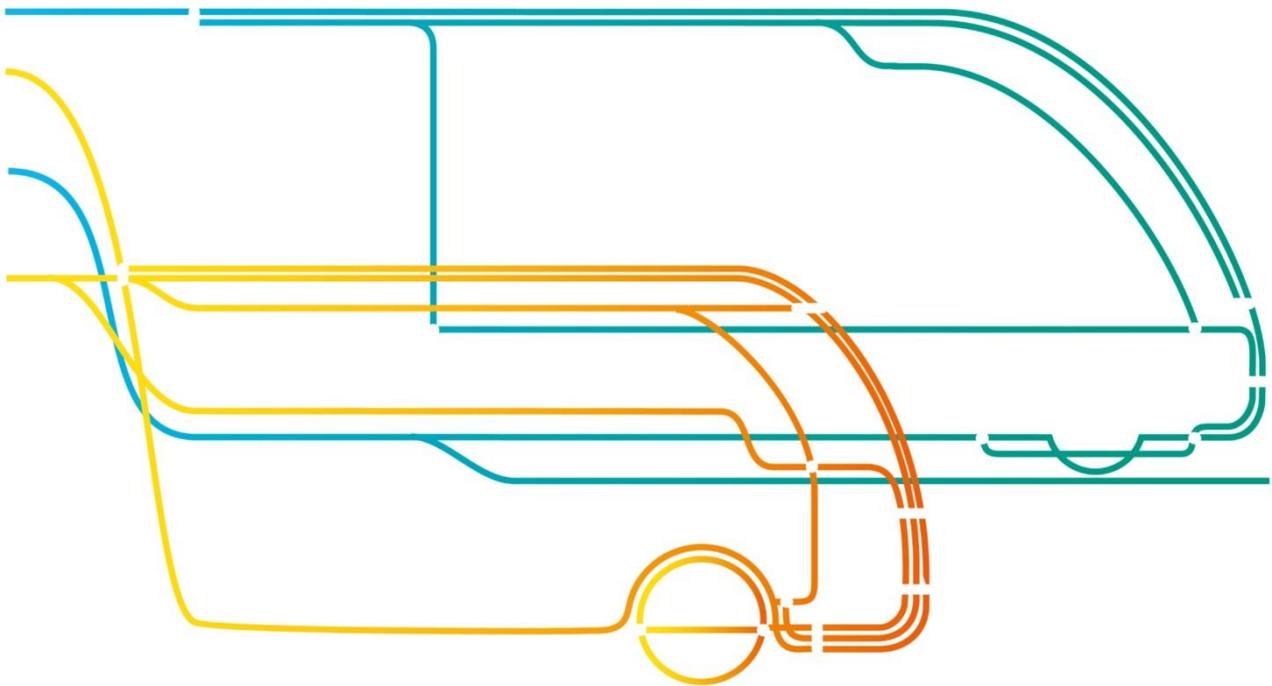




# Green City Masterplan Ludwigsburg



**Schlussbericht zu dem vom BMVI geförderten Projekt**

im Rahmen des

**Sofortprogramms Saubere Luft 2017-2020**

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Verkehr und  
digitale Infrastruktur

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## **Impressum**

### **Gesamtprojektkoordination**

Heinz Handtrack

### **Beiträge wurden verfasst von:**

Heinz Handtrack, Stadt Ludwigsburg, Referat Nachhaltige Stadtentwicklung (Projektleitung)

Steven Sonnet, Stadt Ludwigsburg, Referat Nachhaltige Stadtentwicklung

Sascha Behnsen, Stadt Ludwigsburg, Fachbereich Stadtplanung und Vermessung

Dr. Annette Hofmann, Siemens AG, Siemens CT (Projektleitung)

Florian Ansgar Jaeger, Siemens AG, Siemens CT

Marius Emanuel Held, Siemens AG, Siemens CT

Dieses Dokument ist ausschließlich für die vertrauliche Verwendung nach Maßgabe der Zuwendungsbescheide des Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur zu dem Vorhaben „Green City MasterPlan Ludwigsburg“ bestimmt.

## Inhaltsverzeichnis

|   |   |           |
|---|---|-----------|
| <b>1</b>  | <b>Problem und Zielstellung</b> .....                       | <b>1</b>  |
| <b>2</b>  | <b>Planung und Ablauf</b> .....                             | <b>3</b>  |
| 2.1   | Arbeits- und Zeitplan.....                                  | 3         |
| 2.2   | Stadtseitige regionale Planungsunterlagen .....             | 4         |
| 2.3   | Erarbeitungsprozess.....                                    | 5         |
| <b>3</b>  | <b>Luftschadstoffe und ihre Auswirkungen</b> .....          | <b>7</b>  |
| <b>4</b>  | <b>Methodisches Vorgehen mittels CyPT – Air</b> .....       | <b>8</b>  |
| <b>5</b>  | <b>Vorbereitende Arbeitspakete</b> .....                    | <b>10</b> |
| 5.1   | AP Dokumenten- und Umfeldanalyse .....                      | 10        |
| 5.2   | AP Szenarien aus Maßnahmenworkshop (Hauptmaßnahmen) .....   | 12        |
| 5.2.1   | Elektromobilität / Elektrifizierung des Verkehrs (PKW)..... | 12        |
| 5.2.2   | Verbesserung Radverkehr .....                               | 13        |
| 5.2.3   | Reaktivierung Markgröninger Bahn für Regionalbahn.....      | 14        |
| 5.2.4   | BRT-Schnellbussystem .....                                  | 14        |
| 5.3   | Sekundärmaßnahmen .....                                     | 15        |
| <b>6</b>  | <b>Maßnahmen und Bewertung nach Wirkungspotential</b> ..... | <b>16</b> |
| 6.1   | Stadtweite Betrachtung.....                                 | 16        |
| 6.1.1   | Business as Usual Szenario (BAU).....                       | 16        |
| 6.1.2   | Wirkung der Maßnahmen .....                                 | 18        |
| 6.2   | Hotspot Friedrichsraße .....                                | 22        |
| 6.2.1   | Business as Usual Szenario (BAU).....                       | 23        |
| 6.2.2   | Wirkung der Maßnahmen .....                                 | 24        |
| <b>7</b>  | <b>Zusammenfassung</b> .....                                | <b>30</b> |
| <b>8</b>  | <b>Ausblick und Anschluss Themen</b> .....                  | <b>31</b> |
| 8.1   | Anschluss Themen im Rahmen des 3. Förderauftrages.....      | 31        |
| 8.2   | Weitere innovative perspektivische Themenfelder .....       | 34        |
| <b>Anhang A (Treibhausgasemissionen)</b> .....  |   | <b>37</b> |
| <b>Anhang B (Projektsteckbriefe) 3. Förderauftrag „Digitalisierung kommunale Verkehrssysteme“</b> ..... |   | <b>43</b> |
| <b>Literaturverzeichnis</b> .....   |   | <b>52</b> |
| <b>Abbildungsverzeichnis</b> .....  |   | <b>53</b> |
| <b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....  |   | <b>54</b> |

## 1 Problem und Zielstellung

Im Rahmen des Nationalen Forums Diesel wurde der Fonds „Nachhaltige Mobilität für die Stadt“ zur Förderung von Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität von der Bundesregierung aufgelegt. Dieser dient der Unterstützung der Kommunen bei der Gestaltung nachhaltiger und lokal emissionsfreier Mobilität. Vor diesem Hintergrund hat die Bundesregierung das Sofortprogramm Saubere Luft 2017 – 2020 als Förderprogramm initiiert. Städte und Kommunen, die von einer Überschreitung der EU-Grenzwerte betroffen sind, wurden aufgerufen, einen „Masterplan für die Gestaltung nachhaltiger und emissionsfreier Mobilität“ (Green City Plan) zu erstellen.

Dieser Green City Masterplan ist eine Voraussetzung für die Inanspruchnahme der Fördergelder aus dem Sofortprogramm „Saubere Luft“ (3. Aufruf zur Förderrichtlinie „Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme“). Damit werden die aktuellen und geplanten Maßnahmen zur NO<sub>x</sub>-Reduktion strukturiert nach den Maßnahmen, die geeignet sind, die Luftqualität zu verbessern und quantitativ bewertet. Er dient zudem der Bundesregierung als Grundlage für die Förderentscheidungen. Ein Schwerpunkt bei der Förderung von Maßnahmen aus dem Bundesprogramm sind Mittel für die Digitalisierung im Verkehrs- und Mobilitätssektor.

Die **Stadt Ludwigsburg** liegt im Großraum Stuttgart, einer der verkehrsreichsten Zentren Deutschlands. Dies ist verbunden mit entsprechend hohen Belastungen aus dem Verkehr wie Stauzeiten, Emissionen oder Stickstoffdioxid-Belastungen (NO<sub>2</sub>). Durch die unmittelbare Lage der Stadt mit zwei Autobahnabfahrten hat der Durchgangsverkehr aus der Region in die Landeshauptstadt Stuttgart einen besonders hohen Anteil. Der gesetzlich festgesetzte Jahresmittel-Grenzwert von 40 µg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> wird in Ludwigsburg mit 51 µg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> als Jahresmittel-Grenzwert 2017 deutlich überschritten. Die Messwerte wurden an der Friedrichstraße in Ludwigsburg aufgenommen und über das Landesamt für Natur-, Umwelt- und Verbraucherschutz (LUBW) veröffentlicht. Neben dem Durchgangsverkehr gilt als weiterer Hauptverursacher für die NO<sub>2</sub>-Überschreitungen der lokale Verkehr.

Die Stadt Ludwigsburg verfolgt mit Nachdruck das Ziel, die Grenzwerte in der nahen Zukunft und dauerhaft einzuhalten. Neben der Steigerung der Lebensqualität sollen damit **in allererster Linie die drohenden Fahrverbote abgewendet werden** (Deutsche Umwelthilfe, 2018).

Die Klage der Deutschen Umwelthilfe (DUH) ist darauf ausgerichtet, auf richterlichen Beschluss Fahrverbote als Bestandteil der Luftreinhaltepläne zu verankern, um die Schadstoffwerte zu senken. Die Bundesrichter in Leipzig hatten dies vor dem Hintergrund der Verhältnismäßigkeit bestätigt: Fahrverbote sind in all jenen Städten möglich, die beim Stickstoffdioxid den gesetzlichen Höchstwert nicht einhalten können. Also auch in Ludwigsburg – obwohl es in den letzten Jahren

gelingen ist, den Stickstoffdioxid-Wert deutlich zu reduzieren. Die bisherigen Maßnahmen aus dem Luftreinhalteplan zeigen bereits Wirkung. Die Stadt liegt innerhalb einer Umweltzone mit bestehendem Luftreinhalteplan, für den das RP Stuttgart (Regierungspräsidium Stuttgart) zuständig ist. Nach dem Leipziger Gerichtsurteil kann dieses möglicherweise Verkehrseinschränkungen anordnen. Aufgrund der Zuständigkeit für den notwendigen Luftreinhalteplan richtet sich die Klage der DUH daher nicht primär gegen die Stadt Ludwigsburg, sondern gegen das Land Baden-Württemberg mit dem Regierungspräsidium als zuständiger Einheit. Ludwigsburg ist beigeladene Partei.

Vor diesem Hintergrund war es das Ziel, für die Stadt Ludwigsburg einen Masterplan zu erarbeiten, der durch verschiedenste Maßnahmen, angefangen von der Digitalisierung, über intelligente Verkehrssysteme bis hin zum automatisierten und vernetzten Fahren vor allem die kurzfristigen Ziele einer signifikanten Reduzierung der Emissionen verfolgt.

## 2 Planung und Ablauf

### 2.1 Arbeits- und Zeitplan

Zur Umsetzung der Projektziele wurden vier Arbeitspakete mit den entsprechenden Meilensteinen gemäß der Vorhabensbeschreibung definiert (siehe Abbildung 2.1).

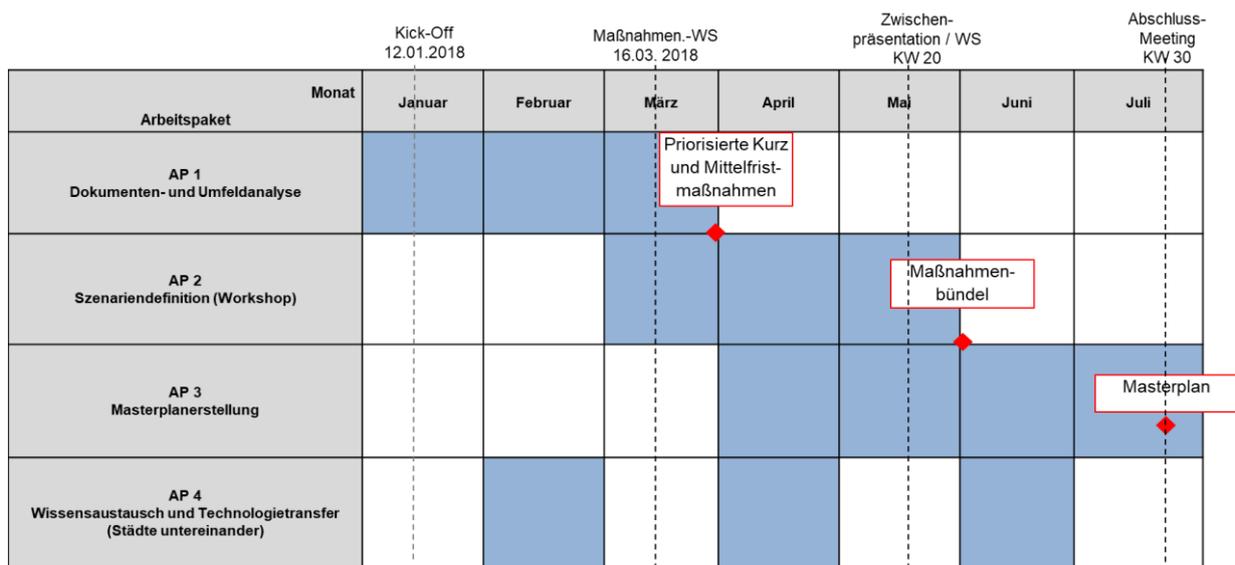


Abbildung 2.1 Zeit- und Meilensteinplan (Siemens 2018)

**Das Arbeitspaket 1** beinhaltet die Bestandsaufnahmen der verfügbaren Daten zu Luftqualität und Emissionen (Ursachen) der Stadt. Dabei lag der Fokus auf der **Identifizierung und Bereitstellung erforderlicher Daten und Dokumente** der Stadt Ludwigsburg z.B. hinsichtlich Verkehrsaufkommen, Personenverkehr, Frachtverkehr, ÖPNV.

**Im Arbeitspaket 2** erfolgte die Maßnahmendefinition. Hierzu wurden Workshops mit den entsprechenden involvierten Fachbereichen durchgeführt, um die Maßnahmen zu clustern und zu priorisieren.

Arbeitspakete 1 und 2 werden nachstehend als „vorbereitende Arbeitspakete“ für die eigentliche Erstellung des Masterplanes (AP 3) bezeichnet.

Inhalt **des Arbeitspaketes 3** war die Bewertung und **Quantifizierung des Reduktionspotentials** der ausgewählten Maßnahmen / Maßnahmenbündel sowie die Abschätzung der **kurz-, mittel- und langfristigen Luftschadstoffreduzierung**.

**Arbeitspaket 4 beinhaltet den Wissensaustausch und Technologietransfer der Städte** untereinander.

Als Mitglied in der Plattform Urbane Mobilität (PUM) ist ein Austausch mobilitätsorientierter Konzepte und die aktive Mitwirkung in stadtorientierten Projekten gewährleistet. Über das seitens der Stadt Ludwigsburg bestehende Netzwerk ist zudem sichergestellt, dass nicht nur die im Masterplan erarbeiteten Ergebnisse im Anschluss umgesetzt werden, sondern auch die Ergebnisse überregional und ggf. skalierbar als Grundlage für die Erarbeitung weiterer Masterpläne dienen können.

## 2.2 Stadtseitige regionale Planungsunterlagen

Von der Stadt Ludwigsburg wurde 2008 ein sogenannter Sachstandsbericht über Maßnahmen zur Luftreinhaltung veröffentlicht, welcher u.a. folgendes beinhaltet:

- Verkehrsverbote mit Einführung der Umweltzone zum 01.03.2008
- Umsetzung der Umweltkarte zum 01.01.2006
- Verlängerung des 15-Minuten-Taktes im S-Bahn-Netz nach 18:30 Uhr und eine Anpassung der Zugbehängung konnten wegen sinkender ÖV-Zuschüsse noch nicht umgesetzt werden
- Ausbau des S-Bahnnetzes soll ab 2010 beginnen
- Ausstattung aller Busse im ÖPNV mit einer Abgasnachbehandlung
- In Zusammenarbeit mit IHK und Unternehmen Entwicklung erster Konzepte für betriebliches Mobilitätsmanagement
- Anschaffung von Fuhrparkfahrzeugen mit den seinerzeit höchsten Abgasnormen
- Verlegung von Müllabfuhr und Straßenreinigung an Hauptverkehrsstraßen außerhalb der Hauptverkehrszeiten
- Intensivierung von Straßenbegrünung
- Intensivierung des Ausbaus von Fuß- und Radwegenetz
- Verstärkte Öffentlichkeitsarbeit zum Thema Luftreinhaltung
- Fortschreibung des **Luftreinhalteplanes** zur Minderung der PM<sub>10</sub>- und NO<sub>2</sub>-Belastungen (Entwurf Juli 2012) vom Regierungspräsidium Stuttgart.

Im Rahmen des Stadtentwicklungskonzeptes wurden für alle Planungsbereiche integrierte Pläne entwickelt und von den politischen Gremien als verbindlich für die Stadtentwicklung verabschiedet. Im Dezember 2012 wurde der **Luftreinhalte- /Aktionsplan** aktualisiert. Die Maßnahmen fußen weitgehend auf den im Sachstandsbericht verankerten Aktionsfeldern. Dieser Aktionsplan wird von der Stadt laufend fortgeschrieben.

Seitens der Stadt wurde u. a. in 2015 eine umfassende **Pendlerbefragung** durchgeführt, die als Grundlage für die weitere Entwicklung von Mobilitätskonzepten für die Gewerbegebiete, den Stadt- raum, das betriebliche Mobilitätsmanagement und insbesondere für attraktive Angebote im ÖPNV (öffentlichen Personennahverkehr) dient (Weber, D.; Wahle, J., 2016). Die Stadt Ludwigsburg hat sich intensiv an lokalen und interkommunalen Bikesharing-Modellen beteiligt und hat Fahrradstra- ßen und ein stadtweites Radwegenetz ausgewiesen und mit baulichen Maßnahmen gestaltet.

Die Stadt Ludwigsburg ist u. a. in Städtenetzwerken eingebunden, in der Region Stuttgart über den Verband Region Stuttgart (VRS) verankert und ist aktiv beteiligt in der Plattform Urbane Mobilität (PUM).

### **2.3 Erarbeitungsprozess**

Der offizielle Arbeitsprozess startete mit dem Kick-Off am 12.01.2018 in der Stadtverwaltung Lud- wigsburg, zu welchem der gesamte Projektfokus erstmals spezifiziert wurde und die Einbindung / Abgrenzung zu anderen Themen in der Verwaltung vorgenommen wurde.

Im Rahmen der Green City Masterplanerstellung wurde ein Kernteam seitens der Stadt Ludwigs- burg aus den entsprechenden Fachbereichen „Tiefbau und Grünflächen“, „Stadtplanung und Vermessung“ bzw. dem Referat „Nachhaltige Stadtentwicklung“, sowie Siemens CT (Auftragneh- mer) zusammengestellt.

Diese Akteure haben über den gesamten Projektzeitraum regelmäßig wöchentliche Telefonkonfe- renzen durchgeführt, um den Erarbeitungsstand und den Informationsaustausch zu gewährleisten sowie neu eingebrachte Vorschläge (wie z.B. die Einführung einer Busspur an der offiziellen Mess- stelle in der Friedrichstraße) zu diskutieren.

Mitte März fand mit den beteiligten Fachexperten ein gemeinsamer Workshop zur ersten Maßnah- menpriorisierung statt. Die dort erarbeiteten Inhalte bildeten eine der wesentlichen Grundlagen für die Berechnungen und Auswertungen mittels des City Performance Tool (CyPT).

Weitere wesentliche Informationen zu benötigten Dokumenten, Daten etc. wurden in Fachinterviews – z. T. auch mit den lokalen Unternehmen (wie SWLB, Fa. Lotter) oder auch dem Verkehrsverbund Stuttgart (VVS) durchgeführt. Aus der langjährigen Erfahrung und den Referenzen in anderen Städ- ten mittels CyPT konnten zudem Muster hinterlegt und Daten skaliert werden.

Die erarbeiteten Ergebnisse wurden letztlich nach mehreren Iterationsschritten bei der Gemeinderatssitzung am 25.07.2018 in Ludwigsburg vorgestellt und somit neben den Gemeinderäten auch der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.



**Abbildung 2.2** GCP-Auftaktveranstaltung (eigene Aufnahme)

### 3 Luftschadstoffe und ihre Auswirkungen

Luftschadstoffe in zu hohen Konzentrationen können gesundheitsgefährdend sein. Zu diesen Luftschadstoffen zählen unter anderem Feinstaub (PM) und Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ), Benzol, Kohlenmonoxid, Schwefeldioxid, Ruß und Schwermetalle im Feinstaub (Blei, Arsen, Kadmium und Nickel). Besonders problematisch sind Kleinstpartikel in Form von Feinstaub oder gasförmigen Verbindungen wie beispielsweise Stickstoffdioxid, bzw. dessen Abbauprodukte im Körper. Der Verkehrssektor ist ein wesentlicher Verursacher der Luftschadstoffe.

#### Stickstoffoxid

Stickstoffoxid ( $\text{NO}_x$ ) entsteht überwiegend als gasförmiges Oxidationsprodukt aus Luftstickstoff bei Verbrennungsprozessen. Im Verbrennungsprozess entstehen unterschiedliche Stickoxide (hauptsächlich NO und  $\text{NO}_2$ ). Als Grenzwert gemessen wird in den Städten  $\text{NO}_2$ . Da sich zwischen  $\text{NO}_2$  und NO nach dem Verlassen des Auspuffs über die Ozonchemie schnell ein Gleichgewicht einstellt, wird in den folgenden Abschnitten  $\text{NO}_x$  als Emission berechnet und nicht  $\text{NO}_2$ . Die wesentlichen Emittenten sind Verbrennungsmotoren und Feuerungsanlagen für Kohle, Öl, Gas, Holz und Abfälle. In Ballungsgebieten ist der Straßenverkehr die größte  $\text{NO}_x$ -Quelle - siehe (Minkos, Dauert et al., Januar 2017), so dass die Konzentrationen in der Luft in Ballungsräumen und entlang von Hauptverkehrsstraßen und Autobahnen am höchsten sind. Nähere Angaben hierzu bzw. zur gesamten Beitragsanalyse finden sich im Kapitel 6.

## 4 Methodisches Vorgehen mittels CyPT – Air

Hauptzielstellung des CyPT ist die Bewertung von unterschiedlichsten Umwelteinflüssen, wie Stickstoffdioxid, Feinstaub, Kohlendioxid oder auch Benzol.

Das von Siemens entwickelte City Performance Tool – Air (CyPT Air) basiert auf einem parametrisierten Modell, das mehr als 40 Technologien und Maßnahmen aus dem Verkehrsbereich mit unterschiedlichen Zeiträumen und Implementierungsraten bewerten kann. Ziel ist es, die Umwelteinflüsse einer Stadt durch den spezifischen Einsatz von Maßnahmen und Technologien zu verbessern. Der Schwerpunkt liegt bei der lokalen Luftschadstoffreduzierung. Mittels dieses Werkzeugs werden dabei auch die global verursachten Treibhausgasemissionen bilanziert. Letztlich hat es das Potenzial, auf lokaler Ebene neue Arbeitsplätze im Zusammenhang mit der Installation, dem Betrieb und der Wartung städtischer Lösungen zu schaffen. Dieses Tool kam unter anderem bereits sehr erfolgreich in einem Pilotprojekt 2017 in Nürnberg zum Einsatz (Jaeger, A. F. et al., Mai 2017).

Bei der Erstellung des „Green City Masterplans“ für die Stadt Ludwigsburg wird das CyPT Air eingesetzt. Mittels verschiedenster Maßnahmen und Maßnahmenbündel wird die Zielsetzung verfolgt, eine signifikante Reduzierung der Emissionen und einer damit einhergehenden nachhaltigen Verbesserung der Luftqualität zu erreichen.

Das Tool berechnet die ökologischen und ökonomischen Auswirkungen einzelner Technologien in verschiedenen Implementierungsgraden. Im Transportwesen beurteilt das CyPT beispielsweise, wie Technologien die Umweltbelastungen senken können, die Verkehrsmittelwahl ändern (öffentliche Verkehrsmittel anstelle von PKW) oder die Effizienz steigern können und dadurch die Emissionen der Stadt senken.

Das CyPT-Air ist eine Weiterentwicklung des CyPT, welches auf vier Kontinenten bereits über 20 Städten als Planungsinstrument dient und dessen Strategieberichte wertvolle Informationen für strategische Planung, Marketing und Kommunikation sowie Projektplanung liefern.

### **Der Consulting-Ansatz mittels CyPT Air ist strukturiert in folgende Schritte:**

- Datensammlung
- Analyse des Verkehrssystems, dessen Luftschadstoff- und CO<sub>2</sub>-Emissionen (Baseline)
- Entwicklung eines Business as Usual-Szenarios (BAU)
- Beitragsanalysen
- Identifikation potentieller Maßnahmen zur Emissionsreduktion

- Quantitative Bewertung und Priorisierung der Maßnahmen hinsichtlich ihrer Reduktionspotentiale
- Definition von Szenarien bzw. Maßnahmenkomplexen

## 5 Vorbereitende Arbeitspakete

### 5.1 AP Dokumenten- und Umfeldanalyse

Abbildung 5.1 visualisiert beispielhaft das Front-End (Eingabemaske) für die Erfassung der einzelnen Daten zu den Verkehrsträgern, den Serviceanteilen, der Auslastung etc.

| Transportbedarf  |                                     | Service Anteile an der Taxiflotte                                       |       |       |       |
|--|-------------------------------------|---|-------|-------|-------|
| Personentransportbedarf Stadt pro Jahr   | Personen kilometer pro Jahr [pkm/a] | 0   | 0     | 0     | 0     |
| Fracht im-und Exporte pro Jahr auf Straße und Schiene                            | Tonnenkilometer pro Jahr [tkm/a]    | 0   | 0     | 0     | 0     |
| Frachttransportbedarf Stadtkern pro Jahr: Straße und Schiene                     | Tonnenkilometer pro Jahr [tkm/a]    | 0   | 0     | 0     | 0     |
| <b>Anteil der Verkehrsträger an den Personenkilometern bzw. Tonnenkilometern</b> |                                     | <b>Service Anteil an der Taxiflotte</b>                                 |       |       |       |
| <b>Anteil am Personenverkehr</b>   |                                     | Parameter als Fahrlingsanteile-0 oder Flottenanteile +1 [0 oder 1]      |       |       |       |
| Fußgänger  | Prozent (0 bis 100%)                | 0,00%   | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Fahrrad  | Prozent (0 bis 100%)                | 0,00%   | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Regional Bahn  | Prozent (0 bis 100%)                | 0,00%   | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| U-Bahn & S-Bahn  | Prozent (0 bis 100%)                | 0,00%   | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Straßenbahn  | Prozent (0 bis 100%)                | 0,00%   | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Bus Schnellverkehr   | Prozent (0 bis 100%)                | 0,00%   | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Bus  | Prozent (0 bis 100%)                | 0,00%   | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Taxi   | Prozent (0 bis 100%)                | 0,00%   | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Motorrad   | Prozent (0 bis 100%)                | 0,00%   | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Auto   | Prozent (0 bis 100%)                | 0,00%   | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| <b>Anteil am Frachtverkehr</b>   |                                     | <b>Frachtverteiler/Transporter</b>                                      |       |       |       |
| LWK  | Prozent (0 bis 100%)                | 0,00%   | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Fracht Bahn  | Prozent (0 bis 100%)                | 0,00%   | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| <b>Service Anteile</b>   |                                     | Parameter als Fahrlingsanteile-0 oder Flottenanteile +1 [0 oder 1]      |       |       |       |
| <b>Service Anteil an der Busflotte</b>   |                                     | <b>Frachtzuganteile</b>   |       |       |       |
| Elektro Bus  | Prozent (0 bis 100%)                | 0,00%   | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Hybrid Bus   | Prozent (0 bis 100%)                | 0,00%   | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Diesel Bus   | Prozent (0 bis 100%)                | 0,00%   | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Erdgas (CNG) or LPG Buses  | Prozent (0 bis 100%)                | 0,00%   | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| <b>Auslastung</b>  |                                     | <b>Absolute Kapazitätsauslastung</b>                                    |       |       |       |
| <b>Relative Kapazitätsauslastung</b>   |                                     | Motorrad  |       |       |       |
|  |                                     | Anz. Personen pro Fahrzeug [pF]   |       |       |       |
|  |                                     | 1,05  |       |       |       |
|  |                                     | Auto  |       |       |       |
|  |                                     | Anz. Personen pro Fahrzeug [pF]   |       |       |       |
|  |                                     | 1,39  |       |       |       |
|  |                                     | Taxi (durchschnittliche Personenzahl ohne Fahrer inklusive Leerfahrten) |       |       |       |
|  |                                     | 0,85  |       |       |       |
|  |                                     | Bus   |       |       |       |
|  |                                     | Anz. Personen pro Fahrzeug [pF]   |       |       |       |
|  |                                     | 10,73   |       |       |       |
|  |                                     | Bus Schnellverkehr  |       |       |       |
|  |                                     | Anz. Personen pro Fahrzeug [pF]   |       |       |       |
|  |                                     | 0,00  |       |       |       |
|  |                                     | Regional-Bahn   |       |       |       |
|  |                                     | Prozent (0 bis 100%)  |       |       |       |
|  |                                     | 36,0%   |       |       |       |
|  |                                     | S-Bahn  |       |       |       |
|  |                                     | Prozent (0 bis 100%)  |       |       |       |
|  |                                     | 18,0%   |       |       |       |

Abbildung 5.1 Vorlage zur Dateneingabe (Siemens 2018)

Zur Feststellung des Status quo kann so im ersten Schritt die Baseline berechnet werden, z. B. bzgl. Personenkilometer, Tonnenkilometer, Kapazitätsauslastungen (siehe Abbildung 5.2).

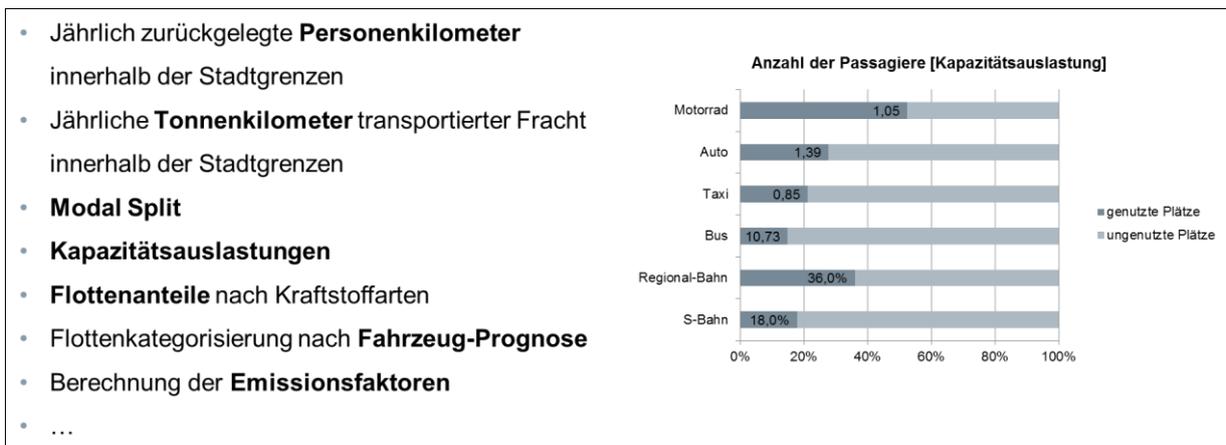


Abbildung 5.2 Analyse des Verkehrssystems (Baseline) (Siemens 2018)

Der Personenverkehr wird durch den motorisierten Individualverkehr dominiert. Dies spiegelt sich auch im modalen Split wieder. Über 80 % der zurückgelegten Personenkilometer werden mit dem PKW absolviert (siehe Abbildung 5.3).

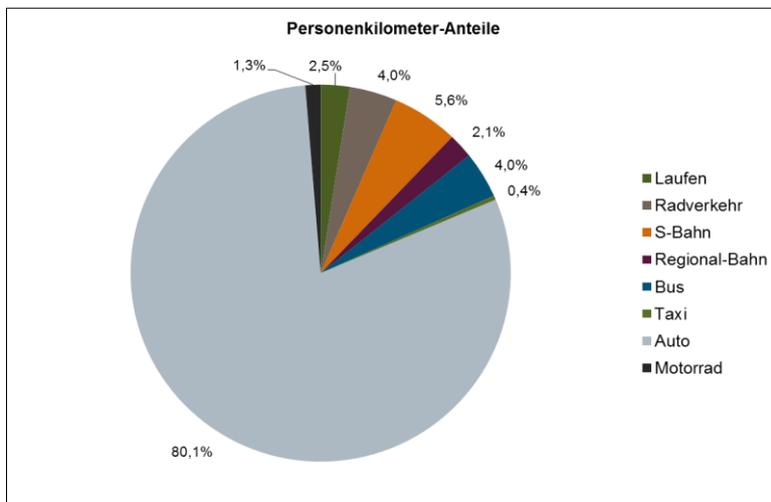


Abbildung 5.3 Transport Modaler Split Passagiere (Siemens 2018)

Abbildung 5.4 zeigt eine Gegenüberstellung von Personenkilometern und Wegekilometern. Dies ist wichtig auseinanderzuhalten, da generell mit Personenkilometern gerechnet wird, da die Abbildung der Wegeanteile eher positiv erscheint.

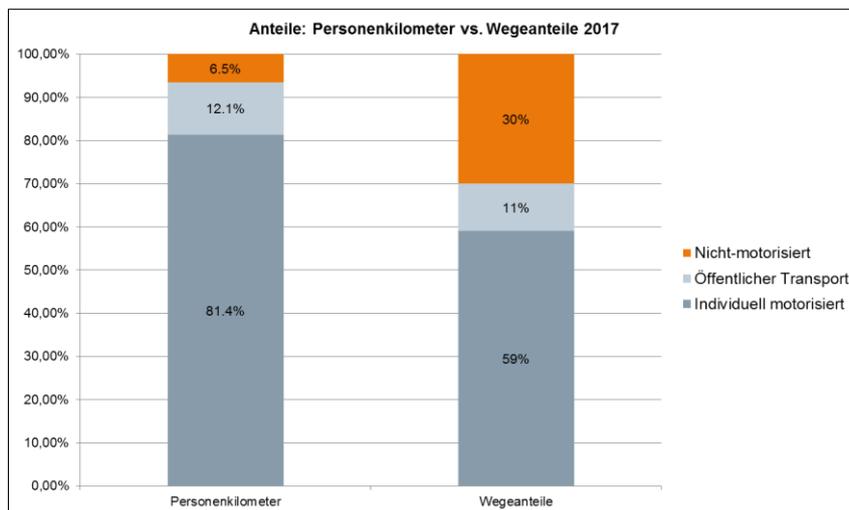


Abbildung 5.4 Vergleich Modal Split nach Personen-km und Wegeanteilen (Siemens 2018)

## 5.2 AP Szenarien aus Maßnahmenworkshop (Hauptmaßnahmen)

In einem Szenarienworkshop wurden die bis dahin identifizierten Hauptmaßnahmen mit den entsprechenden Fachbereichen der Stadt spezifiziert und priorisiert. Zusammengefasst wurden folgende Angaben erhoben und Annahmen getroffen:

### 5.2.1 Elektromobilität / Elektrifizierung des Verkehrs (PKW)

#### Elektromobilität

Seitens der Automobilhersteller gibt es massive Anstrengungen, die Modellpalette im Bereich der Elektrofahrzeuge kurz- und mittelfristig zu erweitern sowie die immer wieder genannten technischen Herausforderungen, z. B. Reichweite und Ladedauer, und die Kosten für die Anschaffung zu lösen. **Auf der kommunalen Seite besteht die Herausforderung im kontinuierlichen Ausbau der Ladeinfrastruktur** im öffentlichen Raum neben den vom Bund und von Herstellergemeinschaften initiierten Förder- und Investitionsprogrammen für Schnellladesäulen (50 kW und höher), die in der Hauptsache auf die Ladeinfrastruktur entlang der Hauptrouten abzielen. Neben der Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum ist der Ausbau von Ladepunkten im privaten Bereich und auf Parkflächen von Unternehmen im besonderen Fokus, da die Fahrzeuge dort jeweils am längsten abgestellt werden.

#### Elektrifizierung der Flotten

Ludwigsburg ist neben Stuttgart in der Region bereits Vorreiter beim Ausbau der Ladeinfrastruktur. Für E-Taxis, E-Carsharing, im Wohnbereich und auf Parkplätzen in den Gewerbegebieten ist ein intensiver Ausbau der Ladeinfrastruktur vorgesehen. Folgende Ausbaustufen lagen zum Zeitpunkt der Masterplanerstellung vor:

- Weitere 30 E-Fahrzeuge für kommunalen Fuhrpark inkl. erforderlicher Ladeinfrastruktur
- Elektrobusse (ÖPNV): 5 Elektrobusse inklusive Ladeinfrastruktur
  - ab 2020 Jährlich 5 neue Elektrobusse (bis 2025)
- Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur: 30 Ladesäulen
- E-Carsharing: 5 Ladesäulen
- E-Taxis: 5 Ladesäulen

Mit der Integration von E-Fahrzeugen in ein quartiersbezogenes E-Carsharing-Konzept können neben Emissionsreduzierungen auch die Verringerung der Zulassung von Privatfahrzeugen erreicht

werden. Auf Basis des Elektromobilitätsgesetzes werden im öffentlichen Raum Parkplätze speziell für Elektrofahrzeuge durch Entfall der Parkgebühren privilegiert.

Stadtmobil Ludwigsburg ist eine Filiale der stadtmobil carsharing AG in Stuttgart. Diese betreibt und unterhält insgesamt 24 Fahrzeuge in Ludwigsburg.

- bis 2020: Vorhandene Carsharing Plätze erweitert und mit Ladesäule ausgestattet
- Aufstockung auf 42 Fahrzeuge, davon max.10% elektrisch
- bis 2025: 50% elektrisch

Zusätzlich zu diesen spezifischen Angaben, wurden für die CyPT – Berechnungen die von den Fahrzeugherstellern angenommenen (prognostizierten) Angaben bezüglich des Hochlaufes der Elektromobilität bis in das Jahr 2030 zugrunde gelegt.

### 5.2.2 Verbesserung Radverkehr

Die Stadt Ludwigsburg fördert permanent den Radverkehr in der Stadt, mit attraktiven Radrouten, neuen Abstellmöglichkeiten, moderner Wegbeschilderung und permanenter Öffentlichkeitsarbeit.

Der Gemeinderat beschloss im Jahr 2014 das neue Radroutenkonzept mit dem Ziel, den Radverkehrsanteil zu verdoppeln. Dieses wird aktuell fortgeschrieben. Weitere Maßnahmen sind zum Beispiel der Verleih von Pedelecs und Mieträdern an der Radstation am Bahnhof mit einer Abstellkapazität von rd. 250 Fahrrädern. Seit Herbst 2015 gibt es zusätzlich eine neue E-Bike-Station am Bahnhof: ein voll automatisches, regionales Pedelec-Verleihsystem mit zusätzlichen Abstell- und Lademöglichkeiten für private Pedelecs. Weiterhin ist ein Fahrradparkhaus mit 700 Stellplätzen am Bahnhof geplant sowie der Aufbau von Fahrradboxen in Quartieren.

Für den kurz-, mittel- und langfristigen Zeithorizont wurden folgende Annahmen / Festlegungen getroffen:

- Modal Split **2018**: ca.10 %
- Modal Split **2020**: +2-3 % durch sicherere Radinfrastruktur (z.B. Fahrradboxen)
- Modal Split **2025**: 20 % Modal Split Anteil durch normalen Ausbau der Radrouten zusätzlich +5 % durch Radschnellwege
- Modal Split **2030**: 30 % Modal Split Anteil durch Update Radroutenkonzept

### 5.2.3 Reaktivierung Markgröninger Bahn für Regionalbahn

Im Zuge der sogenannten Doppelstrategie für den Ausbau des ÖPNV ist einer der Pfeiler für die Stadt Ludwigsburg die **Reaktivierung der Bahnstrecke zwischen Markgröningen und Ludwigsburg mit Verlängerung bis Kornwestheim** sowie die Einführung eines "Bus Rapid Transit" (BRT), einer Art schienenlosen Stadtbahn in Ludwigsburg nach Remseck und Pattonville. Die geplante Maßnahme „Reaktivierung Markgröninger Bahn und das BRT werden frühestens ab dem vierten Quartal im Jahr 2020 in den Betrieb gehen. Aktuell laufen die Planungsarbeiten. Es gab mehrere Untersuchungen bezüglich der stillgelegten Eisenbahnstrecke. So wurden in Möglingen und Markgröningen beispielsweise bereits Untersuchungen des Gleisunterbaus durchgeführt. Spezialisten bewerten dabei, ob die erforderliche Statik für den geplanten Zugverkehr noch gegeben ist:

- 30 min-Takt zwischen Ludwigsburg und Markgröningen mit kurzen Umsteigezeiten von und nach Stuttgart
- 8,5 km Trassenlänge
- Auslastung wie S-Bahn (17,7 %)

### 5.2.4 BRT-Schnellbussystem

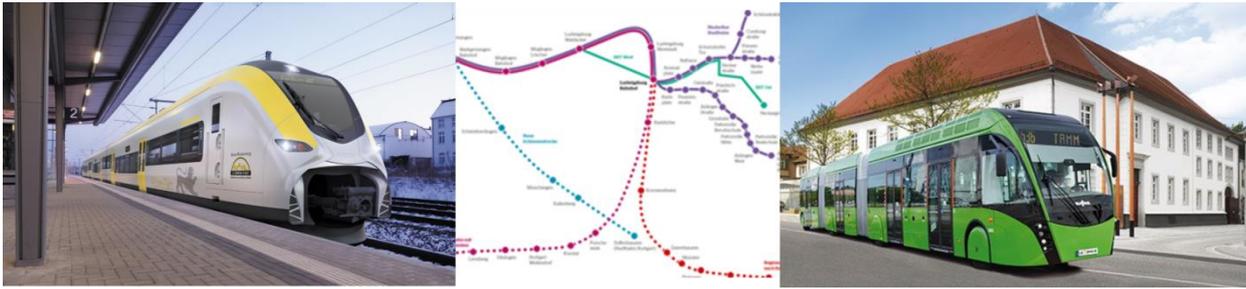
Der zweite Pfeiler der „**Doppelstrategie**“ ist die **BRT** (Bus Rapid Transit) -Trasse. Dabei werden mehrere Varianten der Trassenführung diskutiert.

*„Verstopfte Straßen, steigende Belastungen durch Stickoxide, ein drohender Verkehrskollaps: Das Verkehrsaufkommen innerhalb der Stadt Ludwigsburg sowie in den angrenzenden Gemeinden wächst ständig.*

*Als Antwort darauf setzen der Landkreis und die Kommunen Ludwigsburg, Kornwestheim, Remseck, Markgröningen und Möglingen auf den Ausbau des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV). Dieses Konzept für den ÖPNV-Ausbau wird auch als „Doppelstrategie“ bezeichnet. Es besteht insgesamt aus drei Komponenten: Zwei Komponenten lassen sich kurzfristiger umsetzen, um schnell Abhilfe zu schaffen (Regionalbahn und BRT-Busse) – eine dritte, längerfristige Komponente ist auf die Zukunft ausgerichtet (Stadtbahn).“ (<https://doppelstrategie-ludwigsburg.de/>)*

Bei dem Schnellbussystem geht es zunächst um die Erweiterung der BRT-Linie Ludwigsburg - Remseck, Ludwigsburg – Weststadt. Für die Berechnungen werden folgende Daten zugrunde gelegt:

- 10 min Takt
- 11 km Trassenlänge
- Auslastung wie Busse (14,7 %)
- 24 m Fahrzeuglänge



**Abbildung 5.5** Doppelstrategie: Reaktivierung der Schiene und BRT

Zusätzlich zur „Doppelstrategie“ ging es bei der Maßnahmendiskussion auch um die Verbesserung der zur Verfügung stehenden ÖPNV-Angebote. Zur Attraktivierung des ÖPNV-Angebotes gibt es seit 01.08.2018 eine neue Regelung:

- **3 € Tagesticket** (keine Einzelfahrten)
- **6 € Tagesticket** (Gruppe).

Prinzipiell wird von einem **grob linearen Wachstum** der Fahrgastzahlen und der schrittweisen Einführung des **15 min Taktes** bei der **S-Bahn** ausgegangen sowie weiterhin von einer hohen Takt-dichte im Stadtverkehr.

### 5.3 Sekundärmaßnahmen

Im Laufe vieler Iterationsschleifen wurden folgende Sekundärmaßnahmen zusätzlich in den Katalog mit aufgenommen, die im Kapitel 6 ebenso einer Bewertung unterzogen werden.

- Diesel-Zulassungsrückgang (um ca. 30 % seit Beginn des Jahres 2018)
- Diesel-Nachrüstung (Software Update).
- Elektrifizierung der Busse

## 6 Maßnahmen und Bewertung nach Wirkungspotential

Im Folgenden wird auf die Wirkung der Haupt- und Sekundärmaßnahmen im Vergleich zu der Entwicklung im Business as Usual Szenario eingegangen. Deren Wirkung wird sowohl stadtweit als auch isoliert für den Hotspot an der Friedrichstraße betrachtet.

### 6.1 Stadtweite Betrachtung

Aufgrund der detaillierten Analyse des Verkehrssystems konnten die verkehrsbedingten  $\text{NO}_x$ - und  $\text{PM}_{10}$  Emissionen den verschiedenen Emittenten zugeordnet werden. Wie in Abbildung 6.1 dargestellt, werden mehr als 70 % der verkehrsbedingten  $\text{NO}_x$ -Emissionen durch Diesel-PKW und nur rund 10 % durch Benzin PKW verursacht. Die restlichen 20% erzeugen hauptsächlich Busse des ÖPNV sowie Fracht-Transporter und LKW. Im Gegensatz dazu tragen Diesel- und Benzin-PKW annähernd zu gleichen Teilen (jeweils 40 %) zu den stadtweiten  $\text{PM}_{10}$  -missionen bei. Die restlichen 20% werden vor allem durch Fracht-Transporter und LKW sowie der Bahn verursacht.

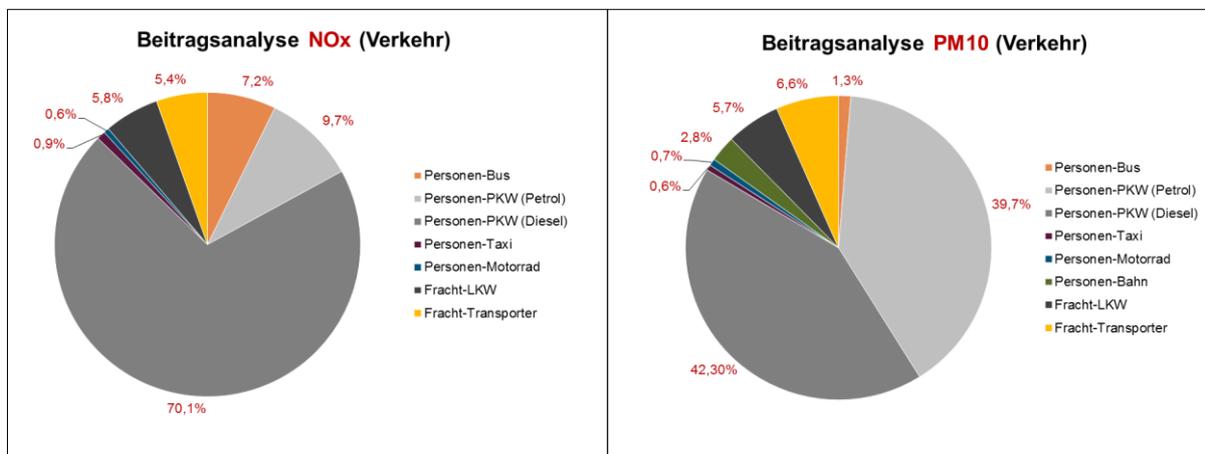


Abbildung 6.1 Beitragsanalyse der verkehrsbedingten Emissionen (2020) (Siemens 2018)

#### 6.1.1 Business as Usual Szenario (BAU)

Im Business as Usual Szenario wird die Entwicklung der verkehrsbedingten Emissionen, ohne die Einwirkung der geplanten Maßnahmen, betrachtet. D. h. es werden nur die Veränderungen berücksichtigt, die unabhängig und ohne Einwirkung der Stadtplaner eine Auswirkung auf das Transportsystem haben. Dazu gehören vor allem das prognostizierte Bevölkerungswachstum und die Flottenerneuerung auf Fahrzeuge mit neuen EURO-Klassen und somit geringeren Emissionen. Aufgrund des Bevölkerungswachstums werden die zurückge-

legten Personenkilometer innerhalb der Stadtgrenzen in den nächsten Jahren deutlich ansteigen – um bis zu 10 % bis zum Jahr 2030. Im gleichen Zeitraum sorgt der Umstieg auf Fahrzeuge mit der neuen EURO 6 (Benzin) bzw. EURO 6d Norm (Diesel) für deutlich reduzierte, verkehrsbedingte Emissionen (siehe Abbildung 6.2).

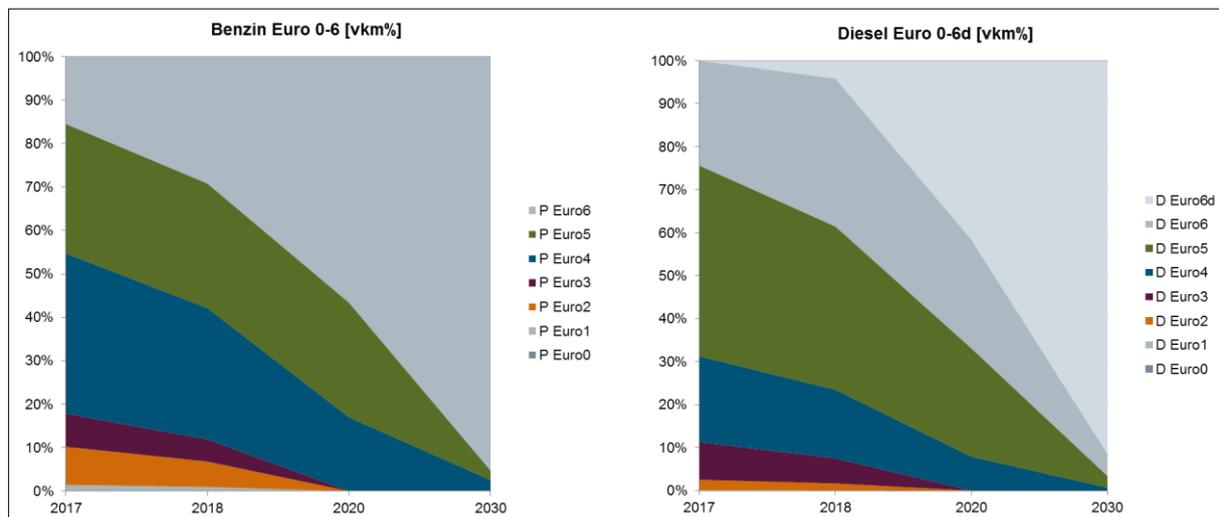


Abbildung 6.2 Flottenkategorisierung nach Fahrzeug-Prognose (Siemens 2018)

Insgesamt ist aufgrund der Flottenerneuerung eine deutliche Reduktion der  $\text{NO}_x$ - und  $\text{CO}_2$ -Emissionen bis zum Jahr 2030 zu erwarten (siehe Abbildung 6.3). Fahrzeuge mit neuen EURO-Klassen stoßen signifikant weniger  $\text{NO}_x$  und  $\text{CO}_2$  aus und reduzieren deren stadtweite Emission trotz steigender Personenkilometer. Im Gegensatz dazu werden die steigenden Personenkilometer bis zum Jahr 2030 negative Auswirkungen auf die Feinstaubemissionen (PM 2.5 und PM10) haben. Der steigende Transportbedarf und der damit einhergehende erhöhte Reifen- und Bremsenabrieb übersteigen technische Innovationen und strengere Richtlinien.

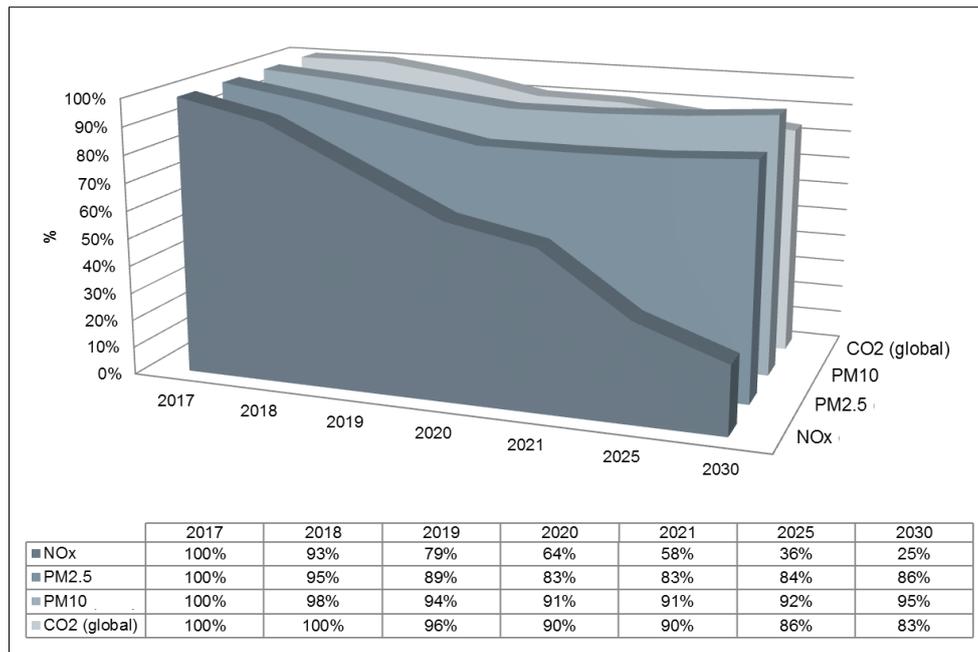


Abbildung 6.3 Entwicklung der verkehrsbedingten Emissionen (Siemens 2018)

## 6.1.2 Wirkung der Maßnahmen

Sowohl die geplanten Haupt- als auch die Sekundärmaßnahmen reduzieren die stadtweiten Emissionen kurz- und langfristig im Vergleich zum BAU Szenario. Um die Maßnahmen besser bewerten zu können wurden im Folgenden die Haupt- und Sekundärmaßnahmen getrennt betrachtet und deren emissionsreduzierende Wirkung, im Vergleich zum Bau-Szenario, jeweils für die Jahre 2018, 2019, 2020, 2021, 2025 und 2030 berechnet.

### 6.1.2.1 Hauptmaßnahmen

Wie in Kapitel 5 beschrieben, werden die reaktivierte Bahnlinie und das BRT frühestens ab dem vierten Quartal im Jahr 2020 in Betrieb gehen und somit erst dann eine emissionsreduzierende Wirkung haben. Bis dahin werden die NOx- und PM10-Emissionen, zusätzlich zu den Veränderungen im BAU-Szenario, nur durch den steigenden Anteil an Elektrofahrzeugen und die Fahrradförderung beeinflusst.

Im Vergleich zum BAU-Szenario haben die Hauptmaßnahmen bis zum Jahr 2030 eine über die Jahre deutlich steigende emissionsreduzierende Wirkung (siehe Abbildung 6.4). Es ist zu erwarten, dass die NOx-Emissionen bis zum Jahr 2020 zusätzlich um rund 3 % und bis zum Jahr 2030 um rund 19 % sinken werden. Dazu tragen größtenteils der steigende Anteil an Elektrofahrzeugen und die Fahrradförderung bei. Ebenfalls ist eine deutliche Verringerung der Feinstaubemissionen zu erwarten. Bis zum Jahr 2020 werden diese durch die Haupt-

maßnahmen um 2 % und bis 2030 um rund 13 % gesenkt. Wieder tragen zu dieser Reduzierung größtenteils der steigende Anteil an Elektrofahrzeugen und die Fahrradförderung bei, wobei die prozentuale Reduzierung des Feinstaubes durch die Elektrofahrzeuge geringer ausfällt als die Reduzierung der NOx-Emissionen.

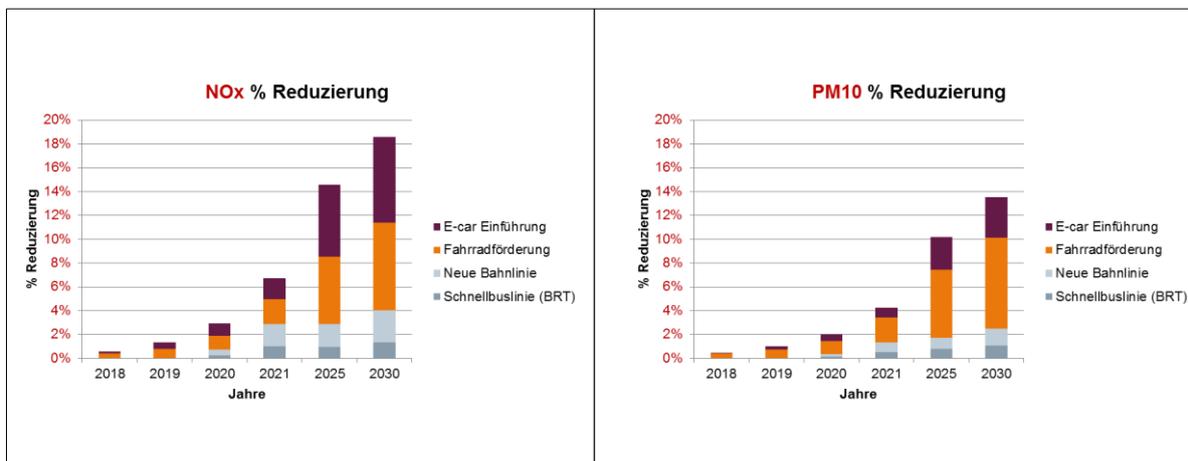


Abbildung 6.4 Emissionsreduktionspotential Hauptmaßnahmen (Siemens 2018)

Um die Auswirkungen der prozentualen Reduzierungen deutlich erkennen zu können, sind in Abbildung 6.5 die NOx- und PM10-Reduzierungen in absoluten Werten dar- und der jeweiligen Baseline gegenübergestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Hauptmaßnahmen die NOx-Reduzierung im Vergleich zu dem BAU-Szenario beschleunigen und einen Anstieg der PM10-Emissionen nach 2020 verhindern. Im Hinblick auf die gesundheitsschädlichen Wirkungen von Feinstaub und möglicherweise strengere Feinstaub-Grenzwerte ist dieser Effekt von großer Bedeutung.

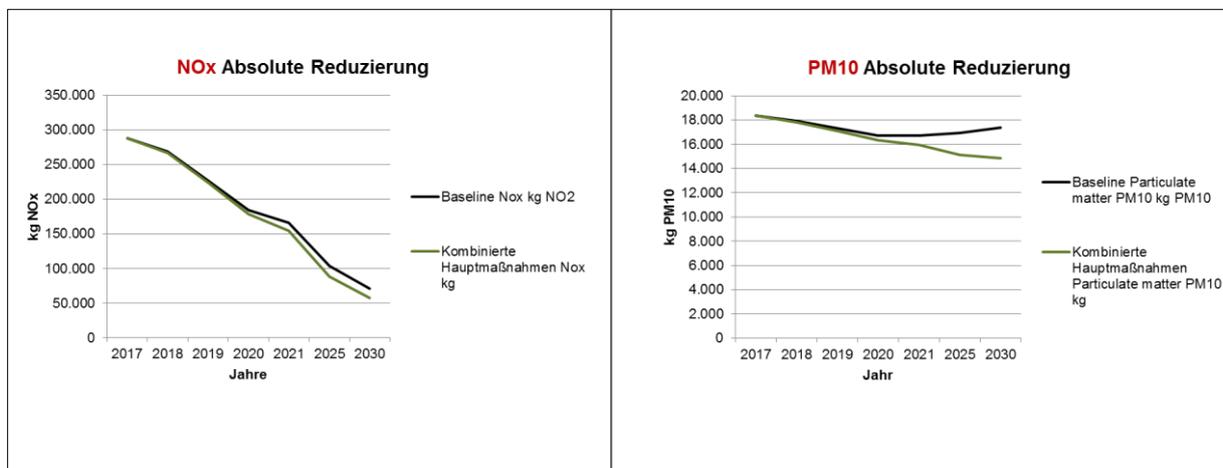
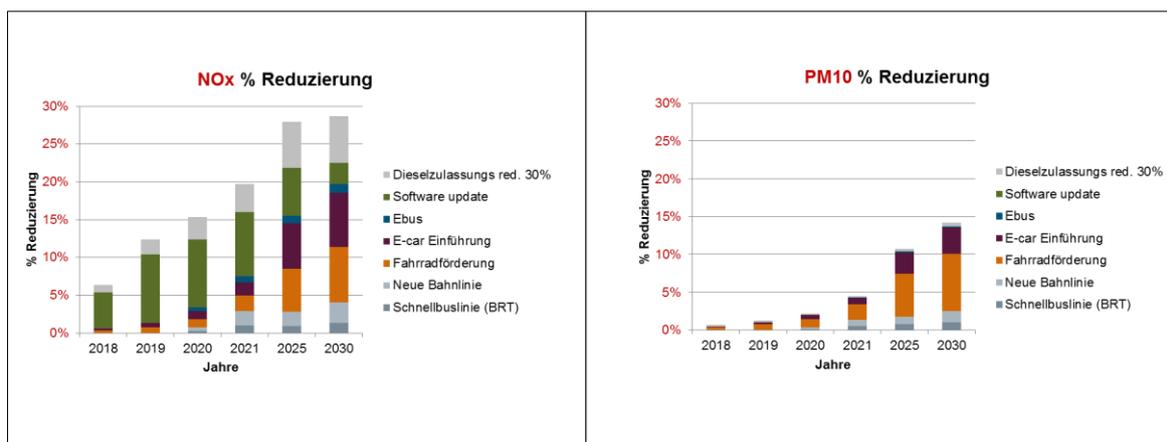


Abbildung 6.5 Emissionsreduktionspotential Hauptmaßnahmen (Siemens 2018)

### 6.1.2.2 Haupt- und Sekundärmaßnahmen

Zusätzlich zu den Hauptmaßnahmen haben die Sekundärmaßnahmen eine emissionsreduzierende Wirkung (siehe Abbildung 6.6). Vor allem das Software Update und der Rückgang von Dieselizehlungen, in Folge des Dieselskandals, haben deutliche Auswirkungen auf die NOx-Emissionen und bewirken vor allem kurzfristig hohe prozentuale Reduzierungen. Es ist zu erwarten, dass mit den Sekundärmaßnahmen die prozentuale NOx-Reduktion im Jahr 2020 von rund 3% auf 15% ansteigt und im Jahr 2030 von rund 19% auf rund 28%. Die Sekundärmaßnahmen spielen somit hauptsächlich für die schnelle, kurzfristige Reduktion eine bedeutende Rolle. Anders sieht es bei den Auswirkungen auf die PM10-Emissionen aus. Da das Software Update lediglich für die Verringerung der NOx-Emissionen konzipiert ist und die Dieselizehlungsreduktion durch eine erhöhte Zulassung von Benzinfahrzeugen ausgeglichen wird, sind keine Auswirkungen auf die PM10-Emissionen festzustellen. Die Hauptmaßnahmen sind hierfür von höchster Wichtigkeit.



**Abbildung 6.6** Emissionsreduktionspotential Haupt- und Sekundärmaßnahmen (Siemens 2018)

Werden die prozentualen Reduzierungen in absoluten Werten dargestellt, ist dieser Effekt deutlich zu erkennen (siehe Abbildung 6.7). Die Kombination aus Haupt- und Sekundärmaßnahmen lässt die NOx-Emissionskurve – vor allem kurzfristig – deutlich schneller sinken als nur die Hauptmaßnahmen alleine. Im Gegensatz dazu verändert sich die PM10-Emissionskurve, aufgrund der oben genannten Gründe, durch eine zusätzliche Betrachtung der Sekundärmaßnahmen kaum.

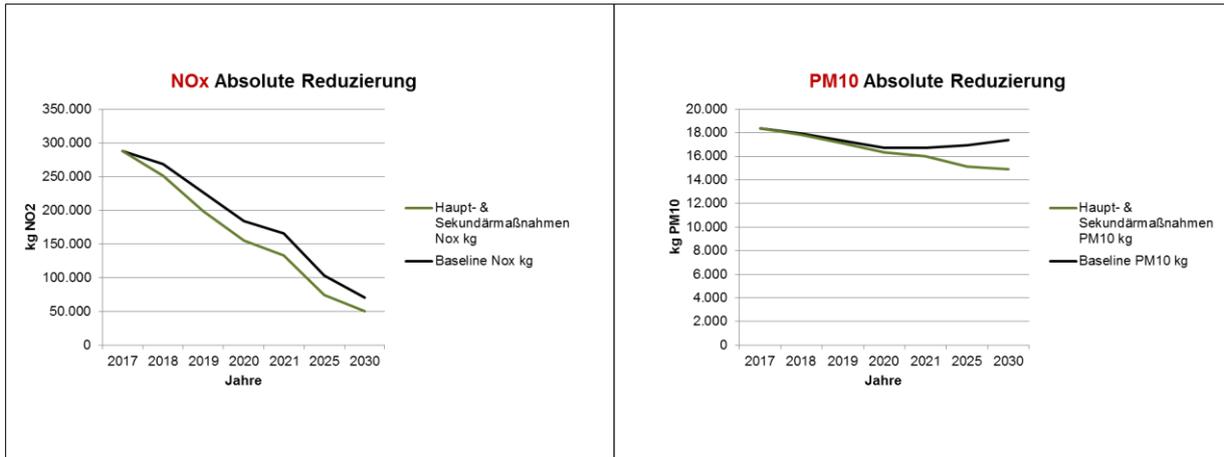


Abbildung 6.7 Emissionsreduktionspotential Haupt- und Sekundärmaßnahmen (Siemens 2018)

### 6.1.2.3 Überblick – Maßnahmen nach Wirkungspotential

| Stadtweite Betrachtung                                  |                   |                            |                                     |                           |                                 |                                  |
|---|-------------------|----------------------------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Wirkungspotential<br>Maßnahmen                          | Wirkungszeitpunkt |                            |                                     |                           | NOx-<br>Emissions-<br>reduktion | PM10-<br>Emissions-<br>reduktion |
|   | Sofort<br>(2018)  | Kurzfristig<br>(2019/2020) | Mittelfristig<br>(2021 bis<br>2025) | Langfristig<br>(Bis 2030) | Gering / Mittel /<br>Hoch       | Gering / Mittel /<br>Hoch        |
| Elektromobilität /<br>Elektrifizierung (PKW)            | X                 | X                          | X                                   | X                         | Hoch                            | Mittel                           |
| Verbesserungen<br>Radverkehr                            | X                 | X                          | X                                   | X                         | Hoch                            | Hoch                             |
| Reaktivierung<br>Markgröninger Bahn für<br>Regionalbahn |                   | X                          | X                                   | X                         | Mittel                          | Mittel                           |
| BRT Schnellbussystem                                    |                   | X                          | X                                   | X                         | Gering                          | Mittel                           |
| Diesel-<br>Zulassungsrückgang                           | X                 | X                          | X                                   | X                         | Mittel                          | Gering                           |
| Diesel-Nachrüstung<br>(Software Update)                 | X                 | X                          | X                                   | X                         | Hoch                            | X                                |
| Elektrifizierung Busse                                  |                   | X                          | X                                   | X                         | Gering                          | Gering                           |

Abbildung 6.8 Maßnahmen nach Wirkungspotential (Siemens 2018)

## 6.2 Hotspot Friedrichstraße

Abbildung 6.9 visualisiert die Situation am HotSpot Friedrichstraße. Zwischen LSA (Lichtsignalanlage) 60 und 61 befindet sich eine der beiden Spotmesstellen zur Messung der Luftschadstoffemissionen der LUBW in Ludwigsburg. Aufgrund deutlicher Überschreitungen des NO<sub>x</sub>-Grenzwerts von 40 µg/m<sup>3</sup> an dieser Messtelle werden im Folgenden die Auswirkungen der definierten Haupt- und Sekundärmaßnahmen auf die dortige NO<sub>x</sub>-Konzentration betrachtet. Eine zügige Senkung der NO<sub>x</sub>-Konzentration unter den Grenzwert ist ausschlaggebend, um mögliche Fahrverbote verhindern zu können.

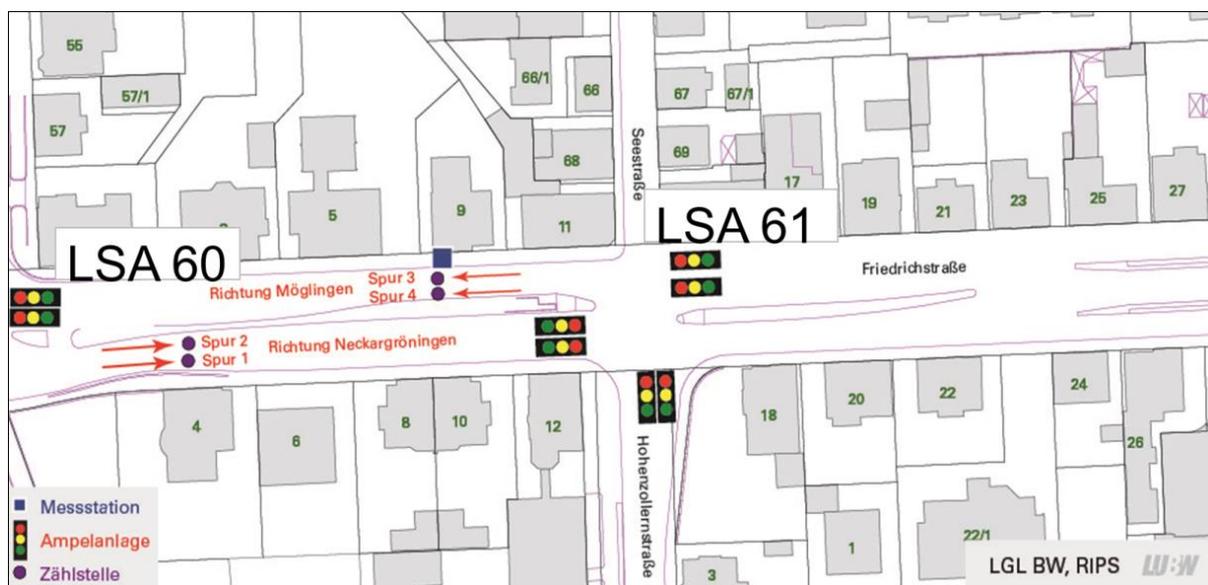


Abbildung 6.9 Lageplan – Messstelle Friedrichstraße (LUBW)

Durch eine ausführliche Analyse der Situation an der Friedrichstraße konnten die verkehrsbedingten NO<sub>x</sub>- und PM<sub>10</sub>-Emissionen den verschiedenen Emittenten zugeordnet werden (siehe Abbildung 6.10). Ähnlich wie bei der stadtweiten Beitragsanalyse sind mit einem Anteil von mehr als 66 % hauptsächlich Diesel-PKW für die hohen NO<sub>x</sub>-Emissionen verantwortlich. Allerdings spielen auch Fracht-LKW (14,4 %), Benzin-PKW (9,1 %) und Fracht-Transporter (7,3 %) eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Auch bei den PM<sub>10</sub>-Emissionen sticht der hohe Anteil des Frachtverkehrs hervor. Fracht-LKW tragen 14% und Fracht-Transporter rund 9% zu den PM<sub>10</sub>-Emissionen an der Friedrichstraße bei. Der Rest wird wiederum, annähernd zu gleichen Teilen, von Diesel- und Benzin-PKW verursacht.

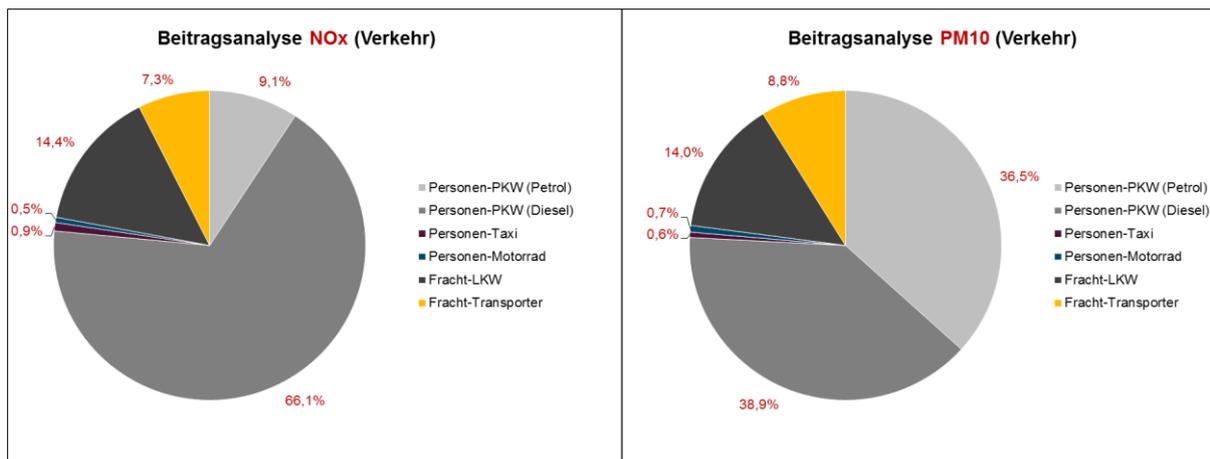


Abbildung 6.10 Beitragsanalyse der verkehrsbedingten Emissionen (2020) (Siemens 2018)

### 6.2.1 Business as Usual Szenario (BAU)

Vergleichbar mit dem stadtweiten BAU-Szenario sinkt auch am HotSpot Friedrichstraße, vor allem aufgrund der fortschreitenden Flottenerneuerung, die NO<sub>2</sub>-Konzentration kontinuierlich bis zum Jahr 2030. Allerdings kann ohne die Wirkung von zusätzlichen Reduktionsmaßnahmen der Grenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> bis zum Jahr 2020 nicht unterschritten werden (Abbildung 6.11). Im BAU-Szenario wird im Jahr 2020 eine NO<sub>2</sub>-Konzentration von 40,9 µg/m<sup>3</sup> erreicht und erst im Jahr 2021 der Grenzwert mit einer Konzentration von 39,1 µg/m<sup>3</sup> unterschritten.

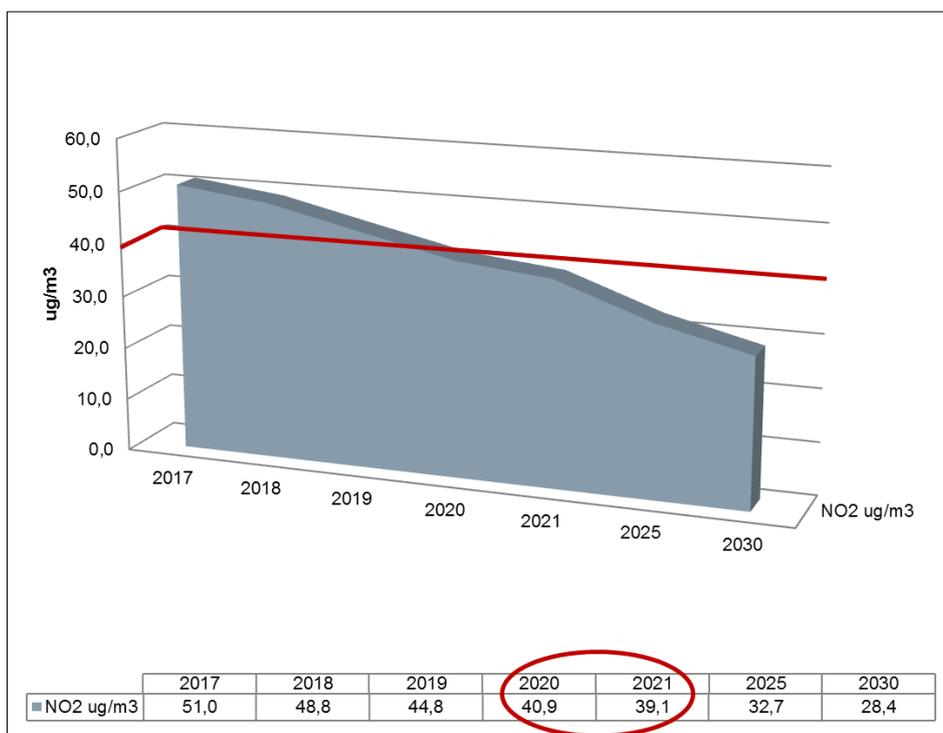


Abbildung 6.11 Entwicklung der verkehrsbedingten NO<sub>2</sub> Konzentrationen (Siemens 2018)

## 6.2.2 Wirkung der Maßnahmen

Die NO<sub>2</sub>-Konzentration an der Spotmessstelle Friedrichstraße wird im BAU-Szenario im Jahr 2020 noch nicht unter den Grenzwert gesunken sein. Aufgrund dessen wurde nachfolgend die konzentrationsreduzierende Wirkung der Haupt- und Sekundärmaßnahmen berechnet und anschließend die Einhaltung des Grenzwerts im Jahr 2020 überprüft.

### 6.2.2.1 Hauptmaßnahmen

Wie bereits bei der stadtweiten Betrachtung erwähnt, werden die reaktivierte Bahnlinie und das BRT-System frühestens ab dem vierten Quartal im Jahr 2020 in Betrieb gehen und somit erst dann eine emissionsreduzierende Wirkung haben. Bis dahin werden die NO<sub>2</sub>-Emissionen, zusätzlich zu den Veränderungen im BAU-Szenario, in der Hauptsache durch den steigenden Anteil an Elektrofahrzeugen und die Fahrradförderung beeinflusst.

Wie in Abbildung 6.12 dargestellt, haben die Hauptmaßnahmen eine über die Jahre steigende konzentrationsmindernde Wirkung. Es ist zu erwarten, dass die Hauptmaßnahmen im Jahr 2020 die NO<sub>2</sub>-Konzentration an der Spotmessstelle um mehr als 1% und im Jahr 2030 um mehr als 4 % senken werden. Dazu tragen vor allem der steigende Anteil an Elektrofahrzeugen und die Fahrradförderung bei. Allerdings weisen auch die Reaktivierung der Bahnlinie und die Einführung des BRT eine deutliche konzentrationsmindernde Wirkung auf.

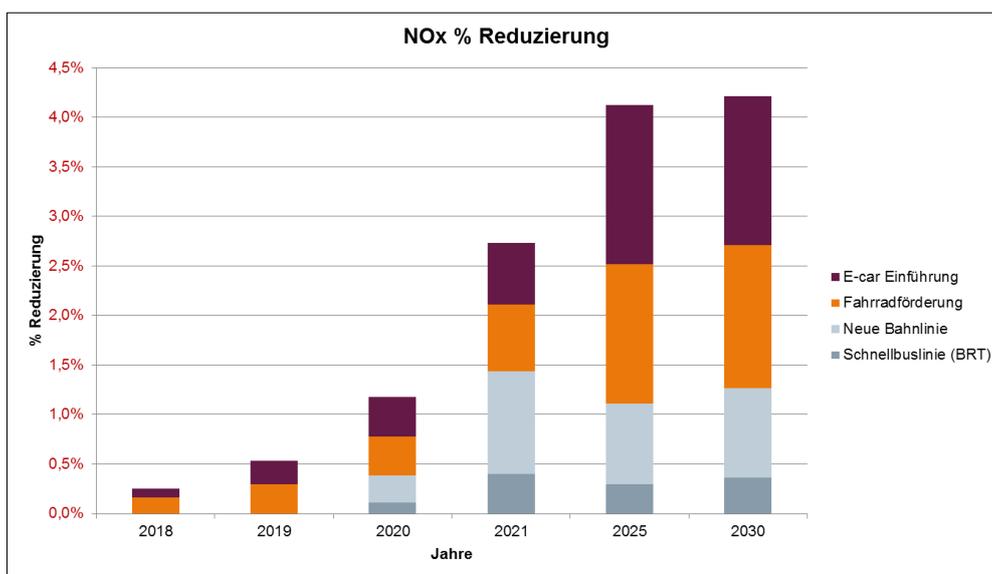


Abbildung 6.12 Konzentrationsreduktion Hauptmaßnahmen (Siemens 2018)

In Abbildung 6.13 sind die prozentualen Konzentrationsreduzierungen in absoluten Werten dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Hauptmaßnahmen zusammen eine deutliche Sen-

kung der NO<sub>2</sub>-Konzentration im Vergleich zum BAU-Szenario bewirken. Da jedoch erst im vierten Quartal des Jahres 2020 mit einer Fertigstellung der reaktivierten Bahnlinie und des BRT zu rechnen ist, fällt die Reduktion bis zum Jahr 2020 nur gering aus. Auch unter Einbeziehung der Hauptmaßnahmen wird im Jahr 2020 mit einer NO<sub>2</sub>-Konzentration von 40,4 µg/m<sup>3</sup> der geforderte Grenzwert nicht unterschritten. Allerdings konnte die Konzentration gegenüber dem BAU-Szenario im Jahr 2020 bereits um rund 0,5 µg/m<sup>3</sup> gesenkt und sich somit dem Grenzwert angenähert werden.

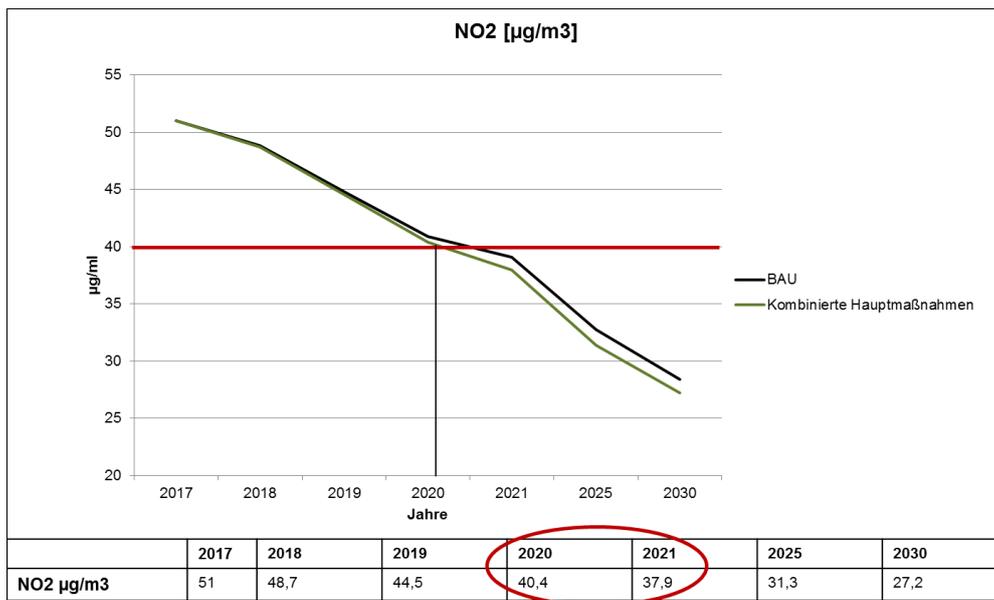


Abbildung 6.13 Konzentrationsreduktion Hauptmaßnahmen (Siemens 2018)

### 6.2.2.2 Haupt- und Sekundärmaßnahmen

Zusätzlich zu den Hauptmaßnahmen haben die Sekundärmaßnahmen eine konzentrationsreduzierende Wirkung (siehe Abbildung 6.14). Vor allem kurzfristig bewirken das Software-Update und der Rückgang von Dieselzulassungen starke, zusätzliche Konzentrationsreduzierungen. Langfristig sinkt deren Reduzierungspotential und die Hauptmaßnahmen gewinnen mehr und mehr an Bedeutung. Es ist zu erwarten, dass mit den Sekundärmaßnahmen die prozentuale NO<sub>x</sub>-Reduktion im Jahr 2020 von rund 1 % auf 5,5 % ansteigt und im Jahr 2030 von rund 4 % auf rund 6 %.

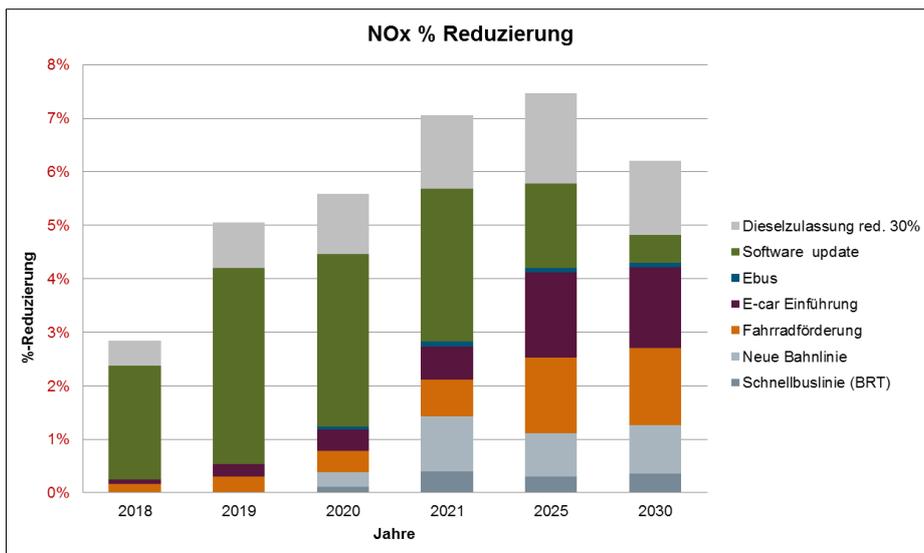


Abbildung 6.14 Konzentrationsreduktion Haupt- und Sekundärmaßnahmen (Siemens 2018)

In Abbildung 6.15 sind die Reduktionspotentiale der Haupt- und Sekundärmaßnahmen in absoluten Werten dargestellt. Ausgehend vom BAU-Szenario wurden die konzentrationsmindernden Wirkungen der einzelnen Maßnahmen jeweils addiert und somit sichtbar gemacht. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Sekundärmaßnahmen vor allem kurzfristig wirken, kurzfristig die  $\text{NO}_2$ -Konzentration an der Spotmessstelle stark mindern und die Hauptmaßnahmen erst mittel- sowie langfristig ihr ganzes Potential entfalten können. Insgesamt wird durch die Wirkung aller Maßnahmen im Jahr 2020 mit einer  $\text{NO}_2$ -Konzentration von  $38,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  der Grenzwert an der Spotmessstelle Friedrichstraße unterschritten und somit werden die Vorgaben eingehalten (siehe Abbildung 6.15). Auch langfristig sorgt das komplette Maßnahmenpaket für eine fortschreitende  $\text{NO}_2$ -Reduktion an der Spotmessstelle – im Jahr 2030 kann mit einer  $\text{NO}_2$ -Konzentration von  $26,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gerechnet werden.

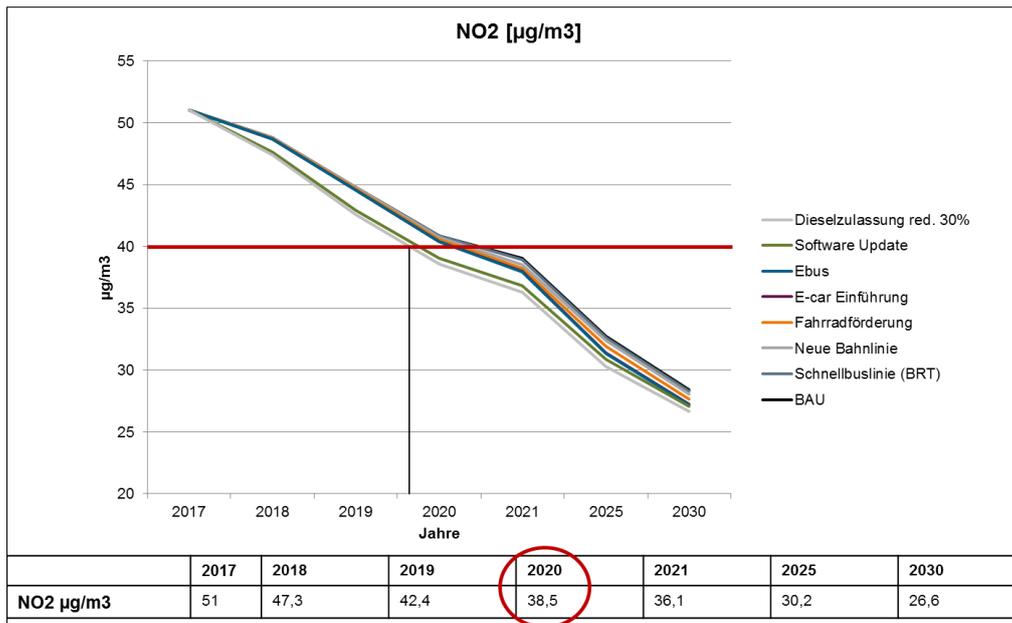


Abbildung 6.15 Konzentrationsreduktion Haupt- und Sekundärmaßnahmen (Siemens 2018)

### 6.2.2.3 Überblick – Maßnahmen nach Wirkungspotential

| Messstelle Friedrichstraße                        |                   |                         |                               |                        |  |
|---|-------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------|--|
| Wirkungspotential<br>Maßnahmen                    | Wirkungszeitpunkt |                         |                               |                        | NOx-Emissionsreduktion<br>Gering / Mittel / Hoch |
|   | Sofort (2018)     | Kurzfristig (2019/2020) | Mittelfristig (2021 bis 2025) | Langfristig (Bis 2030) |  |
| Elektromobilität / Elektrifizierung (PKW)         | X                 | X                       | X                             | X                      | Hoch   |
| Verbesserungen Radverkehr                         | X                 | X                       | X                             | X                      | Hoch   |
| Reaktivierung Markgröninger Bahn für Regionalbahn |                   | X                       | X                             | X                      | Hoch   |
| BRT Schnellbussystem                              |                   | X                       | X                             | X                      | Mittel   |
| Diesel-Zulassungsrückgang                         | X                 | X                       | X                             | X                      | Hoch   |
| Diesel-Nachrüstung (Software Update)              | X                 | X                       | X                             | X                      | Hoch   |
| Elektrifizierung Busse                            |                   | X                       | X                             | X                      | Gering   |

Abbildung 6.16 Maßnahmen nach Wirkungspotential (Siemens 2018)

#### 6.2.2.4 Zusätzliche Maßnahmen

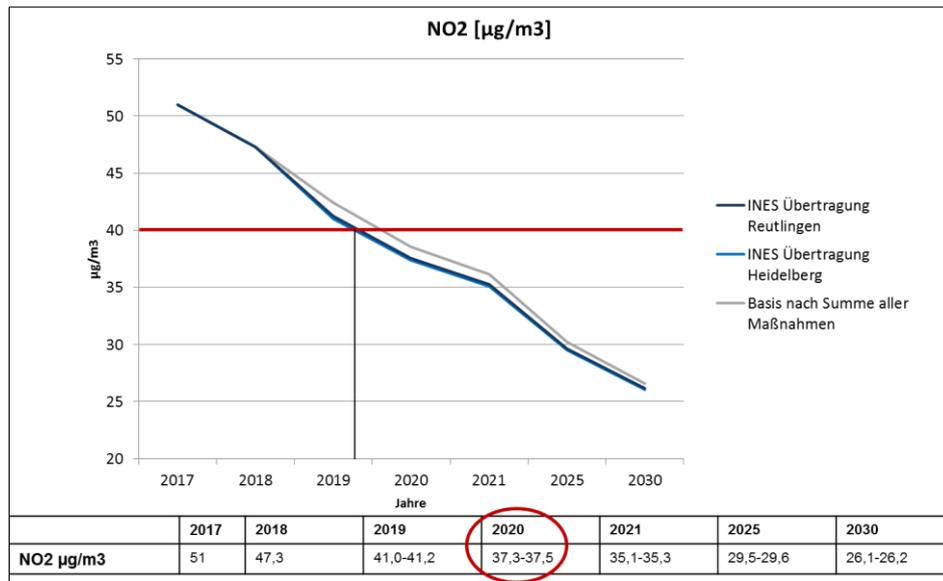
Zusätzlich zu den definierten Haupt- und Sekundärmaßnahmen wurde die NO<sub>x</sub>-reduzierende Wirkung der in Ludwigsburg geplanten adaptiven Netzsteuerung für Lichtsignalanlagen (INES+) in Kombination mit einer Vorzugsschaltung (ANNA+) in die Berechnungen mit einbezogen. Außerdem wurde während der Projektlaufzeit über die Einführung einer Busspur in der Friedrichstraße, vorbei an der Spotmessstelle, nachgedacht und deren Durchführbarkeit bewertet.

##### 6.2.2.4.1 Adaptive Netzsteuerung für Lichtsignalanlagen (INES+)

Auf Basis von Berechnungen der Ingenieurgesellschaft Schlothauer & Wauer wurden die NO<sub>2</sub>-Reduktionspotentiale einer adaptiven Netzsteuerung auf den HotSpot Friedrichstraße übertragen. Die Studie von Schlothauer & Wauer wurde für die Städte Heidelberg und Reutlingen durchgeführt und hat folgende Ergebnisse geliefert (Schlothauer & Wauer, 2018):

- **Heidelberg**
  - Mittlere Reduzierung der Reisezeit: 9 %
- **Reutlingen**
  - Mittlere Reduzierung der Reisezeit: 5,4 %

Mit einem Kapazitätsmodell wurde abgeschätzt, wie sich die Verkehrsqualität in der Friedrichstraße ändern müsste, um die gleiche Reisezeitverkürzung wie auf den Teststrecken in Heidelberg und Reutlingen zu erreichen. Diese berechnete Verkehrsqualitätsverbesserung führt zu einer NO<sub>x</sub>-Emissionsreduktion in der Friedrichstraße. Ausgehend von der Summe der Konzentrationsreduktionen der Haupt- und Nebenmaßnahmen (Abbildung 6.15), kann davon ausgegangen werden, dass durch die adaptive Netzsteuerung die NO<sub>2</sub>-Konzentration an der Spotmessstelle weiter gesenkt werden (siehe Abbildung 6.17). Im Jahr 2020 hat die adaptive Netzsteuerung das Potential, eine weitere Senkung der NO<sub>2</sub>-Konzentration von über einem µg/m<sup>3</sup> zu bewirken.



**Abbildung 6.17** Konzentrationsreduktion durch adaptive Netzsteuerung (INES) (Siemens 2018)

## 7 Zusammenfassung

Innerhalb des Nationalen Forums Diesel am 2. August 2017 wurde ein Fonds „Nachhaltige Mobilität für die Stadt“ zur Förderung von Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität von der Bundesregierung aufgelegt. In diesen Kontext ordnet sich auch das von der Bundesregierung eingerichtete **Sofortprogramm Saubere Luft 2017 – 2020** als Förderprogramm.

Die Kommunen und Städte, die von der EU-Grenzwertüberschreitung bzgl. Stickstoffdioxid betroffen sind, waren aufgerufen, einen „Masterplan für die Gestaltung nachhaltiger und emissionsfreier Mobilität“ (Green City Master Plan) zu erstellen, der die dort geplanten Maßnahmen und deren Beitrag zur Reduzierung von NO<sub>2</sub>-Emissionen darstellt. So auch die Stadt Ludwigsburg. Auf Grundlage der offiziellen Messungen 2017 der LUBW an der Spotmessstelle Friedrichstraße liegt die Stadt mit einem Jahresmittelwert von 51 µg/m<sup>3</sup> Stickstoffdioxidkonzentrationen an 10. Stelle in der Liste der am stärksten belasteten Städte in Deutschland.

Die zum Teil von der Stadt vordefinierten Maßnahmen wurden systematisch erfasst, geclustert und mittels einer umfangreichen Dokumentenanalyse quantifizierbare Angaben ermittelt. Diese wurden dann im weiteren mit den zuständigen Fachbereichen der Stadt priorisiert, nach ihrem Wirkhorizont (kurz-, mittel-, langfristig) und ihrem Wirkpotential. Dies betraf vor allem die Maßnahmenbündel Elektromobilität / Elektrifizierung des Verkehrs, Verbesserung Radverkehr, Reaktivierung Markgröninger Bahn und BRT-Schnellbussystem. Anschließend wurden die Maßnahmen bewertet. Hierbei kam das von Siemens entwickelte Umweltbewertungstool „City Performance Tool“ (CyPT) zum Einsatz. Das CyPT verfolgt einen ganzheitlichen Ansatz, d.h. es sind verschiedenste Luftschadstoffe zu bewerten. Im Fokus des Projektes stand aber die Reduzierung der NO<sub>2</sub>-Emissionen. Die dem Tool zugrunde liegende Architektur funktioniert allerdings in der Weise, dass automatisch alle anderen Schadstoffe im Hintergrund und die Interdependenzen mitberechnet werden. Insofern sind im Hauptteil dieses Dokumentes vorrangig die Auswertungen zu NO<sub>x</sub> (z. T. PM<sub>10</sub>) dargestellt (Kapitel 6), im Anhang A finden sich die Auswertungen zu den Treibhausgasemissionen.

Im Projektverlauf kamen weitere Ideen und Vorschläge hinzu, die in diesem Bericht unter „Sekundärmaßnahmen“ subsumiert werden, wie Diesel-Zulassungsrückgang, Dieselnachrüstung (Software-update) und Elektrifizierung der Busse. Auch diese wurden einer quantitativen Bewertung unterzogen.

Viele der beschriebenen Haupt- und Sekundärmaßnahmen wirken allgemein und flächendeckend-stadtweit, andere haben einen größeren Einfluss am HotSpot. Deshalb wurden die Berechnungen jeweils für die stadtweiten Auswirkungen und die Auswirkungen an der Friedrichstraße (HotSpot) vorgenommen.

## 8 Ausblick und Anschlusssthemen

Der Green City Master Plan der Stadt Ludwigsburg hat das Ziel, vor allem mittels kurzfristiger (aber auch mittel- und langfristig) umsetzbarer Maßnahmen die Luftbelastung in der Stadt mittels geeigneter Maßnahmen zu reduzieren. Derzeit wird der gesetzlich vorgeschriebene Grenzwert für NO<sub>2</sub>-Emissionen am HotSpot in der Friedrichstraße noch überschritten. Gegenmaßnahmen sind erforderlich, vor allem auch um das drohende Dieselfahrverbot abwenden zu können. Zudem werden die Ergebnisse aus dem Green City Master Plan Eingang finden in die Fortschreibung des Luftreinhalteplans, welcher vom Regierungspräsidium Stuttgart (RP) erstellt wird. Viele der im Masterplan aufgeführten Maßnahmen zeigen hohe Synergien mit Maßnahmen des Klimaschutzkonzeptes, der Luftreinhaltung sowie der Lärmaktionsplanung.

Für die weitere Umsetzung zukünftiger Maßnahmen stehen im Rahmen des Sofortprogramms Saubere Luft 2017-2020 erhebliche Fördermittel zur Verfügung. Der hier vorliegende Green City Master Plan bildet die Grundlage, Mittel aus der Förderrichtlinie „Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme“ für das Verkehrssystemmanagement und für den weiteren Auf- und Ausbau der Smart City Cloud (Portal) zu beantragen. Die seit Beginn des Jahres mit hohem Engagement und fundiertem Wissen der städtischen Fachbereichen geleisteten Arbeiten, die letztlich Basis für den vorliegenden Masterplan sind, gilt es nun **kontinuierlich weiterzuentwickeln und auszugestalten**. Der wesentliche Fokus der Fördervorhaben ist die Digitalisierung der Verkehrssysteme.

### 8.1 Anschlusssthemen im Rahmen des 3. Förderaufrufes

In diesem Abschnitt sind die weiterführenden Projekte **zum 3. Förderaufruf „Digitalisierung für die Kommunen“ kurz beschrieben**. Diese wurden – soweit möglich – den entsprechenden aktuellen Maßnahmen aus dem Masterplan zugeordnet. Die Projektsteckbriefe mit den ausführlichen Angaben zu Nutzen und Kosten für die jeweiligen Förderanträge befinden sich im Anhang B.

#### Verbesserung Parkraummanagement

Das digitale Parkraummanagement (insbesondere für das Gewerbegebiet Weststadt) war teilweise bereits im Förderantrag unter dem 1. Förderaufruf. Dieses Parkraummanagement soll erweitert und ergänzt werden um:

- **Einsatz kleiner Anzeigetafeln zur Parklenkung / Werbung** sowie die
- **Geeignete Unterstützung der Parkraumdetektion im gesamten Stadtraum**

Neben der Einführung eines digitalen Parkmanagementsystems in der Weststadt sind auch in anderen Stadtteilen stationäre digitale Anzeigetafeln geplant. Zusätzlich zu den vorgesehenen Informati-

onen zu Parklenkung und Verkehrsflussoptimierung können diese auch für Informationen für und über die Stadt eingesetzt werden.

Hinsichtlich der Parkraumdetektion im Stadtraum sollen vor allem optische Sensoren zum Einsatz kommen. Die gewonnenen Daten können ebenso wieder in der CityCloud zur Verfügung gestellt werden. Eine der wesentlichen Zielssetzungen ist, durch eine möglichst optimale Auslastung der bestehenden Parkflächen „vorgehaltene“ Parkflächen zu reduzieren und qualitativ aufzuwerten. Letztlich wird erwartet, dass durch eine Verringerung des Parksuchverkehrs weitere Emissionsreduktionen zu erreichen sind.

Innerhalb des Umfeldes Parken und Parkraummanagement wird an dieser Stelle auch auf einen Interkommunaler Förderantrag mit VRS „**Parkschein = Fahrschein**“ verwiesen, der vom Verband Region Stuttgart (VRS) als Konsortialführer eingereicht wird. Schwerpunkt ist die gleichzeitige Gültigkeit eines Parkscheins in ausgewählten P+R-Parkhäusern als ÖPNV-Fahrschein.

### **Digitalisierung Bahnübergänge (Markgröninger Bahn)**

Diese Maßnahme steht in engem Zusammenhang mit laufenden Untersuchungen zur „Verstetigung des Verkehrs“ und insbesondere auch im Kontext zu der in diesem Bericht ausführlich beschriebenen und bewerteten Hauptmaßnahme „Reaktivierung Markgröninger Bahn als Regionalbahn“ (vgl. Kapitel 5.2.3 und 6).

Vor diesem Hintergrund soll an einem bestehenden Bahnübergang die Sicherungstechnik auf aktuelle Technik umgestellt werden. Mit dieser Digitalisierung ist auch eine Optimierung der Schließzeiten des Bahnübergangs verbunden, was wiederum die Stauanfälligkeit der bisherigen Sicherungstechnik reduziert und damit emissionsreduzierend wirkt.

### **Beschaffung und Einsatz Simulationssoftware „VISUM“, „VISSIM“**

In Ergänzung der Arbeiten zum Green City Masterplan wurden Verkehrssimulationen vom Karlsruher Planungsbüro PTV auf Basis der Simulationssoftware „VISUM“ und „VISSIM“ durchgeführt. Die Simulationen sollten die emissionsreduzierenden Wirkungspotentiale von verkehrlichen Maßnahmen im Bereiche der LUBW-Messstelle (Friedrichstraße) und im Stadtraum (Hintergrundmessung) aufzeigen. Dafür wurde aufbauend auf dem Verkehrsmodell der Region Stuttgart (inkl. Ludwigsburg) sowie den aktuellen Verkehrsdaten für den Green City Masterplan speziell für Ludwigsburg ein aktuelles Verkehrsmodell erarbeitet. Durch den Erwerb und Einsatz der o. g. Simulationssoftware können auf der Mikro- (VISSIM) und Makroebene (VISUM) diese aktuellen Verkehrssimulationen fortgeführt werden. Damit ist es insbesondere möglich, kurzfristige Maßnahmen an der Spotmessstelle und im Stadtraum hinsichtlich ihrer verkehrlichen Auswirkung auf den Verkehrsfluss und den emissionsreduzierenden Potenzialen vor einer Einführung zu simulieren.

Die Simulation von verkehrlichen Maßnahmen ist die Voraussetzung für die Planung und Umsetzung von emissionsreduzierenden verkehrlichen Maßnahmen, z. B. optimierte Ampelschaltungen, Festlegung verkehrsabhängiger Umlenkungsmaßnahmen, etc.

### **Beschleunigung von Bussen und Einsatzfahrzeugen**

Zusätzlich zu den von (Schlothauer & Wauer, 2018) erarbeiteten Bewertungen zur adaptiven Steuerung der Lichtsignalanlagen (vgl. Kapitel 6.2.2) sollen innerhalb dieses Komplexes die Linienbusse (in Abstimmung mit dem lokalen Busbetreiber) mit Busbeschleunigung analog der bereits pilothaft in der Stadt Ludwigsburg installierten Einsatzbevorrechtigung für Rettungsfahrzeuge ausgestattet werden.

In einem Pilotprojekt werden bereits drei Feuerwehrfahrzeuge mit Steuerungen ausgestattet, die in Verbindung mit der Car2x-Ausstattung der Lichtsignalanlagen (LSA) nach digitaler Fahrzeuganmeldung an der LSA eine Vorzugsschaltung bewirken. Nunmehr ist vorgesehen, alle Busse im ÖPNV, Fahrzeuge der Rettungsdienste und Polizei mit derartigen Steuerungen auszustatten. Die Car2x-Kommunikation war bereits Teil eines Vorgängerantrages, jetzt zielt die Maßnahme auf die fahrzeugseitige Infrastruktur. Dieses Vorhaben steht in Verbindung mit der Maßnahme: Verbesserung / Attraktivierung des ÖPNV im GCP.

### **Verbesserung Radverkehr**

Die Stadt Ludwigsburg fördert permanent den Radverkehr in der Stadt. Einige Beispiele sind unter Kapitel 5.2.2.2 genannt und die Auswirkungen bewertet, vgl. Kapitel 6 (z.B. durch die Veränderungen des Modal Splits). In Ergänzung zu den genannten Maßnahmen (Fortschreibung Radroutenkonzept, Fahrradparkhaus etc.) sind folgende weitere Maßnahmen vorgesehen:

- **Einsatz von Fahrradzählanlagen** (sichtbare und nicht sichtbare)

Eine Zunahme des Radverkehrs geht einher mit einem höheren Aufwand für Sicherheit und der Auto- und Radverkehr muss integriert betrachtet und gesteuert werden. Zunehmend wird für den Radverkehr eigene Infrastruktur benötigt. Dafür ist eine laufende digitale Erfassung und Auswertung des stadtweiten Radverkehrs erforderlich.

### **Ausbau / Erneuerung der Glättemeldeanlagen**

Diese Maßnahme bzw. deren Umsetzung steht im Kontext mit dem von der Stadt avisierten und bereits über den letzten Förderaufruf „Digitalisierung“ angestoßenen Gesamtvorhabens „SmartCity-Cloud“. Hier können, zusammen mit anderen verkehrsbeeinflussenden Informationen, die Daten zusammengeführt werden. Damit kann auch wiederum ein Beitrag zur Verkehrsverflüssigung geleistet werden. So sollen z.B. durch intelligente Straßensensoren spezifische Straßenzustände erfasst und auswertbar gemacht werden. Daten über witterungsbedingte Straßenzustände können so

wiederum auch zur Verstetigung des Verkehrs einen Beitrag leisten – indem Staubildungen durch rechtzeitigen Einsatz der Streudienste verhindert und die entsprechenden Informationen über die Wetterlage und angepasste Geschwindigkeitsvorgaben über die ebenfalls unter 8.1 beschriebenen digitalen LED-Informationstafeln den Verkehrsteilnehmern angezeigt werden.

### **Virtuelle Verkehrsinformationszentrale (VIZ)**

Es ist geplant, alle in Echtzeit erfassten Umwelt- und Verkehrsdaten über Großbildschirme für die Verkehrssteuerung anzuzeigen und auszuwerten. Durch die gleichzeitige übersichtliche Darstellung von Verkehrs- und Umweltdaten werden die direkten Zusammenhänge sichtbar – und ein unmittelbares Eingreifen bzgl. Verkehrssteuerung ist möglich, um die gesamte Verkehrssituation in Ludwigsburg weiter zu optimieren und Emissionsreduzierungen zu erreichen. Die Großbildschirme der virtuellen Informationszentrale werden in den relevanten Fachbereichen, die mit Verkehrsplanung, -steuerung und Verkehrssicherheit betraut sind, aufgestellt.

### **Urbane Logistik - Einsatz von Paketboxen**

Im Hinblick auf die urbane Logistik bedarf es einer zukünftigen Strategie, die vor allem den Herausforderungen **massiv steigender Paketvolumina** (insbesondere durch den enorm wachsenden **Online-Handel**), gerecht wird. Bis 2025 wird von Paketdienstleistern eine Verdoppelung des online-Handels im Vergleich zum aktuellen Volumen prognostiziert. Zudem sind der Dienstleistungsverkehr und Speditionsfahrten mit zu berücksichtigen. Neben dem geschlossenen Boxenzustellsystem der Deutschen Post haben sich wesentliche Wettbewerber zusammengefunden, um ein offenes Zustellsystem (ParcelLock) zu entwickeln. Hiermit können Zustellfahrten der Paketdienste und Abholfahrten der Kunden erheblich reduziert sowie der lokale Einzelhandel und Dienstleistungssektor in den Kreis der Zusteller mit einbezogen werden. Die emissionsreduzierende Wirkung der entfallenden Fahrten wird als erheblich eingeschätzt.

## **8.2 Weitere innovative perspektivische Themenfelder**

Nachfolgend dargestellte Themen sollen Möglichkeiten in der Zukunft aufzeigen, sind aber nicht Gegenstand des aktuellen 3. Förderauftrages „Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme“.

### **Verleihsystem auf Basis von Kleinst-E-Fahrzeugen**

Geplant ist in diesem Zusammenhang ein stadtweites stationäres Verleihsystem für Kleinst-E-Fahrzeuge an bestimmten Mobilitätsknotenpunkten, inklusive der dafür benötigten Ladeinfrastruktur. Im Gegensatz zu Fahrrädern / Pedelecs sind Kleinst-E-Fahrzeuge platzsparender, flexibler in der Handhabung und es kann gut kombiniert werden mit dem ÖPNV. Hierbei ist zu verweisen auf

die bereits in diesem Bericht (Kapitel 5.2.2) aufgeführte vollautomatische E-Bike Station am Bahnhof, die bereits seit 2015 in Betrieb ist.

### **Residential Sharing**

Mit Residential Sharing werden stationsbasierte Mobilitätslösungen bezeichnet, die es Bewohnern eines Wohnquartiers ermöglicht, E-Fahrzeuge, Pedelecs/Fahrräder, Lastenräder usw. aus einer Flotte, die exklusiv für die Bewohner zur Verfügung steht, auf Abruf zu nutzen. Bewohner können die jeweiligen Mobilitätsangebote für gewisse Zeit per App für private Zwecke reservieren und nutzen. Eingesparte Stellplätze für eigene Fahrzeuge können damit einer qualitativ hochwertigeren Nutzung zugeführt werden.

Das Mobilitätsangebot im Wohnquartier führt zu einem geringeren Fahrzeugbestand und insgesamt zu weniger Einzelfahrten mit dem eigenen PKW im Stadtgebiet. Dadurch können weitere Emissionen eingespart werden. Die Kosten für das Verleihsystem sind deutlich geringer als die Gesamtkosten für zusätzliche eigene Fahrzeuge und können ggf. über die Nebenkosten umgelegt werden. Dadurch steigt der Anreiz, das Angebot seitens der Quartiersbewohner anzunehmen und verstärkt zu nutzen.

### **On Demand Service (z.B. Via Van)**

ViaVan ist ein Joint Venture von Mercedes-Benz Vans und dem Start-up-Unternehmen Via. Mit dem Einsatz der bereits in mehreren Städten erprobten digitalen Plattform für das Pooling von Einzelfahrten, können Fahrgäste ohne relevante Umwege und Verzögerungen gemeinsam an ihr jeweiliges Ziel befördert werden.

Dieses innovative und digitale Mobilitätsangebot ist genehmigungsseitig und kostenseitig zwischen dem Taxigewerbe und dem ÖPNV angesiedelt. Eine Vorstudie ergab, dass mit 15 Fahrzeugen zu Spitzenzeiten bis zu 155 Passagiere pro Stunde befördert werden könnten. Derartige Angebote sind bereits in Stuttgart (SSBflex) und in Berlin (BVG) im Einsatz. Für Ludwigsburg wird eine interkommunale Lösung angestrebt, um insbesondere urbane Randzonen zu erschliessen und Querverbindungen zwischen den Kommunen herzustellen. Damit würde die Auslastung deutlich erhöht werden können.

### **Use Case / Szenario (weitere Angaben)**

Mehr als 50% der Pendler fahren selbst mit dem eigenen PKW/Motorrad/Moped zur Arbeit. Bei gleicher Distanz spart der PKW-Fahrer 25% der Pendelzeit gegenüber dem ÖPNV. On-Demand Nahverkehr kann eine entsprechend attraktive Alternative darstellen.

Im Servicegebiet einbezogen ist u.a. Weststadt, Hauptbahnhof, S-Bahn, Favoritepark, Arbeitgeber (MHP, BorgWarner, Hahn+Kolb Werkzeuge, Glaeson-Pfauter Maschinenfabrik, Kliniken Ludwigsburg-Bietigheim, Gebr. Lotter, MANN+HUMMEL, mhplus Betriebskrankenkasse, Stadtwerke).

- Angenommene Betriebszeiten: 6:00-22:00 (16h)
- Angenommene Fahrgastzahlen (Mo-Fr): 1.700 Passagiere

### **Erprobung automatisierter Shuttledienste als Bestandteil des ÖPNV (Projekt "SMARAGD")**

Im Anschluss und ergänzend zum Projekt DiaMANT (Förderung durch das Land Baden-Württemberg) mit geplant nur einem automatisierten Shuttle-Fahrzeug sollen mehrere dieser Fahrzeuge angeschafft und ergänzend zum ÖPNV in Ludwigsburg zum Einsatz kommen. Um unterschiedliche Szenarien für den Einsatz automatisierter Shuttle-Fahrzeuge im Sinne eines Liniendienstes z. B. hinsichtlich Akzeptanz bei Passagieren und Öffentlichkeit, Gebühren, Zugangs-/Ticketkontrolle, Sicherheit, Infrastruktur erproben zu können, ist diese Anzahl erforderlich. Aufgrund der gesetzlichen Vorschriften ist für diese Art von Fahrzeugen im öffentlichen Raum jeweils noch ein begleitender Sicherheitsfahrer vorzusehen.

Mit dem automatisierten Fahren wird der ÖPNV im Stadtbereich eine weitere Revolution erfahren. Erhebliche Kostensenkungen durch weitgehenden Entfall der Personalkosten führen zu Einsparungen im ÖPNV. Die Vorlaufzeit bis zur Serienreife dieser Fahrzeuge muss genutzt werden, um den späteren flächendeckenden Einsatz vorzubereiten, da noch erhebliche Vorbehalte in der Bevölkerung gegenüber automatisierten Fahrzeugen bestehen. Durch den Elektroantrieb werden bei zunehmenden Fahrten erhebliche Emissionsmengen eingespart.

## Anhang A (Treibhausgasemissionen)

Die Reduktion der Treibhausgasemissionen wurde sowohl stadtweit als auch für die Spotmessstelle Friedrichstraße betrachtet. Dabei wurde zuerst das Reduktionspotenzial der Hauptmaßnahmen und anschließend das der Haupt- und Sekundärmaßnahmen untersucht.

### 1. Stadtweite Betrachtung

#### 1.1. Emissionsreduktionspotential Hauptmaßnahmen

Die Hauptmaßnahmen weisen ein über die Jahre steigendes Reduktionspotenzial auf (siehe Abbildung A.1). Es ist zu erwarten, dass durch diese im Jahr 2020 die Treibhausgasemissionen stadtweit um 2,3 % und im Jahr 2030 um fast 18 % gesenkt werden können. Dazu tragen vor allem der steigende Anteil an Elektrofahrzeugen und die Fahrradförderung bei. Allerdings weisen auch die Reaktivierung der Bahnlinie und die Einführung des BRT, ab ihrer Inbetriebnahme im vierten Quartal 2020, eine deutliche emissionsmindernde Wirkung auf.

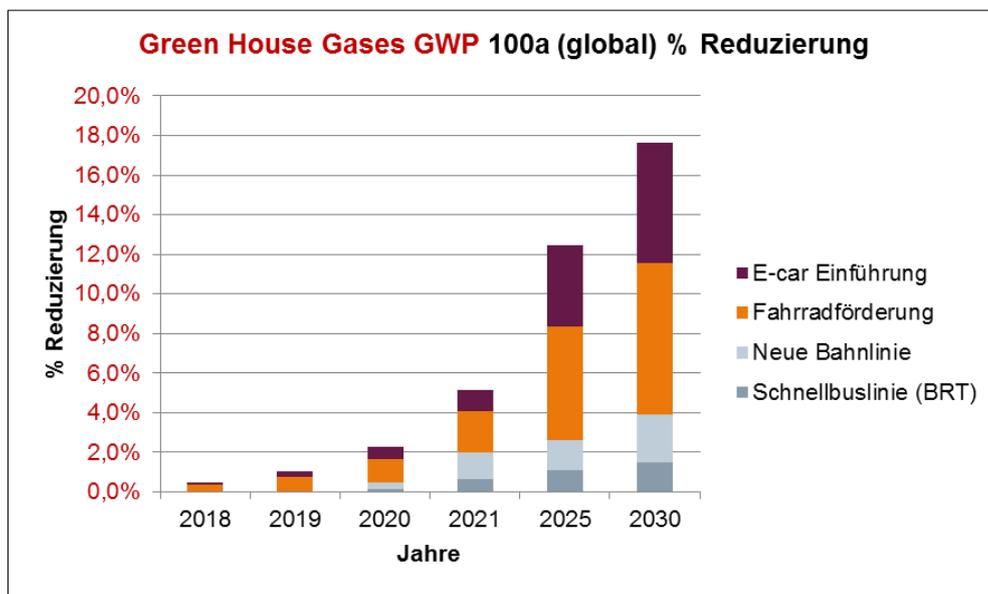


Abbildung A.1 Emissionsreduktionspotential Hauptmaßnahmen [%] (Siemens 2018)

In Abbildung A.2 sind die prozentualen Emissionsreduzierungen in absoluten Werten dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Hauptmaßnahmen zusammen eine deutliche Senkung der Treibhausgasemissionen, im Vergleich zum BAU-Szenario, bewirken – im Jahr 2020 um rund 2.500 Tonnen CO<sub>2</sub> eq und im Jahr 2030 um rund 20.000 Tonnen CO<sub>2</sub> eq.

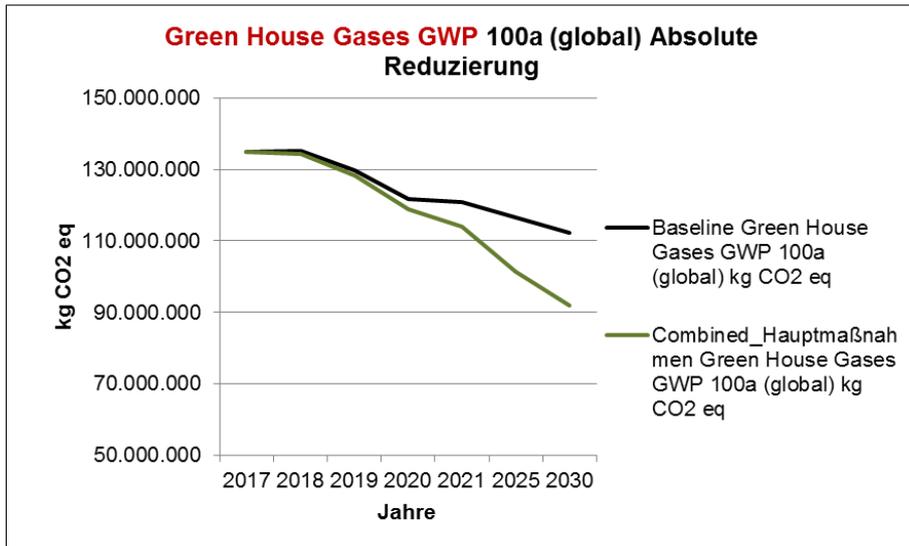


Abbildung A.2 Emissionsreduktionspotential Hauptmaßnahmen (Siemens 2018)

### 1.2. Emissionsreduktionspotential Haupt- und Sekundärmaßnahmen

Im Vergleich zu den Hauptmaßnahmen haben die Sekundärmaßnahmen kaum nennenswerte Auswirkungen auf die stadtweiten Treibhausgasemissionen (siehe Abbildung A.3). Die stufenweise Einführung von Elektrolinienbussen bewirkt zwar eine ansteigende Reduzierung der Treibhausgasemissionen, jedoch wird diese durch die sinkende Anzahl an Dieselizehlungen ausgeglichen. Dies ist damit zu begründen, dass in Folge der verringerten Dieselizehlung die Zulassungszahlen von Benzinfahrzeugen und somit die Treibhausgasemissionen der kompletten Fahrzeugflotte ansteigen. Da das Software-Update nur für eine Reduktion der NOx-Emissionen konzipiert wurde, zeigt dieses keine Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen.

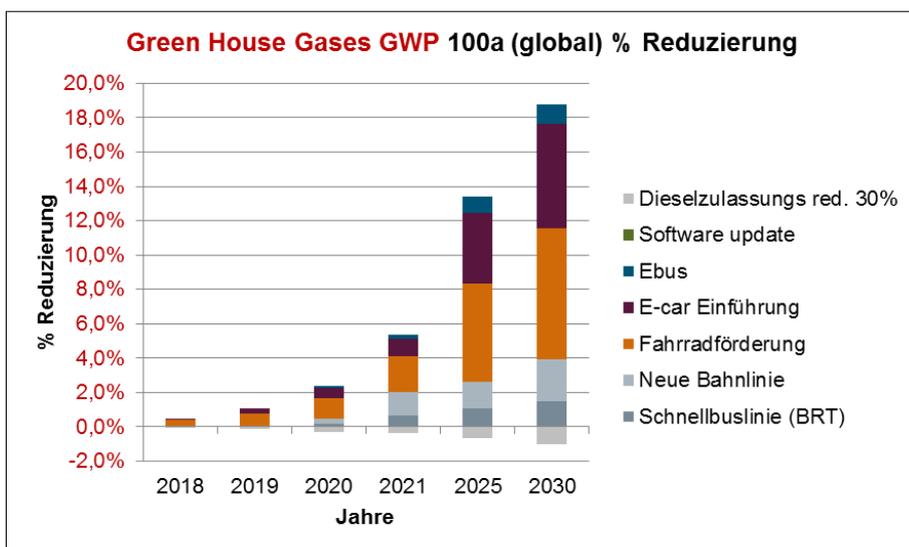


Abbildung A.3 Emissionsreduktionspotential Haupt- und Sekundärmaßnahmen [%] (Siemens 2018)

In Abbildung A.4 sind die prozentualen Reduzierungen in absoluten Werten dargestellt. Aufgrund der bereits genannten Gründe haben die Sekundärmaßnahmen keine nennenswerten Auswirkungen auf die stadtweiten Treibhausgasemissionen – die absolute Reduzierung unterscheidet sich nicht ausschlaggebend von Abbildung A.2.

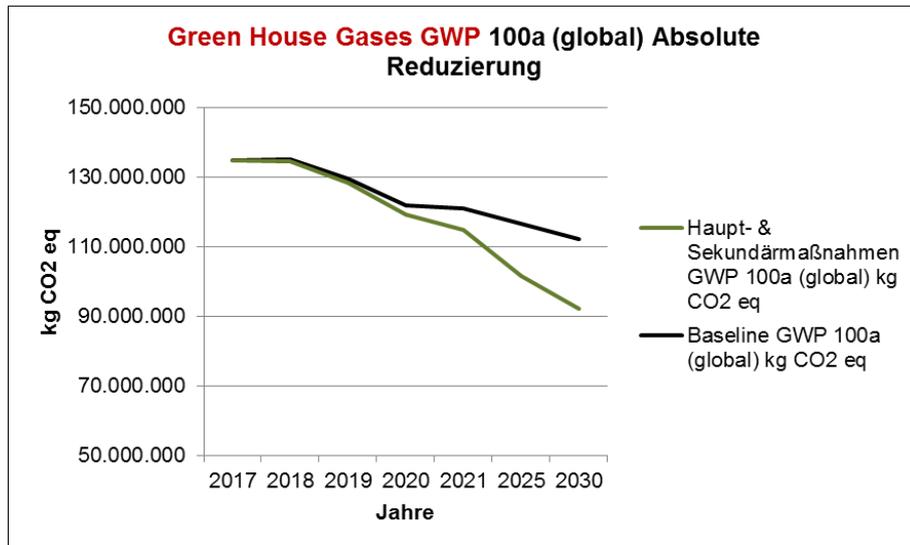


Abbildung A.4 Emissionsreduktionspotenzial Haupt- und Sekundärmaßnahmen (Siemens 2018)

## 2. Messstelle Friedrichstraße

### 2.1. Emissionsreduktionspotential Hauptmaßnahmen

Die Hauptmaßnahmen bewirken an der Spotmessstelle Friedrichstraße eine deutliche, ansteigende Reduzierung der Treibhausgasemissionen (siehe Abbildung A.5). Nach der Inbetriebnahme der reaktivierten Bahnlinie und des BRT im vierten Quartal 2020, tragen alle Hauptmaßnahmen ausschlaggebend zu geringeren Treibhausgasemissionen an der Spotmessstelle bei. Im Jahr 2020 ist mit einer Reduzierung um 2,6 % und im Jahr 2030 um rund 19 % zu rechnen.

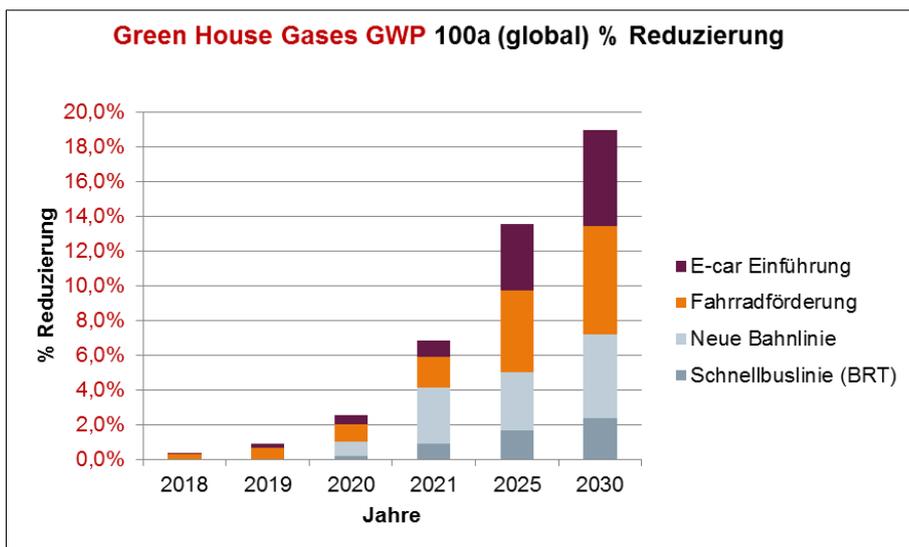


Abbildung A.5 Emissionsreduktionspotential Hauptmaßnahmen [%] (Siemens 2018)

In Abbildung A.6 sind die prozentualen Reduzierungen in absoluten Werten dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Hauptmaßnahmen die Treibhausgasemissionen an der Spotmesstelle, im Vergleich zum BAU-Szenario, deutlich senken werden – um rund 0,2 Tonnen CO<sub>2</sub> eq. im Jahr 2020 und rund 1,3 Tonnen CO<sub>2</sub> eq. im Jahr 2030.

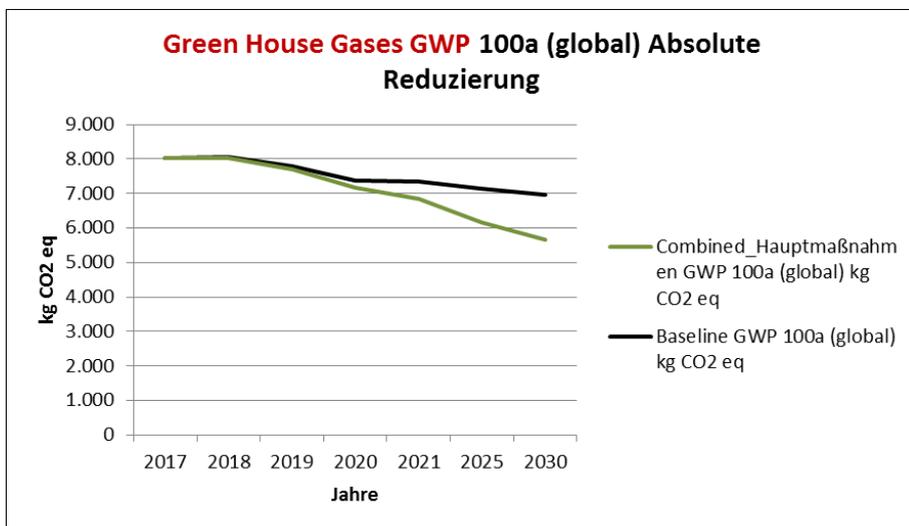
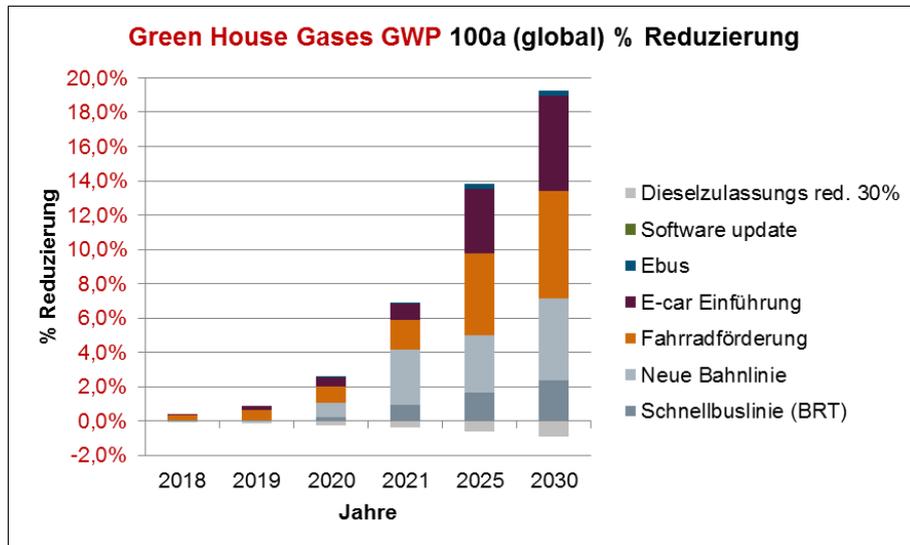


Abbildung A.6 Emissionsreduktionspotential Hauptmaßnahmen (Siemens 2018)

## 2.2. Emissionsreduktionspotential Haupt- und Sekundärmaßnahmen

Im Vergleich zu den Hauptmaßnahmen haben die Sekundärmaßnahmen kaum nennenswerte Auswirkungen auf die Treibhausgasemissionen an der Spotmesstelle (siehe Abbildung A.7). Die stufenweise Einführung der Elektrolinienbusse kann die Treibhausgasemissionen nur geringfügig wei-

ter reduzieren und die verringerte Zulassung von Dieselfahrzeugen hat erneut negative Auswirkungen auf die Emissionen an der Messstelle. Aufgrund dessen fällt die Reduzierung der Treibhausgasemissionen durch die Haupt- und Sekundärmaßnahmen sogar minimal geringer aus als die nur der Hauptmaßnahmen. Im Jahr 2020 ist noch mit einer Reduzierung um 2,3 % und im Jahr 2030 um 18,4 % zu rechnen.



**Abbildung A.7** Emissionsreduktionspotential Haupt- und Sekundärmaßnahmen [%] (Siemens 2018)

In Abbildung A.8 sind die prozentualen Reduzierungen in absoluten Werten dargestellt. Aufgrund der nur minimalen Auswirkungen der Sekundärmaßnahmen auf die Treibhausgasemissionen an der Spotmessstelle unterscheiden sich die absoluten Reduzierungen, gegenüber dem BAU-Szenario, nur unwesentlich von denen der Hauptmaßnahmen. Im Jahr 2020 ist mit einer Reduzierung um 0,17 Tonnen CO<sub>2</sub> eq und im Jahr 2030 um 1,2 Tonnen CO<sub>2</sub> eq zu rechnen.

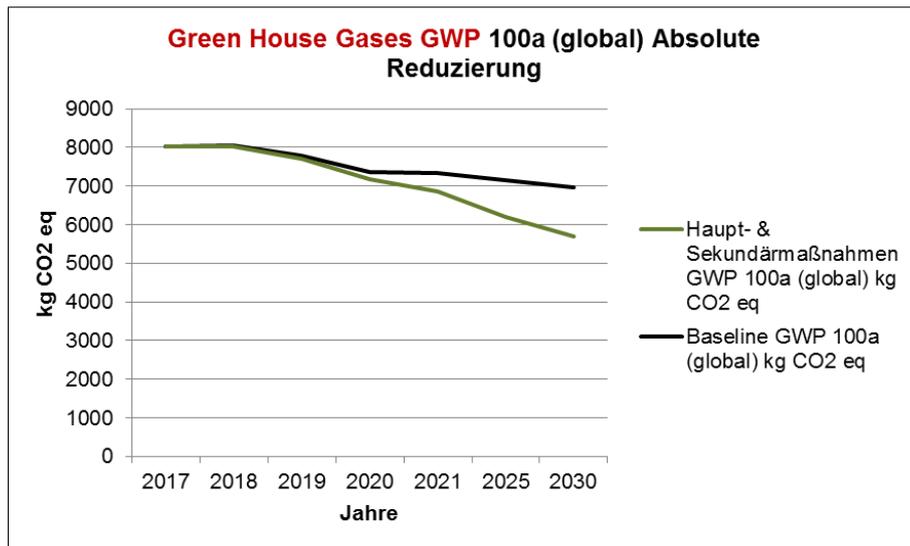


Abbildung A.8 Emissionsreduktionspotential Haupt- und Sekundärmaßnahmen (Siemens 2018)

## **Anhang B (Projektsteckbriefe)**

### **3. Förderauftrag „Digitalisierung kommunale Verkehrssysteme“**

#### **1. Maßnahme: Beschaffung und Einsatz (kleiner) Anzeigetafeln zur Parklenkung/Werbung**

##### Beschreibung

In Kombination mit der Entwicklung und Einführung eines dynamischen und intelligenten Parkraummanagements im Transformationsgebiet Weststadt und im Innenstadtbereich sind neben web- und app-basierten Anzeigen sowie Navigationshilfen stationäre digitale Anzeigetafeln im Stadtgebiet erforderlich, um den Parksuchverkehr weiter zu optimieren. Über die digitalen Anzeigetafeln können neben Park- und Verkehrsflussinformationen zusätzlich weitere digitale Informationsangebote der Stadt angezeigt werden.

##### Nutzenbetrachtung

Optimierter Verkehrsfluss im Durchgangsverkehr und beim Parksuchverkehr sind wichtige Faktoren bei der erforderlichen Emissionsreduzierung im Stadtraum. Durch optimierte Parklenkung kann das Stellplatzangebot im öffentlichen Raum reduziert und die freiwerdende Fläche qualitativ aufgewertet werden.

##### Kosten

Insgesamt werden für die kleinen Anzeigetafeln inkl. Montage ca. 1 Mio. € veranschlagt. Angebote sind noch einzuholen.

##### Kontakte

SWARCO, Siemens, u. a.

#### **2. Maßnahme: Digitalisierung Bahnübergänge**

##### Beschreibung

Im Zusammenhang mit der Modernisierung einer bestehenden Eisenbahnstrecke zwischen Markgröningen und Ludwigsburg zwecks Wiederaufnahme des regionalen Zugverkehrs soll am bestehenden Bahnübergang Im Waldäcker/Mörikestraße die aktuelle Sicherungstechnik auf neue, digitale Technik umgestellt werden. Die sich im Bau befindliche Umgehungsstraße (Weststrandstraße) kreuzt diesen Bahnübergang. Vor dem Hintergrund des erwarteten Verkehrsaufkommens sollen mit

der Digitalisierung der Sicherungstechnik innerhalb der Sicherheitsvorschriften für Bahnübergänge die Schließzeiten optimiert werden.

#### Nutzenbetrachtung

Mit der Digitalisierung des Bahnübergangs ist neben der Verkehrssicherheit eine Optimierung der Schließzeiten des Bahnübergangs verbunden. Damit können Staubildungen vor dem Bahnübergang reduziert werden. Diese Maßnahme führt zu einer Reduktion von verkehrsbedingten Schadstoffemissionen (insb. NOx). Die Zugquerungen finden in einer 15 minütigen Taktung statt.

#### Kosten

Aufgrund der Größe des Übergangs ist nach qualifizierter Schätzung des beauftragten Planungsbüros und Bestätigung des Herstellers der Signaltechnik i. V. zu sonstigen Bahnübergängen mit höheren Kosten für die Signal- und Bautechnik zu rechnen. Nachstehende Positionen sind zu berücksichtigen:

|                        |                  |
|------------------------|------------------|
| • Signaltechnik        | 250.000 €        |
| • Bautechnik           | 240.000 €        |
| • Einbindung Stellwerk | 95.000 €         |
| • Kabeltiefbau         | 55.000 €         |
| <b>Gesamt</b>          | <b>640.000 €</b> |

#### Kontakte

Planungsingenieur Dieter Jockers, Karlsruhe

Firma Pintsch-Bamag, Dinslaken

Scheidt & Bachmann, Mönchengladbach

Thales, Ditzingen

Siemens, Stuttgart

### **3. Maßnahme: Beschaffung und Einsatz Simulationssoftware „VISUM“, „VISSIM“**

#### Beschreibung

Im Rahmen der VDA-Initiative „Saubere Luft“ parallel zur Erarbeitung des Green City Masterplans wurden Verkehrssimulationen von PTV auf Basis der Simulationssoftware „VISUM“ und „VISSIM“ durchgeführt. Die Simulationen sollten die emissionsreduzierenden Wirkungspotentiale von verkehrlichen Maßnahmen im Bereiche der LUBW-Messstelle in der Friedrichstraße und im Stadtraum (Hintergrundmessung) aufzeigen. Grundlage der Simulationen waren das aktuelle Verkehrsmodell der Region Stuttgart sowie zeitnahe Verkehrszählungen der Stadt Ludwigsburg. Es ist geplant, die

aktuelle Softwarelizenz für „VISUM“ zu erwerben und die von PTV aktuell erarbeiteten Verkehrssimulationen vor dem Hintergrund der angestrebten Emissionsreduzierung (NOx) fortzuführen.

#### Nutzenbetrachtung

Die Simulation von verkehrlichen Maßnahmen ist eine grundlegende Voraussetzung für die Planung und Umsetzung von emissionsreduzierenden verkehrlichen Maßnahmen, z. B. optimierte Ampelschaltungen, Festlegung verkehrsabhängiger Umlenkungsmaßnahmen, usw. Durch den Einsatz einer eigenen Simulationssoftware werden externe Planungskosten in erheblicher Größenordnung je Planungsauftrag eingespart. Außerdem können die Maßnahmen ohne zeitliche Verzögerung aufgrund einer externen Vergabe unmittelbar geplant und umgesetzt werden.

#### Kosten

Von PTV liegt ein Angebot in Höhe von rd. 120.000 € (brutto) für die Beschaffung der beiden Simulationssoftware-Pakete VISUM und VISSIM sowie Zusatzmodule vor. Die laufenden Wartungskosten werden mit ca. 15.000 € p. a. beziffert. Hinzu kommen Schulungskosten für die Nutzer der Software im Bereich Verkehrsplanung.

#### Kontakte

PTV, Karlsruhe

### **4. Maßnahme: Beschaffung und Einsatz Beschleunigung von Bussen und Einsatzfahrzeuge**

#### Beschreibung

Wie bereits in einem Pilotvorhaben mit drei Feuerwehrfahrzeugen in der Erprobung, sollen alle Busse im ÖPNV sowie Einsatzfahrzeuge der Rettungsdienste und Polizei mit Steuerungsmodulen ausgestattet werden, die im Zusammenspiel mit der car2x-Ausstattung der Lichtsignalanlagen eine unmittelbare Ampelschaltung auf „Grün“ nach digitaler Anmeldung des Fahrzeugs an der jeweiligen Ampel bewirken.

#### Nutzenbetrachtung

Der ÖPNV wird dadurch für Pendler attraktiver. Damit verbunden sind weniger Autofahrten und weitere Emissionsreduzierungen sowie eine Verflüssigung des Verkehrs. Bezogen auf die Rettungsdienste und Polizei werden Staubildungen an den Kreuzungen durch plötzliche Bremsmanöver der Verkehrsteilnehmer vermieden und die Rettungs- und Sicherheitskräfte können ihrem Auftrag im Sinne des Gemeinwohls schneller und sicherer nachkommen.

### Kosten

Für die Ausstattung aller o. g. Fahrzeuge (insgesamt ca. 120 Einheiten) ist mit einem Investitionsvolumen von rd. 600.000 € zu rechnen. Der Einbau und die laufenden Kosten sind von dem jeweiligen Nutzer zu übernehmen, ebenso der Eigenanteil der Stadt bei der Beschaffung in Höhe von insgesamt 300.000 € (rd. 2.500 € je Modul).

### Kontakte

SWARCO

### Beteiligte

Neben stadtinternen Fachbereichen kann der ÖPNV, die Polizei, Rettungsdienste / Klinikum / DRK oder auch die Feuerwehr beteiligt sein.

## **5. Maßnahme: Beschaffung und Einsatz Parkraumdetektion im Stadtraum**

### Beschreibung

Als Maßnahme zur Emissionsreduzierung soll der Parksuchverkehr im Stadtraum von Ludwigsburg insgesamt deutlich verringert werden. Neben dem bereits geförderten Parkraummanagement im Transformationsgebiet Weststadt soll ein flächendeckendes Parkraummanagement im Innenstadtbereich zum Einsatz kommen. Im Schwerpunkt sollen dafür bestehende Hard- und Softwaretechnologien aus dem Bereich optische genutzt werden. Die gewonnenen Daten werden u. a. über die städtische Cloud-Lösung den Nutzern angeboten und ggf. in weitere öffentlich zugängliche Mobilitätsangebote eingebunden.

### Nutzenbetrachtung

Mit der Verringerung des Parksuchverkehrs werden weitere Emissionsreduzierungen erreicht. Angestrebt wird durch eine optimierte Auslastung der vorhandenen Parkflächen eine deutliche Verringerung des gegenwärtigen Parkraumangebotes im öffentlichen Raum in der Innenstadt, verbunden mit einer qualitativen Aufwertung der bisherigen Parkflächen. Steigende Lebensqualität ist i. d. R. verbunden mit einem verbesserten Aufenthalts- und Konsumverhalten der Bürger im öffentlichen Raum. Anbieter dieser Sensortechnik ist z. B. das Unternehmen CleverCity aus München.

### Kosten

Auf Basis einer früher geplanten Zusammenarbeit mit dem Unternehmen CleverCity ist für eine stadtweite Parkraumdetektion (Innenstadtbereich) mit einem Investitionsvolumen in Höhe von ca. 800.000 € auszugehen. Angebote liegen derzeit noch nicht vor.

#### Kontakte

CleverCity, München

#### Beteiligte

Neben stadtinternen Fachbereichen werden die Stadtwerke Ludwigsburg als verantwortlicher Bereich für die Stadtbeleuchtung beteiligt sein.

### **6. Maßnahme: Beschaffung und Einsatz Fahrradzählanlagen im Stadtraum**

#### Beschreibung

Ein relevanter Hebel im Rahmen der Emissionsreduzierung ist die Stärkung des Radverkehrs. Steigendes Radverkehrsaufkommen bedingt einen höheren Aufwand für die Sicherheit des Radverkehrs und einen höheren Steuerungsaufwand, um Rad- und Autoverkehr integriert zu steuern, damit beide Verkehrsarten flüssig und sicher abgewickelt werden können. Der Radverkehr muss zukünftig verstärkt auf einer eigenen Infrastruktur geführt werden. Für diesen Ausbau und aus Gründen der Sicherheit ist eine auf Ist-Zahlen basierte laufende Auswertung des stadtweiten Radverkehrs erforderlich. Dafür sind Fahrradzählanlagen in unterschiedlichen Ausführungen vorgesehen.

#### Nutzenbetrachtung

Für die Stärkung des Radverkehrs sind Sicherheit, Radwegeinfrastruktur und Beschleunigung bei gleichzeitiger Integration der Verflüssigung des motorisierten Verkehrs notwendige Voraussetzungen. Bei Erfüllung dieser Faktoren sind die im Green City Masterplan aufgezeigten Wirkungspotentiale und die Vermeidung von Fahrverboten möglich.

#### Kosten

Es wird unterschieden in sichtbaren und unsichtbare Zählanlagen. Für 10 sichtbare Zählanlagen sind rd. 450.000 € (lfd. Kosten insgesamt 45.000 € p. a.) zu veranschlagen, für 20 unsichtbare Zähl Schleifen fallen Investitionen in Höhe von rd. 200.000 € (inkl. Einbau; zuzüglich lfd. Kosten in Höhe von 16.000 € p. a.) an.

#### Kontakte

SWARCO, Siemens, u. a.

## **7. Maßnahme: Aufrüstung bzw. Beschaffung von Glättemeldeanlagen**

### Beschreibung

Die Stadt Ludwigsburg betreibt derzeit fünf Glättemeldeanlagen, die diverse meteorologische Daten, bspw. Außen- und Straßentemperatur, messen. Mit Hilfe dieser ermittelten meteorologischen Daten können Einsätze im Straßenwinterdienst unter Berücksichtigung der Aspekte Gewährleistung der Verkehrssicherungspflicht, Erhalt ausreichender Verkehrskapazitäten, Aufrechterhaltung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit und Umweltschutz besser prognostiziert und eingeleitet werden. Insbesondere die Verteilung der Glättemeldeanlagen im Stadtgebiet garantiert, dass gebiets-spezifische Besonderheiten (Höhenlagen, Industrieschnee, etc.) bei der Einsatzalarmierung Berücksichtigung finden.

Die bestehenden Anlagen sollen im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung der kommunalen Verkehrsleittechnik erneuert bzw. aufgerüstet werden. In diesem Zusammenhang sollen künftig weitere, umfangreichere meteorologische Daten durch intelligente Straßensensoren, die bspw. Straßenzustände, Wasserfilme, Salzkonzentrationen und Gefriertemperaturen erfassen und somit deutlich mehr Informationen bereitstellen, erhoben werden.

Diese meteorologischen Daten tragen einerseits zur Organisation eines leistungsfähigen, wirtschaftlichen und ökologischen Winterdienstes bei. Parallel haben diese Daten über witterungsbedingte Straßenzustände einen direkten Einfluss auf die intelligente Verkehrssteuerung (bspw. Umschaltzeiten an Lichtsignalanlagen).

Die Daten der Glättemeldeanlagen sollen gemeinsam mit weiteren den Verkehr beeinflussenden Daten in einer SmartCityCloud zusammengeführt werden. Auf dieser Basis wird eine Verstärkung des Verkehrsflusses, auch bei witterungsbedingten Einschränkungen (bspw. durch Glätte), erreicht.

### Nutzenbetrachtung

Eine geeignete Prognose für die frühzeitige Alarmierung des Straßenwinterdienstes trägt zum ganzjährigen Erhalt des Verkehrsflusses bei. Die Gewährleistung eines zuverlässigen Straßenwinterdienstes in Verbindung mit einer Gewährleistung der Verkehrssicherheit und ausreichender Verkehrskapazitäten auch bei starken witterungsbedingten Einflüssen trägt dabei ursächlich zur Reduktion von verkehrsbedingten, saisonalen Schadstoffemissionen (insbesondere NOx) bei.

Eine Verkehrsverflüssigung durch das frühzeitige Erkennen von witterungsbedingten Einflüssen auf den Straßenverkehr kann Stop-and-go-Verkehr im innerstädtischen Bereich vermeiden. Im Rahmen

des Green City Masterplans wurde ermittelt, dass insbesondere durch die Vermeidung von Stopp-and-go nicht unerhebliche Mengen an Schadstoffen reduziert werden können.

### Kosten

Die Investitionen für 3 der 5 Anlagen (Austausch/Neukauf) betragen ca. 24.000 € (brutto) je Anlage. Es entstehen hier Gesamtkosten in Höhe von 72.000 €.

Die zwei übrigen Anlagen entsprechen neuerer Technik und können dahertechnisch umgerüstet werden. Hierfür fallen Kosten in Höhe von ca. 19.000 € (brutto) je Anlage an. Es entstehen hier Gesamtkosten in Höhe von 38.000 €.

Zusätzlich fallen für alle Anlagen Kosten für neue Masten in Höhe von ca. 6.000 € (brutto) pro Anlage (inkl. Installation) an.

Die Gesamtkosten der Umrüstung/Neubeschaffung belaufen sich somit auf 140.000 €.

### Kontakte

Lufft, Micks, u. a.

## **8. Maßnahme: Beschaffung und Einsatz virtuelle Verkehrsinformationszentrale (VIZ)**

### Beschreibung

Im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung der kommunalen Verkehrsleittechnik ist die Einrichtung einer virtuellen Verkehrsinformationszentrale (VIZ) geplant. Alle weitgehend in Echtzeit erfassten Verkehrs- und Umweltdaten sollen dafür auf Großbildschirmen angezeigt und ausgewertet werden, die in den für die Verkehrssteuerung relevanten Fachbereichen angebracht werden. Für die Datenanalyse und -auswertung ist eine individuelle Softwarelösung erforderlich.

### Nutzenbetrachtung

Optimierte Verkehrsflüsse im gesamten Stadtbereich sind wichtige Faktoren für die erforderlichen Emissionsreduzierungen im Stadtraum. Durch die parallele Visualisierung sowie Analyse und Auswertung von Verkehrs- und Umweltdaten werden die Wirkungszusammenhänge sichtbar. Auf dieser Datengrundlage können durch unmittelbares Eingreifen mittels verkehrslenkender Maßnahmen die verkehrsbedingten Schadstoffemissionen weiter begrenzt bzw. reduziert werden.

### Kosten

Die Investitionen für insgesamt 5-8 Großbildschirme (touch screen) betragen rd. 100.000 €. Für die Entwicklung und Implementierung der Softwarelösung für die Visualisierung, Analyse und Auswertung der Daten ist von ca. 100.000 € auszugehen. Der laufende Betrieb der virtuellen Verkehrsleit-

zentrale (Softwareentwicklung, Wartung, Strom, WLAN) wird Kosten in Höhe von rd. 1 MJ (rd. 70.000 € p. a.) verursachen.

#### Kontakte

SWARCO, Siemens, eos new media, u. a.

### **9. Maßnahme: Beschaffung und Einsatz Paketboxen im Stadtraum**

#### Beschreibung

Unter Berücksichtigung der Prognose einer Verdoppelung des heutigen E-Commerce-Volumens bis 2025 müssen im Stadtraum die Zustellfahrten deutlich reduziert werden. Parallel zu dem geschlossenen Boxenzustellsystem der Deutschen Post haben sich die maßgeblichen Wettbewerber zusammengeschlossen, um ein offenes Zustellboxensystem (ParcelLock) zu entwickeln. Für die Stadtgröße von Ludwigsburg werden erfahrungsgemäß 20 Zustellboxen mit jeweils 70-80 Fächern empfohlen.

#### Nutzenbetrachtung

Durch den flächendeckenden Einsatz von Paktzustellboxen im Stadtraum können Zustellfahrten der Paketdienste sowie Abholfahrten der Empfänger in signifikanter Höhe eingespart werden. Damit können Emissionen reduziert und insbesondere der Verkehrsfluss durch Vermeidung von Parken in der zweiten Reihe bei der Zustellung optimiert werden. Abholfahrten der Empfänger können durch verkehrsgünstige Standorte oder Aufstellung der Boxen in der Nähe von größeren Unternehmen ebenfalls deutlich reduziert werden.

#### Kosten

Inklusive Fundamentierung und Verkabelung (Strom, WLAN) ist mit einer Investition in Höhe von rd. 70.000 € je Zustellbox auszugehen. Die Gesamtinvestitionen liegen damit bei rd. 1,4 Mio. €. Reinigung usw. sollten ggf. über einen kommunalen Partner erbracht werden. Für die Nutzung der Paketboxen liegt seitens der Paketzustelldienste ein erstes Angebot vor.

#### Kontakte

ParcelLock GmbH; Kern GmbH; dpd, Hermes, GLS, u. a.

## **10. Maßnahme Ganzheitliche Bewertung der Maßnahmen hinsichtlich ihres Wirkungspotentials bzgl. der Emissionsreduktionen zu verschiedenen Zeithorizonten und zur Vorhersage**

### Beschreibung:

Durch die intelligente Vernetzung der verschiedenen Verkehrsträger hin zu kooperativen Verkehrssystemen, diversen verkehrssteuernden Maßnahmen, aufeinander abgestimmten Verkehrs- und Umweltdaten usw. kann der Anteil der umweltschonender Verkehrsangebote erhöht werden.

Bereits bei der Erstellung des vorliegenden Masterplanes kam das City Performance Tool zum Einsatz, um nicht nur qualitativ sondern vor allem **quantitativ** den Einfluss einzelner Maßnahmen und Maßnahmenbündel auf die Emissionsreduktionen zu ermitteln – um letztlich ein **Entscheidungs-instrument** zu haben und **eine Priorisierung** vornehmen zu können. **Die Erhebung und Bereitstellung von Mobilitäts-, Umwelt- und Meteorologiedaten** für die im Kapitel 6 aufgeführten Hauptmaßnahmen können als Basis dienen, das komplexe System mit allen künftig anzudockenden Maßnahmen zu bewerten, bzw. zu verifizieren. Dabei werden Aussagen hinsichtlich ihres Wirkungspotentials bzgl. der Emissionsreduktionen zu verschiedenen Zeithorizonten getroffen, am HotSpot und Stadtweit.

Bislang ist die Reduzierung der NOx – Emissionen im Fokus. Die ganzheitliche Betrachtung mittels des Umweltbewertungstools bezieht sich dabei auch auf Auswirkung der Maßnahmen- (Bündel) im Hinblick auf weitere Schadstoffe, wie z.B. Feinstaub oder CO<sub>2</sub>. Zudem können Interdependenzen (positiv wie negativ) der einzelnen Maßnahmen untereinander dargestellt werden.

### Nutzenbetrachtung

Durch die ganzheitliche Betrachtung und die Möglichkeit einer Prognose können einzelne Maßnahmen in ihrer Wirkung und Effizienz **quantitativ** beurteilt werden und damit **wesentlich gezielter und steuernder eingesetzt werden**, im Hinblick z.B. auf die modale Verlagerung etc.

### Kosten

CyPT Consulting: 56.800 € (brutto)

### Kontakte

Siemens

## Literaturverzeichnis

Deutsche Umwelthilfe. (2018). *Hintergrundpapier "Klagen für Saubere Luft"*.

<https://doppelstrategie-ludwigsburg.de/>.

Jaeger, A. F. et al. (Mai 2017). *Nürnberg nachhaltig mobil*. Nürnberg.

Minkos, Dauert et al. (Januar 2017). *Luftqualität 2016*. Umweltbundesamt.

Schlothauer & Wauer. (2018). *Nutzen der Adaptiven Netzsteuerung INES*.

Weber, D., Wahle, J. (2016). *INRIX / TraffGo Schlussbericht Pendleranalyse Ludwigsburg*.

## Abbildungsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 2.1 Zeit- und Meilensteinplan (Siemens 2018).....                                     | 3  |
| Abbildung 2.2 GCP-Auftaktveranstaltung (eigene Aufnahme).....                                   | 6  |
| Abbildung 5.1 Vorlage zur Dateneingabe (Siemens 2018).....                                      | 10 |
| Abbildung 5.2 Analyse des Verkehrssystems (Baseline) (Siemens 2018).....                        | 10 |
| Abbildung 5.3 Transport Modaler Split Passagiere (Siemens 2018).....                            | 11 |
| Abbildung 5.4 Vergleich Modal Split nach Personen-km und Wegeanteilen (Siemens 2018).....       | 11 |
| Abbildung 5.5 Doppelstrategie: Reaktivierung der Schiene und BRT.....                           | 15 |
| Abbildung 6.1 Beitragsanalyse der verkehrsbedingten Emissionen (2020) (Siemens 2018).....       | 16 |
| Abbildung 6.2 Flottenkategorisierung nach Fahrzeug-Prognose (Siemens 2018).....                 | 17 |
| Abbildung 6.3 Entwicklung der verkehrsbedingten Emissionen (Siemens 2018).....                  | 18 |
| Abbildung 6.4 Emissionsreduktionspotential Hauptmaßnahmen (Siemens 2018).....                   | 19 |
| Abbildung 6.5 Emissionsreduktionspotential Hauptmaßnahmen (Siemens 2018).....                   | 19 |
| Abbildung 6.6 Emissionsreduktionspotential Haupt- und Sekundärmaßnahmen (Siemens 2018).....     | 20 |
| Abbildung 6.7 Emissionsreduktionspotential Haupt- und Sekundärmaßnahmen (Siemens 2018).....     | 21 |
| Abbildung 6.8 Maßnahmen nach Wirkungspotential (Siemens 2018).....                              | 21 |
| Abbildung 6.9 Lageplan – Messstelle Friedrichstraße (LUBW).....                                 | 22 |
| Abbildung 6.10 Beitragsanalyse der verkehrsbedingten Emissionen (2020) (Siemens 2018).....      | 23 |
| Abbildung 6.11 Entwicklung der verkehrsbedingten NO2 Konzentrationen (Siemens 2018).....        | 23 |
| Abbildung 6.12 Konzentrationsreduktion Hauptmaßnahmen (Siemens 2018).....                       | 24 |
| Abbildung 6.13 Konzentrationsreduktion Hauptmaßnahmen (Siemens 2018).....                       | 25 |
| Abbildung 6.14 Konzentrationsreduktion Haupt- und Sekundärmaßnahmen (Siemens 2018).....         | 26 |
| Abbildung 6.15 Konzentrationsreduktion Haupt- und Sekundärmaßnahmen (Siemens 2018).....         | 27 |
| Abbildung 6.16 Maßnahmen nach Wirkungspotential (Siemens 2018).....                             | 27 |
| Abbildung 6.17 Konzentrationsreduktion durch adaptive Netzsteuerung (INES) (Siemens 2018).....  | 29 |
| Abbildung A.1 Emissionsreduktionspotential Hauptmaßnahmen [%] (Siemens 2018).....               | 37 |
| Abbildung A.2 Emissionsreduktionspotential Hauptmaßnahmen (Siemens 2018).....                   | 38 |
| Abbildung A.3 Emissionsreduktionspotential Haupt- und Sekundärmaßnahmen [%] (Siemens 2018)..... | 38 |
| Abbildung A.4 Emissionsreduktionspotential Haupt- und Sekundärmaßnahmen (Siemens 2018).....     | 39 |
| Abbildung A.5 Emissionsreduktionspotential Hauptmaßnahmen [%] (Siemens 2018).....               | 40 |
| Abbildung A.6 Emissionsreduktionspotential Hauptmaßnahmen (Siemens 2018).....                   | 40 |
| Abbildung A.7 Emissionsreduktionspotential Haupt- und Sekundärmaßnahmen [%] (Siemens 2018)..... | 41 |
| Abbildung A.8 Emissionsreduktionspotential Haupt- und Sekundärmaßnahmen (Siemens 2018).....     | 42 |

## Abkürzungsverzeichnis

|                 |   |
|-----------------|---|
| BAU             | Business as Usual Szenario  |
| BRT             | Bus Rapid Transit   |
| CyPT            | City Performance Tool   |
| DUH             | Deutsche Umwelthilfe  |
| Euro X          | Abgasnorm Euro Stufe 1-6  |
| Euro 6d         | TEMP Abgasnorm Euro 6 Übergang                                      |
| FKSF            | Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart |
| GCP             | Green City Masterplan   |
| HBEFA           | Handbuch für Emissionsfaktoren                                      |
| KBA             | Kraftfahrzeugbundesamt  |
| KEP             | Dienste Kurier-, Express-, Paketdienste und auch Postdienste        |
| LOS             | Level of Service  |
| LUBW            | Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Baden Württemberg |
| LSA             | Lichtsignalanlage/Ampel   |
| MIV             | Motorisierter Individualverkehr                                     |
| NO <sub>2</sub> | Stickstoffdioxid  |
| NO <sub>x</sub> | Stickstoffoxide   |
| SWLB            | Stadtwerke Ludwigsburg-Kornwestheim                                 |
| ÖPNV            | Öffentlicher Personennahverkehr                                     |
| PTV             | Planung, Transport, Verkehr (Planungsbüro mit Sitz in Karlsruhe)    |
| PUM             | Plattform Urbane Mobilität  |
| RSC             | Residential Sharing Concept   |
| RP              | Regierungspräsidium   |
| VRS             | Verband Region Stuttgart  |
| VVS             | Verkehrsverbund Stuttgart   |