



NsB Ress

Nutzen statt Besitzen
Ressourceneffizienz- und
Diffusionspotenziale

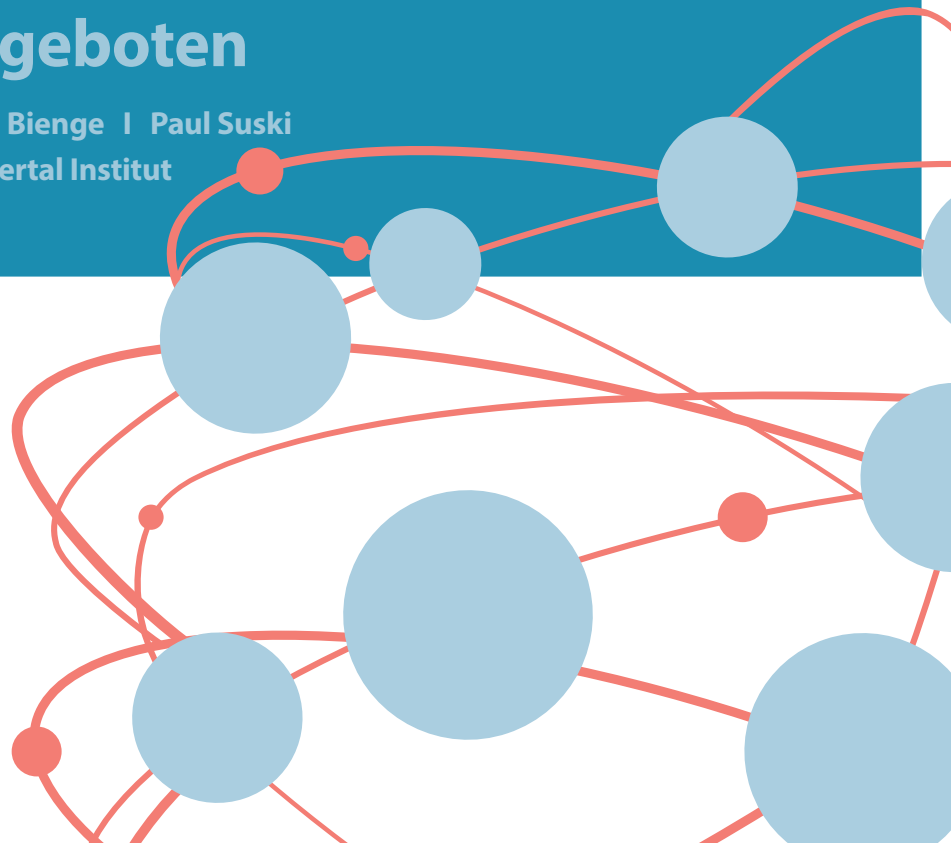


Materialband

Individualmobilität

Ressourceneffizienz-
potenzialanalyse
von Nutzen statt Besitzen
Angeboten

Katrin Bienge | Paul Suski
Wuppertal Institut



Impressum

Ressourceneffizienzpotenzialanalyse von Nutzen statt Besitzen Angeboten
Materialband: Individualmobilität

Autorin/Autor

Katrin Bienge & Paul Suski

© **Wuppertal Institut** 2017

Kontakt

Projektkoordination



**Wuppertal
Institut**

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH

Martina Schmitt, martina.schmitt@wupperinst.org

Tel. +49 (0)202 / 2492-128

Projektpartner



Faktor 10 Institut für nachhaltiges Wirtschaften gGmbH

Holger Rohn, holger.rohn@f10-institut.org

Tel. +49 (0) 6031 / 791137



Borderstep Institut für
Innovation und Nachhaltigkeit

Borderstep – Institut für Innovation und Nachhaltigkeit gGmbH

Jens Clausen, clausen@borderstep.de

Tel. +49 (0) 511 / 30059245

Das Projekt wird im Rahmen der Innovations- und Technikanalyse (ITA) durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert (Förderkennzeichen 16/1653).



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Zusammenfassung

Im Rahmen des Vorhabens „Nutzen statt Besitzen: Ressourceneffizienz- und Diffusionspotenziale neuer Nutzungsformen“ sollen die Potenziale zur Verringerung des Ressourcenverbrauchs und die Chancen und Risiken der Diffusion von Nutzen statt Besitzen-Angebotsformen (NsB-Angebotsformen) ermittelt und somit die Transformation zu einer nachhaltigen Gesellschaft unterstützt werden. Da sich im Bereich der neuen und flexiblen Konsum- und Eigentumsmodelle durch Nutzen statt Besitzen kontinuierlich neue Geschäftsmodelle etablieren, werden diese aktuellen Entwicklungen aufgegriffen und anhand spezifischer Fallbeispiele untersucht. Im Ergebnis sollen Handlungsempfehlungen für Wirtschaft, Politik und Gesellschaft im Rahmen eines partizipativen Prozesses formuliert werden, die auf die Verbreitung ressourcenleichter NsB-Angebotsformen hinwirken. Das Vorhaben zeigt Handlungsoptionen und Erfolgsfaktoren für eine (frühzeitige) ressourcenschonendere Gestaltung von NsB-Angebotsformen auf.

Der vorliegende Materialband dokumentiert die Ergebnisse der Analyse von Ressourceneffizienzpotenzialen von 6 Nutzen statt besitzen Angeboten aus dem Themenfeld Mobilität.

Kapitel 1 beschreibt die Methode der Ressourceneffizienzpotenzialanalyse (REPA).

In den Kapiteln 2 bis 7 werden die Ergebnisse der Analysen dargestellt. Jedem untersuchten NsB-Angebot ist ein eigenes Kapitel gewidmet. Es werden jeweils der Untersuchungsgegenstand, zentrale Annahmen für die Berechnungen und die Ergebnisse der Modellierungen für die folgenden Angebote dargestellt:

- Carsharing
- Carpooling (privat)
- Carpooling (Unternehmen)
- Intermodale Mobilität
- Bürgerbus
- Parkplatzsharing

Kapitel 8 fasst die Ergebnisse zusammen.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	II
Inhaltsverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	V
Abkürzungsverzeichnis.....	VI
1 Ressourceneffizienzpotenziale von NsB-Angebotsformen im Themenfeld Mobilität	8
1.1 Vorgehensweise	8
1.2 Untersuchte NsB-Angebotsformen	8
1.3 Materialintensitätsanalyse verschiedener Verkehrsmittel	9
2 Carsharing – Stationär und free floating.....	10
2.1 Beschreibung des Untersuchungsgegenstandes	10
2.2 Definition der funktionellen Einheit	10
2.3 Analyserahmen und zentrale Annahmen	10
2.4 Ergebnisse der Potenzialanalyse	13
2.5 Zusammenfassung.....	17
3 Carpooling (privat).....	18
3.1 Beschreibungen des Untersuchungsgegenstandes	18
3.2 Definition der funktionellen Einheit	18
3.3 Analyserahmen und zentrale Annahmen	18
3.4 Ergebnisse der Potenzialanalyse	18
3.5 Zusammenfassung.....	20
4 Carpooling (Unternehmen)	21
4.1 Beschreibung des Untersuchungsgegenstandes	21
4.2 Definition der funktionellen Einheit	21
4.3 Analyserahmen und zentrale Annahmen	21
4.4 Ergebnisse der Potenzialanalyse	22
4.5 Zusammenfassung.....	22

5	Intermodale Mobilität	23
5.1	Beschreibung des Untersuchungsgegenstandes	23
5.2	Analyserahmen und zentrale Annahmen	23
5.3	Ergebnisse der Potenzialanalyse	23
5.4	Zusammenfassung.....	23
6	Bürgerbus	24
7	Parkplatzsharing	25
8	Schlussfolgerungen.....	27
9	Literatur	30

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Material- und Treibhausgasintensitäten für einzelne Verkehrsmittel (BG = Besetzungsgrad)	9
Abbildung 2:	Modalsplit für das Basisszenario sowie Szenario A und B (nach Gsell et al., 2015)	11
Abbildung 3:	Änderung von Material Footprint und Carbon Footprint in den Szenarien A und B bezogen auf die Gesamtmobilität	14
Abbildung 4:	Sensitivitätsanalyse mit halb so schweren und doppelt so effizienten Autos für free floating Carsharing	15
Abbildung 5:	Sensitivitätsanalyse für Substitution von 50 % der free floating Carsharing Strecken durch Fahrräder.....	16
Abbildung 6:	Änderung von Material Footprint und Carbon Footprint durch stationäres Carsharing in den Szenarien A und B bezogen auf die Gesamtmobilität	17
Abbildung 7:	Änderung von Material Footprint und Carbon Footprint durch Auto- und Zugfahrer, welche auf Carpooling wechseln bezogen auf die Gesamtmobilität	19
Abbildung 8:	Änderung von Material Footprint und Carbon Footprint durch Autofahrer durch Carpooling.....	20
Abbildung 9:	Änderung von Material Footprint und Carbon Footprint durch Carpooling im Berufsverkehr	22

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Untersuchte NsB-Angebotsformen - Mobilität	8
Tabelle 2:	Anteil und Masse unterschiedlicher PKW-Klassen	11
Tabelle 3:	Ressourceneffizienzpotenziale durch eingesparte Parkplätze absolut und als Anteil an der Mobilität.....	25

Abkürzungsverzeichnis

MF	Material Footprint
CF	Carbon Footprint
REPA	Ressourceneffizienzpotenzialanalyse
NsB	Nutzen statt Besitzen
BG	Besetzungsgrad
ÖV	Öffentlicher Verkehr
MIV	Motorisierter Individualverkehr
HOV	High-Occupancy Vehicle – hohe Verkehrsdichte
Pkm	Personenkilometer
C2C	Consumer-to-Consumer
B2C	Business-to-Consumer

1 Ressourceneffizienzpotenziale von NsB-Angebotsformen im Themenfeld Mobilität

Im Haushalt entstehen 11 % des Rohstoffaufwandes durch die Mobilität (Buhl, 2014). Der Anteil an den Treibhausgasemissionen liegt sogar bei 25 % (Umweltbundesamt, 2015). Dementsprechend ist die Mobilität ein wichtiger Fokus von Nachhaltigkeitsdiskursen. Neben der Diskussion um Elektromobilität und dem autonomen Fahren haben sich unterschiedliche Sharing Konzepte in den letzten Jahren, vor allem im Zusammenhang mit der stark verbreiteten Vernetzung durch (mobiles) Internet in die Wahrnehmung geschoben. In der Öffentlichkeit, wie auch in Studien mehrten sich die Beschreibungen veränderter Lebensstile, insbesondere bzgl. der individuellen Mobilität. Bezüglich der Autoflotte und der durchschnittlichen Personenkilometer lässt sich jedoch noch keine Änderung feststellen. Im Rahmen der Klima- und Ressourcenpolitik stellt sich die Frage, welche Potenziale verschiedene Kombinationen sozio-technischer Ansätze bieten. Im Folgenden soll eine Auswahl von NsB-Angebotsformen in der Mobilität definiert und bezüglich ihrer Ressourceneffizienzpotenziale untersucht werden.

1.1 Vorgehensweise

Die Ressourceneffizienzpotenziale werden anhand der Indikatoren Material Footprint und Carbon Footprint ermittelt. Zur Berechnung werden dabei die Materialintensitäten der einzelnen Verkehrsträger ermittelt und diese mit dem Modal Split (2008) verbunden. Der Untersuchungsrahmen ist jeweils die Personenmobilität in Deutschland mit Ausnahme des Fliegens und der Schifffahrt. Der Status Quo kann dabei über aktuelle Statistiken des deutschen Verkehrs ermittelt werden (infas und DLR, 2010). Die Szenarien für die Potenzialberechnungen wurden entweder aus bisherigen Studien entnommen (Carsharing) oder selbst entwickelt (Carpooling (privat) und Carpooling (Unternehmen)). Für die intermodale Mobilität, den Bürgerbus und das Parkplatzsharing haben sich entweder keine sinnvollen Szenarien entwickeln lassen, oder der zu erwartende Verbreitungsgrad ist zu gering, um eine quantitative Analyse durchzuführen. In diesen Fällen wird eine qualitative Untersuchung vorgenommen.

1.2 Untersuchte NsB-Angebotsformen

Die sechs NsB-Angebotsformen (siehe Tabelle 1) stehen nicht in direkter Konkurrenz, sondern haben unterschiedliche Anwendungsfelder und Zielgruppen.

Tabelle 1: Untersuchte NsB-Angebotsformen - Mobilität

Themenfeld	Referenz	NsB-Angebotsformen					
Mobilität	Modal Split (2008)	Carsharing stationär und flexibel	Carpooling privat	Carpooling Unternehmen	Intermodale Mobilität	Parkplatz-sharing	Bürgerbus

So richten sich Carpooling Angebote einmal an Pendler- und einmal an den Freizeitverkehr. Carsharing hingegen deckt zwar theoretisch beides ab, aber steht eher in Konkurrenz zum privaten PKW. Die intermodale Mobilität dient als Schnittstelle verschiedener Mobilitätsangebote und kann diese miteinander verbinden. Außerdem wird mit dem Bürgerbus ein Nischenangebot in der Mobilität betrachtet, welches einen starken sozialen, statt ökologischen und ökonomischen

Charakter hat. Mit Carsharing, Carpooling und Parkplatzsharing ist der Fokus dabei stark auf andere Formen der PKW-Nutzung gerichtet, was widersprüchlich zum oftmals formulierten Ziel steht, den öffentlichen Personenverkehr zu fördern. Inwiefern Sharing-Angebote beim PKW trotzdem ökologisch vorteilhaft sind, ist Gegenstand der folgenden Untersuchungen.

1.3 Materialintensitätsanalyse verschiedener Verkehrsmittel

Die Berechnungsgrundlage für die einzelnen NsB-Angebotsformen im Bereich Mobilität sind die Material- und Treibhausgasintensitäten der einzelnen Verkehrsmittel. Abbildung 1 zeigt eine Übersicht, welche auf Daten der Lebenszyklusdatenbank ecoinvent 2.2 beruht. Dabei ist zu sehen, dass ein PKW ohne Mitfahrer (Besetzungsgrad/BG = 1) sowohl den höchsten Rohstoffaufwand, als auch die meisten Treibhausgasemissionen pro Personenkilometer verursacht. Auch der durchschnittlich besetzte PKW (BG = 1,5) und die beiden Carsharing Angebote mit selbem BG weisen ein deutlich höheres Treibhauspotential auf, als alle untersuchten NsB-Alternativen. Betrachtet man den Rohstoffaufwand, ergeben sich besonders hohe Werte für die Straßenbahn und den Zug, aber auch den PKW inkl. Carsharing. Ressourcenleicht hingegen ist der Linienbus, ein stark besetzter PKW (Carpoolingdurchschnitt: BG = 2,8), der Fernbus und das Fahrrad. Den zu Fuß zurück gelegten Wegen wird kein ökologischer Rucksack zugerechnet.

In weiteren Berechnungen für die jeweiligen NsB-Angebotsformen werden diese Materialintensitäten mit dem Modal Split kombiniert, um Ergebnisse für die entsprechenden Szenarien zu erhalten.

Im Rahmen der Klima- und Ressourcenpolitik stellt sich die Frage, welche Potenziale bieten welche Kombinationen soziotechnischer Ansätze.

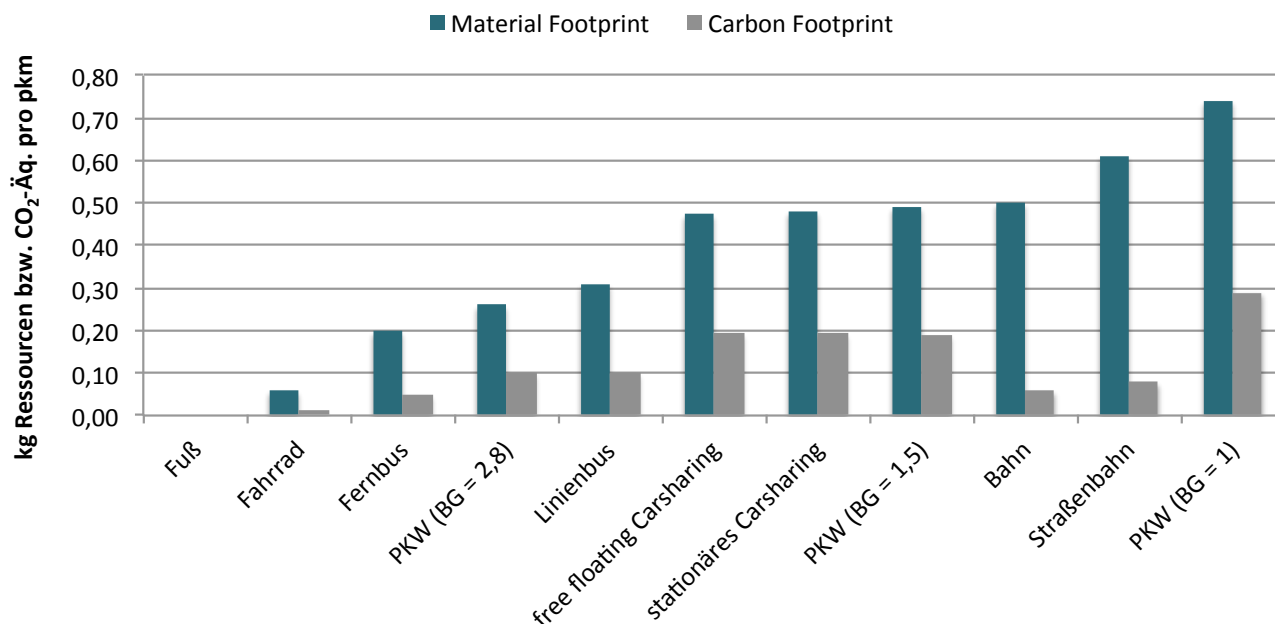


Abbildung 1: Material- und Treibhausgasintensitäten für einzelne Verkehrsmittel (BG = Besetzungsgrad)

2 Carsharing – Stationär und free floating

2.1 Beschreibung des Untersuchungsgegenstandes

Carsharing ist eine der bekanntesten Angebotsformen der Sharing Economy (TNS Emnid und Verbraucherzentrale, 2015) und in den letzten Jahren stark gewachsen. So stieg im Jahr 2015 die Anzahl der registrierten Nutzer beim stationären Carsharing auf 430.000 (+ 13,2 %) und bei stationsunabhängigem („free floating“) auf 830.000 (+ 25,8 %) (Bundesverband CarSharing, 2016). Bei stationärem Carsharing werden die Autos an festen Stellen angeboten und müssen nach Ende der Nutzung an derselben Stelle wieder abgestellt werden. Beim free floating Carsharing hingegen sind die Autos nur an ein Gebiet (zum Beispiel eine Stadt) gebunden, und können nach der Nutzung auf jedem frei zugänglichen Parkplatz abgestellt werden. Im Onlineportal werden die Positionen automatisch angezeigt, damit nachfolgende Nutzer Autos in ihrer Nähe lokalisieren können. Die Autos besitzen ein von außen erreichbaren Scanner, welcher Mitgliedskarten erkennt und sich darüber öffnen und starten lässt. Bei beiden Modellen steht eine Firma dahinter, die verantwortlich für den Fuhrpark und um die Vermittlung der Autos ist (Business-to-Consumer).

2.2 Definition der funktionellen Einheit

Die funktionelle Einheit ist Gesamtpersonenkilometer pro Jahr in Deutschland und beinhaltet den privaten PKW, Carsharing, den öffentlichen Verkehr (ÖV) und das Fahrrad. Die Einheit Personenkilometer (pkm) beschreibt die Anzahl an Kilometern, die eine Person für eine bestimmte Strecke zurücklegt. Die Gesamtpersonenkilometer pro Jahr umfassen die von allen Personen in Deutschland gefahrenen Kilometer. Dabei kann die Fahrt mit dem PKW je nach Besetzungsgrad (BG, rechnerische Anzahl der Personen) zu verschiedenen Personenkilometern beitragen: Bei einer gefahrenen Strecke von 100 km und dem BG = 1 (1 Person im PKW) betragen die Personenkilometer 100 pkm, legt der PKW die selbe Strecke zurück mit 2,8 Personen im Fahrzeug führt das zu 280 pkm. Durch die Nutzung eines Autos für 280 pkm anstatt 100 pkm reduziert sich der ökologische Rucksack pro pkm.

2.3 Analyserahmen und zentrale Annahmen

In Gsell et al. (2015) wurden ökologische Berechnungen zum free floating Carsharing vorgenommen, jedoch keine Bewertung des Ressourcenaufwandes nach dem MIPS Konzept. Die dafür entwickelten Szenarien dienen hier als Grundlage für eigene Berechnungen.

Dabei wird zwischen 2 Szenarien unterschieden. **Szenario A** geht von einer starken politischen Unterstützung für Carsharing aus, wobei unter anderem die Bereitstellung von Parkplätzen für Carsharing-Autos und die gute Anbindung zu Angeboten des ÖV gefördert wird. **Szenario B** geht von konstanten Randbedingungen aus, mit entsprechend geringerer Verbreitung von Carsharing. Abbildung 2 zeigt den Modal Split für das Referenzsystem „Basis“ und beide Szenarien. Die Gesamtmobilität (Gesamtpersonenkilometer) weist nur geringe Unterschiede auf (0,27 % höher in Szenario A im Vergleich zu Szenario B). Dies sollte jedoch kritisch hinterfragt werden, da günstigere und leichter verfügbare Mobilitätsangebote auch zu einer deutlicheren Gesamterhöhung der Mobilität führen könnte. Direkte Reboundeffekte wurden in der Studie jedoch nicht betrachtet.

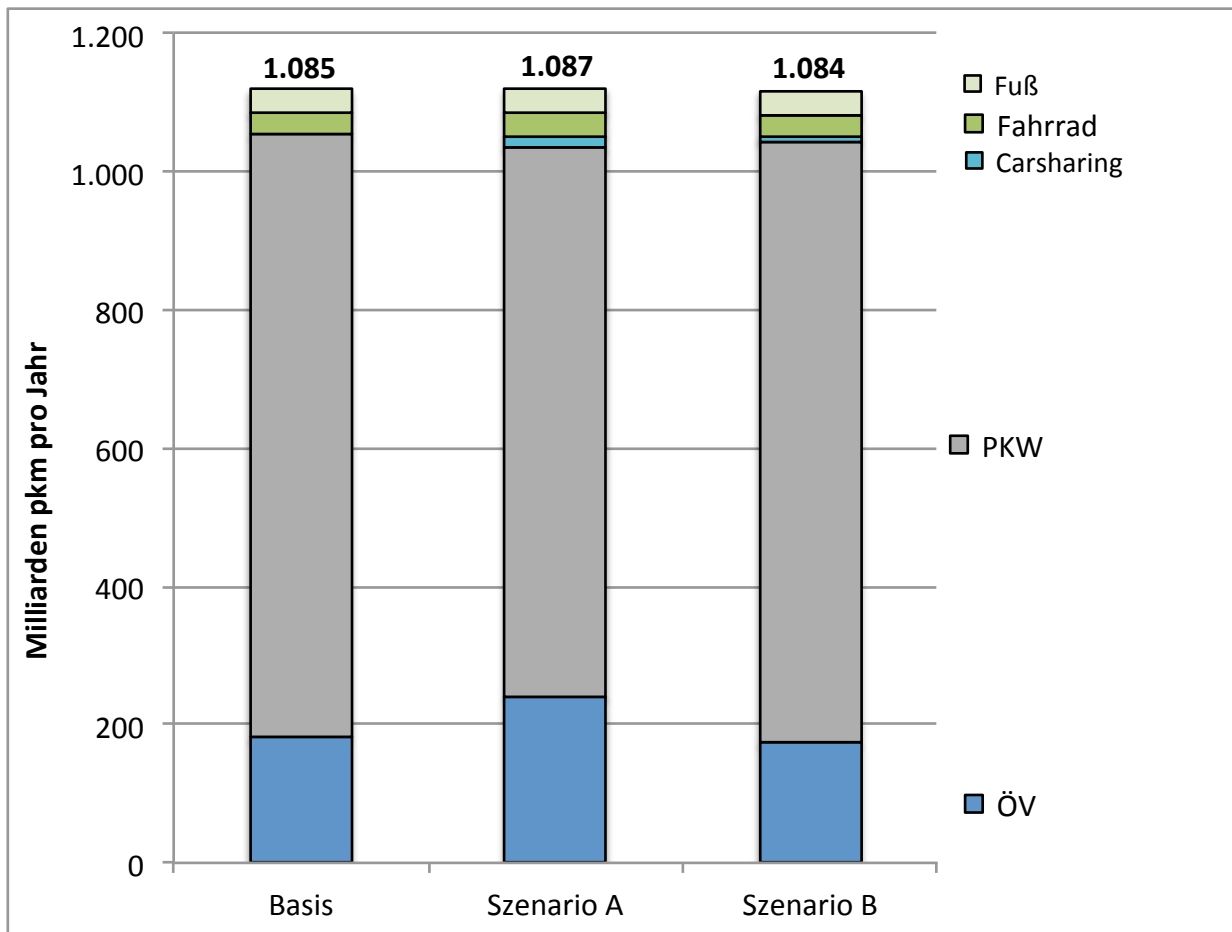


Abbildung 2: Modalsplit für das Basisszenario sowie Szenario A und B (nach Gsell et al., 2015)

Der durchschnittliche free floating Carsharing Fuhrpark setzt auf kleinere Autos als der allgemeine Mix genutzter PKW in Deutschland (Gsell et al., 2015). Eine Übersicht dazu ist in Tabelle 2 abgebildet.

Tabelle 2: Anteil und Masse unterschiedlicher PKW-Klassen

PKW-Klassen	Anteil Fahrzeuge	Masse in t
PKW klein	30 %	1,0
PKW mittel	32 %	1,3
PKW groß	39 %	1,6
<i>Durchschnitt PKW</i>		<i>1,327</i>
Free floating klein	53 %	1,0
Free floating mittel	35 %	1,3
Free floating groß	11 %	1,6
<i>Durchschnitt Free floating</i>		<i>1,173</i>

Quelle: Eigene Darstellung nach Gsell et al. (2015) und Mottschall und Bergmann (2013)

Dies wurde bei der Berechnung der Autoherstellung berücksichtigt und bezieht Massedaten von Mottschall und Bergmann (2013) ein. Dies hat einen merkbaren Einfluss auf den Material Footprint. Der Carbon Footprint wird jedoch hauptsächlich durch die Nutzung bestimmt. Der Kraftstoffverbrauch selbst wurde nicht angepasst, da dieser zwar bei kleineren Autos oftmals geringer ausfällt, jedoch innerstädtisch und auf Kurzstrecken besonders hoch ist. In Berlin liegen 50 % der Fahrten mit free floating Autos unter 5 km (Civity Management Consultants, 2014). Die Annahme ist, dass sich die positiven und negativen Effekte auf den Verbrauch gegenseitig aufheben. Bei der Aufschlüsselung des ÖV ergaben die Daten in Gsell et al. (2015) einen auffällig hohen Anteil an Fernbussen und relativ geringe Linienbus-Werte, welche nicht nachvollziehbar waren. Aus diesem Grund wurden die Werte des gesamten ÖV für das Basisszenario vom statistischen Bundesamt übernommen (Statistisches Bundesamt, 2015, 2014). Die prozentualen Veränderungen für Szenario A und Szenario B wurden dann aus Gsell et al. (2015) auf diese Werte angewendet.

Für das stationäre Carsharing waren keine Szenarien verfügbar. Da aktuell beide Carsharing-Angebote eine ähnliche Verbreitung aufweisen (mehr registrierte Nutzer für free floating Carsharing, dafür größerer Fuhrpark und höhere erreichbare Bevölkerung durch stationäres Carsharing (bcs, 2016)), wurden die Szenarien für das free floating Carsharing von Gsell et al. (2015) auch hier angewendet. Der Unterschied liegt in der Berechnung für eine Fahrt mit einem Auto eines stationären Carsharing Anbieters. So wurde angenommen, dass das Auto im Durchschnitt größer ist als beim free floating Carsharing, da höhere Reichweiten damit abgedeckt werden können, aber kleiner ist als der durchschnittliche PKW. Es wird angenommen, dass sich die durchschnittliche Masse des PKW nur halb so stark reduziert wie beim free floating Carsharing (ca. 6 %).

Der durchschnittliche Besetzungsgrad eines PKW in Deutschland beträgt 1,5 (infas and DLR, 2010). Für das Carsharing sind dabei keine gesonderten Statistiken verfügbar, weshalb angenommen wird, dass sich hier der Besetzungsgrad nicht ändert.

Basisszenario

Wesentlich für die Mobilität ist der motorisierte Individualverkehr (MIV), sprich die Fahrt mit dem PKW (siehe Abbildung 2). In den Szenarien ist weniger die direkte Verschiebung vom PKW zum Carsharing relevant, da diese sich nur gering beim Material und Carbon Footprint unterscheiden (siehe Abbildung 1). Es ist vielmehr die Verschiebung vom MIV zum ÖV. Die zugrunde liegende Idee ist, dass beim Verzicht auf einen privaten PKW nicht alle Strecken mit Carsharing ersetzt werden, da der ÖV für die meisten Strecken genutzt wird (Gsell et al., 2015). Aus diesem Grund wird der gesamte Modal Split in der Berechnung berücksichtigt, inkl. den privaten PKWs, Carsharing, dem öffentlichen Verkehr (ÖV) und Fahrrädern. Das Fliegen wurde nicht berücksichtigt, da von keinem gegenseitigen Einfluss von Carsharing und Flugzeug ausgegangen wird.

Im IST-Zustand wird die Nutzung von Carsharing, aufgrund des aktuell geringen Verbreitungsgrades, nicht berücksichtigt (0,1 % free floating Carsharing in Berlin, Civity Management Consultants, 2014). In den Fallstudien werden die beiden B2C Angebotsformen stationäres Carsharing (stationsabhängig) und free floating Carsharing (stationsunabhängig) untersucht. C2C Carsharing wird nicht betrachtet. Die Datenlage lässt nur eine getrennte Untersuchung beider Carsharing Angebote zu, weshalb die Ergebnisse der Materialintensitätsanalyse separat für stationäres Carsharing und free floating Carsharing dargestellt werden. Da sich der Einfluss beider Carsharing Angebote auf den Modal Split überschneidet, kann keine Addition beider Potenziale vorgenommen werden.

2.4 Ergebnisse der Potenzialanalyse

Bei der Potenzialanalyse wurden die Material- und Treibhausgasintensitäten der einzelnen Verkehrsmittel mit dem Modal Split verknüpft, um so Änderungen des absoluten Materialaufwandes bzw. des Treibhauspotentials zu ermitteln. Dabei ist nicht nur die Nutzung von Carsharing selbst relevant, sondern auch die sich daraus ändernde Nutzung anderer Verkehrsmittel. Das Ergebnis sind je drei Werte für Material Footprint und Carbon Footprint für die Gesamtmobilität in Deutschland, für das Basis-Szenario („Basis“) sowie Szenario A und B. Die prozentualen Abweichungen der beiden Szenarien zu „Basis“ werden in den folgenden Abschnitten vorgestellt.

2.4.1 Free floating Carsharing

Abbildung 3 zeigt die Abweichungen von Material Footprint und Carbon Footprint bezogen auf die Gesamtmobilität im Vergleich zum Basis-Szenario.

In **Szenario B**, bei dem die Rahmenbedingungen für Carsharing unverändert bleiben, ergeben sich nur sehr geringe nominelle Abweichungen, welche aufgrund der eher groben Abschätzungen in der Berechnung zu vernachlässigen sind. Man kann also schlussfolgern, dass kein nennenswerter Effekt auftreten würde.

In **Szenario A** hingegen, bei dem sich die Rahmenbedingungen für Carsharing verändern (unterstützende Maßnahmen), sinkt der Material Footprint der hier betrachteten Gesamtmobilität in Deutschland um 1 % und der Carbon Footprint um 3,6 %. Somit wird der Carbon Footprint von Gsell et al. (2015) bestätigt, welcher eine Abnahme um 4 % (Szenario A) bzw. 0 % (Szenario B) angab.

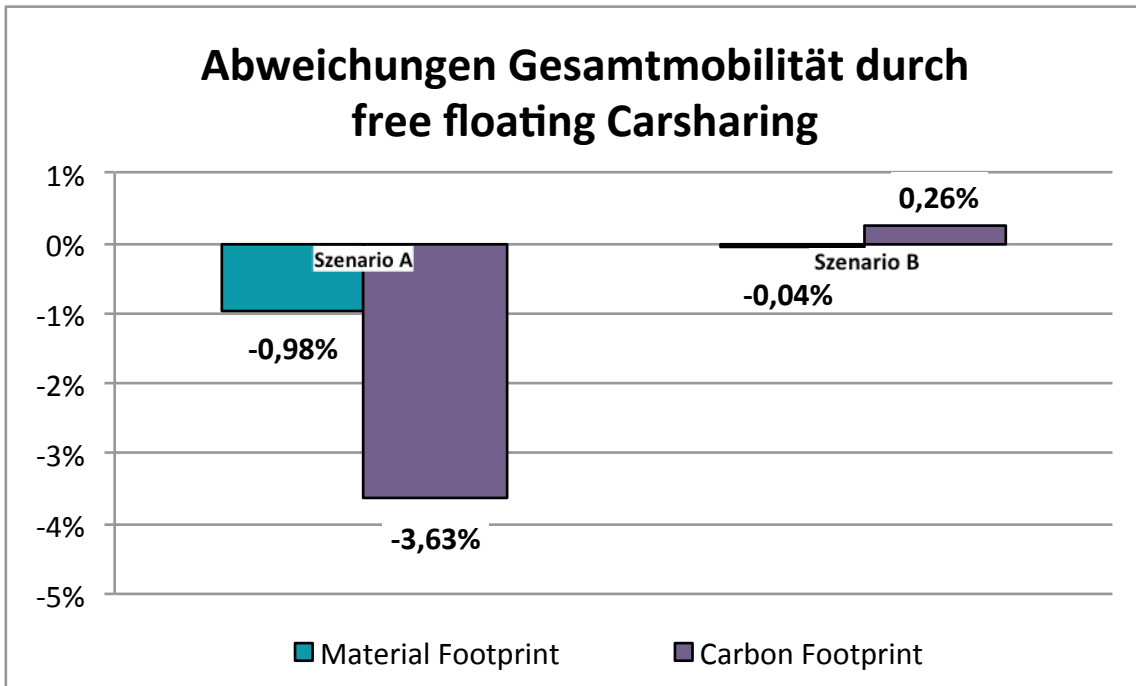


Abbildung 3: Änderung von Material Footprint und Carbon Footprint in den Szenarien A und B bezogen auf die Gesamtmobilität

Die Berechnung der Material- und Treibhausgasintensitäten für free floating Carsharing erfolgte basierend auf folgenden Annahmen: Die Massereduktion eines PKWs wurde gleichmäßig auf alle Teile des Autos übernommen (kleinere Scheiben, kleinerer Motor, kleinere Karosserie etc.). Der Benzinverbrauch wurde als gleichbleibend angenommen und als Motor wurde ein Otto-Motor berücksichtigt.

Zur Einschätzung der **Sensitivität** wurde angenommen, dass der Material und Carbon Footprint für Carsharing-Autos je um die Hälfte reduziert werden (Szenario V50 in Abbildung 4). Dies würde eine enorme technologische Anstrengung und strikte Umstellung auf sehr kleine Autos bedeuten und das innerhalb eines Zeitraumes in dem der durchschnittliche PKW sich nicht derart anpasst. Dies wäre möglich durch einen sich schneller erneuerbaren Fuhrpark, die Nutzung neuer und alternativer Antriebstechniken und Größenreduktion. Exemplarisch wurde für free floating Carsharing durchgerechnet, welchen Einfluss halb so schwere und doppelt so effiziente Autos hätten. Die Ergebnisse in Abbildung 4 zeigen, dass in Szenario A_V50 der Material Footprint um ca. 1,7 % statt 1,0 % sinkt und der Carbon Footprint um 4,5 % statt 3,6 %. Die Ergebnisse im Szenario B_V50 zeigen keine grundlegend anderen Ergebnisse (im Vergleich zu Szenario B).

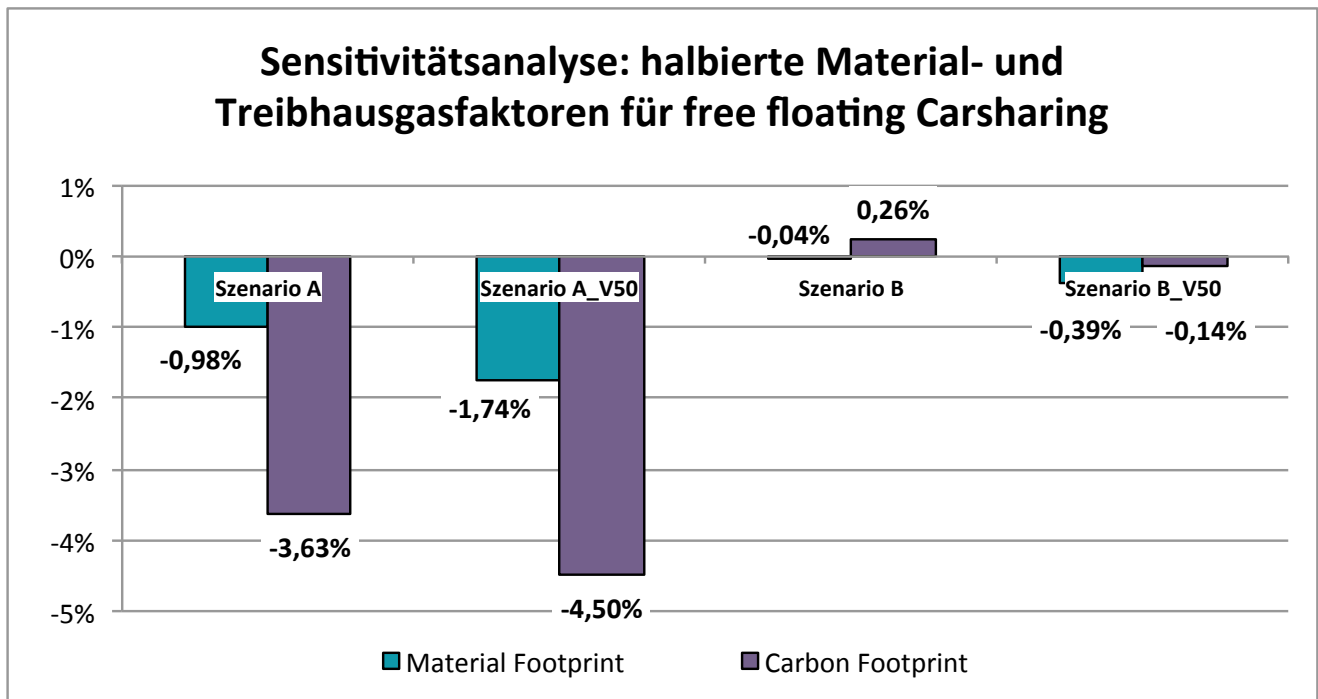


Abbildung 4: Sensitivitätsanalyse mit halb so schweren und doppelt so effizienten Autos für free floating Carsharing

Eine weitere **Sensitivitätsanalyse** behandelt die Kurzstrecken des free floating Carsharings. Laut Civity Management Consultants (2014) sind die Hälfte aller Strecken mit free floating Carsharing unter 5 km lang und somit in einem Bereich, welcher als fahrradtauglich gelten kann. 15 % der Strecken sind kürzer als 2 km und somit auch für Fußgänger attraktiv. Die durchschnittliche Strecke, die mit free floating Carsharing in Berlin zurückgelegt wird, beträgt 5,8 km im Vergleich zu 9,5 km des privaten PKW (in Deutschland). In den F50 Szenarien (Abbildung 5) wurden 50 % der Carsharing Strecke von Fahrrädern substituiert. Nicht berücksichtigt wurden die Kurzstrecken des privaten PKW. Der Material Footprint im Szenario A_F50 sinkt dabei um 1,64 % statt 1 %. Der Carbon Footprint sinkt dabei um 4,46 % statt 3,63 %. Für das Szenario B ergeben sich keine relevanten Veränderungen.

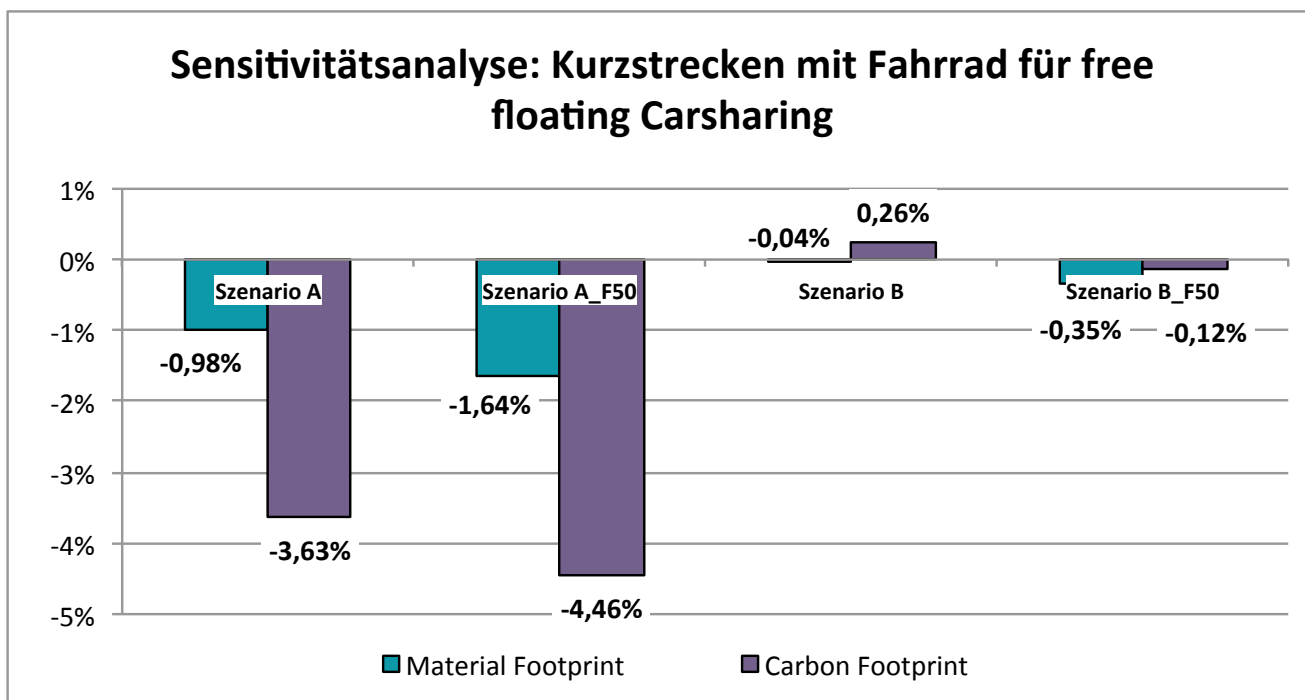


Abbildung 5: Sensitivitätsanalyse für Substitution von 50 % der free floating Carsharing Strecken durch Fahrräder

2.4.2 Stationäres Carsharing

Für das stationäre Carsharing waren keine Szenarien wie für das free floating Carsharing verfügbar. Da aktuell beide Carsharing-Angebote eine ähnliche Verbreitung aufweisen (mehr Fahrzeuge beim stationären Carsharing, aber mehr registrierte Nutzer beim free floating Carsharing, bcs, 2016), wurden die Szenarien für das free floating Carsharing von Gsell et al. (2015) auch hier angewendet. Der Unterschied liegt in der Berechnung für eine Fahrt mit einem Auto eines stationären Carsharing Anbieters. So wurde angenommen, dass das Auto im Durchschnitt größer ist als beim free floating Carsharing, da andere Reichweiten damit abgedeckt werde. So wurde angenommen, dass sich die Masse des PKW nur halb so stark reduziert wie beim free floating Carsharing. Die eher geringe Anpassung führt dazu, dass sich die Ergebnisse nur geringfügig vom free floating Carsharing unterscheiden. So sinken auch hier im Szenario A der Material Footprint um ca. 1 % und Carbon Footprint um 3,6 %. Szenario B weist keinen relevanten Einfluss durch stationäres Carsharing auf (siehe Abbildung 6).

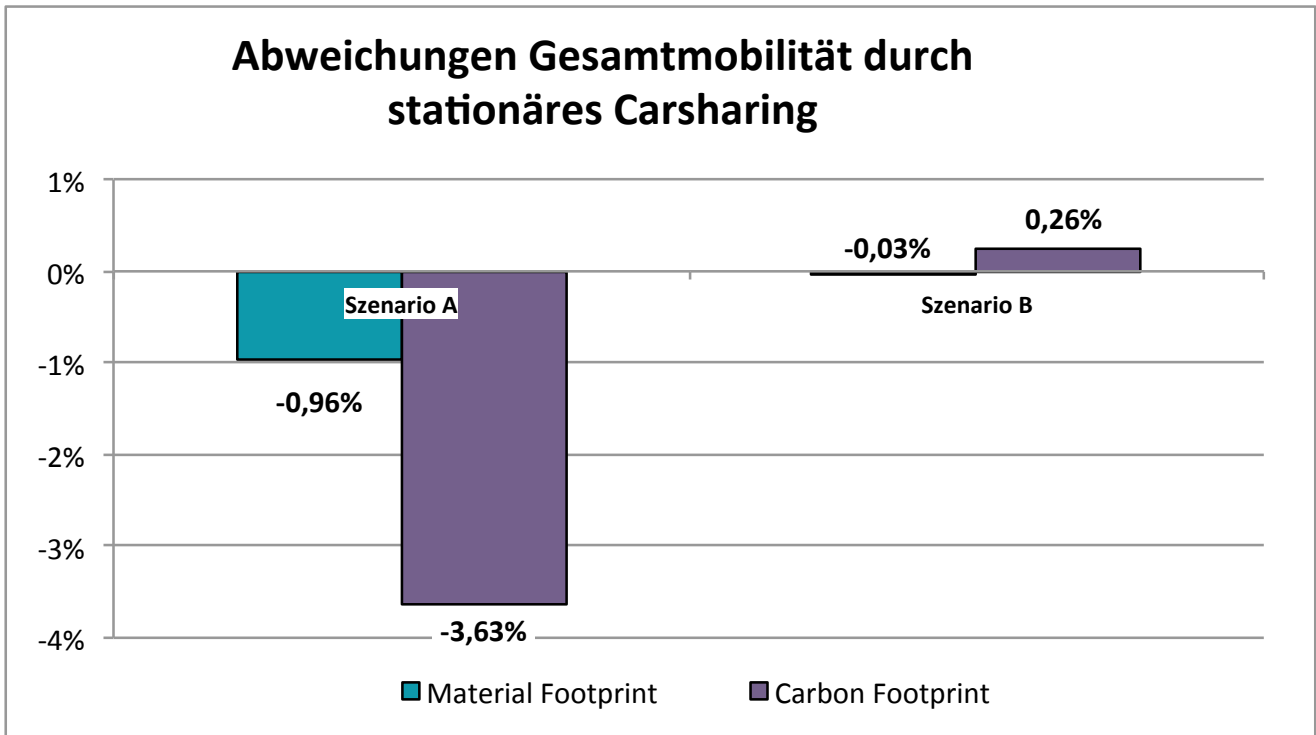


Abbildung 6: Änderung von Material Footprint und Carbon Footprint durch stationäres Carsharing in den Szenarien A und B bezogen auf die Gesamtmobilität

2.5 Zusammenfassung

Das Ressourceneffizienzpotenzial von Carsharing zeigt sich derzeit nur unter der Annahme einer gezielten Carsharing-Förderung im Szenario A und beim untersuchten Angebot des stationären Carsharing und unter der Annahme, dass eine Nutzung von Carsharing-Angeboten mit einer erhöhten ÖV Nutzung einhergeht. Der Vorteil liegt also nicht in der Fahrt im Carsharing Auto selbst, sondern bei den Strecken, die stattdessen mehr mit Linien- und Fernbussen gefahren werden. Somit ist Carsharing ein Baustein in der intermodalen Mobilität, welche gegenüber reinen PKW Fahrten Vorteile aufgrund des höheren ÖV-Anteils aufweist.

3 Carpooling (privat)

3.1 Beschreibungen des Untersuchungsgegenstandes

Beim privaten Carpooling (auch ridesharing) bieten Fahrer freie Plätze in ihrem PKW auf festgelegten Strecken an, um den Besetzungsgrad zu erhöhen und die Kosten zu teilen. Angeboten werden meist überregionale Strecken, wodurch Carpooling in Konkurrenz mit der Bahn, dem Fernbus und dem privaten PKW (Mitfahrer statt Fahrer) steht.

3.2 Definition der funktionellen Einheit

Die Untersuchung von Carpooling umfasst die Gesamtmobilität in Deutschland. Gemessen wird die Gesamtkilometerzahl des ÖV, des privaten PKW, Carpooling Strecken sowie der Fahrradverkehr. Flugzeuge bleiben unberücksichtigt. Die funktionelle Einheit ist Gesamtpersonenkilometer pro Jahr in Deutschland.

3.3 Analyserahmen und zentrale Annahmen

Die Berechnungen orientieren sich am Basisszenario aus der Carsharing-Berechnung, welche wiederum auf Gsell et al. (2015) und dem statistischen Bundesamt (2014, 2015) beruhen. Für die Szenarien A und B bleibt die Gesamtzahl an Personenkilometern konstant. Dies muss kritisch hinterfragt werden, da ein höherer Besetzungsgrad im Auto auch zu geringeren Kosten für den Einzelnen führt. Somit kann sich die Mobilität durch geringere Kosten insgesamt erhöhen. Wie in allen Fallstudien werden Kosten-Rebound-Effekte aber nicht quantifiziert, zumal sich die Kostenersparnis nicht nur in Mehrausgaben für erhöhte Mobilität niederschlagen kann, sondern auch in Mehrausgaben für andere Konsumfelder.

Fußwege und das Fliegen werden bei den Berechnungen nicht berücksichtigt, das Fliegen weil es schwer im nationalen Rahmen gesehen werden kann und auch in Mobilitätsstudien für Deutschland unberücksichtigt bleibt (infas and DLR, 2010). Daten für Fußwege sind verfügbar, werden jedoch vereinfacht ohne Ressourcenaufwand und Treibhausgasemissionen angenommen.

Fahrten im durchschnittlichen PKW werden mit einem Besetzungsgrad von 1,5 berücksichtigt (infas and DLR, 2010), Fahrten im Carpooling PKW mit einem Besetzungsgrad von 2,8, was dem durchschnittlichen Besetzungsgrad von Fahrten des Carpooling-Vermittlers BlaBlaCar entspricht (BlaBlaCar, 2012). Es wird angenommen, dass der Kraftstoffverbrauch auch bei einer höheren Auslastung (und somit etwas höherer Masse) konstant bleibt. Umwege des Fahrers und Wege der Mitfahrenden zum Treffpunkt bleiben ebenso unberücksichtigt, da die Annahme gilt, dass Carpooling hauptsächlich für mittlere und lange Strecken genutzt wird und somit eine kurze Strecke zum Treffpunkt innerhalb der Stadt vernachlässigbar gering ist.

3.4 Ergebnisse der Potenzialanalyse

Abbildung 7 zeigt den Einfluss von Carpooling auf die Ressourceneffizienz. Durch das Zusammenschließen von klassischen PKW Fahrten sinkt in Szenario A, bei dem 1% der Personenkilometer im PKW durch Carpooling gefahren werden, der Material Footprint und Carbon

Footprint um ca. 0,4 %. In Szenario B, bei dem 3 % der Personenkilometer im PKW durch Carpooling gefahren werden, sinkt der Material Footprint um ca. 1,2 % und der Carbon Footprint um 1,3 %.

Beim Carpooling, welche durch den Zusammenschluss von Zugfahrten entstehen, sinkt in Szenario A der Material Footprint um ca. 0,1 % und der Carbon Footprint steigt um 0,04 %. In Szenario B sinkt der Material Footprint um ca. 0,4 % und der Carbon Footprint steigt um 0,1 %. Der Einfluss auf den Material Footprint ist hier höher als auf den Carbon Footprint. Dabei werden in Szenario A 2 % der Zugfahrten durch Carpooling ersetzt und in Szenario B sind es 5 %.

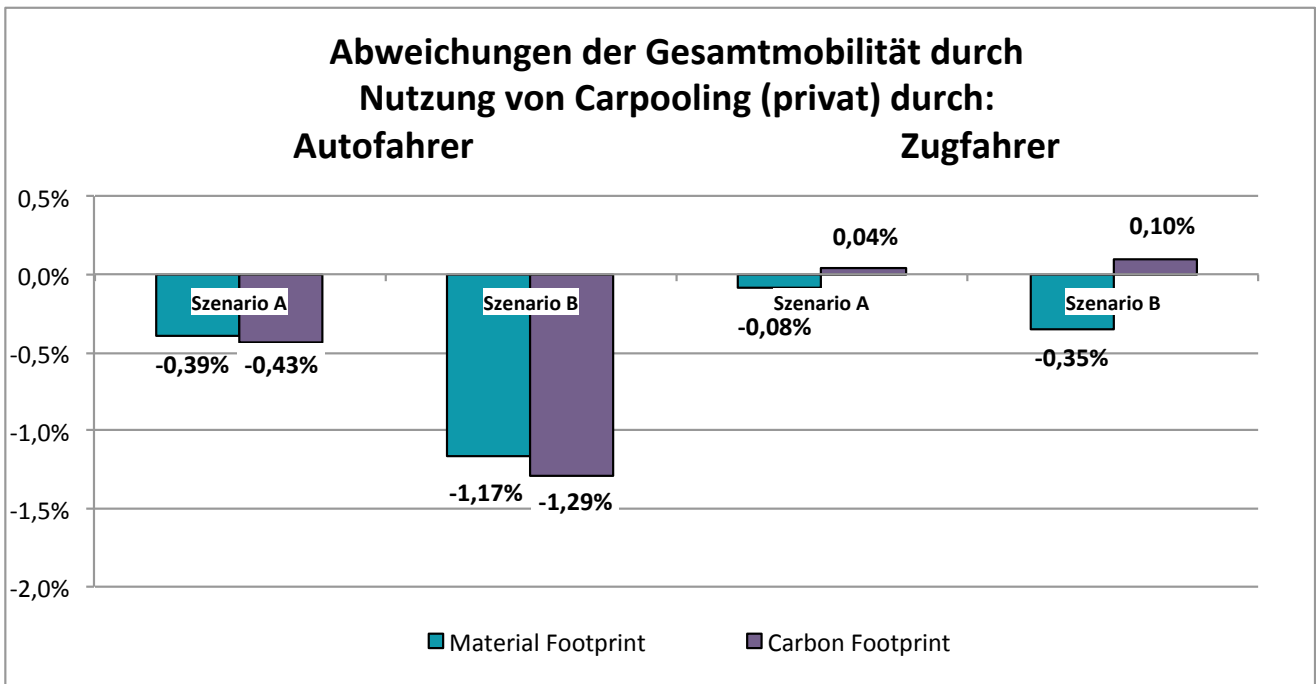


Abbildung 7: Änderung von Material Footprint und Carbon Footprint durch Auto- und Zugfahrer, welche auf Carpooling wechseln bezogen auf die Gesamtmobilität

Abbildung 8 zeigt die zusammengefassten Ergebnisse für Carpooling, welche die Verdrängung von klassischen Autofahrten und von Zugfahrten beinhalten. In Szenario A sinkt der Material Footprint um 0,5 % und der Carbon Footprint um 0,4 %. In Szenario B sinken die Werte um 1,5 % (Material Footprint) und 1,2 % (Carbon Footprint). Insgesamt ist der Einfluss von Carpooling auf den Material Footprint leicht höher als auf den Carbon Footprint.

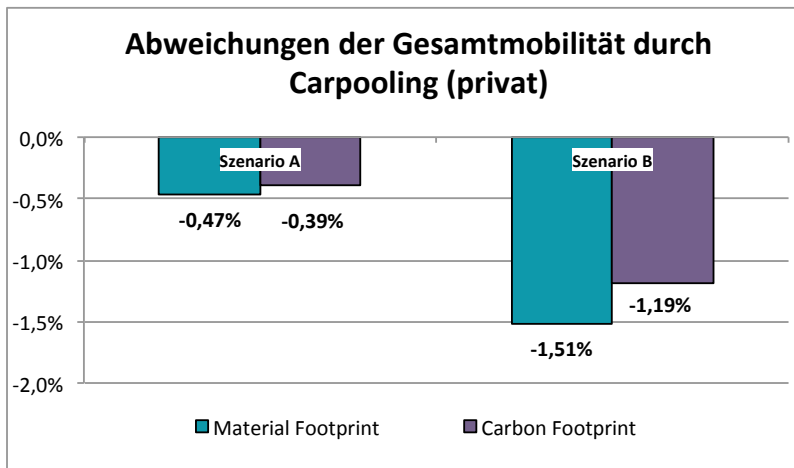


Abbildung 8: Änderung von Material Footprint und Carbon Footprint durch Autofahrer durch Carpooling

3.5 Zusammenfassung

Für die Studie waren keine nutzbaren Szenarien verfügbar. Die getroffenen Annahmen für die Verbreitungsgrade in Szenario A und B sind deshalb mit Vorsicht zu betrachten. Besonders Szenario B wurde als sehr optimistisch angenommen. Eine Möglichkeit Carpooling von öffentlicher Seite zu fördern sind extra Fahrspuren für Autos mit mehreren Insassen (High-occupancy vehicle lanes). Hierbei müsste bei der Einführung betrachtet werden ob eine extra Spur für Carpooling gebaut werden müsste (erhöhter Ressourcenaufwand) oder alternativ bestehende Spuren durch Markierungen neu aufgeteilt werden (geringerer Ressourcenaufwand). Beispiele aus anderen europäischen Städten (Trondheim, Madrid oder Linz) zeigen einen ambivalenten Erfolg, der von der Verkehrsinfrastruktur (Nutzung vorhandener Spuren, Neubau), Verkehrsdichte, geplanten Zeiten zur Nutzung der HOV oder der Akzeptanz in der Bevölkerung abhängt (SAP SE, 2015). Eine reale Umsetzung müsste vor dem Hintergrund einer komplexen Verkehrsmodellierung geprüft werden.

Unberücksichtigt bleiben direkte und indirekte Reboundeffekte durch die verringerten Kosten des Carpoolings pro Person. So teilen sich nicht nur die Umwelteinflüsse einer Fahrt auf die vermehrten Mitfahrenden auf, sondern auch die finanziellen Kosten, welche dann für anderen Konsum frei werden (Einkommenselastizität). D.h. die Kostenersparnis kann sich nicht nur in Mehrausgaben für erhöhte Mobilität niederschlagen, sondern auch in Mehrausgaben für andere Konsumfelder.

4 Carpooling (Unternehmen)

4.1 Beschreibung des Untersuchungsgegenstandes

Beim Carpooling für Unternehmen werden gezielt Pendler angesprochen, um Fahrgemeinschaften zu bilden. Diese Gemeinschaften treffen sich regelmäßig für den Arbeitsweg. Das Konzept kann von den Firmen initiiert und teilweise organisiert werden, z. B. durch das Anbieten und Bewerben der richtigen Vermittlerplattform und die Bereitstellung von Parkplätzen nur für Carpooling Teilnehmer.

4.2 Definition der funktionellen Einheit

Die Untersuchung von Carpooling in Unternehmen umfasst die Gesamtmobilität in Deutschland. Betrachtet werden die Gesamtpersonenkilometer des öffentlichen Verkehrs (ÖV), des privaten PKW, der Carpooling-Strecken sowie des Fahrradverkehrs. Flugzeuge bleiben unberücksichtigt. Die funktionelle Einheit ist Gesamtpersonenkilometer pro Jahr in Deutschland.

4.3 Analyserahmen und zentrale Annahmen

Die Berechnung der Mobilität richtet sich nach dem Modal Split aus Gsell et al. (2015), mit Anpassungen des ÖV (Statistisches Bundesamt, 2015, 2014). Somit entspricht das Referenzszenario dem aus der Carsharing Berechnung (siehe Kapitel 2). Für die Berechnung der Fallstudie wurde die Mobilität mit dem PKW aufgeteilt in Berufsverkehr und restlichen Verkehr. Laut der Studie Mobilität in Deutschland (infas and DLR, 2010) sind 21 % der zurückgelegten Strecke insgesamt dem Arbeitsweg zuzurechnen (für alle Verkehrsmittel). Das Statistische Bundesamt (2012) gibt an, dass 65,9 % der Arbeitswege mit einem PKW zurückgelegt werden. Ein Wert für den Anteil der Strecke wird jedoch nicht ausgewiesen. Hier wurde angenommen, dass der Anteil des PKW an der Arbeitswegstrecke etwas höher ist, da höhere Entfernungen zurückgelegt werden können als zu Fuß oder mit dem Fahrrad. Der Wert wurde auf 70 % festgelegt und gilt als eher vorsichtige Schätzung. Daraus ergeben sich 159 Mrd. pkm pro Jahr für die Arbeitswege. Dienstwege, also Wege während der Arbeitszeit, sind dabei nicht berücksichtigt, sondern nur reine Pendlerwege. Der Besetzungsgrad auf dem Arbeitsweg wird mit 1,07 berücksichtigt und kann sich zukünftig auf bis zu 1,26 erhöhen (Rodt et al., 2010, S. 64f). Der Besetzungsgrad der restlichen PKW Strecken ergibt somit im Referenz-Szenario mit 1,65 damit insgesamt der Wert von 1,5 erreicht wird. In der Fallstudie erhöht sich insgesamt der Besetzungsgrad aller PKW Strecken auf 1,56.

Laut der Studie Mobilität in Deutschland (2008) liegt der Besetzungsgrad auf dem Arbeitsweg bereits bei 1,2. Da dort jedoch keine Szenarien genannt werden, wurde mit 1,07 aus Rodt et al. (2010) gerechnet, da diese die Grundlage für das Szenario bilden. Da sowohl der IST Zustand als auch das Szenario maßgeblich für das Ergebnis sind, sollte diese Diskrepanz beider Quellen bei weiteren Analysen überprüft werden.

Es wurde die Annahme getroffen, dass sich der Besetzungsgrad nur durch den Zusammenschluss von PKW-Fahrern erhöht. In dem Szenario gibt es keinen Wechsel zwischen den Verkehrsmitteln, also zum Beispiel kein Bahnpendler, der zum Carpooling wechselt.

4.4 Ergebnisse der Potenzialanalyse

Abbildung 9 zeigt die Ergebnisse der Materialintensitätsanalyse für Carpooling im Berufsverkehr. Im Vergleich zum IST-Zustand sinken im betrachteten Fall der Material Footprint um 3,2 % und der Carbon Footprint um 3,6 %. Im genutzten Szenario werden 22,4 Milliarden Fahrzeugkilometer pro Jahr eingespart.

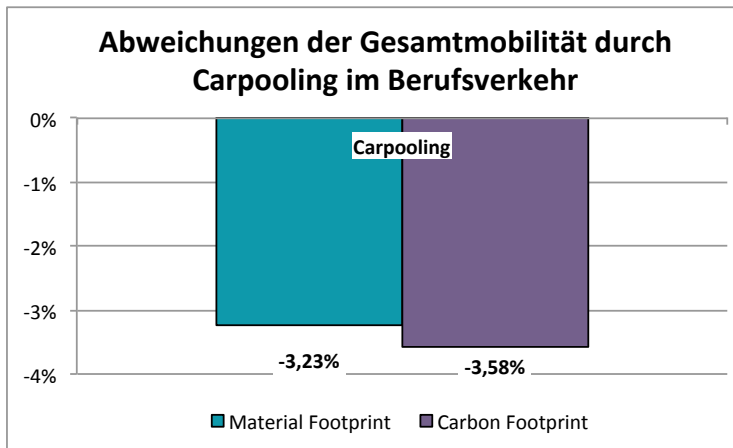


Abbildung 9: Änderung von Material Footprint und Carbon Footprint durch Carpooling im Berufsverkehr

4.5 Zusammenfassung

Die Ergebnisse zeigen größere Potenziale beim Carpooling im Pendlerverkehr. Die erweiterte Umsetzung des Konzepts könnte jedoch schwierig sein, da Nutzer/-innen sich in starke zeitliche Abhängigkeiten im Alltag begeben würden und diese sich für weitere Erledigungen auf dem Arbeitsweg einschränken müssten (Kinder zur Schule bringen, Einkauf, etc.). Für eine erfolgreiche Etablierung müsste auf zwei Ebenen angesetzt werden. Zum einen müssten Firmen (ab ca. 100 Mitarbeiter (Rodt et al., 2010, S. 65)) sich dazu bereit erklären ein Mobilitätsmanagement einzuführen und eine Vermittlerplattform für Mitarbeitende bereitzustellen und zum anderen müssten die Mitarbeitenden diese Angebote dann auch nutzen. Vor allem individuell unterschiedliche Arbeitszeiten wären ein Hindernis für regelmäßige Nutzungen. Der Vorteil ist die gute Erreichbarkeit potenzieller Nutzer/-innen durch die Firma über Personalversammlungen, E-Mail Verteiler, Aushänge etc. Außerdem können so weitere Anreize geschaffen werden, wie günstig gelegene Parkplätze für Carpooling Nutzer oder der Zugang zum Fuhrpark der Firma.

Ein weiterer Hebel zur Umsetzung liegt auf öffentlicher Seite. So könnten besonders in dicht besiedelten Gebieten Fahrspuren eingeführt werden, welche nur von Carpooling Nutzern (2+/3+ Insassen) genutzt werden dürfen, sogenannte high-occupancy vehicle (HOV) lanes. Solche Spuren könnten sogar zeitlich begrenzt werden, um ausschließlich die Zeiten mit erhöhtem Verkehrsaufkommen abzudecken. Die Umsetzbarkeit dieser Idee für deutsche Ballungsgebiete ist jedoch zu hinterfragen. Beispiele aus anderen europäischen Städten (Trondheim, Madrid oder Linz) zeigen einen ambivalenten Erfolg, der von der Verkehrsinfrastruktur (Nutzung vorhandener Spuren, Neubau), Verkehrsdichte, geplanten Zeiten zur Nutzung der HOV oder der Akzeptanz in der Bevölkerung abhängt (SAP SE, 2015). Eine reale Umsetzung müsste vor dem Hintergrund einer komplexen Verkehrsmodellierung geprüft werden.

5 Intermodale Mobilität

5.1 Beschreibungen des Untersuchungsgegenstandes

Die intermodale Mobilität beschreibt ein Mobilitätsverhalten, bei dem verschiedene Verkehrsträger innerhalb eines Weges einfacher miteinander kombiniert werden können. Die Kombinierbarkeit wird einerseits durch die Erreichbarkeit (z. B. Fahrradverleih direkt am Bahnhof), als auch durch einheitliche Bezahl- und Buchungssysteme erreicht.

5.2 Analyserahmen und zentrale Annahmen

Das Konzept der intermodalen Mobilität wurde weitestgehend bereits im Szenario A für Carsharing berechnet. Dabei ist das Carsharing ein Baustein um die Mobilität vom ausschließlichen Gebrauch des privaten PKW hin zur situationsabhängigen Wahl des Verkehrsmittels zu verändern. Infolge dessen steigt der Anteil des ÖV und des Fahrrads. Wichtige Grundvoraussetzung ist eine sehr leichte und weit verbreitete Nutzbarkeit von Alternativen zum PKW. So wäre es denkbar mit einem Account oder einem Monatsabonnement und mit einer einzigen Mobilitätskarte oder Smartphone App Bus und Bahn zu fahren sowie Car- und Bikesharing zu nutzen. Karten und Suchfunktionen für Verbindungen suchen automatisch passende Kombinationen und bieten Alternativen an. Standorte von Mietfahrrädern und -autos werden dabei dynamisch erfasst und einbezogen.

Durch die Nähe zur Berechnung von Carsharing, Szenario A, wurde keine spezifische Berechnung vorgenommen. Entsprechend werden folgend die gleichen Ergebnisse dargestellt.

5.3 Ergebnisse der Potenzialanalyse

Der Material Footprint für die Mobilität in Deutschland sinkt um 1 %. Dies entspricht ca. 5 Mrd. kg Rohstoffe. Durch eine starke Nutzung von Leihrädern auf Kurzstrecken statt der Nutzung von Carsharing kann das Potenzial auf 1,6 % (8,5 Mrd. kg) erhöht werden.

Der Carbon Footprint sinkt um ca. 3,6 %, was Einsparungen von Treibhausgasemissionen von 6,6 Mrd. kg CO₂-Äquivalenten entspricht. Durch eine starke Nutzung von Fahrrädern auf Kurzstrecken statt der Nutzung von Carsharing kann das Potenzial auf 4,5 % (8,1 Mrd. kg CO₂-Äquivalente) erhöht werden.

5.4 Zusammenfassung

Das genutzte Szenario A ist nur eine Möglichkeit, wie sich die Mobilität künftig ändern wird. Je nachdem wie groß die Anteile im Modal Split von Carsharing, ÖV und Bikesharing ausfallen, können sich Rohstoff- und Treibhausgasreduktionen ergeben.

6 Bürgerbus

Bürgerbusse sind meist ehrenamtlich betriebene Angebote in Gegenden mit unzureichendem ÖPNV. Die Busse sind meist auf eine Fahrgastzahl von maximal 8 Personen beschränkt. Die Vereine finanzieren sich in der Regel über Spenden, Mitgliedsbeiträge, kommunale Zuschüsse und Fahrgeldeinnahmen. Es gibt Bürgerbusse mit unterschiedlichen Zielgruppen. So gibt es Angebote, die sich speziell an Discobesucher richten und entsprechend nachts fahren. Andere Angebote orientieren sich eher an den Bedürfnissen von Senioren in strukturschwachen Gebieten, sodass im ländlichen Raum die gesellschaftliche Teilhabe ermöglicht wird (z. B. Einkauf von Lebensmitteln, Arztbesuche, Freizeitaktivitäten), unanhängig von privat organisierten Fahrten.

Der Bürgerbus ist ein eher sozial erwünschtes Angebot, bei dem kein großer ökologischer Vorteil erwartet wird. In Nordrhein-Westfalen, wo ca. zwei Drittel der Bürgerbusse verkehren, wurden im Jahr 2005 rund 600.000 Fahrgäste befördert (LWL, o.D.). Der ÖPNV hat dagegen 2015 ca. 10 Mrd. Fahrgäste in Deutschland befördert (VDV, 2016). Somit hat der Bürgerbus keinen relevanten Anteil an der Personenbeförderung. Durch den sehr geringen Verbreitungsgrad, trotz des Starts im Jahr 1985, wird von einer quantitativen Untersuchung abgesehen.

Aus reiner ökologischer Sicht ist eine Bewertung schwierig, solange es keine Untersuchungen über das Mobilitätsverhalten der Nutzer/-innen gibt. Ab einem gewissen Besetzungsgrad würde der Bürgerbus eine ressourcenleichtere Alternative zur PKW Fahrt darstellen. Ein Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln wie dem Fahrrad bietet sich eher nicht an, da dies für ältere Menschen oder die Zielgruppe der Discobesucher nicht adäquat wäre. Hypothetisch bietet sich der Vergleich mit einem Linienbus an, da Bürgerbusse eher in Gebieten ins Leben gerufen werden, bei denen dieses Verkehrsmittel nicht mehr verkehrt. Damit wäre eine geringe Auslastung einer Buslinie anzunehmen und ein ökologischer Vorteil eher bei den Bürgerbussen zu vermuten.

Das NsB-Angebot Bürgerbus ist ein eher sozial wünschenswertes bzw. notwendiges Angebot, bei dem keine großen ökologischen Effekte im Gesamtsystem der individuellen Mobilität zu erwarten sind. Vor dem Hintergrund, dass Bürgerbusse dann angeboten werden, wenn der ÖPNV eingestellt wurde, ist eine Förderung dann sinnvoll, wenn die Personenbeförderung nicht durch ein eigentlich zuständiges Unternehmen gewährleistet werden kann. Denn Bürgerbusse werden oft von Ehrenamtlichen betrieben. Hier müssten regionale Verkehrsunternehmen in die Pflicht genommen werden, auch kleinere Strecken zu bedienen. So hat Verkehrsminister Drobrindt zur Aufgabe der Deutschen Bahn gesagt, dass das oberste Ziel nicht die Gewinnmaximierung, sondern die gesellschaftliche Aufgabe der Personenbeförderung sei (Sven Böll, 2016).

7 Parkplatzsharing

Besitzer fester Parkplätze können über Online-Plattformen für feste Zeiten ihren freien Parkplatz an andere PKW-Besitzer anbieten. Die dadurch optimierte Platznutzung soll die Parkplatzknappheit in entsprechenden Gebieten verringern und dem Anbieter ein zusätzliches Einkommen generieren.

Parkplatzsharing könnte durch effizientere Nutzung von Parkflächen den Bedarf an Parkplätzen insgesamt reduzieren und somit im begrenzten Maßstab positiv zu Rohstoff- und Flächeneinsparungen beitragen. Der Rohstoffeinsatz und auch die Treibhausgasemissionen hängen bei der Mobilität insgesamt nur zu einem geringen Anteil am Parkplatz, da die Fahrt und die Herstellung der Fahrzeuge entscheidend sind. Somit bleiben die relevanten Vorteile die Zeitersparnis beim Auffinden eines Parkplatzes für den Mieter und die Nebeneinkunft für den Vermieter.

Optimistisch geschätzt gibt es ca. 6000 Parkplatzsharing Angebote in Deutschland (Clausen et al., 2016). Demgegenüber stehen schätzungsweise 60 Mio. öffentliche Parkplätze (Randelhoff, 2013, eigene Berechnungen).

Es wurde eine Abschätzung durchgeführt, die den Rohstoffaufwand von potenziell eingesparten Parkplätzen abschätzt. Im Referenz-Szenario wird optimistisch davon ausgegangen, dass die 6000 Parkplatzsharing Angebote 6000 Parkplätze einsparen (Maximalabschätzung). Nicht um realistische Szenarien abzubilden, sondern um Größenordnungen die theoretisch mit Parkplatzsharing möglich wären aufzuzeigen, wurde außerdem berechnet, wie groß der Einfluss von einer Millionen und zehn Millionen eingesparten Parkplätzen wäre (siehe Tabelle 3). Die Ergebnisse sind einerseits in absoluten Zahlen pro Jahr und als Anteil an den Gesamtmobilitätsaufwendungen angegeben. Es wurden zwei Varianten betrachtet: Gestaltung des Parkplatzes als Rasengitter und als Asphaltfläche.

Tabelle 3: Ressourceneffizienzpotenziale durch eingesparte Parkplätze absolut und als Anteil an der Mobilität

Eingesparte Parkplätze	Indikator	Rasengitter	Asphalt
6.000 Parkplätze	Material Footprint in kg/a (Anteil)	2.936.175 (0,00057 %)	4.936.175 (0,00095 %)
	Carbon Footprint in kg CO ₂ -Äq./a (Anteil)	44.234 (0,00002 %)	89.700 (0,00005 %)
1 Mio. Parkplätze	Material Footprint in kg/a (Anteil)	489.362.496 (0,1 %)	817.650.000 (0,16 %)
	Carbon Footprint in kg CO ₂ -Äq./a (Anteil)	7.372.331 (0,004 %)	14.950.000 (0,008 %)
10 Mio. Parkplätze	Material Footprint in kg/a (Anteil)	4.893.624.958 (1 %)	8.176.500.000 (1,6 %)
	Carbon Footprint in kg CO ₂ -Äq./a (Anteil)	73.723.311 (0,04 %)	149.500.000 (0,08 %)

Die Ergebnisse zeigen, dass - selbst bei einer Einsparung von 1 Million Parkplätze - die Ressourceneffizienzpotenziale mit 0,1-0,16 % (Material Footprint) bzw. 0,004-0,008 % (Carbon Footprint) sehr gering sind. Erst bei einer Einsparung von 10 Mio. Parkplätzen (17 % aller Parkplätze) sind relevante Effekte für den Material Footprint zu erkennen.

Von einer tieferen Analyse wird daher abgesehen, da behauptet werden kann, dass Parkplatzsharing keinen nennenswerten Einfluss auf den Material Footprint und Carbon Footprint der Mobilität in Deutschland hat oder haben wird. Gegen eine sehr starke Verbreitung spricht auch, dass ein durchschnittliches Auto 3 Parkplätze benötigt: zu Hause, am Arbeitsplatz und ein virtueller für jegliche Erledigungen wie Einkauf, Urlaub, Frisör (Randelhoff, 2013). Durch die starke Trennung zwischen Wohn-, Arbeits- und Freizeit-/Einkaufsvierteln ist eine Vermietung von privaten Parkplätzen nur begrenzt möglich, da die Nachfrage an privaten Parkplätzen in Wohnvierteln eher gering sein dürfte und gleichzeitig kaum jemand private Parkplätze in Einkaufsstraßen der Innenstadt anbieten kann, weil sich dort weniger Wohnungen befinden. Außerdem steigern verkürzte Zeiten für die Parkplatzsuche die Attraktivität des PKW.

Insgesamt trägt Parkplatzsharing – wie es derzeit angeboten wird (als Option das private Auto mit weniger Parkplatzsuchverkehr abzustellen) – nicht zu einer Gesamtstrategie bei, den Ressourcenverbrauch der Individualmobilität zu senken.

8 Schlussfolgerungen

Die Ressourceneffizienzpotenzialanalysen haben gezeigt, dass **NsB-Angebote der Individualmobilität bis zu 1 bis 4 % relevanter Senkung des Rohstoffaufwandes und der Treibhausgasemissionen** führen können.

Insgesamt zeigt sich auch, dass **Verkehrsmittel in der Individualmobilität eine hohe Bandbreite an Material und Carbon Footprints** aufweisen. Vergleicht man den ressourcenleichtesten Fall – das Fahrrad fahren – mit dem ressourcenschwersten Fall – PKW Fahren mit Besetzungsgrad 1, zeigt sich pro pkm ein Unterschied von einem **Faktor 12**. D.h. umgekehrt: ersetzt man einen PKW pkm und nutzt für dieselbe Strecke das Fahrrad, kann man ca. 92 % des Material Footprints einsparen. Beim Carbon Footprint sind die Unterschiede noch größer: Beim einem **Faktor 29** könnten ca. 97 % pro pkm eingespart werden. Schließlich kommt bei der Betrachtung von NsB-Angeboten dann zum Tragen welcher Mix der Verkehrsmittel (und Besetzungsgrade) für welche Strecken genutzt wird.

Carsharing kann daher nicht losgelöst von anderen Verkehrsmitteln gesehen werden, denn um Aussagen zur ökologischen Wirkung treffen zu können, ist eine Betrachtung des gesamten Modal Splits notwendig, die auch Verschiebungen zwischen MIV und ÖV integriert. Das Ressourceneffizienzpotenzial von Carsharing zeigt sich derzeit nur unter der Annahme einer gezielten Carsharing-Förderung im Szenario A und beim untersuchten Angebot des stationären Carsharing und unter der Annahme, dass eine Nutzung von Carsharing-Angeboten mit einer erhöhten ÖV Nutzung einhergeht. Der Vorteil liegt also nicht in der Fahrt im Carsharing Auto selbst, sondern bei den Strecken, die stattdessen mehr mit Linien- und Fernbussen gefahren werden. Somit ist **Carsharing ein Baustein in der intermodalen Mobilität**, welche gegenüber reinen PKW Fahrten Vorteile aufgrund des höheren ÖV-Anteils aufweist.

Interessant könnten hier auch Ansätze des autonomen Fahrens sein: In Kombination mit einer Änderung weg vom Besitz eines eigenen Autos hin zu autonom betriebenen Konzepten für eine individuelle Mobilität (gemeinsam genutzter Fahrzeuge), könnte ein Anreiz für eine attraktive Verknüpfung von ÖV und ressourcenleichter individueller Mobilität gesetzt werden. Für Stakeholder heißt das, dass intensive Kooperationen mit anderen Mobilitätsanbietern (Bus und Bahn, Bikesharing) stattfinden sollten und bspw. die Weiterentwicklung von gemeinsamen Online-Plattformen und einheitlicher Bezahlendienste (wie sie z. B. bei intermodalen Mobilitäts-APPs bestehen). Von öffentlicher Seite wären Anreize in Form von speziellen Stellplätzen für Carsharing an Bahnhöfen und Haltestellen denkbar. Andererseits sollte eine solche Strategie auch das Mobilitätsverhalten selbst in den Fokus nehmen, denn eine allein technische Optimierung reicht zur Erschließung von Effizienzpotenzialen und Ressourcenschonung nicht aus (wie die Nutzung des free floating Carsharings zeigt).

Carpooling (Unternehmen) hat ein großes Potenzial, wenn der Besetzungsgrad, wie in den Berechnungen angenommen, erhöht wird (im Vergleich zum aktuell sehr geringen Besetzungsgrad im Berufsverkehr). Im Vergleich zum IST-Zustand sinken im betrachteten Fall der Material Footprint um 3,2 % und der Carbon Footprint um 3,6 %. Im genutzten Szenario werden 22,4 Milliarden Fahrzeugkilometer pro Jahr eingespart. Die verstärkte Umsetzung des Konzepts könnte jedoch schwierig sein, da Nutzer/-innen sich in starke zeitliche Abhängigkeiten im Alltag begeben würden und diese sich für weitere Erledigungen auf dem Arbeitsweg einschränken müssten (Kinder zur Schule bringen, Einkauf, etc.). Für eine erfolgreiche Etablierung müsste auf zwei Ebenen angesetzt werden. Zum einen müssten Firmen (ab ca. 100 Mitarbeiter (Rodd et al., 2010, S. 65)) sich dazu bereit erklären ein Mobilitätsmanagement einzuführen und eine Vermittlerplattform für Mitarbeitende bereitzustellen und zum anderen müssten die Mitarbeitenden diese Angebote dann auch nutzen. Vor allem individuell unterschiedliche Arbeitszeiten wären ein Hindernis für regelmäßige Nutzungen.

Der Vorteil ist die gute Erreichbarkeit potenzieller Nutzer/-innen durch die Firma über Personalversammlungen, E-Mail Verteiler, Aushänge etc. Außerdem können so weitere Anreize geschaffen werden, wie günstig gelegene Parkplätze für Carpooling Nutzer oder der Zugang zum Fuhrpark der Firma. Hier sind insbesondere Arbeitgeber gefragt, Carpooling in ihrer Firma zu fördern. Neben ökonomischen Vorteilen, die den Pendlern bisher nicht relevant genug scheinen, um Carpooling für die täglichen Arbeitswege zu nutzen oder anzubieten, könnte hier der gemeinsame Firmenbezug genutzt werden, um positive Geschichten zu erzählen, Wettbewerbe zu gestalten (welche Abteilung hat den höchsten Besetzungsgrad?) oder andere spielerische Ansätze zu nutzen.

Das **private Carpooling** (Mitfahrzentrale) zeigt zwar in Szenario B, bei dem 3 % der Personenkilometer im PKW durch Carpooling gefahren werden, Einsparpotenziale: Der Material Footprint sinkt um ca. 1,2 % und der Carbon Footprint um 1,3 %. Dieses Szenario ist jedoch optimistisch ausgerichtet. Die anderen Untersuchungen (1% der PKW Fahrten durch Carpooling, 2% bzw. 5 % der Zugfahrten durch Carpoolin) führen zu Einsparungen oder Erhöhungen der Material und Carbon Footprint unter 1 %. Aufgrund der Unsicherheiten (mangelnde Datenlage für Szenarien) und damit groben Annahmen der Modellierung müssen diese Ergebnisse kritisch und vorsichtig interpretiert werden.

Generell könnten für **Carpooling oder Fahrzeuge mit einem hohen Besetzungsgrad (u.U. auch Carsharing)** besonders in dicht besiedelten Gebieten Fahrspuren eingeführt werden, welche nur von Carpooling Nutzern (2+/3+ Insassen) genutzt werden dürfen, sogenannte high-occupancy vehicle (HOV) lanes. Solche Spuren könnten auch zeitlich begrenzt werden, um ausschließlich die Zeiten mit erhöhtem Verkehrsaufkommen abzudecken (im Berufsverkehr). Die Umsetzbarkeit dieser Idee für deutsche Ballungsgebiete ist jedoch zu hinterfragen. Beispiele aus anderen europäischen Städten (Trondheim, Madrid oder Linz) zeigen einen ambivalenten Erfolg, der von der Verkehrsinfrastruktur (Nutzung vorhandener Spuren, Neubau), Verkehrsdichte, geplanten Zeiten zur Nutzung der HOV oder der Akzeptanz in der Bevölkerung abhängt (SAP SE, 2015). Eine reale Umsetzung müsste vor dem Hintergrund einer komplexen Verkehrsmodellierung geprüft werden.

Die **intermodale Mobilität** beschreibt ein Mobilitätsverhalten, bei dem verschiedene Verkehrsträger innerhalb eines Weges einfacher miteinander kombiniert werden können. Das Konzept der intermodalen Mobilität wurde weitestgehend bereits im Szenario A für Carsharing berechnet. Der Material Footprint für die Mobilität in Deutschland sinkt um 1 %. Dies entspricht ca. 5 Mrd. kg Rohstoffe. Durch eine starke Nutzung von Leihrädern auf Kurzstrecken statt der Nutzung von Carsharing kann das Potenzial auf 1,6 % (8,5 Mrd. kg) erhöht werden. Der Carbon Footprint sinkt um ca. 3,6 %, was Einsparungen von Treibhausgasemissionen von 6,6 Mrd. kg CO₂-Äquivalenten entspricht. Durch eine starke Nutzung von Fahrrädern auf Kurzstrecken statt der Nutzung von Carsharing kann das Potenzial auf 4,5 % (8,1 Mrd. kg CO₂-Äquivalente) erhöht werden. Je nachdem wie groß die Anteile im Modal Split von Carsharing, ÖV und Bikesharing ausfallen, können sich Rohstoff- und Treibhausgasreduktionen ergeben.

Der **Bürgerbus** und das **Parkplatzsharing** zeigen keine großen Ressourceneffizienzpotenziale, bieten dafür aber soziale Vorteile in Form von gesellschaftlicher Teilhabe (Bürgerbus) und kürzeren Parkplatz-Suchzeiten. Auch könnten vermehrt innerstädtische Grünflächen entstehen, wenn der reduzierte Parkplatzbedarf entsprechend stadtplanerisch umgewidmet würde.

Ein weiterer Aspekt zu den Wirkungen besteht in der Betrachtung der **direkte und indirekte Reboundeffekte** durch die verringerten Kosten des Carpoolings / Carsharings pro Person. So teilen sich nicht nur die Umwelteinflüsse einer Fahrt auf die vermehrten Mitfahrenden auf, sondern auch die finanziellen Kosten, welche dann für anderen Konsum frei werden. D.h. die Kostenersparnis kann sich nicht nur in Mehrausgaben für erhöhte Mobilität niederschlagen, sondern auch in

Mehrausgaben für andere Konsumfelder. Eine Beispielrechnung für das Carpooling (Unternehmen) zeigt dies. Im genutzten Szenario werden 22,4 Milliarden Fahrzeugkilometer pro Jahr eingespart. Bei Kosten von ca. 45 cent/km (ADAC, 2016) für einen neuen VW Golf (inkl. Anschaffung, Werkstatt, Versicherung, Kraftstoffverbrauch, Reifen, Verkauf des alten VW Golf etc.), führt das Szenario des vermehrten Carpoolings im Berufsverkehr zu Einsparungen von ca. 10,1 Milliarden Euro. Laut Gsell et al. (2015, S. 152) verursacht ein Euro im durchschnittlichen Konsum 0,912 kg CO₂-Äq. Insgesamt würde sich danach ein Rebound von 9,2 Milliarden CO₂-Äq. ergeben. Dadurch würde der Carbon Footprint im Vergleich zum Basisszenario nicht sinken, sondern um 1,5 % steigen. Diese Rebound-Rechnung ist stark vereinfacht und dient nicht genauer Potenzialabschätzungen, sondern der Absteckung von Größenordnungen. Die möglichen indirekten Reboundeffekte, müssten mit tieferen Analysen betrachtet werden, um entsprechend auf diese Effekte reagieren zu können.

9 Literatur

ADAC, 2016. ADAC Autokosten 2016. München.

bcs, 2016. Datenblatt CarSharing in Deutschland. Bundesverband CarSharing.

BlaBlaCar, 2012. Ridesharing statistics in Europe | BlaBlaCar.co.uk [WWW Document]. URL <https://www.blablacar.co.uk/european-growth> (accessed 8.10.16).

Buhl, J., 2014. Revisiting Rebound Effects from Material Resource Use. Indications for Germany Considering Social Heterogeneity. Resources 3, 106–122. doi:10.3390/resources3010106

Civity Management Consultants, 2014. Urbane Mobilität im Umbruch? Verkehrliche und ökonomische Bedeutung des Free-Floating-Carsharing.

Clausen, J., Uhr, L., Steudle, L., 2016. Diffusionsanalyse Nutzen statt Besitzen: Materialband Verkehrsdienstleistungen. Nutzen statt Besitzen: Sozio-technische Ressourceneffizienz- und Diffusionspotenziale ausgewählter Angebotsformen (NsB-Ress) (NsB-Ress Arbeitspapier). Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit, Hannover.

Gsell, M., Dehoust, G., Hülsmann, F., Brommer, E., Cheung, E., Förster, H., Kasten, P., Möck, A., Putzke, H.M., Quack, D., Peter, M., Schwegler, R., Bertschmann, D., Zandonella, R., 2015. Nutzen statt Besitzen: Neue Ansätze für eine Collaborative Economy. Umweltbundesamt.

infas, DLR, 2010. Mobilität in Deutschland 2008; Ergebnisbericht. Bonn und Berlin.

LWL, n.d. LWL - Bürgerbusse in Westfalen - Westfalen Regional [WWW Document]. URL http://www.lwl.org/LWL/Kultur/Westfalen_Regional/Verkehr/Buergerbusse (accessed 8.10.16).

Mottschall, M., Bergmann, T., 2013. Treibhausgas-Emissionen durch Infrastruktur und Fahrzeuge des Straßen-, Schienen- und Luftverkehrs sowie der Binnenschifffahrt in Deutschland. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

Randelhoff, M., 2013. Die größte Ineffizienz des privaten Pkw-Besitzes: Das Parken » Zukunft Mobilität.

Rodt, S., Georgi, B., Huckestein, B., Mönch, L., Herbener, R., Jahn, H., Koppe, K., Lindmaier, J., 2010. CO₂-Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland. Dessau-Roßlau.

SAP SE (Hg.) (2015): FAHRGEMEINSCHAFTSSPUREN: DIE LÖSUNG FÜR DIE RUSH HOUR? <https://blog.twogo.com/2015/04/23/fahrgemeinschaftsspuren-die-losung-fur-die-rush-hour/> (accessed 11.8.16).

Statistisches Bundesamt, 2015. Pressemitteilungen - Boom bei Linienfernbusen hält an: 16 Millionen Fahrgäste im Jahr 2014 - Statistisches Bundesamt (Destatis) [WWW Document]. URL https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2015/10/PD15_377_461.html (accessed 3.31.16).

Statistisches Bundesamt, 2014. Pressemitteilungen - 2013: Busse und Bahnen mit neuem Fahrgastrekord - Statistisches Bundesamt (Destatis) [WWW Document]. URL https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2014/04/PD14_127_461.html (accessed 3.31.16).

Statistisches Bundesamt, 2012. Gesamtwirtschaft & Umwelt - Erwerbstätigkeit - Berufspendler - Statistisches Bundesamt (Destatis) [WWW Document]. URL <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Arbeitsmarkt/Erwerbstaetigkeit/TabellenArbeitskraefteerhebung/Berufspendler.html;jsessionid=B3243585E60F8D5DD82296E142>

641F58.cae4 (accessed 8.10.16).

Sven Böll, 2016. Deutsche Bahn: Dobrindt treibt der Bahn den Turbo-Kapitalismus aus - SPIEGEL ONLINE [WWW Document]. URL <http://www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/deutsche-bahn-dobrindt-treibt-der-bahn-den-turbo-kapitalismus-aus-a-1104675.html> (accessed 8.10.16).

TNS Emnid, Verbraucherzentrale, 2015. Sharing Economy - Die Sicht der Verbraucherinnen und Verbraucher in Deutschland.

Umweltbundesamt, 2015. Umwelt, Haushalte und Konsum. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

VDV, 2016. 2015/2016 Jahresbericht. Köln.