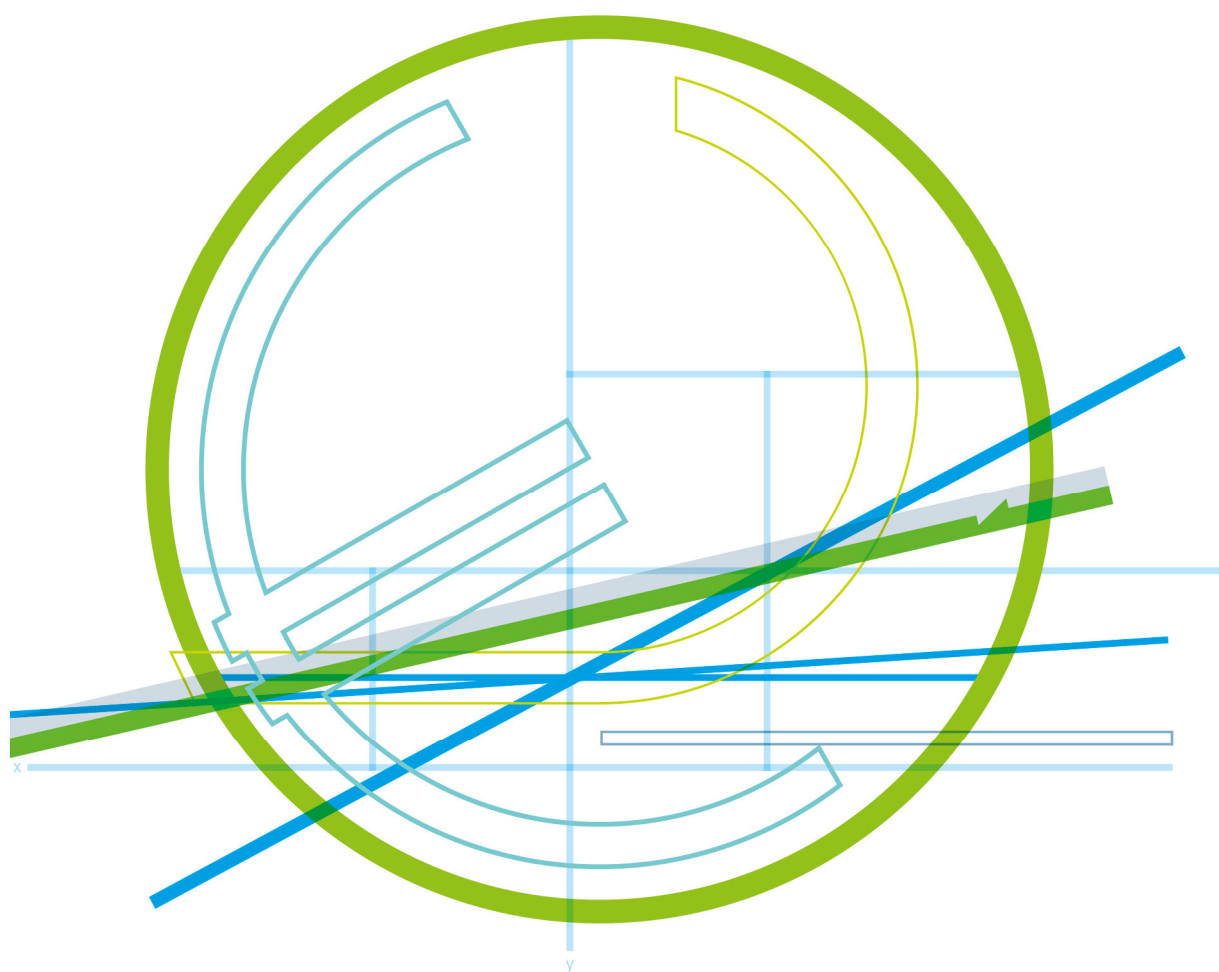


## CLIMATE

### Climate Impacts of Modern Applications in Telematics



## VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage [www.klimafonds.gv.at](http://www.klimafonds.gv.at) zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Neue Energien 2020“. Mit diesem Programm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, durch Innovationen und technischen Fortschritt den Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem voranzutreiben.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!

A stylized, handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, overlapping strokes.

Ingmar Höbarth  
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds

A handwritten signature in black ink that reads 'Theresia Vogel' in a cursive script.

Theresia Vogel  
Geschäftsführerin, Klima- und Energiefonds

## Verzeichnisse

### Inhaltsverzeichnis

|                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Verzeichnisse .....                                                                                                                      | 2  |
| <b>1</b> Einleitung.....                                                                                                                 | 7  |
| <b>1.1</b> Aufgabenstellung .....                                                                                                        | 7  |
| <b>1.2</b> Schwerpunkte des Projektes .....                                                                                              | 8  |
| <b>1.3</b> Einordnung in das Programm .....                                                                                              | 8  |
| <b>1.4</b> Verwendete Methoden .....                                                                                                     | 9  |
| <b>1.4.1</b> Das Umfeld zum Vergleich von verkehrstelematischen Maßnahmen .....                                                          | 9  |
| <b>1.4.2</b> Methoden zum Vergleich der Effekte / Reduktionspotentiale von<br>verkehrstelematischen Maßnahmen.....                       | 10 |
| <b>1.4.3</b> Quantitative Methodik für den Bereich CO <sub>2</sub> / Luftschadstoffe .....                                               | 12 |
| <b>1.4.4</b> Quantitative Methodik für den Bereich Lärm .....                                                                            | 13 |
| <b>1.5</b> Aufbau der Arbeit.....                                                                                                        | 14 |
| <b>2</b> Inhaltliche Darstellung - Quantitative Analysen .....                                                                           | 16 |
| <b>2.1</b> Dynamische umweltbedingte Verkehrsbeeinflussung (Immissionsschutzgesetz Luft / Lärm) .....                                    | 16 |
| <b>2.1.1</b> Zusammenfassende Beschreibung .....                                                                                         | 16 |
| <b>2.1.2</b> Wirkungsmechanismus CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe und Lärm .....                                                         | 16 |
| <b>2.1.3</b> Datenquellen .....                                                                                                          | 17 |
| <b>2.1.4</b> Potentialeinschätzung CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe .....                                                                | 18 |
| <b>2.1.5</b> Potentialeinschätzung Lärm .....                                                                                            | 19 |
| <b>2.1.6</b> Empfehlungen .....                                                                                                          | 20 |
| <b>2.2</b> Urbanes Verkehrsmanagement / Regionales Verkehrsmanagement.....                                                               | 21 |
| <b>2.2.1</b> Zusammenfassende Beschreibung .....                                                                                         | 21 |
| <b>2.2.2</b> Wirkungsmechanismus CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe und Lärm .....                                                         | 22 |
| <b>2.2.3</b> Datenquellen .....                                                                                                          | 23 |
| <b>2.2.4</b> Potentialeinschätzung CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe .....                                                                | 25 |
| <b>2.2.5</b> Potentialeinschätzung und Lärm .....                                                                                        | 26 |
| <b>2.2.6</b> Empfehlungen .....                                                                                                          | 26 |
| <b>2.3</b> Adaptive Verkehrssteuerung .....                                                                                              | 27 |
| <b>2.3.1</b> Zusammenfassende Beschreibung .....                                                                                         | 27 |
| <b>2.3.2</b> Wirkungsmechanismus CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe und Lärm .....                                                         | 28 |
| <b>2.3.3</b> Datenquellen .....                                                                                                          | 29 |
| <b>2.3.4</b> Potentialeinschätzung CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe .....                                                                | 29 |
| <b>2.3.5</b> Potentialeinschätzung Lärm .....                                                                                            | 30 |
| <b>2.3.6</b> Empfehlungen .....                                                                                                          | 34 |
| <b>2.4</b> Die CO <sub>2</sub> Karte - Kooperative Systeme zur Reduktion von Kraftstoffverbrauch und CO <sub>2</sub><br>Emissionen ..... | 34 |
| <b>2.4.1</b> Zusammenfassende Beschreibung .....                                                                                         | 34 |
| <b>2.4.2</b> Wirkungsmechanismus CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe und Lärm .....                                                         | 35 |
| <b>2.4.3</b> Datenquellen .....                                                                                                          | 36 |
| <b>2.4.4</b> Potentialeinschätzung CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe und Lärm .....                                                       | 37 |

|       |                                                                                                                                                                 |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.4.5 | Potentialeinschätzung Lärm .....                                                                                                                                | 38 |
| 2.4.6 | Empfehlungen .....                                                                                                                                              | 39 |
| 2.5   | Gebührenbedingte dynamische Steuerungsmaßnahmen für den innerstädtischen Bereich..                                                                              | 40 |
| 2.5.1 | Zusammenfassende Beschreibung .....                                                                                                                             | 40 |
| 2.5.2 | Wirkungsmechanismus CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe und Lärm .....                                                                                             | 40 |
| 2.5.3 | Datenquellen .....                                                                                                                                              | 41 |
| 2.5.4 | Potentialeinschätzung CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe .....                                                                                                    | 42 |
| 2.5.5 | Potentialeinschätzung Lärm .....                                                                                                                                | 43 |
| 2.5.6 | Empfehlungen .....                                                                                                                                              | 44 |
| 2.6   | Verkehrssteuerung auf Basis vollelektronischer Mautsysteme mit variablen und<br>dynamischen Tarifen zur Stauvermeidung und Luftreinhaltung (Road Pricing) ..... | 44 |
| 2.6.1 | Zusammenfassende Beschreibung .....                                                                                                                             | 44 |
| 2.6.2 | Wirkungsmechanismus CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe und Lärm .....                                                                                             | 44 |
| 2.6.3 | Datenquellen .....                                                                                                                                              | 45 |
| 2.6.4 | Potentialeinschätzung CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe .....                                                                                                    | 46 |
| 2.6.5 | Potentialeinschätzung Lärm .....                                                                                                                                | 47 |
| 2.6.6 | Empfehlungen .....                                                                                                                                              | 48 |
| 2.7   | Access Control Restricted Areas .....                                                                                                                           | 48 |
| 2.7.1 | Zusammenfassende Beschreibung .....                                                                                                                             | 48 |
| 2.7.2 | Wirkungsmechanismus CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe und Lärm .....                                                                                             | 48 |
| 2.7.3 | Datenquellen .....                                                                                                                                              | 49 |
| 2.7.4 | Potentialeinschätzung CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe .....                                                                                                    | 52 |
| 2.7.5 | Potentialeinschätzung Lärm .....                                                                                                                                | 53 |
| 2.7.6 | Empfehlungen .....                                                                                                                                              | 54 |
| 2.8   | Ressourcensteuerung im P&R-Bereich .....                                                                                                                        | 54 |
| 2.8.1 | Zusammenfassende Beschreibung .....                                                                                                                             | 54 |
| 2.8.2 | Wirkungsmechanismus CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe und Lärm .....                                                                                             | 55 |
| 2.8.3 | Datenquellen .....                                                                                                                                              | 55 |
| 2.8.4 | Potentialeinschätzung CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe .....                                                                                                    | 56 |
| 2.8.5 | Potentialeinschätzung Lärm .....                                                                                                                                | 57 |
| 2.8.6 | Empfehlungen .....                                                                                                                                              | 58 |
| 2.9   | Übersicht über die Ergebnisse der quantitativen Analyse .....                                                                                                   | 58 |
| 3     | Inhaltliche Darstellung - Qualitative Analysen .....                                                                                                            | 59 |
| 3.1   | Beeinflussung des Fahrverhaltens durch aktive Wetterinformation .....                                                                                           | 59 |
| 3.1.1 | Zusammenfassende Beschreibung .....                                                                                                                             | 59 |
| 3.1.2 | Wirkungsmechanismus CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe und Lärm .....                                                                                             | 59 |
| 3.1.3 | Datenlage .....                                                                                                                                                 | 60 |
| 3.1.4 | Potentialeinschätzung CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe und Lärm .....                                                                                           | 60 |
| 3.2   | Adaptive Verkehrssteuerung: Kontrollsysteme / Ampelsteuerungen anhand von<br>Fahrzeugcharakteristika zur Vermeidung ineffizienter Beschleunigungsvorgänge ..... | 60 |
| 3.2.1 | Zusammenfassende Beschreibung .....                                                                                                                             | 60 |
| 3.2.2 | Wirkungsmechanismus CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe und Lärm .....                                                                                             | 61 |
| 3.2.3 | Datenlage .....                                                                                                                                                 | 61 |
| 3.2.4 | Potentialeinschätzung CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe und Lärm .....                                                                                           | 61 |
| 3.3   | HOT Lane .....                                                                                                                                                  | 62 |

|       |                                                                                                                                                                                       |    |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.3.1 | Zusammenfassende Beschreibung .....                                                                                                                                                   | 62 |
| 3.3.2 | Wirkungsmechanismus CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe und Lärm .....                                                                                                                   | 62 |
| 3.3.3 | Datenlage.....                                                                                                                                                                        | 63 |
| 3.3.4 | Potentialeinschätzung CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe und Lärm .....                                                                                                                 | 63 |
| 3.4   | Elektronische Dynamische Parkraumbewirtschaftung .....                                                                                                                                | 63 |
| 3.4.1 | Zusammenfassende Beschreibung .....                                                                                                                                                   | 63 |
| 3.4.2 | Wirkungsmechanismus CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe und Lärm .....                                                                                                                   | 64 |
| 3.4.3 | Datenlage.....                                                                                                                                                                        | 64 |
| 3.4.4 | Potentialeinschätzung CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe und Lärm .....                                                                                                                 | 64 |
| 3.5   | Anschlussicherungssysteme .....                                                                                                                                                       | 65 |
| 3.5.1 | Zusammenfassende Beschreibung .....                                                                                                                                                   | 65 |
| 3.5.2 | Wirkungsmechanismus CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe und Lärm .....                                                                                                                   | 65 |
| 3.5.3 | Datenlage.....                                                                                                                                                                        | 66 |
| 3.5.4 | Potentialeinschätzung CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe und Lärm .....                                                                                                                 | 66 |
| 3.6   | Elektronisches Ticketing & Payment .....                                                                                                                                              | 66 |
| 3.6.1 | Zusammenfassende Beschreibung .....                                                                                                                                                   | 66 |
| 3.6.2 | Wirkungsmechanismus CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe und Lärm .....                                                                                                                   | 67 |
| 3.6.3 | Datenlage.....                                                                                                                                                                        | 67 |
| 3.6.4 | Potentialeinschätzung CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe und Lärm .....                                                                                                                 | 68 |
| 4     | Zusammenfassung der Ergebnisse und Schlussfolgerungen.....                                                                                                                            | 69 |
| 5     | Ausblick und Empfehlungen.....                                                                                                                                                        | 71 |
| 6     | Literaturverzeichnis .....                                                                                                                                                            | 74 |
| 6.1   | Allgemeine Literatur .....                                                                                                                                                            | 74 |
| 6.2   | Literatur zur Maßnahme Dynamische umweltbedingte Verkehrsbeeinflussung (IG Luft /<br>Lärm) .....                                                                                      | 74 |
| 6.3   | Literatur zur Maßnahme Urbanes Verkehrsmanagement / Regionales<br>Verkehrsmanagement .....                                                                                            | 75 |
| 6.4   | Literatur zur Maßnahme Adaptive Verkehrssteuerung.....                                                                                                                                | 76 |
| 6.5   | Literatur zur Maßnahme „Die CO <sub>2</sub> Karte - Kooperative Systeme zur Reduktion von<br>Kraftstoffverbrauch und CO <sub>2</sub> Emissionen“ .....                                | 76 |
| 6.6   | Literatur zur Maßnahme Gebührenbedingte dynamische Steuerungsmaßnahmen für<br>innerstädtischen Bereich (City Maut).....                                                               | 76 |
| 6.7   | Literatur zur Maßnahme Verkehrssteuerung auf Basis vollelektronischer Mautsysteme mit<br>variablen und dynamischen Tarifen zur Stauvermeidung und Luftreinhaltung (Road Pricing)..... | 77 |
| 6.8   | Literatur zur Maßnahme Access Control Restricted Areas .....                                                                                                                          | 77 |
| 6.9   | Literatur zur Maßnahme Ressourcensteuerung im P&R-Bereich .....                                                                                                                       | 78 |
| 6.10  | Literatur zur Maßnahme HOT Lane.....                                                                                                                                                  | 79 |
| 6.11  | Literatur zu den Maßnahme Anschlussicherungssysteme und Elektronisches Ticketing &<br>Payment.....                                                                                    | 79 |
| 7     | Anhang .....                                                                                                                                                                          | 80 |
| 7.1   | Causal Loop Diagramme.....                                                                                                                                                            | 80 |
| 7.1.1 | Verwendete Symbolik .....                                                                                                                                                             | 80 |
| 7.1.2 | Beispiel .....                                                                                                                                                                        | 81 |
| 7.1.3 | Allgemeine Annahmen:.....                                                                                                                                                             | 81 |

## Abbildungen

|                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1: Projektablauf in CLIMATE .....                                                                                 | 12 |
| Abbildung 2: Wirkungsmechanismus VBA IG-L .....                                                                             | 16 |
| Abbildung 3: Wirkungsmechanismus Urbanes Verkehrsmanagement / Regionales<br>Verkehrsmanagement (Information) .....          | 22 |
| Abbildung 4: Urbanes Verkehrsmanagement / Regionales Verkehrsmanagement (adaptive<br>Verkehrssteuerung) .....               | 23 |
| Abbildung 5: Wirkungsmechanismus Adaptive Verkehrssteuerung .....                                                           | 28 |
| Abbildung 6: Emissionsmodell für den Gesamtschalleistungspegel .....                                                        | 31 |
| Abbildung 7: Schalleistungspegel-Zeit-Verlauf während der Durchfahrt durch die Modellstrecke .....                          | 32 |
| Abbildung 8: Schalleistungspegel-Weg-Verlauf während der Durchfahrt durch die Modellstrecke .....                           | 32 |
| Abbildung 9: Wirkungsmechanismus von CO <sub>2</sub> -Zertifikaten .....                                                    | 35 |
| Abbildung 10: Wirkungsmechanismus CO <sub>2</sub> -Karte .....                                                              | 36 |
| Abbildung 11: Wirkungsmechanismus Gebührenbedingte dynamische Steuerungsmaßnahmen für<br>den innerstädtischen Bereich ..... | 40 |
| Abbildung 12: Wirkungsmechanismus vollelektronischer Mautsysteme .....                                                      | 45 |
| Abbildung 13: Wirkungsmechanismus Umweltzone .....                                                                          | 48 |
| Abbildung 14: Wirkungsmechanismus Ressourcensteuerung im P&R Bereich .....                                                  | 55 |
| Abbildung 15: Wirkungsmechanismus Beeinflussung des Fahrverhaltens durch aktive<br>Wetterinformation .....                  | 59 |
| Abbildung 16: Wirkungsmechanismus Adaptive Verkehrssteuerung (Kontrollsysteme) .....                                        | 61 |
| Abbildung 17: Wirkungsmechanismus HOT Lane .....                                                                            | 62 |
| Abbildung 18: Wirkungsmechanismus dynamische Parkraumbewirtschaftung .....                                                  | 64 |
| Abbildung 19: Wirkungsmechanismus Anschlussssicherungssysteme .....                                                         | 65 |
| Abbildung 20: Wirkungsmechanismus elektronisches Ticketing & Payment .....                                                  | 67 |

## Tabellen

|                                                                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1: Wirkung von Schallpegelreduktionen .....                                                                                                                                       | 14 |
| Tabelle 2: Ergebnisse der Potentialberechnung für CO <sub>2</sub> - und Luftschadstoffemissionen (VBA IG-L) .                                                                             | 19 |
| Tabelle 3: Ergebnisübersicht der Lärmberechnungen (VBA IG-L) .....                                                                                                                        | 20 |
| Tabelle 4: Ergebnisse der Potentialberechnung für CO <sub>2</sub> - und Luftschadstoffemissionen (Urbanes Verkehrsmanagement / Regionales Verkehrsmanagement).....                        | 25 |
| Tabelle 5: Ergebnisübersicht der Lärmberechnungen (Urbanes Verkehrsmanagement / Regionales Verkehrsmanagement) .....                                                                      | 26 |
| Tabelle 6: Ergebnisse der Potentialberechnung für CO <sub>2</sub> - und Luftschadstoffemissionen (Adaptive Verkehrssteuerung) .....                                                       | 30 |
| Tabelle 7: Ergebnisübersicht der Lärmberechnungen (Adaptive Verkehrssteuerung) .....                                                                                                      | 34 |
| Tabelle 8: Ergebnisse der Potentialberechnung für CO <sub>2</sub> - und Luftschadstoffemissionen (CO <sub>2</sub> -Karte)                                                                 | 38 |
| Tabelle 9: Ergebnisübersicht der Lärmberechnungen (CO <sub>2</sub> -Karte) .....                                                                                                          | 39 |
| Tabelle 10: Ergebnisse der Potentialberechnung für CO <sub>2</sub> - und Luftschadstoffemissionen (Gebührenbedingte dynamische Steuerungsmaßnahmen für den innerstädtischen Bereich)..... | 43 |
| Tabelle 11: Ergebnisübersicht der Lärmberechnungen (Gebührenbedingte dynamische Steuerungsmaßnahmen für den innerstädtischen Bereich) .....                                               | 44 |
| Tabelle 12: Ergebnisse der Potentialberechnung für CO <sub>2</sub> - und Luftschadstoffemissionen vollelektronischer Mautsysteme.....                                                     | 47 |
| Tabelle 13: Ergebnisübersicht der Lärmberechnungen vollelektronischer Mautsysteme.....                                                                                                    | 47 |
| Tabelle 14: Beispiele bereits umgesetzter Umweltzonen: .....                                                                                                                              | 49 |
| Tabelle 15: Auswirkungen unterschiedlicher Umweltzonen in der Literatur: .....                                                                                                            | 49 |
| Tabelle 16: Ergebnisse der Potentialberechnung für CO <sub>2</sub> - und Luftschadstoffemissionen (Umweltzone) .....                                                                      | 53 |
| Tabelle 17: Ergebnisübersicht der Lärmberechnungen (Umweltzone) .....                                                                                                                     | 54 |
| Tabelle 18: Ergebnisse der Potentialberechnung für CO <sub>2</sub> - und Luftschadstoffemissionen (Ressourcensteuerung im P&R Bereich).....                                               | 57 |
| Tabelle 19: Ergebnisübersicht der Lärmberechnungen (Ressourcensteuerung im P&R Bereich).....                                                                                              | 58 |
| Tabelle 20: Ergebnisse der quantitativen Analysen – Übersicht der Emissionsreduktionspotentiale...                                                                                        | 58 |
| Tabelle 21: Ergebnisse der quantitativen Analysen – Übersicht der Emissionsreduktionspotentiale...                                                                                        | 69 |
| Tabelle 22: Übersicht über die Empfehlungen .....                                                                                                                                         | 71 |

## 1 Einleitung

### 1.1 Aufgabenstellung

Bestehende wie auch zukünftige verkehrstelematische Lösungen sind effiziente Mittel zur Reduzierung von CO<sub>2</sub>-Emissionen, Luftschadstoffen und Lärmemissionen. Diese kommen in modernen Verkehrs- und Transportsystemen in zunehmenden Maß zum Einsatz, mit positiven Effekten für Infrastrukturbetreiber als auch für die NutzerInnen. Allerdings sind die Umweltauswirkungen zahlreicher Systeme und die darin implizierten Aktivitäten oftmals gänzlich oder teilweise unbekannt. Weiters sind die dabei eingesetzten Evaluierungsmethoden oft sehr unterschiedlich, was zu nicht direkt vergleichbaren Ergebnissen führt.

Die Aufgabenstellung in CLIMATE bestand in der Entwicklung von Methoden für die Evaluierung der Umweltauswirkungen von Telematikapplikationen im Verkehr und deren Anwendung bei der Analyse der Auswirkungen der verkehrstelematischen Maßnahmen bezüglich der Reduktion von CO<sub>2</sub>-, Luftschadstoff- und Lärmemissionen. Durch diesen systematischen Ansatz kann die Effektivität und die Effizienz von Maßnahmen in einem Katalog dokumentiert werden, der wiederum die Basis für Empfehlungen darstellt.

Der Evaluierungsprozess war in 3 Phasen strukturiert, wobei die zu analysierenden verkehrstelematischen Maßnahmen und Lösungen auf Vorschlägen der ATTC-Partner beruhen. Die 3 Evaluierungsphasen mit ansteigendem Detaillierungsgrad sollten es ermöglichen, die Maßnahmen mit dem höchsten Emissionsreduktionspotential herauszufiltern. In der ersten Phase wurden die Maßnahmen definiert, die dann in der zweiten Phase qualitativ und in der dritten Phase quantitativ analysiert wurden. Die Zahl der betrachteten Maßnahmen sollte dabei auf Basis der Potentialeinschätzungen und Datenverfügbarkeit beim Übergang zur jeweils nächsten Phase reduziert werden.

Das Endergebnis besteht aus einem Bericht über in Bezug auf positive Umweltauswirkungen vielversprechende verkehrstelematischen Maßnahmen und Applikationen sowie einer Dokumentation des Evaluierungsprozesses und der angewandten Methoden. Weiters werden Empfehlungen für Folgeprojekte bezüglich der Demonstration der erfolgreichsten Applikationen, als auch für die Weiterentwicklung der erforderlichen Evaluierungsmethoden abgegeben.

Der abschließende Bericht kann als Entscheidungsgrundlage in umweltpolitischen Fragen für Politik und EntscheidungsträgerInnen in Unternehmen dienen.



Die Arbeiten wurden vom CLIMATE-Konsortium durchgeführt, das aus folgenden Partnern bestand:

- ATTC - Austrian Traffic Telematics Cluster (Antragsteller)
- LOB iC GmbH – Projektmanagement
- AIT Austrian Institute of Technology, Österreichisches Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal Ges.m.b.H. (AIT Mobility)
- Umweltbundesamt GmbH
- AIT – Austrian Institute of Technology GmbH (AIT Safety & Security)
- JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH
- Fachhochschule Technikum Wien

## 1.2 Schwerpunkte des Projektes

Die Schwerpunkte des Projektes lagen in den folgenden Bereichen:

1. Evaluierungsmethoden für die Umweltauswirkungen verkehrstelematischer Applikationen und Maßnahmen
2. Konkrete Evaluierung eines verkehrstelematischen Maßnahmenkataloges im Hinblick auf CO<sub>2</sub>-, Luftschadstoff- und Lärmemissionen
3. Erarbeitung von Empfehlungen für Folgeprojekte und -aktivitäten im Hinblick auf weitere Forschungen zu den Maßnahmen wie auch zu den verfügbaren Methoden

## 1.3 Einordnung in das Programm

Verkehr ist eine der Hauptquellen für CO<sub>2</sub>-, Luftschadstoff- und Lärmemissionen und gleichzeitig ein wesentlicher Faktor im weltweiten Energieverbrauch. Daher ist es ein wichtiges Ziel, Energieverbrauch und Emissionen des Verkehrs zu reduzieren. Eine Möglichkeit dazu ist der Einsatz von Verkehrstelematiklösungen, die hierbei beispielsweise durch Verkehrsbeeinflussung, Verkehrsvermeidung oder Veränderung des Modal Split hin zu umweltfreundlichen Verkehrsmodi einen positiven Beitrag leisten können. Aufgrund der hohen Emissionen und des hohen Energieverbrauchs im Verkehrsbereich können auch relativ gesehen geringfügige Auswirkungen solcher Maßnahmen zu hohen absoluten Reduktionsmengen führen. Es gibt allerdings bisher einen Mangel an gesicherten und quantifizierten Informationen zu den Emissionsreduktionspotentialen verkehrstelematischer Maßnahmen in Österreich. Das Projekt CLIMATE soll einen ersten Schritt zur Schließung dieser Lücke darstellen. Die Evaluierungen und erarbeiteten Methoden sowie die darauf basierenden Empfehlungen können den gezielten Einsatz der Verkehrstelematik zur Erreichung von Klima- und Umweltzielen ermöglichen. Das Projekt CLIMATE wurde im Themenbereich „3.9.4 Climate and energy relevant potentials of green ICT“ der

Ausschreibung Neue Energien 2020 des Klima- und Energiefonds eingereicht und entspricht in der dargestellten Weise den Zielen des Forschungsprogrammes.

## 1.4 Verwendete Methoden

### 1.4.1 Das Umfeld zum Vergleich von verkehrstelematischen Maßnahmen

Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) haben das Potential, den Energieverbrauch und die Emissionen von Fahrzeugen zu reduzieren. Wesentliche Ergebnisse und quantitative Daten zu diesem Potential liegen jedoch noch nicht vor. Nur wenige intelligente Transportsysteme (ITS), die auf Informations- und Kommunikationstechnologien aufbauen, haben die Umweltaspekte direkt berücksichtigt. Die Umweltauswirkungen von ITS Strategien wurden im Allgemeinen als sekundär gegenüber Unfällen, Staus und Reisezeiten angesehen. Daher werden weitere Ergebnisse benötigt, um die Umsetzung von umweltschonenden ITS Diensten („green ITS services“) zu fördern.

Das Thema Energie-Effizienz hat eine ausgeprägte internationale Dimension. Daher haben die EU Kommission, Generaldirektion Information Society (DG INFSO) und das japanische Ministerium für Wirtschaft, Handel und Industrie (METI) einen Kooperationsvertrag abgeschlossen, um den Dialog der Gebiete und die Zusammenarbeit in Forschungsfragen zu fördern. Eine der zentralen Zielsetzungen der Kooperation ist die Entwicklung einer gemeinsamen Methodologie zur Beurteilung des Effektes von ITS auf CO<sub>2</sub> - Emissionen und Energieverbrauch des Verkehrs.

Eine von der EU Kommission eingesetzte Task Force hatte als ersten Schritt die Aufgabe, einen Vergleich der existierenden Methodologien und Ansätze zur Verkehrs- und Emissionsmodellierung durchzuführen. Die wichtigste politische Aussage des vorliegenden Zwischenberichtes ist, dass IKT und auf IKT aufbauende Innovationen den Mitgliedstaaten die Möglichkeit geben, kostengünstig ihre CO<sub>2</sub> Reduktionsziele bis 2020 zu erreichen. IKT kann auch Verhaltensänderungen unterstützen, die zum Erreichen der über das Jahr 2020 hinausgehenden Ziele notwendig sein werden (siehe [1]).

Der Bericht fasst unter anderem die wichtigsten Strategien für verkehrstelematische Anwendungen (ITS Applikationen) zusammen:

#### 1) Strategien zur Veränderung der Verkehrsnachfrage

Zu dieser Gruppe zählen Strategien, die Reisende ermutigen, Verkehrsmittel mit niedrigen Emissionen zu benutzen oder die Gesamtnachfrage nach Mobilität bzw. die Gesamt-Reisedistanz verringern. Typische Applikationen sind Mautsysteme oder auch Informations- und Managementsysteme, die die Effizienz oder den Komfort des öffentlichen Verkehrs (ÖV) steigern. Im Falle von Nutzfahrzeugen existieren Applikationen, die die Effizienz des Logistik-Konzeptes verbessern.

### 2) Strategien, die eine CO<sub>2</sub>-effiziente Nutzung des Verkehrsnetzes fördern

Diese Strategien zielen auf eine Erhöhung des Verkehrsflusses und eine Verringerung von Staus und damit verbundenem Stop&Go-Verkehr. Typische Applikationen sind Verkehrssteuerungs- und Verkehrsbeeinflussungs-Anlagen oder Informationsdienste, die die Parkplatzsuche unterstützen.

### 3) Strategien, die zu optimalem Fahrverhalten ermutigen („Eco-driving“)

Diese Strategien beeinflussen den Fahrstil einzelner FahrerInnen. Typische Applikationen sind im Fahrzeug befindliche Instrumente oder Systeme im Fahrzeug-Antrieb.

Die untersuchten verkehrstelematischen Anwendungen wurden in [1] in sechs Gruppen unterteilt.

- Verkehrsmanagement- und Steuerungssysteme
- Nachfrage und Zufahrts-Managementsysteme
- Navigations- und Reise-Informationssysteme
- Änderung des Fahrverhaltens („Eco-driving“)
- Logistik- und Flotten-Managementsysteme
- Sicherheits-Systeme

Zu jeder Anwendung wurden folgende Aspekte der Anwendung beschrieben

- die Zielsetzung und wichtige Eigenschaften der Anwendung
- der Typ des Straßennetzes und die geografische Ausdehnung
- das geschätzte Reduktionspotential der Anwendung (mit einer Einteilung in drei Stufen)
- ob kooperative Systeme die Anwendung unterstützen
- das benötigte Niveau für Modellierung bzw. Simulation und Validierung der Anwendung

#### 1.4.2 Methoden zum Vergleich der Effekte / Reduktionspotentiale von verkehrstelematischen Maßnahmen

Da Energieverbrauch und Emissionen von unterschiedlichen Aspekten des Fahrverhaltens abhängen und daher von Fahrzeug zu Fahrzeug variieren, ist die Abschätzung des Reduktionspotentials von verkehrstelematischen Anwendungen keine einfache Aufgabe.

1. Der Effekt von verkehrstelematischen Anwendungen kann die Verkehrsnachfrage betreffen. So können sowohl die Menge und der Typ der Fahrzeuge, die im Netzwerk fahren, als auch die Wahl des Verkehrsmittels verändert werden.
2. Die Kriterien für die Routenwahl werden verändert, sodass neben den kürzesten und schnellsten Routen auch die Routen mit minimalem Energieverbrauch empfohlen werden.
3. Weiters ist mit Einflüssen auf das Verhalten einzelner FahrerInnen zu rechnen, sodass generelle Annahmen und Parameter ihre Gültigkeit verlieren.
4. Echtzeit-Informationen können dynamische Entscheidungen zur Wahl der Abfahrtszeit, des Verkehrsmittels und der Route bewirken.

Weiters können positive Effekte an einzelnen Abschnitten des Verkehrssystems negative Effekte im Gesamtsystem bewirken (z.B. reservierte Fahrstreifen für Taxis, High Occupancy Lanes). Ebenso können jedoch negative Auswirkungen an einzelnen Straßenabschnitten auch positive Effekte im Gesamtsystem (z.B. ramp metering an Autobahn-Zufahrten) bewirken.

Eine detaillierte Modellierung von Energieverbrauch und Emissionen umfasst folgende Modellkomponenten:

- eine detailgetreue Abbildung der Straßeninfrastruktur
- eine detaillierte Abbildung der Maßnahmen zur Verkehrsbeeinflussung
- ein Modell des FahrerInnenverhaltens als Reaktion auf Straßeninfrastruktur und Maßnahmen zur Verkehrsbeeinflussung
- ein Modell des Antriebes in Abhängigkeit von FahrerInnenverhalten und Charakteristika der Straßeninfrastruktur
- eine Abbildung der Verkehrsnachfrage mit Details des Fahrtzweckes und der Zusammensetzung der Fahrzeug-Flotte

Die eingesetzten Modelle bzw. Simulations-Ansätze können in drei Gruppen mit unterschiedlichen Detaillierungsgraden unterteilt werden.

### **1) Modellierung der Fahrt-Motive**

In diesen Modellen beruht die Berechnung des Energieverbrauches auf der Verkehrssituation, der mittleren Geschwindigkeit und der Fahrleistung. Es wird eine Veränderung der Fahrtmotive (z.B. Verkehrsmittelwahl, Fahrtzeitpunkt) simuliert.

### **2) Modellierung von Halten, Geschwindigkeit und Fahrzeugklassen**

Die Berechnung des Energieverbrauches beruht auf der Zahl der Halte und der mittleren Geschwindigkeit pro Fahrzeugklasse. Somit wird die Routenwahl, jedoch nicht das Fahrtmotiv berücksichtigt.

### **3) Detaillierte Modellierung des FahrerInnenverhaltens und des Antriebes**

Diese Berechnung des Energieverbrauches berücksichtigt alle Details des FahrerInnenverhaltens und des Antriebes und die Routenwahl (mit Ausnahme des Fahrtmotives).

Je nach Anwendung sind unterschiedliche Modelle mit geringerem oder größerem Detaillierungsgrad notwendig (siehe [1]).

Die Methodik zum Vergleich von verkehrstelematischen Maßnahmen im Projekt CLIMATE umfasst drei Schritte:

1. Im Work Package 2 (WP2, Evaluierungsphase 1) wurde eine grobe Auswahl der verkehrstelematischen Maßnahmen getroffen, bei denen durch die Projektpartner Know-how zur Verfügung stand.

2. Im WP 3 (Evaluierungsphase 2) wurden ausgewählte Maßnahmen in Form einer Meta-Analyse verglichen. Dazu wurden Berichte, die sowohl theoretische Untersuchungen von Anwendungen auf Basis von Modellen als auch Analysen von verkehrstelematischen Anwendungen in Betrieb oder Pilotbetrieb umfassten, verglichen und zusammengefasst. Die gesammelten Informationen wurden in Interviews und Workshops weiter diskutiert und aufbereitet. Die Ergebnisse der Meta-Analyse umfassen eine zusammenfassende Beschreibung der Maßnahmen, die Darstellung des Wirkungsmechanismus in einer semi-quantitativen Sensitivitätsanalyse (Causal Loop Diagramme – siehe Anhang 7.1), eine grobe Einschätzung des Reduktionspotentials für CO<sub>2</sub>, Schadstoffe und Lärm (in drei Stufen) und eine Beurteilung der Datenverfügbarkeit zur Beurteilung des Reduktionspotentials.
3. Im WP 4 wurden für ausgewählte Anwendungen Modellrechnungen auf Basis der Fahrtmotive durchgeführt. Dabei wurden auch Rebound-Effekte berücksichtigt, soweit dazu Daten verfügbar waren.
4. Im WP5 wurden die Ergebnisse analysiert und spezifische und allgemeine Empfehlungen abgeleitet.

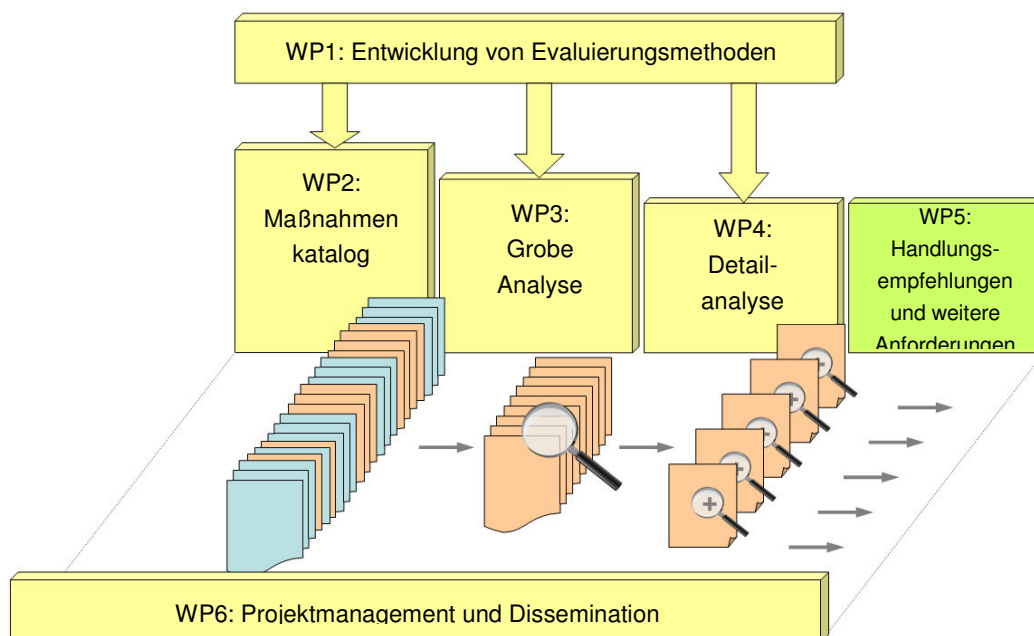


Abbildung 1: Projekttablauf in CLIMATE

### 1.4.3 Quantitative Methodik für den Bereich CO<sub>2</sub> / Luftschadstoffe

Da es sich bei der quantitativen Analyse der CO<sub>2</sub>- und Luftschadstoffemissionen um eine Abschätzung des Maßnahmenpotentials für ganz Österreich handelt, wurden Fahrleistungsdaten aus der aktuellen Österreichischen Luftschadstoffinventur (Quelle:

Ergebnisse der Österreichischen Luftschadstoff-Inventur 1990-2009, Prognose bis 2030, siehe [2]) entnommen. Änderungen in der Fahrleistung, die durch bestimmte Maßnahmen entstehen könnten, wurden nicht berücksichtigt. Annahmen über die Zusammensetzung der Fahrzeugflotte, der Fahrsituationen sowie über die einzelnen Emissionsfaktoren stammen aus dem HBEFA 3.1 (Quelle: Infras (2010): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA), Version 3.1. Bern/Zürich, siehe [3]).

Bei Maßnahmen, die zu einer Veränderung des Modal Split hin zu erhöhter ÖV-Nutzung führen, wurde vereinfachend angenommen, dass aufgrund der Mehrnutzung des ÖV keine zusätzlichen Emissionen entstehen.

Das Potential für die Umweltauswirkungen der quantitativ analysierten verkehrstelematischen Maßnahmen wurden in Kapitel 2 bei jeder Maßnahme als Einsparungen in Tonnen CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> und PM (Feinstaub) im Jahr 2015 dargestellt.

### 1.4.4 Quantitative Methodik für den Bereich Lärm

Lärmbelastungen weisen im Vergleich zu CO<sub>2</sub>-Emissionen einige Besonderheiten auf, die im Rahmen der quantitativen Analysen in CLIMATE berücksichtigt werden mussten. Aus lärmtechnischer Sicht treten Verkehrsströme als Lärmemissionsquellen auf. Der von ihnen ausgesendete Schall breitet sich als Welle mit allen typischen Phänomenen wie beispielsweise Beugung, Reflexion oder Absorption aus. Daher sind die beim Anrainer ankommende Schallimmissionen nicht nur von den Schallquellen, sondern in sehr hohem Maße auch von der lokalen Ausbreitungsgeometrie abhängig. Globale Aussagen über Lärmimmissionen waren daher in CLIMATE nicht möglich, da die betrachteten Maßnahmen primäre auf die Schallemissionen der Lärmquellen wirken. Daher wurden primär die Veränderungen in der Emissionsstärke der Verkehrslärmquellen betrachtet, die bei gleichen Ausbreitungsbedingungen zu einer entsprechenden Immissionsveränderung führen. Als Beurteilungsgröße wurde daher die Veränderung des energieäquivalenten Schalldruckpegels  $\Delta L_{A,eq}^1$  eines Verkehrsstroms in 1 m Abstand nach dem österreichischen Berechnungsverfahren RVS 04.02.11 [7] durch die betrachtete Maßnahme in Dezibel herangezogen. Diese Größe ist repräsentativ für die Veränderung der emittierten Schallleistung. Dabei ist wichtig zu beachten, dass Schalldruckpegel keine additive Größen wie die beispielsweise Emissionsmenge an CO<sub>2</sub> sind, sondern einem logarithmischen Additionsgesetz unterliegen. Eine Reduktion um 3 dB erfordert daher z.B. eine Halbierung der Verkehrsstärke.

Es ergaben sich zwei Gruppen von Ansatzpunkte für Lärmemissionsreduktionen durch die in CLIMATE betrachteten Maßnahmen:

- A) Reduktion der Verkehrsstärke M (Fahrzeuge pro h an einem Querschnitt, PKW und/oder LKW), im Folgenden dargestellt durch das Formelzeichen  $\Delta M$
- B) Reduktion der Fahrgeschwindigkeit v (für PKW und/oder LKW)

Es wurden generell folgende Annahmen getroffen:

1. Als Fahrbahndecke wurde generell Standard-Asphaltbeton nach RVS 04.02.11 angenommen.
2. Der Einfluss der Längsebenheit wurde nicht berücksichtigt.
3. Der LKW-Anteil wurde generell mit 10% angenommen, wobei alle LKW als schwere lärmarme LKW nach RVS 04.02.11 eingestuft wurden.
4. Da die Schallausbreitungssituation lokal sehr unterschiedlich sein kann, wurde vereinfachend davon ausgegangen, dass die Veränderungen im Emissionspegel den Veränderungen im Immissionspegel beim Anrainer entsprechen.
5. Generell wurden Emissionserhöhungen durch zusätzliche ÖV-Fahrten wegen deren Ausmaß im Rahmen der Unschärfen nicht betrachtet.
6. Als Prognosezeitraum wurde ebenfalls das Jahr 2015 herangezogen.

Zur Einordnung der lärmtechnischen Wirksamkeit der betrachteten Maßnahmen sind in Tabelle 1 Referenzwerte angegeben.

**Tabelle 1: Wirkung von Schallpegelreduktionen**

| Schallpegelreduktion $\Delta L$ | Wahrnehmbarkeit              |
|---------------------------------|------------------------------|
| 1 dB                            | kaum wahrnehmbar             |
| 3 dB                            | deutlich wahrnehmbar         |
| 10 dB                           | halbierter Lautheitseindruck |

## 1.5 Aufbau der Arbeit

Im Rahmen dieses Endberichtes wird im einleitenden Kapitel 1 ein Überblick zu Aufgabenstellung, Projektschwerpunkten und zur Relevanz von CLIMATE für das Programm und für die Erreichung der Klimaziele gegeben. In Abschnitt 1.4 finden sich auch die Ergebnisse von WP 1 zu den Evaluierungsmethoden und eine Beschreibung der in CLIMATE verwendeten Methodik.

Kapitel 2 gibt einen Überblick über jene 8 Maßnahmen, die einer quantitativen Analyse unterzogen wurden, wobei für jede Maßnahme eine Beschreibung, eine Darstellung des Wirkungsmechanismus und der verfügbaren Datenquellen, die quantitativen Ergebnisse für CO<sub>2</sub> Luftschadstoffe und Lärm sowie die maßnahmenspezifischen Empfehlungen vorhanden sind.

Kapitel 3 behandelt jene 6 Maßnahmen, für die nur eine qualitative Analyse durchgeführt wurde. Die Darstellung der Maßnahmen ist analog zu Kapitel 2, anstelle der quantitativen Analyse findet sich hier jedoch eine Potentialeinschätzung auf einer Skala von 1 bis 3, wobei 3 für das höchste Emissionsreduktionspotential steht. Zusätzlich wurde auch die



Datenverfügbarkeit zur Maßnahme ebenfalls auf einer Skala von 1 bis 3 bewertet, wobei 3 wiederum die Bestnote darstellt

In Kapitel 4 finden sich eine Zusammenfassung der Ergebnisse und allgemeine Schlussfolgerungen. Kapitel 5 umfasst die allgemeinen Empfehlungen und schließt mit einem Ausblick. Kapitel 6 enthält das Literaturverzeichnis und der Anhang 7 eine Erläuterung zu den Causal-Loop-Diagrammen.



## 2 Inhaltliche Darstellung - Quantitative Analysen

### 2.1 Dynamische umweltbedingte Verkehrsbeeinflussung (Immissionsschutzgesetz Luft / Lärm)

#### 2.1.1 Zusammenfassende Beschreibung

Mit der Verkehrsbeeinflussungsanlage Umwelt (VBA Umwelt) werden die auf Grundlage des Immissionsschutzgesetzes-Luft (IG-L) verordneten, derzeit geltenden statischen Geschwindigkeitsbeschränkungen dynamisiert und flexibilisiert. Dies erfolgt durch die Errichtung einer unbedingt notwendigen Mindestanzahl von Anzeigequerschnitten am Beginn und Ende des IG-L Gebietes sowie nach jeder Auffahrt auf das hochrangige Straßennetz. Die Schaltung der Geschwindigkeitsbeschränkungen basiert auf Schadstoffmessungen von vorhandenen Messstellen des Landes sowie der Verkehrsdatenerfassung entlang der Strecke und einem entsprechenden bereits in der ASFINAG implementierten Schaltalgorithmus. Mittels der Anzeigequerschnitte werden die durch den Schaltalgorithmus errechneten Geschwindigkeitsbeschränkungen angezeigt.

#### 2.1.2 Wirkungsmechanismus CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe und Lärm

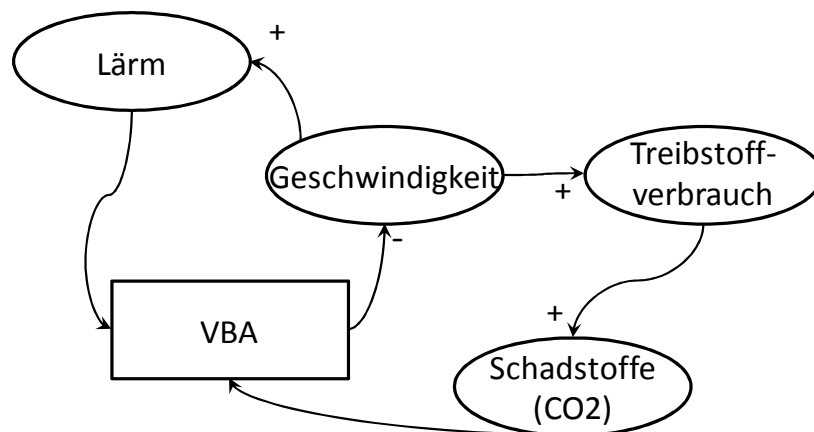


Abbildung 2: Wirkungsmechanismus VBA IG-L

Da der Kraftstoffverbrauch bei reduzierter Geschwindigkeit sinkt, wird bei Geschwindigkeitsbeschränkungen in den meisten Fällen weniger CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> und PM emittiert. Der Emissionsfaktor für CO<sub>2</sub> reduziert sich bei einem durchschnittlichen PKW in Österreich bezogen auf den durchschnittlichen österreichischen Flottenmix bei 100km/h statt 130 km/h um 27%, für NO<sub>x</sub> um 49%, für Staubpartikel um 31%.

Allerdings ist zu beachten, dass bei dynamischen umweltbedingten Verkehrsbeeinflussungen Beschränkungen nur bei Bedarf geschaltet werden. D.h. die Schaltzeiten sind zu berücksichtigen bzw. von den aktuell straßenseitig gemessenen

Luftschadstoffwerten abhängig zu machen. Es ist jedoch zu bedenken, dass bei vielen Strecken vor Einführung der dynamischen VBA meistens ein starrer „IG-L 100er“ verordnet war und es durch die dynamische Schaltung wieder zu höheren Geschwindigkeiten und somit zu steigenden CO<sub>2</sub>- und Luftschadstoffemissionen kommt.

Beschränkungen der Fahrgeschwindigkeiten haben grundsätzlich das Potential, lärmmindernd zu wirken, da die Lärmemission einzelner Fahrzeuge mit der Geschwindigkeit steigt. Für das PKW-Einzelfahrzeug kann ein Potential von ca. 5 dB bei der Geschwindigkeitsreduktion von 130 km/h auf 80 km/h abgeschätzt werden (nach RVS 04.02.11). Für eine genauere Beurteilung sind aber auch Informationen über die Rückwirkung auf die Verkehrsdichte (mehr Schallquellen) und Details über den Schaltalgorithmus (Anlagenspezifikation) notwendig. Hierbei sind auch die Wechselwirkungen mit dem CO<sub>2</sub>/Schadstoffkonzentrationen zu beachten, welche die Geschwindigkeitsreduktion auslösen.

### 2.1.3 Datenquellen

Immissionsschutzgesetz-Luft, BGBl. I Nr. 115/1997, siehe [8]

Reihe Verkehr in Österreich, Heft 40, Verkehrsunfallstatistik 2007, Herausgegeben vom Kuratorium für Verkehrssicherheit (KfV), BMI, AUVA, Wien im Mai 2008, siehe [9]

Infras (2010): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA), Version 3.1. Bern/Zürich, siehe [3]

Ergebnisse der Österreichischen Luftschadstoff-Inventur 1990-2009, Prognose bis 2030, Inland Motorway, siehe [2]

ÖAMTC: <http://www.oeamtc.at/?id=2500,1121975> , siehe [11]

Statistik Straße und Verkehr 2010, BMVIT, siehe [12]

A2 Süd Autobahn Bereich Gleisdorf, Immissionsgesteuerte Verkehrsbeeinflussungsanlage, Tiefenthaler et al., 2000, siehe [13]

Umweltrechtsanpassungsgesetz 2005, BGBl. I Nr. 34/2006, siehe [14]

IG-L VBA Tirol, LGBl. Nr. 19/2009, siehe [15]

IG-L VBA Salzburg, LGBl. Nr. 89/2008, siehe [16]

IG-L VBA Steiermark, LGBl. Nr. 70/2009, siehe [17]

IG-L VBA Oberösterreich, LGBl. Nr. 101/2008, siehe [18]

Verordnung zur MLA Gleisdorf: GZ. BMVIT-138.002/0002-II/ST5/2009, siehe [19]

Verordnung zur VBA A12: GZ. BMVIT-138.012/0004-II/ST5/2009, siehe [20]

### 2.1.4 Potentialeinschätzung CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe

#### 2.1.4.1 Annahmen

Basisjahr der Potentialabschätzung ist 2015, daher sind alle Emissionsfaktoren aus dem Jahr 2015. Aus der KfV-Unfallstatistik 2007 [9], S.102, wurden durchschnittliche Geschwindigkeitsniveaus bei fixen Tempolimits entnommen. Bei Tempolimit 130 km/h ist die mittlere Geschwindigkeit 118 km/h, bei Tempolimit 100 km/h ist die mittlere Geschwindigkeit 102 km/h.

#### **Abminderungen**

Abgemindert wurde das Potential durch die Schalthäufigkeit und bereits bestehende Tempolimits (80 km/h und 100 km/h).

- A) Schalthäufigkeit: Wurde aus den zur Verfügung gestellten Schaltprotokollen ermittelt. Hier wurde noch ein Faktor eingeführt, der berücksichtigt, dass hauptsächlich zu Zeiten mit hohem Verkehrsaufkommen geschaltet wird. (Expert guess)
- B) Bestehende Tempolimits: (Expert guess)

IGL-100 km/h Begrenzung auf 258 km (siehe [11])

Section Control:

A12 Inntal Autobahn 1 km

A2 Süd im Ehrentalerbergtunnel 3,5 km

A2 Süd zwischen Edlitz und Grimmenstein 6,5 km

A22 im Kaisermühlentunnel 2,5 km

A2 Süd Autobahn Graz Ost 4,5 km

Stadtgrenze

SüdOst Tangente 18 km

A22 bis Stadtgrenze 10 km

sonstige 100 km/h Tempolimits:

A2 von der Landesgrenze Steiermark/Niederösterreich bis zu Beginn der Section Control gilt Tempo 100 km/h (15 km)

Schnellstraßen

Insgesamt 449 km

Annahme: 1/3: 100 km/h ; 2/3: 130km/h

Für die Ermittlung des Potentials im gesamten Autobahnen- und Schnellstraßennetz (A+S) wurde mit 1.696 Autobahn-km und 449 Schnellstraßen-km in Betrieb gerechnet (siehe [12]).

## 2.1.4.2 Berechnung

Aus dem HBEFA [3] wurden Emissionsfaktoren gewählt, denen die gleichen oder ähnlichen Geschwindigkeitsniveaus zugrunde liegen wie in der KfV-Unfallstatistik 2007 [9] ermittelt. Um einen vergleichbaren Wert für Österreich zu bekommen, wurde die Fahrleistung der aktuellen Luftschadstoffinventur

[2] entnommen, speziell die ausgewiesenen Fahrzeugkilometer auf Autobahn und Schnellstraßen.

## Berechnete Szenarien

1.1: Im IG-L Gebiet, VBA Umwelt – 100 km/h dynamisches Tempolimit

## 2.1.4.3 Ergebnisse CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe

**Tabelle 2: Ergebnisse der Potentialberechnung für CO<sub>2</sub>- und Luftschadstoffemissionen (VBA IG-L)**

| Nr. | Titel der Maßnahme                                               | Potential in t/Jahr |                 |            |
|-----|------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------|------------|
|     |                                                                  | CO <sub>2</sub>     | NO <sub>x</sub> | PM         |
| 1   | Dynamische umweltbedingte Verkehrsbeeinflussung (IG Luft / Lärm) |                     |                 |            |
| 1.1 | Im IG-L Gebiet: VBA Umwelt – 100km/h dynamisch                   | 27.581              | 118             | 3,6        |
|     | <b>Emission A+S Straße gesamt 2015 zum Vergleich</b>             | <b>5.795.944</b>    | <b>23.602</b>   | <b>523</b> |

## 2.1.5 **Potentialeinschätzung Lärm**

### 2.1.5.1 Methode und getroffene Annahmen

In Österreich ist die Multifunktionale Lärmschutzanlage (MLA) Gleisdorf ein wichtiges Beispiel für eine lärmbezogene Verkehrsbeeinflussungsanlage (VBA-Lärm). Bei VBAs nach IG-Luft ist die Lärminderung nicht das Hauptziel der Maßnahme, sondern ein Nebeneffekt. Um das Potential im Hinblick auf die Lärmemissionsminderung darzustellen, wurden folgenden Annahmen und Festlegungen getroffen:

- A) Referenzsituation der Analyse ist das generelle gesetzliche Tempolimit auf Autobahnen (PKW 130 km/h, LKW 80 km/h), alle Lärmreduktionen werden im Vergleich dazu betrachtet
- B) Die Szenarien orientieren sich an den Reduktionsstufen laut Verordnung des BMVIT von 2009 (siehe [19])
- C) Die Geschwindigkeitsbegrenzung auf 100 km/h durch das IG-Luft entspricht der 1. Schaltstufe der MLA (Szenario S1 entspricht Szenario 1.1 und 1.3 für CO<sub>2</sub> und Luftschadstoffe in 2.1.4)

Von der Lärmreduktion profitieren hauptsächlich die direkten Anrainer der VBA-Strecke.

## 2.1.5.2 Berechnung

Laut Verordnung zur MLA Gleisdorf werden die Tempolimits in Abhängigkeit von verschiedenen Lärmgrenzwertüberschreitungen angepasst.

Laut BMVIT-Verordnung (GZ. BMVIT-138.002/0002-II/ST5/2009) sollen 3 verschiedene Geschwindigkeitsreduktionsstufen in diesem Fall zur Anwendung kommen:

- Szenario S1: PKW-Tempolimit 100 km/h (entspricht Szenario 1.1 bzw. 1.3 in 2.1.4)
- Szenario S2: PKW-Tempolimit 100 km/h, LKW Tempolimit 80 km/h
- Szenario S3: PKW-Tempolimit 80 km/h, LKW Tempolimit 60 km/h

In dieser Berechnung wurden die Emissionsparameter für Waschbeton mit Größtkorn 11 mm benutzt.

Für die 3 Szenarien ergaben sich jeweils 1,9 dB, 2,4 dB und 4,1 dB Lärmemissionsminderung im Vergleich zum Nullszenario. Ein komplettes LKW-Fahrverbot könnte noch zusätzlich etwa 1 dB mehr an Lärmreduktion bringen. Die untersuchte Maßnahme ist als lärmtechnisch wirksam einzustufen und kann zu einer Lärmreduktion bis zu ca. 4 dB führen. Diese Lärmreduktionen sind jedoch nur mit starken Geschwindigkeitsreduktionen erzielbar.

## 2.1.5.3 Ergebnisübersicht Lärm

**Tabelle 3: Ergebnisübersicht der Lärmberechnungen (VBA IG-L)**

| Szenarien                                      | S0            | S1                                        | S2                       | S3                       |
|------------------------------------------------|---------------|-------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Beschreibung                                   | Null-Szenario | IG-L Tempo 100 =<br>MLA Gleisdorf Stufe 1 | MLA Gleisdorf<br>Stufe 2 | MLA Gleisdorf<br>Stufe 3 |
| Tempolimit PKW [km/h]                          | 130           | 100                                       | 100                      | 80                       |
| Tempolimit LKW [km/h]                          | 80            | 80                                        | 60                       | 60                       |
| Schallpegelreduktion<br>$\Delta L_{A,eq}$ [dB] | 0,0           | 1,9                                       | 2,4                      | 4,1                      |

## 2.1.6 **Empfehlungen**

- Im Vergleich zu den anderen untersuchten Maßnahmen hat die VBA Umwelt ein relativ hohes Potential für Emissionsreduktionen.
- Die VBA nach IG-L ist eine Mischform zwischen unbeschränktem und beschränktem Verkehrsfluss. Die Emissionsminderung ist abhängig von der Schaltheufigkeit. Die VBA kann daher Emissionsspitzen abfangen.
- Die Wirkung steigt mit Größe des Einzugsgebiets und mit der Schaltheufigkeit bis hin zu statischen Tempolimits.

- Die Auswirkungen eines statischen Tempolimits im Vergleich zu VBA auf die Gesamtreisezeit sollten untersucht werden, um den wirtschaftlichen Nutzen der VBA quantifizieren zu können.

## 2.2 Urbanes Verkehrsmanagement / Regionales Verkehrsmanagement

### 2.2.1 Zusammenfassende Beschreibung

ITS Vienna Region ist das Verkehrsmanagement-Projekt der drei österreichischen Bundesländer Wien, Niederösterreich und Burgenland (Vienna Region) und wurde von diesen 2006 gegründet.

#### ***Verkehrsinformation – AnachB.at***

Im Sommer 2009 hat ITS Vienna Region AnachB.at, das neue Echtzeit-Verkehrsinfoservice für Wien, Niederösterreich und Burgenland, präsentiert. AnachB.at bietet basierend auf dynamischen Daten intermodale Routenplaner für alle Verkehrsarten sowie ein Verkehrslagebild als kostenlose Web-Applikation für alle VerkehrsteilnehmerInnen auf [www.AnachB.at](http://www.AnachB.at) an. 2010 ist zusätzlich eine mobile Applikation, vorerst für das Iphone, geplant.

AnachB.at funktioniert für alle Verkehrsarten und kann diese auch intermodal kombinieren. AnachB.at bietet zusätzlich spezielle Routenplaner für RadfahrerInnen (inkl. Bike & Ride und Fahrradmitnahme) und PendlerInnen (inkl. Park & Ride) sowie alle Baustelleninformationen und Verkehrsmeldungen an.

AnachB.at wird laufend mit den neuesten Daten von Verkehrssensoren, Baustellen-, Störungs-, Unfall- und Fahrplandatenbanken, Floating Car Data (FCD) und Verkehrsmeldungen aktualisiert. Diese Daten werden von den AnachB.at-Partnern, wie z.B. ASFINAG, Wiener Linien, VOR, ÖBB, Polizei, Taxiunternehmen oder die ORF Ö3 Verkehrsredaktion zur Verfügung gestellt.

#### ***Netzadaptive Verkehrssteuerung und Umweltmonitoring***

Einen Schritt weiter als reine Verkehrsinformation geht die netzadaptive Verkehrssteuerung, indem die Rechenergebnisse aus dem Verkehrsmodell beispielsweise in die Ampelsteuerung einfließen und die Bevorrangung von Straßenbahn und Bus in die Steuerungslogik integriert wird. Einen wichtigen Input liefern hier auch Ergebnisse von laufendem Umweltmonitoring, beispielsweise durch die Beobachtung von Schadstoffen oder Lärm. Eine solche netzadaptive Verkehrssteuerung kann insbesondere im urbanen Verkehrsgeschehen einen wichtigen Beitrag für höhere Effizienz und ökologische Verträglichkeit darstellen.

## Graphenintegrationsplattform GIP

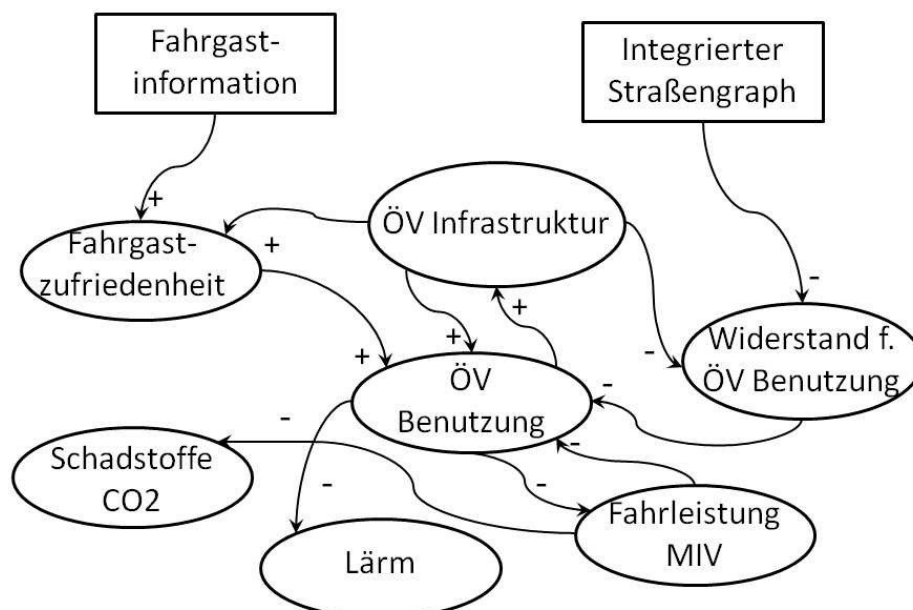
Um das allen Services zugrundeliegende Verkehrsnetz optimal abbilden zu können, hat ITS Vienna Region die völlig neue Graphenintegrationsplattform GIP entwickelt. Mit der GIP ist es nun möglich, einheitliche Verwaltungsabläufe, Verkehrsmodelle und E-Governmentprozesse zu entwickeln und zu nutzen. Vor allem ist die GIP aber auch wesentlich detaillierter als herkömmliche Graphen, was im urbanen Bereich vor allem auch für das Routing von FußgängerInnen und RadfahrerInnen große Vorteile bietet. Sie kann einfach und dezentral über einen Webclient aktualisiert werden, sodass z.B. Änderungen im Verkehrsnetz auch von den einzelnen Gemeinden laufend eingepflegt werden können. GIP und das mittels eines Verkehrsmodells laufend aktuell errechnete Verkehrslagebild dienen als Basis für die Verkehrsservices von AnachB.at.

## Citylogistik und kooperatives Verkehrsmanagement

Die laufend aktualisierten Informationen der Graphenintegrationsplattform GIP sowie des regionalen Verkehrslagebildes können auch als Grundlage für Citylogistik-Projekte (z.B. Routenplanung der städtischen Müllentsorgung durch die MA48) oder Betreuungsinstitutionen (z.B. Routenplanung bei Heimhilfen) dienen. Diese starken Faktoren des urbanen Verkehrs können so wesentlich effizienter und ökologischer abgewickelt werden. Ziel von ITS Vienna Region ist es auch, mit kooperativem Verkehrsmanagement die Aktivitäten und Daten verschiedener Akteure optimal zu verbinden und so Synergien zu nutzen.

## 2.2.2 Wirkungsmechanismus CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe und Lärm

a)

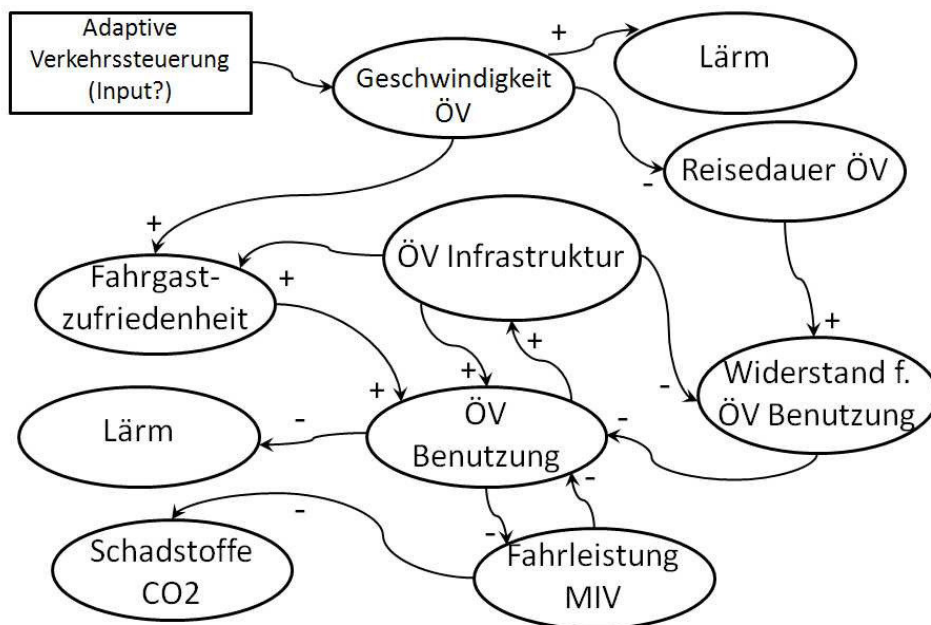


**Abbildung 3: Wirkungsmechanismus Urbanes Verkehrsmanagement / Regionales Verkehrsmanagement (Information)**



ITS ist ein System, das auf das Verkehrsverhalten wirkt. Der Nutzer bzw. die Nutzerin wird mittels ITS über das Verkehrsangebot informiert und lernt dadurch unterschiedliche Nutzungsmöglichkeiten kennen. Durch Routingfunktionen für alle Verkehrsträger, d.h. Informationsverfügbarkeit auch für intermodale Verkehrsketten im ÖV, steigt die Attraktivität und KundInnenzufriedenheit für Alternativen zum MIV. Allerdings muss das vorhandene Alternativangebot auch attraktiv genug sein, um einen tatsächlichen „modal shift“ zu bewirken. Das zur Verfügung stellen von Informationen alleine reicht dafür noch nicht aus. Allerdings ist diese Maßnahme wichtig, um die Attraktivität und Qualität des ÖV-Angebots bei den existierenden NutzerInnen zu steigern und so eine Abwanderung zum MIV zu verhindern. Das vorgestellte System liefert auch wesentliche Grundlageninformationen im Bezug auf emissionsverursachenden Verkehr. Damit ist die Möglichkeit zum Umstieg auf weniger emissionsintensive Verkehrsmittel gegeben.

b)



**Abbildung 4: Urbanes Verkehrsmanagement / Regionales Verkehrsmanagement (adaptive Verkehrssteuerung)**

Adaptierte Ampelsteuerung und Bevorrangung des Öffentlichen Verkehrs kann dazu führen, dass der ÖV sein Fahrpläne einhält, keine Verspätungen zustande kommen und die Attraktivität im Allgemeinen gesteigert wird. Damit ist die Möglichkeit zur Emissionsminderung durch Umstieg auf umweltfreundliche Verkehrsmittel gegeben. Bei netzadaptiven Verkehrssteuerungen könnten auch Umweltparameter wie Emissionen einfließen.

## 2.2.3 Datenquellen

Die Auswirkungen auf Verkehrsnachfrage und -verhalten sind Thema des Forschungsprojektes ITSworks [21], das seit 2008 im Rahmenprogramm ways2go des



BMVIT durchgeführt wird. Anhand von Delphi-Befragungen (ExpertInnen) sowie eines Testlabors mit ProbandInnen die zu ITS vor und nach Nutzung befragt wurden, wurde das Nutzverhalten untersucht. Die Ergebnisse wurden im Rahmen eines 4. Workshops im Oktober präsentiert.

Demnach besteht weitgehend Einigkeit bei den ExpertInnen (Befragung im Rahmen der Delphi-Studie), dass einerseits durch das Anzeigen von Alternativen ressourcenschonende Mobilität gefördert werden kann und andererseits durch die Integration aller zur Verfügung stehenden Verkehrsmittel die Anzahl der kombinierten Wege gesteigert werden kann. Auch erleichtert ITS, Widerstände gegenüber öffentlichen Verkehrsmitteln durch Informationen und Zusatzleistungen abzubauen.

Die Ergebnisse des Testlabors bestätigten, dass ITS dazu anregt, öffentliche Verkehrsmittel zu verwenden, u.a. da Buslinien und Fahrpläne ohne ITS den Testpersonen nicht bekannt gewesen wären. Insgesamt wird die Flexibilität bei der Verkehrsmittelwahl und die Wahl möglicher Kombinationen erhöht. Dies führte beim Testlabor zu einer Veränderung des Verkehrsverhaltens von rund 10 % der ProbandInnen.

Insgesamt gehen die Studienautoren davon aus, dass bei hoher Bekanntheit von ITS (Durchdringung bei 40%) von 2 bis zu maximal 6% der PKW-Fahrten eingespart werden können.

Hierzu ist anzumerken, dass im Jänner 2010 der Durchdringungsgrad noch bei 2 % lag. Hier wird von keinen nennenswerten Wirkungen ausgegangen. Für einen höheren Durchdringungsgrad wären somit massive Maßnahmen auf Marketingseite notwendig.

Weiters ist anzumerken, dass die Zahl der Testpersonen, die sowohl vor als auch nach der Nutzung befragt werden konnten, mit 22 Personen einen sehr geringen Stichprobenumfang darstellt. Diese stellen zwar den „durchschnittlichen“ Nutzer bzw. die Nutzerin von ITS dar, entsprechen allerdings nicht den durchschnittlichen PKW-FahrerInnen. Somit sollte für die Berechnungen vom „unteren“ Wert der möglichen Einsparungen (2%) ausgegangen werden.

### **Quellen:**

Stadtpsychologische Praxis Cornelia EHMAYER: ITS-Works Testlabor, Ergebnisbericht zu AP3. Oktober 2010, siehe [21]

Rosinak & Partner: Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt ITSworks – intelligente Verkehrssysteme wirken! Präsentation zum 4. Transdisziplinärer Workshop 22. Oktober 2010, siehe [22]

Ausgewählte Ergebnisse zur ersten Welle der Delphi-Befragung im Rahmen des Projekts ITSworks, Institut für Publizistik- und Kommunikationswissenschaft, Universität Wien, 2009, siehe [23]

Ergebnisse der zweiten Delphi-Befragungswelle zu „Intelligenten Verkehrsinformationssystemen“ im Rahmen des Projekts ITSworXs, Institut für Publizistik- und Kommunikationswissenschaft, Universität Wien, 2010, siehe [24]

Präsentation: Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt ITSworXs – intelligente Verkehrssysteme wirken! , Oktober 2010, siehe [25]

Verkehr in Zahlen 2007, bmvit, HERRY, siehe [26]

Verkehrsplanung und Mobilität, Vorlesungsskriptum, Universität für Bodenkultur, siehe [27]

## 2.2.4 Potentialeinschätzung CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe

### 2.2.4.1 Annahmen

Für die Berechnung des Einsparungspotentials durch Verkehrsmanagement/Information wird angenommen, dass die Durchdringung in der gesamten Bevölkerung 2015 bei 10% liegt. Damit kommt es zu einer Einsparung der PKW-Fahrten von 0,5%.

Allerdings ist zu berücksichtigen, dass nicht alle Wegzwecke das Potential haben den PKW stehen zu lassen. Einsparungsmöglichkeiten werden vor allem beim Berufspendelverkehr und Freizeitverkehr /Sonstige gesehen. Die Aufteilung nach Berufspendelverkehr, Ausbildungsverkehr, dienstliche Erledigungen, Private Erledigungen/Einkauf, Freizeitverkehr/Sonstige wurde Verkehr in Zahlen 2007 entnommen [26] und mit aktuelleren Zahlen aus Graz validiert (siehe [27]).

Eine weitere Annahme ist, dass der Umstieg auf ÖV von den vorhandenen freien Kapazitäten aufgenommen werden kann und dass der Mehrverbrauch des ÖV wegen Unschärfen vernachlässigt wird.

### 2.2.4.2 Berechnung

Die Verkehrsleistung PKW aus dem Jahr 2015 für ganz Österreich stammt aus der aktuellen Luftschadstoffinventur [2], die Emissionsfaktoren aus HBEFA 3.1 [3]. Es handelt sich um durchschnittliche PKWs mit durchschnittlicher Geschwindigkeit und Fahrsituation im Jahr 2015. Es wurden zwei Szenarien mit unterschiedlicher Durchdringung berechnet.

### 2.2.4.3 Ergebnisse CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe

**Tabelle 4: Ergebnisse der Potentialberechnung für CO<sub>2</sub>- und Luftschadstoffemissionen (Urbanes Verkehrsmanagement / Regionales Verkehrsmanagement)**

| Nr. | Titel der Maßnahme                     | Potential in t/Jahr |                 |    |
|-----|----------------------------------------|---------------------|-----------------|----|
|     |                                        | CO <sub>2</sub>     | NO <sub>x</sub> | PM |
| 2   | Verkehrsmanagement                     |                     |                 |    |
| 2.1 | Verkehrsmanagement - 10% Durchdringung | 21.873              | 62,2            | 2  |
| 2.2 | Verkehrsmanagement - 40% Durchdringung | 87.493              | 249             | 9  |

## 2.2.5 Potentialeinschätzung und Lärm

### 2.2.5.1 Methode und getroffene Annahmen

Es wurden folgende spezifische Annahmen bei der quantitativen Analyse im Bezug auf Lärmreduktionen getroffen:

- Es wurde ausschließlich das Fallbeispiel AnachB behandelt, da nur hier Daten vorlagen.
- Eine maximale Verlagerungswirkung von 6% der PKW-Fahrten wurde angenommen (als Folge einer 40% Durchdringung)
- Die Verlagerungswirkung wird als Verringerung der PKW-Verkehrsstärke berechnet.
- Die Emissionserhöhung durch zusätzliche ÖV-Fahrten wurde wegen der geringen Effekte nicht betrachtet.
- Der LKW-Verkehr wird durch diese Maßnahme nicht reduziert.

Die Wirkung würde im Einsatzgebiet des Verkehrsmanagements eintreten.

### 2.2.5.2 Berechnung

Unter den vorher erwähnten Annahmen wurden 4 verschiedene Szenarien berechnet, bei denen der LKW Anteil unterschiedlich hoch mit 0%, 5%, 10% und 15% angenommen wurde. Die Wirksamkeit sinkt mit steigendem LKW-Anteil. Die Maßnahme ist lärmtechnisch als wenig wirksam einzustufen und kann zu einer Lärmreduktion bis zu ca. 0,3 dB führen, die für Menschen nicht wahrnehmbar ist. Lokal kann die Wirkung höher sein.

### 2.2.5.3 Ergebnisübersicht Lärm

**Tabelle 5: Ergebnisübersicht der Lärmberechnungen (Urbanes Verkehrsmanagement / Regionales Verkehrsmanagement)**

| Szenarien                                     | S0  | S1  | S2  |
|-----------------------------------------------|-----|-----|-----|
| Reduktion PKW-Verkehrsstärke $\Delta M_{PKW}$ | -6% | -6% | -6% |
| bei LKW Anteil von                            | 0%  | 5%  | 10% |
| Schallpegelreduktion $\Delta L_{A,eq}^1$ [dB] | 0,3 | 0,2 | 0,1 |

## 2.2.6 Empfehlungen

- Die Maßnahme zeigt ein mittleres Reduktionspotential bei CO<sub>2</sub> und Luftschadstoffen, aber nur geringes bei Lärmemissionen.
- Für eine Erhöhung der Wirksamkeit ist ein hoher Durchdringungsgrad (ca. 40%) erforderlich, der kurzfristig nicht gegeben ist.
- Eine weitere mögliche Erhöhung der Wirksamkeit könnte durch einen Wandel der eingesetzten Technik (Navigationsgerät/Handy) für zeitnahe Routenplanung bewirkt werden.

- Es wird eine Untersuchung unterstützender Maßnahmen zur Durchdringungsförderung und möglicher lokaler Wirkungen (Hotspot- Entschärfung) empfohlen.

## 2.3 Adaptive Verkehrssteuerung

### 2.3.1 Zusammenfassende Beschreibung

#### Projekt GAVE

Im Forschungsprojekt GAVE (Grazer Adaptive Verkehrssteuerung) wurden Möglichkeiten die Emissionen des Straßenverkehrs mittels optimierter Steuerung von Verkehrslichtsignalanlagen zu minimieren, geschaffen. Die Arbeit erfolgte am Beispiel eines Grazer Hauptverkehrsstraßennetzes, wo die Ergebnisse dann auch im Praxisbetrieb umgesetzt wurden.

Zur Optimierung wurden erstmals Modelle zur Verkehrsflusssimulation (VISSIM) sowie zur mikroskopischen Berechnung von Kfz-Emissionen (PHEM) mit einem adaptiven Verfahren zur Lichtsignalsteuerung (MOTION) gekoppelt. Mit dem entwickelten Simulationssystem wurde der Verkehrsablauf mit unterschiedlichen Verkehrssteuerungen modelliert. Für den Basisfall und die dann umgesetzte emissionsoptimierte Steuerung wurden umfangreiche Fahrversuche und Emissionsmessungen durchgeführt, um die Modelle zu kalibrieren und die Genauigkeit zu überprüfen. Damit steht erstmals ein validiertes Modellsystem zur Verfügung, mit dem Verkehrssteuerungen gezielt in Richtung minimaler Abgasemissionen ausgelegt werden können. Mit der Kopplung der Modelle wird auch der Justierungsaufwand an Signalanlagen vor Ort reduziert und es werden negative Stimmungen in der Bevölkerung während der Einführung der aufwändigen und teuren adaptiven Verkehrssteuerung verringert, da bereits mit gut getesteten Einstellungen der reale Betrieb aufgenommen wird.

#### Projekt TRAVOLUTION

Im Projekt TRAVOLUTION optimiert die Netzsteuerung mit Genetischen Algorithmen die Grünen Wellen auf allen Hauptstraßen in Ingolstadt. Die Ergebnisse wurden in drei Messreihen mit Floating Cars und automatischer Kennzeichenerfassung untersucht.

Die AUDI-Testfahrzeuge fuhren im normalen Ingolstädter Verkehr mit und zeichneten mehrere Tage lang auf, wie sich der Zeitverlust im Netz mit der neuen Steuerung verändert. Im Vergleich zur alten Steuerung konnten die Wartezeiten durch die Verkehrsadaptive Netzsteuerung erheblich reduziert werden.

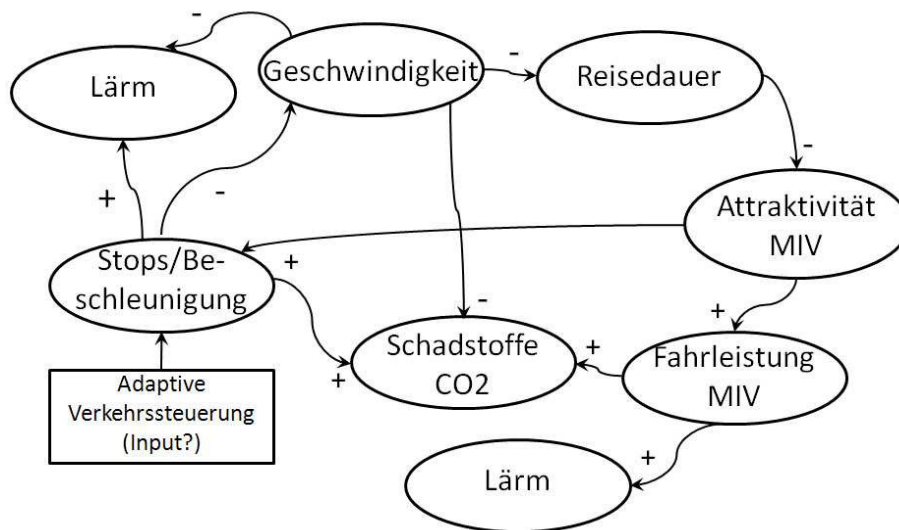
Die Netzsteuerung in Ingolstadt reduzierte zusätzlich auch die Wartezeiten an roten Ampeln und damit den Benzinverbrauch. Das bedeutet, dass damit die CO<sub>2</sub>-Belastung der Luft und der Feinstaub erheblich reduziert werden konnten - hochgerechnet auf ein Jahr verringerte sich der CO<sub>2</sub>-Ausstoß um etwa 1600 Tonnen.

## Projekt COOPERATIV

Eine ähnliche Untersuchung wurde im Projekt COOPERATIV im Raum Wien durchgeführt, Daten dazu standen während der Durchführung von CLIMATE leider noch nicht zur Verfügung.

### 2.3.2 Wirkungsmechanismus CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe und Lärm

In der GAVe-Studie konnten durch eine bessere Koordinierung auf dem etwa 1200 m langen Streckenabschnitt mit 7 VLSA zu Zeiten der Verkehrsspitzen für den Schadstoff CO<sub>2</sub> Reduktionen um ca. 7%, für HC um ca. 12 % und für die Partikel PM um über 4 % nachgewiesen werden. Bei der Simulation aller Fahrzeuge in beiden Fahrrichtungen ergibt sich ein Reduktionspotential für PM sogar von 14 %. Diese Reduktionen mögen klein erscheinen, sind aber in Bezug auf das Kosten-Nutzen-Verhältnis verglichen mit den motorseitigen Verbesserungen seitens der Autoindustrie durchaus beträchtlich.



**Abbildung 5: Wirkungsmechanismus Adaptive Verkehrssteuerung**

Die berichteten Einsparungen bei CO<sub>2</sub> und den Luftschadstoffen wurden wahrscheinlich bei einer statischen Verkehrsmenge gemessen. Zu beachten wird sein, wie sehr sich diese Maßnahme mit der Zeit auf die Verkehrsmenge auswirkt, da eine Verflüssigung des Verkehrs immer eine Attraktivitätssteigerung bedeutet und dies wiederum zu einem ansteigenden Verkehrsaufkommen bis zur eigentlichen Kapazitätsgrenze der betrachteten Straßeninfrastruktur führen könnte. Die Einsparungen bei den Emissionen könnten durch einen Anstieg des MIV aufgehoben bzw. übertroffen werden. Diese Vorgangsweise ist grundsätzlich auch für Lärmemissionen möglich, wobei den Einfluss auf die Lärmemissionen von „stop and go“ Vorgänge und Beschleunigungen genauer untersucht werden sollte.

### 2.3.3 Datenquellen

GAve: Grazer Adaptive Verkehrssteuerung, 2010 [28]

A New Method to Calculate Emissions with Simulated Traffic Conditions, 13th International IEEE, K. Hirschmann, M. Zallinger, M. Fellendorf, S. Hausberger, Annual Conference on Intelligent Transportation Systems Madeira Island, Portugal, September 19-22, 2010. siehe [29]

Projekt Travolution, <http://www.travolution-ingolstadt.de/index.php?id=69>, siehe [30]

Projekt IMAGINE, <http://www.imagine-project.org/>, siehe [31]

### 2.3.4 Potentialeinschätzung CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe

#### 2.3.4.1 Annahmen

Es werden alle Verkehrsarten betrachtet. Die Verkehrsleistung bleibt konstant. 21% weniger Wartezeiten im Tagesdurchschnitt wirken sich auf die Verkehrssituation Stop-and-Go aus, diese hat einen geringeren Anteil. Der hier gewählte Ansatz geht davon aus, dass durch die Maßnahme der Stop-and-Go -Verkehr auf Haupt- und Durchzugsstraßen um 50% abnimmt. Stattdessen nimmt der dichte Verkehr zu.

#### 2.3.4.2 Berechnung

Der einzige Anhaltspunkt aus den Daten war die CO<sub>2</sub>-Einsparung in Ingolstadt (Projekt TRAVOLUTION). Daraus wurde ein maximales Potential für Österreich im Jahr 2015 ermittelt. Außerdem wurden daraus die CO<sub>2</sub> Emissionen pro Einwohner berechnet und so die gewählte Methodik validiert. Die Fahrleistung, speziell die ausgewiesenen Fahrzeugkilometer im urbanen Bereich

[2], wurde der aktuellen Luftschadstoffinventur entnommen, Aus dem HBEFA 3.1 [3] wurden die Anteile der einzelnen Fahrsituationen der Verkehrssituation "innerorts Österreich" entnommen und die Anteile mit der Fahrleistung multipliziert.

Für die Potentialermittlung wurden 50% der Stop-and-Go Anteile mit "dichten" Anteilen ersetzt. Die neu verteilte Fahrleistung wurde dann mit den entsprechenden Emissionsfaktoren pro Fahrsituation multipliziert.

## 2.3.4.3 Ergebnisse CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe

**Tabelle 6: Ergebnisse der Potentialberechnung für CO<sub>2</sub>- und Luftschadstoffemissionen (Adaptive Verkehrssteuerung)**

| Nr. | Titel der Maßnahme         | Potential in t/Jahr |                 |    |
|-----|----------------------------|---------------------|-----------------|----|
|     |                            | CO <sub>2</sub>     | NO <sub>x</sub> | PM |
| 3   | Adaptive Verkehrssteuerung | 35.945              | 140             | 4  |

## 2.3.5 **Potentialeinschätzung Lärm**

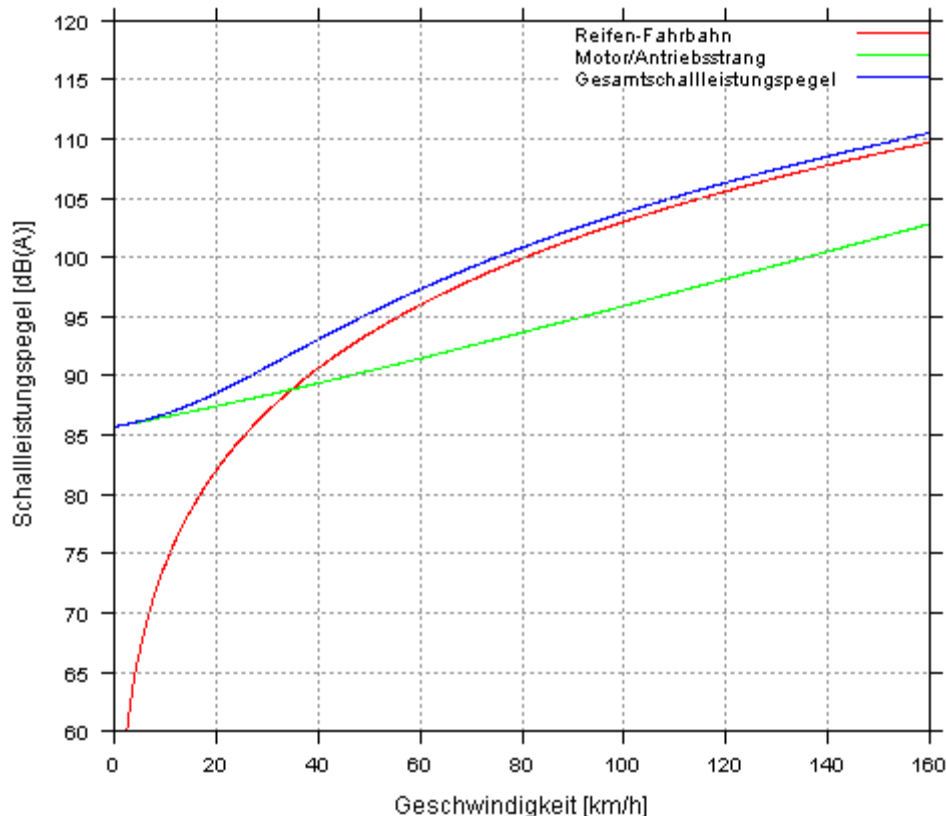
### 2.3.5.1 Methode und getroffene Annahmen

Bei der Untersuchung der Adaptiven Verkehrssteuerung wurde primär die Lärmreduktion durch die Vermeidung von Stop-and-Go Verkehr untersucht. Dabei wurden folgende Annahmen getroffen:

- 1) Vergleich der Lärmemission von 2 Fahrsituationen:
  - A) Konstante Durchfahrtsgeschwindigkeit
  - B) Stop an der Ampel mit Geschwindigkeits- und Lärmreduktion, Anfahren mit Lärmspitze
- 2) Ermittlung der Emissionsreduktion durch Vermeidung von B)
- 3) Verkehrssimulation, Lärmbewertung mit dem HARMONOISE / IMAGINE-Verfahren
- 4) Emissionsstärke eines 250 m Modellabschnittes bei 50 km/h Tempolimit, 1 Ampel, 10.000 Fahrzeuge pro Tag, verschiedene Ampelschaltzeiten

Als Grundlage für die Bewertung der Auswirkungen einer Verkehrssteuerung auf die Gesamtlärmemission wurde ein Verkehrsmodell für einen Straßenabschnitt mit einer Länge von 250 Metern und einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 50 km/h erstellt. Als Unterscheidung zwischen der Situation mit und ohne Verkehrssteuerung wurde im Falle ohne Verkehrssteuerung nach 150 Metern eine Ampel platziert. Als Vergleichskriterium wurde der A-bewertete Gesamtschalleistungspegel pro Fahrzeug in diesem Streckenabschnitt herangezogen. Als Emissionsmodell wurde dabei ein modifiziertes HARMONOISE-Modell [31] angenommen (Abbildung 6). Dabei wird zwischen den beiden geschwindigkeitsabhängigen Hauptemissionsquellen Motor/Antriebsstrang und Reifen-Fahrbahn-Interaktion unterschieden. Ebenfalls wird dem Beschleunigungsvorgang eine zusätzliche Erhöhung des Motor/Antriebsstrang-Geräusches zugerechnet.

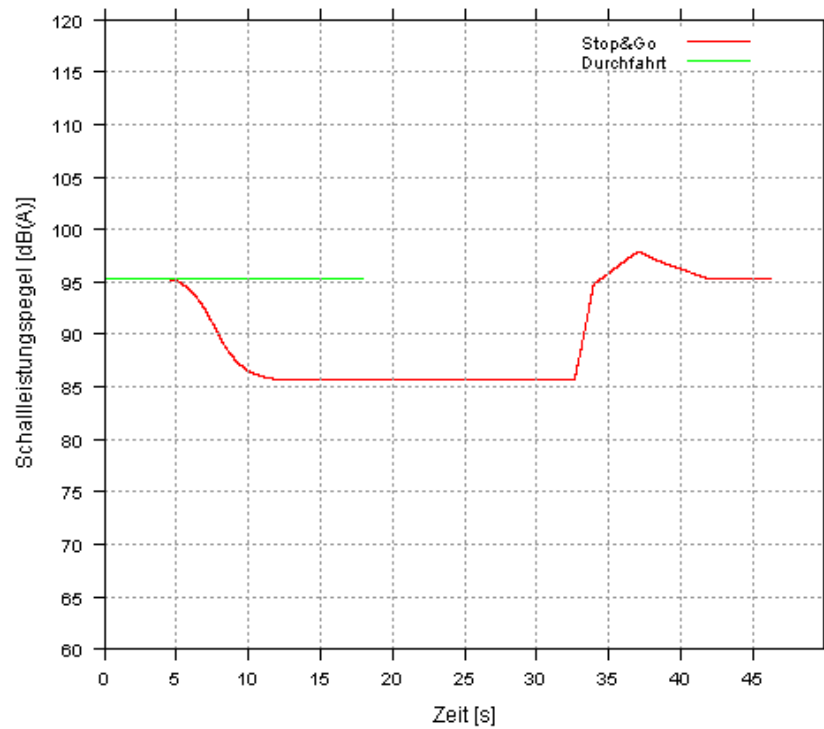




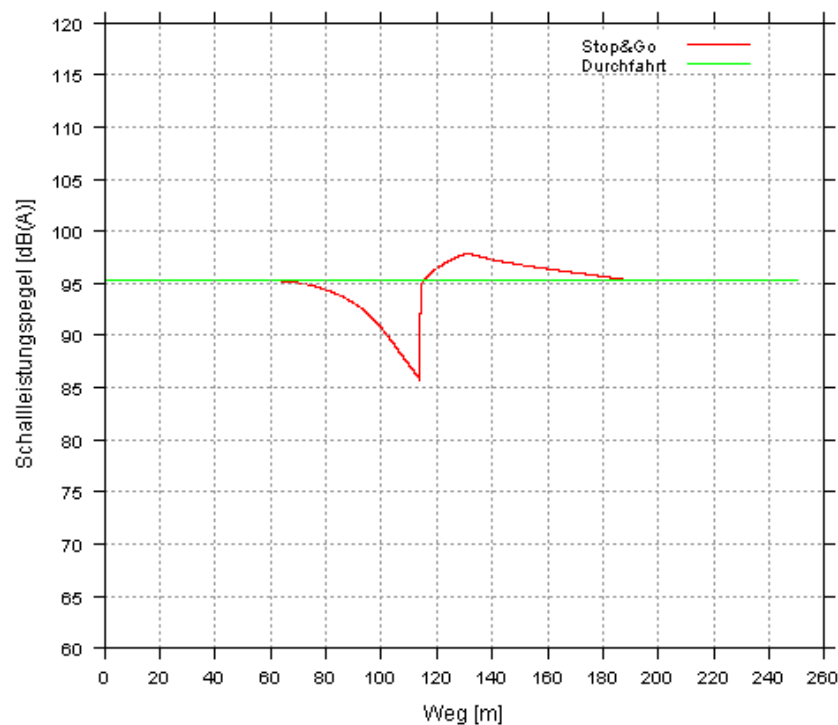
**Abbildung 6: Emissionsmodell für den Gesamtschallleistungspegel**

## 2.3.5.2 Berechnung

In einem ersten Ansatz wurde dieser Modellfall analytisch für ein Fahrzeug gerechnet, wobei hier eine Haltezeit an der Ampel von 20 Sekunden angenommen wurde (Stop-and-Go). Als vergleichender Testfall mit Verkehrsbeeinflussungsanlage wurde eine Durchfahrt der Modellstrecke mit einer konstanten Geschwindigkeit von 50 km/h berechnet. Dabei ergibt sich eine Differenz in der Schallleistung von 1,5 dB(A) zugunsten des Falles der Verkehrsbeeinflussung. Wie aus Abbildung 7 und Abbildung 8 ersichtlich, kommt es beim Beschleunigen nach der Ampelhaltezeit zu einer höheren emittierten Schallleistung als während der Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit. Ebenfalls trägt die längere Aufenthaltsdauer – ersichtlich durch die deutlich längere Linie in Abbildung 7 - in der Modellstrecke zu einem höheren Gesamtschallleistungspegel bei.



**Abbildung 7: Schallleistungspegel-Zeit-Verlauf während der Durchfahrt durch die Modellstrecke**



**Abbildung 8: Schallleistungspegel-Weg-Verlauf während der Durchfahrt durch die Modellstrecke**

In einem zweiten Schritt wurde die Modellstrecke in eine einfache Verkehrsflusssimulation implementiert und für verschiedene Quellstärken (ca. 5.000 bzw. 10.000 PKW/Tag) und verschiedene Ampelzyklen (30 Sekunden rot / 30 Sekunden grün, 45/45 bzw. 60/60) im

Vergleich zur Situation mit Verkehrssteuerung (modelliert als selbe Modellstrecke ohne Ampelanlage) simuliert. Dabei wurde mehrfach die emittierte Schalleistung pro PKW über einen Zeitraum von ca. ½ Stunde berechnet, um einen Überblick über die Streuung der erhaltenen Werte zu erlangen. Es zeigt sich dabei, dass die Standardabweichungen für die einzelnen betrachteten Situationen unter 0,2 dB liegen, die erhaltenen Werte also innerhalb des betrachteten Simulationszyklus gut konvergieren.

Betrachtet man nun die Situation mit Quellstärke 5.000 PKW/Tag, so zeigt sich, dass im Mittel die Werte des Ampelzyklus 30/30 um 0,43 dB(A), die des Ampelzyklus 45/45 um 0,44 dB(A) und die des Zyklus 60/60 um 0,57 dB(A) höher sind als der Wert ohne Ampel. Die Differenz zum oben beschriebenen ersten Modellfall erklärt sich hier dadurch, dass trotz der Ampelzyklen aufgrund der zufällig auf die Teststrecke geschickten Fahrzeuge nicht alle an der Ampelanlage halten müssen. Die Erhöhung der berechneten Werte zu längeren Ampelzyklen hin begründet sich durch die größere Menge der in diesen Fällen durch die Ampelanlage beeinflussten Fahrzeuge. Obwohl sich die Gesamtzeiten rot/grün der Ampelanlage innerhalb des betrachteten Zeitraumes nicht ändern, werden bei längeren Ampelzyklen dennoch mehr Fahrzeuge gezwungen, ihre Richtgeschwindigkeit von 50 km/h zu verringern.

Im zweiten Testfall mit höherer Quellstärke (10.000 Fahrzeuge/Tag) erhöht sich die Differenz zwischen den simulierten Ampelzyklen zu 0,46 dB(A) (30/30), 0,59 dB(A) (45/45) sowie 0,76 dB(A) (60/60). Wieder zeigt sich, dass sowohl durch die längeren Ampelzyklen als auch durch das erhöhte Verkehrsaufkommen mehr Fahrzeuge ihre Richtgeschwindigkeit verringern müssen und es daher zu höheren Gesamtschallleistungspegeln pro Fahrzeug innerhalb der Modellstrecke kommt. Anzumerken ist hier noch, dass die Differenz zwischen den beiden Fällen mit unterschiedlichen Verkehrsstärken ohne Ampel, d.h. mit Verkehrsbeeinflussungsanlage, unter 0,01 dB(A) liegt. Dies trifft auch auf den analytisch berechneten Fall zu.

Es zeigt sich, dass die Gesamtschallleistungspegel durch eine Verkehrsbeeinflussungsanlage leicht zu positiven Werten hin verändert werden können. Jedoch sind die Differenzen von unter 1 dB(A) gering. Es ist durchaus zu erwarten, dass konkurrierende Mechanismen wie z.B. das durch kürzere Reisezeiten zu erwartende erhöhte Verkehrsaufkommen auf einer verkehrsbeeinflussten Strecke diesen Effekt maskieren. Ebenfalls beeinflusst die Flottenzusammensetzung das Ergebnis: einerseits erhöht ein zunehmender (hier nicht abgebildeter) Schwerverkehrsanteil durch das erhöhte Motor/Antriebsstrang-Geräusch den Vorteil einer Verkehrsbeeinflussungsanlage, andererseits wird er durch die in den nächsten Jahrzehnten erwartete Zunahme an e-Mobility und der damit in Verbindung stehenden Abnahme des Motor/Antriebsstrang-Geräusches wiederum verringert.

Im Folgenden wurden die Szenarien S1, S2 und S3 für den Fall einer Quellstärke von 10.000 Fahrzeugen/Tag für Vergleiche herangezogen. Die Auswirkungen der Maßnahmen auf die

gesamte emittierte Schalleistung bewegen sich im nicht wahrnehmbaren Bereich. Lokal und kurzfristig können allerdings wesentlich höhere Wirkungen auftreten.

### 2.3.5.3 Ergebnisübersicht Lärm

**Tabelle 7: Ergebnisübersicht der Lärmberechnungen (Adaptive Verkehrssteuerung)**

| Szenarien                                                                                                                   | S1                     | S2                     | S3                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Ampelzyklus                                                                                                                 | 30s rot /<br>30 s grün | 45s rot /<br>45 s grün | 60s rot /<br>60 s grün |
| Schallpegelreduktion $\Delta L_{A,eq}^1$ [dB] aufgrund Vermeidung des Stop-and-Go Verkehrs durch adaptive Verkehrssteuerung | 0,5                    | 0,6                    | 0,8                    |

### 2.3.6 Empfehlungen

- Die Maßnahme zeigt ein mittleres Emissionsreduktionspotential bei CO<sub>2</sub>, Luftschadstoffen und Lärmemissionen.
- Eine vergleichende Untersuchung verschiedener Steuerungsstrategien wird empfohlen.
- Diese Maßnahme kann bei entsprechender Umsetzung auch zu kontraproduktiven Effekten führen. Fließender Verkehr kann Attraktivität des motorisierten Individualverkehrs (MIV) steigern und zu einer Verkehrszunahme führen.
- Die Lärmreduktion kann lokal und kurzfristig betrachtet wesentlich höher sein, hierzu wäre eine gesonderte Untersuchung zu empfehlen.

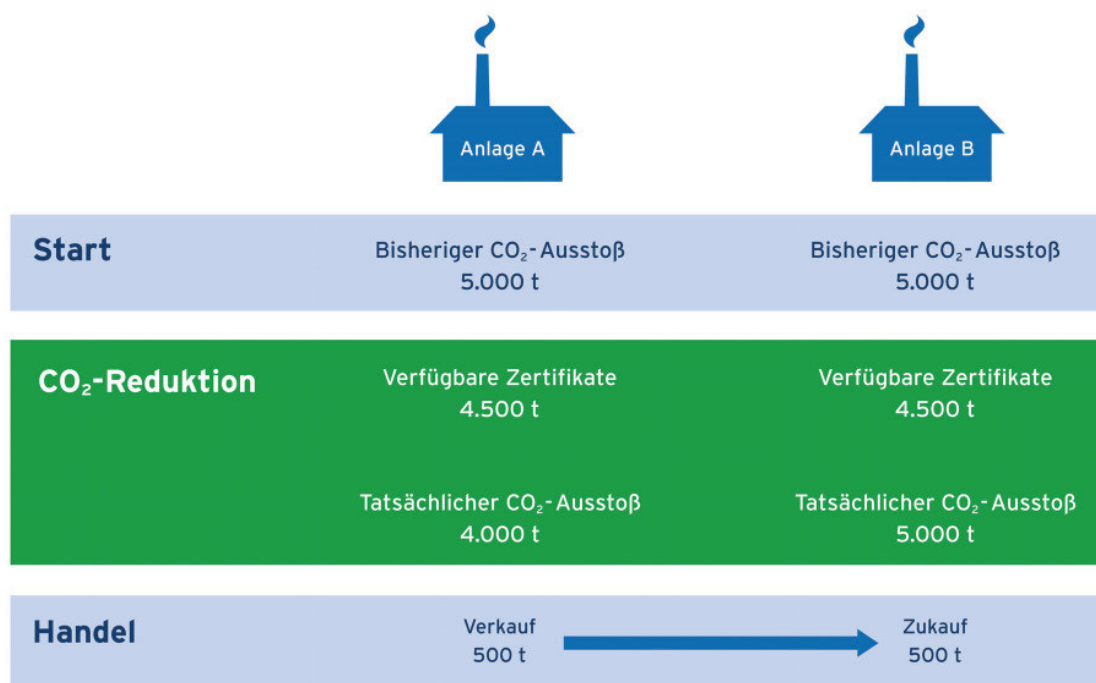
## 2.4 Die CO<sub>2</sub> Karte - Kooperative Systeme zur Reduktion von Kraftstoffverbrauch und CO<sub>2</sub> Emissionen

### 2.4.1 Zusammenfassende Beschreibung

Die CO<sub>2</sub> Karte hat in ihrer einfachsten Ausprägung einen unverbindlichen bewussteinbildenden Charakter. Den VerkehrsteilnehmerInnen des MIV werden bei Tankvorgängen Punkte durch Einschub der Karte in einen Steckplatz von einem virtuellen Konto abgebucht. Die Anzahl der abgezogenen Punkte entspricht den CO<sub>2</sub>-Emissionen die in Abhängigkeit zur Fahrzeuggröße bzw. der Kraftstoffmenge stehen. Für Unternehmen bzw. für Fahrzeugflotten wird diese Leistung bereits in den Tankkarten inkludiert sein. So wäre es vorstellbar, dass man zu Beginn des Jahres 1.000 Punkte für einen bestimmten Zeitraum erhält, in dem man versuchen sollte, mit dem Kontingent an Punkten auszukommen. Da das Überziehen der Punkte keinerlei Folgen nach sich trägt, können an der Maßnahme "Einführung CO<sub>2</sub> Karte" keinerlei messbare Ziele festgemacht bzw. dafür kein CO<sub>2</sub>-Reduktionspotential berechnet werden.

## 2.4.2 Wirkungsmechanismus CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe und Lärm

Es wird daher unterstellt, dass das ausgegebene Jahresbudget an CO<sub>2</sub>-Punkten in Summe einem nationalen Cap unterliegen, dass sich an einem Zielwert für 2020 orientiert. Diese Variante würde ein Konzept darstellen, das im Endeffekt einen CO<sub>2</sub>-Zertifikatshandel im Straßenverkehr bedeuten würde. Das Einsparungspotential - wenn man überhaupt von einem solchen sprechen kann - ist folglich immer so groß, wie der gesetzte Zielwert (Cap). Dazu ein Auszug aus S. Roberts and J. Thumim (2006), S.8: "The carbon emission reductions delivered by individual carbon trading will depend on the cap set for total individual allowances. This cap will be set not by climate scientists or by proponents of 'contraction and convergence' but by politicians or their appointees. The policy tool has the theoretical capacity to deliver significant emission reductions, but only if it is wielded effectively by politicians to cap emissions." (siehe [32]).

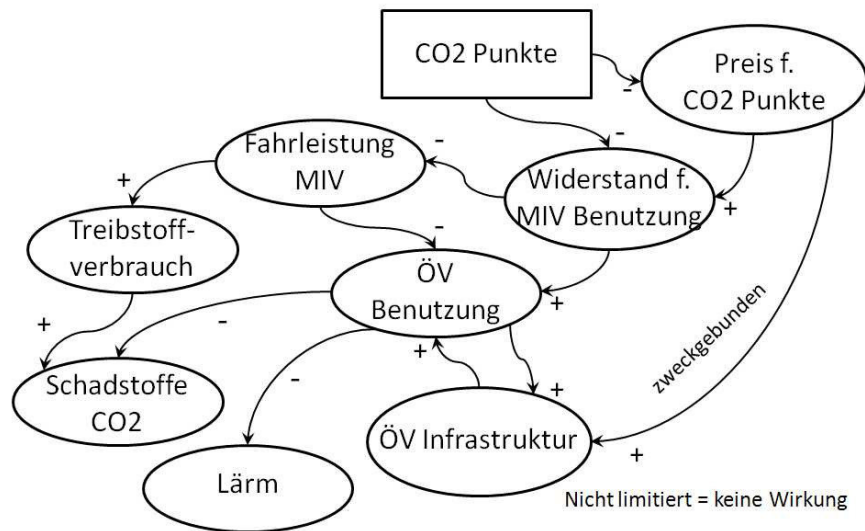


Das Ziel der CO<sub>2</sub>-Minderung ist erreicht. Anlage A hat mit dem Verkauf der Zertifikate Geld verdient.

Anlage B hat sich aufwändige Investitionen erspart.

Quelle: Umweltbundesamt Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt)

**Abbildung 9: Wirkungsmechanismus von CO<sub>2</sub>-Zertifikaten**



**Abbildung 10: Wirkungsmechanismus CO<sub>2</sub>-Karte**

Die Idee eines „Jahresbudgets an CO<sub>2</sub>“ ist ähnlich jener, CO<sub>2</sub>-Zertifikate für den Straßenverkehr einzuführen und somit den Straßenverkehrssektor mittelfristig in das ETS - System zu integrieren. Da diese Pläne noch mehr als unsicher sind und sich auch Forschungsförderungsprojekte mit der Sinnhaftigkeit eines solchen Systems auseinandersetzen, werden diese Ergebnisse abzuwarten sein.

In einem ersten Schritt ist es sicher sinnvoll, die CO<sub>2</sub> Karte rein zur Bewusstseinsbildung einzuführen, sodass die PKW-FahrerInnen – ähnlich wie beim Ausweis der CO<sub>2</sub>-Emissionen auf den Tickets der ÖBB – sehen, wie viele Emissionen sie bereits von ihrem theoretischen Kontingent verbraucht haben (reine Bewusstseinsbildung ohne Wirkung). Das vorgestellte Modell kann eventuell auch zur Förderung lärmarmen Fahrzeuges und Reifen eingesetzt werden.

## 2.4.3 Datenquellen

S., Roberts / J. Thumium (2006): A rough guide to individual carbon trading. The ideas, the issues and the next steps. Report to DEFRA. 2006, siehe [32]

Europäisches Parlament und Rat (2009): Entscheidung über die Anstrengungen der Mitgliedstaaten zur Reduktion ihrer Treibhausgasemissionen mit Blick auf die Erfüllung der Verpflichtungen der Gemeinschaft zur Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2020. Entscheidung Nr. 406/2009/EG, siehe [33]

Grundlagen zum Projekt Energiewirtschaftliche Inputdaten und Szenarien als Grundlage zur Erfüllung der Berichtspflichten des Monitoring Mechanisms. Synthesebericht 2011 - noch nicht veröffentlicht, siehe [34]

GEMIS Österreich 4.5, siehe [35]

### 2.4.4 Potentialeinschätzung CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe und Lärm

#### 2.4.4.1 Annahmen

##### **Zielwert für THG-Reduktion im Jahr 2020**

Basierend auf der Effort Sharing Decision [33] ist Österreich verpflichtet, die THG-Emissionen im non-ETS Bereich (alle Sektoren, die nicht dem Europäischen Emissionshandel unterliegen) um 16 % gegenüber dem Niveau im Jahr 2005 zu reduzieren. In Österreich soll dieses Ziel durch das Klimaschutzgesetz sichergestellt werden, jedoch gibt es daraus noch keine konkreten gesetzlichen Verpflichtungen für die einzelnen Sektoren.

##### **Geschätztes Ziel für den Sektor Verkehr**

Der Effort Sharing Zielwert von 16 % für 2020 wird zum Zweck der hier vorliegenden Maßnahmenabschätzung basierend auf dem Verursacherprinzip über alle Subsektoren des non-ETS Bereichs aufgeteilt, was für den Verkehrssektor zu einer theoretischen Reduktionsverpflichtung i.d.H.v. 15 % im Jahr 2020 gegenüber den Verkehrsemissionen des Jahres 2005 führt. Dies entspricht rund 3,7 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>. Um dieses Ziel auf die einzelnen Verkehrsträger aufzuteilen, werden über deren CO<sub>2</sub>-Emissionen an den gesamten Verkehrsemissionen die Anteile für die Verkehrsträger berechnet. Der PKW-Verkehr inkl. Kraftstoffexport macht im Jahr 2005 rund 54 % aller CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrssektors aus und hat folglich ein Reduktionsziel von rund 2 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> im Jahr 2020 zu erreichen.

Für die Berechnung des Einsparungspotentials durch die CO<sub>2</sub> Karte wird angenommen, dass die Karte per 1.1.2015 eingeführt wird (somit verbleiben 5 Jahre bis zur Zielerreichung im Jahr 2020). Es wird unterstellt, dass diese 5 Jahre als Adaptionsphase bis zur Zielerreichung im Jahr 2020 benötigt werden und die Menge an zu reduzierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen bis zum Jahr 2020 langsam angehoben werden müssen. Im Jahr 2020 müssen, 2 Mio. Tonnen Einsparung durch die CO<sub>2</sub> Karte für PKW-FahrerInnen realisiert werden. Bereits im Jahr 2015 soll ein Fünftel der zu erreichenden 2 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden sollen, im Jahr 2016 zwei Fünftel usw. Das würde bedeuten, dass die ausgegebenen CO<sub>2</sub>-Zertifikate bzw. Punkte sich jährlich verringern würden, um den Zielwert stetig zu erreichen.

Weitere emissionsmindernde Effekte durch verstärkte Nutzung und Umstieg von MIV auf ÖV wurden in der Berechnung nicht berücksichtigt. Somit stellt das berechnete Potential eine Maximalvariante dar.

#### 2.4.4.2 Berechnung

Für die Aufteilung der Gesamtreduktion von 2 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> werden die Energie- und Emissions-Prognosen des Umweltbundesamt bis 2020 hinterlegt (siehe [34]). Darin sind bereits emissionsmindernde Maßnahmen im PKW-Verkehr enthalten, bspw. die Einführung von Elektro-Mobilität sowie ein erhöhter Einsatz von Biokraftstoffen, aber auch



Effizienzsteigerungen in der Fahrzeugtechnologie, die dem 15 % Ziel natürlich angerechnet werden.

Für das Jahr 2015 würde sich folglich eine Reduktionsverpflichtung i.d.H.v. 286.000 Tonnen CO<sub>2</sub> ergeben, was 2 % der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen des PKW-Verkehrs in Österreich inkl. Kraftstoffexport darstellt (rund 12 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> im Jahr 2009, siehe [2])

Über die errechneten jährlichen CO<sub>2</sub> Reduktionsverpflichtungen kann auch das NO<sub>x</sub>- und PM-Reduktionspotential kalkuliert werden. Zuerst wird der Anteil der durch Benzin- und Diesel-PKW verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen berechnet, um mittels der Österreich spezifischen (energetischer Anteil von Biokraftstoffen berücksichtigt) Faktoren 3,04 (kg CO<sub>2</sub>/kg Benzin) und 2,96 (kg CO<sub>2</sub>/kg Diesel) auf die zugrunde liegenden Treibstoffmengen in kg zu kommen (siehe [35]). Mit Hilfe des spezifischen Verbrauchs von Benzin- und Diesel-PKW (in kWh/km) und den dazu gehörigen Heizwerten (in kWh/kg Treibstoff), wird berechnet, wie viel kg Treibstoff pro Kilometer verbraucht wird. Da man davor ermittelt hat, wie viel die zu erreichende CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktion in kg Treibstoff darstellt, können nun die zugrunde liegenden Kilometer errechnet werden, die mit dieser Menge Treibstoff verfahren werden könnten. Danach werden die Kilometer mit den Emissionsfaktoren (in g/km) für NO<sub>x</sub> und PM aus dem HBEFA 3.1 [3] multipliziert und man erhält die zugehörigen NO<sub>x</sub> - und PM-Einsparungen.

#### 2.4.4.3 Ergebnisse CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe

**Tabelle 8: Ergebnisse der Potentialberechnung für CO<sub>2</sub>- und Luftschadstoffemissionen (CO<sub>2</sub>-Karte)**

| Nr. | Titel der Maßnahme                                                                                                   | Potential in t/Jahr |                 |      |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------|------|
|     |                                                                                                                      | CO <sub>2</sub>     | NO <sub>x</sub> | PM   |
| 4   | Die CO <sub>2</sub> Karte - Kooperative Systeme zur Reduktion von Kraftstoffverbrauch und CO <sub>2</sub> Emissionen |                     |                 |      |
| 4.1 | Die CO <sub>2</sub> Karte - Bewusstseinsbildend                                                                      | n.q.                | n.q.            | n.q. |
| 4.2 | Die CO <sub>2</sub> Karte mit verbindlichem Zielwert                                                                 | 286.131             | 700             | 24   |

Das hier angeführte Maßnahmenpotential ist die im ersten Jahr der Einführungsperiode eingesparte Emissionsmenge.

#### 2.4.5 **Potentialeinschätzung Lärm**

##### 2.4.5.1 Methode und getroffene Annahmen

Diese Maßnahme kann nur indirekt zu Lärmreduktionen führen. Im Szenario 4.1 (bewusstseinsbildende Maßnahme) ist keine Wirkung zu erwarten. Um eine quantitative Analyse für Szenario 4.2 durchführen zu können, wurden folgende Annahmen getroffen:

1. Aufgrund der Rückwirkung der CO<sub>2</sub>-Karte in Szenario 4.2 kann eine globale Reduktion der PKW-Verkehrsmenge abgeschätzt werden

2. Da keine lokalisierten Informationen vorliegen, wird von einer allgemeinen gleich verteilten Abnahme der PKW-Verkehrsstärke ausgegangen
3. Lokale Effekte können stärker sein, können aber auf dieser Basis nicht analysiert werden

### 2.4.5.2 Berechnung

**Aufgrund der Rückwirkung der CO<sub>2</sub>-Karte in Szenario 4.2 kann eine globale Reduktion der PKW-Verkehrsstärke von etwa 2% abgeschätzt werden. Die lärmtechnische Wirkung ist damit sehr klein.**

### 2.4.5.3 Ergebnisübersicht Lärm

**Tabelle 9: Ergebnisübersicht der Lärmberechnungen (CO<sub>2</sub>-Karte)**

| Szenario 4.2                                                                                         | Reduktion PKW-Verkehrsstärke um 2% |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Schallpegelreduktion $\Delta L_{A,eq}^1$ [dB] entsprechend einer globalen Reduktion des PKW-Verkehrs | 0,1                                |

### 2.4.6 **Empfehlungen**

Problematisch ist vor allem die Ausgestaltung eines solchen CO<sub>2</sub>-Zertifikats- bzw. Punktesystems. Dabei treten viele Fragen zur Implementierung auf:

- Gilt das System nur für den MIV oder werden alle Mobilitätsformen einbezogen?
- Wird die Reduktionsverpflichtung entsprechend des Verursacherprinzips auf die einzelnen Verkehrsträger verteilt?
- Wie erfolgt die Allokation der CO<sub>2</sub>-Kontingente bzw. Punkte für die VerkehrsteilnehmerInnen?
- Ab wann sind CO<sub>2</sub>-Punkte kostenpflichtig und wie werden die Preise gestaffelt?
- Gibt es die Möglichkeit, Punkte zu kaufen bzw. zu verkaufen und welches Medium wird dafür zur Verfügung gestellt?
- Wie wird eine soziale Verträglichkeit des Systems sichergestellt?
- Um Auswirkungen auf die Fahrzeugtechnologie zu haben, müsste ein solches System zumindest europaweit eingeführt werden. Die verkehrsmindernde Wirkung hängt zudem stark von der Allokation der CO<sub>2</sub>-Punkte und den Preisen auf dem CO<sub>2</sub>-Markt ab.
- Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass ein solches System mit hohen Administrationskosten und v.a. Rechts- und Akzeptanzproblemen der Bevölkerung verbunden wäre.
- Maßnahmen wie Road Pricing oder Besteuerung des Kraftstoffes (Mineralölsteuer-Erhöhung) erzielen eine ähnliche Wirkung ohne ein neues administratives System zu erfordern.
- Das Maßnahmenpotential wird durch das Cap festgelegt, dessen Höhe je nach Bedarf fixiert werden kann.

Weiterführende Studien zu den vielen offenen Implementierungsfragen werden empfohlen.

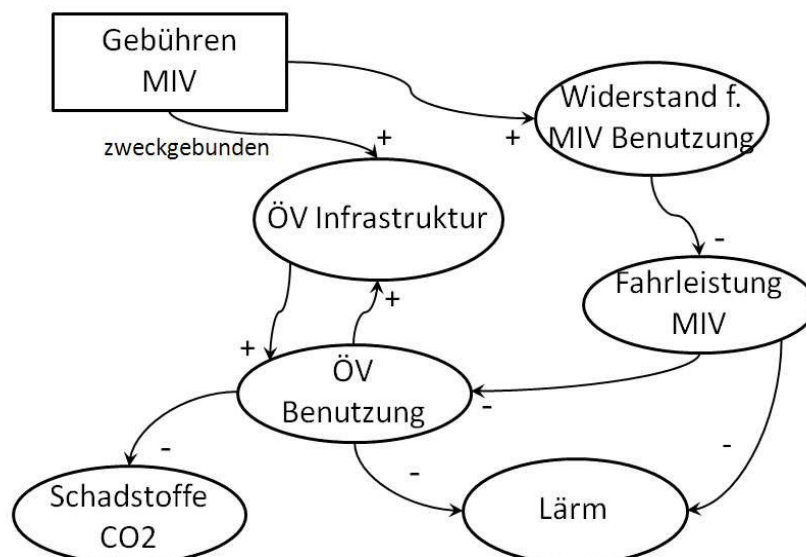
## 2.5 Gebührenbedingte dynamische Steuerungsmaßnahmen für den innerstädtischen Bereich

### 2.5.1 Zusammenfassende Beschreibung

Einheben eines Entgelts für das Einfahren in städtische Bereiche. Die Gebühreneinhebung sowie das Überwachen der ordnungsgemäßen Entrichtung erfolgt vollautomatisch. Mit dem Gebührenschema können gezielte Anreize zum Verändern des Mobilitätsverhaltens gesetzt werden wie z.B.

- Höhere Gebühren beim Stoßverkehr kappen die Verkehrsspitzen
- Tagesgebühren verringern (einmalige) Durchfahrten
- Emissionsklassen-abhängige Staffelnungen ermuntern zu grüner Mobilität

### 2.5.2 Wirkungsmechanismus CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe und Lärm



**Abbildung 11: Wirkungsmechanismus Gebührenbedingte dynamische Steuerungsmaßnahmen für den innerstädtischen Bereich**

Die Wirkungen des Congestion charging scheme (CCS) in London bzw. der City Maut in Stockholm sind bekannt. Allerdings wurden in jedem der Fälle nicht unbedeutende Begleitmaßnahmen eingeführt, die zusammen erst zu diesen Ergebnissen geführt haben. Mit einer Dynamisierung nach Tageszeit und Verkehrsaufkommen könnte besser auf die jeweilige Situation eingegangen werden, das Potential hängt somit stark von den Randbedingungen ab. Höhere Gebühren im Straßenverkehr führen außerdem zu einer geringeren Fahrleistung und damit zu geringeren CO<sub>2</sub>-, Luftschadstoff- und Lärmemissionen. Die Verringerung der Lärmemittentenzahl vor allem in dicht besiedelten Gebieten trägt zur Reduktion der Lärmbelastung bei.

### 2.5.3 Datenquellen

#### Stockholm als Referenzbeispiel

Bei der Berechnung des Einsparungspotentials von CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> und PM durch eine City Maut werden Ergebnisse europäischer Städte als Referenzbeispiele herangezogen, in denen bereits City Maut-Systeme installiert wurden (u.a. London, Stockholm, Oslo etc.). Am besten geeignet erscheinen die Messergebnisse der schwedischen Hauptstadt, Stockholm, die während des großen City-Maut Versuchs 2006 durchgeführt wurden, da die Fläche des Stadtgebiets und die Einwohnerzahl mit Österreichs Hauptstadt, Wien, kompatibel sind.

Die Stockholmer Messergebnisse beziehen sich auf das durch einen Maut-Cordon begrenzte Innenstadtgebiet mit etwa 350.000 Einwohnern. Folgende Reduktionen konnten im Jahr 2006 im Vergleich zum Vorjahr (ohne City Maut-System) festgestellt werden: -14 % CO<sub>2</sub>, -8,5 % NO<sub>x</sub>, -13 % PM (siehe [36]). In Bezug auf Lärm wurde eine Reduktion um 1 bis 2 Dezibel gemessen, ein Effekt, der jedoch für die menschliche Wahrnehmung nicht hörbar ist. Zudem wurde eine Steigerung des Öffentlichen Verkehrs (ÖV) um 7 % im Vergleich zum Vorjahr festgestellt (siehe [37]). Da dem Umweltbundesamt keine spezifischen Verkehrsdaten für alle Städte Österreichs zur Verfügung stehen, können erhöhte ÖV-Effekte in der Potentialberechnung nicht berücksichtigt werden.

#### Quellen:

City of Stockholm and Stockholm and Uppsala County Air Quality Associations (2006): SLB analys - The Stockholm Trial - Effects on Air Quality and Health. Stockholm 2006, siehe [36]

City of Stockholm Traffic Administration (2009): Analysis of traffic in Stockholm with special focus on the effects of the congestion tax, 2005-2008. Stockholm 2009, siehe [37]

Transport for London, Congestion Charging Impacts monitoring, Sixth Annual Report, July 2008; Prof. Staffan Algers, The Stockholm Congestion Charging Trial, 2007, siehe [38]

Präsentation: The Stockholm Congestion Charging Trial, Prof. Staffan Algers, 2007, siehe [39]

Rexeis, M. et al. (2009): Auswirkungen der Umweltzone "Variante 3" auf Verkehrsaufkommen und Kfz-Emissionen im Sanierungsgebiet Großraum Graz. Erstellt im Auftrag vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung. Graz 2009, siehe [40]

Wohnbevölkerung der Innenstadt-Bezirke von Linz und Salzburg, siehe [41]

Statistik Austria (2010): Österreichs Städte in Zahlen. Hrsg. Statistik Austria und Österreichischer Städtebund, Wien 2010, siehe [42]

Grundlagen zur Luftschadstoff-Inventur Österreich - Prognosedaten des Umweltbundesamts [43]

### 2.5.4 Potentialeinschätzung CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe

#### 2.5.4.1 Annahmen

Für die Potentialberechnung wurde die Annahme unterstellt, dass City Maut-Systeme in Österreichs vier größten Städten nach Einwohnerzahl (Wien, Graz, Linz und Salzburg) per 1.1.2015 eingeführt werden.

##### Annahme über die Installation des City Maut-Cordons für Wien:

Die City Maut-Zone wird durch den Gürtel begrenzt; die darin liegenden inneren Bezirke weisen eine Bevölkerung von rund 380.000 Einwohnern auf, was mit der Bevölkerungszahl von Stockholms Stadtgebiet innerhalb des Maut-Cordons gut zusammen passt.

##### Annahmen über die Installation des City Maut-Cordons für Graz, Linz und Salzburg:

Es wird angenommen, dass die City Maut-Zone für Graz in derselben Größe installiert wird wie die angedachte Umweltzone. Demnach würden 37 % der gesamten Wohnbevölkerung Graz in diese Zone fallen (siehe [40]).

Für Linz und Salzburg wird ebenfalls die Wohnbevölkerung der Innenstadt-Bezirke ermittelt (siehe [41]). Als Plausibilitätscheck wird verglichen, wie hoch der Prozentsatz der ermittelten Innenstadtbezirke an der städtischen Gesamtbevölkerung ist. Mit jeweils 32 % passt dieser Wert gut zu den für die Grazer Umweltzone ermittelten 37 % der innerstädtischen Wohnbevölkerung.

Die Erhöhung des ÖV-Verkehrs (+7%) wurde nicht gegengerechnet, da angenommen wird, dass die Substitution MIV vor allem durch (schienengebundenen) elektrisch betriebenen ÖV durchgeführt wird, also durch Straßenbahnen bzw. in Salzburg O-Busse.

#### 2.5.4.2 Berechnung

Für diese 4 Städte wurde in weiterer Folge der Motorisierungsgrad von Diesel- und Benzin-PKWs je 1.000 Einwohner (siehe [42]) auf die Einwohnerzahl des gesamten Stadtgebiets (nicht nur Kern- und Außenzone) hochgerechnet, um über die spezifische jährliche Fahrleistungen (in km/Kfz) eines durchschnittlichen PKWs im Jahr 2015 die Gesamtfahrleistung getrennt nach Benzin- und Diesel-PKWs je Stadt zu ermitteln (Daten über die spezifische jährliche Fahrleistung getrennt nach Diesel- und Benzin-PKW sind nicht verfügbar) (siehe [43]).

Es wird angenommen, dass spezifische jährliche Fahrleistung in Österreichs Städten um 23 % geringer ist als der österreichische jährliche Durchschnittswert (Expert Guess).

Die für die 4 Städte berechnete Gesamtsumme an Fahrzeugkilometern in 2015 wird mit Emissionsfaktoren (in g/km) für CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> und PM aus dem HBEFA 3.1 [3] multipliziert, um die dazugehörigen Emissionen zu ermitteln.

Da sich das gemessene Stockholmer Einsparungspotential nicht auf rein reduzierten PKW-Verkehr zurückführen lässt, sondern auch Anteile leichter und schwerer Nutzfahrzeuge beinhaltet, wird angenommen, dass zwei Drittel der Emissionseinsparung auf den reduzierten PKW-Verkehr zurückzuführen sind (Expert Guess).

Diese Annahme kann leider nicht mit Datenmaterial untermauert werden, da im Analysebericht der Stockholmer Messergebnisse nichts zu dieser Differenzierung gesagt wird. Somit ergeben sich für die Berechnung folgende Einsparungspotentiale des PKW-Verkehrs: -8,7 % CO<sub>2</sub>, - 5,7 % NO<sub>x</sub>, -8,7 % PM.

### 2.5.4.3 Ergebnisse CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe

**Tabelle 10: Ergebnisse der Potentialberechnung für CO<sub>2</sub>- und Luftschadstoffemissionen  
(Gebührenbedingte dynamische Steuerungsmaßnahmen für den innerstädtischen Bereich)**

| Nr. | Titel der Maßnahme                                                           | Potential in t/Jahr |                 |     |
|-----|------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------|-----|
|     |                                                                              | CO <sub>2</sub>     | NO <sub>x</sub> | PM  |
| 5   | Gebührenbedingte dynamische Steuerungsmaßnahmen für innerstädtischen Bereich | 40.586              | 65              | 3,3 |

## 2.5.5 **Potentialeinschätzung Lärm**

### 2.5.5.1 Methode und getroffene Annahmen

Auf Basis des Beispiels Stockholm wurden mehrere Szenarien zur Reduktion der PKW- und LKW-Verkehrsstärken in der Mautzone berechnet. In Stockholm wurde als Ergebnis der Maßnahme eine Lärmreduktion von ca. 1,5 dB in der betroffenen Zone ermittelt.

### 2.5.5.2 Berechnung

Basierend auf den Ergebnissen der Studie über die Einführung der City-Maut in Stockholm wurden 4 verschiedene Szenarien berechnet (S1 bis S4), wobei immer von einer mit einer Verringerung des PKW-Verkehrs um 25% ausgegangen wurde. Die Verringerung des LKW-Verkehrs wurde jeweils mit 0%, 10%, 20% und 50% angenommen. Die Maßnahme ist als wirksam einzustufen und kann zu einer Lärmreduktionen zwischen 0,9 und 1,6 dB führen.

## 2.5.5.3 Ergebnisübersicht Lärm

**Tabelle 11: Ergebnisübersicht der Lärmberechnungen (Gebührenbedingte dynamische Steuerungsmaßnahmen für den innerstädtischen Bereich)**

| Szenarien                                     | S1   | S2   | S3   |
|-----------------------------------------------|------|------|------|
| Reduktion PKW-Verkehrsstärke $\Delta M_{PKW}$ | -25% | -25% | -25% |
| Reduktion LKW-Verkehrsstärke $\Delta M_{LKW}$ | 0%   | -10% | -20% |
| Schallpegelreduktion $\Delta L_{A,eq}^1$ [dB] | 0,9  | 1,1  | 1,2  |

## 2.5.6 Empfehlungen

- Die Maßnahme zeigt mittlere Wirksamkeit für CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe und lokal (in der betroffenen Zone) vergleichsweise hohe für Lärmemissionen.
- Detaillierte Vergleichsstudien auch bezüglich Umsetzbarkeit und möglichen Verlagerungseffekten werden empfohlen.

## 2.6 Verkehrssteuerung auf Basis vollelektronischer Mautsysteme mit variablen und dynamischen Tarifen zur Stauvermeidung und Luftreinhaltung (Road Pricing)

### 2.6.1 Zusammenfassende Beschreibung

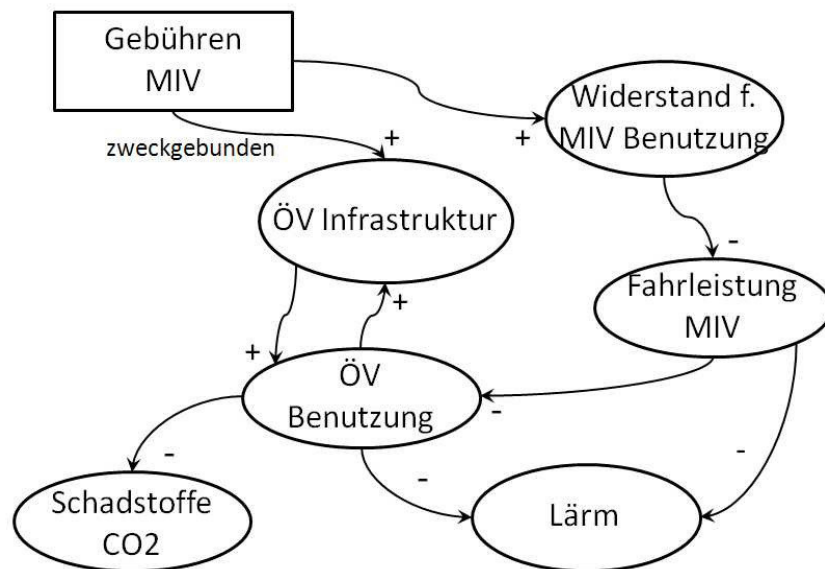
Straßenbenutzungsabgaben mit flexiblen Tarifen erlauben eine neue Form der Verkehrssteuerung. „Intelligent Road Pricing“ ermöglicht, die Routenwahl, die Wahl des Abfahrzeitpunkts sowie die Verkehrsmittelwahl von Verkehrsteilnehmern durch entsprechende Preisgestaltung zu beeinflussen.

Über variable und dynamische Tarife, die in Abhängigkeit von historischen Verkehrsdaten, der aktuellen Verkehrssituation und/oder von Umweltdaten gestaffelt werden, lässt sich damit eine neue Form der Verkehrssteuerung realisieren. Neben klassischen Verkehrsmanagementsystemen (z.B. auf Basis von Wechsel-Verkehrszeichen) eröffnen sich Straßenbetreibern neue Möglichkeiten zur Stauvermeidung und Luftreinhaltung.

### 2.6.2 Wirkungsmechanismus CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe und Lärm

Folgende Abbildung zeigt die Effekte, wenn Road Pricing Systeme am gesamten Straßennetz eingeführt werden und Umfahrrouten entsprechend unattraktiv bzw. bemaute sind:





**Abbildung 12: Wirkungsmechanismus vollelektronischer Mautsysteme**

Dynamisches Road Pricing zur Anpassung an die jeweilige Situation hilft auf jeden Fall der Akzeptanz zur Einführung einer solchen Maßnahme. Höhere Gebühren im Straßenverkehr führen außerdem zu einer geringeren Fahrleistung und damit zu geringeren CO<sub>2</sub>-, Luftschadstoff- und Lärmemissionen.

„Mit dem Instrument eines flächendeckenden dynamischen Road Pricings ist (unter Ablösung der Autobahnvignette) ein wesentlicher verkehrslenkender Effekt erreichbar, die Höhe zeitlich differenzierbar (Verringerung der Staus in Spitzenlastzeiten) und räumlich anpassbar (Differenzierung für urbane Agglomerationen – ländliche Gebiete; sensible Gebiete). Während eine Einführung ausschließlich auf dem hochrangigen Straßennetz (Autobahnen und Schnellstraßen) zu beträchtlichem Ausweichverkehr führt, der insbesondere in Hinblick auf die erhöhte Unfallträchtigkeit im niederrangigen Straßennetz und die punktuelle Zunahme der Lärm- und Umweltbelastung kritisch ist, treten diese nachteiligen Folgen für (gebietsweise) flächendeckendes PKW-Road Pricing nicht auf“ (aus [44]). Bei Einbeziehung des Parameters Lärmemission sind erhebliche Steuerungseffekte in Richtung der Verwendung lärmarmen Fahrzeuge und Reifen möglich. Die verstärkte Nutzung von Öffentlichen Verkehrsmittel wird voraussichtlich zu Lärmpegelreduktionen führen.

## 2.6.3 Datenquellen

Für die Berechnung der Maßnahme Road Pricing werden die Emissions-Reduktionspotentiale einer im Jahr 2007 erstellten AK Studie [44] herangezogen und zwar für zwei unterschiedliche Road Pricing Varianten:

- Variante A): Flächendeckendes PKW-Road-Pricing am gesamten Straßennetz Österreichs
- Variante B): PKW-Road-Pricing nur auf dem höherrangigen Straßennetz Österreichs (ASFINAG Netz)

### Quellen:

K., Steininger et al. (2007). Klimaschutz, Infrastruktur und Verkehr. Nr. 175. Kammer für Arbeiter und Angestellte für Wien. Wien 2007, siehe [44]

Dynamic Tolling: Next-generation traffic management allowing to reduce traffic congestion and air emission by dynamically adapting toll tariffs of electronic toll collection systems, P. Ummenhofer et al. 2009, siehe [45]

DYNAMIC TOLLING – A MODELLING APPROACH, Reiter et al., siehe [46]

Grundlagen zum Projekt Energiewirtschaftliche Inputdaten und Szenarien als Grundlage zur Erfüllung der Berichtspflichten des Monitoring Mechanisms. Synthesebericht 2011 - noch nicht veröffentlicht, siehe [34]

### **2.6.4 Potentialeinschätzung CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe**

#### **2.6.4.1 Annahmen**

##### **Variante A) Flächendeckendes PKW-Road-Pricing**

Untersucht wird ein PKW-Road-Pricing i.d.H.v. von 5 Euro-Cent pro Fahrzeug-Kilometer für Fahrzeuge bis zu einem höchst zulässigen Gesamtgewicht von 3,5 t auf dem gesamten Straßennetz ab 2008. Zudem wird unterstellt, dass die Einnahmen abzüglich Systemkosten zu je einem Drittel für Straßeninfrastruktur (Straßen, Fahrradwege, etc.), Öffentlichen Verkehr und Bezuschussung der Sozialversicherungsbeiträge verwendet werden (siehe [44]).

##### **Variante B) PKW-Road-Pricing auf dem höherrangigen Straßennetz**

Als Alternative zu einem flächendeckenden PKW-Road-Pricing wird eine PKW-Road-Pricing Variante für das höherrangige Straßennetz (Autobahnen und Schnellstraßen) untersucht, wie es derzeit bereits für LKW in Österreich existiert. Als Tarif pro Kfz-km werden 5 Euro-Cent angenommen. Die Einnahmen werden wiederum zu je einem Drittel für den Öffentlichen Verkehr, Straßeninfrastruktur und Bezuschussung der Sozialversicherungsbeiträge verwendet. Durch Variante B) entstehen beträchtliche Ausweichverkehre auf dem niederrangigen Straßennetz. Die dadurch punktuelle Zunahme von Lärm- und Umweltbelastungen vor allem auf Innerorts-Straßen wird in der Potentialberechnung der Studie berücksichtigt (siehe [44]).

#### **2.6.4.2 Berechnung**

Die CO<sub>2</sub>-, NO<sub>x</sub>- und PM-Reduktionspotentiale (in %) der oben erwähnten AK Studie beziehen sich jeweils auf Emissionsminderungen des Inlandsverkehrs gegenüber einem in der Studie

definierten Referenzszenario bis 2020, das aus den Arbeiten zu den Energieszenarien Österreich (im Auftrag des Umweltbundesamtes) aus dem Jahr 2005 stammt. Um das Potential der zwei Road Pricing Varianten für das Jahr 2015 zu errechnen, werden die aktuellen Energie- und Emissions-Prognosen des Umweltbundesamtes bis 2020 hinterlegt (siehe [34]).

Das Ergebnis ist, dass die Road Pricing Variante am hochrangigen Straßennetz in Bezug auf CO<sub>2</sub> im Vergleich zu einem flächendeckenden Road Pricing in Bezug auf CO<sub>2</sub> nur die Hälfte der Emissionsminderung erreicht.

## 2.6.4.3 Ergebnisse CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe

**Tabelle 12: Ergebnisse der Potentialberechnung für CO<sub>2</sub>- und Luftschadstoffemissionen vollelektronischer Mautsysteme**

| Nr. | Titel der Maßnahme                                                                                                                      | Potential in t/Jahr |                 |    |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------|----|
|     |                                                                                                                                         | CO <sub>2</sub>     | NO <sub>x</sub> | PM |
| 6   | Verkehrssteuerung auf Basis vollelektronischer Mautsysteme mit variablen und dynamischen Tarifen zur Stauvermeidung und Luftreinhaltung |                     |                 |    |
| 6.1 | Var A: Flächendeckendes PKW-Road-Pricing                                                                                                | 968.011             | 1.247           | 60 |
| 6.2 | Var B: PKW-Road-Pricing auf dem höherrangigen Straßennetz                                                                               | 510.406             | 1.122           | 37 |

## 2.6.5 **Potentialeinschätzung Lärm**

### 2.6.5.1 Methode und getroffene Annahmen

Die Basis für die Berechnung der Lärmemissionsreduktionen sind die für 2.6.4 ermittelten Reduktionen der PKW-Fahrleistung.

### 2.6.5.2 Berechnung

Auf Basis der Reduktionen der PKW-Fahrleistung kann eine globale Abschätzung der Auswirkungen auf die Lärmbelastung der Anrainer des gesamten (Szenario 6.1) bzw. nur des höherrangigen (Szenario 6.2) Straßennetzes ermittelt werden. Die berechneten Lärmreduktionen sind im Vergleich mit den anderen, in CLIMATE betrachteten, Maßnahmen als mittel einzustufen, werden aber dennoch kaum wahrnehmbar sein. Lokal können höhere Reduktionen auftreten.

### 2.6.5.3 Ergebnisübersicht Lärm

**Tabelle 13: Ergebnisübersicht der Lärmberechnungen vollelektronischer Mautsysteme**

| Szenarien Road-Pricing                        | 6.1    | 6.2    |
|-----------------------------------------------|--------|--------|
| Reduktion PKW-Verkehrsstärke $\Delta M_{PKW}$ | -23,5% | -19,5% |
| Schallpegelreduktion $\Delta L_{A,eq}^1$ [dB] | 0,9    | 0,7    |

### 2.6.6 Empfehlungen

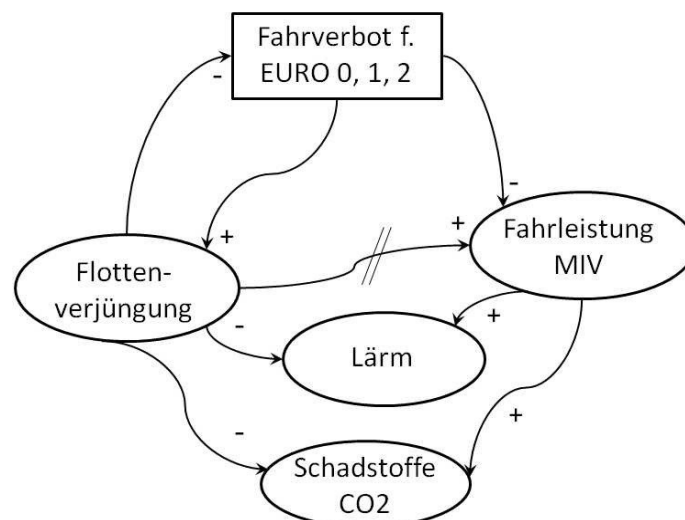
- Vor allem bei CO<sub>2</sub> und Luftschadstoffen wurden hohe Emissionsreduktionspotentiale ermittelt.
- In Variante B) (Szenario 6.2) sind hohe lokale Belastungen durch Ausweichverkehr möglich.
- Es wird eine Untersuchung von Implementierungsvarianten empfohlen.
- Überdies wäre der Technologieaufwand von Variante A im Vergleich zu anderen Maßnahmen zu untersuchen (z.B. Einhebung der Maut über die MÖST).
- Eine flächendeckende Erweiterung der Maut birgt ein sehr hohes Potential, ist aber mit dem derzeitigen System auch mit hohem Aufwand verbunden.

## 2.7 Access Control Restricted Areas

### 2.7.1 Zusammenfassende Beschreibung

Bei dieser Maßnahme werden zonale Fahrverbote elektronisch überwacht. Bei den Fahrverboten kann es sich um historische Stadtzentren, Wohnviertel, Universitäts- und Schulviertel, etc. mit generellem Fahrverbot ausgenommen Anwohner handeln, oder um weitläufigere Viertel mit Fahrzeug-Emissionsklassen-abhängigem Fahrverbot (z.B. für Fahrzeuge schlechter als Euroemissionsklasse 2). Die Einschränkungen sowie Ausnahmeregelungen inklusive Vergebühung sind vielfältig. Durch die elektronische Überwachung erfolgt eine unmittelbare Wirksamkeit der Fahrverbote und somit der schadstoffverringenden Wirkung.

### 2.7.2 Wirkungsmechanismus CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe und Lärm



**Abbildung 13: Wirkungsmechanismus Umweltzone**

Hierbei handelt es sich um elektronisch überwachte Umweltzonen. Die Wirksamkeit: hängt ganz davon ab, für welchen Schadstoff die Fahrverbote definiert werden, wie die bestehende Flotte zusammengesetzt ist, wie viele Ausnahmeregelungen es gibt, die somit die

Maßnahme wiederum „aufweichen“, wie groß das Gebiet ist und wie streng die Regelungen vollzogen werden.

## 2.7.3 Datenquellen

Die Wirkung von Umweltzonen auf die Verkehrsnachfrage kann nur unter Kenntnis der Fahrzeugflotten innerhalb der Umweltzonen selbst bzw. des Zielverkehrs abgeschätzt werden. Auch ist zu berücksichtigen, dass beispielsweise bei größeren Flotten auf Fahrzeuge ausgewichen wird, die dem Emissionsstandard entsprechen (d.h. Verlagerung auf anderen Emissionsstandard), wodurch die Zahl der Fahrzeuge nicht zu 100% sinkt. In die Überlegungen ist auch darauf einzugehen, dass „Durchgangsverkehr“ ausweicht, wodurch teilweise die Fahrleistung des Durchgangsverkehrs steigen kann. (vgl. auch[47])

Im Rahmen der Wirkungsuntersuchung zur Umweltzone Berlin konnte freilich keine Verkehrsverlagerung beobachtet werden (siehe [48]).

**Tabelle 14: Beispiele bereits umgesetzter Umweltzonen:**

| Stadt                                  | Gültig seit                                                | Beschreibung der Maßnahmen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Berlin                                 | 1.1.2008 – Stufe 1                                         | Plaketensystem, 4 verschiedene Stufen; Fahrverbot für Fahrzeuge der Schadstoffstufe 1<br>Ohne zeitliche Beschränkung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                        | 1.1.2010 – Stufe 2                                         | Wie oben, allerdings Fahrverbot für Fahrzeuge der Schadstoffstufen 1 – 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Schweden (Stockholm, Göteborg, Malmö,) | Seit 1996, mittlerweile div. Änderungen bzw. Erweiterungen | Einschränkung für schwere Diesel-LKW und -busse (siehe [50]); <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle dieselbetriebenen schweren LKW und Busse dürfen unabhängig vom Zulassungsland nach ihrer Erstzulassung mindestens 6 Jahre lang die Umweltzone befahren.</li> <li>• Fahrzeuge, die die Euro-2- und Euro-3-Norm erfüllen, dürfen nach ihrer Erstzulassung die Umweltzone 8 Jahre lang befahren.</li> <li>• Fahrzeuge, die die Euro-4-Norm erfüllen, dürfen unabhängig von ihrer Erstzulassung die Umweltzone bis 2016 befahren.</li> <li>• Fahrzeuge, die die Euro-5-Norm erfüllen, dürfen unabhängig von ihrer Erstzulassung die Umweltzone bis 2020 befahren.</li> </ul> |

**Tabelle 15: Auswirkungen unterschiedlicher Umweltzonen in der Literatur:**

| Stadt             | Verkehrsmengen                                                                                          | PM <sub>10</sub> - Emissionen                                 | NO <sub>x</sub> - Emissionen                                |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Berlin (Stufe 1)* | Minus 50 – 80 % weniger Fahrzeuge der Schadstoffklasse 1 auf den Straßen<br>Keine Verkehrsverlagerungen | Minus 24 %                                                    | Minus 14 %                                                  |
| Schweden **       |                                                                                                         | Minus 1,3 % (2000) bzw. minus 10% bei Schweren Nutzfahrzeugen | Minus 3 % (2000) bzw. minus 40% bei Schweren Nutzfahrzeugen |

\* Quelle: Lutz et al: Ein Jahr Umweltzone Berlin: Wirkungsuntersuchungen. 2009 [48]

\*\* Quelle: Jones et al: Service Contract for “ex post” evaluation of short term and local measures in the CAFE context. 2005 [49]

Im Jahr 2009 wurde für die Einführung einer Umweltzone in Graz eine Studie [55] erstellt, die anhand von Verkehrsmodellen die Auswirkungen auf Fahrzeugstruktur, Fahrleistungen sowie die unterschiedlichsten Emissionen berechnete. Die Studie ging von 2 Szenarien mit unterschiedlichen Raten der Flottenerneuerung aus. Bei beiden Szenarien wurde für die Fahrleistung eine Verringerung der Verkehrsleistung in der Umweltzone selbst (minus 4,5 %) bei gleichzeitiger leichter Erhöhung in den Randbereichen der Umweltzone (+ 1%) angenommen. Insgesamt gehen die Studienautoren von einer geringfügigen Abnahme der Fahrleistung (minus 0,3%) im Großraum Graz aus.

Die Maßnahme wirkt sich in erster Linie auf die Erneuerung von Flotten aus (Taxis, Busse,...). Beispielsweise wurde in London bis zur Einführung der „Low Emission Zone“ die Busflotte bis zur Einführung 2008 entsprechend erneuert (siehe [51]).

Auch in Berlin nutzen viele Fahrzeughalter die zweijährige Übergangsfrist, um die Fahrzeuge zu ersetzen oder nachzurüsten. Der Bestand von Fahrzeugen mit hohem Schadstoffausstoß ging von 2006 bis 2008 um mehr als 70 % bei PKW und etwa 53% bei Nutzfahrzeugen zurück. Auf der Straße hat sich der Anteil der Fahrzeuge der Schadstoffgruppe 1 im Jahr 2008 um 50 bis 80 % gegenüber dem Jahr 2007 reduziert (siehe [48]).

Auch die Grazer Studie geht von Änderungen im Fahrzeugbestand aus, aufbauend auf die Berliner Ergebnisse. Das erste Szenario geht von einem Fahrzeugwechsel von in Summe 62 % der betroffenen Kfz aus, 12 % Ausnahmegenehmigungen; die restlichen FahrzeugnutzerInnen steigen am Rand der Umweltzone um, weichen auf ein anderes Ziel aus oder verwenden ein alternatives Verkehrsmittel.

Das 2. Szenario geht von einem Fahrzeugwechsel zu 32 % mit 20 % Ausnahmegenehmigungen aus und in weiterer Folge von Umsteigern auf andere Verkehrsmittel bzw. Umsteigern am Rand der Umweltzone oder einer Verlagerung auf andere Ziele.

Die Wirksamkeit von Umweltzonen hängt ganz davon ab, für welchen Schadstoff die Fahrverbote definiert werden, wie die bestehende Flotte zusammengesetzt ist, wie viele Ausnahmeregelungen es gibt, die somit die Maßnahme wiederum „aufweichen“, wie groß das Gebiet ist und wie streng die Regelungen vollzogen werden.

Umweltzonen verfolgen in erster Linie den Zweck, Luftschadstoffe ( $PM_{10}$ ,  $NO_x$ ) aus dem Verkehr in städtischen Gebieten mit hoher Belastung zu verringern. Auswirkungen auf  $CO_2$  werden in den wenigsten Fällen untersucht. Jones et al. Weisen darauf hin, dass mögliche Verkehrsverlagerungseffekte zu berücksichtigen sind und eine Reduktion der Treibhausgasemissionen letztlich durch die Flottenerneuerung auf energieeffizientere Fahrzeuge gegeben sei (siehe [49]).

In der Grazer Studie wurden u.a. auch die Wirkungen auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen ermittelt. Demnach gehen die Studienautoren von einer Verringerung in der Umweltzone um minus 5 % im Jahr 2012 aus, im Großraum Graz um insgesamt minus 0,5 %. Ähnlich der Änderungen in den Fahrleistungen wird mit einer Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Randbereichen um rund + 0,9 % gerechnet.

Aufbauend auf diese Ergebnisse kann durch die Einführung von Umweltzonen in Städten mit keiner bis zu einer geringfügigen Verringerung (0 - 1 %) der CO<sub>2</sub>-Emissionen gerechnet werden.

### **Quellen:**

London Low Emission Zone Feasibility Study. Phase II. Final Report, siehe [47]

Lutz et al: Ein Jahr Umweltzone Berlin: Wirkungsuntersuchungen. 2009, siehe [48]

Jones et al: Service Contract for “ex post” evaluation of short term and local measures in the CAFE context. 2005, siehe [49]

Informationen zur Umweltzonen in Schweden, siehe [50]

Transport for London: Low Emission Zone, Impacts Monitoring, Baseline Report 2008, siehe [51]

Klimaschutz, Infrastruktur und Verkehr, AK Österreich, 2007, siehe [44]

Sind Umweltzonen sinnvoll? , Illini, ÖVK 2011, siehe [52]

FEINSTAUB GRAZ DISKUSSIONSGRUNDLAGE ZU KOSTEN UND WIRKSAMKEIT DER UMWELTZONE GRAZ STAND: 16. AUGUST 2010, F. Pretenthaler, C. Habsburg-Lothringen, V. Richter, 2010, siehe [53]

Auswirkung einer Umweltzone auf die Kfz-Emissionen im Sanierungsgebiet Großraum Graz, Report Nr. I-08/2008 Rex-Em 11/08/679 vom 31.8.2008, siehe [54]

Auswirkung der Umweltzone „Variante 3“ auf Verkehrsaufkommen und KFZ-Emissionen im Sanierungsgebiet Großraum Graz, Bericht Nr. I-19/09/Rex Em 23/09/679 vom 23.12.2009, siehe [55]

Österreichs Städte in Zahlen 2010, Statistik Austria, siehe [56]



### 2.7.4 Potentialeinschätzung CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe

#### 2.7.4.1 Annahmen

Fahrverbote innerhalb der Umweltzone betroffene Fahrzeuggruppen:

20% Ausnahmegenehmigungen

Variante 1: Euro 0, 1, 2, 3 für PKW, LNF, SNF und Busse

Variante 2: Euro 0, 1, 2, 3, 4 für PKW, LNF, SNF und Busse

Motorräder sind von der Umweltzone nicht betroffen.

Für die Potentialberechnung wurde die Annahme unterstellt, dass City Maut-Systeme in Österreichs vier größten Städten nach Einwohnerzahl (Wien, Graz, Linz und Salzburg) per 1.1.2015 eingeführt werden.

Annahme über die Installation einer Umweltzone für Wien:

Die City Maut-Zone wird durch den Gürtel begrenzt; die darin liegenden inneren Bezirke weisen eine Bevölkerung von rund 380.000 Einwohnern auf, was mit der Bevölkerungszahl von Stockholms Stadtgebiet innerhalb des Maut-Cordons gut zusammen passt.

Annahmen über die Installation einer Umweltzone für Graz, Linz und Salzburg:

Es wird angenommen, dass die Umweltzone für Graz in derselben Größe installiert wird wie die angedachte Umweltzone. Demnach würden 37 % der gesamten Wohnbevölkerung Graz in diese Zone fallen ([55]).

Für Linz und Salzburg wird ebenfalls die Wohnbevölkerung der Innenstadt-Bezirke ermittelt (siehe [41]). Als Plausibilitätscheck wird verglichen, wie hoch der Prozentsatz der ermittelten Innenstadtbezirke an der städtischen Gesamtbevölkerung ist. Mit jeweils 32 % passt dieser Wert gut zu den für die Grazer Umweltzone ermittelten 37 % der innerstädtischen Wohnbevölkerung.

#### 2.7.4.2 Berechnung

Die Fahrleistung wurde der aktuellen Luftschadstoffinventur

[2] entnommen, speziell die ausgewiesenen Fahrzeugkilometer im urbanen Bereich. Über das Verhältnis der Einwohnerzahlen der ausgewählten 4 Städte zur Österreichischen Gesamtstadtbevölkerung (aus [42]) (=17%) wurde die Fahrleistung skaliert.

Aus dem HBEFA 3.1 [3] wurden die Anteile der jeweiligen Emissionskonzepte im Jahr 2015 für PKW, LNF, SNF und Busse entnommen. Diese Anteile wurden dann mit dem der skalierten Fahrleistung multipliziert, um die spezifische Fahrleistung pro Emissionskonzept zu erhalten.

Die spezifische Fahrleistung multipliziert mit den entsprechenden emissionsklassen-spezifischen Emissionsfaktoren, ebenfalls aus dem HBEFA, ergibt die Werte für CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> und PM ohne Maßnahme.

In 2 Varianten wird nun der Effekt der Maßnahme abgeschätzt:

In Variante 7.1 werden 80% der im Jahr 2015 vorhandenen EURO-Klassen 0, 1, 2 und 3 bei gleichbleibender Fahrleistung durch EURO 5 ersetzt. Die restlichen 20% besitzen Ausnahmegenehmigungen.

In Variante 7.2 werden 80% der im Jahr 2015 vorhandenen EURO-Klassen 0, 1, 2, 3 und 4 bei gleichbleibender Fahrleistung durch EURO 6 ersetzt. Die restlichen 20% besitzen Ausnahmegenehmigungen.

## 2.7.4.3 Ergebnisse CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe

**Tabelle 16: Ergebnisse der Potentialberechnung für CO<sub>2</sub>- und Luftschadstoffemissionen (Umweltzone)**

| Nr. | Titel der Maßnahme                | Potential in t/Jahr |                 |         |
|-----|-----------------------------------|---------------------|-----------------|---------|
|     |                                   | CO <sub>2</sub>     | NO <sub>x</sub> | PM      |
| 7   | Access Control Restricted Areas   |                     |                 |         |
| 7.1 | Var 1 Euro 5 statt Euro 0,1,2,3   | 0,01                | 0,0007          | 0,00008 |
| 7.2 | Var 2 Euro 6 statt Euro 0,1,2,3,4 | 0,02                | 0,0021          | 0,00015 |

## 2.7.5 **Potentialeinschätzung Lärm**

### 2.7.5.1 Methode und getroffene Annahmen

Bei der in 2.7.4 getroffenen Annahme einer konstanten Fahrleistung ohne Substitution durch lärmärmere Fahrzeuge ergibt sich kein lärmtechnischer Effekt. Daher wurden aufbauend auf Basis des Berichts zur Umweltzone Graz, geplante „Variante 3“, [55] folgende Szenarien untersucht:

1. S1: Konstante Fahrleistung, kein lärmtechnischer Effekt
2. S2: Ausschluss der Fahrzeuge mit zu hohen CO<sub>2</sub>- und Schadstoff-Emissionen ohne Ausnahmegenehmigungen und ohne Fahrzeugwechsel
3. S3 und S4: 2 Varianten unter Berücksichtigung von Reaktionen im Sinne von Fahrzeugwechsel und Beantragung von Ausnahmegenehmigungen

### 2.7.5.2 Berechnung

Die Berechnung basierte auf den in [55] angegebenen Reduktionen der PKW- und LKW-Verkehrsstärken. Während sich ohne Berücksichtigung der Reaktion der Verkehrsteilnehmer im Sinne von Fahrzeugwechsel und Beantragung von Ausnahmegenehmigungen ein mittleres Lärmemissionsreduktionspotential ergibt, verschwindet dieses bei Berücksichtigung

dieser beiden Effekte fast vollständig. Für Vergleiche wurde im Folgenden das Szenario S3 herangezogen.

## 2.7.5.3 Ergebnisübersicht Lärm

**Tabelle 17: Ergebnisübersicht der Lärmberechnungen (Umweltzone)**

| Szenarien<br>Access Control Restricted Areas  | S1:<br>Fahrleistung<br>konstant | S2: Keine Ausnahme-<br>genehmigungen, kein<br>Fahrzeugwechsel | S3: Schwache<br>Reaktion<br>Verkehrsteil-<br>nehmer |
|-----------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Reduktion PKW-Verkehrsstärke $\Delta M_{PKW}$ | 0%                              | -25%                                                          | -12%                                                |
| Reduktion LKW-Verkehrsstärke $\Delta M_{LKW}$ | 0%                              | -10%                                                          | 0%                                                  |
| Schallpegelreduktion $\Delta L_{A,eq}^1$ [dB] | 0,0                             | 1,4                                                           | 0,4                                                 |

## 2.7.6 Empfehlungen

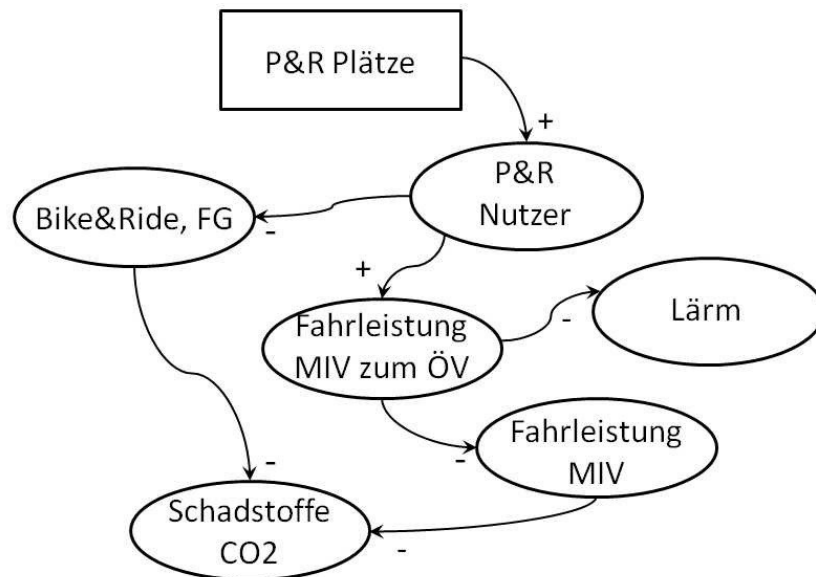
- Umweltzonen in dieser Ausprägung (Fahrbeschränkungen nur für sehr alte Fahrzeuge) verfügen bei keinen weiteren Maßnahmen zur Fahrleistungsreduktion über sehr geringes Potential.
- Für eine Erhöhung der Maßnahmenwirksamkeit ist entweder eine Ausgestaltung der Maßnahme zur Fahrleistungsreduktion im MIV oder eine Verlagerung auf besonders umweltfreundliche Fahrzeuge (Zero-Emission-Fahrzeugen/E-Fahrzeuge) notwendig.
- Ausnahmegenehmigungen und der Umstieg auf neuere Fahrzeuge reduzieren die Wirksamkeit bei Lärmemissionen erheblich.
- Weiterführende Untersuchungen für einen relativ hohen Anteil von Zero-Emission-Fahrzeugen (z.B. Elektrofahrzeuge, langfristig) werden empfohlen.
- Eine mögliche Abminderung der Verkehrsleistung durch Umweltzonen führt zu einem höheren Einsparungspotential.

## 2.8 Ressourcensteuerung im P&R-Bereich

### 2.8.1 Zusammenfassende Beschreibung

Diese Maßnahme umfasst die Sicherung der widmungsgerechten Nutzung von P&R Anlagen, die Verhinderung von Fremdparkern und die Schaffung der Möglichkeit von Parkplatzreservierungen über mobile Endgeräte. Derzeit verfügen die ÖBB über in etwa 35.000 P&R Stellplätze. Im Mittel wird eine Fremdnutzung von über 30 % angenommen. Diese Parkmöglichkeiten stehen in der Folge dem ÖV Nutzer bzw. der ÖV Nutzerin nicht mehr zur Verfügung. Durch die Regulierung des Zugangs zu diesen Anlagen können täglich bis zu 10.500 PendlerInnen mehr die Anlagen nutzen.

### 2.8.2 Wirkungsmechanismus CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe und Lärm



**Abbildung 14: Wirkungsmechanismus Ressourcensteuerung im P&R Bereich**

Da mehr P+R Plätze voraussichtlich zu einem Umstieg vom Auto zur Bahn am Arbeitsweg oder zu einem Umstieg von bestehenden KundInnen von Fuß, Rad oder ÖV zum Auto bei der Anreise zum Bahnhof führen, ist eine Emissionsreduktionswirkung anzunehmen. Die verstärkte Nutzung lärmarmen Öffentlicher Verkehrsmittel wird zu auch Lärmpegelreduktionen führen.

### 2.8.3 Datenquellen

Mobilität in Niederösterreich: Ergebnisse der landesweiten Mobilitätsbefragung 2008, siehe [57]

Mobilität in Vorarlberg Ergebnisse der Verkehrsverhaltensbefragung 2008, siehe [58]

Verkehr in Zahlen Österreich, Ausgabe 2007, siehe [26]

Pendeln in Niederösterreich: Zahlen und Fakten 2009, siehe [60]

Erwerbstätige 1971 bis 2001 nach Entfernungskategorie und Bundesländern, Statistik Austria, 2007, siehe [61]

Tagespendler/-innen 1971 bis 2001 nach Verkehrsmittel und Bundesländern, Statistik Austria, 2007, siehe [62]

Datenauswertung der videobasierten Erfassung bei der P&R in Baden im Zeitraum vom 15. Mai 2008 bis 29. Mai 2008. Belegung, Verweildauer, Tagesgang nach politischen Bezirk, siehe [63]

PendlerInnen und Infrastruktur-Ausbau in der Ostregion, Ergebnisse der AK-Befragung 2009/2010, Thomas Hader, siehe [64]

"STAU-Wien" Stadt-Umlandbeziehungen in der Region Wien: Siedlungsentwicklung, Interaktionen und Stoffflüsse - Teil A, W. Loibl et. al. 2002, siehe [65]

I2-ÖPNV Intermodaler Informations- und Buchungsdienst im öffentlichen Personennahverkehr, Endbericht 2008, siehe [66]

VCÖ-Projekt Telematikanwendungen im Öffentlichen Verkehr und deren Nutzen für Kundinnen und Kunden, September 2010, siehe [71]

Daten zur Park & Ride Anlage Erdberg, <http://www.apcoa.at> , siehe [67]

Händische Straßenverkehrszählung 2005 in Wien – Verkehrsentwicklung, Magistrat der Stadt Wien, MA 18 - Stadtentwicklung und Stadtplanung, siehe [68]

### 2.8.4 Potentialeinschätzung CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe

#### 2.8.4.1 Annahmen

PendlerInnenreiseweiten:

Die in der Literatur befindlichen Daten zu PendlerInnenreiseweiten stammen aus Befragungen. Ausgewiesen wird

- In Verkehr in Zahlen 2007, bmvit, HERRY, S.97 8 (siehe [26]): **12,5 km**.
- In Mobilität in NÖ, Ergebnisse der landesweiten Mobilitätsbefragung 2008, S. 40 (siehe [57]): **20,9 km**.
- In Mobilität in Vorarlberg, Ergebnisse der Verkehrsverhaltensbefragung 2008, S. 57 (siehe [58]): **10,1 km**.

Für diese Maßnahme wird eine PendlerInnenreiseweite von 15 km angenommen.

Für die durchschnittliche Weite zum Bahnhof werden 3 km angenommen.

Jetziger Stand (Quelle ÖBB): 35.000 P&R Stellplätze der ÖBB mit einer Fremdnutzung von 30 %.

Durch die Regulierung des Zugangs zu diesen Anlagen können täglich bis zu 10.500 PendlerInnen mehr die Anlagen nutzen.

Je PendlerIn werden daher täglich 24 km MIV durch die Bahn substituiert.

Weiters werden 220 Arbeitstage angenommen, wobei Urlaubstage und Krankenstand bereits berücksichtigt sind.

Basis für die Berechnung des Lärmreduktionspotentials ist die mögliche lokale Reduktion der PKW-Verkehrsstärke naher Straßen für eine große P&R Anlage.

### 2.8.4.2 Berechnung

Aus den Angaben der ÖBB und den getroffenen Annahmen lässt sich eine Fahrleistung berechnen. Multipliziert mit Emissionsfaktoren aus dem HBEFA 3.1 [3] für einen durchschnittlichen PKW im Jahr 2015 wird das Potential abgeschätzt.

### 2.8.4.3 Ergebnis

**Tabelle 18: Ergebnisse der Potentialberechnung für CO<sub>2</sub>- und Luftschadstoffemissionen  
(Ressourcensteuerung im P&R Bereich)**

| Nr. | Titel der Maßnahme                 | Potential in t/Jahr |                 |    |
|-----|------------------------------------|---------------------|-----------------|----|
|     |                                    | CO <sub>2</sub>     | NO <sub>x</sub> | PM |
| 8   | Ressourcensteuerung im P&R-Bereich | 7.797               | 22              | 1  |

## 2.8.5 **Potentialeinschätzung Lärm**

### 2.8.5.1 Methode und getroffene Annahmen

Die lärmtechnische Wirkung dieser Maßnahme besteht in der Verlagerung eines Teils des MIV auf den ÖV entlang einer Pendlerstrecke. Dies macht sich als Abnahme der PKW-Verkehrsstärke auf dieser Strecke bemerkbar. Damit verbunden ist eine Reduktion der Lärmemissionsstärke der betroffenen Strecke. Die Wirkung hängt stark von der auf dieser Strecke bereits vorherrschenden Verkehrsstärke und von der Aufnahmekapazität der Park-and-Ride Anlage ab. Da die Wirkung sehr lokalisiert ist, wurde in diesem Fall ein plausibles Szenario für eine Fallbetrachtung erstellt.

### 2.8.5.2 Berechnung

Basis für Berechnung des Lärmreduktionspotentials ist die mögliche lokale Reduktion der PKW-Verkehrsstärke naher Straßen für eine große P&R Anlage. Für die Berechnung wurde die P&R Anlage Wien-Erdberg herangezogen. Bei einer Kapazität von 1.800 Stellplätzen (siehe [67]) können durch Vermeidung einer Fremdnutzung von 30 % 540 zusätzliche PKW einem nahen Verkehrsstrom sowohl im Früh- wie auch im Abendverkehr entzogen werden. Ein möglicherweise betroffener naher Verkehrsweg ist beispielsweise der Rennweg mit einem DTV von etwa 20.000 Fahrzeugen in 24 h (siehe [68]). Dieser Verkehrsstrom kann daher im besten Fall um etwa 5 % reduziert werden, was die Basis für die Wirkungsanalyse darstellt. Die ermittelte Lärmreduktion ist allerdings sehr gering.

## 2.8.5.3 Ergebnisübersicht Lärm

**Tabelle 19: Ergebnisübersicht der Lärmberechnungen (Ressourcensteuerung im P&R Bereich)**

| Ressourcensteuerung im P&R-Bereich                            | Szenario S1 |
|---------------------------------------------------------------|-------------|
| Mögliche lokale Reduktion PKW-Verkehrsstärke $\Delta M_{PKW}$ | -5%         |
| Schallpegelreduktion $\Delta L_{A,eq}^1$ [dB]                 | 0,2         |

## 2.8.6 Empfehlungen

- Die Maßnahme wirkt durch vermehrte ÖV-Nutzung und Reduktion des MIV.
- Es muss auch die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, dass lokal mehr MIV entsteht (Parkplatzsuchverkehr der nicht mehr Parkberechtigten).
- Im Bezug auf Lärm sind vor allem lokale Wirkungen zu erwarten.
- Es wird eine erweiterte Untersuchung anhand konkreter, lokalisierter Fallstudien empfohlen.

## 2.9 Übersicht über die Ergebnisse der quantitativen Analyse

**Tabelle 20: Ergebnisse der quantitativen Analysen – Übersicht der Emissionsreduktionspotentiale**

| Nr.                                                                  | Titel der Maßnahme                                                                                                        | Potential in t/Jahr |                 |              | Potential in dB                |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------|--------------|--------------------------------|
|                                                                      |                                                                                                                           | CO <sub>2</sub>     | NO <sub>x</sub> | PM           | L <sub>A,eq</sub> <sup>1</sup> |
| 1                                                                    | Dynamische umweltbedingte Verkehrsbeeinflussung (IG Luft / Lärm) Gesamtes A+S Netz: VBA Umwelt - Variante 3               | 179.179             | 765             | 23           | 1,9                            |
| 2                                                                    | Urbanes Verkehrsmanagement / Regionales Verkehrsmanagement                                                                | 21.873              | 62,2            | 2            | 0,3                            |
| 3                                                                    | Adaptive Verkehrssteuerung                                                                                                | 35.945              | 140             | 4            | 0,8                            |
| 4                                                                    | Die CO <sub>2</sub> Karte - Kooperative Systeme zur Reduktion von Kraftstoffverbrauch und CO <sub>2</sub> Emissionen      | 286.131             | 700             | 24           | 0,1                            |
| 5                                                                    | Gebührenbedingte dynamische Steuerungsmaßnahmen für den innerstädtischen Bereich                                          | 40.586              | 65              | 3            | 1,6                            |
| 6a                                                                   | Verkehrssteuerung auf Basis vollelektronischer Mautsysteme Variante A: Flächendeckendes PKW-Road-Pricing                  | 968.011             | 1.247           | 60           | 0,9                            |
| 6b                                                                   | Verkehrssteuerung auf Basis vollelektronischer Mautsysteme Variante B: PKW-Road-Pricing auf dem höherrangigen Straßennetz | 510.406             | 1.122           | 37           | 0,7                            |
| 7                                                                    | Access Control Restricted Areas Variante 2: Euro 6 statt Euro 0,1,2,3,4                                                   | 0,02                | 0,0021          | 0,00015      | 0,4                            |
| 8                                                                    | Ressourcensteuerung im P&R-Bereich                                                                                        | 7.797               | 22              | 1            | 0,2                            |
| <b>Gesamtemissionen Verkehr Österreich Straße Inland gesamt 2015</b> |                                                                                                                           | <b>15.000.000</b>   | <b>45.000</b>   | <b>1.100</b> |                                |



### 3 Inhaltliche Darstellung - Qualitative Analysen

#### 3.1 Beeinflussung des Fahrverhaltens durch aktive Wetterinformation

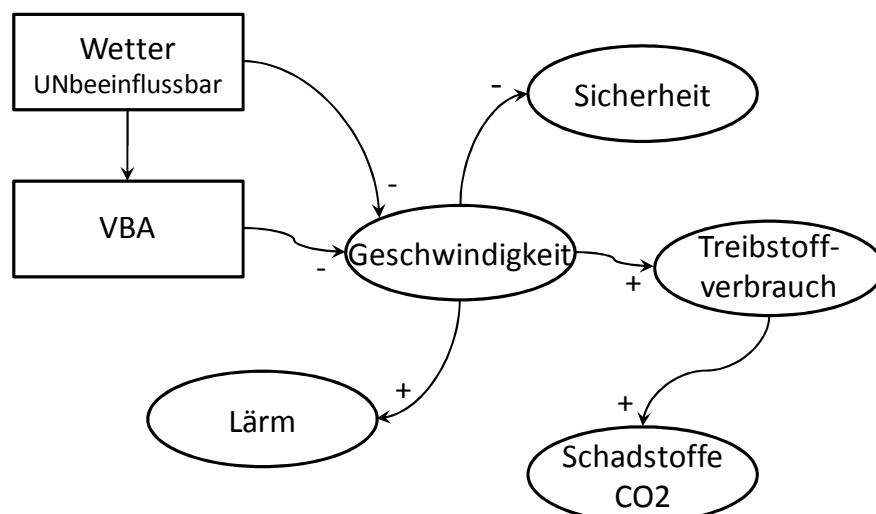
##### 3.1.1 Zusammenfassende Beschreibung

Wetterprognosen stellen für die Steuerung des Verkehrs eine wichtige Einflussquelle dar. Das SWIS (Straßenwetterinformationssystem der ASFINAG) dient der Zusammenführung von Wetterinformationen, wie der beschafften Wetterprognosen von einem Wetterdienst, aber auch der in VBA-Gebieten durch die Umfelddatenerfassung anfallenden Wettermessdaten, sowie der außerhalb von VBA-Gebieten erfassten Wetterdaten durch Glättemeldeanlagen bzw. Straßenwetterstationen.

Aufbauend auf den Messdaten der ASFINAG (ASFINAG-Messdaten werden dem Wetterdienst übermittelt) und den wetterdiensteseigenen Datengrundlagen erstellt der Wetterdienst straßenbezogene (Straßenwetterabschnitte – SWA) Wetterprognosen für die ASFINAG.

Die Nutzung der Daten erfolgt durch die Autobahnmeistereien z.B. für den Winterdienst, durch die Verkehrsoperatoren zur Steuerung des Verkehrs (verkehrliche/steuernde Maßnahmen; z.B. Nebel- oder Nässehaltungen) und als der Sicherheit dienenden Wetterinformation für EndkundInnen (AutofahrerInnen).

##### 3.1.2 Wirkungsmechanismus CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe und Lärm



**Abbildung 15: Wirkungsmechanismus Beeinflussung des Fahrverhaltens durch aktive Wetterinformation**

Bei bestimmten Wittersituationen führen die Randbedingungen zu reduzierten Geschwindigkeiten. Dies hat eine Auswirkung auf CO<sub>2</sub>-, Luftschadstoff- und Lärmemissionen

(siehe Maßnahme 1). Das Potential zur Emissionsreduktion ist allerdings von der Häufigkeit der Wetter-Ereignisse abhängig und nicht steuerbar.

Durch die verfügbare Wetterinformation und darauf basierende Maßnahmen kommt es bei bestimmten Wettersituationen zu Geschwindigkeitsreduktionen entweder durch verhängte Tempolimits oder durch erhöhte Vorsicht bei den AutofahrerInnen selbst. Da die Anzahl der auslösenden Wetterereignisse und die verwendeten Algorithmen und Schwellwerte nicht bekannt sind, ist eine Quantifizierung jedoch kaum möglich.

### **3.1.3 Datenlage**

Die Datenlage ist derzeit für zusätzliche Analysen nicht ausreichend, Folgestudien zu einem späteren Zeitpunkt sind aber möglich.

### **3.1.4 Potentialeinschätzung CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe und Lärm**

#### **3.1.4.1 Potential**

Aufgrund starker Abhängigkeit von Wetterereignissen wurde das Potential als niedrig eingestuft: 1

#### **3.1.4.2 Datenverfügbarkeit**

Aufgrund von Datenmangel zu Wetterereignissen und Schaltalgorithmen: 1.

#### **3.1.4.3 Empfehlung**

Aufgrund der komplexen Zusammenhänge und der Wirkungen auf Modal Shift und individuelle Mobilitätsentscheidungen kann diese Maßnahme im Rahmen von CLIMATE nicht in der notwendigen quantitativen und qualitativen Tiefe bearbeitet werden. Es wird empfohlen, diese Maßnahme unter zusätzlicher Einbeziehung regionaler Mobilitätsanbieter und unter Beiziehung einer verkehrspsychologischen wissenschaftlichen Institution in einer separaten Studie zu bearbeiten.

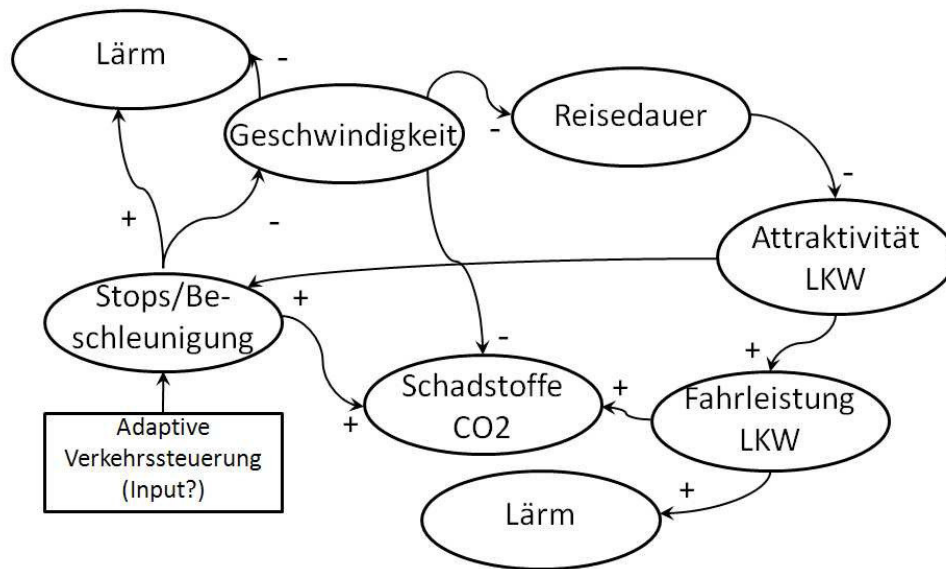
## **3.2 Adaptive Verkehrssteuerung: Kontrollsysteme / Ampelsteuerungen anhand von Fahrzeugcharakteristika zur Vermeidung ineffizienter Beschleunigungsvorgänge**

### **3.2.1 Zusammenfassende Beschreibung**

Aktuelle adaptive Stadtverkehrskontrollsysteme bemühen sich im Allgemeinen darum, Verzögerungen im Verkehrsnetz/Fließverkehr zu minimieren. Einige adaptive Stadtverkehrskontrollsysteme können dabei die Anzahl der Fahrzeugstopps berücksichtigen. Diese Methode kann verwendet werden, um den Kraftstoffverbrauch durch ineffiziente Beschleunigungsvorgänge zu begrenzen. Der Fahrzeugstopp und die anschließend notwendige Beschleunigung eines vollgeladenen LKWs wirkt sich dabei dramatischer aus,

als der eines leichten PKWs. Mithilfe neuer, kooperativer Systemtechnologien wird es möglich, den Kraftstoffverbrauch/Schadstoffausstoß auf Basis der tatsächlichen Fahrzeugeigenschaften zu minimieren.

## 3.2.2 Wirkungsmechanismus CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe und Lärm



**Abbildung 16: Wirkungsmechanismus Adaptive Verkehrssteuerung (Kontrollsysteme)**

Durch das Vermeiden von ineffizienten Beschleunigungsvorgängen vor allem beim Schwerverkehr wird die Umwelt entlastet. Durch den „Barrieren-Abbau“ kann es allerdings auch zu Mehrverkehr kommen, da die Attraktivität zur Benutzung der betrachteten Straßeninfrastruktur steigt.

## 3.2.3 Datenlage

Diese Maßnahme wies nach Abschluss der Definitionsphase große Überschneidungen mit der Maßnahme „Adaptive Verkehrssteuerung“ auf und wurde daher gemeinsam mit dieser in 2.3 behandelt. Die hier dargestellte Maßnahme unterschied sich lediglich durch die Aspekte der Berücksichtigung der Fahrzeugcharakteristika sowie des Einsatzes kooperativer Systeme, wozu im speziellen aber keine ausreichenden Daten vorlagen.

## 3.2.4 Potentialeinschätzung CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe und Lärm

### 3.2.4.1 Potential

Mittleres Potential erwartet: 2.

### 3.2.4.2 Datenverfügbarkeit

Derzeit aufgrund mangelnder Daten nicht beurteilbar: 1.

## 3.2.4.3 Empfehlung

Die Maßnahme wird zwar als interessant eingestuft, die derzeit zur Verfügung stehenden Daten sind jedoch noch unzureichend.

## 3.3 HOT Lane

### 3.3.1 Zusammenfassende Beschreibung

HOT lanes (High occupancy toll lanes) sind dezidierte Fahrspuren (typischerweise ein oder zwei Spuren) die unter einem ökologischen Bemaßungsregime betrieben werden. Derartige dezidierte Fahrstreifen können nicht nur zur Bevorzugung von PKWs mit hohem Besetzungsgrad, sondern auch zur Förderung emissionsparender Fahrzeuge wie zum Beispiel Elektromobilen eingesetzt werden. Die Motivation zur HOT Lane Benutzung liegt für den MIV Verkehrsteilnehmer im höheren Level-of-Service. Sie ermöglichen dem MIV ein schnelleres vorankommen für höhere ökologisierte Maut. Staffelpreise ermöglichen eine Verringerung der Verkehrsspitzen und bewirken eine bessere zeitliche Verteilung.

### 3.3.2 Wirkungsmechanismus CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe und Lärm

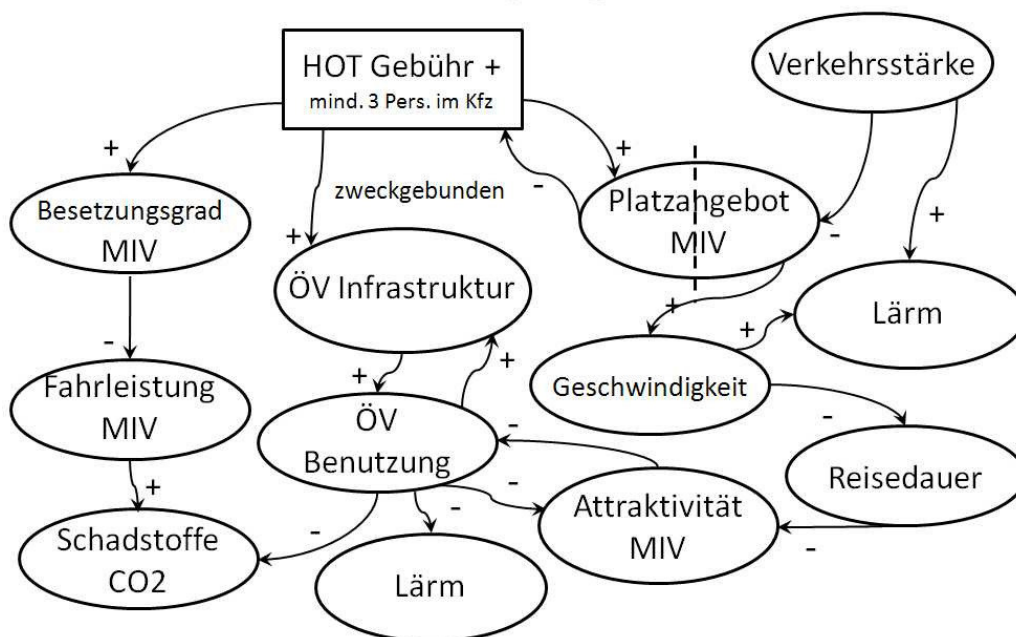


Abbildung 17: Wirkungsmechanismus HOT Lane

Ein höherer Besetzungsgrad reduziert die Anzahl von Fahrzeugen und in weiterer Folge von Staus und ist ein guter Anreiz, den Besetzungsgrad zu erhöhen, um zügiger auf der reservierten Spur voranzukommen. In Österreich beträgt der durchschnittliche Besetzungsgrad eines PKW ca. 1,2 Personen pro Fahrzeug. Um den gewünschten emissionsmindernden Effekt zu erreichen, wird es wichtig sein, in einem ersten Schritt Straßenabschnitte zu identifizieren, auf denen der Verkehr permanent zähflüssig ist bzw. mit

einer hohen Stauaffinität, um einen tatsächlichen Anreiz zur Erhöhung des Besetzungsgrades zu setzen. Zudem müssen entsprechende Kontrollanlagen installiert werden. Die Erhöhung des Besetzungsgrades auf HOT Lanes führt auch zur Verringerung der Anzahl der Schallquellen. Andererseits können durch die Stauvermeidung höhere Durchschnittsgeschwindigkeiten erreicht werden, was die Lärmemission wieder erhöht. Durch die Stauvermeidung kann gleichzeitig auch die Verkehrsstärke wachsen und somit mehr Lärm entstehen. Zusätzlich zum reinen Besetzungsgrad können natürlich auch die typischen Emissionen der Fahrzeuge herangezogen werden, was z.B. Vorteile für Elektrofahrzeuge ergibt.

### 3.3.3 Datenlage

Die Datenlage ist für eine quantitative Analyse derzeit nicht ausreichend. In CLIMATE lagen die Berichte [69] und [70] vor.

### 3.3.4 Potentialeinschätzung CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe und Lärm

#### 3.3.4.1 Potential

Da der Effekte der erhöhten Verkehrsflüssigkeit dem Emissionsreduktionsziel voraussichtlich entgegenwirkt, wird nur ein mittleres Potential erwartet: 2

#### 3.3.4.2 Datenverfügbarkeit

Datenlage derzeit nicht ausreichend: 1

#### 3.3.4.3 Empfehlung

Die Maßnahme wird zwar als interessant eingestuft, die im Rahmen von CLIMATE verfügbaren Daten waren für eine quantitative Beurteilung der Umweltauswirkungen jedoch noch unzureichend. Es wird empfohlen, da diese Maßnahme in anderen Ländern weit verbreitet ist, diese in einer separaten Studie unter Einbeziehung einer umfassenden Literaturrecherche zu bearbeiten.

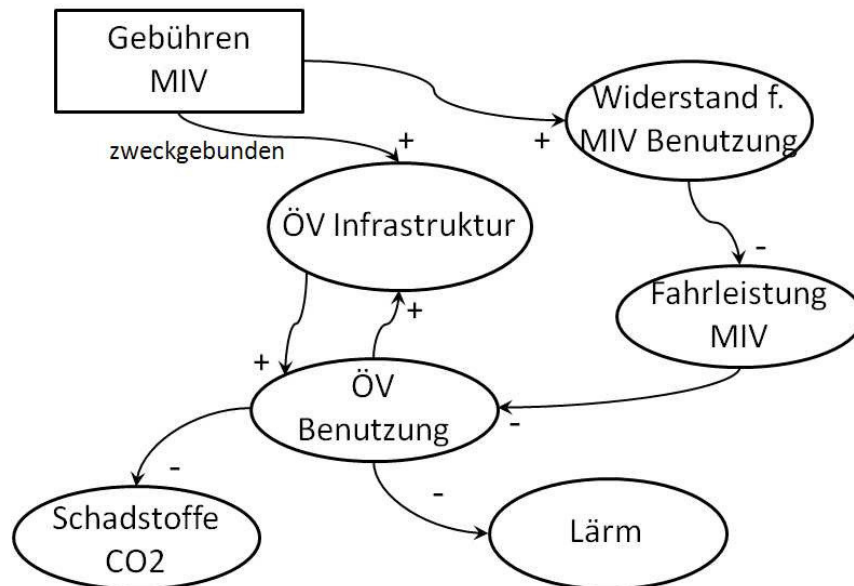
## 3.4 Elektronische Dynamische Parkraumbewirtschaftung

### 3.4.1 Zusammenfassende Beschreibung

Ähnlich der City-Maut erfolgt eine vollelektronische automatische Gebühreneinhebung von KFZ, allerdings erst beim Ausfahren aus der Zone und abhängig von der in der Zone zugebrachten Zeit. Im Unterschied zur konventionellen Parkraumbewirtschaftung mit zwingend manueller Überwachung kann diese Zone durch den vollautomatischen Betrieb auf das gesamte Stadtgebiet ausgedehnt werden. Weiters kann die Gebühr auch Fahrzeugklassen-spezifisch festgelegt werden wie z.B. Elektroautos, SUV, etc. Es wird nicht das Abstellen oder Parken eines Fahrzeugs mit einer Gebühr hinterlegt sondern die

Aufenthaltsdauer in der Zone, somit auch die Zeit im Stau. Die Gegenverrechnung mit Parkhäusern ist möglich.

### 3.4.2 Wirkungsmechanismus CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe und Lärm



**Abbildung 18: Wirkungsmechanismus dynamische Parkraumbewirtschaftung**

Bewirtschaftung des Parkraums ist neben strukturellen und logistischen Maßnahmen im ruhenden Verkehr einer der Schlüssel zu einem nachhaltigen Stadtverkehr. Eine Dynamisierung zur schnellen Anpassung an die jeweilige Situation hilft der Akzeptanz zur Einführung dieser Maßnahme. Auswirkungen auf eine höhere Verkehrsnachfrage im ÖV und somit tw. Substitution des MIV auf Grund der höheren Kosten (= verringerte Attraktivität) sind zu erwarten. Durch Verringerung der Aufenthaltsdauer entfällt ein Teil der Lärmemittenten. Die verstärkte Nutzung von Öffentlichen Verkehrsmitteln wird voraussichtlich zu Lärmpegelreduktionen führen, eine quantitative Aussage ist jedoch nicht möglich.

### 3.4.3 Datenlage

Die Datenlage ist derzeit nicht ausreichend für eine quantitative Bewertung.

### 3.4.4 Potentialeinschätzung CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe und Lärm

#### 3.4.4.1 Potential

Hohes Potential erwartet: 3

#### 3.4.4.2 Datenverfügbarkeit

Datenlage derzeit nicht ausreichend: 1

### 3.4.4.3 Empfehlung

Nach Rücksprache mit den Industriepartnern konnte ein grundsätzliches Interesse an der Thematik festgestellt werden. Leider ist die Datenlage derzeit nicht ausreichend. Es wird empfohlen diese Maßnahme in einer separaten Studie erneut zu bearbeiten.

## 3.5 Anschlusssicherungssysteme

### 3.5.1 Zusammenfassende Beschreibung

Anschlusssicherung im ÖV bedeutet, den NutzerInnen/KundInnen des öffentlichen Verkehrssystems eine verlässliche Information zu seinen Zug- oder Busanschlüssen bieten zu können. Einem Reisenden sollte über die gesamte Mobilitätskette im ÖV eine gesicherte Weiterfahrt garantiert werden können. Die Herausforderung besteht darin, dass diese Information auch im Störfall (Verspätungen, Unterbrechungen, Ersatzverkehre) mit hoher Qualität und in Echtzeit dem Reisenden zugestellt werden kann. Diese Informationen werden über unterschiedliche Medien an den Reisenden kommuniziert. Neben der Zugsdurchsage sollen die elektronischen Medien am Bahnhof (Zugzielanzeigen,...) wie auch die Nutzung des kundeneigenen Mobile Devices genutzt werden.

In Europa sind derzeit verschieden Qualitäten der Anschlusssicherung im Einsatz:

- Schiene / Schiene Anschlusssicherung
- Schiene / Bus Anschlusssicherung
- Schiene / Leichtbahn Anschlusssicherung

### 3.5.2 Wirkungsmechanismus CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe und Lärm

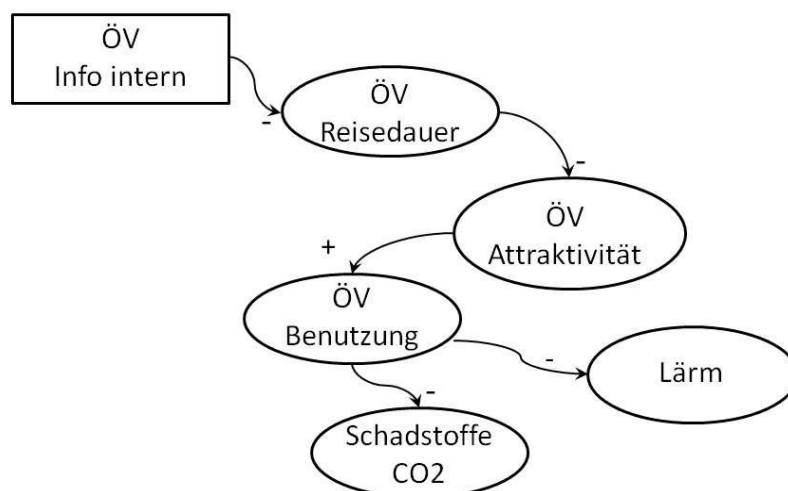


Abbildung 19: Wirkungsmechanismus Anschlusssicherungssysteme

„Wirksame Anschlusssicherungssysteme sparen Reisezeiten sowie Unannehmlichkeiten im Verspätungsfall. Nicht zu unterschätzen ist aber auch der Imageeffekt, der dadurch bewirkt wird, dass der Fahrgast das Gefühl bekommt, dass sich das bzw. die beteiligten



Verkehrsunternehmen um ihn oder sie bemühen und die Folgen der Verspätung nach Kräften minimieren. Positive mittelbare Wirkungen sind insbesondere von jenen Anschlusssicherungssystemen zu erwarten, die konkrete Umsteigebedürfnisse registrieren: Durch das Nichtabwarten ohnehin nicht benötigter Anschlüsse kann die Fortpflanzung von Verspätungen im Fahrplangefüge gehemmt werden, sodass bei gleichen Fahrzeitreserven die Pünktlichkeit gesteigert oder mit geringeren Fahrzeitreserven die gleiche Pünktlichkeit erzielt werden kann.“ (aus [71]).

### 3.5.3 Datenlage

Resümee des Hintergrundberichtes des VCÖ zu Telematikanwendungen im ÖV und deren KundInnennutzen [71]:

Anschlusssicherungssysteme wirken grundsätzlich immer zugunsten des Fahrgasts, allerdings wurde Anschlusssicherung in Teilbereichen des Öffentlichen Verkehrs schon lange auf konventionelle Weise praktiziert und ist möglicherweise durch Personalabbau in letzter Zeit sogar eher schwieriger geworden. Große Verbesserungen sind durch intermodale bzw. interoperable Anschlusssicherung zwischen Bus und Bahn bzw. zwischen verschiedenen Verkehrunternehmen möglich. Einen ausgeprägten Mehrwert könnten Systeme darstellen, die feststellen, ob bzw. wie viele Personen einen bestimmten, gefährdeten Anschluss im konkreten Fall überhaupt benutzen möchten. Solche, über die altbewährte Meldung an den Schaffner oder die Schaffnerin hinausgehende Systeme, wurden jedoch bei der Recherche nicht gefunden.

### 3.5.4 Potentialeinschätzung CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe und Lärm

#### 3.5.4.1 Potential

Mittleres Potential erwartet: 2

#### 3.5.4.2 Datenverfügbarkeit

Datenlage derzeit nicht ausreichend: 1

#### 3.5.4.3 Empfehlung

Für eine quantitative Analyse ist die derzeitige Datenlage nicht ausreichend.

Eine vertiefte Betrachtung dieser Maßnahme als eigenständiges Projekt wird empfohlen.

## 3.6 Elektronisches Ticketing & Payment

### 3.6.1 Zusammenfassende Beschreibung

Elektronisches Ticketing und Payment baut Zugangsbarrieren zur Nutzung der öffentlichen Verkehrsmittel ab und erleichtert damit den Zugang zum öffentlichen Verkehr bzw. die Nutzung des öffentlichen Verkehrs. Durch eine Zusammenschaltung verschiedener

Zuständigkeits- und Tarifbereiche von Verkehrsunternehmen und Verkehrsverbünden wird für Tür zu Tür Fahrten über die Zuständigkeitsbereiche hinweg die Reise mit einer einzigen Buchung z.B. über mobile Endgeräte unter Wahrung der Kostentransparenz für den Endkunden bzw. die Endkundin ermöglicht.

### 3.6.2 Wirkungsmechanismus CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe und Lärm

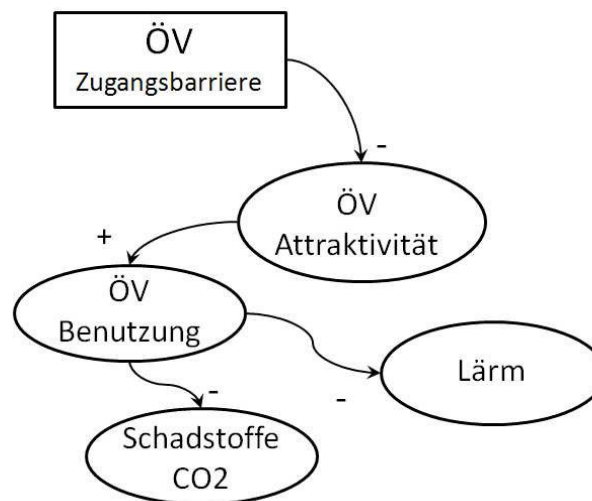


Abbildung 20: Wirkungsmechanismus elektronisches Ticketing & Payment

Das größte Potential haben elektronische Ticketsysteme mit Best-Price Garantie und Interoperabilität zwischen verschiedenen Systemen (siehe [71]). Mögliche Wirkungen sind Steigerung der Attraktivität und KundInnenzufriedenheit. V.a. die Betreiber erhalten mehr Informationen über ihre KundInnen und deren Verhalten, können so gezielt Angebote für Zielgruppen definieren und sparen in weiterer Folge Kosten ein. Das Potential zur Reduktion von Schadstoffen/CO<sub>2</sub> ist jedoch schwer abschätzbar. Die verstärkte Nutzung von Öffentlichen Verkehrsmitteln wird voraussichtlich zu Lärmpegelreduktionen führen, eine quantitative Aussage ist jedoch nicht möglich.

### 3.6.3 Datenlage

Resümee des Hintergrundberichtes des VCÖ zu Telematikanwendungen im ÖV und deren KundInnenennutzen [71]:

Gerade bei E-Ticketing-Systemen ist eine sorgfältige Abwägung der Vor- und Nachteile der erwogenen Technologien und Funktionalitäten gegenüber dem Zustand vor der Einführung sehr wichtig. Beispielsweise wäre ein System mit verpflichtendem Check-in und Check-out für alle, ohne Bestpreisgarantie oder mittelbar nützliche Funktionen wie effizienzorientierter Tarifierform oder verbesserter Nachfragestatistik, ein klarer Rückschritt gegenüber einem konventionellen, offenen ÖV-System mit einem großen Anteil an Zeitkartenbesitzern.

Der größte unmittelbare Beitrag zur Attraktivität des Öffentlichen Verkehrs ist von E-Ticketing-Systemen dann zu erwarten, wenn diese es dank Interoperabilität zwischen Verkehrsunternehmen und -verbünden sowie der Integration von Zeit- und

Ermäßigungskarten im Sinne einer Bestpreisgarantie dem Fahrgast ersparen, sich eingehend mit komplizierten Tarifsyste men zu befassen. Dies ist bereits mit halb konventionellen Systemen möglich, die Fahr- oder Zählkarten ausstellen und dabei die auf einer Chipkarte gespeicherten Informationen über Zeit- und Ermäßigungskarten sowie gegebenenfalls eine Zahlungsfunktion benutzen. Solche Systeme bzw. unmittelbar beschriftete Zeitkarten geben dem Fahrgast viel eher die Sicherheit, sich selbst und auch einen etwaigen Kontrolleur davon überzeugen zu können, mit einem gültigen Fahrschein unterwegs zu sein, als check-in-check-out, handybasierte oder gar be-in-be-out-Systeme.

Check-in-check-out sowie nicht vollautomatische handybasierte Systeme stellen für Zeitkartenbesitzende in offenen ÖV-Systemen eine neue Unannehmlichkeit dar. Kompromisse sind in dem Sinn möglich, dass Check-in und/oder Check-out nur dann zu tätigen sind, wenn dies erforderlich ist, um Einzelfahrten abzurechnen, nicht jedoch, wenn ohnehin ein Zeitkartenabonnement besteht. Systeme, die alle Fahrten erfassen, haben hingegen den Vorteil dass sie sowohl zur Gewinnung detaillierter Nachfragedaten, als auch für die Einführung effizienzorientierter Tarife genützt werden können.

Bei Öffentlichen Verkehrsmitteln mit langen Fahrtstrecken durch viele Tarifzonen ist die Problematik des maximal notwendigen Guthabens und gegebenenfalls das Risiko eines vergessenen Check-outs immer auch vorhanden. Konventionellere Elemente wie die Bekanntgabe des Fahrziels per Knopfdruck können hier eine pragmatische Lösung sein.

Datenschutzbedenken sind grundsätzlich ernst zu nehmen und können mit anonymen oder lediglich analog personalisierten Karten wesentlich glaubwürdiger zerstreut werden, als durch für die Fahrgäste nicht überprüfbare Versprechen in Datenschutzerklärungen.

### **3.6.4 Potentialeinschätzung CO<sub>2</sub>/Luftschadstoffe und Lärm**

#### **3.6.4.1 Potential**

Mittleres Potential erwartet: 2

#### **3.6.4.2 Datenverfügbarkeit**

Datenlage derzeit nicht ausreichend: 1

#### **3.6.4.3 Empfehlung**

Für eine quantitative Analyse ist die derzeitige Datenlage nicht ausreichend.

Eine vertiefte Betrachtung dieser Maßnahme als eigenständiges Projekt wird empfohlen.

## 4 Zusammenfassung der Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Im Rahmen des Projektes wurden 14 verkehrstelematische Maßnahmen analysiert. Für 8 Maßnahmen konnten auch quantitativ Emissionsreduktionspotentiale in Bezug auf CO<sub>2</sub>, Luftschadstoffe und Lärm ermittelt werden.

Die folgende Tabelle 21 zeigt nochmals die Ergebnisse der quantitativen Evaluierung.

**Tabelle 21: Ergebnisse der quantitativen Analysen – Übersicht der Emissionsreduktionspotentiale**

| Nr.                                                                      | Titel der Maßnahme                                                                                                        | Potential in t/Jahr |                 |              | Potential in<br>dB  |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------|--------------|---------------------|
|                                                                          |                                                                                                                           | CO <sub>2</sub>     | NO <sub>x</sub> | PM           | $\Delta L_{A,eq}^1$ |
| 1                                                                        | Dynamische umweltbedingte Verkehrsbeeinflussung (IG Luft / Lärm)<br>Gesamtes A+S Netz: VBA Umwelt - Variante 3            | 179.179             | 765             | 23           | 1,9                 |
| 2                                                                        | Urbanes Verkehrsmanagement / Regionales Verkehrsmanagement                                                                | 21.873              | 62,2            | 2            | 0,3                 |
| 3                                                                        | Adaptive Verkehrssteuerung                                                                                                | 35.945              | 140             | 4            | 0,8                 |
| 4                                                                        | Die CO <sub>2</sub> Karte - Kooperative Systeme zur Reduktion von Kraftstoffverbrauch und CO <sub>2</sub> Emissionen      | 286.131             | 700             | 24           | 0,1                 |
| 5                                                                        | Gebührenbedingte dynamische Steuerungsmaßnahmen für den innerstädtischen Bereich                                          | 40.586              | 65              | 3            | 1,6                 |
| 6a                                                                       | Verkehrssteuerung auf Basis vollelektronischer Mautsysteme Variante A: Flächendeckendes PKW-Road-Pricing                  | 968.011             | 1.247           | 60           | 0,9                 |
| 6b                                                                       | Verkehrssteuerung auf Basis vollelektronischer Mautsysteme Variante B: PKW-Road-Pricing auf dem höherrangigen Straßennetz | 510.406             | 1.122           | 37           | 0,7                 |
| 7                                                                        | Access Control Restricted Areas Variante 2: Euro 6 statt Euro 0,1,2,3,4                                                   | 0,02                | 0,0021          | 0,00015      | 0,4                 |
| 8                                                                        | Ressourcensteuerung im P&R-Bereich                                                                                        | 7.797               | 22              | 1            | 0,2                 |
|                                                                          |                                                                                                                           |                     |                 |              |                     |
| <b>Gesamtemissionen<br/>Verkehr Österreich Straße Inland gesamt 2015</b> |                                                                                                                           | <b>15.000.000</b>   | <b>45.000</b>   | <b>1.100</b> |                     |

Die betrachteten verkehrstelematischen Maßnahmen unterscheiden sich in den ermittelten Potentialen wie auch in den möglichen Wirkungsgebieten und den notwendigen Randbedingungen für den erfolgreichen Einsatz. Für eine Implementierung sind speziell

mögliche Überlappungen, Synergien und Wechselwirkungen zu berücksichtigen. Daher sind die Maßnahmen nicht direkt im Sinne von einander ausschließenden Alternativen miteinander vergleichbar.

Die im Rahmen des Projektes entwickelten Beurteilungsmethoden müssen in Zukunft weiter verfeinert und durch umfassende Datenerfassungs- und Simulationsmöglichkeiten unterstützt werden. CLIMATE hat die Möglichkeit dieser Analysen und die Wichtigkeit interdisziplinären Arbeitens in diesem Bereich aufgezeigt und einen Grundstein für weitere Forschungen gelegt, wie das rege Interesse an den Ergebnissen schon während der Projektlaufzeit zeigte.

## 5 Ausblick und Empfehlungen

Konkrete Empfehlungen zu den einzelnen Maßnahmen wurden im Rahmen der Ergebnisdarstellung bei der entsprechenden Maßnahme detailliert angeführt. Tabelle 22 zeigt nochmals eine Übersicht aller 14 Maßnahmen mit den entsprechenden Empfehlungen zu allen 14 Maßnahmen. Diese Übersicht bietet eine gute Basis für weiterführende Forschungs- und Implementierungsaktivitäten.

**Tabelle 22: Übersicht über die Empfehlungen**

| Kapitel | Titel der Maßnahme                                                                                                                                  | Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.1     | Dynamische umweltbedingte Verkehrsbeeinflussung (IG Luft / Lärm)                                                                                    | Relativ hohes Potential für Emissionsreduktionen. Die Auswirkungen eines statischen Tempolimits im Vergleich zu VBA auf die Gesamtreisezeit sollten untersucht werden, um den wirtschaftlichen Nutzen der VBA quantifizieren zu können.                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 2.2     | Urbanes Verkehrsmanagement / Regionales Verkehrsmanagement                                                                                          | Mittleres Emissionsreduktionspotential bei CO <sub>2</sub> und Luftschadstoffen, geringes bei Lärmemissionen. Es wird eine Untersuchung unterstützender Maßnahmen zur Durchdringungsförderung und möglicher lokaler Wirkungen empfohlen.                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 2.3     | Adaptive Verkehrssteuerung                                                                                                                          | Mittleres Emissionsreduktionspotential. Eine vergleichende Untersuchung verschiedener Steuerungsstrategien wird empfohlen. Die Lärmreduktion kann lokal und kurzfristig betrachtet wesentlich höher sein, hierzu wäre eine gesonderte Untersuchung zu empfehlen. Achtung: Diese Maßnahme kann bei entsprechender Umsetzung auch zu kontraproduktiven Effekten führen. Fließender Verkehr kann Attraktivität des motorisierten Individualverkehrs (MIV) steigern und zu einer Verkehrszunahme führen. |
| 2.4     | Die CO <sub>2</sub> Karte - Kooperative Systeme städtischer Verkehrskontrollen zur Reduktion von Kraftstoffverbrauch und CO <sub>2</sub> Emissionen | Hohes Emissionsreduktionspotential bei CO <sub>2</sub> und Luftschadstoffen, geringes bei Lärmemissionen. Problematisch ist die konkrete Ausgestaltung eines solchen CO <sub>2</sub> -Zertifikats- bzw. Punktesystems. Weiterführende Studien zu den vielen offenen Implementierungsfragen werden empfohlen.                                                                                                                                                                                         |
| 2.5     | Gebührenbedingte dynamisch Steuerungsmaßnahmen für innerstädtischen Bereich                                                                         | Die Maßnahme zeigt mittlere Emissionsreduktionen für CO <sub>2</sub> /Luftschadstoffe und lokal (in der betroffenen Zone) vergleichsweise hohe für Lärmemissionen. Detaillierte Vergleichsstudien auch bezüglich Umsetzbarkeit und möglichen Verlagerungseffekten werden empfohlen.                                                                                                                                                                                                                  |
| 2.6     | Verkehrssteuerung auf Basis vollelektronischer Mautsysteme mit variablen und dynamischen Tarifen zur Stauvermeidung und Luftreinhaltung             | Hohes Emissionsreduktionspotential bei CO <sub>2</sub> und Luftschadstoffen, mittleres bei Lärmemissionen. In Variante B) (Szenario 6.2) sind hohe lokale Belastungen durch Ausweichverkehr möglich. Es wird eine Untersuchung von Implementierungsvarianten empfohlen.                                                                                                                                                                                                                              |

| Kapitel | Titel der Maßnahme                                                                                                                                     | Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         |                                                                                                                                                        | Überdies wäre der Technologieaufwand von Variante A im Vergleich zu anderen Maßnahmen untersuchen (z.B. Einhebung der Maut über die MÖST).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 2.7     | Access Control Restricted Areas                                                                                                                        | In der untersuchten Ausprägung nur sehr geringes Emissionsreduktionspotential.<br>Für eine Erhöhung der Maßnahmenwirksamkeit ist eine effektive Fahrleistungsreduktion im MIV oder einer Verlagerung auf besonders umweltfreundliche Fahrzeuge notwendig.<br>Ausnahmegenehmigungen und Umstieg auf neuere Fahrzeuge reduzieren die Wirksamkeit erheblich.<br>Weiterführende Untersuchungen für einen relativ hohen Anteil von Zero-Emission-Fahrzeugen (z.B. Elektrofahrzeuge) werden empfohlen.                          |
| 2.8     | Ressourcensteuerung im P&R-Bereich                                                                                                                     | Mittleres Emissionsreduktionspotential bei CO <sub>2</sub> und Luftschadstoffen, geringes bei Lärmemissionen.<br>Es muss auch die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, dass lokal mehr MIV entsteht (Parkplatzsuchverkehr der nicht mehr Parkberechtigten).<br>Es wird eine erweiterte Untersuchung anhand konkreter, lokalisierter Fallstudien empfohlen.                                                                                                                                                             |
| 3.1     | Beeinflussung des Fahrverhaltens durch aktive Wetterinformation                                                                                        | Derzeit keine quantitative Beurteilung möglich. Aufgrund der komplexen Zusammenhänge und der Wirkungen auf Modal Shift und individuelle Mobilitätsentscheidungen kann diese Maßnahme im Rahmen von CLIMATE nicht in der notwendigen quantitativen und qualitativen Tiefe bearbeitet werden.<br>Es wird empfohlen, diese Maßnahme unter zusätzlicher Einbeziehung regionaler Mobilitätsanbieter und unter Beiziehung einer verkehrspsychologischen wissenschaftlichen Institution in einer separaten Studie zu bearbeiten. |
| 3.2     | Adaptive Verkehrssteuerung: Kontrollsysteme / Ampelsteuerungen anhand von Fahrzeugcharakteristika zur Vermeidung ineffizienter Beschleunigungsvorgänge | Wurde teilweise mit „Adaptive Verkehrssteuerung“ verschmolzen und in 2.3 behandelt. Ansonsten derzeit keine quantitative Beurteilung möglich. Die Maßnahme wird zwar als interessant eingestuft, die derzeit zur Verfügung stehenden Daten sind jedoch noch unzureichend.                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 3.3     | HOT Lane                                                                                                                                               | Derzeit keine quantitative Beurteilung möglich. Die Maßnahme wird zwar als interessant eingestuft, die im Rahmen von CLIMATE verfügbaren Daten waren für eine quantitative Beurteilung der Umweltauswirkungen jedoch noch unzureichend. Es wird empfohlen, da diese Maßnahme in anderen Ländern weit verbreitet ist, diese in einer separaten Studie unter Einbeziehung einer umfassenden Literaturrecherche zu bearbeiten.                                                                                               |
| 3.4     | Elektronische Dynamische Parkraumbewirtschaftung                                                                                                       | Derzeit keine quantitative Beurteilung möglich. Nach Rücksprache mit den Industriepartnern konnte ein grundsätzliches Interesse an der Thematik festgestellt werden. Leider ist die Datenlage derzeit nicht ausreichend. Es wird empfohlen diese Maßnahme in einer separaten Studie erneut zu bearbeiten.                                                                                                                                                                                                                 |



| Kapitel | Titel der Maßnahme                 | Empfehlungen                                                                                                                                                           |
|---------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3.5     | Anschlussicherungssysteme          | Für eine quantitative Analyse ist die derzeitige Datenlage nicht ausreichend.<br>Eine vertiefte Betrachtung dieser Maßnahme als eigenständiges Projekt wird empfohlen. |
| 3.6     | Elektronisches Ticketing & Payment | Für eine quantitative Analyse ist die derzeitige Datenlage nicht ausreichend.<br>Eine vertiefte Betrachtung dieser Maßnahme als eigenständiges Projekt wird empfohlen. |

**Anmerkung:** Im Hinblick auf die in CLIMATE ermittelten Lärmemissionsreduktionen ist festzustellen, dass diese generell niedrig sind (siehe Tabelle 1). Die Einordnung der Lärmwirkungen in Tabelle 22 als hohes, mittleres oder niedriges Emissionsreduktionspotential ist daher nur relativ zu den Ergebnissen für andere Maßnahmen in CLIMATE zu verstehen.

Die Ergebnisse von CLIMATE zu den Emissionsreduktionspotentialen verkehrstelematischer Maßnahmen stellen einen möglichen Ausgangspunkt für weiterführende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu folgenden Themen dar:

1. Erweiterung der CLIMATE-Untersuchungen auf weitere verkehrstelematische Maßnahmengruppen, sobald ausreichende Daten vorliegen oder Erhoben werden können
2. Vertiefende Untersuchungen zu einzelnen Maßnahmen auf der Basis detaillierter und umfassenderer Daten
3. Detaillierte Untersuchung der Umsetzungsvorbedingungen für Maßnahmen mit hohem Potential
4. Demonstrationsprojekte zu vielversprechenden Maßnahmen
5. Fallstudien anhand konkreter Beispiele zu einzelnen Maßnahmen
6. Untersuchung der Synergien und Wechselwirkungen der Maßnahmen
7. Weiterentwicklung der Möglichkeiten zur Modellierung der Umweltauswirkungen verkehrstelematischer Maßnahmen und Applikationen

Die Berücksichtigung der CLIMATE-Ergebnisse in weiteren Initiativen und Forschungsprogrammen zur Unterstützung von Klimaschutzzielen im Bereich Verkehr wird daher empfohlen.

## 6 Literaturverzeichnis

### 6.1 Allgemeine Literatur

- [1] EC-METI Task Force. Methodologies for assessing the impact of ITS applications on CO<sub>2</sub> emissions, Technical report V 1.0, March 2009
- [2] Ergebnisse der Österreichischen Luftschadstoff-Inventur 1990-2009, Prognose bis 2030
- [3] Infras 2010: Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA), Version 3.1. Bern/Zürich
- [4] OLI 2010: Ergebnisse der Österreichischen Luftschadstoff-Inventur 1990-2009, Prognose bis 2030
- [5] Umweltkontrollbericht 2010 des UBA, Kapitel 9 Lärm
- [6] Handbuch Umgebungslärm des Lebensministeriums
- [7] RVS 04.02.11, Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau (RVS) 04.02.11 Lärmschutz, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr ([www.fsv.at](http://www.fsv.at)), Ausgabe vom 1. April 2006 inklusive 1. Abänderung 2008 und 2. Abänderung 2009

### 6.2 Literatur zur Maßnahme Dynamische umweltbedingte Verkehrsbeeinflussung (IG Luft / Lärm)

- [8] Immissionsschutzgesetzes-Luft (IG-L), Bundesgesetz zum Schutz vor Immissionen durch Luftschadstoffe, mit dem die Gewerbeordnung 1994, das Luftreinhaltegesetz für Kesselanlagen, das Berggesetz 1975, das Abfallwirtschaftsgesetz und das Ozongesetz geändert werden (Immissionsschutzgesetz – Luft, IG-L), BGBl. I Nr. 115/1997
- [9] Reihe Verkehr in Österreich, Heft 40, Verkehrsunfallstatistik 2007, Herausgegeben vom Kuratorium für Verkehrssicherheit (KfV), BMI, AUVA, Wien im Mai 2008
- [10] Ergebnisse der Österreichischen Luftschadstoff-Inventur 1990-2009, Prognose bis 2030, Inland Motorway
- [11] ÖAMTC: Daten zu Tempolimits auf <http://www.oeamtc.at/?id=2500,1121975>
- [12] Statistik Straße und Verkehr 2010, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Abteilung II/ST1A-1030 Wien, Radetzkystraße 2, [http://www.bmvit.gv.at/service/publikationen/verkehr/strasse/downloads/statistik\\_strasseverkehr10.pdf](http://www.bmvit.gv.at/service/publikationen/verkehr/strasse/downloads/statistik_strasseverkehr10.pdf)

[13] A2 Süd Autobahn Bereich Gleisdorf, Immissionsgesteuerte Verkehrsbeeinflussungsanlage, Tiefenthaler et al. , 2000

[14] Umweltrechtsanpassungsgesetz 2005, BGBl. I Nr. 34/2006

[15] IG-L VBA Tirol, LGBl. Nr. 19/2009

[16] IG-L VBA Salzburg, LGBl. Nr 89/2008

[17] IG-L VBA Steiermark, LGBl. Nr. 70/2009

[18] IG-L VBA Oberösterreich, LGBl. Nr. 101/2008

[19] A 2 Süd Autobahn, Gleisdorf-Süd bis Gleisdorf-West, Multifunktionale Lärmschutzanlage Gleisdorf, Verordnung GZ. BMVIT-138.002/0002-II/ST5/2009

[20] Verkehrsbeeinflussungsanlage A 12 Inntal Autobahn, Verordnung GZ. BMVIT-138.012/0004-II/ST5/2009

### **6.3 Literatur zur Maßnahme Urbanes Verkehrsmanagement / Regionales Verkehrsmanagement**

[21] Stadtpsychologische Praxis Cornelia EHMAYER: ITS-Works Testlabor, Ergebnisbericht zu AP3. Oktober 2010.

[22] Rosinak & Partner: Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt ITSworks – intelligente Verkehrssysteme wirken! Präsentation zum 4. Transdisziplinärer Workshop 22. Oktober 2010

[23] Ausgewählte Ergebnisse zur ersten Welle der Delphi-Befragung im Rahmen des Projekts ITSworks, Institut für Publizistik- und Kommunikationswissenschaft, Universität Wien, 2009.

[24] Ergebnisse der zweiten Delphi-Befragungswelle zu „Intelligenten Verkehrsinformationssystemen“ im Rahmen des Projekts ITSworks, Institut für Publizistik- und Kommunikationswissenschaft, Universität Wien, 2010.

[25] Präsentation: Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt ITSworks – intelligente Verkehrssysteme wirken! , Oktober 2010.

[26] Verkehr in Zahlen 2007, bmvit, HERRY

[27] Verkehrsplanung und Mobilität, Vorlesungsskriptum, Universität für Bodenkultur  
[http://www.rali.boku.ac.at/fileadmin/\\_/H85/H856/Downloads\\_Skripten/C\\_Verkehrsnachfrage\\_856102\\_2010\\_10\\_13.pdf](http://www.rali.boku.ac.at/fileadmin/_/H85/H856/Downloads_Skripten/C_Verkehrsnachfrage_856102_2010_10_13.pdf)

## **6.4 Literatur zur Maßnahme Adaptive Verkehrssteuerung**

[28] GAVe: Grazer Adaptive Verkehrssteuerung, 2010

[29] A New Method to Calculate Emissions with Simulated Traffic Conditions, 13th International IEEE, K. Hirschmann, M. Zallinger, M. Fellendorf, S. Hausberger, Annual Conference on Intelligent Transportation Systems Madeira Island, Portugal, September 19-22, 2010.

[30] Projekt Travolution, <http://www.travolution-ingolstadt.de/index.php?id=69>

[31] Projekt IMAGINE, <http://www.imagine-project.org/>

## **6.5 Literatur zur Maßnahme „Die CO<sub>2</sub> Karte - Kooperative Systeme zur Reduktion von Kraftstoffverbrauch und CO<sub>2</sub> Emissionen“**

[32] S., Roberts / J. Thumium (2006): A rough guide to individual carbon trading. The ideas, the issues and the next steps. Report to DEFRA. 2006

[33] Europäisches Parlament und Rat (2009): Entscheidung über die Anstrengungen der Mitgliedstaaten zur Reduktion ihrer Treibhausgasemissionen mit Blick auf die Erfüllung der Verpflichtungen der Gemeinschaft zur Reduktion der Treibhausgasemissionen bis 2020. Entscheidung Nr. 406/2009/EG

[34] Grundlagen zum Projekt Energiewirtschaftliche Inputdaten und Szenarien als Grundlage zur Erfüllung der Berichtspflichten des Monitoring Mechanisms. Synthesebericht 2011 - noch nicht veröffentlicht

[35] GEMIS Österreich 4.5

## **6.6 Literatur zur Maßnahme Gebührenbedingte dynamische Steuerungsmaßnahmen für innerstädtischen Bereich (City Maut)**

[36] City of Stockholm and Stockholm and Uppsala County Air Quality Associations (2006): SLB analys - The Stockholm Trial - Effects on Air Quality and Health. Stockholm 2006

[37] City of Stockholm Traffic Administration (2009): Analysis of traffic in Stockholm with special focus on the effects of the congestion tax, 2005-2008. Stockholm 2009

[38] Transport for London, Congestion Charging Impacts monitoring, Sixth Annual Report, July 2008; Prof. Staffan Algers, The Stockholm Congestion Charging Trial, 2007.

[39] Präsentation: The Stockholm Congestion Charging Trial, Prof. Staffan Algers, 2007

[40] Rexeis, M. et al. (2009): Auswirkungen der Umweltzone "Variante 3" auf Verkehrsaufkommen und Kfz-Emissionen im Sanierungsgebiet Großraum Graz. Erstellt im Auftrag vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung. Graz 2009

[41] Wohnbevölkerung der Innenstadt-Bezirke von Linz und Salzburg, Linz: [http://www.linz.at/zahlen/010\\_Stadtgebiet/](http://www.linz.at/zahlen/010_Stadtgebiet/), Salzburg: [http://www.stadt-salzburg.at/internet/themen/bildung\\_forschung/t2\\_166113/t2\\_166995/t2\\_167000/t2\\_94468/t2\\_152180/statistische\\_zaehlbezirke\\_und\\_zaehtspren\\_251948.htm](http://www.stadt-salzburg.at/internet/themen/bildung_forschung/t2_166113/t2_166995/t2_167000/t2_94468/t2_152180/statistische_zaehlbezirke_und_zaehtspren_251948.htm)

[42] Statistik Austria (2010): Österreichs Städte in Zahlen. Hrsg. Statistik Austria und Österreichischer Städtebund, Wien 2010

[43] Grundlagen zur Luftschadstoff-Inventur Österreich - Prognosedaten des Umweltbundesamts

### **6.7 Literatur zur Maßnahme Verkehrssteuerung auf Basis vollelektronischer Mautsysteme mit variablen und dynamischen Tarifen zur Stauvermeidung und Luftreinhaltung (Road Pricing)**

[44] K., Steininger et al. (2007). Klimaschutz, Infrastruktur und Verkehr. Nr. 175. Kammer für Arbeiter und Angestellte für Wien. Wien 2007

[45] DYNAMIC TOLLING: Next-generation traffic management allowing to reduce traffic congestion and air emission by dynamically adapting toll tariffs of electronic toll collection systems, P. Ummenhofer et al. 2009.

[46] DYNAMIC TOLLING – A MODELLING APPROACH, Reiter et al.

### **6.8 Literatur zur Maßnahme Access Control Restricted Areas**

[47] London Low Emission Zone Feasibility Study. Phase II. Final Report

[48] Lutz et al: Ein Jahr Umweltzone Berlin: Wirkungsuntersuchungen. 2009

[http://www.berlin.de/sen/umwelt/luftqualitaet/de/luftreinhalteplan/download/umweltzone\\_1jahr\\_bericht.pdf](http://www.berlin.de/sen/umwelt/luftqualitaet/de/luftreinhalteplan/download/umweltzone_1jahr_bericht.pdf)

[49] Jones et al: Service Contract for "ex post" evaluation of short term and local measures in the CAFE context. 2005

[50] Informationen zur Umweltzonen in Schweden

[http://www.lowemissionzones.eu/images/stories/pdf\\_jan2010/Miljozon%20DE%202009.pdf](http://www.lowemissionzones.eu/images/stories/pdf_jan2010/Miljozon%20DE%202009.pdf)

[51] Transport for London: Low Emission Zone, Impacts Monitoring, Baseline Report 2008

[52] Sind Umweltzonen sinnvoll? , Illini, ÖVK 2011

[53] FEINSTAUB GRAZ DISKUSSIONSGRUNDLAGE ZU KOSTEN UND WIRKSAMKEIT DER UMWELTZONE GRAZ STAND: 16. AUGUST 2010, F. Prettenthaler, C. Habsburg-Lothringen, V. Richter, 2010

[54] Auswirkung einer Umweltzone auf die Kfz-Emissionen im Sanierungsgebiet Großraum Graz, Report Nr. I-08/2008 Rex-Em 11/08/679 vom 31.8.2008.

[55] Auswirkung der Umweltzone „Variante 3“ auf Verkehrsaufkommen und KFZ-Emissionen im Sanierungsgebiet Großraum Graz, Bericht Nr. I-19/09/Rex Em 23/09/679 vom 23.12.2009.

[56] Österreichs Städte in Zahlen 2010, Statistik Austria

## 6.9 Literatur zur Maßnahme Ressourcensteuerung im P&R-Bereich

[57] Mobilität in Niederösterreich: Ergebnisse der landesweiten Mobilitätsbefragung 2008.

[58] Mobilität in Vorarlberg Ergebnisse der Verkehrsverhaltensbefragung 2008

[59] Verkehr in Zahlen Österreich, Ausgabe 2007.

[60] Pendeln in Niederösterreich: Zahlen und Fakten 2009.

[61] Erwerbstätige 1971 bis 2001 nach Entfernungskategorie und Bundesländern, Statistik Austria, 2007.

[62] Tagespendler/-innen 1971 bis 2001 nach Verkehrsmittel und Bundesländern, Statistik Austria, 2007.

[63] Datenauswertung der videobasierten Erfassung bei der P&R in Baden im Zeitraum vom 15. Mai 2008 bis 29. Mai 2008. Belegung, Verweildauer, Tagesgang nach politischen Bezirk.

[64] PendlerInnen und Infrastruktur-Ausbau in der Ostregion, Ergebnisse der AK-Befragung 2009/2010, Thomas Hader.

[65] "STAU-Wien" Stadt-Umlandbeziehungen in der Region Wien: Siedlungsentwicklung, Interaktionen und Stoffflüsse - Teil A, W. Loibl et. al. 2002.

[66] I2-ÖPNV Intermodaler Informations- und Buchungsdienst im öffentlichen Personennahverkehr, Endbericht 2008.

[67] Daten zur Park & Ride Anlage Erdberg, <http://www.apcoa.at>

[68] Händische Straßenverkehrszählung 2005 in Wien – Verkehrsentwicklung, Magistrat der Stadt Wien, MA 18 - Stadtentwicklung und Stadtplanung, Bearbeitung durch AG Fußeis - arealConsult,

<http://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/projekte/verkehrsplanung/strassen/pdf/verkehrsentwicklung.pdf>

### **6.10 Literatur zur Maßnahme HOT Lane**

[69] Automated Vehicle Occupancy Monitoring Systems for HOV / HOT Facilities, Final Report, McCormick Rankin Corporation, Ontario, 2004

[70] Bay Area HOV Lanes, annual report 2008, California Department of transportation, Oakland, 2008

### **6.11 Literatur zu den Maßnahme Anschlusssicherungssysteme und Elektronisches Ticketing & Payment**

[71] VCÖ-Projekt Telematikanwendungen im Öffentlichen Verkehr und deren Nutzen für Kundinnen und Kunden, September 2010.

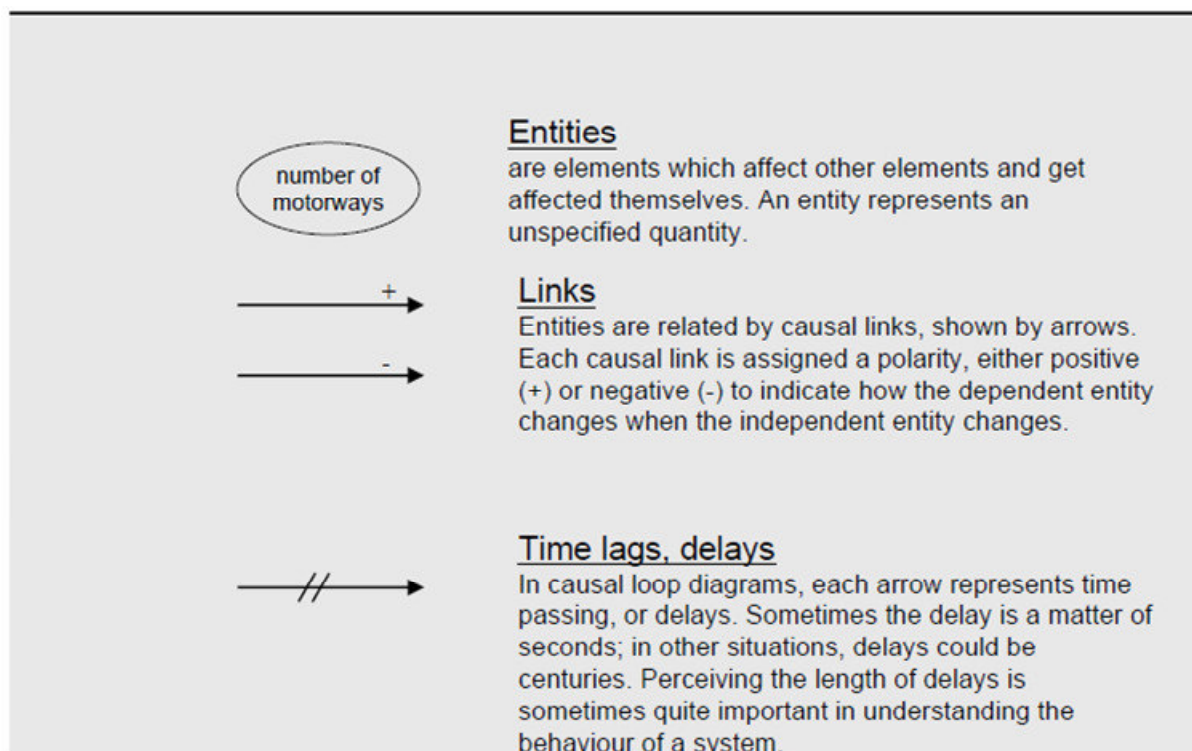


## 7 Anhang

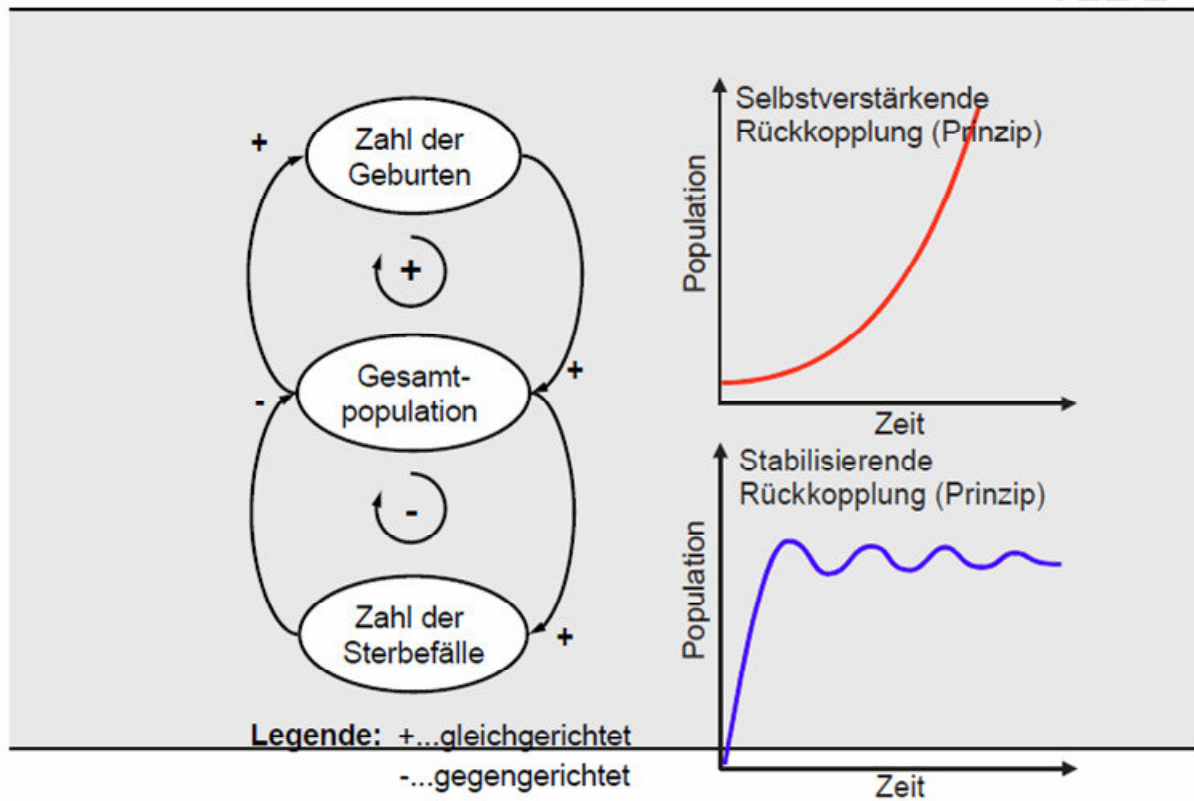
### 7.1 Causal Loop Diagramme

- „Elemente“ werden durch Pfeile zu geschlossenen Schleifen miteinander verbunden.
- Pfeile repräsentieren kausale Wirkungen (Links). Jeder kausalen Wirkung ist eine Polarität zugewiesen.
- Ein **positiver Link** bedeutet, dass eine **Steigerung der Ausgangsgröße** eine **Steigerung der Folgewirkung** verursacht. Eine Verminderung der Ausgangsgröße bewirkt eine Verminderung der Folgewirkung.
- Ein **negativer Link** bedeutet, dass eine **Steigerung der Ausgangsgröße** eine **Verminderung der Folgewirkung** verursacht. Eine Verminderung der Ausgangsgröße bewirkt eine Steigerung der Folgewirkung.

#### 7.1.1 Verwendete Symbolik



### 7.1.2 Beispiel



### 7.1.3 Allgemeine Annahmen:

- steigende ÖV Benutzung verringert MIV Benutzung
- steigende ÖV Benutzung verringert Umweltbelastung

## IMPRESSUM

### **Verfasser**

ATTC – Austrian Traffic Telematics Cluster  
Verein zur Förderung der Telematik  
Zieglergasse 6, Stg. 1, 6. St., Tür 601  
A-1070 Wien  
Tel.: +43 676 9090983  
E-Mail: [office@dattc.at](mailto:office@dattc.at)  
Web: [www.attc.at](http://www.attc.at)

### **Projektpartner**

- AIT – Austrian Institute of Technology GmbH (AIT Safety & Security)
- AIT Austrian Institute of Technology, Österreichisches Forschungsfond
- Prüfbzentrum Arsenal Ges.m.b.H. (AIT Mobility)
- JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH
- LOB iC GmbH
- Fachhochschule Technikum

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

Klima- und Energiefonds  
Gumpendorfer Straße 5/22  
1060 Wien  
E-Mail: [office@klimafonds.gv.at](mailto:office@klimafonds.gv.at)  
Web: [www.klimafonds.gv.at](http://www.klimafonds.gv.at)

### **Disclaimer**

Die Autoren tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieses Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider.

Weder der Klima- und Energiefonds noch die Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) sind für die Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

### **Gestaltung des Deckblattes**

ZS communication + art GmbH