

# Dynamik und Prävention von Rebound-Effekten bei Mobilitätsinnovationen

Finanziert im Rahmen des  
Programms „Mobilität der  
Zukunft“ durch das BMVIT

LIFE – Zentrum für Klima, Energie und Gesellschaft  
der JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

Department für Raum- und  
Technische Universität Wien



Graz – Wien, im Juli 2018

## Partner



## Impressum

### **Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber**

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
A-1030 Wien, Radetzkystraße 2

### **Programmverantwortung Mobilität der Zukunft**

Abteilung III/14 - Verkehrs- und Mobilitätstechnologien

### **Ansprechpartner/in Personenmobilität**

DI Walter Wasner  
Telefon: +43 1 71162-652120  
E-Mail: [walter.wasner@bmvit.gv.at](mailto:walter.wasner@bmvit.gv.at)  
Website: [www.bmvit.gv.at](http://www.bmvit.gv.at)

### **Programmmanagement Mobilität der Zukunft**

Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH  
A-1090 Wien, Sensengasse 1

### **Ansprechpartner/in Personenmobilität:**

Dr. Dietrich Leihs  
Telefon: +43 57755-5034  
E-Mail: [dietrich.leihs@ffg.at](mailto:dietrich.leihs@ffg.at)  
Website: [www.ffg.at](http://www.ffg.at)

### **Fotos**

ÖBB/Harald Eisenberger, iStockphoto/Ing. Markus Schieder, INNOFREIGHT Speditions GmbH, AVL/AVL Range Extender]

## Für den Inhalt verantwortlich

### **JOANNEUM RESEARCH**

#### **Forschungsgesellschaft mbH**

LIFE – Zentrum für Klima, Energie und Gesellschaft  
A-8010 Graz  
Leonhardstraße 59  
Ansprechperson:  
Dr. Sebastian Seebauer  
Telefon: +43 316 876 7600  
E-Mail: [LIFEOffice@joanneum.at](mailto:LIFEOffice@joanneum.at)  
Website: <http://www.joanneum.at/life>

### **Technische Universität Wien**

Department für Raumplanung  
A-1040 Wien  
Karlsplatz 13  
Ansprechperson:  
Univ.Prof. Dr.-Ing. Martin Berger  
Telefon: +43 1 58801 280510  
E-Mail: [martin.kp.berger@tuwien.ac.at](mailto:martin.kp.berger@tuwien.ac.at)  
Website: <http://raum.tuwien.ac.at>

## Haftung

Die Inhalte dieser Publikation wurden mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Die bereitgestellten Inhalte sind ohne Gewähr. Das Ministerium sowie die Autorinnen und Autoren übernehmen keine Haftung für die Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der Inhalte dieser Publikation. Namentlich gekennzeichnete Beiträge externer Autorinnen und Autoren wurden nach Genehmigung veröffentlicht und bleiben in deren inhaltlicher Verantwortung.

## Autor/innen

### JOANNEUM RESEARCH LIFE

Dr. Sebastian Seebauer  
Dr.<sup>in</sup> Veronika Kulmer  
Mag.<sup>a</sup> Claudia Fruhmann

### TU Wien, Department für Raumplanung

Univ.Prof. Dr.-Ing. Martin Berger  
Univ.Prof. Dr. Michael Getzner  
DI Aggelos Soteropoulos  
DI Michael Böhm

#### Zitiervorschlag:

Seebauer, S., Fruhmann, C., Kulmer, V., Soteropoulos, A., Berger, M., Getzner, M., Böhm, M. (2018). Dynamik und Prävention von Rebound-Effekten bei Mobilitätsinnovationen. Bericht an das BMVIT im Rahmen des Programms Mobilität der Zukunft.

<http://rebound.joanneum.at>

## Mitglieder des Beirats

Prof. Dr.-Ing. Manfred Fishedick  
Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie

Prof. Dr. rer. soc. oec. Reinhard Madlener  
Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior (FCN), RWTH Aachen

Dr. Vlasios Oikonomou  
Institute for European Energy and Climate Policy, Amsterdam

Das Experten-Gremium hatte eine beratende Funktion und zeichnet nicht verantwortlich für den Text. Für Inhalt, Schlussfolgerungen und eventuelle Fehler ist ausschließlich das Projektteam verantwortlich.

# Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| <b>KURZFASSUNG</b>   | <b>6</b>  |
| <b>ABSTRACT</b>  | <b>9</b>  |
| <b>1. VORWORT</b>  | <b>12</b> |
| <b>2. EINLEITUNG</b>   | <b>14</b> |
| 2.1. ARTEN UND HÖHE VON REBOUND  | 14        |
| 2.2. WECHSELWIRKUNGEN VON REBOUND  | 19        |
| <b>3. INDIKATORENSYSTEM FÜR REBOUND-SCREENING</b>  | <b>22</b> |
| <b>4. INNOVATIONEN</b>   | <b>28</b> |
| <b>5. NUTZERINNEN</b>  | <b>33</b> |
| <b>6. INTERSEKTORALE EFFEKTE</b>   | <b>38</b> |
| <b>7. GESELLSCHAFTLICHE UND POLITISCHE TREIBER</b>   | <b>44</b> |
| 7.1. ZUSAMMENHANG ZWISCHEN MARKTTRENDS UND REBOUND IM PERSONENVERKEHR                                | 44        |
| 7.2. STELLENWERT IN POLITISCHEN STRATEGIEN   | 47        |
| <b>8. MAßNAHMEN</b>  | <b>55</b> |
| 8.1. MARKTWIRTSCHAFTLICHE POLITIKMAßNAHMEN   | 56        |
| 8.1.1. STEUERLICHE MAßNAHMEN ODER GEBÜHREN AUF DIE NUTZUNG EINER SPEZIFISCHEN VERKEHRSDIENSTLEISTUNG | 57        |
| 8.1.2. FLÄCHENDECKENDE ABGABEN AUF UMWELTINTENSIVE DIENSTLEISTUNGEN UND GÜTER                        | 59        |
| 8.2. REGULATORISCHE POLITIKMAßNAHMEN   | 60        |
| 8.3. PERSUASIVE POLITIKMAßNAHMEN   | 62        |
| 8.4. VERGLEICHENDE BEWERTUNG   | 63        |
| <b>9. BEISPIELE</b>  | <b>66</b> |
| 9.1. ELEKTRO-AUTO  | 67        |
| 9.2. SHARING   | 71        |
| 9.3. WEARABLE DEVICES  | 78        |
| 9.4. CROWD-LOGISTIK  | 81        |
| 9.5. AUTOMATISIERTER STRAßENGÜTERVERKEHR   | 84        |
| 9.6. 3D-PRINTING   | 89        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>10. SCHLUSSFOLGERUNGEN</b>  | <b>92</b>  |
| 10.1. HANDLUNGSOPTIONEN ZUR VERRINGERUNG VON REBOUND                 | 92         |
| 10.2. ANWENDUNGSFELDER DES INDIKATORENSYSTEMS                        | 93         |
| 10.3. FORSCHUNGSBEDARF ZUR ZEITLICHEN DYNAMIK VON REBOUND            | 95         |
| 10.4. ZENTRALE BEDEUTUNG VON ENERGIEEFFIZIENZMAßNAHMEN TROTZ REBOUND | 97         |
| <b>11. LITERATURVERZEICHNIS</b>                                      | <b>98</b>  |
| 11.1. WEITERFÜHRENDE LITERATUR ZUM THEMENFELD REBOUND                | 98         |
| 11.2. QUELLENANGABEN   | 100        |
| <b>12. ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b>                                     | <b>114</b> |
| <b>13. TABELLENVERZEICHNIS</b>                                       | <b>114</b> |
| <b>14. ANHANG</b>  | <b>115</b> |
| 14.1. REBOUND-SCREENING-ARBEITSBLATT PERSONENVERKEHR                 | 115        |
| 14.2. REBOUND-SCREENING-ARBEITSBLATT GÜTERVERKEHR                    | 115        |

## Kurzfassung

Zahlreiche Mobilitätsinnovationen, die sich derzeit am Markt etablieren, unterliegen dem Risiko von Rebound-Effekten. Rebound kann die positiven Wirkungen vieler Mobilitätsinnovationen untergraben: Auch wenn eine Innovation die Erreichbarkeit und Mobilitätsdienstleistungen energieeffizienter oder umweltfreundlicher bereitstellt, können die NutzerInnen allmählich ihr Mobilitätsverhalten und ihre Konsummuster anpassen und damit den ökologischen Effizienzgewinn langfristig (über-)kompensieren. Rebound ist daher hochrelevant für Förderprogramme, Politikstrategien und Innovationsvorhaben, welche die weitreichenden transformativen Wirkungen von Mobilitätsinnovationen berücksichtigen wollen. Rebound gefährdet das Erreichen von Energie- und Klimazielen, wenn die durch einen Effizienzgewinn erwartete Energieeinsparung nicht in vollem Umfang erzielt wird. Rebound kann aber auch gewünscht sein, wenn der Effizienzgewinn zu einer kostengünstigeren Ressourcennutzung und somit zu einer Steigerung von Wirtschaftswachstum und Wohlfahrt führt.

Direkter Rebound beschreibt eine erhöhte Verkehrsnachfrage nach Einführung einer Mobilitätsinnovation. Indirekter und intersektoraler/gesamtwirtschaftlicher Rebound entstehen durch Verlagerungen zwischen Konsumbereichen und Wirtschaftssektoren, wenn sich Preisstrukturen verändern oder vormals gebundenes Einkommen verfügbar wird. Indirekter und intersektoraler Rebound sind meistens höher als direkter Rebound, aber schwieriger nachzuvollziehen und zu verringern. Direkter Rebound liegt im Personenverkehr bei 5-45%, im Güterverkehr bei 10-40%, wie viele Studien zeigen. Das heißt, bis zu 45% der erwarteten direkten Einsparungen werden nicht realisiert. Indirekter Rebound liegt in einer zumindest gleich hohen Größenordnung wie direkter Rebound; intersektoraler Rebound ausgehend vom Verkehrssektor beträgt 30-90%. Rebound kann bei verschiedenen Effizienzgewinnen auftreten und nicht nur durch geringere Kosten ausgelöst werden, sondern beispielsweise auch durch Zeitersparnis, Komfortgewinn oder mentale Buchführung der NutzerInnen vorangetrieben werden.

Rebound entsteht aus dem Zusammenspiel der Querschnittsdimensionen Innovationen, NutzerInnen, wirtschaftliche Prozesse und Markttrends. Der vorliegende Bericht stellt ein Indikatorensystem vor, das Reboundtreiber aus diesen Querschnittsdimensionen zusammenfasst. Das Indikatorensystem ermöglicht eine schnelle und überblickshafte Abschätzung für konkrete Mobilitätsinnovationen, bei welchen Innovationsmerkmalen, in welchen Zielgruppen und bei welchen Wirkungen auf das Mobilitätsverhalten ein höherer oder niedrigerer Rebound im Sinne absoluter Umweltbeeinträchtigungen zu erwarten ist (siehe untenstehende Tabelle). Als Lernwerkzeug kann das Indikatorensystem aufzeigen, welche konkreten Charakteristika eine Innovation mehr oder weniger reboundanfällig machen. Innovations-Ökosysteme, wie Urbane Mobilitätslabore oder Leitprojekte, können das Indikatorensystem als Management- und Monitoringinstrument einsetzen.

|            | Indikator                                | Kurzbegründung  |
|------------|--|---|
| Innovation | Typ                                      | Technologische Innovationen greifen tiefer und breiter in die Verkehrsnachfrage ein.                          |
|            | Tiefe                                    | Radikale Innovationen wirken quer über unterschiedliche Mobilitäts- und Konsummuster und damit umfassender.   |
|            | Energieträger                            | Mit fossilen Energieträgern betriebene Innovationen haben höhere Umweltauswirkungen.                          |
|            | Investition                              | Bei niedrigen Investitionskosten wird freigewordenes Einkommen rascher in anderen Konsumbereichen verwendet.  |
|            | Infrastruktur                            | Umfangreiche Infrastruktur führt zu zusätzlichem Ressourcenbedarf.  |
| Zielgruppe | Zielgruppengröße                         | Eine große Anzahl an NutzerInnen führt zu höheren absoluten Auswirkungen.                                     |
|            | Einkommen                                | NutzerInnen mit niedrigem Einkommen holen auf ein normales Konsumniveau auf.                                  |
|            | Umweltwerte                              | NutzerInnen mit schwachen umweltfreundlichen Einstellungen beschränken nicht ihr absolutes Konsumniveau.      |
|            | CO <sub>2</sub> -Intensität des Betriebs | In CO <sub>2</sub> -intensiven Betrieben führen Reinvestitionen zu höheren Umweltauswirkungen.                |
| Wirkungen  | Verkehrsmittelwahl                       | Verlagerung weg von Verkehrsmitteln des Umweltverbands untergräbt den Umweltschutz.                           |
|            | Zurückgelegte Personen-km                | Geringere Zeit-, Geld- und Komfortkosten führen zu höherer Verkehrsleistung.                                  |
|            | Zurückgelegte Tonnen-km                  | Geringe Zeit- und Geldkosten sowie höhere Verlässlichkeit in der Logistik führen zu höherer Verkehrsleistung. |
|            | Bedürfnisse                              | Die Erfüllung bisher unbefriedigter persönlicher Bedürfnisse erhöht die Verkehrsleistung.                     |
|            | Mobilitätsmuster                         | Flexible, nicht-alltägliche Wege werden zusätzlich unternommen.   |

Auszug aus *Tabelle 3* im Langbericht, S. 23.

Sechs Beispiele aktueller oder absehbarer Mobilitätsinnovationen illustrieren, wie Rebound im spezifischen Anwendungsfall entsteht:

- private Elektro-Autos (eher niedriges Rebound-Risiko)
- Ridesharing (eher hohes Risiko)
- Wearable Devices für mobilitätseingeschränkte Personen (mittleres Risiko)
- Crowd-Logistik für die letzte Meile (eher niedriges Risiko)
- Platooning im automatisierten Straßengüterverkehr (sehr hohes Risiko)
- 3D-Printing (eher niedriges Risiko)

Die in diesen Beispielen ermittelten Rebound-Risiken sind abhängig von den jeweils angenommenen Anwendungsfällen und Nutzersegmenten. Rebound-Wirkungsketten zu jedem Beispiel vermitteln ein kompaktes Prozessverständnis, durch welche konkreten Anpassungsprozesse in Konsummustern und

Wirtschaftsbeziehungen es zu Rebound kommt und wo reboundverringende Maßnahmen ansetzen können.

Rebound ist eine ernstzunehmende Einflussgröße im Mobilitätssystem und sollte daher explizit in Strategiedokumenten, Gesetzen und Planungsvorhaben berücksichtigt werden. Optionen zur Rebound-Prävention oder –Verringerung liegen überwiegend im Handlungsspielraum von Verwaltung und Politik. Bisher wurde das Thema Rebound allerdings nur wenig aufgegriffen. Österreichische politische Strategien und Energieszenarien setzen vorrangig auf eine Steigerung der Energieeffizienz durch technologischen Fortschritt. Sie enthalten meist die implizite Erwartung, dass Effizienzgewinne vollständig realisiert werden. Realistischere Emissionspfade sollten stattdessen einen Rebound-Abschlag von mindestens 15% auf die erwarteten Einsparungen vorsehen. Die Angabe absoluter statt relativer Einsparungsziele kann ebenfalls gewährleisten, dass Rebound vorausschauend einbezogen wird.

Weiterreichende Maßnahmen wären Umweltsteuern oder Produktstandards in allen Konsumbereichen. Marktwirtschaftliche Instrumente zur Reboundverringung schöpfen die aus dem Effizienzgewinn gewonnene Kaufkraft ab und vermeiden dadurch, dass materieller und CO<sub>2</sub>-intensiver Konsum zunehmen. Förderprogramme können den Rebound einzelner Innovationen vorab abschätzen, um deren Design entsprechend zu adaptieren. Langfristig ist eine Wende vom aktuellen materiellen Wachstumsparadigma hin zu Dekarbonisierung von Wirtschaft und Gesellschaft erforderlich, um Rebound entgegenzuwirken. Trotz Rebound bleibt Energieeffizienz eine wesentliche Säule, um Österreichs Energie- und Klimaziele zu erreichen. Es wäre ein Trugschluss, aufgrund von Reboundrisiko gänzlich auf Energieeffizienzmaßnahmen zu verzichten. Politik, Betriebe und KonsumentInnen sollten aber gemeinsam danach streben, Rebound zu mindern, um die größtmögliche Wirkung von Energieeffizienzmaßnahmen zum Tragen kommen zu lassen.

Forschungsbedarf besteht hinsichtlich der zeitlichen Dynamik von Rebound auf der Ebene einzelner Haushalte, Betriebe, Innovationen und Maßnahmen. Rebound wurde in bisherigen Studien nur rückblickend bestimmt, nachdem die Marktkonsolidierung und die Änderung der Verkehrsnachfrage bereits eingetreten waren. Vorausschauendes Handeln zur Reboundverringung wird dadurch erschwert, dass die zeitliche Dynamik und Höhe der in der Zukunft auftretenden Rebound-Effekte mit dem derzeitigen Wissensstand nur grob abschätzbar sind. Monitorings können beobachten, wie sich Mobilitätsinnovationen am Markt durchsetzen und welche Verhaltensänderungen sie in welchen Nutzergruppen auslösen. Durch Monitoring kann rechtzeitig erkannt und gegengesteuert werden, falls eine reboundpräventive Maßnahme nur schwach wirksam ist oder von ihrer ursprünglichen Intention abweicht.

## Abstract

Numerous mobility innovations which are currently established on the market, underlie the risk of rebound effects. Rebound may undermine the positive impacts of many mobility innovations: Even if an innovation provides transport access and services more energy efficient or more environmentally friendly, user may gradually adapt their mobility behaviour and consumption patterns, therefore (over-)compensating the efficiency gain in the long run. Thus, rebound is highly relevant for funding programs, policy strategies and innovation initiatives which aim to account for the far-reaching transformative impacts of mobility innovations. If expected savings are obtained only partially due to rebound, the achievement of energy and climate targets is compromised. However, rebound may also be desirable, if the efficiency gain leads to cheaper resource use and consequently increases in economic growth and welfare.

Direct rebound describes an increase in mobility demand after introducing a mobility innovation. Indirect and intersectoral/economy-wide rebound emerge from reallocations between consumption domains and economic sectors, as price structures shift or income becomes freely available. Indirect and intersectoral rebound are typically higher than direct rebound, but they are harder to track and avoid. Direct rebound amounts to 5-45% in passenger transport and to 10-40% in freight transport, as many studies show. In other words, up to 45% of expected direct savings are not achieved in practice. The magnitude of indirect rebound is at least as high as direct rebound; intersectoral rebound originating from the transport sector amounts to 30-90%. Rebound may emerge from various efficiency gains; it is not restricted to monetary savings, but applies similar to savings in time, comfort, or in mental accounting by users.

Rebound evolves from the interplay between the cross-cutting dimensions of innovations, users, economic processes, and market trends. The present report proposes an indicator system which joins rebound drivers from these dimensions. The indicator system enables a quick scoping of specific mobility innovations and points out which innovation characteristics, which target groups and which impacts on mobility behaviour make rebound in terms of absolute adverse effects on the environment more or less likely (see table below). Innovations ecosystems, such as Urban Mobility Labs or flagship projects, may employ the indicator system as a management and monitoring instrument.

|              | Indicator                                 | Rationale   |
|--------------|---|---|
| Innovation   | Type                                      | Technological innovations change transport demand wider and deeper.   |
|              | Depth                                     | Radical innovations play out more extensively over various mobility and consumption patterns.                           |
|              | Energy carrier                            | Innovations powered by fossil fuels feature higher environmental impacts.   |
|              | Investment costs                          | In case of low investment costs available income is more easily redistributed to other consumption domains.             |
|              | Infrastructure                            | Extensive infrastructure requires additional resources.   |
| Target group | Target group size                         | A higher number of users leads to higher absolute impacts.  |
|              | Income                                    | Low-income users catch up to a common level of consumption.   |
|              | Environmental values                      | Users with weak pro-environmental values do not self-constrain their absolute level of consumption.                     |
|              | CO <sub>2</sub> -intensity of the company | Reinvestments by CO <sub>2</sub> -intensive companies lead to higher environmental effects.                             |
| Impacts      | Travel mode choice                        | Modal shift away from ecomobility undermines environmental benefits.  |
|              | Person-km undertaken                      | Reduction in monetary, time and comfort costs lead to higher transport performance.                                     |
|              | Ton-km undertaken                         | Reduction in monetary and time costs as well as improved reliability in logistics lead to higher transport performance. |
|              | Needs                                     | Fulfilling previously unsatisfied personal needs increases transport performance.                                       |
|              | Mobility patterns                         | Flexible infrequent trips are undertaken additionally.  |

Excerpt from *Tabelle 3* in the full report, p. 23. English versions of the indicator system worksheets are available at <http://rebound.joanneum.at>.

Six examples of current or upcoming mobility innovations illustrate how rebound evolves in practice:

- Private electric cars (rather low rebound risk)
- Ridesharing (rather high risk)
- Wearable devices for persons with mobility impairments (medium risk)
- Crowd logistics for the last mile (rather low risk)
- Platooning in automated road freight transport (very high risk)
- 3D printing (rather low risk)

The rebound risks identified for these example innovations depend on the assumed business cases and user segments. Rebound chains for each example provide compact process descriptions which specific adaptation processes in consumption patterns and economic relations initiate rebound and which rebound-preventive instruments could address these processes.

Rebound plays a crucial role in the mobility system; therefore, it should be considered explicitly in strategy documents, laws and planning schemes. Public administrations and policymakers have the most room to manoeuvre for avoiding or mitigating rebound. However, until recently the rebound topic has been widely neglected. Policy strategies and energy scenarios predominantly focus on improving energy efficiency by means of technological change. Those strategies and scenarios commonly assume that efficiency gains will be fully realised in practice. More realistic emission paths should instead include a rebound buffer of at least 15% of the expected savings. Stating absolute instead of relative reduction targets may also help to cater for eventual rebound.

More comprehensive instruments for combating rebound are ecological taxes or product standards spanning all consumption domains. Market-based instruments for rebound prevention take away the additional purchasing power gained from increased efficiency and therefore restrict an increase in material and CO<sub>2</sub>-intensive consumption. Funding programs could screen and subsequently re-design specific innovations in regards to their rebound risk. For counteracting rebound in the long run, the current material growth paradigm needs to be reconceptualised towards decarbonisation of the economy and the society. Still, despite of rebound risk, energy efficiency remains a critical pillar for achieving Austria's energy and climate targets. It would be short-sighted to forgo efficiency measures just because they might be undercut by rebound. Instead, policymakers, businesses and consumers should jointly strive to reduce rebound so to leverage the full potential of energy efficiency improvements.

Future research should elaborate the temporal dynamics of rebound at the level of individual households, companies, innovations and policy measures. Previous studies analysed rebound retrospectively, after market entry and shifts in transport demand had been concluded. Foresight and preventive action on rebound suffer from a lack of insights on the dynamics and magnitude of rebound in upcoming innovations. Monitoring studies could systematically track how mobility innovations transcend the market and instigate specific behavioural change in specific adopter segments. Monitoring may further serve to identify and control adverse developments, such as when a rebound-preventive instrument turns out to have insufficient or even unintended effects.

## 1. Vorwort

Rebound-Effekte können die positiven Effekte vieler Mobilitätsinnovationen untergraben: Auch wenn eine Innovation die Erreichbarkeit und Mobilitätsdienstleistungen energieeffizienter oder umweltfreundlicher bereitstellt und den Nutzen für die privaten Haushalte als auch Unternehmen erhöht, können die NutzerInnen allmählich ihr Mobilitätsverhalten und ihre Konsummuster anpassen und damit den ökologischen Effizienzgewinn langfristig abschwächen oder sogar zunichtemachen. Rebound ist daher ein hochrelevantes Thema für Förderprogramme, Politikstrategien und Innovationsvorhaben, die berücksichtigen wollen, welche weitreichenden transformativen Wirkungen von Mobilitätsinnovationen ausgehen: Innovationen treffen nicht auf ein statisches Mobilitätssystem, sondern führen zu dynamischen Anpassungen, wenn die Innovation schrittweise den Nischenstatus verlässt, sich am Massenmarkt durchsetzt und schließlich Mobilitätsmuster und Konsumpraktiken verändert. Innerhalb dieser dynamischen Anpassungen des Mobilitätssystems spielt Rebound eine wesentliche Rolle.

Dieser Bericht ist das Resultat des Forschungsprojekts *Dynamik und Prävention von Rebound-Effekten bei Mobilitätsinnovationen*, das im Programm *Mobilität der Zukunft* (6. Ausschreibung) gefördert wurde. Das Projekt erarbeitete Lösungsansätze und Instrumente, wie EntscheidungsträgerInnen in Technologiepolitik, Innovationsmanagement und Produktdesign Rebound frühzeitig erkennen und eindämmen können. Ziel dieses Berichts ist, die wissenschaftliche Debatte zu Rebound für die Gestaltung von Rahmenbedingungen praktikabel zu machen und wissenschaftliche Erkenntnisse in die Praxis zu übertragen:

- Veranschaulichung von Rebound-Dynamiken anhand konkreter Beispielinnovationen;
- Entwicklung eines Indikatorensystems, mit dem abgeschätzt werden kann, unter welchen Bedingungen, bei welchen Innovationsmerkmalen und in welchen Zielgruppen ein höherer oder niedrigerer Rebound zu erwarten ist;
- Aufzeigen der Handlungsoptionen, wie öffentliche und private AkteurInnen Rebound vermeiden oder zumindest mindern können.

Der häufigste Anwendungsfall für Rebound sind energieeffizientere Technologien. Im vorliegenden Bericht werden aber ebenso neue organisatorische oder soziale Mobilitätsinnovationen bzw. Mobilitätsdienstleistungen betrachtet. Die beschriebenen Rebound-Dynamiken können weitgehend auch auf nicht-technologische Angebote umgelegt werden.

Dieser Bericht richtet sich an AnwenderInnen aus Politik und Praxis, und ist daher notwendigerweise eine Zuspitzung und Vereinfachung der umfangreichen wissenschaftlichen Forschung zu Rebound. Das Indikatorensystem für Rebound-Screening (siehe Kap. 3) verdichtet den Forschungsstand auf wenige, griffige Merkmale; diese werden in den jeweiligen Kapiteln beschrieben und hergeleitet. Interessierte LeserInnen können sich anhand der Angaben zur bestehenden Literatur (z.B. auch Übersichtsbeiträge in Journalen und Sammelbänden) vertiefen, die in den letzten Jahren veröffentlicht wurden (vorwiegend in englischer Sprache; siehe Abschnitt 11.1 im Literaturverzeichnis).

Tabelle 1: Welche Kapitel beantworten welche Fragen?

| <b>NR.</b> | <b>KAPITEL</b>                                  | <b>BEANTWORTETE FRAGEN</b>   |
|------------|---|--|
| 2          | <b>Einleitung</b>                               | Was ist Rebound? Wie hoch ist Rebound? Wie kann Rebound gegenüber anderen unerwarteten Nebeneffekten abgrenzt werden?                                    |
| 3          | <b>Indikatorensystem</b>                        | Wie kann das Rebound-Risiko einer Mobilitätsinnovation eingeschätzt werden? Worauf ist beim Verwenden des Rebound-Screenings zu achten?                  |
| 4          | <b>Innovationen</b>                             | Welche verkehrsbezogenen Prozesse stehen hinter Rebound? Wie hängt Rebound mit den Charakteristika einer Innovation zusammen?                            |
| 5          | <b>NutzerInnen</b>                              | Welche psychologischen Prozesse stehen hinter Rebound? Wie hängt Rebound mit den Merkmalen von NutzerInnen zusammen?                                     |
| 6          | <b>Intersektorale Effekte</b>                   | Welche volkswirtschaftlichen Prozesse stehen hinter intersektorem Rebound? Wie hängt Rebound mit umweltökonomischen Parametern zusammen?                 |
| 7          | <b>Gesellschaftliche und politische Treiber</b> | Wie wirken allgemeine Markttrends auf Rebound? Wie wird Rebound von politischen Strategien begünstigt oder verhindert?                                   |
| 8          | <b>Maßnahmen</b>                                | Was kann man gegen Rebound tun?  |
| 9          | <b>Beispiele</b>                                | Wie entsteht Rebound? Sechs konkrete Beispiele von Mobilitätsinnovationen im Personen- und Güterverkehr.   |
| 10         | <b>Schlussfolgerungen</b>                       | Welche Handlungsoptionen haben Verwaltung und Politik einerseits, sowie Betriebe und KonsumentInnen andererseits? Wie besteht weiterer Forschungsbedarf? |

## 2. Einleitung

Rebound-Effekte (auch: Rückschlageffekte) sind bedeutende Risikofaktoren in jenen Energie- und Klimaszenarien, die eine Reduktion des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen vor allem erreichen wollen, indem sie effizientere technologische, soziale oder organisatorische Innovationen bereitstellen (UBA 2015a, 2015b). Dieser Effizienzgewinn wird erzielt, indem eine bestimmte Dienstleistung oder ein Produkt in gleicher Qualität und in gleichem Umfang mit einem geringeren Ressourceneinsatz hergestellt wird. Das kann Produktionskosten sparen und die Kosten pro Einheit verringern. Rebound beschreibt, dass die durch einen Effizienzgewinn erwartete Energieeinsparung nicht im vollen Ausmaß erzielt, sondern durch verändertes Nutzerverhalten (über)kompensiert wird (Madlener & Alcott 2011, Santarius 2014). Folglich werden die erwarteten Reduktionsziele nicht erreicht.

### 2.1. Arten und Höhe von Rebound

#### *Direkter, indirekter und intersektoraler Rebound*

Rebound-Effekte treten auf, wenn nur ein Teil der durch eine effizientere Innovation intendierten Energieeinsparung erzielt wird. Es gibt drei Arten von Rebound-Effekten, die hier für den Fall der Umsetzung einer Energieeffizienzmaßnahme erläutert werden (Sorrell 2007, Santarius 2014, Gillingham et al. 2016):

- Direkter Rebound: Eine Effizienzsteigerung verbilligt die Energiedienstleistung. Die Energiedienstleistung wird daraufhin mehr nachgefragt.
- Indirekter Rebound: Einerseits verursacht die Effizienzsteigerung eine Kosteneinsparung und ein Teil des Realeinkommens wird frei, welches wiederum für Mehrkonsum anderer (energieverbrauchender) Dienstleistungen und Güter ausgegeben wird (Einkommenseffekt). Andererseits wird Nachfrage auf das effizientere Produkt verlagert, das nun die nachgefragte Dienstleistung billiger anbietet als andere ähnliche Produkte (Substitutionseffekt).
- Intersektoraler Rebound (auch: makroökonomischer, gesamtwirtschaftlicher Rebound): Änderungen in der Nachfrage wirken sich über Wirtschaftsverflechtungen auf andere MarktakteurInnen aus. Die Summe aller direkten und indirekten Dynamiken in Produktion und Konsum kann aufgrund von Preisanpassungen zu einem Anstieg von Angebot und Nachfrage in allen Wirtschaftssektoren führen.

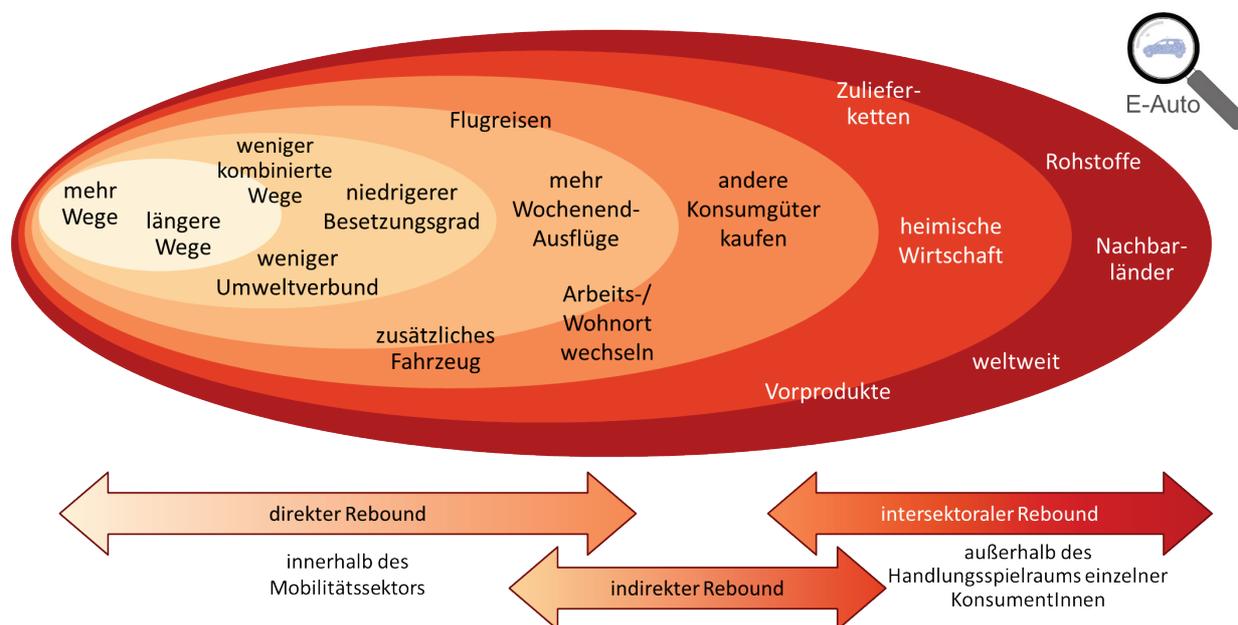
Im Kern von Rebound steht der ökonomische Zusammenhang, dass in der Regel vermiedene Kosten zu einer höheren Nachfrage oder durch die Erhöhung der Kaufkraft zu einer Erhöhung der Ausgaben in anderen Konsumbereichen führen können (Khazzoom 1980). Rebound kann bei verschiedenen Effizienzgewinnen auftreten und nicht nur durch geringe Kosten (z.B. niedrigere Tankrechnung) ausgelöst werden, sondern auch durch Zeitersparnis (z.B. kürzere Wartezeiten) oder Komfortgewinn (z.B. einfacheres Buchungssystem). Rebound kann auch durch „mentale Buchführung“ vorangetrieben werden, wenn NutzerInnen gedanklich ihren umweltfreundlichen und umweltschädlichen Konsum gegeneinander aufrechnen und sich etwa eine Urlaubsreise gönnen, weil sie meinen, mit einem Elektroauto bereits ihren persönlichen Beitrag zum Klimaschutz geleistet zu haben (siehe Kap. 5). In den meisten Studien wird der Rebound infolge finanzieller Einsparungen beschrieben, da die Reboundforschung vor allem von der Umweltökonomik vorangetrieben wurde.

Neben den drei Arten von Rebound (direkt, indirekt und intersektoral) wird auch ein Transformationseffekt von Innovationen diskutiert (Greening et al. 2000). Eine Effizienzsteigerung kann nicht nur zu Verlagerungen innerhalb und zwischen Konsumbereichen führen, sondern kann auch die Präferenzen der KonsumentInnen für bisherige oder neue Produkte beeinflussen und damit tiefgreifende Änderungen in Konsummustern und Zeitverwendung auslösen. Greening et al. (2000) nennen als Beispiel das Auto, das die Lebensweise moderner Gesellschaften vielfältig verändert hat. Transformationseffekte gelten jedoch als methodisch schwer erfassbar.

### Abgrenzung zwischen Arten von Rebound

Die Grenzen zwischen direktem, indirektem und intersektoralen Rebound sind fließend. Die Abgrenzung erfolgt meistens zwischen Konsumbereichen oder Wirtschaftssektoren und hängt davon ab, welches konkrete Nutzerverhalten von der jeweiligen Mobilitätsinnovation verändert wird, deren Rebound zur Diskussion steht. Eine Bewertung des Rebound-Risikos einer Mobilitätsinnovation sollte daher stets von einer Definition der Systemgrenzen der betrachteten Veränderungen bei der Nachfrage und bei den Verflechtungen zwischen Wirtschaftssektoren ausgehen. Abbildung 1 zeigt anhand des Beispiels E-Auto, wie die Grenzen verschwimmen können. Kritisch kann auch der Grenzbereich zwischen Personen- und Güterverkehr sein (z.B. Wirtschaftsverkehr, letzte Meile im Einzelhandel).

Abbildung 1: Systemgrenzen von Rebound am Beispiel Privatverkehr mit dem E-Auto



Zu weite Systemgrenzen können dazu führen, dass letztlich alle Veränderungen im Verkehrs- und Wirtschaftssystem in irgendeiner Weise mit der Mobilitätsinnovation in Verbindung gebracht werden. Die Handlungsspielräume von AkteurInnen im Verkehrssystem sind dann oft zu eng, um effektiv gegen breit gefächerten Rebound vorgehen zu können. Eine unscharfe Abgrenzung z.B. zwischen direktem und indirektem Rebound kann die gezielte Ausrichtung von Politikmaßnahmen erschweren und damit deren Wirksamkeit verringern.

### *Induzierter Verkehr entspricht Rebound*

Die Verkehrswissenschaft beschreibt mit „induziertem Verkehr“ direkte und indirekte Rebound-Effekte von infrastrukturellen Verbesserungen im gesamten Verkehrsnetz. Wenn zusätzliche Fahrspuren angelegt werden oder Ampelschaltungen den Verkehrsfluss beschleunigen, dann werden Wege zeiteffizienter zurückgelegt und es kommt zu Mehrverkehr, der ohne den Ausbau nicht entstanden wäre (Goodwin 1996, Cairns et al. 1998, Köhler & Zumkeller 2001, Hymel et al. 2010).

Auf Veränderungen des Straßennetzes folgen Reaktionen der VerkehrsteilnehmerInnen: Direkte Verhaltenseffekte sind etwa kurzfristig geänderte Routen-, Ziel- und Verkehrsmittelwahl, sinkender Besetzungsgrad oder neue Fahrten. Indirekte Effekte umfassen steigenden Pkw-Besitz, verringerte Nachfrage nach ÖV-Angeboten und in dessen Folge ein Schrumpfen des ÖV-Angebotes bis hin zu raumstrukturellen Veränderungen wie Verlagerungen von Wohn- und Unternehmensstandorten mit verbundenen Zielwahleffekten (Fröhlich 2008).

### *Bezugsgröße von Rebound*

Rebound wird gängig nur auf Umweltziele bezogen, wie Treibhausgasemissionen, Energieverbrauch, Ressourcenbedarf oder Flächenbedarf. Dieser Fokus ist dadurch begründet, dass Rebound überwiegend aus umweltökonomischer Sicht untersucht wurde und sich die verfügbare Evidenz zu Rebound-Wirkungsdynamiken und –Indikatoren vor allem auf dieses Politikfeld bezieht.

Hier wird daher Rebound in Bezug auf die Umweltauswirkungen einer Mobilitätsinnovation betrachtet: CO<sub>2</sub>-Emissionen in kg, Energieverbrauch in kWh oder Liter Kraftstoff, Flächenbedarf für Verkehrswege in km<sup>2</sup>, etc. Zur Vereinfachung differenziert dieser Bericht nicht zwischen den verschiedenen Umweltauswirkungen, da die Rebounddynamiken weitgehend ähnlich sind. Bei der Analyse von Rebound auf der Ebene konkreter Innovationen und mit Bezug auf konkrete politische Ziele sollten aber jedenfalls verschiedene Umweltauswirkungen gesondert betrachtet werden.

### *Berechnung und Höhe von Rebound*

Die Höhe des Rebounds wird als das Verhältnis zwischen erwarteter und realisierter Einsparung berechnet. Bei einem Rebound von 0% werden die erwarteten Einsparungen zur Gänze erfüllt. Bei einem Rebound von 100% wird das Einsparungspotenzial vollständig durch stärkere Nutzung kompensiert. Ein Rebound von mehr als 100% wird als „Backfire“ bezeichnet, weil dann die Einführung einer Innovation die Situation insgesamt verschlechtert und netto zu höheren anstatt geringeren Umweltauswirkungen führt. Bei derzeit am Markt vertretenen Mobilitätsinnovationen ist kein Backfire bekannt; bei zukünftigen Innovationen, die das Verkehrssystem umfassend verändern, ist aber Backfire nicht auszuschließen. Rebound tritt nicht nur bei Innovationen auf, die neu auf den Markt kommen, sondern auch bei der flächendeckenden Umsetzung ausgereifter Technologien (z.B. Installation energieeffizienter Beleuchtungskörper). Für den allgemeinen Bereich Energieeffizienz aufgezeigte Rebounddynamiken können weitgehend auf den Mobilitätsbereich übertragen werden.

Tabelle 2 fasst typische Bandbreiten von Rebound bei Mobilitätsinnovationen zusammen. Der indirekte Rebound wirkt oftmals stärker als der Anstieg der direkten Nutzung. Direkter und indirekter Rebound im Personenverkehr haben eine ähnliche Größenordnung wie in anderen Bereichen des Energieverbrauchs von Haushalten, z.B. für Raumwärme (Haas & Biermayr 2000, Getzner & Zivkovic

2015). Studien zur Rebound-Abschätzung zeigen sehr unterschiedliche Ergebnisse je nach Methode, Annahmen und Abgrenzung zwischen Rebound-Arten; davon ist besonders die modellbasierte Abschätzung des intersektoralen Rebounds betroffen. Rebound-Abschätzungen variieren außerdem zwischen Ländern: Der direkte Rebound von effizienten Pkws beträgt zum Beispiel bei Frondel et al. (2012) in Deutschland 57%, aber bei Small & van Dender (2007) für die USA 22%. Diese nationalen Unterschiede können auf verschiedenes ÖV-Angebot und Treibstoffpreise zurückgeführt werden (Gillingham et al. 2016).

Tabelle 2: Höhe von Rebound im Verkehrssektor

|                        | <b>direkter Rebound</b>   | <b>indirekter Rebound</b>                                      | <b>intersektoraler Rebound</b>   |
|------------------------|---|--|--|
| <b>Personenverkehr</b> | <b>5-45%</b><br>(Thomas & Azevedo 2013, Gillingham et al. 2016) | <b>20-40%</b><br>(Thomas & Azevedo 2013; Freire-González 2011) | <b>30-90%</b><br>(Li et al. 2016; Allan et al. 2007; Kulmer & Seebauer 2017) |
| <b>Güterverkehr</b>    | <b>10-40%</b><br>(Santarius 2014, Llorca & Jamasb 2017)         | *  | *  |

\*Im Bereich Güterverkehr sind keine empirischen Schätzwerte für indirekten und intersektoralen Rebound vorhanden. Da diese Rebound-Arten auch Einkommenseffekte und gesamtwirtschaftliche Rückwirkungen beinhalten, kann der Rebound im Personenverkehr als Schätzwert auch für den Güterverkehr herangezogen werden.

Rebound wird als das relative Verhältnis zwischen erwarteten und realisierten Einsparungen angegeben. Für die Bewertung von Reboundeffekten in Hinblick auf das Erreichen von Klimazielen ist aber auch die potenzielle absolute Höhe relevant (z.B. Menge an Tonnen CO<sub>2</sub>). Ein hoher Rebound bei einer Innovation, die von wenigen Personen genutzt wird (z.B. free-floating Carsharing in Großstädten) kann daher geringere Umweltauswirkungen haben als ein niedriger Rebound bei einer Innovation, die viele Alltagswege betrifft (z.B. Elektroauto).

### ***Fiktives Rechenbeispiel zur Höhe von Rebound***

Ein Haushalt ersetzt sein altes Auto (150 g CO<sub>2</sub> pro km, 6 l Benzin auf 100 km) durch ein neues Fahrzeug mit effizienterem Antrieb (100 g/km, 4 l/100km). Jeder zurückgelegte Kilometer braucht nun ein Drittel weniger Benzin. Das Rechenbeispiel klammert zur Vereinfachung die im alten Auto enthaltene „graue Energie“ und den Ressourceneinsatz für die Herstellung des neuen Autos aus.

*Direkter Rebound:* Wegen der geringeren Kosten wird das neue Auto mehr genutzt. Die Jahreskilometerleistung steigt von 10.000 km mit dem alten Auto auf 12.000 km mit dem neuen Auto. Bei gleichbleibender Jahreskilometerleistung wären die CO<sub>2</sub>-Emissionen von 1,5 t (150 g \* 10.000 km) auf 1 t (100 g \* 10.000 km) gesunken. Tatsächlich fallen aber 1,2 t an (100 g \* 12.000 km). Der erwarteten Einsparung von 0,5 t steht eine realisierte Einsparung von 0,3 t gegenüber. Der direkte Rebound beträgt 40%, da 40% der erwarteten Einsparungen nicht realisiert wurden.

*Indirekter Rebound:* Der Haushalt ist mit dem neuen Auto weiterhin 10.000 km im Jahr unterwegs. Der Haushalt spart nun 0,5 t CO<sub>2</sub> ein und gibt 300 Euro weniger für Benzin aus. Mit diesem freigewordenen Einkommen gönnt er sich einen Kurzurlaub mit dem Flugzeug nach Paris. Durch diesen Flug fallen 0,4 t CO<sub>2</sub> an. Der indirekte Rebound beträgt 80%, weil die durch den Flug verursachten zusätzlichen Emissionen 80% der erwarteten Einsparung von 0,5 t CO<sub>2</sub> aufheben.

*Intersektoraler Rebound:* Viele Haushalte schaffen sich ein neues Auto an. Jeder Haushalt reagiert unterschiedlich – die einen sind mehr unterwegs, bei den anderen fließt das freigewordene Einkommen in verschiedene Konsumbereiche. Die Veränderungen in allen Haushalten summieren sich und führen zu Verschiebungen in Produktion und Nachfrage über alle Wirtschaftssektoren. Das einfache Rechenbeispiel stößt hier an seine Grenzen, weil komplexe Wirtschaftsverflechtungen nur durch aufwändige Modelle abgebildet werden können.

*Betrachtungszeitraum:* Hier ist der Rebound in einem einzigen Betrachtungsjahr beschrieben. Wenn stets die gleichen Einsparungen erzielt werden, kann in jedem Folgejahr ein weiterer Kurzurlaub unternommen werden. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen summieren sich dann über die Jahre.

### ***Rebound entsteht durch veränderte Nutzung***

Ausgangspunkt für das Auftreten von Rebound ist die Einführung einer Innovation. Rebound entsteht, wenn diese Innovation auf etablierte Konsummuster trifft und diese verändert. Es ist daher hilfreich, sich in der Diskussion von Rebound strikt auf die Nutzung zu beziehen und die Gründe für die Adoption einer Innovation auszuklammern (Seebauer, Kulmer & Fruhmann 2018). Für die Frage, warum manche Innovationen zu höherem Rebound führen als andere, sind Charakteristika relevant, die einer überproportionalen Nutzung zugrunde liegen; was eine Innovation überhaupt marktfähig macht, kann für die Höhe des Rebounds nachrangig sein.

Grundvoraussetzung für das Auftreten von Rebound ist daher, dass sich das Nutzungsverhalten nach der Anschaffung einer Innovation allmählich verändert (Sorrell 2007). Direkter Rebound kommt vorrangig durch quantitative Nutzungsänderungen zustande, d.h. eine stärkere Nachfrage nach der gleichen Dienstleistung. Ein Beispiel dafür ist das Zurücklegen von mehr oder längeren Wegen. Indirekter Rebound entsteht meist durch qualitative Nutzungsänderungen, d.h. erhöhter Konsum in anderen Bereichen. Beispiele dafür sind Verlagerungen zwischen Verkehrsmitteln oder die Anschaffung eines Zweitfahrzeugs.

Neben verändertem Nutzerverhalten können viele andere Faktoren dazu führen, dass die realen Einsparungen nicht an die Erwartungen heranreichen. Manche Studien vertreten eine weite Definition von Rebound und dessen Ursachen, die auch Diskrepanzen zwischen Labor- und Feldbedingungen, eine mangelhafte technische Umsetzung (Friedrichsmeier & Matthies 2015, Galvin 2014), überzogene Einsparungserwartungen (sog. Prebound-Effekt, Sunikka-Blank & Galvin 2012) oder eine schlechte Passung mit gesellschaftlichen, juristischen, und anderen Dimensionen des Technologiesystems (Kanatschnig & Mandl 2015) einschließt.

Zwecks konzeptioneller Klarheit in der Analyse ist zu empfehlen, Rebound als die Diskrepanz zwischen erwarteter und erzielter Einsparung zu verstehen, indem die alte Technologie/Dienstleistung mit der neuen Technologie/Dienstleistung kontrastiert wird, sobald sich letztere am Markt und im Alltagsgebrauch etabliert hat. Die Diffusions- und Technologieakzeptanzforschung beschreibt, wie sich neue Technologien/Dienstleistungen gegenüber bestehenden Angeboten durchsetzen (Geels 2002, Rogers 2003). Während dieser Phase des Markteintritts finden zahlreiche Prozesse statt, in denen bestehende Angebote ihren Marktstatus verteidigen sowie politische und infrastrukturelle Rahmenbedingungen nur allmählich für neue Nischenprodukte adaptiert werden. Diese Übergangsprozesse gehen weit über das Kernthema Rebound hinaus.

## 2.2. Wechselwirkungen von Rebound

Innerhalb eines reinen Marktregimes ist Rebound unvermeidbar, weil er aus dem Wechselspiel zwischen Angebot und Nachfrage entsteht. Ein hoher intersektoraler Rebound spiegelt oftmals widersprüchliche Effekte auf Wirtschafts-, Sozial- und Umweltziele wieder.

### *Rebound unterwandert Klimaziele, aber erhöht den Wohlstand*

Rebound kann gewünscht sein, wenn der Effizienzgewinn zu einer kostengünstigeren Ressourcennutzung führt. Historisch gesehen befeuern technologische Effizienzgewinne das Wirtschaftswachstum und fördern den Wohlstand (Sorrell 2007); ein typisches Beispiel ist die Erfindung der Dampfmaschine, welche die Industrialisierung ermöglicht hat. Durch den mit Rebound einhergehenden Mehrkonsum steigt das Bruttoinlandsprodukt und, bedingt durch höhere Löhne und mehr Konsummöglichkeiten, die Wohlfahrt.

Dieser Effekt ist auch auf der Ebene einzelner Haushalte zu beobachten. Beispielsweise haben nach einer Gebäudesanierung energiearme Haushalte den höchsten Rebound, weil sie sich nun leisten können, ihre Wohnung angemessen zu heizen (Madlener & Hauertmann 2011, IEA 2014). Die Bekämpfung von Energiearmut mittels energieeffizienter Gebäudetechnologien führt daher einerseits zu positiven sozialen Wirkungen auf Chancengleichheit und Wohlstand, aber andererseits zu negativen Umweltwirkungen durch höheren Energiebedarf. Wenn das Konzept Energiearmut auf die Leistbarkeit von Mobilität in allen Einkommensgruppen übertragen wird (Schönfelder et al. 2015), dann ist auch bei Mobilitätsinnovationen eine ähnliche Rebound-Dynamik denkbar.

Ausschließlich wachstumsorientierte Wirtschaftspolitik steht jedoch in einem inhärenten Widerspruch zu Klimaschutz. Mehrkonsum führt gleichzeitig dazu, dass Energieverbrauchs- und Emissionsziele nicht erreicht oder kompensiert werden.

### *Umlenken, Entkopplung oder Suffizienz*

Langfristig ist eine Umgestaltung der Wirtschafts- und Konsumstruktur erforderlich, um Rebound entgegenzuwirken. Negative Umweltwirkungen können abgeschwächt werden, wenn indirekter Rebound auf weniger CO<sub>2</sub>-intensive Sektoren umgelenkt wird (OECD 2010). Zielkonflikte können gelöst werden, wenn es gelingt, das Wirtschaftswachstum vom absoluten Ressourcen- und Umweltverbrauch zu entkoppeln (Sorrell & Herring 2009). Mehr noch, wenn durch Effizienzverbesserungen freigewordene finanzielle Mittel in weitere Energieeinsparmaßnahmen investiert werden, dann wäre sogar ein sich verstärkender Energieeinspareffekt zu erreichen.

Eine weitere Strategie ist ein gesellschaftlicher Wandel in Richtung Suffizienz, bei dem eine Selbstbeschränkung materieller Konsumbedürfnisse und ein Fokus auf Lebensqualität statt Mehrkonsum im Vordergrund stehen. Rebound beruht auf einem hedonistischen Streben nach mehr und mehr Konsum; Suffizienz könnte daher Rebound langfristig entgegenwirken.

### *Nicht jedes Verfehlen politischer Erwartungen ist gleichzeitig Rebound*

Hier wird Rebound auf Umweltauswirkungen bezogen, wie CO<sub>2</sub>-Emissionen oder Ressourcenbedarf. Außerhalb des Umweltbereichs sind zahlreiche rebound-ähnliche Entwicklungen denkbar, in denen die Einführung einer innovativen Technologie zu Verhaltensänderungen führt, die politischen Zielsetzungen entgegenwirken:

- Die Förderung von Dieselfahrzeugen aufgrund ihrer geringeren CO<sub>2</sub>-Emissionen führt zu einer Zunahme von NO<sub>x</sub>- und Feinstaubemissionen (EEA 2018).
- Autonome Fahrzeuge machen die Nutzung motorisierter Mobilitätsformen attraktiver und können zu weniger aktiver gesundheitsfördernder Mobilität führen.
- Verbesserte Brems- und Fahrassistenzsysteme erhöhen das subjektive Sicherheitsgefühl. LenkerInnen könnten weniger Abstand zu anderen Fahrzeugen halten; in der Folge gibt es mehr Auffahrunfälle.
- Solange sich autonome Fahrzeuge noch nicht breit in der Fahrzeugflotte durchgesetzt haben, kann das Unfallrisiko steigen. Im Mischverkehr mit automatisierten und menschlichen LenkerInnen treffen Algorithmen und informelle Verkehrsregeln aufeinander.
- Ein hoher Automatisierungsgrad kann das parallele Ausführen von energieverbrauchenden Tätigkeiten ermöglichen, wie etwa Teleworking im selbstfahrenden Auto oder Wochenendausflüge während der Roboter den Rasen mäht.
- Sharing-Angebote, die als ein Teil von Gentrifizierung in bestimmten Stadtvierteln prioritär eingeführt werden und nur via Smartphone nutzbar sind, können soziale Ungleichheiten bei Mobilitätschancen zementieren oder verstärken.
- Elektro-Autos, die als Zweitfahrzeuge angeschafft werden, können das Fahrzeugaufkommen im Straßennetz erhöhen und zu zusätzlichen Staukosten führen.
- Indirekter Rebound generiert hauptsächlich ausländische Wertschöpfung, wenn durch Konsumverlagerungen Güter mit hohem Importanteil angeschafft (z.B. Unterhaltungselektronik) oder Urlaubsreisen ins Ausland unternommen werden. Dies würde den heimischen Wirtschaftsstandort schwächen.

Eine breite Perspektive, wie sich Mobilitätsinnovationen auf die Gesellschaft und verschiedene politische Ziele auswirken, ist notwendig und wichtig. Je breiter die Perspektive, desto größer aber die Gefahr, dass der Analysehorizont zu weit gesteckt wird, um klare und handlungsrelevante Bewertungen ableiten zu können. Im vorliegenden Bericht wird daher Rebound bewusst eng definiert und als Teilelement des weiten Feldes der Technikfolgenabschätzung verstanden (siehe Abbildung 2). Zu Interaktionen von Rebound mit Gesellschafts- und Markttrends im Mobilitätssystem siehe Kap. 7.1.

Abbildung 2: Analysehorizont von Rebound

| <b>Rebound</b>   | <b>Technikfolgenabschätzung</b>   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Mobilitätsdienstleistung bleibt gleich und wird lediglich durch andere Produkte/Services bereitgestellt</li><li>✓ quantitative a-priori-Annahmen, welche Effizienzgewinne erwartet werden</li><li>✓ umweltbezogene Auswirkungen</li><li>✓ unerwünschte Effekte</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>✓ neue Mobilitätsdienstleistung, die bisher nicht am Markt verfügbar war</li><li>✓ unbekannte, weitreichende Auswirkungen</li><li>✓ Auswirkungen auf Gesundheit, Verkehrssicherheit, sozialen Zusammenhalt, Arbeitsmarkt, Wirtschaftsstruktur, ...</li><li>✓ erwünschte, unerwünschte und unerwartete Effekte</li></ul> |

### 3. Indikatorensystem für Rebound-Screening

Das hier vorgestellte Indikatorensystem ermöglicht eine schnelle und überblickshafte Abschätzung, wie anfällig eine konkrete Mobilitätsinnovation für Rebound ist. Das Rebound-Screening ist separat für Innovationen im Personenverkehr und im Güterverkehr verfügbar (*Abbildung 4* und *Abbildung 5*). *Tabelle 3* bietet eine Kurzbegründung der verschiedenen Indikatoren, die in den darauffolgenden Kapiteln 4-7 jeweils detailliert hergeleitet und argumentiert werden.

Das Rebound-Screening wurde für generische Anwendbarkeit auf möglichst viele gegenwärtige und zukünftige Mobilitätsinnovationen konzipiert. Das Screening dient zur groben Abschätzung des Rebound-Risikos. Als Orientierungshilfe steht das Screening am Beginn der Rebound-Bewertung einer konkreten Innovation; wenn manche Indikatoren auf ein erhöhtes Rebound-Risiko hinweisen, dann sind jedenfalls detaillierte Folgestudien erforderlich, um quantitative Aussagen treffen zu können. Das Screening kann und soll nicht jede denkbare Innovation in voller Differenziertheit abbilden. Folglich umfasst das Screening nur die Primärindikatoren für Rebound-Risiko; in Kap. 4-0 sind zusätzlich Sekundärindikatoren beschrieben, die für vertiefende Analysen herangezogen werden können.

In Kap. 9 wird das Rebound-Screening bei sechs verschiedenen Beispielinnovationen angewandt und erprobt. Diese Beispiele können als Leitlinie und Orientierung dienen, wie die einzelnen Indikatoren auf eine konkrete Mobilitätsinnovation umgelegt werden können.

Das Rebound-Screening umfasst die Dimensionen Innovation, Zielgruppe und Wirkungen. Diese Dimensionen beschreiben einerseits, wie die Innovation gestaltet ist und bei welchen NutzerInnen sie ansetzt, und andererseits, welche Veränderungen im Mobilitätsverhalten durch die Innovation angestoßen werden. Naturgemäß hängen diese Dimensionen und die einzelnen Indikatoren systemisch untereinander zusammen. Dennoch folgt das Screening der grundlegenden kausalen Richtung, dass Innovation und Zielgruppe bestimmte Wirkungen auslösen.

Abbildung 3: Dimensionen des Rebound-Screenings

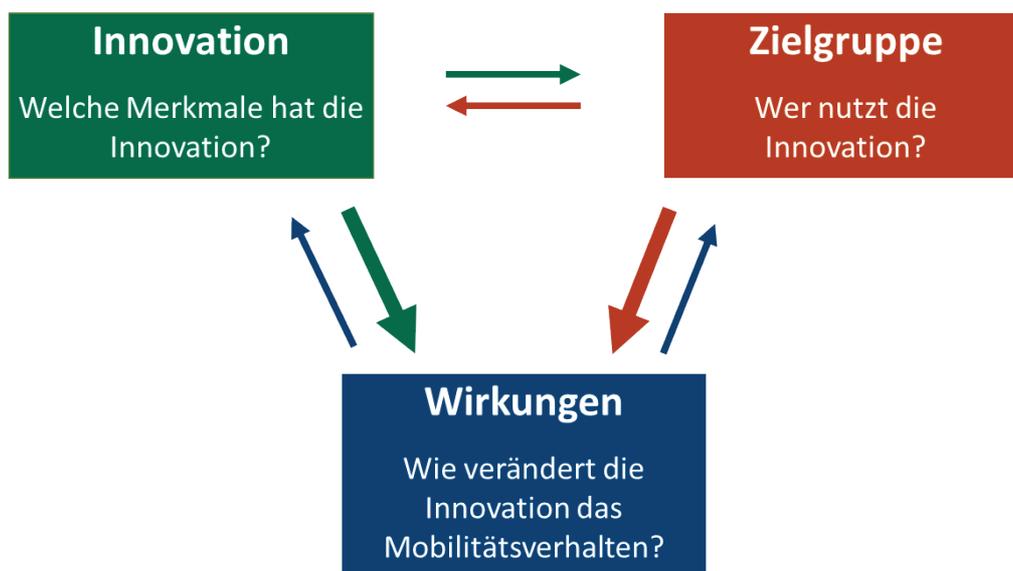


Tabelle 3: Übersicht Indikatoren

|            | Indikator                                | Personenverkehr | Güterverkehr | Kurzbegründung  | Detailinfo |
|------------|--|-----------------|--------------|---|------------|
| Innovation | Typ                                      | ✓               | ✓            | Technologische Innovationen greifen tiefer und breiter in die Verkehrsnachfrage ein.                          | Kap. 4     |
|            | Tiefe                                    | ✓               | ✓            | Radikale Innovationen wirken quer über unterschiedliche Mobilitäts- und Konsummuster und damit umfassender.   | Kap. 4     |
|            | Energieträger                            | ✓               | ✓            | Mit fossilen Energieträgern betriebene Innovationen haben höhere Umweltauswirkungen.                          | Kap. 4     |
|            | Investition                              | ✓               | ✓            | Bei niedrigen Investitionskosten wird freigewordenes Einkommen rascher in anderen Konsumbereichen verwendet.  | Kap. 6     |
|            | Infrastruktur                            | ✓               | ✓            | Umfangreiche Infrastruktur führt zu zusätzlichem Ressourcenbedarf.  | Kap. 4     |
| Zielgruppe | Zielgruppengröße                         | ✓               | ✓            | Eine große Anzahl an NutzerInnen führt zu höheren absoluten Auswirkungen.                                     | Kap. 4     |
|            | Einkommen                                | ✓               |              | NutzerInnen mit niedrigem Einkommen holen auf ein normales Konsumniveau auf.                                  | Kap. 5, 6  |
|            | Umweltwerte                              | ✓               |              | NutzerInnen mit schwachen umweltfreundlichen Einstellungen beschränken nicht ihr absolutes Konsumniveau.      | Kap. 5     |
|            | CO <sub>2</sub> -Intensität des Betriebs |                 | ✓            | In CO <sub>2</sub> -intensiven Betrieben führen Reinvestitionen zu höheren Umweltauswirkungen.                | Kap. 6     |
| Wirkungen  | Verkehrsmittelwahl                       | ✓               | ✓            | Verlagerung weg von Verkehrsmitteln des Umweltverbunds untergräbt den Umweltschutz.                           | Kap. 4     |
|            | Zurückgelegte Personen-km                | ✓               |              | Geringere Zeit-, Geld- und Komfortkosten führen zu höherer Verkehrsleistung.                                  | Kap. 4     |
|            | Zurückgelegte Tonnen-km                  |                 | ✓            | Geringe Zeit- und Geldkosten sowie höhere Verlässlichkeit in der Logistik führen zu höherer Verkehrsleistung. | Kap. 4     |
|            | Bedürfnisse                              | ✓               |              | Die Erfüllung bisher unbefriedigter persönlicher Bedürfnisse erhöht die Verkehrsleistung.                     | Kap. 5     |
|            | Mobilitätsmuster                         | ✓               |              | Flexible, nicht-alltägliche Wege werden zusätzlich unternommen.   | Kap. 4, 5  |

Abbildung 4: Rebound-Screening für Personenverkehr

|   |  |                |  |
|---|--|----------------|--|
| <b>Reboundscreening Personenverkehr</b> |  | Datum          |  |
|   |  | bearbeitet von |  |





| Innovation    |  |   |  |  |  |   |  |
|---------------|--|---|--|--|--|---|--|
| Indikator     | absolute Umweltbeeinträchtigung infolge von Rebound  |   |  |  |  |   |  |
|               | höher  |   |  |  |  | niedriger   |  |
| Innovation    | <b>Typ</b><br>Welches Funktionsprinzip hat die Innovation?   | <b>technologisch</b><br>Antrieb, Sensorik, Materialien, ...   |  |  |  | <b>organisatorisch/sozial</b><br>Sharing, Crowd, Verrechnung, Distribution, Orientierung, ...                       |  |
|               | <b>Tiefe</b><br>Wie weit reicht die Innovation?  | <b>radikal</b><br>neuer Zugang, kombinierbar mit bestehenden Produkten/Prozessen, übertragbar auf andere Anwendungen auch außerhalb des Verkehrssystems |  |  |  | <b>inkrementell</b><br>Verbesserung bestehender Lösungen, ersetzt einzelne Produkte/Prozesse                        |  |
|               | <b>Energieträger</b><br>Mit welcher Energiequelle wird die Innovation u. der mit ihr verbundene Verkehr betrieben? | <b>fossil</b><br>Benzin, Diesel, konventioneller Strommix, ...  |  |  |  | <b>erneuerbar</b><br>Ökostrom, Muskelkraft, ...   |  |
|               | <b>Investition</b><br>Wie teuer ist die Anschaffung der Innovation für den Nutzer?                                 | <b>niedrige Kosten</b><br>Nachrüstung, Umsetzung in vorhandenen Plattformen, Serienausstattung, Ratenzahlung, ...                                       |  |  |  | <b>hohe Kosten</b><br>Neuanschaffung, umfangreiche Umbauten, Sonderausstattung, Einmalzahlung, ...                  |  |
|               | <b>Infrastruktur</b><br>Welche flächendeckende Infrastruktur wird für die Innovation benötigt?                     | <b>hoch</b><br>physische Umbauten bei Gebäuden u. Straßen, wartungsintensiv, hoher operativer Energiebedarf   |  |  |  | <b>niedrig</b><br>IT-Infrastruktur, wartungsarm, geringer operativer Energiebedarf                                  |  |
| Zielgruppe    | <b>Zielgruppengröße</b><br>Wie viele Personen nutzen die Innovation?   | <b>Allgemeinbevölkerung</b><br>breite Streuung über Altersgruppen, alle Verkehrsteilnehmer, ...   |  |  |  | <b>ausgewählte Bevölkerungsgruppen</b><br>technikaffin, Menschen mit besonderen Bedürfnissen, genderspezifisch, ... |  |
|               | <b>Einkommen</b><br>Nutzen arme oder reiche Personen die Innovation?   | <b>niedrig</b><br>sozial Benachteiligte, unterdurchschnittlicher Lebensstandard   |  |  |  | <b>hoch</b><br>gut Situierte, hoher Lebensstandard  |  |
|               | <b>Umweltwerte</b><br>Haben die Nutzer eine umweltfreundliche Werthaltung?   | <b>niedrig</b><br>Vorrang des menschlichen Wohlstandes vor der Natur, Vertrauen in technische Lösungen f. Umweltprobleme                                |  |  |  | <b>hoch</b><br>Natur für kommende Generationen bewahren, ökologischer Lebensstil                                    |  |
| Wirkungen     | <b>Verkehrsmittelwahl</b><br>Von welchen Verkehrsmitteln werden Wege auf die Innovation verlagert?                 | <b>Umweltverbund</b><br>weniger Fahrten mit Rad, ÖV, zu Fuß   |  |  |  | <b>fossil</b><br>weniger Fahrten mit konventionellen Auto   |  |
|               | <b>Zurückgelegte Personen-km</b><br>Wie verändern sich die Anzahl und die Länge von Wegen?                         | <b>Zunahme</b><br>Verringerung der Zeit-, Geld- oder Komfortkosten einzelner Wege   |  |  |  | <b>Abnahme</b><br>Verlegung einzelner Wege in den virtuellen Raum, Kombinieren von Wegen                            |  |
|               | <b>Bedürfnisse</b><br>Welche Mobilitäts- und Konsumbedürfnisse spricht die Innovation an?                          | <b>unbefriedigt</b><br>hedonistische Bedürfnisse, unerfüllte Konsumwünsche, materieller Nutzen, Statusgewinn  |  |  |  | <b>gesättigt</b><br>Bedürfnisse mit einer natürlichen Obergrenze, Grundbedürfnisse, täglicher Bedarf                |  |
|               | <b>Mobilitätsmuster</b><br>Wie veränderlich sind die Aktivitäten, auf welche die Innovation ausgerichtet ist?      | <b>flexibel</b><br>seltene und unvertraute Wege, spontane Aktivitäten, Urlaube und Ausflüge   |  |  |  | <b>rigide</b><br>gewohnte und alltägliche Wege, Aktivitäten innerhalb regelmäßiger Tagesstrukturen und Aktionsräume |  |
| <b>Gesamt</b> |  |   |  |  |  |   |  |



Abbildung 5: Rebound-Screening für Güterverkehr

|                                      |  |                |  |
|--------------------------------------|--|----------------|--|
| <b>Reboundscreening Güterverkehr</b> |  | Datum          |  |
|                                      |  | bearbeitet von |  |





| <b>Innovation</b> |  | absolute Umweltbeeinträchtigung infolge von Rebound   |  |  |  |
|-------------------|--|---|--|--|--|
| <b>Indikator</b>  |  | <b>höher</b>  |  |  | <b>niedriger</b>   |
| <b>Innovation</b> | <b>Typ</b><br>Welches Funktionsprinzip hat die Innovation?   | <b>technologisch</b><br>Antrieb, Sensorik, Materialien, ...   |  |  | <b>organisatorisch/sozial</b><br>Sharing, Crowd, Verrechnung, Distribution, Orientierung, ...                              |
|                   | <b>Tiefe</b><br>Wie weit reicht die Innovation?  | <b>radikal</b><br>neuer Zugang, kombinierbar mit bestehenden Produkten/Prozessen, übertragbar auf andere Anwendungen auch außerhalb des Verkehrssystems |  |  | <b>inkrementell</b><br>Verbesserung bestehender Lösungen, ersetzt einzelne Produkte/Prozesse                               |
|                   | <b>Energieträger</b><br>Mit welcher Energiequelle wird die Innovation u. der mit ihr verbundene Verkehr betrieben?                         | <b>fossil</b><br>Benzin, Diesel, konventioneller Strommix, ...  |  |  | <b>erneuerbar</b><br>Ökostrom, Muskelkraft, ...  |
|                   | <b>Investition</b><br>Wie teuer ist die Anschaffung der Innovation für den Betrieb?  | <b>niedrige Kosten</b><br>Nachrüstung, Umsetzung in vorhandenen Plattformen, Serienausstattung, Ratenzahlung, ...                                       |  |  | <b>hohe Kosten</b><br>Neuanschaffung, umfangreiche Umbauten, Sonderausstattung, Einmalzahlung, ...                         |
|                   | <b>Infrastruktur</b><br>Welche flächendeckende Infrastruktur wird für die Innovation benötigt?   | <b>hoch</b><br>physische Umbauten bei Gebäuden u. Straßen, Umrüstung der Fahrzeugflotte, wartungsintensiv, hoher operativer Energiebedarf               |  |  | <b>niedrig</b><br>Einbettung in bestehende Infrastruktur, IT-Infrastruktur, wartungsarm, geringer operativer Energiebedarf |
| <b>Zielgruppe</b> | <b>Zielgruppengröße</b><br>Wie viele Wirtschaftssektoren nutzen die Innovation?  | <b>Gesamtwirtschaft</b><br>breite Nutzung in allen Wirtschaftsbereichen   |  |  | <b>ausgewählte Sektoren</b><br>Nutzung nur in Dienstleistungssektoren, zugeschnitten auf einen Betrieb/Branchen            |
|                   | <b>CO<sub>2</sub>-Intensität des Betriebs</b><br>Wie CO <sub>2</sub> -intensiv ist der Produktionssektor/Betrieb der die Innovation nutzt? | <b>hoch</b><br>Beispiele: Metallverarbeitung & -erzeugung, Elektrizitätswesen, Papierindustrie, Chemie, Glasindustrie                                   |  |  | <b>niedrig</b><br>Beispiele: Hotellerie, Gesundheitswesen, Maschinenbau  |
| <b>Wirkungen</b>  | <b>Verkehrsmittelwahl</b><br>Von welchen Verkehrsmitteln werden Wege auf die Innovation verlagert?   | <b>Umweltverbund</b><br>weniger Transporte mit Bahn, Schiff, Rohrleitungen  |  |  | <b>fossil</b><br>weniger Transporte mit konventionellen Lastwagen und Flugzeugen   |
|                   | <b>Zurückgelegte Tonnen-km</b><br>Wie verändern sich die Anzahl und die Länge von Wegen?   | <b>Zunahme</b><br>Kostensenkung, Verringerung von Transport-, Lager- und Umschlagzeiten   |  |  | <b>Abnahme</b><br>weniger Leerfahrten, höhere Auslastung von Fahrzeugen, optimierte Umschlagprozesse                       |
| <b>Gesamt</b>     |  |   |  |  |  |



## Schritte in der Anwendung des Rebound-Screenings:

1

**Anwendungsfall festlegen:** Um das Screening aussagekräftig durchführen zu können, sollte ein konkreter, möglichst eng gefasster Anwendungsfall der Mobilitätsinnovation definiert werden: Welche Funktionalitäten bzw. welchen Nutzen bietet die Innovation für die NutzerInnen? Wird die gegenwärtige, eine zukünftige oder eine politisch gewünschte Marktdurchdringung betrachtet? Welches Geschäftsmodell steht hinter der Innovation? *Tabelle 15* (Kap. 9.2) bietet etwa eine Übersicht über die Vielfalt an Geschäftsmodellen bei Shared Mobility. Wenn es (noch) keinen klar abgrenzbaren Anwendungsfall gibt, kann es aufschlussreich sein, das Screening mehrmals für verschiedene Anwendungsfälle durchzuführen und die Ergebnisse gegenüberzustellen.

2

**NutzerInnen festlegen:** Rebound entsteht durch verändertes Nutzerverhalten, daher ist ein klares Bild wichtig, wer die betrachtete Mobilitätsinnovation nutzt. Bei Personenverkehr ist der/die NutzerIn der private Haushalt. Bei Güterverkehr sind die NutzerInnen das Logistikunternehmen oder der Betrieb, der die Innovation für seine Lieferungen und Material-/Produkttransporte einsetzt. Wirkungen einer Güterverkehr-Innovation auf die Haushaltsnachfrage (z. B. weil Online-Bestellungen effizienter zugestellt werden) sind als intersektoraler Rebound zu beschreiben.

3

**Rebound-Wirkungsketten beschreiben:** Rebound-Wirkungsketten werden ausgehend von der Anwendung durch die NutzerInnen beschrieben. Welche Mobilitätsmuster (direkter Rebound) und Konsum-/Geschäftspraktiken (indirekter Rebound) werden durch die Innovation verändert? Intersektoraler Rebound kann in Einmaleffekte und nutzungsbezogene Effekte getrennt werden: Einmaleffekte treten nur bei der Markteinführung der Innovation auf und sind unabhängig davon, wie intensiv die Innovation genutzt wird (z.B. Umgestaltung von Produktionsprozessen, Neuausrichtung von Anbietern, Errichtung von Infrastruktur). Nutzungsbezogene Effekte treten kontinuierlich auf, solange die Innovation am Markt etabliert ist (z.B. Verlagerung der Nachfrage auf andere Produkte/Dienstleistungen, Betrieb und Wartung von Infrastruktur). Die Abgrenzung zwischen direktem, indirektem und intersektoralen Rebound für die betrachtete Mobilitätsinnovation kann sich an *Abbildung 1* orientieren. Alle Rebound-Wirkungsketten sollten stichwortartig ausformuliert werden, damit sie von anderen BearbeiterInnen oder zu einem späteren Zeitpunkt nachvollziehbar sind. *Abbildung 6* bis *Abbildung 12* in Kap. 9 bieten Anhaltspunkte, welche Rebound-Wirkungsketten auftreten können.

4

**Indikatoren bewerten:** Jeder Indikator ist auf der Skala zwischen zwei entgegengesetzten Polen zu bewerten. Eine linke, rote Bewertung bedeutet ein höheres Rebound-Risiko; eine rechte, grüne Bewertung bedeutet ein geringeres Rebound-Risiko.

5

**Gesamtbewertung ableiten:** Die Gesamtbewertung soll aus dem Bild über alle Indikatoren getroffen werden. Wenn der Großteil der Indikatoren im linken, roten Bereich angekreuzt ist, dann sollte auch die Gesamtbewertung ein eher hohes Rebound-Risiko ausweisen. Die Gesamtbewertung dient als zusammenfassendes Resümee, nicht als hartes Kriterium für den Ein- oder Ausschluss bestimmter Mobilitätsinnovationen.

*Dem Indikatorensystem liegen mehrere Vereinfachungen zugrunde:*

- Qualitative Indikatoren: Die Einschätzung erfolgt auf einer dimensionslosen Skala zwischen zwei Extrempolen. Quantitative Angaben, zu wie viel Prozent Rebound eine bestimmte Ausprägung eines Indikators beiträgt, würden spezifische Berechnungen für einzelne Innovationen erfordern.
- Voneinander abhängige Indikatoren: Trotz inhaltlicher Abgrenzung hängen manche Indikatoren untereinander zusammen (*Abbildung 3*), z.B. haben NutzerInnen mit niedrigerem Einkommen auch tendenziell mehr unbefriedigte Bedürfnisse. Diese Überlappungen sind teils unvermeidlich, weil so gut wie alle Elemente des Verkehrssystems interagieren. Die Indikatoren wurden zusammengestellt, um wesentliche Rebound-Treiber zu veranschaulichen. Auch wenn manche Indikatoren in eine ähnliche Richtung weisen, sollen sie helfen, die spezifische Rebound-Anfälligkeit verwandter Innovationen aufzuzeigen.
- Ausgangspunkt der Rebound-Wirkungskette: Die verschiedenen Auswirkungen von Rebound werden ausgehend von der Adoption der Innovation durch den/die NutzerIn betrachtet. NutzerInnen agieren aber nicht autonom, sondern reagieren auf Marktimpulse oder lösen ihrerseits Marktveränderungen aus, die über neue Produktions- und Konsummuster wieder auf die NutzerInnen zurückwirken. Markttrends, allgemeiner Rebound im Verkehrssystem und innovationsspezifischer Rebound sind eng miteinander verknüpft (siehe Kap. 7.1). Die Adoption der Innovation als Startpunkt von Rebound anzunehmen ist notwendig, um das Henne-Ei-Problem zwischen vorgelagerten, nachgelagerten und interagierenden Marktbeziehungen aufzulösen.
- Keine Gewichtung der Indikatoren: Es bleibt dem/der AnwenderIn des Indikatorensystems überlassen, wie stark jeder einzelne Indikator in die Gesamtbewertung einfließt. Eine quantitative Gewichtung der Indikatoren würde entweder Modellierungsstudien erfordern, die aber notwendigerweise auf konkrete Innovationen zugeschnitten sind, oder könnte aus Expertenurteilen abgeleitet werden, deren Qualität aber stark mit der Auswahl und Qualifikation der befragten ExpertInnen schwankt. Um keine Scheingenauigkeit zu suggerieren, wurde auf eine Gewichtung verzichtet.
- Bezug auf absolute Umweltbeeinträchtigung: Die Skalierung der Indikatoren bezieht sich auf ein Verfehlen von erwarteten Einsparungen in Tonnen CO<sub>2</sub>, GWh Elektrizitätsnachfrage, km<sup>2</sup> Flächennutzung, ppm Luftschadstoffe wie Feinstaub und NO<sub>x</sub>, etc. Rebound kann grundsätzlich auch auf andere Politikziele bezogen werden, aber Umweltschutz ist die dominante Perspektive in der einschlägigen Reboundforschung (siehe Kap. 2.1).

Das Rebound-Screening nimmt diese Vereinfachungen in Kauf, um eine rasche Orientierung zu ermöglichen und um breit anwendbar zu sein. Eine präzise Bewertung des Rebound-Risikos benötigt jedenfalls aufwändige Detailanalysen, die auf die jeweilige Innovation zugeschnitten sind.

## 4. Innovationen

### *Rebound im Verkehrs- und Mobilitätsbereich*

Wie in Kap. 2.1 geschildert, werden rebound-ähnliche Effekte im Verkehrs- und Mobilitätsbereich bereits länger vor dem Hintergrund des Konzepts des „induzierten Verkehrs“ beschrieben: Verbesserungen der Verkehrsinfrastruktur wie zusätzliche Fahrspuren führen zu einer Reduktion der Fahrzeit und es kommt daraufhin zu Mehrverkehr, der ohne den Ausbau nicht entstanden wäre (Goodwin 1980, Cairns et al. 1998, Köhler & Zumkeller 2001, Hymel et al. 2010).

Solche Effekte sind jedoch nicht nur auf Veränderungen des Straßennetzes beschränkt. Vielmehr betreffen sie auch Veränderungen beim Verkehrsangebot bzw. den Verkehrsmitteln durch Mobilitätsinnovationen: Mobilitätsinnovationen können ebenso Verhaltenseffekte wie eine veränderte Routen-, Ziel- und Verkehrsmittelwahl oder letztlich einen steigenden Pkw-Besitz und ein Schrumpfen des ÖV-Angebotes hervorrufen.

### *Bewertung von Rebound bei Mobilitätsinnovationen*

Die Bewertung der möglichen Rebound-Effekte von Mobilitätsinnovationen erfolgt anhand von Klassifikationsmerkmalen z.B. nach der Art der Innovation bzw. Maßnahme (Information & Beratung, Technikinnovation etc.) oder nach dem erwarteten transformativen Einfluss auf das Mobilitätssystem (inkrementell, radikal). Diese Klassifizierung anhand bestimmter Charakteristika ermöglicht in weiterer Folge das Rebound-Risiko, d.h. die möglichen Rückkopplungseffekte im Hinblick auf den Energie-, Ressourcen- und Umweltverbrauch einzuordnen.

Das Rebound-Risiko von Mobilitätsinnovationen wird wie folgt bewertet (*Tabelle 4*):

- (1) **Vorstrukturierung**: Die Bestimmung nach Verkehrsart (Grob- bis Detailgliederung) dient zur Einordnung der Innovation im Verkehrssystem.
- (2) **Primärindikatoren**: Anschließend werden die verschiedenen thematischen Ebenen analysiert, um das Rebound-Risiko der Innovation zu prognostizieren.
- (3) **Sekundärindikatoren**: Diese Indikatoren dienen zur detaillierteren Einordnung der Innovation.
- (4) **Zeitlicher Diffusions-Verlauf**: Die Innovation wird in die gegenwärtige Phase der Marktdurchdringung eingeordnet.
- (5) **Art des Rebounds**: Die Wirkung der Innovation wird beschreiben.

### *Primärindikatoren:*

- A) **Innovationstyp**: Nach Buhl et al. (2017) bestehen je nach Innovationstyp bzw. -art (technologisch, organisatorisch oder sozial) unterschiedliche Anreize für Veränderungen des Verhaltens. Technologische Innovationen führen allenfalls zu einer höheren Effizienz, während soziale bzw. verhaltensbezogene Innovationen Suffizienz fördern können (Buhl et al. 2017). Nachdem die Erhöhung der Effizienz zwar eine notwendige, aber noch nicht hinreichende Bedingung für die Reduktion des Umwelt- und Ressourcenverbrauchs darstellt, kann mit technologischen Innovationen ein höheres Rebound-Risiko verbunden sein. Hinzu kommt das technologische Innovationen in der Regel auch umfassender und tiefgreifender

sind. Organisatorischen und sozialen bzw. verhaltensbezogenen Innovationen, also Innovationen deren Schwerpunkt auf der Bereitstellung von Informationen & Beratungen liegen bzw. die Motivation für individuelles Verhalten bieten, wird hingegen ein tendenziell geringerer Rebound zugesprochen (Buhl et al. 2017; Murray 2013). Zudem werden Innovationstreiber mit einem technologischen Innovationsfokus, wie Sensorik, Deep Learning oder Big Data, mit einem höheren Rebound-Risiko verbunden als organisatorische und soziale Innovationen (z.B. in den Bereichen „Sharing“ und „Crowd“). Gleichfalls gilt es ebenso zu berücksichtigen, dass soziale bzw. verhaltensbezogene Innovation in der Regel meist mit geringeren Investitionskosten im Vorfeld auskommen (Buhl et al. 2015).

- B) **Innovationstiefe:** Radikale und inkrementelle Innovationen sind voneinander zu differenzieren (Wiedeking et al. 2004). Radikale Innovationen sind gekennzeichnet durch neue Produkte, die Märkte und Branchen für bestehende Güter und Dienstleistungen transformieren. Ein Umstieg auf gänzlich andere Produkte und Dienstleistungen führt zu tiefgreifenden Veränderungen in Mobilitäts- und Konsummustern, wodurch ein hohes Rebound-Risiko gegeben ist. Eine Innovation mit breiten Anwendungsfeldern, die viele bestehende Produkte oder Prozesse ersetzt, sehr gut komplementär mit bestehenden Produkten/Prozessen kombinierbar ist, oder gänzlich neue Konsumaktivitäten eröffnet, kann multiplen indirekten und intersektoralen Rebound anstoßen. Historische Beispiele für solche *general purpose technologies* sind die Dampfmaschine, der Mikrochip oder das Smartphone (Bresnahan & Trajtenberg 1995, Jovanovic & Rousseau 2005, Jenkins et al. 2011). Inkrementelle Innovationen entsprechen einer Weiterentwicklung/Verbesserung bestehender Produkte innerhalb einer Innovationsgruppe. Da inkrementelle Innovationen Veränderungen nur im Rahmen bestehender Mobilitäts- und Konsummuster auslösen, ist hier schwächerer Rebound zu erwarten. Allerdings ist der Rebound bei inkrementellen Innovationen leichter bestimmbar, da die Schätzung, wo und welche Einsparungen an Mobilitätskosten erwartet werden, genauer erfolgen kann. Bei radikalen/disruptiven Innovationen ändern sich die individuellen Nutzungsmuster in wesentlich größerem Ausmaß; daher ist das Einschätzen der möglichen Einsparungen mit signifikanten Unsicherheiten behaftet. Pfadabhängigkeiten etwa durch gebaute Infrastruktur können jedoch den Einfluss der Innovationstiefe auf den Rebound abpuffern (siehe Kap. 7.1).
- C) **Materieller Ressourcenbedarf:** Bei Innovationen, die von baulicher Infrastruktur abhängig sind (z.B. eigenes Verkehrsnetz, Ladestationen), führt der Rebound zu stärkeren umweltschädlichen Auswirkungen, weil die Errichtung dieser Infrastruktur mit Ressourcenbedarf für Baumaterial und Flächenbedarf sowie ihr Betrieb mit Energieverbrauch verbunden sind. Im Gegenzug haben Innovationen schwächere Umweltwirkungen, die im virtuellen statt physischen Raum angesiedelt sind, die auf Informationsaustausch setzen und die Elektrizität als Energieträger verwenden (die in Zukunft vorrangig aus erneuerbaren Quellen stammen kann), obwohl dafür benötigte Infrastrukturen (z.B. IT-Infrastruktur) ebenso mit Energieverbrauch verbunden sind (Gossart 2014).
- D) **Zielgruppengröße:** Über die Zielgruppengröße kann eingeschätzt werden, wie viele NutzerInnen die Innovation aufgreifen und nutzen. Bei Innovationen, welche die breite Bevölkerung ansprechen, wirkt sich Rebound absolut gesehen stärker aus als bei Innovationen, die auf eine begrenzte Zielgruppe ausgerichtet sind.

- E) Mobilitätsentscheidung:** Je nachdem, welche Veränderungen des Mobilitätsverhaltens eine Innovation auslöst, sind unterschiedlich hohe Auswirkungen auf die Verkehrsleistung und damit auf die absolute Höhe des Rebound-Effekts zu erwarten. Innovationen, die zu Veränderungen von Aktivitäten bzw. Aktivitätsorten, Verkehrsmitteln oder Zielen führen, sind stärker von Rebound betroffen als jene, die auf Zeitwahl oder Routenverbindungswahl fokussieren.

*Sekundärindikatoren:*

- A) **Siedlungstyp:** Bei der räumlichen Komponente wird zwischen städtischen, suburbanen und ländlichen Siedlungsformen unterschieden (Statistik Austria 2018). Bei Innovationen im städtischen Raum wird durch die größere Bevölkerungszahl ein höherer absoluter Rebound angenommen als im ländlichen Raum. Dieser Effekt der Bevölkerungszahl dürfte auch nicht dadurch nivelliert werden, dass der Energieverbrauch in Städten durch kürzere Wege und dichtere Siedlungsstruktur niedriger ist, und dass das breitere Angebot an Mobilitäts-, Dienstleistungs- und Konsumalternativen im städtischen Kontext die direkte Mehrnutzung einer bestimmten Mobilitätsinnovation weniger wahrscheinlich macht.
- B) **Lebensstil:** Die relative Einordnung der NutzerInnen in Bezug auf soziale Lage und grundlegende Werthaltungen (hier beispielhaft anhand der Sinus Milieus) kann herangezogen werden, um das Rebound-Risiko abzuleiten (Peters et al. 2012a; Peters et al. 2012b; Otte 2008). So wird davon ausgegangen, dass Maßnahmen für sozial schwächere Gruppen (z.B. geringes Einkommen; Peters et al. 2012a; Buhl et al. 2017) bzw. Gruppen mit einer hohen Modernität, d.h. „Hedonisten“ und „Unterhaltungssuchende“ (Peters et al. 2012b) mit einem höheren Rebound-Risiko (insbesondere im Mobilitätsbereich) verbunden sind, während Rebound bei Gruppen mit einer traditionelleren Wertorientierung weniger wahrscheinlich ist (Peters et al. 2012a). Daher werden die Gruppen „Hedonisten“ (spontaner Konsumstil, Unbekümmertheit) und „Konsumorientierte Basis“ (Wunsch nach Konsum und Anschluss an die Konsumstandards der Mitte) mit einem höheren Rebound-Risiko assoziiert. Aufgrund der sehr hohen Innovations-Affinität werden auch die „Digitalen Individualisten“ und „Performer“ als tendenziell anfällig für Rebound eingestuft. Ein mittleres Rebound-Risiko ist zu erwarten bei Gruppen der mittleren Schicht („Adaptiv-Pragmatische“ und „Bürgerliche Mitte“), die anpassungsbereit sind und Bedürfnis nach Stabilität und Zugehörigkeit haben. Die Gruppen „Etablierte“ und „Postmaterielle“ sind durch eine starke soziale Stellung (z.B. höhere Bildung und/oder berufliche Position) und durch eine kritische Weltsicht (bei den Postmateriellen besonders stark ausgeprägt) gekennzeichnet, und dadurch für Innovationen und Rebound nur bedingt anfällig. „Etablierte“ und „Postmaterielle“ weisen aber infolge ihres hohen Einkommens und Konsums absolut gesehen den höchsten Energieverbrauch auf. Mit sehr niedrigen Rebound-Risiko sind zwei Gruppen einzuschätzen („Konservative“ und „Traditionelle“), die sehr traditionelle Wertvorstellungen vertreten und nicht aufgeschlossen gegenüber Veränderungen und aktuellen gesellschaftlichen Entwicklungen sind. Bei diesen Gruppen ist damit zu rechnen, dass Mobilitätsinnovationen nur sehr langsam umgesetzt werden.

### *Zeitlicher Diffusionsverlauf*

Die Innovation wird in den zeitlichen Verlauf der Marktdiffusion eingeordnet. Indem sich neue Produkte/Dienstleistungen allmählich am Markt durchsetzen, erreichen sie in einer typischen s-förmigen Diffusionskurve nacheinander die NutzerInnensegmente InnovatorInnen – Frühe ÜbernehmerInnen – Frühe Mehrheit – Späte Mehrheit – NachzüglerInnen (Rogers 2003). In der Anfangsphase des Markteintritts ist der höchste Rebound zu erwarten, da das Segment der Early Adopters ihr bisheriges Mobilitätsverhalten verstärkt im Sinne von Rebound anpassen dürfte: Einerseits sind sie motiviert, die Innovation umfassend in viele Bereiche ihres Alltags zu integrieren. Andererseits haben sie bereits zu einem früheren Zeitpunkt Zugang zur Innovation und haben damit eine längere Übergangsphase, um gewohnte Verhaltensmuster nach und nach auf die Funktionalitäten der Innovation umzustellen. Allgemein besteht aber weitreichender Forschungsbedarf, wie sich Rebound über die Zeit entwickelt (siehe Kap. 10.3).

### *Unterscheidung nach Art des Rebounds*

Buhl et al. (2017) unterscheiden zwischen finanziellem, zeitlichem und sozio-psychologischem Rebound. Ein finanzieller Rebound kann im Allgemeinen quantitativ genauer bestimmt werden (z.B. Verbilligung der Verkehrsdienstleistung oder monetärer Kostenvorteil relativ zu anderen Verkehrsangeboten), da der Wirkungsmechanismus von ökonomischem Rebound (z.B. Preiselastizität der Nachfrage nach Energiedienstleistungen) besser untersucht ist als die Wirkungsmechanismen von zeitlichem und sozio-psychologischem Rebound (Buhl et al. 2017).

Eine Innovation kann zudem in Richtung eines Effizienzgewinns, einer Effektivitätsverbesserung oder der Suffizienz (im Sinne einer Reduktion des Konsums) wirken. Effizienz bezeichnet die relative Wirtschaftlichkeit bzw. Leistungsfähigkeit, welches das Verhältnis zwischen einem erreichten Ziel (z.B. Befriedigung eines Mobilitätsbedürfnisses) und dem dafür erforderlichen Ressourceneinsatz beschreibt. Die Verbesserung des Wirkungsgrades einer Technologie kann einen Effizienzgewinn darstellen (z.B. treibstoffsparender Motor, Zeiteinsparung durch Umfahrung eines Staus). Effektivität beschreibt das Verhältnis von erreichtem zu definiertem Ziel im Sinne der Wirksamkeit. Effektivität ist ein Maß für die Erreichung der Vollständigkeit und Genauigkeit eines Zieles; der dahinterliegende Aufwand wird ausgeklammert. Effizienz hingegen unterstreicht den möglichst geringen Ressourceneinsatz für die Zielerreichung: „Effektiv ist es, die richtigen Dinge zu tun; effizient ist es, die richtigen Dinge richtig zu tun.“ (Pehnt 2010). Suffizienz im Sinne der vollständigen (absoluten) Entkoppelung bedeutet, Konsumgewohnheiten und Lebensstile so zu ändern, dass der Umwelt- und Ressourceneinsatz insgesamt verringert wird. Suffizienz beschreibt das Nutzen von Rohstoffen und Ressourcen in einem „genügenden, geringen und richtigen Maße“ (Pehnt 2010). Innovationen wie Bikesharing, Lastenfahrräder etc. können in Richtung eines Suffizienzgewinns wirken, da sie eine sehr ressourcenschonende Alternative zu anderen Mobilitätsformen darstellen und der individuelle Ressourceneinsatz zur Befriedigung von Mobilitätsbedürfnissen durch eine derartige Innovation zurückgehen kann. Ein Beispiel zur Veranschaulichung der Begriffe: Ist es beispielsweise mein Ziel bei guter Witterung ins drei Kilometer entfernte Stadtzentrum zu gelangen, ist es effektiv mit einem SUV zu fahren, weil dieser mich ans Ziel bringt; dies ist hingegen nicht effizient, weil der SUV viel Treibstoff verbraucht. Effizient wäre hier z.B. die Nutzung eines Pkw mit treibstoffsparendem Motor, suffizient wäre die Nutzung des Fahrrads, welche eine sehr ressourcenschonende Alternative zu den beiden anderen Mobilitätsformen darstellt.

Tabelle 4: Analyserahmen zur Bestimmung des Rebound-Risikos von (Mobilitäts-)Innovationen

|     |                                  | Analyserahmen                        |  |                               |                                     |   |                           |                            |                           |  |                     |                   |
|-----|----------------------------------|--------------------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------------|---|---------------------------|----------------------------|---------------------------|--|---------------------|-------------------|
|     |                                  | Merkmal                              |  | Ausprägung                    |                                     |   |                           |                            |                           |  |                     |                   |
| (1) | Vorstrukturierung<br>Verkehrsart | Grobgliederung                       | Personenverkehr                          |                               |                                     | Wirtschaftsverkehr                        |                           |                            | Güterverkehr              |  |                     |                   |
|     |                                  | Feingliederung                       | Alltagsverkehr (Nahverkehr)              | Personenfernverkehr           | Personenwirtschaftsverkehr          |   | Güterbeförderung          | Personenbeförderung        | Gewerblicher Güterverkehr | Werksverkehr   |                     |                   |
|     |                                  | Detailgliederung                     |  |                               | Service- und Dienstleistungsverkehr | Geschäfts- und Dienstreisen               |                           |                            |                           |  |                     |                   |
|     |                                  |                                      |  |                               |                                     |   |                           |                            |                           |  |                     |                   |
| (2) | Primär-indikatoren               | A) Innovationstyp                    | technologisch                            |                               |                                     | organisatorisch                           |                           |                            | sozial/verhaltensbezogen  |  |                     |                   |
|     |                                  | B) Innovationstiefe                  | radikal                                  |                               |                                     | inkrementell                              |                           |                            |                           |  |                     |                   |
|     |                                  | C) Materieller Ressourcenbedarf      | hoch                                     |                               |                                     | mittel                                    |                           |                            | gering                    |  |                     |                   |
|     |                                  | D) Zielgruppengröße                  | Große Zielgruppe relativ zur Bevölkerung |                               |                                     | Kleine Zielgruppe relativ zur Bevölkerung |                           |                            |                           |  |                     |                   |
|     |                                  | E) Mobilitätsentscheidung            | Aktivitätenwahl                          | Verkehrsmittelwahl            | Zielwahl                            | Zeitwahl                                  | Routenverbindungswahl     |                            |                           |  |                     |                   |
| (3) | Sekundär-indikatoren             | A) Siedlungstyp                      | städtisch                                |                               |                                     | suburban                                  |                           |                            | ländlich                  |  |                     |                   |
|     |                                  | B) Lebensstil (z.B. „Sinus-Milieus“) | Hedonisten (11%)                         | Konsum-orientierte Basis (9%) | Digitale Individualisten (8%)       | Performer (9%)                            | Bürgerliche Mitte (14%)   | Adaptiv-Pragmatische (12%) | Etablierte (9%)           | Postmaterielle (9%)                                  | Traditionelle (13%) | Konservative (6%) |
| (4) | Zeit                             | Zeitl. Verlauf (nach Rogers 2003)    |  | Innovatoren (2,5%)            | Frühe Übernehmer (13,5%)            |   | Frühe Mehrheit (34%)      |                            | Späte Mehrheit (34%)      |  | Nachzügler (16%)    |                   |
| (5) | Ergebnis Rebound                 | Wirkrichtung                         |  | finanzieller Rebound-Effekt   |                                     |   | zeitlicher Rebound-Effekt |                            |                           | sozial- (oder sozio-) psychologischer Rebound-Effekt |                     |                   |
|     |                                  | Energie- und Ressourceneinsatz       |  | Effizienzgewinn               |                                     |   | Effektivitätsverbesserung |                            |                           | Suffizienz   |                     |                   |

## 5. NutzerInnen

### *Rebound entsteht durch Verhaltensänderungen*

Rebound im Personenverkehr entsteht, weil NutzerInnen eine Innovation allmählich immer tiefer in ihre Mobilitätsmuster integrieren (Matiaske et al. 2012). Aus Nutzersicht steht am Beginn von Rebound stets die Adoption einer Mobilitätsinnovation – etwa der Kauf eines E-Autos oder das Registrieren bei einem Sharing-Netzwerk. Sobald die Innovation dem/der NutzerIn zur Verfügung steht, ersetzt sie nach und nach die vorherige Technologie – wenn ein E-Auto als Zweitwagen angeschafft wurde, werden immer mehr Alltagswege vom fossil angetriebenen Auto auf das E-Auto verlagert. Wenn das Mobilitätsmuster nach der Adoption der Innovation gleich bleibt, gibt es keinen direkten Rebound – werden mit dem E-Auto exakt die gleichen Wege zurückgelegt wie mit dem konventionellen Auto, dann wird der Effizienzgewinn des elektrischen Antriebs voll umgesetzt. Eine Grundvoraussetzung für das Auftreten von Rebound sind daher Verhaltensänderungen im Vergleich der Situation bevor und nachdem die Innovation angeschafft wurde (Sorrell 2007).

### *Psychologische Prozesse steuern, wie sich Mobilitäts- und Konsummuster ändern*

Die Verhaltensänderungen hinter Rebound werden durch verschiedene psychologische Prozesse vorangetrieben, die steuern, wie NutzerInnen ihre verschiedenen Handlungsoptionen und Konsummöglichkeiten gegeneinander abwägen. *Tabelle 5* beschreibt relevante Prozesse; Sättigung ist darunter der einzige Prozess, der Rebound entgegenwirkt. Diese Prozesse beschreiben grundlegende Entscheidungsregeln auf der Ebene des Abtausches einzelner Verhaltensweisen. Die Prozesse können parallel ablaufen (z.B. können NutzerInnen rational bis zu einem Sättigungsniveau optimieren) und sind teils konzeptionell ähnlich (z.B. beinhalten sowohl mentale Buchführung als auch kompensatorisches Verhalten einen Abgleich zwischen umweltfreundlichem und –schädlichem Konsum).

Diese psychologischen Prozesse finden sich ähnlich auch bei anderen umwelt- und energierelevanten Konsumbereichen. Bei KonsumentInnen von Ökostrom oder bei BesitzerInnen privater Photovoltaik-Anlagen kann es etwa zu mentaler Buchführung kommen: Weil der Strom aus erneuerbaren Quellen stammt, kann man auch unbesorgt mehr verbrauchen – was in Bezug auf CO<sub>2</sub>-Emissionen stimmen mag, aber andere Umweltauswirkungen wie den Flächenbedarf für Windkraftwerke oder die Erzeugung von PV-Paneelen ausklammert.

Beim Prozess der Sättigung von Konsumbedürfnissen zeigen sich Grenzfälle der Abgrenzung von Rebound: Wenn eine Mobilitätsinnovation bereits bestehende, aber noch nicht gedeckte Bedürfnisse anspricht, dann kann sie Rebound auslösen. Eine Innovation, die zu zusätzlichen Freizeitaktivitäten anhält, wäre demnach reboundanfällig, weil sie eine Mehrnutzung in einem bereits bestehenden Verhaltensbereich nahelegt. Eine Mobilitätsinnovation hingegen, die ein Bedürfnis anspricht, für dessen Befriedigung es bisher noch gar keine Angebote gab, reicht über die gängige Rebounddefinition hinaus: Weil es kein konventionelles Angebot gibt, welches das Bedürfnis bisher befriedigt hat, kann keine erwartete/erzielte Energieeinsparung im Vergleich zur Ausgangssituation angegeben werden (siehe Transformationseffekt, Kap. 2.1).

Tabelle 5: Psychologische Prozesse von Rebound

| psychologischer Prozess   | Wirkungsweise bei direktem Rebound  | Wirkungsweise bei indirektem Rebound   |
|---|---|--|
| <b>Rationale Kosten-Nutzen-Optimierung</b><br>Auswahl des billigsten Angebots, das die Konsumbedürfnisse erfüllt.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Wenn ein Effizienzgewinn ein Produkt verbilligt, dann wird es öfter gekauft.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Freigewordenes Einkommen wird in anderen Konsumbereichen ausgegeben (Einkommenseffekt).</li> <li>– Konsum von anderen, ähnlichen Produkten wird auf das verbilligte Produkt verlagert (Substitutionseffekt).</li> </ul>   |
| <b>Mentale Buchführung</b><br>Subjektives Bilanzieren zwischen umweltfreundlichem und umweltschädlichem Konsum.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Wie indirekter Rebound, aber geringere Wirkung.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Wenn man in einem Bereich umweltfreundlich konsumiert und damit „seinen Beitrag geleistet“ hat, „gönnt“ man sich dafür umweltschädlichen Konsum in einem anderen Bereich.</li> <li>– Die subjektive Einheit, nach der bilanziert wird, muss nicht mit realen Einheiten wie kg CO<sub>2</sub> übereinstimmen.</li> </ul> |
| <b>Negativer Spillover</b><br>Umweltschädliche Handlungen strahlen in andere Konsumbereiche aus.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Wie indirekter Rebound, aber geringere Wirkung.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Verhaltensweisen infizieren sich über Konsumbereiche hinweg, wegen Lebensstilen, Selbstwahrnehmung oder bereichsübergreifenden Lerneffekten.</li> <li>– Spillover tritt eher bei Handlungen aus ähnlichen Konsumbereichen auf, die mit ähnlich hohem Aufwand verbunden sind.</li> </ul>                                 |
| <b>Kompensatorisches Verhalten</b><br>Ausgleich einer umweltschädlichen Handlung durch eine umweltfreundliche Handlung aus demselben Konsumbereich.         | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Gegenrechnen einzelner Konsumhandlungen.</li> <li>– Erfolgt punktuell und halb-bewusst, etwa als selbst auferlegte Buße nach einem Fehltritt.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Wie direkter Rebound, aber geringe Wirkung.</li> </ul>  |
| <b>Sättigung von Konsumbedürfnissen</b><br>Konsumwünsche sind nicht unbegrenzt, sondern haben eine absolute Obergrenze, ab der nicht weiterkonsumiert wird. | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Je weiter man noch von Sättigung entfernt ist, desto höher ist der direkte Rebound (z.B. einkommensschwache Haushalte holen auf ein normales Komfortniveau auf).</li> <li>– Je näher man an Sättigung ist, desto niedriger ist der direkte Rebound (z.B. perfekt informierte Personen werden von einem Verkehrsinformationssystem nicht zu zusätzlichen Wegen angehalten).</li> <li>– Schwächerer direkter Rebound in Konsumbereichen mit natürlicher Obergrenze (z.B. max. zwei Arbeitswege pro Tag mit Hin- und Rückfahrt).</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Je mehr Konsumbereiche in die jeweilige Systemabgrenzung einbezogen werden, desto höher ist der indirekte Rebound, weil es umso wahrscheinlicher ist, dass es in irgendeinem Bereich noch ungesättigte Bedürfnisse gibt.</li> </ul>   |

Quellen: Crompton & Thogersen (2009), Boulanger et al. (2013), Kaklamanou et al. (2015), Seebauer (2018)

### *Nutzermerkmale beeinflussen den Verlauf von Rebound-Prozessen*

Verschiedene Bevölkerungssegmente weisen unterschiedlich hohen Rebound auf (Kulmer & Seebauer 2017). Die obigen psychologischen Prozesse verlaufen stärker oder schwächer, je nachdem wie stark verschiedene Nutzermerkmale ausgeprägt sind (Seebauer 2018). Jene Nutzersegmente sind anfälliger für Rebound, bei denen rebound-hemmende Nutzermerkmale schwach ausgeprägt sind. Maßnahmen zur Rebound-Prävention sind wirksamer, wenn sie rebound-hemmende Nutzermerkmale aktivieren oder wenn sie rebound-steigernde Nutzermerkmale bremsen.

Rebound-Effekte hängen aus ökonomischer Perspektive eng mit dem *Einkommen* der Haushalte zusammen (Gillingham et al. 2016). Der Einfluss von Einkommen auf die Höhe des Rebounds ist jedoch ambivalent: Einerseits eröffnen ein höheres verfügbares Einkommen oder höhere Kaufkraft mehr Konsummöglichkeiten, die zwischen verschiedenen Konsumbereichen abgetauscht werden, und führt dadurch zu höherem indirektem Rebound. Andererseits ist bei reicheren Haushalten zu erwarten, dass bereits ein größerer Teil ihrer Grundbedürfnisse gesättigt ist (Sorrell 2007).

Ein höherer *Bildungsstand* könnte mit einem besseren Verständnis einhergehen, welche Arten von Mobilität und Konsum wie hohe Anteile des persönlichen CO<sub>2</sub>-Fussabdrucks ausmachen (Kaklamanou et al. 2015). Der Einfluss auf die verschiedenen Rebound-Prozesse ist aber vernachlässigbar gering.

*Umweltfreundliche Werthaltungen* entsprechen einer persönlichen Überzeugung, dass man eine ausgewogene Beziehung zwischen Mensch und Natur anstrebt und einen Beitrag zum Umweltschutz leisten will. Umweltfreundliche Werthaltungen wirken klar hemmend auf die verschiedenen Rebound-Prozesse (Truelove et al. 2014, Seebauer 2018). Personen mit umweltfreundlicher Selbstidentität sind eher zu suffizienten Lebensstilen bereit, d.h. sich selbst auf ein gewisses absolutes Konsumniveau zu beschränken (Boulanger et al. 2013).

*Soziale Normen* entsprechen den wahrgenommenen Erwartungen anderer, wie man eine Innovation nutzen oder wie man allgemein konsumieren soll. Sie umfassen deskriptive Normen, das bei anderen Personen beobachtete Verhalten als Leitlinie für eigenes Verhalten, und injunktive Normen, die ausgesprochenen Erwartungen Anderer, die bis hin zu verbindlichen Regeln oder sozialen Druck reichen können. Soziale Normen haben einen ambivalenten Einfluss auf Rebound: Einerseits führt der Wunsch, soziale Erwartungen zu erfüllen und eine Vorbildwirkung nach außen zu projizieren, dazu, dass Personen sparsam und über verschiedene Konsumbereiche hinweg konsistent umweltfreundlich konsumieren (Truelove et al. 2014). Andererseits kann eine einzelne Mobilitätsinnovation eine Signalwirkung auf das soziale Umfeld haben und zur Selbstdarstellung als umweltbewusste/r KonsumentIn genutzt werden (z.B. ein elektrischer Sportwagen). Der dadurch erreichte Prestigegewinn kann soziale Normen so weit erfüllen, dass ein Mehrkonsum in anderen Bereichen akzeptiert wird (Peters et al. 2012a, Seebauer 2018).

Ein *hedonistischer Lebensstil* entspricht einer stark materialistischen Konsumorientierung, die vor allem eine unmittelbare Befriedigung persönlicher Bedürfnisse verfolgt. Bei hedonistischen Personen ist ein höherer Rebound zu erwarten, da sie ihr verfügbares Einkommen auf maximalen Lustgewinn hin optimieren und ihre Bedürfnisse laufend erweitern, d.h. keine

Sättigung erreichen (Peters et al. 2012a) Je nach Lebens- und Konsumstil wird freigewordenes Einkommen unterschiedlich investiert (Vivanco et al. 2014; siehe Kap. 4).

*Gewohnheiten* zeigen sich als automatisiertes Beibehalten üblicher Mobilitäts- und Konsummuster (Verplanken 2006). Der stabilisierende Effekt von Gewohnheiten bremst generell das Ausmaß und die Geschwindigkeit von Verhaltensänderungen und damit auch den Rebound. Gewohnheiten umgehen ein kognitives Abwägen von Kosten und Nutzen; dadurch dämpfen sie die Wirkung des Preisanreizes aus einem Effizienzgewinn.

*Technikaffinität* ist das Interesse an und die Faszination für moderne Technologien (Seebauer et al. 2015). Technikaffinität fördert die Adoption, aber nicht notwendigerweise die Nutzung von Mobilitätsinnovationen. Es ist aber anzunehmen, dass Technikinteressierte laufend neue Anwendungsfelder suchen und daher seltener eine Sättigung ihrer Konsumbedürfnisse erreichen.

Nutzerseitige Primärindikatoren für die Einschätzung des Rebound-Risikos sind (*Tabelle 6*):

- höheres Einkommen
- umweltfreundliche Werthaltung
- hedonistischer Lebensstil
- starke Gewohnheiten

Eine Innovation unterliegt einem höheren Rebound-Risiko, wenn sie sich an eine Zielgruppe mit diesen Nutzermerkmalen richtet oder wenn sie diese Nutzermerkmale aktiviert.

Sekundärindikatoren zur detaillierteren Beschreibung spezifischer Innovationen sind (*Tabelle 6*):

- höherer Bildungsstand
- umweltfreundliche soziale Normen
- hohe Technikaffinität

Tabelle 6: Wirkung von Nutzermerkmalen auf psychologische Prozesse von Rebound

| Nutzermerkmal                           | Wirkung auf psychologischen Prozess |        |                     |        |                     |        |                    |        |           |        |      |      |
|---|-------------------------------------|--------|---------------------|--------|---------------------|--------|--------------------|--------|-----------|--------|------|------|
|   | Rationale Optimierung               |        | Mentale Buchführung |        | Negativer Spillover |        | Kompens. Verhalten |        | Sättigung |        |      |      |
|   | dir.                                | indir. | dir.                | indir. | dir.                | indir. | dir.               | indir. | dir.      | indir. |      |      |
| <b>höheres Einkommen</b>                | ambivalent                          |        | ++                  | ++     | /                   | -      | ?                  | ?      | (/)       | /      | (++) | (+)  |
| <b>höherer Bildungsstand</b>            | (/)                                 | (/)    | /                   | /      | ?                   | ?      | -                  | /      | (/)       | (/)    |      |      |
| <b>umweltfreundliche Werthaltung</b>    | rebound-hemmend                     |        | (/)                 | (/)    | -                   | --     | -                  | --     | -         | --     | ++   | +    |
| <b>umweltfreundliche soziale Normen</b> | ambivalent                          |        | (/)                 | (/)    | /                   | +      | -                  | -      | (/)       | +      | (+)  | (/)  |
| <b>hedonistischer Lebensstil</b>        | rebound-steigernd                   |        | (+)                 | (++)   | ?                   | ?      | ?                  | ?      | ?         | ?      | (-)  | (--) |
| <b>starke Gewohnheiten</b>              | rebound-hemmend                     |        | --                  | -      | /                   | /      | -                  | -      | (-)       | /      | (/)  | (/)  |
| <b>hohe Technikaffinität</b>            | (/)                                 | (/)    | (/)                 | (/)    | (/)                 | (/)    | (/)                | (/)    | (/)       | (/)    | (--) | (-)  |

+ verstärkt den Prozess, – schwächt den Prozess, / kein Einfluss auf den Prozess, ? unbekannt. Angaben in Klammern sind theoretische Annahmen ohne empirischen Nachweis.

## 6. Intersektorale Effekte

Ein intersektoraler Rebound-Effekt tritt auf, wenn die eingesetzte Energieeffizienzmaßnahme durch Veränderungen der relativen Preise zu Anpassungen von Angebot und Nachfrage in allen Wirtschaftssektoren und in weiterer Folge zu einem gesamt höheren Energiebedarf führt. Der intersektorale Rebound summiert alle Änderungen im Energieverbrauch in der gesamten Wirtschaft; daher wird dieser auch oftmals als gesamtwirtschaftlicher oder makroökonomischer Rebound-Effekt bezeichnet (Gillingham et al. 2016, Sorrell 2007, Turner & Madlener 2016).

Im letzten Jahrzehnt gewann intersektoraler Rebound wesentlich an Bedeutung in der wissenschaftlichen wie auch politischen Diskussion. Zahlreiche Studien bestimmten die Höhe des intersektoralen Rebounds mittels makroökonomischen Modellen und Datenbasen und untersuchten die zentralen Wirkungskanäle. Die Ergebnisse der Studien variieren recht deutlich; dies betrifft nicht nur die Größenordnung und Relevanz des intersektoralen Rebounds sondern auch die Richtung (bspw. Backfire). Diese Varianz des intersektoralen Rebounds ist auf zahlreiche Faktoren zurückzuführen: (i) untersuchte Energieeffizienzmaßnahme (Art der Implementierung), (ii) betroffene Wirtschaftssubjekte (Unternehmen, private Haushalte), (iii) zur Analyse eingesetzte Methode (Input-Output, Ökonometrie, Allgemeine Gleichgewichtsmodelle) und (iv) Modellannahmen (Parameter, Reaktionsfunktionen, etc.).

Der intersektorale Rebound wirkt durch unterschiedliche Kanäle und Wirtschaftssubjekte, je nachdem ob der Rebound von einer produktions- oder nachfrageseitigen Energieeffizienzverbesserung ausgelöst wird. Produktionsseitige Energieeffizienzverbesserungen sind im Hinblick auf ihre gesamtwirtschaftliche Wirkung komplexer als Energieeffizienzverbesserungen in der Nachfrage privater Haushalte.

### *Produktionsseitige Energieeffizienzverbesserungen und Rebound-Wirkungskanäle*

Generell können durch energieeffiziente Maßnahmen Energiedienstleistungen günstiger bereitgestellt werden. Dies führt durch eine relativ verbesserte Ressourcennutzung zu Wirtschaftswachstum und löst je nach Art und Eigenschaft der Energieeffizienzverbesserung verschiedene Impulse in der Volkswirtschaft aus.

Bei produktionsseitigen Energieeffizienzverbesserungen werden vier intersektorale Wirkungskanäle unterschieden (Gillingham et al. 2016, Allan et al. 2007):

- *Sektoraler Reallokationseffekt*: Höhere Effizienz von Mobilitäts- und Logistikdienstleistungen in der Produktion steigert die Produktivität und führt zu einer vermehrten Substitution von anderen Produktionsfaktoren wie Arbeit und Kapital zu Gunsten der Mobilität. Diese Reallokation von Produktionsfaktoren resultiert nicht nur in Wirtschaftswachstum sondern auch in einem Mehrkonsum von fossiler Energie (Gillingham et al 2016, Saunders 2010, Kulmer & Seebauer 2017). Die gesteigerte Produktivität wird genutzt, um das Produktionsvolumen insgesamt zu erhöhen. Die Höhe des sektoralen Reallokationseffekts ist abhängig von der Produktionsstruktur des jeweiligen Wirtschaftssektors. Am stärksten ist der Reallokationseffekt bei Wirtschaftssektoren ausgeprägt, die eine relativ hohe Energieintensität aufweisen (Energieeinsatz pro Einheit Produktionsoutput) und leicht zwischen Vorleistungsgütern abtauschen können (Broberg et al. 2015). Beispiele hierfür sind vor allem klassische Branchen der Sachgütererzeugung wie die Papierindustrie,

Zementindustrie, chemische Industrie und Metallindustrie. Innovationen, welche die Effizienz von Mobilitäts- und Logistikdienstleistungen in diesen Produktionssektoren steigern, führen zu relativ hohem intersektoralen Rebound zwischen 50% und 80% (Broberg et al 2015, Allan et al. 2007, Li et al. 2016). Innerhalb internationaler Wertschöpfungsketten kann es auch zur Reallokation von Vorleistungsschritten ins Ausland kommen, wenn der Transport der Vorleistungsgüter billiger ist als die Produktion vor Ort.

- *Outputeffekt*: Die aus Energieeffizienzmaßnahmen resultierende Reduktion der Energie- und Mobilitätspreise führt zu einem Anstieg der Produktion (Outputeffekt) und zu einer Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit. Gesteigerte Produktion und Wettbewerbsfähigkeit führen in der gegenwärtigen Wirtschaftsstruktur wieder zu einem Mehrkonsum fossiler Energie. Die Metallindustrie und der Maschinenbau sind Beispiele in Österreich, wo der Outputeffekt der dominante Wirkungskanal ist und der intersektorale Rebound relativ groß wäre. Diverse Analysen schätzen diesen auf 30% bis 50% (Allan et al. 2007, Broberg et al. 2015).
- *Realer Einkommenseffekt*: Ein weiterer Wirkungskanal führt über den Arbeitsmarkt bzw. die Wirkung der Effizienzmaßnahme auf Löhne und Gehälter in der Volkswirtschaft. Die Reduktion der Energie- und Mobilitätspreise aufgrund einer Effizienzmaßnahme erhöht das reale Einkommen, die realen Löhne und Gehälter sowie das Arbeitsangebot. Dies bringt wiederum einen zusätzlichen, positiven Stimulus für die Wirtschaft, in der Gesamtoutput und Energieverbrauch steigen. Der induzierte Effekt über den Arbeitsmarkt ist umso stärker, wenn die Mobilitätsinnovation einen Großteil der Volkswirtschaft und Branchen mit einer relativen hohen Arbeitsintensität betrifft (Allan et al. 2007, Saunders 2010). Wenn Energieeffizienzmaßnahmen nur energieintensive Sektoren mit geringer Arbeitsintensität betreffen, wie beispielsweise die Papierindustrie, sind der reale Einkommenseffekt und die Produktivitätssteigerung des Faktors Arbeit vergleichsweise gering. Im Gegensatz wirken energieeffiziente Mobilitätsinnovationen im Dienstleistungsbereich wie Versandhandel, Versicherung und Gastronomie stärker auf das Realeinkommen. Selbst wenn die Mobilitätsinnovation nur in einzelnen Branchen umgesetzt wird, kann ihr Effekt auf höhere Gehälter auch in anderen Branchen ausstrahlen: Um ihre Arbeitskräfte zu halten, müssen die anderen Branchen bei der Höhe der Gehälter nachziehen (Baumol-Effekt).
- *Spillover-Effekt*: Dieser Wirkungskanal ist anzutreffen, wenn die Mobilitätsinnovation einen Technologiesprung („Frontier Technology“) auslöst. Ein bekanntes historisches Beispiel ist die Dampfmaschine, welche sogar zu einem makroökonomischen Backfire führte, weil sich vielfältige neue Anwendungsmöglichkeiten eröffneten und letztlich die Transformation zu einem auf fossilen Energiequellen beruhenden Industriesystem ausgelöst wurde (Alcott 2005, Jenkins 2011). Ein aktuelleres Beispiel sind Leichtbau-Flugzeuge, wo die Technologie der Leichtbauweise etwas später in der Pkw- und Lkw-Industrie flächendeckend eingesetzt wurde. Die Wirkung von Spillover-Effekten auf intersektoralen Rebound ist schwer abzuschätzen. Einerseits kann der intersektorale Rebound weiter abgeschwächt werden (wie dies im Beispiel Leichtbauweise der Fall war), da die Produktionstechnologien insgesamt immer energieeffizienter werden, andererseits ist es aber genauso gut möglich, dass der Energiebedarf in allen Sektoren durch Anpassungen der Technologie schlussendlich steigt (wie im Beispiel Dampfmaschine). In diesem Zusammenhang spielt eine besondere Rolle, ob

die betrachtete Mobilitätsinnovation einer radikalen oder inkrementellen Technologieentwicklung entspricht.

Aus diesen Wirkungskanälen lassen sich zentrale Indikatoren ableiten, welche das Rebound Potenzial produktionsseitiger Energieeffizienzmaßnahmen und –technologien beschreiben (Tabelle 7).

Tabelle 7: Indikatoren zur Bestimmung des intersektoralen Rebounds von produktionsseitigen Energieeffizienzverbesserungen

| Sektoren/Betriebe mit   | Rebound Potenzial  |   |  |   |
|---|--|---|--|---|
|   | Schwach  | Mittel  | Mittel   | Stark   |
| Energieintensität (EI) & Substitutionsgrad (SG) des Sektors   | <b>geringe EI, geringer SG:</b><br>Dienstleistungen: Finanzwesen, Bildung, Soziales, Unternehmensberatung, Gastronomie und Hotelwesen  | <b>geringe EI, mittlerer SG:</b> Landwirtschaft, Fischerei, Telekommunikation, Nahrungsmittelerzeugung, Textilindustrie   | <b>mittlere EI, geringe SG:</b> Stahlherzeugung, Erzeugung anderer Metalle, Maschinenbau, Verkehrswesen, Gesundheitswesen                  | <b>hohe EI, hoher SG:</b><br>Herstellungssektoren: Chemie, Aluminium, Kokereiwesen, Rest d. verarbeitenden Insutrie & Recycling, Elektrizität, Papierindustrie                          |
| CO2 Intensität des Sektors  | <b>geringe CO2 Intensität:</b><br>Elektronikprodukte, Hotelerie, Gesundheitswesen, Maschinenbau, Handel, Transport Equipment, Building, Telekommunikation, öffentliche Dienstleistungen, so. private Dienstleistungen etc. | <b>mittlere CO2 Intensität:</b> Landwirtschaft, Holzindustrie, Nahrungsmittelerzeugung, Textilindustrie, Bauwesen, Hst. v. Lederwaren, Gummiindustrie, verarbeitende Industrie, Wassertransport |  | <b>hohe CO2 Intensität:</b> Flugverkehr, Verarbeitung von nicht-metallischen Mineralien, Kokerei, Bergbau, Metallerzeugung, Elektrizitätswesen, Papierindustrie, Chemie, Inlandverkehr, |
| Anteil der Produktion des Sektors am gesamten österreichischen Produktionsvolumen (AP) & Arbeitsintensität des Sektors (AI) | <b>geringer OA, geringe AI:</b> Flugverkehr, Bergbau, Hst. v. Lederwaren, Wasserverkehr, Gummiindustrie, Rest d. verarbeitenden Insutrie & Recycling,  | <b>mittlerer OA, geringe AI:</b> Holzverarbeitung, Elektrizitätswesen, Verarbeitung von Telekommunikation,  | <b>mittlerer OA, mittlerer AI:</b> nicht-metallischen Mineralien, Bildung, Gesundheitswesen, Chemieindustrie, Einzelhandel, Landwirtschaft | <b>hoher OA, hohe AI:</b> Finanzwesen, Realitätenwesen, Großhandel, Metalindustrie, Bauwesen, Gastronomie, Tourismus,   |

Datenquellen: Statistik Austria: Input-Output Tabelle 2013, 2014; Verbrauchsausgaben 2014/2015, WIOD 2009-2011

### Nachfrageseitige Energieeffizienzverbesserungen und Rebound-Wirkungskanäle

Nachfrageseitig sind die makroökonomischen Wirkungskanäle von Energieeffizienzmaßnahmen weniger komplex und wirken sich weniger stark auf makroökonomische Parameter wie das Bruttoinlandsprodukt aus (Lecca et al. 2014, Turner 2009). Die durch die Mobilitätsinnovation erzielte Reduktion der Mobilitäts- und Energiekosten im privaten Haushaltskonsum führt dazu, dass KonsumentInnen ihr Konsumbündel anpassen: (i) die Nachfrage nach Mobilität, welche nun relativ gesehen weniger kostet, steigt (direkter Rebound über Preise), (ii) die Nachfrage nach Gütern, welche jetzt relativ mehr kosten, verlagert sich zu Gunsten des energieeffizienten Gutes (direkter Rebound über Substitution), (iii) durch die nun geringeren Energie- und Mobilitätspreise steigt die Kaufkraft der KonsumentInnen und somit steigt auch der Konsum anderer Güter (indirekter Rebound über Einkommen). Gesamtwirtschaftlich lösen diese Anpassungen in der Haushaltsnachfrage Änderungen auf allen Märkten aus. Je nach Anpassungsprozess sinkt oder steigt der Energieverbrauch für das Konsumbündel. Daher ist es möglich, dass die Energieeinsparung in der Volkswirtschaft deutlich geringer ausfällt als erwartet (Gillingham et al. 2016, Lecca et al 2014, Turner 2009).

Ausschlaggebend für die Höhe des intersektoralen Rebounds in der privaten Nachfrage sind die Anpassungsprozesse der Haushalte, die ihrerseits von zahlreichen Faktoren abhängig sind. Diese Anpassungsprozesse können unterschiedlich schnell ablaufen – als kurzfristige Reaktionen auf Preisänderungen oder als langfristige Verlagerungen in Konsummustern (siehe Kap. 10.3).

- *Anteil der fossilen Energieträger im Konsumbündel:* Je höher der Anteil der fossilen Energieträger im Konsumbündel der Haushalte, desto stärker ist der direkte aber vor allem der indirekte Rebound. Wenn die Kostenersparnis aus der Anschaffung eines treibstoffsparenden Leichtbauautos in den Konsum von Gütern mit hohem CO<sub>2</sub> Gehalt wie Elektronikgeräte, chemische und kosmetische Güter oder eine Flugreise verlagert wird, ist die Wahrscheinlichkeit sehr groß, dass ein Großteil der intendierten Emissions- und Energieersparnis kompensiert wird. Wenn die Verlagerung zu weniger CO<sub>2</sub>-intensiven Gütern erfolgt, wie Bücher, Restaurantbesuche und Kulturveranstaltungen, ist die gesamtwirtschaftliche Emissions- und Energieersparnis deutlich größer. Die Höhe des indirekten und intersektoralen Rebound resultiert aus der Differenz der CO<sub>2</sub>-Intensität zwischen dem Produkt (in diesem Beispiel das treibstoffsparende Leichtbauauto) vor der Energieeffizienzverbesserung und den anderen Gütern und Dienstleistungen im Konsumbündel. Der intersektorale Rebound ist geringer, wenn die CO<sub>2</sub>-Intensität des Produktes vor Implementierung der Effizienzmaßnahme höher ist als jene des restlichen Konsumbündels (Borenstein 2015). Die CO<sub>2</sub>-Intensität des Konsumbündels privater Haushalte unterscheidet sich nach soziodemografischen Merkmalen (bspw. sind nachhaltige Konsummöglichkeiten in Städten stärker vertreten als in ländlichen Gebieten; Einkommen; Sommer & Kratena 2017).
- *Verfügbares Einkommen:* Die Höhe des verfügbaren Einkommens bestimmt, ob direkter oder indirekter Rebound dominiert (Kulmer & Seebauer 2017). Haushalte in den unteren Einkommensquartilen nutzen Energieeffizienzmaßnahmen häufig zur Steigerung ihres Komfortlevels und neigen somit zur verstärkten direkten Nutzung (Madlener & Hauertmann 2011). Die Anschaffung eines treibstoffsparenden Autos ermöglicht das Zurücklegen längerer und zusätzlicher Wege. Haushalte im untersten Einkommensquartil haben ein weniger CO<sub>2</sub>-intensives Konsumbündel, da sie den Großteil ihres Einkommens zur Deckung von Betriebskosten und primären Bedarfsgütern (Lebensmittel, Verkehr) verwenden; Luxusgüter und andere stark energieintensive, höherpreisige Konsumgüter (Elektronikgeräte, Fernreisen) werden weniger nachgefragt (Lecca et al. 2014). Wenn das untere Einkommenssegment seinen Konsum verlagert, dann eher zu weniger CO<sub>2</sub>-intensiven Produkten und Dienstleistungen wie Kinobesuche, Restaurantbesuche oder Kleidung. Im Gegenzug, wenn die Innovation vor allem auf einkommensstarke Haushalte abzielt, ist der indirekte Rebound stärker und der intersektorale Rebound fällt tendenziell höher aus.

Tabelle 8: Indikatoren zur Bestimmung des intersektoralen Rebounds von nachfrageseitigen Energieeffizienzverbesserungen

| Sektoren/Betriebe mit  | Rebound Potenzial   |  |   |
|--|---|--|---|
|  | Schwach   | Mittel   | Stark   |
| Anteil an CO2 intensiven Produkten im Konsumbündel der Haushalte | <b>Geringen Anteil an:</b> energie-verbrauchenden Gütern (Stromheizung, zahlreiche Flugreisen, Unterhaltungselektronik), Luxusgüter, Motorisierter Individualverkehr<br><b>Hohen Anteil an:</b> Lebenserhaltungskosten, Kosten für Wohnen, Biobiolebensmittel, Niedrig-Energieverbrauchsgeräte, Ausgaben für Bildung und Kultur, nachhaltigen Textilien | <b>Unterdurchschnittlichen Anteil an:</b> Biobiolebensmittel, Kulturgüter, nachhaltigen Textilien,<br><b>Nicht zu hohen Anteil an:</b> energieintensiven Gütern wie Flugverkehr, konventionelle Lebensmittel und Unterhaltungselektronik | <b>Hohen Anteil an:</b> energie-verbrauchenden Gütern, Kosmetikprodukte, Konventionelle Lebensmittel, Flugreisen und Urlaubsreisen, Luxusgüter (Sportwagen als Drittwagen)<br><b>Geringen Anteil an:</b> Lebenserhaltungskosten, Kosten für Wohnen, Kulturgüter |
| Verfügbares jährliches Haushaltseinkommen (HE)                   | <b>Geringes HE:</b> Unterstes Einkommensquartil des verfügbaren jährlichen Haushaltseinkommens; 2016 lag dies bei 21.600 €  | <b>Mittleres HE:</b> Media des verfügbaren jährlichen Haushaltseinkommens; 2016 lag dieser bei 34.900 €  | <b>Sehr hohes HE:</b> Oberstes Einkommensquartil des verfügbaren jährlichen Haushaltseinkommens; 2016 lag dies bei 52.800€  |
| Implementierungskosten der Effizienztechnologie (KO)             | <b>Hohe KO:</b> Investitionsvolumen > 50% des verfügbaren jährlichen Haushaltseinkommens, zusätzliche Leasing gebühren (Rate über 15% des monatlichen verfügbaren Einkommens)   | <b>Nicht all zu hohe KO:</b> Investitionsvolumen zwischen 15% und 30% des verfügbaren jährlichen Haushaltseinkommens, geringe zusätzliche finanzielle Belastung (< 10% des monatlichen verfügbaren Einkommens)                           | <b>Geringe bis keine KO:</b> keine KO, einmalige Verwaltungs- oder Installationsgebühren (< 1.000€), unzureichende zusätzliche finanzielle Belastung (<5% des monatlichen verfügbaren Einkommens)   |

Datenquelle: Statistik Austria: Input-Output Tabelle 2013, 2014; Verbrauchsausgaben 2014/2015, WIOD 2009-2011

- Anschaffungskosten der Effizienzmaßnahme:** Die Höhe des intersektoralen Rebounds ist auch von den zusätzlichen Kosten abhängig, welche die Anschaffung der Effizienzmaßnahme verursacht. Bei kostenneutralen Effizienzmaßnahmen kostet die Innovation ähnlich viel wie die nichteffiziente konventionelle Technologie; Beispiele sind das Leichtbauauto, und voraussichtlich in wenigen Jahren auch Hybrid-Autos und Elektroautos, sobald sich die Preise dieser Fahrzeuge an gleichwertige konventionelle Autos angeglichen haben. Bei kostenverursachenden Effizienzmaßnahmen fallen hingegen höhere Anschaffungskosten als für die Referenztechnologie an. Beispiele sind Wärmedämmung an Gebäuden, Anschaffung eines zusätzlichen Autos oder der Kauf eines Elektro- oder Hybrid-Autos zu aktuellen Marktbedingungen. Kostenverursachende Effizienzmaßnahmen dämpfen den direkten und indirekten Rebound, da die Kostenersparnis aus der billigeren Nutzung vorwiegend dafür herangezogen wird, um die Anschaffungskosten zu amortisieren, anstatt die Nutzung zu intensivieren. Je nach Geschäftsmodell kann der Einfluss der Anschaffungskosten nivelliert werden: Sind beispielsweise die monatlichen Leasing-Raten für ein effizientes Auto nicht deutlich höher als jene vor Anschaffung des effizienten Fahrzeugs, so fallen die zusätzlichen Kosten nicht wesentlich ins Gewicht.

Auch auf Nachfrageseite können aus den Wirkungskanälen zentrale Indikatoren abgeleitet werden, welche das Rebound-Risiko von nachfrageseitigen Energieeffizienzverbesserungen beschreiben (Tabelle 8).

Abschließend ist anzumerken, dass intersektoraler Rebound auch gewünscht sein kann, wenn der Effizienzgewinn zu Wirtschaftswachstum und einer kostengünstigeren Ressourcennutzung führt.

Ausschließlich wachstumsorientierte Wirtschaftspolitik steht jedoch in einem inhärenten Widerspruch zu Klimaschutz, außer es gelingt, indirekte Rebound-Effekte auf weniger CO<sub>2</sub>-intensive Sektoren umzulenken (OECD 2010).

Zusammengefasst ergeben sich aus den Wirkungskanälen und den in *Tabelle 7* und *Tabelle 8* identifizierten kritischen Faktoren folgende Primär- und Sekundärindikatoren:

*Primärindikatoren:*

- Investitionen: Implementierungskosten der Effizienztechnologie
- Verfügbares Einkommen
- CO<sub>2</sub>-Intensität des Betriebs

*Sekundärindikatoren:*

- Substitutionsgrad und Energieintensität des Sektors
- Arbeitsintensität des Sektors
- CO<sub>2</sub>-Intensität des Konsumbündels

## 7. Gesellschaftliche und politische Treiber

### 7.1. Zusammenhang zwischen Markttrends und Rebound im Personenverkehr

Die Verkehrsleistung und die daraus resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen nehmen seit Jahren unverändert stark zu (Umweltbundesamt 2016). Hinter diesem Verkehrswachstum steht eine Reihe von umweltschädlichen Markttrends, die zu mehr und längeren Wegen im motorisierten Individualverkehr führen. Daneben sind umweltfreundliche Markttrends zu beobachten, welche die Entwicklung zu einem nachhaltigen Verkehrssystem vorantreiben (*Tabelle 9*).

Markttrends und Rebound sind eng miteinander verwoben und verstärken sich oft gegenseitig. Es ist dabei hilfreich, zwischen dem allgemeinen Rebound im gesamten Verkehrssystem und dem spezifischen Rebound einzelner konkreter Innovationen zu unterscheiden.

*Markttrends, gesellschaftliche Trends und allgemeiner Rebound im Verkehrssystem befeuern sich gegenseitig*

Die meisten Markttrends werden durch eine allgemeine Effizienzsteigerung ermöglicht und vorangetrieben. Alle Elemente des Verkehrssystems entwickeln sich durch den technologischen Fortschritt über die Jahre hinweg zu geringerem Energieeinsatz, schnelleren Höchstgeschwindigkeiten und geringeren Kosten. Der Kapazitätsausbau im Straßennetz führt zu induziertem Verkehr durch vermehrte Nutzung der nun schnelleren Verbindung (Hymel et al. 2010).

Diese allgemeine Effizienzsteigerung wird an vielen Stellen des Verkehrssystems durch viele kleine Innovationen erzielt. Die Summe dieser Innovationen ermöglicht, dass sich die Markttrends entfalten können. Zum Beispiel führt der gesellschaftliche Trend der räumlichen Trennung von Wohnen, Arbeiten und Freizeitaktivitäten dazu, dass mehr und längere Wege zurückgelegt werden. In diesem Trend spielen raumplanerische Entwicklungen, der Ausbau höherrangiger Straßen und zahlreiche weitere Effizienz-Innovationen zusammen – unter anderem, dass die Entwicklung treibstoffsparender Antriebe die laufenden Kosten eines privaten Pkw verringert hat und man sich dadurch eher die räumliche Trennung von Aktivitäten leisten kann. Markttrends sowie gesellschaftliche Trends sind im Regelfall an ein Bündel zusammengehöriger Innovationen gekoppelt (Geels 2011). Zum Beispiel schafft der Trend zu weiter entfernten Reisezielen die Nachfrage für einen Ausbau von Schnellladestationen auf Autobahnen; im Gegenzug führt die Verfügbarkeit von E-Autos ohne Reichweitenangst dazu, dass längere Anfahrtswege zu Reisezielen unternommen werden.

Technologischer Fortschritt führt zwar zu Rebound, ist aber darüber hinaus ein wichtiger Treiber von Wirtschaftswachstum und gesellschaftlicher Entwicklung (Herring & Sorrell 2009). Historisch gesehen hat die Dampfmaschine den weltweiten Wohlstandsgewinn durch die Industrialisierung ermöglicht, weil der Effizienzvorteil der Dampfmaschine gegenüber manueller Arbeit genutzt wurde, um mehr und kostengünstigere Produkte und Dienstleistungen anzubieten (Jenkins et al. 2011). Im gleichen Sinne führt der kumulierte Effizienzvorteil vieler Verkehrsinnovationen dazu, dass heutige Markttrends voll greifen können, und diese Markttrends setzen einen Anreiz, laufend weitere Innovationen auf den Markt zu bringen.

*Pfadabhängigkeiten begünstigen Rebound bei inkrementellen Innovationen, aber hemmen Rebound bei radikalen Innovationen*

Pfadabhängigkeiten entstehen durch lange Erneuerungszyklen von 20-50 Jahren bei Straßen- und Schieneninfrastruktur sowie bei Verteilungssystemen für Energieträger (Raffinerien, Tankstellen, Ladestationen, elektrische Oberleitungen, ...), oder durch dominante Technologien, die sich aufgrund von Skalen- und Netzwerkeffekten am Markt behaupten und den Markteintritt von Innovationen bremsen (Fischedick & Grunwald 2017). Pfadabhängigkeiten machen das bestehende Verkehrssystem stabil und veränderungsresistent. Heutige Entscheidungen für Investition in einen bestimmten Pfad können die Flexibilität zukünftigen Handelns einschränken. Markttrends und Pfadabhängigkeiten interagieren oft miteinander. Beispielweise wurden in der Mitte des 20. Jahrhunderts viele urbane Siedlungsstrukturen als Reaktion auf die Aufkommen privater Pkws nach dem Leitbild der „autogerechten Stadt“ adaptiert; in der Folge konnten sich Pkws rasch durchsetzen und neue Mobilitätsformen müssen nun gegen dieses dominante Verkehrsmittel konkurrieren.

Pfadabhängigkeiten können Rebound bei inkrementellen Innovationen erhöhen, die bestehende Mobilitätsangebote lediglich effizienter anbieten (siehe Kap. 4). Weil das Verkehrssystem bereits auf diese Angebote ausgerichtet ist, fällt die Mehrnutzung relativ leicht. Der Rebound bei radikalen Innovationen dürfte hingegen durch Pfadabhängigkeiten gebremst werden: Da radikale Innovationen auf allgemeinen Widerstand der etablierten Verkehrsangebote stoßen, ist auch eine Mehrnutzung durch Rebound weniger wahrscheinlich.

*Umweltschädliche Markttrends erhöhen die absoluten Auswirkungen des Rebounds einzelner Innovationen*

Auf der Ebene einzelner Innovationen führen die Markttrends dazu, dass sich diese Innovationen schneller am Markt durchsetzen und ältere Technologien ersetzen, etwa wenn durch die Umwälzung des Fahrzeugbestands alte Autos mit hohem Verbrauch allmählich in den Gebrauchtwagenmarkt und auf den Schrottplatz verdrängt werden. Umweltschädliche Markttrends sowie umweltkontraproduktive gesellschaftliche Trends erhöhen die Anzahl der NutzerInnen und Wege im Verkehrssystem und damit die Anzahl der Gelegenheiten, bei denen die Innovation aufgegriffen werden kann. Gemeinsam mit diesem allgemeinen Anstieg des Verkehrsaufkommens nimmt auch die Verkehrsnachfrage zu, die durch eine konkrete Innovation abgedeckt werden kann.

Weil ein Markttrend die absolute Nutzung einer spezifischen Innovation erhöht, z.B. wie viele Personenkilometer mit dieser Innovation zurückgelegt werden, steigt auch die absolute Emissionshöhe. Zum Beispiel hat die Innovation E-Auto für sich alleine einen direkten Rebound von 15-30% (siehe Kap. 2.1, 9.1). Wenn die Innovation E-Auto auf den gesellschaftlichen Trend Wohnen am Stadtrand trifft, steigen die absolut zurückgelegten Kilometer und somit der absolute Energieverbrauch, da Bewohner in peripheren Bezirken an Werktagen durchschnittlich 15,5 km mehr zurücklegen als Bewohner von Großstädten (Tomschy et al. 2016). Folglich wäre der Rebound, gemessen in absolut zurückgelegten Kilometer, in peripheren Bezirken um 2,3-4,6 km höher.

*Markttrends können den Rebound in hochelastischen Nutzersegmenten exponentiell verstärken*

Das Zusammenwirken von Markttrend und Rebound kann sich gegenseitig aufschaukeln, wenn der Markttrend zur Herausbildung von Nutzersegmenten führt, die überproportional stark auf einen Effizienzgewinn reagieren – oder, ökonomisch gesprochen, eine sehr hohe Preiselastizität der Nachfrage aufweisen.

Beispielsweise hat sich durch den Trend zu Wohnen im Einfamilienhaus eine Nutzergruppe im Speckgürtel von Ballungsräumen herausgebildet, in der fast alle Haushaltsmitglieder über ein eigenes Auto verfügen und damit fast alle Alltagswege zurücklegen. Diese Nutzergruppe hat, im Vergleich zur österreichischen Gesamtbevölkerung, mehr Möglichkeiten zur Ausweitung ihres Aktionsradius, da sie über einen guten Mobilitätszugang sowohl zum ländlichen Erholungsraum als auch zum städtischen Arbeits-, Konsum- oder Kulturangebot verfügen. Wenn diese Nutzergruppe Elektro-Autos anschafft, wäre ein überdurchschnittlicher direkter Rebound zu erwarten, weil ihr Mehrkonsum weniger stark durch die verkehrliche Erschließung begrenzt wird. Wissenschaftliche Studien, die systematisch den Rebound verschiedener Nutzergruppen vergleichen, sind aber selten (z.B. unterscheiden Madlener & Hauertmann 2011 zwischen WohnungseigentümerInnen und –mieterInnen; Kulmer & Seebauer 2017 differenzieren nach Autobesitz, Erwerbstätigkeit, Kindern im Haushalt und Siedlungstyp).

Hier können zwei Effekte zusammenfallen, wie Gesellschafts- und Markttrends den Rebound verstärken: Neue hochelastische Nutzersegmente zeigen einen höheren Rebound im Sinne des relativen Anteils des Effizienzgewinns, der durch vermehrte Nutzung kompensiert wird. Darüber hinaus führt der Markttrend zu einem höheren Verkehrsaufkommen, so dass auch das absolute Ausmaß des Rebounds höher ausfällt.

*Innovationen haben weniger Rebound, wenn sie einem umweltfreundlichen Trend folgen*

Innovationen haben einen geringeren Rebound, wenn sie auf einem umweltfreundlichen Markttrend „mitreiten“. Die beiden oben beschriebenen Effekte wirken dann in die Gegenrichtung: Ein umweltfreundlicher Markttrend verringert das Verkehrsaufkommen im motorisierten Individualverkehr und damit die absolute Höhe des Rebounds. Durch einen umweltfreundlichen Markttrend können umweltbewusste KundInnensegmente entstehen, die unterdurchschnittlich auf einen Effizienzgewinn reagieren und damit einen niedrigeren relativen Rebound aufweisen.

Der gesellschaftliche Trend zu virtuellen Dienstleistungen führt z.B. dazu, dass Spielfilme vermehrt über Download-Bezahlportale statt im Kino konsumiert werden. Das absolute Verkehrsaufkommen sinkt, weil weniger Wege zum Kino oder ins DVD-Fachgeschäft rückgelegt werden. Technikaffine KonsumentInnen könnten mit View-at-Home so gute Erfahrungen machen, dass sie auch anderen Freizeitaktivitäten in den virtuellen Raum verlagern, etwa mit ihrem Freundeskreis online kommunizieren und weniger Wege zu Clubs und Bars unternehmen.

Tabelle 9: Beispiele für reboundrelevante Markt- und Gesellschaftstrends

|                         | <b>Markt- und Gesellschaftstrends</b>                           | <b>direkte Wirkung auf private Mobilität</b>  | <b>indirekte Wirkung auf privaten Konsum</b>  |
|-------------------------|---|---|---|
| <b>umweltschädlich</b>  | allgemeiner Wohlstandszuwachs durch Wirtschaftswachstum         | – mehr Zweit- und Drittautos<br>– mehr Freizeitaktivitäten und Urlaubsreisen                          | – mehr Konsum in allen Sektoren<br>– schnellerer Markteintritt von Innovationen                                       |
|                         | Präferenz für schwerere und stärker motorisierte Pkws           | – Effizienzgewinn bei Treibstoffverbrauch wird kompensiert  | – gering  |
|                         | Wohnen am Stadtrand und auf dem Land                            | – längere Wegstrecken<br>– kurze, spontane Wege werden in Auto-Wegekettens integriert                 | – gering  |
|                         | Ausbau des (hochrangigen) Straßennetzes                         | – Verlagerung zum Auto<br>– längere Wege im Pendelverkehr   | – mehr Konsum, weil Transportkosten vieler Güter sinken   |
|                         | räumliche Trennung von Wohnen, Arbeiten und Freizeit            | – mehr Wege, u.a. für Holen/Bringen von Kindern<br>– längere Wegstrecken                              | – gering  |
| <b>umweltfreundlich</b> | Wertewandel zu ökologischem Konsum                              | – Verlagerung auf CO <sub>2</sub> -arme Autos<br>– Verlagerung zu ÖV und Radfahren                    | – Verlagerung zu weniger CO <sub>2</sub> -intensiven Produkten<br>– weniger Privatbesitz infolge von Sharing-Modellen |
|                         | Onlinehandel und Zustelldienste                                 | – weniger private Einkaufswege<br>– erhöhter Wirtschaftsverkehr durch fehlgeschlagene Zustellversuche | – gering  |
|                         | Angebot (virtueller) Dienstleistungen statt physischer Produkte | – Abnahme des privaten Fahrzeugbesitzes<br>– weniger Wege   | – weniger CO <sub>2</sub> -intensiver Konsum  |

## 7.2. Stellenwert in politischen Strategien

Politische Strategien und Richtlinien sind die Grundlage für die konkrete Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen. Wie Rebound in Strategiedokumenten thematisiert wird, ist daher die erste Instanz der Rebound-Prävention. Die folgende Übersicht über ausgewählte verkehrs- und umweltpolitische Strategien zeigt den aktuellen Stellenwert von Rebound in der politischen Debatte auf, und bietet Denkanstöße für die Ausrichtung zukünftiger Strategien.

### *Erst kürzlich wird Rebound in österreichischen Strategien aufgegriffen*

Vivanco et al. (2016) zeigen, dass die Nennung des Begriffs „Rebound-Effekt“ in EU-Dokumenten seit 2005 massiv zunahm; nach einer Spitze in 2011 wurde Rebound aber wieder seltener erwähnt. Die Energieeffizienzrichtlinie (EU 2012) spricht direkten Rebound nur im Annex als Teil der Berechnungsmethodik von Einsparungen an; indirekter und intersektoraler Rebound werden gar nicht thematisiert.

In Österreich hat der Begriff Rebound eine noch geringere Bedeutung erfahren. Unter den hier ausgewerteten österreichischen Strategiedokumenten findet sich die erste Nennung von „Rebound“ an einer einzigen Stelle in der Energiestrategie Österreich (BMWfJ & BMLFUW 2010:102): Es wird angemerkt, dass Rebound bei Gebäudesanierung auftreten kann; die Stärke des Effekts wird aber nicht quantifiziert oder in die Szenarien einberechnet.

Der aktuelle Umweltkontrollbericht (Umweltbundesamt 2016) spricht Rebound-Effekte als Risiko bei einer kohlenstoffarmen Transformation des Wirtschaftssystems hin zu Energiedienstleistungen sowie als ein Kriterium in integrierten Nachhaltigkeitsberichten an. Im Umweltkontrollbericht wird darauf hingewiesen, dass Rebound die tatsächliche Erreichung von berechneten Effizienz-Einsparungen vermindern kann (S. 33, 293); quantitativ einberechnet wird Rebound jedoch auch hier nicht.

Rebound wurde vereinzelt in österreichischen Innovations-Förderprogrammen aufgegriffen. In der 3. Ausschreibung von „Neue Energien 2020“ im Jahr 2009 wurde Rebound im Zusammenhang mit verbraucherseitigen Maßnahmen erwähnt, welche Energieeinsparungen ohne Komfortverlust ermöglichen. Die 9. Ausschreibung des Förderprogramms „Mobilität der Zukunft“ (BMVIT 2017) formulierte einen strengeren Anspruch und forderte Forschungsvorhaben zu Verhaltensinnovationen und automatisiertem Fahren explizit auf, Rebound-Effekte zu berücksichtigen.

#### *Szenarien nehmen implizit an, dass Effizienzgewinne vollständig realisiert werden*

Richtwerte für die Höhe von Rebound sind seit einigen Jahren aus der wissenschaftlichen Literatur verfügbar (siehe Kap. 2.1). Es wäre daher leicht möglich, in der Berechnung von Energieszenarien die erwarteten Effizienzgewinne um einen entsprechenden Anteil zu vermindern. Vereinzelt wird das bereits gemacht: Im britischen CERT Programm für Gebäudesanierung werden 15% der erwarteten Einsparungen als Rebound herausgerechnet (Maxwell et al. 2011). Die US Corporate Average Fuel Economy Standards für Pkws berücksichtigen 15% Rebound durch längere Wegstrecken (NHTSA 2009).

In österreichischen Strategien ist das bisher unterblieben. Die implizite Erwartung, dass Effizienzgewinne vollständig realisiert werden, zieht sich in einem Bogen vom Grünbuch Energieeffizienz (E-Control 2008) bis hin zu den aktuellen Energieszenarien des Umweltkontrollberichts (Umweltbundesamt 2016:205). Die Energiestrategie Österreich (BMWfJ & BMLFUW 2010:108) nimmt 15% Energieeffizienzsteigerung in der Pkw-Flotte bis 2020 an, ohne diese Zahl in Bezug zu Verkehrswachstum oder Rebound zu setzen.

#### *Dominanz von Energieeffizienz als Lösungsansatz*

Alle hier untersuchten Strategien setzen vorrangig auf eine Steigerung der Energieeffizienz durch technologischen Fortschritt, um Energieverbrauch, Treibhausgasemissionen und den Ausstoß anderer Luftschadstoffe zu senken. Dieser Zugang verspricht höhere Akzeptanz bei Unternehmen und WählerInnen, da gewohnte Abläufe, Ansprüche und Komfortlevels unverändert bleiben. Grundsätzlich unterliegt aber jede Maßnahme, welche die gleiche Mobilitätsdienstleistung effizienter bereitstellt, dem Risiko von Rebound. Energieeffizienz ist zweifellos ein zentraler Baustein, um Österreichs Klima- und Umweltziele zu erreichen. Je dominanter dieser Baustein aber ist und je weniger das Auftreten von Rebound berücksichtigt wird, desto wahrscheinlicher ist es, dass Österreich letztendlich seine Klima- und Umweltziele verfehlt.

### *Strategien enthalten reboundfördernde und reboundhemmende Elemente*

Obwohl Rebound kaum explizit angesprochen wird, nehmen die Zielsetzungen und Maßnahmen der verschiedenen Strategien aber indirekt auf Rebound Bezug. Die bestehenden Strategien verhalten sich nicht neutral zum Thema Rebound, sondern sind in der Ausrichtung und Formulierung ihrer Ziele entweder reboundfördernd oder reboundvermeidend – beziehungsweise treten beide Wirkungsrichtungen auf, da fast alle Strategien widersprüchliche Signale hinsichtlich Rebound setzen.

Tabelle 10 und Tabelle 11 fassen wesentliche reboundrelevante Merkmale von österreichischen und relevanten europäischen Strategien zusammen. Diese Merkmale weisen keinen eindeutigen kausalen Zusammenhang zum Auftreten und zur Höhe von Rebound-Effekten auf. Sie schaffen aber ein Handlungsumfeld, das Rebound mehr oder weniger wahrscheinlich bzw. mehr oder weniger hoch macht. Auch wenn hier nicht die gesamte Landschaft an verkehrs-, umwelt- und innovationspolitischen Strategien erschöpfend ausgewertet wurde, sind die aufgezeigten Merkmale gut auf andere Strategien übertragbar. Zugleich veranschaulicht diese Übersicht, wie zukünftige Strategien reboundvermeidend ausgerichtet werden können.

Tabelle 10: Reboundfördernde Elemente in verkehrs- und umweltpolitischen Strategien

| Ausrichtung   | Ziel / Maßnahme           | Strategie  |                            |
|---|---------------------------|--|----------------------------|
| <b>Förderung der heimischen Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung</b><br><br>Treibt intersektoralen Rebound an (außer die geförderten Sektoren und ihre indirekten Vorleistungen sind deutlich weniger energieintensiv). | <b>starker Einfluss</b>   | – Überwinden der Wirtschaftskrise und Förderung von Wirtschaftswachstum  | EU 2012 (#1, #49)          |
|   |                           | – Innovation und eine nachhaltige, wettbewerbsfördernde Energiepolitik für Wirtschaftswachstum   | EU 2009 (#3)               |
|   |                           | – wirtschaftlicher Fortschritt und gesellschaftlicher Wohlstand  | GVP 2012 (S. 4)            |
|   |                           | – durch Innovationen bestehende Märkte befruchten bzw. neue Märkte generieren  | RoadmapPers 2014 (S. 5, 7) |
|   |                           | – wichtige Rolle wirtschafts- und industriepolitischer Ziele   | RoadmapGüter 2015 (S. 11)  |
|   |                           | – jeder Euro an Wertschöpfung der Logistikbranche in Österreich sichert bis zu 4,11 Euro an Wertschöpfung in Österreichs Wirtschaft  |                            |
|   |                           | – möglichst hohe Wertschöpfung für Unternehmen<br>– mithilfe von Öko-Innovationen Österreichs Wettbewerbsfähigkeit langfristig sichern<br>– Wirtschaftswachstum und eine höhere Beschäftigungsrate | EnStrat 2010 (S. 4-5, 14)  |
| <b>Relative Ziele</b>   | <b>schwacher Einfluss</b> | – jährliche Energieeinsparungen von 1,5% des Energieabsatzes an EndkundInnen   | EU 2012 (§ 7(1), #22)      |
| Relative Ziele schließen nicht aus, dass zugleich absolutes Wachstum stattfindet.   |                           | – dieses Anforderung stellt keine Deckelung des Energieabsatzvolumens dar  |                            |
|   |                           | – mind. 10 % Biokraftstoffe am Benzin- und Dieselkraftstoffverbrauch bis 2020  | EU 2009 (§ 3(4))           |
|   |                           | – 40 % des Güterverkehrs bis 2025 auf der Schiene abwickeln  | GVP 2012 (S. 7)            |
| <b>Ziele als Output statt als Outcome definiert</b>   | <b>schwacher Einfluss</b> | – 4 Bahn-Güterterminals, jährlich 2000 neue Park&Ride-Stellplätze, jährlich 700 neue überdachte Zweiradabstellplätze   | GVP 2012 (S. 5, 57)        |
| Ohne explizite Erwartungen an die Wirkung geplanter Maßnahmen kann kein Rebound bestimmt werden.  |                           | – 3000-4000 Normalladepunkte und 500-700 Schnellladepunkte für elektrische Straßenfahrzeuge bis 2020   | NatStrat 2016 (S. 25)      |

|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| <b>Erhöhung von Transportkapazitäten, Verkürzung von Reise- und Verladezeiten</b>   |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– +30% Schienen-Streckenkapazität, Erhöhung von 7000 auf 9000 Züge pro Tag</li> <li>– -15% Stautunden auf Autobahnen und Schnellstraßen bis 2015 durch intelligente Verkehrstechnologien</li> <li>– Steigerung der Effizienz: Reduzieren von Staus, Verkehrsinformationssysteme für Wegekettens, IKT-Systeme für Güterlogistik, Schienennetzausbau für höhere Geschwindigkeiten</li> <li>– Verkürzung von ÖV-Reisezeiten durch Infrastrukturausbau und Investitionen in neues Zugmaterial</li> </ul>  | GVP 2012<br>(S. 5, 7, 36, 49, 53, 66)   |
| <p>Größere Kapazitäten führen zu höherer Nachfrage (Rebound durch induzierten Verkehr). Gewonnene Zeit wird für zusätzliche Wege und Aktivitäten eingesetzt.</p>  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Entwicklung und Optimierung bei Be-/Entladung und Fahrzeugauslastung</li> <li>– bessere Schnittstellen bei multimodalen Knoten zu Kunden und Anschlussinfrastruktur</li> </ul>  | RoadmapGüter 2015<br>(S. 41, 43, 46, 49)  |
| <b>Erhöhung von Flexibilität und Erreichbarkeit, Reduktion von Zugangsbarrieren</b>   |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zugänglichkeit und Barrierefreiheit des Verkehrssystems verbessern</li> <li>– bis 2020 sind 50% aller genehmigten Neubauten max. 500 m von einer ÖV-Haltestelle entfernt</li> <li>– bedarfsgerecht individuell konfigurierbare und alternativ bzw. integrativ nutzbare Mobilitätsangebote</li> <li>– physische bzw. kognitive Nutzungsbarrieren minimieren, Zugänglichkeit und Erreichbarkeit gewährleisten</li> <li>– Einführung eines österreichweiten Taktfahrplans, zentrales Tarif- und Buchungssystem, österreichweit gültige ÖV-Netzkarten, dichtes Linien- und Haltepunktenetz</li> </ul> | GVP 2012<br>(S. 4, 6-7, 43)   |
| <p>Zusätzliches Verkehrsaufkommen durch Nutzersegmente, die bisher wenig mobil waren. Flexiblere Angebote begünstigen einen Wechsel nicht nur vom Auto, sondern auch von anderen Verkehrsmitteln des Umweltverbundes.</p> |  |  | RoadmapPers 2012<br>(S. 15, 18)   |
| <b>Förderung effizienter Antriebstechnologien</b>   |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Steigerung des Anteils von Elektrofahrzeugen und kleineren Fahrzeugen mit geringerer Motorleistung unter allen hergestellten Fahrzeugen</li> <li>– Erhöhung des Anteils an Elektrofahrzeugen in verschiedenen Flotten</li> <li>– Elektromobilität als wichtiger Beitrag um saubere und leistbare Mobilitätsangebote zu etablieren</li> <li>– Integration von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb</li> <li>– Steigerung der Energieeffizienz durch elektrische oder emissionsarme Antriebe</li> </ul>  | EU 2009<br>(# 28)<br>NatStrat 2016<br>(S. 37)<br>UPlan 2012<br>(S. 10)<br>RoadmapGüter 2015<br>(S. 41)<br>EnStrat 2010<br>(S. 7, 10, 31, 75ff.) |
| <p>Gesparte Treibstoffkosten werden in zusätzliche Wege oder anderen Konsum investiert.</p>   |  |  |   |

EU 2012 = Energieeffizienz-Direktive (EU 2012). EU 2009 = Erneuerbare-Direktive (EU 2009a). GVP = Gesamtverkehrsplan (BMVIT 2012). RoadmapPers = Mobilität der Zukunft Roadmap Personenmobilität (AIT 2014). RoadmapGüter = Mobilität der Zukunft Roadmap Gütermobilität (EConsult & Herry Consult 2015). EnStrat = Energiestrategie (BMWFI et al. 2010). NatStrat = Nationaler Strategierahmen (BMVIT et al. 2016). UPlan = Umsetzungsplan Elektromobilität (BMLFUW et al. 2012). # Begründungspunkt.

Tabelle 11: Reboundhemmende Elemente in verkehrs- und umweltpolitischen Strategien

| Ausrichtung   | Ziel / Maßnahme   | Strategie                |
|---|---|--------------------------|
| <b>Entkopplung des Energieverbrauchs von Wirtschafts- und Verkehrswachstum</b><br><br>Umgeht die marktwirtschaftliche Logik, dass Effizienzsteigerungen für eine Verbilligung des Angebots verwendet werden und dadurch zusätzliche Nachfrage anstoßen. | starker Einfluss<br>– Energienutzung vom Wirtschaftswachstum entkoppeln<br>– positive Effekte des österreichischen Verkehrssystems von Lärm- und Schadstoffemissionen, Unfallkosten etc. entkoppeln<br>– Umweltwirkung und steigende Verkehrsleistung entkoppeln<br>– Entkopplung von Wirtschaftsleistung und Energieverbrauch bis 2020   | EU 2012 (#4)             |
|   |   | GVP 2012 (S. 11)         |
|   |   | NatStrat 2016 (S. 5)     |
|   |   | EnStrat 2010 (S. 38)     |
| <b>Absolute Ziele</b><br><br>Stellen sicher, dass eventueller Rebound durch andere Maßnahmen ausgeglichen wird.   | starker Einfluss<br>– Treibhausgasemissionen bis 2050 um 80-95% gegenüber 1990 senken<br>– CO2-Emissionen des Verkehrs bis 2025 um 19% im Vergleich zu 2010 senken<br>– Energieverbrauch im Verkehr von derzeit 240 auf unter 210 PJ in 2025 senken<br>– Energieverbrauch im Mobilitätssektor bis 2020 um -5% auf 366 PJ senken   | EU 2012 (#17)            |
|   |   | GVP 2012 (S. 4, 48)      |
|   |   | EnStrat 2010 (S. 38)     |
| <b>Einbettung von Effizienztechnologien in nachhaltige Entwicklung</b><br><br>Ausrichtung auf breite Nachhaltigkeitsziele intersektoralen Rebound und führt so zu einer Reduktion der Energieintensität.  | starker Einfluss<br>– Bewertung der ökologischen und sozialen Auswirkungen der Produktion und des Verbrauchs von Biokraftstoffen<br>– Schattenseiten des Verkehrs wie Emissionen, Unfälle, Ressourcenverbrauch und hoher Flächenbedarf minimieren<br>– auch Null-Emissions-Fahrzeuge lösen nicht das Problem des Platzbedarfs in Stadtzentren<br>– insgesamt nachhaltige Verkehrsentwicklung und qualitative Verkehrsänderungen<br>– Einsatz alternativer Kraftstoffe einbinden in gesamtverkehrliche und gesamtwirtschaftliche Zielsetzungen<br>– Gesamtbilanz, die auch Flächenverbrauch in die Bewertung von Umwelteffekten einbezieht<br>– Erfüllung der Daseinsgrundfunktionen, gleichzeitig jedoch die Bevölkerung auf nachhaltigere Mobilitätspfade führen<br>– auf Anforderungen der Verkehrs-, Umwelt-, Sozial- oder Gesundheitspolitik eingehen | EU 2009 (#9, #17, #65)   |
|   |   | GVP 2012 (S. 4, 20)      |
|   |   | NatStrat 2016 (S. 4, 27) |
|   |   | UPlan 2012 (S. 21)       |
|   |   | RoadmapPers 2014 (S. 6)  |
|   |   |                          |

|  |  |  |
|--|--|--|
| Einbettung von Effizienztechnologien in nachhaltige Entwicklung  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– wirtschaftliche Nutzung alternativer Mobilitätsformen bei gleichzeitiger Reduktion negativer gesellschaftlicher und ökologischer Auswirkungen des Güterverkehrs</li> <li>– Ziele der Energiepolitik sind als grundsätzlich gleichrangig zu betrachten</li> <li>– Strategien entwickeln, in denen mehrere Ziele gleichzeitig erreicht werden können</li> </ul>   | <p>RoadmapGüter 2015 (S. 39)</p> <p>EnStrat 2010 (S. 27)</p>   |
| <b>Null-Emissions-Antriebe durch Nutzung ausschließlicher erneuerbarer Energiequellen</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Umstieg auf Nullemissionsfahrzeuge auf Basis von erneuerbarer Energie sowie Niedrigstemissions-Fahrzeuge bis spätestens 2050</li> </ul>   | <p>NatStrat 2016 (S. 2)</p>  |
| Bei Verwendung von klimaneutralen Biotreibstoffen oder Ökostrom kommt es auch bei erhöhter Nutzung nicht zu unerwarteten Treibhausgasemissionen. | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Versorgung der Elektromobilität aus einem breiten Spektrum kosteneffizienter erneuerbarer Energiequellen</li> </ul>   | <p>UPlan 2012 (S. 14)</p>  |
| <b>Kombinierter, inter- und multimodaler Verkehr</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– kombinierte Nutzung ÖV und Elektromobilität</li> <li>– multimodale Fortbewegung in dicht verbauten Gebieten ist effizienter für Energie und Umwelt</li> <li>– E-Carsharing kann Fahrzeuge besser auslasten und den privaten Fahrzeugbestand senken</li> <li>– Einbettung von Elektromobilität in ein intermodales, mit dem ÖV vernetztes, optimiertes Gesamtverkehrssystem</li> <li>– viele Modelle zur Einführung der Elektromobilität fokussieren auf Multimodalität</li> <li>– Muskelkraftmobilität als dominierende Mobilitätsform etablieren</li> <li>– Kombination von Muskelkraftmobilität mit Fahrzeugtechnologien auf längeren Strecken</li> <li>– multimodale Lebensstile</li> <li>– Begünstigung von Carsharing und Carpooling</li> <li>– Ausbau der Infrastrukturen für intermodale Mobilität, insbesondere Ausbau regional wichtiger Umsteigeknoten für Bike&amp;Ride, Park&amp;Ride und Elektromobilität</li> </ul> | <p>GVP 2012 (S. 7, 20)</p> <p>NatStrat 2016 (S. 37)</p> <p>UPlan 2012 (S. 7-8, 21)</p> <p>RoadmapPers 2014 (S. 13-16)</p> <p>EnStrat 2010 (S. 70ff.)</p> |

schwacher Einfluss

schwacher Einfluss

|  |                    |   |                                |
|--|--------------------|---|--------------------------------|
| <b>Orientierung auf und Monitoring von nutzerseitigen Verhaltensänderungen</b>   | schwacher Einfluss | <ul style="list-style-type: none"> <li>– organisatorische und nutzerorientierte Konzepte für Elektromobilität</li> <li>– Quantifizierung und Monitoring der Umwelt- und Klimaeffekte von Elektromobilität erfordert Daten auf Fahrzeugebene, zu Mobilitätsverhalten und Nutzerprofilen</li> <li>– Verfolgung ganzheitlicher Lösungsansätze, die vor- und nachgelagerte Entscheidungsprozesse behandeln</li> </ul> | UPlan2012<br>(S. 8, 21)        |
| Rebound entfaltet sich über verändertes Nutzerverhalten. Frühes Erkennen von unerwünschten Entwicklungen ermöglicht rechtzeitiges Nachjustieren. |                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Nutzer(-bedürfnisse) bilden den Ausgangspunkt für alle Lösungsansätze</li> <li>– kontinuierliches Lernen und Nachjustieren durch eine Kombination von experimentellen Herangehensweisen, Monitoring und Zieladaptierung</li> </ul>   | RoadmapPers 2014<br>(S. 5, 10) |
|  |                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>– kontinuierliches Monitoring</li> </ul>   | EnStrat 2010<br>(S. 121)       |

EU 2012 = Energieeffizienz-Direktive (EU 2012). EU 2009 = Erneuerbare-Direktive (EU 2009a). GVP = Gesamtverkehrsplan (BMVIT 2012). RoadmapPers = Mobilität der Zukunft Roadmap Personenmobilität (AIT 2014). RoadmapGüter = Mobilität der Zukunft Roadmap Gütermobilität (EConsult & Herry Consult 2015). EnStrat = Energiestrategie (BMWVJ et al. 2010). NatStrat = Nationaler Strategierahmen (BMVIT et al. 2016). UPlan = Umsetzungsplan Elektromobilität (BMLFUW et al. 2012). # Begründungspunkt

## 8. Maßnahmen

Rebound hat aktuell einen geringen Stellenwert in Energie- und Klimastrategien (siehe Kap. 7.2). Gleichzeitig wird Effizienzsteigerung als Lösungsansatz zur Erreichung von Treibhausgaszielen politisch bevorzugt. Demnach setzen zahlreiche, bis dato umgesetzte, umweltpolitische Maßnahmen Anreize, damit energieeffiziente Technologien möglichst schnell den Massenmarkt durchdringen. Isoliert umgesetzt fördern solche Maßnahmen den Markteintritt von Mobilitätsinnovationen, bedenken aber oft nicht deren Nutzung und daraus resultierende Rebound-Effekte.

Beispielsweise ist die Normverbrauchsabgabe (NOVA) in Österreich einmalig bei der Zulassung von Kraftfahrzeugen fällig. Für kleine, umweltfreundliche Fahrzeuge ist die NOVA am niedrigsten und schafft dadurch einen Anreiz, auf effiziente Antriebstechnologien umzusteigen. In weiterer Folge steigt die Effizienz im Transportsektor, Mobilität wird kostengünstiger und die Fahrleistung nimmt durch direkten Rebound zu. Freiwerdendes Einkommen kann zusätzlich zu einer erhöhten Nachfrage nach anderen Energiedienstleistungen und Gütern und zu einem gesamt höheren Energiebedarf in allen Wirtschaftssektoren führen (indirekter und intersektoraler Rebound).

Um Rebound vorzubeugen, sind daher Maßnahmen bzw. Maßnahmenbündel zu empfehlen, die gleichzeitig sowohl die Anschaffung von effizienten Technologien fördern als auch deren Wirkung auf Rebound abfedern. Gerichtete Politikmaßnahmen zur Prävention oder Minderung von Rebound sind kaum verbreitet. Einige umweltpolitische Maßnahmen nehmen jedoch in ihrer Zielsetzung und Wirkung indirekt auf Rebound Bezug, etwa wenn sie wie eine Maut auf eine generelle Verringerung der Fahrleistung ausgerichtet sind.

Die in diesem Kapitel vorgestellten umweltpolitischen Instrumente zeigen eine Palette möglicher Maßnahmen zur Prävention von Rebound im Mobilitätsbereich auf und diskutieren deren möglichen politischen Handlungsspielraum. Für alle hier beschriebenen Maßnahmen gilt, dass sie auf unbeabsichtigte Auswirkungen oder Zielkonflikte mit anderen Politikbereichen zu prüfen sind. Zum Beispiel schmälert Rebound zwar die Verbesserung der Umweltqualität, führt aber auch zu höherer Wohlfahrt (siehe Kap. 2.2).

Tabelle 12: Palette möglicher Maßnahmen zur Prävention von Rebound im Mobilitätsbereich

| Maßnahmen-<br>kategorie                           | Maßnahmen  | Reboundverringering |                             | Umsetzungs-<br>aufwand |
|---|--|---------------------|-----------------------------|------------------------|
|   |  | direkt              | indirekt /<br>intersektoral |                        |
| <b>Markt-<br/>wirtschaftliche<br/>Instrumente</b> | Innenstadtmaut   | ●                   | !                           | ●                      |
|   | Fahrleistungsabhängige LKW/PKW Maut                              | ●                   | !                           | ●                      |
|   | Jährliche Kraftfahrzeugsteuer pro km                             | ●                   | !                           | ●                      |
|   | Mineralölsteuer  | ●                   | !                           | ●                      |
|   | Transportsektorspezifische<br>CO <sub>2</sub> Steuer             | ●                   | !                           | ●                      |
|   | Geschäftsmodell Energiedienstleistung                            | ●                   | ●                           | ●                      |
|   | Verpflichtendes Ausscheiden von<br>Altgeräten                    | ●                   | ●                           | ●                      |
|   | Flächendeckende CO <sub>2</sub> Steuer                           | ●                   | ●                           | ●                      |
|   | Mehrwertsteuer nach Umweltwirkungen                              | ●                   | ●                           | ●                      |
| <b>Regulatorische<br/>Instrumente</b>             | Tempolimit   | ●                   | -                           | ●                      |
|   | CO <sub>2</sub> Standards  | ●                   | ●                           | ●                      |
|   | CO <sub>2</sub> Budget   | ●                   | ●                           | ●                      |
| <b>Persuasive<br/>Instrumente</b>                 | Infoplattformen & Infokampagnen                                  | ●                   | ●                           | ●                      |
|   | Self-Monitoring Fahrleistung                                     | ●                   | ●                           | ●                      |
|   | Verpflichtende Infokurse<br>Führerscheinanwärter                 | ●                   | ●                           | ●                      |
|   | Verpflichtende Anzeige<br>Kraftstoffverbrauch in Kraftfahrzeugen | ●                   | ●                           | ●                      |
|   |  | ●                   | ●                           | ●                      |

● hohe Reboundverringering / geringer Umsetzungsaufwand   
● mittlere Reboundverringering / mittlerer Umsetzungsaufwand  
● geringe Reboundverringering / hoher Umsetzungsaufwand   
! Risiko von kontraproduktiver Begünstigung von indirektem Rebound

Tabelle 12 gibt einen Überblick über alle in diesem Kapitel vorgestellten Politikmaßnahmen. Die Auswahl, Beschreibung und Diskussion der Maßnahmen beruht im Wesentlichen auf Vivanco et al. (2016), Sonnberger & Deuschle (2014), Sorrell (2007), Santarius (2012), Peters et al. (2015) und econcept (2008).

### 8.1. Marktwirtschaftliche Politikmaßnahmen

Durch marktwirtschaftliche Maßnahmen wie Umweltabgaben (steuerliche Maßnahmen, Gebühren, etc.) können Kostenreduktionen infolge von Effizienzsteigerungen abgeschwächt oder neutralisiert werden. Umweltabgaben schwächen durch Effizienzgewinne entstehende Kosteneinsparungen ab, schaffen einen generellen Anreiz vorhandene Ressourcen effizient zu nutzen und erhöhen vor diesem Hintergrund die Hürden durch Energieeinsparung freiwerdende Mittel in zusätzliche Energieanwendungen zu investieren. Je nachdem, ob sich Umweltabgaben auf die Nutzung einer spezifischen Verkehrsdienstleistung (Kap. 8.1.1) oder flächendeckend auf umweltintensive Dienstleistungen und Güter richten (Kap. 8.1.2), können sie direktem oder indirektem/intersektorialem Rebound entgegenwirken.

### 8.1.1. Steuerliche Maßnahmen oder Gebühren auf die Nutzung einer spezifischen Verkehrsdienstleistung

#### *Innenstadtmaut*

In städtischen Regionen wird eine Straßenbenutzungsgebühr für MIV eingehoben und die Einfahrt in einem definierten innerstädtischen Bereich mit einer Maut belegt. Die Einhebung der Mautgebühren erfolgt meist über Vignetten oder an Mautstationen. Die Höhe der Maut gliedert sich oft nach bestimmten Kriterien, wie Tageszeit, Wochentag, Fahrzeug-Emissionsklasse, etc. Innenstadtmaut-Modelle wurden bereits in vielen europäischen Städten umgesetzt. Beispielsweise führte die norwegische Stadt Bergen, als eine der ersten Städte, bereits 1985 eine Innenstadtmaut ein. Oslo und Trondheim folgten diesem Beispiel Anfang der 90er Jahre. Auch in London (seit 2003), Stockholm (seit 2006), Bologna (seit 2006) und Mailand (seit 2008) ist die Einfahrt in einem definierten innerstädtischen Bereich mit einer Maut belegt. Restriktive Parkraumbewirtschaftung oder hohe Parkgebühren in Städten können vergleichbare Effekte wie eine Innenstadtmaut erzielen.

Durch eine Innenstadtmaut wird direktem Rebound vorgebeugt, indem VerkehrsteilnehmerInnen angehalten werden, in innerstädtischen Bereichen auf die individuelle Nutzung von PKW und Motorrädern zu verzichten, auf andere Verkehrsmittel umzusteigen, Wege präziser und effizienter zu planen oder weniger zu fahren. Damit die Maßnahme ihre volle Wirkung auf direkte Rebound-Verringerung entfalten kann, soll sie jedoch möglichst auf einzelne Fahrten abzielen (Verzicht auf Fixtarife oder Einmalzahlungen wie Jahresvignette, etc.) und keine Ausnahmen für spezifische Arten von MIV (z.B. E-Fahrzeuge) gewähren. Bei den bis dato umgesetzten Innenstadtmaut-Modellen sind hingegen im Regelfall energieeffiziente Fahrzeuge, wie E-Fahrzeuge, von der Maut ausgenommen.

#### *Fahrleistungsabhängige LKW / PKW Maut*

Eine fahrleistungsabhängige Abgabe pro gefahrenen Kilometer wird abgestimmt nach Straßenabschnitt eingehoben. Die Höhe der Abgabe kann nach Emissionsklasse variieren – je effizienter und geringer der Energieverbrauch des Fahrzeuges, desto niedriger die Maut. Analog zur Innenstadtmaut wurde diese Maßnahme bereits in vielen europäischen Ländern umgesetzt.

Eine fahrleistungsabhängige Abgabe pro gefahrenem Kilometer abgestimmt nach Straßenabschnitt beugt direktem Rebound vor, indem VerkehrsteilnehmerInnen angehalten werden, betroffene Straßenabschnitte effizient zu nutzen, Wege präziser und effizienter zu planen oder weniger zu fahren. Damit die Maßnahme ihre volle Wirkung auf direkte Reboundverringerng entfalten kann, soll sie, analog zur Innenstadtmaut, möglichst auf einzelne Fahrten abzielen (Verzicht auf Fixtarife oder Einmalzahlungen wie Jahresvignette, etc.) und keine Ausnahmen für spezifische Arten von MIV (z.B. E-Fahrzeuge) gewähren.

#### *Jährliche Kraftfahrzeugsteuer pro km*

Zur Zeit werden jährliche Kraftfahrzeugsteuern nach dem Kraftstoffverbrauch des Fahrzeuges (zurückgelegte Kilometer pro Liter Kraftstoff) bemessen. Die motorbezogene Versicherungssteuer für Pkw in Österreich richtet sich nach der Leistung (kW) des Verbrennungsmotors. Eine jährliche Kraftfahrzeugsteuer nach Kraftstoffverbrauch fördert zwar die Anschaffung eines effizienten Fahrzeuges, lässt aber die Nutzung und damit verbundenen Rebound außer Acht. Durch die

Einhebung einer jährlichen Kraftfahrzeugsteuer pro Kilometer wird hingegen direktem Rebound vorgebeugt, indem VerkehrsteilnehmerInnen angehalten werden, Wege präziser und effizienter zu planen oder weniger zu fahren. Damit die Maßnahme ihre volle Wirkung auf direkte Reboundverringerung entfalten kann, soll sie möglichst keine Ausnahmen für spezifische Arten von MIV (z.B. E-Fahrzeuge) gewähren. Die Abrechnung dieser Steuer könnte gemeinsam mit der verpflichtenden jährlichen Fahrzeugwartung („Pickerl“) erfolgen, indem die Wartungsstelle den Kilometerstand des Fahrzeugs an die Verwaltung meldet.

Die Umsetzung einer jährlichen Kraftfahrzeugsteuer pro km wurde in den Niederlanden in 2009/2010 intensiv diskutiert, die Realisierung aber durch einen Umschwung in der Regierung gestoppt. Zentral für die Umsetzung einer jährlichen Kraftfahrzeugsteuer pro km ist die Erfassung der jährlichen Fahrleistung. Dies ist mit großem administrativem Aufwand verbunden und könnte auf geringe Akzeptanz bei VerkehrsteilnehmerInnen stoßen.

#### *Mineralölsteuer*

Bei der Versteuerung von Kraftstoffen aus Mineralölen, wird die Höhe der Steuer von Produkt (Benzin, Diesel), Zusammensetzung (z.B. Schwefelgehalt) und Verwendung bestimmt. Für Kraftstoffe mit Bioanteil gibt es meist steuerliche Vergünstigungen. Mindeststeuersätze für Energiearten fossiler Herkunft sind EU-weit geregelt (EU 2003).

Die Mineralölsteuer kann direktem Rebound entgegenwirken, sofern die jeweilige Mobilitätsinnovation ein (teil-)fossiles Antriebssystem nutzt. VerkehrsteilnehmerInnen werden durch höhere Kosten für Kraftstoffe aus Mineralölen dazu angespornt, Wege präziser und effizienter zu planen oder weniger zu fahren.

#### *Transportsektorspezifische CO<sub>2</sub> Steuer*

Eine transportsektorspezifische CO<sub>2</sub> Steuer besteuert den Kohlenstoffgehalt von Kraftfahrstoffen. Je höher der Kohlenstoffanteil in Kraftfahrstoffen, desto höher der Treibstoffpreis. Während die Mineralölsteuer nur Kraftstoffe aus Mineralölen berücksichtigt, sollte eine transportsektorspezifische CO<sub>2</sub> Steuer alle Treibstoffe mit CO<sub>2</sub> Gehalt – z.B. auch den Strommix, der zum Tanken von E-Autos verwendet wird – erfassen.

Durch die Einhebung einer transportsektorspezifischen CO<sub>2</sub> Steuer wird direktem Rebound vorgebeugt, indem VerkehrsteilnehmerInnen angehalten werden, Wege präziser und effizienter zu planen oder weniger zu fahren. Derzeit sind noch keine repräsentativen Umsetzungsbeispiele bekannt.

Für alle fünf vorgestellten steuerlichen Maßnahmen bzw. Gebühren auf die Nutzung einer spezifischen Verkehrsdienstleistung gilt: indirekte und intersektorale Rebound-Effekte werden nicht abgedeckt. Durch den Umstieg auf andere Verkehrsmittel oder einen Rückgang in der Fahrleistung wird Einkommen frei, das zu einer erhöhten Nachfrage nach anderen Energiedienstleistungen oder Gütern und zu einem gesamt höheren Energiebedarf in allen Wirtschaftssektoren führen kann.

### *Geschäftsmodell Energiedienstleistungen*

Ein Geschäftsmodell, welches das Nutzen statt den Besitz eines Mobilitätsangebots vermarktet, kann direktem Rebound vorbeugen. Die NutzerInnen bezahlen für den Anspruch auf eine bestimmte Mobilitätsdienstleistung und beziehen keinen Gewinn, wenn diese Dienstleistung effizienter bzw. billiger angeboten wird; der/die AnbieterIn hat einen Anreiz, Mehrnutzung bzw. Rebound einzugrenzen, da jede Mehrnutzung seinen/ihren Profit schmälert. Dieses Geschäftsmodell ist etwa bei Shared Mobility denkbar (siehe Kap. 9.2). Die Dienstleistung ist präzise zu definieren, um Umgehungsverhalten der NutzerInnen und dadurch Rebound zu verhindern.

Das Geschäftsmodell Energiedienstleistungen wird bisher nur für den Gebäudebereich überlegt. Ein Wohnunternehmen würde sich gegenüber BewohnerInnen verpflichten, eine gewisse Raumtemperatur in der gesamten Wohnung und während der gesamten Heizperiode zu gewährleisten. Mit welchen technologischen Mitteln diese Raumtemperatur erzielt wird, obliegt dem Unternehmen. Die Übertragung dieses Geschäftsmodells auf den Mobilitätssektor wird aber dadurch erschwert, dass die nutzerseitige Nachfrage nach einer Mobilitätsdienstleistung aufgrund vielfältiger Mobilitätsbedürfnisse zustande kommt und kaum auf eine einzige Kenngröße wie die Raumtemperatur heruntergebrochen werden kann. Marktfähige Anwendungen dieses Geschäftsmodells im Mobilitätssektor sind noch nicht bekannt.

### *Verpflichtendes Ausscheiden von Altgeräten*

Subventionen für den Kauf effizienter Produkte werden daran gekoppelt, dass das alte, bisher genutzte Produkt nachweislich ausgeschieden wird. Damit z.B. die Subvention für den Kauf eines Elektro-Autos ausgezahlt wird, müssen die SubventionsnehmerInnen gleichzeitig ein anderes Auto im Haushalt abmelden. Vergleichbar dazu sind Tauschaktionen für Haushalts-Elektrogeräte, bei denen die KäuferInnen nachweisen müssen, dass der alte Kühlschrank umweltgerecht entsorgt und nicht etwa im Keller weitergenutzt wird.

Durch verpflichtendes Ausscheiden wird gewährleistet, dass das effiziente Produkt tatsächlich die bisherige Nutzung ersetzt und nicht zusätzlich zum vorhandenen Gerätepark genutzt wird. Direkter Rebound wird dadurch weniger wahrscheinlich. Wenn Verschrottungsprämien aber nicht vorrangig aus Umweltschutzgründen, sondern zur Stimulierung des Wirtschaftswachstums eingeführt werden, können sie zu einem Vorziehen von Investitionsvorhaben und zu intersektorem Rebound führen.

## **8.1.2. Flächendeckende Abgaben auf umweltintensive Dienstleistungen und Güter**

### *Flächendeckende CO<sub>2</sub> Steuer*

Diese Maßnahme besteuert den Kohlenstoffgehalt der Energieträger, die für die Her- und Bereitstellung aller Güter und Dienstleistungen benötigt werden. Je höher der fossile Anteil, desto teurer die Anschaffung oder die Nutzung. Innerhalb der EU haben beispielsweise Dänemark, Finnland, Schweden, Frankreich, Großbritannien und Irland bereits eine CO<sub>2</sub> Steuer eingeführt. Die Umsetzung der Maßnahme in verschiedenen Ländern variiert aber maßgeblich nach Kriterien, wie Höhe, besteuerte Wirtschaftssektoren, etc. Zusätzliche Schwierigkeiten bestehen darin, nach welcher

Bewertungsmethode und auf welcher Datenbasis die lebenszyklus-, produktions- oder konsumbasierten CO<sub>2</sub> Emissionen berechnet werden.

Höhere Kosten für kohlenstoffreiche Güter und Dienstleistungen zielen auf einen Rückgang in deren Konsum bzw. auf die Verschiebung des Konsums hin zu nachhaltigen Lebensstilen ab. Dadurch wird nicht nur indirektem und intersektorem Rebound vorgebeugt (makroökonomische Reorientierung), sondern wird auch der direkte Rebound bei energieeffizienten Mobilitätsinnovationen mit fossilen Antrieben eingedämmt. Über eine CO<sub>2</sub> Steuer hinausgehend, könnte eine umfassende Energiesteuer auch erneuerbare Energieträger einschließen, die ihrerseits teils erhebliche Umweltwirkungen aufweisen (z.B. Verlust von Aulandschaften durch Wasserkraftwerke).

### *Mehrwertsteuer nach Umweltwirkungen*

Der Mehrwertsteuersatz richtet sich nach Ressourcenbedarf und CO<sub>2</sub> Intensität von Gütern und Dienstleistungen. Je höher die Umweltwirkungen, desto teurer die Anschaffung und Nutzung. Derzeit sind noch keine repräsentativen Umsetzungsbeispiele bekannt.

Analog zur flächendeckenden CO<sub>2</sub> Steuer, zielt eine Mehrwertsteuer nach Umweltwirkungen auf einen Rückgang im Konsum bzw. auf die Verschiebung des Konsums hin zu nachhaltigen Lebensstilen ab, wodurch direktem, indirektem sowie intersektorem Rebound vorgebeugt wird.

Bei marktwirtschaftlichen Politikmaßnahmen, wie Mineralölsteuer, transportsektorspezifische & flächendeckende CO<sub>2</sub> Steuer, sowie Mehrwertsteuer nach Umweltwirkungen, ist zu beachten, dass diese auch einen Anreiz schaffen können, auf effiziente, kohlenstoffarme Technologien umzusteigen. Dadurch steigt die Effizienz im Transportsektor, Mobilität wird kostengünstiger und die Fahrleistung (direkter Rebound) nimmt zu, solange die Mobilitätsbedürfnisse noch nicht gesättigt sind.

## **8.2. Regulatorische Politikmaßnahmen**

Regulatorische Instrumente schaffen die Bedingungen für die Nutzung, den Konsum und die Herstellung von Gütern und Dienstleistungen. Sie verordnen beispielsweise Effizienzstandards für Güter oder Produktionssektoren oder setzen Rahmenbedingungen für die Nutzung von ressourcen- und energieintensiven Produkten und Dienstleistungen.

### *Tempolimit*

Tempolimits definieren strengere Geschwindigkeitsbegrenzungen auf abgestimmten Straßenabschnitten (z.B. 100 km/h Beschränkung auf Autobahnen). Bei niedrigeren Geschwindigkeiten ist der Treibstoffverbrauch pro Kilometer geringer und damit sinken die Treibhausgasemissionen von Kraftfahrzeugen. Wenn infolge von Rebound mehr Fahrzeugkilometer mit dem Auto zurückgelegt werden, schwächt ein Tempolimit die absoluten Umweltwirkungen dieses Rebounds ab. Konkrete Umsetzungsbeispiele von Tempolimits explizit zur Reduktion von Treibhausgasemissionen gibt es wenige. In Europa wurden strengere Geschwindigkeitsbegrenzungen auf Autobahnen zur Reduktion von Treibhausgasemissionen beispielsweise in Irland umgesetzt. In Großbritannien befindet sich die Umsetzung einer derartigen Maßnahme noch in Sondierung.

Strengere Geschwindigkeitsbegrenzungen reduzieren nicht nur den Treibstoffverbrauch, sondern erhöhen auch die Wegzeiten. Ein höherer Zeitaufwand mit dem Pkw schafft einen Anreiz, andere Verkehrsmittel (z.B. öffentliche Verkehrsmittel) zu benutzen, Wege präziser und effizienter zu planen

und generell weniger zu fahren. Direkter Rebound wird eingedämmt. Andererseits steigt mit einer Reduktion von Tempolimits speziell auf Autobahnen der gleichmäßige Verkehrsfluss (Harmonisierung der Geschwindigkeiten) und erhöht sich damit auch die Leistungsfähigkeit (Rockenbauch 1996, Lichtblau 2011). Fahren auf der Autobahn wird attraktiver, was direkten Rebound begünstigt. Für indirekten und intersektoralen Rebound hingegen ist zu beachten: Freiwerdendes Einkommen durch den Umstieg auf andere Verkehrsmittel oder einen Rückgang in der Fahrleistung führt zu einer erhöhten Nachfrage nach anderen Energiedienstleistungen oder Gütern und zu einem gesamt höheren Energiebedarf in allen Wirtschaftssektoren.

#### *CO<sub>2</sub> Standards für alle Konsumgüter / Produktionssektoren*

Alle am Markt zugelassenen Konsumgüter und Produktionssektoren müssen strenge Emissionsstandards erfüllen. Derzeit sind noch keine repräsentativen Umsetzungsbeispiele bekannt, wo CO<sub>2</sub> Standards über alle Konsumgüter und Produktionssektoren hinweg eingeführt wurden. Geläufiger hingegen sind Emissionsstandards für spezifische Gruppen von Konsumgütern und Produktionssektoren, z.B. Flugzeuge, Seeschiffe, Kraftfahrzeuge. EU-Richtlinien legen fest, dass Autohersteller gewisse CO<sub>2</sub> Emissionen in g/km bei Neuwägen erreichen müssen (EU 2009b). Bis 2021 muss ein Flottendurchschnitt von 95 g/km erreicht werden (EU 2014); bis 2030 soll dieses Limit weiter herabgesetzt werden. Das Potenzial sektorspezifischer CO<sub>2</sub> Standards zur Reboundverringerung dürfte aber gering sein: Gibson et al. (2015) erwarten, dass diese Flottenstandards langfristig einen Rebound von 60% aufweisen werden. Die Regelung über den Flottendurchschnitt schließt nicht aus, dass manche KonsumentInnen ein neues Fahrzeug anschaffen, das zwar gleich hohe oder niedrigere CO<sub>2</sub> Emissionen in g/km als ihr altes Fahrzeug aufweist, aber dennoch größer oder leistungsstärker ist.

Verwandte Initiativen für Produktstandards in anderen Konsumbereichen auf der europäischen Ebene sind die EU-Gebäuderichtlinie EPDB (EU 2010), die Ecodesign Richtlinie (EU 2009c) und die Labelling Richtlinie (EU 2017), die mit Ausblick auf 2030 evaluiert und zusehends verschärft werden sollen.

Emissionsstandards für alle Konsumgüter und Produktionssektoren, einschließlich Kraftfahrzeuge, führen jedoch zu einem Anstieg der Effizienz im Transportsektor, alltägliche Wege werden kostengünstiger und die Fahrleistung nimmt zu (direkter Rebound, solange die Mobilitätsbedürfnisse noch nicht gesättigt sind). Der direkte Rebound kann abgepuffert werden, wenn CO<sub>2</sub>-emissionsarme Fahrzeuge mit höheren Anschaffungskosten verbunden sind, die sich allmählich durch den geringeren Verbrauch amortisieren. Relevanten Handlungsspielraum hat diese Maßnahme aber hinsichtlich des indirekten und intersektoralen Rebound-Wirkungskanals. Da alle am Markt zugelassenen Konsumgüter und Produktionssektoren strenge Emissionsstandards erfüllen müssen, kann die Reinvestition von freigewordenem Einkommen in anderen Gütern und Produktionssektoren nur schwächere Umweltwirkungen auslösen. CO<sub>2</sub> Standards könnten in die ISO-Zertifizierung von Produktionssektoren einfließen.

#### *CO<sub>2</sub> Budget für alle Konsumgüter / Produktionssektoren*

Abhängig von der jeweiligen Variante (individuelles CO<sub>2</sub> Budget, CO<sub>2</sub> Budget auf Haushaltsebene, transportsektorspezifisches CO<sub>2</sub> Budget, etc.) wird jeder Person, jedem Haushalt, jedem

Unternehmen ein jährliches CO<sub>2</sub> Budget zur Bestreitung des gesamten (Mobilitäts-)Bedarfs bereitgestellt. Je nach Variante kann das jährliche CO<sub>2</sub> Budget auch am Markt gehandelt werden; dadurch wird diese regulatorische Maßnahme um eine marktwirtschaftliche Dimension erweitert. Die Umsetzung eines CO<sub>2</sub> Budgets ist jedoch mit einem hohen administrativen Aufwand verknüpft und daher in der Praxis wohl schwer realisierbar. Um ein CO<sub>2</sub> Budget praxistauglich zu machen, müssten Hürden wie die Erfassung des Konsumverhaltens von Individuen oder die Gewährleistung von Betrugssicherheit bewältigt werden. Derzeit sind noch keine repräsentativen Umsetzungsbeispiele bekannt.

Durch ein CO<sub>2</sub> Budget wird direktem Rebound vorgebeugt, indem die Fahrleistung beschränkt wird. Bei handelbaren Emissionszertifikaten sind die CO<sub>2</sub> Emissionen insgesamt gedeckelt. Indirektem und intersektorialem Rebound wird vorgebeugt, indem auch der Konsum von anderen kohlenstoffhaltigen Gütern und Dienstleistungen beschränkt wird. Dadurch kommt es zum Rückgang im Konsum oder zur Verschiebung des Konsums hin zur Nachhaltigkeit. Durch eine absolute Limitierung der CO<sub>2</sub> Emissionen wird die klimapolitische Zielerreichung gewährleistet. Ob es innerhalb der begrenzten Mengen zu Umschichtungen und Rebound-Effekten kommt, ist dann unerheblich.

### **8.3. Persuasive Politikmaßnahmen**

Persuasive Instrumente wie Umweltbildung, politische Kampagnen und Wissenstransfer zielen auf eine weitreichende Verhaltensänderung hin zu möglichst geringem Ressourcen- und Energieverbrauch ab. Allerdings dürfte eine weitreichende Verhaltensänderung nur durch langwierigen gesellschaftlichen Wertewandel zu erreichen sein; als alleinige Strategie zur Reboundverringerng würden persuasive Maßnahmen daher höchstwahrscheinlich zu kurz greifen. Als Teil von Maßnahmenbündeln haben persuasive Instrumente aber ein hohes Potential, die Wirksamkeit von marktwirtschaftlichen und regulatorischen Instrumenten zu erhöhen.

Persuasive Instrumente zur Reboundverringerng im Mobilitätsbereich zielen darauf ab, ein Bewusstsein für möglichen Rebound im Verkehrssektor zu schaffen. Information zu effizienter Mobilität und zur eigenen Fahrleistung oder das Aktivieren von latenten Umwelt-Werthaltungen führen im Idealfall dazu, dass VerkehrsteilnehmerInnen auf umweltfreundliche Verkehrsmittel umsteigen, Wege präziser und effizienter planen oder generell weniger fahren. Höheres Umweltbewusstsein soll einen Rückgang im Konsum oder eine Verschiebung des Konsums hin zu nachhaltigen Lebensstilen anstoßen, wodurch indirektem und intersektorialem Rebound vorgebeugt werden.

Neben den hier genannten Maßnahmen ist auch „Nudging“ denkbar, um KonsumentInnen von Rebound abzuhalten (econcept 2008). Bei Nudging bleibt die Wahlfreiheit der KonsumentInnen unangetastet. Durch die gezielte Gestaltung von Standardprodukten und Alternativen werden sie aber dazu geleitet, ihre Verhaltensentscheidungen in eine politisch gewünschte Richtung zu treffen.

#### *Infoplattformen & Infokampagnen*

Gezielte Kampagnen und Infoplattformen mit Fokus auf effiziente Mobilität und mögliche Rebound-Effekte werden durchgeführt. Solche Kampagnen können ökologische Nutzungsmuster von Mobilitätsangeboten thematisieren oder mit einem breiteren Zugang vermitteln, dass persönliche Lebensqualität und Zufriedenheit nicht mit materiellem Konsum gekoppelt sein müssen. In Europa

gibt es bisher kaum Beispiele für Rebound-Infokampagnen. Beispielsweise wurden in Nordrhein-Westfalen mehrere Broschüren herausgebracht (Loch & Steinestel 2015, Cluster EnergieForschung.NRW 2015).

Infoplattformen können sich ebenso an Unternehmen richten, die Mobilitätsinnovationen vermarkten. In Unternehmensnetzwerken können Erfahrungen im Eindämmen von Rebound ausgetauscht werden.

#### *Self-Monitoring / Selbstüberwachung Fahrleistung*

Der Kraftstoffverbrauch oder auch die CO<sub>2</sub>-Intensität des Mobilitätsverhaltens wird auf verschiedenen Tools (z.B. Handy, Smart-Watch, Display im Fahrzeug) erfasst und angezeigt. NutzerInnen werden dadurch laufend über die CO<sub>2</sub>-Intensität ihres Mobilitätsverhaltens informiert. Solche Feedback-Anwendungen könnten auch die Möglichkeit bieten, das eigene Mobilitätsverhalten und Emissionen mit anderen NutzerInnen bzw. mit eigenen, vergangenen Daten zu vergleichen. Dadurch können NutzerInnen auf möglichen Rebound aufmerksam gemacht werden und darauf hingewiesen werden, wenn ihr Konsumverhalten ihren eigenen Werthaltungen und Verhaltensabsichten widerspricht. Auch für diesen Fall sind derzeit noch keine repräsentativen Umsetzungsbeispiele bekannt.

#### *Verpflichtende Informationskurse für Führerscheinanwärter*

Führerscheinanwärter sind verpflichtet an einem Informationskurs zu effizienter Mobilität und Rebound-Risiken teilzunehmen. Derzeit sind noch keine repräsentativen Umsetzungsbeispiele bekannt. Viele Logistikunternehmen schulen aber ihrer FahrerInnen in spritsparender Fahrweise oder ziehen den Treibstoffverbrauch als einen Kennwert für die Bewertung der individuellen Arbeitsleistung heran.

#### *Verpflichtende Anzeige des Kraftstoffverbrauchs in Kraftfahrzeugen*

Alle am Markt zugelassenen Kraftfahrzeuge müssen über eine Anzeige des Kraftstoffverbrauchs verfügen. Derzeit sind noch keine repräsentativen Umsetzungsbeispiele bekannt. Viele aktuell am Markt verfügbare Fahrzeuge weisen bereits eine solche Anzeige auf. In der EU sind ab 2020 alle neu zu zertifizierenden Fahrzeuge, ab 2021 alle neu zu verkaufenden Fahrzeuge, verpflichtet, über eine solche Anzeige zu verfügen (EU 2017).

### **8.4. Vergleichende Bewertung**

Die Wirkung marktwirtschaftlicher Politikmaßnahmen kann je nach Einkommensgruppe und Antriebstechnologie unterschiedlich ausfallen (siehe unten). Regulatorische Politikmaßnahmen legen hingegen allgemeingültige, generelle Vorgaben fest, die weitgehend gleich in allen Nutzergruppen und Innovationstypen wirken.

Persuasive Politikmaßnahmen stellen private AkteurInnen in den Vordergrund: Ihre Wirkungsweise wird grundlegend von den Umweltwerten der VerkehrsteilnehmerInnen getragen. Sie greifen am besten, wenn VerkehrsteilnehmerInnen bereits an umweltfreundlicher Mobilität interessiert sind. Persuasive Instrumente können auch von privaten AkteurInnen umgesetzt werden, etwa als Element des Produktmarketings.

### *Marktwirtschaftliche Politikmaßnahmen wirken spezifisch je Einkommensgruppe*

Die Wirkung marktwirtschaftlicher Instrumente zur Reboundverringerung wird maßgeblich von der Höhe der Umweltabgaben bestimmt. Je nach Einkommensgruppe der NutzerInnen und je nach der Höhe der Anschaffungs- bzw. Investitionskosten einer Innovation fällt die Wirkung unterschiedlich aus. Einkommensschwache Personengruppen, die sparsam mit ihren finanziellen Ressourcen umgehen müssen, bekommen Umweltabgaben stärker zu spüren. Personen mit höherem Einkommen werden erst bei höheren Umweltabgaben mit Verhaltensänderung reagieren. Bei einkommensstarken Personengruppen sind die meisten Grundbedürfnisse bereits erfüllt. Freiwerdendes Einkommen wird daher in andere Konsumbereiche investiert, oftmals in Luxusgüter und Güter des nicht alltäglichen Bedarfs (indirekter Rebound). Bei ärmeren Personengruppen, die sich eine Innovation nur bei geringeren Anschaffungskosten leisten, geht das Risiko des indirekten Rebounds von unerfüllten Konsumwünschen aus, die eher tägliche Bedarfsgüter oder Freizeitaktivitäten betreffen.

Umweltabgaben sollten daher gemeinsam mit einer fairen Festlegung von Steuersätzen betrachtet werden. Umweltabgaben stehen im Spannungsfeld, einerseits indirekten Rebound zu vermeiden, und andererseits die Erfüllung von Grundbedürfnissen unter ärmeren Personengruppen einzuschränken.

### *Manche marktwirtschaftlichen Politikmaßnahmen wirken nur bei konventionellen Fahrzeugen*

Marktwirtschaftliche Politikmaßnahmen wie Mineralölsteuer oder transportsektorspezifische CO<sub>2</sub> Steuer sind nur bei Innovationen wirksam, die weiterhin konventionelle Antriebstechnologien nützen. Die Wirksamkeit der Maßnahmen ist abhängig vom jeweiligen Energieträger, mit dem die Innovation betrieben wird. Eine kombinierte CO<sub>2</sub>- und Energiesteuer würde den Ressourcenverbrauch in den Vordergrund stellen und wäre nicht nur auf CO<sub>2</sub> Emissionen beschränkt.

### *Widerspruch zwischen Adoption und Nutzung*

Zahlreiche Energie- und Klimastrategien setzen Anreize, damit energieeffiziente Technologien möglichst schnell den Massenmarkt durchdringen. Diese Anreize legen aber oft den Grundstein für eine veränderte Nutzung und damit für Rebound. Beispielsweise wird der Kauf eines E-Autos durch die Aussicht auf reservierte E-Parkplätze in Innenstädten attraktiver. Die gute Parkplatzverfügbarkeit legt es dann aber den NutzerInnen nahe, das E-Auto auch auf Wegen zu verwenden, die früher mit dem Fahrrad oder mit öffentlichen Verkehrsmitteln zurückgelegt wurden (Substitutionseffekt). Der Kauf eines E-Autos wird mit der Aussicht auf geringere Treibstoffkosten beworben. Dadurch wird den NutzerInnen nahegelegt, mit dem billigeren E-Auto den überwiegenden Teil ihrer Alltagswege zurückzulegen (direkter Rebound). Dies ist insbesondere direkt nach dem Kauf des E-Autos der Fall, da neue Technologien anfangs mehr genutzt werden (Neuigkeitseffekt).

Sowohl Adoption als auch (veränderte) Nutzung finden im selben soziotechnischen Regime, in Interaktion mit den gleichen MarktakteurInnen und beeinflusst von denselben Personenmerkmalen statt. Anschaffungs- und Betriebskosten, vorhandene Infrastruktur und konkurrierende Produkte am Markt sind sowohl für die Kaufentscheidung als auch für die laufende Nutzung relevant. Subventionen und Verordnungen sowie Kommunikation in den Massenmedien spielen ebenfalls eine

doppelte Rolle. Sowohl die Kaufentscheidung als auch die alltägliche Nutzung sind abhängig von Einkommen, Umweltwerten oder Wissensstand der KonsumentInnen.

Finanzielle Anreizinstrumente wie eine Steuerbefreiung von E-Autos (wie in Österreich und Deutschland) oder Ausnahmeregelungen für E-Autos bei städtischen Mautsystemen (wie in London und Stockholm) stehen mitten im Spannungsfeld von Adoption und Nutzung. Sie fördern zwar die Anschaffung der energieeffizienten Technologie, wirken aber gleichzeitig auf den direkten Rebound. Da finanzielle Anreize technologiespezifisch gesetzt werden und den entscheidenden Wirkungskanal des indirekten Rebounds außer Acht lassen, ist die Gesamtwirkung auf CO<sub>2</sub> Emissionen und Ressourcenverbrauch meist gering.

### *Notwendigkeit von Maßnahmenbündeln*

Die verschiedenen hier vorgestellten Instrumente setzen auf unterschiedliche Hebelpunkte zur Reboundverringering. Es gibt kein eigenständiges, weitreichendes Instrument zur umfassenden Reboundverringering. Stattdessen sind Maßnahmenbündel zu empfehlen, die sowohl direkte, indirekte und intersektorale Rebound-Effekte berücksichtigen, aber gleichzeitig auch einen Anreiz schaffen, dass energieeffiziente Technologien möglichst schnell den Massenmarkt durchdringen. Bei Maßnahmenbündeln, die keine umfassenden marktwirtschaftlichen Instrumente (kombinierte CO<sub>2</sub>- und Energiesteuer im Sinne einer ökologischen Steuerreform), ergänzt durch eine Beschränkung der Mengen (CO<sub>2</sub> Budget, Zertifikatsystem), enthalten, bestehen große Unsicherheiten, ob sie langfristige Rebound-Effekte wirkungsvoll vermeiden können.

Maßnahmen, die sich explizit auf spezifische Technologien richten (z.B. Innenstadtmaut, fahrleistungsabhängige LKW/PKW Maut, Mineralölsteuer, Kraftfahrzeugsteuer pro km, transportsektorspezifische CO<sub>2</sub> Steuer und Tempolimit), wirken meist nur auf direkten Rebound. Der entscheidende Wirkungskanal sind aber indirekte und intersektorale Rebound-Effekte. Um indirektem und intersektorem Rebound entgegenzuwirken, eignen sich größtenteils nur Maßnahmen, die gesamte Wirtschaftssektoren betreffen (z.B. CO<sub>2</sub> Steuer, CO<sub>2</sub> Budget). Solche Maßnahmen haben zwar eine hohe Wirksamkeit, sind aber meist mit einem höheren administrativen Aufwand verknüpft.

Flankierende Maßnahmen sollten die Bedeutung von Umweltwerten und SchlüsselakteurInnen aufgreifen (Seebauer et al. 2018). Diese beschleunigen einerseits die Marktdurchdringung ohne unerwünschte Nebenwirkungen und federn andererseits Wirkungen auf den indirekten Rebound ab. Kampagnen in Medien und sozialen Netzwerken könnten Umweltwerte vermitteln sowie bestehende umweltfreundliche Werthaltungen bestärken. Autohändler und Verkehrsunternehmen könnten gezielt geschult werden. Eigene staatliche Förderprogramme könnten die Umsetzung von Vorzeigeprojekten und Testregionen unterstützen.

Die Maßnahmen werden in den Rebound-Wirkungsketten der Beispiele (Kap. 9) zugeordnet, wo sie Rebound bei ausgewählten Innovationen direkt ansprechen können. Insgesamt zeigt die Analyse von Maßnahmen, dass Prävention und Verringerung von Rebound klar als Aufgabe der öffentlichen Hand anzusehen sind. Private Akteure stehen im Gegensatz dazu nur begrenzte und weniger wirksame Handlungsoptionen zur Reboundverringering offen.

## 9. Beispiele

Die Auswahl der Beispiel-Mobilitätsinnovationen basiert auf einem Review aktueller Forschungsprogramme und -initiativen zu Mobilitätsinnovationen im Personen- und Güterverkehr sowie bei Fahrzeugtechnologien und Verkehrsinfrastruktur wie beispielsweise „Smart Cities“, „Modellregionen Elektromobilität“ und allen voran „Mobilität der Zukunft“ (MdZ) und die darin enthaltenen Themenfelder „Innovative Transportmittel und -medien“, „Neue Mobilitätsangebote und -services“, „Nachhaltige Transportketten“, „Bewusstseinsbildung“ und „Information“. Zudem erfolgte eine Analyse zukünftiger Forschungsfelder mittels aktueller Medien, Berichte über mögliche Entwicklungspfade sowie Zukunftsstudien mit Bezug zu Mobilitätsinnovationen.

Die Auswahl der Beispiele hat den Anspruch der Problemrepräsentativität statt Vollständigkeit. Die vier Themenfelder von „Mobilität der Zukunft“, (1) Personenmobilität, (2) Gütermobilität, (3) Verkehrsinfrastruktur und (4) Fahrzeugtechnologien sind abgedeckt (bmvit 2017; *Tabelle 13*). Zudem wurde versucht, ein breites Spektrum von Mobilitätsinnovationen hinsichtlich der Höhe des Rebound-Risikos sowie des Forschungsstandes (z.B. gute Evidenz bei Elektromobilität) abzudecken.

An folgenden Beispielen wird das Rebound-Screening veranschaulicht:

- Elektro-Auto in privater Anschaffung
- Sharing mit sozial-emotionalem Matching und auf Blockchain-Basis
- Wearable Devices mit Informationen für mobilitätseingeschränkte Personen
- Crowd-Logistik für die letzte Meile
- Platooning im automatisierten Straßengüterverkehr
- 3D-Printing zur Herstellung von Ersatzteilen und Kleinserien

Tabelle 13: Zuordnung der spezifischen Mobilitätsinnovationen zu den Themenfeldern des Programms „Mobilität der Zukunft“

| Personenverkehr                             | Güterverkehr   | Verkehrsinfrastruktur                 | Fahrzeugtechnologie |
|---|----------------|---------------------------------------|---------------------|
| Ridesharing mit sozial-emotionalem Matching | 3D-Printing    | Elektromobilität und induktives Laden |                     |
| Car- und Ridesharing auf Blockchain-Basis   | Platooning     |                                       |                     |
| Wearable Devices                            | Crowd-Logistik |                                       |                     |

Jede Beispiel-Mobilitätsinnovation wird hinsichtlich ihrer technologischen und organisatorischen Gestaltung, ihrer Einbettung im Verkehrssystem und ihrer aktuellen Marktsituation beschrieben. Die

Beispiele bauen weitgehend auf bestehenden, bereits absehbaren Entwicklungspfaden auf; falls die soziale und technologische Machbarkeit noch offen ist, sind die Beispiele als Szenarien zu verstehen.

Bei jeder Beispiel-Mobilitätsinnovation veranschaulicht eine Grafik zur Rebound-Wirkungskette, wie sich direkter, indirekter und intersektoraler Rebound im Anwendungsfall auswirken und in welchen Phasen von Rebound welche Maßnahmen gezielt eingreifen können. Die Rebound-Wirkungsketten sollen ein kompaktes Prozessverständnis vermitteln, welche Handlungen welcher AkteurInnen in welchem Zeitrahmen letztendlich zu Rebound-Effekten führen.

Schließlich wird das Rebound-Risiko jeder Beispiel-Mobilitätsinnovation analysiert, indem das Indikatorensystem auf einen definierten Anwendungsfall und Nutzerkreis angewandt wird.

## 9.1. Elektro-Auto

Aufgrund der Erkenntnis, dass herkömmliche Verbrennungsmotoren eine in absehbarer Zeit schwindende Ressource unter Erzeugung von klimaschädlichem CO<sub>2</sub> verbrennen, rücken alternative Antriebstechnologien zunehmend in den Fokus (Thomes et al. 2013). Allmählich findet ein Umdenken in der Politik hin zu einem Ziel der Dekarbonisierung des Verkehrs und einer postfossilen Mobilität statt (Kollosche & Schwedes 2016).

Allen voran sind dabei Elektrofahrzeuge von Bedeutung, die ihre Antriebsenergie vollständig aus einer mit Strom geladenen Batterie generieren (Umweltbundesamt 2012). Neben Elektrofahrzeugen gibt es ebenso Hybridfahrzeuge, die über eine Kombination von klassischem Verbrennungsmotor und Elektromotor verfügen, sowie Brennstoffzellenfahrzeuge, welche die benötigte Energie mithilfe einer Brennstoffzelle erzeugen (Kraftstoff = Wasserstoff), die wiederum einen Elektromotor antreibt (Kollosche & Schwedes 2016, Kreyenberg 2015). Die alternativen Antriebstechnologien beziehen sich dabei jedoch nicht nur auf den Pkw, sondern ebenso auf das Fahrrad, den Scooter, den Bus oder den Lkw. Mit den unterschiedlichen Antriebsformen sind verschiedene Ladeinfrastrukturen verbunden (Tabelle 14).

Das Thema Elektromobilität erfährt aktuell eine große Aufmerksamkeit und wird vielfältig diskutiert. Hierbei handelt es sich jedoch nicht um eine neue Erfindung. Vielmehr wurde die Technologie vor dem Hintergrund von Ressourcenverknappung und Klimaveränderung lediglich „wiederentdeckt“, da sie Fortbewegung ohne CO<sub>2</sub>-Ausstoß ermöglicht (Thomes et al. 2013). Elektromobilität kann als umfassendes Mobilitätskonzept für (urbane) Regionen verstanden werden, das Teil einer neu zu gestaltenden Mobilität ist (Kollosche & Schwedes 2016). Hierbei stellen Elektrofahrzeuge eine Schlüsseltechnologie auf dem Weg zu energieeffizienter und umweltschonender Mobilität dar (Thomes et al. 2013).

Während des Betriebs stoßen reine Elektrofahrzeuge keinerlei Schadstoffe oder Treibhausgase aus und tragen somit auch zur Luftreinhaltung bei. Zudem sind die Fahrzeuge bis auf die Abrollgeräusche sehr leise und haben das Potenzial, die Lärmbelästigung zu senken (Kollosche & Schwedes 2016). Zwar können auch Elektroautos keine emissionsfreie und ressourcenschonende Mobilität leisten, da die „graue Energie“, die in der Produktionskette von Elektrofahrzeugen anfällt (z.B. Rohstoffgewinnung und Herstellung von Stahl oder Aluminium für die Akkus) mitunter höher ist als jene, die in konventionellen Kfz steckt. Jedoch verursachen Elektrofahrzeuge unter Berücksichtigung des gesamten Fahrzeuglebenszyklus (inkl. Produktion) sowie der österreichischen Stromerzeugung um 70-90% weniger Treibhausgasemissionen als fossil betriebene Kfz (Günsberg & Fucik 2017).

Wichtig im Zusammenhang mit Elektromobilität ist auch das Thema des Ladens und der Ladeinfrastruktur. In Zukunft könnten Elektrofahrzeuge ihre Batterie auch kontaktlos, also ohne Kabel laden. Das sogenannte induktive Laden bzw. die induktive Energieübertragung würde es ermöglichen, Fahrzeuge en passant bei kurzen Stopps, also z.B. beim Stopp an Ampeln oder in Taxiwarteschlangen, zu laden, ohne Stecker nutzen zu müssen. Die Ladestationen könnten so nahezu unsichtbar in jede Umgebung integriert werden (Siemens 2011).

Tabelle 14: Charakterisierung Elektromobilität und induktives Laden

| Merkmal           | Ausprägung |         |                          |                              |                 |     |
|-------------------|------------|---------|--------------------------|------------------------------|-----------------|-----|
| Antriebsart       | Benzin     | Diesel  | Elektro                  | Hybrid                       | Brennstoffzelle | Gas |
| Modi              | Auto       | Fahrrad | Scooter                  |                              | Bus             | Lkw |
| Ladeinfrastruktur | Tankstelle |         | Ladepunkt mit Steckdosen | Ladepunkte/-flächen induktiv |                 |     |

Hinsichtlich des Rebound-Risikos der Elektromobilität wurden bereits einige Studien verfasst. Teufel et al. (2017) beschreiben (1) regulatorische, (2) finanzielle, (3) mentale sowie (4) funktionale Rebound-Risiken.

Ein **regulatorischer Rebound-Effekt** durch Elektroautos besteht, wenn die Energieeffizienz neuer Pkw durch die Einführung von Flottenstandards (durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Emissionen in g/km; siehe Kap. 8.2) gesteuert wird, wenn dabei die Emissionen von Elektroautos mit 0 g/km bemessen werden und somit eine Zunahme des Anteils an Elektroautos das Effizienzziel für Fahrzeuge mit fossilen Brennstoffen aufweichen kann (Teufel et al. 2017).

Aufgrund der aktuellen steuerlichen Ungleichbehandlung von Benzin/Diesel und Elektrizität besteht zudem ein **finanzieller Rebound-Effekt**, da Elektroautos niedrigere Betriebskosten haben und es damit trotz höherer Anschaffungskosten zu Mehrverkehr kommen kann. Elektrofahrzeuge tragen im Gegensatz zu Benzin- oder Diesel-Pkw, für die Mineralölsteuer gezahlt wird, keine Kosten der Straßeninfrastruktur. Zudem weisen sie zwar höhere Anschaffungskosten bzw. Fixkosten, jedoch deutliche geringere fahrleistungsabhängige Betriebskosten auf, wodurch bei Elektroautos ein starker Anreiz besteht „viel“ zu fahren, damit sich die hohen Anschaffungskosten „lohnen“ (Teufel et al. 2017). So berichtet Kulmer (2017) von wissenschaftlichen Studien aus Norwegen, die den Anstieg zurückgelegter Kilometer durch Elektroautos auf 15-36% beziffern; HybridautobesitzerInnen in Japan legen im Jahr 1,6 mal mehr Kilometer zurück als mit ihrem früheren konventionellen Auto (Ohta & Fujii 2011). Elektroautos können zu längeren Wegstrecken führen, wenn etwa weiter entfernte Supermärkte für Sonderangebote angefahren werden, oder wenn der Wohnort an den Stadtrand verlegt wird. Diese Neuinduktion von Autoverkehr wird verstärkt, wenn Elektrofahrzeugen kostenlose Stromtankstellen angeboten werden, wenn der Ausbau von Ladestationen im höherrangigen Straßennetz forciert wird und wenn die Reichweitenproblematik durch Weiterentwicklung der Batterietechnologie zusehends abgeschwächt wird. Da die fahrleistungsabhängigen Betriebskosten gemeinsam mit dem Zeitbedarf und dem Komfort des Verkehrsmittels auch bei der Entscheidung über die Wahl eines Verkehrsmittels von wichtiger

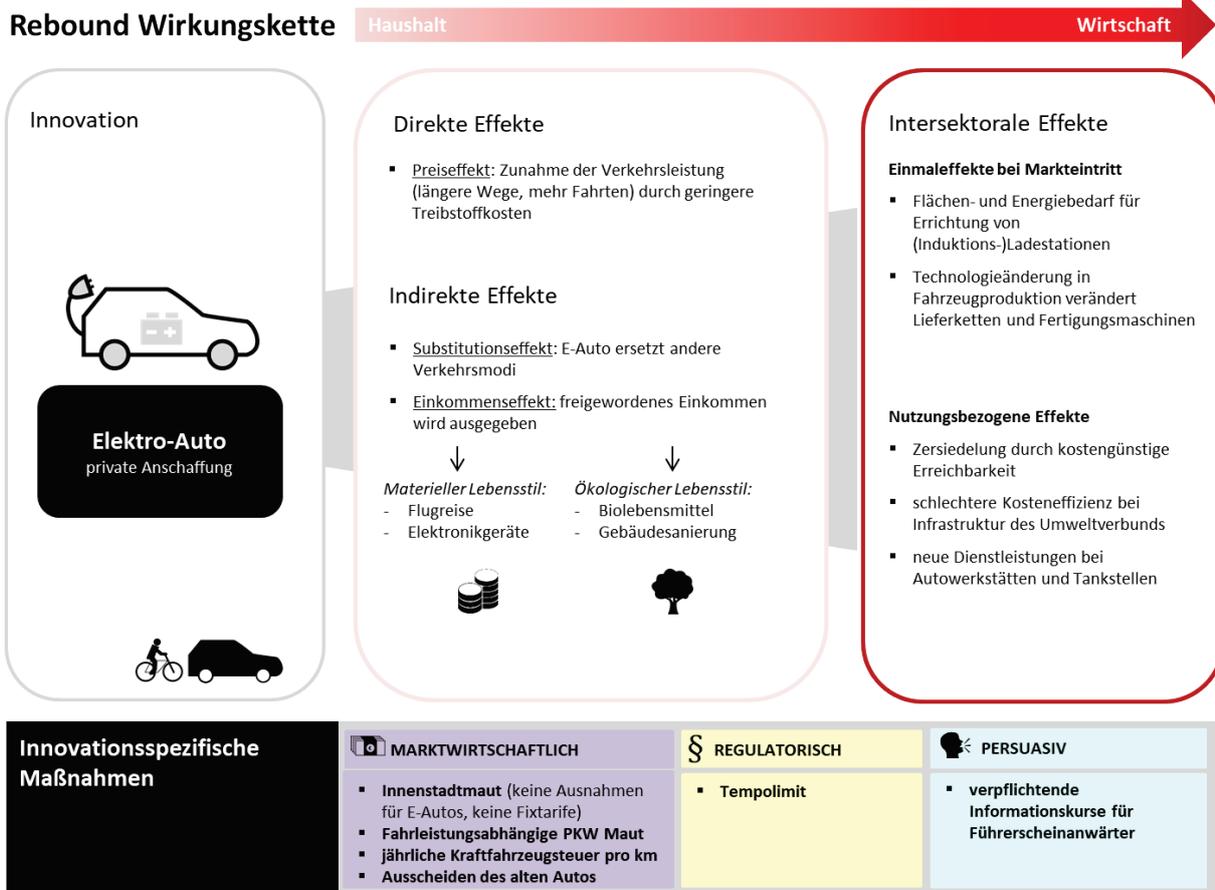
Bedeutung sind, kann es durch die niedrigen Betriebskosten ebenso zu einer Verlagerung vom öffentlichen Verkehr auf den motorisierten Individualverkehr kommen (Teufel et al. 2017). Falls jedoch in Zukunft elektrische Energie höher besteuert wird als heute, würde der finanzielle Rebound von Elektroautos schwächer ausfallen.

Ebenso besteht bei Elektroautos ein **mentaler Rebound-Effekt**, da die wahrgenommene geringe Umweltbelastung durch Elektroautos – diese haben keinen Auspuff und gelten deshalb allgemein als umwelt- und klimafreundlich – gemeinsam mit dem hohen Anschaffungspreis zur Substitution von öffentlichem Verkehr und Fahrradverkehr durch Elektroautos führen kann (Teufel et al. 2017; vgl. den psychologischen Prozess der mentalen Buchführung, *Tabelle 5*). Für Norwegen – das Land mit dem höchsten Anteil an Elektroautos – berichten Holtsmark & Skonhoft (2014), dass BesitzerInnen von Elektroautos nach dem Kauf des Elektroautos auf dem Weg zur Arbeit deutlich häufiger mit dem Auto fahren, als öffentliche Verkehrsmittel zu nutzen, mit dem Fahrrad zu fahren oder zu Fuß zu gehen: Führen die Käufer eines Elektroautos vor der Anschaffung des Elektroautos noch zu 23% mit dem öffentlichen Verkehr, verringerte sich dieser Anteil nach der Anschaffung auf nur mehr 4% (Holtsmark & Skonhoft 2014).

Schließlich besteht bei Elektroautos ebenso ein **funktionaler Rebound-Effekt**, da diese in der Reichweite begrenzt sind und in der Regel einen normalen Pkw nicht ganz ersetzen können und daher vor allem als Zweitwagen beworben und gekauft werden (Teufel et al. 2017). So zeigen Ergebnisse einer Befragung von ErstnutzerInnen von Elektrofahrzeugen in Deutschland durch Frenzel et al. (2015), dass 59% der Käufer von Elektroautos und 41% der Käufer von Hybrid-Pkw diese als zusätzlichen Pkw nutzen, sie also ein anderes Fahrzeug nicht abgeschafft haben (Frenzel et al. 2015: 35). Dies könnte die Fahrzeuganzahl erhöhen und damit das Flächen- und Stellplatzproblem in Städten sowie den Ressourcenverbrauch bei der Fahrzeugherstellung verschärfen (Teufel et al. 2017).

Die Anwendung des Indikatorensystems zum Rebound Screening der Mobilitätsinnovation E-Auto zeigt eine eher niedrige Umweltbeeinträchtigung in Folge von Rebound. Ausgehend vom derzeitigen technologischen Entwicklungs- und Fahrzeugbestand nutzt ein kleines Bevölkerungssegment das E-Auto. Diese Zielgruppe ist als einkommensstark, technologieaffin, umweltbewusst und statusorientiert zu charakterisieren. Die gegenwärtige Infrastruktur ist mangelhaft (nur auf vereinzelt Strecken Schnellladestationen, unzureichendes Angebot an Ladeinfrastruktur im öffentlichen und städtischen Raum, etc.), folglich sind die damit einhergehenden Umweltwirkungen zu vernachlässigen. Durch das E-Auto werden zwar fossil betriebene Fahrzeuge ersetzt, jedoch werden E-Autos als Zweit- oder Drittauto angeschafft und führen tendenziell zu einer Zunahme zurückgelegter Personen-Km. Zudem werden Wege vom Umweltverbund auf das E-Auto verlagert. Da sich Zweck und Nutzung des E-Autos kaum vom fossil betriebenen Fahrzeug unterscheiden, wirkt die Innovation gleich auf allen Wegetypen.

Abbildung 6: Rebound-Wirkungskette und Rebound-Screening Elektro-Auto



| Innovation   |  | Elektro-Auto  |   |
|--|--|---|---|
| Indikator  | höher  | absolute Umweltbeeinträchtigung infolge von Rebound | niedriger   |
| <b>Typ</b><br>Welches Funktionsprinzip hat die Innovation?   | technologisch<br>Antrieb, Sensorik, Materialien, ...   |   | organisatorisch/sozial<br>Sharing, Crowd, Verrechnung, Distribution, Orientierung, ...                        |
| <b>Tiefe</b><br>Wie weit reicht die Innovation?  | radikal<br>neuer Zugang, kombinierbar mit bestehenden Produkten/Prozessen, übertragbar auf andere Anwendungen auch außerhalb des Verkehrssystems |   | inkrementell<br>Verbesserung bestehender Lösungen, ersetzt einzelne Produkte/Prozesse                         |
| <b>Energieträger</b><br>Mit welcher Energiequelle wird die Innovation u. der mit ihr verbundene Verkehr betrieben? | fossil<br>Benzin, Diesel, konventioneller Strommix, ...  |   | erneuerbar<br>Ökostrom, Muskelkraft, ...  |
| <b>Investition</b><br>Wie teuer ist die Anschaffung der Innovation für den Nutzer?                                 | niedrige Kosten<br>Nachrüstung, Umsetzung in vorhandenen Plattformen, Serienausstattung, Ratenzahlung, ...                                       |   | hohe Kosten<br>Neuschaffung, umfangreiche Umbauten, Sonderausstattung, Einmalzahlung, ...                     |
| <b>Infrastruktur</b><br>Welche flächendeckende Infrastruktur wird für die Innovation benötigt?                     | hoch<br>physische Umbauten bei Gebäuden u. Straßen, wartungsintensiv, hoher operativer Energiebedarf   |   | niedrig<br>IT-Infrastruktur, wartungsarm, geringer operativer Energiebedarf                                   |
| <b>Zielgruppengröße</b><br>Wie viele Personen nutzen die Innovation?   | Allgemeinbevölkerung<br>breite Streuung über Altersgruppen, alle Verkehrsteilnehmer, ...   |   | ausgewählte Bevölkerungsgruppen<br>technikkaffin, Menschen mit besonderen Bedürfnissen, genderspezifisch, ... |
| <b>Einkommen</b><br>Nutzen arme oder reiche Personen die Innovation?   | niedrig<br>sozial Benachteiligte, unterdurchschnittlicher Lebensstandard   |   | hoch<br>gut Situierte, hoher Lebensstandard   |
| <b>Umweltwerte</b><br>Haben die Nutzer eine umweltfreundliche Werthaltung?   | niedrig<br>Vorrang des menschlichen Wohlbefindens vor der Natur, Vertrauen in technische Lösungen f. Umweltprobleme                              |   | hoch<br>Natur für kommende Generationen bewahren, ökologischer Lebensstil                                     |
| <b>Verkehrsmittelwahl</b><br>Von welchen Verkehrsmitteln werden Wege auf die Innovation verlagert?                 | Umweltverbund<br>weniger Fahrten mit Rad, ÖV, zu Fuß   |   | fossil<br>weniger Fahrten mit konventionellen Auto  |
| <b>Zurückgelegte Personen-km</b><br>Wie verändern sich die Anzahl und die Länge von Wegen?                         | Zunahme<br>Verringerung der Zeit-, Geld- oder Komfortkosten einzelner Wege   |   | Abnahme<br>Verlegung einzelner Wege in den virtuellen Raum, Kombinieren von Wegen                             |
| <b>Bedürfnisse</b><br>Welche Mobilitäts- und Konsumbedürfnisse spricht die Innovation an?                          | unbefriedigt<br>hedonistische Bedürfnisse, unerfüllte Konsumwünsche, materieller Nutzen, Statusgewinn  |   | gesättigt<br>Bedürfnisse mit einer natürlichen Obergrenze, Grundbedürfnisse, täglicher Bedarf                 |
| <b>Mobilitätsmuster</b><br>Wie veränderlich sind die Aktivitäten, auf welche die Innovation ausgerichtet ist?      | flexibel<br>seltene und unvertraute Wege, spontane Aktivitäten, Urlaube und Ausflüge   |   | rigide<br>gewohnte und alltägliche Wege, Aktivitäten innerhalb regelmäßiger Tagesstrukturen und Aktionsräume  |
| <b>Gesamt</b>  |  |   |   |

**Anwendungsfall:**  
Aktuelle Marktsituation von Elektro-Autos: verfügbare Produktpalette, gegenwärtige Reichweiten und Ladeinfrastruktur, geringer Anteil am Fahrzeugbestand.

**NutzerInnen:**  
Privathaushalte, die zur Zeit ein Elektro-Auto besitzen.

## 9.2. Sharing

„Shared Mobility“, also Mobilitätsdienstleistungen, die eine geteilte Nutzung durch verschiedene Personen ermöglichen, ist ein Teilgebiet der sogenannten „Sharing Economy“ im Bereich der Mobilität (Duong et al. 2016). Im Kern der Sharing Economy steht, dass ein Gegenstand nicht in das Eigentum des Nachfragers/der NachfragerIn übergeht, sondern nur vorübergehend genutzt wird. Innerhalb der letzten Jahre entstand eine Vielzahl an Sharing-Angeboten im Mobilitätsbereich, die sich hinsichtlich ihrer Organisation sowie der Verkehrsart unterscheiden. Gemeinsam ist diesen Angeboten, dass im Zentrum zumeist eine digitale Plattform steht, die einen Abgleich zwischen Angebot und Nachfrage ermöglicht (Bartik et al. 2015, Sharmanski 2014).

Im Bereich der Personenmobilität sind bereits zahlreiche Sharing-Angebote für das Auto, das Fahrrad oder den Elektro-Scooter zu finden, die einen innovativen Weg zur Reorganisation der Mobilität darstellen (Steininger & Bachner 2014). Besonders beim Car Sharing werden die unterschiedlichen Organisationsformen und Umsetzungsmodelle von Sharing-Angeboten deutlich, auch wenn häufig nur die Flexibilisierung bzw. Erweiterung von Geschäftsmodellen der traditionellen Auto- und Fahrrad-Vermietung im Vordergrund steht (siehe Tabelle 15). Generell kann zwischen kommerziellen (Business-to-Consumer – B2C oder Business-to-Business – B2B) und nichtkommerziellen (Peer-to-Peer – P2P bzw. Consumer2Consumer – C2C und Public-to-Consumer – P2C) Carsharing Formen unterschieden werden (Kaup 2013). Beim kommerziellen Carsharing stellen Firmen Flotten für NutzerInnen zur Verfügung, die gegen Gebühr (reine nutzungsbasierte Gebühr oder mit Mitgliedsbeitrag) genutzt werden können. Kommerzielle Modelle lassen sich in stationsgebundene und stationsunabhängige bzw. flexible Systeme unterscheiden (Scholl et al. 2013, Loose et al. 2004). Nichtkommerzielles Carsharing ist nicht gewinnorientiert ausgerichtet (Gugg 2015) und lässt sich grob nach zwei Modellen unterscheiden (Shibayama et al. 2013): Bei Grass-Root Modellen bilden die NutzerInnen eine geschlossene Gruppe zum Tausch von einem oder mehreren Fahrzeugen. Diese Gruppen sind überwiegend als (eingetragene) Vereine, Genossenschaften oder auf informeller Ebene organisiert (Gugg 2015). Peer-to-Peer Carsharing ist hingegen normalerweise ein offenes System, das die BesitzerInnen und alle registrierten NutzerInnen zur Benutzung eines Fahrzeuges in einem System berechtigt (Shibayama et al. 2013). Public-to-Consumer Carsharing im Gegensatz dazu meint öffentliches Carsharing, also z.B. kommunale Carsharing Angebote (Scholl et al. 2013).

Tabelle 15: Mögliche Ausprägungen von Shared Mobility

| Merkmalsart         | Ausprägung      |          |                     |                 |                    |                 |                |          |
|---------------------|-----------------|----------|---------------------|-----------------|--------------------|-----------------|----------------|----------|
| Verkehrsart         | Personenverkehr |          |                     |                 | Güterverkehr       |                 |                |          |
| Organisationsformen | P2P             | P2C      |                     | B2C             |                    | B2B             |                |          |
| Angebotsformen      | Trading         |          |                     | Goods Sharing   |                    | Service Sharing |                |          |
| Nutzungsmodus       | Stationsbasiert |          |                     |                 | stationsunabhängig |                 |                |          |
| Modi                | Auto            | Fahrrad  | Scooter             |                 | Lok                | Container       | Boot           | Flugzeug |
| Raumtyp             | ländlich        |          | suburban            |                 | urban              |                 | innerstädtisch |          |
| Initiative          | bottom up       |          |                     |                 | top down           |                 |                |          |
| Integration         | Modal           | Räumlich |                     | Organisatorisch |                    | Zeitlich        | technologisch  |          |
| Angebotsraum        | Region          |          | Gemeindekooperation |                 | Kernstadt          | Gemeinde        | Ortsteil       |          |

Neben dem Sharing des Verkehrsmittels, also z.B. des Autos oder Fahrrads (good sharing) findet sich im Bereich der Personenmobilität auch das Ridesharing (service sharing). Darunter werden Fahrgemeinschaften unterschiedlichster Organisationsformen verstanden. Während das Teilen bei Carsharing zeitlich getrennt erfolgt, findet es bei Mitfahrgelegenheiten zeitgleich statt (Kaup 2013). In Abgrenzung zu „Carpooling“, das regelmäßige Fahrgemeinschaften (z.B. von PendlerInnen) bezeichnet, steht Ridesharing für spontane Mitfahrgelegenheiten (Furuhata et al. 2013).

Im Bereich des Güterverkehrs beim Transport von Waren setzt sich Service Sharing hingegen bisher nur langsam durch. Zwar ist die Bündelung von Güterströmen in Logistikzentren schon seit 20 Jahren etabliert, dennoch besteht enormes Potenzial im Hinblick auf das Teilen von Fahrzeugen, Umschlagskapazitäten, Personal und Flächen sowie im Ridesharing von Gütern, um Beförderungskapazitäten zu nutzen (Duong et al. 2016; siehe das Beispiel Crowd-Logistik in Kap. 9.4). So gibt es beispielsweise zunehmend Ansätze zur Errichtung von sogenannten White-Label-Hubs bzw. Konsolidierungszentren an den Stadträndern, die alle Kurier-, Express- und Paketdienste nutzen können, um von dort gebündelte Verkehre in einem gemeinsamen Verkehrsmittel zu realisieren und damit Mehrfachfahrten oder Leerfahrten zu reduzieren (Kassner et al. 2016). Auch anbieteroffene statt proprietäre Paketboxen bzw. Paketboxanlagen, die von allen Zustelldiensten gemeinsam genutzt werden können, sind von zunehmender Bedeutung, um unnötige Verkehre zu vermeiden (BIEK 2017). Bei privaten Peer-to-Peer (Klein-)Gütertransporten in den Innenstädten spielen zunehmend Lastenräder eine wichtige Rolle, da diese sich aufgrund ihrer Nutzungszwecke und Anschaffungskosten sehr gut als Sharing-Fahrzeuge eignen (Duong et al. 2016). In den nachfolgenden Beispielen wird Shared Mobility aus der Perspektive des Personenverkehrs betrachtet.

Ein wesentlicher Treiber der Sharing Economy und damit auch der Shared Mobility ist die Digitalisierung: internetbasierte Technologien reduzieren Suchaufwand und ermöglichen kurzzeitig und kleinteilig das Teilen verschiedenster Ressourcen. Durch die wachsende Zahl dieser Online-

Intermediäre, aber auch der NutzerInnen, ist es heute in vielen Bereichen wesentlich schneller möglich, geeignete PartnerInnen zum Teilen zu finden (Bucher & Fieseler 2015) und ein Matching zwischen AnbieterInnen und NachfragerInnen durchzuführen (Haucap & Heimeshoff 2017). Durch die digitale Vernetzung (z.B. über Smartphones) können potentielle NutzerInnen sehr schnell global vernetzt sein.

Gemeinschaftliche Nutzung wird als entscheidend angesehen, damit die Automatisierung von Pkws gesamt zu positiven Umweltwirkungen führt. Wenn bei autonomen Fahrzeugen weiterhin der private Besitz dominiert, ist Rebound durch passagierlosen Parkvermeidungsverkehr oder durch Zeitnutzung auf längeren Pendelstrecken zu erwarten (Agora Verkehrswende 2017). Weiters ist die Sharing- und Plattform-Ökonomie mit zahlreichen Fragestellungen zu Datenschutz, Kompatibilität mit bestehenden Rechtsnormen (ArbeitnehmerInnen-Schutz) oder Wettbewerbsbedingungen verknüpft; im Rahmen der vorliegenden Studie werden diese Fragestellungen ausgeklammert.

### *Ridesharing mit sozial-emotionalem Matching*

Das Ridesharing mit sozial-emotionalem Matching geht davon aus, dass Fahrzeuge als Teil eines Ridesharing-Systems von mehreren Personen gleichzeitig genutzt werden (Tabelle 16). Die Fahrzeuge sammeln mehrere Fahrgäste und bringen sie zu ihren individuellen Zielen (Friedrich & Hartl 2016). Das Ridesharing gewinnt aktuell deutlich an Bedeutung – einerseits durch finanzielle Vorteile für die NutzerInnen, andererseits aus Umweltschutz-Bestrebungen und einem Umdenken hinsichtlich des Verzichts des eigenen Fahrzeugs (Berger 2014). Als weiterer Treiber könnte zukünftig auch die voranschreitende Automatisierung der Fahrzeuge fungieren, da die mit automatisierten Fahrzeugen verbundene höhere Verlässlichkeit im Straßenverkehr die raum-zeitliche Zuweisung von Fahrgästen vereinfacht (Lenz & Fraedrich 2015, Berger 2014).

Ein großes Hindernis für Ridesharing besteht neben der raum-zeitlichen Zuweisung von Fahrgästen bisher auch in der Ungewissheit der Ridesharing-NutzerInnen, mit wem sie ihre Fahrt bestreiten (Berger 2014). Um dies zu verbessern, erfolgt das Matching, also die Zuweisung von Fahrgästen nicht nur nach sozialen Merkmalen (Geschlecht, Alter, Werthaltungen etc.) oder anhand von Profilen in Social-Media-Netzwerken (wie z.B. bei flinc) (Berger 2014). Vielmehr erfolgt das Matching in Echtzeit ebenso nach emotionalen Merkmalen (z.B. Gefühlszustand; auch im Zusammenhang mit dem Reisezweck z.B. Arbeit/Konzert) und psychologischen Merkmalen. Ziel ist es, so die Bedürfnisse der NutzerInnen optimal zu berücksichtigen (Berger 2014). Der Matching-Algorithmus basiert auf künstlicher Intelligenz und Deep Learning und verbessert sich mit jeder Fahrt durch die Rückkopplung bzw. Bewertung der FahrerInnen hinsichtlich ihrer MitfahrerInnen (hinsichtlich Kommunikation, Benehmen etc.) (Berger 2014). Dies erfolgt nicht nur wie bisher durch eine tatsächliche Bewertung der NutzerInnen, sondern auch über die Auswertung des emotionalen Gemütszustands der NutzerInnen nach und während der Fahrt. Durch ein solches Matching entsteht ein spezifisches Mobilitätsangebot für bestimmte Communities.

Denkbar ist Ridesharing mit sozial-emotionalem Matching vor allem im städtischen Bereich. Hier gibt es bereits zahlreiche Anbieter von Ridesharing (Uber, Lyft etc.), die bisher schon über enorme Datenmengen bezüglich ihrer NutzerInnen verfügen, auf Basis derer sich ein solches Matching – in Verbindung mit der Verbesserung des Algorithmus – entwickeln könnte.

Tabelle 16: Charakterisierung Ridesharing mit sozial-emotionalem Matching

| Merkmal             | Ausprägung      |          |                     |                 |                    |           |                 |          |
|---------------------|-----------------|----------|---------------------|-----------------|--------------------|-----------|-----------------|----------|
| Verkehrsart         | Personenverkehr |          |                     |                 | Güterverkehr       |           |                 |          |
| Organisationsformen | P2P             | P2C      |                     | B2C             |                    | B2B       |                 |          |
| Angebotsformen      | Trading         |          |                     | Goods Sharing   |                    |           | Service Sharing |          |
| Nutzungsmodus       | stationsbasiert |          |                     |                 | stationsunabhängig |           |                 |          |
| Modi                | Auto            | Fahrrad  | Scooter             |                 | Lok                | Container | Boot            | Flugzeug |
| Raumtyp             | ländlich        |          | suburban            |                 | urban              |           | innerstädtisch  |          |
| Initiative          | bottom up       |          |                     |                 | top down           |           |                 |          |
| Integration         | modal           | räumlich |                     | organisatorisch |                    | zeitlich  | technologisch   |          |
| Angebotsraum        | Region          |          | Gemeindekooperation |                 | Kernstadt          | Gemeinde  | Ortsteil        |          |

### *Car- und Ridesharing auf Blockchain-Basis*

Für das Car- und Ridesharing bietet die Technologie Blockchain die Möglichkeit, die bisher relativ komplexen Abläufe von der Auswahl eines passenden Fahrzeuges bis hin zum endgültigen Abschluss eines personalisierten Mietvertrages zu verschlanken und zu beschleunigen (Gotthard 2016; Tabelle 17). Dies würde ein „echtes“ Sharing zwischen Privatpersonen ohne zwischengeschaltete Intermediäre vereinfachen und attraktivieren (Z\_punkt 2016).

Die Blockchain findet sich häufig im Zusammenhang mit der virtuellen Währung Bitcoin. Blockchain ist eine Kette von Datenblöcken, die Transaktionen speichert, wobei die Datenblöcke fortlaufend von allen Knoten, die an einem Rechner-Netzwerk angeschlossen sind, weiterverarbeitet werden. Hierbei wird jedes Mal eine Kopie des Datensatzes auf allen beteiligten Rechnern abgelegt, was dazu führt, dass die verschlüsselten Transaktionen unlöschar und fälschungssicher gespeichert sind. Die Blockchain ist also so etwas wie eine dezentrale, in einem Peer-to-Peer-Netzwerk betriebene aktualisierende Datenbank; die einzelnen Transaktionen sind jedoch nicht überschreibbar und deren Historie wird dokumentiert. Die Blockchain-Datenbank wird nicht wie eine konventionelle Datenbank auf einem zentralen Rechner gespeichert, sondern liegt und aktualisiert sich ständig auf jedem Rechner und ist damit wesentlicher Teil des gesamten Netzwerks. Sie ist einerseits logisch zentralisiert, andererseits jedoch organisatorisch dezentralisiert. Dies ermöglicht, dass eine offene, auf eine Open-Source-Software basierende Datenorganisation Funktionen übernehmen kann, die bislang einer zentralen Datenbank oder Plattform, also einem sogenannten Intermediär, vorbehalten waren. Mit der Blockchain kann die bisher erforderliche zentrale Instanz, die gegenüber den NutzerInnen die Echtheit von sensiblen Daten garantierte und so Vertrauen schuf, entfallen (Rehfeld 2016).

Für das Car- und Ridesharing bedeutet dies den möglichen Wegfall der Plattformanbieter wie beispielsweise Uber oder Lyft und der damit verbundenen Gebühren; diese Plattformanbieter würden auch ihre marktbeherrschende Position verlieren (Z\_punkt 2016). Das israelische Start-Up

LaZooz beispielsweise hat ein solches dezentrales auf der Blockchain basierendes Ridesharing entwickelt. Die Ridesharing-Plattform funktioniert nach dem „proof of movement“-Prinzip und schreibt seinen FahrerInnen bei nachgewiesener Bewegung Tokens (sogenannte Zooz) gut, die wiederum fürs Mitfahren eingelöst werden können (Z\_punkt 2016). Idealerweise hat man auf diese Weise eine Ridesharing-App, die keinerlei Geldströme benötigt. Weitere ähnliche Projekte sind beispielsweise Arcade City oder Dēmos (Portmann et al. 2017). Solche Systeme könnten vor allem auch im Rahmen einer Gemeinde oder einer kleinen Community eingesetzt werden. So könnten Gemeinden, die kaum oder nur sehr schlecht an den ÖPNV angeschlossen sind, ihre eigenen, lokalen Ridesharing-Angebote aufbauen (Rehfeld 2016).

Aktuelle Erfahrungen mit Krypto-Währungen zeigen, dass Blockchains bei einer hohen Anzahl an NutzerInnen und Transaktionen enorm energie- und rechenintensiv werden. Bei einem flächendeckenden Angebot von Car- und Ridesharing auf Blockchain-Basis wäre jedenfalls die Verrechnung der Blockchain in die Energiebilanzierung mit zu berücksichtigen.

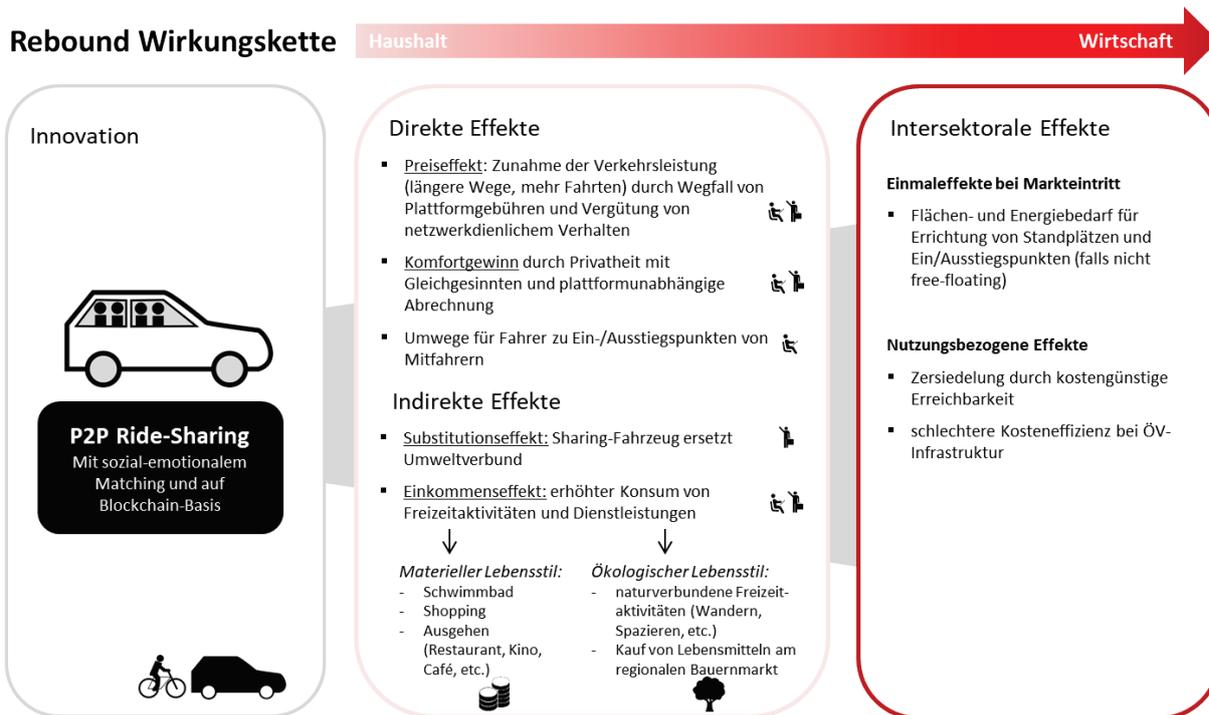
Tabelle 17: Charakterisierung Car- und Ridesharing auf Blockchain-Basis.

| Merkmal             | Ausprägung      |          |                     |                 |                    |          |                |
|---------------------|-----------------|----------|---------------------|-----------------|--------------------|----------|----------------|
| Verkehrsart         | Personenverkehr |          |                     |                 | Güterverkehr       |          |                |
| Organisationsformen | P2P             | P2C      | B2C                 |                 | B2B                |          |                |
| Angebotsformen      | Trading         |          | Goods Sharing       |                 | Service Sharing    |          |                |
| Nutzungsmodus       | stationsbasiert |          |                     |                 | stationsunabhängig |          |                |
| Modi                | Auto            | Fahrrad  | Scooter             | Lok             | Container          | Boot     | Flugzeug       |
| Raumtyp             | ländlich        |          | suburban            |                 | urban              |          | innerstädtisch |
| Initiative          | bottom up       |          |                     |                 | top down           |          |                |
| Integration         | modal           | räumlich |                     | organisatorisch |                    | zeitlich | technologisch  |
| Angebotsraum        | Region          |          | Gemeindekooperation |                 | Kernstadt          | Gemeinde | Ortsteil       |

Die beiden Anwendungsfälle von Peer-to-Peer Ridesharing mit sozial-emotionalem Matching und auf Blockchain-Basis werden in einem gemeinsamen Rebound-Screening bewertet, da die Einschätzungen der Rebound-Indikatoren weitestgehend unabhängig von Matching und Blockchain sind. Das Indikatorensystem ergibt ein eher hohes Rebound-Risiko. Die Organisationssoftware selbst ist als radikal einzustufen, aber die genutzten Fahrzeuge sind konventionell, daher wird der Indikator Innovationstiefe mittel klassifiziert. Die Innovation spricht eher die Allgemeinbevölkerung an – derzeit wird Peer-to-Peer Ridesharing vor allem von Personen jüngerer bis mittlerer Altersgruppen (mit höherem Bildungsniveau) genutzt (Scholl et al. 2017); Nutzergruppen mit besonderen Mobilitätsbedürfnissen, wie RollstuhlfahrerInnen oder Mitnahme von Kinderwägen / Kindersitz, können die Innovation nur eingeschränkt nutzen. Erfahrungen mit verwandten Innovationen (free-

floating Carsharing) sowie obige Erkenntnisse zu den NutzerInnen lassen ein Kannibalisieren der Verkehrsmodi öffentlicher Verkehr, Fahrrad und Taxi erwarten (Duong et al. 2016; Scholl et al. 2015); dieser Verlagerungseffekt wird hier umso höher eingeschätzt, da der Anwendungsfall ÖV-ähnliche Fahrpreise annimmt. Ridesharing wird vor allem genutzt werden, um kurze Wege in der Stadt zurückzulegen, welche in einen regelmäßigen Tagesablauf eingebunden sind (Arbeitswege, Hol- und Bringwege, Einkaufswege), nicht zuletzt da untertags an Wochentagen und zu Verkehrsspitzen mehr Mitfahrplätze angeboten werden können.

Abbildung 7: Rebound Wirkungskette und Rebound-Screening Peer-to-Peer Ride-Sharing



**Innovationsspezifische Maßnahmen**

**MARKTWIRTSCHAFTLICH**

- Innenstadtmaut, fahrleistungsabhängige PKW Maut (CO<sub>2</sub> Aufschlag; Besetzungsgradabhängige Maut)

**PERSUASIV**

- Infoplattformen & Infokampagnen (intermodale Verbindung mit ÖV-Angeboten)

| Innovation   |  | Ride-Sharing  |  |
|--|--|---|--|
| Indikator  | höher  | absolute Umweltbeeinträchtigung infolge von Rebound | niedriger  |
| <b>Typ</b><br>Welches Funktionsprinzip hat die Innovation?   | technologisch<br>Antrieb, Sensorik, Materialien, ...   |   | organisatorisch/sozial<br>Sharing, Crowd, Verrechnung, Distribution, Orientierung, ...                       |
| <b>Tiefe</b><br>Wie weit reicht die Innovation?  | radikal<br>neuer Zugang, kombinierbar mit bestehenden Produkten/Prozessen, übertragbar auf andere Anwendungen auch außerhalb des Verkehrssystems |   | inkrementell<br>Verbesserung bestehender Lösungen, ersetzt einzelne Produkte/Prozesse                        |
| <b>Energieträger</b><br>Mit welcher Energiequelle wird die Innovation u. der mit ihr verbundene Verkehr betrieben? | fossil<br>Benzin, Diesel, konventioneller Strommix, ...  |   | erneuerbar<br>Ökostrom, Muskelkraft, ...   |
| <b>Investition</b><br>Wie teuer ist die Anschaffung der Innovation für den Nutzer?                                 | niedrige Kosten<br>Nachrüstung, Umsetzung in vorhandenen Plattformen, Serienausstattung, Ratenzahlung, ...                                       |   | hohe Kosten<br>Neuanschaffung, umfangreiche Umbauten, Sonderausstattung, Einmalzahlung, ...                  |
| <b>Infrastruktur</b><br>Welche flächendeckende Infrastruktur wird für die Innovation benötigt?                     | hoch<br>physische Umbauten bei Gebäuden u. Straßen, wartungsintensiv, hoher operativer Energiebedarf   |   | niedrig<br>IT-Infrastruktur, wartungsarm, geringer operativer Energiebedarf                                  |
| <b>Zielgruppengröße</b><br>Wie viele Personen nutzen die Innovation?   | Allgemeinbevölkerung<br>breite Streuung über Altersgruppen, alle Verkehrsteilnehmer, ...   |   | ausgewählte Bevölkerungsgruppen<br>technaffin, Menschen mit besonderen Bedürfnissen, genderspezifisch, ...   |
| <b>Einkommen</b><br>Nutzen arme oder reiche Personen die Innovation?   | niedrig<br>sozial Benachteiligte, unterdurchschnittlicher Lebensstandard   |   | hoch<br>gut Situierte, hoher Lebensstandard  |
| <b>Umweltwerte</b><br>Haben die Nutzer eine umweltfreundliche Werthaltung?   | niedrig<br>Vorrang des menschlichen Wohlbefindens vor der Natur, Vertrauen in technische Lösungen f. Umweltprobleme                              |   | hoch<br>Natur für kommende Generationen bewahren, ökologischer Lebensstil                                    |
| <b>Verkehrsmittelwahl</b><br>Von welchen Verkehrsmitteln werden Wege auf die Innovation verlagert?                 | Umweltverbund<br>weniger Fahrten mit Rad, ÖV, zu Fuß   |   | fossil<br>weniger Fahrten mit konventionellen Auto   |
| <b>Zurückgelegte Personen-km</b><br>Wie verändern sich die Anzahl und die Länge von Wegen?                         | Zunahme<br>Verringerung der Zeit-, Geld- oder Komfortkosten einzelner Wege   |   | Abnahme<br>Verlegung einzelner Wege in den virtuellen Raum, Kombinieren von Wegen                            |
| <b>Bedürfnisse</b><br>Welche Mobilitäts- und Konsumbedürfnisse spricht die Innovation an?                          | unbefriedigt<br>hedonistische Bedürfnisse, unerfüllte Konsumwünsche, materieller Nutzen, Statusgewinn  |   | gesättigt<br>Bedürfnisse mit einer natürlichen Obergrenze, Grundbedürfnisse, täglicher Bedarf                |
| <b>Mobilitätsmuster</b><br>Wie veränderlich sind die Aktivitäten, auf welche die Innovation ausgerichtet ist?      | flexibel<br>seltene und unvertraute Wege, spontane Aktivitäten, Urlaube und Ausflüge   |   | rigide<br>gewohnte und alltägliche Wege, Aktivitäten innerhalb regelmäßiger Tagesstrukturen und Aktionsräume |
| <b>Gesamt</b>  |  |   |  |

**Anwendungsfall:**

Dichtes Angebot von Peer-to-Peer Ridesharing im urbanen Raum, das hinsichtlich Flächenabdeckung, Fahrtzeiten und Flexibilität an ÖV und MIV heranreicht. Fahrpreis nur geringfügig höher als im ÖV. Es wird der bestehende, vorwiegend fossile Fahrzeugbestand genutzt.

**NutzerInnen:**

Gesamte Stadtbevölkerung.

### 9.3. Wearable Devices

Durch den demographischen Wandel, die Zunahme der Lebensdauer bei gleichzeitiger Abnahme der Geburtenrate, gibt es zunehmend mehr Ältere und mehr Menschen mit Mobilitätseinschränkungen (Pressl et al. 2013, Jonuschat et al. 2016). In Österreich sind beispielsweise etwa 25-38% der Bevölkerung von Mobilitätseinschränkungen betroffen (Sammer et al. 2012). Hierbei nehmen alte Menschen einen Großteil der Gruppe ein; allgemein nimmt die Beeinträchtigung der Mobilität mit steigendem Alter zu (Pressl et al. 2013).

Der Zugang zur Mobilität muss auch für ältere und mobilitätseingeschränkte Personen gewährleistet werden (Jonuschat et al. 2016). Vielfach bestehen für diese Personen Schwierigkeiten im Bereich der Mobilität (Pressl et al. 2013) aufgrund von Einschränkungen beim

- Sehen (z.B. Probleme bei der Aufnahme visueller Informationen),
- beim Hören (z.B. Schwierigkeiten beim Verstehen von Lautsprecherdurchsagen),
- körperlich (z.B. Schwierigkeiten beim Überwinden von Stufen und Spalten),
- im mentalen Bereich (z.B. Schwierigkeiten beim raschen Erfassen von komplexen Situationen) sowie
- sozial bzw. zwischenmenschlich (z.B. steigende Gefahr von Rückzug und sozialer Isolation).

Hinzu kommen personenbezogene Barrierefaktoren wie Ängste und Verunsicherungen (z.B. Belästigungen), der soziale Hintergrund (z.B. mobilitätseinschränkende Wirkung des Alleinlebens) oder lebenslang erworbene Gewohnheiten und Routinen (z.B. fehlende Bereitschaft Fußwege zur ÖV-Haltestelle zu gehen) (Hefter & Götz 2013). Für diese Personen stellen eine mangelnde Ausgestaltung des Straßenraums, von Gebäude und Stationen und von Verkehrsmitteln, sowie fehlende oder ungenügende Angebote, Nutzungskosten oder fehlende Informationen zum (ÖV)-Angebot erhebliche Barrieren zum Zugang zur Mobilität dar (Link et al. 2017, Hefter & Götz 2013).

Wearable Devices – wie Smartglasses, Smartclothes oder Smartwatches – können Informationen zum Mobilitätsangebot gerade für mobilitätseingeschränkte und ältere Personen besser verfügbar machen (Tabelle 18). Wearables sind elektronische Gegenstände mit einem Mikrocontroller, die mit dem Internet oder anderen Gegenständen vernetzt sind und am Körper getragen (oder implantiert) werden. Sie ermöglichen überall und ohne Aufwand Echtzeitinformationen zu beziehen, weisen gleichzeitig aber im Vergleich zu Smartphones eine erhöhte Handlungsfreiheit auf. Gerade für mobilitätseingeschränkte und ältere VerkehrsteilnehmerInnen ist es vorteilhaft, dass Wearables bei der Verwendung nicht in der Hand gehalten werden müssen (Link et al. 2017).

Über Wearables können spezifische Informationen zur Route, z.B. Vorhandensein und Betrieb von Fahrstühlen sowie Hindernisse wie z.B. Pflastersteine bereitgestellt werden (Nagel et al. 2016, bmvit 2014). Darüber hinaus können Echtzeitinformationen, Informationen zum Verkehr oder Informationen zu Points-of-Interest verfügbar gemacht werden (Periša et al. 2015). Für Personen mit eingeschränkten Sehfähigkeiten sind insbesondere Wearables hilfreich, die über eine Sprachfunktion gesteuert werden bzw. Informationen auditiv vermitteln (Nagel et al. 2016). Bei auditiv oder über Vibrationen kommunizierenden Geräten ist es nicht nötig auf das Display der Geräte zu blicken (Link et al. 2017). Durch eine Erweiterung der Sensorik innerhalb der Wearables ist zudem auch eine Kommunikation mit taktilen Bodenleitsystemen oder Ampeln möglich (Nagel et al. 2016). Wearables

können NutzerInnen vor allem auf Nicht-Routine-Wegen, aber auch bei intermodalen Wegen, bei denen mehrere Verkehrsmittel kombiniert werden, unterstützen (Link et al. 2017). Für mobilitätseingeschränkte Personen können sie den Zugang zur Mobilität sowie eine eigenständige Mobilität erleichtern (Nagel et al. 2016).

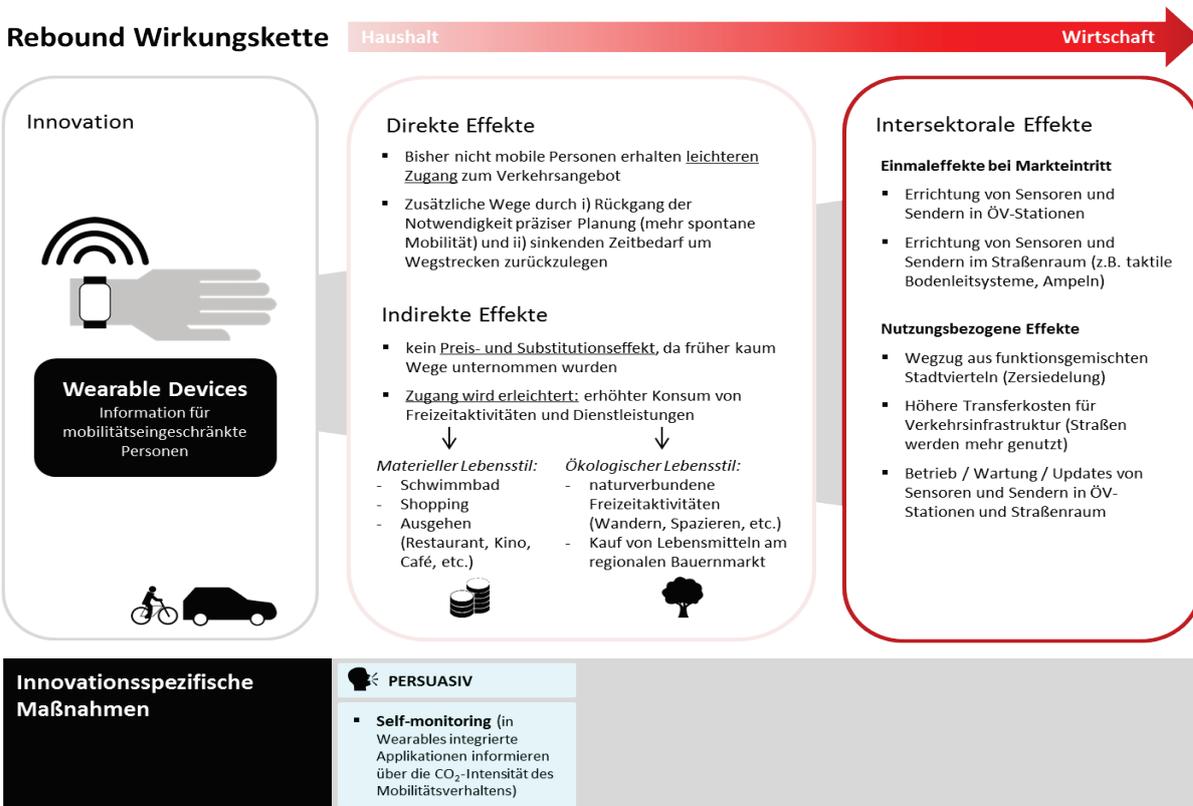
Wearable Devices sind nicht die einzige Strategie, um auf die Zunahme von Mobilitätseinschränkungen in einer Gesellschaft mit einem höheren Anteil älterer Menschen zu reagieren. Vollautomatisiertes Fahren könnte etwa auch älteren Menschen mit Sinneseinschränkungen den Zugang zum Verkehrssystem ermöglichen.

Tabelle 18: Charakterisierung Wearable Devices

| Merkmal   | Ausprägung   |  |  |  |
|---|--|--|--|--|
|   | körperlich   | visuell  | auditiv  | geistig  |
| <b>(unterstützende) Modi</b>                            | Auto   | Fahrrad  | Zu Fuß Gehen   | Öffentlicher Verkehr                               |
| <b>(Beseitigung) personenbezogener Barrierefaktoren</b> | Ängste und Verunsicherungen  | Sozialer Hintergrund   | Lebenslang erworbene Gewohnheiten und Routinen           |  |
| <b>(Beseitigung) umweltbezogener Barrierefaktoren</b>   | mangelnde Ausstattung und bauliche Gestaltung von Gebäuden und Stationen | Mangelnde Ausstattung und bauliche Gestaltung des Straßenraums | Mangelnde Ausstattung und Gestaltung von Verkehrsmitteln | Mangelnde Informationen zu Angeboten und Barrieren |

Für Wearable Devices ergibt das Indikatorensystem ein mittleres Rebound-Risiko. Die Innovation ist als hochtechnologisch einzustufen, da das Stadtgebiet flächendeckend mit passiven Sensoren ausgestattet ist sowie Verkehrsaufkommen und Hindernisse (bspw. Baustellen) in Echtzeit erfasst werden. Daraus ergibt sich ein hoher Investitionsbedarf in die öffentliche Infrastruktur. Jedoch sind die Anschaffungskosten für NutzerInnen relativ gering, da die Technologie auf eher günstigen Endgeräten (Handy-App, Smartwatch, Brille, etc.) umgesetzt wird. Diese Innovation wird vorwiegend von Personengruppen im unteren Einkommenssegment genutzt, da meist diese Gruppen auf das ÖV- und Fußwegenetz stark angewiesen sind. Die Zielgruppe der Innovation, einkommensschwache StadtbewohnerInnen mit eingeschränkten Mobilitätsbedürfnissen, ist allerdings relativ klein und kann folglich nur geringen absoluten Rebound auslösen. Genutzt wird die Innovation nur auf bestimmten Wegen, die mit dem ÖV-Netz gut zurückgelegt werden können: Wege, die in regelmäßige Tagesstrukturen eingebettet sind und mit denen urbane Erholungsangebote erreicht werden.

Abbildung 8: Rebound Wirkungskette und Rebound-Screening Wearable Devices



| Innovation   | Wearable Devices   |  |
|--|--|--|
| Indikator  | höher  | niedriger  |
| <b>Typ</b><br>Welches Funktionsprinzip hat die Innovation?   | technologisch<br>Antrieb, Sensorik, Materialien, ...   | organisatorisch/sozial<br>Sharing, Crowd, Vernetzung, Distribution, Orientierung, ...                        |
| <b>Tiefe</b><br>Wie weit reicht die Innovation?  | radikal<br>neuer Zugang, kombinierbar mit bestehenden Produkten/Prozessen, übertragbar auf andere Anwendungen auch außerhalb des Verkehrssystems | inkrementell<br>Verbesserung bestehender Lösungen; ersetzt einzelne Produkte/Prozesse                        |
| <b>Energieträger</b><br>Mit welcher Energiequelle wird die Innovation u. der mit ihr verbundene Verkehr betrieben? | fossil<br>Benzin, Diesel, konventioneller Strommix, ...  | erneuerbar<br>Ökostrom, Muskelkraft, ...   |
| <b>Investition</b><br>Wie teuer ist die Anschaffung der Innovation für den Nutzer?                                 | niedrige Kosten<br>Nachrüstung, Umsetzung in vorhandenen Plattformen, Serienausstattung, Ratenzahlung, ...                                       | hohe Kosten<br>Neuschaffung, umfangreiche Umbauten, Sonderausstattung, Einmalzahlung, ...                    |
| <b>Infrastruktur</b><br>Welche flächendeckende Infrastruktur wird für die Innovation benötigt?                     | hoch<br>physische Umbauten bei Gebäuden u. Straßen, wartungsintensiv, hoher operativer Energiebedarf   | niedrig<br>IT-Infrastruktur, wartungsarm, geringer operativer Energiebedarf                                  |
| <b>Zielgruppengröße</b><br>Wie viele Personen nutzen die Innovation?   | Allgemeinbevölkerung<br>breite Streuung über Altersgruppen, alle Verkehrsteilnehmer, ...   | ausgewählte Bevölkerungsgruppen<br>technikaffin, Menschen mit besonderen Bedürfnissen, genderspezifisch, ... |
| <b>Einkommen</b><br>Nutzen arme oder reiche Personen die Innovation?   | niedrig<br>sozial Benachteiligte, unterdurchschnittlicher Lebensstandard   | hoch<br>gut Situierte, hoher Lebensstandard  |
| <b>Umweltwerte</b><br>Haben die Nutzer eine umweltfreundliche Werthaltung?   | niedrig<br>Vorrang des menschlichen Wohlstandes vor der Natur, Vertrauen in technische Lösungen f. Umweltprobleme                                | hoch<br>Natur für kommende Generationen bewahren, ökologischer Lebensstil                                    |
| <b>Verkehrsmittelwahl</b><br>Von welchen Verkehrsmitteln werden Wege auf die Innovation verlagert?                 | Umweltverbund<br>weniger Fahrten mit Rad, ÖV, zu Fuß   | fossil<br>weniger Fahrten mit konventionellen Auto   |
| <b>Zurückgelegte Personen-km</b><br>Wie verändern sich die Anzahl und die Länge von Wegen?                         | Zunahme<br>Verringerung der Zeit-, Geld- oder Komfortkosten einzelner Wege   | Abnahme<br>Verlegung einzelner Wege in den virtuellen Raum, Kombinieren von Wegen                            |
| <b>Bedürfnisse</b><br>Welche Mobilitäts- und Konsumbedürfnisse spricht die Innovation an?                          | unbefriedigt<br>hedonistische Bedürfnisse, unerfüllte Konsumwünsche, materieller Nutzen, Statusgewinn  | gesättigt<br>Bedürfnisse mit einer natürlichen Obergrenze; Grundbedürfnisse, täglicher Bedarf                |
| <b>Mobilitätsmuster</b><br>Wie verändern sich die Aktivitäten, auf welche die Innovation ausgerichtet ist?         | flexibel<br>seltene und unvertraute Wege, spontane Aktivitäten, Urlaube und Ausflüge   | rigide<br>gewohnte und alltägliche Wege, Aktivitäten innerhalb regelmäßiger Tagesstrukturen und Aktionsräume |
| <b>Gesamt</b>  | X  |  |

**Anwendungsfall:**  
Flächendeckendes, kostenfreies Angebot für ÖV-Stationen, ÖV-Fahrzeuge und Fußwege im urbanen Raum. Tür-zu-Tür Service für Wege im urbanen Raum.

**NutzerInnen:**  
Alle mobilitätseingeschränkten Personen, die in der Stadt unterwegs sind.



## 9.4. Crowd-Logistik

### *Städtischer Güterverkehr*

City-Logistik ist ein Teilbereich der Logistik und umfasst alle Ansätze für die Gestaltung, Steuerung und Optimierung von Waren- und Informationsflüssen in Städten und Ballungszentren. Dazu gehören eine Vielzahl an Konzepten zur Verbesserung des städtischen Güterverkehrs sowohl in ökonomischer als auch ökologischer Hinsicht wie z.B. die Entlastung der innerstädtischen Infrastruktur sowie die Steigerung der Wirtschaftlichkeit des städtischen Güterverkehrs bei gleichbleibender Versorgungsqualität (Wirtschaftsagentur Wien 2016, Schrapf et al. 2013). Solche Konzepte im Bereich der (City-)Logistik können dabei auf das Produkt bzw. Service, das Geschäftsmodell oder auf Prozesse wirken (Lampe & Stölzle 2012).

Ein wesentlicher Treiber im Bereich der (City-)Logistik ist die Industrie 4.0, sprich Entwicklungen hin zu einem Produktionsumfeld, das aus intelligenten, sich selbst steuernden Objekten, sogenannten vernetzten Cyber-Physischen Systemen (CPS) besteht. Dies sind mit einer eigenen Steuerung versehene intelligente Objekte, die in einem Internet der Daten und Dienste miteinander vernetzt sind und sich selbständig steuern. CPS können Anlagen, Behälter, Produkte und Materialien sein. In einer Vision der flächendeckenden Durchdringung dieses Ansatzes steuern sich Aufträge selbständig durch ganze Wertschöpfungsketten, buchen ihre Bearbeitungsmaschinen und ihr Material und organisieren ihre Auslieferung zu den KundInnen (Spath et al. 2013) Die Auswirkungen der Industrie 4.0 auf die Logistik werden auch als Logistik 4.0 beschrieben. Diese „umfasst Ansätze, und Technologien für anpassungsfähige, (Ressourcen-) effiziente, nutzerfreundliche und nachhaltige Transport- und Logistikformen. Schwerpunkte sind die horizontale und die vertikale Integration der Wertschöpfung. Die technologische Basis ist die Fusion von digitalen und physischen Technologien (cyber physics; Schwarzbauer & Kummer 2015). Hierbei werden folgende Ansätze verwendet: (1) Neue Automatisierungskonzepte (z.B. autonomes Fahren), (2) Selbstoptimierung, Selbstkonfiguration und Selbstdiagnose sowie (3) das Internet der Dinge, das alle Systeme, Fahrzeuge, Unternehmen, Mitarbeiter, Kunden etc. vernetzt (Schwarzbauer & Kummer 2015).

### *Crowd-Logistik für Lieferverkehr auf der letzten Meile*

Bei der Crowd-Logistik werden Gegenstände, Einkäufe oder Objekte von Privatpersonen geliefert bzw. mitgebracht (Lengauer et al. 2015; Tabelle 19). Dabei werden die freien Transportkapazitäten der Privatpersonen genutzt, die ohnehin gerade unterwegs sind, sich in dem jeweiligen Geschäft aufhalten oder sich als Bote etwas dazu verdienen möchten (Dörrzapf et al. 2017).

Die Crowd-Logistik gewinnt aufgrund zahlreicher Vorteile zunehmend an Bedeutung. Aus Sicht der Kurier- und Paketdienstleister liegt der Nutzen in der Vermeidung von teuren Lieferungen in Randgebiete mit niedrigen Stopp-Faktoren sowie von Leerfahrten (Lengauer et al. 2015). Dieses Lieferkonzept ist also vor allem für die letzte Meile, ein sehr kurzer aber der teuerste Abschnitt in der Distributionskette, interessant (Dörrzapf et al. 2017). KonsumentInnen und Handelsunternehmen profitieren bei Crowd-Logistik von einer schnelleren Lieferung ab Filiale und Lager, da Privatpersonen immer, also auch an Feiertagen, am Wochenende oder am Abend unterwegs sein können (Lengauer et al. 2015).

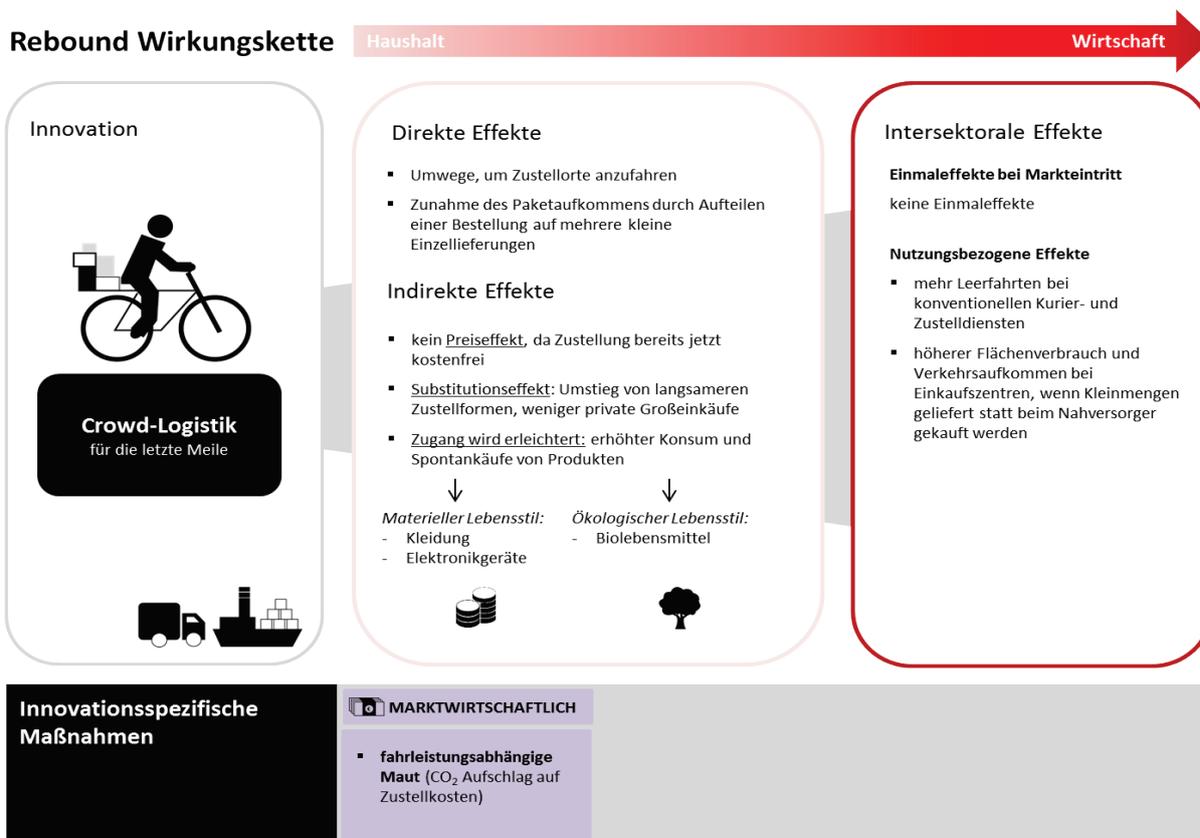
Crowd-Logistik ist ein Teil des kollaborativen Konsums im Sinne der Sharing Economy. Crowd-Logistik soll Verkehrswege einsparen, Ressourcen schonen und Städte verkehrlich entlasten (Dörrzapf et al. 2017).

Tabelle 19: Charakterisierung Crowd-Logistik

| Merkmal                                 | Ausprägung                   |                               |                          |             |                               |                      |                      |
|---|------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|
|   | Teil der Wertschöpfungskette | Interne Logistik              |                          | Produktion  | Externe Logistik              |                      | Marketing            |
| Modi                                    | Auto                         | Fahrrad                       | Lkw                      | Lok         | Container                     | Boot                 | Flugzeug             |
| (Beitrag) zur Verbesserung der Logistik | Reduktion Emission           | Sicherstellung Nachhaltigkeit | Verbesserung Integration |             | Optimierung Ressourceneinsatz | Steigerung Effizienz | Erhöhung Transparenz |
| Wirkungsbereich                         | Produkt/ Service             |                               | Geschäftsmodell          |             | Prozess                       |                      |                      |
| Räumliche Ausdehnung                    | großräumig                   |                               |                          | kleinräumig |                               |                      |                      |

Bei Crowd-Logistik zeigt sich ein eher niedriges Rebound-Risiko. Das Organisationsprinzip der Innovation ist zwar als radikal einzustufen, da aber bestehende Wege und konventionelle, fossile Antriebe genutzt werden, die ihrerseits inkrementell sind, hebt sich die Wirkung auf. Obwohl Crowd-Logistik grundsätzlich auch zu Fuß oder mit dem Rad denkbar ist, dürfte der Großteil der Transporte mit dem Auto durchgeführt werden, da dieses sich besser zum Transport schwerer, erschütterungsempfindlicher oder sperriger Waren eignet. Die Umsetzung von Crowd-Logistik ist zwar mit eher niedrigen Kosten verbunden, allerdings sind kaum Eingriffe in die Infrastruktur nötig. Zielgruppe/Nutzer der Innovation ist der Einzelhandel. Da hauptsächlich fossile Lieferwägen durch fossile Pkws ersetzt werden, findet keine Verlagerung zwischen Verkehrsmitteln statt. Insgesamt dürften die zurückgelegten Tonnen-km sinken, da zahlreiche Leerfahrten wegfallen, weniger Zustellversuche unternommen werden und die Lieferwege gut in Wege integriert werden können, die ohnehin für andere Zwecke unternommen werden. Die Reduktion der Tonnen-km könnte aber abgeschwächt werden, wenn die Anzahl an Lieferwege zunimmt, etwa weil seltene Großeinkäufe auf häufige kleine Einzelbestellungen aufgeteilt werden.

Abbildung 9: Rebound Wirkungskette und Rebound-Screening Crowd-Logistik



| Innovation   | Crowd-Logistik   |   |
|--|--|---|
| Indikator  | höher  | niedriger   |
| <b>Typ</b><br>Welches Funktionsprinzip hat die Innovation?   | technologisch<br>Antrieb, Sensorik, Materialien, ...   | organisatorisch/sozial<br>Sharing, Crowd, Verrechnung, Distribution, Orientierung, ...                              |
| <b>Tiefe</b><br>Wie weit reicht die Innovation?  | radikal<br>neuer Zugang, kombinierbar mit bestehenden Produkten/Prozessen, übertragbar auf andere Anwendungen auch außerhalb des Verkehrssystems | inkrementell<br>Verbesserung bestehender Lösungen, ersetzt einzelne Produkte/Prozesse                               |
| <b>Energieträger</b><br>Mit welcher Energiequelle wird die Innovation u. der mit ihr verbundene Verkehr betrieben?                         | fossil<br>Benzin, Diesel, konventioneller Strommix, ...  | erneuerbar<br>Ökostrom, Muskelkraft, ...  |
| <b>Investition</b><br>Wie teuer ist die Anschaffung der Innovation für den Betrieb?  | niedrige Kosten<br>Nachrüstung, Umsetzung in vorhandenen Plattformen, Serienausstattung, Risikozahlung, ...                                      | hohe Kosten<br>Neuanschaffung, umfangreiche Umbauten, Sonderausstattung, Einmalzahlung, ...                         |
| <b>Infrastruktur</b><br>Welche flächendeckende Infrastruktur wird für die Innovation benötigt?   | hoch<br>physische Umbauten bei Gebäuden u. Straßen, Umrüstung der Fahrzeugflotte, wartungsintensiv, hoher operativer Energiebedarf               | niedrig<br>Einbettung in bestehende Infrastruktur, IT-Infrastruktur, wartungsarm, geringer operativer Energiebedarf |
| <b>Zielgruppengröße</b><br>Wie viele Wirtschaftssektoren nutzen die Innovation?  | Gesamtwirtschaft<br>breite Nutzung in allen Wirtschaftsbereichen   | ausgewählte Sektoren<br>Nutzung nur in Dienstleistungssektoren, zugeschnitten auf einen Betrieb/Branchen            |
| <b>CO<sub>2</sub>-Intensität des Betriebs</b><br>Wie CO <sub>2</sub> -intensiv ist der Produktionssektor/Betrieb der die Innovation nutzt? | hoch<br>Beispiele: Metallverarbeitung & -erzeugung, Elektrizitätswesen, Papierindustrie, Chemie, Glasindustrie                                   | niedrig<br>Beispiele: Hotellerie, Gesundheitswesen, Maschinenbau  |
| <b>Verkehrsmittelwahl</b><br>Von welchem Verkehrsmittel werden Wege auf die Innovation verlagert?  | Umweltverbund<br>weniger Transporte mit Bahn, Schiff, Rohrleitungen  | fossil<br>weniger Transporte mit konventionellen Lastwagen und Flugzeugen   |
| <b>Wirkungen</b><br><b>Zurückgelegte Tonnen-km</b><br>Wie verändern sich die Anzahl und die Länge von Wegen?                               | Zunahme<br>Kostensenkung, Verringerung von Transport-, Lager- und Umschlagzeiten   | Abnahme<br>weniger Leerfahrten, höhere Auslastung von Fahrzeugen, optimierte Umschlagprozesse                       |
| <b>Gesamt</b>  |  |   |

**Anwendungsfall:**  
Flächendeckendes Angebot im urbanen und suburbanen Raum. Transport von Kleinmengen des alltäglichen Bedarfs mit Fahrrad und MIV. Geringe Liefergebühren bzw. Credit-System unter allen TeilnehmerInnen.

**NutzerInnen:**  
Zustellservice/Paketzusteller im urbanen und suburbanen Raum, die eine Crowd-Logistik Plattform für ihre KundInnen bereitstellen.



## 9.5. Automatisierter Straßengüterverkehr

Die Automatisierung der Fahrzeuge im Güterverkehr nimmt mit dem Ziel der Erhöhung von Produktivität, Zuverlässigkeit und Flexibilität der Raumüberwindung sowohl im Bereich der Verkehrsträger als auch im Bereich des innerbetrieblichen Transports kontinuierlich zu. Im Bereich der innerbetrieblichen Logistik wurden bereits in den 1950er-Jahren erste Anwendungen entwickelt, bei denen der Transport ohne FahrerInnen (z.B. im Innenbereich, im privaten Außenbereich oder in gefährlichen Gebieten) realisiert werden konnte. Auch im Bereich des Straßengüterverkehrs können sich durch voll-automatisiertes oder autonomes Fahren Veränderungen in der Logistik bzw. in Supply Chains und im Güterverkehrssystem ergeben (Flämig 2015). Dies führt vor allem zu einer weiteren Reduktion von Transportkosten im Bereich der Logistik (DHL 2017).

Während Automatisierungstechnologien im Luftverkehr sowie im schienengebundenen öffentlichen Verkehr (z.B. U-Bahn Linien in Paris oder Kopenhagen) bereits heute im hohen Ausmaß zu finden sind, ist dies im Straßenverkehr aufgrund der hohen Komplexität in der Interaktion mit anderen VerkehrsteilnehmerInnen erst geringfügig der Fall (Trommer et al. 2016, Jonuschat et al. 2016).

### *Funktionen und Stufen von automatisiertem Fahren*

Automatisiertes Fahren bezeichnet die (vollständige) Übernahme der Längsführung (Geschwindigkeit halten, Gas geben und Bremsen) und Querführung (Lenken) eines Fahrzeugs durch ein System (VDA 2015; Kollosche & Schwedes 2016). Grundsätzlich können verschiedene Automatisierungsstufen unterschieden werden (VDA 2015):

- Gibt es keine automatisierten Fahrfunktionen (Stufe 0, driver only), führt der/die FahrerIn allein die Längs- und Querführung aus; es gibt keine eingreifenden, sondern ausschließlich warnende Systeme (z.B. Spurverlassenswarner).
- Wird von einem System entweder die Längs- oder die Querführung eines Fahrzeugs übernommen, während der/die FahrerIn dauerhaft die jeweils andere Aktivität ausführt (z.B. Spurhalteassistent), so spricht man von Stufe 1 (assistiert).
- Teilautomatisierte Fahrzeuge (Stufe 2) bezeichnen solche Fahrzeuge, bei denen der/die FahrerIn sowohl die Längs- als auch die Querführung an das System in einem bestimmten Anwendungsfall (Straßentypen, Geschwindigkeitsbereiche und Umfeldbedingungen) übergeben kann (z.B. Stauassistent). Der/die FahrerIn muss das Fahrzeug allerdings dauerhaft überwachen und jederzeit in der Lage sein, sofort die Steuerung des Fahrzeugs zu übernehmen.
- Bei hochautomatisierten Fahrzeugen (Stufe 3) übernimmt das System ebenfalls Längs- und Querführung in einem spezifischen Anwendungsfall. Das System erkennt jedoch selbstständig die Systemgrenzen, also den Punkt an dem die Umfeldbedingungen nicht mehr dem Funktionsumfang des Assistenzsystems entsprechen. Ist dies der Fall, fordert das Fahrzeug den/die FahrerIn zur Übernahme der Fahraufgabe auf. Der/die FahrerIn muss die Längs- und Querführung des Fahrzeugs also nicht mehr dauerhaft überwachen, er/sie muss jedoch in der Lage sein, nach Aufforderung durch das System mit einer gewissen Zeitreserve die Fahraufgabe wieder zu übernehmen (z.B. Autobahn-Chauffeur).

- Vollautomatisierte Fahrzeuge (Stufe 4) bezeichnen solche Fahrzeuge, bei denen der/die FahrerIn die komplette Fahraufgabe an das System in spezifischen Anwendungsfällen übergeben kann. Das System kann im spezifischen Anwendungsfall alle Situationen automatisch bewältigen; im spezifischen Anwendungsfall ist kein/e FahrerIn erforderlich (z.B. Valet Parken).
- Kann das Fahrzeug vollumfänglich auf allen Straßentypen, in allen Geschwindigkeitsbereichen und unter allen Umfeldbedingungen die Fahraufgabe vollständig allein durchführen, spricht man von der Stufe 5 (fahrerlos). Hierbei ist von Start bis Ziel kein/e FahrerIn erforderlich, die Fahrzeuge können also komplett fahrerlos bzw. autonom verkehren.

Derzeit werden zunehmend teilautomatisierte (z.B. Überholassistent), hochautomatisierte (z.B. Autobahn-Chauffeur) und vollautomatisierte (z.B. Valet parken) Funktionen in Fahrzeugen angeboten, bei denen das System im jeweiligen Anwendungsfall vollständig sowohl die Längs- als auch Querführung übernimmt und die Fahrzeuginsassen von der Aufgabe, das Fahren zu überwachen, entbindet. Zukünftig könnten sogar vollständig autonome Fahrzeuge völlig fahrerlos (größere) Ortsveränderungen durchführen (Friedrich & Hartl 2016, Kollosche & Schwedes 2016).

### *Sensorik für automatisiertes Fahren*

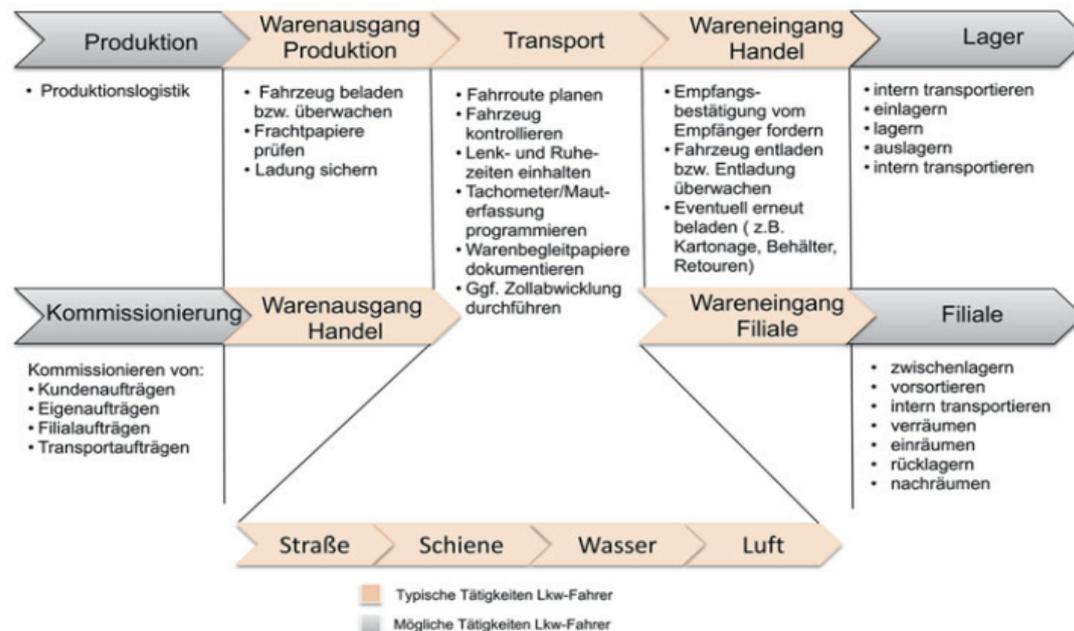
Wesentliche Treiber des automatisierten Fahrens sind Sensorik und Aktuatorik. Schon heute sind in modernen Fahrzeugen mehr als 200 Sensoren und Aktuatoren verbaut (Wahlster 2017). Sensoren übernehmen dabei die Wahrnehmung der Umgebung und des Eigenzustands. Durch Aktuatoren bzw. Aktoren erfolgt die Übersetzung von elektrischen Signalen in mechanische Bewegung, also Änderungen des Eigenverhaltens und in der Umgebung (Wahlster 2017). Wichtig für das automatisierte Fahren sind vor allem Umgebungssensoren. Die Sensorik in automatisierten Fahrzeugen umfasst dabei Radarsensoren, Ultraschallsensoren sowie Kameras. Zunehmend werden auch sogenannte Lidar-Sensoren (light detection and ranging) verwendet (Lemmer 2014, Köllner 2017).

Eine weitere Basis für das automatisierte Fahren bildet auch das Deep Learning bzw. die künstliche Intelligenz. Hierbei kommen neuronale Netze zum Einsatz, welche die Millionen von Daten und Bildern der Sensoren und Kameras interpretieren. Sie übernehmen die intelligente Steuerung bzw. die sensorbasierte Handlungsplanung des Fahrzeugs (Wahlster 2017). Hierbei geht es zunächst um die Wahrnehmung der Umgebung auf Basis der Sensorik. Dies umfasst die Bild- und Sensordatenverarbeitung, die Fusion verschiedener Sensoren, die gegenseitige Plausibilisierung von Sensoren sowie eine hochgenaue Lokalisierung. Anschließend erfolgt die Kognition, d.h. das Szenenverstehen. Dies umfasst die Erkennung des Szenenkontexts, die Beziehungen zwischen Objekten, die Verknüpfung von semantischem Vorwissen, die Erkennung von Intentionen und die Vorhersage des erwarteten Fahrverhaltens. Auf Basis von Perzeption und Kognition erfolgt schließlich über die Aktuatorik die Aktion, d.h. Manöver- und Trajektorienplanung. Dies umfasst die Wahl einer geeigneten Fahrstrategie, die Erreichung globaler Ziele (z.B. Fahrtziel) sowie die Berechnung einer sicheren und komfortablen Trajektorie (Wahlster 2017).

## Automatisiertes Fahren im Straßengüterverkehr

Veränderungen durch das vollautomatisierte bzw. autonome Fahren im Straßengüterverkehr umfassen insbesondere die derzeitigen typischen fahrerrelevanten Tätigkeiten in der Supply Chain (Abbildung 10, Tabelle 20).

Abbildung 10: Fahrerrelevante Tätigkeiten in einer generischen Supply Chain (Flämig 2015:391)



Dies betrifft zunächst den Wegfall des Fahrens und der Kontrolle des Fahrzeugs durch den/die FahrerIn. Zudem würde das Problem der Lenk- und Ruhezeitüberschreitungen obsolet werden. Des Weiteren könnten Touren anders geplant werden. Der/die FahrerIn entfällt vollkommen oder muss sich anderen Aufgaben wie der Routenplanung oder dem Fuhrparkmanagement widmen (Flämig 2015).

Veränderungen ergeben sich auch durch den Wegfall der Überwachung der Durchführung der Fahrzeugbe- und -entladung oder der Forderung der Empfangsbestätigung am Wareneingang sowie der Überprüfung der Ladungssicherung am Warenausgang durch den/die FahrerIn selbst, die automatisiert durchgeführt werden können. Denkbar ist beispielsweise im Werkverkehr die Ausschreibung von Transportaufträgen, um die sich autonome Lkws bewerben und diese nach vordefinierten Kriterien erhalten (Flämig 2015).

Tabelle 20: Charakterisierung Automatisiertes Fahren im Güterverkehr

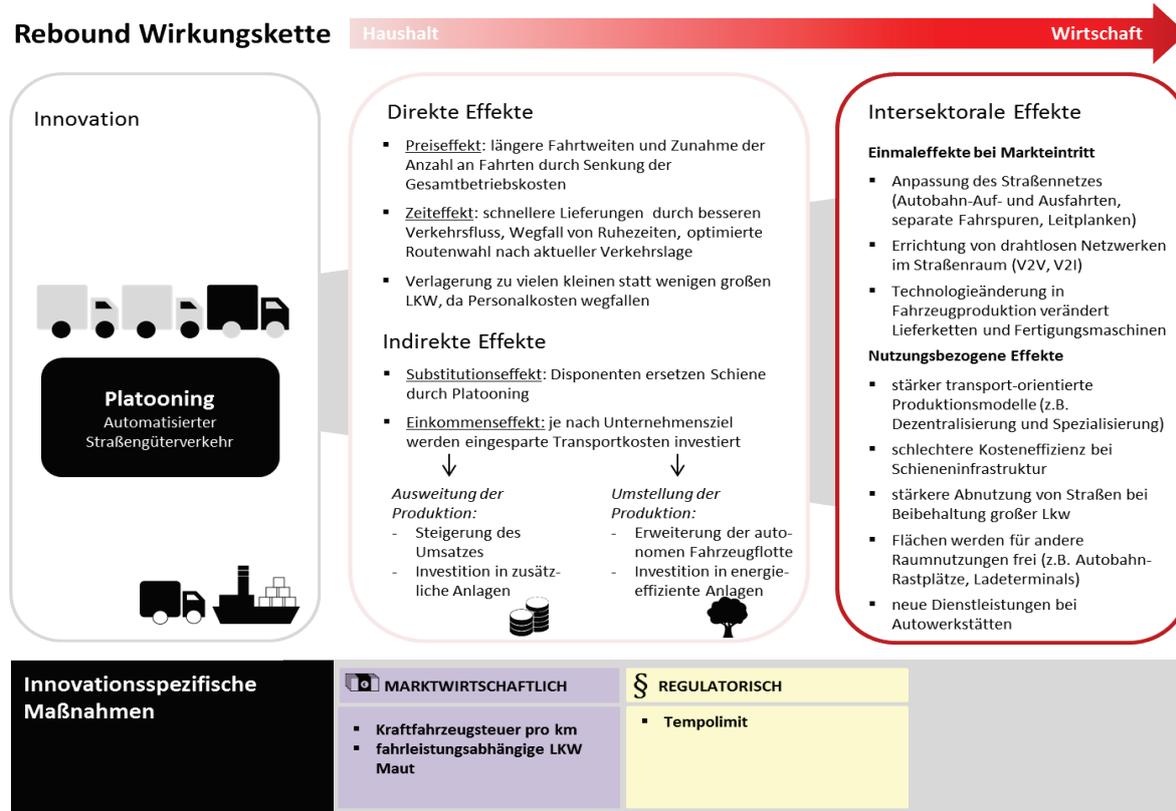
| Merkmal                                 | Ausprägung         |                               |                          |                  |                               |                      |                      |
|---|--------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|
| Teil der Wertschöpfungskette            | Interne Logistik   |                               | Produktion               | Externe Logistik |                               | Marketing            | Verkauf              |
| Modi                                    | Auto               | Fahrrad                       | Lkw                      | Lok              | Container                     | Boot                 | Flugzeug             |
| (Beitrag) zur Verbesserung der Logistik | Reduktion Emission | Sicherstellung Nachhaltigkeit | Verbesserung Integration |                  | Optimierung Ressourceneinsatz | Steigerung Effizienz | Erhöhung Transparenz |
| Wirkungsbereich                         | Produkt/ Service   |                               | Geschäftsmodell          |                  | Prozess                       |                      |                      |
| Räumliche Ausdehnung                    | großräumig         |                               |                          | kleinräumig      |                               |                      |                      |

### Platooning

Die Automatisierung von Fahrzeugen im Straßengüterverkehr ermöglicht auch das Platooning, also die Kopplung von Fahrzeugen bzw. eine dichtere Fahrzeugfolge (Heinrichs 2015). Die Kolonnenfahrzeuge sind dabei über ein Softwaresystem zusammengeschaltet. Vorteile des Platoonings bestehen in der besseren Ausnutzung der Straßeninfrastruktur sowie durch die Verringerung des Luftwiderstands und die damit verbundenen erzielbaren Kraftstoffeinsparungen und Emissionsreduzierungen (Flämig 2015).

Für automatisiertes Fahren im Güterverkehr, hier konkret Platooning, ergibt sich anhand des Indikatorensystems ein sehr hohes Rebound-Risiko. Die vollständige Automatisierung des Straßengüterverkehrs auf Langstrecken ist eine tiefgreifende, weitreichende und radikale technologische Veränderung. Die Umrüstung gesamter LKW-Flotten sowie die Sensor- und Monitoring-Infrastruktur sind sehr aufwändig. Zudem ist damit zu rechnen, dass auch Anpassungen der Verkehrsinfrastrukturen notwendig sind. Platooning ist für die Logistik in allen Wirtschaftsbereichen einsetzbar. Da vorhandene LKW-Flotten adaptiert werden, werden weiterhin fossile Energieträger genutzt; würden stattdessen Elektroantriebe oder Biotreibstoffe eingesetzt, könnte ein Teil des Rebounds vermieden werden. Durch die gravierende Kostenersparnis ist davon auszugehen, dass Wege vom Umweltverbund, vor allem der Bahn, hin zu Platooning verlagert werden, sowie dass die Anzahl der Wege und auch die Länge der Wege, d.h. die zurückgelegten Tonnen-km stark zunehmen.

Abbildung 11: Rebound Wirkungskette und Rebound-Screening Platooning



| Innovation |  | Platooning   |   |   |
|------------|--|--|---|---|
| Indikator  |  | höher  | absolute Umweltbeeinträchtigung infolge von Rebound | niedriger   |
| Innovation | <b>Typ</b><br>Welches Funktionsprinzip hat die Innovation?   | technologisch<br>Antrieb, Sensorik, Materialien, ...   |   | organisatorisch/sozial<br>Sharing, Crowd, Verrechnung, Distribution, Orientierung, ...                              |
|            | <b>Tiefe</b><br>Wie weit reicht die Innovation?  | radikal<br>neuer Zugang, kombinierbar mit bestehenden Produkten/Prozessen, übertragbar auf andere Anwendungen auch außerhalb des Verkehrssystems |   | inkrementell<br>Verbesserung bestehender Lösungen, ersetzt einzelne Produkte/Prozesse                               |
|            | <b>Energeträger</b><br>Mit welcher Energiequelle wird die Innovation u. der mit ihr verbundene Verkehr betrieben?                          | fossil<br>Benzin, Diesel, konventioneller Strommix, ...  |   | erneuerbar<br>Okostrom, Muskelkraft, ...  |
|            | <b>Investition</b><br>Wie teuer ist die Anschaffung der Innovation für den Betrieb?  | niedrige Kosten<br>Nachrüstung, Umsetzung in vorhandenen Plattformen, Serienausstattung, Ratenzahlung, ...                                       |   | hohe Kosten<br>Neuanschaffung, umfangreiche Umbauten, Sonderausstattung, Einmalzahlung, ...                         |
|            | <b>Infrastruktur</b><br>Welche flächendeckende Infrastruktur wird für die Innovation benötigt?   | hoch<br>physische Umbauten bei Gebäuden u. Straßen, Umrüstung der Fahrzeugflotte, wartungsintensiv, hoher operativer Energiebedarf               |   | niedrig<br>Einbettung in bestehende Infrastruktur, IT-Infrastruktur, wartungsarm, geringer operativer Energiebedarf |
|            | <b>Zielgruppengröße</b><br>Wie viele Wirtschaftssektoren nutzen die Innovation?  | Gesamtwirtschaft<br>breite Nutzung in allen Wirtschaftsbereichen   |   | ausgewählte Sektoren<br>Nutzung nur in Dienstleistungssektoren, zugeschnitten auf einen Betrieb/Branchen            |
|            | <b>CO<sub>2</sub>-Intensität des Betriebs</b><br>Wie CO <sub>2</sub> -intensiv ist der Produktionssektor/Betrieb der die Innovation nutzt? | hoch<br>Beispiele: Metallverarbeitung & -erzeugung, Elektrizitätswesen, Papierindustrie, Chemie, Glasindustrie                                   | X   | niedrig<br>Beispiele: Hotellerie, Gesundheitswesen, Maschinenbau  |
| Wirkungen  | <b>Verkehrsmittelwahl</b><br>Von welchen Verkehrsmitteln werden Wege auf die Innovation verlagert?   | Umweltverbund<br>weniger Transporte mit Bahn, Schiff, Rohrleitungen  |   | fossil<br>weniger Transporte mit konventionellen Lastwagen und Flugzeugen   |
|            | <b>Zurückgelegte Tonnen-km</b><br>Wie verändern sich die Anzahl und die Länge von Wegen?   | Zunahme<br>Kostensenkung, Verringerung von Transport-, Lager- und Umschlagzeiten   | X   | Abnahme<br>weniger Leerfahrten, höhere Auslastung von Fahrzeugen, optimierte Umschlagprozesse                       |
|            | <b>Gesamt</b>  | X  |   |   |

**Anwendungsfall:**  
Vollständige Automatisierung des Straßengüterverkehrs auf Langstrecken im höherrangigen Straßennetz. Bestehende LKW-Flotten werden aufgerüstet.

**NutzerInnen:**  
Alle Wirtschaftssektoren.



## 9.6. 3D-Printing

Neue, intelligente, vernetzte und effiziente Produktionstechniken wie 3D-Drucker und verwandte Technologien (z.B. additive manufacturing) haben das Potenzial den Produktionsprozess radikal zu flexibilisieren. Dies hat jedoch nicht nur Auswirkungen auf den Bereich der Produktion (Smart Production), der Logistik 4.0. sowie einer transformierten Einkaufsorganisation, sondern betrifft die gesamte Wertschöpfungskette und damit auch den Logistikverkehr (Theuermann 2017).

Das größte Potential des 3D-Drucks liegt darin, die Produktion von hoch komplexen und individuell angepassten Produkten und das Teilen dieser Produkte zu vereinfachen (Tabelle 21). Für Unternehmen, die solche Produkte herstellen, kann der 3D-Druck die traditionelle Produktion und Wertschöpfungsketten neu definieren (DHL 2016). Durch 3D-Druckverfahren kommt es zu einer Verkürzung der Zeit zwischen der Fertigstellung einer Konstruktionszeichnung, dem Produktionsbeginn und der Verfügbarkeit erster Produkte, was in weiterer Folge zu einer Optimierung der gesamten Wertschöpfungskette führt (Theuermann 2017). Es handelt sich somit um eine technologische Innovation, mit der bestehende Supply-Chain-Prozesse optimiert werden können (bmvit 2015).

3D-Druckverfahren sind insbesondere im Bereich von Ersatzteilen (z.B. für Autos, Maschinen) relevant. Derzeit werden viele Produkte unnötig in Lagern aufbewahrt, die nicht unmittelbar benötigt werden – dies braucht nicht nur sehr viel Platz, sondern führt durch übermäßige Inventurtätigkeiten aufgrund der Vielzahl der Teile auch zu Ineffizienzen in den Wertschöpfungsketten bzw. ist mit einer Vielzahl von Lieferverkehren verbunden. Aus NutzerInnensicht entfällt zudem das potenzielle lange Warten auf Ersatzteile (DHL 2016). Beispielsweise werden 3D-Druckverfahren bei Mercedes-Benz Lkw schon zunehmend in den Produktionsbereichen im After Sales- und Ersatzteilgeschäft angewendet (Daimler 2017). Wenn zukünftig die Kosten für 3D-Druckverfahren noch weiter abnehmen, wird die On-Demand-Produktion von Ersatzteilen mittels 3D-Druckverfahren unabdingbar (DHL 2016).

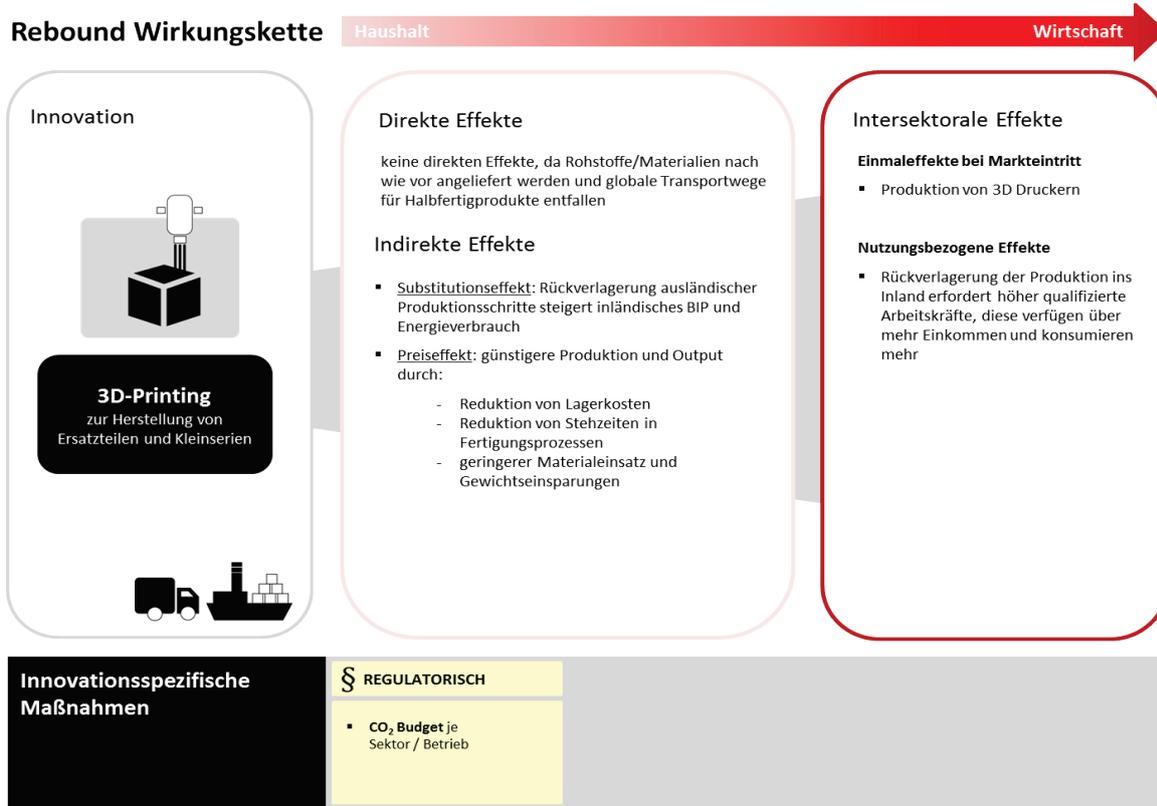
Eine große Effizienzsteigerung würden jedoch nicht nur stationäre 3D-Drucker bedeuten. Möglich wären auch Fahrzeuge, in denen 3D-Drucker integriert sind und dabei während der Fahrt zum Kunden das Produkt drucken. So hat Amazon bereits 2015 ein solches Patent angemeldet (3D Printing Industry 2015).

Tabelle 21: Charakterisierung 3D-Printing

| Merkmals                                | Ausprägung         |                               |                          |                  |                               |                      |                      |
|---|--------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------|
| Teil der Wertschöpfungskette            | Interne Logistik   | Produktion                    |                          | Externe Logistik | Marketing                     |                      | Verkauf              |
| Modi                                    | Auto               | Fahrrad                       | Lkw                      | Lok              | Container                     | Boot                 | Flugzeug             |
| (Beitrag) zur Verbesserung der Logistik | Reduktion Emission | Sicherstellung Nachhaltigkeit | Verbesserung Integration |                  | Optimierung Ressourceneinsatz | Steigerung Effizienz | Erhöhung Transparenz |
| Wirkungsbereich                         | Produkt/ Service   |                               | Geschäftsmodell          |                  | Prozess                       |                      |                      |
| Räumliche Ausdehnung                    | großräumig         |                               |                          | kleinräumig      |                               |                      |                      |

Für 3D-Printing zur Produktion von Ersatzteilen und Kleinserien im Automobilssektor, ergibt sich ein eher geringes Rebound-Risiko. Auch wenn hier nur ein spezifischer Anwendungsfall betrachtet wird, ist 3D-Printing weitreichend in andere Konsumbereiche übertragbar und kann Produktionsprozesse radikal verändern. Der 3D-Printer wird mit Strom betrieben und ersetzt fossile Lieferwege, daher kommen hauptsächlich erneuerbare Energieträger zum Einsatz. Die hohen einmaligen Anschaffungskosten werden allerdings durch vergleichsweise niedrige operative Kosten kompensiert. 3D-Printing benötigt keine zusätzliche Infrastruktur im Straßenraum. Die Zielgruppe ist hier im Anwendungsfall auf den Automobilssektor eingeschränkt. Der 3D-Printer fertigt das Endprodukt direkt aus den Rohmaterialien, daher entfallen Lieferwege für Vor- und Zwischenprodukte, was zu einer Abnahme der zurückgelegten Tonnen-km führen kann.

Abbildung 12: Rebound Wirkungskette und Rebound-Screening 3D-Printing



| Innovation    |  | 3D-Printing  |   |
|---------------|--|--|---|
| Indikator     |  | höher  | niedriger   |
|               |  | absolute Umweltbeeinträchtigung infolge von Rebound  |   |
| Innovation    | <b>Typ</b><br>Welches Funktionsprinzip hat die Innovation?   | technologisch<br>Antrieb, Sensorik, Materialien, ...   | organisatorisch/sozial<br>Sharing, Crowd, Verrechnung, Distribution, Orientierung, ...                              |
|               | <b>Tiefe</b><br>Wie weit reicht die Innovation?  | radikal<br>neuer Zugang, kombinierbar mit bestehenden Produkten/Prozessen, übertragbar auf andere Anwendungen auch außerhalb des Verkehrssystems | inkrementell<br>Verbesserung bestehender Lösungen, ersetzt einzelne Produkte/Prozesse                               |
|               | <b>Energieträger</b><br>Mit welcher Energiequelle wird die Innovation u. der mit ihr verbundene Verkehr betrieben?                         | fossil<br>Benzin, Diesel, konventioneller Strommix, ...  | erneuerbar<br>Ökostrom, Muskelkraft, ...  |
|               | <b>Investition</b><br>Wie teuer ist die Anschaffung der Innovation für den Betrieb?  | niedrige Kosten<br>Nachrüstung, Umsetzung in vorhandenen Plattformen, Serienausstattung, Ratenzahlung, ...                                       | hohe Kosten<br>Neuschaffung, umfangreiche Umbauten, Sonderausstattung, Einmalzahlung, ...                           |
|               | <b>Infrastruktur</b><br>Welche flächendeckende Infrastruktur wird für die Innovation benötigt?   | hoch<br>physische Umbauten bei Gebäuden u. Straßen, Umrüstung der Fahrzeugflotte, wartungsintensiv, hoher operativer Energiebedarf               | niedrig<br>Einbettung in bestehende Infrastruktur, IT-Infrastruktur, wartungsarm, geringer operativer Energiebedarf |
| Zielgruppe    | <b>Zielgruppengröße</b><br>Wie viele Wirtschaftssektoren nutzen die Innovation?  | Gesamtwirtschaft<br>breite Nutzung in allen Wirtschaftsbereichen   | ausgewählte Sektoren<br>Nutzung nur in Dienstleistungssektoren, zugeschnitten auf einen Betrieb/Branchen            |
|               | <b>CO<sub>2</sub>-Intensität des Betriebs</b><br>Wie CO <sub>2</sub> -intensiv ist der Produktionssektor/Betrieb der die Innovation nutzt? | hoch<br>Beispiele: Metallverarbeitung & -erzeugung, Elektrizitätswesen, Papierindustrie, Chemie, Glasindustrie                                   | niedrig<br>Beispiele: Hotellerie, Gesundheitswesen, Maschinenbau  |
| Wirkungen     | <b>Verkehrsmittelwahl</b><br>Von welchen Verkehrsmitteln werden Wege auf die Innovation verlagert?   | Umweltverbund<br>weniger Transporte mit Bahn, Schiff, Rohrleitungen  | fossil<br>weniger Transporte mit konventionellen Lastwagen und Flugzeugen   |
|               | <b>Zurückgelegte Tonnen-km</b><br>Wie verändern sich die Anzahl und die Länge von Wegen?   | Zunahme<br>Kostensenkung, Verringerung von Transport-, Lager- und Umschlagzeiten   | Abnahme<br>weniger Leerfahrten, höhere Auslastung von Fahrzeugen, optimierte Umschlagprozesse                       |
| <b>Gesamt</b> |  | X  |   |

**Anwendungsfall:**  
Weitestmöglicher Einsatz in der Produktion von Ersatzteilen und Kleinserien im Automobilssektor (z.B. Sonderausstattung für Fahrzeuge).

**NutzerInnen:**  
OEM Hersteller und Zulieferbetriebe in der Automobilproduktion.



## 10. Schlussfolgerungen

Der vorliegende Bericht beschreibt Rebound, das (teilweise) Kompensieren von Effizienzgewinnen durch veränderte Nutzung, aus verkehrswissenschaftlicher, psychologischer und ökonomischer Perspektive. Zahlreiche Mobilitätsinnovationen, die sich derzeit am Markt etablieren, beruhen auf Effizienzverbesserungen und unterliegen daher dem Risiko von Rebound-Effekten. Rebound kann das Erreichen von Umweltzielen untergraben, weil die erwarteten Verbesserungen nicht in vollem Umfang realisiert werden.

### 10.1. Handlungsoptionen zur Verringerung von Rebound

Sowohl Verwaltung und Politik als auch Betriebe und KonsumentInnen können aktiv werden, um Rebound zu verringern oder zu vermeiden; die jeweiligen verfügbaren Handlungsoptionen legen aber nahe, dass die öffentliche Hand entsprechende Rahmenbedingungen zur Rebound-Prävention entwickelt.

#### *Handlungsoptionen von Verwaltung und Politik*

Rebound ist eine ernstzunehmende Einflussgröße im Mobilitätssystem und sollte daher explizit in Strategiedokumenten, Gesetzen und Planungsvorhaben berücksichtigt werden. Relativ einfache Handlungsoptionen für Verwaltung und Politik sind einerseits realistischere Emissionspfade durch einen Abschlag auf die erwarteten Einsparungen (wie der Puffer von 15% für Rebound im britischen CERT und im US-amerikanischen NHTSA Programm; siehe Kap. 7.2), und andererseits die reboundpräventive Ausrichtung von politischen Strategien (z.B. Angabe absoluter Emissionsziele, Einbettung in die Dekarbonisierung von Wirtschaft und Gesellschaft; siehe *Tabelle 11*). In der Kommunikation von energie- und klimapolitischen Strategien kann unterstrichen werden, dass Rebound das Erreichen von Klimazielen deutlich erschweren kann und dass die Herausforderung Rebound eine breite zivilgesellschaftliche Allianz erfordert.

Diese beiden Handlungsoptionen unterliegen aber dem Risiko, im politischen Prozess unterwandert zu werden: Einerseits kann ein Abschlag auf die erwarteten Einsparungen von einzelnen politischen AkteurInnen nicht als allgemeiner Puffer, sondern als politische Verhandlungsmasse bei der Verantwortungsteilung für Umweltziele angesehen werden. Andererseits können Interessenskonflikte zwischen widersprüchlichen Politikzielen nicht mehr durch allgemeinen Wohlstandsgewinn ausgeglichen werden, wenn sich politische Strategien vom aktuellen materiellen Wachstumsparadigma wegorientieren (siehe Kap. 2.2).

Weiterreichende Handlungsoptionen der öffentlichen Hand, wie eine CO<sub>2</sub>-Steuer oder sektorübergreifende CO<sub>2</sub>-Standards, können an die Grenzen politischer Machbarkeit und öffentlicher Akzeptanz stoßen, da sie tief in vorherrschende Produktions- und Konsummuster eingreifen. Zugleich steigen durch sie aber die Chancen, klima- und umweltpolitische Zielsetzungen zu erreichen. Marktwirtschaftliche Instrumente zur Reboundverringering schöpfen die aus dem Effizienzgewinn gewonnene Kaufkraft ab und vermeiden dadurch, dass materieller und CO<sub>2</sub>-intensiver Konsum zunehmen. Diese Instrumente bringen aber Verteilungseffekte mit sich: Hohe Einkommenssegmente (z.B. Käufer von Premium-Elektroautos) reagieren kaum auf Steuern, weil sie diese Mehrkosten aus ihrem verfügbaren Einkommen tragen können. Einkommensschwache, energie- oder mobilitätsarme

Haushalte sind von marktwirtschaftlichen Instrumenten stärker betroffen, weil sie bereits einen hohen Anteil ihres Einkommens für Mobilitätsdienstleistungen ausgeben und weil sie weniger leicht auf andere Mobilitätsangebote wechseln können. Aus sozialpolitischer Sicht sollten einkommensschwache Haushalte den Effizienzgewinn nutzen können, um auf ein angemessenes Konsumniveau aufzuholen; dafür müsste ihnen mehr Rebound zugestanden werden als Haushalten mit höherem Einkommen. Sobald Verwaltung und Politik weiterreichende Handlungsoptionen gegen Rebound aufgreifen, kommen sie nicht umhin, Ziele in anderen, benachbarten Politikfeldern transparent zu machen und klare Prioritäten zu setzen.

Als weitere Handlungsoption steht der Verwaltung und der Politik die Umsetzung von „weichen“ persuasiven Maßnahmen wie Informations- und Bewusstseinsbildungskampagnen offen. Diese Maßnahmen sprechen direkt die nutzerseitigen Motive für veränderte Konsummuster an (siehe Kap. 5, 8.3). Damit diese Maßnahmen eine relevante Wirkung entfalten können, benötigen sie klare, glaubwürdige und konsistente Kommunikation mit Breitenwirkung über einen langen Zeitraum. Persuasive Maßnahmen sind häufig umweltpolitisch weniger wirksam als die oben genannten Handlungsoptionen.

### *Handlungsoptionen von Betrieben und KonsumentInnen*

Während der öffentlichen Hand eine breite Palette an Maßnahmen gegen Rebound offensteht (siehe Kap. 8), sind die Handlungsoptionen der privatwirtschaftlichen EntwicklerInnen, AnbieterInnen und NutzerInnen von Mobilitätsinnovationen beschränkt. Informationen und Bewusstseinsbildung sowie energiedienstleistungsbasierte Geschäftsmodelle sind gute Begleitmaßnahmen, reichen aber wie andere Instrumente der Selbstbindung oder Selbstverpflichtung bei weitem nicht an die Wirkung regulatorischer Maßnahmen heran. Damit die KonsumentInnen auf einen nachhaltigen und suffizienten Lebensstil umstellen und eigenständig auf die Vermeidung von Rebound achten, dürfte ein langfristiger gesellschaftlicher Wandel erforderlich sein.

Betriebe, die eine Mobilitätsinnovation auf den Markt bringen, haben strenggenommen kein kommerzielles Interesse, Rebound zu verringern. Ein Betrieb hat das legitime Ziel, seine Innovation an möglichst viele KonsumentInnen zu verkaufen und diese zu möglichst intensiver Nutzung der Innovation anzuhalten. Würde der Betrieb aktiv gegen Rebound auftreten, dann würde er entgegen seinen eigenen Interessen handeln. Indirekter und intersektoraler Rebound, die deutlich stärker ausfallen als direkter Rebound (siehe Kap. 2.1), reichen über das Geschäftsfeld und damit den Handlungsspielraum von Betrieben hinaus. Interaktionen im Mobilitätssystem und zwischen Wirtschaftssektoren unterliegen vielmehr dem Mandat von Verwaltung und Politik.

## **10.2. Anwendungsfelder des Indikatorensystems**

### *Lernwerkzeug für spezifische Innovationen*

Das hier vorgestellte Indikatorensystem ist darauf ausgelegt, die Rebound-Problematik für spezifische Innovationen zu veranschaulichen. Als Lernwerkzeug kann das Indikatorensystem helfen, ein besseres Verständnis zu erlangen, welche konkreten Charakteristika eine Innovation mehr oder weniger reboundanfällig machen. Von einer Verwendung des Indikatorensystems zur komparativen Bewertung verschiedener Mobilitätsinnovationen, oder als quantitatives Kriterium für die

Förderwürdigkeit bestimmter Innovationen, ist jedoch abzuraten. Skalierung, Objektivität und Reliabilität der einzelnen Indikatoren sind in ihrer jetzigen Form nicht auf eine solche Verwendung ausgerichtet.

Falls das Indikatorensystem in zukünftigen Studien von einem Lernwerkzeug zu einem Bewertungsschema weiterentwickelt werden soll, bietet sich als methodischer Ansatzpunkt an, die Größe und die Nutzungsmuster verschiedener Zielgruppen einer Innovation präziser abzubilden, da davon die absolute Höhe des Rebounds maßgeblich beeinflusst wird (siehe Kap. 4, 5.). Die Indikatoren könnten hinsichtlich ihres Einflusses auf direkten versus indirekten Rebound aufgefächert werden (siehe Kap. 2.1). Es könnte eine Gewichtung der einzelnen Indikatoren entwickelt werden, die auf verschiedene Klassen von Mobilitätsinnovationen anwendbar ist. Querverbindungen zu integrativen Nachhaltigkeitsassessments könnten dabei den systemischen Wechselwirkungen von Rebound Rechnung tragen (siehe Kap. 2.2; vgl. das Projekt SAMOA Sustainability Assessment for Mobility in Austria in Mobilität der Zukunft, 6. Ausschreibung).

### *Managementinstrument in Innovations-Ökosystemen*

Für Innovations-Ökosysteme, wie die Urbanen Mobilitätslabore oder Leitprojekte im Forschungsprogramm Mobilität der Zukunft, bietet sich das Indikatorensystem als Managementinstrument an. Wenn Projektideen an ein Mobilitätslabor herangetragen werden, kann ihr Rebound-Risiko abgeschätzt und in den Bewertungsrahmen einbezogen werden. Leitprojekte, unter deren Dach mehrere Einzelprojekte gebündelt sind, können ex-ante die systemischen Auswirkungen ihrer Projektaktivitäten abschätzen. Bei Projekten mit mehrjähriger Laufzeit ist zu empfehlen, das Indikatorensystem wiederholt in den verschiedenen Produktentwicklungsphasen einer Innovation als Zwischenbewertung einzusetzen, um den Designprozess entsprechend nachzuzustieren.

Die strategische Ausrichtung solcher Innovations-Ökosysteme reicht oft über den unmittelbaren Mobilitätssektor hinaus. Für die breitere Anwendung auf andere Innovationen in der Energieforschung wäre das Indikatorensystem entsprechend auszuweiten.

### *Fokus auf spezifische Innovationen im Anwendungsfall*

Am Beginn von Rebound-Wirkungsketten steht eine spezifische, konkrete Innovation, welche am Markt eingeführt wird, welche Mobilitätsdienstleistungen effizienter bereitstellt als bisherige Mobilitätsangebote, und welche bei den NutzerInnen eine Veränderung ihrer Konsummuster auslöst. Dieser Fokus auf die spezifische Innovation kann helfen, die politische Debatte über Rebound zu strukturieren; dementsprechend sollte das hier vorgestellte Indikatorensystem auf spezifische Innovationen angewendet werden (siehe Kap. 3). Der Fokus auf spezifische Innovationen ermöglicht auch, gezielte Maßnahmenbündel zur Reboundverringerung zu entwickeln, umzusetzen und laufend an die spezifische Marktentwicklung anzupassen.

### *Systemischen Kontext berücksichtigen*

Dennoch ist zu berücksichtigen, dass jede spezifische Innovation in einen systemischen Kontext von gesellschaftlichen Trends, langfristiger technologischer Transformation, Pfadabhängigkeiten durch gebaute Infrastruktur etc. eingebettet ist (siehe Kap. 7.1). Der analytische Blickwinkel sollte daher

stets auch die soziotechnischen Rahmenbedingungen einer Innovation umfassen – mit Blick auf intersektorale Rebound-Dynamiken (siehe Kap. 6), aber auch mit Blick auf benachbarte Politikfelder wie Soziales oder Wirtschaft (siehe Kap. 2.2).

Diese Notwendigkeit, den Fokus zuerst auf eine spezifische Innovation einzuengen und dann ausgehend von dieser Innovation wieder auf das Umfeld dieser Innovation auszuweiten, betrifft auch die NutzerInnen einer Innovation. In der Anwendung des Indikatorensystems ist das Festlegen einer konkreten Nutzergruppe wichtig, an die sich die Innovation richtet. Je enger diese Nutzergruppe gefasst ist, desto besser sind ihre veränderten Konsummuster abschätzbar. Nutzergruppen derselben Innovation sind aber oft heterogen (siehe Kap. 5), oder es bilden sich verschiedene Nutzergruppen heraus, sobald sich die Innovation zunehmend im Mobilitätssystem etabliert. Es ist daher zu empfehlen, die betrachteten Nutzergruppen (und eventuell nutzergruppenspezifische Geschäftsmodelle) in einem laufenden Monitoring zu hinterfragen und gegebenenfalls zu revidieren.

Rebound entsteht, weil die Markteinführung einer Innovation zur wechselseitigen Neuausrichtung der Produktions- und Nachfragemuster vieler AkteurInnen im Verkehrssystem führt. Die hier vorgestellten Rebound-Wirkungsketten nehmen die Anschaffung/Adoption der Innovation als Ausgangspunkt der Rebound-Dynamik an (siehe Kap. 3). In Anwendungsfällen mit einer engen Anbieter-Kunden-Beziehung kann diese Vereinfachung aber zu grob sein, weil keine linearen sondern zirkuläre Marktbeziehungen überwiegen: Beispielsweise im e-commerce wünschen KundInnen mehr Same-day-Zustellungen, daraufhin fordern Online-HändlerInnen von ihren Lieferdiensten eine höhere Zeit- und Kosteneffizienz bei Zustellungen, in der Folge bestellen KundInnen öfter Kleinmengen, worauf die HändlerInnen mit einer anderen Produktpalette reagieren, etc. In diesen Wechselwirkungen ist ein Ausgangspunkt von Rebound nur willkürlich festzulegen. Detailstudien könnten solche Feedback-Schleifen präzise nachvollziehen und darin gezielte Ansatzpunkte für reboundverringende Maßnahmen bestimmen.

### **10.3. Forschungsbedarf zur zeitlichen Dynamik von Rebound**

Rebound entwickelt sich allmählich über die Zeit: Eine Mobilitätsinnovation etabliert sich schrittweise am Markt (siehe Kap. 4); NutzerInnen adaptieren ihr Verhalten nach und nach (siehe Kap. 5); Geschäftsmodelle werden in Abgrenzung zu Konkurrenz- und Nachahmerprodukten nachjustiert (siehe Kap. 9.2); Markt- und gesellschaftliche Trends interagieren mit der Diffusion der Innovation (siehe Kap. 7.1). Diese zeitlichen Dynamiken machen Rebound schwer vorhersehbar. Die Höhe von Rebound wurde in bisherigen Studien nur rückblickend bestimmt, nachdem die Marktkonsolidierung und der Rebound eingetreten waren (siehe Kap. 2.1).

Für vorausschauendes Handeln zur Reboundverringering besteht daher umfassender Forschungsbedarf zur zeitlichen Dynamik von Rebound. Bisher wurde die Höhe von Rebound überwiegend ökonomisch aus aggregierten Daten errechnet oder über Elastizitäten zwischen Konsumbereichen und Wirtschaftssektoren modelliert. Die zeitliche Dynamik und Höhe der in der Zukunft auftretenden Rebound-Effekte sind mit dem derzeitigen Wissensstand nur sehr schwer abschätzbar.

#### *Monitoring während der Markteinführung*

Ein laufendes Monitoring kann beobachten, wie sich Mobilitätsinnovationen durchsetzen und welche Verhaltensänderungen sie in welchen Nutzergruppen auslösen. Durch Monitoring kann rechtzeitig erkannt und gegengesteuert werden, falls eine reboundpräventive Maßnahme nur schwach wirksam ist oder von ihrer ursprünglichen Intention abweicht.

Ein Monitoring kann mehrere Funktionen erfüllen: Es kann aufzeigen, wie hoch der Rebound bei einer spezifischen Innovation ausfällt, und schließt die Lücke, dass aktuelle Schätzwerte zur Höhe von Rebound innovationsunspezifisch sind (siehe *Tabelle 2*). Es kann helfen, dem Widerspruch zu begegnen, dass Rebound zwar von spezifischen Innovationen ausgeht, aber die wirksamen Maßnahmen zur Rebound-Prävention sehr breit und unspezifisch ansetzen, nicht zuletzt um indirekten und intersektoralen Rebound abzufangen (siehe Kap. 8.4). Nicht zuletzt kann es Nebeneffekte in benachbarten Politikfeldern aufzeigen, entweder um korrigierend gegenzusteuern oder um Synergien zu verstärken.

Laufendes Monitoring und Nachjustieren kann auch politische Instrumente mit Rebound-Bezug umfassen, wie etwa Innovations-Förderprogramme. Die explizite Berücksichtigung in Toolkits und Benchmarks macht Rebound erkennbar und damit steuerbar. Ein positives Beispiel sind die britischen Leitlinien für die Berechnung von Energieeinsparungen und Treibhausgasemissionen (HM Treasury 2018).

### *Reboundverhalten über die Zeit beobachten*

Durch Erfassung von Nutzerverhalten über die Zeit kann besser verstanden werden, warum und zwischen welchen Konsumbereichen der Rebound stattfindet, z.B. zwischen welchen Verkehrsmodi es zu Verlagerungen kommt. Automatisierte Datenerfassung mittels Smartphone, Abrechnungssystem oder Fahrzeugsensoren ermöglicht die kostengünstige und feinmaschige Erfassung von direktem Rebound; die empirische Erfassung von indirektem Rebound in anderen Konsumbereichen dürfte jedoch noch länger auf klassische Konsumtagebücher angewiesen sein.

Rebound in Längsschnittstudien zu untersuchen ermöglicht auch genauere Erkenntnisse, wie die Höhe von Rebound mit den Merkmalen der Innovation zusammenhängt: Weisen Early Adopters, die in den aktuellen Reboundstudien betrachtet werden, systematisch andere Rebound-Dynamiken auf als die Kundensegmente im späteren Massenmarkt? Welchen Einfluss haben verschiedene Geschäftsmodelle, technologische Features oder Marketingstrategien, die sich im Zuge der Marktdurchdringung herauskristallisieren, auf die Höhe des Rebounds? Wie lange ist der Zeitraum von der Adoption einer Innovation bis hin zur Veränderung von Konsummustern, und wann in diesem Zeitraum können reboundpräventive Maßnahmen am effektivsten eingreifen? Nimmt Rebound wieder ab, sobald die NutzerInnen das Interesse an der Innovation verlieren? Eine Beobachtung des Nutzerverhaltens über einen längeren Zeitraum kann auch klären, wie weit Vorzieheffekte in Rebound hineinspielen: NutzerInnen können sich etwa ein effizienteres Auto kaufen, weil sie aufgrund eines Arbeitsplatzwechsels erwarten, in Zukunft längere Strecken zurückzulegen (Matiaske et al. 2012, Friedrichsmeier & Matthies 2015).

### *Rebound bei nicht-monetären Bezugsgrößen*

Nicht zuletzt, auch hinsichtlich der Notwendigkeit der Einbettung von Innovationen in ihren systemischen Kontext, würde die Rebound-Forschung davon profitieren, den individualistischen und

monetären Blickwinkel auf die KonsumentInnen zu erweitern. Die Rebound-Debatte wird vor allem in der Ökonomie geführt, und stellt daher Geldkosten, Mobilitäts- und Konsumausgaben sowie verfügbares Einkommen in den Vordergrund. Die Nutzung von Innovationen wird aber auch sozial unter Gruppen von NutzerInnen ausgehandelt; die „Reinvestition“ von Effizienzgewinnen wird auch über Zeitaufwand oder Mental Accounting bilanziert (siehe Kap. 2.1, 5). Ein tieferer Blickwinkel auf die Faktoren hinter Rebound kann zu einem besseren Verständnis der Auslöser und Treiber führen und folglich eine breitere Palette an Handlungsoptionen zu Reboundvermeidung aufzeigen.

#### **10.4. Zentrale Bedeutung von Energieeffizienzmaßnahmen trotz Rebound**

Unabhängig von der hier umfassend geführten Diskussion über Rebound bei Mobilitätsinnovationen bleibt die Erhöhung der Energieeffizienz alternativlos, um zentrale gesellschaftliche Ziele zu erreichen.

Es wäre ein Trugschluss, aufgrund von Reboundrisiko gänzlich auf Energieeffizienzmaßnahmen zu verzichten. Solange der Rebound unter 100% liegt, ist jedenfalls ein Nettogewinn beim Klimaschutz zu erreichen. Aus wohlfahrtsökonomischer Sicht führt die Kostensenkung durch Effizienzsteigerung dazu, dass einkommensschwache Haushalte besser ihre Grundbedürfnisse decken können. Die Kostensenkung treibt den technologischen Fortschritt voran und kann dadurch neue Technologiepfade eröffnen oder die Marktreife aussichtsreicher Innovationen beschleunigen. Verwaltung, Politik, Betriebe und KonsumentInnen sollten aber gemeinsam danach streben, Reboundeffekte zu mindern, um die größtmögliche Wirkung von Energieeffizienzmaßnahmen zum Tragen kommen zu lassen.

## 11. Literaturverzeichnis

### 11.1. Weiterführende Literatur zum Themenfeld Rebound

- Boulanger, P.-M., Couder, J., Marenne, Y., Nemoz, S., Vanhaverbeke, J., Verbruggen, A., Wallenborn, G. (2013). Household Energy Consumption and Rebound Effect. Final report to the Research Programme Science for a Sustainable Development. Belgian Science Policy, Brussels. doi: 10.13140/RG.2.1.3515.3361.
- econcept (2008). A-2 Infosheets Rebound. In: Massnahmen der Energiestrategie 2050. Begleitende verhaltensökonomische und sozialpsychologische Handlungsempfehlungen. (S.106-109) Schlussbericht an das Bundesamt für Energie, Schweiz. Verfügbar unter: [https://www.econcept.ch/media/projects/downloads/2018/01/Massnahmen\\_Energiestrategie2050.pdf](https://www.econcept.ch/media/projects/downloads/2018/01/Massnahmen_Energiestrategie2050.pdf) [25.07.2018].
- Gillingham, K., Rapson, D., Wagner, G. (2016). The Rebound Effect and Energy Efficiency Policy. *Review of Environmental Economics and Policy*, 10(1), 68-88. doi: 10.1093/reep/rev017.
- De Haan, P., Peters, A., Semmling, E., Marth, H., Kahlenborn, W. (2015). Rebound-Effekte: Ihre Bedeutung für die Umweltpolitik. Texte 31/2015, Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. ISSN 1862-4804. Verfügbar unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/texte\\_31\\_2015\\_rebound-effekte\\_ihre\\_bedeutung\\_fuer\\_die\\_umweltpolitik.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/texte_31_2015_rebound-effekte_ihre_bedeutung_fuer_die_umweltpolitik.pdf) [25.07.2018].
- Herring, H., Sorrell, S. (Hrsg.) (2009). Energy Efficiency and Sustainable Consumption. The Rebound Effect. Palgrave Macmillan, London. doi: 10.1057/9780230583108.
- Jenkins, J., Nordhaus, T., Shellenberger, M. (2011). Energy Emergence. Rebound & Backfire as Emergent Phenomena, Breakthrough Institute. Verfügbar unter: [https://thebreakthrough.org/blog/Energy\\_Emergence.pdf](https://thebreakthrough.org/blog/Energy_Emergence.pdf) [25.07.2018]
- Madlener, R., Alcott, B. (2011). Herausforderungen für eine technisch-ökonomische Entkopplung von Naturverbrauch und Wirtschaftswachstum. Unter besonderer Berücksichtigung der Systematisierung von Rebound-Effekten und Problemverschiebungen. Bericht für die Enquete-Kommission „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität“ des Deutschen Bundestages. Verfügbar unter: <http://webarchiv.bundestag.de/archive/2013/1212/bundestag/gremien/enquete/wachstum/gutachten/m17-26-13.pdf> [25.07.2018].
- Maxwell, D., Owen, P., McAndrew, L., Muehmel, K., Neubauer, A. (2011). Addressing the Rebound Effect. A Report for the European Commission DG Environment. Verfügbar unter: [http://ec.europa.eu/environment/archives/eusd/pdf/rebound\\_effect\\_report.pdf](http://ec.europa.eu/environment/archives/eusd/pdf/rebound_effect_report.pdf) [25.07.2018].
- Santarius, T. (2014). Der Rebound-Effekt: ein blinder Fleck der sozial-ökologischen Gesellschaftstransformation. *GAIA*, 23(2), 109-117. doi: <https://doi.org/10.14512/gaia.23.2.8>.

Santarius, T., Walnum, H. J., Aall, C. (Hrsg.) (2016). Rethinking Climate and Energy Policies. New Perspectives on the Rebound Phenomenon. Springer International Publishing. doi: 10.1007/978-3-319-38807-6.

Sorrell, S. (2007). The Rebound Effect: an assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency. UK Energy Research Centre Report. Verfügbar unter: <http://www.ukerc.ac.uk/asset/3B43125E-EEBD-4AB3-B06EA914C30F7B3E/> [25.07.2018].

## 11.2. Quellenangaben

- Agora Verkehrswende (2017). Mit der Verkehrswende die Mobilität von morgen sichern. 12 Thesen zur Verkehrswende. Verfügbar unter: [https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2017/12\\_Thesen/Agora-Verkehrswende-12-Thesen\\_WEB.pdf](https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2017/12_Thesen/Agora-Verkehrswende-12-Thesen_WEB.pdf) [25.07.2018].
- AIT (2014). FTI-politische Roadmap zur Ausrichtung der FTI Maßnahmen „Mobilität der Zukunft“ im Themenfeld „Personenmobilität innovativ gestalten“. Verfügbar unter: <https://mobilitaetderzukunft.at/de/publikationen/personenmobilitaet/broschueren/fti-roadmap-personenmobilitaet.php> [25.07.2018].
- Alcott, B. (2005). Jevons' paradox. *Ecological Economics*, 54(1), 9-21. doi: 10.1016/j.ecolecon.2005.03.020.
- Bartik, H., Lutter, J., Antalovsky, E. (2015). The Big Transformers. Sharing- und On-Demand-Economy auf dem Vormarsch. Konsequenzen und Handlungsoptionen für die öffentliche Hand im Personentransport- und Beherbergungswesen. Europaforum Wien. Verfügbar unter: <https://www.wien.gv.at/statistik/pdf/big-transformers.pdf> [25.07.2018].
- Berger, M. (2014). net(t)ride – Optimierung von Ridesharing mittels Sozialer Netzwerke. Ergebnisbericht.
- BIEK – Bundesverband Paket & Expresslogistik (2017). Kurier-, Express-, Paketdienste. Innovationen auf der letzten Meile. Bewertung der Chancen für die nachhaltige Stadtlogistik von morgen. Nachhaltigkeitsstudie. Berlin.
- BMLFUW, BMVIT, BMWFJ (2012). Umsetzungsplan Elektromobilität in und aus Österreich. Verfügbar unter: <https://www.bmvit.gv.at/verkehr/elektromobilitaet/publikationen/umsetzungsplan.html> [25.07.2018].
- BMVIT (2012). Gesamtverkehrsplan für Österreich. Verfügbar unter: <https://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/gvp/index.html> [25.07.2018].
- BMVIT (2014). Handbuch „Mobilität im Alter“. Kurzfassung. Verfügbar unter: [https://www.bmvit.gv.at/service/publikationen/verkehr/gesamtverkehr/downloads/mobilitaet\\_alter\\_kurz.pdf](https://www.bmvit.gv.at/service/publikationen/verkehr/gesamtverkehr/downloads/mobilitaet_alter_kurz.pdf) [25.07.2018].
- BMVIT (2015). BMVIT-Programm „Mobilität der Zukunft“. Forschungs-, technologie- und innovationspolitische Roadmap zur Ausrichtung des Innovationsfelds Gütermobilität. Verfügbar unter: [https://www.bmvit.gv.at/innovation/publikationen/verkehrstechnologie/downloads/roadmap\\_guetermobilitaet.pdf](https://www.bmvit.gv.at/innovation/publikationen/verkehrstechnologie/downloads/roadmap_guetermobilitaet.pdf) [25.07.2018].
- BMVIT, BMLFUW, BMWFW, Burgenland, Kärnten, Niederösterreich, Oberösterreich, Salzburg, Steiermark, Tirol, Vorarlberg, Wien, Österreichischer Städtebund, Österreichischer Gemeindebund (2016). Nationaler Strategierahmen „Saubere Energie im Verkehr“. In Erfüllung der österreichischen Umsetzungsverpflichtung von Richtlinie 2014/94/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Oktober 2014 über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe. Verfügbar unter:

- <https://www.bmvit.gv.at/verkehr/elektromobilitaet/downloads/strategierahmen.pdf>  
[25.07.2018].
- BMVIT (2017). Mobilität der Zukunft. Verfügbar unter:  
<https://www.bmvit.gv.at/innovation/mobilitaet/mobilitaetderzukunft.html> [25.07.2018].
- BMWfJ, BMLFUW (2010). EnergieStrategie Österreich.  
[https://www.bmdw.gv.at/Ministerium/Staatspreise/Documents/energiestrategie\\_oesterreich.pdf](https://www.bmdw.gv.at/Ministerium/Staatspreise/Documents/energiestrategie_oesterreich.pdf) [25.07.2018].
- Borenstein, S. (2015). A Microeconomic Framework for Evaluating Energy Efficiency Rebound and Some Implications. *The Energy Journal*, 36(1), 1-21. doi: 10.5547/01956574.36.1.1.
- Boulanger, P.-M., Couder, J., Marenne, Y., Nemoz, S., Vanhaverbeke, J., Verbruggen, A., Wallenborn, G. (2013). Household Energy Consumption and Rebound Effect. Final report to the Research Programme Science for a Sustainable Development. Belgian Science Policy, Brüssel. doi: 10.13140/RG.2.1.3515.3361.
- Bresnahan, T., Trajtenberg, M. (1995). General purpose technologies 'Engines of growth'? *Journal of Econometrics*, 65(1), 83-108. doi: 10.1016/0304-4076(94)01598-T.
- Bucher, E., Fieseler, C. (2015). Warum wir teilen. *Marketing Review St. Gallen*. 32(4), 64-70. doi: 10.1007/s11621-015-0549-x.
- Buhl, J., Echternacht, L., von Geibler, J. (2015). Rebound-Effekte: Ursachen, Gegenmaßnahmen und Implikationen für die Living Lab-Forschung. Arbeitspapier im Arbeitspaket 1. INNOLAB Projekt. Verfügbar unter: [https://www.innolab-livinglabs.de/fileadmin/user\\_upload/Benutzerdaten/Publikationen/INNOLAB\\_AS12a\\_Basisstudie\\_Reboundeffekte.pdf](https://www.innolab-livinglabs.de/fileadmin/user_upload/Benutzerdaten/Publikationen/INNOLAB_AS12a_Basisstudie_Reboundeffekte.pdf) [25.07.2018].
- Buhl, J., von Geibler, J., Echternacht, L., Linder, M. (2017). Rebound effects in Living Labs: Opportunities for monitoring and mitigating re-spending and time use effects in user integrated innovation design. *Journal of Cleaner Production*, 151, 592-602. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.001>.
- Cairns, S., Hass-Klau, C., Goodwin, P. (1998). Traffic Impact of Highway Capacity Reductions: Assessment of the Evidence. Landor Publishing, London.
- Cluster Energieforschung.NRW (2015). Rebound – Die Achillesferse der Energieeffizienz, 2015. Verfügbar unter:  
<https://broschueren.nordrheinwestfalendirekt.de/herunterladen/der/datei/160811-rebound-broschuere-pdf/von/rebound-die-achillesferse-der-energieeffizienz/vom/energieagentur/2267> [25.07.2018].
- Crompton, T., Thogersen, J. (2009). Simple & Painless? The Limits of Spillover in Environmental Campaigning. *Journal of Consumer Policy*, 32(2), 114-163. doi: 10.1007/s10603-009-9101-1.
- Daimler (2017). Premiere bei Mercedes-Benz Lkw: Neu aus dem 3D-Drucker: erstes Lkw-Ersatzteil aus Metall. Verfügbar unter: <http://media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/ko.xhtml?oid=23666435> [25.07.2018].
- DHL (2016). 3D Printing and the future of supply chains. A DHL perspective on the state of 3D printing and implications for logistics. Verfügbar unter:

- [http://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about\\_us/logistics\\_insights/dhl\\_trendreport\\_3dprinting.pdf](http://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about_us/logistics_insights/dhl_trendreport_3dprinting.pdf) [25.07.2018].
- DHL (2017). Sharing Economy Logistics. Rethinking logistics with access over ownership. Verfügbar unter: [http://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about\\_us/logistics\\_insights/DHLTrend\\_Report\\_Sharing\\_Economy.pdf](http://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about_us/logistics_insights/DHLTrend_Report_Sharing_Economy.pdf) [25.07.2018].
- Dörrzapf, L., Mitteregger, M., Berger, M. (2017). Die Crowd-Community als Lieferant auf der letzten Meile? In: Schrenk, M., Popovich, V., Zeile, P., Elisei P., Beyer, C. (Hrsg.) (2017). REAL CORP 2017 Proceedings/Tagungsband. (S. 147-154). CORP – Competence Center of Urban and Regional Planning, Wien. Verfügbar unter: [https://programm.corp.at/cdrom2017/papers2017/CORP2017\\_64.pdf](https://programm.corp.at/cdrom2017/papers2017/CORP2017_64.pdf) [25.07.2018].
- Duong, T. C., Foljanty, L., Kudella, C., Runge, D., Ruoff, P., Gossen, M., Scholl, G. (2016). Ergebnisbericht Projekt „ShareWay – Wege zur Weiterentwicklung von Shared Mobility zur dritten Generation“. Bmvit. Verfügbar unter: <https://www2.ffg.at/verkehr/file.php?id=767> [25.07.2018].
- econcept (2008). Massnahmen der Energiestrategie 2050. Begleitende verhaltensökonomische und sozialpsychologische Handlungsempfehlungen. Schlussbericht an das Bundesamt für Energie, Schweiz. Verfügbar unter: [https://www.econcept.ch/media/projects/downloads/2018/01/Massnahmen\\_Energiestrategie2050.pdf](https://www.econcept.ch/media/projects/downloads/2018/01/Massnahmen_Energiestrategie2050.pdf) [25.07.2018].
- EConsult, Herry Consult (2015). BMVIT-Programm „Mobilität der Zukunft“ Forschungs-, technologie- und innovationspolitische Roadmap zur Ausrichtung des Innovationsfelds Gütermobilität. Verfügbar unter: <https://mobilitaetderzukunft.at/de/publikationen/guetermobilitaet/broschueren/fti-roadmap-guetermobilitaet.php> [25.07.2018].
- E-Control (2008). Grünbuch Energieeffizienz. Massnahmenvorschläge zur Steigerung der Energieeffizienz. Verfügbar unter: <https://www.e-control.at/publikationen/oeko-energie-und-energie-effizienz/sonstige-publikationen/gruenbuch-energieeffizienz> [25.07.2018].
- EEA - European Environment Agency (2018). Vehicle Emissions and Impacts of Taxes and Incentives in the Evolution of Past Emissions. Eionet Report - ETC/ACM 2018/1. Verfügbar unter: [http://acm.eionet.europa.eu/reports/docs/EIONET\\_Rep\\_ETCACM\\_2018\\_1\\_Vehicle\\_Taxes.pdf](http://acm.eionet.europa.eu/reports/docs/EIONET_Rep_ETCACM_2018_1_Vehicle_Taxes.pdf) [25.07.2018].
- EU (2003). Richtlinie 2003/96/EG des Rates vom 27. Oktober 2003 zur Restrukturierung der gemeinschaftlichen Rahmenvorschriften zur Besteuerung von Energieerzeugnissen und elektrischem Strom. Amtsblatt der Europäischen Union, L283/51. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32003L0096&from=DE> [25.07.2018].
- EU (2009a). Richtlinie 2009/28/EG des europäischen Parlaments und des Rates zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. Amtsblatt der Europäischen Union, L140/16. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=DE> [25.07.2018].
- EU (2009b). Verordnung (EG) Nr. 443/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Festsetzung von Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen im Rahmen des Gesamtkonzepts der Gemeinschaft zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen. Amtsblatt der Europäischen Union, L140/1.

- Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009R0443&from=DE> [25.07.2018].
- EU (2009c). Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte. Amtsblatt der Europäischen Union, L285/10. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0125&from=DE> [25.07.2018].
- EU (2010). Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. Amtsblatt der Europäischen Union, L153/13. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:DE:PDF> [25.07.2018].
- EU (2012). Richtlinie 2012/27/EU des europäischen Parlaments und des Rates zur Energieeffizienz. Amtsblatt der Europäischen Union, L315/1. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027&from=DE> [25.07.2018].
- EU (2014). Verordnung (EU) Nr. 333/2014 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. März 2014 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 443/2009 hinsichtlich der Festlegung der Modalitäten für das Erreichen des Ziels für 2020 zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen neuer Personenkraftwagen. Amtsblatt der Europäischen Union, L103/15. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0333&from=DE> [25.07.2018].
- EU (2017). Vehicle's On-Board Fuel Consumption Measurement Device. Draft regulation - Ares(2017)6091004, amending Regulation (EU) 2017/1151. Verfügbar unter: [https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/initiative/147041/attachment/090166e5b71f2387\\_da](https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/initiative/147041/attachment/090166e5b71f2387_da) [25.07.2018].
- EU (2017). Verordnung (EU) 2017/1369 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Juli 2017 zur Festlegung eines Rahmens für die Energieverbrauchskennzeichnung und zur Aufhebung der Richtlinie 2010/30/EU. Amtsblatt der Europäischen Union, L198/1. Verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R1369&from=DE> [25.07.2018].
- Fischedick, M., Grunwald, A. (Hrsg.) (2017). Pfadabhängigkeiten in der Energiewende: Das Beispiel Mobilität. Schriftenreihe Energiesysteme der Zukunft. ISBN 978-3-9817048-8-4, Verfügbar unter: <https://energiesysteme-zukunft.de/de/publikationen/analyse-pfadabhaengigkeiten/> [25.07.2018].
- Flämig, Heike (2015). Autonome Fahrzeuge und autonomes Fahren im Bereich des Gütertransportes. In: Mauer, M., Gerdes, J.C., Lenz, B., Winner, H. (Hrsg.): Autonomes Fahren. (S. 377-398). Springer, Vieweg, Berlin, Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-662-45854-9\_18.
- Freire-González, J. (2011). Methods to empirically estimate direct and indirect rebound effect of energy-saving technological changes in households. *Ecological Modelling*, 223(1), 32-40. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2011.09.001.

- Frenzel, I., Jarass, J., Trommer, S., Lenz, B. (2015). Erstinutzer von Elektrofahrzeugen in Deutschland. Nutzerprofile, Anschaffung, Fahrzeugnutzung. Verfügbar unter: [http://elib.dlr.de/96491/1/Ergebnisbericht\\_E-Nutzer\\_2015.pdf](http://elib.dlr.de/96491/1/Ergebnisbericht_E-Nutzer_2015.pdf) [25.07.2018].
- Friedrich, M., Hartl, M. (2016). Schlussbericht MEGAFON – Modellergebnisse geteilter autonomer Fahrzeugflotten des öffentlichen Nahverkehrs. Universität Stuttgart. Institut für Straßen- und Verkehrswesen. Verfügbar unter: [https://www.ptvgroup.com/de/mobilitynext/public/media/PDF/MEGAFON\\_Abschlussbericht.pdf](https://www.ptvgroup.com/de/mobilitynext/public/media/PDF/MEGAFON_Abschlussbericht.pdf) [25.07.2018].
- Friedrichsmeier, T., Matthies, E. (2015). Rebound Effects in Energy Efficiency – an Inefficient Debate? *GAIA*, 24(2), 80-84. Verfügbar unter: <https://www.ingentaconnect.com/content/oekom/gaia/2015/00000024/00000002/art00004> [25.07.2018].
- Fröhlich, P. (2008). Änderungen der Intensitäten im Arbeitspendlerverkehr von 1970 bis 2000. Dissertation am Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich, Nr. 17909. Verfügbar unter: <http://webarchiv.ethz.ch/ivt/vpl/publications/reports/ab543.pdf> [25.07.2018].
- Fronzel, M., Ritter, N., Vance, C. (2012). Heterogeneity in the rebound effect: Further evidence for Germany. *Energy Economics*, 34(2), 461-467. doi: 10.1016/j.eneco.2011.10.016.
- Furuhata, M., Dessouky, M., Ordóñez, F., Brunet, M., Wang, X., König, S. (2013). Ridesharing: The state-of-the-art and future directions. *Transportation Research Part B: Methodological*, 57, 28-46. doi: 10.1016/j.trb.2013.08.012.
- Galvin, R. (2014). Making the ‘rebound effect’ more useful for performance evaluation of thermal retrofits of existing homes: Defining the ‘energy savings deficit’ and the ‘energy performance gap’. *Energy and Buildings*, 69, 515-524. doi: 10.1016/j.enbuild.2013.11.004.
- Geels, F. (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multilevel perspective and a case-study. *Research Policy*, 31(8/9), 1257–1274. doi: 10.1016/S0048-7333(02)00062-8.
- Geels, F. W. (2011). The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 1(1), 24-40. doi: 10.1016/j.eist.2011.02.002.
- Getzner, M., Zivkovic, D. (2015). Rebound-Effekte: Technisch berechnete und tatsächlich realisierte Energieeinsparungen privater Haushalte. In: Dangschat, J., Getzner, M., Haslinger, M., Zech, S. (Hrsg.) (2015). *Jahrbuch Raumplanung 2014*. (S.99-116). NWV Neuer Wissenschaftlicher Verlag, Wien.
- Gibson, G., Kollamthodi, S., Kirsch, F., Windisch, E., Brannigan, C., White, B., Bonifazi, E., Korkeala, O., Skinner, I. (2015). Evaluation of Regulation 443/2009 and 510/2011 on CO2 emissions from light-duty vehicles. Final Report. doi: 10.2834/64489.
- Gillingham, K., Rapson, D., Wagner, G. (2016). The rebound effect and energy efficiency policy. *Review of Environmental Economics and Policy*, 10(1), 68-88. doi: 10.1093/reep/rev017.
- Goodwin, P. B. (1996). Empirical evidence on induced traffic: A Review and synthesis. *Transportation*. 23(1), 35-54. doi: 10.1007/BF00166218.

- Gossart, C. (2014). Rebound Effects and ICT: A Review of Literature. In: Hilty, L. M., Aebischer, B. (Hrsg.) (2015). *ICT Innovations for Sustainability. Advances in Intelligent Systems and Computing*. (S.435-448). Springer International Publishing. doi: 10.13140/RG.2.1.3301.3926.
- Gotthard, W. (2016). Von Null auf Hundert in zwei Tagen – Blockchain leichtgemacht. Verfügbar unter: <https://www.ibm.com/de-de/blogs/think/2016/07/12/von-null-auf-hundert-zwei-tagen-blockchain-leichtgemacht/> [25.07.2018].
- Greening, L., Greene, D., Difiglio, C. (2000). Energy efficiency and consumption – the rebound effect – a survey. *Energy Policy*, 28(6-7), 389-401. doi:10.1016/S0301-4215(00)00021-5.
- Gugg, Gilbert (2015). Organisation nicht kommerziellen Carsharings. Diplomarbeit am Institut für Verkehrssystemplanung, Technische Universität Wien.
- Günsberg, G., Fucik, J. (2017). Faktencheck E-Mobilität. Was das Elektroauto tatsächlich bringt. Klima- und Energiefonds, VCÖ, Wien. Verfügbar unter: [https://faktencheck-energiewende.at/wp-content/uploads/sites/4/Faktencheck\\_Mob\\_2017\\_kompakt\\_web.pdf](https://faktencheck-energiewende.at/wp-content/uploads/sites/4/Faktencheck_Mob_2017_kompakt_web.pdf) [25.07.2018].
- Haas, R., Biermayr, P. (2000). The rebound effect for space heating. Empirical evidence from Austria. *Energy Policy*, 28(6–7), 403-410. doi: 10.1016/S0301-4215(00)00023-9.
- Haucap, J., Heimeshoff, U. (2017). Ordnungspolitik in der digitalen Welt. Ordnungspolitische Perspektiven Nr. 90. Düsseldorfer Institut für Wettbewerbsökonomie. Verfügbar unter: [http://www.dice.hhu.de/fileadmin/redaktion/Fakultaeten/Wirtschaftswissenschaftliche\\_Fakultaet/DICE/Ordnungspolitische\\_Perspektiven/090\\_OP\\_Haucap\\_Heimeshoff.pdf](http://www.dice.hhu.de/fileadmin/redaktion/Fakultaeten/Wirtschaftswissenschaftliche_Fakultaet/DICE/Ordnungspolitische_Perspektiven/090_OP_Haucap_Heimeshoff.pdf) [25.07.2018].
- Hefter, T., Götz, K. (2013). Mobilität älterer Menschen. State of the Art und Schlussfolgerungen für das Projekt COMPAGNO. ISOE-Diskussionspapiere 26. Verfügbar unter: <http://www.isoe.de/uploads/media/dp-36-isoe-2013.pdf> [25.07.2018].
- Heinrichs, D. (2015). Autonomes Fahren und Stadtstruktur. In: Mauer, M., Gerdes, J.C., Lenz, B., Winner, H. (Hrsg.): *Autonomes Fahren* (S. 219-240). Springer, Vieweg, Berlin, Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-662-45854-9\_11.
- Herring, H., Sorrell, S. (Hrsg.) (2009). *Energy Efficiency and Sustainable Consumption. The Rebound Effect*. Palgrave MacMillan, London. doi: 10.1057/9780230583108.
- HM Treasury (2018). Valuation of energy use and greenhouse gas. Supplementary guidance to the HM Treasury Green Book on Appraisal and Evaluation in Central Government. Department for Business, Energy & Industrial Strategy, London. Verfügbar unter: [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/671205/Valuation\\_of\\_energy\\_use\\_and\\_greenhouse\\_gas\\_emissions\\_for\\_appraisal\\_2017.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/671205/Valuation_of_energy_use_and_greenhouse_gas_emissions_for_appraisal_2017.pdf) [25.07.2018].
- Holtmark, B., Skonhoft, A. (2014). The Norwegian support and subsidy policy of electric cars. Should it be adopted by other countries? *Environmental Science & Policy*, 42, 160-168. doi: 10.1016/j.envsci.2014.06.006.
- Hymel, K. M., Small, K. A., Van Dender, K. (2010). Induced demand and rebound effects in road transport. *Transportation Research Part B: Methodological*, 44(10), 1220-1241. doi: 10.1016/j.trb.2010.02.007.

- Jovanovic, B., Rousseau, P. (2005). General Purpose Technologies. Working Paper Nr. 11093, National Bureau of Economic Research, Cambridge. Verfügbar unter: <http://www.nber.org/papers/w11093.pdf> [25.07.2018].
- IEA (2014). Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency. OECD/IEA, Paris. Verfügbar unter: [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Multiple\\_Benefits\\_of\\_Energy\\_Efficiency.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Multiple_Benefits_of_Energy_Efficiency.pdf) [25.07.2018].
- Jenkins, J., Nordhaus, T., Shellenberger, M. (2011). Energy Emergence. Rebound & Backfire as Emergent Phenomena. Breakthrough Institute, Oakland. Verfügbar unter: [https://thebreakthrough.org/blog/Energy\\_Emergence.pdf](https://thebreakthrough.org/blog/Energy_Emergence.pdf) [25.07.2018].
- Jonuschat, H., Knie, A., Ruhrort, L. (2016). Zukunftsfenster in eine disruptive Mobilität. Teil 1. Mobilität in einer vernetzten Welt. InnoZ – Innovationszentrum für Mobilität und gesellschaftlichen Wandel, Berlin. Verfügbar unter: [https://www.innoz.de/sites/default/files/zukunftsfenster\\_innoz\\_2017\\_web\\_0.pdf](https://www.innoz.de/sites/default/files/zukunftsfenster_innoz_2017_web_0.pdf) [25.07.2018].
- Kaklamanou, D., Jones, C., Webb, T., Walker, S. (2015). Using public transport can make up for flying abroad on holiday: Compensatory green beliefs and environmentally significant behaviour. *Environment and Behavior*, 47(2), 184-204. doi: 10.1177/0013916513488784.
- Kanatschnig, D., Mandl, S. (2015). Smart Rebound. Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz durch Rebound-Prävention bei Smart Cities. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 35/2015, BMVIT, Wien. Verfügbar unter: [https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/nw\\_pdf/1535\\_smart\\_rebound.pdf?m=1469659241](https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/nw_pdf/1535_smart_rebound.pdf?m=1469659241) [25.07.2018].
- Kassner, T., Schwerin, M., Truxa, J. (2016). Logistik und Immobilien 2016. Große Nachfrage. Hohe Ansprüche. Berlin.
- Kaup, Gerd (2013). Ökonomie des Teilens. 15 Nutzungsgemeinschaften im Überblick. AK Steiermark, Österreich. Verfügbar unter: [https://media.arbeiterkammer.at/stmk/Sharing\\_Economy\\_2013\\_barrierefrei.pdf](https://media.arbeiterkammer.at/stmk/Sharing_Economy_2013_barrierefrei.pdf) [25.07.2018].
- Khazzoom, J. (1980). Economic implications of mandated efficiency in standards for household appliances. *The Energy Journal*, 1(4), 21-40. doi: 10.5547/issn0195-6574-ej-vol1-no4-2.
- Köhler, U., Zumkeller D. (2001). Induzierter Verkehr. In: G. Mehlhorn, und U. Köhler (Hrsg.) (2001). Verkehr – Strasse, Schiene, Luft, (S.120-125). Ernst und Sohn, Berlin.
- Köllner, C. (2017). Autohersteller setzen auf Lidar-Sensoren. Verfügbar unter: <https://www.springerprofessional.de/sensorik/automatisiertes-fahren/autohersteller-setzen-auf-lidar-sensoren-/12051902> [25.07.2018].
- Kollosche, I., Schwedes, O. (2016). Mobilität im Wandel. Transformationen und Entwicklungen im Personenverkehr. *Wiso Diskurs* 14/2016. Verfügbar unter: <http://library.fes.de/pdf-files/wiso/12702.pdf> [25.07.2018].
- Kreyenberg, D. (2015). Fahrzeugantriebe für die Elektromobilität. Total Cost of Ownership, Energieeffizienz, CO2-Emissionen und Kundennutzen. Springer, Wiesbaden.
- Kulmer, V. (2017). Rebound-Effekte bei E-Mobilität im Personenverkehr: Überblick. Verfügbar unter: [https://catch.joanneum.at/wp-content/uploads/2015/12/E-Auto\\_Reboundkette.pdf](https://catch.joanneum.at/wp-content/uploads/2015/12/E-Auto_Reboundkette.pdf) [25.07.2018].

- Kulmer V, Seebauer S. (2017). How Robust are Estimates of the Rebound Effect of Energy Efficiency Improvements? A Sensitivity Analysis of Consumer Heterogeneity and Elasticities, FCN Working Paper Nr. 16/2017, Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior, RWTH Aachen University. Verfügbar unter: [http://www.fcn.eonerc.rwth-aachen.de/global/show\\_document.asp?id=aaaaaaaaayfkwx](http://www.fcn.eonerc.rwth-aachen.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaayfkwx) [25.07.2018].
- Lampe, K., Stölzle, W. (2012). State of the Art von Innovationen in der Logistik. In: Stölzle, W., Lieb, T. (Hrsg.): Business Innovation in der Logistik. Chancen und Herausforderungen für Wissenschaft und Praxis. (S. 3-28). Springer Gabler, Wiesbaden. doi: 10.1007/978-3-658-00644-0.
- Lecca, P., McGregor, P., Swales, K., Turner, K. (2014). The added value from a general equilibrium analysis of increased efficiency in household energy use. *Ecological Economics*, 100(0), 51–62. doi:10.1016/j.ecolecon.2014.01.008.
- Lemmer, K. (2014). Einführungsvortrag Autonomes Fahren. Vortrag im Rahmen des Acatech Akademietags 2014. Verfügbar unter: [http://www.acatech.de/fileadmin/user\\_upload/Baumstruktur\\_nach\\_Website/Acatech/root/de/Aktuelles\\_\\_\\_Presse/Dossiers/Dossier\\_Mobilitaet/Akademietag\\_2014/acatech-Akademietag\\_Vortrag\\_Lemmer.pdf](http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Aktuelles___Presse/Dossiers/Dossier_Mobilitaet/Akademietag_2014/acatech-Akademietag_Vortrag_Lemmer.pdf) [25.07.2018].
- Lengauer, E., Gierlinger, D., Kellermayr-Scheucher, M., Koll, O., Kreuzer, M., Herry, M., Sedlacek, N. (2015). eComTraf. Auswirkungen von E-Commerce auf das Gesamtverkehrssystem, BMVIT, Wien. Verfügbar unter: [https://www.bmvit.gv.at/innovation/publikationen/verkehrstechnologie/downloads/ecomtraf\\_endbericht.pdf](https://www.bmvit.gv.at/innovation/publikationen/verkehrstechnologie/downloads/ecomtraf_endbericht.pdf) [25.07.2018].
- Lenz, B., Fraedrich, E. (2015). Neue Mobilitätskonzepte und autonomes Fahren: Potenziale der Veränderung. In: Maurer, M., Gerdes J. C., Lenz, B., Winner, H., (Hrsg.) (2015): Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte. (S. 175-196). Springer, Vieweg, Berlin, Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-662-45854-9\_9.
- Li, K., Zhang, N., Liu, Y. (2016). The energy rebound effects across China's industrial sectors: An output distance function approach. *Applied Energy*, 184, 1165-1175. doi: 10.1016/j.apenergy.2016.06.117.
- Lichtblau, G. (2011). Tempolimit 80 in Salzburg. Umweltbundesamt. Verfügbar unter: [https://www.salzburg.gv.at/umweltnaturwasser\\_/Documents/uba-tempo80\\_v140611.pdf](https://www.salzburg.gv.at/umweltnaturwasser_/Documents/uba-tempo80_v140611.pdf) [25.07.2018].
- Link, C., Bell, D., Haupt, J., Jonuschat, H., Nagel, I. (2017). Mobil mit der Smartwatch: Ergebnisse eines Prototypentest. In: Sucky, E., Kolke, R., Biethahn, N., Werner, J., Koch, G. (Hrsg.): Mobility in a Globalised World 2016. (S. 306-324). University of Bamberg Press.
- Llorca, M., Jamsb, T. (2017). Energy efficiency and rebound effect in European road freight transport. *Transportation Research A*, 101, 98-110. doi: 10.1016/j.tra.2017.05.002.
- Loch, R., Steinestel, M. (2015). Unvermeidliches Manko? Rebound- und Prebound-Effekte sowie Produkt- und Maßnahmenmängel als Effizienzdämpfer in Gebäuden und Wohnungen. Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf. Verfügbar unter: [https://www.verbraucherzentrale.nrw/sites/default/files/migration\\_files/media236419A.pdf](https://www.verbraucherzentrale.nrw/sites/default/files/migration_files/media236419A.pdf) [25.07.2018].

- Loose, W., Mohr, M., Nobis, C., Holm, B., Bake, D. (2004). Bestandsaufnahme und Möglichkeiten der Weiterentwicklung von Car-Sharing. Schlussbericht. Öko-Institut Freiburg. Verfügbar unter: <http://bast.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2011/250/pdf/V114end.pdf> [25.07.2018].
- Madlener, R., Alcott, B. (2011). Herausforderungen für eine technisch-ökonomische Entkopplung von Naturverbrauch und Wirtschaftswachstum. Unter besonderer Berücksichtigung der Systematisierung von Rebound-Effekten und Problemverschiebungen. Bericht für die Enquete-Kommission „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität“ des Deutschen Bundestages. Verfügbar unter: <http://webarchiv.bundestag.de/archive/2013/1212/bundestag/gremien/enquete/wachstum/gutachten/m17-26-13.pdf> [25.07.2018].
- Madlener, R., Hauertmann, M. (2011). Rebound Effects in German Residential Heating: Do Ownership and Income Matter? FCN Working Paper Nr. 2/2011, Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior. RWTH Aachen University. Verfügbar unter: [http://www.fcneonerc.rwth-aachen.de/global/show\\_document.asp?id=aaaaaaaaagvvnj](http://www.fcneonerc.rwth-aachen.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaagvvnj) [25.07.2018].
- Matiasko, W., Menges, R., Spiess, M. (2012). Modifying the rebound: It depends! Explaining mobility behavior on the basis of the German socio-economic panel. *Energy Policy*, 41, 29-35. doi: 10.1016/j.enpol.2010.11.044.
- Maurer, M., Gerdes J. C., Lenz, B., Winner, H., (Hrsg.) (2015). *Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*. Springer, Vieweg, Berlin, Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-662-45854-9.
- Maxwell, D., Owen, P., McAndrew, L., Muehmel, K., Neubauer, A. (2011). Addressing the Rebound Effect. Report for the European Commission DG Environment. Verfügbar unter: [http://ec.europa.eu/environment/archives/eusssd/pdf/rebound\\_effect\\_report.pdf](http://ec.europa.eu/environment/archives/eusssd/pdf/rebound_effect_report.pdf) [25.07.2018].
- Murray, Cameron K. (2013). What if consumers decided to all 'go green'? Environmental rebound effects from consumption decisions. *Energy Policy*, 54, 240-256. doi: 10.1016/j.enpol.2012.11.025.
- Nagel, I., Jonuschat, H., Araolaza, G., Bell, D., Forward, S., Canales, J. G., Blondiau, T., Link, C. (2016). *Guide2Wear. Public transport services with wearable devices for different mobility types*. Endbericht Österreichische Forschungsgesellschaft.
- NHTSA National Highway Traffic Safety Administration (2009). Average Fuel Economy Standards for Passenger Cars and Light Trucks, Model Year 2011. Docket No. NHTSA-2009-0062. Verfügbar unter: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2009-03-30/pdf/E9-6839.pdf> [25.07.2018].
- OECD (2010). Low-emission development strategies (LEDS): technical, institutional and policy lessons. Paris. Verfügbar unter: <http://www.oecd.org/env/cc/46553489.pdf> [25.07.2018].
- Ohta, H., Fujii, S. (2011). Does purchasing an "eco-car" promote increase in car-driving distance. Tokyo Institute of Technology.
- Otte, G. (2008). *Sozialstrukturanalysen mit Lebensstilen. Eine Studie zur theoretischen und methodischen Neuorientierung der Lebensstilforschung*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.

- Pehnt, M. (2010). Energieeffizienz – Definitionen, Indikatoren, Wirkungen. In: Pehnt (Hg.): Energieeffizienz. Ein Lehr- und Handbuch. (S. 1-34). Springer, Berlin, Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-642-14251-2.
- Periša, M., Peraković, D., Vaculík, J. (2015). Adaptive Technologies for the blind and visual impaired persons in the traffic network. *Transport*, 30(3), 247-252. doi: 10.3846/16484142.2014.1003405.
- Peters, A., Sonnberger, M., Dütschke, E., Deuschle, J. (2012a). Theoretical perspective on rebound effects from a social science point of view – Working Paper to prepare empirical psychological and sociological studies in the REBOUND project. Working Paper Sustainability and Innovation Nr. S 2/2012, Fraunhofer ISI, Karlsruhe. Verfügbar unter: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/55219/1/684815281.pdf> [25.07.2018].
- Peters, A., Sonnberger, M., Deuschle, J. (2012b). Rebound-Effekte aus sozialwissenschaftlicher Perspektive: Ergebnisse aus Fokusgruppen im Rahmen des REBOUND-Projektes. Working Paper Sustainability and Innovation Nr. S 5/2012, Fraunhofer ISI, Karlsruhe. Verfügbar unter: [https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/sustainability-innovation/2012/WP05-2012\\_Rebound-Fokusgruppen.pdf](https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/sustainability-innovation/2012/WP05-2012_Rebound-Fokusgruppen.pdf) [25.07.2018].
- Peters, A., Marth, H., Semmling, E., Kahlenborn, W., de Haan, P. (2015). Rebound-Effekte: Ihre Bedeutung für die Umweltpolitik. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. UBA Texte 31/2015. Verfügbar unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/texte\\_31\\_2015\\_rebound-effekte\\_ihre\\_bedeutung\\_fuer\\_die\\_umweltpolitik.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/texte_31_2015_rebound-effekte_ihre_bedeutung_fuer_die_umweltpolitik.pdf) [25.07.2018].
- Portmann, E., D’Onofrio, S., Kohoutek, S., Müggler, M., Bögli, M., Cueni, R. (2017). Sharing-Konzepte in Smart Cities: Praxisbeispiele der PostAuto Schweiz AG. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 54(4), 591-604. doi: 10.1365/s40702-017-0322-5.
- Pressl, R., Braun, M., Kargl, M. (2013). Mobilität im Alter. Ein Handbuch für PlanerInnen, EntscheidungsträgerInnen und InteressensvertreterInnen. Verfügbar unter: [https://www.bmvit.gv.at/service/publikationen/verkehr/gesamtverkehr/downloads/mobilitaetaelter\\_lang.pdf](https://www.bmvit.gv.at/service/publikationen/verkehr/gesamtverkehr/downloads/mobilitaetaelter_lang.pdf) [25.07.2018].
- Rehfeld, D. (2016). Die Blockchain. Hat sie das Potenzial, Gesellschaft und Wirtschaft neu zu gestalten? In: Fadavian, B. (Hrsg.): Transparente Staatstätigkeit. (S. 25-34). tredition GmbH, Hamburg.
- Rockenbauch, R. (1996). Verkehrskonzeptionen für die Zukunft unter besonderer Berücksichtigung des Fahrradverkehrs. Diplomica, Hamburg.
- Rogers, E. M. (2003). Diffusion of innovations. 5th edition. The Free Press, New York.
- Sammer, G., Uhlmann, T., Millonig, A., Mandl, B., Dangschat, J., Mayr, R. (2012). Identification of Mobility Impaired Persons and Analysis of Their Travel Behaviour as well as their Needs. *Transportation Research Record*, 2320, 46-54.
- Santarius, T. (2012). Der Rebound-Effekt. Über die unerwünschten Folgen der erwünschten Energieeffizienz. Impulse zur Wachstumswende. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, Wuppertal. Verfügbar unter: <https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/4219/file/ImpW5.pdf> [25.07.2018].

- Santarius, T. (2014). Der Rebound-Effekt: ein blinder Fleck der sozial-ökologischen Gesellschaftstransformation. *GAIA*, 23(2), 109-117. doi: 10.14512/gaia.23.2.8.
- Scholl, G., Gossen, M., Grubbe, M., Brumbauer, T. (2013). Alternative Nutzungskonzepte – Sharing, Leasing und Wiederverwendung. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW), Berlin. Verfügbar unter: [https://www.ioew.de/fileadmin/\\_migrated/tx\\_ukioewdb/PoLRess\\_ZB\\_AP2-Vertiefungsanalyse\\_alternative\\_Nutzungskonzepte.pdf](https://www.ioew.de/fileadmin/_migrated/tx_ukioewdb/PoLRess_ZB_AP2-Vertiefungsanalyse_alternative_Nutzungskonzepte.pdf) [25.07.2018].
- Scholl, G., Behrendt, S., Flick, C. Gossen, M., Henseling, C. Richter, L. (2015). Peer-to-Peer Sharing. Definition und Bestandaufnahme. PeerSharing Arbeitsbereich 1. Verfügbar unter: [https://www.peer-sharing.de/data/peersharing/user\\_upload/Dateien/PeerSharing\\_Ergebnispapier.pdf](https://www.peer-sharing.de/data/peersharing/user_upload/Dateien/PeerSharing_Ergebnispapier.pdf) [27.08.2018].
- Scholl, G., Gossen, M., Holzbauer, B. (2017). Teilen digital. Verbreitung, Zielgruppen und Potenziale des Peer-to-Peer Sharing in Deutschland. Verfügbar unter: [https://www.peer-sharing.de/data/peersharing/user\\_upload/PeerSharing\\_Brosch%C3%BCre\\_Teilen\\_digital.pdf](https://www.peer-sharing.de/data/peersharing/user_upload/PeerSharing_Brosch%C3%BCre_Teilen_digital.pdf) [27.08.2018].
- Schönfelder, S., Sommer, M., Falk, R., Kratena, K., Molitor, R., Clees, L., Kigilcim, B., Koch, H., Lembke, S., Obermayer, C., Schrögenauer R. (2015). COSTS – Leistbarkeit von Mobilität in Österreich. Im Auftrag des BMVIT für das Programm „Mobilität der Zukunft“. WIFO, Wien. Verfügbar unter: <https://mobilitaetderzukunft.at/resources/pdf/projektberichte/costs-bericht-leistbare-mobilitaet-in-oesterreich.pdf> [25.07.2018].
- Schrampf, J., Zvokelj, A., Hartmann, G. (2013). Strategisches Gesamtkonzept. Smart Urban Logistics. Effizienter Güterverkehr in Ballungszentren. Verfügbar unter: <http://www.smartcities.at/assets/01-Foerderungen/SmartUrbanLogistics-Gesamtkonzept-v1-0-Web.pdf> [25.07.2018].
- Schwarzbauer, W., Lueghammer, W., Dieplinger, M., Kummer, S., Vogelaer, C., Moser, R., Tihanyi, C. (2015). IND4LOG4. Industrie 4.0 und ihre Auswirkungen auf die Transportwirtschaft und Logistik. Zwischenbericht. BMVIT, Wien. Verfügbar unter: [https://www.bmvit.gv.at/innovation/publikationen/verkehrstechnologie/downloads/industrie\\_4\\_0.pdf](https://www.bmvit.gv.at/innovation/publikationen/verkehrstechnologie/downloads/industrie_4_0.pdf) [25.07.2018].
- Seebauer, S., Stolz, R., Berger, M. (2015). Technophilia as a driver for using advanced traveler information systems. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 60, 498-510. doi: 10.1016/j.trc.2015.10.009.
- Seebauer, S. (2018). The psychology of rebound effects: Explaining energy efficiency rebound behaviours with electric vehicles and building insulation in Austria. *Energy Research & Social Science*, 46, 311-320. doi: 10.1016/j.erss.2018.08.006.
- Seebauer, S., Kulmer, V., Fruhmann, C. (2018). Practical tools for identifying, evaluating and preventing rebound effects: Application to residential heating and mobility in Austria. Proceedings of the 2018 International Energy Policy & Programme Evaluation Conference. Verfügbar unter: [http://www.iepecc.org/wp-content/uploads/2018/05/Seebauer\\_paper\\_vienna.pdf](http://www.iepecc.org/wp-content/uploads/2018/05/Seebauer_paper_vienna.pdf) [25.07.2018].

- Sharmanski, A. (2014). Mine, yours, ours – Wie wirkt die Sharing Economy auf die Immobilienwirtschaft? Quantum Focus No. 14. Verfügbar unter: [https://www.quantum.ag/fileadmin/user\\_upload/QU-FOCUS\\_NO14\\_Mail.pdf](https://www.quantum.ag/fileadmin/user_upload/QU-FOCUS_NO14_Mail.pdf) [25.07.2018].
- Shibayama, T., Lemmerer, H., Winder, M., Pfaffenbichler, P. (2013). Cooperative car sharing in small cities and scarcely populated rural area – an experiment in Austria. Vortrag bei der 13<sup>th</sup> International Conference on Competition and Ownership in Land Passenger Transport, Oxford. Manuscripts: Workshop 7 - Innovative Finance for Innovative Public Transport", S. 185-198.
- Siemens (2011). Induktives Laden für Elektroautos. Energy – Smart Grid Applications Corporate Technology. Verfügbar unter: <https://www.siemens.com/press/pool/de/events/2011/corporate/2011-05-InnovationDay/Fact-Sheet-Induktives-Laden.pdf> [25.07.2018].
- Small, K., van Dender, K. (2007). Fuel Efficiency and Motor Vehicle Travel: The Declining Rebound Effect. *The Energy Journal*, 28(1), 25-51.
- Sommer, M., Kratena, K. (2017). The Carbon Footprint of European Households and Income Distribution. *Ecological Economics*, 136, 62-72. doi: 10.1016/j.ecolecon.2016.12.008.
- Sorrell, S. (2007): The Rebound Effect. An assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency. UK Energy Research Centre Report. ISBN 1-903144-0-35. Verfügbar unter: <http://www.ukerc.ac.uk/asset/3B43125E-EEBD-4AB3-B06EA914C30F7B3E/> [25.07.2018].
- Sorrell, S., Herring, H. (2009). Conclusion. In: Herring, H., Sorrell, S. (Hrsg.). Energy Efficiency and Sustainable Consumption. The Rebound Effect. (S. 240-261), Palgrave Macmillan, London.
- Sonnberger, M., Deuschle, J. (2014). Maßnahmen zur Eindämmung von Rebound-Effekten im Wohn- und Mobilitätsbereich. Ergebnisse aus zwei Expertenworkshops. Stuttgarter Beiträge zur Risiko- und Nachhaltigkeitsforschung Nr. 31. doi: 10.18419/opus-5644.
- Spath, D., Ganschar, O., Gerlach, S., Hämmerle, M., Krause, T., Schlund, S. (2013). Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0. Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO. Verfügbar unter: [https://microsites.schott.com/d/studentchallenge/c7d319bc-3fd9-40d2-85c2-636906b2c2f0/1.0/produktionsarbeit\\_der\\_zukunft\\_-\\_industrie\\_4\\_0\\_\\_fraunhofer\\_studie.pdf](https://microsites.schott.com/d/studentchallenge/c7d319bc-3fd9-40d2-85c2-636906b2c2f0/1.0/produktionsarbeit_der_zukunft_-_industrie_4_0__fraunhofer_studie.pdf) [25.07.2018].
- Statistik Austria (2018). Gliederungen nach städtischen und ländlichen Gebieten. Verfügbar unter: [https://www.statistik.at/web\\_de/klassifikationen/regionale\\_gliederungen/stadt\\_land/index.html](https://www.statistik.at/web_de/klassifikationen/regionale_gliederungen/stadt_land/index.html) [25.07.2018].
- Steininger, K. W., Bachner, Gabriel (2014). Extending Carsharing to serve commuters: An implementation in Austria. *Ecological Economics*, 101, 64-66. doi: 10.1016/j.ecolecon.2014.03.001.
- Sunikka-Blank, M., Galvin, R. (2012). Introducing the prebound effect: the gap between performance and actual energy consumption. *Building Research & Information*, 40(3), 260-273. doi: 10.1080/09613218.2012.690952.
- Teufel, D., Arnold, S., Bauer, P., Schwarz, T. (2017). Ökologische Folgen von Elektroautos. Ist die staatliche Förderung von Elektro- und Hybridautos sinnvoll? UPI-Bericht Nr. 79. 2. Aktualisierte

- Auflage. Umwelt- und Prognose-Institut Heidelberg. Verfügbar unter: [http://www.upi-institut.de/UPI79\\_Elektroautos.pdf](http://www.upi-institut.de/UPI79_Elektroautos.pdf) [25.07.2018].
- Theuermann, C. (2017). Drucktechnologie zur Industrie 4.0 für österreichische Unternehmen. 120 – Digital Business Transformation – Open Innovation, neue Geschäftsmodelle, Produktivitätssprünge und neue Arbeitsformen im digitalen Zeitalter. Forschungsforum der österreichischen Fachhochschulen. Verfügbar unter: [http://ffhoarep.fh-ooe.at/bitstream/123456789/1023/1/Panel\\_120\\_ID\\_154.pdf](http://ffhoarep.fh-ooe.at/bitstream/123456789/1023/1/Panel_120_ID_154.pdf) [25.07.2018].
- Thomas, B. A., Azevedo, I. A. (2013). Estimating direct and indirect rebound effects for U.S. households with input–output analysis. Part 2: Simulation. *Ecological Economics*, 86, 188–198. doi: 10.1016/j.ecolecon.2012.12.002.
- Thomes, P., Kampker, A., Vallée, D., Schnettler, A., Kasperk, G. (2013). Grundlagen. In: Kampker et al. (Hrsg.) (2013). Elektromobilität - Grundlagen einer Zukunftstechnologie. (S. 5-58). Springer, Berlin, Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-642-31986-0.
- Tomschy R., Herry M., Sammer G., Klementsitz R., Riegler S., Follmer R., Gruschwitz D., Josef F., Gensasz S., Kirnbauer R., Spiegel T. (2016). Österreich unterwegs 2013/2014. Ergebnisbericht zur österreichweiten Mobilitätserhebung „Österreich unterwegs 2013/2014“, im Auftrag von: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (Hrsg.), Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft, Österreichische Bundesbahnen Infrastruktur AG, Amt der Burgenländischen Landesregierung, Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Amt der Steiermärkischen Landesregierung und Amt der Tiroler Landesregierung. Verfügbar unter: [https://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/statistik/oesterreich\\_unterwegs/](https://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/statistik/oesterreich_unterwegs/) [25.07.2018].
- Trommer, S., Kolarova, V., Fraedrich, E., Kröger, L., Kickhöfer, B., Kuhnimhof, T., Lenz, B., Phleps, P. (2016). Autonomous Driving. The Impact of Vehicle Automation on Mobility Behaviour. Ifmo – Institut für Mobilitätsforschung, Berlin. Verfügbar unter: [https://www.bmwgroup.com/content/dam/bmw-group-websites/bmwgroup\\_com/company/downloads/de/2016/2016-BMW-Group-IFMO-Publikation-Dezember.pdf](https://www.bmwgroup.com/content/dam/bmw-group-websites/bmwgroup_com/company/downloads/de/2016/2016-BMW-Group-IFMO-Publikation-Dezember.pdf) [25.07.2018].
- Truelove, H., Carrico, A., Weber, E., Raimi, K., Vandenbergh, M. (2014). Positive and negative spillover of pro-environmental behavior: An integrative review and theoretical framework. *Global Environmental Change*, 29, 127-138. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2014.09.004.
- Turner, K. (2009). Negative rebound and disinvestment effects in response to an improvement in energy efficiency in the UK economy. *Energy Economics*, 31(5), 648–666. doi:10.1016/j.eneco.2009.01.008.
- Turner, K.; Madlener, R. (2016). After 35 Years of Energy Rebound Research in Economics: Where do we stand? In: T. Santarius, H.J. Walnum, C. Aall (Hrsg.): Rethinking Climate and Energy Policies. New Perspectives on the Rebound Phenomenon. (S.17-36). Springer, Berlin, Heidelberg, New York. Verfügbar unter: [https://www.springer.com/cda/content/document/cda\\_downloadocument/9783319388052-c2.pdf?SGWID=0-0-45-1585879-p179978017](https://www.springer.com/cda/content/document/cda_downloadocument/9783319388052-c2.pdf?SGWID=0-0-45-1585879-p179978017) [25.07.2018].

- UBA - Umweltbundesamt(2012). Elektromobilität in Österreich. Determinanten für die Kaufentscheidung von alternativ betriebenen Fahrzeugen. REP-0398, Wien. Verfügbar unter: <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0398.pdf> [25.07.2018].
- UBA - Umweltbundesamt (2015a). Energiewirtschaftliche Szenarien im Hinblick auf die Klimaziele 2030 und 2050, Synthesebericht 2015. REP-0534, Wien. Verfügbar unter: <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0534.pdf> [25.07.2018].
- UBA - Umweltbundesamt (2015b). Energiewirtschaftliche Szenarien im Hinblick auf die Klimaziele 2030 und 2050. Szenario WAM plus, Synthesebericht 2015. REP-0535, Wien. Verfügbar unter: <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0535.pdf> [25.07.2018].
- UBA – Umweltbundesamt (2016). Elfter Umweltkontrollbericht. Umweltsituation in Österreich. Bericht des Umweltministers an den Nationalrat. REP-0600, Wien. 2., korrigierte Auflage. Verfügbar unter: <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0600.pdf> [25.07.2018].
- VDA – Verband der Automobilindustrie (2015). Automatisierung. Von Fahrerassistenzsystemen zum automatisierten Fahren. VDA Magazin, Berlin. Verfügbar unter: <https://www.vda.de/dam/vda/publications/2015/automatisierung.pdf> [25.07.2018].
- Verplanken, B. (2006). Beyond frequency: Habit as mental construct. *British Journal of Social Psychology*, 45(3), 639-656. doi: 10.1348/014466605X49122.
- Vivanco, D. F., Freire-Gonzales, J., Kemp, R. R., van der Voet, E. (2014). The remarkable environmental rebound effect of electric cars: A microeconomic approach. *Environmental Science & Technology* 48(20), 12063-12072. doi: 10.1021/es5038063.
- Vivanco, D. F., Kemp, R., van der Voet, E. (2016). How to deal with the rebound effect? A policy-oriented approach. *Energy Policy*, 94, 114-125. doi: 10.1016/j.enpol.2016.03.054.
- Wahlster, W. (2017). Autonome Systeme: Grundlagen für das selbstfahrende Auto. Vortrag im Rahmen der Vorlesungsreihe „Künstliche Intelligenz für den Menschen: Digitalisierung mit Verstand“ am 16. Mai 2017, Mainz. Deutsches Forschungszentrum für künstliche Intelligenz. Verfügbar unter: [https://www.stiftung-jgsp.uni-mainz.de/Bilder\\_allgemein/3\\_VorL\\_WW\\_Autonome\\_Systeme.pdf](https://www.stiftung-jgsp.uni-mainz.de/Bilder_allgemein/3_VorL_WW_Autonome_Systeme.pdf) [25.07.2018].
- Wiedeking, W., Schröder, J., Schuh, G. (2004). Vorlesung Innovationsmanagement. Aachen. Wirtschaftsagentur Wien (2016). City Logistik. Technologie Report. Verfügbar unter: [http://www.wohnbau.tuwien.ac.at/downloads/Mischung%20possible/wirtschaftsagentur\\_wien\\_CityLogistik\\_Technologie\\_Report.pdf](http://www.wohnbau.tuwien.ac.at/downloads/Mischung%20possible/wirtschaftsagentur_wien_CityLogistik_Technologie_Report.pdf) [25.07.2018].
- Z\_punkt (2016). Autoteilen 2.0: Blockchain und autonomes Fahren. Verfügbar unter: <http://www.z-punkt.de/de/news/item/autoteilen-2.0-blockchain-und-autonomes-fahren/509> [25.07.2018].
- 3D Printing Industry (2015). Amazon sets out a conquer entire 3D rinting Industry with new patent application. Verfügbar unter: <https://3dprintingindustry.com/news/amazon-sets-out-to-conquer-entire-3d-printing-industry-with-new-patent-application-43263/> [25.07.2018].

## 12. Abbildungsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| ABBILDUNG 1: SYSTEMGRENZEN VON REBOUND AM BEISPIEL PRIVATVERKEHR MIT DEM E-AUTO.....               | 15 |
| ABBILDUNG 2: ANALYSEHORIZONT VON REBOUND .....   | 21 |
| ABBILDUNG 3: DIMENSIONEN DES REBOUND-SCREENINGS.....   | 22 |
| ABBILDUNG 4: REBOUND-SCREENING FÜR PERSONENVERKEHR.....  | 24 |
| ABBILDUNG 5: REBOUND-SCREENING FÜR GÜTERVERKEHR .....  | 25 |
| ABBILDUNG 6: REBOUND-WIRKUNGSKETTE UND REBOUND-SCREENING ELEKTRO-AUTO .....                        | 70 |
| ABBILDUNG 7: REBOUND WIRKUNGSKETTE UND REBOUND-SCREENING SHARING .....                             | 77 |
| ABBILDUNG 8: REBOUND WIRKUNGSKETTE UND REBOUND-SCREENING WEARABLE DEVICES .....                    | 80 |
| ABBILDUNG 9: REBOUND WIRKUNGSKETTE UND REBOUND-SCREENING CROWD-LOGISTIK .....                      | 83 |
| ABBILDUNG 10: FAHRERRELEVANTE TÄTIGKEITEN IN EINER GENERISCHEN SUPPLY CHAIN (FLÄMIG 2015:391)..... | 86 |
| ABBILDUNG 11: REBOUND WIRKUNGSKETTE UND REBOUND-SCREENING PLATOONING .....                         | 88 |
| ABBILDUNG 12: REBOUND WIRKUNGSKETTE UND REBOUND-SCREENING 3D-PRINTING.....                         | 91 |

## 13. Tabellenverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| TABELLE 1: WELCHE KAPITEL BEANTWORTEN WELCHE FRAGEN? .....   | 13 |
| TABELLE 2: HÖHE VON REBOUND IM VERKEHRSSSEKTOR.....  | 17 |
| TABELLE 3: ÜBERSICHT INDIKATOREN.....  | 23 |
| TABELLE 4: ANALYSERAHMEN ZUR BESTIMMUNG DES REBOUND-RISIKOS VON (MOBILITÄTS-)INNOVATIONEN .....                                    | 32 |
| TABELLE 5: PSYCHOLOGISCHE PROZESSE VON REBOUND .....   | 34 |
| TABELLE 6: WIRKUNG VON NUTZERMERKMALEN AUF PSYCHOLOGISCHE PROZESSE VON REBOUND .....   | 37 |
| TABELLE 7: INDIKATOREN ZUR BESTIMMUNG DES INTERSEKTORALEN REBOUNDS VON PRODUKTIONSSEITIGEN<br>ENERGIEEFFIZIENZVERBESSERUNGEN ..... | 40 |
| TABELLE 8: INDIKATOREN ZUR BESTIMMUNG DES INTERSEKTORALEN REBOUNDS VON NACHFRAGESEITIGEN<br>ENERGIEEFFIZIENZVERBESSERUNGEN .....   | 42 |
| TABELLE 9: BEISPIELE FÜR REBOUNDRELEVANTE MARKT- UND GESELLSCHAFTSTRENDS .....   | 47 |
| TABELLE 10: REBOUNDFÖRDERNDE ELEMENTE IN VERKEHRS- UND UMWELTPOLITISCHEN STRATEGIEN.....   | 50 |
| TABELLE 11: REBOUNDHEMMENDE ELEMENTE IN VERKEHRS- UND UMWELTPOLITISCHEN STRATEGIEN.....  | 52 |
| TABELLE 12: PALETTE MÖGLICHER MAßNAHMEN ZUR PRÄVENTION VON REBOUND IM MOBILITÄTSBEREICH .....                                      | 56 |
| TABELLE 13: ZUORDNUNG DER SPEZIFISCHEN MOBILITÄTSINNOVATIONEN ZU DEN THEMENFELDERN DES PROGRAMMS „MOBILITÄT<br>DER ZUKUNFT“ .....  | 66 |
| TABELLE 14: CHARAKTERISIERUNG ELEKTROMOBILITÄT UND INDUKTIVES LADEN .....  | 68 |
| TABELLE 15: MÖGLICHE AUSPRÄGUNGEN VON SHARED MOBILITY .....  | 72 |
| TABELLE 16: CHARAKTERISIERUNG RIDESHARING MIT SOZIAL-EMOTIONALEM MATCHING .....  | 74 |
| TABELLE 17: CHARAKTERISIERUNG CAR- UND RIDESHARING AUF BLOCKCHAIN-BASIS.....   | 75 |
| TABELLE 18: CHARAKTERISIERUNG WEARABLE DEVICES .....   | 79 |
| TABELLE 19: CHARAKTERISIERUNG CROWD-LOGISTIK.....  | 82 |
| TABELLE 20: CHARAKTERISIERUNG AUTOMATISIERTES FAHREN IM GÜTERVERKEHR.....  | 87 |
| TABELLE 21: CHARAKTERISIERUNG 3D-PRINTING.....   | 90 |

## **14. Anhang**

### **14.1. Rebound-Screening-Arbeitsblatt Personenverkehr**

### **14.2. Rebound-Screening-Arbeitsblatt Güterverkehr**

**Innovation**

**Indikator** höher absolute Umweltbeeinträchtigung infolge von Rebound niedriger

|                   |   |   |
|-------------------|---|---|
| <b>Innovation</b> | <b>Typ</b><br>Welches Funktionsprinzip hat die Innovation?<br><b>technologisch</b><br>Antrieb, Sensorik, Materialien, ...<br><b>organisatorisch/sozial</b><br>Sharing, Crowd, Verrechnung, Distribution, Orientierung, ...  | <input type="checkbox"/> |
|                   | <b>Tiefe</b><br>Wie weit reicht die Innovation?<br><b>radikal</b><br>neuer Zugang, kombinierbar mit bestehenden Produkten/Prozessen, übertragbar auf andere Anwendungen auch außerhalb des Verkehrssystems<br><b>inkrementell</b><br>Verbesserung bestehender Lösungen, ersetzt einzelne Produkte/Prozesse                          | <input type="checkbox"/> |
|                   | <b>Energieträger</b><br>Mit welcher Energiequelle wird die Innovation u. der mit ihr verbundene Verkehr betrieben?<br><b>fossil</b><br>Benzin, Diesel, konventioneller Strommix, ...<br><b>erneuerbar</b><br>Ökostrom, Muskelkraft, ...   | <input type="checkbox"/> |
|                   | <b>Investition</b><br>Wie teuer ist die Anschaffung der Innovation für den Nutzer?<br><b>niedrige Kosten</b><br>Nachrüstung, Umsetzung in vorhandenen Plattformen, Serienausstattung, Ratenzahlung, ...<br><b>hohe Kosten</b><br>Neuanschaffung, umfangreiche Umbauten, Sonderausstattung, Einmalzahlung, ...                       | <input type="checkbox"/> |
|                   | <b>Infrastruktur</b><br>Welche flächendeckende Infrastruktur wird für die Innovation benötigt?<br><b>hoch</b><br>physische Umbauten bei Gebäuden u. Straßen, wartungsintensiv, hoher operativer Energiebedarf<br><b>niedrig</b><br>IT-Infrastruktur, wartungsarm, geringer operativer Energiebedarf                                 | <input type="checkbox"/> |
| <b>Zielgruppe</b> | <b>Zielgruppengröße</b><br>Wie viele Personen nutzen die Innovation?<br><b>Allgemeinbevölkerung</b><br>breite Streuung über Altersgruppen, alle Verkehrsteilnehmer, ...<br><b>ausgewählte Bevölkerungsgruppen</b><br>technikaffin, Menschen mit besonderen Bedürfnissen, genderspezifisch, ...                                      | <input type="checkbox"/> |
|                   | <b>Einkommen</b><br>Nutzen arme oder reiche Personen die Innovation?<br><b>niedrig</b><br>sozial Benachteiligte, unterdurchschnittlicher Lebensstandard<br><b>hoch</b><br>gut Situierte, hoher Lebensstandard   | <input type="checkbox"/> |
|                   | <b>Umweltwerte</b><br>Haben die Nutzer eine umweltfreundliche Werthaltung?<br><b>niedrig</b><br>Vorrang des menschlichen Wohlstandes vor der Natur, Vertrauen in technische Lösungen f. Umweltprobleme<br><b>hoch</b><br>Natur für kommende Generationen bewahren, ökologischer Lebensstil  | <input type="checkbox"/> |
| <b>Wirkungen</b>  | <b>Verkehrsmittelwahl</b><br>Von welchen Verkehrsmitteln werden Wege auf die Innovation verlagert?<br><b>Umweltverbund</b><br>weniger Fahrten mit Rad, ÖV, zu Fuß<br><b>fossil</b><br>weniger Fahrten mit konventionellen Auto  | <input type="checkbox"/> |
|                   | <b>Zurückgelegte Personen-km</b><br>Wie verändern sich die Anzahl und die Länge von Wegen?<br><b>Zunahme</b><br>Verringerung der Zeit-, Geld- oder Komfortkosten einzelner Wege<br><b>Abnahme</b><br>Verlegung einzelner Wege in den virtuellen Raum, Kombinieren von Wegen   | <input type="checkbox"/> |
|                   | <b>Bedürfnisse</b><br>Welche Mobilitäts- und Konsumbedürfnisse spricht die Innovation an?<br><b>unbefriedigt</b><br>hedonistische Bedürfnisse, unerfüllte Konsumwünsche, materieller Nutzen, Statusgewinn<br><b>gesättigt</b><br>Bedürfnisse mit einer natürlichen Obergrenze, Grundbedürfnisse, täglicher Bedarf                   | <input type="checkbox"/> |
|                   | <b>Mobilitätsmuster</b><br>Wie veränderlich sind die Aktivitäten, auf welche die Innovation ausgerichtet ist?<br><b>flexibel</b><br>seltene und unvertraute Wege, spontane Aktivitäten, Urlaube und Ausflüge<br><b>rigide</b><br>gewohnte und alltägliche Wege, Aktivitäten innerhalb regelmäßiger Tagesstrukturen und Aktionsräume | <input type="checkbox"/> |

**Gesamt**



**Innovation**

**Beschreibung innovationsspezifischer Rebound-Effekte**

| direkter Rebound   | indirekter & intersektoraler Rebound   |
|--|--|
| <p>erhöhte Verkehrsleistung</p>  | <p><b>indirekter Rebound:</b></p> <p>Mehrkonsum oder Ersatz von anderen Produkten und Dienstleistungen</p> <p><b>intersektoraler Rebound:</b></p> <p><i>Einmaleffekte bei Markteintritt:</i> Errichtung von Infrastruktur, veränderte Produktionsprozesse, neue Marktakteure</p> <p><i>Nutzungsbezogene Effekte:</i> Betrieb und Wartung von Infrastruktur, Verlagerung zwischen Wirtschaftssektoren, Auslastung von Straßennetz und ÖV</p>  |

**Maßnahmen zur Vermeidung von Rebound**

| Vermeidung direkter Rebound  | markt-<br>wirtschaftlich   | Vermeidung indirekter und intersektoraler Rebound  |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Innenstadtmaut</li> <li>■ Fahrleistungsabhängige PKW Maut</li> <li>■ transportsektorspezifische CO<sub>2</sub> Steuer</li> <li>■ Mineralölsteuer</li> <li>■ Jährliche Kraftfahrzeugsteuer pro km</li> </ul> |                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Flächendeckende CO<sub>2</sub> Steuer</li> <li>■ Mehrwertsteuer nach Umweltwirkungen</li> </ul>                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Tempolimit</li> <li>■ transportsektorspezifisches CO<sub>2</sub> Budget</li> </ul>  | <p>regu-<br/>latorisch</p> <p>§</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ CO<sub>2</sub> Standards für alle Konsumgüter</li> <li>■ CO<sub>2</sub> Budget über alle Konsumgüter</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Infoplattformen &amp; Infokampagnen</li> <li>■ „Self-Monitoring“ Fahrleistung</li> <li>■ Verpflichtende Infokurse Führerscheinanwärter</li> <li>■ Verpflichtende Anzeige Kraftstoffverbrauch</li> </ul>     | <p>persuasiv</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Infoplattformen &amp; Infokampagnen</li> </ul>  |



**Innovation**

| Indikator         |  | absolute Umweltbeeinträchtigung<br>infolge von Rebound  |  |  |           |  |  |  |  |
|-------------------|--|---|--|--|-----------|--|--|--|--|
|                   |  | höher   |  |  | niedriger |  |  |  |  |
| <b>Innovation</b> | <b>Typ</b><br>Welches Funktionsprinzip hat die Innovation?   | <b>technologisch</b><br>Antrieb, Sensorik, Materialien, ...   |  |  |           |  |  |  | <b>organisatorisch/sozial</b><br>Sharing, Crowd, Verrechnung, Distribution, Orientierung, ...                              |
|                   | <b>Tiefe</b><br>Wie weit reicht die Innovation?  | <b>radikal</b><br>neuer Zugang, kombinierbar mit bestehenden Produkten/Prozessen, übertragbar auf andere Anwendungen auch außerhalb des Verkehrssystems |  |  |           |  |  |  | <b>inkrementell</b><br>Verbesserung bestehender Lösungen, ersetzt einzelne Produkte/Prozesse                               |
|                   | <b>Energieträger</b><br>Mit welcher Energiequelle wird die Innovation u. der mit ihr verbundene Verkehr betrieben?                         | <b>fossil</b><br>Benzin, Diesel, konventioneller Strommix, ...  |  |  |           |  |  |  | <b>erneuerbar</b><br>Ökostrom, Muskelkraft, ...  |
|                   | <b>Investition</b><br>Wie teuer ist die Anschaffung der Innovation für den Betrieb?  | <b>niedrige Kosten</b><br>Nachrüstung, Umsetzung in vorhandenen Plattformen, Serienausstattung, Ratenzahlung, ...                                       |  |  |           |  |  |  | <b>hohe Kosten</b><br>Neuanschaffung, umfangreiche Umbauten, Sonderausstattung, Einmalzahlung, ...                         |
|                   | <b>Infrastruktur</b><br>Welche flächendeckende Infrastruktur wird für die Innovation benötigt?   | <b>hoch</b><br>physische Umbauten bei Gebäuden u. Straßen, Umrüstung der Fahrzeugflotte, wartungsintensiv, hoher operativer Energiebedarf               |  |  |           |  |  |  | <b>niedrig</b><br>Einbettung in bestehende Infrastruktur, IT-Infrastruktur, wartungsarm, geringer operativer Energiebedarf |
| <b>Zielgruppe</b> | <b>Zielgruppengröße</b><br>Wie viele Wirtschaftssektoren nutzen die Innovation?  | <b>Gesamtwirtschaft</b><br>breite Nutzung in allen Wirtschaftsbereichen   |  |  |           |  |  |  | <b>ausgewählte Sektoren</b><br>Nutzung nur in Dienstleistungssektoren, zugeschnitten auf einen Betrieb/Branchen            |
|                   | <b>CO<sub>2</sub>-Intensität des Betriebs</b><br>Wie CO <sub>2</sub> -intensiv ist der Produktionssektor/Betrieb der die Innovation nutzt? | <b>hoch</b><br>Beispiele: Metallverarbeitung & -erzeugung, Elektrizitätswesen, Papierindustrie, Chemie, Glasindustrie                                   |  |  |           |  |  |  | <b>niedrig</b><br>Beispiele: Hotellerie, Gesundheitswesen, Maschinenbau  |
| <b>Wirkungen</b>  | <b>Verkehrsmittelwahl</b><br>Von welchen Verkehrsmitteln werden Wege auf die Innovation verlagert?   | <b>Umweltverbund</b><br>weniger Transporte mit Bahn, Schiff, Rohrleitungen  |  |  |           |  |  |  | <b>fossil</b><br>weniger Transporte mit konventionellen Lastwägen und Flugzeugen   |
|                   | <b>Zurückgelegte Tonnen-km</b><br>Wie verändern sich die Anzahl und die Länge von Wegen?   | <b>Zunahme</b><br>Kostensenkung, Verringerung von Transport-, Lager- und Umschlagzeiten   |  |  |           |  |  |  | <b>Abnahme</b><br>weniger Leerfahrten, höhere Auslastung von Fahrzeugen, optimierte Umschlagprozesse                       |

**Gesamt**



**Innovation**

**Beschreibung innovationsspezifischer Rebound-Effekte**

| direkter Rebound  | indirekter & intersektoraler Rebound  |
|---|---|
| <p>erhöhte Verkehrsleistung</p>  | <p><b>indirekter Rebound:</b></p> <p>Mehrkonsum oder Ersatz von anderen Produkten und Dienstleistungen</p> <p><b>intersektoraler Rebound:</b></p> <p><i>Einmaleffekte bei Markteintritt:</i> Errichtung von Infrastruktur, veränderte Produktionsprozesse, neue Marktakteure</p> <p><i>Nutzungsbezogene Effekte:</i> Betrieb und Wartung von Infrastruktur, Verlagerung zwischen Wirtschaftssektoren, Auslastung von Straßennetz und ÖV</p>  |

**Maßnahmen zur Vermeidung von Rebound**

| Vermeidung direkter Rebound  | Vermeidung indirekter und intersektoraler Rebound  |  |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Fahrleistungsabhängige LKW Maut</li> <li>■ transportsektorspezifische CO<sub>2</sub> Steuer</li> <li>■ Mineralölsteuer</li> <li>■ Jährliche Kraftfahrzeugsteuer pro km</li> </ul> | <p>markt-<br/>wirtschaftlich</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Flächendeckende CO<sub>2</sub> Steuer</li> <li>■ Mehrwertsteuer nach Umweltwirkungen</li> </ul>                 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Tempolimit</li> <li>■ transportsektorspezifisches CO<sub>2</sub> Budget</li> </ul>  | <p>regu-<br/>latorisch</p> <p>§</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ CO<sub>2</sub> Standards für Produktionsprozesse</li> <li>■ CO<sub>2</sub> Budget über alle Sektoren</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Infoplattformen &amp; Infokampagnen</li> <li>■ „Self-Monitoring“ Fahrleistung</li> </ul>  | <p>persuasiv</p>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Infoplattformen &amp; Infokampagnen</li> </ul>  |

