleichtern (für die Soziologie siehe hierzu z.B. Diekmann und Preisendorfer 2001). Im Gegensatz zu rein bauphysikalisch motivierten Untersuchungen und Bemühungen zu Energieeinsparung untersucht die vorliegende Studie sowohl die Einflüsse physisch-materieller Gebäudemerkmale als auch den Einfluss soziodemografischer Merkmale auf den Energieverbrauch und Kohlenstoffausstoß. Aus dieser Perspektive können zukünftige Herausforderungen wie z.B. steigende Energiepreise oder die globale Erwärmung und entsprechende Klimaschutzverordnungen durch eine standortspezifische Kombination ingenieurwissenschaftlicher („harter“) und gesellschaftspolitischer („weicher“) Maßnahmen in Angriff genommen und umgesetzt werden. Konkret können aus den vorliegenden Ergebnissen die folgenden Implikationen abgeleitet bzw. bereits bekannte Forderungen sozialwissenschaftlich spezifiziert werden:

¹⁹ Weitergehende Analysen weisen darauf hin, dass hohe Einkommen positiv mit der jährlichen Fahrleistung, nicht aber mit dem Verbrauch pro 100 km verknüpft sind. Bessergestellt Haushalte nutzen Autos also häufiger (oder für weitere Strecken), ohne aber kraftstoffintensivere Autotypen zu bevorzugen.

- (1) Bei der Gebäudesanierung sollte der umgekehrte U-förmige Zusammenhang von Gebäudealter und Energieverbrauch berücksichtigt werden. Sanierungsmaßnahmen sollten gerade bei Gebäuden durchgeführt werden, bei denen sie die größten Einspareffekte erzielen. Dabei wäre insbesondere darauf zu achten, dass bei der Abwägung von Sanierungsvorhaben nicht lediglich altersspezifische Energiestandards unterstellt werden, sondern tatsächlich vorherrschendes Nutzerverhalten berücksichtigt wird.
- (2) Der starke Einfluss der Haushaltsgröße auf den Energieverbrauch eröffnet verschiedene Möglichkeiten der Kombination von Sozial- und Umweltpolitik. In erster Linie erscheint hier die soziale Verdichtung als wichtige Stellschraube klimafreundlicher Stadtplanung. Eine Steigerung der durchschnittlichen Haushaltsgröße wäre z.B. durch steuerliche Anreize für Wohngemeinschaften und Untermiete denkbar. Durch soziale Innovationen dieser Art können sowohl Klimaschutzziele als auch sozialpolitische Ziele wie eine Linderung von Wohnungsknappheit erreicht werden. Dieses Beispiel verdeutlicht, dass Umweltschutz und Sozialpolitik nicht notwendiger Weise in Widerspruch zueinander stehen müssen. Eine wirksame Reduktion der Wohnfläche pro Kopf kann auch durch technische Neuerungen wie flexible Grundrisse erreicht werden. Hierbei können Wohnungsgrößen den lebenszyklusbedingten Anforderungen angepasst werden, sodass z.B. Senioren nach dem Auszug ihrer Kinder Wohnraum an Nachbarn abtreten können und damit weniger Wohnfläche unterhalten müssen.
- (3) Da der Energieverbrauch pro Kopf mit zunehmender Gebäudegröße (bzw. mit steigender Anzahl der Wohnparteien) abnimmt, sollte eine klimafreundliche Stadtplanung physisch-kompaktes Bauen gegenüber dem Bau von Ein- oder Zweifamilienhäusern bevorzugen. Darüber hinaus stellt sich die Frage, auf welche Weise für die Bevölkerung Anreize für physisch-kompaktes Wohnen geschaffen werden können. Hier ließe sich der Standpunkt vertreten, dass Personen, die kompakt wohnen, für ihren damit verbundenen Beitrag zum Klimaschutz entlohnt werden – z.B. durch günstigere Energietarife oder vergünstigte Fahrpreise im ÖPNV. Im Umkehrschluss ließe sich argumentieren, dass Haushalte, die einen gewissen Energiebedarf pro Kopf überschreiten, über höhere Energiepreise eine Art Luxussteuer auf ihren Umweltverbrauch entrichten.
- (4) Im Bereich des motorisierten Individualverkehrs konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen Umwelteinstellung und Umweltverhalten nachgewiesen werden, im Bereich Wohnen hingegen nicht. Dies deutet darauf hin, dass der Energieverbrauch im Wohnbereich nur durch steuerungspolitische Maßnahmen wirksam reduziert werden kann. Inwiefern im Bereich Mobilität auf eine Bewusstseinsänderung und ein entsprechendes Umdenken bei der Autonutzung gesetzt werden kann, ist eine empirische Frage. Aber auch hier wären – neben einem flächendeckenden und preiswerten ÖPNV-Angebot – institutionelle Regelungen (z.B. eine tageszeitabhängige Citymaut) zur Unterstützung entsprechender Bewusstseins- und Verhaltensänderungen denkbar.

Literaturverzeichnis

- Bettencourt, Luis, José Lobo, Dirk Helbing, Christian Kühnert, Geoffrey West (2007): Growth, Innovation, Scaling, and the Pace of Life in Cities. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 7301-7306.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2012): Entwicklung von Energiepreisen und Preisindizes. Online unter: www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/Binaer/Energiedaten/energiepreise-und-energiekosten1-entwicklung-energiepreise-preisindizes.property=blob,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.xls (Stand: Dezember 2012).
- Christakis, Nicholas und James Fowler (2010): Connected! Die Macht sozialer Netzwerke und warum Glück ansteckend ist. Frankfurt a. M.: Fischer.
- Diekmann, Andreas (2007): Empirische Sozialforschung: Grundlagen, Methoden, Anwendungen. Hamburg: Rowohlt.
- Diekmann, Andreas und Peter Preisendorfer (2001): Umweltsoziologie: Eine Einführung. Hamburg: Rowohlt.
- Fritsche, Uwe (2007): Endenergiebezogene Gesamtemissionen für Treibhausgase aus fossilen Energieträgern unter Einbeziehung der Bereitstellungsketten. Freiburg: Öko-Institut. Online abrufbar unter: www.acamedia.info/sciences/sciliterature/globalw/reference/oekoinstitut/gemis44thg_fossil.pdf (Stand: Dezember 2012).
- Frondel, Manuel, Peter Grösche, Nolan Ritter, Harald Tauchmann, Colin Vance, Peter Matuschek und Ute Müller (2011): Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für die Jahre 2006-2008, Teilbericht für das Projekt Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für die Jahre 2006-2010. Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung und Forsa. Online abrufbar unter: www.bmwi.de/Dateien/BMWi/PDF/bericht-erhebung-des-energieverbrauchs-private-haushalte-2006-2008.property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf (Stand: Dezember 2012).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2007): Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
- Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien (2012): GEMIS – Globales Emissions-Modell integrierter Systeme. Online abrufbar unter: www.iinas.org/gemis-de.html (Stand: Dezember 2012).
- Referat für Gesundheit und Umwelt der Stadt München (2012): CO₂-Monitoring 1990–2010. Bekanntgabe in der Sitzung des Münchener Umweltschutzausschusses vom 27.03.2012. Online abrufbar unter: www.ris-muenchen.de/RII2/RII/DOK/SITZUNGSVORLAGE/2597990.pdf (Stand: Dezember 2012).
- Schubert, Johannes, Tobias Wolbring und Bernhard Gill (2012): Settlement Structures and Carbon Emissions in Germany: The Effects of Social and Physical Concentration on Carbon Emissions in Rural and Urban Residential Areas. *Environmental Policy and Governance*. DOI: 10.1002/eet.1600.
- Statistisches Amt München (2012): Statistisches Taschenbuch 2012: München und seine Stadtbezirke. München: Statistisches Amt München.
- Statistisches Bundesamt (2012): Energie, Rohstoffe, Emissionen. Online abrufbar unter: www.destatis.de/de/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltoekonomischeGesamtrechnungen/EnergieRohstoffeEmissionen/Tabellen/Co2Emissionen.html;jsessionid=CC4E509AFD40CD8B2F4682F4044F86A0.cae4 (Stand: Dezember 2012).
- Umweltbundesamt (2012): Wie gut ist ihre CO₂-Bilanz? CO₂-Rechner des Umweltbundesamts. Online abrufbar unter: uba.klimaktiv-co2-rechner.de/de_DE/page/ (Stand: Dezember 2012).
- Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung für Globale Umweltveränderungen (2007): Welt im Wandel: Sicherheitsrisiko Klimawandel. Berlin: Springer.
- Wolf, Christof (1996): Gleich und gleich gesellt sich: Individuelle und strukturelle Einflüsse auf die Entstehung von Freundschaften. Hamburg: Kovac.